

*Niniejszy numer czasopisma „Telekomunikacja i Techniki Informacyjne” został wydany z okazji 75 lat badań i rozwoju w dziedzinie telekomunikacji w Polsce. W dniu 22 marca 1934 r. utworzono bowiem Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, będący pierwszym w Polsce instytutem badawczym, działającym w obszarze telekomunikacji i techniki pocztowej. Z tego Instytutu został wyłoniony w 1951 r. Instytut Łączności, mający obecnie w nazwie drugi człon – Państwowy Instytut Badawczy.*

*Przedstawiamy Państwu 12 artykułów autorstwa pracowników i byłych pracowników Instytutu.*

*Planując zawartość numeru, przyjęliśmy, że – mimo jego jubileuszowego charakteru – rozpoczniemy od wskazania bieżących problemów Instytutu i naszkicowania jego najbliższej przyszłości. Zamieściliśmy więc najpierw artykuł inż. Wojciecha Halki, obecnego dyrektora Instytutu Łączności, który opisuje te kwestie oraz precyzuje nowe zadania i wyzwania stojące przed Instytutem.*

*W części historycznej numeru TITI postanowiliśmy nie ograniczać inwencji autorów odnośnie do zawartości i formy ich wypowiedzi – pozostawić im pełną swobodę, by uzyskać większą autentyczność opisów. W tej sytuacji wydało się nam celowe nakreślenie tła, na którym mogliby Państwo umieścić omawiane w artykułach wydarzenia. To zadanie ma spełnić przygotowane przez Redaktora Naczelnego TITI opracowanie wprowadzające, zawierające głównie tzw. „twarde dane”. Mogłoby ono mieć formę chronologicznego opisu historii Instytutu rok po roku. Takich opracowań ukazało się jednak wiele. W każdym kolejnym jubileuszu Instytutu każdy opis był podobny do poprzedniego, tyle że odpowiednio wydłużony. Dlatego uznaliśmy, że warto zrobić to inaczej, przedstawiając osoby, wydarzenia i liczby, stanowiące elementy historii Instytutu w latach 1934–2009. Dane mają formę zestawień, tablic, wykresów i fotografii zaopatrzonych w niewielkie tylko komentarze.*

*Dalej zaprezentowaliśmy sześć artykułów, obrazujących historię Instytutu aż do dnia dzisiejszego. Autorami tych artykułów są: prof. dr inż. Andrzej Zieliński, doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska, doc. dr inż. Krystyn Plewko, pracownicy Oddziału IŁ we Wrocławiu – prof. dr hab. inż. Ryszard Strużak, dr inż. Janusz Sobolewski, dr inż. Maciej Grzybkowski, mgr inż. Marek Kałuski, dr inż. Mirosław Pietranik, mgr inż. Stanisław Siczek, mgr inż. Piotr Tyrawa i dr inż. Dariusz Więcek – następnie inż. Jan Komorowski wspólnie z inż. Pawłem Klisiem oraz trójka współautorów – inż. Paweł Godlewski, inż. Bogdan Chojnacki i mgr inż. Barbara Regulska. Następny artykuł dotyczy już w całości czasów nam najbliższych, a napisali go: dr inż. Janusz Granat i prof. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki. Dwa dalsze artykuły wybiegają w przyszłość i prezentują nową sieć, zwaną Internetem Przyszłości oraz fotonikę przyszłości, a zostały opracowane przez prof. dr hab. inż. Wojciecha Burakowskiego i prof. dr hab. inż. Pawła Szczepańskiego.*



*Ostatni artykuł w tym numerze TITI ma charakter promocyjny i zawiera rynkową ofertę Instytutu, a przygotował go mgr inż. Edward Juskiewicz.*

*Autorzy części historycznej, mimo że odegrali istotną rolę w historii Instytutu, opisali przede wszystkim własne przeżycia oraz swoje spojrzenie na to, w czym brali udział i co było w ich życiu zawodowym znaczące. Dlatego może się zdarzyć, że zabrakło w ich opracowaniach wydarzeń lub osób, które zasługiwałyby na przypomnienie. Będziemy więc wdzięczni za nadesłanie uzupełniających informacji.*

*Część artykułów zawiera elementy wizji rozwoju Instytutu – i tu również oczekujemy opinii Państwa. Natomiast opracowania eksperckie, zamieszczone w części końcowej, stanowią dobre uzupełnienie materiałów je poprzedzających.*

*Zainteresowanych szczegółami bieżących spraw Instytutu zapraszamy do naszej witryny internetowej ([www.itl.waw.pl](http://www.itl.waw.pl)) lub do Działu Sprzedaży i Marketingu Instytutu (tel. +48 22 5128 291).*

*Szanowni Państwo,*

*Dziesięć lat temu, z inicjatywy prof. dr hab. inż. Andrzeja P. Wierzbickiego, ówczesnego dyrektora Instytutu, powstało nasze czasopismo „Telekomunikacja i Techniki Informacyjne”.*

*Pragnę wyrazić podziękowanie za 10 lat współpracy całemu zespołowi redakcji, a zwłaszcza inż. Marii Łopuszniak – sekretarzowi redakcji, mgr Krystynie Juskiewicz – redaktorowi technicznemu, mgr inż. Henrykowi Gutowi-Mostowemu, dr inż. Kornelowi Wydro i dr inż. Elżbiecie Andrukiewicz – redaktorom działowym oraz mgr inż. Ewie Kapuściarek – kierownikowi Ośrodka Informacji Naukowej.*

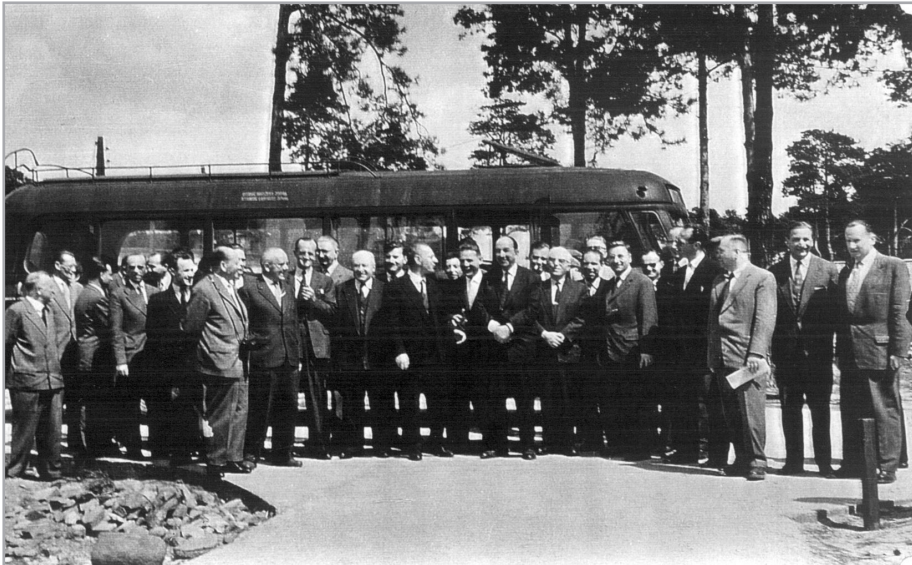
# *Instytut Łączności – 75 lat tradycji i obecne wyzwania*

*Wojciech Hałka*

*Obecny dyrektor Instytutu Łączności, nawiązując do 75-letniego dorobku Instytutu, określa dzisiejsze zadania i wyzwania na najbliższe lata, zgodnie z kierunkami badawczymi Unii Europejskiej.*

*telekomunikacja, Instytut Łączności – dorobek, nowe zadania i wyzwania*

W bieżącym roku Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy (IŁ-PIB) obchodzi 75 rocznicę założenia Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego (PIT) w Warszawie, swojego poprzednika, z którego w 1951 r. wydzielono dwie odrębne, działające do dziś jednostki: Przemysłowy Instytut Telekomunikacji i Instytut Łączności. Państwowy Instytut Telekomunikacyjny rozpoczął działalność badawczo-wdrożeniową 1 kwietnia 1934 r. z inicjatywy prof. Janusza Groszkowskiego, jego pierwszego dyrektora, a późniejszego długoletniego przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Łączności. Obchody tej rocznicy są dobrą okazją do refleksji na temat historycznego dorobku i przyszłości Instytutu Łączności.



*Pracownicy Instytutu Łączności wśród uczestników Konferencji VIII Komisji Studiów CCITT (1958 r.) na budowie siedziby IŁ w Warszawie Miedzeszynie (fotografia ze zbiorów doc. dr inż. Zenona Barana, emerytowanego pracownika Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej)*

W dorobku merytorycznym Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego i późniejszego Instytutu Łączności było wiele znaczących osiągnięć naukowych oraz technicznych, począwszy od opracowania w latach przedwojennych pierwszych polskich systemów teletransmisyjnych (radiolinie, systemy wielokrotne) i telewizyjnych (włącznie z pierwszym studium telewizyjnym na ul. Ratuszowej i stacją nadawczą na budynku Prudentialu, dziś hotelu Warszawa), do opracowania pierwszych systemów teletransmisji cyfrowej (PCM-24), wdrożenia nowych systemów komutacyjnych (Pentaconta i E-10) oraz systemów cyfrowej transmisji danych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku. W latach transformacji ustrojowej i gospodarczej na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych pracownicy Instytutu m.in. wdrożyli elektroniczny system głosowań w Sejmie RP, kontrolowali w swoich laboratoriach jakość importowanych urządzeń telekomunikacyjnych (badania homologacyjne), opracowali wymagania dla nowoczesnych systemów i urządzeń (system sygnalizacji SS7). Wybranim osiągnięciom z lat ubiegłych są poświęcone kolejne artykuły zamieszczone w tym okolicznościowym numerze czasopisma instytutowego *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*.

Obecnie Instytut Łączności opracowuje i wdraża systemy badania jakości usług telekomunikacyjnych, monitorowania sieci oraz hurtowni danych, współtworzy plany cyfryzacji telewizji i radiofonii, bada urządzenia oraz systemy telekomunikacyjne w nowoczesnych i świetnie wyposażonych laboratoriach. Od wielu lat są w nich utrzymywane wzorce czasu i częstotliwości w sieci Polskiej Atomowej Skali Czasu, generowane częstotliwości wzorcowe dla emisji radiowych, są kalibrowane i wzorcowane przyrządy pomiarowe innych laboratoriów badawczych oraz zakładów przemysłu elektronicznego i telekomunikacyjnego.

Kwalifikacje naukowe i badawcze pracowników Instytutu zostały potwierdzone udzieleniem w 1967 r. Radzie Naukowej Instytutu, istniejącej także dziś, uprawnień do nadawania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dziedzinie telekomunikacji, a w 2005 r. nadaniem Instytutowi Łączności statusu Państwowego Instytutu Badawczego, co wiąże się z wykonywaniem zadań na potrzeby administracji państwowej. Kwalifikacje formalne oraz ceniony dorobek badawczy i techniczny wyznaczają dalsze plany działania oraz rozwoju Instytutu Łączności, w najbliższej i dalszej przyszłości, w obszarze wdrażania nowoczesnych technik łączności, telekomunikacyjnych i informatycznych, a także ich zastosowań na współczesnym rynku łączności (poczty i telekomunikacji) w Polsce.

Dążeniem Instytutu Łączności jest być uznanym centrum wiedzy w obszarze badań nowoczesnych środków łączności, wykorzystywanych we współczesnym społeczeństwie informacyjnym. Takie środki łączności cechuje wysoka złożoność stosowanych technik telekomunikacyjnych i informatycznych (ICT – *Information and Communication Technologies*). Procesy badawcze w tym obszarze będą więc wymagać integracji kompetencji i wiedzy zespołów z różnorodnych dziedzin nie tylko technicznych (telekomunikacji przewodowej i radiowej, informatyki, ekonomii, prawa telekomunikacyjnego, regulacji dotyczących mediów, prawa autorskiego i własności intelektualnej, a także znajomości socjologii, społeczeństwa informacyjnego, administracji państwowej i samorządowej, rynków telekomunikacyjnych, rynku audiowizualnego i poczty). Budowanie kompetencji Instytutu Łączności jako centrum wiedzy w wymienionym obszarze jest wyzwaniem organizacyjnym i intelektualnym, wymagającym rozszerzenia aktywności w projektach, realizowanych w środowisku wielu partnerów badawczych oraz społecznych, krajowych i międzynarodowych.

Funkcjonowanie Instytutu Łączności jako Państwowego Instytutu Badawczego obliguje do podejmowania zadań badawczych, wspierających działania i cele administracji publicznej w rozwijaniu rynków łączności, zastosowaniach technik telekomunikacyjnych oraz budowie społeczeństwa informacyjnego. Skomplikowany charakter procesów technologicznych w tych obszarach i ich szeroki wpływ na



sposób funkcjonowania współczesnego społeczeństwa (w gospodarce, administracji, bezpieczeństwie publicznym, komunikacji społecznej, edukacji, zdrowiu, rozwoju regionów, aktywności zawodowej i społecznej) powodują, że jest niezbędne wsparcie administracji w prognozowaniu i projektowaniu programów rozwoju kraju oraz regionów, działalności legislacyjnej i w zarządzaniu. Instytut Łączności, jako jednostka podległa i nadzorowana przez ministra właściwego ds. łączności, ma obowiązek oraz możliwości zapewnienia kompetentnego i obiektywnego (neutralnego rynkowo) wsparcia merytorycznego, a w zakresie zadań zleconych – wsparcia organizacyjnego wszystkim organom administracji łączności (ministrowi infrastruktury i prezesowi Urzędu Komunikacji Elektronicznej). Ponieważ współczesne techniki komunikacji elektronicznej mają podstawowy wpływ na poziom rozwoju społeczeństwa informacyjnego i społeczeństwa opartego na wiedzy, Instytut powinien wspierać działalność również innych organów administracji publicznej, wykonujących zadania w tym zakresie (ministra spraw wewnętrznych i administracji oraz innych organów administracji centralnej i samorządu terytorialnego).

Wymienione zadania Instytutu Łączności mają charakter celów publicznych państwowej jednostki badawczej i wymagają stosowania wysokich standardów merytorycznych oraz etycznych w codziennej, bieżącej działalności naukowej i badawczej. Zapewnienie wysokiej jakości prac badawczych i eksperckich ma znaczenie nie tylko dla wiarygodności Instytutu (jednostki wspierającej administrację publiczną), jako źródła obiektywnej wiedzy naukowej i technicznej, ale także dla wiarygodności wobec partnerów naukowych (krajowych i zagranicznych) oraz rynkowych. Gwarancja wysokiej jakości i obiektywności badań oraz usług technicznych, wykonywanych w zakładach i laboratoriach Instytutu, ma znaczenie dla jego renomy naukowej i technicznej. Wpływa też na wiarygodność i niepodważalność wydawanych certyfikatów technicznych, liczbę oraz rodzaj powierzanych prac i wyniki ekonomiczne.

Środkami, służącymi do budowania wiarygodności naukowej i badawczej Instytutu Łączności, oprócz zapewnienia wysokiej merytorycznej jakości jego działania, powinny być wysokie standardy etyczne pracy jego zespołów i pracowników. Podstawą takich standardów powinny być przyjęte zasady działania zespołów badawczych i pracowników, uwzględniające zachowanie wysokich norm uczciwości, rzetelności, jakości i obiektywizmu badań, neutralności wobec partnerów rynkowych, równoważnego ich traktowania. Podobnie jasne i obiektywne kryteria powinny być stosowane do oceny wewnętrznej zespołów oraz pracowników Instytutu. Stosowaniu tych zasad będzie służyć: transparentny model zarządzania Instytutem, otwarte informowanie o kryteriach decyzji podejmowanych przez dyrekcję, wsparcie tych decyzji opiniami ciał kolegialnych działających w Instytucie, regularne organizowanie spotkań z kadrą kierującą i informowanie pracowników Instytutu o prowadzonych pracach oraz podejmowanych decyzjach. Stosowanie tych zasad w codziennej pracy wszystkich zespołów Instytutu powinno stać się wyraźnym wymogiem i kryterium okresowej oceny kadry kierowniczej Instytutu.

Wymienionym wymogom dotyczącym funkcjonowania Instytutu Łączności muszą sprostać ludzie i posiadane zasoby: majątkowe oraz organizacyjne. Paradoksalnie, obserwowany intensywny rozwój zastosowań nowoczesnych środków komunikacji elektronicznej w gospodarce i życiu społecznym powoduje rosnące oczekiwania w dziedzinie gromadzenia wiedzy w tych obszarach oraz umiejętności zarządzania i integracji tej wiedzy, a także pogłębiającą się specjalizację naukową i techniczną, w poszczególnych dziedzinach związanych z technikami oraz technologiami telekomunikacyjnymi i informacyjnymi. Pogodzenie takich oczekiwań z wymogami procesu wąskiej specjalizacji naukowej w jednej jednostce badawczej wydaje się trudne, jeżeli nie niemożliwe, gdyż wymagałoby zbudowania wielkiego centrum badawczego, zatrudniającego wielką liczbę naukowców i personelu wspierającego.

W konkretnej sytuacji Instytutu Łączności, mającego określone (i ograniczone) zasoby, rozmieszczone w trzech ośrodkach (w Warszawie, w Gdańsku i we Wrocławiu), wydaje się rozsądne przyjęcie

założenia o celowości budowania kompetentnych zespołów badawczych w kilku wybranych podstawowych obszarach. Wybierając te dziedziny, należy uwzględnić cele funkcjonowania Instytutu oraz dotychczasowy dorobek, wiedzę i umiejętności kadry naukowej. Dokonanie takiego wyboru może ułatwić utworzenie w Instytucie przewodniej jednostki naukowo-badawczej w kilku wybranych dziedzinach, takich jak: telekomunikacyjne techniki cyfrowe, w tym szerokopasmowy internet i cyfryzacja systemów analogowych, łączność radiowa, zarządzanie widmem częstotliwości i planowanie sieci radiowych, systemy optoelektroniczne, hurtownie danych i zarządzanie wiedzą, wybrane aplikacje zaawansowanych systemów komunikacji elektronicznej (systemy bezpieczeństwa publicznego, monitoringu oraz badania jakości sieci i usług), nowoczesna energetyka telekomunikacyjna, kompatybilność elektromagnetyczna, miernictwo i pomiary telekomunikacyjne, regulacja, ekonomia oraz badania rozwoju rynków łączności (poczty i telekomunikacji).

Dyskusja na temat wyboru podstawowych kierunków badań prowadzonych w Instytucie już się rozpoczęła, z inicjatywy Rady Naukowej, która wskazała kilkanaście obszarów aktywności naukowej Instytutu. Celowe wydaje się kontynuowanie dyskusji w tym zakresie i dążenie do skupienia aktywności wokół wymienionej już lub porównywalnej, mniejszej liczby obszarów badawczych. Komplementarne umiejętności i wiedzę w zakresie innych obszarów badawczych Instytut będzie uzyskiwać dzięki współpracy z innymi przewodnimi jednostkami naukowymi. Powinno temu służyć wspólne prowadzenie projektów badawczych w konsorcjach z udziałem uczelni, innych jednostek badawczych, instytutów i laboratoriów, a także innowacyjnych partnerów rynkowych. Celem Instytutu Łączności w najbliższych latach będzie wyraźny wzrost liczby projektów naukowych i badawczych, podejmowanych z takimi partnerami.

Funkcjonowanie Instytutu Łączności w omówiony sposób wymaga środków finansowych, które powinny być uzyskiwane z finansowania większej liczby kilku- i wieloletnich projektów oraz ze stabilnych zleceń, m.in. za nowe zadania zlecane przez organy administracji. Działania takie będą wymagać podejmowania współpracy z innymi partnerami badawczymi, w ramach uruchomionego finansowania projektów strukturalnych, krajowych i regionalnych oraz wszelkich innych, w tym projektów unijnych (7. Programu Ramowego) i rynkowych. Konieczne jednak będzie budowanie pozycji wiarygodnego partnera dla organów administracji państwowej i samorządowej, z główną rolą organu nadzorującego IŁ-PIB (ministra właściwego ds. łączności).

Obecnie, w zakresie działalności merytorycznej Instytutu Łączności wyzwaniem jest aktywniejsze reagowanie na pojawiające się potrzeby dotychczasowych i nowych partnerów (klientów) rynkowych oraz administracji publicznej i na powstające nowe zagadnienia badawcze w uprawianych dziedzinach. W ostatnich latach, w efekcie przystąpienia Polski do Unii Europejskiej i uzyskania w związku z tym nowych unijnych źródeł finansowania projektów rozwojowych, obserwuje się rosnącą liczbę projektów, dotyczących rozwoju społeczeństwa informacyjnego, infrastruktury i usług telekomunikacyjnych, usług oraz aplikacji informatycznych, a także zwiększenie intensywności inicjatyw badawczych i gospodarczych w tym zakresie. Z jednej strony – zjawiska te mają źródło w rosnącej konkurencji na rynku usług telekomunikacyjnych i teleinformatycznych, z drugiej strony – są wynikiem nowych programów rozwojowych, badawczych i gospodarczych, podejmowanych z inicjatywy organów administracji publicznej oraz podmiotów gospodarczych. Procesy te stwarzają szansę włączenia Instytutu do realizacji nowych projektów badawczych i rozwojowych oraz rozszerzają możliwości wykorzystania jego kompetencji do wsparcia działalności innych podmiotów w tych obszarach.

Dobłą podstawą, do podejmowania działań przez IŁ-PIB w tym zakresie, stanowią przyjęte w ostatnim czasie przez rząd, Ministerstwo Infrastruktury (MI), Urząd Komunikacji Elektronicznej (UKE) oraz Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji (MSWiA) nowe dokumenty programowe i projekty

legislacyjne, m.in.: „Strategia rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce do 2013 roku” (grudzień 2008 r.), raport Zespołu Międzyresortowego ds. Realizacji Programu „Polska Cyfrowa” (marzec 2009 r.), projekt UKE dotyczący działalności krajowego forum szerokopasmowego dostępu do internetu (kwiecień 2009 r.), kontynuowany projekt na temat cyfryzacji telewizji naziemnej i planowane działania dotyczące cyfryzacji radiofonii, nowe projekty legislacyjne, m.in. nowelizacja *Prawa telekomunikacyjnego*, projekt ustawy o wspieraniu rozwoju sieci i usług telekomunikacyjnych (MI), czy projekt nowelizacji ustawy o informatyzacji (MSWiA).

Priorytetowe znaczenie dla Instytutu Łączności w opisanym zakresie działalności merytorycznej będą mieć następujące formy i obszary działalności.

- **Poszerzenie roli aktywnego partnera wspierającego, merytorycznie i organizacyjnie, organy administracji rządowej oraz samorządowej, ze szczególnym uwzględnieniem organów administracji łączności (MI i UKE)**, w zakresie podejmowanych przez te organy inicjatyw legislacyjnych oraz rządowych i regionalnych projektów rozwojowych. Szerokie włączenie IŁ-PIB do dużych, istotnych dla gospodarki i społeczeństwa, innowacyjnych projektów wdrożeniowych powinno stać się elementem świadomych działań, budujących uznanie Instytutu jako ważnego i kompetentnego centrum wiedzy, wspierającego procesy modernizacji w Polsce. Obecnie wśród takich projektów należy wymienić program cyfryzacji telewizji naziemnej i programy budowy infrastruktury dla szerokopasmowego dostępu do internetu, a wkrótce należy spodziewać się wzrostu znaczenia programu cyfryzacji polskiej radiofonii, programu badania jakości przekazu i usług multimedialnych, programu modernizacji sieci (NGN i/lub IPv6) oraz programów modernizacji systemów bezpieczeństwa publicznego (łączności specjalnej i systemów zarządzania kryzysowego).
- **Udział, samodzielnie lub w konsorcjach, w nowych projektach naukowych, badawczych i rozwojowych, finansowanych ze środków programów wsparcia rozwoju nauki, działalności badawczej, rozwoju laboratoriów oraz rozwoju innowacyjnej gospodarki.**
- **Zwiększenie aktywności międzynarodowej Instytutu, umożliwiającej rozwój kadry naukowej i uzyskanie dodatkowych środków finansowych z międzynarodowych projektów badawczych.** Działania w tym zakresie powinny być skierowane głównie na pozyskiwanie partnerów zagranicznych do projektów UE (w 7. Programie Ramowym oraz unijnych programach współpracy regionalnej InterReg). W działalności IŁ-PIB w tym obszarze należy szeroko wykorzystywać już nawiązane międzynarodowe kontakty wybitnych pracowników naukowych, prowadzących aktywną współpracę międzynarodową. Pracownikom takim należy zapewnić niezbędne wsparcie organizacyjne i finansowe, umożliwiające im międzynarodową działalność publikacyjną, udział w projektach i konferencjach, współpracę z organizacjami międzynarodowymi (ITU, CEPT). Należy też podjąć planowe działania zwiększające udział Instytutu w organizowaniu międzynarodowych konferencji naukowych w Polsce, wykorzystując, m.in. dobrą współpracę z politechnikami (w Warszawie, we Wrocławiu i w Gdańsku) oraz własne doświadczenia w organizacji konferencji oraz współpracy międzynarodowej (np. z Uniwersytetem w Nottingham, Instytutem Fizyki Teoretycznej w Trieście, ITU oraz w projektach COST, EfficienSea, 5. i 6. Programach Ramowych).

Oceniając perspektywicznie potrzeby nowych badań na polskim rynku łączności, można przyjąć założenie, że będą one ewoluowały w kierunku badań, podejmowanych w krajach o najbardziej zaawansowanych i rozwiniętych technologiach telekomunikacyjnych. Najlepszym polem obserwacji rozwoju takich badań, z perspektywy Polski, wydaje się aktywne śledzenie programów badawczych,

formułowanych w Unii Europejskiej. Narzędziem, które należałoby umiejętnie wykorzystywać w tym celu, może być obserwacja konkursów badawczych, ogłaszanych w kolejnych Programach Ramowych UE. Z zapowiedzianych ostatnio, najbliższych tegorocznych konkursów w tym zakresie (7. Program Ramowy, Konkursy 5. i 6. w Programie ICT) wynika, że istotne dla UE badania są planowane, m.in. w następujących obszarach:

- sieci przyszłości;
- internet, oprogramowanie i wirtualizacja usług;
- internet rzeczy;
- technologie nanoelektroniczne;
- inteligentne zarządzanie informacją;
- energooszczędne technologie informacyjno-komunikacyjne;
- cyfrowe biblioteki i treści;
- technologie informacyjno-komunikacyjne dla systemów mobilnych.

Potrzebę podejmowania badań w wymienionych kierunkach potwierdza także wykonane w lipcu 2009 r. opracowanie Sekcji Telekomunikacji Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN pt. „Stan obecny i kierunki rozwoju telekomunikacyjnych i teleinformatycznych prac badawczych i wdrożeniowych w Polsce i na świecie”. Wprowadzenie Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego do grona wykonawców uznanych prac badawczych oraz wdrożeniowych w tym zakresie jest najpoważniejszym wyzwaniem do podjęcia przez zespół pracowników naukowych i badawczych Instytutu w najbliższej przyszłości.

Przedstawiona koncepcja funkcjonowania Instytutu Łączności mieści się w ogólnym zakresie misji Instytutu, zdefiniowanej kilka lat temu: *Jesteśmy wiodącą, niezależną, narodową instytucją badawczą w dziedzinie telekomunikacji i technik informacyjnych...*<sup>①</sup>. Jednocześnie skupia się ona na ambitnym, lecz bardziej pragmatycznym określeniu celów i sposobów funkcjonowania Instytutu, definiowanym pojęciem „centrum wiedzy”. Można tak określać jednostkę badawczo-rozwojową prowadzącą badania naukowe, prace rozwojowe, wdrożeniowe i eksperymentalne oraz wysoko kwalifikowane usługi techniczne, a jednocześnie szeroko udostępniającą zdobytą wiedzę i uzyskane kwalifikacje na potrzeby wsparcia merytorycznego organów administracji, partnerów rynkowych oraz do realizacji projektów technicznych, ważnych dla gospodarki i społeczeństwa. Zbudowanie „uznanego centrum wiedzy” we wskazanych obszarach badawczych, jest zadaniem trudnym, wymagającym wysokich kompetencji pracowników i współpracy zespołów specjalistów różnych dziedzin, ale realnym, prowadzącym do osiągnięcia ambitnego celu – zdefiniowanego we wspomnianej już *Misji* – budowy przewodniej i uznanej instytucji badawczej.

\* \* \*

75 lat temu utworzono w niepodległej Polsce pierwszy państwowy, telekomunikacyjny instytut badawczy, którego znakomite osiągnięcia naukowe i wdrożeniowe były wówczas ważne dla rozwoju kraju. W kolejnych dziesięcioleciach tradycje ówczesnego Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego

<sup>①</sup> Patrz: „O Instytucji/Misji” na stronie IŁ: [www.itl.waw.pl](http://www.itl.waw.pl)

rozwijali pracownicy Instytutu Łączności, ich dorobek jest kontynuowany w obecnym Instytucie Łączności – Państwowym Instytucie Badawczym. Sprostajmy nowym wyzwaniom na miarę naszych poprzedników.

### Wojciech Hałka



Inż. Wojciech Hałka (1949) – absolwent Politechniki Warszawskiej (1971), Ecole Supérieure d'Electricité, Antenne de Rennes (1978), EuroMaster en Gestion et Téléinformatique (CITCOM – Politechnika Warszawska), Institute Téléystème (Paryż, 1990–1991) oraz studium europejskiego MATRA (Uniwersytet Warszawski i Maastricht, 1997–1998); pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (1972–1991), kierownik zakładu naukowo-badawczego, a następnie Oddziału IŁ na Służewcu w Warszawie; wicedyrektor oraz dyrektor Departamentu Techniki/Regulacji i Rozwoju w Ministerstwie Łączności (1991–1998); doradca, członek zarządu i dyrektor firmy Netia (1998–2003); podsekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury odpowiedzialny za łączność (2003–2005); ponownie pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 2006), początkowo zastępca dyrektora ds. rozwoju, a obecnie dyrektor Instytutu Łączności (od 2009); ekspert, delegat polskiej administracji w ITU, CEPT, ECTRA; członek Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN oraz Komisji Astronautyki i Techniki Kosmicznych KBK PAN; prezes Stowarzyszenia Inżynierów Telekomunikacji; członek komitetów organizacyjnych i programowych wielu krajowych oraz międzynarodowych konferencji naukowych i technicznych (KSTiT, KKRiT, NETWORKS, FITCE); zainteresowania naukowe: telekomunikacja – zarządzanie, planowanie, ekonomika, współpraca międzyoperatorska, internet.  
e-mail: W.Halka@itl.waw.pl



# *Instytut Łączności na przestrzeni lat – ludzie, wydarzenia, liczby*

*Andrzej Hildebrandt*

*Zebrano i zaprezentowano – w formie tablic, zestawień, wykresów i fotografii – najważniejsze informacje dotyczące Instytutu Łączności w latach 1934–2009. Przypomniano istotne wydarzenia i ludzi związanych z IŁ, dyrektorów Instytutu, przewodniczących Rady Naukowej, wybrane publikacje, wydawnictwa oraz uzyskane nagrody i odznaczenia.*

*telekomunikacja, historia Instytutu Łączności*

## **Wprowadzenie**

Historia Instytutu Łączności (IŁ), a wcześniej jego predecesora Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego (PIT), działa się w trzech bardzo odmiennych epokach, co oczywiście miało wpływ na obraz samego Instytutu w tych okresach<sup>①</sup>.

Lata przed drugą wojną światową charakteryzowały się tworzeniem podstaw telekomunikacji w jej dość prymitywnej, z obecnego punktu widzenia, formie technicznej, ale prace prowadzone wówczas w Instytucie nadszły za telekomunikacją światową. Były to czasy entuzjazmu i wybitnych postaci, takich jak np. profesor Janusz Groszkowski.

W okresie drugiej wojny światowej Instytut nie istniał, infrastruktura telekomunikacyjna w Polsce została zdewastowana. Nasi eksperci telekomunikacji, często z narażeniem życia, służyli wiedzą i doświadczeniem organizacjom podziemia w Polsce, a ci którzy znaleźli się za granicą, wspierali aliantów w ich badaniach o znaczeniu militarnym.

Okres PRL nie był okresem jednolitym. Po zakończeniu wojny nastąpił początkowo entuzjastyczny okres odbudowy zniszczonej infrastruktury telekomunikacyjnej. Podjęła się tego wykształcona przed wojną inteligencja. Instytut został szybko reaktywowany i włączył się w ten nurt. Trudności pojawiły się, gdy ideologia zaczęła dominować nad zdrowym rozsądkiem, czego przejawem stało się, m.in. usunięcie profesora Groszkowskiego ze stanowiska dyrektora Instytutu.

Izolacja od osiągnięć naukowych i technicznych krajów zachodnich, wzmagana przez niesłychanie wysoki kurs dolara, powodowała praktycznie brak możliwości zakupu jakiegokolwiek nowoczesnej aparatury bądź elementów. Paradoksalnie wpłynęło to na wzrost myśli inżynierskiej, gdyż Instytut sam musiał opracowywać wszystkie niezbędne urządzenia, a braki w zaopatrzeniu konstruktorzy kompensowali wzmogłą pomysłowością i inwencją. Sytuacja zmieniła się korzystnie w latach siedemdziesiątych, kiedy pojawiły się różnego rodzaju zachodnie licencje, w których wdrażaniu

<sup>①</sup> Instytut nasz miał w swojej historii dwie nazwy. W dalszej części tekstu używa się określenia „Instytut” w odniesieniu do obu tych nazw.

Instytut uczestniczył. Ponadto przeprowadzona konsolidacja przemysłu telekomunikacyjnego i badań wpłynęła na wzrost potencjału oraz pozycji Instytutu, jako koordynatora tych badań.

Po przemianach, które nastąpiły po 1989 r. Instytut znalazł się w nowej sytuacji, do której musiał się szybko przystosować. Otwarcie na świat spowodowało kurczenie się polskiego przemysłu telekomunikacyjnego i zmniejszenie zainteresowania opracowaniami konstrukcyjnymi Instytutu. Nasi konstruktorzy znaleźli jednak obszary niszowe i do dzisiaj tego rodzaju nisze w pewnym stopniu wykorzystują. Niemniej jednak Instytut wszedł wówczas w nowe obszary działalności – znacznie została rozszerzona działalność rynkowa, nastąpił wzrost zapotrzebowania na usługi laboratoriów. Początkowo były to usługi homologacyjne, obecnie akredytowane laboratoria Instytutu wykonują badania zgodności urządzeń z wymaganiami zasadniczymi oraz wzorcowanie przyrządów. Ponadto Instytut rozszerzył współpracę międzynarodową, wykonywał prace badawcze dla organów administracji państwowej oraz różnego rodzaju ekspertyzy, a także prowadził działalność szkoleniową.

Dziś Instytut przywiązuje znaczną wagę do udziału w dużych międzynarodowych projektach badawczych.



*Profesor Janusz Groszkowski z pracownikami Instytutu Łączności*

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie Czytelnikom tła, na którym działy się, lub dzieją, wydarzenia opisane w innych artykułach. Wydało się to niezbędne, gdyż ich autorzy, osoby, które odegrały znaczące role w historii Instytutu, opisują to, co było dla nich najważniejsze lub co najbardziej trwale zapisało się w ich pamięci. Relacje takie są, z natury, niepełne zarówno ze względu na objęty nimi czas, jak i tematykę. Na przykład, z naturalnych względów nie udało się znaleźć autora, który znalazłby z autopsji Instytut z okresu przed drugą wojną światową.

W opinii autora, dobrym sposobem przedstawienia tego tła jest pokazanie tzw. „twardych danych”, mających formę zestawień, tabel, wykresów i fotografii opatrzonych niewielkimi tylko komentarzami.

## Najważniejsze wydarzenia

Rok	Wydarzenie	Komentarz
1	2	3
1934	Utworzenie Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego	PIT był pierwszym w Polsce instytutem, działającym w obszarze telekomunikacji i techniki pocztowej
1938	Pierwsza transmisja telewizyjna za pomocą urządzeń opracowanych wspólnie przez PIT i Polskie Radio	Telewizja działała w systemie mechanicznym o rozdzielczości 120 linii
1938	Uruchomienie linii radiowej Gdynia-Jurata	Linia pracowała w pasmie częstotliwości 40 cm z zastosowaniem opracowanych w PIT lamp magnetronowych
1939	Przerwanie działalności Instytutu spowodowane okupacją hitlerowską	Pomieszczenia, wyposażenie, aparatura i księgozbiór w okresie okupacji zostały zdewastowane
1944	Wznowienie działalności PIT po wyzwoleniu prawobrzeżnej Warszawy	Prace porządkowe zostały rozpoczęte przez pracowników PIT już na kilka miesięcy przed wyzwoleniem lewobrzeżnej Warszawy
1951	Podział Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego na Przemysłowy Instytut Telekomunikacji i Instytut Łączności	Powstałe dwie części, odpowiednio do tematyki, zostały podporządkowane dwóm różnym resortom. Zagadnienia telewizji znalazły się w IŁ
1952	Początek nadawania programów telewizyjnych przez Doświadczalną Stację Telewizyjną IŁ	Programy z Instytutu nadawano do połowy 1954 r.
1954	Powołanie Rady Naukowej IŁ	Rada została powołana przez Ministra Poczty i Telegrafów w składzie 9 wybitnych specjalistów
1956	Utworzenie Oddziału IŁ we Wrocławiu	Obszar działalności Oddziału obejmował: anteny nadawcze i zakłócenia radioelektroniczne
1957	Utworzenie Pracowni Wzorców przy Zakładzie Miernictwa Instytutu	Był to załączek dzisiejszej Centralnej Izby Pomiarów Telekomunikacyjnych i – działającego w strukturze Izby – Laboratorium Metrologii Elektrycznej, Elektronicznej i Optoelektronicznej (LMEEiO)
1958	Przeniesienie IŁ do nowej siedziby w Warszawie Miedzeszynie	Budowę siedziby rozpoczęto w 1955 r.
1958	Uruchomienie obserwatorium jonosferycznego	Przez wiele lat przysyłano wyniki obserwacji do Światowego Centrum Danych Jonosferycznych
1962	Utworzenie Oddziału IŁ w Gdańsku	Obszar działalności Oddziału obejmował: radiokomunikację, telegrafię, teletransmisję przewodową, telekomunikację i akustykę
1965	Utworzenie Centralnej Izby Pomiarów Telekomunikacyjnych	Rolą Izby było zwierzchnictwo nad resortowymi izbami pomiarowymi
1966	Przeniesienie Oddziału IŁ w Gdańsku do nowej siedziby w Gdańsku-Wrzeszczu	Oddział otrzymał nowy budynek oraz przylegającą willę. Dziś willa stanowi obiekt zabytkowy
1967	Uzyskanie przez Radę Naukową uprawnień doktryzowania	Równocześnie Rada uzyskała uprawnienia do wysuwania i opiniowania kandydatów na docentów i profesorów
1969	Rozpoczęcie nadawania przez Polskie Radio komunikatu Instytutu Łączności o krajowej częstotliwości wzorcowej	Komunikat jest nadawany do chwili obecnej
1970	Zapoczątkowanie 20-letniego okresu koordynacji i współwykonawstwa prac badawczo-rozwojowych w telekomunikacji	W tym okresie IŁ koordynował problemy węzłowe, a następnie centralne programy badawczo-rozwojowe w dziedzinie telekomunikacji
1971	Nadawanie programów telewizji kolorowej ze studia w Instytucie	Było to elementem szerszego programu badawczego dotyczącego telewizji kolorowej, prowadzonego w Instytucie

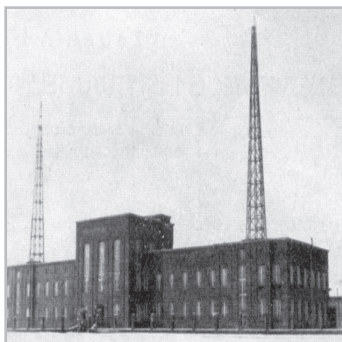
1	2	3
1972	Włączenie do IŁ resortowej jednostki badawczo-rozwojowej pn. Zakład Badań i Studiów Teletechniki	Połączenie nastąpiło w ramach konsolidacji potencjału badawczego i produkcyjnego telekomunikacji
1972	Utworzenie Resortowego Ośrodka Elektronicznego Przetwarzania Danych	Ośrodek zatrudniał 70 pracowników i był wyposażony w komputer Odra 1304, później JS R-32
1972	Uruchomienie w Instytucie sieci modelowej z systemem komutacji elektronicznej E-10	IŁ współpracował z CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications)
1973	Powołanie Oddziału IŁ w Pułtusk	Oddziałowi powierzono zadanie wytwarzania finalnych wyrobów przebadanych i opatrzonych gwarancją producenta
1976	Wdrożenie automatycznej aparatury pomiarowej ABA2, przeznaczonej dla krajowej sieci międzymiastowej	W następnych latach opracowano kolejne modele aparatury do badania sieci usług, w tym system AWP-IŁ w 1999 r.
1981	Włączenie do sieci telegraficznej modelu elektronicznej centrali telegraficzno-teleinformatycznej (ECTT)	Centralę opracowano w Oddziale IŁ w Gdańsku
1984	Uruchomienie w Sejmie, opracowanej w IŁ, elektronicznej aparatury do głosowania	Decyzję o budowie aparatury podjęto w Instytucie w ramach poparcia dla przemian, dokonujących się w Polsce na przełomie lat 70. i 80.
1987	Utworzenie Oddziału IŁ na Służewcu	Obszar działalności Oddziału obejmował: teleinformatykę i oprogramowanie systemów telekomutacyjnych
1991	Uruchomienie linii technologicznej wytwarzania cienko- i grubowarstwowych mikroukładów hybrydowych	Jednym z pierwszych zadań było opracowanie układu dla elektronicznego aparatu telefonicznego
1992	Likwidacja Oddziału IŁ na Służewcu	Likwidacja nastąpiła ze względu na odejście wybitnych specjalistów Oddziału do utworzonego wówczas przedsiębiorstwa Telbank
1993	Wdrożenie w Poznaniu węzła automatycznej obsługi telegramów	Sterowany komputerowo węzeł opracowano w Oddziale IŁ w Gdańsku
1994	Uzyskanie certyfikatu przez Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej Urządzeń Telekomunikacyjnych we Wrocławiu	
1994	Rozbudowa i modernizacja Ośrodka Szkolenia	Ośrodek ulokowano w pomieszczeniach zlikwidowanego Ośrodka Obliczeniowego
1996	Rozpoczęcie I etapu budowy sieci komputerowej Instytutu	W 1997 r. w sieci IŁ pracowało ponad 150 komputerów PC
1996	Utworzenie Laboratorium Metrologii Elektronicznej, Elektronicznej i Optoelektronicznej	
1996	Uzyskanie certyfikatu PCBC (Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji) przez Laboratorium Badań Sprzętu Teleinformatycznego w Gdańsku	
1997	Akredytacja PCBC Laboratorium Badań i Homologacji Urządzeń Telekomunikacyjnych	Akredytacja objęła siedem laboratoriów badawczych
1997	Odzyskanie uprawnień doktoryzowania	Uprawnienia zostały zawieszono w 1985 r. w wyniku ustawowego podwyższenia wymagań
1997	Zniszczenia w wyniku powodzi w Oddziale IŁ we Wrocławiu	Usuwanie skutków powodzi trwało dwa miesiące

1	2	3
1997	Pierwsza konferencja międzynarodowa <i>International Experiences on Interconnection Issues</i>	W następnych latach organizowano kolejne konferencje z tej serii pt. <i>International and Polish Experiences on Interconnection and Unbundling Issues</i>
1997	Przeniesienie Oddziału IŁ we Wrocławiu do nowej siedziby	Instytut uzyskał i przystosował zespół budynków na przedmieściu Wrocławia
1998	Pierwsza konferencja międzynarodowa <i>Research for Information Society (RIS)</i>	W następnych latach organizowano kolejne konferencje z tej serii
1999	Restrukturyzacja Instytutu przeprowadzona w ramach programu Phare SciTech II	Przeprowadzono we współpracy z firmą Arthur D.Little, Cambridge Consultants
1999	Uzyskanie akredytacji przez LMEEiO	
1999	Uzyskanie I kategorii w rankingu instytutów przeprowadzonym przez Komitet Badań Naukowych	IŁ znalazł się w grupie 5 najlepszych jednostek badawczo-rozwojowych
1999	Uruchomienie w IŁ studiów podyplomowych	Pierwsze studium było zatytułowane <i>Zarządzanie Sieciami Teleinformatycznymi</i>
1999	Rozwiązanie Oddziału IŁ w Pułtusk	Rozwiązanie nastąpiło na skutek braku rentowności (zamówień) i perspektyw
1999	Pierwsza konferencja międzynarodowa <i>Transparent Optical Networks (ICTON)</i>	W następnych latach organizowano kolejne konferencje z tej serii
2000	Zasadnicza modernizacja wydawnictw Instytutu	Ukazały się pierwsze numery czasopism <i>Journal of Telecommunications and Information Technology</i> oraz <i>Telekomunikacja i Techniki Informacyjne</i>
2001	Pierwsza konferencja międzynarodowa <i>Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)</i>	W następnych latach organizowano kolejne konferencje z tej serii
2001	Uroczystości jubileuszu 50 lat IŁ	W uroczystościach wzięło udział ok. 400 osób
2005	Rozpoczęcie realizacji programu wieloletniego <i>Rozwój telekomunikacji i poczty w dobie społeczeństwa informacyjnego</i>	W pierwszym roku realizacji wykonano 18 zadań
2005	Uzyskanie przez IŁ statusu Państwowego Instytutu Badawczego (PIB)	Status PIB wiąże się z przywilejem i obowiązkiem wykonywania zadań na potrzeby administracji państwowej
2006	Zorganizowanie studiów magisterskich wspólnie z University of Nottingham (Wielka Brytania)	
2007	Utworzenie Jednostki ds. Porównań Międzylaboratoryjnych (JPM)	Prowadzone przez JPM programy porównań służą w procesach akredytacji i nadzoru akredytowanych laboratoriów
2008	Zakończenie realizacji wieloletniego programu badawczego <i>Rozwój telekomunikacji i poczty w dobie społeczeństwa informacyjnego</i>	Odniesiono sukces. Łącznie w ramach programu wykonano 76 zadań, zgrupowanych w siedmiu obszarach tematycznych
2009	Uzyskanie akredytacji przez JPM	
2009	Uzyskanie akredytacji na prowadzenie porównań międzylaboratoryjnych przez LMEEiO	
2009	Uruchomienie publicznie dostępnego serwera NTP, umożliwiającego precyzyjną synchronizację czasu urządzeń elektronicznych (wzorzec klasy STRATUM-1)	Sygnal czasu dla tego serwera zapewniają dwa wzorce atomowe utrzymywane przez Centralną Izbę Pomiarów Telekomunikacyjnych IŁ



## Lokalizacje Instytutu

W czasie wielu lat swojego istnienia Instytut zmieniał siedziby i lokalizacje. Na fotografiach widać, od czego Instytut zaczynał i co osiągnął.



Budynek Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego w Warszawie przy ul. Ratuszowej 11 (lata 1934-1958). Widok w 1934 r.



Siedziba IŁ w Warszawie Miedzeszynie przy ul. Szachowej 1. W budowie (1956 r.)



Budynek główny IŁ w Warszawie Miedzeszynie przy ul. Szachowej 1 (od 1958 r.). Widok obecny



Oddział IŁ we Wrocławiu. Willa przy ul. Zygmunta Wróblewskiego 12 (lata 1956-2000)



Oddział IŁ we Wrocławiu. Barak przy ul. Mikołaja Kopernika 11 (lata 1972-1997)



Oddział IŁ we Wrocławiu. Budynki przy ul. Swojczyckiej 38 (od 1997 r.)



Oddział IŁ w Gdańsku przy ul. Jaśkowa Dolina 8 (od 1966 r.). Budynek główny. Widok obecny



Oddział IŁ w Gdańsku przy ul. Jaśkowa Dolina 8 (od 1966 r.). Zabytkowa willa. Widok obecny



Oddział IŁ w Pułtusku przy ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9 (lata 1987-1999)

## Dyrektorzy Instytutu Łączności

Osobą, która ma znakomity wpływ na działalność i wizerunek Instytutu, jest z pewnością dyrektor naczelny. Tak było cały czas w Instytucie, pomimo że w niektórych okresach dyrektor musiał dzielić się władzą z organizacjami politycznymi. W wieloletniej historii było (łącznie z obecnym) dwunastu dyrektorów, z których sześciu miało tytuły profesorskie. Dwaj dyrektorzy pozostawali na tym stanowisku tylko przez kilka miesięcy, ale obaj byli wieloletnimi zastępcami dyrektora. Najdłużej stanowisko dyrektora piastował profesor Andrzej Zieliński – był dyrektorem przez 23 lata (z przerwą w latach 1980–1981).

Kolejno (w nawiasie podano lata lub rok), funkcję dyrektora Instytutu Łączności pełnili: Janusz Groszkowski (1934–1951), Salomon Felman (1951–1953), Tadeusz Rzymkowski (1953–1958), Zenon Szpigler (1958–1970), Andrzej Zieliński (1970–1980) i ponownie (1981–1993), Edward Kowalczyk (1980–1981), Władysław Majewski (1981), Jerzy Węclawek (1981), Włodzimierz Barjasz (1993–1996), Andrzej P. Wierzbicki (1996–2004) i Zbigniew Kądzielski (2004–2009). Obecnie (od lipca 2009 r.) dyrektorem IŁ jest Wojciech Hałka.

Poniżej zamieszczono krótkie życiorysy zawodowe dyrektorów (oparte na dostępnych informacjach) oraz ich fotografie.



Profesor **Janusz Groszkowski** (1898–1984) ukończył Politechnikę Warszawską w 1919 r. i Oficerską Szkołę Łączności w Paryżu w 1922 r. Już w 1929 r. otrzymał tytuł profesora nadzwyczajnego, a w 1935 r. profesora zwyczajnego nauk technicznych. W latach 1923–1939 był pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej. W 1928 r. zainicjował utworzenie pierwszego w kraju Instytutu Radiotechnicznego, którym kierował również po jego przekształceniu w 1934 r. w Państwowy Instytut Telekomunikacyjny. W latach 1940–1941 pracował w Instytucie Politechnicznym we Lwowie. Jako żołnierz AK w latach 1941–1944 był doradcą naukowo-technicznym ds. łączności Delegatury Rządu na Kraj. W latach 1945–1946 pracował na Politechnice Łódzkiej, jednocześnie ponownie od 1945 r. był dyrektorem Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego (do 1951 r.). W 1946 r. powrócił do pracy na Politechnice Warszawskiej, gdzie wykładał do 1968 r. W latach 1953–1963 był związany z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN (należał do organizatorów tej placówki). W Polskiej Akademii Nauk profesor pełnił różne funkcje: od 1952 r. członka rzeczywistego PAN, w latach 1955–1980 członka Prezydium PAN, w latach 1957–1962 wiceprezesa, a w latach 1962–1971 prezesa PAN. W 1968 r. przeszedł na emeryturę, nie zerwał jednak kontaktów z nauką. Od chwili utworzenia Rady Naukowej Instytutu Łączności w latach 1954–1981 pozostawał jej przewodniczącym. Jego więź ze środowiskiem akademickim w sposób szczególny była widoczna w latach 1980–1981, kiedy stał się symbolem walki o etykę w pracy naukowej. W latach 1972–1976 sprawował wysokie funkcje państwowe. W lutym 1976 r. zrezygnował z kierowania Frontem Jedności Narodu i złożył mandat poselski w proteście wobec zmian w konstytucji, ustanawiających bezterminowo wiodącą rolę PZPR i sojuszu z ZSRR.

Dorobek naukowy prof. Groszkowskiego obejmuje 361 publikacji i 16 chronionych patentami wynalazków. Wypromował 33 doktoraty. Wśród publikacji wyróżnia się kilka kluczowych w skali światowej prac z dziedziny wytwarzania i stabilizacji drgań elektrycznych, technologii wysokiej próżni oraz lamp elektronowych. Jest twórcą metody analizy drgań elektrycznych nieliniowych. Opracował oryginalną interpretację zmian indukcyjności w zależności od temperatury. Światową sławę zapewniła mu opublikowana w 1932 r. praca, w której wyprowadził wzór (zwany równaniem Groszkowskiego), określający zmiany częstotliwości drgań układu od zawartości harmonicznych.

Metoda Groszkowskiego stała się podstawowym elementem wszystkich poważnych opracowań na temat generatorów lampowych. W późniejszych latach prof. Groszkowski zajmował się też elektroniką półprzewodnikową. Celem prac kierowanych przez prof. Janusza Groszkowskiego były nie tylko badania poznawcze, ale również działania konstrukcyjne w zakresie radiotechniki, a potem elektroniki i telekomunikacji. Jego działalność naukowa i dydaktyczna nie ustała także w czasie okupacji. Podczas drugiej wojny światowej opracował dla łączności Armii Krajowej proste nadajniki stabilizowane kwarem i podjął, uwieńczone sukcesem, prace nad rozszyfrowaniem systemu sterowania rakiet V1 i V2, przechwyconych przez AK, co umożliwiło prowadzenie skutecznej obrony antyrakietowej Londynu. W wielu późniejszych pracach innych uczonych o światowej sławie były wykorzystywane jego teorie. Groszkowski jest zaliczany również do pionierów w dziedzinie układów radiotechnicznych. Wniósł niemały wkład w opracowanie zasad działania i konstrukcji radaru. Był doktorem *honoris causa* Politechniki Warszawskiej, Politechniki Łódzkiej i Politechniki Gdańskiej. Przyznano mu też członkostwo sześciu zagranicznych akademii. Otrzymał najwyższe odznaczenia państwowe. Był trzykrotnym laureatem Nagrody Państwowej I stopnia (1951 r., 1955 r., 1968 r.). W środowisku naukowym profesor Janusz Groszkowski był i jest uznawany nie tylko jako wybitny uczony, ale jako postać stanowiąca wzorzec moralny.



Magister inżynier **Salomon Felman** ukończył studia w Instytucie Łączności w Moskwie. Początkowo pracował w Związku Radzieckim. Od 1946 r. był zatrudniony w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym w Warszawie. W latach 1951–1953 pełnił funkcję dyrektora Instytutu Łączności. Następnie został oddelegowany do Ministerstwa Poczty i Telegrafów do przeprowadzenia reorganizacji Departamentu Techniki.



Docent **Tadeusz Rzymkowski** urodził się w 1915 r. w Charkowie (w Rosji). W latach 1933–1939 studiował na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, uzyskując dyplom inżyniera elektryka. Pracował m.in. w Państwowych Zakładach Tele- i Radiotechnicznych, na Politechnice Gdańskiej i w Polskim Radio. W latach 1953–1958 był zatrudniony na stanowisku dyrektora Instytutu Łączności. W 1954 r. uzyskał status samodzielnego pracownika nauki ze stopniem naukowym docenta.



Profesor **Zenon Szpigler** (1906–1985) ukończył studia wyższe na Politechnice Warszawskiej, uzyskując w 1935 r. dyplom inżyniera elektryka prądów słabych. Pracę rozpoczął w Ministerstwie Poczty i Telegrafów, gdzie m.in. zaprojektował i kierował budową linii kablowej Zakopane – Kasprowy Wierch. Za organizowanie łączności w czasie obrony Warszawy we wrześniu 1939 r. został odznaczony Krzyżem Walecznych. W latach okupacji był więźniem hitlerowskich obozów koncentracyjnych. Od 1946 r., pracując w Ministerstwie Poczty i Telegrafów, kierował odbudową zdewastowanej sieci kabli dalekosiężnych, a następnie w latach 1948–1951 opracowywał nowe konstrukcje i technologie kablowe.

W 1952 r. zespół kierowany przez prof. Szpiglera otrzymał Nagrodę Państwową III stopnia. W maju 1953 r. został powołany na stanowisko dyrektora generalnego w Ministerstwie Łączności,



a następnie w 1955 r. na stanowisko podsekretarza stanu w tym Ministerstwie. W 1958 r. objął stanowisko dyrektora Instytutu Łączności. Tu uzyskał status samodzielnego pracownika naukowo-badawczego, a następnie w 1967 r. Rada Państwa nadała mu tytuł profesora nadzwyczajnego. W 1970 r. przeszedł do pracy na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej, gdzie zajmował się problematyką telekomunikacji światłowodowej. Był inicjatorem, a następnie organizatorem zastosowania tej nowej techniki w polskiej sieci telekomunikacyjnej. Zespół prof. Szpiglera, we współpracy z zespołami z UMCS i OLPiT w Lublinie, zbudował i w 1979 r. przekazał do eksploatacji pierwszą w Polsce (oraz w państwach byłej RWPG) linię światłowodową.

Profesor Zenon Szpigler aktywnie działał w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich oraz Polskiej Akademii Nauk, gdzie do 1984 r. przewodniczył Sekcji Telekomunikacyjnej Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji. Był także wieloletnim członkiem Rady Naukowo-Technicznej przy Ministrze Łączności. Został uhonorowany wysokimi odznaczeniami państwowymi oraz wieloma odznaczeniami branżowymi.



Profesor **Andrzej Zieliński** urodził się w 1934 r. Dyplom magistra inżyniera łączności uzyskał na Politechnice Warszawskiej w 1959 r. W latach 1957–1970 był zatrudniony na Politechnice Warszawskiej, początkowo w Katedrze Podstaw Telekomunikacji, a następnie w Instytucie Podstaw Elektroniki, przechodząc kolejno ze stanowiska asystenta na stanowiska starszego asystenta, adiunkta i docenta. W latach 1969–70 był prodziekanem Wydziału Elektroniki. W 1964 r. odbył roczny staż naukowy na Wydziale Fizyki na Uniwersytecie Moskiewskim. W 1966 r. obronił rozprawę doktorską pt. „Przybliżona teoria rozchodzenia się sygnałów modulowanych w nieliniowej linii długiej”, której promotorem był

profesor Jerzy Osiewski. W tym okresie prowadził zajęcia dydaktyczne z teorii obwodów, początkowo ćwiczenia, a następnie wykłady. W 1970 r. został mianowany na stanowisko dyrektora Instytutu Łączności i docenta w tym Instytucie. Był także kierownikiem problemu węzłowego dotyczącego rozwoju telekomunikacji w kraju. W 1979 r. otrzymał tytuł profesora nauk technicznych. Przez okres dekady lat siedemdziesiątych prowadził wykłady z teorii obwodów na Wydziale Elektroniki. W 1980 r. został przeniesiony do Zjednoczenia Stacji Radiowych i Telewizyjnych, gdzie pełnił funkcję dyrektora tego Zjednoczenia do 13 grudnia 1981 r. Na początku 1982 r., został ponownie dyrektorem Instytutu Łączności. W latach 1993–1997 profesor Zieliński piastował stanowisko ministra łączności, po tym okresie powrócił do Instytutu Łączności na stanowisko profesora. W maju 2005 r. został wybrany przez Sejm PR do Krajowej Rady Radiofonii i Telewizji, pełniąc funkcje jej członka do końca 2005 r., do dnia rozwiązania Rady w tej kadencji. W 2002 r. był członkiem Rady Nadzorczej Telewizji Polskiej.

Zainteresowania naukowe profesora Andrzeja Zielińskiego początkowo dotyczyły problemów zastosowania rdzeni ferrytowych do budowy pamięci komputerowych, następnie nieliniowej teorii drgań, zwłaszcza teorii nieliniowych układów o parametrach rozłożonych, będących m.in. modelem wzmacniacza parametrycznego z falą bieżącą, w okresie zaś pracy w IŁ wielu problemów ogólnego rozwoju telekomunikacji, w tym zagadnień sieciowych, a także zagadnień transmisji sygnałów w światłowodach, zwłaszcza efektów nieliniowych w tej transmisji. Był promotorem czterech pozytywnie zakończonych przewodów doktorskich. W dorobku naukowym ma ponad 100 publikacji oraz 5 patentów.

Przez wiele lat profesor Andrzej Zieliński pełnił różne funkcje: kierownika problemu węzłowego i centralnego programu badawczo-rozwojowego dotyczącego rozwoju telekomunikacji, członka Komitetu Nauki i Postępu Technicznego, a potem Komitetu Badań Naukowych – KBN (w okresie pracy w rządzie jako minister łączności), członka ciał roboczych KBN, członka komitetów naukowych PAN (elektroniki i telekomunikacji oraz badań kosmicznych i satelitarnych), a także członka rad naukowych

instytutów badawczych w kraju (IŁ, ITE, WIŁ, CLO, COBRESPU). W latach 1985–1989, jako wiceprzewodniczący Komitetu Badań Kosmicznych PAN, reprezentował Polskę w Komitecie ONZ ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej. Jest długoletnim członkiem IEEE, Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP) oraz Stowarzyszenia Inżynierów Telekomunikacji (SIT). Przez dwie kadencje, w latach 1993–2000, był prezesem Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT (FSNT NOT). Jest członkiem Akademii Inżynierskiej w Polsce. Obecnie pracuje w Instytucie Łączności na stanowisku profesora. Pełni funkcję przewodniczącego Rady Naukowej IŁ kadencji 2007–2011. Był też przewodniczącym Rady poprzedniej kadencji.



Profesor **Edward Kowalczyk** (1924–2000) był inżynierem łączności, pracownikiem naukowym, publicystą i politykiem, wieloletnim ministrem łączności oraz posłem na Sejm PRL V i IX kadencji. Studiował na konspiracyjnym Uniwersytecie Warszawskim. Był żołnierzem AK, brał udział w Powstaniu Warszawskim. Po powstaniu dostał się do niewoli i został wywieziony do Niemiec. Po wojnie kontynuował studia na Politechnice Warszawskiej, którą ukończył w 1951 r. Został pracownikiem Katedry Teletransmisji Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej. W późniejszym okresie kierował filią tej uczelni w Płocku. W 1979 r. został profesorem Politechniki Warszawskiej. Naukowo zajmował się m.in. cybernetyką.

Oprócz pracy naukowej i dydaktycznej, interesowała go również publicystyka, głównie w zakresie problematyki naukowej, organizacji nauki oraz popularyzacji wiedzy. Profesor Edward Kowalczyk pełnił różne funkcje: w latach 1969–1972 i 1985–1989 posła na Sejm (jako członek Stronnictwa Demokratycznego), od czerwca 1969 r. do kwietnia 1980 r. ministra łączności w trzech kolejnych rządach, w latach 1980–1981 dyrektora Instytutu Łączności, w 1981 r. wiceprezesa Najwyższej Izby Kontroli, a w latach 1981–1985 wicepremiera w rządzie Wojciecha Jaruzelskiego. Był też honorowym prezesem Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego.



Profesor **Władysław Majewski** (1933–2002) studiował w latach 1950–1956 na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera łączności. Stopień doktora nauk technicznych otrzymał na tym samym Wydziale w 1962 r. Pracę zawodową rozpoczął w 1954 r. w Katedrze Teletransmisji Przewodowej Politechniki Warszawskiej. W latach 1970–1981 pracował w Instytucie Łączności kolejno jako adiunkt i zastępca dyrektora ds. naukowych, następnie jako samodzielny pracownik naukowo-badawczy oraz docent. W 1976 r. Rada Państwa nadała mu tytuł profesora nadzwyczajnego.

W styczniu 1981 r. objął obowiązki dyrektora naczelnego Instytutu Łączności i pełnił tę funkcję do czerwca tego roku, kiedy został powołany na stanowisko ministra łączności, które piastował do października 1987 r. Następnie powrócił do pracy na Politechnice Warszawskiej. W czerwcu 1990 r. Prezydent RP nadał mu tytuł profesora zwyczajnego. Od maja 1991 r. aż do ostatnich chwil swego życia był dyrektorem Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej. Prowadził wykłady pt. „Układy logiczne”, „Sieci zintegrowane” i „Matematyka dyskretna”. Wypromował 10 doktorów nauk technicznych oraz wielu inżynierów i magistrów inżynierów telekomunikacji. Kilku jego wychowanków uzyskało tytuły profesora.

Dorobek naukowy profesora Władysława Majewskiego obejmuje 13 monografii i rozpraw, 30 artykułów i komunikatów naukowych, 10 podręczników i skryptów, 27 prac projektowych i konstrukcyjnych oraz 20 innych publikacji. Profesor W. Majewski był laureatem wielu nagród państwowych



i społecznych. Ostatnią nagrodę indywidualną za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne otrzymał od Ministra Edukacji Narodowej w 2000 r. za podręcznik akademicki „Układy logiczne”.



Magister inżynier **Jerzy Węclawek** (ur. 1930 r.) studia ukończył na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej. W latach 1954–1978 pracował w Zjednoczeniu Stacji Radiowych i Telewizyjnych, od 1963 r. był dyrektorem tego Zjednoczenia. W okresie 1978–1982 pracował w Instytucie Łączności na stanowisku zastępcy dyrektora, a od czerwca do września 1981 r. pełnił funkcję dyrektora. W 1982 r. został przeniesiony do pracy w przedsiębiorstwie Polska Poczta Telegraf i Telefon.



Docent **Włodzimierz Barjasz** jest specjalistą w zakresie telekomunikacji, ze szczególnym uwzględnieniem teletransmisji i cyfrowych systemów. Pracował w Instytucie Łączności od 1953 r. i kolejno pełnił następujące funkcje: od 1968 r. kierownika Pracowni Systemów Współosiowych, od 1972 r. kierownika Zakładu Teletransmisji, od 1987 r. zastępcy dyrektora ds. badawczo-rozwojowych. Od listopada 1993 r. do lipca 1996 r. pełnił obowiązki dyrektora Instytutu Łączności. W latach 1998–2002 był kierownikiem Zakładu Problemów Regulacyjnych i Ekonomicznych Telekomunikacji w Instytucie Łączności i zajmował się tematyką dostosowania regulacji prawnych w zakresie telekomunikacji do wymogów Unii Europejskiej oraz problematyką ekonomiczną telekomunikacji. W 2003 r. przeszedł na emeryturę. Jest autorem kilkudziesięciu publikacji, w tym 3 książek. W 1986 r. został laureatem zespołowej Nagrody Państwowej II stopnia za „Opracowanie i wdrożenie 2700 kanałowego systemu telekomunikacyjnego”.



Profesor **Andrzej Piotr Wierzbicki** urodził się 29 czerwca 1937 r. w Warszawie. Studia magisterskie ukończył w 1960 r. na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej (specjalność automatyka). Od 1959 r. pracował w Instytucie Elektrotechniki, a także odbył staż podyplomowy w RFN. W latach 1961–2004 pracował jako nauczyciel akademicki w Katedrze Automatyki (obecnie Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej) Wydziału Łączności (potem Wydział Elektroniki, a obecnie Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych) Politechniki Warszawskiej (PW). Stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie automatyki uzyskał na Wydziale Elektroniki PW w 1964 r., stopień doktora habilitowanego – w 1968 r., tytuł profesora – w 1976 r., a stanowisko profesora zwyczajnego – w 1992 r. Na PW pełnił m.in. funkcje: zastępcy kierownika katedry, dyrektora Instytutu Automatyki, prodziekana, dziekana Wydziału. Od 1996 r. był zatrudniony w Instytucie Łączności, gdzie w latach 1996–2004 pełnił funkcję dyrektora.

Doktoranci prof. Andrzeja P. Wierzbickiego (był promotorem 17 doktorów) lub pracownicy zespołów badawczych kierowanych przez niego uzyskali wiele habilitacji i tytułów profesora. Kilku jest obecnie profesorami na uczelniach zagranicznych. Jest autorem wielu recenzji rozpraw doktorskich, habilitacyjnych i wniosków profesorskich w kraju i zagranicą. Opublikował 12 książek naukowych oraz kilka monografii o charakterze podręczników, ponad 100 artykułów w czasopiśmie naukowych

i rozdziałów w książkach, a także ponad 100 referatów na konferencjach naukowych, głównie międzynarodowych. Ma trzy wdrożone i wykorzystane patenty.

W latach 1970–1971 przebywał w USA na Uniwersytecie Minnesota oraz Uniwersytecie Browna, gdzie zapoczątkował program współpracy polsko-amerykańskiej w zakresie teorii sterowania. W latach 1978–1984 pracował w Międzynarodowym Instytucie Stosowanej Analizy Systemowej (IIASA), od 1979 r. jako kierownik działu teoretycznego tego Instytutu, a tym samym zapoczątkował szeroką współpracę międzynarodową w zakresie teorii optymalizacji i teorii decyzji. W latach 1985–1990 wykładał na studiach doktoranckich Uniwersytetu Zdalnego Nauczania w Hagen, był profesorem wizytującym na Uniwersytecie w Kioto, a w latach 2004–2007 pracował jako profesor badawczy w Japan Advanced Institute of Science and Technology w Nomi (Japonia).

Profesor Andrzej P. Wierzbicki ma uznany międzynarodowo wkład naukowy w wielu obszarach. W zakresie teorii sterowania i optymalizacji jest m.in. autorem zasady maksimum dla procesów z opóźnieniem oraz algorytmów przesuwanych funkcji kary i uzupełnionych funkcji Lagrange'a z uogólnieniami na przypadek dynamiczny i ograniczeń w przestrzeni Hilberta. Jest autorem uogólniającego podejścia do teorii wrażliwości układów dynamicznych i sterowania optymalnego. Innymi osiągnięciami są opracowania dotyczące teorii i metodologii optymalizacji wektorowej, wielokryterialnego wspomagania decyzji i projektowania, w tym „metoda punktu odniesienia” (aspiracji), także trajektorii odniesienia. Kładzie się tu nacisk na suwerenną rolę użytkownika systemu wspomagania decyzji czy projektowania, przy wspomagającej roli narzędzi badawczych. Podejście to stało się podstawą dalszych prac wielu autorów amerykańskich, japońskich i europejskich i za jego opracowanie otrzymał w 1992 r. Nagrodę Międzynarodowego Towarzystwa Wielokryterialnej Analizy Decyzji (IS MCDM) – Georg Cantor Award.

Obecne zainteresowania badawcze prof. Wierzbickiego dotyczą teorii i technik negocjacji oraz procesów kreowania wiedzy i wspomagania kreatywności, dla których opracował racjonalną ewolucyjną teorię intuicji, opierającą się na rozróżnieniu między przetwarzaniem informacji słownej i całościowym przetwarzaniem pełnej informacji przedślownej (głównie wizualnej) docierającej do człowieka i uznaniu upraszczającej, przyspieszającej roli wynalazku mowy w procesie ewolucyjnym. Jest ponadto autorem wielu prac dotyczących koncepcji, uwarunkowań i zaawansowania rozwojowego cywilizacji w tym etapu społeczeństwa informacyjnego. Komisja Europejska mianowała go na lata 2000–2002 członkiem ISTAG (Information Society Technology Advisory Group).

Profesor Andrzej P. Wierzbicki pełnił różne funkcje: w kadencji 1991–1994 przewodniczącego Komisji Badań Stosowanych Komitetu Badań Naukowych (KBN) oraz zastępcy przewodniczącego Rady Fundacji Nauki Polskiej, przewodniczącwo lub członka zespołów opiniodawczych KBN (Zespołu ds. Infrastruktury Informacyjnej KBN, Zespołu ds. Rozwoju i Promocji Nauki, Zespołu ds. Współpracy Naukowej z Zagranicą), doradcy w ministerstwie łączności, członka Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Komitetu Automatyki i Cybernetyki (później Automatyki i Robotyki) PAN, redaktora naczelnego kwartalnika „Archiwum Automatyki i Robotyki” (obecnie „Archives of Control Sciences”), członka Polskiego Towarzystwa Matematycznego, członka wielu rad naukowych (m.in. IBS PAN, PIAP, NASK), sekretarza naukowego, obecnie wiceprzewodniczącego Komitetu Prognoz „Polska 2000”, później „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN, członka International Society of Multiple Criteria Decision Making, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), a także Polskiego Towarzystwa Współpracy z Klubem Rzymskim.

Obecnie jest nadal pracownikiem Instytutu Łączności i członkiem jego Rady Naukowej. Wykłada w Wyższej Szkole Techniczno-Ekonomicznej w Warszawie. Prowadzi wiele nowych tematów badawczych i aktywną międzynarodową współpracę naukową.



Magister inżynier **Zbigniew Kądzielski** (ur. 1956 r.) ukończył Wydział Elektroniki na Politechnice Warszawskiej w 1984 r. Ma ponad 20-letni staż w zakresie zarządzania, prowadzenia projektów, wdrożeń rozwiązań teleinformatycznych oraz konsultingu. Piastując różnorodne stanowiska – zarówno w małych, jak i dużych firmach – odpowiadał za zarządzanie biznesem, strategię rozwoju, budowę i wdrażanie rozwiązań IT, projektowanie rozwiązań technologicznych dla różnych klientów, budowę zespołów, wspomaganie procesów sprzedaży i serwisu. Zajmował się problemami bezpieczeństwa informacji, audytem IT i utrzymaniem jakości. Kierował projektami związanymi z wdrożeniami systemów i procesów biznesowych oraz restrukturyzacji (*reengineering*) przedsiębiorstw. Pracował dla wielu firm i organizacji. Specjalizuje się w doborze i wdrożeniach biznesowych rozwiązań teleinformatycznych, wspomagających podstawową działalność przedsiębiorstwa. W latach 2004–2009 pełnił funkcję dyrektora Instytutu Łączności. Był członkiem Zarządu ISACA Polska (Stowarzyszenie ds. Audytu Kontroli Systemów Informatycznych). Działa w strukturach Project Management Institute Poland Chapter. Należy do Instytutu Zarządzania (największej polskiej organizacji dla menadżerów) oraz do Toastmasters International.



Inżynier **Wojciech Halka** (ur. 1949 r.) ukończył Politechnikę Warszawską (1971), uzyskując tytuł inżyniera telekomunikacji. Swoją edukację kontynuował w Ecole Supérieure d'Electricité, Antenne de Rennes (1978 r.), EuroMaster en Gestion et Téléinformatique (CITCOM – Politechnika Warszawska), Institute Télésystème (Paryż, 1990–1991) oraz w studium europejskim MATRA (Uniwersytet Warszawski i Maastricht, 1997–1998). W latach 1972–1991 pracował w Instytucie Łączności w Warszawie jako pracownik naukowy, później kierownik zakładu naukowo-badawczego, a następnie Oddziału IŁ na Służewcu w Warszawie.

W latach 1986–1987 w firmie Spie Batignoles (Francja) budował system telekomunikacyjny dla Krajowego Centrum Energetyki Egiptu. W latach 1991–1998 był w Ministerstwie Łączności wicedyrektorem i dyrektorem Departamentu Techniki/Regulacji i Rozwoju. Następne pięć lat pracował w spółkach grupy Netia jako doradca, członek zarządu i dyrektor odpowiedzialny za wdrożenie ogólnopolskiej sieci transmisji danych i międzystrefowej oraz współpracę z innymi operatorami. W latach 2003–2005 jako podsekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury odpowiadał za łączność. W tej roli nadzorował opracowanie nowej ustawy "Prawo telekomunikacyjne" (wdrażającej przepisy II pakietu dyrektyw UE o komunikacji elektronicznej) oraz był współautorem strategii rozwoju dostępu szerokopasmowego do internetu i strategii przejścia na nadawanie cyfrowe w naziemnej telewizji w Polsce. W marcu 2006 r. ponownie podjął pracę w Instytucie Łączności jako zastępca dyrektora ds. rozwoju. W lipcu 2009 r., decyzją Ministra Infrastruktury, na okres 5 lat, został powołany na funkcję Dyrektora Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego, w instytucji, w której rozpoczął karierę zawodową.

W 1991 r. był ekspertem Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego w Burundii, w latach 1994–1996 negocjatorem porozumienia telekomunikacyjnego w Światowej Organizacji Handlu WTO, delegatem polskiej administracji w ITU, CEPT, ECTRA, a w latach 2003–2005 w Radzie GSA projektu Galileo i Radzie Ministrów Telekomunikacji (TTE) UE. W poprzedniej kadencji był członkiem Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN oraz Rady projektu ASG-EUPOS, obecnie jest członkiem Komisji Astronautyki i Techniki Kosmicznych KBK PAN.

Jest członkiem komitetów organizacyjnych i programowych wielu krajowych oraz międzynarodowych konferencji naukowych i technicznych (KSTiT, KKRiT, NETWORKS, FITCE). Angażuje się społecznie w rozwój profesjonalnych kadr w sektorze łączności. Od marca 2006 r. jest prezesem Stowarzyszenia

Inżynierów Telekomunikacji (w maju 2007 r. został wybrany ponownie na 4-letnią kadencję). We wrześniu 2007 r. współorganizował 46. Kongres FITCE (Federacji Stowarzyszeń Inżynierów Telekomunikacji UE) w Warszawie.

## Rada Naukowa Instytutu

Rada Naukowa od chwili jej powstania była ważnym organem Instytutu Łączności. W tablicy 1 pokazano, jakim ewolucjom podlegała. O stabilności tego organu może świadczyć fakt, że w całym okresie istnienia Rady miała ona tylko pięciu przewodniczących.

*Tabl. 1. Kadencje Rady Naukowej*

Kadencja	Okres	Przewodniczący	Liczba członków	Sposób ustalania składu
I	1954–1957	Prof. Janusz Groszkowski	9	Powołanie
II	1957–1960	jw.	9	Powołanie
III	1960–1963	jw.	9	Powołanie
IV	1963–1966	jw.	9	Powołanie
V	1966–1969	jw.	20	Powołanie
VI	1969–1972	jw.	20	Powołanie
VII	1972–1975	jw.	20	Powołanie
VIII	1975–1978	jw.	25	Powołanie
IX	1978–1981	jw.	Brak danych	Powołanie
	1981–1982	Przerwa w działalności Rady w wyniku stanu wojennego		
X	1982–1987	Prof. Wojciech Oszywa	Brak danych	Powołanie
XI	1987–1991	jw.	30	Powołanie
XII	1991–1995	Prof. Władysław Majewski	30	Wybory
XIII	1995–1999	Prof. Stanisław Sławiński	30/36	Wybory
XIV	1999–2003	jw.	24	Wybory
XV	2003–2007	Prof. Andrzej Zieliński	24	Wybory
XVI	2007–2011	jw.	24	Mieszany

W 1967 r. Rada uzyskała uprawnienia do nadawania stopni doktorskich, a także do wysuwania i opiniowania kandydatów do zajmowania stanowisk docentów oraz uzyskiwania tytułów naukowych profesora. Uprawnienia te zostały zawieszony w 1985 r. z powodu podwyższonych ustawowo wymagań. Dopiero w 1997 r. Rada ponownie odzyskała uprawnienia do nadawania stopni doktorskich.

Rada Instytutu Łączności nadała stopień doktora 40 osobom.

Dalej zaprezentowano notki biograficzne i fotografie dwóch przewodniczących Rady Naukowej II: profesorów Wojciecha Oszywy i Stanisława Sławińskiego. Życiorysy pozostałych trzech przewodniczących RN, profesorów Janusza Groszkowskiego, Władysława Majewskiego i Andrzeja Zielińskiego, zamieszczono wcześniej, w rozdziale przedstawiającym dyrektorów Instytutu Łączności.



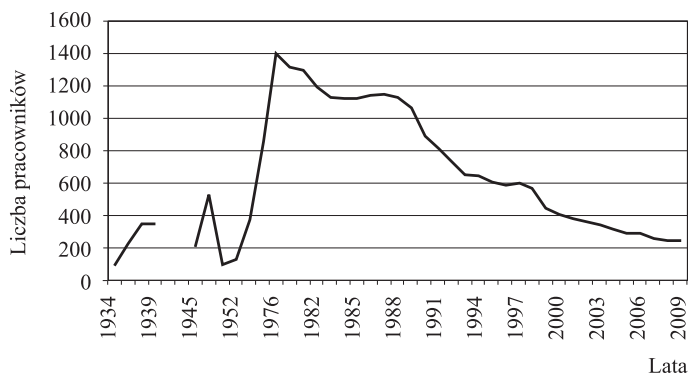
Pułkownik profesor **Wojciech Oszywa** zajmuje się badaniami w dziedzinie telekomunikacji, głównie w zakresie analizy sygnałów mowy, transmisji danych przez środki radiowe, komutacji elektronicznej, ochrony informacji w sieciach teleinformatycznych. Był wieloletnim nauczycielem akademickim w Wojskowej Akademii Technicznej (WAT), szefem Instytutu Systemów Telekomunikacyjnych WAT (1973–1984), komendantem Wojskowego Instytutu Łączności (1984–1991). Opublikował około 40 prac naukowych, głównie z zakresu przetwarzania sygnałów. Jest autorem rozdziału książki o systemach przekazywania mowy, promotorem 22 prac doktorskich, autorem 8 patentów. Został wyróżniony nagrodami Ministra Obrony Narodowej (I i II stopnia). Był członkiem Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN oraz przewodniczącym Rady Naukowej Instytutu Łączności (1982–1991).



Profesor **Stanisław Sławiński** ukończył Politechnikę Gdańską w 1948 r. W 1954 r. podjął pracę naukową i dydaktyczną na Politechnice Warszawskiej, gdzie pełnił kolejno funkcje: kierownika Katedry Techniki Fal Ultrakrótkich, prodziekana i dziekana Wydziału Elektroniki, prorektora ds. nauczania, dyrektora Instytutu Telekomunikacji. Wypromował blisko 30 doktorantów i ponad 150 magistrów inżynierów, recenzował kilkunastu rozpraw habilitacyjnych. Był profesorem Uniwersytetu w Mosulu oraz ekspertem ONZ w Instytucie Telekomunikacji w Oranie (Algeria) i w Komisji EWG w Brukseli. Badania naukowe prowadził głównie w dziedzinie telekomunikacji, radiolokacji, teorii sygnałów oraz cyfrowego przetwarzania sygnałów. Jest autorem fundamentalnych prac naukowych w dziedzinie telekomunikacji, radiolokacji i teorii sygnałów, z których uczyły się kolejne roczniki studentów kierunku telekomunikacja i radiolokacja. W latach 1991–2003 pełnił funkcję przewodniczącego Rady Naukowej PIT, w latach 1995–2003 był przewodniczącym Rady Naukowej Instytutu Łączności. Został odznaczony Krzyżem AK, Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski i złotym medalem „Za zasługi dla obronności kraju”. Obecnie jest na emeryturze.

## Pracownicy Instytutu

Liczba osób pracujących w Instytucie ulegała znacznym zmianom. Na rys. 1 pokazano, jak kształtowało się zatrudnienie w latach 1934–2009. Pozostawia się Czytelnikowi skorelowanie wykresu z istotnymi okresami w rozwoju kraju.



Rys. 1. Zatrudnienie w latach 1934–2009



Na tym tle mogą być również interesujące dane, dotyczące zatrudnienia w poszczególnych Oddziałach w kilku wybranych latach (tabl. 2).

**Tabl. 2. Zatrudnienie w oddziałach Instytutu**

Oddziały Instytutu (lata)	Lata			
	1967	1976	1992	2009
Gdańsk (1962–2009)	80	230	94	18
Wrocław (1956–2009)	brak danych	105	58	22
Pułtusk (1973–1999)	—	72	71	—
Służewiec (1987–1992)	—	—	24	—

Nie podano natomiast zatrudnienia w poszczególnych grupach pracowniczych, gdyż na przestrzeni lat klasyfikacja tych grup zmieniała się kilkakrotnie.

## Wydawnictwa Instytutu

Bardzo ważnym i zawsze docenianym przez kierownictwo Instytutu elementem jego działalności były i są wydawnictwa. W tablicy 3 wymieniono czasopisma wydawane przez Instytut (najważniejsze tytuły pogrubiono).

**Tabl. 3. Czasopisma Instytutu**

Lata	Tytuł	Charakterystyka
1	2	3
1935–1939	<i>Wiadomości i Prace Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego</i>	Wydawano 6 numerów rocznie
1950–1951	<i>Prace PIT (Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego)</i>	Po 1951 r. zmiana wydawcy na Przemysłowy Instytut Telekomunikacji
1953–1957	<i>Biuletyn Instytutu Łączności</i>	
1954–1999	<b><i>Prace Instytutu Łączności</i></b>	Kwartalnik, oryginalne prace naukowe pracowników IŁ oraz autorów z instytucji współpracujących; wydano 112 zeszytów
1961–1968	<i>Przegląd Zagadnień Łączności</i>	Miesięcznik, następnie dwumiesięcznik, wolne przekłady artykułów zagranicznych; od 1971 r. włączony do <i>Problemów Łączności</i>

cd. tabl. 3

1	2	3
1961–1976	<i>Problemy Łączności</i>	Prace dotyczące ważnych, nowych, przyszłościowych zagadnień telekomunikacji; 13 numerów rocznie; wydano ponad 300 zeszytów
1967–1970	<i>Biuletyn Informacyjny Łączności</i>	Dwumiesięcznik, opisy patentowe, od 1971 r. włączony do <i>Przeglądu Dokumentacyjnego Łączności</i>
1961–1998	<b><i>Przegląd Dokumentacyjny Łączności</i></b>	Miesięcznik, analizy wybranych książek, artykułów, dokumentów międzynarodowych; 13 numerów rocznie; wydano ponad 300 zeszytów
1976–1999	<b><i>Biuletyn Informacyjny Instytutu Łączności</i></b>	Kontynuacja <i>Problemy Łączności</i> ; wydano 366 zeszytów
1977–1991	<i>Referaty Problemowe</i>	
od 2000 r.	<b><i>Journal of Telecommunications and Information Technology</i></b>	Kwartalnik naukowy o zasięgu światowym; wydano 32 zeszyty (do czerwca 2009 r.)
od 2000 r.	<b><i>Telekomunikacja i Techniki Informacyjne</i></b>	Czasopismo naukowo-techniczne o zasięgu krajowym; wydano 20 zeszytów (do 2009 r.)
od 2006 r.	<i>Biuletyn Informacyjny Instytutu Łączności</i>	Czasopismo nieperiodyczne, <i>online</i> , krótki cykl wydawniczy

Instytut Łączności wydaje nie tylko czasopisma, ale także i książki. Nakładem IŁ ukazały się książki Józefa Wierzbolowskiego: *Fińska droga do społeczeństwa informacyjnego i gospodarki opartej na wiedzy* (2003 r.) oraz *Unia Europejska wobec wyzwań gospodarki opartej na wiedzy* (2007 r.).

Ponadto opublikowano wiele materiałów z różnych konferencji, np. *ICTON*, *DSTIS*, *Congress FITCE*, czy *Sieci Nowej Generacji*.

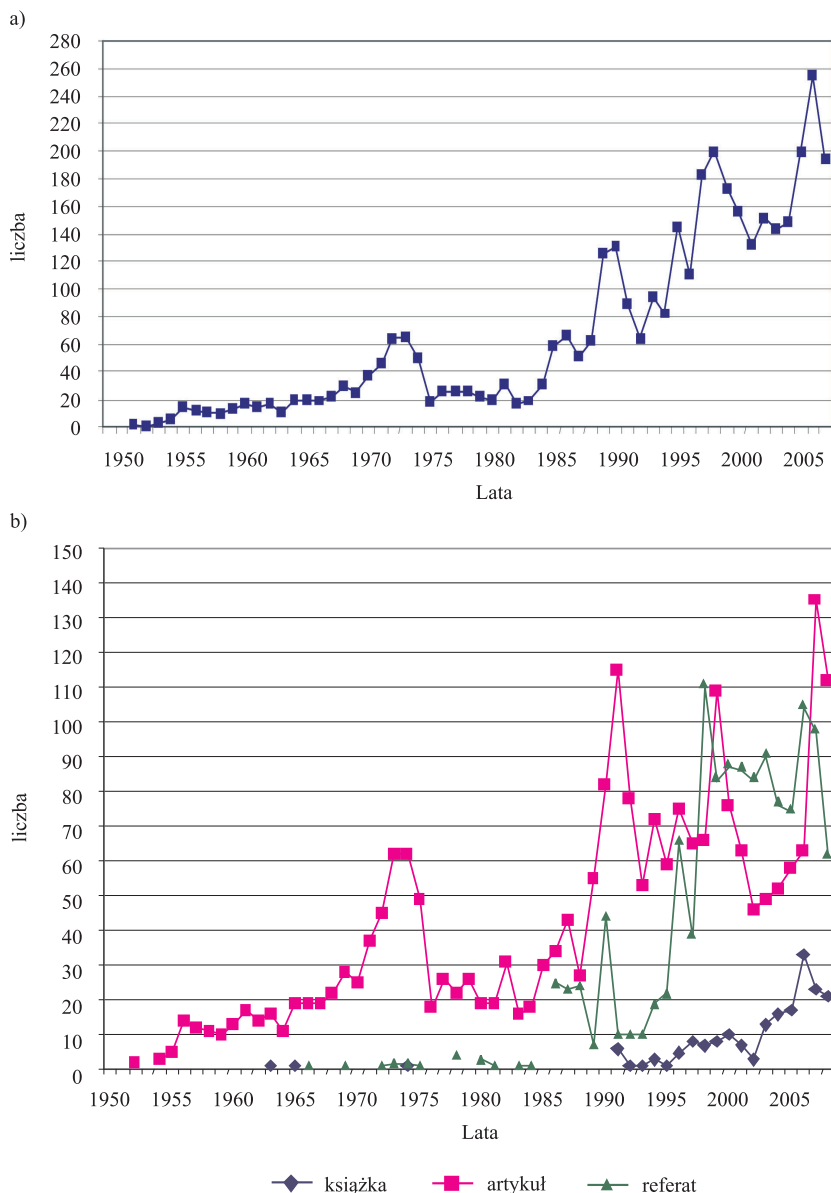
W 2009 r. wydano 7 zeszytów *Raportów Instytutu Łączności*, a wkrótce ukazą się kolejne. Są to opracowania eksperckie, stanowiące produkt handlowy.

## Publikacje pracowników

Coraz częściej miarą jakości pracy instytucji badawczej jest liczba i jakość publikacji jej pracowników, choć w przypadku jednostek badawczo-rozwojowych równie ważne są wdrożenia, gdyż stanowią one bezpośredni cel istnienia tych jednostek.

Na rys. 2a podano sumaryczne liczby publikacji pracowników Instytutu Łączności w poszczególnych latach, natomiast na rys. 2b – osobno liczby książek (w tym rozdziałów w książkach), artykułów w czasopismach i referatów na konferencjach naukowych.

Dane sprzed 1980 r. mogą być niedoszacowane ze względu na trudności z dotarciem do wszystkich publikacji.



Rys. 2. Publikacje w latach 1952–2008: a) łączna liczba publikacji; b) publikacje wg rodzaju

## Nagrody i wyróżnienia

W wieloletniej historii Instytutu zespoły badawcze i poszczególni pracownicy IŁ otrzymywali znaczące nagrody i odznaczenia. Były to m.in.: nagrody państwowe, nagrody przewodniczącego Komitetu Nauki i Techniki, nagrody ministrów, najwyższe odznaczenia państwowe – Sztandar Pracy, Krzyże Orderu Odrodzenia Polski, Krzyże Zasługi – oraz wiele resortowych, takich jak np. Odznaka Zasłużonego Pracownika Łączności.

Najbardziej prestiżową nagrodą przyznawaną w latach 1951–1990 za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nauki, techniki oraz literatury i sztuki była nagroda państwowa. Zespoły inżynierów i naukowców Instytutu Łączności otrzymały taką nagrodę ośmiokrotnie (tabl. 4).

**Tabl. 4. Nagrody państwowe**

Lata	Tytuł nagrody
1952	Opracowanie nowego typu kabla telefonicznego o zmniejszonej pojemności skutecznej torów
1953	Opracowanie dokumentacji technicznej i technologii produkcji oraz uruchomienie produkcji skrzyń wydłużających RC
1955	Pionierska działalność w tworzeniu podstaw telewizji w Polsce oraz opracowanie i wprowadzenie do eksploatacji kompletnych urządzeń nowoczesnej telewizji
1955	Opracowanie sposobu i urządzenia wybierania abonentów dołączonych do wspólnego łącza telefonicznego w centralach automatycznych oraz ręcznych MB
1964	Tranzystoryzacja teletransmisyjnych traktów liniowych
1970	Opracowanie urządzeń telegrafii wielokrotnej TgF 24/48
1974	Opracowanie i wdrożenie nowego teletransmisyjnego systemu o modulacji kodowej
1986	Opracowanie i wdrożenie 2700-kanałowego systemu telekomunikacyjnego

W okresie po transformacji ustrojowej liczba przyznawanych odznaczeń państwowych znacznie zmalała, pojawiły się natomiast nowe rodzaje wyróżnień o różnej wadze. Najważniejsze z nich, uzyskane w latach 2001–2008, zaprezentowano w tablicy 5.

**Tabl. 5. Ważniejsze nagrody i wyróżnienia w latach 2001–2008**

Lata	Nazwa
1	2
2001	Wyróżnienie w konkursie o „Laur Infotela” w kategorii „Projekty Gotowe do Wdrożenia”, podczas XVI Krajowego Sympozjum Telekomunikacji, za opracowanie systemu badania jakości sieci telekomunikacyjnej PSTN/ISDN – AWP-IŁ
2002	Wyróżnienie w ogólnopolskim konkursie „Polski Produkt Przyszłości” za opracowanie i wdrożenie do praktyki gospodarczej przekształtników TBA-2 wraz z urządzeniem pomiarowo-kontrolnym
2006	Złota Odznaka Honorowa Stowarzyszenia Elektryków Polskich dla Instytutu Łączności
2006	Nagroda krajowa przyznana przez Ministra Transportu za całokształt działalności Instytutu Łączności z okazji Światowego Dnia Telekomunikacji
2007	Nagroda za współpracę z firmą Sybase w zakresie wykorzystania Sybase IQ w systemach analitycznych dla telekomunikacji
2007	Błękitny medal za konwerter do programowego ładowania i rozładowywania akumulatorów TBA150-IŁ, przyznany podczas Światowych Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki EUREKA 2007 w Brukseli

cd. tabl. 5

1	2
2007	Złota Odznaka Honorowa dla Instytutu Łączności za wieloletnią współpracę ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich oraz za wkład w rozwój telekomunikacji i technik informacyjnych, przyznana przez SEP
2007	Wyróżnienie dla najlepszego artykułu zaprezentowanego w czasie konferencji <i>European Conference on Principles and Practice of Knowledge (ECML/PKDD)</i> przez dr inż. Szymona Jaroszewicza
2007	Wyróżnienie za najlepszy referat, na konferencję <i>IEEE EAST-WEST DESIGN &amp; TEST SYMPOSIUM EWDT'S'07</i> (Yerevan, Armenia, 2007), autorstwa doc. dr Mariana Marciniaka
2007	Certyfikat European Distance and e-Learning Network dla Jolanty Chęć za osiągnięcia w propagowaniu wiedzy i doświadczeń dotyczących zdalnego nauczania, przyznany w czasie 6. konferencji EDEN
2007	Nagroda w konkursie im. prof. M. Pożarskiego na najlepszy artykuł w prasie stowarzyszonej za cykl artykułów <i>Trzęsienie ziemi w telefonii stacjonarnej, Ekspansja telefonii mobilnej, Szaleństwo Internetu, Wielkość rynku telefonii stacjonarnej i zmiany jego struktury</i> oraz <i>Kształtowanie się cen w sieciach stacjonarnych w Polsce</i> autorstwa pracowników IŁ: Barbary Bartoszewskiej, Magdaleny Olender-Skorek i Michała Duszaka; publikacje w czasopismach SEP w 2007 r.
2008	LIDER RYNKU 2008 w kategorii „Produkt” za „System monitorowania, ochrony i kontroli telekomunikacyjnej infrastruktury kablowej – SMOK”, opracowany i wdrożony przez Instytut Łączności
2008	LIDER RYNKU 2008 w kategorii „Produkt” za „System badania jakości usług w sieciach telekomunikacyjnych (AWP-IŁ)”, opracowany i wdrożony w Instytucie Łączności

## Podsumowanie

Mam nadzieję, że przedstawione w niniejszym opracowaniu informacje pomogą Czytelnikom wyobrazić sobie i lepiej ocenić wydarzenia zaprezentowane w historycznej części numeru.

Zdaję sobie sprawę, że w opracowaniu brakuje niektórych danych, które mogłyby być dla Czytelników interesujące, a ponadto, że inne dane są być może za mało szczegółowe. Niestety, ze względu na czas, jaki upłynął od chwili powstania Instytutu, odtworzenie różnego rodzaju informacji napotykało na znaczne trudności, a unikałem przekazywania niepewnych danych.

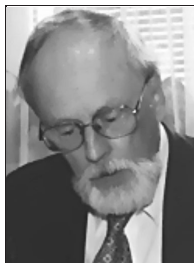
## Bibliografia

- [1] Hildebrandt A.: *Instytut Łączności – państwowym instytutem badawczym*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2005, nr 3–4, s. 3–5
- [2] Hildebrandt A.: *Siedemdziesiąt lat tradycji Instytutu Łączności*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2004, nr 1–2, s. 3–18
- [3] Plewko K.: *Wywiad z Ministrem Łączności profesorem Andrzejem Zielińskim*. Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, 1994, nr 9, s. 489–492



- [4] Wierzbicki A.P.: *Wyzwania stojące przed Instytutem Łączności w pięćdziesięciolecie jego działalności*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2001, nr 1, s. 3–23
- [5] Wierzbicki A.P., Hildebrandt A.: *Przesłanki długoterminowej strategii naukowej Instytutu Łączności – odpowiedź na proces integracji Europejskiej Przestrzeni Badawczej*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2002, nr 1–2, s. 3–9

### Andrzej Hildebrandt



Dr inż. Andrzej Hildebrandt (1935) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1959); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej oraz Prywatnej Wyższej Szkoły Biznesu i Administracji w Warszawie, pracownik naukowy instytutów Polskiej Akademii Nauk, długoletni pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1972), sekretarz naukowy tego Instytutu; redaktor naczelny czasopisma *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*; organizator licznych seminariów i konferencji naukowych; autor wielu publikacji; zainteresowania naukowe: elektrotechnika teoretyczna, pamięci magnetyczne komputerów, inżynieria oprogramowania, języki programowania dla telekomunikacji, utrzymanie systemów komutacyjnych, problemy społeczeństwa informacyjnego.  
e-mail: A.Hildebrandt@itl.waw.pl

# *Instytut Łączności w latach siedemdziesiątych, z perspektywy ówczesnego dyrektora*

*Andrzej Zieliński*

*Autor, długoletni dyrektor Instytutu Łączności, wspomina swoją pracę w IŁ, spotkanych ludzi i ważniejsze wydarzenia w latach siedemdziesiątych. Podkreśla rolę i znaczenie Instytutu Łączności w świecie polskiej nauki i w rozwoju telekomunikacji w Polsce.*

**telekomunikacja, działalność i dorobek Instytutu Łączności**

## **Wprowadzenie**

Należę dziś do grupy osób najdłużej pracujących w Instytucie Łączności (IŁ), mocno związanych z jego historią, która sięga 1934 r., wtedy bowiem powstał Państwowy Instytut Telekomunikacyjny (PIT). Jestem także najdłużej działającym dyrektorem IŁ. Tak się również składa, że urodziłem się w 1934 r., który uznajemy za narodziny Instytutu Łączności. W związku z tym, z okazji 75 rocznicy powstania PIT, chcę przekazać młodszym koleżankom i kolegom garść wspomnień z początkowego okresu mojej pracy w IŁ.

Postanowiłem nie sięgać do dokumentów z tamtych czasów i oprzeć się tylko na własnej pamięci, dlatego być może popełniłem jakieś błędy oraz nieścisłości. W małej części skorzystałem z własnego opracowania [6], które napisałem w 2001 r. z okazji 50-lecia powołania IŁ – przeczytałem je po napisaniu tego. Są one podobne, jakkolwiek to opracowanie choć jest w wielu miejscach bardziej szczegółowe, to ograniczone w czasie w zasadzie do początku lat 70., w pewnych miejscach rozszerzone opisem całej dekady i tylko w niewielkich fragmentach dotyka lat późniejszych. Do wspomnień z lat 80. i późniejszych być może powrócę przy innej okazji.

## **Początek mojej pracy w IŁ**

Od 1957 r. do 1970 r. byłem pracownikiem naukowym Politechniki Warszawskiej (PW) na Wydziale Łączności, później Elektroniki (po zmianie nazwy tego wydziału). Na uczelni przeszedłem stanowiska naukowe od asystenta do docenta, najdłużej pracując w Zakładzie Podstaw Teleelektryki, który wchodził w skład Katedry Podstaw Telekomunikacji. Kierownikiem Zakładu przez długie lata był profesor Czesław Rajski, człowiek o nieposzlakowanym charakterze i osobistym autorytecie. W 1964 r. – dzięki poparciu i inicjatywie profesora Adama Smolińskiego, ówczesnego kierownika Katedry Podstaw Telekomunikacji – odbyłem roczny staż naukowy na Uniwersytecie Moskiewskim (MGU) na Wydziale Fizyki w Katedrze Teorii Drgań. Dzięki temu poznałem wybitne środowisko naukowe, rozszerzyłem swoje horyzonty i po powrocie obroniłem (w 1966 r.) doktorat przed Radą Wydziału Elektroniki PW. Promotorem moim był doc. dr Jerzy Osowski (później profesor), któremu zawdzięczam doktorat. W tamtym czasie prof. Osowski należał do młodszej (bo już powojennej) kadry profesorskiej. Cieszył się wielką popularnością jako znakomity wykładowca i uznany naukowiec.

W tym czasie nie miałem szczególnych relacji z Instytutem Łączności. Owszem, znałem jego działalność, zajmowałem się jednak wówczas tematyką badań podstawowych w telekomunikacji, odnoszących się do zjawisk nieliniowych w układach transmisyjnych. Instytut znałem z zajęć studenckich, jakie odbywaliśmy w laboratoriach Zakładu Telewizji IŁ, jeszcze w gmachu przy ulicy Ratuszowej. Profesor Lesław Kędzierski, kierownik Zakładu Telewizji w IŁ i jeden z najwybitniejszych pracowników Instytutu, był zatrudniony w tym czasie także na PW jako kierownik Katedry Telewizji. Z tamtych lat pamiętam współpracowników profesora: doc. Andrzeja Kiełkiewicza, prof. Tadeusza Bzowskiego oraz młodą, późniejszą doc. dr Alinę Karwowską, która obok prof. Kędzierskiego stanowiła podstawową siłę merytoryczną Zakładu Telewizji i nadal jest autorytetem w tej dziedzinie nie tylko w Polsce.

Na początku 1970 r. zostałem zaproszony na rozmowę z ówczesnym ministrem łączności, którym w 1968 r. został dr Edward Kowalczyk, docent Politechniki Warszawskiej i pełnomocnik rektora PW ds. filii PW w Płocku. Otrzymałem wtedy propozycję objęcia stanowiska dyrektora Instytutu Łączności. Stanowisko to wakowało, ponieważ kilka miesięcy wcześniej długoletni dyrektor IŁ profesor Zenon Szpigler został odwołany i przeniesiony służbowo na PW. Czasami na Politechnice spotykałem prof. Szpiglera, nie miałem z nim jednak żadnych relacji. Okoliczności jego odwołania nie znałem i później nie usiłowałem zgłębiać. W czasie gdy byłem dyrektorem IŁ, docierały do mnie pewne informacje, których jednak nigdy nie weryfikowałem. Już jako dyrektor IŁ utrzymywałem z prof. Szpiglerem dość przyjazne kontakty, które trwały długie lata aż do jego śmierci.

Propozycja ministra Edwarda Kowalczyka zaskoczyła mnie i długo wahałem się, czy ją przyjąć. Powodem tego były napływające do mnie z Instytutu wiadomości, wskazujące na dość znaczne wewnętrzne skłócenie środowiska. Ostatecznie, po konsultacjach z moimi najbliższymi oraz przyjaciółmi, w maju 1970 r. podjąłem decyzję o przyjęciu tej propozycji, prosząc, aby objęcie stanowiska nastąpiło z dniem 1 października 1970 r., ponieważ we wrześniu chciałem udać się na wcześniej zaplanowany naukowy pobyt w MGU.

Ostatecznie się tak stało i w dniu 1 października 1970 r. zostałem wprowadzony do IŁ jako nowy dyrektor. Odbyło się to dość uroczyście, na spotkaniu z kadrą kierowniczą Instytutu, z udziałem wiceministra inż. Henryka Baczko. Pamiętam, że miało to formę zebrania w świetlicy, na dole gmachu głównego IŁ. Zostałem przez min. Baczko przedstawiony zebranym, a następnie miałem zaszczyt każdemu uczestnikowi uściśnąć dłoń. Na zebraniu tym spotkałem kilku dawnych znajomych, wśród nich profesora Lesława Kędzierskiego, doc. Jerzego Dudziewicza (późniejszego profesora), doc. Krystyna Plewkę i kilku innych. Zebranie prowadził, pełniący w tym czasie obowiązki dyrektora IŁ, mgr inż. Jerzy Rutkowski, z którym później łączyła mnie długoletnia przyjaźń. Przez wiele lat pełnił on funkcję mojego zastępcy ds. radiokomunikacji.

Wprowadzający mnie do IŁ wiceminister Henryk Baczko był przez kilka lat, do czasu swojej dymisji (około 1975 r.), moim przełożonym. Stosunki między nami ułożyły się dobrze, inż. H. Baczko okazał się człowiekiem inteligentnym, kulturalnym i dobrze znającym telekomunikację. Miał on rozległe kontakty międzynarodowe i po dymisji objął na lat kilka ważne stanowisko w ITU (International Telecommunication Union). Wiele lat później spotkałem go jako doradcę premiera Tadeusza Mazowieckiego.

Razem ze mną propozycję przejścia z PW do IŁ, w charakterze mojego zastępcy ds. naukowych, otrzymał adiunkt w PW dr Władysław Majewski, późniejszy docent, a następnie profesor, a także minister łączności w latach 80. Było uzgodnione, że wraz z naszym przyjściem dykcja IŁ będzie obsadzona w następującym składzie: dyrektor naczelny – Andrzej Zieliński i zastępcy – Władysław Majewski, Jerzy Rutkowski oraz doc. Janusz Szczekowski, który reprezentował rdzenne środo-



Z posiedzenia Rady Naukowej IŁ. Od lewej: prof. Witold Nowicki, prof. Janusz Groszkowski, prof. Andrzej Zieliński, prof. Lesław Kędziński

wisko IŁ, pozostali zastępcy zostali do Instytutu przeniesieni (Jerzy Rutkowski z Ministerstwa Łączności, niedługo przed moim przyjściem; w MŁ był on dyrektorem departamentu). Kolega doc. Janusz Szczekowski był od nas znacznie starszy (mam tu na myśli siebie i dra Władysława Majewskiego oraz Jerzego Rutkowskiego), reprezentował pokolenie jeszcze przedwojennych pracowników IŁ. W skład dyrekcji wchodził również p. Wiesław Łosiewicz, który pełnił obowiązki dyrektora ekonomiczno-administracyjnego. Wspomagała go główna księgowa mgr Jadwiga Krysiak, a później jej następczyni, młoda mgr Walentyna Perzyńska, która jeszcze wiele lat pracowała w IŁ. Trzeba przyznać, że służby ekonomiczno-administracyjne w IŁ były dobrze zorganizowane i ta tradycja, wywodząca się, jak sadzę, z tamtych lat trwa do dziś.

Rok 1970 zakończył się, jak wiadomo, tragedią gdańską. W związku z tymi wydarzeniami, o których na początku niewiele wiedzieliśmy, a które stały się udziałem społeczności gdańskiej, niepokoił się o naszych pracowników z Oddziału w Gdańsku. Na szczęście wyjaśniło się, że strat nie ponieśliśmy, a zainteresowanie służb specjalnych Instytutem nie przekroczyło standardowego poziomu, co nie wpłynęło negatywnie na prace w Oddziale. Główną niedogodnością okazały się całodobowe dyżury kierownictwa IŁ i oddziałów, które władze państwowe zarządziły do końca grudnia.

## Najlepszy okres działalności IŁ

Patrząc wstecz, muszę przyznać, że w tamtych chwilach, kiedy przyszło mi kierować wielką i skomplikowaną organizacją naukową oraz gospodarczą, moja wiedza z dziedziny zarządzania była wręcz skromna, a doświadczenie niewielkie. Owszem, byłem w PW przez jakiś czas prodziekanem, miałem też pewne doświadczenie z prac w zespołach badawczych, ale to co innego niż być sternikiem organizacji o zatrudnieniu ok. 1000 osób z dwoma oddziałami zamiejscowymi, w Gdańsku i Wrocławiu. W dużym stopniu wiedzę na ten temat musiałem zdobywać z doświadczeń zbieranych w trakcie pracy. Doradcą moim w tym względzie był rzeczowy i życzliwy dla mnie mgr Kazimierz Styczek, kierownik działu organizacji, a później w latach osiemdziesiątych mój zastępca ds. ekonomicznych.

## Zarządzanie – pierwsze starcia

Poznając Instytut, stwierdziłem, że istotnie (tak jak mnie uprzedzano) środowisko aktywnych pracowników było dość mocno podzielone, a realna władza była sprawowana raczej przez silną, aktywną grupę skupioną wokół egzekutywy Podstawowej Organizacji Partyjnej (POP) Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej (PZPR). Jako dyrektor byłem regularnie zapraszany na posiedzenia egzekutywy, która w pewnym momencie zażądała, abym regularnie, co tydzień, przedstawiał do akceptacji plan działań dyrekcji na nadchodzący tydzień. Żądanie to, nawet w ówczesnych warunkach silnej pozycji PZPR w zakładach pracy, było na tyle absurdalne, że kategorycznie je odrzuciłem. Od tego momentu wiedziałem, że albo będę autentycznym dyrektorem Instytutu, albo szybko zrezygnuję. Walkę o władzę podjąłem i krok po kroku ośrodek władzy przesunął się we właściwą, zgodną z zasadami zarządzania, stronę. Szczęśliwie, w dyrekcji Instytutu zapanowała atmosfera wzajemnego zaufania, co bardzo ułatwiało podejmowanie wszelkich decyzji. Myślę, że było to zasługą nie tylko moją, ale także moich zastępców, głównie zaś kolegów Majewskiego, Rutkowskiego i Łosiewicza. Stosunki z zewnętrznymi władzami partyjnymi nie były na szczęście kolizyjne, z wyjątkiem może niektórych ingerencji Komitetu Dzielnicowego Praga Południe. W Instytucie również moje relacje z POP znacznie poprawiły się po zmianie na stanowisku sekretarza tej organizacji. W wyniku wyborów został nim mgr inż. Leszek Kwiatkowski, młody wówczas pracownik naukowy, człowiek dobrej woli, działający zawsze na korzyść Instytutu.

Sądzę, że dzięki wspomnianym okolicznościom oraz poparciu większości kierowników zakładów badawczych do Instytutu powrócił spokój i stabilność.

Chciałbym jeszcze raz podkreślić, że w zasadzie spotykałem się z życzliwością i lojalnością współpracowników, co stwarzało dobrą atmosferę współpracy. Starałem się im to odwzajemnić i dlatego dziś, po doświadczeniach wielu lat pracy, także poza Instytutem, uważam, że jest to podstawowy warunek skutecznego zarządzania.



Autor artykułu z prof. Januszem Groszkowskim



Życzliwość spotkała mnie też ze strony przewodniczącego Rady Naukowej profesora Janusza Groszkowskiego. Profesora znałem już wcześniej, z Politechniki. Najpierw jako znakomitego naukowca i wykładowcę – podczas studiów na naszym roku wykładał przedmiot lampy elektronowe. Mam do tej pory zachowane, jako pamiątkę, notatki z tych wykładów. Na marginesie tych wspomnień powiem, że chyba równie utalentowanym wykładowcą był prof. Lesław Kędziński, którego wykładów z podstaw telewizji można było słuchać z prawdziwą przyjemnością. Podobnie mógłbym mówić także o kilku innych profesorach: o profesorze Jerzym Osiowskim i profesorze Kazimierzu Zarankiewicz, który na pierwszym roku wykładał mechanikę teoretyczną (dwaj ostatni nie byli związani z IŁ).

Okazana mi życzliwość ze strony profesora Groszkowskiego miała dla mnie ogromne znaczenie, ponieważ był on zawsze – zarówno w IŁ, jak i na Politechnice – niekwestionowanym autorytetem nie tylko naukowym, ale przede wszystkim moralnym.

Łącznikiem między Radą Naukową (RN) a dyrekcją była docent Wanda Kacprowska, sekretarz RN, dawna współpracownica profesora Groszkowskiego. Współpraca z nią ułożyła się wyjątkowo dobrze. Była to osoba bardzo wymagająca wobec siebie i innych, niesłuchanie obowiązkowa oraz lojalna. Pani doc. Kacprowska miała zakres obowiązków zbliżony do tego, jaki dziś pełni sekretarz naukowy IŁ. Na to stanowisko powołałem doc. Kacprowską po połączeniu Zakładu Radiokomunikacji z Zakładem Mikrofal, którego kierownikiem była przed połączeniem. Rada Naukowa IŁ składała się z wielu wybitnych w świecie nauki osób. Jak wspominałem, jej przewodniczącym przez długie lata, aż do 8 grudnia 1981 r., był prof. Groszkowski. Wiceprzewodniczącym był prof. Witold Nowicki, którego wyjątkowo ceniłem za jego pryncypialności i prostolinijność.

### ***„Problem węzłowy” – większe kompetencje i złotówki***

Rok 1970 był rokiem wdrażania nowej polityki rządowej wobec zaplecza naukowo-technicznego, co przede wszystkim wyrażało się w próbie koncentracji badań na najważniejszych gospodarczych problemach. Promotorem tej polityki był profesor Jan Kaczmarek, przewodniczący Komitetu Nauki i Techniki (KniT), wicepremier. Zgodnie z tą polityką, główny nurt badań postanowiono skupić w spójnych programach, nazwanych problemami węzłowymi. Tym przedsięwzięciom (problemom węzłowym) zapewniono w zasadzie pełne finansowanie złotówkowe, jednak bez dewizowego, które było reglamentowane. Jak wiadomo, w tamtym czasie polski złoty był praktycznie walutą całkowicie niewymienialną, zdobycie dowolnej kwoty dewiz graniczyło niemal z cudem. Izolowało nas to gospodarczo od postępu światowego i w istocie przedsięwzięcia innowacyjne pozbawiało szans na nowoczesność. Mimo to jednak tamte doświadczenia przyniosły liczne, dobre rezultaty i należy ocenić je pozytywnie. Ograniczenia związane z niewymienialnością złotego miały charakter ogólnosystemowy i KniT nie miał szansy tej bariery przełamać.

W całym okresie naszej powojennej historii, związanej z PRL, telekomunikacja porozumiewawcza, zwłaszcza telefonia była uznawana przez władze polityczno-gospodarcze za nieistotny czynnik życia społecznego i gospodarczego, co doprowadziło do zapaści w rozwoju tej dziedziny w Polsce. W oczywisty sposób stanowiło to też jedną z barier rozwoju naszej gospodarki jako całości. Fakt ten powoli docierał do świadomości władz gospodarczych i w wyniku nacisku, wówczas niedawno (w 1968 r.) powołanego nowego ministra łączności doc. dr Edwarda Kowalczyka (później profesora) oraz środowisk naukowych IŁ, wyższych uczelni i Polskiej Akademii Nauk (PAN), telekomunikacja otrzymała szansę, aby być jedną z dziedzin priorytetowych w badaniach warunkujących rozwój gospodarczy.

Rozwój telekomunikacji uzyskał rangę problemu węzłowego, Instytut został koordynatorem tego problemu w skali ogólnopolskiej, a dyrektor Instytutu – kierownikiem problemu. Usta-

nowiono problem 06.5.1 o nazwie „Rozwój telekomunikacji – systemy i urządzenia”. Problem węzłowy składał się z podproblemów, odpowiadających głównym działom telekomunikacji, te zaś zawierały konkretne zadania – przedsięwzięcia, które z zasady miały kończyć się użytecznym wynikiem. Zadania zapisane w planach problemu były realizowane przez IŁ oraz liczne instytucje współpracujące, naukowe (głównie wyższe uczelnie, w tym politechniki) i przemysłowe. Obecność w problemie gwarantowała wykonawcom pełne finansowanie złotówkowe, a zapisana tematyka objęła prawie wszystkie dziedziny reprezentowane w badaniach Instytutu. Z jednej strony dało to możliwość szerokiego rozwinięcia badań, z drugiej jednak spowodowało przeciążenie tematyki czasem drugorzędnymi zagadnieniami. Z założenia zadania problemu miały kończyć się wdrożeniem lub – ogólniej biorąc – użytecznym zastosowaniem, ale nie uwzględniono środków finansowych na wdrożenie. W ten sposób, oprócz znanych ogólnych trudności wdrożeniowych, wynikających z barier między niezależnymi podmiotami gospodarczymi, występowały istotne problemy finansowe, związane z przygotowaniem produkcji. Do dużych przedsięwzięć, w których nie udało się pokonać trudności wdrożeniowych, należała elektronizacja aparatu telefonicznego (jeśli mnie pamięć nie myli – w randze podproblemu koordynowanego przez kierownika Zakładu Elektroakustyki mgr inż. Ryszarda Issakiewicza). Temat był realizowany przez IŁ we współpracy z Instytutem Technologii Elektronowej (ITE) z zamiarem wdrożenia w Naukowo-Produkcyjnym Centrum Półprzewodników (CEMI) produkcji wyspecjalizowanego układu scalonego. Układ miał być podstawą wielkoseryjnej produkcji, na eksport i dla kraju, aparatów zelektronizowanych w Radomskiej Wytwórni Telefonów (RWT). W decydującym momencie tego przedsięwzięcia Zjednoczenie UNITRA, w ramach którego działały ITE i CEMI, temat ten skreśliło z planów, uznając, że ważniejszy jest temat opracowania i produkcji, wkraczających wówczas na rynek, naręcznych zegarków elektronicznych.

Problem węzłowy zawierał plany realizacji wielu podstawowych przedsięwzięć, mających strategiczne znaczenie dla rozwoju polskiej telekomunikacji i krajowego przemysłu telekomunikacyjnego. Obejmował on zarówno problematykę planowania rozwoju sieci oraz jej racjonalnej eksploatacji, jak i całą gamę prac rozwojowych (sprzętowych) związanych z podstawowymi systemami transmisyjnymi i komutacyjnymi, a także, jak wspomniano, z aparatami końcowymi.

### ***Reorganizacja – nowe stanowiska i oddziały***

Przyjmując propozycję ministra łączności i przychodząc do IŁ, objąłem – niejako automatycznie – oprócz stanowiska dyrektora IŁ, też stanowisko kierownika problemu węzłowego 06.5.1. Przyjęcie obowiązków koordynacji badań w problemie węzłowym postawiło Instytut w odmiennej, nowej sytuacji, rozszerzając znakomicie zakres jego kompetencji. Jak już wspomniałem, plan problemu zakładał objęcie realizacją nie tylko badań, ale również i wdrożeń przemysłowych, a nawet zagadnień utrzymania (eksploatacji sieci). Tak szeroko zakrojone zadania nałożyły na prawie cały zespół IŁ znacznie większy i nowy zakres odpowiedzialności. Wywoływało to liczne napięcia wewnętrzne i dyskusje, dotyczące zakresu odpowiedzialności w realizacji problemu węzłowego, metod jego koordynacji oraz obowiązków pracowników, realizujących zadania koordynacyjne w znacznej skali, można powiedzieć, że ogólnopolskiej. W efekcie, konieczne stały się zmiany organizacyjne i personalne, które dawałyby gwarancję realizacji przyjętych zadań. Przede wszystkim należało zmienić kierownika zakładu koordynującego całość problemu węzłowego. Zastanym kierownikiem tej komórki był inż. Władysław Kawka, którego zastąpił mgr inż. Stefan Łysakowski, człowiek niezwykle solidny i pracowity, na którego opiniach mogłem z pełnym zaufaniem polegać. Dokonałem również zmian w kierownictwie niektórych zakładów naukowo-badawczych. Przede wszystkim na stanowisko kierownika Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych (który został od nowa powołany w miejsce poprzedniego Zakładu Sieci

i Systemów Telekomunikacyjnych), powołałem, wspomnianego już, doc. dra Krystyna Plewkę, któremu powierzyłem też nadzór nad zakładem koordynacji, a w późniejszych latach stanowisko zastępcy dyrektora ds. naukowych w IŁ. Na stanowisko kierownika Zakładu Miernictwa powołałem w 1971 r. dra Stanisława Sońtę (poprzednio jego kierownikiem był doc. Krystyn Plewko), który później był moim wieloletnim zastępcą, a w okresie mojej pracy w Ministerstwie Łączności (MŁ) dyrektorem Gabinetu Politycznego (szefem zespołu doradców). Zastępcą kierownika był inż. Ryszard Górski, mój późniejszy, wieloletni bliski współpracownik najpierw w IŁ, a następnie w MŁ, gdzie z mojego wyboru był najpierw dyrektorem Gabinetu Ministra, a potem dyrektorem generalnym w MŁ.

Z inicjatywy dra Stanisława Sońty zbudowaliśmy później od podstaw **Dział Obwodów Drukowanych**, czego w owym czasie nie było jeszcze w dużych telekomunikacyjnych zakładach przemysłowych, takich jak Zakłady Wytwórcze Urządzeń Telefonicznych (ZWUT), Państwowe Zakłady Teletransmisyjne (PZT) i Teletra. Kierownikiem tego działu został inż. Janusz Stasiak, który udanie rozwinął w IŁ tę nową dla Instytutu działalność, zasadniczo odmieniając poziom naszych opracowań technicznych. Fakt ten niewątpliwie wpłynął również na to, że wkrótce wspomniane zakłady przemysłowe wybudowały odpowiednie podobne komórki, modernizując nasz przemysł telekomunikacyjny.

Wspomniany Zakład Miernictwa pod kierunkiem dra Stanisława Sońty, w ramach problemu węzłowego, podjął ambitne zadania z zakresu sterowania siecią, a głównym tematem stało się opracowanie rodziny aparatów badań automatycznych (sieci telefonicznej) ABA z planem wdrożenia produkcji tych urządzeń w PZT. Znacznie później, w latach 90., zespół pracowników, wywodzących się z tego Zakładu, opracował i wdrożył do eksploatacji pierwszy ogólnopolski system billingowy.

W wyniku udanych zabiegów ministra prof. Edwarda Kowalczyka w rządzie, nadzór nad krajowym przemysłem telekomunikacyjnym został przeniesiony ze Zjednoczenia UNITRA do resortu łączności, a przemysł ten zorganizowano w randze nowego Zjednoczenia TELKOM. Fakt ten miał dla Instytutu istotne konsekwencje. Przede wszystkim zbliżył IŁ do przemysłu przez zacieśnienie współpracy zespołów badawczych instytutowo-przemysłowych, co już wcześniej nastąpiło przy opracowywaniu przede wszystkim systemów teletransmisyjnych analogowych wysokokrotnych i cyfrowych PCM (*Pulse Code Modulation*). Jednak najbardziej znaczące było **przyłączenie do IŁ ośrodka badawczo-rozwojowego Zakładu Badań i Studiów Telekomunikacyjnych (ZBiST)**. W celu przyspieszenia integracji obu środowisk, na stanowisko zastępcy dyrektora ds. technicznych powołałem, pracującego uprzednio w ZBiST, mgr inż. Andrzeja Stagrowskiego. Ze środowiska ZBiST wywodzi się wielu wybitnych pracowników IŁ, ale najwybitniejszym, obok kolegi Stagrowskiego, był inż. Jan Komorowski, zastępca kierownika mgr inż. Stanisława Kudelskiego, a następnie wieloletni kierownik Zakładu Energetyki Łączności.

W tym czasie Instytut szybko rozwijał się. Przychodzili do nas pracownicy z Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji – wspomniany już mgr inż. Stanisław Kudelski, mgr inż. Mikołaj Pawłowski, wieloletni kierownik OKW, z Politechniki Warszawskiej – doc. dr hab. Stanisław Dymowski (w pewnym okresie kierownik Zakładu Transmisji Danych i sekretarz naukowy IŁ), dr Julian Kowar, kierownik Zakładu Transmisji Światłowodowej, z innych placówek badawczych – doc. dr Andrzej Hildebrandt, wieloletni sekretarz naukowy IŁ, dr Janusz Chamski, później wieloletni pracownik CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications) we Francji, inż. Marek Wasiak kierownik Zakładu Technik Hybrydowych i inni. Utworzyliśmy **Oddział Instytutu Łączności w Pułtusk** z zamiarem budowy tam zakładu doświadczalnego. Wieloletnim kierownikiem i organizatorem tego Oddziału był mgr inż. Jan Siarkiewicz, który przyszedł z Wojskowego Instytutu Łączności (WIŁ).

Od wielu już lat funkcjonujące w ramach IŁ oddziały zamiejscowe we Wrocławiu i Gdańsku stanowiły ważną część naukowo-badawczą Instytutu. Oddział IŁ we Wrocławiu wyspecjalizował się w dziedzinie

określanej dziś jako problematyka szeroko pojętych zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej. Wizytówką Oddziału stały się opracowane przez specjalistów Oddziału oryginalne metody planowania sieci radiodifuzyjnych (radiokomunikacyjnych), telewizyjnych i radiowych. Do dziś Oddział stanowi główny ośrodek naukowo-badawczy w Polsce, zajmujący się naukowymi przesłankami prowadzonej polityki częstotliwościowej, czyli gospodarki widmem EMC (*Electromagnetic Compatibility*). Główną postacią tego środowiska był niewątpliwie w tamtym czasie docent, a potem profesor dr hab. Ryszard Strużak, którego w 1971 r. powołałem na stanowisko kierownika Oddziału. W latach osiemdziesiątych prof. Strużak przeszedł do pracy w ITU (International Telecommunication Union), gdzie przez ponad 10 lat był merytorycznym pracownikiem w swojej dziedzinie.

Oddział IŁ w Gdańsku miał bardziej rozproszoną tematykę, specjalizując się głównie w problemach telegrafii oraz radiokomunikacji morskiej. Dziedzina telegrafii, kiedyś wyraźnie wyodrębniona, dziś właściwie nie istnieje jako dział telekomunikacji. Uniwersalne systemy cyfrowe doprowadziły obecnie do integracji technicznej i usługowej systemów telekomunikacyjnych, co w tamtych czasach było jedynie hipotezą naukową. Spowodowało to jednak zanik telegrafii jako wydzielonej specjalności naukowej i technicznej. Natomiast problematyka radiokomunikacji morskiej nadal jest kultywowana. Gdy rozpocząłem pracę w IŁ, kierownikiem Oddziału był i przez długie lata na tym stanowisku pozostawał mgr inż. Bolesław Jasiński, można powiedzieć, że ostoja tego środowiska.

### *Licencje dla telekomunikacji – korzyści dla Instytutu*

Chyba największym wydarzeniem lat siedemdziesiątych dla resortu łączności, a w tym także dla IŁ, było pozyskanie przez ministra prof. Edwarda Kowalczyka środków finansowych na rozwój przemysłu telekomunikacyjnego w drodze zakupu we Francji licencji na produkcję w Polsce nowoczesnych systemów telekomunikacyjnych. Dotyczyło to przede wszystkim systemów komutacyjnych, ponieważ wtedy główną przeszkodą w rozwoju sieci telekomunikacyjnej i usług telefonicznych w Polsce był brak central. Przeprowadzone w 1972 r. negocjacje w tej sprawie zakończyły się decyzją o zakupie dwóch licencji: na produkcję w dużej skali tradycyjnego systemu elektromechanicznego Pentaconta dla zakładów ZWUT w Warszawie i nowoczesnego w mniejszej skali systemu elektronicznego E-10A dla zakładów Telettra w Poznaniu. Zakupowi tych licencji towarzyszyło porozumienie z rządem Francji o zacieśnieniu współpracy między francuskim rządowym ośrodkiem naukowym CNET a IŁ. W ramach tego porozumienia otrzymaliśmy makietę systemu E-10 w postaci funkcjonującej centrali, która została zainstalowana w IŁ i służyła do różnorodnych badań systemowych. Uzyskaliśmy również możliwość delegowania na staże naukowe do Francji naszych pracowników. Wszystko to oznaczało dla nas niezwykle atrakcyjne wówczas otwarcie na świat! Przy tej okazji należy podkreślić pozytywną rolę, jaką odegrali zarówno w negocjacjach, jak i we współpracy z Francją, nasi pracownicy, uznani specjaliści z zakresu telekomunikacji – doc. Jerzy Trehciński, mgr inż. Wiktor Brzeziński, mgr inż. Mieczysław Jacewicz i inni.

Decyzji o zakupie systemu E-10 towarzyszyły wielkie emocje, ponieważ część specjalistów (a także MŁ), mających poważny wpływ na wybór systemu komutacyjnego dla Polski, a niepracujących w IŁ, opowiadała się za wyłącznym zakupem sprawdzonego elektromechanicznego systemu typu crossbar. Początkowo nawet opcji E-10 w ogóle nie było, a IŁ oficjalnie zapytany o opinię w sprawie wyboru systemu komutacyjnego dla Polski mógł wypowiadać się tylko na temat wyboru systemu crossbar. Wtedy Zakład Telekomunikacji, którym kierował doc. Jerzy Trehciński, wydał opinię preferującą system crossbar firmy Ericsson. Kiedy jednak przeprowadzono negocjacje biznesowe, okazało się, że warunki finansowe postawione przez firmę Ericsson były dla polskiej strony bardzo trudne. Konkurencja (konsorcjum francuskich firm) zaproponowała wówczas polskiej stronie kredyty rządu

Francji na zakup licencji na system crossbar Pentaconta i dodatkowo na system w pełni elektroniczny E-10. Polski rząd system Pentaconta łatwo zaakceptował, ponieważ niewiele ustępował on systemowi Ericssona, a przedstawione warunki finansowe były znacznie lepsze. Oferta na E-10 firmy Alcatel nie była początkowo potraktowana w MŁ przychylnie, jednak wydana w tej sprawie pozytywna opinia IŁ oraz nacisk opinii publicznej (duży wpływ miała odważna postawa redaktora Stefana Bratkowskiego i jego opinia zamieszczona w dodatku do *Życia Warszawy* o nazwie *Życie i Nowoczesność*) spowodowały, że kierownictwo resortu przyjęło także ofertę na E-10, co w perspektywie okazało się bardzo dobrym posunięciem. System E-10 w wersji podstawowej (określany jako E-10A), produkowany w poznańskiej Teletrze, a potem też w wersji rozwiniętej, tzw. E-10B (oferowany przez francuski Alcatel), sprawdził się w Polsce. W związku z tym, mając w produkcji nowoczesny sprzęt elektroniczny, usiłowaliśmy uzyskać na niego specjalizację Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej (RWPG). W Komisji Łączności RWPG popierali nas w tej sprawie Czesi, Niemcy z NRD byli życzliwie neutralni, jednak Rosjanie stanowczo nie chcieli do tego dopuścić. Osobiście oceniam, że ze względów czysto ambicjonalnych. Nie mogli po prostu przyjąć, że to nie oni promują najnowocześniejsze wówczas rozwiązanie. Wszelkie argumenty w tej sprawie we wspomnianej Komisji, w tym również moje (w pracach Komisji często brałem udział jako członek polskiej delegacji), były stanowczo odrzucane.

Zakup licencji na E-10 skierował rozwój naszej telekomunikacji ku **cyfryzacji systemów** zarówno komutacyjnych (co było oczywiste w świetle zakupu E-10), jak i transmisyjnych. Badania nad systemami wielokrotnej transmisji cyfrowej PCM zostały rozpoczęte w IŁ jeszcze w latach sześćdziesiątych. Promotorem tych badań był prof. Feliks Błocki, znany profesor Politechniki Warszawskiej i Instytutu Łączności, członek Rady Naukowej IŁ. Badania te były prowadzone w Zakładzie Teletransmisji, którego kierownikiem był powszechnie szanowany mgr inż. Zygmunt Rostkowski. Dzięki jego energii i osobistemu autorytetowi Zakład ten należał do przodujących w IŁ. Był to Zakład największy, zatrudniający uznaną kadrę naukową, prowadzący szeroko zakrojone badania w teletransmisji analogowej w zakresie kablowych systemów wysokokrotnych i wspomnianych cyfrowych. W zakresie systemów analogowych Zakład Teletransmisji ściśle współpracował z przemysłem (z PZT) i PW. Zespół tego Zakładu, kierowany przez doc. dra Włodzimierza Barjasza (późniejszego kierownika Zakładu i dyrektora IŁ w latach 90.), uzyskał w połowie lat osiemdziesiątych nagrodę państwową. W dziedzinie cyfrowych systemów PCM zespół tego Zakładu, pod kierunkiem mgr inż. Jerzego Miłka, doprowadził do opracowania i wdrożenia przemysłowego w Teletrze rodziny systemów PCM o krotności 30, 120 i 480 kanałów. Warto też wspomnieć, że w latach 60. zespół IŁ, zajmujący się pionierskimi pracami nad cyfrowymi systemami transmisji telefonicznej, otrzymał także nagrodę państwową – podobnie jak znacznie później nagrodzony zespół – za prace z zakresu transmisji analogowej.

Na początku lat 70. do Zakładu Teletransmisji włączyliśmy Zakład Kabli Telekomunikacyjnych, którym kierował doświadczony pracownik IŁ doc. Adam Moniuszko.

Warto podkreślić, że system E-10 powstał we francuskim, o światowej sławie, ośrodku badawczym CNET, który był w pewnym stopniu odpowiednikiem IŁ i z którym utrzymywaliśmy długoletnie kontakty. Bardzo interesującym efektem tych kontaktów i w pewnym stopniu rozwinięciem rozwiązań technicznych zawartych w systemie E-10 był, podjęty w Oddziale w Gdańsku, projekt opracowania w pełni elektronicznej centrali dla sieci telegraficznych. W tamtym czasie w Polsce (również w innych krajach) istniała wydzielona sieć telegraficzna, której węzły komutacyjne były wyposażone w stare centrale elektromechaniczne niemieckiej produkcji. Nasz gdański zespół, pod kierunkiem mgr inż. Ryszarda Lewandowskiego, opracował oryginalną koncepcję i zbudował prototypy centrali elektronicznej do obsługi ruchu telegraficznego i transmisji danych, z zamiarem wdrożenia ich do produkcji w gdańskich zakładach Telmor. Podjęliśmy też starania o uznanie tego wyrobu jako polskiej



specjalności w RWPG. W tamtym czasie było to rozwiązanie nowatorskie i mogło przynieść nam liczne korzyści. Jak wiadomo, rozwój systemów telekomunikacyjnych wyeliminował sieci telegraficzne jako wydzielone rozwiązania i dziś posługujemy się uniwersalną transmisją danych świadczoną w internecie. Prace prowadzone przy omawianym projekcie zaowocowały jednak w inny, korzystny sposób. Niektórzy nasi koledzy, pracujący nad tym tematem, w nowych warunkach ustrojowych, zorganizowali znaną, dobrą polską firmę elektroniczną DGT, która w latach 90. była producentem elektronicznych central telefonicznych (opracowania własnego), uznanych i chętnie instalowanych w naszej sieci telekomunikacyjnej.

Wspomniane osiągnięcia naukowo-techniczne oraz zakupy licencyjne nie spowodowały niestety spodziewanego przełomu w zakresie rozwoju sieci i usług telekomunikacyjnych w Polsce, co było wynikiem wyhamowania inwestycji sieciowych w firmie Polska Poczta Telefon i Telegraf (PPTiT) w drugiej połowie lat siedemdziesiątych i całkowitego braku rozwoju telekomunikacji w latach osiemdziesiątych. Zbudowany potencjał przemysłowy został ukierunkowany na eksport do krajów socjalistycznych, w tym głównie do ZSRR.

## *W pogoni za nowoczesnością*

### *Radiotelefony dwukierunkowe*

Tradycyjnie, oprócz wspomnianych już naukowych zakładów teletransmisji, komutacji, sieci i miernictwa telekomunikacyjnego, do najsilniejszych zakładów naukowych IŁ należy zaliczyć Zakład Radiokomunikacji, kierowany przez wiele lat przez doc. Henryka Kalitę (później przez doc. dra Janusza Zygierewicza), Zakład Telewizji, którego zasługą było wdrożenie w Polsce telewizji programowej, najpierw na początku lat 50. czarno-białej, a potem kolorowej na przełomie lat 60. i 70. Na początku każdego z tych przedsięwzięć Instytut pełnił nawet rolę studia telewizyjnego. Wydaje się, że najważniejszym kierunkiem prac Zakładu Radiokomunikacji były prace z zakresu radiotelefonii (prowadzone przez doc. Ryszarda Zienkiewicza), w ramach których opracowano **system dwukierunkowej radiotelefonii** z przeznaczeniem dla służb państwowych, działający w zakresie 160 MHz. Było to jeszcze w czasie, kiedy nic nie wiedzieliśmy o telefonii komórkowej, która zrobiła zawrotną karierę dopiero w latach 90. i późniejszych. Wspomniane prace dały nam jednak doświadczenie i wiedzę również w dziedzinie tej najnowszej, komórkowej edycji radiotelefonii. W ramach Zakładu Radiokomunikacji, staraniem doc. Henryka Kality, zostało zorganizowane, działające do dziś, **laboratorium częstotliwości wzorcowej**, którego atomowy wzorzec częstotliwości stabilizuje częstotliwość 225 kHz fali nośnej radiostacji długofalowej Polskiego Radia, co ma – jak wiadomo – znaczenie ogólnopolskie, jako wzorzec odniesienia. Ważnym uzupełnieniem „pionu radiowego” był zakład Propagacji Fal Elektromagnetycznych, kierowany przez długie lata przez doc. dra Stanisława Ogulewicza. Zakład ten prowadził szeroką współpracę międzynarodową w zakresie **prognozowania warunków propagacji fal**, co dla służb telekomunikacyjnych ma zasadnicze znaczenie. Wyniki prac Zakładu tworzyły także propagacyjne przesłanki do planowania sieci i linii radiowych na terenie kraju.

### *Światłowodowy*

W końcu lat 60. Instytut podjął prace w dziedzinie **transmisji optycznej**, początkowo w zakresie łączności w wolnej przestrzeni. Inicjatorem tych badań był zastępca dyrektora IŁ docent Władysław Cetner. W tym zakresie współpracowaliśmy z Wojskową Akademią Techniczną (WAT), gdzie prof. dr hab. Zbigniew Puzewicz, twórca polskich laserów, interesował się telekomunikacyjnymi zastosowaniami spójnego światła lasera. Wykorzystując kontakty z CNET, rozwinęliśmy własne

badania w dziedzinie łączności optycznej. Na początku lat 70. zorganizowaliśmy nowy zakład naukowo-badawczy związany z tą dziedziną, wkrótce jednak okazało się, że właściwą perspektywą jest technika światłowodowa. Kierownikiem tego zakładu został dr inż. Julian Kowar, który kierował nim do lat 90. Zakład odnotował liczne osiągnięcia techniczne, w tym **opracowanie** w swoim czasie najlepszej w Polsce (a może i w krajach RWPG) **spawarki włókien światłowodowych** oraz rodziny **złączy światłowodowych** o bardzo małym tłumieniu. Równoległe do IŁ opracowania w dziedzinie łączności światłowodowej zostały podjęte w lubelskim Uniwersytecie Marii Curie Skłodowskiej (UMCS) w zakładzie profesora Andrzeja Waksmundzkiego (przez dra Wójcika) we współpracy z regionalnym laboratorium telekomunikacyjnym PPTiT, którym kierował mgr inż. Stanisław Zbyrad. Tam właśnie powstały pierwsze polskie światłowody, które w końcowych latach 70. prawdopodobnie mogły zrobić znacznie większą karierę, niż to się stało w rzeczywistości. Co prawda, z tych doświadczeń skorzystała, powstała w latach 80. w Lublinie, wytwórnia światłowodów, nie wytrzymała ona jednak konkurencji z rozbudowaną (i unowocześnioną we współpracy z Francją) fabryką kabli w Ożarowie.

### *Metrologia*

Przez dziesięciolecia, chyba nawet od lat 50., Instytut prowadził uznaną działalność w dziedzinie metrologii elektryczno-telekomunikacyjnej. W istocie był chyba jedynym takim ośrodkiem w Polsce. Działalność ta koncentrowała się w zakładzie naukowym, który nosił nazwę Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych (CIPT). Ta udana działalność naukowa jest kontynuowana do dziś w Zakładzie Metrologii, który jest sukcesorem CIPT. Nazwa Centralna Izba wywodzi się z dłużejletniej współpracy CIPT z terenowymi izbami pomiarowymi, działającymi w ramach laboratoriów terenowych w organizacji PPTiT. W okresie transformacji cała ta struktura rozpadła się, a po prywatyzacji firmy Telekomunikacja Polska SA (TP SA), będącej sukcesorem PPTiT, nikt już nawet o takich sprawach nie myśli i ich nie wspomina. Długoletnim i najbardziej zasłużonym kierownikiem tej placówki badawczej był niewątpliwie prof. dr Jerzy Dudziewicz, który całe życie związał z IŁ.

### *Komutacja pakietowa*

W połowie lat 70. podjęliśmy interesujące badania w zakresie komutacji pakietowej na potrzeby budowy ogólnokrajowej sieci transmisji danych. Skorzystaliśmy z oferty amerykańskiej firmy Singer, która dostarczyła nam trzy węzły (w postaci trzech wyspecjalizowanych komputerów) takiej sieci. Została wówczas zorganizowana sieć w trójkącie Warszawa – Gdańsk – Katowice na potrzeby eksperymentalne, a następnie eksploatacyjne. Technicznie projekt okazał się w pełni sprawny, lecz w tamtym czasie zapotrzebowanie na takie usługi było znikome. Można to było oczywiście przewidzieć, lecz przeprowadzenie tego projektu było już uzgodnione „na wysokim szczeblu”, a nasz udział sprowadził się do zadań czysto wykonawczych. Projekt umożliwił nam nawiązanie kontaktów ze środowiskami badawczymi i przemysłowymi USA, co było niezwykle cennym doświadczeniem. Z projektem tym wiązały się zresztą później pewne kłopoty. Po 1976 r. do IŁ przybyli inspektorzy Najwyższej Izby Kontroli (NIK), którzy – i jak się okazało – sprawdzali ten właśnie projekt. Chcieli nam koniecznie udowodnić winę za nieefektywność projektu. Dyskusje na ten temat zostały przerwane dopiero po przedstawieniu przez nas pisma z podpisem podsekretarza stanu z MŁ, polecającego nam zakup sprzętu u Singera i przeprowadzenie eksperymentu. Ogólnie biorąc, problematyka transmisji danych stopniowo stawała się coraz bardziej ważna i efektem tego było utworzenie w latach 80. oddziału zamiejscowego IŁ w Warszawie na Służewcu, wyspecjalizowanego w tej problematyce (poprzednio istniał już Zakład Transmisji Danych). Kierownikami Zakładu, a potem Oddziału byli: doc. Janusz Sochacki, doc. dr hab. Stanisław Dymowski, inż. Wojciech Hałka oraz doc. dr Andrzej Hildebrandt (mój bliski od lat współpracownik, sekretarz naukowy IŁ).

## Początki komputeryzacji

Z tą dziedziną ściśle jest związana szeroko rozumiana **komputeryzacja prac Instytutu** i zagadnień zarządzania Instytutem. W tym względzie decydujące znaczenie miał niewątpliwie zakup w pierwszej połowie lat 70. dla IŁ dużego wówczas komputera Odra, a następnie maszyny RIAD, zgodnej ze standardami IBM. Było to możliwe pod hasłem zorganizowania w **Instytucie Resortowego Ośrodka Przetwarzania Danych (RO EPD)**. Zgodnie z postępowaniem światowym, komputeryzacja IŁ została zrealizowana jednak w inny sposób, dzięki budowie w latach dziewięćdziesiątych sieci intranet, połączonej z siecią światową internet i powszechnym w IŁ wykorzystywaniem komputerów osobistych. Ale to już całkiem inna historia, należąca do innych czasów.

Pomimo znanych ograniczeń w prowadzeniu działalności badawczej, których doświadczaliśmy (głównie dotyczy to niewymienialności złotego i w konsekwencji chronicznego braku walut wymiennalnych) w ciągu całego okresu powojennej gospodarki PRL, obiektywnie lata siedemdziesiąte, w całościowym podsumowaniu, należy ocenić pozytywnie. Dekadę tę osobiście oceniam jako najlepszy okres w działalności Instytutu w całej naszej historii powojennej. Zakres podjętych badań niewątpliwie był największy, również realne osiągnięcia techniczne były stosunkowo najbardziej znaczące. Naturalnie w skali tamtych lat i w warunkach, odnoszących się do istniejącego wówczas poziomu wiedzy z zakresu technologii elektronowych oraz rozwoju cyfrowych systemów telekomunikacyjnych i informatycznych. W tamtych latach dla licznej grupy naszych pracowników nastąpiło znaczne otwarcie się na świat, dzięki czemu wielu z nich miało możliwość zapoznania się z działalnością i osiągnięciami instytucji CNET, jednego z przodujących ośrodków światowej nauki i techniki, francuskiego odpowiednika IŁ.

Znane ograniczenia gospodarki socjalistycznej, a także popełnione błędy w kształtowaniu polityki gospodarczej państwa, w tym niezrozumienie znaczenia dobrze rozwiniętej telekomunikacji dla rozwoju całości systemu gospodarczego, powodowały niewydolność tego systemu i jego chroniczną niezdolność modernizacji przez wykorzystanie osiągnięć zaplecza naukowo-technicznego.

Dekada lat 80. była okresem prawie całkowitego zastoju, a dwie kolejne dekady, już w innym okresie historycznym, okresie transformacji ustrojowej, wymagają odrębnego opisu i analizy.

## Uwagi końcowe

Pomimo początkowych wątpliwości i wahań dotyczących mojego przejścia z Politechniki Warszawskiej do Instytutu Łączności, decyzji tej w żadnej mierze nie żałuję i uważam ją za jedno z najważniejszych wydarzeń w moim życiu. Dzięki tej decyzji poznałem inne niż akademickie środowiska społeczne oraz realne problemy gospodarcze kraju. Spotkałem wielu ciekawych ludzi. Zrozumiałem lepiej świat nauki i gospodarki w Polsce oraz w krajach z nami sąsiadujących. Zobaczyłem wiele krajów świata. Można powiedzieć, że ujrzałem zupełnie nowe horyzonty. Niewątpliwie szczytem mojej kariery zawodowej było stanowisko Ministra Łączności RP w latach 1993–1997, ale byłoby to niemożliwe bez wcześniejszych moich doświadczeń i mojej pracy w IŁ.

Z Instytutu odchodziłem dwukrotnie i potem do niego wracałem. Dla środowiska IŁ zawsze zachowuję wdzięczność i uznanie, tu czułem się najlepiej. Instytut ma pewien wewnętrzny, pozytywnie oddziaływający na nas, klimat, co powoduje, że trudno jest przecenić jego znaczenie dla nas. Mam również przekonanie i nadzieję, że tak ocenia Instytut zdecydowana większość z nas, pracowników IŁ.

## Bibliografia

- [1] Hildebrandt A.: *Siedemdziesiąt lat tradycji Instytutu Łączności*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2004, nr 1–2, s. 3–18
- [2] Piasecki J.: *Historia i dorobek oddziału IŁ w Gdańsku*. W: Materiały z konferencji okolicznościowej „30 lat w służbie telekomunikacji”. Gdańsk, Instytut Łączności, 1992
- [3] Plewko K.: *Wywiad z ministrem łączności prof. dr inż. Andrzejem Zielińskim*. Prace IŁ, 1994, nr 102, s. 5–15
- [4] *Prace badawcze 1934–1984*. Prace IŁ, 1984, nr 91, s. 21–118
- [5] Zieliński A.: *Czterdziestolecie Instytutu Łączności (1951–1991)*. Prace IŁ, 1991, nr 98, s. 11–55
- [6] Zieliński A.: *Pięćdziesięciolecie Instytutu Łączności – wspomnienia i refleksje*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2001, nr 1, s. 3–23
- [7] Zieliński A.: *Wczoraj, dziś i jutro Instytutu Łączności*. Przegląd Telekomunikacyjny, 1991, nr 9, s. 267–271
- [8] Zieliński A.: *50 lat działalności instytutów naukowo-badawczych w resorcie łączności*. Prace IŁ, 1984, nr 91, s. 9–19

### Andrzej Zieliński



Prof. dr inż. Andrzej Zieliński (1934) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1959); pracownik naukowy oraz nauczyciel akademicki Politechniki Warszawskiej (1957–1970), dyrektor i pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (1970–1980, 1982–1993, od 1997), dyrektor Zjednoczenia Stacji Radiowych i Telewizyjnych (1980–1982), minister łączności (1993–1997), członek Krajowej Rady Radiofonii i Telewizji (2005–2006); autor licznych publikacji; zainteresowania naukowe: telekomunikacja – rynek usług, organizacja, ekonomika, planowanie.  
e-mail: A.Zielinski@itl.waw.pl

*Opisano początki telewizji w Polsce. Omówiono prowadzone pierwsze prace badawcze, prezentowane na wystawie w Związku Nauczycielstwa Polskiego, a także nadawanie pierwszych programów z eksperymentalnego studia w Instytucie Łączności przy ul. Ratuszowej. Scharakteryzowano następne kierunki badań oraz opracowywane urządzenia. Podkreślono zaangażowanie pracowników przy wykonywaniu tych zadań.*

*telewizja, historia badań z zakresu telewizji w Instytucie Łączności*

## **Wprowadzenie**

Kiedy w klasie maturalnej zastanawiałam się, jaki wybrać kierunek studiów i jako laureatka olimpiady matematycznej analizowałam wszystkie możliwe kierunki na Politechnice Warszawskiej, wujek mojej szkolnej koleżanki zainteresował mnie elektromedycyną, a zatem Wydziałem Łączności. O telewizji miałam raczej mgliste pojęcie, bo wówczas jeszcze w Polsce praktycznie jej nie było. Dopiero, gdy jako początkująca studentka zwiedziłam – z wycieczką, na przełomie lat 1951 i 1952, zorganizowaną przez Instytut Łączności, pod hasłem „Radio w służbie postępu i pokoju”, w budynku Związku



*Pracownicy Instytutu Łączności (Andrzej Kielkiewicz i Wanda Trzebunia), prezentujący aparaturę studyjną na wystawie w Związku Nauczycielstwa Polskiego (1951 r.)*



Nauczycielstwa Polskiego – wystawę, stanowiącą pierwszy publiczny pokaz działania telewizji, byłam urzeczona tym, co zobaczyłam i „złapałam bakcyła telewizji”, który nie opuścił mnie do dnia dzisiejszego.

Widzowie wpatrywali się w malutkie ekrany telewizorów marki Leningrad, oglądali Wiecha czytającego swoje felietony i występy Aliny Janowskiej, podziwiali sztuczki magika Ramiganiego oraz słuchali śpiewu Jerzego Michotka, Tadeusza Olszy i Adolfa Dymyzy. Mogli też przyjrzeć się pracy techników w eksperymentalnym studio, oddzielnym od publiczności szklaną ścianą. Wystawiano sztuki teatralne, takie jak „Świętoszek”, „Szczęście Frania” oraz „Intryga i miłość”. Aktorzy przyjeżdżali w kostiumach teatralnych, bo nie było tam warunków na zorganizowanie garderoby i występowali bez charakterystyki.

Na wystawie zaprezentowano dwa komplety aparatury studyjnej, zbudowane przez polskich inżynierów z Instytutu Łączności, a program telewizyjny był transmitowany na żywo – kablami ze studia do odbiorników.

Zafascynowana tym, co widziałam, postanowiłam, że moja przyszłość to telewizja, że „stanę na głowie”, aby poznać ją dogłębnie. A więc najpierw studia.

Wykłady z telewizji na Politechnice Warszawskiej prowadził prof. Lesław Kędzierski, uważany za ojca polskiej telewizji – świetny wykładowca, dzięki któremu poznałam nie tylko tajniki techniczne działania systemów i urządzeń, lecz również historię jej powstania.

## Narodziny telewizji

Telewizja w swojej obecnej formie nie jest typowym wynalazkiem. Jej pojawienie się jest naturalną konsekwencją rozwoju nauki i techniki oraz wynikiem pracy wielu uczonych, techników i wynalazców, którzy kolejno opracowywali elementy skomplikowanych urządzeń, niezbędnych do realizacji zasadniczych procesów techniki telewizyjnej. Jej powstanie nie może więc być przypisane określonemu człowiekowi czy zespołowi.

Umożliwienie tzw. „dalekiego widzenia” było od dawna marzeniem ludzi nauki, techniki i literatury, brakowało jednak poznania wielu praw przyrody, potrzebnych do znalezienia koncepcji procesu telewizyjnego, a także ogólnego rozwoju techniki, niezbędnego do realizacji proponowanych koncepcji.

Wykorzystanie prądu elektrycznego do przesyłania obrazów na odległość zaproponowano już w XIX wieku, brakowało jednak przetwornika optyczno-elektrycznego, umożliwiającego zamianę informacji optycznych na sygnały elektryczne. Możliwości takie stwarzały kolejne odkrycia: napięciowego zjawiska fotoelektrycznego, fotoprzewodnictwa selenu i zbudowanie pierwszych fotokomórek selenowych. Do końca XIX wieku powstało wiele takich koncepcji. Umożliwiło to przesłanie pierwszego stałego obrazu między Paryżem i Lyonem oraz opracowanie wielu interesujących propozycji, np. systemu jednoczesnego, który wymagał wielkiej liczby torów komunikacyjnych, systemów wybierania wykorzystujących bezwładność wzroku, z użyciem zarówno wielu przetworników, jak i jednego przetwornika. W tym okresie powstało wiele koncepcji systemów wybierania, a mianowicie: system wybierania za pomocą przetwornika poruszającego się po spirali, system wybierania liniowego za pomocą perforowanej tarczy i nieruchomego przetwornika (Nipkow), koło lustrzane oraz tarcza soczewkowa. Prosta w realizacji tarcza Nipkowa była najbardziej rozpowszechnionym urządzeniem wybierającym, stosowanym prawie do końca lat trzydziestych XX wieku.

Wśród zgłaszających pomysły rozwiązania systemu telewizyjnego znajdowali się również Polacy. Należy tu wymienić Jana Szczepanika, który zastosował w opatentowanym telekroskopie do

wybijania oscylograf usterkowy, a także Mieczysława Wolfkego, który opatentował system telewizji bezprzewodowej, wykorzystujący fale elektromagnetyczne, tarcze Nipkowa oraz – jako źródło światła przy syntezie obrazu – rury Geislera.

Pomysły zgłoszone w końcu XIX wieku nie mogły jednak być zrealizowane w praktyce przez ponad dwadzieścia lat, ze względu na ówczesny stan techniki. Spowodowane to było zarówno bezwładnością komórek selenowych, jak i zmniejszeniem czułości urządzeń wskutek bardzo krótkiego czasu działania strumienia świetlnego na przetwornik optyczno-elektryczny.

Odkrycie zewnętrznego zjawiska fotoelektrycznego, ustalenie praw fotoemisji i zbudowanie pierwszych komórek emisyjnych pozwoliło na pokonanie bezwładności fotokomórek selenowych. Natomiast wzmacnianie bardzo małych sygnałów uzyskiwanych z przetwornika optyczno-elektrycznego było możliwe dopiero na początku XX wieku po wynalezieniu lampy elektronowej.

Eksperymentalne prace z zakresu telewizji podjęto w wielu krajach, np. w Niemczech, Wielkiej Brytanii, USA, ZSRR, Francji i na Węgrzech, dopiero po pierwszej wojnie światowej. Pierwsze próbne transmisje na odległość zrealizowano natomiast w latach trzydziestych. Zbudowano wtedy w ZSRR, Wielkiej Brytanii i Niemczech pierwsze eksperymentalne stacje telewizyjne, pracujące na falach średnich i krótkich. Rozpoczęto nadawanie w zakresie fal ultrakrótkich. U uruchomiono produkcję odbiorników telewizyjnych.

Do analizy obrazu stosowano, prawie do ostatnich lat przed wybuchem drugiej wojny światowej, urządzenia mechaniczno-optyczne. Jednocześnie starano się poprawić jakość nadawanego obrazu przez podwyższanie liczby linii analizy, nawet do 441 linii dla filmów kinematograficznych.

Równoległe z rozwojem telewizji mechanicznej prowadzono prace nad rozwiązaniem urządzeń analizy i syntezy obrazu na drodze elektronowej, polegające na umożliwieniu modulacji gęstości wiązki elektronów, a więc w ten sposób modulacji luminancji ekranu oraz użyciu wiązki elektronowej również przy analizie obrazu. Badania te jednak, ze względu na niedostateczny poziom techniczny elektroniki, nie były dalej kontynuowane. Intensywne prace w dziedzinie lamp telewizyjnych podjęto dopiero pod koniec lat dwudziestych XX wieku w USA, Wielkiej Brytanii, Niemczech oraz we Francji. Doprowadziły one do ustalenia podstaw działania większości stosowanych w telewizji lamp analizujących.

W latach 1936–1939 po okresie prób zaczynały powstawać centra telewizyjne, wyposażone w urządzenia elektronowe, w Londynie (405 linii), Berlinie (441 linii), Paryżu (450 linii), Leningradzie (240 linii), Moskwie (343 linie) oraz w USA (343 linie i 441 linii). Wiele firm rozpoczynało też produkcję odbiorników telewizyjnych dla tych standardów.

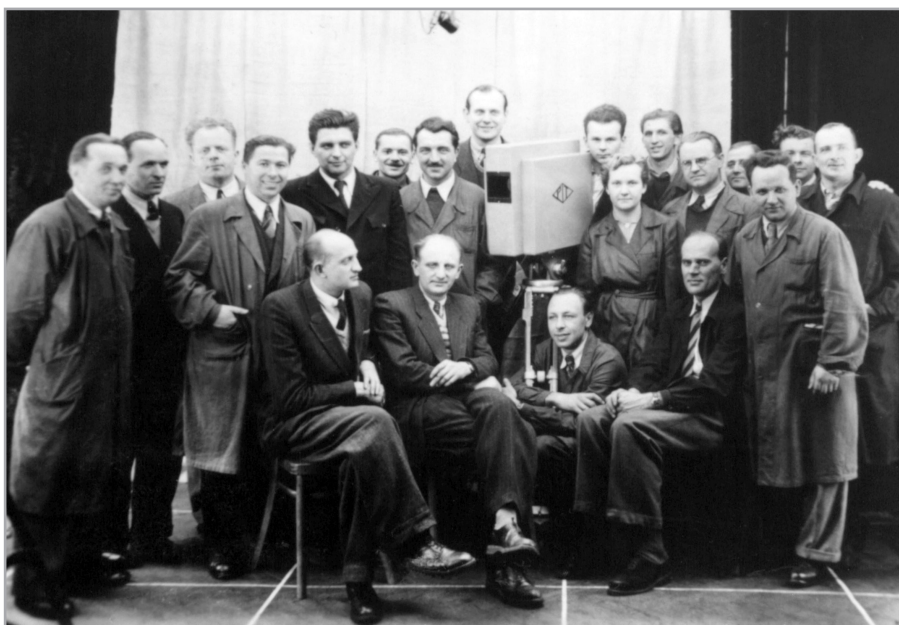
Przełomowym rokiem dla realizacji przekazu telewizyjnego był rok Olimpiady w Berlinie (1936). Do realizacji programu użyto po raz pierwszy trzech kamer telewizyjnych o ponad metrowej długości. Miały one rozdzielczość 180 linii i 25 obrazów na sekundę i mogły być używane tylko wtedy, gdy świeciło słońce. Ponieważ nie znano wówczas jeszcze nadajników telewizyjnych, zorganizowano dla widzów sale pokazowe, rozmieszczone wokół stadionu, wyposażone w odbiorniki telewizyjne, do których doprowadzono kablami sygnały z kamer. Transmisja na żywo trwała 72 godziny.

W Polsce w okresie międzywojennym prace nad rozwojem telewizji miały charakter eksperymentalny, a praktyczne ich zastosowanie zostało zrealizowane w połowie lat trzydziestych. Pierwsze prace z dziedziny telewizji podjął w Polsce już w 1928 r. inż. (później prof.) Stefan Manczarski. W 1929 r. uzyskał on patent na „Sposób telewizyjnego przesyłania obrazów za pośrednictwem drutu i radia” (patent nr 11 084). Opublikował też w „Przeglądzie Teletechnicznym” (w 1929 r.) artykuł pt. „Nowa metoda telewizji”, na temat działania systemu mechanicznej analizy obrazu. Była to pierwsza praca,

jaka ukazała się w Polsce na temat telewizji. W tym również roku wygłosił, na temat opracowanego przez siebie systemu, odczyt (w Stowarzyszeniu Teletechników Polskich w Warszawie), połączony z pokazem aparatury. Opatentowane urządzenie, kupione przez Ministerstwo Poczty i Telegrafów, zaprezentowano w pawilonie Ministerstwa (16–25 maja 1929 r.) na Powszechnej Wystawie Krajowej w Poznaniu.

## Od pierwszych badań do pierwszych emisji w Polsce

Pierwsze systematyczne badania dotyczące telewizji podjęto w 1935 r., kiedy zorganizowano, w ówczesnym Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym (PIT) w Warszawie, Dział Telewizji, będący pierwszą placówką naukowo-badawczą z tej dziedziny. Kierownikiem Działu był inżynier (później profesor) Lesław Kędzierski.



*Pierwsi twórcy polskiej powojennej telewizji (1950 r.). Siedzą (od lewej): Stanisław Barszcz, Lesław Kędzierski, Andrzej Kielkiewicz, Michał Wysokiński. Stoją (od lewej): Adamszek, Jerzy Jabłczyński, Bolesław Mamczyc, Karol Mori, Stanisław Ogulewicz, Rudnicki, Longin Głowacki, Józef Miciński, Andrzej Cielecki, Wanda Trzebunia, Rutkowski, Mieczysław Szczepański i Aleksander Pilipowski*

Badania rozpoczęto od systemów mechaniczno-elektronowych. Do analizy obrazu wykorzystywano tarczę Nipkowa ze specjalnie ukształtowanymi otworami wybierającymi (w kształcie sześciokątów foremnych), a do syntezy obrazu – lampy obrazowe z odchyłaniem i skupianiem elektrostatycznym. Badano kolejno systemy 90-liniowe, a następnie 120-liniowe. Do oryginalnych opracowań należy zaliczyć opracowanie technologii wykonania tarczy, opracowanie metody mieszania sygnałów oraz metody dopasowywania członów wyjściowych do kabla koncentrycznego. Opierając się na wynikach z przeprowadzonych badań, przystąpiono w 1936 r. do opracowania urządzenia do nadawania filmów kinematograficznych, przewidzianego do pracy w Eksperymentalnej Stacji Telewizyjnej

w Warszawie. W 1937 r. powstała również w „Polskim Radio” komórka telewizyjna, kierowana przez mgr inż. Władysława Cetnera. Do jej zadań należała budowa nadajników obrazu i dźwięku dla warszawskiej stacji telewizyjnej. Na jesieni 1937 r. uruchomiono eksperymentalną stację telewizyjną w gmachu „Prudential”<sup>①</sup> w Warszawie, która nadawała filmy kinematograficzne na potrzeby badawcze.

W 1938 r. rozpoczęto w Instytucie badania dotyczące telewizji całkowicie elektronicznej, przystąpiono do opracowywania toru telewizji 343-liniowej, zawierającego kamerę wyposażoną w ikonoskop, opracowywano specjalne przyrządy pomiarowe oraz zbudowano ultrakrótkofalowy nadajnik telewizyjny o mocy 200 W, w którym zastosowano szerokopasmową modulację szeregową. W chwili wybuchu drugiej wojny światowej prace dotyczące budowy toru telewizji 343-liniowej były na ukończeniu, jednak w wyniku działań wojennych cały polski dorobek z zakresu telewizji uległ zniszczeniu i w okresie powojennym badania rozpoczęto od początku.

Prace nad systemami całkowicie elektronicznymi i urządzeniami telewizji czarno-białej wznowiono w 1947 r., kiedy inż. Lesław Kędziński – po powrocie do kraju z niemieckich obozów – zaczął ponownie organizować telewizyjną placówkę badawczą w reaktywowanym Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym. Miała ona przede wszystkim wyszkolić kadrę pracowników badawczych z dziedziny telewizji, a także opanować nowoczesną technikę telewizyjną, która w tym okresie czyniła ogromne postępy w całym świecie.



*Zespół twórców prototypowych urządzeń telewizyjnych (1951 r.). Siedzą (od lewej): Tadeusz Bzowski, Lesław Kędziński i Wanda Trzebunia. Stoją (od lewej): Karol Mori, Aleksander Pilipowski, Andrzej Cielecki, Michał Wysokiński, Jerzy Jabłczyński, Józef Miciński i Andrzej Kielkiewicz*

Badania rozpoczęto od telewizji 441-liniowej i w czasie półtora roku opracowano komplet urządzeń toru wizyjnego, umożliwiające nadawanie obrazów ze studia i z natury. Nabyte doświadczenie pozwoliło na podjęcie prac, dotyczących telewizji 625-liniowej, którą zaczęto wprowadzać w Europie. Zainteresowano się również zagadnieniami wielkiej częstotliwości. Rozpoczęto opracowywanie

<sup>①</sup> Wieżowiec przy obecnym placu Powstańców Warszawy.



nadajników oraz odbiorników telewizyjnych. Prace nad pierwszym zespołem urządzeń studyjnych ukończono w 1950 r. i – w związku z decyzją o podjęciu doświadczalnej eksploatacji telewizji – przystąpiono do ich rozbudowy oraz uzupełniania, aby mogły stanowić wyposażenie doświadczalnego studia telewizyjnego. Pierwsze publiczne pokazy polskich osiągnięć z dziedziny telewizji odbyły się w 1951 r. w czasie, wcześniej wspomnianej, wystawy „Radio w służbie postępu i pokoju”. W nagrodę za zbudowanie pierwszej aparatury telewizyjnej cały zespół otrzymał dwutygodniowe wczasy w Zakopanem.

W połowie 1951 r. nastąpił podział Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego na dwie placówki badawcze: Przemysłowy Instytut Telekomunikacji i Instytut Łączności (IŁ), przy czym Zakład Telewizji wszedł w skład Instytutu Łączności, podległego resortowi łączności.

Po opracowaniu toru kamerowego i w wyniku przeprowadzenia udanego pokazu dla władz, podjęto decyzję o wybudowaniu Doświadczalnej Stacji Telewizyjnej Instytutu Łączności. Stacja ta składała się ze studia o powierzchni ok. 70 m<sup>2</sup> oraz pokoju kontrolnego wraz z salą aparatury, mieszczących się w gmachu Instytutu przy ulicy Ratuszowej 11.



*Pracownicy IŁ (Andrzej Kielkiewicz, Karol Mori, Wanda Trzebunia) w eksperymentalnym studio telewizyjnym w Warszawie przy ul. Ratuszowej 11 (1952 r.)*

Budowę urządzeń telewizyjnych, niezbędnych do wyposażenia ośrodka telewizyjnego, ukończono w 1952 r. Opracowano i wykonano trzy tory kamerowe wraz z niezbędnym wyposażeniem sterującym i kontrolnym oraz urządzeniami reżyserskimi. Zespół studyjny połączono kablem ze stacją nadawczą, składającą się z nadajnika obrazu o mocy promieniowanej ok. 5 kW i nadajnika dźwięku towarzyszącego o mocy promieniowanej ok. 1,5 kW, z zespołem antenowym; wszystkie te urządzenia umieszczono w wieżowcu, znajdującym się naprzeciwko IŁ przy ulicy Ratuszowej 12. Kable połączeniowe wyposażono w odpowiednie wzmacniacze i korektory zniekształceń.



W dniu 17 października 1952 r. nadano z tego studia pierwszy program telewizyjny, który odbierano w kilkudziesięciu punktach Warszawy. Zasięg stacji pozwalał na odbiór programu na terenie całej Warszawy i jej bliskich okolic podmiejskich. Pierwszy program telewizyjny trwał pół godziny. Wystąpili w nim: Marta Nowosad (wykonanie piosenki „Latarnie warszawskie”), Jerzy Michotek i Witold Gruca (śpiew – każdy po dwie piosenki), Jan Mroziński (sceny mimiczne) oraz Maria Krzyżanowska (spikerka). Następne programy nadawano początkowo co około dwa tygodnie, a od 23 stycznia 1953 r. rozpoczęto nadawanie regularnych programów raz w tygodniu, w piątek o godzinie 17.00. Trwały one od pół godziny do godziny. Przeszkodą w przygotowywaniu częstszych widowisk była przede wszystkim panująca w studiu temperatura, dochodząca czasami do 50°C, spowodowana zarówno wymaganym poziomem oświetlenia dla stosowanych kamer ikonoskopowych, jak i niedostateczną pracą prowizorycznej instalacji wentylacyjnej. W listopadzie 1953 r. nadano pierwszą w dziejach polskiej telewizji pełnospektaklową inscenizację sztuki teatralnej „Okno w lesie” Rachmanowa i Ryssa.

Ten pionierski okres rozwoju telewizji kryje w sobie wiele ludzkiego entuzjazmu, zapału i wyrzeczeń, bez którego trzeba byłoby czekać długo na pierwszy polski program telewizyjny.

Pracownicy Zakładu Telewizji – m.in. mgr inż. Lesław Kędziński (kierownik Zakładu), mgr inż. Tadeusz Bzowski, mgr inż. Andrzej Kiełkiewicz, mgr inż. Stanisław Ogulewicz, mgr inż. Wanda Trzebunia (delegowana z Polskiego Radia), mgr inż. Janusz Tomaszewski, mgr inż. Aleksander Pilipowski, mgr inż. Mieczysław Szczepański, inż. Kazimierz Pejsert, inż. Jerzy Jabłczyński, inż. Bolesław Malczyc, inż. Karol Mori, inż. Antoni Myk, Michał Wysokiński, Józef Miciński i wielu innych – bez względu na obowiązujące godziny, pracowali praktycznie całymi dniami od rana do wieczora, tworząc wielką rodzinę telewizyjną.

W tym okresie, w końcu 1953 r., odbywałam w Instytucie Łączności praktykę studencką. Moją opiekunką była mgr inż. Wanda Trzebunia (później Siwicka). Temat mojej praktyki, niestety nie związany z nadawaniem programu (udało mi się jedynie zwiedzić studio i stację nadawczą w czasie wolnym od nadawania programu oraz prób), był ściśle techniczny – zaprojektowanie (na podstawie literatury anglojęzycznej), wykonanie i uruchomienie wzmacniacza wizyjnego o przenoszonym pasmie częstotliwości 8 MHz/3 dB oraz zasilacza stabilizowanego o bardzo małej oporności wewnętrznej.

Do dnia dzisiejszego wspominam bardzo przyjemną i serdeczną atmosferę, jaka panowała w Zakładzie. Cieszyły też sukcesy: wykonane przeze mnie urządzenia pracowały bez zarzutu i zostały zastosowane w aparaturze studyjnej.

Eksperymentalny program telewizyjny ze studio w IŁ nadawano regularnie do połowy 1954 r., tj. do czasu przeniesienia, do nowych pomieszczeń na placu Powstańców Warszawy, całości aparatury studyjnej i nadawczej, uzupełnionej przez wiele urządzeń eksploatacyjnych, a w szczególności przez opracowane przez IŁ urządzenie kinematograficzne. Został tam zorganizowany, niezależny już od IŁ, Doświadczalny Ośrodek Telewizyjny (DOT), którego trzon kadrowy stanowili pracownicy Zakładu Telewizji IŁ, przeniesieni do pracy w DOT.

Zespół twórców i konstruktorów pierwszej eksperymentalnej aparatury telewizyjnej w Polsce otrzymał (22 lipca 1955 r.) Nagrodę Państwową II stopnia za „Pionierską działalność w stworzeniu podstaw telewizji w Polsce oraz opracowanie i wprowadzenie do eksploatacji kompletnych urządzeń nowoczesnej telewizji”. W skład nagrodzonego zespołu wchodził: doc. mgr inż. Lesław Kędziński, doc. mgr inż. Tadeusz Bzowski, mgr inż. Andrzej Kiełkiewicz, mgr inż. Stanisław Ogulewicz, inż. Jerzy Jabłczyński i inż. Karol Mori.

## Droga do HDTV i 3DTV poprzez kolor i cyfrę

W październiku 1955 r., jako studentka ostatniego roku Wydziału Łączności, zgłosiłam się do pracy w Zakładzie Telewizji IŁ. Usłyszałam wtedy od kierownika, że „bardzo nie lubi zatrudniać kobiet, bo nie będzie z nich żadnego pożytku, zaraz wyjdą za mąż, będą miały dzieci, a więc urlopy macierzyńskie, zwolnienia itd.” Jednak wziął pod uwagę bardzo dobrą opinię po odbytej w IŁ praktyce i przyjął mnie do pracy.

Zakład dzielił się wówczas na cztery zespoły tematyczne:

- Pracownię Zagadnień Analizy i Syntezy Obrazu, w składzie: doc. mgr inż. Andrzej Kiełkiewicz (kierownik), inż. Jadwiga Lech, mgr inż. Zbigniew Budzyński, mgr inż. Antoni Morejko, mgr inż. Zbigniew Iwanek;
- Pracownię Telewizyjnej Techniki Impulsowej, w składzie: doc. (później prof.) mgr inż. Tadeusz Bzowski (kierownik), mgr inż. Alfred Frank, techn. Stachurski, techn. Stanisław Kegler;
- Pracownię Telewizyjnych Urządzeń Nadawczych i Propagacji, w składzie: doc. mgr inż. Stanisław Ogulewicz (kierownik), mgr inż. Ryszard Lejman, mgr inż. Wojciech Głód, techn. Feliks Woch;
- Pracownię Miernictwa Telewizyjnego, w składzie: mgr inż. Lucjan Grabowski (kierownik), a po jego zwolnieniu, mgr inż. Kazimierz Lewiński, mgr inż. Ludwik Słaboszewicz, inż. Bolesław Mamczyc i technik, którego nazwiska nie pamiętam.

Początkowo zostałam przydzielona do Pracowni Miernictwa Telewizyjnego i zlecono mi opracowanie, wykonanie i uruchomienie kablowego łącza telewizyjnego, pracującego na częstotliwości 21 MHz. Część odbiorcza tego łącza stanowiła temat mojej pracy magisterskiej.

Początki pracy nie były łatwe. Kierownik Pracowni, nastawiony wrogo do wszystkich kolegów, nie udzielał mi żadnych informacji, jedyna dostępna literatura była w języku niemieckim, który znałam bardzo słabo, a niektórym kolegom zależało na tym, aby „nowa kobieta” nie osiągała zbyt dobrych rezultatów i robili mi różne psikusy. Udało mi się jednak przewyciężyć te trudności, urządzenia wykonałam, pracę magisterską obroniłam, a wykonane urządzenia dwa lata później zostały przekazane do Wojsk Łączności w Zegrzu w celach szkoleniowych.

Po zwolnieniu mgr inż. L. Grabowskiego działalność Pracowni Miernictwa Telewizyjnego została chwilowo zawieszona, a ja zostałam przeniesiona do Pracowni Telewizyjnych Urządzeń Nadawczych i Propagacji, w której opracowywałam układy składowe nadajnika telewizji kolorowej.

Rozpoczęcie w Polsce eksploatacji telewizji stworzyło konieczność opracowania **planu pokrycia kraju zasięgiem odbioru telewizyjnego**, czyli opracowania planu sieci nadajników telewizyjnych. Jednym z najważniejszych parametrów technicznych potrzebnych do planowania sieci są tzw. współczynniki ochronne sygnału telewizyjnego, czyli wartości wymaganych stosunków sygnału użytecznego do sygnałów zakłócających, które zapewniają dobry odbiór nadawanego programu. Prace te dla telewizji czarno-białej podjęto w 1955 r. Wyniki tych bardzo pracochłonnych badań wykorzystywano nie tylko do zaplanowania sieci nadajników telewizji czarno-białej w kraju, lecz również przedstawiano na forach organizacji międzynarodowych – głównie CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications), obecnie ITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunications) – i zamieszczono w odpowiednim zaleceniu CCIR.

Przeniesienie w 1958 r. Zakładu Telewizji z Warszawy do Miedzeszyna spowodowało odejście wielu pracowników, których zniechęciły dojazdy do pracy kolejką elektryczną. Niektórzy odeszli

zachęteni lepszymi zarobkami – w szybko rozwijającym się Warszawskim Ośrodku Telewizyjnym, wyposażonym w urządzenia o charakterze całkowicie eksploatacyjnym – inni ze względów osobistych. Szczęśliwie w tym okresie rozpoczęło się na Politechnice Warszawskiej szkolenie specjalistów z zakresu telewizji, a w 1959 r. na Wydziale Łączności utworzono Katedrę Telewizji. Do Instytutu zaczęli więc napływać świeżo „upieczeni” absolwenci Wydziału, dzięki czemu na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych Zakład liczył około 50 osób.

W Pracowni Zagadnień Analizy i Syntezy Obrazu pracowali między innymi: mgr inż. Janusz Podejko, mgr inż. Władysława Stojanowska (później Burzykowska), mgr inż. Izabela Maślanko (później Ludwicka), mgr inż. Mirosław Kotnowski, mgr inż. Kazimierz Górski, mgr inż. Jerzy Dojlicki, mgr inż. Tomasz Waszczuk, techn. Jan Trzoniec, techn. Mirosława Dudzicka (później Andrzejak), techn. Tadeusz Bieńkowski oraz techn. Łukawski. W Pracowni Telewizyjnej Techniki Impulsowej byli zatrudnieni m.in.: mgr inż. Elżbieta Kwiatkowska (później Janczewska), mgr inż. Andrzej Stefański, mgr inż. Wojciech Grabowski oraz techn. Zofia Radomska (później Kuczyńska). W Pracowni Telewizyjnych Urządzeń Nadawczych pracowali m.in.: mgr inż. Ryszard Lejman, mgr inż. Zbigniew Szklarczyk, mgr inż. Marian Kisło, inż. Jerzy Jabłczyński, inż. Bolesław Mamczyc, mgr inż. Andrzej Chudziński, mgr inż. Justyn Połujan, techn. Feliks Woch, techn. Henryk Pasięka, techn. Henryk Wysocki oraz techn. Szyber. W Pracowni Miernictwa Telewizyjnego prowadzili badania m.in.: mgr inż. Kazimierz Lewiński i mgr inż. (później dr) Alfons Podemski.

Należy tu też wspomnieć pracowników innych Zakładów IŁ, których dobrze zapamiętałam. Najbardziej „wryła” mi się w pamięć doc. mgr inż. Wanda Kacprowska, zwana popularnie za plecami Wandzią, przede wszystkim ze względu na specyficzne cechy charakteru. Wandzia była choleryczką i jeśli tylko ktoś się jej naraził, wpadała w ogromną złość i zaczynała bardzo długą oraz bardzo głośną przemowę, której nie należało przerywać. Po jej zakończeniu uspakajała się i wszystko było w porządku. Większość pracowników się jej bała i unikała wszelkich kontaktów z nią. Oczywiście była niedużą liczbą wybrańców losu, na których Wandzia nie krzyczała i szczęśliwie zaliczałam się do nich. Pamiętam jednak, że kiedy – jeszcze jako bardzo młody pracownik – przyszedłam do Wandzi w jakiejś służbowej sprawie, z pokoju dobiegał okropny krzyk, usłyszawszy „proszę”, weszłam do pokoju i zobaczyłam wystraszonego pracownika z Zakładu Wandzi, wysłuchującego potulnie przemowy. Zająwszy wskazane mi przez Wandzię krzesło w rogu pokoju, trzęsąc się ze strachu, przez ponad pół godziny oczekiwałam na zakończenie przemowy, po którym Wandzia z uśmiechem zwróciła się do mnie i zapytała, jaką mam sprawę. Należy tu podkreślić, że w przemowie Wandzi nie było ordynarnych i niegrzecznych słów.

Bardzo miło wspominam ponadto kierowników Zakładów pionu radiowego: doc. mgr inż. Sylwestra Jarkowskiego, doc. mgr inż. Henryka Kalitę oraz prof. mgr inż. Stefana Jasińskiego (zwanego popularnie „dziadkiem”). Byli to panowie pokolenia moich rodziców, z którymi zawsze można było porozmawiać, pożartować i poplotkować zarówno w sprawach technicznych, jak i prywatnych. Nigdy nie odmawiali swej rady i pomocy.

W 1955 r. w Zakładzie Telewizji IŁ podjęto **badania z zakresu telewizji kolorowej**. Kierunek ich jednak był inny, niż prowadzonych poprzednio badań telewizji czarno-białej. Na świecie istniało już wiele propozycji międzynarodowej normalizacji systemu telewizji kolorowej, zatem prace prowadzone w IŁ miały na celu porównanie własności poszczególnych systemów, aby określić ich przydatność do eksploatacji w warunkach krajowych. Prace te były włączone do badań europejskich proponowanych systemów, organizowanych na dużą skalę przez CCIR i UER (Union Européenne de Radiodiffusion – Eurovision). Badania te obejmowały uzyskiwaną jakość obrazów kolorowych (również zapisywanych na taśmie magnetycznej), odporność badanych systemów i urządzeń na zakłócenia oraz charakterystyczne

zniekształcenia, a w szczególności zniekształcenia występujące przy transmisjach sygnałów telewizji kolorowej na duże odległości (na trasach: Londyn – Paryż – Warszawa – Moskwa, Warszawa – Katowice – Lwów – Kijów – Moskwa – Leningrad oraz Kaliningrad – Warszawa).



*Autorka artykułu podczas obrony pracy doktorskiej, obok prof. Lesław Kędziński, doc. Wanda Kacprowska i doc. Stanisław Dymowski*

Badania przeprowadzono, stosując aparaturę wykonaną w Zakładzie, np. analizator przezroczny kolorowych, jako źródło znormalizowanych obrazów, wykorzystywanych przy badaniach, generator pasów kolorowych, urządzenia wprowadzające określone zniekształcenia telewizji kolorowej i inne, a także aparaturę importowaną, zainstalowaną w specjalnie zorganizowanym i wyposażonym studiu telewizji w Instytucie, z którego nadawano programy na potrzeby badawcze i dla poznania właściwości specyficznych zagadnień eksploatacyjnych. Przeprowadzono też szczegółowe badania oddziaływania różnego rodzaju zniekształceń i szumu różnego pochodzenia na jakość obrazów kolorowych, nadawanych systemami NTSC, SECAM 1, SECAM 2, SECAM 3 oraz częściowo systemem PAL.

Niezależnie od tego – w celu zebrania doświadczeń, związanych z odbiorem sygnałów telewizji kolorowej w mieście – opracowano i wykonano nadajnik telewizyjny o mocy promieniowanej ok. 1 kW, pracujący w zakresie fal decymetrowych, przeznaczony do nadawania sygnałów telewizji kolorowej. Nadajnik ten wraz z anteną został zainstalowany w gmachu Instytutu Łączności w Miedzeszynie, skąd przez kilka miesięcy nadawano proste programy telewizji kolorowej.

Prowadzone badania, głównie w godzinach wieczornych i nocnych, polegały zarówno na obserwacji odbieranych po przejściu przez duże odległości sygnałów telewizji kolorowej i pomiarze występujących zakłóceń oraz zniekształceń, jak i na nadawaniu własnych programów kolorowych do celów badawczych. Przy nadawaniu pierwszego próbnego programu posadzono mnie przed kamerą i poproszono, abym go zapowiedziała. Następnego dnia moje zdjęcie znalazło się w prasie codziennej, a wielu znajomych pytało, czy przenoszę się do telewizji. Następne programy zapowiadała już zawodowa

spikerka Edyta Wojtczak. Wyniki badań były wielokrotnie przedstawiane na forach organizacji międzynarodowych, takich jak CCIR, OIRT (Organisation Internationale de Radiodiffusion et de Télévision) oraz OWŁ (Organizacja Współpracy Łączności), stanowiły one wkład do badań ogólnoeuropejskich i były brane pod uwagę przy wyborze systemów telewizji kolorowej.

Przeprowadzono także szczegółowe badania istniejącej sieci nadawczej i transmisyjnej telewizji czarno-białej, których celem było stwierdzenie jej przydatności do systemu telewizji kolorowej SECAM. Wyniki tych badań wykorzystano do modernizacji sieci.

Jednocześnie z badaniami nad telewizją kolorową prowadzono **badania propagacji w zakresie fal metrowych i decymetrowych**, w celu określenia warunków odbioru sygnałów telewizyjnych, niezbędne do planowania sieci telewizyjnej w kraju. Prace obejmowały dwa główne zagadnienia: określenie współczynników ochronnych sygnału telewizji kolorowej systemu SECAM, w zależności od różnych oddziałujących nań wpływów, a także określenie minimalnych wartości natężenia pola odbieranego sygnału w.c.z. telewizji kolorowej w różnych warunkach jego odbioru i dla różnych typów odbiorników eksploatowanych w kraju.

W 1971 r. tematykę propagacyjną, związaną z planowaniem sieci telewizyjnych, przekazano do Zakładu Propagacji Fal Radiowych. Do tego Zakładu przeniesiono również pracowników wykonujących te badania, a mianowicie: doc. dr inż. Stanisława Ogulewicza, mgr inż. Ryszarda Lejmana, mgr inż. Zbigniewa Szklarczyka, mgr inż. Mariana Kisło, techn. Feliksa Wocha, techn. Henryka Pasiekę, techn. Henryka Wysockiego i techn. Szybera.

W całym okresie działalności IŁ w dziedzinie telewizji były prowadzone prace z zakresu **miernictwa telewizyjnego**. Większość niezbędnego wyposażenia pomiarowego do prowadzenia badań, jak np. oscyloskopy telewizyjne, generatory sygnałów sinusoidalnych lub impulsowych oraz mierniki fazy, opracowano w IŁ. Jako wyposażenie, zorganizowanej w IŁ, stacji kontroli emisji telewizyjnych zostały opracowane niektóre **specjalistyczne przyrządy pomiarowe**, a wśród nich miernik głębokości modulacji sygnału wizyjnego oraz miernik nachylenia zboczy impulsów synchronizujących. Ponadto opracowano modele użytkowe: generatorów sygnałów pomiarowych – nadawanych na liniach kontrolnych obrazu telewizyjnego – oraz urządzenia odbiorcze do obserwacji tych sygnałów.



*Generator telewizyjnych sygnałów pomiarowych na liniach kontrolnych*



W latach siedemdziesiątych – na zamówienie zakładów ZARAT – opracowano, wraz z odpowiednią dokumentacją konstrukcyjną: generator typowych telewizyjnych sygnałów pomiarowych, miernik fazy różnicowej i wzmacnienia różnicowego oraz analizator wstęp bocznych modulacji nadajników telewizyjnych, oparty na analizie widmowej badanego sygnału, wraz z wobulatorem. Przyrządy te zostały przekazane do zakładów ZARAT w celu uruchomienia ich produkcji. W opracowywaniu większości tych przyrządów brałam udział i wówczas powstało siedem moich patentów.

Oprócz tego – na zamówienie Państwowej Inspekcji Radiowej – została opracowana i wykonana aparatura do kontroli parametrów technicznych emisji telewizyjnych oraz oceny jakości nadawanych w Warszawie obrazów telewizyjnych. Zestaw ten został zainstalowany w ośrodku pomiarowym w Porębie Leśnej.

W 1971 r. w Zakładzie Telewizji powstała Pracownia Telewizyjnych Zagadnień Systemowych i zostałam powołana na jej kierownika. W skład Pracowni weszli: mgr inż. Andrzej Chudziński, mgr inż. Justyn Połujan, inż. Bolesław Malczyc i techn. Zofia Kuczyńska. Po zakończeniu prac, obejmujących ukończenie przyrządów dla zakładów ZARAT, podjęto (w 1975 r.) systematyczne badania cyfryzacji systemów telewizyjnych. Badania dotyczyły przede wszystkim próbkowania sygnałów składowych całkowitego sygnału telewizji kolorowej, sposobów kwantowania tych sygnałów oraz ich kodowania za pomocą modulacji impulsowo-kodowej.

Wyniki tych badań umożliwiły zaproponowanie **podstawowych parametrów systemu cyfrowego o szybkości bitowej 216 Mbit/s**, przeznaczonego dla ośrodków telewizyjnych, zapewniającego wysoką jakość obrazu na wyjściu z ośrodka. Propozycja ta została zgłoszona do CCIR i zatwierdzona w 1982 r. jako zalecenie CCIR. Jest to pierwsze w historii telewizji zalecenie systemowe CCIR o światowym zasięgu.

Dalsze badania dotyczyły metod tzw. **kodowania oszczędnego**, polegających na usunięciu z sygnału nadmiaru informacji (czyli zmniejszeniu jego redundancji), z wykorzystaniem statystycznych cech obrazu. W pierwszym etapie badań koncentrowano się na wewnątrzpolowej modulacji impulsowo-kodowej, opartej na optymalnym algorytmie tworzenia prognozy, zarówno dla sygnału luminancji obrazu, jak i sygnałów różnicowych kolorowości obrazu. Wyniki tych badań umożliwiły opracowanie propozycji telewizyjnego standardu cyfrowego dla transmisji sygnałów telewizji kolorowej o szybkości 70 Mbit/s oraz wykonanie modeli użytkowych kodera i dekodera tego standardu.

Równolegle prowadzono prace dotyczące perspektywicznych **systemów telewizji kablowej**, opartych na technice cyfrowej z wykorzystaniem światłowodów. Prace te przygotowywano w ramach współpracy naukowo-technicznej krajów członków RWPG, w związku z podpisaniem przez resort łączności odpowiedniego porozumienia.

Badano również celowość wprowadzenia w Polsce systemu wideoteks, tj. systemu, umożliwiającego odtwarzanie na ekranie odbiornika telewizyjnego sygnałów znaków alfanumerycznych i graficznych przesyłanych liniami telefonicznymi ze specjalnie utworzonych banków informacji. Opracowano zestaw modelowych urządzeń, które wykorzystywano do odpowiednich demonstracji. Resort łączności nie wykazał jednak większego zainteresowania tą usługą.

Dalsze badania stanowiły przede wszystkim kontynuację prac dotyczących metod oszczędnego kodowania. Analizowano zalety i wady wszystkich proponowanych standardów. Największą uwagę zwrócono na porównanie standardów MPEG2 (*Moving Picture Experts Group*) i AVC/H264 (zwanego popularnie MPEG4). Opracowanie porównawcze IŁ stało się podstawą do wyboru standardu w Polsce.

Prowadzono też prace związane z **przesyłaniem sygnałów audiowizualnych**, w tym programów telewizyjnych, przez internet. Prace te dotyczyły zarówno parametrów systemowych, jak i pomiarów ogólnej jakości usługi oraz jakości odbieranych programów telewizyjnych. Nabyte doświadczenia umożliwiły udział w konsorcjum wykonawców projektu celowego „System udostępniania sygnału audiowizualnego w polskim internecie optycznym w sposób zapewniający realizację telewizji interaktywnej”, dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych (MNiSW) na rzecz Telewizji Polskiej SA.

W ramach projektu celowego wykonano badania jakości w aplikacjach typu media strumieniowe. Umowy zawarte z TVP SA dotyczyły opracowania koncepcji oraz procedur i metod pomiarowych, a także realizacji testów prototypu systemu IP. Ponadto obejmowały one wdrożenie procedur systemu jakości i certyfikacji telewizji interaktywnej iTVP. Badania umożliwiły przeprowadzenie **oceny jakości usług w wybranych punktach systemu IP** i wydanie certyfikatów IŁ-PIB.

Na podstawie wyników pracy opracowano metodykę pomiarową ogólnej jakości usługi oraz jakości obrazu telewizyjnego w domu abonenta. Metodyka ta stanowi adaptację metod zalecanych przez ITU-R (zalecenie BT 500-11) do warunków odbioru na ekranie monitora domowego sygnałów, przesyłanych sieciami szerokopasmowymi z wykorzystaniem protokołu IP. Została ona zgłoszona jako projekt zalecenia, stanowiącego wkład polskiej administracji do Grupy Studiów 9 (SG9) ITU-T. Zalecenie to zostało przyjęte i zatwierdzone jako J 245. Opracowana metodyka została potwierdzona przez przeprowadzenie pomiarów QoS (*Quality of Service*) i QoP (*Quality of Perception*) w różnych miejscach odbioru. Wyniki pomiarów przesłano do SG9 ITU-T.

Dalsze prace w IŁ opierały się na założeniu, że podstawowym parametrem wpływającym na zadowolenie widzów jest **jakość oglądanego programu**. Zależy ona zarówno od treści nadawanych programów, jak i parametrów technicznych medium transmisyjnego, które może wprowadzać zniekształcenia, powodujące degradację przesyłanych obrazów. Wrażenia, jakie odnosi widz, zależą ponadto od własności jego zmysłów słuchu i wzroku, takich jak np. czułość wzroku, jego własności widmowe, bezwładność zmysłu wzroku i jego zdolność rozdzielcza. Miarą jakości obrazu, z punktu widzenia widza, jest więc jakość uzyskiwana na wyjściu jego urządzenia odbiorczego z ewentualnymi zniekształceniami wprowadzonymi podczas przygotowania i transmisji programu.

W technice telewizyjnej są stosowane dwa rodzaje metod pomiarowych: obiektywne i subiektywne. Metody obiektywne polegają na pomiarze poszczególnych parametrów odtwarzanego obrazu przez pomiar sygnału wizyjnego za pomocą przyrządów pomiarowych. Ich dokładność zależy przede wszystkim od dokładności tych przyrządów. Jednakże wyniki badań obiektywnych nie dają pełnej informacji o wrażeniu, jakie odnosi widz, oglądając odtwarzany obraz. Szczególnie w telewizji cyfrowej brak jest dokładnych korelacji między wartością zniekształcenia a wrażeniem wzrokowym, odnoszonym przez widza przy obserwacji zniekształconego obrazu.

Dlatego do oceny działania systemów telewizyjnych, a w szczególności systemów telewizji cyfrowej, w sposób ściśle związany z przewidywaną reakcją widzów, obserwujących przesyłane obrazy, są stosowane metody subiektywne. Polegają one na obserwacji odtwarzanych obrazów na ekranach odborników kontrolnych oraz ich ocenie przez grupę obserwatorów i traktowaniu wyników w sposób statystyczny. Prace dotyczące metod subiektywnych oceny jakości są prowadzone w IŁ od wielu lat i zaowocowały zgłaszaniem wielu dokumentów do ITU-R (dawniej CCIR) i ITU-T (dawniej CCIT).

W pracach ITU-R i ITU-T, dotyczących subiektywnych badań jakości obrazu, usługi i wrażenia odnoszonego przez widzów, uczestniczę od połowy lat osiemdziesiątych. W ITU-R pełniłam przez kilkanaście lat (do reorganizacji w 2009 r.) funkcję wiceprzewodniczącej (a przejściowo przewod-

niczącej) Grupy Roboczej ds. Jakości, sprawozdawcy (*rappporteur*) ds. jakości obrazu i kontaktów z grupą ekspertów VQEG oraz sprawozdawcy ds. kontaktów z Grupą Studiów 9 ITU-T. Natomiast w ITU-T jestem przez cały ten okres sprawozdawcą Programu Studiów 2/9(4/9), a ostatnio również sprawozdawcą ds. kontaktów z WP6C ITU-R.

Moim zdaniem, przewidywanymi kierunkami prac będzie telewizja jutra – UHDTV (*Ultra High Definition Television*) i TV3D (*Truevision 3D*).

## Zakończenie

Kiedy pisałam te wspomnienia, łezka zakręciła mi się w oku. Tyle wspaniałych osób „przewinęło” się przez Zakład Telewizji i jednostki z nim związane, zajmujące się tą tematyką. Byli to nie tylko dobrzy fachowcy, którzy rozwój telewizji stawiali na pierwszym miejscu, lecz również sympatyczni, życzliwi i uczynni ludzie. Niestety to już przeszłość. Wiele z tych osób już nie żyje, wielu przeszło na emeryturę i brak z nimi kontaktu. Nie miałam więc zupełnie możliwości weryfikacji danych i zdarzeń, przywołanych z pamięci. Jeśli wystąpiły nieścisłości, bardzo za nie przepraszam.

## Bibliografia

- [1] Karwowska-Lamparska A.: *Wspomnienie o prof. Lesławie Kędzierskim*. Prace Instytutu Łączności, 1992, nr 99, s. 7–10
- [2] Kędzierski L.: *Podstawy telewizji*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1963
- [3] Miszczak S.: *Historia radiofonii i telewizji w Polsce*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1972

## Alina Karwowska-Lamparska



Dr inż. Alina Karwowska-Lamparska (1931) – absolwentka Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1956); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1955); docent mianowany (1988–2001); specjalny sprawozdawca Grupy SG9 ITU-T, przewodnicząca Komitetu Technicznego Nr 11 ds. Telekomunikacji, wiceprzewodnicząca WP 6Q ITU-R (do 2009), specjalny sprawozdawca ds. jakości obrazów WP6C ITU-R, członek Rady Polskiej Platformy DVB i Platformy DAB, Sekcji Telekomunikacji Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN oraz Polskiego Komitetu Normalizacyjnego II kadencji; autorka lub współautorka licznych publikacji naukowych z zakresu telewizji (autorka książki „Telewizyjne systemy cyfrowe”, współautorka książki „Miernictwo telewizyjne”); długoletni redaktor oraz członek Rady Programowej wielu czasopism, m.in. *TITI*, *JTIT* oraz *Przeglądu Telekomunikacyjnego + Wiadomości Telekomunikacyjnych*; zainteresowania naukowe: telewizja, radiokomunikacja, telekomunikacja, normalizacja.  
e-mail: A.Karwowska@itl.waw.pl

# *Optymalizacja sieci telekomunikacyjnej państwa – prace prowadzone w latach siedemdziesiątych w Instytucie Łączności*

*Krystyn Plewko*

*Przedstawiono przesłanki podjęcia prac związanych z optymalizacją sieci telekomunikacyjnej oraz organizację zespołów badawczych, pracujących nad tym zagadnieniem. Omówiono program działań, zmierzających do stworzenia komputerowych systemów (MARS i KOSMOS) do projektowania optymalnego rozwoju krajowych sieci telefonicznych oraz transmisyjnych przewodowych i radiowych. Oceniono rezultaty prac badawczych optymalizujących, za pomocą tych systemów, krajowe sieci telekomunikacyjne pod względem ich budowy i niezawodności działania.*

*sieci telekomunikacyjne, komputerowe metody optymalizacji sieci, optymalizacja niezawodności sieci, optymalizacja kosztów budowy sieci*

## **Wprowadzenie**

Polska telekomunikacja w końcu lat sześćdziesiątych była w opłakanym stanie. Telefon domowy był dobrem trudno dostępnym, a w biurach i urzędach – wyposażeniem rzadkim. Obszary wiejskie były niemalże pozbawione infrastruktury telefonicznej, a w miejskich aglomeracjach liczba telefonów była większa niż na wsiach, ale daleka od oczekiwań mieszkańców. Pod względem gęstości telefonów (na stu mieszkańców) zajmowaliśmy niechlubne, przedostatnie miejsce w Europie. Pod względem technicznym również nie było dobrze: centrale telefoniczne (czasami ręczne) i linie teletransmisyjne były analogowe, a kable prawie wyłącznie o żyłach miedzianych. Były też nieliczne linie radiowe o małej krotności.

W resorcie łączności planami budowy, rozbudowy i modernizacji obiektów telekomunikacyjnych, a więc central telefonicznych różnego przeznaczenia i kablowych linii teletransmisyjnych, zajmowało się Biuro Studiów i Projektów Łączności (BSiPŁ). Pracowali w nim wybitni specjaliści, przygotowujący dokumentację tylko na podstawie przesłanek eksperckich, nie wykorzystując długookresowych wizji rozwoju sieci telekomunikacyjnej.

Ten stan niedorozwoju telefonii, wynikający z braku należytych środków na inwestycje telekomunikacyjne, budził niepokój w środowiskach technicznych i naukowych. W perspektywie upływu dalszych lat mógł on spowodować niedorozwój całej gospodarki Polski. Z inicjatywy środowisk naukowych Polskiej Akademii Nauk (PAN) i środowisk technicznych Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP) powstały liczne prognozy oraz memoriały, niektórych z nich byłem współautorem [1], [2]. Były one zamawiane przez Komitet Elektroniki i Telekomunikacji PAN i następnie kierowane do władz. Ważną rolę w tych działaniach mieli profesorowie Witold Nowicki i Stanisław Sławiński.

Opóźnienia działań w różnych obszarach nauki i techniki spowodowały, że władze postanowiły utworzyć finansowe i organizacyjne ramy przyspieszające badania – było to kilkanaście tzw. „centralnych problemów węzłowych”, przewidzianych do realizacji w pięcioleciu 1971–1975. Jednym z tych problemów był centralny problem węzłowy 06.5.1 pod nazwą „Rozwój telekomunikacji – systemy

i urzędzenia”. Koordynatorem tego problemu został wyznaczony Instytut Łączności (IŁ), a jego kierownikiem – dyrektor Instytutu prof. dr inż. Andrzej Zieliński.

Problem ten merytorycznie obejmował wszystkie dziedziny telekomunikacji, którymi zajmował się Instytut Łączności, a w szczególności dotyczył badań, zmierzających do opracowania i wdrożenia do produkcji oraz eksploatacji nowoczesnych systemów i urządzeń telekomunikacyjnych. Na podstawie decyzji dyrektora Instytutu prof. dr inż. A. Zielińskiego byłem w latach 1971–1973 jego pełnomocnikiem ds. problemu węzłowego 06.5.1, sekretarzem naukowym Zespołu Koordynacyjnego tego problemu oraz kierownikiem Zespołu Zakładów ds. Programowania Rozwoju Sieci Telekomunikacyjnych. Ale był to odrębny tok mojej działalności naukowej w tym okresie.

## Zakład Sieci Telekomunikacyjnych i jednostki współpracujące

W marcu 1971 r. dyrektor Instytutu Łączności, w wyniku reorganizacji Instytutu, przeniósł mnie ze stanowiska kierownika Zakładu Miernictwa na stanowisko kierownika Zakładu Sieci i Systemów Telekomunikacyjnych, który wkrótce otrzymał nazwę Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych. Jednocześnie dyrektor Instytutu powierzył mi koordynację podproblemu dotyczącego programowania, prognozowania i planowania rozwoju sieci telekomunikacyjnych.



*Przewodniczący Rady Naukowej Instytutu Łączności prof. Janusz Groszkowski, wręczający dyplom doktorski Krystynowi Plewce*

Realizacja tego zadania wymagała odpowiedniej struktury organizacyjnej zakładu. Konieczne było także opracowanie stosownego planu, koordynującego prace badawcze przewidziane do realizacji w tym zakładzie oraz w innych placówkach badawczych.

W Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych powołano następujące zespoły: Pracownię Sieci Telefonicznych (kierownik doc. dr inż. Andrzej Klimontowicz), Pracownię Sieci Teletransmisyjnych (kierownik mgr inż. Andrzej Brodowski), Pracownię Sieci Linii Radiowych (kierownik inż. Lucjan Gęborys) i Pracownię Sieci Transmisji Danych (kierownik mgr inż. Andrzej Kożuchowski). Utworzono



też zespół ekonomiczny (mgr inż. Antoni Boglewski) oraz odpowiednio wyposażone archiwum zakładowe.

W ramach planu koordynacyjnego dotyczącego tematyki sieciowej współpracowały z Instytutem Łączności następujące jednostki badawcze: Instytut Teleelektroniki Politechniki Warszawskiej, Instytut Automatyki Politechniki Warszawskiej, Instytut Telekomunikacji Wojskowej Akademii Technicznej oraz Instytut Organizacji i Planowania Polskiej Akademii Nauk. Tematyka prac prowadzonych w tych instytucjach miała charakter badań podstawowych, dotyczących między innymi: teorii grafów w zastosowaniu do topologii sieci telekomunikacyjnych, właściwości nieblokowlanych (100% dostępności) układów komutacyjnych w zastosowaniu do central telefonicznych oraz metod prognozowania i optymalizacji sieci.

## **Założenia i program badań w obszarze programowania sieci telekomunikacyjnych**

Z przyczyn oczywistych należyte ukierunkowanie prac prowadzonych w Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych w latach 1971–1975 wymagało przygotowania odpowiedniego programu badań. Było to przedmiotem intensywnych prac wstępnych, prowadzonych pod moim kierunkiem w zespołach: doc. dr inż. A. Klimontowicza, mgr inż. A. Brodowskiego, inż. L. Gęborysa, mgr inż. A. Kożuchowskiego i mgr inż. A. Boglewskiego. Ustalono, że limit czasowy badań będzie dwudziestoletni (tj. do 1990 roku), a głównym przedmiotem badań będzie międzymiastowa sieć telefoniczna, ze szczególnym uwzględnieniem trójwarstwowej sieci międzymiastowej w nowym podziale administracyjnym kraju na 49 województw. Będzie też badana sieć teletransmisyjna, łącząca ze sobą telefoniczne centrale międzymiastowe i międzynarodowe. Ustalono przy tym, że udział ruchu telegraficznego (dalekopisowego) oraz transmisji danych jest na tyle mały, że można przyjąć, że mieści się w rezerwach rozwojowych sieci. Założono więc, że dalszy rozwój sieci będzie zdeterminowany przez ruch telefoniczny. Przyjęto również, że gwiazdzysta struktura sieci miejscowych z ich centralami miejscowymi nie wymaga złożonych działań optymalizacyjnych, ale sieci te są niepomijalnym źródłem ruchu telefonicznego, który powinien być badany, oceniany i uwzględniany.

Przyjęto także wstępne założenie, że wszędzie tam, gdzie będzie to uzasadnione rozmiarami lub złożonością rozwiązywanych problemów, będą stosowane matematyczne narzędzia z wykorzystaniem technik komputerowych. W Instytucie Łączności już w tym czasie działał resortowy ośrodek obliczeniowy wyposażony w komputer Odra, o dość małej mocy obliczeniowej, taśmowych pamięciach masowych oraz wejściach, służących do wprowadzenia programów i danych wyposażonych w czytniki kart typu Hollerith. Takie były ówczesne realia techniki obliczeniowej.

### ***Modele ruchu telefonicznego***

Założono, że podstawą metod optymalizacji sieci będą modele generowania i rozplywu ruchu telefonicznego wyznaczone dla kolejnych momentów czasowych, to jest w latach 70. (stan aktualny) i 75., 80., 85. oraz 90. (prognozy). Całościowo rozpatrywany ruch telefoniczny jest zależny od dwóch czynników: liczby abonentów w odpowiednim momencie czasu oraz od uśrednionego dla wszystkich abonentów generowanego ruchu, a więc liczby połączeń i czasu ich trwania. Z powyższych względów należało uzyskać odpowiednie aktualne dane od służb eksploatacyjnych, gdzie rutynowo są one mierzone na wejściach i wyjściach central telefonicznych. Wykorzystując te dane, należało oszacować, jaka część generowanego ruchu zamyka się w obrębie sieci miejscowych, a jaka część

ruchu trafia do sieci central międzymiastowych, innymi słowy mówiąc, jaka część generowanego ruchu jest agregowana na wejściach końcowych central międzymiastowych.

Istotnym zagadnieniem badawczym było przyjęcie modelu rozptyłu tego zagregowanego ruchu w centralach końcowych. Modelem tym był empiryczny, „grawitacyjny model zainteresowań ruchowych”, w którym ruch telefoniczny przepływający z jednej do innej centrali końcowej jest proporcjonalny do iloczynu zagregowanych „mas abonentów” odpowiednich central i odwrotnie proporcjonalny do kwadratu odległości między tymi centralami. Wyniki tych obliczeń można ująć w postaci macierzy symetrycznej o liczbie wierszy i kolumn odpowiadającej liczbie uwzględnionych w badaniach centrali końcowych. Macierz ta jest odpowiednikiem wieloboku zupełnego, łączącego każdą centralę końcową z dowolną inną centralą. Tak skonstruowany aktualny model rozptyłu ruchu może służyć do weryfikacji rozptyłu ruchu w istniejącej sieci telefonicznych central końcowych, tranzytowych i głównych.

Dla kolejnych modeli przyszłościowych (prognostycznych) jest niezbędne wyznaczenie danych podstawowych. Ogólnym parametrem jest założony całkowity wzrost liczby abonentów telefonicznych. Parametr ten jest krytyczny, gdyż – według ówczesnych szacunków – przyrostowi każdego pojedynczego abonenta odpowiada konieczność zainwestowania w rozbudowę sieci około 1 tysiąca dolarów. Przyrost miliona nowych abonentów wymaga więc zainwestowania w rozbudowę sieci miliarda dolarów. W porozumieniu z Ministerstwem Łączności przyjęto uzgodnioną prognozę możliwych do uzyskania kwot inwestycyjnych, a tym samym zakładanego całościowego wzrostu liczby telefonów.

Na podstawie danych otrzymanych z Głównego Urzędu Statystycznego utworzono bazę danych demograficzno-gospodarczych i dla modelu nowego podziału administracyjnego państwa na 49 województw wyznaczono prognostyczne modele liczby ludności dla tych województw i cząstkowe gestości telefoniczne, które były zależne od charakteru zurbanizowania tych obszarów oraz ich rozwoju gospodarczego (tereny rolnicze i przemysłowe). Uwzględniono także fakt, że wzrostowi liczby abonentów odpowiada również odpowiednio ustalony wzrost ich aktywności ruchowej. Na tej podstawie wyznaczono stosowne nowe modele zainteresowań ruchowych. Niestety nie potrafię zilustrować tych rozważań odpowiednimi danymi liczbowymi, gdyż ze względu na upływ czasu zatarły się one w pamięci, a odnalezienie danych archiwalnych jest praktycznie niemożliwe. Ponadto odpowiednia dokumentacja gromadzona w archiwum zakładowym była bardzo obszerna, liczyła dziesiątki tomów.

### ***Grafy międzymiastowej sieci telefonicznej***

Międzymiastową sieć telefoniczną można przedstawić w postaci grafu, w którym jego węzły są międzymiastowymi centralami telefonicznymi, a gałęziami – wiązki łączy telefonicznych. W polskich warunkach sieć ta miała strukturę trójwarstwową. Najniższą warstwę tworzyły międzymiastowe centrale końcowe, pośrednią warstwę – centrale tranzytowe, a najwyższą warstwę – centrale główne. Ponadto były jedna lub dwie centrale międzynarodowe. W centralach tranzytowych był agregowany (rozdzielany) ruch pochodzący lub kierowany z/do central końcowych, a w centralach głównych podobnie z central tranzytowych.

Struktura grafu sieci, a więc liczba centrali i liczba gałęzi, była determinowana przez kilka czynników. Pierwszym z nich była stochastyczna natura ruchu telefonicznego, a zatem fluktuacja jego wartości w czasie. Żądanie zestawiania połączeń telefonicznych, które nie mogły być obsłużone przez określoną centralę ze względu na tzw. „natłok”, były kierowane drogami obejściowymi do następnych central. Drugim czynnikiem uwzględnianym w strukturze grafu była zawodność sieci, a więc uszkodzenia central lub gałęzi grafu, czyli systemów transmisyjnych oraz linii kablowych. Trzecim czynnikiem były aspekty ekonomiczne, koszty związane ze wzrostem pojemności central i koszty budowy

linii transmisyjnych, a zatem i ich przepustowości, będącej funkcją liczby utworzonych kanałów telefonicznych. Ostatnim czynnikiem były aspekty rozwojowe sieci, która z biegiem czasu powinna obsługiwać wzrastający ruch. Ten aspekt uwidocznił się w przewidywaniach zmian grafu sieci, a więc budowy nowych węzłów lub gałęzi albo ich rozbudowy. Ta część badań modeli była najtrudniejsza. Wykorzystywano tu metody i algorytmy uzyskiwane między innymi z prac prowadzonych poza Instytutem. W Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych utworzono bazy danych, zawierające informacje dotyczące kosztów budowy nowych lub rozbudowy istniejących central telefonicznych.

### ***Linie transmisyjne międzymiastowej sieci telefonicznej***

Podstawowym parametrem niezbędnym do planowania linii transmisyjnej była liczba kanałów telefonicznych, łączących dwie centrale międzymiastowe. Budowa linii, kablowej lub radiowej, podobnie jak i centrali, była inwestycją kosztowną oraz zaplanowaną na długi okres jej eksploatacji. Liczba możliwych do utworzenia kanałów zależała od liczby torów miedzianych zawartych w kablu oraz od krotności systemów transmisyjnych wykorzystujących te tory. Zazwyczaj liczba torów w kablu była nadmiarowa, umożliwiając zwiększenie jej przepustowości w znacznych granicach. Wykorzystując jeden tor, można było też instalować na nim urządzenia systemów transmisyjnych o różnych krotnościach. Przeważnie im była większa krotność takiego systemu, tym gęściej trzeba było umieszczać wzmacniaki przelotowe. Podobnie można było w transmisyjnych liniach radiowych zwiększać ich przepustowość, umieszczając na wieżach antenowych kolejne anteny (tory radiowe) lub zmieniać zainstalowane systemy transmisyjne na inne o większej krotności.

Przy planowaniu budowy nowych linii transmisyjnych lub rozbudowy już istniejących krytycznym zagadnieniem były koszty inwestycyjne. Należało unikać zbędnego przeinwestowania, w określonym czasie, wyposażając linie w urządzenia, które nie byłyby wystarczająco wykorzystywane. W Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych utworzono stosowne bazy danych, obejmujące różnego rodzaju kable oraz analogowe systemy transmisyjne o różnej krotności, koszty ich zakupu i instalacji. Podobnie postępowano w przypadku linii radiowych, w których uwzględniono ich rodzaje, a mianowicie linie o bezpośredniej widoczności anten, linie pozahoryzontalne oraz linie wykorzystujące, tak zwane rozproszenie troposferyczne. Przy planowaniu tych linii brano pod uwagę też zagadnienie ich niezawodności ze względu na warunki pogodowe transmisji.

Opracowano odpowiednie algorytmy i programy komputerowe, które – dla założonego wzrostu w czasie pojemności tych linii – tworzyły rozwiązania alternatywne inwestycji i wyznaczały ich koszty, co umożliwiało przyjęcie wariantu optymalnego ekonomicznie. Podsystem ten nazwano MARS 1.

### ***System komputerowy MARS i jego wykorzystanie***

Zbiór baz danych, metody optymalizacyjne, odpowiednie algorytmy i programy komputerowe nazwano systemem MARS (skrót od maszynowej analizy rozwoju sieci). W tym okresie w Instytucie Łączności był komputer Odra. Budowa systemu MARS, wykorzystującego ten komputer, trwała kilka pierwszych lat 70., a jego wstępne zastosowania uzyskano w latach 1974–1975. Stosując wcześniej opisaną metodykę badań oraz wyniki obliczeń cząstkowych, tworzone wariantowe modele sieci międzymiastowej o różnych grafach i dla kolejnych horyzontów czasowych. Uwzględniono przy tym koszty budowy lub rozbudowy węzłów sieci (central międzymiastowych) i gałęzi sieci (linii międzycentralowych). Do dalszych badań wybierano rozwiązania mniej kosztowne i bardziej niezawodne. Całość prowadzonych prac była dość żmudna i pracochłonna.

W tym miejscu chciałbym podkreślić ogromne ówczesne zaangażowanie wszystkich pracowników Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych i szczególnie twórczy wkład merytoryczny kierowników pracowników, za co im gorąco dziękuję. Chcę również podziękować dyrekcji Instytutu, a w szczególności prof. dr inż. Andrzejowi Zielińskiemu, za żywe zainteresowanie prowadzonymi przez nas pracami i ich skuteczne wspieranie.

Rezultaty prowadzonych prac w pięcioleciu (1971–1975) były publicznie prezentowane na seminariach w Instytucie Łączności [3], [4] oraz na konferencjach [5]. Kierownictwu resortu łączności przekazano liczne i dość obszerne opracowania [6]–[8]. Wygłoszono też kilka odczytów: dla kierownictwa resortu [9], dla Rady Naukowo-Technicznej przy ministrze łączności [10], na zebraniu plenarnym Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN [11] oraz w BSiPŁ [12]. Zespół pracowników Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych w 1975 r. został wyróżniony Nagrodą Ministra Łączności. Dokumentacja naukowo-badawcza opracowana w Zakładzie została ujęta w wielotomowych opracowaniach zbiorowych przekazanych do dyspozycji resortu.

Muszę z satysfakcją stwierdzić, że zarówno sama koncepcja systemu MARS, jak i zawarta w nim metoda badań optymalizacyjnych spotkała się wówczas, z uwagi na ich pionierski charakter oraz uzyskane rezultaty, z przychylnym zainteresowaniem kierownictwa resortu łączności, a także uznaniem środowisk naukowych. Efektem docenienia wagi naszych osiągnięć była decyzja kontynuowania tych prac również w latach 1976–1980.

### **System komputerowy KOSMOS**

Pozytywne rezultaty prac prowadzonych w latach 1971–1975, w ramach problemu węzłowego 06.5.1 „Rozwój telekomunikacji – systemy i urządzenia”, spowodowały podjęcie decyzji o jego kontynuacji w latach 1976–1980, w ramach nowego problemu węzłowego 06.2 o nazwie jak poprzedni. Postanowiono też, że tematyka sieciowa będzie dalej prowadzona w podproblemie 11 pod tytułem „Prace poznawcze oraz prognozowanie i programowanie rozwoju sieci telekomunikacyjnych”.

W planie koordynacyjnym tego podproblemu utrzymano dalszą współpracę z naukowymi jednostkami zewnętrznymi, ale w nieco ograniczonym zakresie. Postanowiono jednocześnie, że Zakład Sieci Telekomunikacyjnych przy opracowywaniu stosownych dokumentów będzie ściśle współpracował z Centralnym Ośrodkiem Planowania i Organizacji Zarządzania (COPiOZ). Była to placówka badawczo-rozwojowa ówczesnego przedsiębiorstwa resortowego – odpowiednika obecnej Telekomunikacji Polskiej. Ta współpraca miała zapewnić przede wszystkim wdrożenie rezultatów prowadzonych prac w bieżącej działalności resortu łączności.

Założono, że opracowane w poprzednim pięcioleciu metody planowania sieci międzymiastowych będą, w zasadzie, utrzymane z drobnymi modyfikacjami. Zmieni się natomiast sposób korzystania z komputerowych obliczeń, gdyż Instytut Łączności pozyskał polskiej produkcji minikomputer, co prawda o mniejszych rozmiarach niż komputer Odra, ale o większej mocy obliczeniowej. Praca z tym mikrokomputerem była znacznie łatwiejsza, gdyż miał nowocześniejsze wejścia i wyjścia danych, między innymi dalekopisowe. Unowocześniono bazy danych i programy obliczeniowe. Horyzont prac badawczych przesunięto do 2000 r.

Potencjał merytoryczny Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych został istotnie wzmocniony, gdyż zaczęli w nim pracować (na połowie etatu) dwaj wybitni emerytowani specjaliści: prof. Juliusz Grabowski, były kierownik Katedry Urządzeń Teletransmisyjnych i były dyrektor Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej, wspomagający nasze prace dotyczące systemów teletransmisyjnych, a także Henryk Baczko, były wiceminister w Ministerstwie Łączności, opracowujący w Zakładzie zagadnienia niezawodności linii teletransmisyjnych.

Współpraca z COPiOZ-em była owocna, gdyż już w 1976 r. została wyróżniona nagrodą Ministra Łączności za opracowanie „Koncepcji telekomunikacyjnej sieci międzymiastowej i międzynarodowej w Polsce dla stanu w przedziale lat 1990–1995”. Rezultatami wspólnych prac Instytutu Łączności i COPiOZ były m.in. następujące obszerne opracowania: „Koncepcje rozwoju telekomunikacji w Polsce do roku 2000” [13], „Program przyspieszenia automatyzacji międzymiastowej sieci telefonicznej” [14], „Projekt rozwoju telefonii międzymiastowej i międzystrefowej sieci telekomunikacyjnej na lata 1981–1990 oraz podstawowe kierunki dalszego rozwoju do roku 2000” [15].

Warto wspomnieć, że na początku lat osiemdziesiątych, w wyniku rewolucji związanej z technologią mikroelektroniczną (PC) pojawiły się na Zachodzie komercyjnie dostępne komputerowe systemy projektowania i optymalizacji sieci telekomunikacyjnych: amerykański „Opnet” i francuski system opracowany w Centre National d’Etudes des Télécommunications (CNET).

Obok głównego kierunku omawianych poprzednio prac, kontynuowano w latach 1976–1980 już wcześniej prowadzone wątki tematyczne. Była to współpraca międzynarodowa związana z modelowaniem „Wzajemnie powiązanej, zautomatyzowanej, kompleksowej sieci łączności krajów RWPG” (w skrócie WAKSS). Temat tej pracy „wieńczył” krajową sieć międzymiastową telefonicznymi połączeniami międzynarodowymi realizowanymi za pomocą central międzynarodowych. Innym wątkiem było opracowanie planu numeracji abonenckiej w nowym podziale administracyjnym kraju. Kontynuowano także prace dotyczące prognoz rozwoju transmisji danych typu punkt-punkt na potrzeby administracji i gospodarki (nie było wtedy internetu!).

W 1976 r. zorganizowano w IŁ konferencję międzynarodową pod nazwą „Zastosowanie elektronicznych technik obliczeniowych w łączności”, na której wygłosiłem dwa referaty [16] i [17]. Opublikowano wiele artykułów oraz wygłoszono kilka referatów na konferencjach o tematyce wiążącej się z działalnością Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych. Opublikowano też referat zaprezentowany na konferencji we Francji [18].



*Dyrektor Instytutu Łączności prof. Andrzej Zieliński ze swoim zastępcą doc. Krystynem Plewko*



Niezwykle istotna była naukowa działalność licznej grupy pracowników Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych, w którym prowadziłem seminaria doktoranckie. W latach 1973–1985 obroniły prace doktorskie w Instytucie Łączności (wymienione w kolejności alfabetycznej) następujące osoby: dr inż. Henryk Baczek, dr inż. Lucjan Gęborys, dr Jerzy Issajew (obrona w SGPiS), dr inż. Zbigniew Kowalski, dr inż. Andrzej Kożuchowski, dr inż. Janusz Maliszewski (mój doktorant), dr inż. Krystyna Palmowska, dr Aurelia Pawlicka, dr inż. Krystyn Plewko, dr inż. Józef Staniek. Ponadto przed Radą Naukową Instytutu Łączności obronił swoją pracę doktorską (byłem jego promotorem) pracownik Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej: dr inż. Władysław Grabowski (późniejszy organizator i pierwszy prezes Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty).

W latach osiemdziesiątych w Zakładzie Sieci Telekomunikacyjnych były w dalszym ciągu prowadzone prace o tematyce sieciowej pod kierownictwem dr inż. Andrzeja Kożuchowskiego w ramach kolejnego planu kontynuowanego przez Instytut Łączności. Nadzorowałem je z pozycji zastępcy do spraw naukowych dyrektora. Nie będę ich przedstawiać. Uważam, że wyniki tych prac były cenne, lecz nieco skromniejsze.

## Refleksje po latach

Siegając myślami czterdzieści lat wstecz do 1970 r., jestem przekonany, że decyzje dotyczące zorganizowania skoordynowanych prac badawczych w obszarze całej telekomunikacji, a w szczególności dotyczące prognozowania, planowania i programowania rozwoju sieci telekomunikacyjnych, były niewątpliwie słuszne. Podstawą tych decyzji były niestrudzone wysiłki środowisk naukowych, zmierzające do docenienia znaczenia telekomunikacji w Polsce, między innymi liczne memoriały i apele formułowane przez profesorów Witolda Nowickiego oraz Stanisława Sławińskiego, pod auspicjami Polskiej Akademii Nauk i Stowarzyszenia Elektryków Polskich, kierowane do władz państwa.

Niestety nie doprowadziły one do przeznaczenia odpowiednich środków na inwestycje sieciowe i w dalszych latach stan telekomunikacji w Polsce pozostał żałosny, ale pozyskano znaczne środki finansowe na prowadzenie prac badawczych. Efekty tych prac były interesujące. Przykładowo można wskazać prace dotyczące opracowania technologii produkcji światłowodów oraz cyfrowych systemów transmisyjnych PCM (*Pulse Code Modulation*). Można także przytoczyć inne osiągnięcia techniczne i technologiczne – było ich wiele, w tym powyżej przedstawione.

Prace dotyczące rozwoju sieci, choć znaczące, nie zmieniły stanu zacofania polskiej telekomunikacji. Zabrakło pieniędzy na inwestycje sieciowe, które są kosztowne. Ówczesne władze preferowały rozwój przemysłu ciężkiego, a inwestowanie w usługi telefoniczne było na samym końcu. Udało się, w pewnej mierze, zmienić mentalność decydentów, co najmniej w resorcie łączności. Dostrzeżono, jak sądzę, że metody eksperckie planowania rozwoju sieci są nieefektywne i że zoptymalizowane metody planowania są znacznie bardziej istotne.

Lata osiemdziesiąte zostały zmarnowane pod względem rozwoju sieci telekomunikacyjnej. Stan wojenny oraz ograniczony dostęp do światowych osiągnięć w tej dziedzinie nie sprzyjał podejmowaniu śmiałych decyzji. Dopiero w latach dziewięćdziesiątych, po zmianie ustroju, w warunkach liberalnej gospodarki, powstały nowe możliwości działania. Sprywatyzowano przemysł telekomunikacyjny. Na rynku pojawił się w naszym kraju sprzęt światowych firm telekomunikacyjnych: Siemens, Alcatel i AT&T. Krajowy monopolista – Telekomunikacja Polska także została sprywatyzowana. Zmienił się również świat. Przeżyliśmy dwie rewolucje telekomunikacyjne: internet i systemy komórkowe. W Polsce został praktycznie rozwiązany problem telefonizacji kraju. Więcej jest dzisiaj telefonów, łącznie stacjonarnych i komórkowych, niż mieszkańców w Polsce.

Codziennie pojawiają się nowe usługi telekomunikacyjne, a konwergencja usług i technik jest niezwykle dynamiczna. Pozostało jednak niezmiennie wyzwanie – względy ekonomiczne wymagają skutecznego prognozowania i planowania rozwoju telekomunikacji we wszystkich jej wymiarach: usługowych, technicznych i inwestycyjnych.

**Można śmiało stwierdzić, że komputerowe metody prognozowania, planowania i optymalizacji sieci były, są i będą w przyszłości niezbędnym składnikiem rozwoju telekomunikacji.**

## **Bibliografia**

- [1] Husarski L., Kowalczyk E., Plewko K.: *Memoriał w sprawie telefonizacji Kraju*. Red. Nowicki W. Warszawa, Komisja Główna Elektroniki i Telekomunikacji PAN, 1965
- [2] Plewko K.: *Prognoza problemów naukowych w zakresie teletransmisji*. Opracowanie cząstkowe w ramach: *Prognozy problemów naukowych w zakresie telekomunikacji*. Red. Sławiński S. Warszawa, Polska Akademia Nauk, 1967
- [3] Plewko K., Brodowski A.: *Zautomatyzowane metody badań rozwoju sieci telekomunikacyjnych*. Referat wygłoszony na seminarium IŁ pt. *Metodyka rozwoju telekomunikacji*. Pułtusk, Instytut Łączności, kwiecień 1974
- [4] Plewko K.: *Założenia rozwojowe wybranego modelu techniczno-ekonomicznego sieci telekomunikacyjnej*. Referat wygłoszony na seminarium IŁ pt. *Metodyka rozwoju telekomunikacji*. Pułtusk, Instytut Łączności, kwiecień 1974
- [5] Plewko K.: *Informatyczny system programowania rozwoju sieci telekomunikacyjnej – MARS*. Referat wygłoszony na konferencji SEP pt. *Rozwój sieci telekomunikacyjnej w Polsce w nowej strukturze administracyjnej Kraju*. Białowieża, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, luty 1976
- [6] *Kompleksowa, zautomatyzowana sieć telekomunikacyjna Państwa. Koncepcja programu rozwoju do 1990 r.* Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, Instytut Łączności, kwiecień 1975
- [7] *Podsystem MARS 1 – programowanie inwestycji etapowanych w gałęziach sieci telekomunikacyjnej*. Sześć tomów. Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, Instytut Łączności, kwiecień 1975
- [8] *Opracowanie wstępnej koncepcji wielowarstwowego programu rozwoju 49 – węzłowej sieci międzywojewódzkiej na stan docelowy 1990 r. oraz stany przejściowe w latach 1980 i 1985*. Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, Instytut Łączności, kwiecień 1975
- [9] Plewko K.: *System maszynowej analizy rozwoju sieci telekomunikacyjnej – możliwości zastosowań*. Odczyt wygłoszony przed kierownictwem resortu łączności. Warszawa, Ministerstwo Łączności, 23 marca 1975
- [10] Plewko K.: *Prognozowanie rozwoju sieci telekomunikacyjnej Państwa. Wyniki badań, zamierzenia*. Odczyt wygłoszony przed Radą Naukowo-Techniczną przy ministrze łączności. Warszawa, Ministerstwo Łączności, 26 września 1975
- [11] Zieliński A., Plewko K.: *Modelowanie rozwoju sieci telekomunikacyjnej*. Referat wygłoszony na posiedzeniu plenarnym Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN. Warszawa, Instytut Łączności, 11 grudnia 1975 (opublikowany przez IŁ w 1976 r.)
- [12] Plewko K., Boglewski A., Szwed E.: *Problemy zautomatyzowanego projektowania inwestycji w liniach teletransmisyjnych*. Odczyt wygłoszony w BSiPŁ. Warszawa, Instytut Łączności, 4 października 1975

- [13] *Koncepcje rozwoju telekomunikacji w Polsce do roku 2000*. Dwa tomy. Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, IŁ, COPiOZ, listopad 1977
- [14] *Program przyspieszenia automatyzacji międzymiastowej sieci telefonicznej*. Raport końcowy. Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, IŁ, COPiOZ, czerwiec 1979
- [15] *Projekt rozwoju telefonii międzymiastowej i międzystrefowej sieci telekomunikacyjnej na lata 1981–1990 oraz podstawowe kierunki dalszego rozwoju do roku 2000*. Opracowanie zbiorowe. Red. i współautor Plewko K. Warszawa, IŁ, COPiOZ, luty 1980
- [16] Plewko K.: *Systemy programowania rozwoju sieci telekomunikacyjnych*. Referat wygłoszony na międzynarodowej konferencji pt. *Zastosowanie ETO w łączności*. Warszawa, Instytut Łączności, listopad 1978
- [17] Plewko K.: *Modele rozwoju sieci telekomunikacyjnej przy użyciu systemów MARS i KOSMOS*. Referat wygłoszony na międzynarodowej konferencji pt. *Zastosowanie ETO w łączności*. Warszawa, Instytut Łączności, listopad 1978
- [18] Gęborys L., Plewko K.: *Les objectifs et la structure du système a l'ordinateur (KOSMOS) de planification du reseau de télécommunication*. Referat wygłoszony na międzynarodowej konferencji pt. *Reseaux – 1980 – Networks*. Paryż, CNET, IEEE, 1980

### Krystyn Plewko



Doc. dr inż. Krystyn Plewko (1926) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1959); długoletni pracownik Instytutu Łączności: adiunkt (1967–1977), docent (1977–1986), kierownik Zakładu Miernictwa (1967–1970), Zakładu Sieci Telekomunikacyjnych (1971–1980), pełnomocnik, a następnie zastępca do spraw naukowych dyrektora IŁ (1981–1986), członek Rady Naukowej IŁ (1978–1991); długoletni redaktor naczelny wielu czasopism: *Problemów Łączności* (1975), *Prac Instytutu Łączności* oraz *Biuletynu Informacyjnego IŁ* (1985–1999), *Przeglądu Telekomunikacyjnego + Wiadomości Telekomunikacyjnych* (od 1980); zainteresowania naukowe: aspekty gospodarcze i społeczne telekomunikacji, miernictwo, sieci telekomunikacyjne.

e-mail: [krystyn.i.teresa.plewko@neostrada.pl](mailto:krystyn.i.teresa.plewko@neostrada.pl)

# *Pół wieku innowacji – prace Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu*

*Opracowanie zbiorowe*

*Omówiono główne kierunki prac badawczych w dziedzinie kompatybilności elektromagnetycznej, prowadzonych w Oddziale Instytutu Łączności we Wrocławiu od momentu jego powstania. Podkreślono ich pionierski, a jednocześnie użyteczny charakter i szeroki zakres, obejmujący również prace normalizacyjne i konstrukcyjne oraz współpracę międzynarodową.*

*historia Oddziału IŁ we Wrocławiu, kompatybilność elektromagnetyczna, pomiary zakłóceń, normalizacja, anteny, planowanie sieci radiowo-telewizyjnych*

## **Wprowadzenie**

Powstanie i działalność Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu wiążą się z procesem odbudowy kraju. Zdziesiątkowana kadra inżynierska, która przetrwała okres wojny lub ukończyła naukę po wojnie, była zdana w znacznej mierze na własne siły i inicjatywy lokalne. Na Dolnym Śląsku inicjatywę taką w dziedzinie radia podjęli Tadeusz Tomankiewicz (prof. Politechniki Wrocławskiej) oraz Wilhelm Rotkiewicz (prof. Politechniki Wrocławskiej i Politechniki Warszawskiej).

Wilhelm Rotkiewicz od końca 1945 r. zajmował się organizacją Państwowej Fabryki Odbiorników Radiowych w Dzierżonowie (późniejsza Diora), w której do 1947 r. pełnił funkcję dyrektora naczelnego. Wtedy właśnie stanął na czele Centralnego Laboratorium Konstrukcyjnego. Jako dyrektor Państwowej Fabryki Odbiorników Radiowych uruchomił pierwszą po wojnie produkcję odbiorników radiowych. Były to odbiorniki typu AGA na szwedzkiej licencji. Natomiast w Centralnym Laboratorium Konstrukcyjnym zajęli się konstruowaniem pierwszego polskiego powojennego odbiornika Pionier. Odbiornik ten, produkowany masowo, odegrał wielką rolę w bezprzewodowej radiofonizacji kraju ze względu na prostotę konstrukcji i przystępną cenę.

W 1953 r. Tadeusz Tomankiewicz, dyrektor Zespołu Stacji Nadawczych we Wrocławiu, podjął się adaptacji nie zniszczonej w czasie wojny anteny jedyne lokalnego nadajnika radiofonicznego na falach średnich we Wrocławiu, zlokalizowanego w Żórawinie. Antena ta wymagała dostosowania do pracy na innej częstotliwości niż ta, dla której była zbudowana. Zaprosił swoich czterech studentów-dyplomantów (L. Frydrycha, R. Frydrycha, W. Moronia oraz R. Strużaka) i utworzył Ośrodek Badawczo-Doświadczalny Centralnego Zarządu Radiostacji we Wrocławiu. Ten skromny zespół pod jego kierownictwem wykonał niezbędne pomiary i obliczenia, zaprojektował oryginalne elementy kształtujące właściwy rozkład prądu w antenie oraz uruchomił system antyzanikowy. Adaptację anteny pomyślnie zrealizowano, co dało znaczne polepszenie słyszalności stacji Wrocław, bez dodatkowych kosztów. Uznano to wówczas za duży sukces.

*Autorzy opracowania zbiorowego: Ryszard Strużak, Janusz Sobolewski, Maciej Grzybkowski, Marek Kałuski, Mirosław Pietranik, Stanisław Siczek, Piotr Tyrawa i Dariusz Więcek.*

W 1956 r. Ośrodek Badawczo-Doświadczalny, bez zmiany personelu, tematyki prac i kierownictwa, został przekształcony w Oddział Instytutu Łączności we Wrocławiu, a właściwie w Zakład Anten. Przy tej okazji utworzono nową Pracownię Badania Zakłóceń Radioelektrycznych (pod opieką naukową Wilhelma Rotkiewicza), która później przekształciła się w Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej, istniejący do dzisiaj. Siedziba Oddziału mieściła się przy ul. Wróblewskiego 12.

## Anteny

Prace z dziedziny anten są prowadzone aż do chwili obecnej. W latach 1961–1964 koncentrowały się na zagadnieniach propagacyjnych i badaniu anten TV od I do II zakresu. W kolejnych latach opracowano modele oraz dokumentacje profesjonalnych anten telewizyjnych (nadawczych i odbiorczych) dla sieci stacji retransmisyjnych na zakres I–V. W 1976 r. w Oddziale IŁ we Wrocławiu opracowano i wykonano podzespoły oraz uruchomiono, między innymi w ośrodku nadawczym Śnieżne Kotły, telewizyjne anteny nadawcze dużej mocy na VI zakres częstotliwości. W latach 1994–2000 zbudowano sieć (opracowano, wykonano podzespoły i przeprowadzono montaż urządzeń), w 14 terenowych oddziałach Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej (PAR), nowoczesnych, bezobsługowych i automatycznych stałych stacji kontroli emisji radiowej w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 3 GHz. Pokrywają one zasięgiem cały kraj. Opracowano oraz wdrożono system programów do wyznaczania i graficznej wizualizacji rozkładów natężenia pola wokół układów antenowych, szczególnie w polu bliskim (system ANTUKF). W 2008 r. opracowano obiekt nadawczy na potrzeby Centrum Zarządzania Kryzysowego/Centrum Powiadamiania Ratunkowego (CZK/CPR) we Wrocławiu.

## Kompatybilność elektromagnetyczna i ochrona środowiska

Urządzenia elektryczne przyczyniają się do powiększenia poziomu tzw. „smogu” elektromagnetycznego, który zanieczyszcza środowisko, zwłaszcza w rejonach uprzemysłowionych i w skupiskach miejskich. Są one także potencjalnie wrażliwe na oddziaływania elektromagnetyczne, co może prowadzić do zakłóceń w działaniu wielu systemów i decyduje o niezawodności, bezpieczeństwie, wierności, zasięgu oraz koszcie przesyłania informacji za pośrednictwem sygnałów elektrycznych. Stefan Manczarski i Wilhelm Rotkiewicz podjęli pionierskie prace nad tymi zagadnieniami w Polsce jeszcze w latach dwudziestych ubiegłego stulecia.

Druga wojna światowa przerwała te prace na ponad piętnaście lat. Problematyką zakłóceń radiowych zainteresowano się ponownie z chwilą utworzenia w Instytucie Łączności we Wrocławiu, wcześniej wspomnianej, Pracowni Badania Zakłóceń Radioelektrycznych, która następnie została przekształcona w istniejący obecnie Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej. Była to pierwsza i – przez długi czas – jedyna w Polsce placówka powołana do prowadzenia prac badawczych i rozwojowych nad ochroną przed zakłóceniami, a także do koordynowania, finansowanych z budżetu państwa, prac naukowo-badawczych i normalizacyjnych w tej dziedzinie.

Wraz z postępującą miniaturyzacją i upowszechnieniem urządzeń elektronicznych wszelkiego rodzaju wzrosło znaczenie problemu ochrony przed zakłóceniami i nastąpiła ewolucja jej koncepcji. Manczarski i Rotkiewicz mówili o przeszkodach radiowych, o zakłóceniach radioelektrycznych (*Radio Frequency Interference* – RFI), o ochronie odbioru radiowego przed nimi i o zakłóceniach przemysłowych (*man-made radio noise*, dla odróżnienia od zakłóceń naturalnych, na generacje których, nie mamy wpływu). Zakłócenia przestały dotyczyć tylko aparatów radiowych, co znalazło odbicie w nowej terminologii: „zakłócenia elektromagnetyczne” (*Electro-Magnetic Interference* – EMI) dla określenia przypadkowych zakłóceń, „zamierzone zakłócenia elektromagnetyczne” (*Intentional Electro-Magnetic*



*Interference* – IEMI) dla określenia zakłóceń wywoływanych celowo (np. przez terrorystów) oraz „kompatybilność elektromagnetyczna” (*Electromagnetic Compatibility* – EMC) lub „koegzystencja”.

W przodujących krajach ochronę przed niepożądanymi emisjami elektromagnetycznymi zaliczono do ważnych problemów ogólnonarodowych, dotyczących ochrony zasobów naturalnych i środowiska człowieka. Przerwanie prac rozwojowych w tej dziedzinie w Polsce doprowadziło do zapóźnienia technologii krajowej w stosunku do poziomu światowego, co poważnie ograniczało możliwości eksportowe polskiego przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego na bogate rynki krajów rozwiniętych.

Najpilniejszym zadaniem w owym czasie było ograniczenie zakłóceń radioelektrycznych, występujących w odbiorze sygnałów radiowych, powodowanych przez różne urządzenia elektryczne. Z uwagi na interdyscyplinarny i międzybranżowy charakter tej działalności, IŁ zainicjował w różnych resortach wiele prac nad ograniczaniem zdolności zakłócającej, odporności na zakłócenia i bezkolizyjnych warunków pracy różnych urządzeń. Ta działalność dała pozytywne skutki: zaktywizowano i wyszkolono wielu specjalistów. Prace dotyczące podstawowych zagadnień, obejmujących więcej niż jedną branżę (takie jak, np. metody i narzędzia pomiarowe, dopuszczalne poziomy zakłóceń, metody planowania) pozostały w Instytucie Łączności we Wrocławiu.

Początkowe prace obejmowały badania niezbędne do:

- ustanowienia Polskich Norm, ograniczających generowania zakłóceń przez urządzenia elektryczne różnego rodzaju;
- ustanowienia Polskich Norm, określających jednolite metody badania urządzeń pod względem wytwarzania zakłóceń;
- ustalenia wymagań na urządzenia stosowane do kontroli zakłóceń, zapewniające porównywalność wyników badań wykonywanych w różnych laboratoriach;
- rozwoju filtrów przeciwzakłóceńowych w Polsce.

Prace te były wykonywane kierunkiem naukowym prof. W. Rotkiewicza. W następnych latach, w odpowiedzi na ówczesne potrzeby resortu łączności, prace Oddziału IŁ we Wrocławiu koncentrowały się na zagadnieniach planowania kompatybilnych systemów radiowych oraz na efektywnym wykorzystaniu zasobów radiowych.

### ***Badania urządzeń wytwarzających zakłócenia***

Badania zakłóceń radioelektrycznych rozpoczęto od urządzeń najbardziej rozpowszechnionych w kraju. Wybrano oświetleniowe lampy jarzeniowe, które masowo produkowano w Polsce już wcześniej, a zakłócenia wytwarzane przez nie były bardzo dokuczliwe przy odbiorze radiowym. Badania prowadzono we współpracy z producentami oraz innymi jednostkami badawczymi. Wyniki przedstawiono w czasopiśmie *Prace Instytutu Łączności* – był to pierwszy artykuł techniczny z tej dziedziny opublikowany w Polsce<sup>①</sup>.

Ta działalność miała duże znaczenie. Umożliwiała nabycie przez młodych pracowników doświadczenia w tej nowej w kraju dziedzinie oraz stanowiła podstawy techniczne, uzasadniające wprowadzane przepisy normalizacyjne.

<sup>①</sup> Rotkiewicz W., Strużak R.: „Zakłócenia odbioru radiowego powodowane przez oświetleniowe lampy jarzeniowe w zakresie częstotliwości od 0,15 do 30 MHz”. *Prace Instytutu Łączności*, 1959, nr 1, s. 53–73.

Obecnie Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej zajmuje się bardzo szerokim zakresem wszelkich problemów EMC, bezpieczeństwem funkcjonalnym urządzeń, zwłaszcza w specjalnych środowiskach (np. wyrobiskach górniczych).

Badania różnych źródeł zakłóceń są kontynuowane do dzisiaj w akredytowanym (przez Polskie Centrum Akredytacji – PCA) Laboratorium Badań EMC, jednym z dwóch laboratoriów Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu (Laboratorium Aparatury Pomiarowej EMC będzie przedstawione w dalszej części artykułu).



AB 666

**Laboratorium Badań EMC** (AB 666) wykonuje typowe badania w dziedzinie kompatybilności elektromagnetycznej (zgodnie z dokumentami normalizacyjnymi IEC, CISPR, ETSI, ITU-T (CCITT) i ich krajowymi odpowiednikami): emisji zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia radioelektryczne ciągłe i nieciągłe małych urządzeń (w warunkach laboratoryjnych) oraz dużych urządzeń lub ich systemów (*in situ*).

### ***Badania podzespołów przeciwzakłóceńowych***

Ograniczanie przemysłowych zakłóceń radioelektrycznych nie jest możliwe bez stosowania specjalnych filtrów i podzespołów przeciwzakłóceńowych. W czasie tworzenia specjalistycznej pracowni w Instytucie Łączności przemysł podzespołów przeciwzakłóceńowych praktycznie nie istniał w kraju. Kolejnym ważnym zadaniem o dużym znaczeniu gospodarczym była więc współpraca z przemysłem przy uruchomieniu krajowej produkcji podzespołów przeciwzakłóceńowych. Istotny wkład teoretyczny i metrologiczny Oddziału oraz współpraca z przemysłem niemieckim (NRD) umożliwiły zakładom ZPE UNITRA opanować technologię produkcji nowoczesnych podzespołów i filtrów do zmniejszania zakłóceń, eliminując w znacznym stopniu drogi import i otwierając możliwości eksportowe.

Filtry przeciwzakłóceńowe różnią się istotnie od klasycznych filtrów telekomunikacyjnych. Po pierwsze, muszą być efektywne w bardzo szerokim (idealnie w nieograniczonym) zakresie częstotliwości, podczas gdy filtry telekomunikacyjne, z zasady, pracują w ograniczonym pasmie. Po drugie, filtry telekomunikacyjne pracują w warunkach zdefiniowanego obciążenia impedancyjnego, podczas gdy filtry przeciwzakłóceńowe – między impedancjami niezdefiniowanymi, losowymi. Po trzecie, muszą one spełniać dodatkowe wymagania związane z pracą w sieci zasilającej.

Pierwsza praca badawcza w tej dziedzinie podjęta w Instytucie Łączności dotyczyła popularnego kondensatora przeciwzakłóceńowego, wykonanego w postaci dwóch zwiniętych pasków cienkiej folii metalowej (elektrod), przedzielonych warstwą dielektryka.

Opublikowany w *Pracach Instytutu Łączności* artykuł, referujący wyniki tych badań był pierwszą publikacją na ten temat<sup>①</sup>. Dalsze badania dotyczyły różnych filtrów, włącznie z układami stosowanych do ochrony styków w obwodach telekomunikacyjnych.

Wkład Instytutu Łączności polegał na uogólnieniu teorii obwodów o parametrach skupionych i o parametrach rozłożonych, w sposób niezbędny do ujęcia podstawowych zjawisk fizycznych, które należało uwzględnić. Przyczynki teoretyczne miały na celu bezpośrednie zastosowania praktyczne. Niektóre z nich zostały opatentowane. Opracowania te otrzymały wiele prestiżowych nagród w konkursach na najlepszą pracę naukową, organizowanych przez Polskie Towarzystwo Elektrotechniki

<sup>①</sup> Strużak R.: „Zachowanie się kondensatorów zwijanych pracujących w szerokim pasmie częstotliwości”. *Prace Instytutu Łączności*, 1959, nr 1, s. 74–94.

Teoretycznej i Stosowanej we Wrocławiu. Zostały one przedstawione w serii artykułów w *Archiwum Elektrotechniki* oraz w *Rozprawach Elektrotechniki* Polskiej Akademii Nauk.

Nie mniej znaczące było opracowanie eksperymentalnych metod badania skuteczności elementów i filtrów przeciwzakłóceńowych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy oraz opracowanie oryginalnej aparatury pomiarowej do tego celu. Pierwsza w Polsce publikacja na temat metod pomiaru skuteczności tłumienia zakłóceń również ukazała się w *Pracach Instytutu Łączności*<sup>①</sup>. Niektóre z publikacji pracowników Instytutu w tej dziedzinie były tłumaczone na języki obce, a wyniki badań zostały wykorzystane przy opracowaniu odpowiednich zaleceń technicznych OWŁ, RWPG, IEC i CISPR. Opracowany w Oddziale projekt standardowych metod pomiaru skuteczności filtrów przeciwzakłóceńowych został w całości włączony do oficjalnej publikacji CISPR.

Działalność ta spotkała się z ogólnym uznaniem. Przedstawiciel Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności, prof. Strużak, został zaproszony do Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji Polskiej Akademii Nauk, a potem do jego Prezydium oraz do pełnienia funkcji przewodniczącego Podkomitetu Kompatybilności Elektromagnetycznej w tym Komitecie. Został on również zaproszony do Narodowego Komitetu Nauk Radiowych URSI, gdzie powierzono mu przewodnictwo Komisji E. Zaproponowano mu też prowadzenie wykładów w Instytucie Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej (kierowanym przez prof. Andrzeja Jellonka). Na arenie międzynarodowej, Zgromadzenie Generalne URSI we Florencji powierzyło mu funkcję wiceprzewodniczącego Międzynarodowej Komisji E.

### **Prace normalizacyjne**

Ograniczanie zakłóceń radioelektrycznych w skali kraju wymagało nie tylko ustalenia ich dopuszczalnych poziomów, które nie powinny być przekraczane, ale również uzgodnienia metod ich pomiaru i kontroli oraz wprowadzenia ich do norm państwowych i do zaleceń międzynarodowych. Wynikało to z zasadniczej roli, jaką przepisy normalizacyjne odgrywają w gospodarce kraju i w zapewnieniu konkurencyjności wyrobów polskiego przemysłu na rynku światowym. Z tego powodu ustanowienie odpowiednich norm i wykonywanie niezbędnych do tego badań uznano za działania o znaczeniu priorytetowym, które należy prowadzić we współpracy międzynarodowej. W rezultacie takiego postępowania normy państwowe – opracowane do 1993 r. w zakresie dopuszczalnych poziomów zakłóceń, metod pomiarowych i aparatury pomiarowej – zostały oparte na badaniach wykonanych lub skoordynowanych przez Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej.

Prace badawcze, niezbędne do ustalenia racjonalnych wymagań zawartych w normach, były prowadzone we współpracy dwu- i trójstronnej z instytutami naukowo-badawczymi NIIR<sup>②</sup>, RFZ<sup>③</sup> i VUS<sup>④</sup> oraz we współpracy wielostronnej w ramach organizacji OWŁ<sup>⑤</sup>, RWPG<sup>⑥</sup>, IEC i CISPR<sup>⑦</sup>. Współpraca międzynarodowa obejmowała również badania, sposoby i środki tłumienia zakłóceń u źródeł oraz na

① Strużak R.: „Charakterystyki kondensatorów przy wielkiej częstotliwości i metody ich pomiaru”. *Prace Instytutu Łączności*, 1962, nr 3, s. 41–67.

② NIIRadio – Nauczno-Issledowatielski Institut Radio w Leningradzie (Związek Radziecki), państwowy instytut badawczy, odpowiednik polskiego Instytutu Łączności.

③ RFZ – Rundfunk und Fernseh-technisches Zentralamt w Berlinie-Adlershofie (Niemiecka Republika Demokratyczna), państwowy instytut badawczy, odpowiednik polskiego Instytutu Łączności.

④ VUS – Vyskuumny Ustav Spoju w Pradze (Czechosłowacja), państwowy instytut badawczy, odpowiednik polskiego Instytutu Łączności.

⑤ OWŁ – Organizacja Współpracy Łączności, międzyrządowa organizacja ministerstw łączności państw byłego bloku wschodniego.

⑥ RWPG – Rada Wzajemnej Pomocy Gospodarczej, międzyrządowa organizacja państw byłego bloku wschodniego.

⑦ CISPR – International Special Committee on Radio Interference.

drogach ich rozchodzenia się. Wkład Instytutu polegał na udziale w ustalaniu wspólnego programu prac, prowadzeniu badań oraz na autorstwie lub współautorstwie projektów końcowych dokumentów technicznych, stanowiących podstawę wspólnych norm. W rezultacie krajowe przepisy normalizacyjne (Polskie Normy) w pełni odpowiadały trendom światowym.

Działalność normalizacyjna IŁ spotkała się z dużym uznaniem. Zaangażowani w nią pracownicy Instytutu otrzymywali nagrody oraz wysokie odznaczenia resortowe i państwowe. Komisja Normalizacyjna, powołana w Polskim Komitecie Normalizacyjnym (PKN), do spraw zakłóceń radioelektrycznych (a później kompatybilności elektromagnetycznej) jest od początku jej istnienia kierowana przez ekspertów z Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu<sup>①</sup>. Przewodniczącym Krajowego Komitetu ds. CISPR SubCommittee A został kierownik Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności. Na arenie międzynarodowej działalność ta spotkała się też z dużym uznaniem, które przejawiało się w powierzaniu polskiej stronie przygotowania ważnych dokumentów oraz w wybieraniu delegatów Instytutu Łączności do pełnienia odpowiedzialnych funkcji kierowniczych, najpierw w organizacjach regionalnych OWŁ i RWPG, a później w organizacjach o zasięgu światowym, tj. CISPR i IEC<sup>②</sup>.

Pracownicy Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej brali i biorą nadal aktywny udział w pracach odpowiednich grup roboczych IEC, CISPR oraz ich specjalnych zespołów (tzw. grup *Ad Hoc*), powoływanych do rozwiązania określonego problemu technicznego i opracowania odpowiedniego zalecenia normalizacyjnego.

W nowej sytuacji, jaka nastąpiła po przemianach 1989 r., istotną rolę odegrała Państwowa Agencja Radiokomunikacyjna (PAR), która wspomagała Oddział Instytutu Łączności we Wrocławiu w kontynuacji współpracy z CISPR oraz IEC. Dzięki temu PAR, jako centralna agencja państwowa odpowiedzialna za problemy kompatybilności elektromagnetycznej i gospodarki widmem częstotliwości, miała pełną kontrolę i rozeznanie w aktualnym stanie prac w obu tych organizacjach, tak ważnych dla wszystkich krajów na świecie.

## **Aparatura pomiarowa**

Ograniczanie zakłóceń wiąże się z kontrolą konkretnych urządzeń elektrycznych pod kątem zgodności z wymaganiami norm. Taką kontrolę wykonuje się dla każdego typu wyrobu oraz każdego producenta w branży elektrotechnicznej i elektronicznej. Do tego są niezbędne wyspecjalizowane (i kosztowne) przyrządy pomiarowe. W czasie organizowania Pracowni Badania Zakłóceń takich przyrządów nie produkowano w Polsce. W tej sytuacji uruchomienie w kraju produkcji takiej specjalistycznej aparatury kontrolno-pomiarowej uznano za zadanie o takim samym wysokim priorytecie, jak ustanowienie dopuszczalnych poziomów i metod pomiaru zakłóceń. Prototypy pierwszych urządzeń pomiarowych zostały opracowane na Politechnice Wrocławskiej, pod kierunkiem Wilhelma Rotkiewicza. Analogiczne prototypy (i krótkie serie) specjalistycznej aparatury pomiarowej dla techniki antenowej zostały opracowane pod kierunkiem Tadeusza Tomankiewicza, a później – Stanisława Siczka.

<sup>①</sup> Pierwszym przewodniczącym tej Komisji był Wilhelm Rotkiewicz, jej wiceprzewodniczącym – Ryszard Strużak, a po nim Władysław Moroń, który kieruje Komisją do dzisiaj.

<sup>②</sup> Jednym z przejawów takiego uznania było powołanie, w wyniku otwartego konkursu międzynarodowego, Władysława Moronia na stanowisko kierownika departamentu w Międzynarodowym Instytucie Standaryzacyjnym RWPG w Moskwie oraz zaproszenie Ryszarda Strużaka „ad personam” do Międzynarodowego Komitetu Kierowniczego CISPR (jedyne taki przypadek w historii CISPR) i propozycja powierzenia mu funkcji międzynarodowego przewodniczącego CISPR SubCommittee A – *Measurements and Statistical Methods*.

Prace były rozwijane dalej w Zakładach Produkcji Aparatury Elektronicznej ZPAE INCO we Wrocławiu w ścisłej współpracy z Zakładem Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności.

Kolejnym zadaniem, jakie stało przed zespołem Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej, było zapewnienie w kraju homologacji aparatury pomiarowej. Opracowany wówczas generator impulsów wzorcowych do kalibracji mierników zakłóceń został wdrożony do produkcji seryjnej w zakładach ZPAE INCO, a po zlikwidowaniu tych zakładów, jego udoskonalona wersja była jednostkowo produkowana w Instytucie Łączności we Wrocławiu. Kolejnym osiągnięciem Zakładu było opracowanie generatora impulsów testowych, stosowanego przy sprawdzaniu poprawności działania analizatorów zakłóceń krótkotrwałych. Jest to urządzenie unikatowe, potrzebne tylko w laboratoriach wzorcujących.

Innym urządzeniem, uznanym na międzynarodowych rynkach aparatury pomiarowej, był analizator zakłóceń impulsowych krótkotrwałych (rys. 1), również produkowany seryjnie w ZPAE INCO oraz prezentowany na wystawach międzynarodowych w Londynie i Brukseli.



Rys. 1. 4-kanalowy analizator AZK-44

Wszystkie te urządzenia pomiarowe stanowiły podstawowe wyposażenie laboratoriów kontrolnych Państwowej Inspekcji Radiowej (PIR) i laboratoriów przemysłowych w kraju, a ich kolejne wersje były coraz bardziej udoskonalane. Aktualna wersja zapewnia zautomatyzowane wyniki pomiarów w czasie 8-krotnie krótszym niż podobne rozwiązania firm zagranicznych. Została ona kupiona przez jedno z wiodących laboratoriów specjalistycznych w Japonii. Obecnie działalność w tej dziedzinie koncentruje się w akredytowanym Laboratorium Aparatury Pomiarowej EMC.



AP 016



**Laboratorium Aparatury Pomiarowej EMC (AP 016)** prowadzi wzorcowanie urządzeń pomiarowych stosowanych w miernictwie emisji zaburzeń radioelektrycznych (zgodnie z odpowiednimi normami PN-EN serii 55016-x-x). Uprawnienia do wzorcowania dotyczą: mierników zaburzeń radioelektrycznych, sieci sztucznych, analizatorów zaburzeń krótkotrwałych, pomiarowych cęgów absorpcyjnych (cęgów MDS), anten pomiarowych, generatorów impulsów wzorcowych, mierników mocy, sond napięciowych, sond prądowych i innych.



## Latające laboratorium

W latach siedemdziesiątych w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności zostało utworzone wielozadaniowe laboratorium kontrolno-pomiarowe na śmigłowcu (rys. 2). Było ono wykorzystywane w różnych celach, m.in. do szybkiego wykrywania źródeł promieniowania radiowego, powodujących zakłócenia, a także do kontroli emisji radiowych.



Rys. 2. Wielozadaniowe laboratorium kontrolno-pomiarowe na śmigłowcu

Innym obszarem zastosowań była diagnostyka i usuwanie awarii systemów antenowych. Były to w większości anteny, składane z indywidualnych paneli połączonych kablami. W trudnych warunkach eksploatacji (wibracje mechaniczne i wahania temperatury) złącza kabli zawodziły. W rezultacie zdarzały się przypadki, że zamiast planowanego maksimum promieniowania na zadanym kierunku występowało minimum, co było natychmiast odczuwane u abonentów, a nie wykrywane przez załogę nadajnika, z uwagi na brak odpowiednio czułych sensorów. Praktycznym sposobem wykrycia tego typu usterek było sprawdzenie charakterystyki promieniowania na kilku kierunkach w rzeczywistych warunkach pracy anteny.

Mobilne laboratorium pomiarowe na śmigłowcu okazało się nieocenione nie tylko w szybkiej diagnostyce takich nieprawidłowości, ale również przy pomiarach zasięgów sygnałów użytecznych i interferencji oraz kontroli obszarów pokrycia, zastępując pomiary naziemne wykonywane z samochodów pomiarowych, zwłaszcza w trudnym terenie (jeziora, obszary górzyste). W latającym laboratorium wykonywano rutynowe pomiary kontrolne pracy anten na terenie całego kraju, emisji radiowych, a także prace badawczo-rozwojowe w dziedzinie techniki antenowej, kontrolę kompatybilności elektromagnetycznej oraz ochrony środowiska. Okazało się ono niezastąpione w badaniach niepożądanych sprzężeń między sąsiednimi antenami i między antenami a pobliskimi obiektami metalowymi, które nie mogły być uwzględniane w modelach teoretycznych ani w pomiarach laboratoryjnych.

Utworzenie latającego laboratorium w Instytucie Łączności było bezprecedensowym przedsięwzięciem, które wymagało rozwiązania wielu problemów natury administracyjno-prawnej, organizacyjnej i naukowej. Potrzebne było wykonanie gruntownej adaptacji helikoptera do zadań pomiarowych oraz opracowanie nowych metod i procedur pomiarowych, systemu komunikacji, rejestracji oraz przetwarzania wyników pomiarów itp. Należało zaprojektować i wykonać specjalne anteny oraz pomocnicze urządzenia pomiarowe, a także rozwiązać problemy precyzyjnej nawigacji i lokalizacji obiektów, ponieważ popularne obecnie systemy satelitarnej nawigacji i lokalizacji (GPS i GLONASS) nie były wówczas dostępne. Oddzielnym problemem była eliminacja wpływu sygnałów odbitych od ziemi na wyniki pomiarów.

## Wykorzystanie widma częstotliwości radiowych

W latach 80. dwaj doktoranci Instytutu Łączności, Wiesław Waszkis i Wiktor Sęga, opracowali – pod kierunkiem prof. R. Strużaka – cyfrową mapę rzeźby terenu Polski (*Digital Elevation Map*), która była na owe czasy jedną z najdokładniejszych scyfryzowanych map wysokości, a jedyną taką mapą, stosowaną do celów cywilnych w państwach byłego bloku wschodniego. Umożliwiała ona przeprowadzanie precyzyjnych analiz: propagacyjno-sieciowych, zasięgów stacji radiowych i telewizyjnych, wzajemnych zakłóceń między systemami oraz międzynarodowej koordynacji stacji polskich i zagranicznych. Mapę cyfrową poprzedziło opracowanie pierwszych systemów informatycznych do analiz propagacyjno-sieciowych: MAPKI MTV (do analiz systemów telewizyjnych) i UKF FM (do analiz sieci UKF FM). W projekcie tym brali udział: P. Adamczyk, Z. Janek, A. Marszałek, J. Sobolewski, T. Stromich i inni pracownicy. Systemy te były wykorzystywane do planowania sieci radiowych i telewizyjnych przez wszystkie urzędy administracji państwowej w Polsce: Ministerstwo Łączności, Państwową Inspekcję Radiową, Państwową Agencję Radiokomunikacyjną, Urząd Regulacji Telekomunikacji (URT), Urząd Regulacji Telekomunikacji i Poczty (URTiP), Urząd Komunikacji Elektronicznej (UKE), Krajową Radę Radiofonii i Telewizji (KRRiT). Mapa cyfrowa Instytutu Łączności i programy IŁ (MAPKI MTV oraz UKF FM) są do dziś wykorzystywane przez obecną administrację (UKE, KRRiT) w bieżących pracach i koordynacji międzynarodowej stacji.

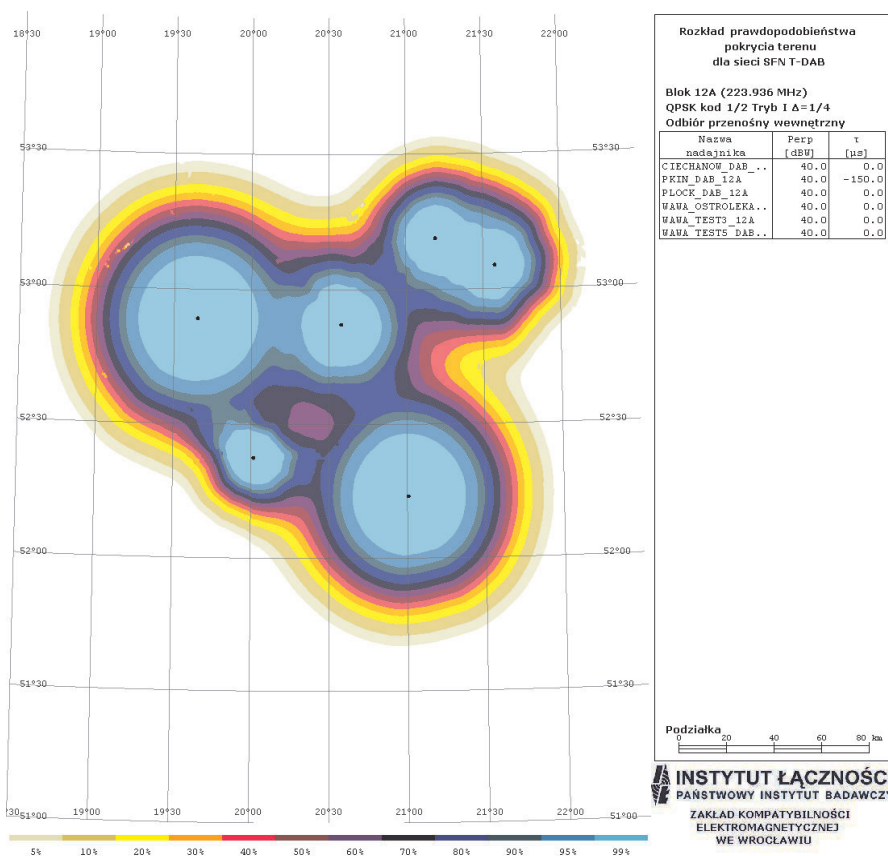
Dzięki pracom prowadzonym w latach 80. i 90. zostały utworzone pierwsze w Polsce plany sieci analogowych UKF FM i telewizji analogowej oraz oprogramowanie do koordynacji służb radiowych (UKF-FM) ze służbami lotniczymi, których częstotliwości sąsiadują z pasmem radiofonicznym.

W Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej powstały plany rozbudowy sieci TV dla 1 i 2 programu oraz projekt budowy trzeciej ogólnopolskiej sieci telewizyjnej dla nadawcy komercyjnego POLSAT. Ponadto zaplanowano i modernizowano sieć stacji TV dla TVN, Telewizja Wiśła.

Pracownicy Zakładu, jako pierwsi w Polsce, zajęli się przygotowaniem planów sieci DVB-T (*Digital Video Broadcasting Terrestrial*). Plany sieci 2 multipleksów przejściowych w wariancie MFN (*Multi-Frequency Network*) powstały w 1997 r., później – kolejnych multipleksów.

W latach 90. Oddział IŁ we Wrocławiu zaangażował się we współpracę z PAR, budując od postaw i rozwijając systemy informatyczne do zarządzania widmem częstotliwości radiowych: MOBICOR (do koordynacji służb ruchomych lądowych), NSS (do koordynacji naziemnych stacji satelitarnych) oraz LinRad (do analiz i koordynacji służb stałych). Systemy te umożliwiają tworzenie i zarządzanie bazami danych o stacjach, przeprowadzanie podstawowych analiz kompatybilności sieciowej oraz planowania sieci, tworzenie raportów i dokumentów przydatnych dla administracji w bieżących pracach. Są one wykorzystywane do dnia dzisiejszego przez UKE.

Pod koniec lat 90. rozpoczęto w IŁ intensywne prace nad utworzeniem nowego systemu do analiz propagacyjno-sieciowych w środowisku sieciowym, umożliwiającego szczegółowe analizy systemów radiowych i telewizyjnych oraz innych służb. Powstały wtedy systemy (nadal rozbudowywane) analiz zasięgów stacji i sieci cyfrowych DVB-T, T-DAB, T-DMB, DVB-H, DVB-SH, DRM, UKF FM, TV analogowej, linii radiowych, systemów bezprzewodowych w dowolnej konfiguracji i pasmie (rys. 3). Opracowano pierwszy w Polsce system analiz sieci jednoczęstotliwościowych SFN.NET, umożliwiający ocenę zjawiska zysku sieciowego i zakłóceń własnych sieci SFN (*Single Frequency Network*).



**Rys. 3.** Rozkład prawdopodobieństwa pokrycia terenu dla sieci SFN T-DAB, składającej się z 6 nadajników, pracujących na tej samej częstotliwości

Do dziś z wyników tych analiz korzystają najważniejsi operatorzy RTV (m.in. TP Emitel, PSN, Info-TV-FM), jak również główni nadawcy (m.in. TVP, TVN, TV Puls, Polskie Radio, ESKA, Agora i inni). Pracownicy Oddziału brali czynny udział w tworzeniu planów cyfrowych DVB-T/ DVB-H na potrzeby administracji oraz przygotowaniu planów wdrażania sieci DVB-T i DVB-H w Polsce.

W 2008 r. opracowano plan i harmonogram cyfryzacji telewizji naziemnej, w ramach projektu badawczo-rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW). Był to pierwszy

kompletny harmonogram cyfryzacji, zawierający pełną listę i terminy włączanych obszarów cyfrowych oraz listę wyłączanych stacji analogowych.

W 2009 r., we współpracy Oddziału IŁ we Wrocławiu, Polskiego Radia Wrocław i TP Emitel, uruchomiono we Wrocławiu pierwszy w Polsce test radiofonii cyfrowej wysokiej jakości w systemie DAB+. Emisja jest prowadzona w ramach sieci jednocześnie cyfrowej z obiektu TP Emitel Żórawina oraz z obiektu Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu.

Już w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia pracownicy Oddziału brali udział w ważnych konferencjach planistycznych i administracyjnych, takich jak *Regionalna Konferencja Genewa 81* czy *Porozumienie Genewa 1989*. Jednak dopiero od początku lat 90. nastąpiło uaktywnienie współpracy międzynarodowej, objawiające się uczestnictwem pracowników w światowych i regionalnych konferencjach oraz zgromadzeniach radiokomunikacyjnych, jak np. WRC-92, WRC-95, WRC-97, WRC-2000, WRC-03 i WRC-07. Pracownicy Oddziału uczestniczyli we wszystkich konferencjach dotyczących planowania sieci radiodifuzji cyfrowej (Wiesbaden'95, Chester'97, RRC'04, RRC'06), a ponadto – na prawach ekspertów – jako przedstawiciele Polski w dwu- i wielostronnych spotkaniach międzynarodowych, poświęconych transgranicznej koordynacji sieci oraz stacji radiokomunikacyjnych i radiodifuzyjnych. Brali też udział w posiedzeniach zespołów, opracowujących jednolite, zharmonizowane metody obliczeniowe na potrzeby koordynacji transgranicznej w regionie środkowoeuropejskim. Obecnie biorą czynny udział w zebraniach grup i zespołów roboczych Komitetu Komunikacji Elektronicznej ECC CEPT (takich jak Grupa Robocza Gospodarki Widmem, WG FM, Zespół Projektowy ds. Systemów IMT, PT1, Zespół Projektowy ds. Dywidendy Cyfrowej, PT4) oraz w Grupie PT FM45, powołanej – w ramach krajów zrzeszonych w CEPT – do analizy możliwości cyfryzacji radiofonii i telewizji w pasmach fal średnich, UKF, VHF oraz pasma L.

## **Międzynarodowe Sympozjum Kompatybilności Elektromagnetycznej i Krajowe Warsztaty Kompatybilności Elektromagnetycznej**

*International Wrocław Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility* jest najstarszą regularną konferencją w Europie, poświęconą zagadnieniom kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i systemów. Organizowana jest ona cyklicznie od 1972 r. co dwa lata (w latach parzystych) przez Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności oraz Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, przy współpracy innych organizacji krajowych i międzynarodowych.

Krajowe Warsztaty Kompatybilności Elektromagnetycznej jest to konferencja o charakterze szkoleniowym i naukowym, popularyzująca problematykę zapewniania oraz testowania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń, systemów i instalacji. Warsztaty są forum wymiany wiedzy i doświadczeń dla osób z różnych środowisk (akademickich, naukowych, badawczych i przemysłowych). Sprzyjają nawiązywaniu trwałych kontaktów oraz współpracy przy rozwiązywaniu problemów kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń, systemów i instalacji. Są organizowane wspólnie z Instytutem Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki Politechniki Wrocławskiej oraz z UKE od 1999 r., a od 2001 r. cyklicznie co dwa lata.

## Zakończenie

Początki Instytutu sięgają 1934 r., natomiast utworzenie jednego z jego zamiejscowych oddziałów tj. Oddziału we Wrocławiu, przypada na 1956 rok. Wtedy to Ośrodek Badawczo-Doświadczalny Centralnego Zarządu Radiostacji we Wrocławiu – zorganizowany przez prof. Tadeusza Tomankiewicza – został przekształcony w Oddział Instytutu Łączności.

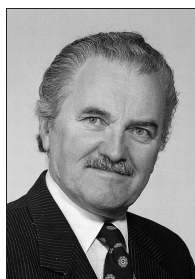
Pierwsze prace Oddziału dotyczyły propagacji oraz anten. Wiele z tych prac wdrożono. Do dziś są one kontynuowane. Oddział IŁ we Wrocławiu był pierwszą i przez pewien czas jedyną placówką, prowadzącą prace w dziedzinie zakłóceń radiowych i ochrony przed zakłóceniami. W Oddziale IŁ we Wrocławiu wykonywano też prace dotyczące specjalistycznej aparatury pomiarowej. Opracowano mapę cyfrową wysokości terenu, która jest używana w obliczeniach propagacyjnych. W Oddziale IŁ we Wrocławiu powstawały pierwsze plany sieci stacji TVA, UKF-FM, DVB-T, a obecnie są opracowywane optymalizacje sieci DVB-H. W 2009 r., wspólnie z Polskim Radiem Wrocław i TP Emitel, uruchomiono pierwsze w Polsce testy radiofonii cyfrowej systemu T-DAB+.

W historii Oddziału IŁ we Wrocławiu były też trudne i dramatyczne wydarzenia.

„Powódź tysiąclecia”, jaka nawiedziła południową i zachodnią Polskę w 1997 r., nie ominęła Oddziału IŁ we Wrocławiu. Zostały zalane piwnice, a w budynku, w którym mieściło się Laboratorium z komorą GTEM (*Gigahertz Transverse Electromagnetic Mode Cell*), woda sięgała 1 m. Zniszczenia były duże, ale dzięki ogromnemu wysiłkowi i zaangażowaniu wszystkich pracowników szybko usunięto skutki powodzi i przystąpiono do kontynuowania przewidzianych prac.

Pierwszym kierownikiem Oddziału IŁ we Wrocławiu był prof. Tadeusz Tomankiewicz (1956–1962), a potem kolejno: Stanisław Siczek (1962–1975), prof. Ryszard Strużak (1975–1985), Włodzimierz Stawski (1985–1996), Tomasz Niewodniczański (1996–2002), Maciej Grzybkowski (2002–2004) i obecnie Janusz Sobolewski (od 2005).

### Ryszard Strużak



Profesor dr hab. inż. Ryszard Strużak (1933) – absolwent Politechniki Wrocławskiej (1956), doktorat (1962) i habilitacja (1968) na Politechnice Warszawskiej; tytuły profesora nadzwyczajnego (1975) i zwyczajnego (1988); nauczyciel akademicki Politechniki Wrocławskiej (1954–1961, 1964–1985 i od 2007) oraz Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie (2004/2005); pracownik naukowy/kierownik Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu (1956–1961, 1964–1985, od 2005); współorganizator/przewodniczący Międzynarodowego Wrocławskiego Sympozjum EMC (od 1972); przewodniczący Podkomitetu EMC KEiT PAN (1975–1985); autor/współautor 10 patentów oraz ponad 200 publikacji; trzykrotny laureat nagród ministerialnych (1974, 1979 i 1983), sześciokrotny laureat konkursów PTETIS O. Wrocław; odznaczony m.in. Złotą Odznaką Zasłużony Pracownik Łączności (1973), Złotą Odznaką Honorową SEP (1981), Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (1982); członek międzynarodowych organizacji CISPR, ITU-CCIR, URSI, ICTP, CEI, Senior Counselor, Head of Technical Dept. & Acting Assistant Director, ITU/CCIR (1985–1993),



Member/V-Chair ITU Radio Regulations Board (1994–2002), Consultant UN-OCHA, World Bank (1993–2004); Editor-in-Chief „Global Communications” (1996–2000); dwukrotny laureat konkursów międzynarodowych (Montreux 1975, Rotterdam 1977); uhonorowany m.in. Srebrnym Medalem ITU za szczególne zasługi dla rozwoju telekomunikacji na świecie (1998) oraz tytułem IEEE Fellow (1985) i Life Fellow (2007) za wybitne osiągnięcia zawodowe; Member New York Academy of Sciences (1993); Academician, International Telecommunication Academy (1997); zainteresowania zawodowe: nauki radiowe, radiokomunikacja, kompatybilność elektromagnetyczna.  
e-mail: r.struzak@ieee.org

### Janusz Sobolewski



Dr inż. Janusz Sobolewski (1951) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1974), studia doktoranckie w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, doktor nauk technicznych (1980); pracownik naukowy Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (od 1980), kierownik Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej (od 2005); autor licznych publikacji, jednego patentu; kierownik projektu badawczo-rozwojowego MNiSW pt. „Opracowanie metody włączania sieci nadajników naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T i wyłączenia nadajników analogowych w Polsce” (2006–2008); zainteresowania naukowe: planowanie sieci stacji telewizji analogowej, naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T, radiofonii UKF FM, kompatybilność systemów radiowych.  
e-mail: j.sobolewski@il.wroc.pl

### Maciej Grzybowski



Dr inż. Maciej J. Grzybowski (1948) – absolwent Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie (1971); pracownik naukowy i nauczyciel akademicki w Wyższej Szkole Oficerskiej Wojsk Łączności w Zegrzu (1971–1990) oraz w Politechnice Wrocławskiej (1998–2003), pracownik naukowy Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (1990–1998, od 2002), dyrektor Departamentu Techniki Telekomunikacyjnej w Ministerstwie Łączności, Ministerstwie Gospodarki oraz Ministerstwie Infrastruktury (2001–2002); przedstawiciel Polski na światowych oraz regionalnych konferencjach radiokomunikacyjnych; autor i współautor wielu publikacji, referatów i opracowań; zainteresowania naukowe: systemy radiokomunikacji ruchomej lądowej, gospodarka częstotliwościami radiowymi, inżynieria widma radiowego, koordynacja transgraniczna oraz planowanie systemów radiokomunikacji ruchomej.  
e-mail: mag@il.wroc.pl

**Marek Kałuski**

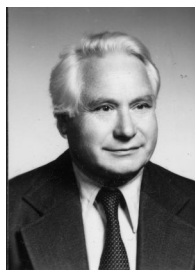
Mgr inż. Marek Kałuski (1947) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1970); długoletni pracownik Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (od 1970); autor wielu prac konstrukcyjnych i publikacji, autor i współautor wielu patentów; zainteresowania naukowe: metrologia i modelowanie numeryczne źródeł pól EM, sterowanie pomiarowych systemów antenowych.

e-mail: m.kaluski@il.wroc.pl

**Mirosław Pietranik**

Dr inż. Mirosław Pietranik (1936) absolwent Politechniki Wrocławskiej (Wydział Łączności, specjalizacja miernictwo elektronowe, 1961), doktorat (1974); pracownik naukowy Politechniki Wrocławskiej (1961–1966) oraz Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu (od 1966), obecnie kierownik akredytowanego Laboratorium Aparatury Pomiarowej EMC; członek: komitetu organizacyjnego Międzynarodowego Wrocławskiego Sympozjum EMC (1978–2000), Podkomitetu EMC KEiT PAN (od 1996), podkomitetów i grup roboczych CISPR oraz IEC (współautor ponad 25 dokumentów roboczych); współautor 3 patentów oraz ponad 30 publikacji; odznaczony Odznaką Zasłużony Pracownik Łączności, Srebrną Odznaką Honorową SEP; zainteresowania zawodowe: kompatybilność elektromagnetyczna – urządzenia pomiarowe, bezpieczeństwo funkcjonalne urządzeń w środowiskach specjalnych, zjawiska intermodulacyjne i ich wpływ na jakość odbioru radiowo-telewizyjnego.

e-mail: M.Pietranik@il.wroc.pl

**Stanisław Siczek**

Mgr inż. Stanisław Siczek (1926) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (inż. 1952) i Politechniki Wrocławskiej (mgr 1959), wykładowca w Wieczorowej Szkole Inżynierskiej we Wrocławiu (1952–1955), pracownik Zespołu Radiostacji we Wrocławiu (1952–1955), pracownik Ośrodka Badawczo-Doświadczalnego Centralnego Zarządu Radiostacji we Wrocławiu (1955–1956), pracownik naukowy Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (1956–1975), kierownik Oddziału IŁ i Zakładu Anten (1962–1975), specjalista – projektant w Biurze Studiów i Projektów Łączności we Wrocławiu oraz w Zakładzie Montażu i Konstrukcji ZARAT w Warszawie, pracownik Centrum Badawczo-Rozwojowego TP SA; autor kilkunastu wynalazków i licznych publikacji, współautor książki o liniach przesyłowych w. cz.; zainteresowania naukowe: urządzenia i anteny nadawcze (głównie krótkofalowe), aparatura i metody pomiarowe anten, planowanie sieci stacji DRM.

**Piotr Tyrawa**

Mgr inż. Piotr Tyrawa (1940) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1966); długoletni pracownik Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (od 1966); autor licznych publikacji, kilku norm i 4 patentów; rzeczoznawca SEP w dziale elektroniki; zainteresowania naukowe: modelowanie cyfrowe anten, kompatybilność blisko siebie zlokalizowanych anten, wzorcowanie anten pomiarowych na otwartych poligonach pomiarowych i systemy antenowe do kontroli emisji radiowych w zakresie częstotliwości 100 kHz–3 GHz.

e-mail: p.tyrawa@il.wroc.pl

**Dariusz Więcek**

Dr inż. Dariusz Więcek (1967) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1992); pracownik naukowy Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (od 1993), współpracownik CEPT i ITU; zainteresowania naukowe: nowoczesne systemy radiowe i telewizyjne, kompatybilność systemów, zagadnienia planowania sieci radiowych. antenowych.

e-mail: d.wiecek@il.wroc.pl

# *Zasilanie urządzeń telekomunikacyjnych – prace prowadzone w Instytucie Łączności*

*Jan Komorowski*

*Paweł Kliś*

*Wskazano prace z zakresu zasilania urządzeń telekomunikacyjnych, prowadzone w latach 1947–2009 najpierw w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym, a później w Instytucie Łączności w Warszawie. Zwrócono uwagę na duże zaangażowanie pracowników Zakładu Systemów Zasilania w rozwiązywanie skomplikowanych problemów dotyczących zasilania.*

*telekomunikacja, badania zasilania urządzeń telekomunikacyjnych w Instytucie Łączności*

## **Wprowadzenie**

Warunkiem działania wszystkich istniejących urządzeń telekomunikacyjnych jest dostarczenie im energii elektrycznej. Z tego względu zagadnienia zasilania, a w szczególności problemy konstruowania urządzeń zasilających, towarzyszą Instytutowi Łączności od początku jego istnienia. Postęp w technologii elektronicznej i technikach informacyjnych, zmiany wymagań odnośnie do zasilania narzucane przez coraz nowocześniejsze urządzenia, a także wymagania ekologiczne powodują, że choć celem jest zawsze dostarczenie energii elektrycznej w odpowiedniej postaci, to realizujące tę funkcję urządzenia zasilające ulegają ogromnym przeobrażeniom.

Pierwszą jednostką organizacyjną, zajmującą się zagadnieniem zasilania, utworzoną w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym (PIT), był Zakład Urządzeń Zasilających, który powstał w 1947 r. Jego kontynuatorem jest dziś Zakład Systemów Zasilania w Instytucie Łączności. Jednak, już w 1935 r. istniał w PIT dział sprzętu pomocniczego, którego zadaniem było m.in.: projektowanie i wykonywanie urządzeń zasilających opartych na zastosowaniu prostowników suchych (kuprytowych i selenowych) oraz prowadzenie badań nad stopami żelaza do transformatorów i do cewek telefonicznych. W latach następnych wykonywano w tym dziale prostownikowe urządzenia zasilające do central automatycznych, które zainstalowano m.in. w Józefowie i w Radości<sup>①</sup>.

W opisanym w dalszej części opracowania okresie istnienia Zakładu można wyróżnić dwa etapy. W pierwszym etapie, obejmującym lata 1947–1990, Zakład opracował wiele różnorodnych urządzeń zasilających, które następnie zostały wdrożone do produkcji w zakładach Bester w Bielawie, a od 1975 r. w zakładach Telzas w Szczecinku. Drugi etap rozpoczął się na przełomie lat 1989 i 1990, gdy zakłady Telzas kupiły licencje oraz rozpoczęły produkcję nowoczesnych siłowni i zespołów prostownikowych. Pojawiły się też w Polsce importowane urządzenia zasilające firm: Benning, Voigt & Haeffner, Emerson, Delta, Eltek i wielu innych. W tej sytuacji Zakład Systemów Zasilania zajął się problemami eksploatacyjnymi w Telekomunikacji Polskiej SA (TP SA).

<sup>①</sup> *Automatyczne centrale telefoniczne w małych miejscowościach były w tym czasie niezwykle rzadkością.*

## Działalność w latach 1947–1990

### Zasilanie central telefonicznych średniej i dużej pojemności

Pierwszą pracą, którą prowadził powstały w 1947 r. Zakład Urządzeń Zasilających, było opracowanie wielu transduktorów<sup>①</sup>, które łącznie z tocznymi regulatorami napięcia<sup>②</sup> stanowiły podstawę do uruchomienia w zakładach Bester produkcji stabilizowanych zespołów prostownikowych, służących do zasilania central telefonicznych średniej i dużej pojemności. Następną ważną pracą było opracowanie i uruchomienie produkcji siłowni do zasilania central Strowgera z wykorzystaniem wymienionych zespołów prostownikowych.



*Inżynier Władysław Arnold Trembiński (w pierwszym rzędzie w środku), pierwszy kierownik Zakładu Urządzeń Zasilających, ze swoimi pracownikami (1953 r.)*

Pod koniec lat sześćdziesiątych rozpoczęto opracowywanie siłowni prądu stałego do zasilania central krzyżowych K-66 produkowanych w Zakładach Wytwórczych Urządzeń Telefonicznych (ZWUT) oraz central Strowgera. W obydwu siłowniach zastosowano po raz pierwszy w Polsce system zasilania z przetwornicą dodawczą<sup>③</sup>. Konieczne więc było opracowanie, wchodzących w skład siłowni, tyrystorowych zespołów prostownikowych i przetwornic dodawczych oraz tablic rozdzielczo-sterujących.

- <sup>①</sup> Transduktor – element magnetyczny, składający się z rdzenia (bądź rdzeni magnetycznych) i uzwojeń, w którym prądem stałym płynącym w jednym z uzwojeń można sterować parametrami prądu przemiennego płynącego w innym uzwojeniu.
- <sup>②</sup> Toczny regulator napięcia – regulator elektromechaniczny, w którym zmiana napięcia regulowanego powoduje zmianę położenia cewki sprzężonej z tocznym elementem stykowym i zmianę wartości rezystorów regulacyjnych, włączonych w obwód wzbudzenia transduktora.
- <sup>③</sup> Przetwornica dodawcza – źródło prądu, którego napięcie dodaje się do napięcia źródła podstawowego. Może ono być stosowane w celu otrzymywania innej wartości napięcia albo napięcia o lepszej stabilności.



Dokonany we wczesnych latach siedemdziesiątych zakup licencji na centrale elektroniczne E-10 i centrale krzyżowe Pentaconta, bez urządzeń zasilających, postawił przed zespołem Zakładu pilne zadanie, polegające na opracowaniu siłowni do zasilania tych central. Wykorzystano do tego celu wcześniej wykonany prototyp siłowni  $-50\text{ V}$ , wprowadzając w nim konieczne zmiany, tak aby mógł on zasilać pierwszą (pilotową) elektroniczną centralę E-10, zainstalowaną w Winogradach w Poznaniu. Po badaniach eksploatacyjnych prototyp stanowił podstawę do uruchomienia produkcji siłowni prądu stałego  $-48\text{ V}$  w zakładach Telzas.

Prace naukowo-badawcze w zakresie stabilizacji i sterowania cyfrowego umożliwiły opracowanie jednolitego układu siłowni prądu stałego na znamionowe napięcia  $-48\text{ V}$  i  $-60\text{ V}$  (to drugie napięcie ze względu na eksport). W obydwu siłowniach zastosowano układ z regulowaną przetwornicą dodawczą. W zespołach prostownikowych, przetwornicach dodawczych oraz w tablicach rozdzielczo-sterujących zastosowano cyfrowe układy scalone. Opracowano także zespół prostownikowy  $48\text{ V}$ ,  $630\text{ A}$  oraz tranzystorową przetwornicę dodawczą  $8\text{ V}$ ,  $630\text{ A}$ . Stanowiło to podstawę do opracowania siłowni SCG  $48\text{ V}$ ,  $2400\text{ A}$ , z możliwością pracy równoległej dwóch siłowni, co umożliwiło zasilanie urządzeń telekomunikacyjnych o poborze prądu do  $4800\text{ A}$ .

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych opracowano wspólnie z zakładem Telzas siłownię prądu stałego typu SCI z tranzystorowymi przetwornicami dodawczymi. Siłownie typu SCI, SCF (siłownia z zespołami prostownikowymi  $48\text{ V}$ ,  $200\text{ A}$ ) i SCG praktycznie zaspokajały potrzeby krajowe w zakresie zasilania central telefonicznych o poborze prądu od  $100\text{ A}$  do  $2400\text{ A}$  ( $4800\text{ A}$ ).



*Wykładowcy oraz uczestnicy kursu szkoleniowego z zakresu eksploatacji urządzeń zasilających (1975 r.)*

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych zaprzestano produkcji wymienionych siłowni, z uwagi na pojawienie się na rynku krajowym siłowni z zespołami prostownikowymi, w których zastosowano technikę tranzystorową z ponadakustyczną częstotliwością przetwarzania.

## ***Zasilanie central telefonicznych małej pojemności***

W latach pięćdziesiątych pojawił się problem zasilania central małej pojemności, ponieważ dotychczas takie centrale były zasilane z niestabilizowanych zespołów prostownikowych. Opracowano wówczas cztery wielkości stabilizowanych zespołów prostownikowych, które były produkowane jako prostowniki-rozdzielacze, ponieważ zawierały w jednej obudowie wszystkie elementy potrzebne do współpracy z baterią akumulatorów oraz odbiorem.

W latach sześćdziesiątych opracowano siłownię prądu stałego w jednolitym buforowo-różnicowym układzie z tranzystorowo-transduktorową stabilizacją napięcia i prądu wyjściowego. Cechą charakterystyczną tych siłowni była możliwość samoczynnego ładowania baterii nie odłączonej od odbioru (podwyższonym napięciem). Siłownie produkowano na znamionowe napięcia 48 V i 60 V oraz oznaczano symbolem TAB. Ze względu na złe właściwości dynamiczne, siłownie te nadawały się tylko do zasilania central elektromechanicznych.

Zakup licencji na centrale elektroniczne E-10 i krzyżowe Pentaconta spowodował konieczność opracowania i uruchomienia produkcji również siłowni, spełniających wymagania licencjodawcy w zakresie koncentratorów wyniesionych central elektronicznych. Siłownie produkowano na znamionowe napięcie 48 V i 60 V oraz znamionowe prądy od 10 A do 100 A i oznaczano symbolem SCD. Wykonywano je w układzie z półprzewodnikowym reduktorem napięcia oraz z tyrystorową stabilizacją napięcia i prądu wyjściowego. Dzięki zastosowaniu dwustopniowego reduktora napięcia istniała możliwość ładowania baterii akumulatorów nie odłączonych od odbioru do napięcia 2,4 V na ogniwo. Siłownie SCD od początku lat dziewięćdziesiątych nie są produkowane.

## ***Zasilanie urządzeń teletransmisyjnych i linii radiowych***

Pod koniec lat pięćdziesiątych rozpoczęto opracowywanie wielu zespołów prostownikowych do zasilania stacji wzmacniakowych. Stacje wzmacniakowe były wyposażone wtedy w urządzenia lampowe, a zatem należało opracować zespoły prostownikowe do zasilania obwodów żarzenia i obwodów anodowych. Należy dodać, że zleceniodawca wymagał, aby w zespołach prostownikowych zastosowano statyczny układ stabilizacji napięcia i prądu wyjściowego (wówczas stosowano regulatory węglowo-dociskowe<sup>①</sup>). W kraju w tym czasie nie były produkowane zespoły prostownikowe o takiej stabilizacji napięcia i prądu wyjściowego. W pierwszej kolejności opracowano trzy wielkości magnetycznych regulatorów napięcia i prądu wyjściowego, które sterowały transduktorami z wewnętrznym sprzężeniem zwrotnym. Zespoły prostownikowe produkowano pod nazwami: TNA-220/10-20, TNC-212/2-6, TNB-24160-250 oraz TND-24/60-100. Następnie opracowano zespoły prostownikowe STB-24/20 i STB-24/40 o tyrystorowej stabilizacji napięcia i prądu wyjściowego do zasilania tranzystorowych urządzeń teletransmisyjnych oraz linii radiowych. Od 1990 r. urządzenia te również nie są produkowane.

## ***Zasilacze, przetwornice oraz zespoły prostownikowe różnego przeznaczenia***

W latach sześćdziesiątych, w wyniku rozwoju elementów półprzewodnikowych, rozpoczęto prace nad ich zastosowaniem w urządzeniach zasilających. Zaowocowały one produkcją, w WZT-Teletra oraz Zarat-Toruń, przetwornic tranzystorowych, stosowanych w centralach telefonicznych i w stacjach wzmacniakowych. Przetwornice te dostarczały napięcie licznikowych, zasilania rezerwowego lampek

<sup>①</sup> Regulator węglowo-dociskowy – regulator elektromechaniczny, w którym zmiana wartości napięcia regulowanego wywołuje zmianę rezystancji węglowego elementu regulacyjnego, w wyniku zmiany siły ściskającej ten element.

sygnalizacyjnych na stanowiskach centrali międzymiastowej (CMM), zdalnego zasilania lub stanowiły źródła prądów zewowych.

W pierwszej połowie lat osiemdziesiątych opracowano, a następnie uruchomiono produkcję:

- stojaka napięć dodatkowych;
- stojaka napięć dodawczych 20 V, 240 A;
- stojaka przetwornic dodawczych 8 V, 600 A;
- tranzystorowej przetwornicy dodawczej 8 V, 50 A.

Stojak napięć dodatkowych stanowił źródło zasilania urządzeń telekomunikacyjnych, wymagających napięć o innej biegunowości lub wartości niż źródło napięcia podstawowego –48 V. Stojak przetwornic dodawczych 20 V, 240 A służył do zasilania urządzeń, wymagających napięcia –60 V w obiektach wyposażonych w źródła napięcia podstawowego –48 V. Stojak przetwornic dodawczych 8 V, 600 A przeznaczono do zasilania urządzeń telekomunikacyjnych, dla których tolerancje napięcia systemu pracy buforowej na wprost były za duże do zasilanych urządzeń.

### ***Urządzenia zasilające różnego przeznaczenia***

W Zakładzie opracowano ponadto wiele urządzeń o innym przeznaczeniu niż poprzednio wymienione, a mianowicie:

- szereg stabilizatorów ferrezonansowych;
- szereg stabilizatorów napięcia przemiennego o stabilizacji tranzystorowo-transduktorowej;
- tranzystorowe regulatory napięcia i prądu o parametrach oraz konstrukcji mechanicznej, umożliwiające zastąpienie importowanych regulatorów tocznych i węglowo-dociskowych;
- stacje katodowe do ochrony katodowej metalowych konstrukcji podziemnych przed korozją elektrochemiczną;
- urządzenia drenażu wzmocnionego do ochrony metalowych konstrukcji podziemnych przed korozją elektrolityczną;
- zespoły prostownikowe do rewersyjnego ładowania baterii akumulatorów w elektrowózkach.

## **Działalność po 1990 roku**

Jak już wcześniej wspomniano, na przełomie lat 1989 i 1990 zakłady Telzas kupiły licencję na nowoczesne siłownie i zespoły prostownikowe, co spowodowało, że współpraca Instytutu Łączności z tą firmą ograniczyła się praktycznie do badań technicznych i certyfikacyjnych urządzeń produkowanych w tych zakładach.

W tej sytuacji Zakład Systemów Zasilania zmienił profil zainteresowań i zajął się problemami eksploatacyjnymi w TP SA. Miał do wykonania następujące zadania:

- opracowanie komputerowego systemu kontroli oraz nadzoru urządzeń zasilających i klimatyzacyjnych (KSN);
- badania urządzeń zasilających w warunkach eksploatacji;
- opracowywanie instrukcji eksploatacji urządzeń zasilających i klimatyzacyjnych;
- inne prace zlecane przez TP SA.



Konferencja Energetyków Łączności „Jurata 1995” – w prezydium inż. Jan Komorowski (trzeci od prawej), ówczesny kierownik Zakładu Systemów Zasilania

Zakład prowadził w ramach prac statutowych również prace o charakterze wyprzedzeniowym i poznawczym, które w późniejszym okresie stanowiły podstawę do oferowania TP SA modeli użytkowych urządzeń zasilających lub badaniowych oraz unowocześnionych procesów eksploatacyjnych.

Prace badawcze, związane z opracowaniem komputerowego systemu kontroli oraz nadzoru urządzeń zasilających i klimatyzacyjnych KSN, rozpoczęły się na początku lat dziewięćdziesiątych i są kontynuowane do dnia dzisiejszego. W okresie początkowym Zakład opracował i zainstalował w obiektach TP SA około 100 szt. urządzeń KSN. Ponadto Oddział Konstrukcyjno-Warsztatowy IŁ w Miedzeszynie oraz Oddział IŁ w Pułtuskach wyprodukowały i zainstalowały w obiektach TP SA ok. 1000 szt. tych urządzeń. Kiedy zapotrzebowanie na KSN przekroczyło możliwości IŁ, produkcję przekazano do firmy EP & M (*Electronic Power and Market*) w Szczecinku, gdzie system ten jest ciągle unowocześniany, a jego funkcje rozszerzane.

W ciągu ostatnich pięciu lat, na zlecenie TP SA, Zakład Systemów Zasilania wykonał lub opracował między innymi takie prace, jak:

- badania urządzeń zasilających w warunkach eksploatacji, w tym siłowni, baterii VRLA<sup>①</sup>, KSN, SDA<sup>②</sup>, SRDA<sup>③</sup> i innych;
- poradnik baterii kwasowo-ołowiowych;
- system automatycznego badania baterii VRLA, wykorzystujący urządzenia pomiarowe i diagnostyczne znajdujące się na rynku krajowym;

<sup>①</sup> VRLA – zamknięte baterie ołowiowo-kwasowe regulowane wentylami (*Valve Regulated Lead Acid*).

<sup>②</sup> SDA – system dostępu abonenckiego.

<sup>③</sup> SRDA – system radiowego dostępu abonenckiego.

- analiza dostępnych na rynku krajowym baterii NiCd pod kątem zastosowania ich w systemach zasilania SDA;
- analiza możliwości globalizacji systemów KSN w zakresie standaryzacji sygnałów;
- procedury programowe nadzoru, realizujące proces transmisji danych z rozdzielnic niskiego napięcia;
- sposoby monitorowania urządzeń zasilających i klimatyzacyjnych w obiektach z radiodostępem;
- statystyki występowania przerw w zasilaniu z sieci elektroenergetycznej w poszczególnych regionach Polski;
- analiza oraz ocena parametrów użytkowych zintegrowanych systemów nadzoru urządzeń zasilających różnych firm na podstawie badań w warunkach eksploatacji;
- instrukcje eksploatacji baterii ołowiowo-kwasowych, siłowni telekomunikacyjnych, tablic rozdzielczych niskiego napięcia, zespołów spalinowo-elektrycznych oraz urządzeń klimatyzacyjnych;
- nowelizacja norm zakładowych ZN-2006/TPSA-036 (*Urządzenia ochrony ludzi i instalacji przed przepięciami i przetężeniami*) oraz ZN-2006/TPSA-037 (*Systemy uziemiające telekomunikacyjnych obiektów budowlanych*);
- ocena negatywnego oddziaływania obiektów telekomunikacyjnych na sieć elektroenergetyczną;
- zasady równowagi między obecnie ponoszonymi kosztami na zakup i utrzymanie baterii w systemach dostępowych a stosowanymi technologiami i czasami podtrzymania bateryjnego w TP SA.

Natomiast w ramach prac statutowych w okresie ostatnich pięciu lat Zakład wykonał między innymi następujące prace:

- programowe i sprzętowe środki wspomagania oraz integracji systemów zasilania, w tym opracowanie koncepcji nowoczesnego systemu kontroli i nadzoru urządzeń zasilających w aspekcie wspomagania i integracji systemów zasilania oraz metody i koncepcje programowo-sprzętowego wspomagania decyzji w zakresie oceny stanu baterii akumulatorów;
- dwukierunkowy układ przekazywania energii w słoneczno-wiatrowych systemach zasilania;
- systemy zasilania jednostek dostępu abonenckiego SDA, w tym opracowanie zasad współpracy KSN z kontrolerami jednostek SDA z wykorzystaniem sieci korporacyjnych;
- system zasilania współpracujący z bateriami nikielowo-kadmowymi, w tym opracowanie zasad wykorzystania łączy ISDN<sup>①</sup> do monitorowania urządzeń zasilających, analiza możliwości zastosowania ogni w paliwowych w systemach zasilania urządzeń telekomunikacyjnych oraz opracowanie systemu wczesnego ostrzeżenia o stanie baterii;
- metody badania akumulatorów sodowo-niklowych pod kątem ich przydatności w systemach zasilania urządzeń telekomunikacyjnych;
- system zasilania globalnego urządzeń telekomunikacyjnych, wykorzystujący najnowsze technologie w podzespołach energoelektronicznych oraz nowe źródła elektrochemiczne, w tym dwukierunkowe hybrydowe urządzenie zasilające, kontroler sterowania nadrzędnego systemu zasilania;

<sup>①</sup> ISDN – sieć cyfrowa z integracją usług (*Integrated Services Digital Network*).



- zastosowanie półprzewodnikowych przyrządów termoelektrycznych, wykorzystujących zjawisko Peltiera w celu zapewnienia właściwych warunków klimatycznych urządzeń zasilających w systemach zasilania;
- system nadzoru, monitoringu i sterowania rozproszonych siłowni telekomunikacyjnych, wykorzystujących odnawialne i inne źródła energii;
- sterownik mikroprocesorowy układu grzewczo-chłodzącego, wykorzystującego ogniwa Peltiera;
- opracowanie metody predykcji czasu życia baterii na obiekcie i oceny jej aktualnego stanu na podstawie analizy bieżących parametrów jej eksploatacji;
- rdzeń modułowego systemu czasu rzeczywistego do profesjonalnych aplikacji hybrydowych systemów zasilania i systemów automatycznego nadzoru;
- telekomunikacyjny system zasilania zintegrowany na napięciu 230 V (AC).

Obecne prace Zakładu dotyczą:

- zastosowania ogniw paliwowych w systemach zasilania;
- zastosowania ogniw fotowoltaicznych w systemach zasilania;
- badań nad wykorzystaniem w systemach zasilania nowych elektrochemicznych źródeł napięcia, umożliwiających ograniczenie stosowania baterii ołowiowo-kwasowych w tych systemach;
- poprawy warunków eksploatacji baterii ołowiowo-kwasowych, wydłużających ich czas życia, a zatem zmniejszających ich negatywne oddziaływanie na środowisko.

Zakład Systemów Zasilania współpracuje z innymi zakładami Instytutu Łączności, a w szczególności z Zakładem Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej w zakresie opracowań nowych urządzeń. We współpracy z tym Zakładem powstały przekształtniki do kontrolnego rozładowania i ładowania baterii akumulatorów w systemach zasilania:

- przekształtnik TBA 2-IŁ, zwracający do sieci zasilającej energię pobraną z baterii w czasie jej kontrolnego rozładowywania;
- przekształtnik TBA 56-IŁ;
- przekształtnik TBA 150-IŁ, o znamionowym prądzie 150 A, nagrodzony brązowym medalem na Międzynarodowych Targach Wynalazczości w Brukseli w 2007 r.

W Zakładzie jest akredytowane Laboratorium Badań Urządzeń Zasilających Łączności, prowadzące od 2000 r. badania homologacyjne urządzeń zasilających stosowanych w telekomunikacji, a obecnie – badania techniczne oraz certyfikacyjne parametrów funkcjonalnych, kompatybilności elektromagnetycznej i bezpieczeństwa użytkowania tych urządzeń.

W Zakładzie Systemów Zasilania jest obecnie zatrudnionych 8 osób, w tym: dwóch adiunktów, trzech starszych specjalistów, jeden specjalista oraz dwóch starszych techników.

Kierownikami Zakładu byli: inż. Władysław Arnold Trembiński – adiunkt (1947–1959), mgr inż. Jan Skowroński – adiunkt (1959–1970), inż. Henryk Naimski – adiunkt (1970–1971), mgr inż. Stanisław Kudelski – adiunkt (1971–1987), inż. Jan Komorowski – adiunkt (1988–2005) oraz inż. Paweł Kliś – st. specjalista (od 2005 do chwili obecnej).



*Spotkanie przedstawicieli IŁ – inż. Pawła Klisia (trzeci od lewej), obecnego kierownika Zakładu Systemów Zasilania oraz inż. Jana Komorowskiego (szósty od lewej) – z dyrekcją i kadrą firmy Philips w czasie badań certyfikacyjnych urządzeń zasilających*

Pracownicy Zakładu, mający znakomite doświadczenie zawodowe, byli asystentami na Politechnice Warszawskiej, wykładowcami w technikach oraz na kursach organizowanych w Instytucie Łączności i poza Instytutem (PKP, energetyka, służba zdrowia). Mają oni w swoim dorobku ponad 100 artykułów opublikowanych w czasopismach technicznych, w materiałach z kursokonferencji energetyków łączności oraz konferencji energetyki zawodowej. Są autorami dwóch książek oraz dwóch skryptów z dziedziny zasilania, a także autorami lub współautorami 40 patentów. Byli też rzeczoznawcami w Biurze Badawczym Jakości. Za osiągnięcia zawodowe pracownicy Zakładu otrzymali wiele nagród Ministra Łączności, Dyrektora Generalnego PPTT, Dyrektora Instytutu Łączności oraz Dyrektora Ośrodka Postępu Technicznego.

## Podsumowanie

Zakład Systemów Zasilania charakteryzował się stabilnością w całym okresie swojego istnienia i z powodzeniem dokonał niezbędnej transformacji w latach 1989–1990. Intensywnie współpracował z przemysłem, a w późniejszych latach z TP SA. Ma na swym koncie bardzo dużą liczbę wdrożeń i zastosowań eksploatacyjnych, co jest – szczególnie dziś podkreślane – zasadniczym zadaniem jednostki badawczo-rozwojowej.

## Bibliografia

- [1] Binkiewicz A.: *Baterie sodowo-niklowe jako alternatywa dla baterii kwasowo-ołowiowych w systemach zasilania urządzeń telekomunikacyjnych*. Wiadomości Elektrotechniczne, 2006, nr 12, s. 44–46
- [2] Komorowski J.: *Zagadnienia współpracy baterii VRLA z krajowymi urządzeniami zasilającymi w odniesieniu do doświadczeń telekomunikacji*. W: *Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej Nowoczesne urządzenia zasilające w energetyce*, Elektrownia Kozienice SA w Świerżach Górnych, 2001

- [3] Paschke P., Płonczak M., Kliś P., Grunt M.: *Perspectives of development of integrated monitoring system of power supply and air conditioning equipment towards technical environment equipment monitoring system of the operator*. W: Materiały z konferencji *IEEE 30th Annual International Telecommunications Energy Conference INTELEC 2008*, San Diego, USA, 2008, pp. 302–307
- [4] Samborski R.: *Dwukierunkowy układ przekazywania energii w hybrydach systemach zasilania*. Elektro-Info, 2004, nr 7–8, s. 43–46
- [5] Samborski R.: *Telekomunikacyjny system zasilania gwarantowanego z ogniwem paliwowym PEMFC zintegrowany na napięciu przemiennym 230 V AC, umożliwiający współpracę ze źródłami energii odnawialnej*. W: Materiały z *VI Krajowej Konferencji Elektroniki KKEVI*, Darłowo, 2007

### Jan Komorowski



Inż. Jan Komorowski (1929) – absolwent Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej (1956); długoletni pracownik naukowy Instytutu Łączności (od 1945), kierownik Zakładu Systemów Zasilania (1988–2005); twórca lub współtwórca wielu systemów i urządzeń zasilających (większość wdrożona do produkcji w Zakładach Bester i Telzas); działacz SEP (od 1963), wieloletni przewodniczący Sekcji Urządzeń Zasilających Łączności SEP; wieloletni rzeczoznawca w Biurze Badań Jakości; wieloletni wykładowca w Technikum Radiowym, wykładowca na kursach szkoleniowych w resorcie łączności i innych resortach; współtwórca 12 wynalazków (większość wdrożona do produkcji); współautor 60 artykułów, dwóch książek, trzech skryptów; odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi, Złotą Odznaką Zasłużonego Pracownika Łączności, Medalem 35 lat w Służbie Łączności, Odznaką 400-lecia Poczty Polskiej; zainteresowania: hybrydowe systemy zasilania w telekomunikacji, metody eksploatacji (w tym monitoring baterii VRLA).  
e-mail: J.Komorowski@itl.waw.pl

### Paweł Kliś



Inż. Paweł Kliś (1952) – absolwent Wydziału Elektrycznego Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu (1976); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1976), kierownik Zakładu Systemów Zasilania i Laboratorium Badań Urządzeń Zasilających Łączności; współtwórca wielu urządzeń zasilających; współtwórca 3 wynalazków; współautor kilku artykułów; wykładowca na kursach szkoleniowych z dziedziny urządzeń zasilających stosowanych w telekomunikacji; zainteresowania: systemy zasilania, elektrochemiczne źródła energii.  
e-mail: P.Klis@itl.waw.pl

# *Programowalne urządzenia do badania sieci i usług komunikacji elektronicznej – działalność konstrukcyjna Instytutu Łączności*

*Paweł Godlewski,  
Bogdan Chojnacki, Barbara Regulska*

*Zaprezentowano urządzenia do badania sieci i usług komunikacji elektronicznej, opracowane przez pracowników Instytutu Łączności na przestrzeni lat 1970–2009. Opisano też bieżące prace z tego zakresu prowadzone w Zakładzie Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej.*

*badanie sieci i usług, działalność konstrukcyjna IŁ*

## **Wprowadzenie**

W Instytucie Łączności (IŁ), od początku jego istnienia, były wytwarzane różnorodne urządzenia pomiarowe. W okresie przed drugą wojną światową opracowano i wykonano wiele przyrządów dla Państwowych Zakładów Teletransmisyjnych (PZT), Ministerstwa Poczty i Telegrafów oraz Fabryki Kabli w Ożarowie. W latach powojennych wykonywano m.in. takie urządzenia, jak mierniki poziomu, przyrządy do wykrywania i lokalizacji uszkodzeń kabli. W latach 1961–1970 opracowano wiele metod pomiarowych i wzorcowych stanowisk pomiarowych na potrzeby resortu łączności.

Wielkie wyzwanie dla Instytutu Łączności pojawiło się we wczesnych latach siedemdziesiątych w związku z rozpoczęciem automatyzacji międzymiastowej sieci telefonicznej. Proces ten wymagał również wprowadzenia automatyzacji pomiarów. Instytut rozpoczął wówczas opracowywanie systemów oraz urządzeń do automatycznego badania sieci i usług komunikacji elektronicznej. Z powodzeniem realizuje te zadania do dziś.

## **Badania sieci i usług**

W połączeniach między użytkownikami i użytkownikami oraz dostawcami usług świadczonych w sieciach komunikacji elektronicznej uczestniczą liczne węzły komutacji i łączące je kanały komunikacyjne. Dla zapewnienia właściwej jakości usług świadczonych za pośrednictwem takich sieci zarówno całe łańcuchy komunikacyjne, jak i ich fragmenty muszą być nadzorowane oraz systematycznie badane. Przez nadzór rozumie się ciągły proces pomiarowy, realizowany z wykorzystaniem czujników i mierników rozmieszczonych w nadzorowanej sieci, natomiast systematyczne badania obejmują kontrolę parametrów węzłów oraz kanałów komunikacyjnych (łączna lub rozdzielna) w określonej kolejności i odstępach czasu.

Nadzorować lub badać można poszczególne ogniwa sieci, przy czym wykrycie usterki jest równoznaczne z lokalizacją miejsca uszkodzenia. W sieciach o niskiej intensywności uszkodzeń można badać całe łańcuchy telekomunikacyjne, zakładając, że jeżeli pracują poprawnie, to ewentualne uszkodzenia indywidualnych podzespołów mogą nie być brane pod uwagę. Do określenia jakości technicznej fragmentów sieci lub całych sieci oraz do oceny stopnia ich wykorzystania stosuje się obróbkę statystyczną zgromadzonych wyników.

Operatorzy sieci mogą stosować zamiennie lub jednocześnie obie wymienione metody, a regulator rynku usług telekomunikacyjnych (Urząd Komunikacji Elektronicznej – UKE) może albo wykorzystywać wyniki uzyskiwane od operatorów, albo – niezależnie od nich – badać całe łańcuchy telekomunikacyjne za pomocą urządzeń, realizujących funkcje analogiczne do terminali abonenckich.

Współczesna sieć komunikacji elektronicznej przechodziła różne fazy rozwoju, od telefonicznych central ręcznych i łączy naturalnych, przez centrale elektromechaniczne i systemy analogowe dużych krotkości, centrale oraz sieci cyfrowe, do fazy zintegrowanej sieci komunikacji i usług. Na każdym etapie były stosowane inne metody oceny pracy sieci. Początkowo jakość „od końca do końca” oceniały telefonistki przy okazji zestawiania połączeń, później pojawiły się urządzenia automatyzujące badania.

Automatyzacja połączeń w sieci spowodowała konieczność szybkiej automatyzacji badań jej najbardziej wrażliwego ogniwa – analogowych łączy międzycentralowych. Wzrost liczby usług oraz podmiotów uczestniczących w procesie komunikacyjnym postawił kolejne wyzwania, głównie przed regulatorami krajowych rynków usług komunikacji elektronicznej.

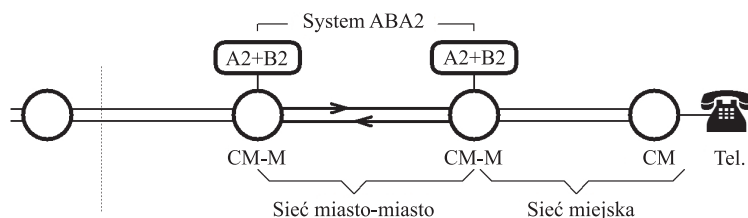
Konstruowanie programowanych urządzeń badaniowych rozpoczęto w Instytucie Łączności równocześnie z automatyzacją sieci połączeń międzymiastowych. Początkowo był to system badaniowy dla central biegowych „miasto-miasto”, a następnie – dla central rejestrowych ACMM z sygnalizacją R2. W kolejnych latach opracowano urządzenia do badania sieci strefowych, w końcu utworzono ogólnopolski system badania jakości „usług powszechnie dostępnych” w sieciach komunikacji elektronicznej.

## System ABA

W latach siedemdziesiątych rozpoczęła się w Polsce automatyzacja połączeń telefonicznych ruchu „miasto-miasto”. Wybierając odpowiedni numer kierunkowy, można było łączyć się bez udziału telefonistki z innym miastem, także za pośrednictwem innych miast, których numery kierunkowe zostały wybrane. Tym samym rosła liczba koniecznych do kontrolowania kanałów telefonicznych. Instytut Łączności podjął prace nad urządzeniem do takiej automatycznej kontroli.

### System ABA2

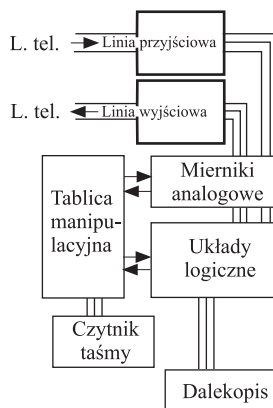
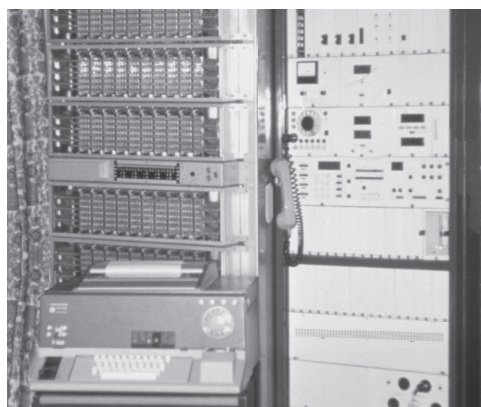
System ABA2 (rys. 1 i 2), opracowany w Zakładzie Miernictwa i Automatyzacji Badań, służył do badania jakości łączy międzycentralowych (tzn. tych elementów sieci, które umożliwiają dwukierunkowe przesyłanie sygnałów akustycznych w pasmie 300–3400 Hz między centralami telefonicznymi). System



**Rys. 1.** Zasada działania systemu ABA2 w centralach Strowgera typu „miasto-miasto”  
A2 – urządzenie inicjujące, B2 – odzewnik, CM – centrala miejska, CM-M – centrala „miasto-miasto”



składał się z – pracujących w centralach na odległych końcach badanych łączy – autonomicznych urządzeń sterujących A2 inicjujących badania oraz z odzewników B2. Dostęp do badanych łączy zapewniało, wykonane na tzw. wybierakach, urządzenie dołączające. Urządzenia sterujące A2, na podstawie wpisanego zakresu numerów, sterowały zestawianiem kolejnych łączy oraz dokonywały pomiarów ich parametrów elektrycznych. Urządzenia sterujące komunikowały się z odzewnikami, które także wykonywały pomiary i przesyłały ich wyniki za pomocą sygnałów tonowych w systemie sygnalizacji R2 (wchodzącym wówczas do stosowania do komunikacji między centralami). Mierzono tłumienność sygnałów przy 800 Hz oraz oceniano progowo poziom szumów psfometrycznych. Każde urządzenie sterujące A2 miało pod bezpośrednią kontrolą do 700 łączy wychodzących. Wszystkie wyniki pomiarów były drukowane na dalekopisie i ewentualnie rejestrowane na taśmie perforowanej (w celu ich późniejszej obróbki na komputerze Odra). Na taśmie perforowanej były też rejestrowane numery łączy/kanałów, wymagających ponownego zbadania (na polecenie operatora wczytywane przez czytnik taśmy perforowanej urządzenia A2).



**Rys. 2.** Widok oraz schemat blokowy urządzenia ABA2 (stojak prawy) wraz z urządzeniem dołączającym i dalekopisem (stojak lewy)

Modele urządzeń systemu ABA2 były wykonane w Zakładzie Miernictwa i Automatykacji Badań Instytutu Łączności, natomiast produkcja kilkunastu zestawów odbywała się, na podstawie dostarczonej dokumentacji i modelu, w Państwowych Zakładach Telekomunikacyjnych. Urządzenia były eksploatowane w miastach wojewódzkich Polski do czasu zastąpienia central „miasto-miasto” systemu Strowgera tranzytowymi centralami rejestrowymi systemu Pentaconta oraz E-10.

System ABA2 został zauważony także poza granicami kraju – do Bułgarii wyeksportowano zestaw urządzeń A2 + B2, który pracownicy Instytutu Łączności dostosowali do lokalnych wymagań oraz zainstalowali w Sofii i Płowdiw.

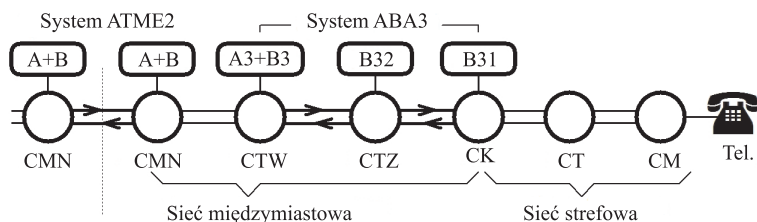
Urządzenia systemu ABA2 zbudowano z hybrydowych układów cyfrowych – bramek NOR, zasilanych napięciem 24 V. Takie duże napięcie zasilania zastosowano w obawie przed zakłóceniami. Do komunikacji z operatorem systemu służyły: przełączniki, lampki sygnalizacyjne, wyświetlacze cyfrowe LED (nowość) oraz 5-kanałowa (dalekopisowa) taśma dziurkowana. W podobnej technologii wykonywano w tym czasie wszystkie europejskie urządzenia kontrolno-pomiarowe.

## System ABA3/ABA30 oraz urządzenia systemu ATME2

W Zakładzie Miernictwa i Automatykacji Badań opracowano kolejny system automatycznych badań telekomunikacyjnych łączy międzymiastowych – ABA3.

W Życiu Warszawy z 29 listopada 1977 r. opublikowano na ten temat artykuł pt. *ABA3 usprawni działanie automatycznych central międzymiastowych*, w którym podkreślono znaczenie tego systemu:

„Rozwój automatycznych połączeń w ruchu międzymiastowym zrodził potrzebę automatycznej kontroli sieci. Dotychczasowe sprawdzanie łączy przez panie z międzymiastowej nie wystarcza ze względu na ciągły przyrost nowych połączeń. Do tego celu służyć ma m.in. system automatycznych badań, telekomunikacyjnych łączy międzymiastowych, typu ABA3. Jest to bardzo nowoczesne rozwiązanie oparte na minikomputerze Mera 300. Daje możliwości automatyzacji pomiarów całej sieci, w tym nie tylko łączy oddalonych od siebie central, ale i połączeń tranzytowych”. (...) „Na razie zestawy ABA3 przechodzą w Instytucie Łączności ostatnie próby przed zainstalowaniem w czterech centralach „Pentaconta” (w Warszawie, Gdańsku, Poznaniu i Krakowie). Jest to niejako poletko doświadczalne przed objęciem całego kraju siecią automatycznych połączeń telefonicznych. Opracowanie ABA3 – mówi mgr inż. Sońta z Zakładu Miernictwa i Automatykacji Badań Instytutu Łączności – trwało niespełna dwa lata. Dużą to zasługą całego pięćdziesięcioosobowego zespołu, w większości ludzi młodych, absolwentów wyższych uczelni. Dzięki ich inwencji i wiedzy fachowej udało się w tak krótkim czasie przygotować system do podjęcia normalnej pracy. Dużą pomoc okazały zakłady systemów minikomputerowych «Mera»”.

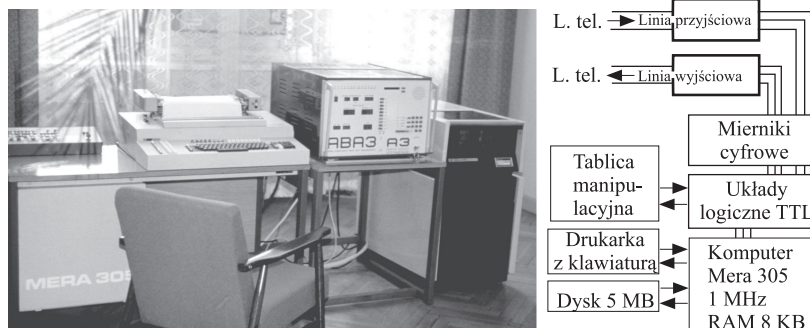


**Rys. 3.** Zasada działania systemu ABA3 i ATME2 w automatycznej sieci telefonicznej  
A – urządzenia sterujące, B – urządzenia sterowane, CMN – centrale międzynarodowe, CTW – centrale węzłowe, CTZ – centrale tranzytowe, CK – centrale końcowe, CK, CT, CM – centrale sieci strefowej

System ABA3 (rys. 3), nazwany po modernizacji ABA30, dostosowano do konfiguracji, w której zostały wyodrębnione: sieć międzynarodowa (z centralami CMN), sieć międzymiastowa (z centralami węzłowymi CTW, tranzytowymi CTZ i końcowymi CK) oraz sieci strefowe (z centralami CK, CT i CM).

Dla central CTW przeznaczono urządzenia sterujące A3 (rys. 4) lub A30 oraz sterowane B3 lub B30, dla central CTZ – urządzenia sterowane B32, a dla central CK – zdalnie sterowane urządzenia B31. Urządzenia sterujące, na podstawie wpisanej konfiguracji sieci, wprowadzonego programu badań i z wykorzystaniem dedykowanego stopnia komutacji, zestawiały łącza/kanały do urządzeń sterowanych oraz wspólnie z tymi urządzeniami dokonywały pomiarów ich parametrów elektrycznych. Komunikacja urządzeń sterujących z urządzeniami sterowanymi odbywała się za pomocą sygnałów tonowych w systemie sygnalizacji R2 (stosowanym do komunikacji między centralami). Mierzono tłumienność sygnałów 400 Hz, 800 Hz i 2800 Hz oraz poziom szumów psfometrycznych,

a oceniano także dostępność łączy i stabilność transmitowanych sygnałów pomiarowych. Każde urządzenie sterujące miało pod bezpośrednią kontrolą około 1000 łączy wychodzących oraz zarządzało badaniami około 10 000 kolejnych łączy, dostępnych z urządzeń sterowanych. Wszystkie wyniki pomiarów rejestrowano w pamięciach dyskowych urządzeń sterujących i wykorzystywano, m.in. do obliczania nastaw korygujących wzmocnienie sygnałów w analogowych międzymiastowych traktach wysokiej krotności. W końcowym okresie eksploatacji systemu, aby optymalnie wykorzystać czas na badania, programy przeznaczone do uruchamiania w urządzeniach A30 przygotowywano w jednym centrum obliczeniowym.



**Rys. 4.** Widok oraz schemat blokowy urządzenia ABA3-A3 w centrali węzłowej w Głównym Urzędzie Telekomunikacji Międzymiastowej (GUTM) w Warszawie

Równolegle z budową systemu ABA3 wykonano też jedno urządzenie sterujące i jedno sterowane, przeznaczone do badania łączy w, zalecanym przez CCITT (*Consultative Committee International Telegraphy and Telephony*), systemie ATME2. Za pomocą tych urządzeń badano parametry wszystkich łączy wychodzących i przychodzących, pracujących w ruchu automatycznym (w tym czasie połączenia z krajami pozaeuropejskimi odbywały się wyłącznie z udziałem telefonistek) z jedynej wówczas centrali międzynarodowej CMN w Warszawie.

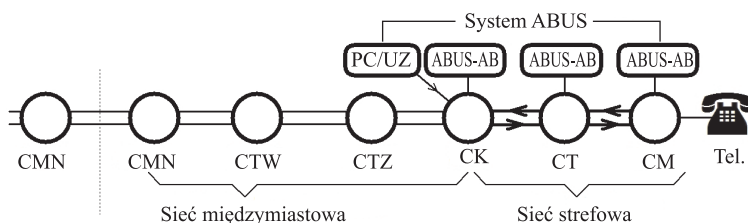
W kolejnych latach, opracowane w 1977 r., urządzenia systemu ABA3 podlegały ewolucji. Mini-komputer Mera 305, zarządzający badaniami urządzenia sterującego A3, został zastąpiony – zaprojektowanym w Instytucie Łączności – sterownikiem mikroprocesorowym (z mikroprocesorem Z80), wchodzącym w skład zmodernizowanego urządzenia A30. Służącą do wprowadzania programów drukarkę z klawiaturą DZM180 zastąpił monitor ekranowy z klawiaturą. Jako pamięć masową – w nowej wersji urządzenia – zastosowano pamięć z dyskami elastycznymi, a dane do centrum obliczeniowego były zapisane na 8-calowych dyskietkach. Skonstruowane wyłącznie z układów scalonych TTL urządzenia sterowane B3 zostały uproszczone dzięki zastosowaniu procesora, tworząc rodzinę urządzeń B30, B31 i B32.

Urządzenia modelowe systemu ABA3/ABA30 były wykonywane w Zakładzie Miernictwa i Automaty-zacji Badań, natomiast produkcja małoseryjna odbywała się, na podstawie dostarczonej dokumentacji i modelu, w Oddziale Konstrukcyjno-Warsztatowym (OKW) Instytutu Łączności. Urządzenia te, serwisowane także przez OKW, były eksploatowane (17 urządzeń A3/A30 oraz 60 urządzeń B3/B30, B31 i B32) do czasu zastąpienia central Pentaconta i E-10 centralami cyfrowymi, a międzymiastowych łączy analogowych – łączy PCM (*Pulse Code Modulation*).

Do Czechosłowacji wyeksportowano dwa urządzenia sterowane dla systemu ATME2 (współpracowały z ATME2 firmy Ericsson w Smokowcu i Spiskiej Nowej Wsi), prowadzono też zaawansowane rozmowy dotyczące eksportu systemu ABA30 (po modyfikacjach, zgodnie z oczekiwaniami zamawiających) do Bułgarii i ZSRR – przerwane zmianami ustrojowymi z końca lat osiemdziesiątych (na podstawie podpatrzonych rozwiązań Bułgarzy opracowali własną wersję takiego systemu).

## System ABUS

Wraz z pojawieniem się pierwszych komputerów osobistych PC i dostępem do ich komponentów, w Instytucie Łączności przystąpiono do opracowywania niedrogiej aparatury przeznaczonej do badania sieci strefowych (rys. 5).

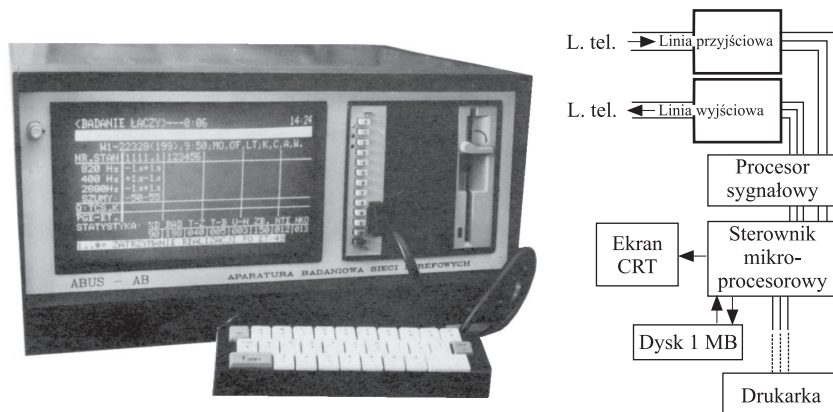


Rys. 5. Zasada działania urządzenia systemu ABUS w sieciach strefowych (oznaczenia central jak na rys. 3)

Urządzenia ABUS-AB, z wbudowanym monitorem i stacją dysków elastycznych FDD, sterowane procesorem Z80, umożliwiły lokalne programowanie pracy (na zasadzie wyboru z listy) oraz zdalne programowanie z – umieszczonego w strefowym centrum zarządzania – komputera PC/UZ typu PC-AT, wyposażonego w modem 300/1200 bit/s i pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego IBM-DOS. Mierzone były zarówno parametry łączy międzycentralowych (poprzez urządzenie dostępu do łączy), kanałów PCM central E-10 (poprzez dedykowany moduł programowy tych central), jak i jakość połączeń zestawianych z analogowych wejść abonenckich centrali. Wbudowane przyrządy pomiarowe (z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów i wykorzystaniem szybkiej transformaty Fouriera) umożliwiały pomiar tłumienności dla 400 Hz, 820 Hz, 2800 Hz oraz psfometrycznego poziomu szumów. Komunikacja między urządzeniami odbywała się za pomocą sygnałów kodu wieloczęstotliwościowego R2. Programy pracy oraz wyniki badań, wyświetlane na ekranie wbudowanego monitora ekranowego, były rejestrowane we wbudowanej 5-calowej pamięci dyskowej urządzenia inicjującego połączenie i były dostępne zdalnie dla komputera PC/UZ, nadzorującego pracę urządzeń ABUS-AB w całej strefie numeracyjnej. Komputer mógł zarządzać badaniami do 80 urządzeń typu ABUS-AB.

W urządzeniu badaniowym ABUS-AB (rys. 6) zastosowano dwa procesory Z80 taktowane sygnałem 4 MHz oraz pamięć RAM o pojemności 64 KB, przy czym jeden z procesorów, w połączeniu z typowym kodekiem PCM, służył wyłącznie do cyfrowej obróbki sygnałów analogowych. Jako ciekawostkę można podać fakt, że modem pracujący z szybkością 300 bit/s po stronie urządzenia zrealizowano w sposób programowy oraz że zaimplementowano w urządzeniu interpreter języka BASIC, zajmujący zaledwie 2 KB pamięci EPROM! Zarówno w urządzeniach, jak i w komputerze PC programowanie badań odbywało się przez wybór z wyświetlanego menu kontekstowego, a oprogramowanie napisano w assemblerze.

W Zakładzie Miernictwa i Automatykacji Badań Instytutu Łączności wyprodukowano serię kilkunastu tych urządzeń. Były one wykorzystywane w latach 1990–1996 w Dyrekcji Okręgu Warszawa



Rys. 6. Widok oraz schemat blokowy urządzenia ABUS-AB do badania sieci strefowych

Telekomunikacji Polskiej SA (TP SA). Ponadto w 1994 r. wykonano, dla central w Dyrekcji Okręgu Katowice, serię 8 urządzeń ABUS-AB, mających postać dwóch długich kart wkładanych do komputera PC-486 (program emulujący pracę urządzenia sterowanego procesorem Z80 napisano w języku Pascal).

## System AWP-IŁ

W związku z rozporządzeniem Ministra Łączności z dnia 9 kwietnia 1997 r.<sup>①</sup>, pojawiła się potrzeba opracowania niedrogich, zdalnie programowanych urządzeń, przeznaczonych do oceny jakości sieci telekomunikacyjnej, możliwych do zainstalowania we wszystkich centralach końcowych (z zakończeniami abonenckimi) sieci PSTN/ISDN (*Public Switched Telephone Network/Integrated Services Digital Network*).

Gdy w 1998 r. powstawała koncepcja systemu, nie znajdowano w literaturze opisów podobnych rozwiązań, dopiero dwa lata później dotarły informacje o systemie dla sieci telekomunikacyjnej Australii, o podobnej architekturze (z ok. 2 000 próbników). Dużym problemem było przekonanie potencjalnych odbiorców w Polsce do rozwiązania, w którym obsługa obiektu nie może lokalnie zaprogramować badań i obejrzeć wyników dotyczących ich sieci, a o kolejności badań decyduje program, a nie człowiek.

### System AWP-IŁ z próbnikami PM2 i PM3

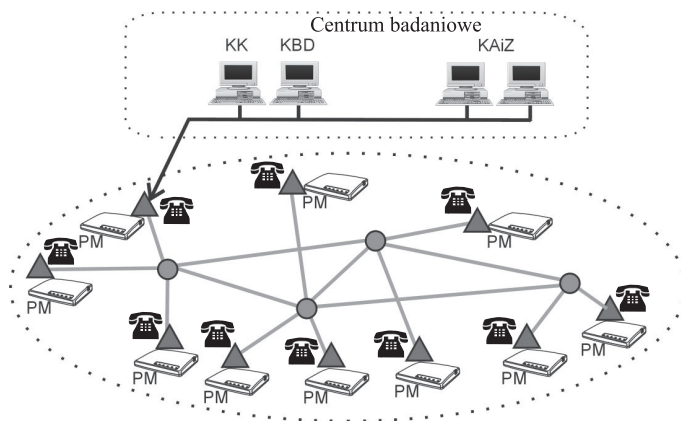
W latach 1999–2001 system AWP-IŁ z próbnikami PM2 wdrożono do eksploatacji na terenie Dyrekcji Warszawskiej TP SA. Od 2001 r., po pozytywnej ocenie TP SA i po rozbudowie funkcjonalnej, system ten jest wykorzystywany przez Urząd Komunikacji Elektronicznej do zdalnej kontroli i oceny parametrów krajowej sieci telekomunikacyjnej.

<sup>①</sup> „Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 9 kwietnia 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych warunków świadczenia usług telekomunikacyjnych w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego” (Dz.U., 1997, nr 39, poz. 238), zobowiązujące operatorów do systematycznego publikowania raportów o skuteczności połączeń w sieci krajowej.



We wrześniu 2000 r. system badania jakości technicznej sieci telefonicznej AWP-IŁ otrzymał II nagrodę w kategorii „Projekty Gotowe do Wdrożenia” i został wyróżniony w konkursie „Laur Infotela”, ogłoszonym na XVI Krajowym Sympozjum Telekomunikacji (KST) w Bydgoszczy.

System AWP-IŁ z próbnikami PM2 oraz PM3 (rys. 7) służy do badania jakości usług telefonicznych „od końca do końca” i statystycznego opracowywania wyników badań. Składa się on z jednego centrum badaniowego (zawierającego komputery: komunikacyjny KK, baz danych KBD oraz analiz i zarządzania KAIZ), przeznaczonego do planowania badań, rozsyłania programów, zbierania, analizy i udostępniania wyników oraz z urządzeń badaniowych – próbników PM, rozmieszczonych w obiektach telekomunikacyjnych.

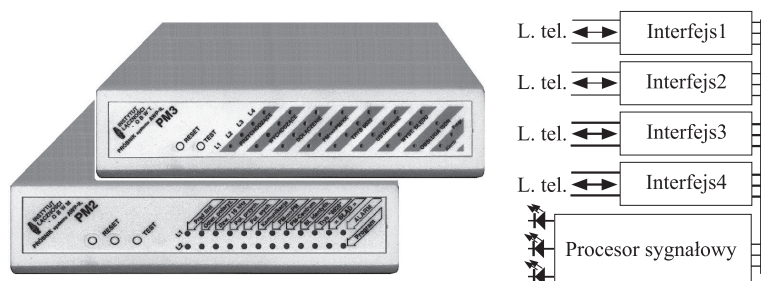


Rys. 7. Konfiguracja systemu AWP-IŁ z próbnikami PM2 oraz PM3 (na rysunku PM)

System został zaprojektowany tak, aby docelowo było możliwe rozmieszczenie próbników PM przy wszystkich centralach, we wszystkich strefach i u wszystkich operatorów (maksymalnie 5 000 próbników). Przyjęto, że wszystkie uczestniczące w badaniach próbki będą równorzędne, a ponadto, że jednocześnie wszystkie będą mogły prowadzić badania. Ze względu na planowaną wielkość systemu założono, że wybór badanych relacji (tzn. par współpracujących w danym momencie próbników) będzie dokonywany pseudolosowo przez program. Początkowo planowano realizację losowania w próbnikach, ale później zadanie to przypisano jednemu z komputerów w centrum, a próbki wyposażono w pamięć, która mieściła tygodniowy program badań i ich wyniki (do 1440 połączeń na dobę dla każdego z interfejsów abonenckich próbniaka). Takie rozwiązanie uniezależniło pracę próbników od przerw w komunikacji z centrum, gdyż w czasie gdy uruchamiano system (1999 r.), skuteczność połączeń nie przekraczała 70%, a skuteczność transmisji modemowych w wielu relacjach była zdecydowanie niższa. Do programowania badań i transmisji wyników wykorzystano badaną sieć PSTN w ten sposób, że komputer komunikacyjny KK, przez 30-kanałowy modem telefoniczny, zestawia okresowo połączenia do próbników, pobiera wyniki i wysyła nowe programy badań.

Obecnie w prowadzonych przez UKE badaniach sieci telefonicznej PSTN jest wykorzystywanych 8 próbników PM2 oraz 219 próbników PM3. Każdy próbnik PM2 jest dołączony do dwóch analogowych linii abonenckich, a próbnik PM3 – do dwóch lub czterech. Próbniki PM3 mogą być dołączone do dwóch linii ISDN, jednak opcja ta nie jest wykorzystywana. Interfejs obsługujący każdą linię pracuje niezależnie – mogą być zestawiane i odbierane połączenia zarówno do innych próbników z innych central, jak i w ramach tego samego próbniaka w obrębie jednej centrali. Do budowy próbników wykorzystano układy modemowe oraz wysoko wydajne procesory sygnałowe.

Próbniki PM2 i PM3 (rys. 8) umożliwiają pomiar poziomów i czasów trwania sygnałów informacyjnych centrali oraz sygnału taryfikacji, pomiar tłumienności transmitowanych sygnałów dla częstotliwości 400 Hz, 1020 Hz i 2800 Hz, pomiar poziomu szumów psfometrycznych oraz kwantyzacji,



Rys. 8. Widok oraz schemat blokowy próbnika PM2 oraz PM3 systemu AWP-IŁ

ocenę transmisji modemowej (do 14 400 bit/s) i szybkości transmisji faksowej. Ponadto, próbnik PM2 realizuje wszystkie wymagane funkcje odzwrotnika eksploatowanego również w sieci systemu A8620, a próbnik PM3 umożliwia także badanie systemu taryfikacji.

### Rozbudowa systemu AWP-IŁ – próbniki PM5

W 2007 r. w Urzędzie Komunikacji Elektronicznej oraz w Instytucie Łączności prowadzono prace związane z wytypowaniem wskaźników jakościowych do oceny sieci komunikacji elektronicznej. Na liście takich wskaźników znalazły się między innymi: jakość połączeń faksowych, osiągnięta na łączu modemowym szybkość dla wdzwanianego dostępu do internetu, skuteczność i czas zestawiania połączeń z sieci przewodowej PSTN do sieci komórkowych GSM (*Global System for Mobile Communications*) oraz wewnątrz sieci GSM, skuteczność i czas przesyłania wiadomości SMS. Do realizacji wymienionych funkcji opracowano nowe urządzenie PM – próbnik PM5.

Komunikacja centrum – próbnik we wcześniejszych rozwiązaniach była nawiązywana przez centrum i wymagała analogowych lub cyfrowych modemów, a do sprawnego przesłania programów – znacznej liczby linii/kanałów telefonicznych. Dla próbników PM5 zaś przyjęto rozwiązanie nie wymagające dodatkowego sprzętu. Dotychczasowe centrum badaniowe systemu AWP-IŁ w UKE, pełniące funkcje planowania badań, rozsyłania programów, zbierania, analizy i udostępniania wyników (zawierające komputer: komunikacyjny KK, baz danych KBD oraz analiz i zarządzania KAIZ), zostało jedynie uzupełnione przez dodanie serwera dostępowego SWWW, przeznaczonego do komunikacji z próbnikami PM5 przez sieć internet.

Próbniki, raz na godzinę lub w momentach wyznaczonych przez program, łączą się niemal równocześnie przez sieć internet (wykorzystując infrastrukturę operatorów) z serwerem, z którego zawsze pobierają aktualny czas oraz program badań – nowy albo już zrealizowany – i do którego przesyłają logi z wynikami zrealizowanych badań. Programy badań mogą być przygotowywane z dowolnym wyprzedzeniem lub zmieniane na chwilę przed zaplanowanym dostępem próbników, a wyniki badań w pamięci próbników są kasowane dopiero po potwierdzeniu poprawnego zapisu w centrum.

Próbniki typu PM5 (103 szt.), rozszerzające możliwości kontrolno-pomiarowe systemu AWP-IŁ, umieszczono w sąsiedztwie wybranych próbników PM3 (m.in. ze względu na gotowe doprowadzenie

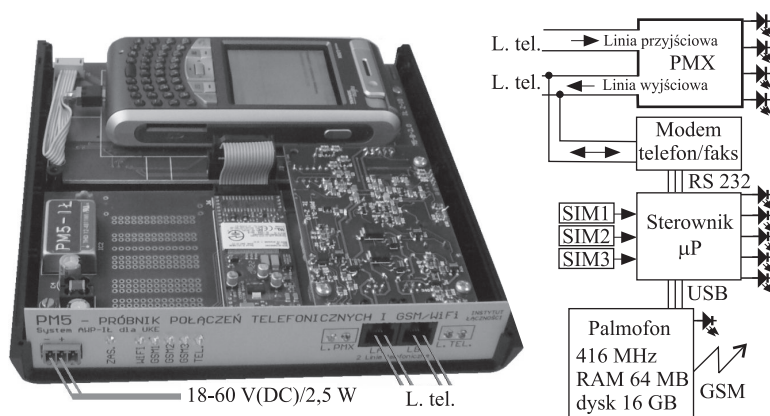
linii telefonicznych i napięć zasilania). Tak jak w przypadku próbników PM2/PM3, przyjęto, że wszystkie uczestniczące w badaniach próbniki PM5 będą równorzędne, że jednocześnie wszystkie będą mogły prowadzić badania, a ponadto, że wybór badanych relacji (tzn. par współpracujących w danym momencie próbników) będzie dokonywany pseudolosowo przez program uruchamiany (z reguły raz na dobę) w centrum.

Próbniki PM5 są dołączane do jednej lub dwóch linii analogowych sieci PSTN oraz pracują na przemian, według programu, w trzech sieciach GSM (3 karty *pre-paid*).

Pojedynczy, programowalny cykl badań trwa 15 min (96 badań/próbnik w ciągu doby) i obejmuje: odbiór wywołań z sieci PSTN i GSM od innych próbników lub dostęp do centrum przez wdzwaniany internet, przesłanie 3-stronicowego testowego faksu, kontrolę dostępu do wdzwanianego internetu, wywołania przez sieć GSM lub testowe SMS-y do wskazanych próbników.

Działania próbników (inicjowane badania, odbierane wywołania, zachowania sieci GSM) są zapisywane w logach, przesyłanych przez próbniki do serwera (SWWW) centrum badaniowego w UKE. Przy okazji składania logów, co z reguły odbywa się prawie równocześnie dla wszystkich próbników, są pobierane nowe programy badań, przygotowane na jednym z komputerów KAiz i złożone w serwerze SWWW.

Pracą próbników PM5 (rys. 9) zarządza umieszczony wewnątrz obudowy komunikator mobilny (palmofon z procesorem 416 MHz, systemem Windows Mobile 5, pamięcią RAM 64 MB i ewentualnie pamięcią SD do 16 GB), pracujący w sieci GSM 850/900/1800/1900 MHz, o wymiarach 126 × 64 × 21 mm. Rozwiązanie to znacznie zmniejszyło pracochłonność opracowania próbniaka. W komunikacji z modułem modemu telefon/faks oraz trzema kartami SIM (*Subscriber Identity Module*) (rys. 9) trzech operatorów sieci GSM (Idea, Plus, Era) pośredniczy sterownik z mikroprocesorem AT90USB (*host Universal Serial Bus – USB*). Jednym z elementów składowych jest także moduł odzewnika PMX. Program działania próbniaka, napisany w języku C++, zajmuje w pamięci komunikatora około 100 KB i może być wymieniany zdalnie.



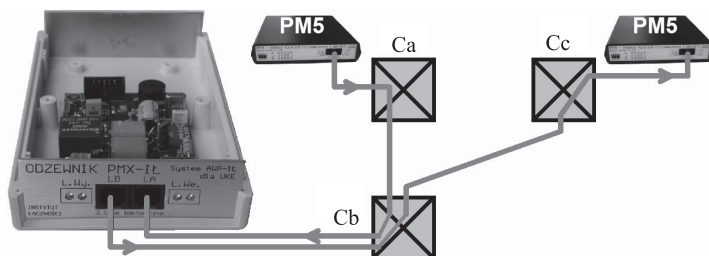
Rys. 9. Widok oraz schemat blokowy próbniaka PM5

Próbniki PM5 wykonano w Zakładzie Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej i w końcu 2007 r. zainstalowano w UKE. W 2008 r. uruchomiono badania sieci GSM, a obecnie jest rozbudowywana funkcjonalność próbników (możliwość badania usługi SMS) i powiększana wydajność badań (5-krotne zwiększenie liczby wyników podczas badań w sieci GSM). W maju 2008 r. system badania

jakości usług w sieciach telekomunikacyjnych AWP-IŁ otrzymał tytuł „Lider Rynku” w „Konkursie Promocyjnym na Najlepszy Produkt”.

**Odzewniki PMX.** Równocześnie z rozszerzeniem funkcjonalności systemu AWP-IŁ powiększono jego zasięg, instalując w końcu 2007 r., w prawie 500 węzłach komutacyjnych, opracowane i wykonane w Zakładzie Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej, odzewniki PMX.

Zadaniem odzewników PMX (rys. 10) jest umożliwienie zdalnego dostępu do usług świadczonych abonentom central odległych od urządzenia kontrolno-pomiarowego (np. próbnika PM5), oceniającego te usługi.



**Rys. 10.** Widok oraz sposób współpracy odzewnika PMX z próbnikami PM5  
Ca, Cb, Cc – odległe od siebie centrale telefoniczne

Z punktu widzenia urządzenia kontrolno-pomiarowego, odzewnik PMX odwzorowuje dołączone do centrali dwa sprzężone ze sobą akustycznie, abonenckie analogowe aparaty telefoniczne i realizuje dwie funkcje:

- automatycznego urządzenia odzewowego, które w odpowiedzi na sygnał dzwonięcia z linii telefonicznej przyściowej wysyła sygnał akustyczny;
- tzw. ekspandera, przedłużającego na żądanie odległego urządzenia kontrolno-pomiarowego linię telefoniczną przyściową w taki sposób, że jest traktowana przez centralę jak pełnoprawna linia wyjściowa lokalnego abonenta.

Ponieważ sprzężenie obu linii odbywa się wyłącznie poprzez pojemności, retransmitowane sygnały są zniekształcane w minimalnym stopniu (tłumienie ok. 7 dB, wynikające z przejścia przez centralę; płaska charakterystyka tłumienności).

W typowej konfiguracji odzewnik PMX w odpowiedzi na sygnały wywołania zamyka pętlę prądową linii przyściowej oraz wysyła sygnały akustyczne 2 kHz i 2,4 kHz. Jeżeli nie otrzyma żadnego polecenia, to po 10 s rozłącza połączenie przychodzące. Jeżeli otrzyma odpowiednie polecenie, to zajmuje linię wyjściową na wymagany czas i łączy ją przez kondensatory z linią przyściową, umożliwiając dowolne badania urządzeniu kontrolno-pomiarowemu.

Odzewnik PMX jest zasilany wyłącznie z linii telefonicznej przyściowej, co uzyskano dzięki zastosowaniu m.in. bardzo energooszczędnego mikroprocesora zarządzającego pracą urządzenia.

Odzewniki pracują w systemie AWP-IŁ w roli ekspanderów próbników PM5, umożliwiając (minimalnym kosztem) badania jakości usług dostępnych z oddalonych od tych urządzeń central (jakość faksu, dostępu do internetu, wywołania z sieci PSTN do GSM). Pracują też jako urządzenia odzewowe

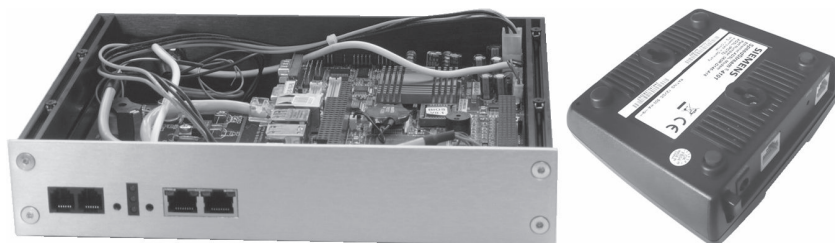
dla głowic pomiarowych TRU (systemu A8620, który stał się podsystemem AWP-IŁ), badających skuteczność połączeń. Mogą także pracować poza systemem AWP-IŁ (np. zarządzane z testera PM9, również opracowanego w Instytucie Łączności), umożliwiając ocenę dostępności usług lub służb alarmowych (w tym numeru 112) z central telefonicznych, na których zostały zainstalowane.

### ***Próbniki do badania internetu w systemie AWP-IŁ***

W 2008 r. został opracowany próbnik PM6, przeznaczony do pracy w systemie AWP-IŁ, umożliwiając badanie wskaźników jakościowych szerokopasmowego dostępu do internetu.

Wskaźnikami jakości ocenianymi przez próbnik są: przepływność łącza stałego w obu kierunkach podczas transmisji plików z wykorzystaniem protokołu FTP (*File Transfer Protocol*) lub SFTP, dostępność zasobów wyznaczonych portali, stopa błędów transmisji przy przeglądaniu stron WWW, możliwość nadawania i odbierania poczty internetowej za pośrednictwem wskazanych serwerów SMTP. Wartości wymaganych wskaźników jakości będą wyznaczone w centrum badaniowym (w UKE) po przetworzeniu wyników przesłanych przez próbnik PM6.

Podczas projektowania przyjęto następujące założenia: próbnik PM6 będzie dołączany do modemu ADSL/DSL/CATV (*Asymmetric Digital Subscriber Line/Digital Subscriber Line/Community Antenna Television*) (neostrada, Net24 itp.) przez złącze Ethernet 100BaseT i umożliwi pracę z przepływnością do 6 Mbit/s, badania będą wykonywane cyklicznie co 15 min, w każdym cyklu będą przeprowadzane wszystkie zaprogramowane testy, kolejność testów w cyklu będzie losowana, a badania będą realizowane cyklicznie, aż do daty/godz. końca badań lub do momentu pobrania z serwera następnego programu badań. Co godzinę próbnik będzie się zgłaszał do centrum, w celu przekazania cząstkowych wyników i ewentualnie pobrania nowego programu. W 2008 r. (w ramach pracy statutowej IŁ) wykonano dwa modele, wykorzystując mikrokomputer przemysłowy PC z systemem Linux.



**Rys. 11.** Model próbniaka PM6 i współpracujący z nim „firmowy” modem ADSL

Opracowane modele (rys. 11) zostały poddane badaniom laboratoryjnym i zaferowane UKE. Po ewentualnych modyfikacjach, wynikających z próbnej eksploatacji w systemie AWP-IŁ, próbniaki PM6 będą służyły do oceny jakości usług świadczonych przez przewodowy szerokopasmowy internet o przepływności do 6 Mbit/s. Urządzenia będą dołączane do tych samych badaniowych zakończeń linii telefonicznych co próbniaki PM3, PM4, PM5 i PMX – po udostępnieniu na nich przez operatorów funkcji szerokopasmowego dostępu do internetu (neostrada, Net24) lub będą dołączane do linii udostępnionych w wojewódzkich siedzibach UKE.



## Podsumowanie

Budowa programowalnych urządzeń przeznaczonych do badania sieci oraz usług komunikacji elektronicznej przez wiele lat stanowiła i nadal stanowi specjalność Instytutu Łączności. Ich konstruowanie wymaga dogłębnej znajomości rynku usług komunikacyjnych oraz stosowanych technik i technologii, a także umiejętności projektowania, montowania, uruchamiania i programowania złożonych funkcjonalnie, ale jednocześnie tanich i prostych w obsłudze, rynkowych (bo konkurujących z innymi) wyrobów. W Instytucie Łączności są znakomite zespoły specjalistów, sprostałych tym wymaganiom. Przy tworzeniu nowoczesnych rozwiązań, na przestrzeni blisko 40 lat, uczestniczyło około stu osób zarówno zatrudnionych w Instytucie Łączności, jak i pracowników operatora telekomunikacyjnego (obecnie TP SA) oraz regulatora usług (obecnie UKE).

Wiele osób zaangażowanych bezpośrednio w tworzenie systemów ABA, ABUS lub AWP-IŁ (w tym: Stanisław Sońta, Lech Brennek, Andrzej Zejdel, Henryk Kotlewski, Otton Sikora, Jerzy Borża, Marian Kula, Zbigniew Kupisz, Włodzimierz Zasiewski, Tadeusz Kunert, Wojciech Juraszek, Leszek Kamionka, Jan Gozdan, Janina Kowalska, Justyna Komorowska, Marian Kula, Józef Odrobiński, Maciej Boglewski, Henryk Więclawski, Lech Bednarek, Tomasz Rakowski) zmieniło pracę lub przeszło na emeryturę (rys. 12).



*Rys. 12. Pracownicy Zakładu Miernictwa i Automatykacji Badań (na zdjęciu od lewej): Zygfryd Kulpiński, Andrzej Zejdel, Stanisław Sońta, Leszek Kwiatkowski, Otton Sikora, Lech Brennek, Kazimierz Jackowski i Józef Odrobiński, przy opracowanym w 1970 r. urządzeniu do zdalnej kontroli pracy obiektów telekomunikacyjnych*

Niektórzy pracownicy (Bogdan Chojnacki, Paweł Godlewski, Ryszard Kobus, Krzysztof Olechowski, Kazimierz Niechoda, Zbigniew Mąkosza, Marian Kania, Piotr Karpeta, Grażyna Stolarska) zaczęli pracę w fazie projektowania oraz uruchamiania systemu ABA, a teraz uczestniczą w budowie i wdrażaniu systemu AWP-IŁ (rys. 13). Inni (Stanisław Dziubak, Paweł Gajewski, Marcin Miłosiewicz) oprogramowywali oraz uruchamiali urządzenia systemu ABA i ABUS, a obecnie pracują w Instytu-

cie Łączności przy tworzeniu kolejnych rozwiązań dla telekomunikacji. Dla niektórych osób (Barbara Regulska, Anna Ołtarzewska, Zofia Hendler, Bartłomiej Parol, Mikołaj Waszkiewicz, Tomasz Sędek, Lech Józwiak, Grzegorz Skwarski) wdrażanie rozwiązań z zakresu badania sieci i usług rozpoczęło się od systemu AWP-IL.



Rys. 13. Inżynierowie Bogdan Chojnacki, Paweł Godlewski i Wojciech Szpecht przy aparaturze ABA3

W związku z konstruowaniem urządzeń kontrolno-pomiarowych dokonano kilkudziesięciu zgłoszeń patentowych i uzyskano na nie patenty.

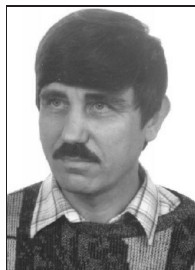
Konstruowanie automatycznych urządzeń rozpoczęło się w Instytucie Łączności od techniki przekaźnikowej, później konstruktorzy mieli do dyspozycji kolejno: tranzystory, grubowarstwowe układy hybrydowe, układy scalone TTL, procesory (najpierw Z80, później sygnałowe), a w końcu całe moduły funkcjonalne (w tym komunikatory PDA – *Personal Digital Assistant*). Być może w kolejnej edycji urządzeń kontrolno-badaniowych będzie to wyłącznie program (wymagający dużej wiedzy z wielu dziedzin), uruchamiany na ogólnodostępnych terminalach abonenckich.

Oczywiście nie wszystkie rozwiązania zostały wdrożone i powielone (próbnik PM5 został poprzedzony kilkoma modelami o wspólnej nazwie PM4, natomiast wdrożony w 500 egzemplarzach odzewnik PMX to trzecia wersja tego urządzenia). Doświadczenia zdobyte przy tworzeniu urządzeń kontrolno-pomiarowych zaowocowały równoległe realizowanymi rozwiązaniami z innego zakresu: opracowano i wykonano dla Telekomunikacji Polskiej SA m.in. 80 rejestratorów kodu R2 oraz ponad 10 000 interfejsów do systemu *preprocesingu* AST-IL, zainstalowanego w 110 miejscach dla 660 000 abonentów central elektromechanicznych.

## Bibliografia

- [1] Chojnacki B., Godlewski P., Kobus R., Kowalewski M.: *System oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IL*. Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, 2009, nr 8–9, s. 791–795
- [2] Godlewski P., Chojnacki B.: *Rozbudowa funkcjonalna systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IL*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2008, nr 3–4, s. 49–66

### *Paweł Godlewski*



Inż. Paweł Godlewski (1949) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1973); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1973); autor wielu prac konstrukcyjnych, współautor systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ, autor licznych publikacji naukowych; współautor wielu patentów; zainteresowania naukowe: systemy wizualizacji danych dla systemów telekomunikacyjnych, urządzenia sterowane programowo (procesorami) w telekomunikacji.  
e-mail: P.Godlewski@itl.waw.pl

### *Bogdan Chojnacki*



Inż. Bogdan Chojnacki (1951) – absolwent Wydziału Elektroniki Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy (1976); pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (1973–1978), kierownik Zakładu Telematyki w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Telekomunikacji w Warszawie (1978–1990), zastępca dyrektora w firmie telekomunikacyjnej wdrażającej pierwsze w kraju systemy billingowe (1990–1994), od 1994 r. w Instytucie Łączności w Warszawie pełnomocnik dyrektora ds. billingu i monitoringu, zastępca dyrektora ds. marketingu i wdrożeń, kierownik Ośrodka Badawczo-Wdrożeniowego Technik Informatycznych i Usług w Telekomunikacji, a obecnie kierownik Zakładu Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej; współautor systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ; zainteresowania naukowe: systemy oceny sieci telekomunikacyjnych, systemy łączności dla służb publicznych i państwowych (w tym system TETRA).  
e-mail: B.Chojnacki@itl.waw.pl

### *Barbara Regulska*



Mgr inż. Barbara Regulska (1957) – absolwentka Wydziału Mechaniczno-Technologicznego Politechniki Warszawskiej (1980); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1984); współorganizator i współwykonawca wdrożeń w Instytucie Łączności (systemu preprocesingu AST-IŁ i systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ); współwykonawca projektów dotyczących systemów specjalnych łączności na potrzeby kierowania bezpieczeństwem narodowym i badań jakości usług telekomunikacyjnych; zainteresowania naukowe: systemy oceny jakości sieci telekomunikacyjnych i specjalne systemy łączności dla administracji publicznej.  
e-mail: B.Regulska@itl.waw.pl

# Inżynieria wiedzy – nowy obszar badawczy Instytutu Łączności

Janusz Granat

Andrzej P. Wierzbicki

*Dokonano przeglądu rozwoju metod szeroko rozumianej inżynierii wiedzy oraz jej rozlicznych zastosowań i implikacji, włącznie z implikacjami filozoficznymi. Odniesiono je do prac prowadzonych w Instytucie Łączności, a zwłaszcza w Zakładzie Zaawansowanych Technik Informatycznych. W tak rozumianej inżynierii wiedzy i różnych dziedzinach z nią związanych Zakład ten specjalizuje się już od ponad 10 lat.*

*zarządzanie wiedzą, inżynieria wiedzy*

## Wprowadzenie

W związku z narastającą ilością informacji i danych cyfrowych, gromadzonych bądź to w internecie, bądź w bazach operatorów telekomunikacyjnych oraz innych przedsiębiorców, bądź wreszcie na uniwersytetach i w instytutach badawczych, ważnym problemem stała się kwestia wyszukiwania w takich wielkich zbiorach danych nie tylko informacji nas interesujących, ale również przydatnych nam relacji między takimi informacjami, czyli – inaczej mówiąc – *wiedzy ukrytej w wielkich zbiorach danych*.

Użyto tu celowo określenia *wiedzy ukrytej (tacit knowledge)*, choć stosuje się ono w zasadzie do wiedzy trudnej do wyrażenia słowami, przedśwonnej, ukrytej w umyśle ludzkim [23], [29], [37]–[40]. Ale rzecz w tym, że wiedza przedśwonna, jeszcze nie wyrażona słowami, jest zawarta także w wielkich zbiorach danych, a trudnym zadaniem jest właśnie wydobycie jej z tych zbiorów (*data mining* czy też raczej *knowledge mining*) i wyrażenie tej wiedzy ukrytej słowami, wzorem, regułą logiczną czy inną formą modelu.

W niektórych źródłach używa się wręcz pojęcia *knowledge science*; odpowiadające temu polskie pojęcie *naukoznawstwo* ma inne tradycyjne znaczenie, o odcieniu filozoficznym, obejmującym epistemologię i inne dziedziny pokrewne. Taką dziedziną pokrewną – zarówno do naukoznawstwa, jak i do wydobywania wiedzy z dużych zbiorów danych – jest *zarządzanie wiedzą*, ale ono, choć historycznie wyrosło z informatyki (zob., np. [39]), jest traktowane dzisiaj raczej jako przedmiot nauk o zarządzaniu. Z tych wszystkich względów jest stosowne raczej użycie w stosunku do konstrukcji i wykorzystania informatycznych narzędzi wydobywania wiedzy ukrytej z dużych zbiorów danych lub – nawet szerzej – w odniesieniu również do informatycznych narzędzi przetwarzania dużych tekstów (informacji słownej) – szeroko rozumianego pojęcia *inżynierii wiedzy*. Takie też znaczenie pojęcia inżynierii wiedzy przyjęto w pracach Instytutu Łączności, a zwłaszcza Zakładu Zaawansowanych Technik Informatycznych. Jest to dziedzina stosunkowo nowa w 75-letniej historii prac Instytutu, ale rozwijana w IŁ intensywnie w ostatnich ponad dziesięciu latach.

## Podstawowe działy i pojęcia inżynierii wiedzy

Jak już wspomniano, inżynierię wiedzy można podzielić na: wąsko rozumianą inżynierię sztucznej inteligencji i automatycznego uczenia się (dział I), inżynierię wydobywania wiedzy ukrytej z dużych

zbiorów danych (dział II) oraz inżynierię przetwarzania tekstu, czyli także wydobywania wiedzy, ale wyrażonej w formie słownej (dział III).

Dział I nie będzie tu omówiony szczegółowo, są mu poświęcone obszerne monografie, np. [3].

W dziale II dąży się do wyrażenia wiedzy ukrytej, zawartej w dużych zbiorach danych, w formie modeli użytecznych dla użytkownika – modeli logicznych, statystycznych i decyzyjnych – opiera się zatem na takich narzędziach badań podstawowych, jak: różnorodne dziedziny logiki, różne dziedziny statystyki, wielokryterialna teoria decyzji itp. W zastosowaniach jest istotna również interpretacja słowna tych modeli, zgodna z wymaganiami użytkownika, mającymi zazwyczaj także charakter wiedzy ukrytej, którą dopiero trzeba przekształcić w słowa. Dlatego też w badaniach z działu II – w przeciwieństwie do działu I – kładzie się bardzo duży nacisk na metody interakcji z użytkownikiem, podkreśla suwerenność użytkownika, znaczenie jego wiedzy ukrytej oraz intuicji itp.

Badania z działu III dotyczą wynajdywania czy wyboru wiedzy tekstowej, jawnej, istotnej dla użytkownika w dużych zbiorach tekstowych. Dziedzinami podstawowymi dla tego działu są: inżynieria ontologiczna (konstruowanie taksonomii, uzupełnionych o różnorodne relacje logiczne w dużych zbiorach tekstu), sieci semantyczne (*Semantic Web*) wraz z inżynierią wyszukiwarek internetowych itp. W zastosowaniach okazuje się ważna interpretacja tej wybranej wiedzy tekstowej przez użytkownika, zatem znów zgodnie z jego wiedzą ukrytą, tak jak to jest prezentowane w *kręgu hermeneutycznym* [8] czy w *hermeneutycznej spirali kreowania wiedzy* [31], [38].

Inżynieria wiedzy może być pomocna w zarządzaniu wiedzą. Oczywiście, samo pojęcie zarządzania wiedzą może być interpretowane – zwłaszcza jeśli uwzględni się duże znaczenie wiedzy ukrytej w umysłach ludzi – jako absurdalne czy wewnętrznie sprzeczne [41]. Jest jednak faktem historycznym, że pojęcie *knowledge management* zostało użyte najpierw w stosunku do narzędzi inżynierii wiedzy, które miały zapewnić ciągłość prac nad oprogramowaniem przez firmę DEC (Digital Equipment Corporation) we wczesnych latach 80. (choć podobne narzędzia, bez użycia hasła *knowledge management*, były już wcześniej stosowane przez firmę IBM). Dopiero w latach 90. to pojęcie-hasło znalazło się w naukach o zarządzaniu, co z jednej strony doprowadziło do ogromnej kariery tego niezbyt precyzyjnego pojęcia, a z drugiej – do licznych kontrowersji interpretacyjnych (obszerniejszą dyskusję tych kontrowersji przedstawiono, np. w [39]).

## Prace w zakresie inżynierii wiedzy w Instytucie Łączności

Zakład Zaawansowanych Technik Informacyjnych w początkach swojej działalności prowadził prace podstawowe w zakresie wielokryterialnej teorii decyzji (zob., np. [14], [15], [36]) oraz prace dotyczące różnorodnych typów logik informacyjnych (zob., np. [24]–[26], [28]). Szybko jednak dołączono do tych prac zastosowania badań podstawowych w zakresie *data mining*, zwłaszcza na potrzeby operatorów telekomunikacyjnych (zob., np. [6], [20]).

Obecnie w Zakładzie bada się kilka podejść do technik inżynierii wiedzy (we wszystkich działach, tj. I, II i III, chociaż z przewagą działu II), polegających na wykorzystaniu:

- metod wielokryterialnej teorii decyzji (II);
- zaawansowanych narzędzi i metod logiki matematycznej (II);
- metod optymalizacji i podziału zbiorów danych do rozpoznawania wzorców, wykrywania zdarzeń oraz anomalii (I, II);
- różnorodnych zaawansowanych metod statystycznych (II);
- metod inżynierii ontologicznej (III).



Wszystkie te metody w większym lub mniejszym stopniu mogą służyć wykrywaniu wiedzy w dużych zbiorach danych. Na przykład, wielokryterialna teoria decyzji była wykorzystana do wykrywania anomalii i zdarzeń w sieciach telekomunikacyjnych, będących bardzo istotnym problemem współczesnych metod zarządzania takimi sieciami [16]. Niezmiernie ważne są prace dotyczące teorii zdarzeń oraz analizy danych powiązanej z analizą zdarzeń, nazywanej *event mining*. Istnieje wiele podejść do teorii zdarzeń, jednak odnoszą się one do zdarzeń bezpośrednio obserwowalnych lub tworzących własne systemy zdarzeń; brak natomiast teorii zdarzeń, odnoszących się do systemów złożonych, obserwowalnych tylko pośrednio, lub do struktur hierarchicznych [11], [12].

W Zakładzie wykonuje się również prace związane z wykorzystaniem metod statystycznych w eksploracji danych [19], [20] oraz wykrywaniem wzorców działania i anomalii w działaniu sieci telekomunikacyjnych (zob., np. [1], [21], [22]).

Ponadto, w Zakładzie Zaawansowanych Technik Informacyjnych prowadzi się prace o charakterze podstawowym, dotyczące logiki matematycznej, stanowiące istotny wkład w rozwój światowej informatyki. Dotychczas wykonane prace dotyczyły, m.in.: teorii dualności w logice, np. dualności dyskretnej dla algebr i systemów relacyjnych, dualności dyskretnej dla teorii przestrzeni, twierdzenia o reprezentacji dla algebr logik rozmytych oraz metody konstruowania systemów typu *dual tableau* [9], [10]. Prace na temat niekonwencjonalnych logik i ich zastosowań obejmowały, m.in.: problemy dyskretnej dualności w logice [7], logiki podobieństwa [9], relacyjną reprezentowalność algebr w logikach substrukturalnych [26], algebry kontekstu i ich dyskretną dualność [27] oraz ich zastosowania.

Metody optymalizacji i podziału zbioru danych w celu ich klasyfikacji są klasycznym narzędziem automatycznego uczenia się, na ogół bardziej skutecznym niż uczenie się perceptronowe czy w sieci neuronowej. Stosuje się przy tym niekiedy podziały nieliniowe, ale nawet w tym przypadku dokonuje się odpowiedniego przekształcenia nieliniowego przestrzeni danych, aby szukać już dalej podziału liniowego – hiperpłaszczyzną lub kilkoma hiperpłaszczyznami – w zmodyfikowanej przestrzeni danych. Problem się komplikuje, gdy dochodzi do analizy bardzo dużej liczby danych, niekiedy przekraczającej możliwości pamięci operacyjnej komputera i wymagającej obróbki strumieniowej; dla takiego właśnie przypadku, w Zakładzie rozwinięto specjalne algorytmy optymalizacyjne, o dużej skuteczności [2]. Metody te mogą być wykorzystane także do wykrywania zdarzeń i anomalii, np. w sieciach telekomunikacyjnych.

Zaawansowane metody analizy statystycznej mogą być stosowane w najrozmaitszych badaniach. W Zakładzie Zaawansowanych Technik Informacyjnych zainteresowania nimi dotyczyły kilku zagadnień: wspomnianego już wykrywania anomalii i zdarzeń w sieciach telekomunikacyjnych oraz ogólnych zastosowań do wykrywania wiedzy w danych, zwłaszcza w danych o rozwoju społeczeństwa informacyjnego w różnych regionach Polski. Te ostatnie odnosiły się m.in. do określenia zróżnicowania wewnątrzregionalnego (między poszczególnymi powiatami), zaawansowania rozwoju społeczeństwa informacyjnego na Mazowszu, czy stopnia przyczynowości relacji między różnymi wskaźnikami społeczno-ekonomicznymi, jak np. dostępnością internetu i dochodami na 1 mieszkańca. W kwestii zróżnicowania posłużono się estymacją krzywych logistycznych rozwoju określonych wskaźników (np. liczby laboratoriów komputerowych w szkołach w powiecie) i wynikającymi z tych krzywych czasami opóźnienia (lub wyprzedzenia) zaawansowania powiatu względem krzywej średniej dla Mazowsza. Okazało się, że wskaźniki zróżnicowania mogą sięgać kilkunastu lat odstępu między powiatem najbardziej i najmniej zaawansowanym. Do określenia stopnia przyczynowości wykorzystano analizę korelacji wzajemnej, dobrze znaną w analizie sygnałów telekomunikacyjnych, ale nie stosowaną do analizy wskaźników społeczno-ekonomicznych. Stwierdzono, że najsilniejsza korelacja występuje między dostępem do internetu w roku ubiegłym i wzrostem dochodów na 1 mieszkańca

w roku bieżącym: zatem najpierw kupujemy dostęp do internetu, potem wzrastają nam dochody, a nie odwrotnie [17].

Ponadto, w Zakładzie badano narzędzia i metody inżynierii ontologicznej. Wypróbowano i porównano – na przykładach analizy tekstów anglojęzycznego oraz polskojęzycznego czasopisma Instytutu, a także polskojęzycznych sprawozdań z prac badawczych – kilka narzędzi ontologicznych, w tym OntoGen<sup>①</sup>, bezpłatny program, służący do budowy ontologii dziedziny na podstawie związanego z nią korpusu dokumentów. Ontologia powstaje w wyniku realizacji interaktywnego procesu wydobywania pojęć i relacji z wykorzystaniem metod eksploracji danych, występujących w postaci tekstowej (*text mining*). W celu analizy dokumentów polskojęzycznych zostało utworzone środowisko programowe o roboczej nazwie OntoGen PL. Najbardziej istotnym problemem jest interakcja ze strony użytkownika systemu, wspieranie tego użytkownika w wyborze pojęć podstawowych, decydujących o konstrukcji górnych warstw ontologii. Współpraca i uwzględnienie podobnych prac prowadzonych w JAIST (Japan Advanced Institute of Science and Technology) w Nomi koło Kanazawy w Japonii [31] wskazuje na celowość użycia *refleksji hermeneutycznej* w tym wyborze. Prace w Instytucie Łączności uzupełniają ten wniosek o celowość wykorzystania metody refleksji organizacyjnej, zaczynającej się od refleksji nad strukturą organizacyjną, ujmującej też przyjętą wizję i strategię instytucji, w razie potrzeby pogłębioną refleksją hermeneutyczną [5], [32].

## Współpraca międzynarodowa w zakresie inżynierii wiedzy – wnioski epistemologiczne

Inżynieria wiedzy jest przedmiotem bardzo intensywnej współpracy międzynarodowej Instytutu Łączności. Międzynarodowa konferencja *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*, organizowana od 2000 r., gromadzi przedstawicieli wielu krajów, zwłaszcza Japonii, Austrii, Portugalii i Niemiec. Instytut Łączności ma też umowy o współpracy badawczej w tym zakresie z IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) w Laxenburgu koło Wiednia (w Austrii), z JAIST (Japan Advanced Institute of Science nad Technology) w Nomi koło Kanazawy (w Japonii), INECS-Coimbra (Instituto de Estudos Sócios-Econômicos) w Coimbra (w Portugalii) oraz z innymi instytucjami badawczymi. Prace z dziedziny dualności w logice są prowadzone we współpracy z pracownikami Wydziału Matematyki na Uniwersytecie Stellenbosch (RPA), Wydziałów Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej oraz Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego. Implementacje procedur decyzyjnych są tworzone przy ścisłej współpracy z Instytutem Matematyki Stosowanej Uniwersytetu w Maladze. Zagadnienia dotyczące modelowania strumieni danych są prowadzone we współpracy z naukowcami z Belgii (Univeristy of Antwerp), Holandii (Technical University of Eindhoven) i Niemiec (Max Planck Institute fur Informatik, Saarbrücken). Zostanie to zilustrowane przykładowymi rezultatami współpracy badawczej z JAIST.

Wymiana pracowników badawczych doprowadziła do powstania dwóch obszernych monografii [37], [38], dotyczących ogólnie zagadnień opisu procesów kreowania wiedzy i wspomagania kreatywności. W pracach tych uczestniczyli także inni pracownicy Zakładu (zob. [18], [33]). W wyniku tej współpracy powstała *ewolucyjna racjonalna teoria intuicji* (zob., np. [35]), oparta na wiedzy w dziedzinie telekomunikacji i technik informatycznych, ale tłumacząca racjonalnie i ewolucyjnie zarówno potęgę poznawczą intuicji, jak i jej zawodność (klasyczna filozofia albo podkreślała nie-

<sup>①</sup> „OntoGen”, <http://ontogen.ijs.si/>

zawodność intuicji, albo usiłowała – w związku z jej udowodnioną zawodnością – nadać intuicji znaczenie aracionalne czy transcendentalne).

Dalsze wyniki tej współpracy dotyczyły także zagadnień epistemologicznych, a mianowicie podstaw nowego *episteme* dla epoki cywilizacji wiedzy, tworzonej w wyniku rewolucji informacyjnej. Do podstaw tych należą dwie zasady [34], [40]: zasada multimedialna oraz zasada wyłaniania się (*emergencji*).

**Zasada multimedialna przyjmuje, że słowa są tylko uproszczonym kodem, służącym do opisu znacznie bardziej złożonej rzeczywistości, informacja wizualna i ogólnie przedstówna jest znacznie potężniejsza.** Wiąże się to z intuicyjnym rozumowaniem i wiedzą; przyszły zapis intelektualnego dziedzictwa ludzkości będzie miał charakter multimedialny, stymulujący kreatywność.

**Zasada wyłaniania się (*emergencji*) wskazuje, że nowe własności systemów wyłaniają się wraz ze zwiększeniem stopnia złożoności i własności te są jakościowo różne oraz nieredukowalne do własności części tych systemów.**

Obie te zasady mogą się wydawać zdroworozsądkowymi, intuicyjnymi sformułowaniami; ważny jest fakt, że obie są uzasadnione racjonalnie i oparte na danych naukowych. Co więcej, „idą” one dalej i są w pewnym sensie przeciwstawne do modnych trendów poststrukturalizmu oraz postmodernistycznej filozofii czy socjologii wiedzy.

Zgodnie z zasadą multimedialną, trudno zgodzić się na to, że *świat jest konstruowany przez nas w społecznym dyskursie*, jak to chce nas przekonać poststrukturalistyczna i postmodernistyczna filozofia. Należy raczej brać pod uwagę fakt, że *obserwujemy świat wszystkimi naszymi zmysłami, włącznie ze wzrokiem, i usiłujemy znaleźć słowa adekwatne do opisu naszych przedstównych spostrzeżeń, aby wyrazić je w języku. Język jest skrótem w ewolucji cywilizacyjnej ludzkości, nasz oryginalny sposób myślenia jest przedstówny, często nieświadomy.*

Zasada multimedialna jest silnie związana z techniką i ma różnorodne skutki odnośnie do kreowania techniki. *Kreowanie technik informacyjnych powinno koncentrować się na multimedialnych aspektach wspomagania komunikacji i kreatywności. Kreowanie techniki zaczyna się w istocie od myślenia przedstównego.*

Zasada wyłaniania się jest również częściowo umotywowana doświadczeniem technicznym, zwłaszcza technik informacyjnych. Podkreśla ona, że nowe własności, wyłaniające się ze wzrostem złożoności systemów, są *jakościowo różne i nieredukowalne do własności części tych systemów*. Może się to wydawać wnioskiem z klasycznych pojęć teorii systemów, synergii i holizmu, czy też metafizycznym przekonaniem religijnym; rzecz w tym, że obie takie upraszczające interpretacje są błędne. *Synergia i holizm mówią, że całość jest większa od sumy swych części, ale nie podkreślają nieredukowalności. Tak więc, w klasycznym rozumowaniu systemowym, całość jest większa, ale nadal może być redukowana do swych części*<sup>①</sup>.

① Redukcja czy redukowanie się oznacza tu wyjaśnienie działania i własności pewnego systemu czy całości przez własności części oraz przez relacje przyczynowo-skutkowe. We współczesnej teorii chaosu deterministycznego czy stochastycznego jest znanych natomiast wiele racjonalnie tłumaczonych (wynikających z cech matematycznych złożonych dynamicznych systemów nieliniowych) przypadków wyłaniania się nowego porządku, o własnościach nieprzewidywalnych zdroworozsądkowo, nieredukowalnych do własności elementarnych. We współczesnej technice telekomunikacji wykorzystuje się praktycznie nieredukowalność do pokonywania złożoności systemów, np. zakładając niezależność funkcji (czyli nieredukowalność) kolejnych warstw protokołów sieciowych (zob., np. [38]).

Tymczasem najlepszym niedawnym przykładem fenomenu emergencji było spontaniczne wyłonienie się pojęcia *software* w ewolucji technicznej i cywilizacyjnej ostatnich pięćdziesięciu lat. Oprogramowanie, *software*, nie może działać bez sprzętu (*hardware*), ale nie może być zredukowane do – czy wytłumaczone przez – własności sprzętu. Fakt ten ma też pewne znaczenie dla metafizyki Absolutu, gdyż przeczy argumentom kreacjonistów, którzy twierdzili, że nieredukowalna złożoność nie mogła spontanicznie wyłonić się w ewolucji, musiała być wynikiem inteligentnego projektu świata; tymczasem ewolucja cywilizacyjna nawet w trakcie ostatnich pięćdziesięciu lat daje przykłady takiej spontanicznej emergencji. Natomiast planowe wykorzystanie emergencji w technikach informacyjnych dotyczy, np. siedmiu warstw funkcjonalności sieci teleinformatycznych i innych przykładów wykorzystania podziału funkcji złożonych systemów na warstwy w celu opanowania ich złożoności.

Tak więc zasada wyłaniania się jest przeciwstawna redukcjonizmowi. Trzeba tu podkreślić, że nauki ścisłe i przyrodnicze, bardziej paradygmatyczne niż technika, nadal hołdują redukcjonizmowi, np. fizycy wierzą, że obliczenia kwantowe zmieniają zasadniczo techniki obliczeniowe, podczas gdy analizując rozwój *software'u* oraz nauk obliczeniowych, można dojść do wniosku, że obliczenia kwantowe zmieniają zasadniczo tylko sprzęt, nie oprogramowanie, które rozwija się według zasad nieredukowalnych do sprzętu.

## Uwagi końcowe

W ciągu ostatniej dekady szczególnego znaczenia w telekomunikacji oraz szerzej – w wykorzystaniu internetu – nabrało wynajdywanie interesujących formuł logicznych, czy szerzej – relacji, interesujących informacji, czy modeli wiedzy w bardzo dużych zbiorach danych bądź to zgromadzonych np. przez operatorów telekomunikacyjnych, bądź też po prostu dostępnych w internecie. Działalność taka w terminologii angielskiej jest określana jako *data mining* lub *knowledge mining*; związane z tym inne pojęcia to *knowledge management*, *knowledge engineering* czy wręcz *knowledge science*. Ponieważ *naukoznawstwo* ma inne (filozoficzne) tradycyjne znaczenie w języku polskim, *zarządzanie wiedzą* zaś jest dzisiaj głównie przedmiotem nauk o zarządzaniu, w pracach Instytutu Łączności postanowiono raczej posługiwać się w tym zakresie szeroko rozumianym pojęciem *inżynierii wiedzy*.

Badania dotyczą przy tym kilku głównych działów technik inżynierii wiedzy: wykorzystania zaawansowanych narzędzi i metod logiki matematycznej, wykorzystania metod inżynierii ontologicznej, wykorzystania metod optymalizacji i podziału zbiorów danych do rozpoznawania wzorców, wykrywania zdarzeń i anomalii, wykorzystania metod wielokryterialnej teorii decyzji oraz wykorzystania różnorodnych zaawansowanych metod statystycznych. Wszystkie one, w większym lub mniejszym stopniu, mogą służyć wykrywaniu wiedzy w dużych zbiorach danych.

Zagadnienia inżynierii wiedzy są też przedmiotem bardzo intensywnej współpracy międzynarodowej Instytutu Łączności. Od 2000 r. IŁ organizuje międzynarodową konferencję *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*, gromadzącą przedstawicieli wielu krajów. Zostały podpisane również umowy o współpracy badawczej z IIASA, z JAIST oraz z innymi instytucjami badawczymi.

Zastosowania inżynierii wiedzy mogą dotyczyć bardzo wielu dziedzin. W Instytucie Łączności wykonuje się różnorodne prace dla operatorów telekomunikacyjnych, stosuje się zaawansowane metody statystyczne inżynierii wiedzy do analizy zaawansowania różnych wskaźników rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce (głównie na Mazowszu), a także metody inżynierii ontologicznej we wspomaganiu zarządzania wiedzą w jednostkach badawczych itp.

## Bibliografia

- [1] Białoń P., “An eclectic approach to network service failure detection based on multicriteria analysis with an example of mixing probabilistic context free grammar models”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 32–39, 2008.
- [2] Białoń P., “A linear support vector machine for large numbers of training examples”, *Control and Cybernetics*, 2009 (in print).
- [3] Bishop C. M., *Pattern Recognition and Machine Learning*. Singapore: Springer, 2006.
- [4] Calders T., Jaroszewicz S., “Efficient AUC optimization for classification”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Berlin: Springer, 2007, vol. 4702, pp. 42–53.
- [5] Chudzian C., “Ontology creation process in knowledge management support system for a research institute”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 47–53, 2008.
- [6] Clímaco J., Traczyk W., Granat J., “Decision support for telecommunications and information society: introduction”, *European Journal of Operational Research*, vol. 181, no. 3, pp. 1017–1018, 2007.
- [7] Düntsch I., Orłowska E., “A discrete duality between apartness algebras and apartness frames”, *Journal of Applied Non-Classical Logics*, vol. 18, no. 2–3, pp. 209–223, 2008.
- [8] Gadamer H.-G., *Wahrheit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik*. J.B.C. Mohr (Siebeck), Tübingen, 1960.
- [9] Golińska-Pilarek J., Orłowska E., “Logics of similarity and their dual tableaux. A survey”, in *Preferences and Similarities*, Della Riccia G., Dubois D., Lenz H. J., Kruse R., Eds. New York: Springer, 2008, vol. 504, pp. 129–159.
- [10] Golińska-Pilarek J., Orłowska E., “Relational proof systems for spatial reasoning”, in *Algebraic and Relational Deductive Tools: Journal of Applied Non-Classical Logics*, Orłowska E., Policriti B., Szałas A., Eds., vol. 16, pp. 409–431, 2006.
- [11] Granat J., “A framework for event based modeling and analysis”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 88–90, 2006.
- [12] Granat J., “Event mining based on observations of the system”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 3, pp. 87–90, 2005.
- [13] Granat J., “Models and algorithms for event mining”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 53–57, 2007.
- [14] Granat J., Guerriero F., “The interactive analysis of the multicriteria shortest path problem by the reference point method”, *European Journal of Operational Research*, vol. 151, pp. 103–118, 2003.
- [15] Granat J., Makowski M., “Interactive specification and analysis of aspiration-based preferences”, *European Journal of Operational Research*, vol. 122, pp. 469–485, 2000.
- [16] Granat J., Wierzbicki A. P., “Objective classification of empirical probability distributions and the issue of event detection”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 3, pp. 24–27, 2008.
- [17] Grzegorek J., Wierzbicki A. P., “New statistical approaches in the systemic analysis of regional, intra-regional and cross-regional factors of information society and economic development; the case of Mazovia”, in *Proc. Conference Development Trends of Mazovia – Mazovia Quo Vadis*, Warsaw, Poland, June 2009.



- [18] Ho T. B., Kawasaki S., Granat J., “Knowledge acquisition by machine learning and data mining”, in *Creative Environments*, Wierzbicki A. P., Nakamori Y., Eds. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007, pp. 69–92.
- [19] Jaroszewicz S., “Minimum variance associations – discovering relationships in numerical data”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008, vol. 5012, pp. 172–183.
- [20] Jaroszewicz S., Granat J., “Data mining w systemach dynamicznych”. Warszawa, Instytut Łączności, 2007.
- [21] Jaroszewicz S., Ivantysynova L., Scheffer T., “Schema matching on streams with accuracy guarantees”, *Intelligent Data Analysis*, vol. 12, no. 3, pp. 253–270, 2008.
- [22] Jaroszewicz S., Scheffer T., Simovici Dan A., “Scalable pattern mining with Bayesian networks as background knowledge”, *Data Mining and Knowledge Discovery*, pp. 1–45, 2008.
- [23] Nonaka I., Takeuchi H., *The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press, 1995.
- [24] Orłowska E., *Informational Representability of Models for Information Logics*. Dordrecht: Kluwer, 1997.
- [25] Orłowska E., *Logic at Work*. Physica Verlag c/o Springer. Berlin-Heidelberg: Springer, 1999.
- [26] Orłowska E., Radzikowska A. M., “Relational representability for algebras of substructural logics”, in *Relational Methods in Computer Science*, MacCaull W., Winter M., Düntsch I., Eds., *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer, 2006, vol. 3929, pp. 212–226.
- [27] Orłowska E., Rewitzky I., “Context algebras, context frames, and their discrete duality”, in *Transactions on Rough Sets IX, Lecture Notes in Computer Science*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008, vol. 5390, pp. 212–229.
- [28] Orłowska E., Rewitzky I., “Duality via truth: semantic frameworks for lattice-based logics”, *Logic Journal of the IGPL*, vol. 13, no. 4, pp. 467–490, 2005.
- [29] Polanyi M., *The Tacit Dimension*. London: Routledge and Kegan, 1966.
- [30] Ren H., Tian J., Wierzbicki A. P., Nakamori H., Klimasara E., “Ontology construction and its applications in local research communities”, in *IFIP Working Group 7.6 Workshop on Modelling and Decision Support for Network-based Services*, Warsaw, Poland, Sept. 2008.
- [31] Ren H., Wierzbicki A. P., Tian J., Nakamori H., “Creative environments for scientific research in a research institute”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 35–47, 2007.
- [32] Sobieszek J., “Towards a unified architecture of knowledge management system for a research institute”, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, no. 4, pp. 54–59, 2008.
- [33] Traczyk W., Wierzbicki A. P., Huynh V. N., “Knowledge representation and multiple criteria aggregation”, in *Creative Environments*, Wierzbicki A. P., Nakamori Y., Eds. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007, pp. 281–320.
- [34] Wierzbicki A. P., “Issues of metaphysics from technological perspective: the importance of multimedia principle and emergence principle”, *Dialogue and Universalism*, vol. 12, pp. 17–30, 2007.
- [35] Wierzbicki A. P., “Knowledge creation theories and rational theory of intuition”, *International Journal for Knowledge and Systems Science*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2004.
- [36] Wierzbicki A. P., Makowski M., Wessels J., *Model-Based Decision Support Methodology with Environmental Applications*. Boston-Dordrecht: Kluwer, 2000.

- [37] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., *Creative Environments: Issues of Creativity Support for the Knowledge Civilization Age*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2007.
- [38] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., *Creative Space: Models of Knowledge Creation Processes for the Knowledge Civilization Age*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2006.
- [39] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., “Knowledge sciences – some new developments”, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, vol. 77, no. 3, pp. 271–296, 2007.
- [40] Wierzbicki A. P., Nakamori Y., “The episteme of knowledge civilization”, *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 8–20, 2007.
- [41] Wilson T. D., “The nonsense of “knowledge management”, *Information Research*, vol. 8, no. 1, paper no. 144, 2002.

### Janusz Granat



Dr inż. Janusz Granat (1961) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1987); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej (od 1988); pracownik naukowy Instytutu Łączności (od 1997), kierownik Zakładu Zaawansowanych Technik Informacyjnych IŁ; przewodniczący grupy badawczej IFIP WG7.6, współpracownik IIASA w Austrii oraz JAIST w Japonii; współorganizator międzynarodowej konferencji *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*; kierownik wielu projektów badawczych; autor i współautor wielu publikacji naukowych; zainteresowania naukowe: teoria i metodologia optymalizacji wektorowej, hurtownie danych, analiza danych, projektowanie komputerowych systemów wspomagania decyzji.  
e-mail: J.Granat@itl.waw.pl

### Andrzej P. Wierzbicki



Prof. zw. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki (1937) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1960); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy wielu uczelni (Politechnika Warszawska, Uniwersytet Minnesota, Uniwersytet Browna, Uniwersytet Kioto, IIASA, JAIST), pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1996), dyrektor naczelny IŁ (1996–2004); organizator działalności badawczej i naukowej; członek Information Society Advisory Group (ISTAG) powołany przez Komisję Europejską, przewodniczący Zespołu Doradców KBN ds. Naukowej Współpracy Międzynarodowej, wiceprzewodniczący Komitetu Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN; autor licznych publikacji; zainteresowania naukowe: teoria i metodologia optymalizacji wektorowej, wspomagania decyzji i projektowania, teoria oraz metody obliczeniowe optymalizacji, techniki i sztuka negocjacji, zjawiska cywilizacyjne, rynkowe oraz techniczne związane z pojęciami społeczeństwa informacyjnego i cywilizacji informacyjnej.  
e-mail: A.Wierzbicki@itl.waw.pl

# Internet Przyszłości – nowa generacja sieci telekomunikacyjnych

Wojciech Burakowski

Obecna sieć internet opiera się na stosie protokołów TCP/IP oraz dwóch głównych założeniach: na oferowaniu jednej klasy usług (tj. usługi *best effort*) oraz przewymiarowaniu sieci. Te założenia projektowe w istotny sposób ograniczają obecnie rozwój sieci internet, uniemożliwiając oferowanie usług wymagających przekazu informacji w czasie rzeczywistym. W artykule przedstawiono wyniki dotychczasowych prac ukierunkowanych na wprowadzenie jakości przekazu pakietów w sieci internet oraz przyjęte na dzień dzisiejszy główne założenia budowy sieci, nazwanej Internet Przyszłości.

sieci TCP/IP, architektura DiffServ, architektura NGN, sieci Internet Przyszłości

## Wprowadzenie

Infrastruktura sieci telekomunikacyjnych podlega ciągłym zmianom, przy czym zmiany te są zarówno ewolucyjne, jak i rewolucyjne. Przykładem zmiany ewolucyjnej było wprowadzenie techniki NISDN (*Narrowband Integrated Service Digital Network*), która poszerzała funkcjonalność sieci telefonicznych o możliwości komutacji kanałów o różnych szybkościach bitowych ( $n \times 64$  kbit/s) oraz wprowadzenie usługi przekazu pakietów. Z kolei, wprowadzenie sieci internet opartej na stosie protokołów TCP/IP (*Transport Control Protocol/Internet Protocol*) można uznać za przykład rewolucyjnego rozwoju infrastruktury telekomunikacyjnej. W porównaniu z sieciami z komutacją kanałów, w których główny nacisk jest położony na zestawianie, utrzymanie i rozłączanie fizycznych ścieżek, łączących w sieci urządzenia końcowe, w sieci TCP/IP z komutacją pakietów podstawą jest połączenie wirtualne lub tzw. bezpołączeniowy przekaz pakietów oraz przeniesienie „inteligencji” z sieci do urządzeń końcowych. W przypadku sieci TCP/IP kluczowym elementem jest protokół TCP, który jest umiejscowiony na zewnątrz sieci i ma mechanizmy do adaptacji szybkości generowania informacji do sieci do warunków ruchowych panujących w niej. W tym czasie, między techniką NISDN i techniką TCP/IP, w latach 90. pracowano nad techniką ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), która łączy właściwości komutacji kanałów, polegającej na zestawianiu połączeń oraz zarządzaniu sieciami, z właściwościami komutacji pakietów, opartej na przekazywaniu pakietów w sieci (w tym przypadku pakietów o stałej długości, zwanych komórkami). Obecnie, mimo wielu zalet techniki ATM, infrastruktura telekomunikacyjna sieci internet działa, wykorzystując technikę TCP/IP. Dlatego, w pierwszej dekadzie bieżącego wieku, główne prace dotyczące sieci TCP/IP skupiały się wokół poprawy funkcjonalności tej techniki i obejmowały takie zagadnienia, jak: zapewnienie jakości przekazu pakietów (*Quality of Service – QoS*), współpraca z innymi sieciami, zarządzanie siecią, wprowadzenie ochrony przekazu informacji, polepszenie działania protokołu TCP itd. Prace te były prowadzone w ramach licznych projektów międzynarodowych, projektów krajowych, organizacji standaryzacyjnych itp.

Jak już wspomniano, podstawą działania obecnej sieci internet jest stos protokołów TCP/IP. Ponadto, operatorzy sieci przyjęli dwa główne założenia:

- w sieci oferuje się jedną klasę usług, tj. usługę *best effort*;
- w miarę możliwości, zasoby sieci są przewymiarowane.

Wymienione założenia projektowe przyczyniły się do niebywałego rozwoju internetu, ponieważ jego użytkownicy korzystają głównie z aplikacji, które nie wymagają formalnych gwarancji na jakość przekazu pakietów. Aplikacje, takie jak przeglądanie stron www, *e-mail*, pobieranie zbiorów, są obecnie bardzo popularne i niezmiernie przydatne przy różnego rodzaju działalności. Wszegobecność internetu wiąże się z nowymi oczekiwaniami użytkowników, dotyczącymi m.in. bezpieczeństwa, gwarancji jakości przekazu, dostępu bezprzewodowego, niezawodności. Jednak dalszy rozwój infrastruktury internetu opartej na protokołach TCP/IP jest mało prawdopodobny. Sieć IP jest relatywnie prosta i dodanie nowej funkcjonalności czyni ją bardzo złożoną. Przykładowo, dodanie do sieci możliwości zapewnienia jakości przekazu pakietów wymaga wprowadzenia nowych złożonych architektur, takich jak *DiffServ* (*Differentiated Services*) oraz NGN (*Next Generation Network*). Ponadto, powszechnie stosowana wersja protokołu IP, tj. IPv4, musi być w niedalekiej przyszłości zastąpiona wersją IPv6, co z kolei wynika głównie z konieczności zwiększenia puli adresowej. Nasuwają się zasadnicze pytania: w jakim kierunku powinny pójść prace nad polepszeniem funkcjonalności infrastruktury internetu? Czy można polepszyć infrastrukturę sieci TCP/IP w sposób ewolucyjny, czy też należy poszukiwać nowych rozwiązań? Oba wymienione kierunki badawcze są obecnie tematem wielu projektów europejskich. Nowe rozwiązania sieciowe są nazywane terminem Internet Przyszłości (*Future Internet*).

W dalszej części artykułu przedstawiono architekturę *DiffServ*, która jest obecnie implementowana w kraju w ramach projektu *Zarządzanie ruchem w sieciach IP*, będącym częścią większego projektu PBZ-MNiSW-02-II/2007 *Usługi i sieci teleinformatyczne następnej generacji – aspekty techniczne, aplikacyjne i rynkowe*. Opisano wybraną implementację sieci opartej na architekturze NGN, nazwaną systemem EuQoS, opracowaną w ramach projektu 6 PR UE *EuQoS – End-to-End Quality of Service over Heterogeneous Networks* oraz zagadnienia, będące obecnie przedmiotem badań w ramach Internetu Przyszłości.

## Architektura *DiffServ*

Jedną z ważnych propozycji zapewnienia jakości przekazu pakietów w sieci internet, opartej na protokołach TCP/IP jest architektura *DiffServ* [2], [4], [5], [12]. Prace dotyczące tej architektury rozpoczęły się blisko 10 lat temu i jej wstępne implementacje powstały m.in. w ramach projektów europejskich. Dobrym przykładem są wyniki europejskiego projektu AQUILA [3], [6], [9], [16], w którym opracowano i przetestowano prototypową implementację. Właśnie, na założeniach tego projektu, w którym uczestniczył Zespół Telekomunikacyjnych Technik Sieciowych [25] z Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej, jest obecnie implementowany w kraju prototypowy system wykorzystujący architekturę *DiffServ*, zwany roboczo systemem IP QoS [10], [13], [19], [20], [21], [22]. W projekcie tym bierze udział m.in. zespół pracowników Instytutu Łączności, który jest odpowiedzialny za utworzenie środowiska sieci laboratoryjnej i przetestowanie efektywności działania systemu.

Atrakcyjność architektury *DiffServ* wynika głównie z następujących powodów:

- wprowadza wiele klas usług CoS (*Class of Service*), różniących się między sobą gwarantowaną jakością przekazu pakietów i profilami obsługiwanego ruchu;
- klasy usług są dopasowane do konkretnych rodzajów aplikacji;
- obsługa *per* połączenie odbywa się jedynie w ruterach brzegowych, w ruterach szkieletowych zaś są rozróżniane jedynie strumienie ruchu, różniące się przynależnością do danej klasy;
- jest to architektura powszechnie uważana za wzorcową architekturę skalowalną.

Jakkolwiek architektura *DiffServ* została zdefiniowana dla pojedynczej domeny, prace nad jej rozszerzeniem na wiele domen były kontynuowane w wielu projektach europejskich, w tym m.in. w projekcie *EuQoS* [7], [8], [11], [17], [18].

Zapewnienie jakości przekazu pakietów w systemie IP QoS jest realizowane przez utrzymywanie w sieci pewnej liczby wyspecyfikowanych klas usług [10], [22]. Przez pojęcie klasa usługi należy rozumieć możliwości sieci do przekazu pakietów, zgodnie z przyjętymi *a priori* wymaganiami. W systemie IP QoS usługi te są dostępne w ramach jednej domeny i są ustanowione między każdą parą ruterów brzegowych sieci. Strumienie pakietów generowane podczas wybranej aplikacji wymagającej jakości przekazu są obsługiwane wyłącznie w ramach określonej klasy usługi. Klasy usług są uważane za ogólnie znane. System IP QoS dotyczy tylko jednej domeny, odwołuje się zatem do klas usług „koniec-koniec” [2], [8], które są zdefiniowane dla sieci wielodomenowych. W szczególności, w jednej domenie, można łączyć w jedną klasę usług ruch przesyłany w ramach wielu klas usług typu „koniec-koniec”.

**Tabl. 1. Mapowanie aplikacji i klas usług „koniec-koniec”  
na klasy usług w systemie IP QoS, wymagania QoS oraz opis ruchu**

Typ aplikacji	Klasy usług „koniec-koniec”	Klasy usług w systemie IP QoS	Wymagania QoS			Opis ruchu
			IPLR	wartość średnia IPTD	IPDV	
<i>Voice over IP (VoIP)</i>	<i>Telephony</i>	<i>Real Time (RT)</i>	$10^{-3}$	100 ms	50 ms	(PBR, PBRT)*
<i>Interactive games</i>	<i>RT Interactive</i>					
<i>Video on Demand (VoD)</i>	<i>MM Streaming</i>	<i>MM Streaming</i>	$10^{-3}$	1s nie jest krytyczne	nie jest krytyczne	(PBR, PBRT)
<i>File Transfer Protocol (FTP)</i>	<i>High Throughput Data (HTD)</i>	<i>High Throughput Data (HTD)</i>	$10^{-3}$	1s nie jest krytyczne	nie jest krytyczne	(PBR, PBRT)
	<i>Standard (STD)</i>	<i>Standard (STD)</i>	nie jest krytyczne	nie jest krytyczne	nie jest krytyczne	brak

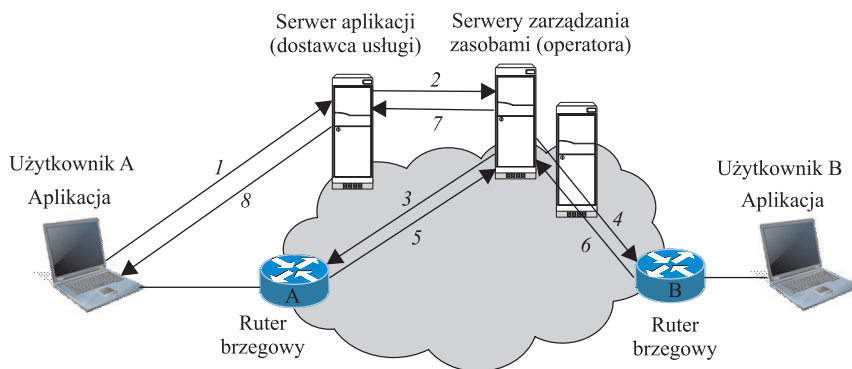
\*) PBR – *Peak Bit Rate*, PBRT – *Peak Bit Rate Tolerance*: parametry opisu ruchu właściwe dla pojedynczego mechanizmu *token bucket* (maksymalna szybkość bitowa, tolerancja dla maksymalnej szybkości bitowej).

W tablicy 1 umieszczono listę planowanych do implementacji klas usług wraz z ich przeznaczeniem i wartościami gwarantowanych parametrów opisujących jakość przekazu pakietów. Są to: średni czas przekazu pakietów IPTD (*IP Packet Transfer Delay*), zmienność opóźnienia pakietów IPDV (*IP Packet Delay Variation*) i poziom strat pakietów IPLR (*IP Packet Loss Ratio*). Dokładniejsze omówienie przyjętych klas usług w systemie IP QoS przedstawiono w [22].



Poniżej zaprezentowano architekturę systemu IP QoS, w której wyróżniono dwa typy elementów sieciowych: routery brzegowe RB (*Border Router*) i routery szkieletowe CR (*Core Routers*). Urządzenia brzegowe służą do podłączania do sieci użytkowników końcowych i implementują pełny zestaw mechanizmów związanych z obsługą pojedynczych strumieni ruchu; przykładowo klasyfikatorów, czy też urządzeń monitorujących zgodność z deklarowanym profilem ruchowym wraz z markowaniem pakietów. Zgodnie z architekturą *DiffServ*, routery szkieletowe nie rozróżniają pojedynczych podstrumieni ruchu (*microflow*), operując jedynie na niewielkiej liczbie, w tym przypadku czterech, zdefiniowanych klasach usług. Klasa usługi obejmuje zagregowany strumień pakietów (*macroflow*), łącząc w sobie wiele podstrumieni. Pakiety przynależne danej klasie ruchu podlegają takim samym regułom obsługi w węźle sieci (*Per Hop Behavior* – PHB).

Proces zestawiania połączeń w sieci IP QoS przedstawiono na rys. 1. W celu zestawienia połączenia w sieci, użytkownik wysyła swoje żądanie zestawienia połączenia (wiadomość 1 na rys. 1), które jest obsługiwane przez serwer aplikacji. Żądanie to jest następnie przesyłane do serwera odpowiedzialnego za zarządzanie zasobami w sieci (wiadomość 2), który sprawdza dostępność zasobów sieciowych i – jeżeli są one dostępne – przesyła odpowiednie wiadomości do routerów brzegowych (wiadomości 3 i 4) do ustawienia mechanizmów PHB (klasyfikator, urządzenie monitorujące). Po otrzymaniu pozytywnych potwierdzeń (wiadomości 5 i 6), serwer ten następnie odpowiada pozytywnie do serwera aplikacji (wiadomość 7), a ten z kolei zawiadamia użytkownika o rezerwacji zasobów i możliwości rozpoczęcia przekazu danych (wiadomość 8). Warto przypomnieć, że istotą architektury *DiffServ* jest to, że jedynie w routerach brzegowych są dokonywane operacje *per pojedyncze połączenie*, natomiast w routerach szkieletowych – operacje *per klasa*.

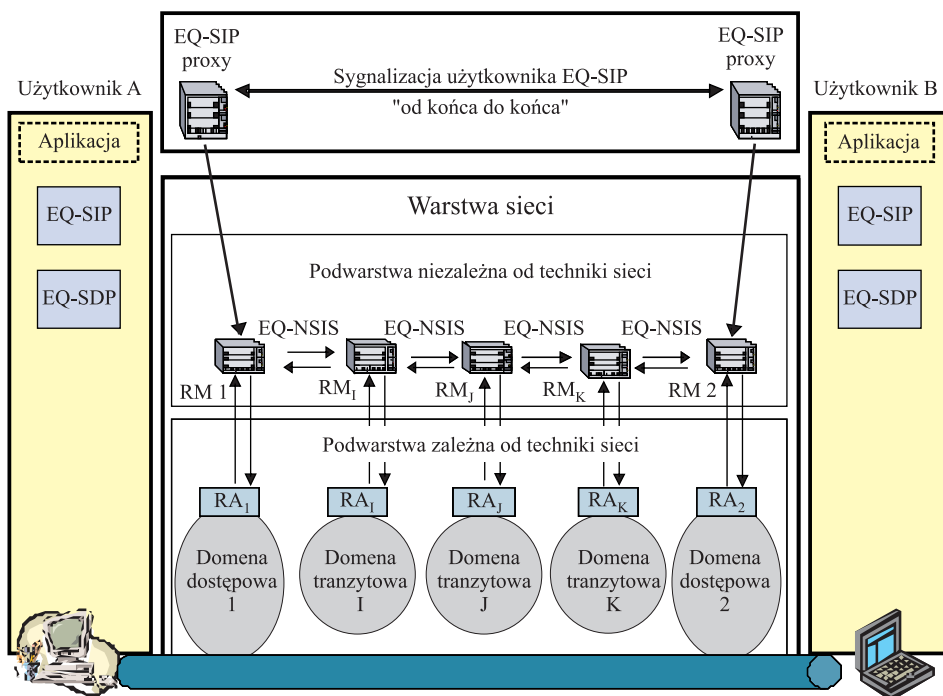


Rys. 1. Scenariusz obsługi połączenia w systemie IP QoS

Jak wspomniano, system IP QoS jest pierwszym implementowanym w Polsce systemem, zapewniającym jakość przekazu pakietów. Planuje się, że – po przetestowaniu w laboratorium Instytutu Łączności – system ten będzie demonstrowany operatorom sieci krajowych. Ważnym elementem systemu są aplikacje, od których wymaga się, aby były zdolne wysłać swoje żądanie zestawienia połączenia do sieci. Aplikacje takie są nazywane aplikacjami świadomymi istnienia w sieci różnych klas usług (*QoS Aware Applications*). W projekcie zakłada się, że dostępne aplikacje komercyjnie będą wzbogacone o tę funkcjonalność.

## Architektura NGN

Zasadniczą zaletą architektury NGN jest wprowadzenie nowej funkcjonalności, która umożliwia rezerwację zasobów w wielodomenowej sieci internet dla wybranych strumieni ruchu. W efekcie, sieci NGN powinny być zdolne do utrzymania połączeń „koniec-koniec”, które zapewniają jakość przekazu pakietów. Przykładem implementacji architektury NGN jest system EuQoS [7], [8], [11], [17], [18], który oferuje zróżnicowane klasy usług „od końca do końca”, tj. od użytkownika do użytkownika. System EuQoS powstał w ramach projektu 6 PR UE, w którym uczestniczył Zespół Telekomunikacyjnych Technik Sieciowych [25] z Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej. W systemie EuQoS przyjęto wielodomenową strukturę sieci internet, z rozróżnieniem na domeny dostępne i tranzytowe. Domenami dostępowymi może być jedna z obecnie dostępnych sieci, tj. sieć WiFi (*Wireless Fidelity*), xDSL (*xDigital Subscriber Line*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), LAN/Ethernet (*Local Area Network/Ethernet*), czy też sieć satelitarna, natomiast domenami tranzytowymi są sieci IP. Założono, że system EuQoS powinien wspierać przekaz informacji generowanych przez reprezentatywne obecnie aplikacje, tj. telefonię internetową, wideokonferencję, wideo na żądanie, usługi medyczne, telewizję internetową, gry interaktywne itd.



Rys. 2. Architektura systemu EuQoS

Ogólny schemat architektury systemu EuQoS przedstawiono na rys. 2. Są w niej dwie podstawowe części, dotyczące strony użytkownika i strony sieci. Zakłada się, że użytkownik komunikuje się z siecią z zastosowaniem protokołu, będącego wzbogaconą wersją protokołu SIP (*Session Initialization Protocol*). W porównaniu z wersją standardową, protokół EQ-SIP (*Enhanced version SIP*) umożliwia

przekaz żądania zestawienia połączenia z określeniem wymagań dotyczących jakości przekazu i żądanych zasobów w sieci. Żądanie to jest odbierane przez urządzenie SIP-proxy i jest przekazywane do podobnego urządzenia, do którego jest zarejestrowany wywołujący użytkownik. Po uzgodnieniu warunków połączenia, przykładowo dla aplikacji VoIP po uzgodnieniu typu kodeka, żądanie zestawienia połączenia jest przekazywane sieci. W warstwie sieciowej są rozróżniane dwie zasadnicze podwarstwy. Wyższa z tych warstw jest niezależna od użytej w danej domenie techniki sieciowej i jej funkcjonalność obejmuje obsługę oraz przekaz sygnalizacji i realizację funkcji związanych z wymiarowaniem łączy między domenami (uzgodnień między operatorami). Druga, niższa warstwa realizuje funkcje rezerwacji zasobów i ustawienia mechanizmów właściwych dla danej techniki sieciowej.

W systemie EuQoS wprowadzono nowe urządzenia do sieci. Do realizacji wyższej warstwy sieciowej wprowadzono urządzenie RM (*Resource Manager*), które realizuje funkcje węzła sygnalizacyjnego, czyli odbiera żądania zestawienia połączenia, sprawdza, czy takie połączenie może być zrealizowane i – jeżeli to jest możliwe – wówczas wysyła żądanie rezerwacji zasobów do niższej warstwy. Urządzenie RM ma informację o domenie – odnośnie do jej topologii, routingu, dostępnych zasobów itp. Informacje te są zbierane w bazie danych. Do realizacji warstwy niższej wprowadzono urządzenie RA (*Resource Allocator*), którego zadaniem jest sprawdzenie dostępności zasobów na poszczególnych łączach w domenie i na łączach międzydomenowych. W zależności od użytej techniki sieciowej, np. WiFi czy też UMTS, rozwiązania RA są różne.

Aby zrealizować system EuQoS, konieczne było wyspecyfikowanie i zaimplementowanie rozszerzonych wersji takich protokołów, jak: EQ-SIP, EQ-BGP (*Enhanced Border Gateway Protocol*), EQ-NSIS (*Enhanced Next Steps in Signaling*) i COPS (*Common Open Policy Service Protocol*). Jak wspomniano, protokół EQ-SIP jest przeznaczony do sygnalizacji użytkownik-sieć. Częścią protokołu EQ-SIP jest protokół EQ-SDP (*Enhanced Session Description Protocol*), odpowiedzialny za specyfikację żądania wysyłanego do sieci. Protokół EQ-BGP realizuje funkcję ustanowienia ścieżek między domenami końcowymi. Ścieżki te są zestawiane dla każdej z klas usług po uwzględnieniu wymagań dotyczących jakości przekazu. Ustawia on także tablice routingowe dla protokołu BGP, który jest obecnie zaimplementowany w ruterach komercyjnych. Protokół EQ-NSIS realizuje komunikację między urządzeniami RM, natomiast protokół COPS – komunikację między urządzeniami RM i RA.

System EuQoS jest pewną prototypową implementacją architektury NGN. Zakłada się, że architektury NGN zostaną wdrożone do sieci w połowie przyszłej dekady. Obecnie, w wielu krajach trwają intensywne prace implementacyjne i testowe [1]. W Polsce takich prac się nie prowadzi.

## Internet Przyszłości

Terminem Internet Przyszłości lub nowa generacja sieci (*New Generation Network*) określa się nowe rozwiązania sieciowe, których działanie nie opiera się na zastosowaniu protokołów TCP/IP, w tym IPv6. Oczekuje się, że prowadzone obecnie prace w zakresie Internetu Przyszłości będą miały wpływ na rynek w latach 2015–2020.

Powszechnie uważa się i ma to jednoznaczny wyraz w założeniach 7. Programu Ramowego UE w ramach *Technologii Informacyjnych i Komunikacyjnych (ICT – Information and Communication Technologies)*, że dalszy rozwój internetu opierającego się na protokołach IP nie jest możliwy. Wynika to głównie z natury protokołu IP, w którym są istotne ograniczenia w sposobach przekazu danych i adresacji. Przykładowo, dla zapewnienia jakości i różnicowania przekazu pakietów w sieciach IP,

co jest wymagane dla rynku aplikacji, opracowano architekturę *DiffServ*, która z kolei wymaga, m.in., wprowadzenia systemu sygnalizacji i rezerwacji zasobów. Niestety, wdrożenie *DiffServ* powoduje zwiększenie złożoności działania sieci IP, co – jak się okazało – stanowi obecnie pewną barierę dla operatorów. Innym przykładem są ograniczenia IP odnośnie do adresacji, bezpieczeństwa itp. Powyższe niedoskonałości protokołu IP spowodowały, że rozwiązania dla Internetu Przyszłości należy poszukiwać w nowych architekturach i protokołach. W tym celu już uruchomiono około 40 projektów w ramach 7. Programu Ramowego UE (i oczekuje się uruchomienia dalszych 40 projektów).

Dalej zostaną przedstawione najważniejsze na dzień dzisiejszy podejścia, dotyczące aspektów architektury sieci i zastosowań. Uważa się, że obecny stan sztuki, podsumowany m.in. w [24], stanowi etap badań początkowych i prace nad Internetem Przyszłości będą trwały przez wiele lat.

### **Architektura Internetu Przyszłości**

Prace nad opracowaniem architektury Internetu Przyszłości wraz z koniecznymi mechanizmami i algorytmami do sterowania przekazem informacji zostały rozpoczęte kilka lat temu. Są one ukierunkowane na rozwiązania ewolucyjne i rewolucyjne. Rozwiązania ewolucyjne zakładają rozszerzenie funkcjonalności w porównaniu z możliwościami protokołu IP, natomiast rozwiązania rewolucyjne przewidują zastąpienie stosu protokołów TCP/IP nowymi protokołami. Oba podejścia mają swoje odzwierciedlenie w aktywności rozpoczętych projektów w ramach 7. Programu Ramowego UE oraz w niedawno podjętych projektach narodowych.

**Wirtualizacja zasobów i sieci wirtualne.** Realizacja Internetu Przyszłości wymaga specyfikacji nowej architektury, opierającej się na sieciach wirtualnych i wirtualizacji ich zasobów. Prace badawcze dotyczące wirtualizacji są w fazie początkowej. Wizja Internetu Przyszłości zakłada wprowadzenie nowej warstwy, tzw. warstwy wirtualizacji zasobów, na której będzie można zbudować wiele sieci wirtualnych, różniących się między sobą przeznaczeniem i stosem protokołów. Jedną z takich sieci może być sieć IPv6, inną, przykładowo, sieć świadoma przesyłanej treści (*Content Aware Networks*). W ramach badań nad architekturą Internetu Przyszłości powinno się wziąć pod uwagę realizację wielu istotnych zadań. Jednym z nich jest utworzenie środowiska, umożliwiającego współistnienie różnych sieci wirtualnych działających na jednej infrastrukturze sprzętowej. Poszczególne sieci wirtualne mogą być projektowane w różnych technikach komutacyjnych (klasyczna komutacja pakietów, np. IPv6, komutacja kanałów, komutacja optyczna, nowe propozycje...) i w konsekwencji mogą korzystać z różnych stosów protokołów, realizujących różne funkcje. Przykładowo, można sobie wyobrazić, że są, np. dwie sieci, sieć IPv6 i sieć świadoma przesyłanej treści, oparta na innej technice sieciowej niż IP, a ponadto że te sieci współdzielą zasoby infrastruktury (węzły i łącza). Aby uzyskać taką funkcjonalność, wprowadza się wielopoziomą architekturę, w której poziom infrastruktury wirtualnej jest usytuowany powyżej infrastruktury fizycznej.

**Sieci nakładkowe.** Jednym ze sposobów przezwyciężenia napotykaných ograniczeń sieci TCP/IP jest budowa sieci wirtualnych VN (*Virtual Networks*) lub nakładkowych ON (*Overlay Networks*). Sieci nakładkowe są obecnie przedmiotem intensywnych badań na świecie. Okazało się, że stanowią one dobre środowisko do testowania nowych protokołów lub aplikacji. Ostatnie wdrożenia takich sieci pokazały, że przy ich użyciu można przezwyciężyć różne niedoskonałości dzisiejszego internetu, jak np. niedobór adresów IPv4 czy obecność urządzeń ograniczających zdolności do realizowania połączeń (np. *firewall* czy translatory adresów sieciowych NAT (*Network Translation Address*)). W celu realizacji rozproszonych aplikacji wykonywanych na wielu węzłach rozsianych po internecie

zaproponowano różne architektury: biblioteki sieciowe świadome NAT (*NAT-aware Network Library*), interfejsy API (*Application Programming Interface*), sieci wirtualne VN czy systemy P2P (*peer to peer*).

## **Zastosowania Internetu Przyszłości**

Poniżej zostaną wskazane przykłady zastosowań, których podstawą będzie infrastruktura Internetu Przyszłości.

**Sieci domowe.** Przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości sieci domowe będą stanowiły ważny element wyposażenia. Prawie wszystkie urządzenia domowe będą połączone w sieci sensorowe, co umożliwi zdalną kontrolę ich funkcjonowania.

**Sieci samochodowe.** Zakłada się, że sprawniejsze sterowanie ruchem samochodowym będzie możliwe jedynie przez wprowadzenie komunikacji samochód-samochód i samochód-internet. Umożliwi to w dalszej kolejności wdrożenie różnych aplikacji użytecznych dla kierowców i pasażerów, a w efekcie końcowym zwiększy bezpieczeństwo ruchu samochodowego.

**Sieci e-zdrowie.** Oczekuje się, że sieci e-zdrowie zrewolucjonizują służbę zdrowia. W szczególności dotyczyć to będzie możliwości monitorowania stanu pacjenta (za pomocą przekazu informacji z sensorów badających stan pacjenta), przeprowadzania konsultacji medycznych między ekspertami, wglądu do historii chorób pacjentów itd. Sieci e-zdrowie wymagają zapewnienia bezpieczeństwa przekazu informacji, poufności przekazywanych danych, niezawodności działania itp.

**Internet 3D, kino cyfrowe.** Pojawianie się kolejnych technik rejestracji i przetwarzania obrazów wideo 2D (*High Definition* – HD, *Ultra High Definition* – UHD) będzie wymagało w najbliższym okresie modernizacji sieci komunikacyjnych, w szczególności pod kątem zwiększenia ich przepustowości oraz skalowalności.

## **Podsumowanie**

W artykule przedstawiono w sposób skrótowy rolę internetu oraz stosowane podejścia do polepszenia działania jego infrastruktury sieciowej. W szczególności opisano rozwiązania wypracowane w ramach projektów europejskich dotyczących zapewnienia jakości przekazu pakietów. Określono również wyzwania, stojące przed twórcami nowej sieci, zwanej Internet Przyszłości. Wskazano, że przyszłość Instytutu Łączności wiąże się z możliwością uczestniczenia w opracowywaniu Internetu Przyszłości i potencjalnych jego zastosowań.

## **Bibliografia**

- [1] Aoyama T.: *A new generation network: Beyond the Internet and NGN*. IEEE Communication Magazine, no. 5, 2009
- [2] Babiarez J., Chang K., Baker F.: *Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes*. IETF RFC 4594, August 2006
- [3] Bąk A., Burakowski W., Ricciato F., Salsano S., Tarasiuk H.: *A framework for providing differentiated QoS guarantees in IP-based network*. Computer Communications, vol. 26, pp. 327–337, 2003



- [4] Bernet Y. *et al.*: *An Informal Management Model for Diffserv Routers*. Internet RFC 3290, May 2002
- [5] Blake S. *et al.*: *An Architecture for Differentiated Services*. Internet RFC 2475, December 1998
- [6] Brandauer C. *et al.*: *AC algorithms in Aquila QoS IP network*. European Transaction on Telecommunications, vol. 16, no. 3, pp. 225–232, May-June 2005
- [7] Burakowski W., Beben A., Tarasiuk H., Śliwiński J.: *Zapewnienie jakości przekazu od końca do końca w sieci Internet: 6.PR IST EuQoS*. Przegląd Telekomunikacyjny, 2006, nr 8–9, s. 236–241
- [8] Burakowski W., Beben A., Tarasiuk H., Śliwiński J., Janowski R., Mongay Batalla J., Krawiec P.: *Provision of End-to-End QoS in Heterogeneous Multi-Domain Networks*. Annals of Telecommunications – Annales des Télécommunications, vol. 63, issue 11, p. 559, 2008
- [9] Burakowski W., Dąbrowski M.: *Wielousługowa sieć IP QoS: architektura i praktyczna weryfikacja w sieci pilotowej*. Przegląd Telekomunikacyjny, 2002, nr 5, s. 300–309
- [10] Burakowski W. *i in.*: *Specyfikacja Systemu IP QoS*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009
- [11] Diaz M. *et al.*: *The EuQoS system, in End-to-End Quality of Service Over Heterogeneous Networks*, Braun T., Diaz M., Enriquez-Gabeiras J., Staub T., Eds. Berlin-Heidelberg, Springer, 2008
- [12] Grossman D.: *New Terminology and Clarifications for Diffserv*. Internet RFC 3260, April 2002
- [13] Gut-Mostowy H., Latoszek W., Bęben A., Śliwiński J.: *Sieć laboratoryjna IP QoS*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009
- [14] ITU-T Rec. Q.3300 (2008): *Architectural framework for the Q.33xx series of Recommendations*
- [15] ITU-T Rec. Y.2111 (2006): *Resource and admission control functions in Next Generation Networks*
- [16] Koch B. F., Hussmann H.: *Overview of the project AQUILA (IST-1999-10077)*, in *Proc. of the Art-QoS 2003 Workshop, Warsaw, Poland, Architectures for Quality of Service in the Internet*, Burakowski W., Koch B. F., Bęben A., Eds., LNCS, vol. 2698. Berlin, Springer, 2003, pp. 154–164
- [17] Masip-Bruin X. *et al.*: *The EuQoS System: A solution for QoS Routing in Heterogeneous Networks*. IEEE Communications Magazine, vol. 45, no. 2, February 2007
- [18] Mingozzi E. *et al.*: *EuQoS: End-to-End Quality of Service over Heterogeneous Networks*. Computer Communications, 2009, oi:10.1016/j.comcom.2008.12.013
- [19] Niewiadomska-Szynkiewicz E., Arabas P., Rotnicki M., Wiśniewski T.: *Usługi komercyjne oferowane przez System IP QoS*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009
- [20] Pyda P., Dalecki T.: *Realizacja routingu w sieci IP QoS*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009
- [21] Śliwiński J., Krawiec P.: *System sterowania dostępem do zasobów dla sieci IP zapewniającej jakość przekazu*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009

- [22] Tarasiuk H., Burakowski W.: *Klasy usług w Systemie IP QoS*. W: Materiały z Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa, 2009
- [23] *Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release 1*. Geneva, ETSI, 2005
- [24] *Towards the Future Internet: A European Research Perspective*, Tselenis G. et al., Eds. Amsterdam, IOS Press, 2009
- [25] Zespół Technik Sieciowych Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej, [www.tnt.tele.pw.edu.pl](http://www.tnt.tele.pw.edu.pl)

### Wojciech Burakowski



Prof. dr hab. inż. Wojciech Burakowski (1951) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1975); stopnie i tytuły naukowe: doktor nauk technicznych (1982), doktor habilitowany (1992), tytuł profesora (2003); pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej (od 1975), kolejno: asystent, st. asystent, adiunkt, profesor nadzwyczajny (1997), profesor zwyczajny (od 2005) i zastępca dyrektora ds. naukowych Instytutu Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej (2002–2008); pracownik naukowy Wojskowego Instytutu Łączności (WiŁ) w Zegrzu (od 1994), zastępca komendanta ds. naukowo-badawczych (1995–1997) oraz kierownik Zakładu Teleinformatyki WiŁ; pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie, zastępca dyrektora ds. naukowych iŁ (od 2009); członek komitetu zarządzającego projektami COST, Copernicus i programów ramowych UE (AQUILA, EuQoS, MOME, COMET); organizator i współorganizator (w tym przewodniczący) wielu naukowych konferencji międzynarodowych (m.in. *Networking, Polish-German Teletraffic Seminar, ART-QoS, MOME, NATO RCMICIS, AINA, WWIC, TEMU, GRIDNET, ICNS, NETWORKS, MCC*) oraz konferencji krajowych (*KST, PTS*); członek Sekcji Telekomunikacji i Informatyki Polskiej Akademii Nauk; ekspert UE w ramach 7. Programu Ramowego; członek Rady Programowej wielu czasopism, m.in. *TITI, JTIT*; autor ok. 170 publikacji otwartych (w tym 40 z tzw. listy filadelfijskiej) i ok. 70 raportów technicznych; zainteresowania naukowe: nowe techniki sieciowe, architektura sieci, mechanizmy i algorytmy sieciowe, teoria kolejek, budowanie sieci pilotowych oraz testowanie rozwiązań sieciowych.

e-mail: [W.Burakowski@itl.waw.pl](mailto:W.Burakowski@itl.waw.pl) lub [Wojtek@tele.pw.edu.pl](mailto:Wojtek@tele.pw.edu.pl)

# *Fotonika w systemach teleinformatycznych nowych generacji*

*Paweł Szczepański*

*Omówiono wybrane aspekty związane z rozwojem badań nad przyrządami i zintegrowanymi systemami fonicznymi, przeznaczonymi w szczególności do współpracy z przezroczystymi sieciami optycznymi nowych generacji, transmisją i przetwarzaniem danych.*

*fotonika, kryształy foniczne, krzemowe podzespoły*

## **Wprowadzenie**

Od tysięcy lat światło było wykorzystywane do komunikacji między ludźmi na duże odległości. W czasach starożytnych najszybsze metody przekazywania informacji polegały na wykorzystaniu sygnałów dymnych. Kolejne wieki przynosiły różne rozwiązania, zmierzające do udoskonalania systemów optycznej komunikacji. Jednak prawdziwy postęp w tej dziedzinie wiedzy rozpoczął się na przełomie XVIII i XIX wieku, kiedy to w 1791 r. Chappe zademonstrował system sygnalizacyjny, którego podstawowym elementem była zainstalowana na słupie para ruchomych ramion. Wynalazek ten zapoczątkował rozwój złożonych sieci „telekomunikacyjnych”, tworzonych przez semafony, umożliwiające przekazywanie informacji na duże odległości. W XIX wieku pojawiły się kolejne rozwiązania, m.in. w Algierii powstał system łączności optycznej oparty na zwierciadlanym heliografie, wynalezionym przez Julesa Leseurre w 1855 r. Heliograf był utworzony przez system dwóch zwierciadeł, jednego ogniskującego promienie słoneczne oraz drugiego formującego wiązkę kierunkową (wyjściową), przedzielonych migawką. W 1880 r. pojawiło się nowe urządzenie, zaprojektowane przez Alexandra Grahama Bella, tzw. fotofon, w którym sygnał głosowy naniesiony na wiązkę optyczną mógł być transmitowany i odbierany przez elektryczny odbiornik.

Jednocześnie John Tyndall w 1854 r. pokazał, że jest możliwe poprowadzenie światła w wygiętej strudze wody. W podobnym czasie pomysł wykorzystania systemu rur ze zwierciadłami do rozprzeczania światła z centralnego źródła, w celu oświetlenia wnętrza budynku, został zaproponowany przez Wheelera. Jednak prawdziwy rozwój technik światłowodowych nastąpił dopiero na początku lat 70. XX wieku. Propozycja wykorzystania włókna światłowodowego do prowadzenia fali świetlnej, jako alternatywnego sposobu prowadzenia wiązki, zastępującego system ogniskujących soczewek, została przedstawiona w 1966 r., dając początek dynamicznemu rozwojowi technik światłowodowych. W 1970 r. został wyprodukowany, przez firmę Corning, szklany światłowód o stratach nie przekraczających 20 dB/km, a w 1979 r. pojawił się już na rynku pierwszy komercyjny system komunikacji światłowodowej.

Opanowanie technologii światłowodów o niskiej tłumienności wraz z odkryciem lasera i generacji koherentnego światła spowodowało fundamentalny przełom w systemach telekomunikacyjnych, dając podwaliny rozwoju współczesnych technologii informacyjnych.

Obecnie oczekuje się dostępu do informacji „w zasięgu ręki”, wszędzie i w dowolnej porze. Informacje są dostarczane przez globalne sieci teleinformatyczne, których współczesne rozwiązania

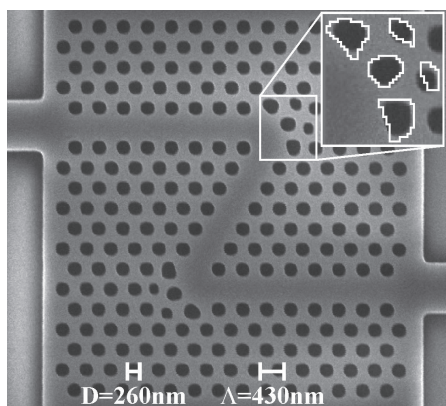
(np. internet, sieci asynchroniczne ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), sieci IP itp.) jednak nie mają wystarczających pojemności, aby sprostać przewidywanym i wymaganym w przyszłości szybkościom transmisji danych.

Jednym z rozwiązań, które mogą zapewnić odpowiednie pasma transmisyjne, jest wykorzystanie mikro- i nanofotonicznych przyrządów oraz układów, a także technologii włókien fonicznych (włączając w to włókna nowej generacji, np. włókna mikrostrukturalne) do budowy elementów warstwy fizycznej systemów teleinformatycznych. Wynika to z ich potencjalnie nieograniczonej pojemności [1], pasm transmisji sięgających 50 Tbit/s, niskiego poboru mocy oraz małych rozmiarów. W szczególności, możliwość pułapkowania fotonów w obszarach skalowanych długością fali umożliwia rozwój technologii miniaturowych przyrządów fonicznych oraz zintegrowanych układów fonicznych wysokiej skali integracji, realizujących wszystkie funkcje, niezbędne do przetwarzania i przesyłania informacji (takie jak: generacja, detekcja, modulacja, filtrowanie, przełączanie, możliwość zapisu danych itp.).

## Kryształy foniczne

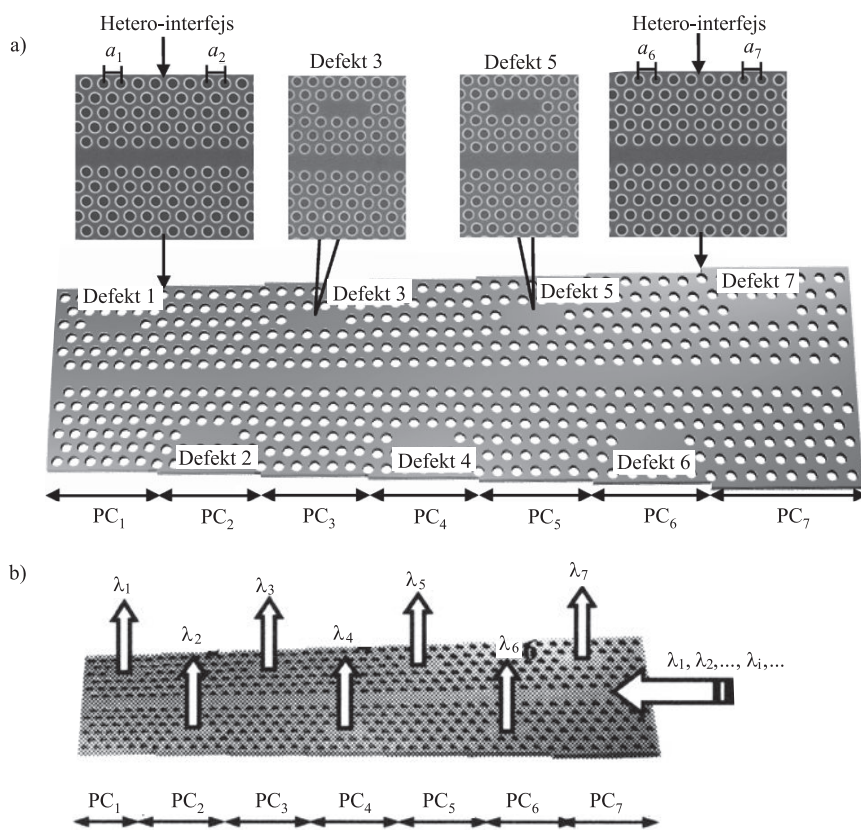
Przykładem jakościowego postępu w technologiach fonicznych jest odkrycie nowej klasy materiałów optycznych, tj. kryształów fonicznych [2]–[4]. Są to ośrodki o wprowadzonej periodycznej przestrzennej modulacji przenikalności dielektrycznej w jednym (1D), dwóch (2D) lub trzech kierunkach, tworzące odpowiednio jednowymiarowe, dwuwymiarowe oraz trójwymiarowe kryształy foniczne. Charakterystyczne dla tego typu struktur jest występowanie przerwy fonicznej, tj. pewnego pasma częstotliwości (zależnego od symetrii kryształu oraz kontrastu przenikalności dielektrycznej), w zakresie którego fale elektromagnetyczne nie mogą się propagować w kryształach. Jest to pełna analogia do występującej w materiałach półprzewodnikowych przerwy energetycznej.

Współczesny postęp mikro- i nanotechnologii umożliwia z bardzo dużą elastycznością kształtowanie unikatowych własności optycznych kryształów fonicznych przez odpowiedni dobór różnorodnych materiałów, symetrii komórki elementarnej kryształu, a także wprowadzanie defektów (zaburzenie



**Rys. 1.** Zgięcie falowodu w kształcie litery Z – obraz ze skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Liczbę, kształt oraz rozmiar otworów na każdym zagięciu zaprojektowano dzięki optymalizacji topologii [źródło: P. I. Borel, A. Harpøth, L. H. Frandsen, and M. Kristensen, “Topology optimization and fabrication of photonic crystal structures”, *Opt. Exp.*, vol. 12, pp. 1996–2001, 2004.]

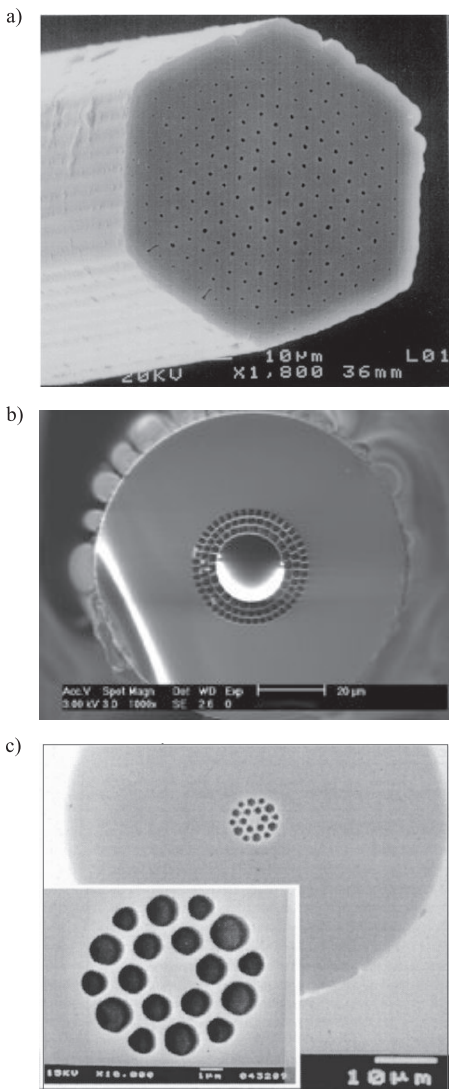
symetrii translacyjnych). W szczególności działania te pozwalają na praktycznie dowolne kształtowanie zależności dyspersyjnych w zadanych strukturach. Na przykład, wprowadzenie liniowych defektów do kryształu fonicznego umożliwia stworzenie falowodu (rys. 1), ponieważ pole elektromagnetyczne w zakresie częstotliwości odpowiadającym przerwie fonicznej jest lokalizowane w obszarze zaburzenia. Podobnie, wprowadzenie defektów punktowych otwiera możliwości tworzenia mikro- i nanorezonatorów o bardzo wysokich dobrociach, sięgających 200 000. Kombinacja defektów liniowych i punktowych w kryształach fonicznych daje prawie nieograniczone możliwości projektowania różnego typu elementów funkcjonalnych, takich jak na przykład bezprogowe lasery [5], multi- i demultipleksery, filtry typu Add/Drop (rys. 2) itp. Wykorzystanie materiałów optycznie nieliniowych rozszerza te możliwości o elementy przełączające. Praktycznie dowolne kształtowanie charakterystyk dyspersyjnych umożliwia również uzyskiwanie bardzo wysokich (przekraczających 1000) efektywnych współczynników załamania, a co się z tym wiąże tworzenie zminiaturyzowanych elementów optycznych o bardzo silnej dyspersji (np. superpryzmatów), a także budowę zintegrowanych układów fonicznych o wysokiej skali integracji.



**Rys. 2.** a) Wielokanałowy filtr do wstawiania/wydzielania kanałów w sieci WDM (Add/Drop) z siedmioma obszarami różnych kryształów fonicznych, różniących się statą sieci między sąsiednimi obszarami o 1,25 nm. b) Odsprzęganie na poszczególnych defektach [źródło: B.-S. Song, T. Asano, Y. Akahane, Y. Tanaka, and S. Noda, "Multichannel Add/Drop filter based on in-plane hetero photonic crystals", *J. Lighth. Tech.*, vol. 23, pp. 1449–1455, 2005.]



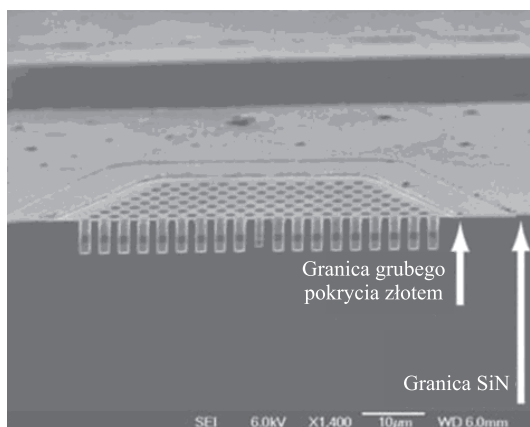
Warto też wspomnieć o alternatywnym podejściu do budowy fotonicznych systemów zintegrowanych, wykorzystujących materiały o dużym współczynniku załamania i dobrych własnościach optycznych. Umożliwia to tworzenie elementów fotonicznych o dużym kontraście współczynników załamania i tym samym lokalizację światła w małych obszarach. Obecnie są to głównie struktury wykonywane na bazie krzemu (fotonika krzemowa) oraz fosforu indu. W dalszej części artykułu zostaną omówione bardziej szczegółowo dostępne obecnie rozwiązania elementów i układów fotonicznych w technologii krzemowej.



**Rys. 3.** Światłowód mikrostrukturalny: a) koniec włókna [źródło: T. A. Birks, J. C. Knight, and P. S. J. Russell, “Endlessly single-mode photonic crystal fiber”, *Opt. Lett.*, vol. 22, pp. 961–963, 1997.]; b) ze zwierciadłem braggowskim [źródło: G. Vienne et al., “First demonstration of air-silica Bragg fiber”, in *Opt. Fiber Commun. Conf. OFC 2004, Los Angeles, USA, 2004.*]; c) z rdzeniem dielektrycznym [źródło: W. J. Wadsworth, A. Ortigosa-Blanch, J. C. Knight, T. A. Birks, T.-P. Martin Man, and P. S. J. Russell, “Supercontinuum generation in photonic crystal fibers and optical fiber tapers: a novel light source”, *J. Opt. Soc. Am. B*, vol. 19, pp. 2148–2155, 2002.]

Kryształy foniczne, poza strukturami planarnymi, mogą być wykonywane w formie włókien optycznych, tworząc nowy typ światłowodów, tzw. światłowody mikrostrukturalne (rys. 3). Charakteryzują się one unikatowymi własnościami (nieosiągalnymi w klasycznych włóknach), umożliwiającymi, np. propagację jednomodową w dowolnym zakresie częstotliwości, czy też prowadzenie światła w pustym rdzeniu w niezwykle szerokim pasmie częstotliwości, przekraczającym teraherce [6]–[10].

Połączenie kontroli elektronicznej w nanostrukturach (np. kropkach kwantowych) oraz kontroli fotonów w kryształach fonicznych otwiera kolejne możliwości budowy nowych przyrządów, przeznaczonych do przetwarzania sygnałów optycznych. Na przykład, wywołanie zmiany stanu w nanostrukturze koherentnym światłem (rys. 4) daje podstawy do budowy optycznych pamięci, dynamicznych



**Rys. 4.** Przekrój struktury lasera, wykorzystującego kryształ foniczny oraz układ studni kwantowych [źródło: R. Colombelli, K. Srinivasan, M. Troccoli, O. Painter, C. Gmachl, D. M. Tennant, A. M. Sergent, D. L. Sivco, A. Y. Cho, and F. Capasso, "Fabrication technologies for quantum cascade photonic-crystal microlasers", *Nanotechnology*, vol. 15, pp. 675–681, 2004.]

przełączników, czy też optycznych ruterów nowych generacji. Podobnie, obserwowany – z udziałem wiązek o niskiej liczbie fotonów – kwantowy efekt interferencyjny (tzw. jednofotonowa optyka nieliniowa) może być wykorzystany do budowy przełączników optycznych, sterowanych wiązką świetlną [11]. Koherentna manipulacja, tzw. stanów splecionych z wykorzystaniem kropek kwantowych, nabiera realnego znaczenia dla praktycznych zastosowań algorytmów kwantowych. Obecnie są już znane działające systemy łączności optycznej, wykorzystujące kryptografię kwantową (opartą na kodowaniu z udziałem jednego fotonu) [12]–[14].

## Fotonika krzemowa i technologie krzemowe dla fotoniki

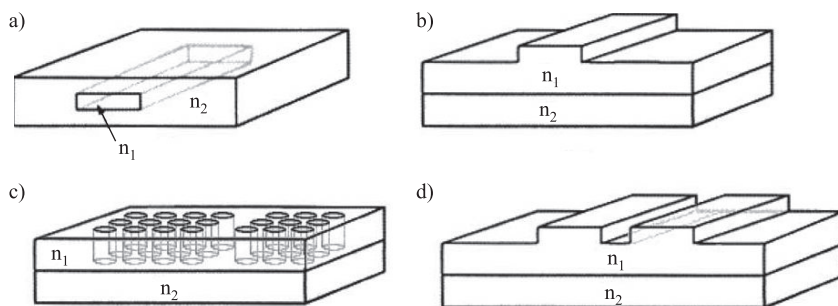
Ostatnie lata zaowocowały intensywnym rozwojem fonicznych układów zintegrowanych, pracujących w oknie transmisji  $1,55 \mu\text{m}$ . Obecnie na rynku jest dostępnych wiele przyrządów fonicznych (tj. filtrów, modulatorów czy ruterów), które są produkowane przy użyciu różnych materiałów, np.  $\text{LiNbO}_3$ , GaAs i InP, o znakomitych właściwościach elektrooptycznych i emisyjnych. Wykonane w tych technologiach przyrządy mogą być stosowane z powodzeniem do budowy warstwy fizycznej sieci optycznych, jako elementy dyskretne.

Budowa fonicznych układów zintegrowanych, z kolei, jest podyktowana potrzebą przetwarzania i transmisji wielkiej liczby danych na małych (często skalowanych długością fali) przestrzeniach [15]–[20]. Przykłady takich zastosowań można znaleźć w mikroprocesorowej magistrali danych, gdzie są realizowane optyczne połączenia mikroprocesora i pamięci lub między wieloma procesorami, a także w płycie montażowej szafy serwera, gdzie optyczne łącza integrują poszczególne jednostki serwera (płyty). Zastosowania te wiążą się ze zwiększoną złożonością układów, wymagającą większej skali integracji komponentów optycznych i elektronicznych. Wydaje się więc, że budowa na jednym podłożu monolitycznych systemów optycznych i elektronicznych jest naturalnym kierunkiem rozwoju tego typu układów, podobnie jak wykorzystanie w tym celu technologii krzemowych [20]–[23].

Idea fotoniki opartej na krzemie została zaproponowana w latach 80. [24], jednak dopiero postęp technologiczny ostatniej dekady otworzył możliwości wytworzenia struktur fonicznych o rozmiarach submikronowych [21]. Postęp ten umożliwia bowiem pokonywanie ograniczeń wynikających z własności optycznych krzemu, a w szczególności charakterystycznego dla tego materiału niskiego współczynnika elektrooptycznego oraz małej wydajności emisji światła.

### Podzespoły pasywne

Obecny stan zaawansowania technologii krzemowej pozwala na wytwarzanie światłowodów, charakteryzujących się stratami propagacji mniejszymi niż 3 dB/cm [25], [26]. W ogólności, straty te pochodzą z trzech głównych źródeł: sprzężenia do modów radiacyjnych, wewnętrznej absorpcji w materiale oraz rozpraszania spowodowanego nierównościami powierzchni falowodów. W przypadku długości fali ok. 1,55  $\mu\text{m}$  straty spowodowane wewnętrzną absorpcją – zarówno w Si, jak i SiO<sub>2</sub> – mogą być pominięte [27] wobec strat spowodowanych radiacją modów i rozproszeniem światła.

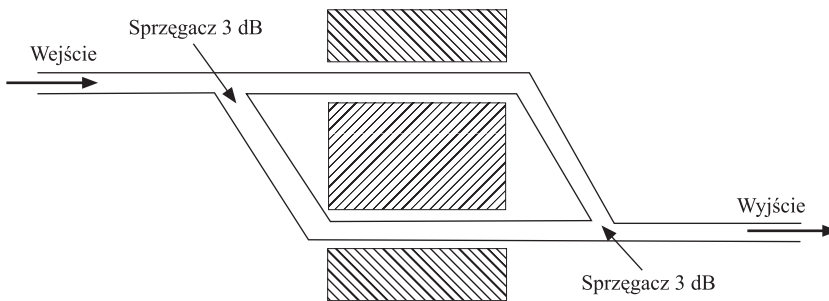


**Rys. 5.** Konfiguracje falowodów w strukturach krzemowych: a) falowód zagrzebany; b) falowód grzbietowy; c) falowód foniczny; d) falowód szczelinowy [źródło: M. Lipson, "Guiding, modulating, and emitting light on silicon – challenges and opportunities", *J. Lightw. Technol.*, vol. 23, no. 12, pp. 4222–4283, 2005.]

Na rys. 5 pokazano typowe konfiguracje falowodów wytwarzanych w technologii krzemowej. W falowodach kanałowych (zagrzebanych) i grzbietowych propagacja fali odbywa się na zasadzie klasycznego całkowitego wewnętrznego odbicia, gdzie światło jest prowadzone w obszarze o wyższym współczynniku załamania. Ponadto, ze względu na łatwość uzyskiwania w technologii krzemowej wysokich kontrastów współczynnika załamania (w przeciwieństwie do materiałów szklanych), pojawia się możliwość wytwarzania innych nowoczesnych typów falowodów, gdzie światło może być zamknięte w obszarach o niskim wskaźniku refrakcji (jak powietrze). Są to falowody (rys. 5c)

o strukturze kryształu fonicznego i falowody szczelinowe (rys. 5d). W pierwszym typie światłowodów ograniczenie fali elektromagnetycznej wynika z istnienia przerwy fonicznej w kryształach. W drugim przypadku, na skutek dużej różnicy współczynników załamania, na granicy szczeliny powstają mody o wysokiej intensywności, które – w wyniku wzajemnego przestrzennego nakładania się – formują mod w obszarze szczeliny, mający większą intensywność niż pole w obszarach o wyższym współczynniku załamania. Z danych eksperymentalnych wynika [28], że stosując te struktury, można zlokalizować światło w obszarach o małym współczynniku załamania i rozmiarach ok. 50 nm.

Falowody kanałowe i grzbietowe (grzebieniowe) użyto do budowy bardziej skomplikowanych przyrządów pasywnych, np. filtrów wykorzystujących działanie interferometru (Macha-Zehndera), wielomodowych sprzęgaczy interferencyjnych, jak również multiplekserów. Warto zaznaczyć, że foniczne przyrządy pasywne, wykonane w planarnej technologii krzemowej, stają się konkurencyjne – z punktu widzenia ekonomicznego – dla urządzeń o podobnej funkcjonalności, wykonanych na bazie włókien optycznych oraz klasycznych falowodów tlenkowych. Ponadto, technologia ta umożliwi wykonanie układów na „chipie”, włączając w to realizację szerokopasmowych połączeń optycznych.

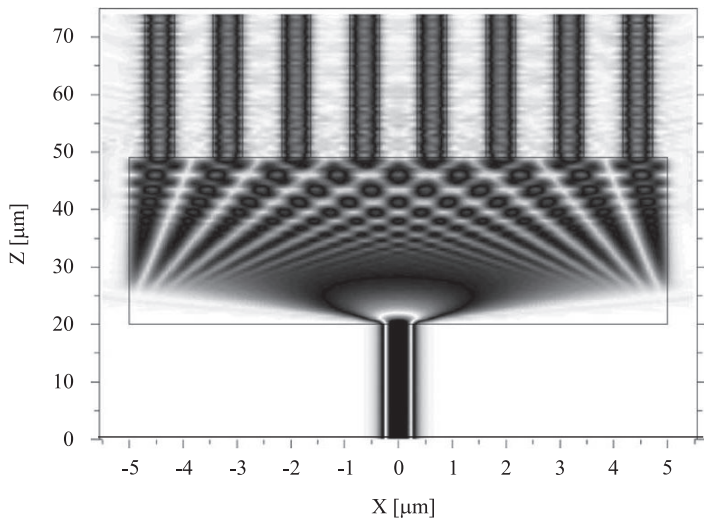


Rys. 6. Interferometr Macha-Zehndera [29]

Na rys. 6 przedstawiono w sposób schematyczny interferometr Macha-Zehndera, utworzony z dwóch połączonych ze sobą złączy typu Y. Pierwsze złącze na wejściu dzieli sygnał wejściowy na dwie równe wiązki, ponownie sprzęgane w złączu drugim i interferujące ze sobą. W zależności od uzyskanego przesunięcia fazowego wiązka na wyjściu może mieć amplitudę zerową (interferencja destruktywna) bądź maksymalną (interferencja konstruktywna). Ponieważ przesunięcie fazy jest zależne od długości fali, przyrząd ten może realizować funkcję filtra długości fali [29].

Na rys. 7 zaprezentowano działanie interferencyjnego sprzęgacza N-kanałowego, w którym sygnał wejściowy jest wprowadzany przez jednomodowy falowód do ośrodka objętościowego, gdzie może się propagować wiele modów o różnych prędkościach fazowych. To powoduje, że w ośrodku tym pojawiają się prążki interferencyjne (tj. obszary o dużym i małym natężeniu fali). Ustawienie falowodów wyjściowych w miejscach dużego natężenia pozwala na odprężenie fali i wyprowadzenie sygnałów wieloma światłowodami.

Podstawowym i najbardziej popularnym elementem optycznych torów telekomunikacyjnych opartych na technice WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) jest multiplekser, umożliwiający zarówno łączenie, jak i separację przestrzenną fal o różnych długościach, stanowiących nośne dla niezależnych kanałów. Multiplekser zazwyczaj wykorzystuje siatkę Bragga, w której odbicie fali bardzo silnie zależy od jej długości. Działanie takiego multipleksera, wykonanego w technologii krzemowej,



**Rys. 7.** Symulacja działania sprzęgacza optycznego  $1 \times 8$  MMI (Multimode Interference) [źródła: [26] oraz C. Pollock and M. Lipson, *Integrated Photonics*. Boston: Kluwer, 2003.]

w którym uzyskano odstęp między kanałami równy  $0,12 \text{ nm}$ , opisano w [30]. Inny typ multiplexera wykorzystuje kaskadę rezonatorów pierścieniowych sprzęgniętych z dwoma torami światłowodowymi, gdzie jeden z nich pełni rolę magistrali, drugi natomiast transmituje sygnał o zadanej długości fali. Rezonatory, z kolei, umożliwiają sprzężenie między torami falowodowymi dla fal o określonych długościach [31].

Przyrządy o podobnych funkcjach zostały również wytworzone w technologiach krzemowych na bazie kryształów fonicznych [32], [33].

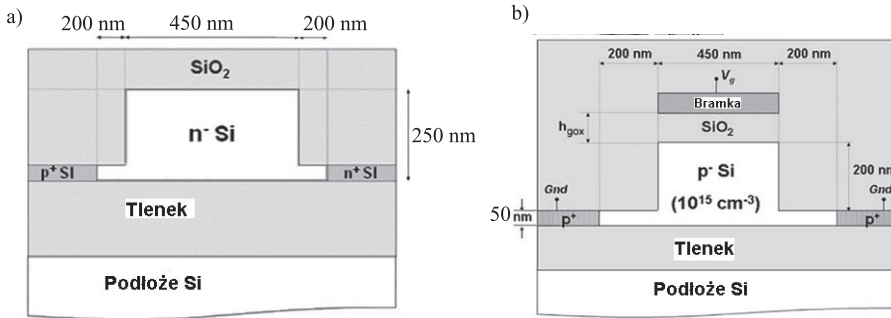
### **Modulatory promieniowania**

Podobnie dynamiczny postęp jest obserwowany w grupie aktywnych fonicznych przyrządów krzemowych, tj. modulatorów, wzmacniaczy oraz źródeł światła. Na przykład, są już dostępne modulatory elektrooptyczne o pasmach modulacji przekraczających  $10 \text{ GHz}$  [34], [35] i rozmiarach zaledwie kilku mikrometrów [36]. W szczególności w popularnych rozwiązaniach konstrukcyjnych modulatorów jest ponownie wykorzystywany interferometr Macha-Zehndera. Tym razem w jednym z jego ramion jest realizowane kontrolowane przesunięcie fazy, wynikające ze zmiany współczynnika załamania spowodowanej przyłożonym napięciem (efekt elektrooptyczny). Zaletą tego rozwiązania jest mała czułość na zmiany temperatury [29], które w przypadku krzemu w standardowych rozwiązaniach powodują nieznaczne przesunięcia fazy (zmiany współczynnika załamania wynoszą  $2 \cdot 10^{-4}/\text{K}$ , a zatem w standardowych rozwiązaniach przesunięcie fazy jest mniejsze niż  $1^\circ$  w przypadku zmian temperatury o  $10^\circ\text{C}$ ).

Alternatywnym rozwiązaniem modulacji optycznej jest wykorzystanie mikrorezonatorów, w których transmisja dla zadanej długości fali zależy od długości optycznej. Wykorzystując efekt elektrooptyczny i zmianę współczynnika załamania pod wpływem przyłożonego napięcia, można zmieniać w sposób kontrolowany długość optyczną i tym samym transmisję mikrorezonatora. Rozwiązanie to doczekało się wielu realizacji praktycznych.

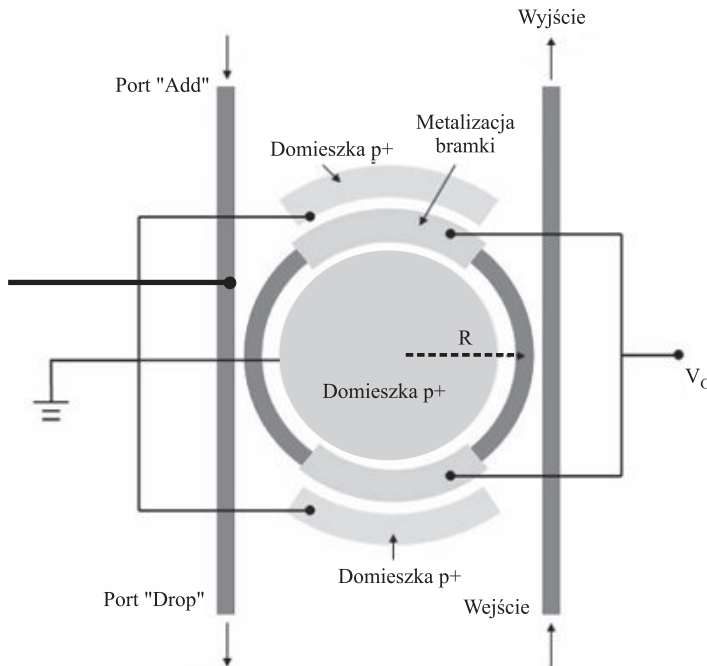


Warto dodać, że jednym z wygodnych sposobów zmian współczynnika załamania w kanałach krzemowych jest wykorzystanie diody PIN. Struktury falowodowe z wbudowaną diodą typu PIN przedstawiono na rys. 8a. Wytworzone w strukturze złącze p-n umożliwia, w zależności od stanu



**Rys. 8.** Przekrój poprzeczny falowodu grzbietowego: a) ze zintegrowanym złączem p-i-n odpowiedzialnym za modulację elektrooptyczną; b) ze zintegrowaną strukturą MOS odpowiedzialną za modulację elektrooptyczną [źródło: C. A. Barrios, V. R. Almeida, and M. Lipson, "Electrooptic modulation of silicon-on-insulator submicrometer-size waveguide devices", *J. Lightw. Technol.*, vol. 21, no. 10, pp. 2332–2339, Oct. 2003.]

polaryzacji, kontrolę gęstości nośników w obrębie falowodu i tym samym kontrolę zmian współczynnika załamania dla różnych typów rezonatorów [31]–[33]. Bardziej zaawansowane rozwiązania opierają się na efekcie tranzystorów MOS (rys. 8b), w których przepływ nośników, zmieniający współczynnik



**Rys. 9.** Modulator optyczny, wykorzystujący strukturę MOS w konfiguracji rezonatora pierścieniowego [34]

załamania w krzemie, jest sterowany napięciem bramki. Wykorzystanie struktur MOS (*Metal-Oxide-Semiconductor*) [34], [37] w konfiguracji rezonatora pierścieniowego (rys. 9) otworzyło nowe możliwości budowy modulatorów o pasmie modulacji przekraczającym 200 GHz.

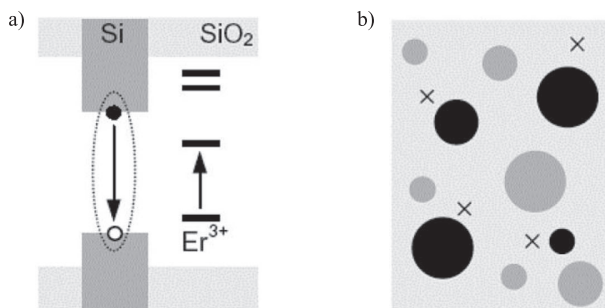
### Źródła promieniowania

Uzyskanie emisji i wzmocnienia światła w krzemie stanowi jedno z głównych wyzwań, stojących przed fotoniką krzemową. Bardzo niska wydajność luminescencyjna w tym materiale (w porównaniu, np. z materiałami półprzewodnikowymi grupy III-V, tj. GaAs, InP itd.) wynika ze skośnej przerwy energetycznej, utrudniającej rekombinację promienistą, wymagającą w tym przypadku asysty fononu, jak również silnej konkurencji spowodowanej rekombinacją niepromienistą. W wyniku badań wskazano jednak kilka propozycji wykorzystania krzemu do generacji fotonów.

Pierwsza propozycja polega na domieszkowaniu krzemu jonami erbu (Er:Si) [38]. W tym przypadku, ze względu na stosunkowo szeroką przerwę energetyczną obserwowaną w krzemie oraz położenie poziomów energetycznych jonu erbu w kryształce krzemu (stanowiącym osnowę), pojawiła się możliwość rekombinacji nośników z udziałem poziomów energetycznych erbu, której towarzyszy emisja fotonów.

W innym rozwiązaniu, umożliwiającym również emisję fotonów w wyniku przepływającego przez krzem prądu, wykorzystano efekt silnego przestrzennego ograniczenia nośników w nanokryształach krzemowych (Si-nc) [39] wykonanych w krzemie, prowadzącego do efektu kwantowego. W wyniku tego ograniczenia w obszarze nanokryształów otrzymano zupełnie inną strukturę energetyczną niż dla krzemu objętościowego, umożliwiającą rekombinację promienistą i emisję fotonów. Zaproponowano kilka sposobów uzyskiwania nanokryształów [40]–[44] z kontrolą ich rozmiarów. Uzyskiwane długości fali w tego typu strukturach wypadają jednak w obszarze widzialnym, co sprawia, że promieniowanie jest chętnie pochłaniane przez krzem, a to stanowi podstawową przeszkodę integracji. Ponadto, przy wyższych poziomach wstrzykiwania (z większą liczbą par elektron-dziura przypadających na jeden nanokryształ) proces rekombinacji niepromienistej Augera prowadzi do silnego nasycenia luminescencji.

Ostatnie lata przyniosły próby łączenia technologii nanokryształów z domieszkowaniem erbem [45]–[51]. Okazało się, że świecenie luminescencyjne w nanokryształach krzemowych domieszkowanych erbem może mieć charakter elektroluminescencyjny. Mechanizm wzbudzenia [48] wiąże się tu z powstaniem ekscytynu (związanej pary elektron-dziura generowanej w tym przypadku



**Rys. 10.** a) Model ekscytonowy erbu, pokazujący strukturę pasm nanokryształów Si w osnowie SiO<sub>2</sub> i poziomy Er 4f. Optycznie wygenerowany ekscyton (linia kropkowana) zlokalizowany w nanokryształce może rekombinować i wzbudzać Er<sup>3+</sup>. b) Schemat matrycy SiO<sub>2</sub>, zawierającej atomy Er (krzyżyki) oraz nanokryształy (kółka) [51]

przez głęboki poziom pułapkowy), a następnie jego rekombinację i oddanie energii w procesie Augera do jonu erbu (rys. 10). W ten sposób wzbudzony jon erbu, rekombinując, jest zdolny wyemitować foton o długości fali  $1,5 \mu\text{m}$ . Uzyskana w ten sposób luminescencja zanika jednak silnie wraz ze wzrostem temperatury, co jest związane z rozpadem ekscytonów (zmniejszeniem ich gęstości) oraz wzrostem prawdopodobieństwa wstecznego procesu transferu energii, tj. od jonu erbu do stanu pułapkowego.

Poza wzbudzeniem elektrooptycznym zaproponowano również inny schemat generacji promieniowania w krzemie, wykorzystujący pompowanie optyczne oraz wymuszony efekt Ramana [52], który polega na oddziaływaniu fali elektromagnetycznej z drganiami sieci krystalicznej krzemu. W efekcie oddziaływania pojawia się foton o niższej (w stosunku do wiązki pompującej) energii (tzw. stokesowski) oraz foton o energii wyższej (tzw. antystokesowski), którego prawdopodobieństwo generacji jest o wiele mniejsze. W przypadku obecności sygnału pompy oraz sygnału stokesowskiego, w materiale jest możliwe uzyskanie koherentnego wzmocnienia sygnału stokesowskiego – jest to tzw. zjawisko wymuszonego rozpraszania Ramana. Warto zaznaczyć, że wydajność procesu wymuszonego rozpraszania w krzemie jest trzy rzędy wielkości wyższa niż w  $\text{SiO}_2$ .

Podstawową przeszkodą do uzyskania wysokiego wzmocnienia sygnału stokesowskiego w krzemie jest rozpraszanie fali elektromagnetycznej na swobodnych nośnikach, generowanych w wyniku dwufotonowej absorpcji promieniowania pompującego. Skutecznym sposobem przeciwdziałania temu zjawisku było wykorzystanie diody typu PIN wbudowanej do światłowodu grzbietowego wykonanego w technice SOI (*Silicon-on-Insulator*). Zadaniem diody spolaryzowanej zaporowo jest usunięcie fotonosników z obszaru falowodu i obniżenie strat wynikających z rozpraszania. W wykonanej w ten sposób zintegrowanej strukturze laserowej, pompowanej laserem diodowym z InP, udało się uzyskać generację promieniowania koherentnego na jednym, stabilnym modzie o szerokości 80 MHz [53]–[56].

Rozwój fotoniki krzemowej zależy od dalszych badań przyrządów oraz od postępów w opracowywaniu technologii. Na przykład, straty propagacyjne w falowodach zostały w ostatnich latach znacznie zredukowane, jednak dalsze ich obniżenie poniżej 1 dB/cm w falowodach małowymiarowych wymaga starannego określenia źródła ich powstawania. Konieczne jest również podjęcie badań nad podniesieniem odporności przyrządów na zmiany temperatury oraz znalezienie skutecznego sposobu izolacji termicznej układów optycznych i elektronicznych. Problem ten jest szczególnie ważny w przypadku integracji układów fotonicznych z układami elektronicznymi, wykonanymi też w technologii krzemowej. Jednak obserwowany w ostatnich latach dynamiczny postęp w wytwarzaniu funkcjonalnych przyrządów fotoniki krzemowej, charakteryzujących się bardzo małymi wymiarami, niskim poborem mocy, możliwościami przetwarzania informacji i szybkościami sięgającymi 100 Gbit/s, pozwala oczekiwać w niedalekiej przyszłości pojawienia się komercyjnych rozwiązań zintegrowanych systemów wykonanych w technologii krzemowej.

## Podsumowanie

Obserwowany w ostatnich latach niezwykle dynamiczny rozwój mikro- i nanofotoniki umożliwił przesyłanie i przetwarzanie informacji z niespotykanymi do tej pory szybkościami. W szczególności możliwość pułapkowania i prowadzenia fotonów w obszarach o rozmiarach porównywalnych z długością fali doprowadziła do znaczącego przełomu w projektowaniu i konstrukcji miniaturowych przyrządów fotonicznych, realizujących różne funkcje, niezbędne do wzbudzenia, detekcji, prowadzenia, modulacji, pamiętania i przetwarzania sygnałów optycznych. Zapoczątkowało to budowę zintegrowanych układów fotonicznych o dużej skali integracji, umożliwiających rozwiązywanie problemów związanych z koniecznością przetwarzania wielkiej liczby danych, charakteryzujących

współczesne sieci teleinformatyczne. Podobnie opanowanie technologii światłowodów optycznych o bardzo niskiej tłumienności dało początek globalnym sieciom optycznym o pojemnościach przekraczających 100 Gbit/s.

Dalszy rozwój technologii fonicznych i ich wykorzystanie w sieciach teleinformatycznych następnych generacji zależy od stworzenia płaszczyzny technologicznej do wytwarzania komercyjnych fonicznych systemów zintegrowanych o wysokiej skali integracji, a także od kwestii podziału funkcjonalności realizowanych w warstwach (optycznej i elektronicznej) układów zintegrowanych.

## Bibliografia

- [1] B. Mukherjee, "WDM optical communication networks: progress and challenges", *J. Selec. Areas Commun.*, vol. 18, pp. 1810–1824, Oct. 2000.
- [2] J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, and J. N. Winn, *Photonic Crystals Molding the Flow of Light*. Princeton: Princeton University Press, 1995.
- [3] J.-M. Lourtioz, H. Bensity, V. Berger, J.-M. Gerard, D. Maystre, and A. Tchebnokov, *Photonic Crystals Towards Nanoscale Photonic Devices*. Berlin: Springer, 2005.
- [4] K. Busch, S. Lölkes, R. B. Wehrspohn, and H. Föll, *Photonic Crystals Advances in Design, Fabrication, and Characterization*. Weinheim: Wiley-VCH, 2004.
- [5] K. Nozaki *et al.*, "Room temperature continuous wave operation and controlled spontaneous emission in ultrasmall photonic crystal nanolaser", *Opt. Expr.*, vol. 15, no. 12, p. 7506, 2007.
- [6] F. Zolla, G. Renversez, A. Nicolet, B. Kuhlmeier, S. Guenneau, and D. Felbacq, *Foundations of Photonic Crystal Fibers*. London: Imperial College Press, 2005.
- [7] A. Bjarklev, J. Broeng, and A. S. Bjarklev, *Photonic Crystal Fibers*. Berlin: Springer, 2003.
- [8] N. Fukaya, D. Ohsaki, and T. Baba, "Two-dimensional photonic crystal waveguides with 60 bends in a thin slab structures", *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 39, pp. 2619–2623, 2000.
- [9] K. Srinivasan, O. Painter, R. Colombelli, C. Gmachl, D. M. Tennant, A. M. Sergent, D. L. Sivco, A. Y. Cho, M. Troccoli, and F. Capasso, "Lasing mode pattern of a quantum cascade photonic crystal surface-emitting microcavity laser", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 84, pp. 4164–4166, 2004.
- [10] B. J. Eggleton, C. Kerbage, P. S. Westbrook, R. S. Windeler, and A. Hale, "Microstructured optical fiber devices", *Opt. Expr.*, vol. 9, pp. 698–713, 2001.
- [11] K. J. Resch, J. S. Lundeen, and A. M. Steinberg, "Nonlinear optics with less than one photon", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 87, p. 123603, 2001.
- [12] G. Chen, N. H. Bonadeo, D. G. Steel, D. Gammon, D. S. Katzer, D. Park, and L. J. Sham, "Optically induced entanglement of excitons in a single quantum dot", *Science*, vol. 289, pp. 1906–1909, 2000.
- [13] P. Michler, A. Imamolu, M. D. Mason, P. J. Carson, G. F. Strouse, and S. K. Buratto, "Quantum correlation among photons from a single quantum dot at room temperature", *Nature*, vol. 406, pp. 968–970, 2000.
- [14] Ch. H. Bennett, F. Bessette, G. Brassard, L. Salvail, and J. Smolin, "Experimental quantum cryptography", *J. Cryptol.*, vol. 5, pp. 3–28, 1992.
- [15] D. A. B. Miller, "Optical interconnects to silicon", *IEEE J. Sel. Top. Quant. Electron.*, vol. 6, no. 6, pp. 1312–1317, Nov./Dec. 2000.
- [16] J. D. Meindl *et al.*, "Interconnect opportunities for gigascale integration", *IBM J. Res. Develop.*, vol. 46, no. 2/3, pp. 245–263, March/May 2002.

- [17] E. M. Mohammed *et al.*, “Optical I/O technology for digital VLSI”, in *Proc. SPIE*, San Jose, USA, 2004, vol. 5358, pp. 60–70.
- [18] O. Kibar, D. A. Van Blerkom, C. Fan, and S. C. Esener, “Power minimization and technology comparisons for digital free-space optoelectronic interconnections”, *J. Lightw. Technol.*, vol. 17, no. 4, pp. 546–555, Apr. 1999.
- [19] A. M. Pappu and A. B. Apsel, “Analysis of intrachip electrical and optical fanout”, *Appl. Opt.*, vol. 44, no. 30, p. 6361, Oct. 2005.
- [20] M. Salib, L. Liao, R. Jones, M. Morse, A. Liu, D. Samara-Rubio, D. Alduino, and M. Paniccia, “Silicon photonics”, *Intel Technol. J.*, vol. 8, no. 2, p. 1442, 2004.
- [21] R. C. Johnson, “Intel reveals long-term goals for silicon photonics, sensors”, *Electron. Eng. Times*, 2002 [Online]. Available: <http://www.eetimes.com/semi/news/OEG20020228S0033>
- [22] L. C. Kimerling, “Photons to the rescue: microelectronics becomes microphotonics”, *Electrochem. Soc. Interface*, vol. 9, no. 2, p. 28, 2000.
- [23] C. Gunn, “CMOS photonics-SOI learns a new trick”, in *Proc. IEEE Silicon on Insulator (SOI) Conf.*, Honolulu, USA, 2005.
- [24] R. Soref and J. Lorenzo, “All-silicon active and passive guided-wave components for  $\lambda = 1.3$  and  $1.6 \mu\text{m}$ ”, *IEEE J. Quant. Electron.*, vol. QE-22, no. 6, pp. 873–879, June 1986.
- [25] Y. A. Vlasov and S. J. McNab, “Losses in single-mode silicon-on-insulator strip waveguides and bends”, *Opt. Expr.*, vol. 12, no. 8, pp. 1622–1631, Apr. 2004.
- [26] K. K. Lee, “Transmission and routing of optical signals in onchip waveguides for silicon microphotonics”, Ph.D. dissertation, Dept. Materials Science Eng., Mass. Inst. Technol., Cambridge, USA, 2001.
- [27] K. K. Lee, D. R. Lim, H.-C. Luan, A. Agarwal, J. Foresi, and L. C. Kimerling, “Effect of size and roughness on light transmission in a Si/SiO<sub>2</sub> waveguide: experiments and model”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 77, no. 11, pp. 1617–1619, Sept. 2000.
- [28] Q. Xu, V. R. Almeida, and M. Lipson, “Experimental demonstration of guiding and confining light in nanometer-size low-refractive-index material”, *Opt. Lett.*, vol. 29, no. 14, pp. 1626–1628, July 2004.
- [29] P. D. Trinh, S. Yegnanarayanan, and B. Jalali, “Guided-wave optical circuits in silicon-on-insulator technology”, in *Proc. Tech. Dig. Integr. Phot. Res. Conf.*, Boston, USA, 1996, vol. 6, pp. 273–277.
- [30] T. E. Murphy, J. T. Hastings, and H. I. Smith, “Fabrication and characterization of narrow-band Bragg-reflection filters in silicon-on-insulator ridge waveguides”, *J. Lightw. Technol.*, vol. 19, no. 12, pp. 1938–1942, Dec. 2001.
- [31] D. R. Lim, B. E. Little, K. K. Lee, M. Morse, H. H. Fujimoto, H. A. Haus, and L. C. Kimerling, “Micron-sized channel dropping filters using silicon waveguide devices”, in *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, Boston, USA, 1999, vol. 3847, pp. 65–71.
- [32] J. S. Foresi, P. R. Villeneuve, J. Ferrera, E. R. Thoen, G. Steinmeyer, S. Fan, J. D. Joannopoulos, L. C. Kimerling, H. I. Smith, and E. P. Ippen, “Photonic-bandgap microcavities in optical waveguides”, *Nature*, vol. 390, no. 6656, pp. 143–145, Nov. 1997.
- [33] T. Yoshie *et al.*, “High quality two-dimensional photonic crystal slab cavities”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 79, no. 26, pp. 4289–4291, Dec. 2001.



- [34] A. Liu, R. Jones, L. Liao, D. Samara-Rubio, D. Rubin, O. Cohen, R. Nicolaescu, and M. Paniccia, "A high-speed silicon optical modulation based on a metal-oxide-semiconductor capacitor", *Nature*, vol. 427, no. 6975, pp. 615–618, Feb. 2004.
- [35] L. Liao, D. Samara-Rubio, M. Morse, A. Liu, D. Hodge, D. Rubin, U. D. Keil, and T. Franck, "High speed silicon Mach-Zehnder", *Opt. Expr.*, vol. 13, no. 8, pp. 3129–3135, Apr. 2005.
- [36] Q. Xu, B. Schmidt, S. Pradhan, and M. Lipson, "Micrometer-scale silicon electro-optic modulator", *Nature*, no. 435, pp. 325–327, May 2005.
- [37] C. Barrios and M. Lipson, "Modeling and analysis of high-speed electrooptic modulation in high confinement silicon waveguides using metal-oxide-semiconductor configuration", *J. Appl. Phys.*, vol. 96, no. 11, pp. 6008–6015, Dec. 2004.
- [38] S. Ossicini, L. Pavesi, and F. Priolo, *Light Emitting Silicon for Microphotonics*. Springer Tracts in Modern Physics. Berlin: Springer-Verlag, 2003.
- [39] L. Pavesi, L. DalNegro, C. Mazzoleni, G. Franzò, and F. Priolo, "Optical gain in silicon nanocrystals", *Nature*, vol. 408, no. 6811, pp. 440–444, Nov. 2000.
- [40] *Silicon Based Microphotonics: From Basics to Applications*, O. Bisi, S. U. Campisano, L. Pavesi, and F. Priolo, Eds. Amsterdam: IOS, 1999.
- [41] M. H. Nayfeh, N. Barry, J. Therrien, O. Akcakir, E. Gratton, and G. Belomoin, "Stimulated blue emission in reconstituted films of ultrasmall silicon nanoparticles", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 78, no. 8, pp. 1131–1133, Feb. 2001.
- [42] F. G. Grom, P. M. Fauchet, L. Tsybeskov, J. P. McCaffrey, H. J. Labbe, D. J. Lockwood, and B. E. White, "Microcrystalline and nanocrystalline semiconductors – 2000", in *Proc. Mater. Res. Soc. Symp.*, Boston, USA, 2001, vol. 638, pp. F6.1.1–F6.1.6.
- [43] F. Iacona, G. Franzò, and C. Spinella, "Correlation between luminescence and structural properties of Si nanocrystals", *J. Appl. Phys.*, vol. 87, no. 3, pp. 1295–1303, Feb. 2000.
- [44] P. M. Fauchet, J. Ruan, H. Chen, L. Pavesi, L. Dal Negro, M. Cazzanelli, R. G. Elliman, N. Smith, M. Samoc, and B. Luther-Davies, "Optical gain in different silicon nanocrystal systems", *Opt. Mater.*, vol. 27, no. 5, pp. 745–749, Feb. 2005.
- [45] R. Serna, J. H. Shin, M. Lohmeier, E. Vlieg, A. Polman, and P. F. A. Alkemade, "Incorporation and optical activation of erbium in silicon using molecular beam epitaxy", *J. Appl. Phys.*, vol. 79, no. 5, pp. 2658–2662, March 1996.
- [46] P. N. Favennec, H. l'Haridon, D. Moutonnet, M. Salvi, and M. Gauneau, "Optical activation of  $\text{Er}^{3+}$  implanted in silicon by oxygen impurities", *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 29, no. 4, pp. L524–L526, Apr. 1990.
- [47] J. Michel, J. L. Benton, R. F. Ferrante, D. C. Jacobson, D. G. Eaglesham, E. A. Fitzgerald, Y.-H. Xie, J. M. Poate, and L. C. Kimerling, "Impurity enhancement of the  $1.54\text{-}\mu\text{m}$   $\text{Er}^{3+}$  luminescence in silicon", *J. Appl. Phys.*, vol. 70, no. 5, pp. 2672–2678, Sept. 1991.
- [48] F. Priolo, G. Franzò, S. Coffa, and A. Carnera, "Excitation and nonradiative deexcitation processes of  $\text{Er}^{3+}$  in crystalline Si", *Phys. Rev. B, Condens. Matter*, vol. 57, no. 8, pp. 4443–4455, Feb. 1998.
- [49] S. Coffa, G. Franzò, F. Priolo, A. Polman, and R. Serna, "Temperature dependence and quenching processes of the intra-4f luminescence of Er in crystalline Si", *Phys. Rev. B, Condens. Matter*, vol. 49, no. 23, pp. 16313–16320, June 1994.

- [50] T. Gregorkiewicz, D. T. X. Thao, J. M. Langer, H. H. P. T. Bekman, M. S. Bresler, J. Michel, and L. C. Kimerling, "Energy transfer between shallow centers and rare-earth ion cores:  $\text{Er}^{3+}$  ion in silicon", *Phys. Rev. B, Condens. Matter*, vol. 61, no. 8, pp. 5369–5375, Feb. 2000.
- [51] P. G. Kik, "Energy transfer in erbium doped optical waveguides based on silicon", Ph.D. dissertation, Nanophysics Dept., FOM-Inst. Atomic and Molecular Phys., Amsterdam, The Netherlands, 2000.
- [52] R. Boyd, *Nonlinear Optics*, 2nd ed. San Diego: Academic, 2003.
- [53] R. Clap, D. Dimitropoulos, V. Raghunathan, Y. Han, and B. Jalali, "Observation of stimulated Raman amplification in silicon waveguides", *Opt. Expr.*, vol. 11, no. 5, pp. 1731–1739, July 2003.
- [54] T. K. Liang and H. K. Tsang, "Role of free carriers from two-photon absorption in Raman amplification in silicon-on-insulator waveguides", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 84, no. 15, pp. 2745–2747, Apr. 2004.
- [55] R. L. Espinola, J. I. Dadap, R. M. Osgood, Jr., S. J. McNab, and Y. A. Vlasov, "Raman amplification in ultrasmall silicon-on-insulator wire waveguides", *Opt. Expr.*, vol. 12, no. 16, pp. 3713–3718, Aug. 2004.
- [56] Q. Xu, V. R. Almeida, and M. Lipson, "Time-resolved study of Raman gain in highly confined silicon-on-insulator waveguides", *Opt. Expr.*, vol. 12, no. 19, pp. 4437–4442, Sept. 2004.

### Paweł Szczepański



Prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański (1957) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1981); wykładowca akademicki i pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej (od 1981), dyrektor Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki Politechniki Warszawskiej (od 2008); pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1998), zastępca dyrektora ds. naukowych w IŁ (2002–2006); członek Sekcji Optoelektroniki Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji Polskiej Akademii Nauk, Polskiego Komitetu Optoelektroniki Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Optical Society of America, SPIE oraz IEEE; autor lub współautor ok. 300 publikacji (w tym ok. 100 z tzw. listy filadelfijskiej); redaktor naczelny anglojęzycznego kwartalnika *Journal of Telecommunications and Information Technology* oraz członek Rady Programowej wielu czasopism, m.in. pisma *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*; zainteresowania naukowe: lasery, fotonika, optyka nieliniowa, optoelektronika zintegrowana i kryształy fotoniczne.  
e-mail: P.Szczepanski@itl.waw.pl lub P.Szczepanski@elka.pw.edu.pl

# Oferta Instytutu Łączności dla operatorów telekomunikacyjnych i integratorów systemów ICT

Edward Juszkiewicz

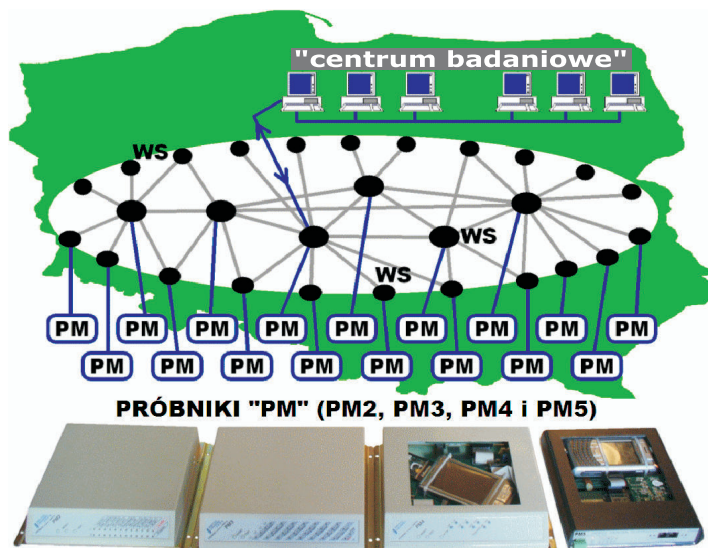
Przedstawiono ofertę handlową Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego (IŁ-PIB). Znajdują się w niej zarówno usługi, jak i systemy oraz urządzenia produkowane w małych seriach, dla zaspokojenia specyficznych wymagań klientów z dziedziny ICT (Information and Communication Technologies).

Instytut Łączności, oferta handlowa – produkty, usługi, przyrządy pomiarowe

## Systemy i urządzenia

### System AWP-IŁ

Oferowany system oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ (rys. 1) składa się ze wspólnego, dla wszystkich ocenianych sieci i usług, centrum badawczego oraz z rozproszonych geograficznie – zainstalowanych przeważnie w węzłach komutacji – urządzeń badawczych PM. Są to zarówno urządzenia aktywne (próbniki typu PM2, PM3, PM4, PM5, odzewniki PMX i głowice pomiarowe TRU), jak i urządzenia pasywne (sondy IP).



Rys. 1. Architektura systemu AWP-IŁ

Działanie systemu AWP-IŁ polega na dostarczaniu – przez programowane z centrum systemu urządzenia badawcze PM – do centrum badawczego danych potrzebnych do oceny sieci i świadczonych

przez nią usług. Aktywne urządzenia systemu AWP-IŁ są tak dołączane, jak zwykli abonenci sieci telekomunikacyjnych. Zestawiają one połączenia między sobą lub połączenia do świadczących usługi elementów sieci. Zgromadzone i przetworzone przez system AWP-IŁ wyniki są udostępniane, w postaci różnorodnych raportów, odpowiednim służbom na ich stacjach roboczych PC.

W systemie AWP-IŁ wykorzystuje się następujące urządzenia badaniowe:

- próbniki PM2 i PM3, dołączane analogicznie jak abonenci telefonicznej sieci przewodowej, przeznaczone do badania parametrów elektrycznych sieci PSTN, poziomów i czasów trwania sygnałów;
- próbniki PM4, umożliwiające przetestowanie dostępności oraz jakości świadczonej w tej sieci usługi faksowej i wdzwanianego dostępu do internetu;
- próbniki PM5, pracujące analogicznie jak terminale sieci przewodowej i sieci GSM/UMTS, służące do badania dostępności oraz jakości świadczonych w tych sieciach usług;
- odzewniki PMX, umożliwiające próbnikom PM4 i PM5 zdalne badanie usług z punktu widzenia abonentów odległych central telefonicznych (funkcja ekspandera), będące prostymi odzewnikami dla głowic pomiarowych TRU podsystemu A8620;
- głowice TRU, stanowiące elementy podsystemu A8620 (wykorzystywanego w UKE oraz TP SA), zestawiające połączenia przez sieć telefoniczną między sobą oraz do prostych odzewników, np. typu PMX;
- sondy IP, monitorujące ruch oraz raportujące wskaźniki ilościowe i jakościowe sieci IP.

System AWP-IŁ z dużą liczbą zainstalowanych urządzeń badaniowych, o zasięgu obejmującym całą Polskę i prawie wszystkich operatorów telekomunikacyjnych, został wykonany dla Urzędu Komunikacji Elektronicznej i jest utrzymywany w stanie pełnej sprawności technicznej przez Instytut.

Instytut Łączności podejmuje się wykonania systemu AWP-IŁ w konfiguracji, spełniającej wymagania każdego operatora telekomunikacyjnego. Oferta obejmuje również przeszkolenie osób przewidzianych do obsługi systemu – w Ośrodku Szkolenia IŁ lub w innym miejscu wskazanym przez zamawiającego – oraz dodatkowo kurs praktyczny prowadzony bezpośrednio w obiektach.

### **System SMOK-2U**

System SMOK-2U, przeznaczony do ciągłego monitorowania, ochrony i kontroli kabli napowietrznych i ułożonych w kanalizacji kablowej oraz obiektów bezobsługowych (takich jak szafy kablowe, włązy i studzienki kanalizacji kablowej, szafy dostępowe, centrale kontenerowe itp.), umożliwia:

- wykrycie oraz natychmiastowe powiadomienie obsługi lub określonych służb stałych i ruchomych o niepowołanym dostępie, próbie zniszczenia, kradzieży, działaniach terrorystycznych, przypadkowych uszkodzeniach powstałych podczas wykonywania różnych prac (np. budowlanych) itp.;
- monitorowanie własnych zabezpieczeń obiektów;
- kontrolę i obsługę różnych typów alarmów wysyłanych przez objęte nadzorem obiekty.

System SMOK-2U może pracować samodzielnie lub wykorzystywać sygnały z innych systemów, np. zainstalowanego w tym samym miejscu systemu antywłamaniowego albo przeciwpożarowego.

Działanie systemu polega na ciągłym odczytywaniu informacji z głowic pomiarowych (w wersji cyfrowej lub analogowej) oraz sprawdzaniu stanu obserwowanych kabli i dołączonych czujników.

Umożliwia to szybkie wykrywanie sytuacji alarmowych oraz prowadzenie na bieżąco autodiagnostyki wszystkich urządzeń, wchodzących w skład systemu i łączy do transmisji danych.

System SMOK-2U składa się z następujących elementów:

- głowic pomiarowych, opcjonalnie wyposażonych w modem transmisji danych do transmisji danych między głowicą i centrum nadzoru (rys. 2);
- czujników, rozmieszczonych w obiektach bezobsługowych;
- centrum nadzoru, składającego się z komputera PC z oprogramowaniem systemowym i użytkowym;
- komputera podglądu (opcjonalnie).



Rys. 2. Głowica pomiarowa systemu SMOK-2U w wersji analogowej

Architektura systemu SMOK-2U jest modułowa, otwarta, z możliwością skalowania, dzięki czemu można łatwo rozbudować system oraz wprowadzić proste zmiany dotyczące jego konfiguracji i funkcjonalności.

Instytut Łączności oferuje system SMOK-2U wraz z przeszkoleniem – w Ośrodku Szkolenia IŁ lub w innym miejscu wskazanym przez zamawiającego – oraz kurs praktyczny prowadzony bezpośrednio w obiektach.

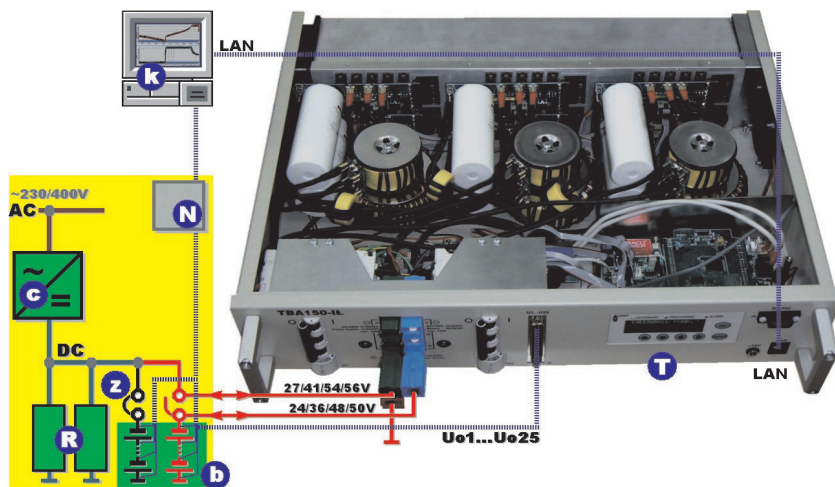
### ***Konwerter TBA150-IŁ do kontroli baterii akumulatorów w siłowniach obiektów telekomunikacyjnych***

Unikatowym w skali europejskiej urządzeniem jest przenośny i programowalny konwerter TBA150-IŁ<sup>①</sup>. Nadzoruje on kontrolne ładowanie baterii (wyrównawcze lub powrotne) z prądem ładowania od 5 do 150 A, pobierając energię z prostowników siłowni, a także automatycznie rozładowuje baterie w uprzednio zaprogramowany sposób. W cyklu rozładowywania konwerter przekazuje pobraną energię do odbiorów dołączonych do wyjść siłowni, odciążając w tym czasie prostowniki.

<sup>①</sup> Godlewski P.: „Urządzenie TBA150-IŁ do kontroli baterii akumulatorów w siłowniach obiektów telekomunikacyjnych”. *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*, 2008, nr 3–4, s. 67–76.



W wyposażeniu konwertera są odpowiednie kable prądowe, pomiarowe i końcówki prądowe, które umożliwiają dołączenie go do siłowni (rys. 3), do testowanej baterii i do komputera PC. Po wykonaniu odpowiedniego stałego okablowania w siłowni jest możliwe bardzo szybkie dołączenie konwertera, w celu okresowego testowania baterii.



**Rys. 3.** Schemat dołączenia konwertera TBA150-IŁ do siłowni telekomunikacyjnej  
*b* – baterie akumulatorów, *c* – prostowniki siłowni, *k* – komputer PC lub komputer systemu nadzoru, *N* – sterownik systemu nadzoru, *R* – obciążenia siłowni, *T* – urządzenie TBA150-IŁ, *z* – odłączniki baterii

Użytkownik, po doprowadzeniu i włączeniu napięć, może – za pomocą wbudowanego wyświetlacza z klawiaturą – uaktualnić wskazania czasu, wprowadzić parametry kontrolowanej baterii, zaprogramować i zainicjować pracę urządzenia, obejrzeć lub zarejestrować w, dołączanym bezpośrednio lub przez sieć internet, komputerze PC wyniki trwającego lub zrealizowanego cyklu badań. Można także wpisać indywidualny numer, adres IP oraz zmieniać konfiguracje i język komunikatów (polski/angielski).

W trakcie pracy do pamięci urządzenia TBA150-IŁ, a po zakończeniu badania do bazy danych w komputerze PC, są zapisywane rekordy danych, zawierające: numer urządzenia, datę/czas rozpoczęcia i na bieżąco czas trwania operacji, napięcia (baterii, siłowni, ogniwi i sieci elektroenergetycznej), prąd baterii, temperaturę baterii/otoczenia, pobrany lub dostarczony ładunek oraz rodzaj ewentualnego alarmu.

W siłowniach urządzeń telekomunikacyjnych pracują dziesiątki tysięcy baterii akumulatorów różnych pojemności (np. w Polsce ponad 50 tysięcy). Koszty takich baterii, wymienianych wielokrotnie w czasie eksploatacji siłowni, stanowią duży procent ich wartości. Dzięki regularnej kontroli można znacząco wydłużyć średni czas eksploatacji każdej baterii.

Z obliczeń dokonanych w Instytucie, uwzględniających koszt przygotowania okablowania usprawniającego jego dołączenie do siłowni, wynika, że inwestycja w oferowany przyrząd zwróci się szybciej niż po dwóch latach.

Instytut Łączności oferuje konwertery TBA150-IŁ wraz z przeszkoleniem obsługi – w Ośrodku Szkolenia IŁ lub w innym miejscu wskazanym przez zamawiającego – oraz kurs praktyczny bezpośrednio w siłowni.

## Oferowane usługi

Doświadczona kadra Instytutu Łączności, mająca doskonale wyposażone laboratoria, wykonuje prace na zamówienia klientów oraz ekspertyzy techniczne i badania zgodności z wymaganiami zasadniczymi.

### *Prace na zamówienia klientów*

Zakłady naukowo-badawcze IŁ mogą wykonywać takie prace, jak:

- kierowanie i koordynacja projektów ICT;
- analizy ekonomiczne przedsięwzięć inwestycyjnych z dziedziny ICT oraz inne analizy na żądany temat;
- wydawanie opinii na temat innowacyjności produktów i projektów ICT;
- badanie jakości sieci telekomunikacyjnych (w tym radiowych), sprawdzanie pokrycia polem elektromagnetycznym;
- ocena stanu technicznego siłowni telekomunikacyjnych (w tym zainstalowanych akumulatorów);
- analizy i raporty dotyczące: ekonomicznych oraz prawnych warunków prowadzenia działalności telekomunikacyjnej i pocztowej, rozwoju rynku telekomunikacyjnego i pocztowego, rozwoju społeczeństwa informacyjnego, tematyki transportu, innych ekonomicznych i prawnych kwestii związanych z rynkiem ICT oraz rynkiem pocztowym, uzgodnionych z zamawiającym;
- udostępnianie największej w Polsce bazy Wskaźników Rozwoju Społeczeństwa Informacyjnego (WRSI);
- planowanie radiowe;
- organizacja systemów baz danych;
- projektowanie systemów telekomunikacyjnych i telematycznych do różnych zastosowań, np. monitorowania obiektów/urządzeń, zbierania danych w sieciach rozległych, systemów i sieci ostrzegania itp.;
- projektowanie i pomiary linii radiowych, pracujących w zakresie częstotliwości od 1 do 50 GHz, zgodnie z zaleceniami ITU-R dla tych linii, także z wykorzystaniem programu Trasa Z (profesjonalne narzędzie programowe do wyznaczania zasięgów, tłumienia i innych ważnych parametrów linii radiowych, pracujących w ww. zakresie częstotliwości), umożliwiającego m.in. oszacowanie wpływu wielodrożności, opadów i gazów oraz optymalizację wysokości zawieszenia anten;
- udzielanie, uchylenie i zmiany aprobat technicznych dotyczących wyrobów budowlanych, stosowanych wyłącznie w sieciach i instalacjach telekomunikacyjnych, radiowo-telewizyjnych oraz komputerowych.

### *Ekspertyzy techniczne i badania zgodności*

Przykładem analiz i ekspertyz Instytutu może być opracowany w latach 2005–2008 program wieloletni „Rozwój telekomunikacji i poczty w dobie społeczeństwa informacyjnego”<sup>①</sup>, którego głównym celem było wprowadzenie nowego, adaptacyjnego systemu służb państwowych, niezbędnego w Polsce po wstąpieniu do Unii Europejskiej.

<sup>①</sup> Wszystkie opracowania IŁ wykonane w ramach programu wieloletniego są dostępne na portalu Instytutu: [www.wieloletni.itl.waw.pl](http://www.wieloletni.itl.waw.pl)

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2004 r.<sup>①</sup> wprowadziło jednolity dla wszystkich urzędzeń system oceny zgodności z wymaganiami zasadniczymi. Instytut Łączności, jako jednostka notyfikowana nr 1471, uczestniczy w procesie oceny zgodności i/lub dokonuje oceny zgodności urzędzeń wprowadzanych do obrotu na podstawie procedur zawartych w dyrektywie 1999/5/WE, tzw. dyrektywie R&TTE (wprowadzonej do prawodawstwa polskiego ww. rozporządzeniem), umożliwiając producentom i dostawcom urzędzeń oznakowanie produktów znakiem CE.

W Instytucie Łączności badania są prowadzone w laboratoriach, wchodzących w skład **Laboratorium Badań Urzędzeń Telekomunikacyjnych i Centralnego Laboratorium Badawczego**, mających wspólny certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji nr AB 121.

Dalej przedstawiono wykaz produktów badanych w Instytucie, zgodnie z wymaganiami dyrektyw R&TTE, LVD i EMC.

### Urządzenia radiowe

- urządzenia radiowe: nadawcze, nadawczo-odbiorcze i odbiorcze w zakresie częstotliwości do 40 GHz:
  - radiowe urządzenia bliskiego zasięgu, w tym:
    - ◇ urządzenia do zdalnego sterowania, telemetrii lub alarmowania,
    - ◇ systemy identyfikacji (RFID) i inne z pętlą indukcyjną,
    - ◇ słuchawki, głośniki, mikrofony bezprzewodowe itp.;
  - urządzenia do transmisji danych w pasmie częstotliwości 2,4 GHz, w tym:
    - ◇ WLAN (Wi-Fi), wg standardów IEEE 802.11b/g/n,
    - ◇ Bluetooth,
    - ◇ ZigBee;
  - szerokopasmowe urządzenia do transmisji danych w pasmach 5 GHz:
    - ◇ WLAN (Wi-Fi), wg standardów IEEE 802.11a/n;
  - urządzenia radiowych stacjonarnych sieci dostępowych punkt do wielu punktów (P-MP);
  - linie radiowe punkt-punkt (P-P);
  - urządzenia konwencjonalnych i trunkingowych sieci dyspozytorskich (do transmisji sygnału mowy, danych i/lub sygnałów inicjowania określonej reakcji w odbiorniku);
  - radiotelefony CB AM i/lub FM;
  - radiotelefony morskie pasma VHF;
  - nadajniki i przemienniki radiofoniczne AM oraz UKF-FM o mocy do 1 kW;
  - stacje bazowe i terminale sieci GSM/GPRS/EDGE i UMTS;
  - stacje satelitarne:
    - ◇ typu VSAT,
    - ◇ przewoźne (reporterskie),
    - ◇ centralne,
    - ◇ naziemne (dosyłowe);
  - odbiorcze stacje satelitarne (anteny i konwertery);
- anteny w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 40 GHz.

<sup>①</sup> „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2004 r. w sprawie dokonywania oceny zgodności telekomunikacyjnych urzędzeń końcowych przeznaczonych do dołączania do zakończeń sieci publicznej i urzędzeń radiowych z zasadniczymi wymaganiami oraz ich oznakowania”. Dz.U., 2004, nr 73, poz. 659, ze zmianami: Dz.U., 2006, nr 23, poz. 177 oraz Dz.U., 2007, nr 150, poz. 1071.

## Terminale i systemy komutacyjne

- telekomunikacyjne analogowe oraz cyfrowe urządzenia końcowe PSTN, PABX i ISDN;
- urządzenia telewizyjne:
  - sieci kablowych i urządzenia telewizji cyfrowej;
  - nadajniki i przemienniki telewizyjne;
  - odbiorniki satelitarne analogowe i cyfrowe;
  - wzmacniacze antenowe;
- abonementy i publiczne systemy komutacyjne;
- urządzenia zwielokrotnienia cyfrowego: PCM30, HDSL, ISDN;
- kable telekomunikacyjne metalowe i światłowodowe;
- przełącznice złącza i łączówki, elementy ochrony przepięciowej i przetężeniowej;
- wysoko stabilne źródła częstotliwości i zegary odniesienia:
  - cezowe, rubinowe i kwarcowe;
  - odbiorniki GPS i generatory synchronizowane sygnałem GPS;
  - wtórne zegary odniesienia SSU, NSU, SASE i SEC;
  - zegary central telefonicznych;
- urządzenia transmisji danych dołączanych do sieci pakietowych, pracujących zgodnie z protokołem CCITT (ITU-T) X.25;
- terminale TE, pracujące na styku BRI ISDN;
- urządzenia, pracujące zgodnie z protokołem Frame Relay (ITU-T Q.933 Annex A);
- interfejsy szeregowo V.28, V.35, V.36, X.21 ITU-T (NET2, TBR2); G.703/G.704 2 Mbit/s oraz 34 Mbit/s (TBR 12/13 i TBR 34) i 140 Mbit/s, elektryczne interfejsy STM-1 (155 Mbit/s);
- elektroniczne centrale abonemckie.

## Urządzenia zasilające

- siłownie;
- zespoły prostownikowe;
- przetwornice DC-AC, AC-AC, DC-DC;
- baterie akumulatorów;
- urządzenia podtrzymujące napięcie zasilania – UPS.

## Inne urządzenia elektroniczne i elektryczne

- odbiorniki radiowe i telewizyjne, odkurzacze, miksery, dzwonki i mikrofony bezprzewodowe, elektroniczne nianie;
- kasy fiskalne, wagi elektroniczne;
- domowy, samochodowy i przenośny sprzęt multimedialny;
- odtwarzacze CD, MP3;

- prostowniki i urządzenia rozruchowe;
- systemy nawigacji satelitarnej, odbiorniki GPS;
- zestawy komputerowe;
- fotoradary optyczne i mikrofalowe.

Szczegółowe informacje na temat badania konkretnego urządzenia można uzyskać po wypełnieniu formularza na stronie: [www. itl.waw.pl](http://www.itl.waw.pl).

## **Wzorcowanie przyrządów**

Wzorcowania przyrządów przeprowadzają dwa laboratoria Instytutu: w Warszawie i we Wrocławiu. W siedzibie głównej IŁ, w Warszawie, jest **Laboratorium Metrologii Elektrycznej, Elektronicznej i Optoelektronicznej IŁ-PIB**, które ma akredytację Nr AP 015 Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) w kategorii laboratorium wzorcującego, działającego w siedzibie i poza nią. Zakres akredytacji obejmuje pomiary w dziedzinach pomiarowych oznaczonych: 7, 8, 10, 16 i 19. Zakresy pomiarowe i inne dokładniejsze dane, dotyczące pomiarów prowadzonych w tym laboratorium, są podane w dokumencie PCA „Zakres akredytacji laboratorium wzorcującego Nr AP 015 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji”.<sup>①</sup>

Instytut Łączności ma także akredytację Polskiego Centrum Akredytacji Nr PT 001 jako Jednostki ds. Porównań Międzylaboratoryjnych w dziedzinie pomiarowej 7 (wielkości elektryczne DC i m.cz.).

Poniżej wymieniono dziedziny pomiarowe objęte akredytacją Nr AP 015 w powiązaniu ze sprawdzanymi parametrami i rodzajami wzorcowanych przyrządów pomiarowych.

### **Dziedzina pomiarowa 7. Wielkości elektryczne DC i m.cz**

#### 7.01. Napięcie, prąd (DC)

*Napięcie stałe:* miernik napięcia, multimetr cyfrowy, (mikro/nano) woltomierz, skopometr, analizator parametrów i uszkodzeń linii, kalibrator, miernik (mostek) RLC, źródło napięcia stałego, zasilacz stabilizowany, próbnik napięcia, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych), oscyloskop o impedancjach wejściowych: 50  $\Omega$  i 1 M $\Omega$ .

*Prąd stały:* miernik prądu, multimetr cyfrowy, (mili)amperomierz, miernik (tester) instalacji elektrycznych (teletechnicznych), skopometr, karta multimetrowa, analizator parametrów i uszkodzeń linii, miernik cęgowy, cęgi pomiarowe, kalibrator, miernik (mostek) RLC, źródło prądu stałego, zasilacz stabilizowany, wzmacniacz prądu, sonda pomiarowa.

#### 7.02. Napięcie, prąd (AC)

*Napięcie przemienne:* miernik napięcia, multimetr cyfrowy, (mili)woltomierz, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych), skopometr, karta multimetrowa, analizator parametrów i uszkodzeń linii, próbnik przebiega, tester bezpieczeństwa elektrycznego, kalibrator, miernik (mostek) RLC, miernik (mostek) impedancji, generator w.cz., tester radiokomunikacyjny, dzielnik napięcia, oscyloskop (skopometr) (wartości międzyszczytowe sygnału sinusoidalnego o impedancji wejściowej 50  $\Omega$ , karta oscyloskopowa o impedancji wejściowej 50  $\Omega$  i 1 M $\Omega$  (nierówność charakterystyki częstotliwościowej odniesiona do wskazania w pasmie 50 kHz – 10 MHz), źródło sinusoidalnych sygnałów pomiarowych (generator napięcia) z wyjściem symetrycznym i asymetrycznym niskoomowym oraz wysokoomowym.

<sup>①</sup> Por. <http://www.pca.gov.pl/zakresy/AP/AP%20015.pdf>



*Poziom napięcia:* źródło sinusoidalnych sygnałów pomiarowych (generator poziomu) – wyjście symetryczne i asymetryczne niskoomowe oraz wyjście symetryczne i asymetryczne wysokoomowe.

*Prąd przemienny:* miernik prądu, multimetr cyfrowy, (mili)amperomierz, miernik cęgowy, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych), miernik cęgowy, cęgi pomiarowe, tester wyłączników RCD, miernik prądu upływu, kalibrator, miernik (mostek) RLC, miernik (mostek) impedancji, wzmacniacz prądu, symulator prądu upływu.

#### 7.03. Rezystancja (DC)

Rezystor wzorcowy, rezystor dekadowy, rezystor regulowany, kalibrator, miernik rezystancji, multimetr cyfrowy, mili/megaomomierz, miernik rezystancji instalacji, miernik (mostek) RLC, mostek stałoprądowy, miernik rezystancji uziemienia, miernik skuteczności uziemienia, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych), oscyloskop, skopometr, boczniak pomiarowy, karta multimetrowa, karta oscyloskopowa, analizator parametrów i uszkodzeń linii.

#### 7.04. Rezystancja (AC)

Rezystor wzorcowy, rezystor dekadowy, wzorzec rezystancji, boczniak pomiarowy, miernik (mostek) RLC, miernik (mostek) impedancji, miernik rezystancji, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych), miernik rezystancji pętli zwarcia.

#### 7.05. Impedancja

Wzorzec impedancji, miernik (mostek) impedancji, miernik impedancji pętli zwarcia, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznych (teletechnicznych).

#### 7.06. Indukcyjność, pojemność, indukcyjność własna

Cewka wzorcowa stała i regulowana, dekada indukcyjności, miernik (mostek) RLC, mostek (miernik) impedancji, multimetr cyfrowy, mostek indukcyjności.

#### Pojemność elektryczna

Kondensator wzorcowy stały i regulowany (dekadowy), miernik (mostek) RLC, miernik (mostek) impedancji, multimetr cyfrowy, mostek pojemności, analizator parametrów i uszkodzeń linii, oscyloskop, skopometr, karta oscyloskopowa.

#### 7.09. Moc, poziom mocy

Źródło sinusoidalnych sygnałów pomiarowych (generator poziomu) – wyjście symetryczne i asymetryczne niskoomowe, analizator parametrów i uszkodzeń linii, miernik poziomu – wejście asymetryczne i symetryczne, generator i miernik poziomu analizatorów PCM.

#### *Tłumienność mocy elektrycznej*

Tłumik pomiarowy w układzie asymetrycznym i w układzie symetrycznym, analizator parametrów i uszkodzeń linii.

## Dziedzina pomiarowa 8. Wielkości elektryczne w.cz

### 8.01. Wielkości elektryczne w.cz.

#### *Poziom mocy*

Miernik mocy w.cz., generator w.cz., analizator obwodów, analizator widma, analizator systemów antenowych, analizator systemów kablowych, analizator modulacji analogowych, analizator modulacji cyfrowych, tester radiokomunikacyjny.

#### *Względny poziom mocy*

Tłumik, sprzęgacz, generator w.cz., analizator obwodów, analizator widma, analizator systemów antenowych, analizator systemów kablowych, analizator modulacji analogowych, analizator modulacji cyfrowych, tester radiokomunikacyjny.

#### *Modulacja amplitudy AM*

Generator w.cz., analizator modulacji analogowych, tester radiokomunikacyjny.

#### *Modulacja częstotliwości FM*

Generator w.cz., analizator modulacji analogowych, tester radiokomunikacyjny.

#### *Modulacja fazy PM*

Generator w.cz., analizator modulacji analogowych, tester radiokomunikacyjny.

#### *Błąd fazy (GMSK)*

Tester radiokomunikacyjny GSM/EDGE.

#### *EVM (EDGE)*

Tester radiokomunikacyjny GSM/EDGE.

#### *Współczynnik kalibracji*

Czujnik mocy.

#### *Współczynnik odbicia $S_{11}/S_{22}$ dla: złączy N, złączy 3,5 mm, złączy 2,4 mm*

Częstościomierz, czujnik mocy, terminator (rezystor), tłumik, filtr, sprzęgacz, przełącznik, analizator systemów antenowych, analizator systemów kablowych.

#### *Współczynnik transmitancji $S_{21}/S_{12}$ dla: złączy N, złączy 3,5 mm, złączy 2,4 mm*

Częstościomierz, czujnik mocy, terminator (rezystor), tłumik, filtr, sprzęgacz, przełącznik, analizator systemów antenowych, analizator systemów kablowych.

## Dziedzina pomiarowa 10. Czas i częstotliwość

### 10.01. Częstotliwość

Wzorzec lub generator częstotliwości, działający w trybie swobodnym (wzorzec kwarcowy, atomowy, generator częstotliwości, syntezytor) lub kontrolowany sygnałem czasu albo częstotliwości wzorcowej (sygnałem radiowym lub sygnałem radionawigacyjnym systemu naziemnego, jak LORAN, lub satelitarnego, jak GPS, lub sygnałem telekomunikacyjnym przesyłanym przewodowo), nadajnik zawarty w analizatorze/testerze PDH/SDH, częstościomierz cyfrowy (w tym częstościomierz wbudowany w miernik mocy), komparator częstotliwości (względne odchylenie częstotliwości), multimetr cyfrowy,

oscylloskop (wewnętrzne źródło odniesienia AC), źródło sinusoidalnych sygnałów pomiarowych (generator), kalibrator, miernik (mostek) RLC, miernik (mostek) impedancji, źródło promieniowania optycznego (modulowane i niemodulowane), zestaw do pomiaru tłumienności, miernik tłumienności odbicia, reflektometr światłowodowy jedno- i wielomodowy, miernik częstotliwości analizatorów PCM, generator częstotliwości analizatorów PCM, zegar generatora częstotliwości analizatorów PCM, zegar generatora częstotliwości analizatorów transmisji danych, analizator widma, analizator obwodów, analizator systemów antenowych, analizator systemów kablowych, analizator parametrów i uszkodzeń linii.

#### 10.02. Czas

##### *Przedział czasu (także współczynnik wypełnienia)*

Generator przedziałów czasu, reflektometr światłowodowy jedno- i wielomodowy, miernik (tester) parametrów instalacji elektrycznej, tester wyłączników RCD, czasomierz cyfrowy, oscylloskop, skopometr, analizator parametrów i uszkodzeń linii.

##### *Czas fazowy*

Miernik błędu przedziału czasu (TIE), komparator czasu fazowego, miernik fluktuacji czasu fazowego zawarty w odbiorniku analizatora/testera SDH/PDH, generator fluktuacji czasu fazowego zawarty w nadajniku analizatora/testera SDH/PDH, nadajnik zawarty w analizatorze/testerze SDH/PDH.

### **Dziedzina pomiarowa 16. Wielkości optyczne**

#### 16.01. Optoelektronika

##### *Moc (poziom mocy) promieniowania optycznego*

Miernik mocy (poziomu mocy) promieniowania optycznego, zestaw do pomiaru tłumienności, analizator widma promieniowania optycznego, miernik długości fali, reflektometr światłowodowy jedno- i wielomodowy, miernik tłumienności odbicia (reflektancji), źródło promieniowania optycznego modulowane i niemodulowane, nadajnik optyczny zawarty w analizatorze/testerze SDH/PDH.

##### *Długość optyczna światłowodu*

Reflektometr światłowodowy jednomodowy, reflektometr światłowodowy wielomodowy.

##### *Tłumiennosc*

Tłumik optyczny, sprzęgacz optyczny, przełącznik optyczny i inne obiekty optoelektroniczne.

##### *Tłumiennosc jednostkowa*

Reflektometr światłowodowy jednomodowy, reflektometr światłowodowy wielomodowy.

##### *Tłumiennosc odbicia (reflektancja)*

Miernik tłumienności odbicia (reflektancji), obiekty optoelektroniczne.

##### *Tłumiennosc zależna od polaryzacji (PDL), zależność polaryzacyjna wskazań mocy*

Miernik tłumienności odbicia (reflektancji), analizator widma promieniowania optycznego, miernik długości fali, tłumik optyczny, sprzęgacz optyczny, przełącznik optyczny i inne obiekty optoelektroniczne.

### *Długość fali promieniowania optycznego*

Źródło promieniowania optycznego modulowane i niemodulowane, reflektometr światłowodowy jednomodowy i wielomodowy, miernik tłumienności odbicia (reflektancji), zestaw do pomiaru tłumienności, nadajnik optyczny zawarty w analizatorze/testerze SDH/PDH, analizator widma optycznego, miernik długości fali.

### *Współczynnik tłumienia prążków bocznych (SMSR)*

Źródło promieniowania optycznego modulowane i niemodulowane, reflektometr światłowodowy jednomodowy i wielomodowy, zestaw do pomiaru tłumienności, nadajnik optyczny zawarty w analizatorze/testerze SDH/PDH.

## **Dziedzina pomiarowa 19. Temperatura**

### 19.01.N. Termometria elektryczna

Wskaźnik temperatury, multimetr cyfrowy (pracujący jako wskaźnik temperatury), symulator temperatury, kalibrator (pracujący jako symulator temperatury).

Informacji na temat warunków i możliwości wzorcowania urządzeń udzielają pracownicy Instytutu Łączności w Warszawie (tel. +48 22 5128 383 lub +48 22 5128 407).

We Wrocławiu, w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej, jest **Laboratorium Aparatury Pomiarowej EMC**, które ma akredytację Nr AP 016 Polskiego Centrum Akredytacji w kategorii laboratorium wzorcującego, działającego w stałej siedzibie. Zakres akredytacji obejmuje pomiary w dziedzinach pomiarowych oznaczonych: 8.01 (wielkości elektryczne w. cz.) oraz 9.01 (wielkości magnetyczne i elektromagnetyczne). Zakresy pomiarowe i inne dokładniejsze dane, dotyczące pomiarów prowadzonych w tym laboratorium, są podane w dokumencie PCA „Zakres akredytacji laboratorium wzorcującego Nr AP 016 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji”.<sup>①</sup>

Laboratorium to specjalizuje się w specyficznym obszarze wzorcowania aparatury pomiarowej stosowanej w miernictwie EMC. Wzorcowanie tej aparatury wymaga określenia parametrów kilku wielkości fizycznych jednocześnie dla pojedynczego przyrządu, stąd zakres akredytacji laboratorium jest ukierunkowany na przyrządy i dopiero dalej są określone wzorcowane w ich przypadku wielkości fizyczne.

Poniżej wymieniono dziedziny pomiarowe objęte akredytacją Nr AP 016 w powiązaniu z rodzajami badanych urządzeń i ze sprawdzanymi parametrami.

## **Dziedzina pomiarowa 8. Wielkości elektryczne w.cz.**

### 8.01. Wielkości elektryczne w.cz.

*Mierniki zaburzeń radioelektrycznych:* dokładność częstotliwości dostrojenia, dokładność wskazań napięcia w.cz., odpowiedź na impulsy wzorcowe.

*Generatory impulsów wzorcowych:* częstotliwość, powierzchnia impulsów dla pasm A, B, C i D, amplituda widmowa impulsów w pasmach A, B, C i D.

*Analizatory zaburzeń krótkotrwałych:* dokładność ustawienia poziomu analizy zaburzeń, czas trwania grup zaburzeń.

*Sieci sztuczne:* moduł impedancji, kąt impedancji, tłumienie filtra górnoprzepustowego, tłumienie odsprężenia, tłumienie przesłuchu.

<sup>①</sup> Por. <http://www.pca.gov.pl/zakresy/AP/AP%20016.pdf>

*Cęgi absorpcyjne MDS*: tłumienność wtrąceniowa.

*Sondy prądowe*: admitancja przeniesienia.

*Mierniki mocy*: dokładność wskazań mocy w funkcji częstotliwości, dokładność wskazań mocy w funkcji poziomu mocy.

*Układy CDN*: moduł impedancji, kąt fazowy, tłumienność wtrąceniowa.

## **Dziedzina pomiarowa 9. Wielkości magnetyczne i elektromagnetyczne**

### 9.01. Wielkości magnetyczne i elektromagnetyczne

*Anteny pomiarowe*: współczynnik antenowy (współczynnik kalibracji).

Informacji na temat warunków i możliwości wzorcowania urządzeń udzielają pracownicy Oddziału Instytutu Łączności we Wrocławiu (tel. +48 71 369 98 03).

## **Szkolenia**

Ośrodek Szkolenia Instytutu Łączności organizuje szkolenia z zakresu współczesnej telekomunikacji, technik informacyjnych, informatyki, negocjacji, metod arbitrażu, strategii gier rynkowych, regulacji komunikacji elektronicznej, prawa telekomunikacyjnego, poczty, pozyskiwania środków i promocji projektów unijnych.

Prowadzi także szkolenia, dofinansowywane ze środków Unii Europejskiej, na takie tematy, jak:

- WIMAX,
- telewizja cyfrowa,
- RFID,
- TETRA,
- technika światłowodowa,
- technika radiowa,
- telewizja.

Można również wynająć multimedialne sale wykładowe w Ośrodku (z wyżywieniem lub bez) oraz zorganizować większe imprezy integracyjno-szkoleniowe w Miedzeszynie, przy współpracy firm miejscowych.

Więcej informacji o Ośrodku Szkolenia i ofercie szkoleniowej Instytutu zamieszczono na stronie internetowej IŁ: [www.szkolenia.itl.waw.pl](http://www.szkolenia.itl.waw.pl)

## **Udostępnianie raportów**

Specjaliści Instytutu Łączności są autorami raportów, poruszających aktualne tematy z dziedziny ICT. Od kwietnia 2009 r. są dostępne odpłatnie następujące raporty<sup>①</sup>:

- *Specyficzne aspekty funkcjonowania rynku komunikacji elektronicznej w Unii Europejskiej*  
Przedstawiono czynniki wpływające na kształt obecnej i przyszłej polityki regulacyjnej w Unii Europejskiej, odnoszącej się do komunikacji elektronicznej, a zwłaszcza do procesu urynkwienia telekomunikacji publicznej.

<sup>①</sup> Listę najnowszych raportów można znaleźć na portalu Instytutu: [www.itl.waw.pl/oferta/raporty/index.html](http://www.itl.waw.pl/oferta/raporty/index.html)



- *Problemy rozwoju telematyki transportu*

Wskazano możliwości teleinformatycznego wspierania działalności związanej z transportem, ze szczególnym zaakcentowaniem zagadnień wymiany informacji między elementami struktury transportowej, ich użytkownikami i otoczeniem, prowadzącej do powstania systemów telematycznych.

- *Polak a telekomunikacja*

Przeanalizowano wybrane zagadnienia dotyczące: telefonii stacjonarnej, telefonii mobilnej i szerokopasmowego dostępu do internetu.

- *Rozwój rynku usług pocztowych w krajach Wspólnoty*

Opisano zmiany elementów sieci pocztowej, charakteryzujących dostępność terytorialną do powszechnej usługi pocztowej.

- *Firmowi użytkownicy Internetu w Polsce*

Podano wyniki badań przeprowadzonych w grupie instytucjonalnych użytkowników internetu w 2008 r.

- *Rozwój społeczeństwa informacyjnego w Polsce. Stan, zagrożenia i perspektywy*

Omówiono – na podstawie wskaźników podawanych przez światowe organizacje – stan rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce, określono czynniki hamujące ten rozwój oraz opisano główne trendy rozwoju gospodarki opartej na wiedzy w najbliższych latach.

- *Firmowi użytkownicy Internetu w województwie lubelskim*

Zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w grupie instytucjonalnych użytkowników internetu w 2008 r. w województwie lubelskim.

## ***Wypożyczenie przyrządów pomiarowych***

Instytut Łączności wypożycza sprzęt pomiarowy z firmy **Livingston** (Wielka Brytania/Holandia) (krótko- i średnioterminowo). Swoją ofertę kieruje przede wszystkim do tych klientów, którzy potrzebują chwilowo skorzystać z urządzeń pomiarowych, np. podczas prezentacji handlowych, szkoleń, projektowania, do wzmocnienia zespołów realizujących kontrakty (dotrzymanie terminów), testowania, zmiany miejsca działania do czasu powrotu do stanu sprzed klęski żywiołowej itp.

Wypożyczalnia przyrządów dysponuje takimi urządzeniami pomiarowymi i testowymi, jak:

- przyrządy do pomiarów parametrów stacji bazowych,
- przyrządy telewizyjne,
- testery okablowania,
- kalibratory,
- częstotściomierze,
- generatory,
- testery bezpieczeństwa i instalacji,
- przyrządy do pomiarów EMC,
- emulatory,
- mierniki natężenia pola,

- mierniki przepływu (przepływomierze),
- generatory sygnałowe,
- analizatory Gigabit Ethernet,
- testery radiokomunikacyjne dla urządzeń przenośnych,
- analizatory sieci LAN/WAN,
- testery Datacom, PCM, ISDN, SS7, ADSL, ATM,
- analizatory stanów logicznych,
- multimetry,
- analizatory dyspersji chromatycznej,
- mierniki do pomiarów tłumienności światłowodów,
- analizatory WDM do pomiarów widma optycznego,
- oscyloskopy,
- reflektometry optyczne OTDR,
- mierniki jakości sieci energetycznej,
- zasilacze,
- analizatory protokołów,
- rejestratory i loggery,
- analizatory obwodów w.cz.,
- mierniki mocy w.cz.,
- generatory sygnałowe w.cz.,
- analizatory SDH/PDH,
- analizatory sygnałów audio,
- przyrządy dla GSM, HSDPA, UMTS,
- przyrządy do pomiaru hałasu i drgań,
- mierniki temperatury i wilgotności,
- sondy wideo.

Wykaz wypożyczanych przyrządów pomiarowych oraz warunki wypożyczeń są dostępne na stronie internetowej IŁ: [www.itl.waw.pl](http://www.itl.waw.pl). Szczegółowych informacji udzielają pracownicy Działu Sprzedaży i Marketingu IŁ (tel. +48 22 5128 291 lub +48 22 5128 704, faks: +48 22 5128 446 lub e-mail: [dsm@itl.waw.pl](mailto:dsm@itl.waw.pl)).

### ***Wynajem powierzchni***

Adres Instytutu Łączności w każdym z miast, gdzie znajduje się siedziba główna bądź oddziały IŁ, jest tzw. „dobrym adresem”, tzn. powszechnie znanym wśród ludzi, zajmujących się na co dzień zagadnieniami ICT, dlatego wiele firm zdecydowało się już na wynajem powierzchni w IŁ.

Instytut Łączności oferuje do wynajmu powierzchnie biurowe, magazynowe lub na cichą produkcję w Warszawie, Gdańsku i Wrocławiu.

Główna siedziba Instytutu Łączności w Warszawie Miedzeszynie ma następujące zalety dla potencjalnego wynajmującego:

- odległość tylko 20 km od centrum Warszawy;
- 150 m od stacji kolejowej Warszawa Miedzeszyn i przystanku autobusowego komunikacji miejskiej;
- dobre połączenia komunikacyjne z centrum Warszawy autobusem linii 521, prywatną linią autokarową lub pociągiem Kolei Mazowieckich albo SKM do stacji Warszawa Miedzeszyn (kierunek: Otwock, Pilawa, Dęblin);
- duże parkingi na terenie zamkniętym – dostępność miejsc parkingowych cały dzień.

Informacji na temat wynajmu powierzchni w głównej siedzibie IŁ udzielają pracownicy IŁ w Warszawie Miedzeszynie, ul. Szachowa 1 (tel. +48 22 5128 312 lub +48 22 5128 476), natomiast informacji dotyczących wynajmu w oddziałach – pracownicy Oddziału w Gdańsku, ul. Jaśkowa Dolina 15 (tel. +48 58 341 59 27) oraz Oddziału we Wrocławiu, ul. Swojczycka 38 (tel. +48 71 36 99 806).

\* \* \*

Zaprezentowana oferta handlowa Instytutu Łączności – ze względu na miejsce publikacji – nie wyczerpuje tematu. Zasygnalizowano tu jedynie wybrane aspekty działalności IŁ, wskazano niektóre zagadnienia i zakres prac prowadzonych przez Instytut, podkreślając możliwość dostosowania się do życzeń klientów.

Wszystkich zainteresowanych współpracą z IŁ zapraszamy do obejrzenia naszej witryny internetowej ([www.itl.waw.pl](http://www.itl.waw.pl)) oraz na konsultacje z naszymi specjalistami (tel. +48 22 5128 100).

### Edward Juskiewicz



Mgr inż. Edward Juskiewicz (1946) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1970), studia podyplomowe Master w INT we Francji (1991); pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (1972–1985) i Politechniki Warszawskiej (1985–1992), pracownik firm telekomunikacyjnych (Nokia, AT&T, Lucent, Samsung, Alcatel, DGT), ponownie pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 2008), obecnie kierownik Działu Sprzedaży i Marketingu; autor wielu publikacji; zainteresowania: telekomunikacja, radiokomunikacja, systemy informacyjne, zarządzanie.  
e-mail: [E.Juskiewicz@itl.waw.pl](mailto:E.Juskiewicz@itl.waw.pl)

## Wykaz ważniejszych konferencji – I półrocze 2010

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
International Conference on Wireless Communication and Sensor Computing (ICWCSC)	02.01–04.01	Chennai, India	<a href="http://www.ssnicwcsc2010.in/">http://www.ssnicwcsc2010.in/</a>
11th International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN 2010)	03.01–06.01	Kolkata, India	<a href="http://www.icdcn.org">http://www.icdcn.org</a>
Second International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS)	05.01–10.01	Bengalooru, India	<a href="http://www.comsnets.org/">http://www.comsnets.org/</a>
3rd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (WKDD)	09.01–10.01	Phuket, Thailand	<a href="http://www.iita-conference.org/wkdd2010/">http://www.iita-conference.org/wkdd2010/</a>
7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)	09.01–12.01	Las Vegas, USA	<a href="http://www.ieee-ccnc.org/2010/">http://www.ieee-ccnc.org/2010/</a>
IEEE Radio and Wireless Symposium	10.01–14.01	New Orleans, USA	<a href="http://rawcon.org/index.html">http://rawcon.org/index.html</a>
IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)	11.01–13.01	Las Vegas, USA	<a href="http://www.icce.org/">http://www.icce.org/</a>
Winter Topicals 2010	11.01–13.01	Majorca, Spain	<a href="http://www.ieee.org/organizations/society/leos/LEOSCONF/WIN2010/index.html">http://www.ieee.org/organizations/society/leos/LEOSCONF/WIN2010/index.html</a>
Roaming Congress MENA 2010	17.01–19.01	Dubai, UAE	<a href="http://www.iir-events.com/IIR-conf/Telecoms/EventView.aspx?EventID=2487">http://www.iir-events.com/IIR-conf/Telecoms/EventView.aspx?EventID=2487</a>
International ITG Conference on Source and Channel Coding 2010	18.01–21.01	Siegen, Germany	<a href="http://www.uni-siegen.de/fb12/dcs/scc2010/">http://www.uni-siegen.de/fb12/dcs/scc2010/</a>
Interconnection World Forum	25.01–28.01	London, United Kingdom	<a href="http://www.iir-events.com/IIR-conf/Telecoms/EventView.aspx?EventID=2485">http://www.iir-events.com/IIR-conf/Telecoms/EventView.aspx?EventID=2485</a>
Team Action Week	25.01–29.01	Lisbon, Portugal	<a href="http://www.tmforum.org/TeamActionWeek/793/home.html">http://www.tmforum.org/TeamActionWeek/793/home.html</a>
4th WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Signal and Telecommunications (CISST'10)	27.01–29.01	Cambridge, USA	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/harvard/cisst/">http://www.wseas.us/conferences/2010/harvard/cisst/</a>
Sixteenth National Conference on Communications (NCC)	29.01–31.01	Chennai, India	<a href="http://www.ncc.org.in/ncc2010/">http://www.ncc.org.in/ncc2010/</a>
DesignCon 2010	01.02–04.02	Santa Clara, USA	<a href="http://www.designcon.com/2010/">http://www.designcon.com/2010/</a>
Seventh International Conference on Wireless on-Demand Network Systems and Services (WONS 2010)	03.02–05.02	Kranjska Gora, Slovenia	<a href="http://wons2010.tlc.polito.it/">http://wons2010.tlc.polito.it/</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
12th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)	07.02–10.02	Gangwon-Do, Korea (South)	<a href="http://www.ifact.org/">http://www.ifact.org/</a>
AOTMP's Annual Conference for Telecom Environment Management	15.02–17.02	Orlando, USA	<a href="http://www.aotmpevents.com/tem2010/tem2010.html">http://www.aotmpevents.com/tem2010/tem2010.html</a>
IEEE 2nd International Advance Computing Conference (IACC 2010)	19.02–20.02	Patiala, India	<a href="http://iacc.co.in/">http://iacc.co.in/</a>
9th WSEAS International Conference on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications (EHAC' 10)	20.02–22.02	Cambridge, United Kingdom	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/cambridge/ehac/">http://www.wseas.us/conferences/2010/cambridge/ehac/</a>
Sensors Applications Symposium (SAS)	23.02–25.02	Limerick, Ireland	<a href="http://www.sensorapps.org/">http://www.sensorapps.org/</a>
26th IEEE International Conference on Data Engineering	01.03–06.03	Long Beach, USA	<a href="http://www.icde2010.org/">http://www.icde2010.org/</a>
Management World Middle East 2010	02.03–03.03	Dubai, UAE	<a href="http://www.tmforum.org/Events/ManagementWorldMiddle/7111/home.html">http://www.tmforum.org/Events/ManagementWorldMiddle/7111/home.html</a>
International Conference on Multimedia Computing and Information Technology (MCIT 2010)	02.03–04.03	Sharjah, UAE	<a href="http://www.sharjah.ac.ae/mcit">http://www.sharjah.ac.ae/mcit</a>
4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing	03.03–05.03	Limassol, Cyprus	<a href="http://www.cs.ucy.ac.cy/isccsp2010/">http://www.cs.ucy.ac.cy/isccsp2010/</a>
IEEE Thematic Meetings in Signal Processing (THEMES)	15.03–15.03	Dallas, USA	<a href="http://www.ieee-themes.org/">http://www.ieee-themes.org/</a>
Sixth IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Engineering (ACSE 2010)	15.03–17.03	Sharm El Sheikh, Egypt	<a href="http://www.iasted.org/conferences/home-689.html">http://www.iasted.org/conferences/home-689.html</a>
29th Conference on Computer Communications	15.03–19.03	San Diego, USA	<a href="http://www.ieee-infocom.org/2010/">http://www.ieee-infocom.org/2010/</a>
4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2010	22.03–25.03	Munchen, Germany	<a href="http://www.pervasivehealth.org/">http://www.pervasivehealth.org/</a>
8th WSEAS International Conference on Applied Electromagnetics, Wireless and Optical Communications (ELECTRO' 10)	23.03–25.03	Penang, Malaysia	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/penang/electro/">http://www.wseas.us/conferences/2010/penang/electro/</a>
IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)	24.03–26.03	Shanghai, China	<a href="http://www.ieee-bmsb2009.org/">http://www.ieee-bmsb2009.org/</a>
2nd IEEE International Conference on Advanced Computer Control (ICACC 2010)	27.03–29.03	Shenyang, China	<a href="http://www.icacc.org/">http://www.icacc.org/</a>
International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)	29.03–02.04	Mannheim, Germany	<a href="http://www.percom.org/">http://www.percom.org/</a>
17th International Conference on Telecommunications (ICT)	04.04–07.04	Doha, Qatar	<a href="http://www.ict2010.org/">http://www.ict2010.org/</a>



Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN 2010)	06.04–09.04	Singapore	<a href="http://www.ieee-dyspan.org/">http://www.ieee-dyspan.org/</a>
15th European Conference on Integrated Optics	07.04–09.04	Cambridge, United Kingdom	<a href="http://www.ecio2010.eu/">http://www.ecio2010.eu/</a>
International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)	07.04–10.04	Valencia, Spain	<a href="http://www.csedu.org/">http://www.csedu.org/</a>
11th Annual IEEE Wireless and Microwave Technology (WAMI) Conference	12.04–13.04	Melbourne Beach, USA	<a href="http://www.wamicon.org/">http://www.wamicon.org/</a>
European Wireless Conference (EW)	12.04–15.04	Lucca, Italy	<a href="http://www.ew2010.org/">http://www.ew2010.org/</a>
Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility & Technical Exhibition on EMC RF/Microwave Measurement & Instrumentation	12.04–16.04	Beijing, China	<a href="http://www.emc-zurich.org/">http://www.emc-zurich.org/</a>
SPIE Photonics Europe	12.04–16.04	Brussels, Belgium	<a href="http://spie.org/x12290.xml">http://spie.org/x12290.xml</a>
IEEE International Conference on RFID (IEEE RFID 2010)	14.04–15.04	Orlando, USA	<a href="http://www.ieee-rfid.org/">http://www.ieee-rfid.org/</a>
7th International Conference on Optics-Photonics Design & Fabrication	19.04–21.04	Yokohama, Japan	<a href="http://www.odf.jp/">http://www.odf.jp/</a>
12th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2010)	19.04–23.04	Osaka, Japan	<a href="http://www.ieee-noms.org/">http://www.ieee-noms.org/</a>
Wireless Telecommunications Symposium (WTS 2010)	21.04–23.04	Tempa, USA	<a href="http://www.csupomona.edu/wts/">http://www.csupomona.edu/wts/</a>
2nd International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing (NSWCTC)	24.04–25.04	Wuhan, China	<a href="http://www.nswctc.org/nswctc2010/">http://www.nswctc.org/nswctc2010/</a>
International Conference on Optics, Photonics and Energy Engineering Management World 2010	10.05–11.05	Wuhan, China	<a href="http://www.apesrc.org/opee2010/">http://www.apesrc.org/opee2010/</a>
Eighth IASTED International Conference on Communication Systems and Networks (CSN 2010)	16.05–20.05	Nice, France	<a href="http://www.tmforum.org/ManagementWorld2009/6012/home.html">http://www.tmforum.org/ManagementWorld2009/6012/home.html</a>
Fourteenth IASTED International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications (IMSA 2010)	17.05–21.05	Virtual	<a href="http://www.iasted.org/conferences/home-694.html">http://www.iasted.org/conferences/home-694.html</a>
Fourth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)	18.05–22.05	Virtual	<a href="http://www.iasted.org/conferences/home-695.html">http://www.iasted.org/conferences/home-695.html</a>
Fourth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)	19.05–21.05	Nice, France	<a href="http://www.farcampus.com/rcis/index.php">http://www.farcampus.com/rcis/index.php</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC)	21.05–24.05	Wuhan, China	<a href="http://www.icfcc.org/">http://www.icfcc.org/</a>
9th WSEAS International Conference on Signal Processing (SIP'10)	29.05–31.05	Catania, Italy	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/catania/sip/">http://www.wseas.us/conferences/2010/catania/sip/</a>
9th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics (TELE-INFO'10)	29.05–31.05	Catania, Italy	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/catania/tele-info/">http://www.wseas.us/conferences/2010/catania/tele-info/</a>
11th WSEAS International Conference on Fuzzy Systems (FS'10)	13.06–15.06	Iasi, Romania	<a href="http://www.wseas.us/conferences/2010/iasi/fs/index.html">http://www.wseas.us/conferences/2010/iasi/fs/index.html</a>
18th International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON 2010, 11th International Radar Symposium IRS 2010	14.06–18.06	Vilnius, Lithuania	<a href="http://www.irs-2010.org/">http://www.irs-2010.org/</a>
IASTED International Conference on Automation, Control, and Information Technology, Information and Communication Technology (ACIT-ICT 2010)	15.06–18.06	Novosibirsk, Russia	<a href="http://www.iasted.org/conferences/home-691.html">http://www.iasted.org/conferences/home-691.html</a>
IASTED International Conference on Automation, Control, and Information Technology, Optical Information Technology (ACIT-OIT 2010)	15.06–18.06	Novosibirsk, Russia	<a href="http://www.iasted.org/conferences/login.aspx?id=693">http://www.iasted.org/conferences/login.aspx?id=693</a>
5th International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM)	16.06–18.06	Cannes, France	<a href="http://www.crowncom2010.org/">http://www.crowncom2010.org/</a>
International Symposium on Photonics and Optoelectronics (SOPO 2010)	24.06–26.06	Chengdu, China	<a href="http://www.scirp.org/conf/sopo2010/">http://www.scirp.org/conf/sopo2010/</a>
12th International Conference on Transparent Optical Networks ICTON 2010 and 2nd Annual Conference on Sub-Wavelength Photonics of COST Action MP0702	27.06–01.07	Munich, Germany	<a href="http://www.itl.waw.pl/konf/icton/2010/">http://www.itl.waw.pl/konf/icton/2010/</a>

Opracowanie: mgr inż. Barbara Przyłuska

# *National Institute of Telecommunications – 75 years of tradition and challenges of today*

*Wojciech Hałka*

*The current managing director of National Institute of Telecommunications presents, with 75-years of company achievements in hindsight, the work and challenges for today and near future, focused on participation in EU research programs.*

*telecommunications, National Institute of Telecommunications – achievements, new work and challenges*

3

# *National Institute of Telecommunications over the years – people, events, numbers*

*Andrzej Hildebrandt*

*The paper presents a collection – formatted in tables, lists, graphs and photos – of the most important information about National Institute of Telecommunications in the 1934–2009 period. It recalls important events, people linked to NIT, Institute directors, chairmen of the Scientific Council, publications as well as important prizes and distinctions awarded to NIT employees.*

*telecommunications, history of National Institute of Telecommunications*

10

## *National Institute of Telecommunications in the 1970s, as seen by former director*

*Andrzej Zieliński*

*The author, a long-term director of National Institute of Telecommunications, recalls his work at NIT, his colleagues and the most important events of the 1970s. He also reflects on the position and importance of National Institute of Telecommunications for Polish science and development of Polish communications sector.*

*telecommunications, activities and achievements of National Institute of Telecommunications*

31

## *National Institute of Telecommunications – the cradle of Polish TV*

*Alina Karwowska-Lamparska*

*The beginnings of television in Poland are discussed. The first research works presented during the exhibition at the Union of Polish Teachers building and the first TV transmissions from experimental studio at NIT located at Ratuszowa Street in Warsaw are described. Directions of the next research as well as early equipment are characterized. The enthusiasm and involvement of employees crucial for success are stressed.*

*television, history of television research at National Institute of Telecommunications*

44

## *Optimizing national telecommunications network – the work carried out in the 1970s at the National Institute of Telecommunications*

*Krystyn Plewko*

*The paper presents reasons behind work on optimization of telecommunication networks and structure of research teams. This program was carried out to create computer systems (MARS and KOSMOS) used to optimize development of national telephone network as well as wired and radio transmission networks. The results of research work on optimization of national telecommunications network in terms of construction costs (CAPEX) and operational reliability has been evaluated.*

*telecommunication networks, computer-aided network optimization, network reliability optimization, optimization of network construction cost*

58

## *Half century of innovation – activities of NIT branch in Wrocław*

*Joint contribution*

*The article highlights main directions of research in the electromagnetic compatibility (EMC) field, carried out at the National Institute of Telecommunications (NIT) branch in Wrocław since its establishment. This work was often of trail-blazing kind, had wide range and important applications, including also standardization, development activities and international cooperation.*

*history of NIT Wrocław branch, electromagnetic compatibility, interference measurements, standardization, antennas, radio and television networks planning*

68



## ***Work on telecom power supply systems at National Institute of Telecommunications***

***Jan Komorowski***

***Paweł Kliś***

*The paper presents overview of research and development work on power supply for telecom equipment, carried out between 1947 and 2009 at the “old” (pre-split) and “new” National Institute of Telecommunications in Warsaw. It is emphasized that engagement and hard work of employees of the Department of Power Systems has been crucial for solving complex power supply problems.*

***telecommunications, research on power supply for telecom equipment, National Institute of Telecommunications***

83

## ***Programmable equipment for testing of communication networks and services: development work at National Institute of Telecommunications***

***Paweł Godlewski***

***Bogdan Chojnacki***

***Barbara Regulska***

*The paper presents equipment for testing of electronic communication networks and services developed by NIT specialists between 1970 and 2009, as well as current work in the same field at the Department of Applications of Communication Technology.*

***testing of networks and services, development work at NIT***

93

# ***Knowledge engineering – new field of research at National Institute of Telecommunications***

***Janusz Granat***

***Andrzej P. Wierzbicki***

*Authors have reviewed the developments of methods used in the widely defined knowledge engineering, including its philosophical implications. This review is referenced to work carried out at National Institute of Telecommunications, in particular at the Laboratory of Advanced Information Technologies, which has been specializing in knowledge engineering and related issues for over 10 years.*

***knowledge management, knowledge engineering***

108

# ***Future Internet – new generation telecommunication network***

***Wojciech Burakowski***

*Current Internet employs TCP/IP protocol stack and it works under two main principles: best effort class of service is the only one available in the network and network resources are over-dimensioned, if possible. However, the above assumptions limit further evolution of the Internet since such network is not able to assure packet transfer characteristics required by real-time applications. The paper summarizes the results of work aimed at improving quality of packet transfer in the IP-based networks and explains the fundamentals for Future Internet.*

***TCP/IP networks, DiffServ architecture, NGN architecture, Future Internet networks***

117

# *Photonics for new generation of data transmission systems*

*Paweł Szczepański*

*The paper presents selected areas of research on devices and integrated photonic systems, in particular those intended for use in new generation transparent optical networks, data transmission and processing.*

*photonics, photonic crystal fiber, silicon components*

127

# *National Institute of Telecommunications offer for telco operators and ICT systems integrators*

*Edward Juszkievicz*

*A commercial offer of National Institute of Telecommunications is presented. Services, systems and equipment produced in a small quantities to satisfy specific needs of ICT (Information and Communication Technologies) domain clients are described.*

*National Institute of Telecommunications, commercial offer – products, services, measuring equipment*

142