

Kolejny numer naszego kwartalnika, który chciałbym Państwu przedstawić, zawiera siedem artykułów, w tym pięć przygotowanych przez pracowników Instytutu Łączności. Na końcu numeru znajdują Państwo wykaz ważniejszych konferencji, które mają się odbyć w I półroczu 2013 r.

Artykuł napisany przez Andrzeja Zielińskiego, zatytułowany "O procesach konsolidacji na rynku komunikacji elektronicznej w Polsce" analizuje zmiany własnościowe i przejęcia firm, jakie wydarzyły się na tym rynku w ostatnim okresie. Zdaniem autora zjawiska te są naturalne i poprzez zwiększanie efektywności firm są głównym czynnikiem postępu. Być może zapowiadają nowy etap (po podstawowych zmianach na początku lat 90.) rozwoju mediów elektronicznych i telekomunikacji w Polsce.

Renata Śliwa z Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, której artykuły już publikowaliśmy kilkakrotnie, tym razem przedstawiła artykuł „Koszty utopione w działalności telekomunikacyjnej”. Koszty utopione (sunk cost) są to koszty ponoszone w związku z koniecznością wejścia na dany rynek i stanowią jedną z ważniejszych barier wejścia i wyjścia mających wpływ na rozwój konkurencji na rynku. Autorka wprowadza nas w istotę zagadnienia a następnie analizuje rolę regulatora w łagodzeniu skutków niekorzystnych dla konsumenta.

W artykule „Perspektywy zagospodarowania widma radiowego w Polsce pod kątem implementacji radia kognitywnego” Maciej Grzybkowski przeanalizował zakresy częstotliwości, które mogą być wykorzystane przez radio kognitywne. Radio kognitywne może być lokowane, jako użytkownik wtórny, w zakresach częstotliwości już zajętych przez użytkownika pierwotnego. Z szacunków przeprowadzonych przez autora wynika, iż z zakresu 29,7 do 6000 MHz ok. 1/3 widma może być udostępniona dla radia kognitywnego, a więc jest to przestrzeń warta zainteresowania.

W związku z rosnącym w Polsce zainteresowaniem inteligentnymi systemami transportowymi – IST Marian Kowalewski, Bolesław Kowalczyk, Bogdan Chojnacki oraz Henryk Parapura, przedstawili w artykule „Interoperacyjność inteligentnych systemów transportowych” definicje interoperacyjności, oraz znaczenie tego pojęcia w IST. Omówili dokumenty, dwa kluczowe europejskie i jeden polski, odnoszące się do tych zagadnień.

W artykule „Zużycie energii przez urządzenia abonenta sieci szerokopasmowej i jego konsekwencje” Krzysztof Borzycki zwrócił uwagę na pomijany zwykle w różnego rodzaju analizach wzrost kosztów energii elektrycznej ponoszony przez użytkownika, związany z przyłączeniem go do szerokopasmowej sieci dostępowej nowej gene-



racji. Autor szczegółowo analizuje ten wzrost w pojedynczych gospodarstwach domowych, a następnie pokazuje niekorzystne konsekwencje tego zjawiska w skali całego kraju. Proponuje środki zaradcze, które mogłyby ograniczyć szkodliwość tego zjawiska.

Adam Rudziński, pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej zaprezentował artykuł zatytułowany „Prawdopodobieństwo przejścia i efektywna liczba próbek cyfrowego sygnału z multipleksacją OFDM”. Analizuje on proces konwersji sygnału cyfrowego z multipleksacją OFDM na sygnał analogowy w przetworniku C/A z uwzględnieniem parametrów sygnału i przetwornika. Z wyprowadzonego wyrażenia wyciąga wnioski, które mogą być przydatne w praktyce przy projektowaniu prostych systemów. Artykuł jest rozszerzeniem artykułu opublikowanego przez autora wcześniej w naszym kwartalniku.

Pamiętajmy, że w profilu zainteresowań Instytutu Łączności leżą również zagadnienia poczty. Tym bardziej, że nowoczesna poczta coraz śmielej sięga po rozwiązania telekomunikacyjne. Dlatego przedstawiamy artykuł „Zastosowanie norm pocztowych”, w którym Ryszard Kobus omówił normy definiujące badania jakości usług pocztowych, normy definiujące usługi pocztowe realizowane przez media elektroniczne oraz systemy informatyczne stosowane w realizacji procesów poczty tradycyjnej.

Życzymy wszystkim Naszym Czytelnikom, aby miło i z dobrym samopoczuciem doczekali końca zimy, a potem już będzie na Was oczekiwał następny numer naszego czasopisma.

O procesach konsolidacji na rynku komunikacji elektronicznej w Polsce

Andrzej Zieliński

Artykuł opisuje fuzje firm telekomunikacyjnych i medialnych oraz ważne znaczenie tych zmian dla rozwoju polskiego rynku komunikacji elektronicznej. Szczególnie podkreślono zakup firmy telekomunikacji komórkowej Polkomtel dokonanej przez holding Z. Solorza-Żaka i znaczenia tego wydarzenia dla wdrożenia systemu LTE w Polsce.

komunikacja elektroniczna, rynek telekomunikacyjny i medialny, telekomunikacja komórkowa, telekomunikacja stacjonarna, telewizja, system LTE, fuzje firm operatorskich

Wprowadzenie

Zmiany własnościowe i przejęcia firm stanowią integralny element gospodarki rynkowej i uważane są, obok rozwoju naukowo-technicznego, za główny czynnik postępu przez zwiększanie efektywności firm działających na danym rynku. Warto tu przypomnieć znaczenie dla rozwoju rynku komunikacji elektronicznej w Polsce zasadniczych decyzji z początku okresu transformacji ustrojowo-ekonomicznej, jakimi były ustawy powołujące spółki akcyjne TP SA oraz TVP SA, a także uwalniające rynek telekomunikacyjny i mediów. Zaowocowało to pojawieniem się licznych nowych podmiotów operatorskich i co najważniejsze szybkim wzrostem jakości, wielkości i znaczenia ekonomicznego i społecznego obu tych rynków oraz powstawaniem wspólnego rynku komunikacji elektronicznej. Niestety, nie zawsze zmiany własnościowe (zakup firmy operatorskiej) przynoszą korzystne efekty. Kontrowersyjnym przykładem zmian własnościowych była zrealizowana w końcu lat 90. sprzedaż państwowemu operatorowi Francji – France Telecom narodowego operatora telekomunikacyjnego – TP SA (przedstawiana jako „prywatyzacja”).

Zmiany własnościowe i przejęcia firm operatorskich ostatniego okresu

W końcu 2011 r. doszło do zakupu firmy Polkomtel przez holding Z. Solorza-Żaka za 18,1 mld zł. Do tej pory w całej naszej gospodarce transakcji o zbliżonej wartości nie odnotowano. Należy ona również do największych operacji tego typu w Europie. W wyniku tego wydarzenia nastąpiło połączenie szeregu firm działających na rynku komunikacji elektronicznej i powstanie najpotężniejszego bodaj, obok TP SA, imperium multimedialnego w Polsce. Wzmocniony o największą (oprócz operatorów T-Mobile, Orange i Play) firmę telekomunikacji komórkowej Polkomtel, holding Z. Solorza obejmuje obecnie:

- usługi telefonii mobilnej (komórkowej), wraz usługami dodanymi właściwymi dla tego obszaru telekomunikacji (SMS, MMS i inne),
- usługi telekomunikacji stacjonarnej (w pewnej mierze), oferowane przez firmę Sferia,

- usługi telewizji naziemnej - telewizja Polsat,
- usługi telewizji satelitarnej - Polsat Cyfrowy,
- usługi telewizji internetowej - firma Ipla,
- usługi internetowe, w tym w technologii 4G – LTE – firma NFI Midas SA, grupująca operatorów Centernet, Mobyland i Aero2.

Holding Z. Solorza bezpośrednio i przez spółki zależne ma największe, w porównaniu z innymi firmami działającymi na rynku komunikacji elektronicznej w Polsce, zasoby widma elektromagnetycznego, dysponując częstotliwościami w pasmach 900, 1800 i 2600 MHz, a także 800 MHz (częstotliwości firmy Sferia) i w typowych pasmach telewizji naziemnej i satelitarnej. Ostatnio, w 2011 r. zakupione zostało pasmo częstotliwości od firmy Info-TV-FM (ITF), przeznaczone pierwotnie dla telewizji DVB-H, której nie udało się wdrożyć ze względu na konflikt między zasiedzającymi operatorami telekomunikacji komórkowej i ITF, o czym pisałem m.in. w [2]. Prawdopodobnie pasmo to będzie wykorzystane do budowy kolejnego multipleksu telewizji naziemnej DVB-T, przeznaczonego dla odbiorców stacjonarnych i mobilnych z możliwością odbioru (przy użyciu odpowiedniego dekodera) za pomocą laptopów, smartfonów i tabletów [9].

Strategicznym a zarazem głównym celem budowanego imperium multimedialnego jest zajęcie dominującej pozycji na rynku usług szybkiego internetu [14] (i usług medialnych) przez szerokie wdrożenie (określanego jako mobilny system telekomunikacji komórkowej czwartej generacji 4G) systemu LTE, który obecnie daje możliwość przekazu informacji w kierunku do użytkownika o przepływności ok. 100 Mbit/s, co jest porównywalne z wynikami uzyskiwanymi w dostępnych stacjonarnych sieciach światłowodowych. Co prawda, efektywna wartość uzyskiwanych szybkości transmisji w tym systemie, podobnie jak w innych systemach radiokomunikacyjnych, jest uzależniona od wielu czynników, takich jak odległości od stacji bazowej, natężenia ruchu i od warunków pogodowych, i może być znacznie niższa jednak zawsze rzędu kilkudziesięciu Mbit/s, co stanowi znaczny postęp w porównaniu z innymi technikami dostępu do internetu. Ponadto należy uwzględnić, że LTE rozwija się i już obecnie sygnalizowany jest system LTE Advanced, który ma mieć zdolność przekazu z przepływnością rzędu 1 Gbit/s.

Okolicznością niesprzyjającą rozwojowi LTE w Polsce jest trwająca do tej pory niedostępność pasma 800 MHz, przewidzianego do wykorzystania dla rozwoju internetu (czyli dla LTE) w ramach zagospodarowania dywidendy cyfrowej związanej z cyfryzacją telewizji naziemnej. Pasma to jest nadal wykorzystywane przez wojsko, które deklaruje jego uwolnienie z końcem 2012 r. Z punktu widzenia upowszechnienia LTE (internetu) pasmo 800 MHz jest korzystniejsze niż wspomniane wyższe zakresy częstotliwości, umożliwia bowiem większe zasięgi stacji bazowych, czyli daje niższe koszty inwestycyjne budowy sieci. Oznacza to możliwość wejścia przez inwestorów z systemem LTE w obszary o mniejszej gęstości zaludnienia, podczas gdy wykorzystywanie wysokich zakresów częstotliwościowych ogranicza zastosowanie LTE właściwie do obszarów wielkich aglomeracji.

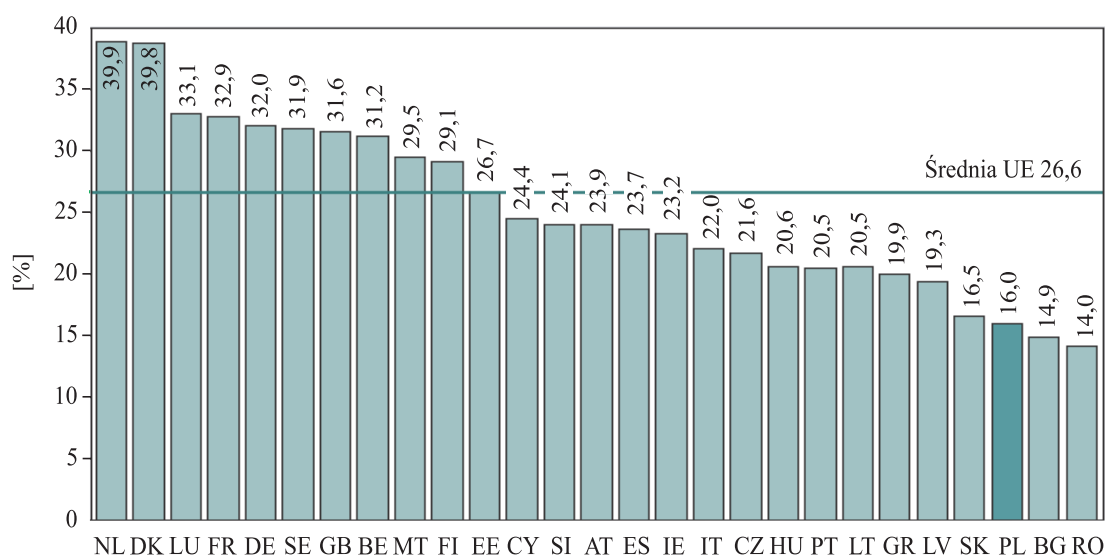
Plany dotyczące LTE wpisują się w dalekosiężne koncepcje przekazu dowolnego rodzaju informacji, włącznie z telewizją 3D, która obecnie jest jeszcze we wstępnym stadium rozwoju, ale która być może będzie z czasem najbardziej atrakcyjną formą transmisji obrazów wysokiej jakości (rozdzielczości) wraz z towarzyszącym wysokojakościowym dźwiękiem. Jeśli plany te znajdą ekonomiczne potwierdzenie, to niewątpliwie multimedialny koncern Z. Solorza stać się może na naszym rynku komunikacji elektronicznej jednym z najpoważniejszych graczy.

Plany te jednak wiążą się pewnym ryzykiem, przede wszystkim natury finansowej, transakcja przejęcia Polkomtela bowiem jest związana ze znacznym kredytem ok. 15 mld zł, pozyskanym m.in. w EBOR.

Konieczna obsługa tego kredytu wynosi ok. 1 mld zł rocznie [14]. Ponadto, jak to zwykle bywa przy przejściu firmy, zmiany organizacyjne i personalne w firmie mogą (przynajmniej na początku) niekorzystnie wpłynąć na jej działalność. W omawianym przypadku przejścia Polkomtela, jego poprzedni prezes Jarosław Bauc oraz wiceprezes Krzysztof Kilian odeszli z firmy, a tymczasowym prezesem został Z. Solorz. Zmiany w składzie osobowym są szersze i niekoniecznie są podyktowane przez nowego właściciela, jakkolwiek są prawdopodobnie skutkiem przeprowadzonej operacji przejścia [14].

Nadany przez przejście Polkomtela impuls w upowszechnianiu internetu w Polsce może się okazać najważniejszym – obok przedsięwzięć rozwoju światłowodowych sieci dostępowych podejmowanych głównie przez TP SA, Netię i liczne samorządy, w ramach wykorzystywania funduszy europejskich – czynnikiem infrastrukturalnym rozwoju sieci szerokopasmowego internetu.

Jest to niezmiernie ważne zarówno z punktu widzenia rozwoju całego systemu komunikacji elektronicznej w Polsce (telekomunikacji i mediów), jak też szeroko rozumianej gospodarki kraju [3]. Niestety, o czym obszerniej napisano w [3], stan rozwoju infrastruktury szerokopasmowej w Polsce i upowszechnienie usług internetu, w porównaniu z krajami UE jest jeszcze skromny.

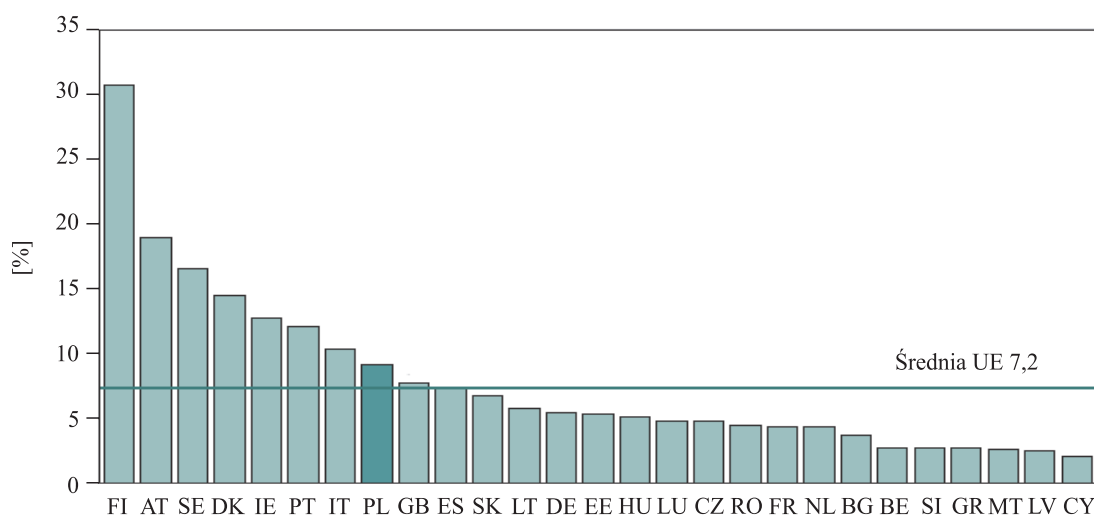


Rys.1. Penetracja usług szerokopasmowego internetu stacjonarnego na 100 mieszkańców w krajach UE [4]

Na rysunku 1 zilustrowano stan z 2010 r. internetu stacjonarnego, natomiast na rysunku 2 internetu mobilnego, do którego zalicza się usługi LTE, (porównawczo stan jest nieco lepszy). Uwzględniając oba wskaźniki (dostęp stacjonarny i mobilny) penetracja usług szerokopasmowego internetu w Polsce wynosi ok. 25 na 100 mieszkańców. W odniesieniu do liczby gospodarstw domowych (w Polsce jest ich około 13,3 mln), według szacunków UKE [4], w 2010 r. penetracja ta wyniosła około 60%. Ponadto, wobec niedorozwoju szerokopasmowych sieci światłowodowych i „początkujących” mobilnych LTE, struktura dostępu pod względem uzyskiwanych przepływności, w porównaniu z innymi krajami UE jest niekorzystna [3], w Polsce bowiem przeważają szybkości do 2 Mbit/s, podczas gdy średnio w UE ok. 10 Mbit/s.

Nieźły wynik Polski w przypadku internetu mobilnego wskazuje na gotowość inwestorów w Polsce do nadrobienia zaległości, związanych z internetem stacjonarnym, co potwierdzone jest faktem, że dynamika rozwoju internetu mobilnego u nas jest większa niż stacjonarnego.

Do niedawna internet mobilny traktowany był jako rozwiązanie zastępcze wobec braku szerokopasmowego internetu stacjonarnego i połączenie bezprzewodowe często nie miało cech mobilności, a urządzenie odbiorcze, w postaci notebooka, było przenoszone z miejsca na miejsce i wykorzystywane najczęściej jako urządzenie stacjonarne. Jednak mniej więcej od dwóch, trzech lat sytuacja zmieniła się w wyniku pojawienia się nowych technologii systemowych, na początku HSPA, potem HSPA+, a niedawno LTE, a także technologii dotyczących terminali. Notebook przestał być jedynym rozwiązaniem dającym mobilność usług internetowych. Na rynek, obok notebooków, weszły tablety (osobiste komputery przenośne z dotykowym ekranem i rozbudowanymi funkcjami komunikacyjnymi), pojawiły się iPady (rodzaje tabletów). Wielką popularność, obok przenośnych notebooków, zyskują smartfony (*smartphone*) integrujące funkcje aparatu telefonicznego (komórkowego) i komputera. Różnorodność i popularność tych nowych terminali jest znaczna i przewiduje się, że wkrótce zdominują one rynek telekomunikacji komórkowej i prawdopodobnie zmienią strukturę rynku dostępu do internetu szerokopasmowego na korzyść rozwiązań mobilnych.



Rys.2 Penetracja usług szerokopasmowego internetu mobilnego na 100 mieszkańców w krajach UE

W efekcie wkraczamy w rzeczywistą erę internetu mobilnego, który skutecznie i wszechstronnie wykorzystać może szerokopasmowy LTE, tym charakterystyczny, że obok funkcji komunikacyjnych i typowych komputerowych daje także możliwość pozyskiwania transmisji wideo, w tym telewizyjnych. Tak więc komentowana tu transakcja Z. Solorza jawi się jako doniosłe wydarzenie, które w znacznym stopniu może zmienić nasz rynek telekomunikacji, teleinformatyki i mediów, przesuując rozwiązania techniczno-systemowe w kierunku technologii mobilnych i wysokich (oraz bardzo wysokich) szybkości dostępu do internetu.

Powiedzieć można, że pewnego rodzaju odpowiedzią na podjęte działania konsolidacyjne przez Z. Solorza jest podjęta w 2011 r. inicjatywa zakupu i przejęcia przez satelitarną platformę Cyfra+ telewizji TVN [5] wraz ze stowarzyszoną z tym naziemnym nadawcą telewizją satelitarną Telewizja n,

z kolei której pochodną jest satelitarna Telewizja na Kartę (TnK). Te działania konsolidacyjne są w pewnej mierze skutkiem nieporozumień grupy właścicielskiej w koncernie ITI, w skład którego wchodzi TVN, TVn, oraz TnK (a także klub piłkarski Legia oraz Multikino). Jednak głównym czynnikiem sprawczym może być obawa przed dominacją w mediach holdingu Z. Solorza, który zgromadził w jednym ręku silnych nadawców telewizyjnych, operatorów telekomunikacyjnych i podjął energiczne działania w zakresie usług mobilnego internetu szerokopasmowego (LTE).

Kolejnym krokiem konsolidującym konkurencję wobec planów holdingu Solorza jest porozumienie o współdziałaniu między Cyfra+ i operatorem komórkowym Play [10] zawarte w czerwcu 2012 r. W tym przypadku chodzi o wspólne oferowanie abonentom Cyfry+ usług mobilnego internetu za pośrednictwem sieci Play, a także ewentualne wejście z zasobami programowymi Cyfry+ do sieci Play, podobnie jak w przypadku Polsatu, Ipli (operator telewizji internetowej IPTV) i Polkomtela. Widać wyraźnie, że powstaje plan skupienia podobnych, jak w przypadku holdingu Solorza, zasobów technicznych i usług wokół Cyfry+ dla zrównoważenia planów Z. Solorza.

Innym, ważnym wydarzeniem konsolidacyjnym, głównie z obszaru mediów elektronicznych, ale także dotyczącym rynku telekomunikacyjnego (w tym internetu, telefonii stacjonarnej oraz w pewnej mierze telekomunikacji komórkowej) jest dokonane w 2011 r. przejście (zakup) sieci telewizji kablowej Aster przez międzynarodowy koncern UPC. Wymiar finansowy tej transakcji jest znaczny, albowiem UPC za przejście sieci Aster wraz z jej zadłużeniem w wysokości 1,5 mld zł, zapłacił 2,34 mld zł [6]. Operacja ta może być także rozpatrywana jako reakcja na koncentrację kapitału i kompetencji w holdingu Solorza. Ostatnio zanotowanym efektem ekonomicznym przejścia sieci Aster przez UPC jest wzrost przychodów UPC w pierwszym kwartale 2012 r. o około 400 mln zł, tj. o 45% więcej niż w I kwartale roku poprzedniego [7].

Wzmocniony ruch na rynku własnościowym obserwuje się także w dziedzinie klasycznej telekomunikacji stacjonarnej, obejmującej głównie usługi telefoniczne i coraz silniej usługi internetowe. Tu istotne znaczenie ma wzrost potencjału firmy Netia, która od lat aspiruje do pozycji głównego konkurenta naszego potentata telekomunikacyjnego – TP SA. Netia przed trzema laty przejęła stosunkowo małą, lecz bardzo energiczną w swoich metodach działań konkurencyjnych firmę Tele2, a we wrześniu 2011 r. zakupiła za 944 mln zł znanego dolnośląskiego operatora Dialog oraz firmę Crowley Data Poland za 100 mln zł. [8]. Efektem tej fuzji jest znaczny wzrost potencjału i przychodów Netii. Po przejściu Dialogu Netia jest wyraźnym wiceliderem, po TP SA, na rynku usług telefonii stacjonarnej i obejmuje ponad 2 mln abonentów, co stanowi 25% tego rynku [3]. Ponieważ infrastruktura telefonii stacjonarnej w technologii ADSL (jest to obecnie technologia dominująca) zapewnia również dostęp do szybkiego internetu rzędu nawet kilkunastu Mbit/s, to oznacza, że Netia jest równocześnie drugim co do wielkości dostawcą usług internetowych.

W drugiej połowie 2011 r. [11] rozpoczął się proces sprzedaży operatora telekomunikacyjnego TK Telekom (Telekomunikacja Kolejowa), należącego do firmy PKP i Skarbu Państwa i wiele wskazuje na to, że operatora tego zakupi Netia za kwotę ok. 550 mln zł, dokonując kolejnego kroku w kierunku zwiększenia swoich zasobów, stanu posiadania rynku i oczywiście przychodów [12]. TK Telekom utworzony został na infrastrukturalnych zasobach telekomunikacyjnych PKP, w postaci rozległej sieci transmisyjnej światłowodowej i miedzianej i pod tym względem może znacznie wzbogacić sieciowe zasoby Netii.

Podobnie do TK Telekom, operator telekomunikacyjny Exatel, który wykorzystał zasoby infrastrukturalne energetyki krajowej, które przed laty służyły obsłudze telekomunikacyjnej resortu energetyki, podlegał na początku ostatniej dekady pewnym przekształceniom organizacyjnym i obecnie o jego przejście (zakup) ubiega się kilku kontrahentów, w tym Netia. Zainteresowanie tą ofertą prawdopodobnie wyraża także holding Z. Solorza [3].

W przypadku przejęcia TK Telekom i Exatela przez Netię byłaby to nowa jakość właścicielska na rynku telekomunikacji stacjonarnej, powstałby bowiem istotnie duży operator, potencjałem swoim już bliski naszemu operatorowi narodowemu – TP SA. Zwiększając swój potencjał o zasoby Dialogu, TK Telekomu i ewentualnie Exatela, Netia staje się coraz bardziej atrakcyjna dla ewentualnego partnera strategicznego, co w przypadku jego pozyskania jeszcze bardziej zwiększyłoby jej zdolność do konkurencyjnego działania na polskim rynku telekomunikacyjnym.

Warto także wspomnieć o nieoficjalnych doniesieniach [13] dotyczących możliwości sprzedaży przez TP SA swojej części obejmującej telekomunikację stacjonarną. Wiąże się to ze spadającą efektywnością tej części przedsiębiorstwa TP SA i podobnymi kłopotami jakie ma we Francji główny właściciel TP – France Telekom. Wskazuje się na możliwość takiej operacji, co mogłoby polegać na zakupie tej części firmy przez jeden z funduszy „private equity”, np. Providence, i próbie połączenia jej z Netią [13]. Wielu analityków wątpi jednak w realność takiej operacji, ale ewentualności takiej nie da się całkowicie wykluczyć.

Wnioski

Przedstawiony w skrócie i skomentowany przegląd najważniejszych zmian własnościowych na polskim rynku komunikacji elektronicznej pokazuje, że zmiany te mogą być podstawą do stwierdzenia, że rynek ten ulega przeobrażeniom zarówno w sferze niepublicznej części rynku mediów elektronicznych, jak i w całym obszarze rynku telekomunikacyjnego.

Część rynku mediów elektronicznych odnosząca się do mediów publicznych jest, jak dotąd nienaruszona pod względem zmian własnościowych, ale biorąc pod uwagę trwające już od lat około siedmiu i pogłębiające się trudności związane z egzekwowaniem prawnie obowiązujących opłat za abonament radiowo-telewizyjny, nie można wykluczyć zmiany sytuacji również w tej dziedzinie. Jest to uzależnione od wypracowania spójnej, uzgodnionej politycznie i społecznie koncepcji funkcjonowania mediów publicznych w Polsce, potwierdzonej w drodze uchwalenia nowoczesnego prawa o mediach elektronicznych (o radiofonii i telewizji), czego oczekuje się od co najmniej dziesięciu lat.

Rynek telekomunikacyjny w Polsce jest nadal zdominowany przez TP SA, z wyjątkiem rynku telekomunikacji komórkowej, gdzie, należący do grupy TP, Orange jest jednym z czterech podstawowych graczy na rynku mobilnym, stanowiącym największy segment całości rynku telekomunikacyjnego. Na rynku usług internetowych TP jak do tej pory jest największym dostawcą tych usług, ale opisane zmiany własnościowe, odnoszące się do przejęcia Polkomtela i planów holdingu Solorza związanych z rozwojem systemu LTE, mogą odmienić zasadniczo sytuację w tym segmencie rynku na korzyść internetu mobilnego i roli holdingu w całym sektorze komunikacji elektronicznej w Polsce.

Wydaje się, że bardzo wiele przemawia za stwierdzeniem, że być może obserwujemy obecnie kolejny zasadniczy (po podstawowych zmianach z początku lat 90.) etap rozwoju mediów elektronicznych i telekomunikacji w naszym kraju, który silnie będzie sprzyjać rozwojowi Społeczeństwa Informacyjnego w Polsce.

Bibliografia

- [1] Zielińska U, Baca K.: *Plus dla Solorza-Żaka* Rzeczpospolita B1, 01.07.2011
- [2] Zieliński A.: *Teraźniejszość i przeszłość telewizji cyfrowej w Polsce*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2011, nr 1-2
- [3] Zieliński A.: *O rynku komunikacji elektronicznej w Polsce w 2011 roku i perspektywach jego rozwoju – część I*. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, 2012, nr 6

- [4] *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2010 roku*. Prezes UKE, Warszawa, czerwiec 2011
- [5] Makarenko V.: *NC+, czyli telefuzja*. Gazeta Wyborcza, 22.12.2011
- [6] Boyd S.: *Kablówki, czyli też telekomy*. Rzeczpospolita B16, 03.03.2011
- [7] *Przejęcie Aster mocno podbiło wyniki UPC*. nota prasowa „ziu”, Rzeczpospolita B4, 12-13.05.2012
- [8] Zielińska U., Dec Ł.: *Strzeliły korki od szampana: Netia przejmuje Dialog i Crowleya*. www.rp.pl, 29.09.2011
- [9] Makarenko V.: *Telewizja Polsatu puka do komórki*. Gazeta Wyborcza. Gospodarka, 05.06.2012
- [10] Zielińska U.: *Sojusz Cyfry+ z Playem, czyli batalia o internautę*. Rzeczpospolita B1, 9.06.2012
- [11] *Wpłynęły oferty na TK telekom*. nota prasowa „ziu”, Rzeczpospolita B4, 29-30.10.2011
- [12] Poznański P.: *Netia ma już Dialog, teraz chce kupić TK Telekom*. Gazeta Wyborcza. Gospodarka, 27.03.2012
- [13] Zielińska U.: *Stacjonarna część TP na sprzedaż?* Rzeczpospolita B5, 15.03.2012
- [14] Solorz-Żak Z.: *Nakręcony Plusem i LTE*. Rzeczpospolita B16, 23.01.2012

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

Koszty utopione w działalności telekomunikacyjnej

Renata Śliwa

W artykule przedstawiono problematykę kosztów utopionych, będących barierą wejścia/wyjścia przedsiębiorstw telekomunikacyjnych z rynków usług telekomunikacyjnych. Zarysowano politykę państwa, w tym rolę regulatora sektora telekomunikacyjnego w Polsce w odniesieniu do kosztów utopionych.

koszty utopione, konkurencja oparta na usługach, opłaty za dostęp do sieci, regulacja, inwestycje w infrastrukturę, korzyści skali

Wprowadzenie

Zmiany technologiczne, otwarcie rynków, wymuszone nimi zmiany ekonomiki sektora nie wyeliminowały specyficznej podatności na konkurencję sektora usług telekomunikacyjnych. Wciąż istniejące korzyści skali^①, narastająca trudność z pokryciem kosztów utopionych^② w warunkach istnienia wielu przedsiębiorstw telekomunikacyjnych na rynku (szczególnie w warunkach konkurencji nowo wchodzących przedsiębiorstw telekomunikacyjnych z operatorem zasiedziałym na rynkach usług homogenicznych) stanowią wyzwanie w wykorzystywaniu potencjału sektora telekomunikacyjnego.

Rozwój konkurencji na rynku telekomunikacyjnym zależy nie tylko od jej struktury podmiotowej czy przejrzystości jej działania, ale barier wejścia i wyjścia, z których jedną z ważniejszych stanowią koszty utopione w działalności telekomunikacyjnej.

W procesie transformacji funkcjonowania przedsiębiorstwa telekomunikacyjnego z opartego na wartości zintegrowanej strukturze do wolnodostępowej sieci istotne jest tworzenie bodźców do obniżania kosztów i wprowadzania do swoich ofert innowacyjnych usług.

Jeżeli operator telekomunikacyjny może pobierać cenę jednostkową powyżej kosztu marginalnego (warunki monopolu), pokrycie kosztów utopionych w działalności telekomunikacyjnej nie stanowi istotnego problemu, są też wówczas możliwości znaczącego rozwoju. Monopol jednak nie sprzyja zwiększaniu wydajności, a konsumenci są obciążani wysokimi cenami, znacznie przekraczającymi koszty marginalne. Dążenie do coraz szerszej otwartych rynków usług telekomunikacyjnych, jakkolwiek uzasadnione względami efektywności działania i cen, pozostaje co najmniej niejasne w odniesieniu do konsekwencji w obszarze kosztów utopionych. Zbyt silna konkurencja usługowa na rynku pozbawia operatora zasiedziałego możliwości pokrycia kosztów utopionych (szczególnie gdy jest ona robiona na usługach silnie homogenicznych). Nowo wchodzące na rynek przedsiębiorstwa telekomuni-

^① Wraz z rozwojem technologii telekomunikacyjnych znaczenie korzyści skali jest nieznacznie mniejsze.

^② Koszty utopione (sunk cost) są kosztami ponoszonymi w związku z koniecznością wejścia na dany rynek. Związane są one najczęściej z pozyskiwaniem zezwoleń i licencji, szkoleniem personelu, badaniami nowego rynku, zmianami relacji umownych z otoczeniem, inwestycjami o niskiej mobilności ekonomicznej i technicznej.

kacyjne preferują inwestycje w wysoko zyskowe obszary, a nowe technologie umożliwiają im niższe poziomy kosztów niż operatora zasiedziałego. Dodatkowo, stosowana jest wobec nich bardziej preferencyjna regulacja cenowa. Operator zasiedziały natomiast, z powodu zobowiązań dotyczących usługi powszechnej, ma dodatkowo obniżany potencjał inwestycyjny do renowacji i modernizacji infrastruktury.

Artykuł stanowi próbę zarysowania wagi problematyki kosztów utopionych w funkcjonowaniu przedsiębiorstw telekomunikacyjnych. W pierwszej części zostanie ukazana istota kosztów utopionych. Następnie, koszty utopione przedstawione zostaną jako bariera wejścia/wyjścia z rynków usług telekomunikacyjnych. Na końcu, zarysowana zostanie polityka regulacyjna w świetle istnienia kosztów utopionych w telekomunikacji.

Istota kosztów utopionych

Celem regulacji jest optymalizacja dobrobytu konsumentów usług telekomunikacyjnych i eliminacja nadzwyczajnych zysków monopolistycznych w strategiach cenowych przedsiębiorstw telekomunikacyjnych. Do tego niezbędna jest znajomość kosztów ekonomicznych i potencjalnych korzyści. Korzyści mierzone są nadwyżką konsumenta, a koszty szacowane na podstawie wygenerowanych kosztów księgowych przedsiębiorstw telekomunikacyjnych (szczególnie operatora zasiedziałego). Nieprawidłowe rozpoznanie kosztów przedsiębiorstwa telekomunikacyjnego pociąga za sobą konsekwencje dla dobrobytu konsumentów usług telekomunikacyjnych. Po pierwsze, nierozpoznanie kosztów przez regulatora oznacza, że ceny, które on wyznacza nie będą prawidłowe. Po drugie, jeśli dla sektora finansowego okaże się, że regulator nie rozpoznał wszystkich kosztów^① przedsiębiorstwa telekomunikacyjnego wówczas pozyskiwanie kapitału przez emisję akcji stanie się droższe, co z kolei podniesie koszty przedsiębiorstw telekomunikacyjnych i tym samym koszty konsumentów [1].

Koszty utopione to koszty, które nie mogą być odzyskane, a ich ponoszenie nie może być wstrzymane w momencie zaprzestania świadczenia usługi, która ponoszenia tych kosztów wymaga. Trudnym i kosztownym zabiegiem jest również przeniesienie zasobów, stanowiących podstawę generowania kosztów utopionych, w ramach danej działalności lub do alternatywnego zastosowania. W telekomunikacji koszty utopione o wiele silniej ujawniają się w części dostępowej sieci niż w sieci szkieletowej. Są to koszty nie do odzyskania, dlatego nie powinny być uwzględniane w decyzjach o kontynuacji działalności. Koszty te muszą zostać poniesione na początku danego przedsięwzięcia, kiedy jeszcze nie jest znana jego zyskowość. Stanowią one znaczącą część kosztów inwestycji i odgrywają istotną rolę w kształtowaniu struktury rynku [7].

Koszty utopione (*sunk cost*) są kosztami ponoszonymi w związku z koniecznością wejścia na dany rynek. Związane są one najczęściej z pozyskiwaniem zezwoleń i licencji, szkoleniem personelu, badaniami nowego rynku, zmianami relacji umownych z otoczeniem, inwestycjami o niskiej mobilności ekonomicznej i technicznej.

W warunkach monopolizacji działalności telekomunikacyjnej operator rekompensował (odzyskiwał) sobie koszty związane z deficytem dostępu w pętli lokalnej (sieci dostępowej) przez przerzucanie zysków ekonomicznych z innych segmentów rynku (np. połączeń międzynarodowych). W obliczu uwolnienia rynków usług telekomunikacyjnych dążenie do obliczania opłat za połączenia międzyoperatorские na podstawie ponoszonych kosztów wygenerowania usługi umożliwiało operatorom alternatywnym przejmowanie udziałów w ruchu międzysztyfowym i międzynarodowym, operatorowi zasiedzialemu zaś utrudniało rekompensowanie deficytu dostępu.

^① Wśród najważniejszych kosztów, które nie są odpowiednio rozpoznane i kwalifikowane są koszty związane z obowiązkiem świadczenia usługi powszechnej, które pozbawiają przedsiębiorstwa telekomunikacyjne opcji opóźnienia (*delay option*).

Implikacje związane z kosztami utopionymi są głębokie. Operator zasiedziały wypracowuje swoją opcję opóźniania (*delay option*), w ramach której potencjalni konkurenci muszą wycenić nie tylko bezpośredni koszt inwestycji, ale i wziąć pod uwagę wartość tych opcji opóźniania.^①

Koszty utopione wyłaniają się jako kluczowy element krytyki teorii rynków kontestowalnych (*contestable markets theory*).^② Im wyższe są bowiem koszty utopione, tym mniej prawdopodobne wejście na rynek. Choć skłania to również do wniosku, że otwartość rynku wymusi na operatorze zasiedziałym zwiększenie efektywności i obniżkę cen.

Istnieje ważne rozróżnienie kosztów utopionych na egzogeniczne i endogeniczne. Egzogeniczne koszty utopione odnoszą się do inwestycji dokonywanych przez firmę w celu zakupu technologii potrzebnej do świadczenia usługi telekomunikacyjnej. Koszty egzogeniczne odnoszą się do kosztów utopionych, które nie mogą być zmienione przez działanie konkurencji (ulepszający swoją sieć operator telefoniczny, który rozpoczyna działalność lub przedsiębiorstwo telekomunikacyjne budujące infrastrukturę międzystrefową/sieć szkieletową ponoszą koszty kabli i centrali dla swojej sieci – co stanowi koszty utopione przynajmniej częściowo, jeśli przedsiębiorstwo nie odzyska ich ze sprzedaży konkurencji).^③

Endogeniczne koszty utopione odnoszą się do wydatków czynionych na rzecz badania i rozwoju oraz reklamy, w celu podniesienia jakości świadczonej usługi. Są one endogeniczne, jeśli zależą od działań konkurentów. Płatności za licencje, które są niezależne od bazy konsumentów tworzą endogeniczne koszty utopione wejścia. Kampanie reklamowe nowego produktu są kosztami utopionymi i są często endogeniczne, jeśli intensywność reklamowania istniejącej usługi wpływa na koszty reklamowania usługi nowej. Operator zasiedziały może podejmować takie działania jako element strategii zapobiegającej wejściom na rynek. Przeciwnie niż koszty utopione egzogeniczne, koszty utopione endogeniczne są dla firmy wyborem decyzyjnym, który może ona zmieniać. Sektory naczaczone endogenicznymi kosztami utopionymi zwykle mają niską skłonność do koncentracji, a warunki w nich tworzone w małym stopniu skutkują tym, że groźba wejść zdyscyplinuje siłę monopolistyczną operatora zasiedziałego [5, s. 26-27].

Czasami istnieje możliwość, żeby rząd zdecydował, czy koszty wejścia są endogeniczne czy egzogeniczne. Dzieje się tak w przypadkach, gdy operator mobilny musi zdobyć częstotliwość i uiścić opłatę na rzecz skarbu państwa. Opłata ta może być ustalana jako stała za pewien przedział częstotliwości lub może być uzależniona od wyników aukcji, do której przystępują przedsiębiorstwa konkurujące. W pierwszym przypadku koszt utopiony jest egzogeniczny, w drugim, endogeniczny. Dodatkowo, niektóre licencje zarezerwowane są dla przedsiębiorstw nowo wchodzących [6, s. 26-27]. Występowanie endogenicznych kosztów utopionych przy wejściu na rynek nie zapewnia tego, że mniej efektywny operator będzie zastąpiony bardziej efektywnym [6, s. 242].

① Przedstawia wartość wygenerowaną dzięki oczekaniu pewnego czasu w celu czerpania korzyści.

② Jeżeli wejście na rynek jest łatwe, szybkie i bezkosztowe, firma nie będzie w stanie pobierać ceny obciążonej wysokim narzutem, ponieważ wysokie zyski przyciągnęłyby konkurentów.

③ Oftel stwierdził, że koszty utopione są szczególnie istotne w telekomunikacji z powodu wymogu podejmowania ogromnych inwestycji infrastrukturalnych, które w dużej części nie mogą zostać odzyskane w przypadku opuszczenia rynku przez przedsiębiorstwo. Znaczenie kosztów utopionych może być jeszcze większe w sieci telekomunikacyjnej w zależności od korzyści skali i zagęszczenia terenu. Oznacza to, że w rozbudowanej sieci koszty zawsze są niższe niż w mniej rozbudowanej, co z kolei oznacza, że operator wchodzący na rynek będzie potrzebował przejąć znaczną część rynku, żeby być konkurencyjnym. Jednak aby móc przejąć duże udziały w rynku, cena świadczonych przez niego usług musiałaby być znacznie poniżej poziomu ceny operatora zasiedziałego, co z kolei utrudnia odzyskiwanie kosztów utopionych. Stąd, bariery wejścia konkurencyjnych operatorów sieciowych są bardzo wysokie (*Competition in the provision of fixed telephony services, document konsultacyjny Oftel z 2001 roku, s. 36*), za: [6, s. 26-27]

Koszty utopione jako bariera wejścia na rynki usług telekomunikacyjnych

Barierę wejścia stanowiącą fundamentalną determinantę struktury rynku, mogą mieć różne źródła, lecz jeśli wejście na rynek wymaga wysokich kosztów utopionych, istnieje duże ryzyko związane z osiągnięciem koniecznych zwrotów z inwestycji. Jest to kwestia istotna dla sektorów szybko rozwijających się oraz rynków nowych produktów. Istnieje jednak bardzo niewyraźny konsensus co do znaczenia rodzaju ryzyka i mechanizmów jego wpływu na wejście na rynek i równowagę sektorową. Duże koszty utopione, tworząc korzyści skali prowadzą do osiągnięcia równowagi sektorowej przy stosunkowo małej liczbie firm. Ryzyko wchodzi w interakcję z kosztami utopionymi z powodu kosztów alternatywnych nieodwracalnego inwestowania [8]. Koszty utopione stanowią poważną barierę wejścia/wyjścia z rynku telekomunikacyjnego; są karą za niepowodzenie działalności gospodarczej. Stąd, istnienie kosztów utopionych nakłada na nowo wchodzące przedsiębiorstwa konieczność długookresowej oceny szans powodzenia w konkurencji z najczęściej ustabilizowaną pozycją przedsiębiorstwa zasiedziałego. Podjęcie przez przedsiębiorstwa telekomunikacyjne decyzji o wejściu na rynek usług telekomunikacyjnych, opierającej się na własnej infrastrukturze, pociąga za sobą wysokie ryzyko, które nie dotyczy w danym momencie w żadnej mierze (w aspekcie kosztu jak i ryzyka) przedsiębiorstwa zasiedziałego. Fakt silniejszego pozycjonowania się operatora zasiedziałego wobec nowo wchodzącej konkurencji z własną infrastrukturą tworzy podstawową asymetrię, będącą barierą wejścia/wyjścia.

Ważne odniesienie do problemu kosztów utopionych znajduje wyraz w określaniu cen za połączenia międzyoperatorskie. Dominujące na rynku, zasiedziałe przedsiębiorstwo telekomunikacyjne, pobierające opłaty za połączenia między operatorami ma naturalne bodźce do pobierania ich na poziomie za wyższym. Powodem takiej postawy jest nie tylko chęć zwiększenia przychodów, ale także chęć podniesienia kosztów przedsiębiorstw konkurencyjnym i oferowanych przez nie cen [1].

Opłata za usługę połączenia międzyoperatorskiego w zależności od prawno-ekonomicznych uwarunkowań otoczenia operatora stanowi istotne źródło zwrotu kosztów utopionych.

W warunkach silnej konkurencji operator zasiedziały nie ma motywacji do inwestowania w modernizację czy odtworzenia infrastruktury, jeśli duża część kosztów utopionych nie zostaje przez niego pokrywana. Dlatego racjonalne jest maksymalizowanie wartości jego kosztów utopionych, kiedy nowo wchodzące podmioty, wyposażone w nowoczesne technologie starają się odebrać mu udziały w rynku (zdobywają tę samą grupę odbiorców). Operator zasiedziały może wówczas:

- podjąć wojnę cenową i walczyć o rynek nawet do momentu wypchnięcia nowego podmiotu z rynku – wynikiem takiego działania jest strata dla obu stron,
- dążyć do wykształtowania się ceny równowagi – w efekcie tego działania każda ze stron wygrywa – operator zasiedziały pokrywa swoje koszty utopione, a nowe przedsiębiorstwo ma zbilansowane koszty i przychody.

Ten problem może prawidłowo rozwiązać konkurencja. Koszty utopione są większą barierą wyjścia z rynku niż wejścia na rynek w warunkach, gdy konkurencja jest silniejsza niż w momencie wchodzenia. Operator zasiedziały nie ma bodźców do inwestowania, a przedsiębiorstwa, które weszły na rynek popadają w kłopoty, ostatecznie odbijające się na konsumentach. Wówczas, gdy operator alternatywny będzie ustalał ceny za cenami operatora zasiedziałego i ograniczy do pewnego stopnia swoje udziały na rynku, na którym działa, cena równowagi jest w stanie zrównoważyć przychody przedsiębiorstw

telekomunikacyjnych. Tylko wówczas operator zasiedziały może pokryć koszty utopione, a operatorzy alternatywni zbalansować budżet (wówczas każdy wygrywa). Jedynie kooperatywna konkurencja może zapewnić zyski obu stronom. Zatem regulator powinien pobudzać obie strony do ukształtowania ceny równowagi w warunkach konkurencji kooperatywnej [13].

Polityka regulacji w odpowiedzi na problem kosztów utopionych

Kwestie kosztów utopionych odgrywają kluczową rolę w tworzeniu konkurencyjnych warunków funkcjonowania przedsiębiorstw telekomunikacyjnych. Reforma sektora telekomunikacyjnego często nie uwzględnia oddziaływania konkurencji na koszty utopione operatora zasiedziałego (regulacje asymetryczne). Dla odzyskania kosztów utopionych proponuje się często stosowanie wyceny opierającej się na odwrotnej elastyczności popytu, ustalając najwyższe narzuty na usługi z najmniej elastycznym popytem. Ta zasada Ramseya była przedmiotem debat na temat zaprzestania monopolistycznej wyceny usług telekomunikacyjnych i jednoczesnego minimalizowania straty społecznej. Zasada ta nie jest jednak pozbawiona wad, które mogą często prowadzić do efektów niepożądanych [3].

Narzut na cenę usługi telekomunikacyjnej (to co pobierane jest powyżej kosztów) jest jedną z miar presji konkurencyjnej na rynku. Narzuty są wyższe w sektorach telekomunikacyjnych niż w innych naturalnie konkurencyjnych sektorach niesieciowych (handel detaliczny i hurtowy, przemysł budowlany, usługi komputerowe), co może być skutkiem tego, że sektor telekomunikacyjny jak i inne sektory sieciowe charakteryzuje się dużymi kosztami stałymi i utopionymi, które muszą być odzyskane z przyszłych przychodów (narzuty na usługi telekomunikacyjne są jednak niższe niż na usługi profesjonalne, np. usługi prawnicze, gdzie produkty są bardziej zróżnicowane w zależności od konsumenta a asymetria informacji stanowi większy problem).

Istnienie kosztów stałych i utopionych w konstruowaniu infrastruktury sieci telekomunikacyjnej jest wymieniane jako najważniejszy wyznacznik specyfiki sektora telekomunikacyjnego, który umożliwił traktowanie go jako monopolu naturalnego. Przypisanie wielu obszarom sektora telekomunikacyjnego natury konkurencyjnej dało początek debatom nad tym, czy pobudzana konkurencja powinna wykorzystać infrastrukturę alternatywną, czy opierać się na infrastrukturze operatora zasiedziałego. W efekcie oba te podejścia zostały połączone. I tak, lokalna pętla (lokalna centrala – lokalny odbiorca) była rzadko kiedy duplikowana, natomiast infrastruktura, łącząca lokalne centrale była często budowana przez nowo wchodzących operatorów telekomunikacyjnych. Rozwój technologii umożliwił również wykorzystanie istniejącej infrastruktury nietelekomunikacyjnej do łączenia odbiorców końcowych, nawet na etapie pętli lokalnej (telewizje kablowe, sieci energetyczne, stacjonarne dostępy bezprzewodowe (*fixed wireless access*)).

Istnienie wysokich kosztów utopionych infrastruktury skłania regulatora do wykorzystania sposobów umożliwiających łatwiejsze wchodzenie na rynki usług telekomunikacyjnych przedsiębiorstw telekomunikacyjnym. Po pierwsze, przez redukcję kosztu budowy alternatywnej infrastruktury (przejrzyste i niedyskryminacyjne zasady uzyskiwania prawa drogi, umożliwienie dostępu do kanałów, przewodów operatora zasiedziałego). Po drugie, przez umożliwienie korzystania z infrastruktury jednych przez drugich (od czystej odsprzedaży – całkowite oparcie się na infrastrukturze operatora zasiedziałego do wykorzystywania przez operatora alternatywnego własnej sieci tranzytowej i wykorzystywanie w pełni pętli lokalnej dla dotarcia do odbiorcy końcowego) [4, s. 17].

Generalnie, reakcją regulatora na wysokie koszty utopione są działania zmierzające do ich obniżenia przez różnego rodzaju regulacje *ex ante*, które przerzucają, przynajmniej częściowo, ciężar kosztu uto-

pionego na przedsiębiorstwo zasiedziałe w celu ułatwienia wejścia na rynek nowym przedsiębiorstwom. Najczęściej spotykanymi narzędziami stosowanymi w celu udroźnienia wejścia na rynek nowym przedsiębiorstwom przez przerzucenie na operatora zasiedziałego obciążenia związanego z kosztem utopionym są:

- prawne zobowiązania operatora zasiedziałego do uwolnienia infrastruktury sieciowej operatorom alternatywnym, którzy jej nie mają lub uznają jej duplikacje za technologicznie i ekonomicznie nieuzasadnioną,
- funkcjonalna lub strukturalna separacja części hurtowej od detalicznej wertykalnie zintegrowanego operatora zasiedziałego lub jej realna groźba.

Obie z tych form regulacji osłabiają chęć operatora zasiedziałego do inwestycji, ale też i jego zdolność do utrudniania wchodzenia na rynki usług telekomunikacyjnych nowych podmiotów. Pewne zabiegi regulacyjne wręcz zniekształcają warunki wejścia na rynek na korzyść nowo wchodzących przedsiębiorstw telekomunikacyjnych, aż do momentu, gdy pewna równowaga w konkurencji zostanie na rynku osiągnięta. Powstające na tym polu przedsięwzięcia regulacyjne naznaczone są kontrowersyjnością. Z jednej strony, ułatwiane jest wejście na rynek i wspomagane wypracowanie długookresowej efektywności, ale z drugiej strony, obniżany jest potencjał operatora zasiedziałego do efektywnego działania i tym wyrządzana szkoda konsumentom (regulacyjny nakaz uwolnienia pętli może obniżyć chęć do inwestowania zarówno dla operatora zasiedziałego, jak i alternatywnego i w ten sposób działać przeciwko interesom konsumenta, szczególnie, gdy prowadzi do słabo uzasadnionych cen dzierżawy za uwalnianą infrastrukturę lub gdy czas trwania regulacji jest dłuższy niż wymaga tego sytuacja sektora). Podobnie, naciski regulatora w kierunku przeprowadzenia separacji wertykalnie zintegrowanego operatora zasiedziałego mogą prowadzić do znaczących strat efektywności, które z kolei mogą, ale nie muszą, zostać skompensowane korzyściami dla operatora alternatywnego. Te straty na efektywności ostatecznie szkodzą interesom konsumentów. Niezaprzeczalnie, tego typu regulacje *ex ante* odgrywają dużą rolę w ułatwianiu rozwoju konkurencji na rynkach usług telekomunikacyjnych. Jednak ich zbyt silna restrykcyjność i długotrwałość może w długim okresie obrócić się przeciwko interesowi społecznemu. W celu uniknięcia takich konsekwencji polityka regulacyjna powinna z czasem przesunąć się w kierunku przechodzenia na bardziej *ex post* formy regulacji (polityka konkurencji) – regulację minimum, jak tylko bariery wejścia uzna się za „wystarczająco” obniżone [13].

Podejmowania prób odzyskiwania kosztów utopionych można się dopatrzeć w sporze między regulatorem a TP SA dotyczącym kalkulacji kosztów usług telekomunikacyjnych, który miał prowadzić do umożliwienia operatorowi zasiedzialemu „odzyskanie kosztów związanych z pozyskaniem kapitału do celów prowadzenia działalności telekomunikacyjnej” [10]. Stosowanie się TP SA do WACC^① miało nie tylko umożliwić przedsiębiorstwu „odzyskanie kosztu kapitału”, ale i zmniejszyć możliwości TP SA czerpania nadzwyczajnych zysków z tytułu dominującej pozycji na rynku, a za tym pozwolić na obliczanie kosztów na niezawyżonym poziomie z korzyścią dla operatorów alternatywnych i konsumentów^②. Większa koncentracja uwagi regulatora na „uzyskaniu zwrotu stosownej części zainwestowanego kapitału, uwzględniając wszelkie ryzyko typowe dla konkretnego nowego przedsięwzięcia inwestycyjnego” jest pożądana, szczególnie wobec operatora zasiedziałego, którego istotna rola w procesie wzrostu inwestycji infrastrukturalnych nie może być bagatelizowana [2, art.13, ust. 1]. Jednak wobec obserwacji procesu uwalniania operatora (-ów) zasiedziałego (-ych) od obciążeń regulacyjnych

^① WACC - średnioroczny koszt kapitału, będący procentowym narzutem na skalkulowane koszty.

^② Więcej patrz: Piątek S., *Sieci szerokopasmowe w polityce telekomunikacyjnej*, Wyd. Naukowe Wydziału Zarządzania UW, Warszawa 2011, s. 122.

związanych z nakazami kalkulacji kosztów według skomplikowanych modeli oraz audytu regulacyjnego^①, kwestie rozwiązywania problemu odzyskiwania kosztów utopionych wydają się coraz bardziej wystawiane na próby ukształtowanego mechanizmu presji rynkowej, przy stosunkowo swobodnej kontroli regulatora co do odzyskiwania kosztów faktycznych (zamiast kosztów uzasadnionych).

Zakończenie

Istniejąca presja konkurencyjna na rynkach uzasadnia podjęcie próby rozluźnienia nacisku regulacyjnego i upatrywania w takich decyzjach regulatora nie tylko uwalniania konsumentów od przerzucania na nich nadmiernych kosztów, ale i możliwości powiększania potencjału przedsiębiorstw mogącego przyczynić się do zwiększenia dobrobytu konsumentów usług telekomunikacyjnych w przyszłości. Najbardziej optymalny poziom i sposób odzyskiwania kosztów utopionych jest jedynie dostępny operatorowi (w tym, szczególnie zasiedziałemu), dlatego swoboda jego decyzji jest pożądana. Nie sposób jednak uniknąć, w warunkach istniejącej wciąż jego dominacji rynkowej, naturalnego pędu operatora do zysków wyższych niż możliwe do uzyskania w warunkach konkurencji. Dlatego presja konkurencyjna tworzona nie tylko przez operatorów alternatywnych, ale i przez doinformowanych i uświadomionych konsumentów, jak również kontrola sprawowana przez niezależnego regulatora (lub urząd ochrony konkurencji) wydaje się być nieunikniona.

Bibliografia

- [1] Alleman J., Rappoport P.: Optimal pricing with sunk cost and uncertainty. W: *The economics of online markets and ICT networks. Contributions to Economics*. Cooper R., Madden G. et al. (red.) Heidelberg, Physica –Verlag. A Springer Company, 2006
- [2] Dyrektywa 2002/19/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 marca 2002 roku w sprawie dostępu do sieci łączności elektronicznej i urzędzeń towarzyszących oraz wzajemnych połączeń (dyrektywa o dostępie), Dz. U. L 108 z 24.4.2002, z późn. zmian., s. 7 .
- [3] Fjell K.: *Elasticity based pricing rules in telecommunications – a cautionary note*. Bergen, Institute for Research in Economics and Business Administration, 2002
- [4] Molnar M.: *Different regulations, different impacts – what regulations affect trade in telecommunications services*. Paryż, OECD Experts Meeting on Telecommunications Services, 2008
- [5] Motta M.: *Competition Policy. Theory and practice*. Cambridge, CUP, 2004
- [6] P. de Bijl, M. Peitz: *Regulation and entry into telecommunications markets*. Cambridge, CUP, 2002
- [7] Pindyck R.: *Real options in antitrust*. Presentation to the Real Options conference, Paryż, 2005
- [8] Pindyck R.: *Sunk cost and risk-based barriers to entry*. Cambridge, MIT , 2009
- [9] Rogalski M.: *Wpływ regulacji na inwestycje*. Warszawa, Pion Współpracy Regulacyjnej TP, 2008
- [10] *Sprawozdanie z działalności Prezesa URTiP w 2005 roku*. Warszawa, URTiP, 2006
- [11] *Stanowisko Prezesa Urzędu Regulacji Telekomunikacji w sprawie modelu i stawek rozliczeń międzyoperatorских*. Warszawa, Biuletyn URT, sierpień 2001

^① Rynek 8, rynek 9, rynek 4/2007, rynek 13, rynek zakańczania SMS, rynek detaliczny 1 i 2.

- [12] Sutton J.: *Sunk cost and market structure*. Cambridge, MIT Press 1991
- [13] ITU, *ICT regulation toolkit. Practice note: Fixed and sunk costs as barriers to entry*.
<http://www.ictregulationtoolkit.org/en/PracticeNote.2610.html> (stan na dzień 8 czerwca 2012 roku)
- [14] Yubao C., Zhanhory X.: *Research on the sunk cost of telecommunications industry*. ITC 19/
ITU&ITC Workshop for Developing Countries

Renata Śliwa

Mgr Renata Śliwa – absolwentka Wydziału Ekonomii, kierunku Międzynarodowe Stosunki Gospodarcze i Polityczne Akademii Ekonomicznej w Krakowie (2001); pracownik dydaktyczno-naukowy Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie (2001); autorka kilku publikacji dotyczących tematyki deregulacji sektora telekomunikacyjnego; zainteresowania naukowe: deregulacja sektora telekomunikacyjnego w Polsce, regulacja bodźcowa działalności operatorów telekomunikacyjnych, konkurencyjność sektora telekomunikacyjnego, ordoliberalizm.

E-mail: renatasliwa@gmail.com

Perspektywy zagospodarowania widma radiowego w Polsce pod kątem implementacji radia kognitywnego

Maciej J. Grzybkowski

W artykule przeanalizowano zakresy częstotliwości, które mogą być wykorzystane w systemach radia kognitywnego, przy założeniu obecnych i planowanych przeznaczeń częstotliwości w Polsce (w tym także w kontekście przeznaczeń europejskich) oraz istniejącego planu zagospodarowania poszczególnych zakresów częstotliwości. Analizę przeprowadzono uwzględniając możliwość wprowadzenia sieci radia kognitywnego w wybranych częściach widma, w tym w pasmach licencjonowanych oraz nielicencjonowanych, w sposób scentralizowany lub rozproszony.

radio kognitywne, widmo częstotliwości radiowych, zakresy częstotliwości

Wprowadzenie

Istota gospodarki widmem opiera się, jak dotychczas, na utrzymywaniu ścisłych reguł rządzących sposobami obsady tego widma przez różne służby radiowe, a w konsekwencji przez różne systemy radiowe. Naczelną zasadą procesu zarządzania widmem jest utrzymanie trzech etapów działania: przeznaczenia zakresów częstotliwości, planowania (czy rezerwacji) częstotliwości oraz przydziałów częstotliwości. Utarło się powiedzenie, że etapy te podlegają tzw. regule 3P (przeznaczenia, planowanie, przydział), zgodnej z angielską 3A (*allocation, allotment, assignment*). W myśl tak sformułowanej zasady zarządzania przydziały częstotliwości dla systemów (sieci) radiowych następują po uprzedniej ich rezerwacji, która jest możliwa w z góry określonych wycinkach widma (zakresach częstotliwości), objętych stosownymi przeznaczeniami. W danym zakresie częstotliwości pracować mogą więc tylko takie służby radiowe, dla jakich ten zakres był przeznaczony. Współużytkowanie tych zakresów przez różne służby było ryzykowne, ze względu na konieczność przestrzegania zasad kompatybilności międzysystemowej. Stąd w początkach działalności regulacyjnej zakładano, że w danym zakresie częstotliwości pracować mogła tylko jedna służba, np. tylko radiodyfuzyjna lub tylko ruchoma lądowa.

W miarę rozwoju służb radiowych zaczęły występować braki wolnych (niezajętych dla potrzeb konkretnej służby radiowej) częstotliwości, w konsekwencji przeznaczano dla potrzeb poszczególnych służb coraz to nowe (najczęściej wraz z rozwojem techniki radiowej coraz to wyższe) zakresy częstotliwości. Ponadto wraz z rozwojem technik kompatybilnościowych zaczęto dopuszczać użytkowanie systemów różnych służb radiokomunikacyjnych w tym samym zakresie częstotliwości, np. radiodyfuzji i radiokomunikacji ruchomej – początkowo na zasadzie różnych ważności służb (pierwszej i drugiej ważności), później umożliwiając lokowanie w jednym zakresie kilku służb pierwszej i drugiej ważności. Jednak w praktyce współużytkowanie wielu różnych służb w jednym zakresie, na tym samym obszarze, było najczęściej niemożliwe ze względu na wzajemne zakłócenia. Stąd na obszarze jednego kraju, na terenie zarządzanym przez jedną administrację łączności, obsadzenie danego zakresu różnymi służbami radiowymi (pierwszej ważności) prawie zawsze nie mogło mieć miejsca. Natomiast dość często różne kraje, nawet sąsiadujące, dopuszczały możliwość pracy odmiennych służb radiowych w tym samym zakresie częstotliwości (np. w jednym kraju radiodyfuzja, a w drugim radiokomunikacja

ruchoma lądowa, RRL). Powodowało to konieczność uzgadniania sposobu pracy różnych systemów po różnych stronach granic państwowych celem uniknięcia szkodliwych zakłóceń, istotnych szczególnie na terenach przygranicznych.

Zasada eksploatacji służby jednego rodzaju (określonego typu systemu lub sieci radiowej) na tym samym obszarze, w tym samym zakresie częstotliwości, powodowała jednak zbyt ekstensywne zagospodarowanie widma. W celu uniknięcia wzajemnych zakłóceń wewnątrzsystemowych stosowano separację częstotliwościową lub obszarową sieci radiowych (czasem oba rodzaje razem), co dawało w efekcie powstawanie luk zarówno w pokryciu częstotliwościowym, jak i obszarowym.

Nowa polityka w obsadzaniu wybranych pasm częstotliwościowych (neutralność techniczna), postępująca konwergencja usług, a co za tym idzie konieczność elastycznej gospodarki zasobami widmowymi, spowodowały odwrócenie trendu „monokulturowego” sposobu zagospodarowania poszczególnych zakresów częstotliwości. Obecnie dopuszcza się implementację różnych systemów radiowych reprezentujących różne służby radiowe w tym samym zakresie częstotliwości pod warunkiem zachowania kompatybilności. Postępowanie takie ma na celu uzyskanie możliwie najbardziej efektywnego wykorzystania zasobów widmowych. Wypełnienie luk w pokryciu częstotliwościowym oraz obszarowym (dla porządku należy dodać, że w przypadku pracy z przerwami w czasie możliwe jest również zapełnianie luk czasowych) poprzez uruchamianie pracy innych, niż pierwotnie tam dedykowanych systemów radiowych, zapewnia bardziej wydajną eksploatację dostępnych zasobów widma na określonym terenie.

Wraz z rozwojem technik radiokomunikacyjnych oraz z rozwojem organizacji wykorzystania widma częstotliwości radiowych stało się możliwe zwiększenie efektywności wykorzystania widma, głównie dzięki postępowi w procesie zapewniania kompatybilności elektromagnetycznej i to zarówno w sferze sprzętowej (np. zwiększenie odporności odbiorników na zakłócenia, czy lepsza filtracja produktów modulacji pasożytniczych w nadajnikach), jak i w sferze programowo-sygnałowej (np. wprowadzenie do użytku nowych, cyfrowych technik modulacyjnych, stosowanie sygnałów ultraszerokopasmowych czy zaawansowanych technik kodowania sygnałów).

Radio kognitywne (radio poznawcze) doskonale wpasowuje się w postęp techniczny zapewniając, przy szybkim rozwoju techniki monitoringu stanu zajętości widma radiowego, możliwość bardzo efektywnego wykorzystania przestrzeni elektromagnetycznej.

Sposoby wykorzystania widma radiowego przez systemy radia kognitywnego

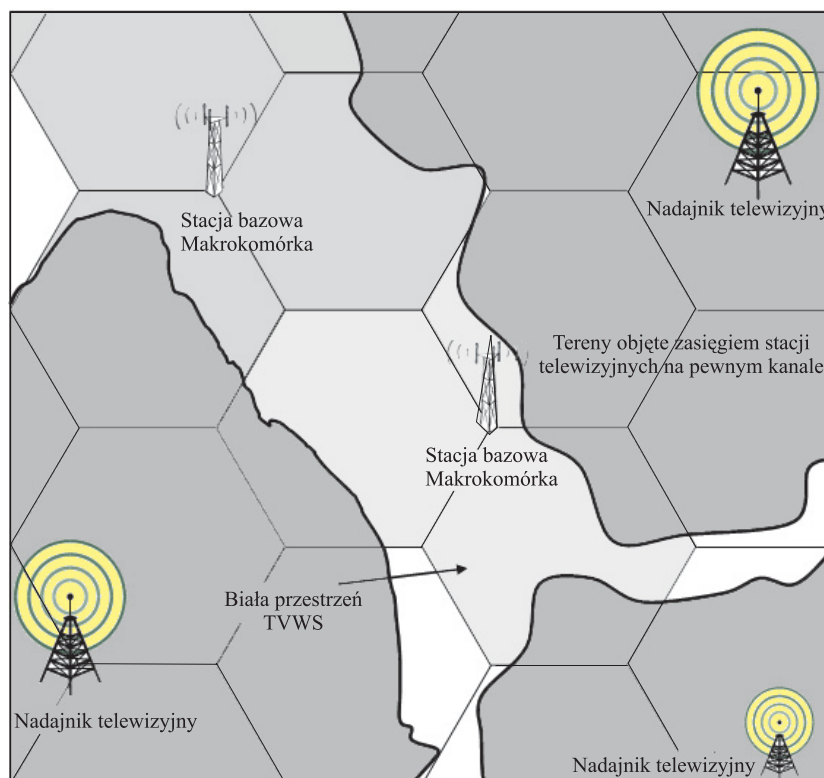
Współużytkowanie widma częstotliwości radiowych przez radio kognitywne może odbywać się na wielu płaszczyznach. Zwykle rozróżniane są cztery aspekty współużytkowania widma [1]: architektura systemów, sposób przeznaczenia widma, technika dostępu do widma oraz metoda współużytkowania.

Współużytkowanie rozpatrywane pod kątem architektury może być scentralizowane (wówczas przydział częstotliwości oraz procedury dostępowe są sterowane przez jakąś centralną jednostkę) lub rozproszone (przydział i dostęp podporządkowane są lokalnym prawom, które są odrębnie nadawane każdemu z węzłów sieci radiowej).

W aspekcie sposobu przeznaczenia widma na potrzeby radia kognitywnego dostęp do tego widma może być kooperacyjny bądź niekooperacyjny. W przypadku dostępu kooperacyjnego poszczególne częstotliwości są przydzielane użytkownikom widma w wyniku przetworzenia informacji o oddziaływaniu zakłóceń interferencyjnych pochodzących z jednego węzła na pracę innych węzłów radia kognitywnego. Natomiast w sytuacji, gdy dostęp jest niekooperacyjny analizowana jest sytuacja interferen-

cyjna w jednym węźle. Nie rozpatruje się wówczas zakłóceń oddziałujących na inne węzły. Powoduje to, co prawda, niezbyt optymalne wykorzystanie przestrzeni widmowej, ale ogranicza się przez to ruch w sieci spowodowany wymianą służbowej korespondencji międzywęzłowej.

Z analiz technik dostępu do widma wynika, że współużytkowanie może wystąpić w dwóch wariantach: jako eksploatacja nakładkowa (*overlay*) lub podkładowa (*underlay*). W przypadku współużytkowania nakładkowego, w danym zakresie częstotliwości węzły sieci radia kognitywnego (sieci wtórnej w stosunku do sieci pierwotnej – uprzednio wykorzystywanej, np. telewizji cyfrowej) eksploatują jedynie te części widma (podzakresy częstotliwości), które nie są wykorzystane przez głównych użytkowników tego zakresu, np. telewizję. Daje to minimalizację zakłóceń wprowadzanych do sieci pierwotnej przez sieć wtórną, jednak wymaga ścisłego przestrzegania reguł kompatybilności nie tylko wspólnokanałowej, lecz również sąsiednikanałowej. Podczas współużytkowania podkładowego wszyscy użytkownicy eksploatują pełny dostępny zakres częstotliwości, jednak sieć wtórna może wykorzystywać jedynie techniki ultraszerokopasmowe (z rozproszeniem widma, pracujące często poniżej poziomu szumów środowiskowych), po to aby nie powodować szkodliwych zakłóceń w sieci pierwotnego użytkownika tego zakresu.



Rys. 1. Wykorzystanie białych przestrzeni widma w paśmie TV przez systemy komórkowe pracujące w trybie radia kognitywnego. Zacieniono obszary zasięgiem stacji telewizyjnych na pewnym kanale. Pozostały obszar – to biała przestrzeń TVWS

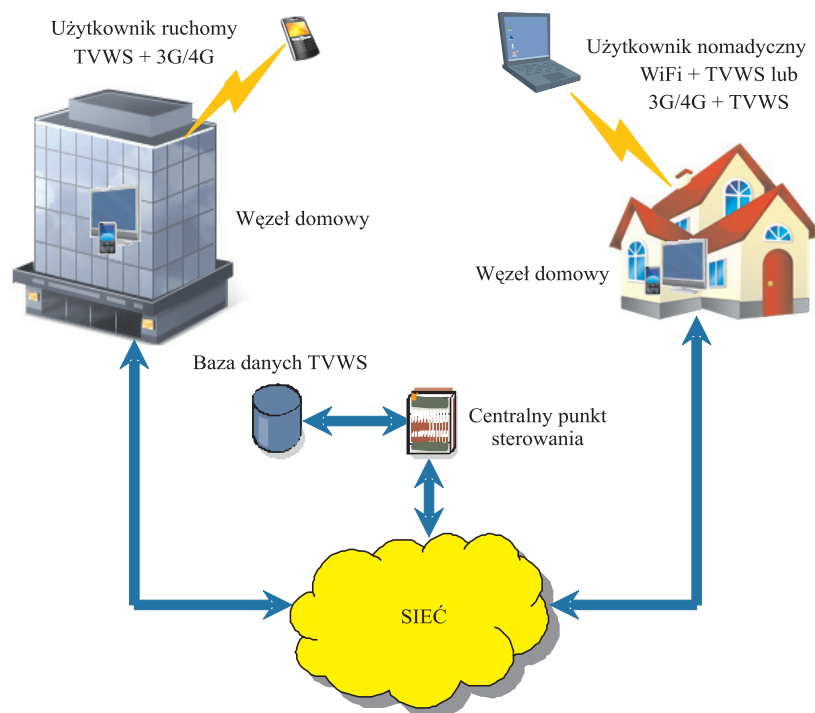
Współużytkowanie widma może być wewnątrzsieciowe, w ramach sieci jednego operatora radia kognitywnego lub zewnątrzsieciowe, gdzie na pewnym obszarze widmo może być eksploatowane przez

kilku operatorów radia kognitywnego. Klasyfikacja powyższa nie odnosi się do przypadków tzw. wtórnego rynku częstotliwości, gdy właściciel widma – nie wykorzystując go w pełni – odsprzedaje lub wynajmuje część swoich praw do użytkowania widma.

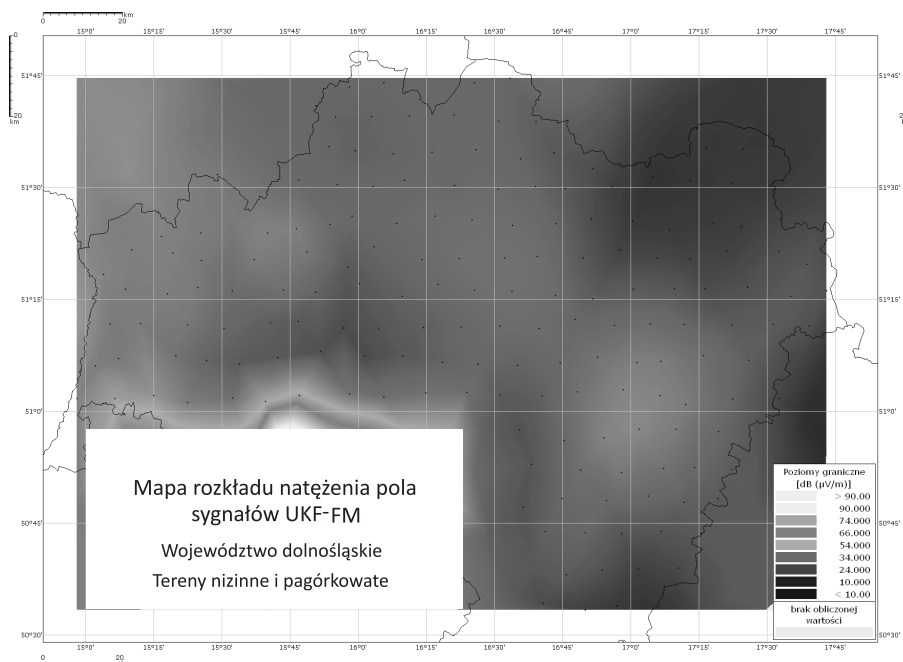
Ogólnie, użytkowanie systemów radia kognitywnego polega na wyszukaniu i zagospodarowaniu luk, tzw. białych przestrzeni (*white spaces*), w przestrzeni widma radiowego wykorzystywanego przez systemy radiowe pierwotnie użytkujące wybrane zakresy częstotliwości, zwane dalej systemami pierwotnymi. Sposoby wyszukiwania i zagospodarowania nie będą w niniejszym artykule omawiane, przedstawiony natomiast będzie przegląd zakresów częstotliwości, które potencjalnie mogą służyć do implementacji radia kognitywnego. Z samej zasady działania radia kognitywnego wynika, że nie wszystkie zakresy będą mogły być do tego celu użyte. Dotychczas zakładano, że radio kognitywne może być stosowane w zakresach częstotliwości aktualnie wykorzystywanych przez telewizję. W ramach europejskiego programu FP7 QUASAR dokonano próby określenia możliwości zastosowań radia kognitywnego w koegzystencji z niektórymi rodzajami służb radiowych i w ramach określonego typu środowiska [2]. Ustalono tam, że jednak najbardziej obiecującymi scenariuszami wprowadzenia radia kognitywnego do środowiska będą jego implementacje w pasmach zajętych przez systemy telewizyjne – gdzie na obszarach lukowych jako systemy wtórne można wdrożyć systemy komórkowe, (rys. 1), lub – podobne do WiFi – radiowe systemy dostępowe (rys. 2).

Wydaje się, że takie same systemy (komórkowe lub dostępowe) można wdrożyć w zakresach częstotliwości zajmowanych przez systemy radiofoniczne, gdzie, pomimo starannego planowania nadal występuje wiele luk w pokryciu (rys. 3) [3]. W obu przypadkach, tj. gdy pierwotnymi będą systemy radiowe lub telewizyjne, systemy wtórne mogą być rozwijane zarówno w otwartej przestrzeni, jak i w pomieszczeniach zamkniętych. W trakcie wykonywania programu QUASAR założono ponadto, że systemy radia kognitywnego mogą być implementowane również w zakresach częstotliwości zajmowanych przez pierwotne systemy radarowe (radiolokalizacja i radionawigacja) i lotnicze [2]. Jednak w takich przypadkach systemy wtórne mogą być używane jedynie w pomieszczeniach zamkniętych (rys. 4.), a w skrajnych przypadkach (bardzo niskie moce) na obszarach ulic w dużych miastach [4] – pod warunkiem, że zachowany będzie wymagany odstęp od poziomu zakłóceń odbiornika radarowego.

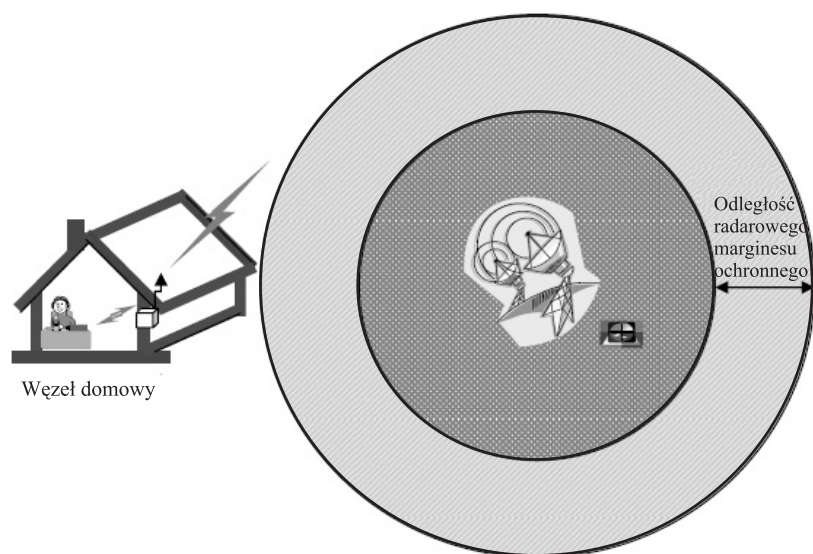
Systemy radia kognitywnego mogą być rozwijane w jednym zakresie częstotliwości – wykorzystywanym przez jeden system pierwotny, mogą również wykorzystywać jednocześnie kilka podzakresów częstotliwości. Nastąpić to może w wyniku agregacji („składania”) kanałów częstotliwościowych dla potrzeb transmisji szerokopasmowych, zwanej dalej agregacją częstotliwości. Agregacja kanałów może nastąpić w podzakresach sąsiadujących, podzakresach od siebie odseparowanych, ale wchodzących w skład jednego zakresu, wreszcie możliwe jest użycie kilku podzakresów z różnych, nawet znacznie od siebie odległych zakresów częstotliwości (rys. 5). Obecna technika już umożliwia użycie takich zagregowanych kanałów. Przykład sposobu powstawania zagregowanych kanałów przeznaczonych dla systemów LTE, które „złożone” zostały z węższych kanałów zlokalizowanych w różnych zakresach częstotliwości (telewizyjnym 470–790 MHz, dywidendy cyfrowej 790–862 MHz oraz w dwóch zakresach powyżej 2 GHz przeznaczonych dla IMT 2000), przewidzianych zarówno dla łączy „w górę”, jak i „w dół” – przedstawiony jest na rys. 6. Wykorzystano tutaj również kanały zawarte w „białych przestrzeniach” widma radiowego pasm telewizyjnych (TVWS – *TV white spaces*). Istotne jest to o tyle, że najprawdopodobniej TVWS będą eksploatowane w pierwszej kolejności. Należy przy tym zwrócić uwagę na to, że możliwe jest dokonywanie agregacji kanałów częstotliwościowych przeznaczonych zarówno dla łączy „w górę” (UL) jak i „w dół” (DL). Metody agregacji częstotliwości przez radio kognitywne rozważane są m.in. w ramach prowadzonych na rzecz projektu SACRA (*Spectrum and Energy Efficiency through multi-band Cognitive RAdio*) prowadzonego w Europie w ramach Siódmego Programu Ramowego (FP7).



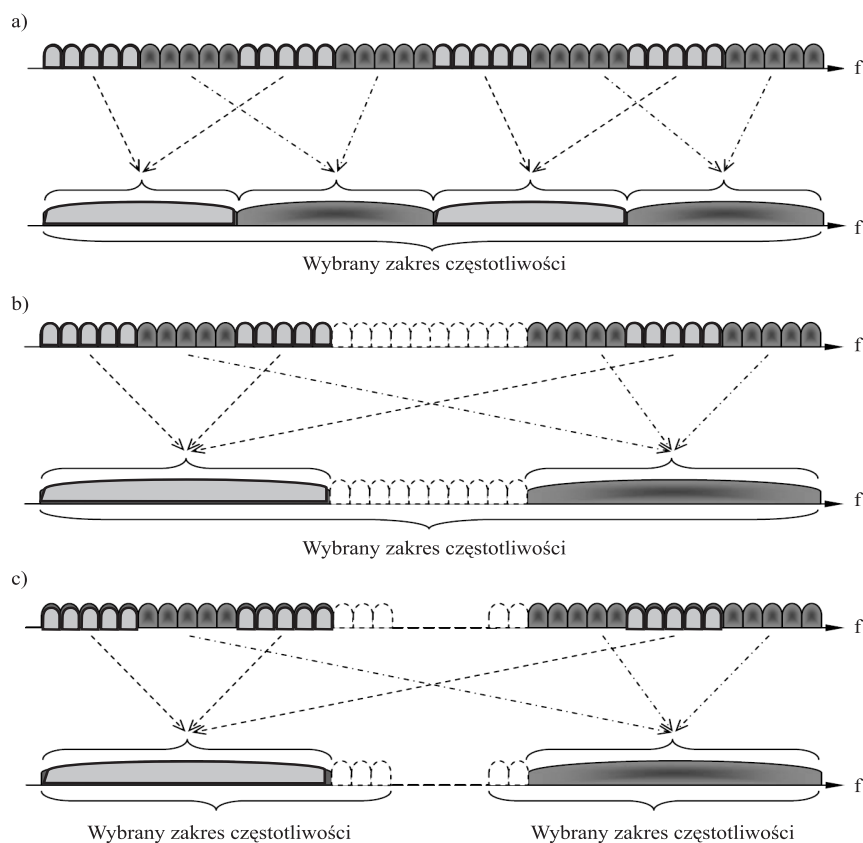
Rys. 2. Wykorzystanie białych przestrzeni widma w paśmie TV przez systemy dostępne przy wykorzystaniu bazy danych



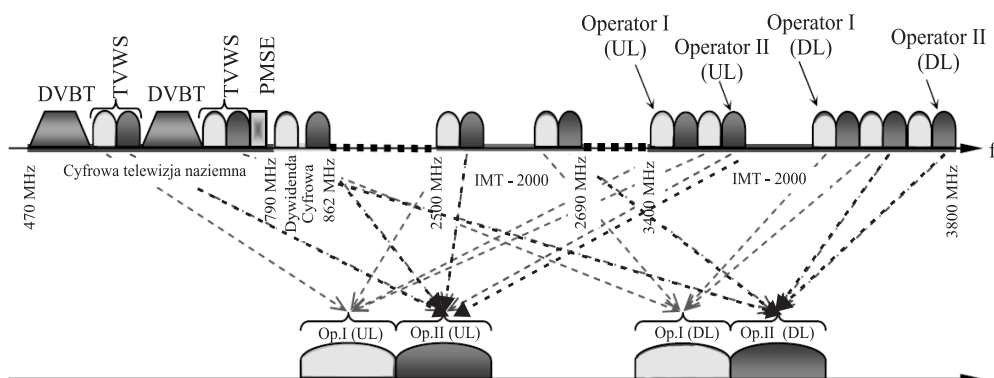
Rys. 3. Luki (ciemne miejsca) w pokryciu zasięgowym radiowych stacji UKF-FM, polaryzacja pionowa, na częstotliwości 87,5 MHz – możliwe do wykorzystania przez radio kognitywne [3]



Rys. 4. Wykorzystanie radia kognitywnego w zakresie użytkowanym przez stacje radarowe

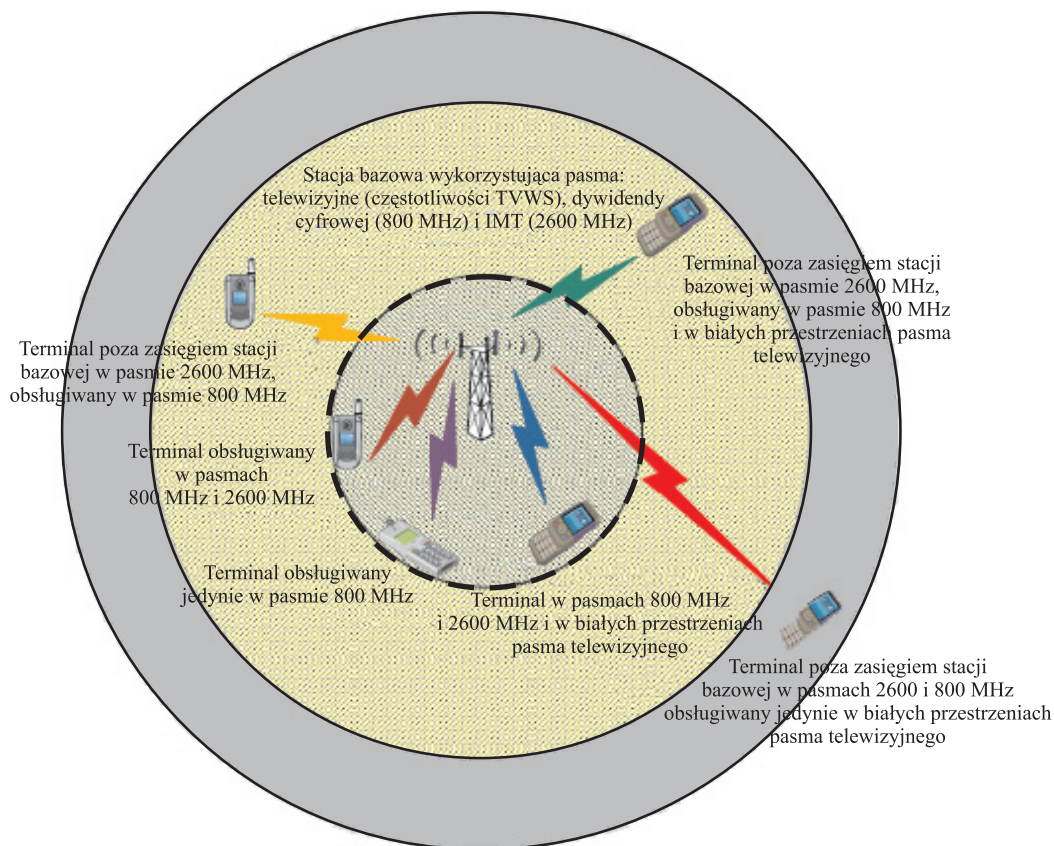


Rys. 5. Sposoby agregacji kanałów częstotliwościowych: (a) w sąsiadujących, (b) w odseparowanych podzakresach wybranego zakresu częstotliwości, (c) z różnych zakresów częstotliwości

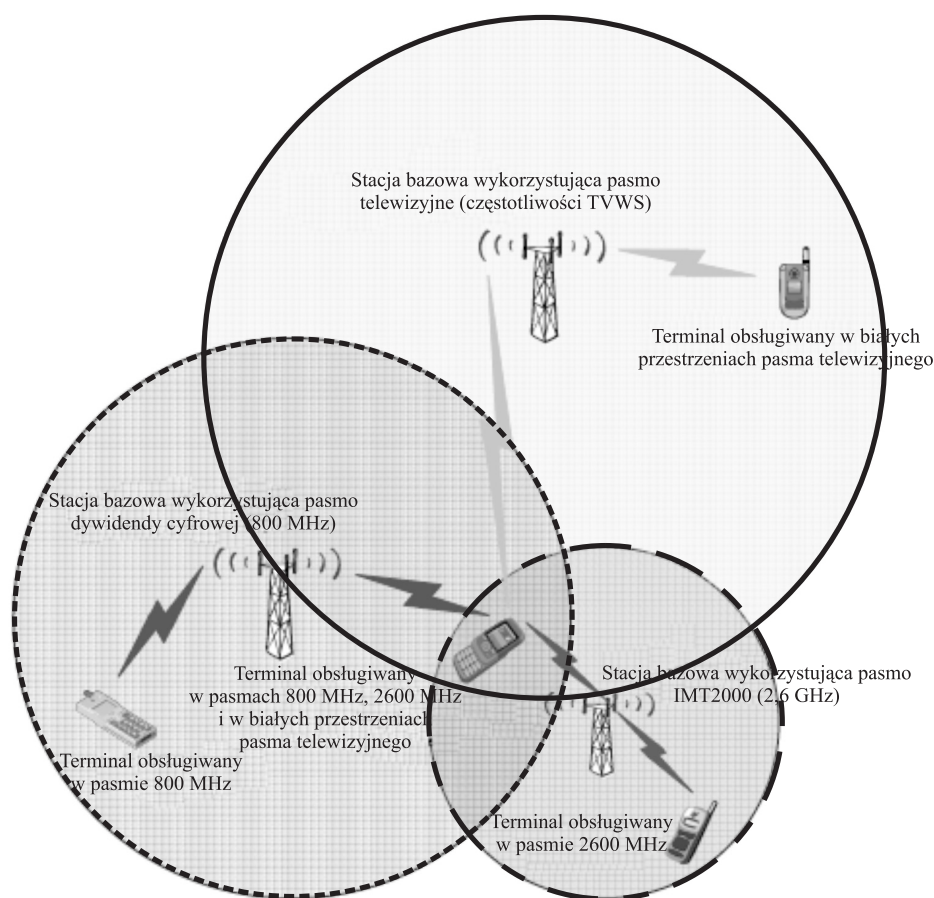


Rys. 6. Agregacja kanałów z kilku zakresów częstotliwości

Niezależnie od wykorzystywanych zakresów częstotliwości agregacja częstotliwości może nastąpić wewnątrz obszaru obsługi danej stacji (nadawczej, bazowej, itp.) lub na przecięciu różnych obszarów obsługi. Przypadki takie, oparte tutaj na przykładzie stacji operujących w pasmach TV, dywidendy cyfrowej oraz 2,6 GHz (IMT2000), przedstawione są na rys. 7 i 8.



Rys. 7. Agregacja częstotliwości wewnątrz jednego obszaru obsługi



Rys. 8. Agregacja częstotliwości na przecięciu trzech obszarów obsługi

Jak wynika z powyższych przykładów, zarówno stacje bazowe, jak i terminale użytkownika radia kognitywnego mogą eksploatować częstotliwości z obu rozpatrywanych zakresów w zależności od tego, w którym obszarze obsługi będą zlokalizowane. Z punktu widzenia konstrukcji sprzętu radiowego istotne jest jednak, jakie zakresy częstotliwości mogą być wykorzystane do potrzeb radia kognitywnego. W przypadku, gdy zaistnieje duża różnica między częstotliwościami środkowymi skrajnych zakresów, które mogą być przyporządkowane potrzebom radia kognitywnego, budowa terminali lub stacji bazowych przy obecnym stanie techniki może się okazać trudna a w granicznym przypadku niemożliwa. Z kolei, gdy różnica ta będzie zbyt mała, mogą się pojawić problemy z zapewnieniem niezbędnej kompatybilności wewnątrzsystemowej.

Wybór zakresów częstotliwości dostępnych w Europie dla potrzeb radia kognitywnego

Zakresy częstotliwości, które mogą być wykorzystane przez radio kognitywne zostały przedstawione na podstawie jednego dokumentu, zawierającego informacje o zalecanym przeznaczeniu i głównym zastosowaniu częstotliwości w Europie – europejskiej tablicy przeznaczeń częstotliwości ECA

(*European Common Allocation*) [7]. Podczas analiz dostępności poszczególnych zakresów dla potrzeb radia kognitywnego nie brano pod uwagę polskiej *Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości* [8], której zapisy odbiegają nieco od tablicy europejskiej. Polska tablica będzie w przyszłości musiała być dostosowana do europejskiej, stąd za podstawę przyjęta została ta druga. Przegląd zakresów częstotliwości powinien być w zasadzie dokonany w takich granicach częstotliwości, wewnątrz których można efektywnie ulokować systemy radia kognitywnego. Arbitralnie można tu wybrać, zgodnie ze stanem obecnej wiedzy, zakres 26,96 MHz – 6000 MHz. Jednak dolna granica tego zakresu, stanowiąca praktycznie kres dolny wykorzystywania cywilnych systemów radiokomunikacji ruchomej lądowej (CB radio) powinna być ze względów praktycznych przesunięta do ok. 80 – 90 MHz. I chociaż poniżej 80 MHz można by, w niektórych podzakresach, rozwijać radio kognitywne, to ze względu na warunki propagacji fal radiowych panujące na tych częstotliwościach istnieje możliwość rozchodzenia się sygnałów zakłócających na dalekie odległości (propagacja duktowa, sporadyczna propagacja jonosferyczna), co istotnie ogranicza, a nawet uniemożliwia implementację radia kognitywnego. Częstotliwość 6000 MHz, stanowiąca górną granicę rozpatrywanego zakresu, wybrana została natomiast ze względu na coraz to mocniej rosnące z częstotliwością tłumienie propagacyjne. Ze względu na ten wzrost tłumienia, a w konsekwencji silnie malejące zasięgi stacji radiowych, fale radiowe krótsze od 5 cm nie są powszechnie, jak dotychczas, wykorzystywane do potrzeb RRL. Należy jednak zaznaczyć, że zgodnie z ECA służba ruchoma lądowa może teoretycznie wykorzystywać częstotliwości nawet w zakresie 265–275 GHz, a praktyczne wykorzystanie radiokomunikacji ruchomej lądowej dla systemów szerokopasmowych przewidywane jest już obecnie nawet w zakresie 65–66 GHz.

Teoretycznie, radio kognitywne może być zaimplementowane w każdym zakresie częstotliwości. Nie istnieje bowiem taki zakres, w którym dotychczasowa efektywność wykorzystania widma byłaby równa jedności. Jednak pewne zakresy powinny być z założenia wyłączone z możliwości użytkowania przez radio kognitywne nawet wtedy, gdy charakteryzują się małą i bardzo małą efektywnością widmową. Są to zakresy przeznaczone dla ważnych służb ratunkowych, alarmowania i powiadamiania, gdzie z uwagi na specyfikę służby i potrzeby trudno mówić o celowości pełnego wykorzystania przydzielonych odcinków widma. Istnieją również inne służby (np. radionawigacyjne, radiolokalizacyjne czy radioastronomiczne), których działanie nie powinno być w najmniejszym stopniu zakłócone. Ogranicza to liczbę zakresów częstotliwości, które można rozpatrzeć pod kątem implementacji radia kognitywnego.

Tak więc dla potrzeb radia kognitywnego w różnych konfiguracjach, na różnych warunkach implementacji, można przeznaczyć w zasadzie te zakresy częstotliwości, które są przeznaczone dla systemów naziemnych – telewizji, radiofonii, radiolokalizacji, radionawigacji, lotniczych (ziemia–powietrze) oraz zakresy zwolnione przez telewizję analogową (tzw. pierwsza i druga dywidenda cyfrowa). Radio kognitywne, na zasadzie agregacji częstotliwości może wykorzystywać ponadto wszelkie zakresy przeznaczone dla radiokomunikacji ruchomej lądowej, jednak problemem może być tutaj znalezienie luk w widmie, gdyż w tych zakresach, przy dobrym projektowaniu, można zapewnić dość wysoką efektywność widmową. Możliwe, choć trudne ze względu na duże prawdopodobieństwo istnienia potencjalnych zakłóceń, jest wykorzystywanie zakresów częstotliwości przeznaczonych dla użytkowników nielicencjonowanych (pasma obywatelskie czy pasma ISM – *industrial, scientific, medical*). Wątpliwe wydaje się natomiast szerokie użycie do celów radia kognitywnego zakresów częstotliwości przeznaczonych dla służb stałych (np. dla systemów dostępowych, przeznaczonych dla transmisji internetowych), głównie z uwagi na konieczność unikania zakłóceń pochodzących od systemów linii radiowych, które jest trudno a czasem niemożliwie wyeliminować. W systemach linii radiowych sygnały zakłócające rozchodzą się w pewnych kierunkach

na stosunkowo duże odległości, co powodowane jest stosowaniem anten o dużych zyskach energetycznych. Jednakże nawet wtedy można rozważać wprowadzenie technik kognitywnego dostępu do widma w ograniczonym zakresie. Wówczas, podobnie jak w zakresach przeznaczonych dla radiolokalizacji, radio kognitywne mogłoby być ewentualnie stosowane w pomieszczeniach zamkniętych. Jak wspomniano powyżej, radio kognitywne nie może być użytkowane w zakresach częstotliwości przeznaczonych dla służb ratunkowych. Z tego samego powodu nie powinno się implementować tego radia także w zakresach przeznaczonych dla radionawigacji satelitarnej (GPS, Galileo, Glonass).

Istnieje duża zależność wyboru zakresu częstotliwości, w którym planuje się użycie radia kognitywnego (na korzystnych zasadach – *opportunistic use*, jako systemu wtórnego) od tego, jak ma być pozyskana wiedza o stanie środowiska elektromagnetycznego w otaczającej to radio rzeczywistości. Innymi słowami, preferencja zakresu częstotliwości, w którym ma być użytkowane radio kognitywne (system wtórny) zależy także od tego, w jaki sposób zamierza się wykrywać i wykorzystywać istniejące luki zajętości wielowymiarowej przestrzeni widma radiowego (zawierającej m.in. współrzędne geograficzne, częstotliwość pracy, szerokość kanału, dopuszczalną moc promieniowaną – maskę widmową, charakterystyki promieniowania anten, wzniesienia anten, azymuty głównego promieniowania, czas pracy, itp.).

Podstawowe techniki służące radiu kognitywnemu do prowadzenia analiz stanu środowiska celem wykrywania luk w zajętości przestrzeni radiowej systemów pierwotnych można podzielić na dwie grupy: aktywne i pasywne. W ramach technik aktywnych radio kognitywne samo podejmuje decyzje o rozpoznawaniu stanu zajętości przestrzeni widma radiowego (wyszukiwaniu i określeniu rozmiarów luk) natomiast w przypadku technik pasywnych radio kognitywne zadowala się informacją o lukach w zajętości widma pozyskaną z innych źródeł informacji. Do technik analizujących stan środowiska zaliczyć można:

- sensing, czyli rozpoznanie zajętości przez bezpośrednią analizę stanu widma częstotliwości radiowych prowadzoną przez stacje radia kognitywnego,
- użycie sygnałów radiolatarni oznajmiających zajętość lub możliwość wykorzystania określonego kanału radiowego. Możliwe jest tu użycie kognitywnych kanałów pilotowych (służących do identyfikacji w danym rejonie użytych technik radiowych i skojarzonych z nimi częstotliwości), lub kognitywnych kanałów sterujących, umożliwiających wymianę informacji między sensorami zajętości widma a poszczególnymi stacjami radia kognitywnego (informacja ta może dotyczyć różnych spraw, jak np.: zasad dostępu do różnych pasm, sposobów uzyskiwania praw do korzystania z widma, czy lokalnej dostępności określonych pasm częstotliwości),
- wykorzystanie w trybie rzeczywistym informacji zawartych w bazach danych o środowisku systemów pierwotnych (położenie geograficzne, parametry elektryczne, parametry sieciowe, sposób wykorzystania środków radiowych, cechy transmisyjne, preferencje użytkowników itp.),
- użycie metod geolokacyjnych (w tym również baz danych) do określenia położenia nadajników, odbiorników, stacji bazowych czy terminali systemów pierwotnych oraz do określenia częstotliwości, które mogą być użyte w danym położeniu geograficznym.

Każda z technik możliwych do wykorzystania ma swoje specyficzne wady i zalety. Techniki bierne korzystają z zasobów informacji zgromadzonych wcześniej. Dane o środowisku elektromagnetycznym oraz sposobie jego wykorzystania uzyskiwane są przy tym bądź przez uprzednie dokonanie stosownych badań empirycznych, bądź przez symulację stanu tego środowiska przeprowadzoną na

podstawie informacji o rozmieszczeniu stacji radiowych systemu pierwotnego na podstawie numerycznego modelu terenu. Dużą zaletą korzystania z tego rodzaju technik jest możliwość natychmiastowego odwzorowania stanu środowiska EM przez tworzenie stosownych map zasięgów radiowych, map zajętości częstotliwości, uwzględnienie rozkładu temporalnego średniego ruchu radiowego, czy wspomnianych wyżej dostępności (praw do korzystania z widma) do poszczególnych pasm częstotliwości. Wadą tego typu rozwiązania jest to, że w momencie korzystania z uprzednio zgromadzonych danych informacje dotyczące stanu środowiska mogą być już częściowo nieaktualne, a w przypadku czerpania danych pochodzących z symulacji (np. zasięgów użytkowych czy zakłóceń stacji systemu pierwotnego lub rozmiarów jego ewentualnych stref ochronnych) informacje mogą być obciążone błędami wynikającymi z niedostatecznie precyzyjnie odwzorowanej rzeczywistości.

W przypadku technik czynnych, które polegają na bieżącym monitorowaniu stanu środowiska, kłopot pojawia się przy konieczności szybkiego i odpowiedniego przetworzenia wyników celem natychmiastowego ich wykorzystania w organizacji systemów wtórnych (radia kognitywnego). Ponadto mogą zaistnieć problemy związane z tym, że systemy monitorujące (sensingowe) mogą nie wykryć nadajników o zbyt małej mocy, mogą nie uwzględnić poziomu lokalnych zakłóceń „przykrywających” sygnały o niskim poziomie mocy pochodzących od systemów pierwotnych, czy pomijać wpływ nierównomierności ukształtowania powierzchni ziemi „maskujących” sygnały systemów pierwotnych odbieranych za wzniesieniami, w kotlinach, na stokach gór itp. [9].

Przegląd zakresów częstotliwości w granicach 29,7–6000 MHz pod kątem możliwości implementacji radia kognitywnego przedstawiony jest w tablicy. Każdemu z zakresów częstotliwości wyodrębnionych (na ogół według podziału obowiązującego w Europejskiej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości, ECA [7]) w pasmach VHF i UHF przyporządkowane są zgodnie z przeznaczeniami konkretne służby radiowe (nazewnictwo wg Regulaminu Radiokomunikacyjnego). Służby najistotniejsze, tzw. pierwszej ważności, są wymienione z nazwy, jednak w przypadku gdy w jednym zakresie jest wiele przeznaczeń, zostały określone ogólnym mianem „różne”. Konkluzją rozważań o możliwości implementacji radia kognitywnego są informacje dotyczące możliwości wykorzystania w Polsce różnych zakresów dla potrzeb radia kognitywnego w Europie. Informacje te zawierają równocześnie sugestie odnośnie do możliwości rozwinięcia systemów radia kognitywnego w wybranych obszarach, terenach, czy miejscach (np. teren otwarty, lub pomieszczenia wewnątrz budynków). Propozycje wykorzystania poszczególnych zakresów częstotliwości dla potrzeb radia kognitywnego zostały przedstawione z pewną dozą subiektywności i opierają się na dostępnej wiedzy. Podczas analizy możliwości wykorzystania radia kognitywnego w poszczególnych zakresach częstotliwości uwzględniono również możliwość dokonywania agregacji częstotliwości i na ogół nie sugerowano się istniejącymi planami zagospodarowania częstotliwości w Polsce, wydanymi przez Urząd Komunikacji Elektronicznej, ponieważ plany te mogą i powinny ulec zmianie w miarę rozwoju techniki.

Należy jednak raz jeszcze podkreślić, że wprowadzenie radia kognitywnego jako systemu wtórnego w przestrzeń elektromagnetyczną zajęta przez inne systemy radiowe (pierwotne) wymaga dokonania szczegółowych badań kompatybilnościowych, umożliwiających określenie szczegółowych warunków implementacji tego radia. Do warunków takich zaliczyć należy w pierwszym rzędzie dopuszczalne moce nadajników, maksymalne czułości odbiorników, czy minimalne separacje odległościowe i częstotliwościowe między nadajnikami systemów wtórnych a odbiornikami systemów pierwotnych. Przykładowe kryteria implementacji możliwych systemów radia kognitywnego w zakresie 470–790 MHz (zajmowanym dotychczas przez systemy radiodifuzyjne i przeznaczonym na ich potrzeby) zostały przedstawione w sprawozdaniu CEPT [10].

Tabl. Możliwości implementacji radia kognitywnego w Europie w różnych zakresach częstotliwości

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
29,7 – 87,5 MHz Różne	Różne	Różne	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego ze względu na możliwe zakłócenia	
87,5 – 108 MHz Radiodyfuzja	Radiodyfuzja	Radiofonia FM, bezprzewodowe aplikacje foniczne	Bez ograniczeń	Baza danych
108 – 117,975 MHz Radionawigacja lotnicza Ruchoma lotnicza	Radionawigacja lotnicza Ruchoma lotnicza	Lokalizatory ILS, VOR, komunikacja lotnicza	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
117,975 – 121,45 MHz Ruchome lotnicza (R)	Ruchoma lotnicza	Komunikacja lotnicza	W zamkniętych pomieszczeniach	Baza danych
121,45–121,55 MHz Ruchoma lotnicza (R)	Ruchoma lotnicza	EPIRB (radiolatarnie)	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego (systemy bezpieczeństwa, ratunkowe i alarmowe)	
121,55 – 137 MHz Ruchoma lotnicza (R)	Ruchoma lotnicza	Komunikacja lotnicza	W zamkniętych pomieszczeniach (z wyłączeniem 123,1 MHz)	Baza danych
137 – 138 MHz Różne	Różne	Różne	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego z uwagi na systemy satelitarne	
138 – 144 MHz Różne	Różne	Różne	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego z uwagi na wojskowe systemy	

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
144 – 146 MHz Amatorska	Amatorska		Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
146 – 156,4875 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej	PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Sensing, geolokacja
156,4875 – 157,45 MHz Różne	Różne	Radiokomunikacja morska, służby ratunkowe i bezpieczeństwa	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego z uwagi na służby ratunkowe	
157,45 – 160,6 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej	PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Sensing, geolokacja
160,6 – 160,975 MHz Różne	Różne	Radiokomunikacja morska, służby ratunkowe i bezpieczeństwa	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego z uwagi na służby ratunkowe	
160,975 – 161,475 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej	PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Sensing, geolokacja
161,475 – 162,05 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Radiokomunikacja morska, stacje brzegowe	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
162,05 – 174 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej	PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Sensing, geolokacja
174 – 230 MHz Radiodyfuzja	Radiodyfuzja	TV, T-DAB	Bez ograniczeń	Baza danych

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
230 – 399,9 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, ILS, EPIRB, służby ratownicze (PPDR), PMR/PAMR	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
399,9 – 470 MHz Różne	Różne	PPDR, meteorologiczne satelity i sondy, EPIRB, aplikacje radiowe dla osób niepełno-sprawnych, PMR/PAMR	Generalnie brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego, możliwe wyjątki w podzakresach zajętych przez PMR/PAMR	Sensing, geolokacja, radiolatarnie
470 – 790 MHz Radiodyfuzja	Radiodyfuzja	TV, radiomikrofony	Bez ograniczeń	Baza danych
790 – 862 MHz Różne	Radiodyfuzja, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	TV, LTE, IMT, radiomikrofony, systemy wojskowe	Bez ograniczeń	Baza danych, sensing, radiolatarnie
862 – 870 MHz Różne	Ruchome	IMT, systemy wojskowe, urządzenia krótkozasięgowe SRD, RFID, radiomikrofony	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
870 – 876 MHz Różne	Ruchome	IMT, systemy wojskowe, PMR/PAMR	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, sensing, radiolatarnie
876 – 915 MHz Różne	Ruchome	IMT, GSM, systemy wojskowe, PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Baza danych, sensing, radiolatarnie
915 – 921 MHz Różne	Ruchome	Systemy wojskowe, PMR/PAMR	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, sensing
921 – 960 MHz Różne	Ruchome	IMT, GSM, systemy wojskowe, PMR/PAMR	Bez ograniczeń	Baza danych, sensing, radiolatarnie
960 – 1164 MHz Radionawigacja lotnicza, ruchoma lotnicza (R)	Radionawigacja lotnicza, ruchoma lotnicza (R)	Systemy nawigacyjne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, sensing

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
1164 – 1215 MHz Radionawigacja lotnicza, ruchoma lotnicza (R)	Radionawigacja lotnicza, ruchoma lotnicza (R)	Galileo, GLONASS, systemy nawigacyjne	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1215 – 1350 MHz Różne	Różne	Galileo, GLONASS, GPS, systemy nawigacyjne i radiolokacyjne, systemy wojskowe	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1350 – 1400 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, linie radiowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych
1400 – 1427 MHz Różne	Różne	Pasywne sensory satelitarne do badań Ziemi	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1427 – 1452 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, linie radiowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1452 – 1492 MHz Różne	Różne	S-DAB, T-DAB	Bez ograniczeń	Baza danych
1492 – 1518 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej	Systemy wojskowe, linie radiowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1518 – 1530 MHz Różne	Różne	Terminale satelitarne, linie radiowe, systemy wojskowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1530 – 1545 MHz Różne	Różne	Terminale satelitarne, systemy powiadamiania o niebezpieczeństwie GMDSS	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1545 – 1559 MHz Ruchoma satelitarna (kosmos-Ziemia)	Ruchoma satelitarna (kosmos-Ziemia)	Terminale satelitarne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1559 – 1610,6 MHz Radionawigacja lotnicza i satelitarna, ruchoma satelitarna (Ziemia- kosmos, kosmos – kosmos))	Radionawigacja lotnicza i satelitarna, ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Terminale satelitarne, Galileo, GLONASS, GPS	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego ze względu na systemy radionawigacyjne	

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
1610,6 – 1626,5 MHz Radionawigacja lotnicza, ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Radionawigacja lotnicza, ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Terminale satelitarne, segment satelitarny IMT	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1626,5 – 1646,5 MHz Ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Terminale satelitarne, GMDSS	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1646,5 – 1660,5 MHz Ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	Ruchoma satelitarna (Ziemia-kosmos)	IMT, terminale satelitarne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
1660,5 – 1668 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, radioastronomia	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	
1668 – 1675 MHz Różne	Różne	IMT, terminale satelitarne, radio-meteorologia	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
1675 – 1710 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, radiometeorologia	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
1710 – 1785 MHz Różne	Różne	GSM 1800, IMT	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
1785 – 1800 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	Terminale ruchome, radiomikrofony	Brak możliwości	
1800 – 1805 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	Pasmo nieprzydzielone do zastosowań	Obecnie bez ograniczeń	Dowolnie dostępna
1805 – 1880 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	GSM 1800, IMT	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
1880 – 1900 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	DECT	Brak możliwości	
1900 – 1920 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	IMT (TDD)	Brak możliwości	
1920 – 1980 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	IMT (FDD)	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
1980 – 2010 MHz Stała, ruchoma, ruchoma satelitarna	Stała, ruchoma, ruchoma satelitarna	IMT, terminale satelitarne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
2010 – 2025 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	IMT (TDD)	Brak możliwości	
2025 – 2110 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, radiowe linie stałe, systemy badania Ziemi	Brak możliwości	
2110 – 2170 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	IMT (FDD)	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
2170 – 2200 MHz Stała, ruchoma, ruchoma satelitarna	Stała, ruchoma, ruchoma satelitarna	IMT, terminale satelitarne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie
2200 – 2290 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, stałe linie radiowe, radio-astronomia, kosmiczne badania Ziemi	Brak możliwości	
2290 – 2400 MHz Różne	Różne	Aplikacje ruchome, telemetria lotnicza, radioamatorzy, radiolokalizacja	Brak możliwości	
2290 – 2400 MHz Różne	Różne	Aplikacje ruchome, telemetria lotnicza, radioamatorzy, radiolokalizacja	Brak możliwości	

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
2400 – 2483,5 MHz Różne	Różne	Systemy przemysłowe, naukowe i medyczne ISM, RFID, systemy krótkozasięgowe, zastosowania kolejowe, zastosowania radionawigacyjne	Teoretyczne możliwe, jednak zakres jest bardzo intensywnie użytkowany, w praktyce – brak możliwości	
2483,5 – 2500 MHz Różne	Różne	ISM, terminale satelitarne, zastosowania ruchome,	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
2500 – 2570 MHz Różne	Różne	IMT (FDD)	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
2570 – 2620 MHz Różne	Różne	IMT (TDD)	Brak możliwości	
2620 – 2690 MHz Różne	Różne	IMT (FDD)	Bez ograniczeń	Baza danych, radiolatarnie, sensing
2690 – 2700 MHz Różne	Różne	Pasywne sensory satelitarne	Brak możliwości	
2700 – 2900 MHz Lotnicza radionawigacja, radiolokalizacja	Lotnicza radionawigacja, radiolokalizacja	Radary meteorologiczne, systemy radionawigacyjne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja
2900 – 3100 MHz Radionawigacja, radiolokalizacja	Radionawigacja, radiolokalizacja	Systemy wojskowe, systemy radarowe i radionawigacyjne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja
3100 – 3400 MHz Radiolokalizacja	Radiolokalizacja	Systemy wojskowe, systemy radarowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja
3400 – 3800 MHz Stała, stała satelitarna (kosmos-Ziemia)	Stała, stała satelitarna (kosmos-Ziemia), ruchoma	Systemy dostępne, IMT	W zależności od przyjętego trybu dostępu, przy FDD – bez ograniczeń, przy TDD – brak możliwości	Baza danych, radiolatarnie, sensing
3800 – 4200 MHz Stała, stała satelitarna (kosmos-Ziemia)	Stała, stała satelitarna (kosmos-Ziemia),	Linie radiowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
4200 – 4400 MHz Lotnicza radionawigacja	Lotnicza radionawigacja	Radiowysokościomierze	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja
4400 – 4500 MHz Stała, ruchoma	Stała, ruchoma	Systemy wojskowe, śledzenie lokalizacji służbach ratunkowych	Brak możliwości ze względu na służby ratunkowe	
4500 – 4800 MHz Stała, stała satelitarna (kosmos – Ziemia), ruchoma	Stała, stała satelitarna (kosmos – Ziemia), ruchoma	Systemy wojskowe, radiolokacja, śledzenie lokalizacji w służbach ratunkowych	Brak możliwości ze względu na służby ratunkowe	
4800 – 4990 MHz Stała, ruchoma, radioastronomia	Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej, radioastronomia	Systemy wojskowe, radiolokacja, radiowa interferometria wielkobazowa	Brak możliwości z uwagi na noma-dyczne wojskowe linie radiowe	
4990 – 5000 MHz Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej, radioastronomia	Stała, ruchoma z wyjątkiem lotniczej, radioastronomia	Systemy wojskowe, radiolokacja, radiowa interferometria wielkobazowa	Brak możliwości z uwagi na noma-dyczne wojskowe linie radiowe	
5000 – 5030 MHz Lotnicza radionawigacja, radionawigacja satelitarna (Ziemia – kosmos)	Lotnicza radionawigacja, radionawigacja satelitarna (Ziemia – kosmos)	System Galileo, nawigacja lotnicza	Brak możliwości ze względu na systemy radionawigacyjne	
5030 – 5091 MHz Lotnicza radionawigacja	Lotnicza radionawigacja	Mikrofalowe systemy lądowania	Brak możliwości ze względu na systemy radionawigacyjne	
5091 – 5150 MHz Lotnicza radionawigacja, ruchoma lotnicza	Lotnicza radionawigacja	Mikrofalowe systemy lądowania	Brak możliwości ze względu na systemy radionawigacyjne	
5150 – 5350 MHz Różne	Różne	Telemetria lotnicza, aktywne sensory satelitarne, systemy wojskowe, radiolokacja, systemy dostępowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja

Główne przeznaczenie, służby radiowe wg Regulaminu Radio-komunikacyjnego	Główne przeznaczenie, służby radiowe wg ECA	Główne wykorzystanie zakresu w Europie	Uwagi odnośnie do możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	Polecana metoda analizy stanu środowiska EM
5350 – 5470 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, radiolokacja, radionawigacja lotnicza	Brak możliwości z uwagi na wojskowe systemy radionawigacyjne	
5470 – 5650 MHz Różne	Różne	Systemy wojskowe, radiolokacja, radionawigacja morską, systemy dostępne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja
5650 – 5725 MHz Ruchoma z wyjątkiem lotniczej, radiolokalizacja	Ruchoma z wyjątkiem lotniczej, radiolokalizacja	Systemy wojskowe, radiolokacja, noma-dyczne linie radiowe, systemy dostępne	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja, sensing
5725 – 5875 MHz Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos), ruchoma	Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos), ruchoma	Systemy dostępne, ISM	Bez ograniczeń	Sensing, radiolatarnie, baza danych
5875 – 5925 MHz Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos), ruchoma	Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos), ruchoma	Systemy dostępne, linie radio-we, inteligentny transport	Bez ograniczeń	Sensing, radiolatarnie, baza danych
5925 – 6000 MHz Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos), ruchoma	Stała, stała satelitarna (Ziemia – kosmos)	Linie radiowe	Wewnątrz pomieszczeń	Baza danych, radiolatarnie, geolokalizacja, sensing
Powyżej 6000 MHz Różne	Różne	Różne	Brak możliwości wprowadzenia radia kognitywnego	

Sugerowany w tablicy rodzaj polecanej metody analizy środowiska EM, która skutkuje podjęciem decyzji o możliwości zastosowania radia kognitywnego, wynika głównie ze sposobu użytkowania systemów pierwotnych w danym zakresie częstotliwości. Najłatwiej jest pozyskać informacje o stanie środowiska zawarte w rozlicznych bazach danych oraz np. wykorzystać te informacje przy użyciu radiolatarni transmitującej stosowne dane do użytkownika radia kognitywnego. Najczęściej możliwe jest to w przypadku prób wykorzystania luk w przestrzeni widmowej zajmowanej przez systemy o dość rzadko rozmieszczonych stacjach nadawczych, o strukturze łatwej do opisanego i „zamknięcia” jej w bazie danych. Taką typową strukturą jest sieć telewizyjnych stacji nadawczych, czy stacji radiolokacyjnych. Natomiast w przypadkach, gdy system pierwotny w danym zakresie częstotliwości składa się z dużej liczby stacji radiowych (szczególnie nadawczo-odbiorczych) i możliwe jest jego nierównomierne zagęszczenie – jak w przypadku radiokomunikacji ruchomej

ładowej, podjęcie stosownego działania w radiu kognitywnym skutecznie wspierać będzie sensing. Kierując się wymienionymi wyżej przesłankami, przedstawiony w tablicy wybór polecanej metody analizy środowiska, dokonany został arbitralnie.

Podsumowanie

Przedstawione sugestie odnośnie do wykorzystania poszczególnych zakresów dla potrzeb radia kognitywnego odnoszą się do sytuacji częstotliwościowej i do wykorzystania zasobów widma elektromagnetycznego w chwili obecnej. Jak wynika z przeprowadzonej analizy potencjalnej dostępności widma radiowego dla potrzeb implementacji radia kognitywnego, w zakresie 29,7 – 6000 MHz możliwe jest wykorzystanie do tych potrzeb ok. 1644,1 MHz zasobów widmowych. W ograniczonym zakresie, tylko wewnątrz pomieszczeń, można użyć ok. 2323,9 MHz widma. Natomiast z różnych względów należy wykluczyć z możliwej eksploatacji radia kognitywnego pozostałą część widma, o łącznej szerokości ok. 2002,4 MHz. Jeżeli jednak w zakresie 3400 – 3800 MHz w Polsce użyty będzie jedynie tryb dostępu TDD – na co się nie zanosi – wówczas dla radia kognitywnego dostępnych będzie o 400 MHz widma mniej. Z oczywistych przyczyn, ze względu na konieczność stosowania pasm ochronnych oraz określoną aranżację (strukturę kanałową) wykorzystania widma, nie będzie możliwe użytkowanie przedstawionych powyżej dostępnych zasobów widmowych w pełnym wymiarze. Można przyjąć, że ok. 1/3 widma z zakresu 29,7 – 6 000 MHz może być udostępniona bez większych przeszkód dla potrzeb radia kognitywnego.

Przedstawione możliwości wprowadzenia radia kognitywnego w różnych zakresach częstotliwości mogą ulec zmianie w przypadku zamieszczenia w tablicy ECA innych propozycji europejskich dotyczących sposobu zagospodarowania tych zakresów. Należy się też liczyć z koniecznością prowadzenia koordynacji transgranicznej w przypadkach wdrożenia systemów radia kognitywnego w pobliżu granic państwowych, co może spowodować ograniczenie dostępnych zasobów widmowych.

W niniejszym artykule wykorzystano częściowo wyniki pracy statutowej prowadzonej w Instytucie Łączności w 2011 roku. [11].

Literatura

- [1] Akyildiz I.F. et al.: *A survey on spectrum management in cognitive radio networks*. IEEE Communications Magazine, April 2008, pp. 40–48
- [2] Kronander J. et al.: *QUASAR scenarios for white space assessments and exploitation*. URSI EMC conference, Wrocław, Poland, September 2010, pp. 512–516
- [3] Program Wieloletni: *Rozwój telekomunikacji i poczty w dobie społeczeństwa informacyjnego, Działania na rzecz oceny rzeczywistej zajętości widma elektromagnetycznego przez radiofonie UKF-FM na terenie Polski, SP IV.2, Pomiary natężenia pola fal radiowych w zakresie UKF-FM na wybranym obszarze Polski*. Instytut Łączności, 2008
- [4] Rahman M.I., Karlsson J.S.: *Feasibility evaluations for secondary LTE usage in 2.7-2.9 GHz radar bands*. 22 IEEE Personal Indoor Mobile Radio Communications, Toronto, Canada, September 2011, pp. 530–535
- [5] Seventh Framework Programme: *SACRA scenario study and system*. SACRA, doc. D1.1, 16 July 2010
- [6] *Reconfigurable radio systems (RRS); use cases for operation in white space frequency bands*. Technical Report, ETSI TR 102 907 v1.1.1 (2011-10)

- [7] CEPT ECC: *The European table of frequency allocations and utilisations in the frequency range 9 kHz to 3000 GHz (ECA Table)*. ERC Report 25, Amended Lisboa 02 - Dublin 03 - Kusadasi 04 - Copenhagen 04 - Nice 07 - Baku 08 - Kyiv 09 - Lille 11
- [8] *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 czerwca 2005 r. w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości*. Dz.U, nr 134, poz.1127, 2005 (z późn. zm.)
- [9] Marshall P.: *Quantitative analysis of cognitive radio and network performance*. Artech House, Boston, London, 2010
- [10] CEPT ECC: *Technical and operational requirements for the possible operation of cognitive radio systems in the 'White Spaces' of the frequency band 470-790 MHz*. ECC Report 159, Cardiff, January 2011
- [11] *Metody badawcze służące opracowaniu standardów i wdrożeniu systemów radia kognitywnego*. Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy, Wrocław, grudzień 2011

Maciej J. 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, Oddział we Wrocławiu (1990–1998, 2002–), dyrektor Departamentu Techniki Telekomunikacyjnej w ministerstwach Łączności, Gospodarki oraz Infrastruktury (2001–2002); przedstawiciel Polski na Światowych oraz Regionalnych Konferencjach Radiokomunikacyjnych (1992–2007); autor i współautor wielu publikacji, referatów ekspertyz i opracowań; obszary zainteresowania naukowego: systemy radiokomunikacji ruchomej lądowej, systemy radiodyfuzyjne, gospodarka częstotliwościami radiowymi, inżynieria widma radiowego, koordynacja transgraniczna oraz planowanie systemów radiokomunikacyjnych.

e-mail: mag@il.wroc.pl

Interoperacyjność inteligentnych systemów transportowych

*Marian Kowalewski, Bolesław Kowalczyk,
Bogdan Chojnacki, Henryk Parapura*

W artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia interoperacyjności inteligentnych systemów transportowych (IST). W większości dotyczą one określenia interoperacyjności, aspektów komunikacyjnych w obszarach funkcjonalnych – podsystemach IST oraz europejskich i krajowych ram interoperacyjności.

interoperacyjność, IST, inteligentne systemy transportowe

Wprowadzenie

Interoperacyjność jest pojęciem szerokim i różnie rozumianym, obejmującym swoim zasięgiem wiele dziedzin.

W ujęciu potocznym interoperacyjność jest rozumiana jako zdolność ludzi, systemów lub produktów do bezkolizyjnego i kompatybilnego współdziałania w świadczeniu usług użytkownikom. Interoperacyjność jest cechą produktów lub systemów, których funkcjonalności są realizowane bez zakłóceń. Interoperacyjność dotyczy zarówno systemów eksploatowanych, jak i systemów przewidywanych do wdrożenia, jeżeli wymagana jest współpraca z systemami eksploatowanymi.

Interoperacyjność oznacza także możliwość współdziałania różnych odrębnych organizacji na rzecz osiągnięcia uzgodnionych i korzystnych dla wszystkich stron celów, przy jednoczesnym dzieleniu się informacjami i wiedzą między tymi organizacjami przez wspierane przez nie procesy biznesowe, za pomocą wymiany danych za pośrednictwem odpowiednich systemów [1].

Zdolność systemów informacyjnych jednostek administracji publicznej do wspólnego działania na rzecz realizacji zadań publicznych, to też interoperacyjność [7].

Odnosząc określenie interoperacyjności do zasobu i produktu społeczeństwa informacyjnego, jakim jest informacja, a szczególnie do systemów umożliwiających jej przekazywanie, przetwarzanie i prezentację można posłużyć się, wprowadzoną w *Prawie Telekomunikacyjnym*, definicją interoperacyjności usług, jako zdolnością sieci telekomunikacyjnych do efektywnej współpracy w celu zapewnienia wzajemnego dostępu użytkowników do usług świadczonych w tych sieciach. Określenie to wydaje się jasno sprecyzowane. We współczesnych systemach i sieciach telekomunikacyjnych i teleinformatycznych integracja danych oraz bezkolizyjny przekaz informacji jest faktem, stanowią one istotę interoperacyjności tych systemów i sieci, umożliwiając bezkolizyjne świadczenie usług telekomunikacyjnych i teleinformatycznych, polegających nie tylko na przekazie informacji i danych, ale także na ich przetwarzaniu, przechowywaniu, prezentacji i udostępnianiu w sposób przyjazny dla użytkownika.

W systemach i sieciach telekomunikacyjnych interoperacyjność jest realizowana w trzech aspektach: w aspekcie semantycznym, technicznym i organizacyjnym. Aspekt semantyczny umożliwia tworzenie wspólnej warstwy porozumiewania się systemów, aspekt techniczny tworzy podstawy bezkolizyjnej wymiany informacji, natomiast aspekt organizacyjny stwarza warunki organizacyjno-prawne dla potrzeb zapewnienia interoperacyjności. Warto podkreślić, że systemy telekomunikacyjne są integralną częścią IST. To one umożliwiają tworzenie nowoczesnych rozwiązań i architektur IST oraz ich funkcjonowanie w społeczeństwie informacyjnym. Przykładem takiej architektury jest europejska architektura FRAME.

Interoperacyjność systemów telekomunikacyjnych i informatycznych stosowanych w obszarze IST, to zdolność do współdziałania różnych systemów telekomunikacyjnych i informatycznych funkcjonujących obecnie i przewidywanych do wdrożenia w obszarze IST. Współdziałanie to polega na bezkolizyjnym i bezpiecznym przetwarzaniu danych oraz przesyłaniu informacji i danych o określonej strukturze na potrzeby interesariuszy i użytkowników IST. Interoperacyjność tego typu systemów oznacza także zdolność różnych systemów komputerowych do komunikowania się między sobą i realizacji procesów wymiany informacji i danych w celu ich wykorzystania przez interesariuszy i użytkowników IST.

Aspekty komunikacyjne w obszarach funkcjonalnych – podsystemach IST

Syntetycznie ujmując w obszarze IST, z punktu widzenia funkcjonalności oraz podsystemów, można wyszczególnić:

- Zarządzanie danymi i komunikacją dla IST – dotyczy to głównie gromadzenia i przetwarzania danych w sieciach teleinformatycznych dla potrzeb określania warunków panujących na drogach.
- Współmodalność transportu pasażerskiego i serwisy informacyjne – dotyczy podróźnych i jest związana z ich informowaniem oraz z optymalnym wykorzystaniem różnego rodzaju transportu; wiąże się z budową różnego rodzaju centrów zarządzania ruchem i sieci teleinformatycznych.
- Współmodalność transportu towarowego i serwisy informacyjne – dotyczy przewożonych towarów i jest związana z monitorowaniem i informowaniem różnego rodzaju podmiotów (organizacji, instytucji, firm,) o stanie, przepustowości, bezpieczeństwie i optymalnym wykorzystaniu dróg oraz przewożonych towarach (zwłaszcza niebezpiecznych); monitorowanie i informowanie jest realizowane w specjalistycznych sieciach teleinformatycznych.
- Zarządzanie ruchem drogowym – dotyczy zarządzania ruchem drogowym w czasie rzeczywistym w wymiarze strategicznym i taktycznym; jest realizowane przez centra zarządzania ruchem i systemy teleinformatyczne dla kierowców i użytkowników transportu publicznego i towarowego oraz do zarządzania i sterowania ruchem drogowym, monitorowania ruchu i zdarzeń.
- Bezpieczeństwo, egzekwowanie przepisów i reakcje awaryjne – dotyczy redukowania wypadków, obrażeń i szkód w transporcie, egzekwowania przepisów, niesienia pomocy poszkodowanym i ratowania życia uczestnikom transportu; służy temu infrastruktura teleinformatyczna oraz świadczone usługi, na przykład *e-Call*.
- Zarządzanie transportem publicznym – dotyczy realizacji zadań w zakresie planowania i tworzenia harmonogramów usług komunikacyjnych, rozkładów jazdy, informowania podróźnych i kierowców w czasie rzeczywistym; obejmuje zarządzanie flotą pojazdów transportu publicznego, selektywną detekcję pojazdów, ich automatyczną lokalizację itp.
- Pobór opłat – dotyczy poboru opłat za wykorzystywaną infrastrukturę drogową i komunikacyjną w formie elektronicznej i tradycyjnej.

Jak zasygnalizowano, wskazane obszary funkcjonalne, a zarazem podsystemy IST mają zasoby teleinformatyczne umożliwiające przesyłanie, przetwarzanie, gromadzenie i prezentacje danych oraz informacji dla potrzeb IST. Zasoby te dotyczą systemów i sieci telekomunikacyjnych i teleinformatycznych publicznych oraz specjalnych dla IST. Bez istnienia tego typu systemów nie można realizować wskazanych funkcjonalności IST. Mówiąc wprost: bez tego typu zasobów nie ma systemów inteligentnych i trudno wyobrazić sobie interoperacyjność IST.

Europejskie i krajowe ramy interoperacyjności

Systemy telekomunikacyjne i teleinformatyczne są zasobem, środkiem i narzędziem do bezpiecznego zarządzania infrastrukturą komunikacyjną, monitorowania warunków i pojazdów, informowania realizatorów i użytkowników IST oraz realizacji innych funkcji IST. Jest oczywiste, że systemy te powinny być interoperacyjne. Waga tych problemów znajduje odzwierciedlenie w aktach prawnych oraz dokumentach normalizacyjnych w wymiarze międzynarodowym, krajowym i regionalnym. Wskazują one optymalne drogi rozwiązywania problemów interoperacyjności w obszarze IST, zmierzające do integracji systemów eksploatowanych, projektowania, budowy i wdrażania systemów kompatybilnych i likwidacji systemów wyspowych.

Troską Komisji Europejskiej są problemy interoperacyjności IST oraz systemów telekomunikacyjnych. W tej kwestii wydała ona szereg dokumentów, a na szczególną uwagę zasługują *Europejskie Ramy Interoperacyjności* (EIF) [1], w których podkreślono potrzebę maksymalizacji społecznego i gospodarczego potencjału technologii informacyjnych i komunikacyjnych, w celu zapewnienia interoperacyjności usług informacyjnych i komunikacyjnych w Europie. Chodzi o to, by stworzyć i wykorzystywać interoperacyjny i jednolity rynek europejski na potrzeby pracy, nauki, transportu, podróży itp. W ramach UE potrzeba skutecznej interoperacyjności jest centralną częścią agendy cyfrowej, jednej z inicjatyw przewodnich w ramach strategii *Europa 2020*.

W dokumencie tym nie narzuca się konkretnej technologii rozwijania problemów IST. Założono, że przyjęte otwarte standardy i rozwiązania powinny być wdrażane przez optymalne oprogramowanie.

W ramach europejskiej agendy cyfrowej, Komisja Europejska wprowadza *Europejską Strategię Interoperacyjności* (EIS) [2] oraz *Europejskie Ramy Interoperacyjności* (EIF) [1], a więc dwa kluczowe dokumenty, które promują współpracę między administracjami publicznymi państw Europy i problemy interoperacyjności. Zarówno EIS jak i EIF uznają, że interoperacyjność ma wymiar prawny, organizacyjny, semantyczny i techniczny. Wydane dokumenty stwarzają podstawy interoperacyjności w wymiarze organizacyjno-normalizacyjnym i torują drogę ich wdrożenia.

W Polsce, w obszarze organizacyjno-prawnym interoperacyjności systemów istotnego znaczenia nabiera *Rozporządzenie Rady Ministrów* [7], w którym określono rolę *Krajowych Ram Interoperacyjności*, minimalne wymagania dla rejestrów publicznych i wymiany informacji w postaci elektronicznej oraz minimalne wymagania dla systemów teleinformatycznych. Są to zagadnienia istotne głównie dla systemów teleinformatycznych, realizujących zadania publiczne w kraju w różnych obszarach funkcjonowania, w tym IST. Ważne jest, że zostały one ujęte i przedstawione w postaci dokumentu prawnego do realizacji, co stanowi dobrą podstawę do tworzenia interoperacyjnych systemów.

W *Krajowych Ramach Interoperacyjności* określono sposoby postępowania podmiotów, w zakresie doboru środków (dla potrzeb ustanawiania, budowy, wdrożenia, eksploatacji i rozwoju systemów), metod i standardów systemów teleinformatycznych oraz procedur organizacyjnych mających na celu głównie zapewnienie dostępności do usług elektronicznych, ich efektywności oraz optymalizacji kosztów. Podano również sposoby postępowania podmiotów dotyczące wyboru norm, standardów i reko-

mendacji w zakresie interoperacyjności, przy czym zakres ten dotyczy interoperacyjności organizacyjnej, semantycznej oraz technicznej z zapewnieniem neutralności technologicznej, co należy uznać za bardzo istotne.

Ogólnie, interoperacyjność systemów teleinformatycznych osiąga się przez:

- ujednoczenie – zastosowanie kompatybilnych norm, standardów i procedur, począwszy od etapu projektowania systemu;
- wymiennność – możliwość zamiany, np. produktu (podsystemu, usługi, procesu) w sposób nieodczuwalny dla odbiorcy/użytkownika systemu teleinformatycznego;
- zgodność – przydatność produktu do użytkowania, przy spełnieniu wymagań i braku niepożądanych oddziaływań.

Interoperacyjność na poziomie organizacyjnym zapewnia się przez informowanie o serwisach i usługach realizowanych przez przedmiotowe systemy, wskazanie miejsca publikowania informacji na ten temat, standaryzację i ujednoczanie procedur współpracy między zainteresowanymi podmiotami.

Interoperacyjność na poziomie semantycznym osiąga się głównie przez stosowanie struktur danych i znaczenia danych zawartych w tych strukturach, wskazanych w rozporządzeniu [7].

Natomiast interoperacyjność na poziomie technicznym zapewnia się przez stosowanie minimalnych wymagań dla systemów wskazanych w rozporządzeniu [7] oraz regulacji, a w przypadku ich braku polskich i międzynarodowych norm oraz standardów.

Problemy interoperacyjności na poziomie technicznym dotyczą w szczególności stosowanych aspektów systemowych i syntaktycznych. Aspekt systemowy dotyczy głównie różnorodności stosowanych urządzeń i systemów przez użytkowników sieci, różnorodności protokołów komunikacyjnych na różnych rodzajach i poziomach sieci oraz różnorodności stosowanych systemów operacyjnych. Natomiast aspekt syntaktyczny dotyczy formatów danych oraz języków reprezentacji, w których znaczną rolę odgrywa analiza syntaktyczna.

Wymagania dla systemów teleinformatycznych dotyczą problemów interoperacyjności nie tylko w skali kraju, ale także europejskiej i światowej [7]. Projektuje się je, wdraża i eksploatuje zgodnie z potrzebami użytkowników, przy zachowaniu wymaganej niezawodności, wydajności, mobilności i utrzymania przy zastosowaniu sprawdzonych i profesjonalnych standardów i metodyk. Nie bez znaczenia w zakresie interoperacyjności systemów są problemy dostępności świadczonych usług, ich jakości, w tym szczególnie bezpieczeństwa.

Omawiane rozporządzenie [7] zawiera szereg konkretnych norm i standardów dotyczących funkcjonalności systemów informatycznych. Jednocześnie zobowiązuje do dostosowania obecnie eksploatowanych systemów teleinformatycznych realizujących zadania publiczne do tych wskazanych norm i standardów w ciągu 3 lat.

Wnioski końcowe

Obecny stan interoperacyjności IST nie jest jednolity. Zagadnienia interoperacyjności różnych rodzajów i systemów transportowych są zauważalne i rozwiązywane na poziomie głównie międzynarodowym i krajowym, na poziomie regionalnym zaś zaangażowanie to jest znacznie mniejsze, wręcz niezauważalne. Ponadto w kraju brak konkretnych projektów dotyczących interoperacyjności IST oraz narzędzi do monitorowania, oceny i zarządzania tym problemem. To niekorzystne zjawisko powoduje powstawanie systemów wyspowych. Autorzy niniejszego artykułu uważają, że lekceważe-

nie problemów interoperacyjności na etapie projektowania, budowy i wdrożenia IST oraz odkładania na później ich integracji z systemami już eksploatowanymi jest działaniem błędnym, nieekonomicznym i nieoptymalnym.

Bibliografia

- [1] *Europejskie Ramy Interoperacyjności 2.0 – European Interoperability Framework for European Public Services Version 2.0 (EIF 2.0)*, 2009; www.msw.gov.pl/prtal/pl/256/7879/
- [2] *European Interoperability Strategy (EIS) Document for public consultation*, 2010; ec.europa.eu/idabc/en/document
- [3] *Interoperacyjność transeuropejskiego systemu kolei*. Warszawa, UTK, 2012
- [4] *Mapa kompatybilności i interoperacyjności systemów teleinformatycznych zaplanowanych do wdrożenia przez beneficjentów 7 Osi PO IG*. Warszawa, MSWiA, 2011
- [5] Piechociński J.: *Interoperacyjność europejskich systemów poboru opłat drogowych*. Warszawa, SGH, 2010
- [6] Rohaczyński R.: *Interoperacyjność standaryzacja*, Związek Powiatów Polskich; wingik.slask.eu/files/INFOOSR
- [7] *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 kwietnia 2012 r. w sprawie Krajowych Ram Interoperacyjności, minimalnych wymagań dla rejestrów publicznych i wymiany informacji w postaci elektronicznej oraz minimalnych wymagań dla systemów teleinformatycznych*. Dz U. z dnia 16 maja 2012 r., poz. 526
- [8] Walczak P.: *Interoperacyjność technologii Microsoft a wymogi prawne w obszarze informatyzacji sektora publicznego*. Microsoft
- [9] Wiewiórowski W.R.: *Wprowadzenie: Prawne ramy interoperacyjności w Polsce i Unii Europejskiej*. Warszawa, MSWiA, 2009

Marian Kowalewski



Prof. nzw. dr hab. inż. Marian Kowalewski – absolwent Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Łączności; nauczyciel akademicki; pracownik naukowy Instytutu Łączności (od 1997); autor wielu podręczników, skryptów akademickich i artykułów; zainteresowania naukowe: planowanie i projektowanie oraz efektywność systemów telekomunikacyjnych.

e-mail: M.Kowalewski@itl.waw.pl

Bolesław Kowalczyk



Dr inż. Bolesław Kowalczyk – absolwent Wojskowej Akademii Technicznej; pracownik Instytutu Łączności (od 1998), obecnie na stanowisku adiunkta; zainteresowania naukowe: sieci i usługi telekomunikacyjne dla służb publicznego bezpieczeństwa, ratownictwa i zarządzania kryzysowego, badanie jakości usług świadczonych przez publiczne sieci łączności elektronicznej.

e-mail: B.Kowalczyk@itl.waw.pl

Bogdan Chojnacki



Inż. Bogdan Chojnacki – absolwent Instytutu Telekomunikacji i Elektrotechniki Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy; pracownik Instytutu Łączności (od 1994), obecnie na stanowisku Kierownika Zakładu Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej; zainteresowania naukowe: badanie jakości usług świadczonych przez publiczne sieci łączności elektronicznej, systemy specjalne w tym system TETRA, inteligentne systemy transportowe, inteligentne urządzenia i systemy energetyki rozproszonej.

e-mail: B.Chojnacki@itl.waw.pl

Henryk Parapura



Inż. Henryk Parapura – absolwent Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Łączności; pracownik Instytutu Łączności (od 2008), obecnie na stanowisku głównego specjalisty; zainteresowania zawodowe: problematyka sieci i usług telekomunikacyjnych dla służb publicznego bezpieczeństwa, ratownictwa i zarządzania kryzysowego.

e-mail: H.Parapura@itl.waw.pl

Zużycie energii przez urządzenia abonenta sieci szerokopasmowej i jego konsekwencje

Krzysztof Borzycki

Artykuł prezentuje analizę zużycia energii elektrycznej przez własne urządzenia abonenta przyłączane do szerokopasmowej sieci dostępowej nowej generacji oraz jego konsekwencje dla systemu energetycznego i środowiska naturalnego. Dostęp do usług oferowanych przez sieć szerokopasmową motywuje abonenta do wyposażenia gospodarstwa domowego w nowe urządzenia elektroniczne jak komputery i odbiorniki telewizyjne HD oraz bardziej intensywnej eksploatacji już posiadanych, prowadząc do wzrostu zużycia energii elektrycznej. Problem ten jest zwykle pomijany w literaturze, gdzie dominują analizy ograniczone do zużycia energii w samej sieci telekomunikacyjnej, tworzące złudny niestety obraz „zielonej” technologii. Przedstawiono też analizę ekonomiczną skutków pokrycia kraju siecią szerokopasmową.

szerokopasmowe sieci dostępowe, NGA, zużycie energii, ochrona środowiska

Wprowadzenie

Budowa stałych szerokopasmowych sieci dostępowych nowej generacji (*new generation access* – NGA), zwłaszcza światłowodowych (*fiber to the home* – FTTH) jest często prezentowana jako inwestycja w „zieloną” przyszłość, w której komunikacja elektroniczna zastąpi produkcję i transport dóbr (czasopisma, filmy, książki, ...), dojazdy do pracy i podróże służbowe, umożliwi inteligentne sterowanie urządzeniami w gospodarstwie domowym (ogrzewanie, klimatyzacja, ...) itd., co doprowadzi do oszczędności energii, paliw i surowców oraz redukcji zanieczyszczenia środowiska i emisji gazów cieplarnianych.

Faktycznie, sektor teleinformatyczny (*information and communication technology* - ICT) to duży konsument energii, który w 2007 r. pochłaniał 8% energii elektrycznej wytwarzanej na świecie, z czego ok. 4% przypadało na sieci i centra danych zapewniające dostęp do internetu oraz odpowiadał za 2÷2,5% całkowitej emisji CO₂ [1,2]. Przewidywany jest wzrost tego udziału do 14% w 2020 r. [1]. Dane te uwzględniają tylko energię zużywaną podczas eksploatacji urządzeń, pomijają energię do ich produkcji, dostawy i instalacji oraz niezbędną do budowy sieci kablowych czy masztów stacji bazowych. Energia potrzebna na wytworzenie typowego komputera biurowego, szacowana w 2008 r. na 8,7 GJ, jest w przybliżeniu równa energii zużytej później przez cały okres jego użytkowania [2].

Dopiero efektywne zastosowanie rozwiązań informatycznych i telekomunikacyjnych w innych niż ICT sektorach, zwłaszcza w transporcie, logistyce i handlu daje 5÷10 krotnie większe oszczędności energii niż zużycie w ICT [3,4].

Masowe wprowadzanie dostępu szerokopasmowego o coraz większych przepływnościach (już osiągniętych 100 Mbit/s w sieciach FTTH i DOCSIS 3.0, a sporadycznie 1 Gbit/s) i plany UE zakładające dostępność usług ≥ 30 Mbit/s dla 100% i ≥ 100 Mbit/s dla 50% gospodarstw domowych w 2020 r. skłaniają do rozpatrzenia konsekwencji tych projektów dla energetyki i ochrony środowiska. W dostępnych opracowaniach [6,7] ogranicza się na ogół rozważania do poboru mocy w samych sieciach dostępowych i szkieletowych oraz rozwiązań technicznych do obsługi rosnącego ruchu bez wzrostu zużycia

energii w przeliczeniu na jednego użytkownika. W najbardziej perspektywicznej, ale energochłonnej technologii dostępu światłowodowego FTTH-PON oczekiwane jest utrzymanie do 2020 r. poboru mocy przez sieć w granicach 10÷15 W na użytkownika mimo podwyższania parametrów usługi [7].

Jednak, czy naprawdę NGA oferują coraz więcej bez wzrostu zużycia energii? Nie, pomija się bowiem:

- zakup przez abonentów, po uzyskaniu szybkiego dostępu do internetu, nowych urządzeń, jak: zestawy komputerowe, odbiorniki TV, zestawy kina domowego z dostępem do internetu, konsole do gier i głośniki lub ich wymianę na nowe modele o lepszych parametrach i zwykle bardziej energochłonne,
- wzrost intensywności użytkowania tych urządzeń w związku z rozszerzonym dostępem do atrakcyjnych treści z sieci: muzyki, informacji, gier czy filmów.

Wzrost zużycia energii przez urządzenia przyłączane do NGA, chociaż jest poza siecią telekomunikacyjną, to jest związany z jej istnieniem. Został zauważony już w znanym raporcie ITU-T z 2007 r. [8], jednak większość analiz go pomija.

W niniejszym artykule zostaną oszacowane konsekwencje energetyczne i środowiskowe upowszechnienia szybkiego dostępu szerokopasmowego w Polsce. Prezentowane dane dotyczą tylko wzrostu zużycia energii przez gospodarstwa domowe, czasami celowo nieco przejawione, by stanowiły ostrzeżenie.

Założenia

W dalszej części, analizując zużycie energii przez urządzenia, ograniczono się do: komputerów osobistych, zestawów kina domowego, odbiorników TV, odtwarzaczy DVD i BR, konsoli do gier itp., których wyposażenie w dostęp do sieci i możliwość ściągania z niej treści wpływa na sposób i intensywność używania. Pominięto „internet rzeczy” (przyłączenie do sieci także wszystkich pozostałych urządzeń domowych), zakładając, że ich obecność w gospodarstwie domowym i pobór energii nie ulegną istotnej zmianie.

Sytuacja zmieni się po rozpowszechnieniu, np. sterowanych urządzeń ogrzewania i klimatyzacji lub ładowania samochodów elektrycznych, których działanie będzie adaptowane do aktualnego i przewidywanego obciążenia sieci energetycznej, planowanej pory powrotu domowników z pracy itp. Oszczędności energii elektrycznej lub gazu na ogrzewanie oraz redukcja szczytowego obciążenia sieci energetycznej mogą wtedy pośrednio radykalnie poprawić bilans energetyczny NGA. Tego rodzaju analiza nie jest przedmiotem niniejszego artykułu, ograniczonego do efektów bezpośrednich.

Do modelowania zużycia energii przez abonentów NGA ustalono trzy scenariusze, różniące się skalą inwestycji gospodarstwa domowego w urządzenia przyłączone do sieci. Zachowanie abonentów będzie bardzo zależało od atrakcyjności oferty usług i treści cyfrowych w następstwie przyłączenia do NGA. Przykładowo, bogata oferta filmów w formacie Full HD wzmoże popyt na duże odbiorniki TV – zwykle z interfejsem sieciowym i twardym dyskiem, a gier sieciowych - na wysokiej jakości monitory i wydajne (oraz prądożerne) karty graficzne nowej generacji. Brak przytoczonych usług będzie się wiązał z większym zainteresowaniem dużymi twardymi dyskami do przechowywania plików multimedialnych, ściąganych z sieci p2p i serwisów w rodzaju Rapidshare.

Scenariusz A (bazowy)

- Gospodarstwo domowe użytkuje 1 zestaw komputerowy przyłączony do NGA.
- Komputer kupiono w związku z dostępnością nowych usług przez NGA (gry, IPTV, ściąganie fil-

mów, e-booków, ...); nie zastępuje on wcześniej posiadanego. Cały pobór energii przez komputer i urządzenia peryferyjne „obciąża konto” nowej sieci.

- Intensywność użytkowania komputera: 5 h dziennie.
- Nie uwzględnia się innych urządzeń niż sprzęt komputerowy i zakończenie sieciowe.

Scenariusz B (energochłonny)

- Gospodarstwo użytkuje 1 nowy komputer przyłączony do NGA, jak w scenariuszu A.
- Zakupiono podłączone do NGA: telewizor z twardym dyskiem i konsolę do gier. Złomowano stary telewizor, który miał identyczny pobór mocy w stanie pracy, ale niższy w stanie gotowości (tablica 1).
- Intensywność używania komputera: 6 h dziennie, konsoli do gier: 2 h. Czas używania telewizora wydłużył się z 4 h do 6 h dziennie. Przez 12 h dziennie pracuje co najmniej jedno urządzenie, wliczając w to ściąganie danych z sieci bez udziału domowników.

Scenariusz C (oszczędny)

- Posiadany komputer ma odpowiednie parametry, ale po przyłączeniu do sieci jest używany bardziej intensywnie, lub
- Posiadany wcześniej komputer nie miał parametrów (pojemność dysku, wydajność procesora, wymiary monitora itp.) odpowiednich do nowych usług, np. gier. Został wymieniony na nowy o większym poborze mocy; jest też używany bardziej intensywnie.
- Wzrost zużycia energii związany z przyłączeniem do NGA: 50% zużycia ze scenariusza A.

Założenia przyjęte w scenariuszach B i C nie są ekstremalne. Przyłączeniu do NGA może towarzyszyć zakup 2 nowych PC dla różnych członków rodziny lub używanie jednego 12 h dziennie do pracy w domu i celów prywatnych lub używanie istniejącego w dotychczasowym wymiarze.

Pominięto wszelkie urządzenia przenośne (odtwarzacze MP3, laptopy, smartfony, konsole do gier), zakładając że ich popularność i intensywność używania w małym stopniu zależą od posiadania szybkiego dostępu stałego. Do urządzeń domowych zaliczono natomiast zakończenie sieciowe (ONT) sieci FTTH, stanowiące element publicznej sieci telekomunikacyjnej, ale zawsze zasilany lokalnie. W szerokopasmowych sieciach dostępowych innego typu, jak VDSL lub sieci telewizji kablowej DOCSIS 3.0 występują odpowiedniki funkcjonalne ONT, również zasilane lokalnie z sieci energetycznej u abonenta.

Wobec różnorodności sprzętu komputerowego i audiowizualnego, szacunki poboru mocy przez te urządzenia są tylko zgrubne, obserwuje się ponadto szybkie zmiany w kolejnych generacjach wyrobów. Niestety, obok spadku poboru mocy przez m.in.:

- monitory LCD (30÷75 W), które zastąpiły CRT (75÷150 W),
- duże telewizory LCD (80÷130 W), które wyparły odbiorniki plazmowe (150÷350 W),
- twarde dyski nowej generacji (4÷10 W wobec 10÷20 W w 2005 r.),

nastąpił wzrost energochłonności wydajnych kart graficznych - nawet do 500 W i względna stabilizacja w przypadku procesorów. Komisja Europejska zwróciła uwagę na pobór mocy (1÷30 W) przez urządzenia w stanie „czuwania”, obecnie często z czynnym interfejsem sieciowym i twardym dyskiem.

Dość powszechne jest pozostawianie włączonego komputera przez całą dobę by zaoszczędzić 1÷5 minut na uruchomienie go. Mimo minimalnego obciążenia procesora i karty graficznej, zestaw komputerowy pobiera wtedy 30÷80 W, zależnie od konfiguracji.

Przyjęte do obliczeń dane dotyczące poboru mocy zestawiono w tabelicy 1.

Tabl. 1. Pobór mocy przez urządzenia konsumenckie

Urządzenie	Pobór mocy – praca [W]	Pobór mocy – czuwanie [W]
Komputer PC	140	70 (*)
Monitor LCD 21"	40	2 (*)
Głośniki do komputera	10	5
Konsola do gier	100	5
Odbiornik TV (nowy)	120	20
Odbiornik TV (stary)	120	5
Zakończenie sieciowe ONT	20 (**)	20 (**)

(*) Włączony, ale nie używany. Monitor wygaszony przez system operacyjny. Pobór mocy przez zestaw komputerowy wyłączony: 0 W.
(**) Czynne 24 h na dobę.

Gospodarstwo domowe

W tablicach 2 i 3 przedstawiono wyniki obliczeń rocznego zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym związane z korzystaniem z usług dostępnych przez NGA. Przyjęto: 1 rok = 365 dni = 8760 h; cena detaliczna energii elektrycznej brutto: 0,70 zł/kWh (RWE, Warszawa, maj 2012).

Tabl. 2. Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh] i pobór mocy związany z NGA [W], przy wyłączeniu nieużywanego komputera

Urządzenie	Scenariusz A		Scenariusz B		Scenariusz C	
	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie
Zestaw PC	346,8	0,0	416,1	0,0	173,4	0,0
Konsola do gier	----	----	73,0	40,2	----	----
Odbiornik TV	----	----	84,0	98,5	----	----
ONT	36,5	138,7	87,6	87,6	36,5	138,7
Suma	383,3	138,7	660,7	226,3	209,9	138,7
Zużycie razem	522,0		887,0		348,6	
Koszt energii [zł]	365,40		620,90		244,02	
Pobór mocy	210	20	430	40	210	20

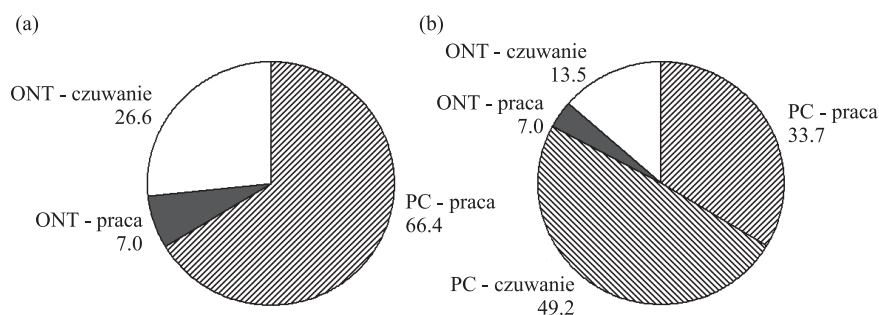
Duży udział ONT w zużyciu energii: 33,6% (scen. A – rys. 1a), 19,8% (scen. B – rys. 2a) i 39,8% (C) tłumaczy zainteresowanie producentów i organizacji normalizacyjnych optymalizacją jego konstrukcji oraz wprowadzaniem trybów pracy o zredukowanym zakresie funkcji i poborze mocy [9]. Całkowite wyłączenie ONT zwykle nie jest możliwe, m.in. z powodu wymaganej ciągłości usługi telefonicznej i nadzoru pracy sieci.

Brak nawyku wyłączania nie używanego komputera dużo kosztuje. W tabelicy 3 doliczono zużycie energii przez zestaw komputerowy w tym stanie: w scenariuszach A i B w 100%, w scenariuszu C w 50%.

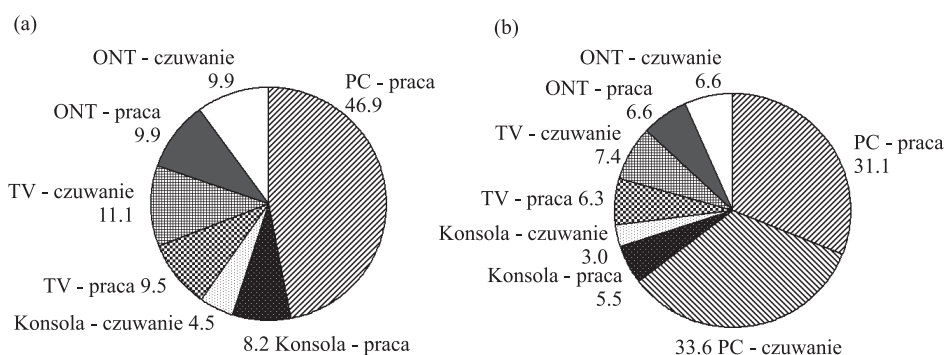
Tabl. 3. Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh] i pobór mocy związany z NGA [W], bez wyłączenia komputera

Urządzenie	Scenariusz A		Scenariusz B		Scenariusz C	
	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie
Zestaw PC	346,8	505,9	416,1	449,7	173,4	252,9
Konsola do gier	----	----	73,0	40,2	----	----
Odbiornik TV	----	----	84,0	98,5	----	----
ONT	36,5	138,7	87,6	87,6	36,5	138,7
Suma	383,3	644,6	660,7	676,0	209,9	361,7
Zużycie razem	1027,9		1336,7		601,6	
Koszt energii [zł]	719,53		935,69		421,12	
Pobór mocy	210	97	430	117	105	68

Strukturę związanego z NGA wzrostu zużycia energii pokazano na rys. 1 i 2. Marnotrawstwo energii w stanie czuwania jest najbardziej widoczne przy zestawie urządzeń ograniczonym do PC i ONT (scenariusz A), a traci na znaczeniu przy obecności urządzeń dodatkowych w scenariuszu B.



Rys. 1. Struktura zużycia energii [%] w warunkach podanych w scenariuszu A: a) z wyłączaniem komputera; b) bez wyłączania komputera



Rys. 2. Struktura zużycia energii [%] w warunkach podanych w scenariuszu B: a) z wyłączaniem komputera; b) bez wyłączania komputera

W scenariuszach A i B miesięczny koszt energii, odpowiednio 60 zł i 78 zł staje się istotnym dodatkiem do kosztów usług NGA. Koszt energii zużytej podczas 5-letniej eksploatacji niewyłączonego komputera w scenariuszu A (3598 zł) przekracza średni koszt jego zakupu. Narzekający na forach internetowych na chciwość operatorów nie wspominają tej kwestii...

W ciągu 20-letniego okresu amortyzacji sieci FTTH użytkownik zapłaci 14391 zł licząc po obecnych cenach, w tym prawie 3000 zł podatków: VAT i akcyzowego. Szacunkowy koszt przyłączenia abonenta do sieci FTTH w kraju to również około 3000 zł [10].

Gospodarka narodowa

Konsekwencje energetyczne upowszechnienia szybkiego dostępu szerokopasmowego w kraju rozpatrzono dla dwóch, różnych ilościowo ich użytkowników.

Wariant 1 – docelowa penetracja 18%, wyznaczona z analiz socjoekonomicznych [11],

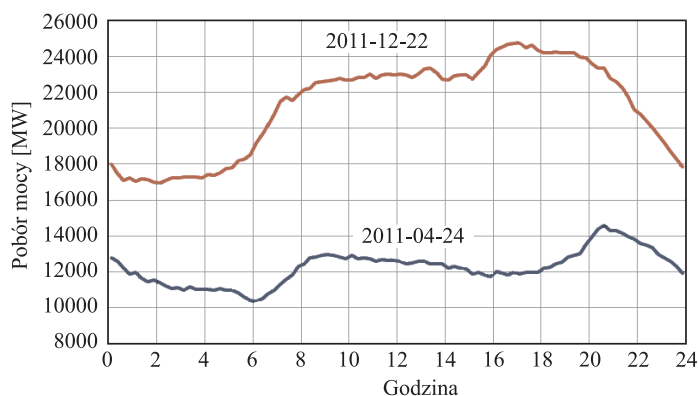
Wariant 2 – docelowa penetracja 30%, bliżej poziomu nasycenia w Europie Zachodniej (35÷40%).

Przy 37,5 mln mieszkańców Polski oznacza to odpowiednio 6,75 i 11,25 mln użytkowników. Do dalszych analiz przyjęto następujące zachowania abonentów NGA:

- po 1/3 abonentów zachowuje się zgodnie z jednym ze scenariuszy A, B i C,
- 25% użytkowników nie wyłącza nigdy komputera,
- w godzinie szczytu czynnych jest równocześnie maksymalnie 75% urządzeń.

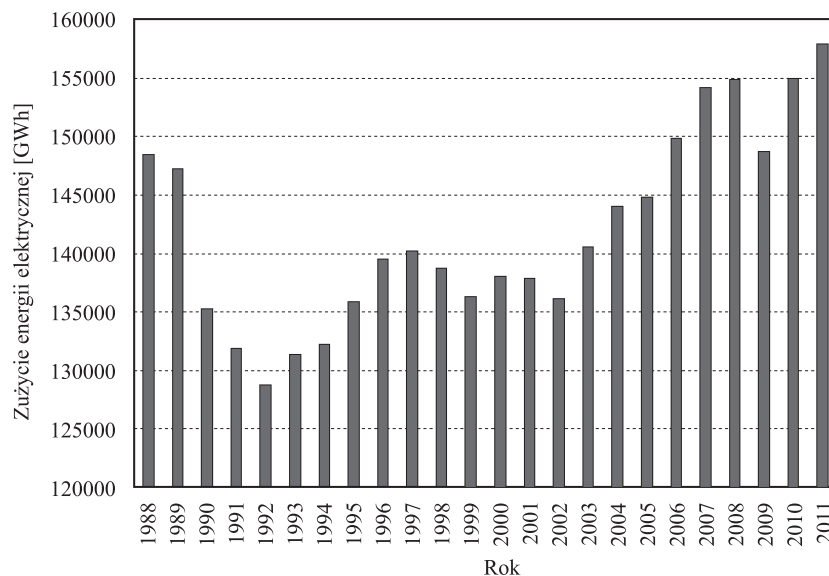
Średnia wartość szczytowego poboru mocy w gospodarstwie domowym związana z NGA wynosi 199 W, a rocznego zużycia energii 686,6 kWh.

Obciążenie sieci energetycznej przez urządzenia domowe uruchamiane po powrocie z pracy lub szkoły jest skoncentrowane w godzinach szczytu wieczornego, między godziną 18 a 22, (rys. 3), co jest bardzo niekorzystne. W tej porze dnia trudno liczyć na energetykę odnawialną. Po zachodzie słońca przestają działać ogniwa fotowoltaiczne. Siła wiatru, od której zależy produkcja energii w elektrowniach wiatrowych zwykle osiąga maksimum w środku dnia, a po zmierzchu słabnie [13] - jednak dane dla poszczególnych lokalizacji bardzo się różnią.



Rys. 3. Dobowa krzywa obciążenia sieci energetycznej w Polsce. Dane dla dni maksymalnego i minimalnego obciążenia w 2011 r. [12]

Zużycie energii elektrycznej w Polsce (rys. 4) rośnie od 2002 r. [12] i przewiduje się utrzymanie tej tendencji [15]. Od zimy 2011/2012 r. krajowy system elektroenergetyczny praktycznie nie ma już rezerw mocy [14]. Pokrycie dodatkowego zapotrzebowania będzie wymagało budowy nowych elektrowni. W dalszych rozważaniach założono, że dodatkowa energia będzie pochodziła z elektrowni węglowych lub gazowych.



Rys. 4. Zużycie energii elektrycznej w Polsce w latach 1988-2011 [12]

Do obliczeń przyjęto następujące dane:

- koszt budowy bloku energetycznego na węgiel (bez sieci przesyłowych): 6 mln zł/MW [15],
- koszt budowy bloku energetycznego na gaz ziemny (bez sieci przesyłowych): 3,5 mln zł/MW [15,16],
- zużycie paliwa w elektrowni węglowej: 0,40 t/MWh i emisja CO₂: 0,95 t/MWh [14,17,18],
- cena węgla kamiennego (miał energetyczny): 380 zł/t,
- zużycie paliwa w elektrowni gazowej: 172 m³/MWh (0,123 t/MWh) i emisja CO₂: 0,34 t/MWh [19],
- cena gazu ziemnego wysokometanowego GZ-50 [20] dla przemysłu: 1,30 zł/m³ (1816 zł/t) [21].

Dane o zużyciu paliwa i emisji elektrowni węglowych są przeciętnymi wskaźnikami dla obiektów obecnie eksploatowanych o sprawności około 38% [14,17,18]. Przyjęto je ponieważ nawet po zbudowaniu nowych elektrowni, większość dodatkowej energii wytworzą obiekty już istniejące. Sprawność nowoczesnych elektrowni węglowych przekracza 45% [16,18].

Dla stanowiących nowość w polskiej energetyce elektrowni gazowych, dane dotyczą obiektów budowanych w kombinowanym układzie gazowo-parowym (*combined cycle gas turbine* - CCGT), o typowej sprawności 53-57% [16,21].

Dane o typowych cenach paliw w kraju pochodzą z maja 2012 r.

Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 4.

Tabl. 4. Wybrane konsekwencje energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne budowy NGA

Penetracja docelowa [%]	18 (Wariant 1)		30 (Wariant 2)	
	Węgiel	Gaz	Węgiel	Gaz
Paliwo dla elektrowni				
Wzrost szczytowego obciążenia sieci [MW]	1343		2239	
Nowe moce zainstalowane (*) [MW]	1791		2985	
Koszt budowy nowych elektrowni [mld zł]	10,75	6,27	17,91	10,45
Wzrost zużycia energii elektrycznej [GWh]	4635		7724	
Wzrost zużycia energii elektrycznej (**) [%]	2,94		4,90	
Roczny koszt energii elektrycznej [mld zł]	3,244		5,407	
Roczne zużycie paliwa [mln t]	1,854	0,570	3,090	0,950
Roczny koszt paliwa [mld zł]	0,704	1,035	1,174	1,725
Wzrost emisji CO ₂ (rocznie) [mln t]	4,403	1,576	7,338	2,626
Wzrost emisji CO ₂ (***) [%]	1,36	0,49	2,27	0,81
(*)): 80% współczynnik obciążenia bloków energetycznych, 5% strat w sieci przesyłowej.				
(**): względem zużycia w 2011 r. wynoszącego 157 910 GWh [12].				
(***)): względem emisji w 2008 r. równej 323,9 mln t.				

W przypadku budowy elektrowni gazowych zamiast węglowych, emisja CO₂ i koszty budowy elektrowni spadną, lecz wzrosną koszty paliwa, którego dystrybucja wymaga też dość kosztownej rozbudowy sieci gazociągów. Koszt elektrowni atomowych jest jeszcze wyższy: od 12 do 14 mln zł/MW [15].

Bilans ekonomiczny

Warto porównać koszty związane z dodatkowym zużyciem energii przez urządzenia u abonentów przyłączone do NGA i koszt ich zakupu z kosztami budowy i modernizacji w okresie życia sieci szerokopasmowej. Szacunek wykonany dla penetracji szybkiego internetu równej 30% zaprezentowano w tablicy 5 oraz na rys. 5, przyjmując koszt przyłączenia abonenta do sieci FTTH równy 2500 zł.

Okres eksploatacji i amortyzacji stałej sieci telekomunikacyjnej jest zwykle ustalony na 20 lat. Założono 2-krotną wymianę urządzeń aktywnych w tym czasie, tj. co 6÷7 lat, bez istotnych nakładów na modyfikacje części pasywnej. Koszty urządzeń centralowych (OLT) i abonenckich (ONU) oraz związanych prac projektowych i montażu są szacowane na średnio 40÷50% całkowitego kosztu budowy NGA [22,23]. Przyjęto, że 2-krotna modernizacja sieci pochłonie 90% kosztów początkowych.

Pominięto zużycie energii przez urządzenia NGA u operatora telekomunikacyjnego, zakładając że zastąpią one elementy wcześniej istniejących sieci dostępowych. W sieciach FTTH-PON zdecydowaną większość energii elektrycznej (70÷90%) zużywają uwzględnione w analizie urządzenia abonenckie (ONT).

Przy orientacyjnych cenach brutto (z maja 2012 r.): zestawu komputerowego: 2500 zł, odbiornika HDTV: 3000 zł, stacjonarnej konsoli do gier 1000 zł, koszt ważony urządzeń przy jednakowym praw-

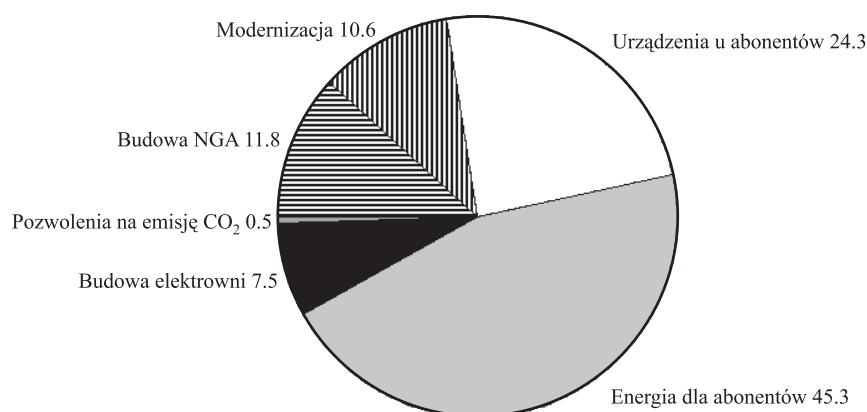
dopodobieństwie scenariuszy A, B i C wynosi 2583 zł. Czas eksploatacji tego rodzaju urządzeń elektronicznych zawiera się w granicach 5÷12 lat. Ostrożnie przyjęto, że w ciągu 20 lat nastąpi ich jednokrotna wymiana.

Na podstawie wyników badań rynku z lat 2010, 2011 [24,25] można oszacować akceptowany przez masowego klienta w Polsce poziom opłat za szerokopasmowy internet na 60 zł miesięcznie, a za pakiet internet + TV na 100 zł miesięcznie. Jeśli 2/3 abonentów wybierze pierwszą opcję, a 1/3 drugą, średnia opłata abonenta wyniesie 880 zł rocznie.

Nawet uproszczone obliczenia nie uwzględniające kosztów kredytu, zmian cen, itp. stawiają kwestię opłacalności inwestycji telekomunikacyjnych w nowej perspektywie.

Tabl. 5. Wybrane wskaźniki ekonomiczne budowy i 20-letniej eksploatacji NGA w Polsce [mld zł]

Koszt budowy NGA	28,12
Koszty 2-krotnej modernizacji NGA	25,31
Przychody ze sprzedaży usług	198,00
Podatek VAT (23%) od usług jw.	37,02
Koszt urządzeń u abonentów NGA	58,10
Podatek VAT (23%) od urządzeń jw.	10,86
Koszt energii elektrycznej dla abonentów	108,1
Podatki (VAT + akcyza) w wydatkach jw.	21,63
Koszt budowy elektrowni (węglowych)	17,91
Koszt pozwoleń na emisję CO ₂ (*)	1,14
Emisja CO ₂ z elektrowni węglowych wyniesie 146,8 [mln t]	
(*) : koszt 6,57 EUR/t C = ~7,74 zł/t CO ₂	



Rys. 5. Struktura 20-letnich kosztów budowy i użytkowania NGA [%]

Koszty zapewnienia powszechnego stałego dostępu szerokopasmowego obciążą również energetykę. Abonenci NGA mogą obawiać się wysokich rachunków zarówno za usługi telekomunikacyjne (o czym wiedzą), jak i za energię elektryczną (o czym raczej nie wiedzą).

Czy e-book jest zielony?

Skoro budowa sieci NGA jest prezentowana jako inwestycja w „zieloną” przyszłość, to czy, np. zastępowanie książek, czasopism i dokumentów papierowych przez pliki cyfrowe przyczynia się do ochrony środowiska, a więc czy np. e-book jest „zielony”?

Przykład z tablicy 6 dotyczy długiej książki czytanej w wersji elektronicznej przez 30 h na 2 urządzeniach zasilanych energią z elektrowni węglowej i dla porównania w wersji papierowej.

Bateria w czytniku Amazon Kindle 3 ma pojemność 6,5 Wh (3,7 V; 1,75 Ah). Przy czasie pracy 30 h – bardzo zależnym od ustawień i trybu pracy, oraz sprawności ładowania 50%, średni pobór mocy z sieci wyniesie 0,43 W.

Używanie PC wyłącznie do czytania plików z książkami wiąże się z niskim obciążeniem i przyjęto pobór mocy 75 W, bliski stanowi bezczynności.

Emisja CO₂ związana z produkcją papieru do druku książek i czasopism jest szacowana w zakresie 1,1÷2,2 kg/kg. Do obliczeń przyjęto większą wartość, podaną przez EPA [26].

Tabl. 6. Porównanie energetyczne i ekologiczne książki papierowej i elektronicznej

Sposób czytania	Tradycyjny	PC	Kindle 3
Pobór mocy w czasie czytania [W]	0	75	0,43
Zużycie energii elektrycznej [kWh]	0	2,25	0,013
Koszt energii elektrycznej [zł]	0	1,58	0,01
Zużycie węgla przez elektrownie [kg]	0	0,90	0,005
Zużycie papieru do druku książki [kg]	0,85	0	0
Emisja CO ₂ [kg]	1,87	2,14	0,013

Czytanie na typowym PC „zielone” nie jest, natomiast przeznaczone specjalnie do tego celu czytniki o niskim poborze mocy mogą stanowić przełom. Faktyczne różnice są znacznie redukowane przez podobne w każdym przypadku zużycie energii na oświetlenie miejsca do czytania.

Wnioski

Bez działań zaradczych, modernizacja gospodarstw domowych pobudzona przez powszechny dostęp do szybkiego internetu spowoduje znaczący wzrost zużycia energii elektrycznej. W przypadku jej produkcji z paliw kopalnych nastąpi wzmożenie szkodliwego oddziaływania na środowisko, m.in. wskutek emisji CO₂.

Kwestia rosnącego zużycia energii przez domowe urządzenia elektroniczne jest tylko częściowo związana z budową sieci szerokopasmowych; inny powód to chociażby wprowadzenie wielkoformatowych odbiorników HDTV. Szacunki przedstawione w artykule oraz fakt wyczerpania w 2011 r. rezerw mocy w krajowym systemie energetycznym [14] stanowią powód do szukania środków zaradczych.

Trzeba doprowadzić, np. przez:

- edukację użytkowników,
- zakaz sprzedaży urządzeń bez trybu pełnego wyłączenia,

- restrykcyjną certyfikację,
- dodatkowe opodatkowanie energochłonnych produktów,

do obniżenia zużycia energii przez komputery osobiste, zestawy kina domowego i inne urządzenia elektroniczne powszechnego użytku. Indywidualni użytkownicy są niestety podatni na zabiegi marketingowe i przykłady otoczenia skłaniające do zakupów „wypasionej” i prądożernego sprzętu. Pomóc mógłby obowiązek podawania w reklamach i punktach sprzedaży kosztu energii zużywanej przez urządzenie w ciągu całego okresu eksploatacji, a więc całkowitego kosztu dla klienta. Możliwe jest także oferowanie wyposażenia mieszkania w czujnik zamknięcia drzwi na klucz, wyłączający zbędne urządzenia podczas nieobecności domowników.

Istnieje też drugi wymiar ekonomiczny pokrycia Polski siecią szerokopasmową. Same wpływy z VAT za usługi telekomunikacyjne, energię oraz nowe komputery, telewizory i inne urządzenia u abonentów (69,5 mld zł) ponad 2-krotnie przekroczą nakłady inwestycyjne potrzebne na budowę sieci w najdroższym wariantcie FTTH. Oczekiwane zyski uzasadniają zaangażowanie dużych środków publicznych w finansowanie budowy NGA.

Widać tu analogię do efektów rządowego programu budowy darmowych autostrad międzystanowych, przyjętego w USA w 1956 r. [27]. W jego ramach alokowano 25 mld USD na budowę 66 000 km bezpłatnych autostrad w latach 1957-69; poniesione nakłady zwróciły się ze zwiększonych podatków od sprzedaży paliw i samochodów.

Bibliografia

- [1] Pickavet M. et al.: *Energy footprint of ICT*. Proc. Broadband Europe, Antwerpia, Dec. 3-6, 2007
- [2] Vereecken W. et al.: *Estimating and mitigating the energy footprint of ICTs*. ITU-T Focus Group on ICTs and Climate Change. Study Period 2005 - Contribution 24, September 2008
- [3] Klein T. E.: *Next-generation energy efficient networks: Overview of the GreenTouch Consortium*. KAIST Workshop, September 2011.
- [4] Vetter P.: *Directions for energy efficient optical access*. 2nd Annual Workshop on Photonic Technologies for Access and Biophotonics, Stanford, USA, January 31, 2011
- [5] Baliga J., Ayre R., Sorin W., Hinton K., Tucker R.: *Energy consumption in access networks*. Proc. OFC/NFOEC 2008, referat OThT6, February 24-28, 2008, San Diego, USA
- [6] Skubic B., Lindström A., Dahlfort S.: *Power efficiency of next-generation optical access architectures*. Proc. OFC/NFOEC 2010, referat OTuO5, March 21-25, 2010, San Diego, USA
- [7] Kilper D. et al.: *Power trends in communication networks*. IEEE Journ. Selected Topics Quantum Electron., Vol. 17, No. 2, s. 275-284 (2011)
- [8] ITU-T Technology Watch Report 3: *ICTs and climate change*, December 2007
- [9] ITU-T G.988: *ONU management and control interface (OMCI) specification (10/2010)*
- [10] Dialog S.A.: *Wdrożenie innowacyjnych usług w oparciu o sieć dostępową w technologii pasywnej sieci optycznej PON*. Wrocław, 26 listopada 2009
- [11] Strużak R.: *Broadband Internet in EU countries: Limits to growth*. IEEE Commun. Magazine, vol. 48, No. 4, pp. 52-57, April 2010
- [12] *Zestawienie danych ilościowych dotyczących funkcjonowania KSE w 2011 roku*. Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator S.A., 2012 r. http://www.pse-operator.pl/index.php?dzid=171&did=1053#r6_3

- [13] Sinden G.: *Wind power and the UK wind resource*. University of Oxford, Environmental Change Institute, 2005
- [14] Gabryś H.: *Elektroenergetyka w Polsce roku 2012 w świetle bilansu energii za 2011 rok i nie tylko*. Energetyka, marzec-kwiecień 2012, s. 139-141
- [15] *Polska Energetyka 2011 - raport*. Dom Maklerski PKO, 27 września 2011
- [16] *Sektor gazowy a energetyka*. ING Bank Śląski, PwC, maj 2012
- [17] U.S. Department of Energy, Environmental Protection Agency: *Carbon dioxide emissions from the generation of electric power in the United States*. Washington, DC, USA, July 2000
- [18] International Energy Agency - Coal Industry Advisory Board: *Power generation from coal*, 2010. http://www.iea.org/ciab/papers/power_generation_from_coal.pdf
- [19] *Elektrownia Grudziądz*. Energa Invest, 2012. <http://www.elektrowniagrudziadz.pl>
- [20] *Gaz ziemny*. Izba Gospodarcza Gazownictwa. <http://www.igg.pl/1/node/91>
- [21] *Taryfa dla paliw gazowych PGNiG S.A. - Część A: Taryfa w zakresie dostarczania paliw gazowych Nr 5/2012*. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo, kwiecień 2012
- [22] Garvey P.: *Making cents of it all - costs/key drivers for profitable FTTH*. Proc. FTTH Council Conference, Las Vegas, USA, October 3-6, 2005
- [23] Lannoo B.: *Techno-economics of optical access networks*. Proc. 3rd Future Internet Cluster Workshop "Socio-Economics of the Network of the Future", Brussels, Belgium, October 18, 2010
- [24] Urząd Komunikacji Elektronicznej: *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2011 roku*. Warszawa, czerwiec 2012 r.
- [25] PBS DGA i CBM Indicator: *Rynek telekomunikacyjny w Polsce w 2010 roku - klienci indywidualni*. Sopot, grudzień 2010 r.
- [26] U.S. Environmental Protection Agency: *EPA's waste reduction model - paper products*. Washington, D.C., USA, 2010. <http://www.epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/paper-products10-28-10.pdf>
- [27] *Federal-aid highway act of 1956*. June 29, 1956

Krzysztof Borzycki



Dr inż. Krzysztof Borzycki (1959) – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1982); doktor nauk technicznych (2006, IŁ); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1982); pracownik laboratorium badawczo-rozwojowego firmy Ericsson Telecom w Szwecji (2001–2002); specjalista w zakresie badań kabli i włókien światłowodowych, osprzętu i systemów transmisyjnych; uczestnik europejskich programów badawczych COST-270, COST-299 i NEMO; wykładowca oraz instruktor w zakresie telekomunikacji optycznej; przedstawiciel IŁ w Polskim Komitecie Normalizacyjnym i IEC TC86. Aktualnie zaangażowany w opracowanie systemów monitoringu technicznego dla telekomunikacyjnych sieci kablowych (projekty SPOT i SMIT). Autor 60 publikacji i 2 patentów; tłumacz języka angielskiego; zainteresowania naukowe: telekomunikacja optyczna, kable i włókna światłowodowe, miernictwo optyczne, badania kabli i osprzętu, dyspersja polaryzacyjna.

e-mail: K.Borzycki@itl.waw.pl

Prawdopodobieństwo przejścia i efektywna liczba próbek cyfrowego sygnału z multipleksacją OFDM

Adam Rudziński

W artykule przedstawiono wyprowadzenie wyrażenia opisującego efektywną liczbę próbek sygnału cyfrowego z multipleksacją OFDM. Wyprowadzenie oparte jest na obliczeniu prawdopodobieństwa przejścia dla tego sygnału. Otrzymane wyrażenie wskazuje wprost zależności między efektywną liczbą próbek a parametrami sygnału i stanowi uzupełnienie modelu teoretycznego.

przetwornik cyfrowo-analogowy, multipleksacja OFDM, prawdopodobieństwo przejścia, efektywna liczba próbek

Wprowadzenie

Obecnie wykorzystuje się wiele różnorodnych urządzeń cyfrowych wytwarzających i przetwarzających różnego rodzaju informacje. Urządzenia te przesyłają między sobą dane, kodując je w postaci sygnałów, które przenoszone są przez obiekty fizyczne, takie jak pola czy prądy. W ostatnich latach dużą popularność zyskała technika kodowania nazywana ortogonalną multipleksacją w dziedzinie częstotliwości OFDM (*orthogonal frequency division multiplexing*), opracowana około 40 lat temu [1]–[3], a obecnie stosowana, np. w bezprzewodowych sieciach lokalnych WLAN czy naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T. Metoda ta polega na kodowaniu przesyłanych danych na podnośnych o różnych częstotliwościach, które dobiera się tak, aby były one ortogonalne w przedziale czasu odpowiadającym jednemu symbolowi. Cechuje się ona odpornością na propagację wielodrogową, ale niesie ze sobą specyficzne problemy, związane np. z dużym stosunkiem mocy szczytowej do mocy średniej wytwarzanych sygnałów.

Niezbędnym etapem w transmisji jest konwersja sygnału z postaci cyfrowej (właściwej urządzeniu) do postaci analogowej (fizycznej), która dokonuje się w przetworniku cyfrowo-analogowym (C/A). Nadawany sygnał analogowy jest zbliżony do postaci idealnej, ale zawsze zawiera różnego rodzaju szumy i zniekształcenia. W szczególności, sygnał z multipleksacją OFDM podlega ograniczeniu do zakresu przetwornika [4] oraz kwantyzacji i zniekształceniu przez niedoskonałości odwzorowania poziomów przetwornika [5, 6]. Degradacja sygnału wskutek tych efektów jest zależna od jego mocy, rozdzielczości przetwornika C/A (narzucającego precyzję reprezentacji liczb), nieliniowości przetwornika C/A oraz liczby próbek sygnału. Ogólny model matematyczny uwzględniający te efekty przedstawiono w artykule [6]. Pokazano tam także, że wpływ przetwornika (tj. szum kwantyzacji i zniekształcenia nieliniowe) można zmniejszać przez zwiększanie liczby próbek sygnału (nadpróbkowanie), przy czym zniekształcenia nieliniowe podlegają zmniejszeniu tylko częściowo i zależą od zdefiniowanej w [6] efektywnej liczby próbek.

W artykule [6] efektywną liczbę próbek wyznaczano na drodze symulacji numerycznych, natomiast w tym artykule jest przedstawione wyprowadzenie przybliżonego, ale dosyć dokładnego wzoru wyrażającego tę wielkość przez parametry sygnału i przetwornika. Wyprowadzenie to opiera się na obliczeniu prawdopodobieństwa przejścia dla sygnału, tj. prawdopodobieństwa tego, że w dwóch określonych chwilach sygnał przyjmuje zadane wartości. Otrzymany wzór, co jest właściwe wyrażeniem

analitycznym, pokazuje wprost zależność od parametrów sygnału (częściowo zdeterminowanych przez przetwornik C/A) i w ten sposób stanowi kompletny opis jednego z mechanizmów występujących w zagadnieniu przetwarzania sygnałów cyfrowych do postaci analogowej.

Definicje i założenia

Rozważany jest rzeczywisty, cyfrowy sygnał z multipleksacją OFDM, podawany na przetwornik C/A o rozdzielczości n bitów. Sygnał taki powstaje w wyniku dyskretyzacji i kwantyzacji idealnego przebiegu symbolu OFDM, utworzonego przez złożenie K zmodulowanych podnośnych:

$$x(t) = \sum_{k=1}^K A_k \cos(\omega_k t + \phi_k). \quad (1)$$

Symbole na poszczególnych podnośnych koduje się poprzez ich amplitudy A_k i fazy ϕ_k , które są stałe w czasie trwania symbolu OFDM, wynoszącym T_S . Dla uproszczenia wyprowadzeń zostanie przyjęte, że A_k i ϕ_k są niezależnymi zmiennymi losowymi, amplitudy $A_k \in \mathbb{R}_+$ a ich rozkłady prawdopodobieństwa są jednakowe, fazy ϕ_k zaś mają rozkład jednostajny na podzbiórze przedziału $[0; 2\pi)$ oraz dla każdego k zachodzi $\langle e^{j\phi_k} \rangle = \langle e^{2j\phi_k} \rangle = 0$. Pulsacje podnośnych ω_k dobrane są w taki sposób, aby odpowiadające im przebiegi były ortogonalne na przedziale o długości równej czasowi trwania symbolu OFDM. W wyprowadzeniach wystarczy ograniczyć się do pojedynczego symbolu OFDM. Pominięta zostaje składowa stała, która jest w przedstawionym wyprowadzeniu nieistotna; wówczas można przyjąć $\omega_k = k\omega_1$, gdzie $\omega_1 = 2\pi/T_S$. Przy przyjętych założeniach średni kwadrat $\langle A_k^2 \rangle$ ma jednakową wartość dla każdej z podnośnych, a więc średnia moc symbolu OFDM wynosi

$$\sigma^2 = K \frac{\langle A_k^2 \rangle}{2}. \quad (2)$$

Zdyskretyzowaną postacią rozważanego symbolu OFDM jest ciąg

$$x_i \equiv x(iT), \quad i = 0, 1, \dots, N_S - 1, \quad (3)$$

gdzie: i indeksuje kolejne próbki, $T = T_S/N_S$ jest okresem próbkowania, N_S – liczbą próbek. Gęstość dyskretyzacji (nadpróbkowanie) określa stosunek N_S/K , który – przy spełnieniu kryterium Nyquista – wynosi co najmniej 2. Sygnał x_i można z dobrym przybliżeniem traktować jako proces stochastyczny, którego próbki są niezależnymi zmiennymi losowymi. Z centralnego twierdzenia granicznego wynika, że gęstość prawdopodobieństwa przyjęcia przez próbkę wartości x dana jest rozkładem Gaussa z wariancją określoną przez średnią moc sygnału (2):

$$P(x_i = x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right). \quad (4)$$

W urządzeniach cyfrowych liczby reprezentowane są ze skończoną dokładnością, w szczególności przetwarzanie przez przetwornik C/A o rozdzielczości n bitów najwygodniej jest modelować jako zaokrąglanie (kwantyzację) sygnału wejściowego do wartości całkowitych ze zbioru $\mathbb{Z}_n = \{-2^{n-1}, \dots, 2^{n-1} - 1\}$, zwanych dalej poziomami. Dzięki temu sygnał wyjściowy można wprost (bez dodatkowych przeskalowań i przesunięć) porównywać z sygnałem wejściowym. Amplituda sygnału wyjściowego jest ograniczona, co powoduje ograniczanie fragmentów sygnału wejściowego przekraczających tę wartość.

Moc sygnału można odnieść do zakresu przetwornika definiując współczynnik $\alpha = 2^{n-1}/\sigma$. Wartość tego współczynnika określa zakres dynamiczny sygnału, a w praktyce rozsądnym wyborem jest $\alpha \approx 4$.

Według powyższych ustaleń, aby otrzymać cyfrową reprezentację przebiegu symbolu OFDM należy poddać go kwantyzacji, która przekształca go do postaci schodkowej

$$x_i^q = x_i + \Delta_i^q, \quad \text{gdzie } x_i^q \in \mathbb{Z}_n : |x_i^q - x_i| = \min_{y \in \mathbb{Z}_n} |y - x_i|, \quad (5)$$

Δ_i^q zaś jest błędem (szumem) kwantyzacji. Prawdopodobieństwo przyjęcia tej samej wartości przez kolejne próbki sygnału cyfrowego x_i^q jest niezerowe, a jak pokazano w [6], ma to wpływ na szybkozmienną część zniekształceń nieliniowych powodowanych przez przetwornik C/A. Pokazano tam także, że część szybkozmienna tych zniekształceń zależy od efektywnej liczby próbek, zdefiniowanej jako

$$N_{\text{eff}} = \frac{N_S}{\langle L \rangle}, \quad (6)$$

gdzie $\langle L \rangle$ jest średnią długością stałego podciągu w sygnale x_i^q (zatem N_{eff} wyraża liczbę zmian wartości próbek w przebiegu sygnału cyfrowego. W skrajnych przypadkach: $N_{\text{eff}} = N_S$ gdy żadna próbka nie jest równa poprzedniej, a $N_{\text{eff}} = 1$ gdy sygnał jest stały i wszystkie jego próbki mają jednakową wartość). Wygodnie jest posługiwać się znormalizowaną efektywną liczbą próbek N_{eff}/N_S , która przyjmuje wartości od $1/N_S \approx 0$ do 1.

W artykule [6] znormalizowaną liczbę próbek wyznaczano numerycznie. Zauważono także, że wszystkie otrzymane krzywe można „dopasować”, wyrażając je w funkcji wielkości, którą można by określić jako „zredukowana rozdzielczość”

$$v = n - \log_2 \frac{N_S}{K}. \quad (7)$$

Przedstawione dalej wyprowadzenie pozwala otrzymać wzór dosyć dokładnie odtwarzający te wyniki. Jego pierwszym krokiem jest obliczenie prawdopodobieństwa przejścia dla rozważanego sygnału.

Prawdopodobieństwo przejścia dla sygnału OFDM

Prawdopodobieństwem przejścia nazywa się prawdopodobieństwo przyjmowania przez kolejne próbki sygnału zadanych wartości. Zakładając, że właściwości statystyczne sygnału nie zmieniają się w czasie, prawdopodobieństwo przejścia dla sygnału cyfrowego x_i^q jest zdefiniowane jako

$$\mathcal{P}^q(p, p') = \mathcal{P}(x_0^q = p \wedge x_1^q = p'). \quad (8)$$

Analogicznie, dla sygnału x_i , który przyjmuje wartości ze zbioru ciągłego, zdefiniowana jest gęstość prawdopodobieństwa przejścia

$$\mathcal{P}(p_0, p_1) = \mathcal{P}(x_0 = p_0 \wedge x_1 = p_1). \quad (9)$$

Między tymi wielkościami zachodzi w oczywisty sposób związek:

$$\mathcal{P}^q(p, p') = \int_{p-\frac{1}{2}}^{p+\frac{1}{2}} dp_0 \int_{p'-\frac{1}{2}}^{p'+\frac{1}{2}} dp_1 \mathcal{P}(p_0, p_1). \quad (10)$$

Wyrażając prawdopodobieństwo koniunktji przez prawdopodobieństwo warunkowe można napisać:

$$\mathcal{P}(p_0, p_1) = \mathcal{P}(x_1 = p_1 | x_0 = p_0) \mathcal{P}(x_0 = p_0). \quad (11)$$

Czynnik $\mathcal{P}(x_0 = p_0)$ wyraża się wzorem (4), natomiast wyrażenie na $\mathcal{P}(x_1 = p_1 | x_0 = p_0)$ można wyprowadzić definiując

$$w(t) = x(t) - x_0 = \sum_{k=1}^K \operatorname{Re} \left\{ A_k e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k t} - 1 \right) \right\}. \quad (12)$$

Wówczas

$$\mathcal{P}(x_1 = p_1 | x_0 = p_0) = \mathcal{P}(w(T) = p_1 - p_0 | x_0 = p_0). \quad (13)$$

Ponieważ $w(T)$ jest kombinacją liniową wielu niezależnych zmiennych losowych, z centralnego twierdzenia granicznego wynika, że prawdopodobieństwo przyjęcia przez $w(T)$ określonej wartości dane jest rozkładem Gaussa:

$$\mathcal{P}(w(T) = x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_w^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_w^2}\right), \quad (14)$$

przy czym wariancja

$$\sigma_w^2 = \langle w(T)^2 \rangle = 2\sigma^2 \left(1 - \frac{\cos \frac{(K+1)\pi}{N_S} \sin \frac{K\pi}{N_S}}{K \sin \frac{\pi}{N_S}} \right) \quad (\text{wyprowadzenie w dodatku}). \quad (15)$$

Zaniedbując zależność statystyczną między $w(T)$ i x_0 , można przybliżyć szukane prawdopodobieństwo warunkowe: $\mathcal{P}(w(T) = p_1 - p_0 | x_0 = p_0) \approx \mathcal{P}(w(T) = p_1 - p_0)$. Wówczas:

$$\mathcal{P}(p_0, p_1) \approx \frac{1}{2\pi\sigma_w\sigma} \exp\left(-\frac{(p_1 - p_0)^2}{2\sigma_w^2}\right) \exp\left(-\frac{p_0^2}{2\sigma^2}\right), \quad (16)$$

a zatem:

$$\mathcal{P}^q(p, p') = \frac{1}{2\pi\sigma_w\sigma} \int_{p-\frac{1}{2}}^{p+\frac{1}{2}} dp_0 \exp\left(-\frac{p_0^2}{2\sigma^2}\right) \int_{p'-\frac{1}{2}}^{p'+\frac{1}{2}} dp_1 \exp\left(-\frac{(p_1 - p_0)^2}{2\sigma_w^2}\right). \quad (17)$$

Całkę po p_1 można wyrazić za pomocą funkcji błędu

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x dt e^{-t^2}, \quad (18)$$

po czym otrzymuje się:

$$\mathcal{P}^q(p, p') = \frac{1}{2\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{p-\frac{1}{2}}^{p+\frac{1}{2}} dp_0 \exp\left(-\frac{p_0^2}{2\sigma^2}\right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{p' - p_0 + \frac{1}{2}}{\sigma_w\sqrt{2}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{p' - p_0 - \frac{1}{2}}{\sigma_w\sqrt{2}}\right) \right]. \quad (19)$$

Ponieważ wartość skuteczna sygnału $\sigma \gg 1$, można przyjąć, że przedział całkowania po p_0 jest na tyle wąski, że funkcja podcałkowa jest w nim praktycznie stała, wtedy ostatecznie:

$$\mathcal{P}^q(p, p') \approx \frac{1}{2\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{p^2}{2\sigma^2}\right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{p' - p + \frac{1}{2}}{\sigma_w \sqrt{2}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{p' - p - \frac{1}{2}}{\sigma_w \sqrt{2}}\right) \right]. \quad (20)$$

Wynika stąd, że wartość sygnału nie zmienia się z prawdopodobieństwem

$$\mathcal{P}^q(p, p) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{p^2}{2\sigma^2}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sigma_w \sqrt{2}}\right). \quad (21)$$

Efektywna liczba próbek cyfrowego sygnału OFDM

Numerycznie, efektywną liczbę próbek sygnału cyfrowego x_i^q można policzyć śledząc przebieg realizacji tego sygnału i zliczając zmiany wartości próbek. Postępowaniu takiemu odpowiada następująca definicja tej wielkości:

$$N_{\text{eff}} = \left\langle 1 + \sum_{i=1}^{N_S-1} \left(1 - \delta_{x_{i-1}^q, x_i^q}\right) \right\rangle. \quad (22)$$

Sumowane wyrazy z deltami Kroneckera przyjmują wartość 0 gdy kolejne dwie próbki są równe, przy założeniu niezmienności właściwości statystycznych sygnału, wynik takiego testu nie zależy od tego, na których próbkach zostaje on dokonany. Dlatego, korzystając z liniowości operatora wartości oczekiwanej, przy przyjętych założeniach dochodzi się do wyrażenia na znormalizowaną efektywną liczbę próbek:

$$\frac{N_{\text{eff}}}{N_S} = 1 - \left(1 - \frac{1}{N_S}\right) \langle \delta_{x_0^q, x_1^q} \rangle. \quad (23)$$

Wartość oczekiwaną $\langle \delta_{x_0^q, x_1^q} \rangle$ można obliczyć znając prawdopodobieństwo przejścia dla sygnału cyfrowego:

$$\langle \delta_{x_0^q, x_1^q} \rangle = \sum_{p=-2^{n-1}}^{2^{n-1}-1} \mathcal{P}^q(p, p). \quad (24)$$

Wtedy:

$$\frac{N_{\text{eff}}}{N_S} \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sigma_w \sqrt{2}}\right) \left[2 \sum_{p=0}^{2^{n-1}} \exp\left(-\frac{p^2}{2\sigma^2}\right) - 1 \right]. \quad (25)$$

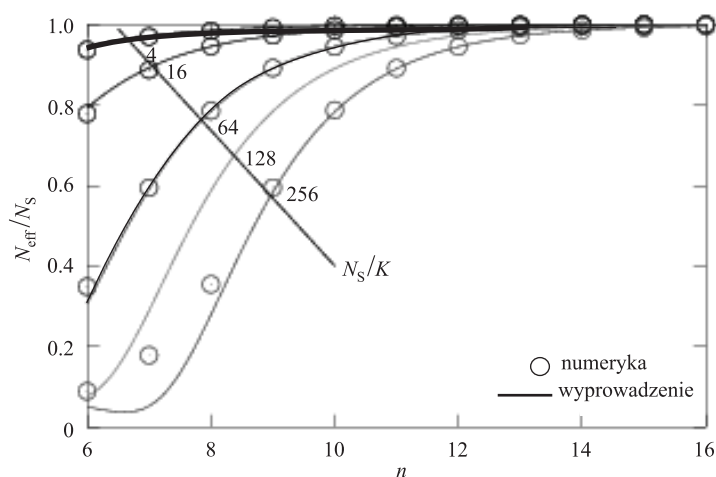
Funkcja wykładnicza pod sumą maleje na tyle powoli, że sumę po poziomach można dobrze przybliżyć przez całkę:

$$\sum_{p=0}^{2^{n-1}} \exp\left(-\frac{p^2}{2\sigma^2}\right) \approx \int_0^{2^{n-1}} dp \exp\left(-\frac{p^2}{2\sigma^2}\right) = \sqrt{\frac{\pi\sigma^2}{2}} \operatorname{erf}\left(\frac{2^{n-1}}{\sigma\sqrt{2}}\right), \quad (26)$$

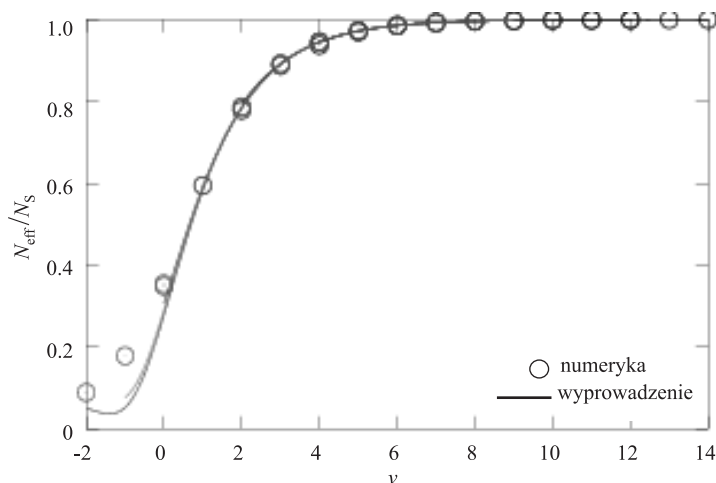
co prowadzi do wzoru w zamkniętej postaci:

$$\frac{N_{\text{eff}}}{N_S} \approx 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sigma_w \sqrt{2}}\right) \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}}\right) - \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right]. \quad (27)$$

Wyrażenie to stanowi ostateczny wynik wyprowadzenia. Jego porównanie z wynikami numerycznymi pokazane jest na rys. 1 oraz rys. 2. Jak widać, wzór ten w większości przypadków daje bardzo dobre wyniki, istotniejsze niedokładności występują jedynie przy bardzo małej rozdzielczości n połączonej z bardzo dużym nadpróbkowaniem N_S/K , co odpowiada ujemnej rozdzielczości zredukowanej v .



Rys. 1. Znormalizowana efektywna liczba próbek sygnału N_{eff}/N_S w funkcji rozdzielczości przetwornika n : porównanie wyników numerycznych z pracy [6] i wyprowadzonego wzoru (27).



Rys. 2. Znormalizowana efektywna liczba próbek sygnału N_{eff}/N_S w funkcji zredukowanej rozdzielczości przetwornika v : porównanie wyników numerycznych z pracy [6] i wyprowadzonego wzoru (27).

Wyprowadzony wzór (27) warto poddać pewnym uproszczeniom, aby można było wyraźniej zauważyć związki między różnymi parametrami. Postępowanie takie ma sens w obszarze, w którym zgodność wzoru z odtwarzanymi wynikami nie budzi zastrzeżeń, tj. przy $v > 0$. Powszechnie uznane jest

przyjmowanie $\alpha \approx 4$, a dla tej wartości $\operatorname{erf}\left(\alpha/\sqrt{2}\right) \approx 1$. Od n zależy tylko drugi wyraz w nawiasie, odwrotnie proporcjonalny do σ , czyli malejący jak 2^{-n} . Wyraz ten jest mały i można go pominąć. Rozwijając funkcje trygonometryczne w wyrażeniu (15) na σ_w^2 do dwóch pierwszych wyrazów szeregu Maclaurina, a następnie zostawiając jedynie wyraz wiodący, otrzymuje się

$$\sigma_w \approx \frac{2^n \pi}{\alpha \sqrt{3}} \left(\frac{N_S}{K}\right)^{-1} = \frac{2^v \pi}{\alpha \sqrt{3}}. \quad (28)$$

Dla małych wartości argumentu x funkcja błędu $\operatorname{erf}(x) \approx 2x/\sqrt{\pi}$, zatem dla $v > 0$ dochodzi się do uproszczonego wzoru:

$$\frac{N_{\text{eff}}}{N_S} \approx 1 - \frac{\alpha \sqrt{3}}{2^n \sqrt{2\pi^3}} \frac{N_S}{K} = 1 - \frac{\alpha \sqrt{3}}{2^v \sqrt{2\pi^3}}. \quad (29)$$

Dokładność tego wzoru jest mała przy $v \approx 0$, ale szybko rośnie dla coraz większych v . Brak zależności od n i N_S/K innych, niż przez v , tłumaczy położenie wyników wzdłuż jednej krzywej (rys. 2).

Podsumowanie

Wyprowadzone wyrażenie (27) umożliwia obliczenie z dużą dokładnością efektywnej liczby próbek sygnału cyfrowego z multipleksacją OFDM. Stanowi ono uzupełnienie opracowania [6], sprowadzając część zaprezentowanego tam modelu do postaci całkowicie analitycznej. Otrzymany wzór wskazuje, że błędy związane z szybkozmienną częścią zniekształceń nieliniowych w typowych przetwornikach C/A o rozdzielczościach kilkunastu bitów i większych można wydajnie zmniejszać przez zwiększanie nadpróbkowania. Jednak nie dotyczy to przetworników o mniejszych rozdzielczościach, gdyż wówczas efektywna liczba próbek jest istotnie mniejsza od liczby próbek, zatem efekty nadpróbkowania słabną. Wniosek ten może mieć pewne praktyczne znaczenie przy konstruowaniu prostych systemów, w których z uwagi na koszty, albo z innych względów, nie można zastosować typowego przetwornika C/A. Przykładem takiego systemu może być ośmiobitowy mikrokontroler z drabinką rezystorową dołączoną do wyprowadzeń jednego z jego portów (szczególnie, jeżeli tylko część wyprowadzeń portu byłaby dostępna).

Podziękowanie

Prace nad zagadnieniami będącymi tematem artykułu były współfinansowane ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, projekt nr POIG.01.01.02-00-014/08. Kilku cennych wskazówek udzielił dr Krzysztof Łatuszyński, za co autor składa serdeczne podziękowanie.

Dodatek – wyprowadzenie wyrażenia (15)

Wariancję σ_w^2 zmiennej losowej $w(T)$ można obliczyć wykonując przytoczony poniżej rachunek. Wartość średnia $w(T)$ zdefiniowanego wzorem (12)

$$\langle w(T) \rangle = \sum_{k=1}^K \operatorname{Re} \left\{ \langle A_k \rangle \langle e^{j\phi_k} \rangle \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} = 0, \quad (30)$$

ponieważ zgodnie z założeniem A_k i ϕ_k są niezależne oraz $\langle e^{j\phi_k} \rangle = 0$ dla każdego k . Wariancja σ_w^2 jest zatem równa średniemu kwadratowi $w(T)$:

$$\sigma_w^2 = \langle w(T)^2 \rangle = \left\langle \left[\sum_{k=1}^K \operatorname{Re} \left\{ A_k e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} \right]^2 \right\rangle. \quad (31)$$

Wygodnie jest kwadrat sumy rozpisać jako iloczyn sum po różnych wskaźnikach:

$$\left[\sum_{k=1}^K \operatorname{Re} \left\{ A_k e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} \right]^2 = \sum_{k=1}^K \operatorname{Re} \left\{ A_k e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} \sum_{l=1}^K \operatorname{Re} \left\{ A_l e^{j\phi_l} \left(e^{j\omega_l T} - 1 \right) \right\}, \quad (32)$$

a ponieważ operatory sumowania części rzeczywistej oraz wartości średniej są liniowe, można poprzestawiać ich kolejność otrzymując wyrażenie:

$$\langle w(T)^2 \rangle = \operatorname{Re} \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \left\langle A_k e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) A_l \operatorname{Re} \left\{ e^{j\phi_l} \left(e^{j\omega_l T} - 1 \right) \right\} \right\rangle \right\}, \quad (33)$$

w którym wykorzystano, że A_l jest rzeczywiste. Warto w tym punkcie zauważyć, że dla każdego wyrazu, w którym $l \neq k$, ze względu na niezależność zmiennych losowych A_k , A_l , ϕ_k i ϕ_l wartość oczekiwana pod sumą jest równa iloczynowi

$$\langle A_k A_l \rangle \langle e^{j\phi_k} \rangle \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \operatorname{Re} \left\{ \langle e^{j\phi_l} \rangle \left(e^{j\omega_l T} - 1 \right) \right\} = 0, \quad (34)$$

gdzie wykorzystane zostało założenie, że $\langle e^{j\phi_k} \rangle = \langle e^{j\phi_l} \rangle = 0$. Pozostają zatem jedynie wyrazy, w których $l = k$, tj.:

$$\langle w(T)^2 \rangle = \operatorname{Re} \left\{ \sum_{k=1}^K \langle A_k^2 \rangle \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \left\langle e^{j\phi_k} \operatorname{Re} \left\{ e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} \right\rangle \right\}. \quad (35)$$

Następnie, $\langle A_k^2 \rangle$ można wyznaczyć ze wzoru (2), część rzeczywistą zaś wewnątrz pozostałej wartości oczekiwanej rozpisac według wzoru $\operatorname{Re} \{z\} = (z + z^*)/2$, po czym daje się ona policzyć:

$$\left\langle e^{j\phi_k} \operatorname{Re} \left\{ e^{j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) \right\} \right\rangle = \frac{1}{2} \left\langle e^{2j\phi_k} \left(e^{j\omega_k T} - 1 \right) + \left(e^{-j\omega_k T} - 1 \right) \right\rangle = \frac{1}{2} \left(e^{-j\omega_k T} - 1 \right), \quad (36)$$

co wynika z założenia, że $\langle e^{2j\phi_k} \rangle = 0$. Ponieważ $\omega_k T = 2\pi k/N_S$, otrzymuje się:

$$\langle w(T)^2 \rangle = \frac{\sigma^2}{K} \sum_{k=1}^K \left| \exp \left(\frac{2\pi j k}{N_S} \right) - 1 \right|^2 = 2\sigma^2 \left(1 - \frac{1}{K} \operatorname{Re} \left\{ \sum_{k=1}^K \exp \left(\frac{2\pi j k}{N_S} \right) \right\} \right). \quad (37)$$

Ze wzoru na sumę K pierwszych wyrazów szeregu geometrycznego wynika:

$$\operatorname{Re} \left\{ \sum_{k=1}^K \exp \left(\frac{2\pi j k}{N_S} \right) \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{\exp \left(\frac{(2K+1)\pi j}{N_S} \right) - \exp \left(\frac{\pi j}{N_S} \right)}{\exp \left(\frac{\pi j}{N_S} \right) - \exp \left(-\frac{\pi j}{N_S} \right)} \right\} = \frac{\sin \frac{(2K+1)\pi}{N_S} - \sin \frac{\pi}{N_S}}{2 \sin \frac{\pi}{N_S}}. \quad (38)$$

Stosując do licznika wzór na różnicę sinusów:

$$\sin a - \sin b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2} \quad (39)$$

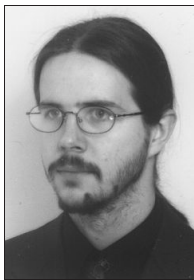
i wykorzystując tak otrzymany wynik dochodzi się do wyrażenia (15), natomiast skracając $\sin \frac{\pi}{N_S}$ otrzymuje się jego inną formę:

$$\sigma_w^2 = \langle w(T)^2 \rangle = 2\sigma^2 \left(1 + \frac{1}{2K} - \frac{\sin \frac{(2K+1)\pi}{N_S}}{2K \sin \frac{\pi}{N_S}} \right). \quad (40)$$

Bibliografia

- [1] Chang R.W.: *High-speed multichannel data transmission with bandlimited orthogonal signals*. Bell Sys. Tech. J., 1966, z. 45, s. 1775–1796
- [2] Saltzberg B.R., *Performance of an efficient parallel data transmission system*. IEEE T. Commun. Technol., 1967, z. 15, s. 805–811
- [3] Weinstein S.B., Ebert P.M., *Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete Fourier transform*. IEEE T. Commun. Technol., 1971, z. 19, s. 628–634
- [4] Gross R., Veeneman D.: *SNR and spectral properties for a clipped DMT ADSL signal*. 1994 IEEE ICC Conf. Rec., 1994, z. 2, s. 843–847
- [5] Mehrnia A.: *Optimum DAC resolution for WMAN, WLAN and WPAN OFDM-based standards*. 2005 ICCE Dig. Techn. Papers, 2005, s. 355–356
- [6] Rudziński A., Kozłowski S.: *Wymagania na rozdzielczość i nieliniowość przetwornika C/A dla sygnału OFDM*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2010, nr 3-4, s. 78–93

Adam Rudziński



Dr inż. Adam Rudziński (1980) – absolwent Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (2004) oraz Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (2009); prace naukowe i badawczo-rozwojowe w Instytucie Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW oraz w Instytucie Radioelektroniki PW; autor lub współautor ponad 20 publikacji naukowych; zainteresowania naukowe: modelowanie układów elektronicznych i zjawisk w nich występujących, konstrukcje urządzeń elektronicznych, oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią, optyka kwantowa; praca zawodowa: projektowanie układów i urządzeń elektronicznych, aktualnie projektant w SKA Polska Sp. z o.o.

e-mail: adam.rudzinski@ire.pw.edu.pl, a.rudzinski@ska-polska.pl

Zastosowanie norm pocztowych

Ryszard Kobus

W artykule przedstawiono normy definiujące badania jakości usług pocztowych. Przedstawiono także normy definiujące usługi pocztowe realizowane przez media elektroniczne oraz systemy informatyczne stosowane w realizacji procesów poczty tradycyjnej i nowych usług pocztowych.

usługi pocztowe, jakość usług, normy pocztowe

Wprowadzenie

Obecnie normy są tworzone przez użytkowników norm, dla użytkowników. Normy te nie stanowią prawa, są jedynie dokumentem zawierającym zalecenia wspomagające producentów i dostawców usług w ich działalności. Należy zwrócić uwagę, że normy jako dokumenty o dużym zaufaniu publicznym mogą być powoływane w przepisach prawnych oraz stanowić wsparcie przy rozwiązywaniu zagadnień technicznych i spraw spornych. Normy opracowywane są przez ekspertów o odpowiednio wysokich kwalifikacjach, przy spełnieniu procedur zapewniających zasady dobrowolności, bezstronności, efektywności, wiarygodności i spójności i są uzgadniane na poziomie krajowym i europejskim. Nawet jeśli producent rezygnuje z ich stosowania, powinien mieć świadomość wiedzy zawartej w normach.

Stosowanie norm jest dobrowolne, ale przez przywołanie danej normy w ustawie wymagania w niej zawarte stają się obowiązujące. Polskie Normy mogą być powoływane w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim.

Usługi pocztowe, które do niedawna polegały prawie wyłącznie na przesyłaniu listów, migrują w stronę usług elektronicznych. Także realizacja tradycyjnych usług pocztowych wspomagana jest coraz częściej systemami informatycznymi. Operatorzy pocztowi inwestują również w budowę własnych sieci informatycznych. Wszystko to powoduje zwiększenie zainteresowania Instytutu Łączności (IŁ) współpracą z instytucjami pocztowymi, gdyż jest on merytorycznie przygotowany do rozwiązywania ich problemów.

Należy przypomnieć, że Instytut Łączności od wielu lat był zainteresowany zagadnieniami poczty (tradycyjnej), co znajduje potwierdzenie w jego nazwie. Pojęcie „łączność” obejmuje bowiem zarówno telekomunikację, jak i pocztę. Obecnie Instytut współpracuje z Urzędem Komunikacji Elektronicznej (UKE) w badaniach terminowości przesyłek pocztowych i paczek. Możliwe jest rozszerzenie obszaru działalności IŁ o prace nad informatycznymi systemami pocztowymi, przedstawionymi w dalszej części artykułu.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zastosowania norm w usługach pocztowych z uwzględnieniem faktu, że organizacje pocztowe rozszerzają swoją działalność o usługi poczty hybrydowej i pewne specjalizowane usługi poczty elektronicznej.

Organizacje normalizacyjne

W Europie działają trzy organizacje normalizacyjne. Są to:

- CEN – *Comité Européen de Normalisation* - Europejski Komitet Normalizacyjny, został oficjalnie utworzony w 1974 r. Podstawowym zadaniem CEN jest opracowywanie, przyjmowanie i rozpowszechnianie norm europejskich oraz innych dokumentów normalizacyjnych we wszystkich obszarach gospodarki z wyłączeniem elektrotechniki, elektroniki i telekomunikacji. CEN zrzesza krajowe organizacje normalizacyjne, a także członków stowarzyszonych, afiliantów i partnerskie jednostki normalizacyjne. Jest stowarzyszeniem technicznym typu „non-profit”. Normy pocztowe opracowywane są przez komitet techniczny CEN TC331 Postal Services.
- CENELEC – *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique* - Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki. CENELEC powstał w 1973 roku, w wyniku połączenia dwóch, wcześniej istniejących, organizacji europejskich – CENELCOM i CENEL. Misją CENELEC jest opracowywanie dobrowolnych norm z zakresu elektrotechniki i elektroniki. Jest stowarzyszeniem technicznym typu „non-profit”, działającym w ramach prawa belgijskiego. CEN i CENELEC mają wspólne procedury i wspólne biuro w Brukseli.
- ETSI – *European Telecommunications Standards Institute* - Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych. Jego podstawowym zadaniem jest opracowywanie norm dla europejskiego rynku telekomunikacyjnego.

W Polsce krajową organizacją normalizacyjną jest Polski Komitet Normalizacyjny PKN. PKN jest od 2004 r. członkiem zarówno CEN, jak i CENELEC. Natomiast w ETSI pełni funkcję Krajowej Organizacji Normalizacyjnej zwanej NSO^①. Instytut Łączności jest członkiem 13 komitetów technicznych przy PKN.

Dokumenty normalizacyjne CEN

CEN opracowuje trzy podstawowe rodzaje dokumentów, najważniejszym jest norma europejska (EN).

- EN - norma europejska jest dokumentem technicznym przeznaczonym do stosowania jako zasada, wytyczna lub definicja. Powstaje w wyniku konsensusu. EN jest wdrażana we wszystkich krajach członkowskich CEN, otrzymuje status normy krajowej, a wszelkie sprzeczne z nią normy krajowe muszą być wycofane. Również ogłoszenie przez CEN rozpoczęcia prac nad ustanowieniem Normy Europejskiej skutkuje koniecznością zatrzymania krajowych projektów które z nią kolidują.
- TS – specyfikacja techniczna jest również dokumentem normalizacyjnym. W założeniach jest to tzw. prenorma, co oznacza, że dokument w przyszłości może być przekształcony w normę EN. TS nie ma statusu EN, ale może być przyjęta jako norma krajowa. Musi zostać opracowana w jednym z języków urzędowych CEN, po okresie dwóch, maksymalnie trzech lat powinna zostać przekształcona w EN lub wycofana. TS nie może być sprzeczna z EN. Dokument podlega głosowaniu przez krajowe organizacje normalizacyjne.
- TR – raport techniczny jest dokumentem normalizacyjnym. Raporty techniczne mogą być przygotowane, gdy informacje w nich zawarte uznaje się za pilne lub wskazane, aby zapewnić dodatkowe informacje członkom krajowym CEN, Komisji Europejskiej, Sekretariatowi EFTA^②, agencjom rządowym lub innym podmiotom. TR zawiera często informacje różne od tych jakie znajdują się w EN, często mają formę przewodników, w tym również przewodników wdrażania implementacji

^① NSO – National Standards Organization.

^② EFTA – European Free Trade Association, Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu.

norm EN. TR jest zatwierdzany przez Radę Techniczną CEN lub przez komitet techniczny odpowiedzialny za jego opracowanie zwykłą większością głosów i może być opublikowany tylko w jednym z trzech języków urzędowych CEN (angielski, francuski i niemiecki).

Stosowane są dwie procedury opracowania norm. Może być ona opracowana na zlecenie Komisji Europejskiej w ramach tzw. mandatu na prace normalizacyjne. Są to tzw. normy zharmonizowane. Normy tak opracowane stanowią narzędzia KE w implementacji dyrektyw. Wykazy norm zharmonizowanych są publikowane w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej. Normy nie są elementem prawa europejskiego.

Drugą metodą jest opracowanie normy w wyniku inicjatywy członków Komitetu Technicznego. Wymagane jest poparcie projektu przez większość członków danego KT oraz deklaracja udziału w pracach nad opracowaniem projektu przez 5 członków (krajów). Projekty norm są dwukrotnie poddane procedurze głosowania przez krajowe KT.

Pocztowe komitety techniczne

Komitet Techniczny CEN TC331 – *Postal Services*^① działa od 1996 r. Zrzesza on kraje członkowskie Unii Europejskiej (EU), kraje Europejskiego Obszaru Gospodarczego oraz kraje kandydujące do EU. Ostatnio do TC331 dołączyła Turcja.

W ramach TC331 działają aktywnie cztery grupy robocze. Sekretariat TC 331 jest prowadzony przez NEN^②. Pracami TC 331 kieruje jego przewodniczący Alan Roset z LaPoste, a zastępcą jest Troel Thomsen z Danmark Post. Obecnie aktywne są następujące grupy robocze (WG):

- WG1 – jakość usług. Normy definiujące jakość usług pocztowych są opracowywane w grupie roboczej WG1 i w dużej mierze prace nad nimi są finansowane poprzez tzw. mandaty udzielone przez Komisję Europejską. Normy te stanowią narzędzia do implementacji Dyrektywy Pocztowej [1], a stosowanie ich jest monitorowane przez krajowe urzędy regulacyjne^③ oraz organizacje je zrzeszające, w tym: Komitet Regulacji Pocztowej (CERP^④) i działająca od 2010 r. Europejska Grupa Regulatorów ds. Usług pocztowych (EGRP^⑤).
- WG2 – poczta hybrydowa. Grupa zajmuje się normami z zakresu poczty hybrydowej, jak również poczty elektronicznej.
- WG3 – adresowanie i automatyczna identyfikacja przesyłek.
- WG5 – skrzynki pocztowe.

W pracach grup roboczych WG1 i WG5 bierze udział przedstawiciel Instytutu Łączności. Działalność grupy WG4 jest obecnie zawieszona, grupa ta opracowała jedną normę dotyczącą kaset do przewozu poczty międzynarodowej.

Komitet Techniczny CEN TC331 współpracuje z krajowymi komitetami technicznymi oraz z organizacjami międzynarodowymi:

- ANEC – stowarzyszenie reprezentujące europejskich konsumentów w dziedzinie normalizacji (*European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation*)

^① Usługi pocztowe.

^② NEN - Nederlands Normalisatie-instituut, Holenderski Instytut Normalizacyjny.

^③ W Polsce Urząd Komunikacji Elektronicznej UKE.

^④ CERP - European Committee for Postal regulation.

^⑤ EGRP – The European Regulators Group for postal Services.

- CERP – Europejski Komitet ds. Regulacji Poczty (European Committee for Postal Regulation)
- IPC – Międzynarodowa Korporacja Poczta (International Post Corporation),
- UPU – Światowy Związek Pocztowy (Universal Postal Union),
- FEPE – Europejska Federacja Producentów Kopert (European Federation of Envelope Manufacturers in Europe).

Należy dodać, że znaczna część norm (WG2, WG3 i WG4) jest opracowywana wspólnie z UPU. Zastosowanie norm pocztowych było już opisywane w [2, 3].

Odpowiednikiem TC331 w PKN jest Komitet Techniczny nr 259 działający od 1994 r. Od 2004 r. współpracuje i bierze aktywny udział w pracach TC331. Obecnie w pracach KT bierze udział 9 ekspertów z 5 organizacji, w tym z Instytutu Łączności. Sekretariat KT prowadzi Poczta Polska, Przewodniczącym KT jest Ryszard Rożek z Poczty Polskiej, a zastępcą przewodniczącego Ryszard Kobus z IŁ.

Projekty WG1

Największą grupę norm stanowią normy definiujące badania terminowości doręczeń i zaginięć przesyłek. Stosowane są różne metodyki pomiaru, inne dla przesyłek nierejestrowanych i inne dla paczek i przesyłek rejestrowanych [4, 5, 6].

Badania przesyłek listowych nierejestrowanych określają następujące normy:

- PN-EN 13850 – *Usługi pocztowe – Jakość usług – Pomiar czasu przebiegu od końca do końca pojedynczych przesyłek priorytetowych i przesyłek pierwszej klasy,*
- PN-EN 14508 – *Usługi pocztowe – Jakość usług – Pomiar czasu przebiegu od końca do końca pojedynczych przesyłek niepriorytetowych i przesyłek drugiej klasy,*
- PN-EN 14534 – *Usługi pocztowe – Jakość usług – Badania terminowości przesyłek listowych masowych,*
- CEN/TS 14773 – *Postal services – Quality of service – Measurement of loss and substantial delay in priority and first class single piece mail using a survey of test letters*^①.

Badania te są realizowane przez niezależną instytucję badawczą metodą wysyłania przesyłek testowych przez zatrudnioną grupę respondentów. Badanie może być sponsorowane przez operatora lub regulatora, ale lokalizacja respondentów powinna być dla nich nieznana. Badanie powinno być audytowane.

Komisja Europejska zwraca szczególną uwagę na usługę listów priorytetowych, a zwłaszcza na potrzebę szybkiej jej realizacji. W Polsce i krajach będących nowymi członkami UE nie jest to usługa zbyt popularna, listy priorytetowe stanowią zaledwie około 4% wszystkich przesyłek listowych.

Metodyka prowadzenia tych badań została opracowana w latach 2002-2003 pod kątem badania jakości usług świadczonych przez dużych operatorów działających na terenie jednego kraju i systemów pocztowych realizujących pocztowe usługi międzynarodowe. Przyjęcie do UE nowych krajów członkowskich, w których przepływy pocztowe są znacznie mniejsze, oraz planowane uwolnienie rynku pocztowego wymuszają zmiany w metodyce badania, a tym samym nowelizacji norm. Nowelizacja normy EN 13850 została już zakończona, w połowie 2012 r. odbędzie się głosowanie końcowe, natomiast prace nad nowelizacją norm EN 14508 i EN 14534 zostały rozpoczęte w 2012 r.

^① *Badania zaginięć i istotnych opóźnień pojedynczych przesyłek priorytetowych i przesyłek pierwszej klasy poprzez badanie przesyłek testowych.*

Nie wszystkie cele nowelizacji EN 13850 udało się osiągnąć. Rozszerzono znacznie zakres stosowania normy i można ją stosować do badania terminowości nawet na małych obszarach i do badania osiągnięć operatorów realizujących małe przepływy pocztowe. Norma umożliwi lepsze przybliżenie charakterystyki ruchu testowego do rzeczywistych przepływów poczty. Poprawiono także część statystyczną normy. Znowelizowana norma jest przeznaczona do badania czasu przesyłania przesyłek „od końca do końca”, ale nie zapewnia:

- badania w środowisku, gdzie więcej niż jeden operator zbiera przesyłki na danym obszarze^①,
- oszacowania udziału poszczególnych operatorów na końcowy wynik czasu przesyłania.

Zgodnie z normą badanie może być wykonane bez wykorzystania systemów elektronicznych i wtedy korzysta się jedynie z rejestracji prowadzonych przez nadawców i adresatów przesyłek testowych oraz z wykorzystaniem znaczników RFID [7]. Zastosowanie znaczników RFID zwiększa wiarygodność badania, ale znaczniki zapewniające wymagany zasięg rejestracji są drogie, no i wymaga to wyposażenia węzłów sortujących w odpowiednie bramki rejestrujące przepływ przesyłek.

Należy dodać, że badania terminowości poczty międzynarodowej wykonywane są wyłącznie z wykorzystaniem znaczników RFID, a bramki umieszczone w punktach wymiany poczty umożliwiają ocenę udziału poszczególnych krajów w wyniku końcowym. Ocena ta jest dokonywana poza normą. Badania terminowości poczty międzynarodowej są zarządzane przez IPC, która zatrudnia wyspecjalizowaną agencję badawczą i publikuje wyniki.

Norma EN13850 jest powszechnie stosowana w Europie, tylko 2 kraje spośród 30 nie deklarują jej stosowania (Luksemburg oraz Macedonia).

Pozostałe normy z tej grupy t.j. EN 14508 (badanie terminowości przesyłek ekonomicznych), EN 14534 (badanie terminowości przesyłek masowych) i CEN/TS 14773 (badania zaginięć i istotnych opóźnień) stosowane są już tylko przez niektóre kraje. Przewiduje się, że po nowelizacji norma EN 14534 zmieni swój charakter i zostanie normą o zastosowaniu komercyjnym.

W Polsce badania terminowości doręczeń przesyłek priorytetowych i ekonomicznych są wykonywane, na zlecenie UKE i realizowane przez niezależną instytucję badawczą, wybraną w drodze przetargu. Metodologię prowadzenia ww. badań opracowano w Instytucie Łączności, który prowadzi również audyty tych badań.

Badania terminowości i zaginięć paczek i przesyłek rejestrowanych określają normy:

- CEN-TR15472 – *Badanie czasu przesyłania paczek z zastosowaniem systemu śledzenia i wyszukiwania,*
- PN-EN 14137 – *Badanie zaginięć przesyłek rejestrowanych i innych rodzajów usług pocztowych, wykorzystujące system śledzenia i wyszukiwania.*

System śledzenia i wyszukiwania rejestruje kody paskowe umieszczone na przesyłkach rzeczywistych. Rejestrowane jest nadanie przesyłki, wejście i wyjście z każdej sortowni oraz doręczenie przesyłki. System umożliwia analizę czasów przesyłania, na potrzeby operatora, jak również przez portal operatora obserwację przebiegu przesyłki od nadawcy do adresata. System może realizować również inne funkcje, np. obliczać procent przesyłek doręczonych na czas w określonym przedziale czasu. Przeprowadzenie badania terminowości jest tanie i zapewnia dużą dokładność pomiaru, ponieważ:

- badanie jest prowadzone dla dużej próby testowej,

^① Multi-Operator Environments

- charakterystyka próby testowej odpowiada w pełni charakterystyce ruchu rzeczywistego.

W Polsce planowane jest rozpoczęcie badań terminowości doręczeń paczek pocztowych na podstawie zapisów systemu śledzenia i wyszukiwania. Instytut Łączności opracuje w drugiej połowie 2012 roku metodykę badania terminowości i jest przygotowany do jego audytowania.

Wspólnie z grupą roboczą WG2 są prowadzone prace w zakresie opracowania normy i procedur badania terminowości poczty hybrydowej. Badania realizowane są klasyczną metodą przesyłania przesyłek testowych pomiędzy uczestnikami panelu badawczego.

Badanie procedur reklamacyjnych i odszkodowawczych definiuje norma PN-EN 14012. Produktem tej normy są statystyki określające wskaźniki reklamacji w tym dla listów i paczek pocztowych oraz wskaźniki określające terminowość opracowania reklamacji. Należy dodać, że statystyki z realizacji procesów reklamacyjnych publikowane są przez prawie wszystkie kraje UE, ale norma jest w pełni implementowana tylko przez 13 krajów. Również statystyki publikowane w Polsce w dużym stopniu nie spełniają wymagań normy. Instytut Łączności opracował procedurę analizowania i weryfikacji rekordów reklamacyjnych, dostosowaną do technologii opracowania reklamacji przez Poczczę Polską.

Obecnie WG1 realizuje prace wstępne nad nowymi projektami. Są to projekty trudne, dotyczą badania zdarzeń występujących rzadko i dlatego analiza ilościowa zjawisk nie jest możliwa przy akceptowalnych kosztach badania. Realizowane są następujące nowe tematy:

- terminowość przebiegu na poszczególnych odcinkach procesu technologicznego opracowania przesyłek (*partial pipeline*),
- pomiary błędnego i nieprawidłowego doręczania,
- dosyłanie poczty (*reforwarding*),
- stałość czasu doręczania (dla klientów biznesowych),
- przyczyny uszkodzeń przesyłek oraz działania łagodzące ich skutki i eliminujące przyczyny.

W pracach tych biorą również udział eksperci z Polski.

Projekty WG2

Międzynarodowe organizacje pocztowe wykazują duże zainteresowanie usługami elektronicznymi, w tym również usługami hybrydowymi [8]. Wielu nadawców poczty masowej rezygnuje z przesyłania dokumentów w postaci papierowej (np. wyciągi bankowe, faktury, katalogi) i wysyła je jako dokumenty elektroniczne. Należy przy tym zwrócić uwagę na to, że:

- doręczanie wiadomości elektronicznej jest szybsze i znacznie tańsze,
- w wielu krajach uznaje się dokumenty elektroniczne w procesach prawnych i podatkowych,
- technologie elektroniczne zapewniają nowe funkcjonalności nieosiągalne w technologii papierowej.

Należy jednak dodać, że operator poczty hybrydowej, w przeciwieństwie do operatora poczty klasycznej, ma dostęp do treści przesyłanych dokumentów. Musi to być instytucja zapewniająca poufność i integralność przesyłanych dokumentów w całym ciągu technologicznym.

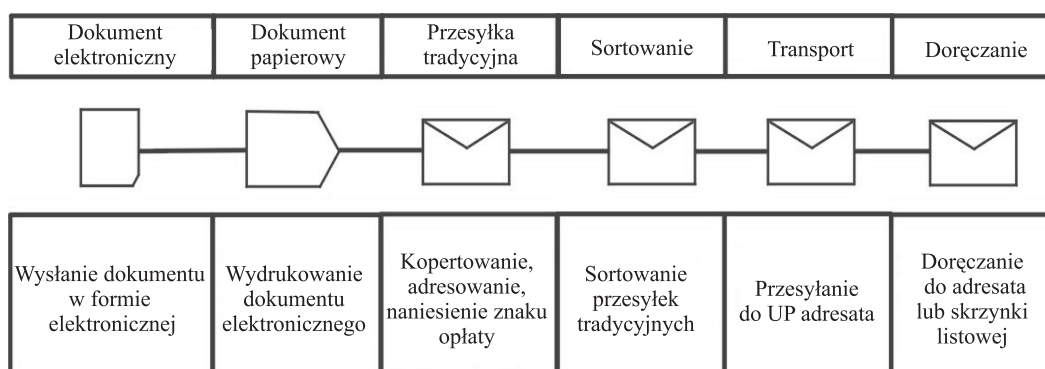
CEN/TC 331 wspólnie z UPU pracuje intensywnie nad normami definiującymi nowe usługi. Poniżej przedstawiono przykłady projektów wykorzystujących technologie elektroniczne.

Usługi poczty hybrydowej

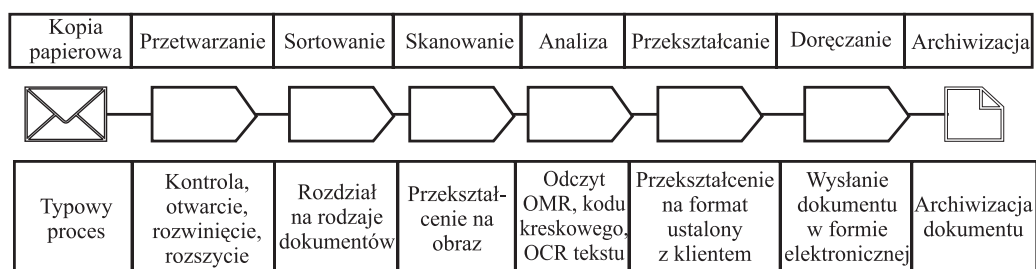
Przesyłanie oryginalnego papierowego dokumentu coraz częściej jest zastępowane przekazem cyfrowym. Obecnie istnieją już skuteczne i znormalizowane technologie zapewniające integralność dokumentów, która może być weryfikowana zarówno w formie papierowej, jak i elektronicznej. Obraz dokumentu może być śledzony i porównywany zwrotnie z oryginałem, niezależnie od kanału dystrybucyjnego.

W klasycznej poczcie hybrydowej nadawca nadaje dokument w postaci elektronicznej, natomiast operator pocztowy drukuje go, kopertuje i w postaci papierowej doręcza adresatowi. Usługa jest przeznaczona do wymiany informacji między urzędami administracji publicznej i innymi podmiotami lub osobami. Usługi poczty hybrydowej stanowią element e-administracji, pozwalając na zwiększenie efektywności działania organów administracji. Z usługi mogą również korzystać duże organizacje handlowe, banki, operatorzy telekomunikacyjni do wysyłania faktur i wyciągów.

W przypadku rewersyjnej poczty hybrydowej nadawca wysyła korespondencję w postaci papierowej, natomiast operator pocztowy doręcza ją adresatowi w postaci elektronicznej. Typowy przebieg procesu technologicznego poczty hybrydowej pokazano na rysunkach 1 i 2.

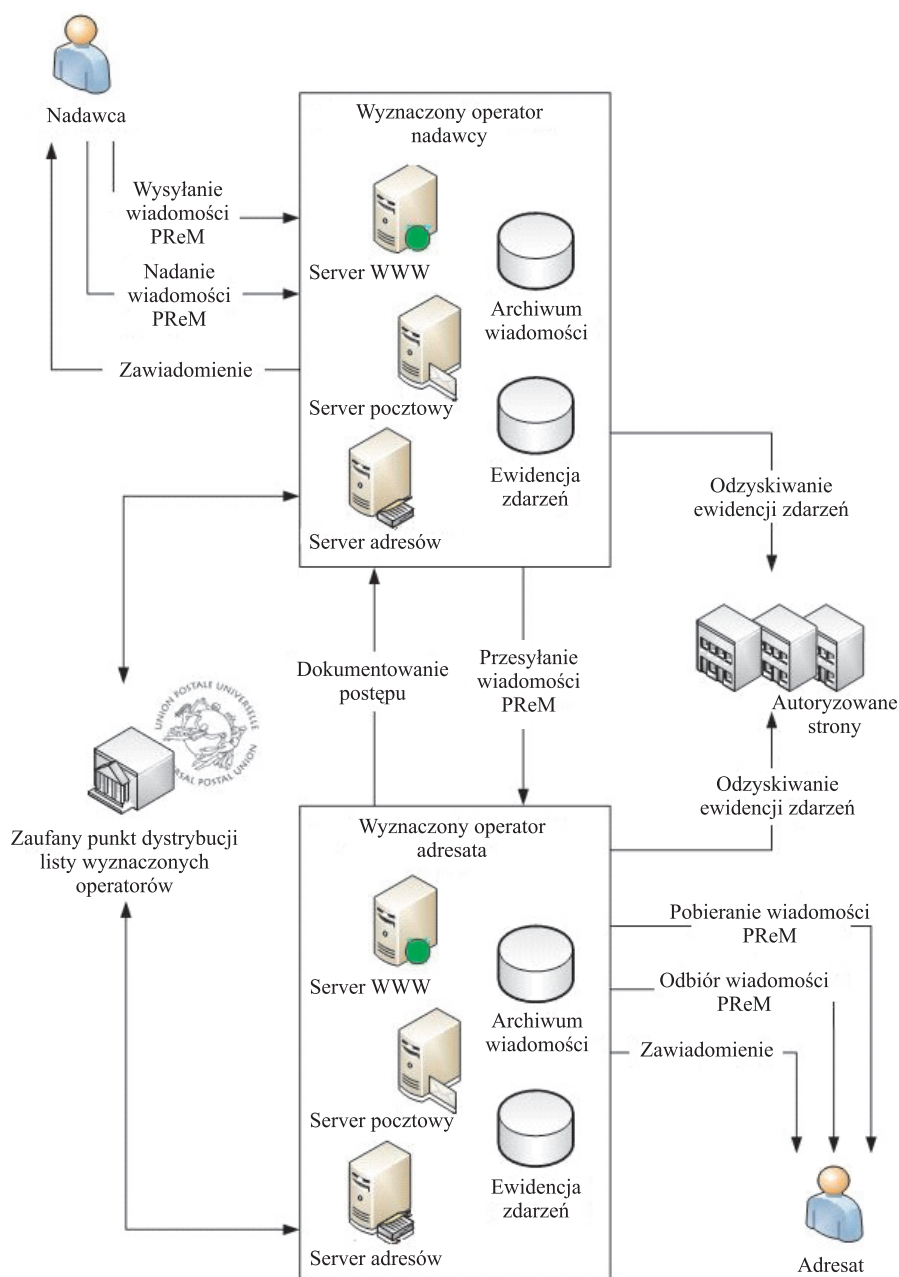


Rys. 1. Typowy proces poczty hybrydowej



Rys. 2. Typowy proces rewersyjnej poczty hybrydowej^① [źródło: CEN TC 331/WG 2]

^① OMR - Optical Mark Recognition - rozpoznawanie w obrazie poszczególnych pól i elementów dokumentu. OCR - Optical Character Recognition – zestaw technik lub oprogramowanie służące do rozpoznawania znaków i całych tekstów w pliku graficznym o postaci rastrowej.



Rys 4. Model koncepcyjny rejestrowanej poczty elektronicznej [źródło: CEN/TS16326]

Elektroniczna poczta rejestrowana PReM^① będzie zapewniać [9]:

- pełne bezpieczeństwo przesyłanych wiadomości dzięki zastosowaniu szyfrowania na całej trasie przesyłania, powiadomianie nadawcy i adresata o zdarzeniach występujących w trakcie przesyłania wiadomości,

^① Postal Registered eMail.

- pełną rejestrację i archiwizację w bezpiecznym miejscu wszystkich zdarzeń związanych z przesyłaniem wiadomości,
- autoryzację wyznaczonych operatorów uprawnionych do świadczenia usługi,
- weryfikację zarejestrowanych użytkowników przez uprawnionych operatorów.

Projekt zakłada, że usługa będzie świadczona na całym świecie, a autoryzację operatorów wyznaczonych prowadzić będzie UPU jako organizacja międzynarodowa o uznanym autorytecie. PReM zapewnia przekazywanie wiadomości nadawanych jedynie przez użytkowników zarejestrowanych u swoich wyznaczonych operatorów. Możliwe jest przy tym nadawanie wiadomości do adresatów poza systemem PReM, ale przy ograniczeniu funkcji kontrolnych nad jej przekazywaniem. Usługa ta będzie oferowana jako opcja usługi bezpiecznej poczty elektronicznej – SePS^① [10-17].

Usługa ta powinna zainteresować użytkowników potrzebujących bezpiecznej wymiany poczty elektronicznej w relacjach międzynarodowych.

Projekty WG3

Grupa robocza WG3 zajmuje się problemami adresowania przesyłek oraz ich automatycznej identyfikacji. Prawie wszystkie normy opracowane zostały wspólnie z UPU.

Przesyłanie i doręczanie listów i paczek jest usługą pocztową o charakterze globalnym. Adres pocztowy powinien być zrozumiały na całym świecie zarówno przez człowieka, jak i maszyny wykorzystywane powszechnie do sortowania przesyłek pocztowych [18]. WG3 opracowała wiele norm z zakresu szablonów adresowania, planu sortowania przesyłek, a także urządzeń do identyfikacji i oznaczania przesyłek pocztowych. Poniżej przedstawiono jeden z projektów dotyczący cyfrowych znaków opłaty pocztowej.

Cyfrowe znaki opłaty pocztowej

Obecnie w usługach pocztowych wykorzystuje się jeszcze frankownice, które nanoszą na kopertę znaki opłaty pocztowej zawierające: wartość opłaty, datę nadania oraz identyfikator urzędnika. Urządzenia te są słabo zabezpieczone przed kopiowaniem znaków opłaty, a rozliczanie się z operatorem jest dość pracochłonne. Współczesne technologie umożliwiają drukowanie obrazów generowanych cyfrowo i tym samym mają możliwość zakodowania istotnych danych w postaci cyfrowych znaków opłaty pocztowej - DPM^②, które są dostosowane do analizy i przetwarzania w systemach informatycznych [8]. Zastosowanie technologii drukowania znaków generowanych cyfrowo umożliwia także wprowadzenie zaawansowanych środków bezpieczeństwa nieosiągalnych w drukowaniu tradycyjnym.

Procedury tworzenia specyfikacji DPM opisane są w normie PN-EN 14615 [19] opracowanej wspólnie przez ekspertów CEN/TC 331 oraz UPU. Norma opisuje zasady projektowania DPM i związane z tym aspekty techniczne, ekonomiczne i bezpieczeństwa. Poniżej podane zostały podstawowe cechy DPM, jednak poszczególne rozwiązania mogą się znacznie różnić i zapewniać różny poziom bezpieczeństwa.

Cyfrowy znak opłaty pocztowej DPM składa się z następujących pól:

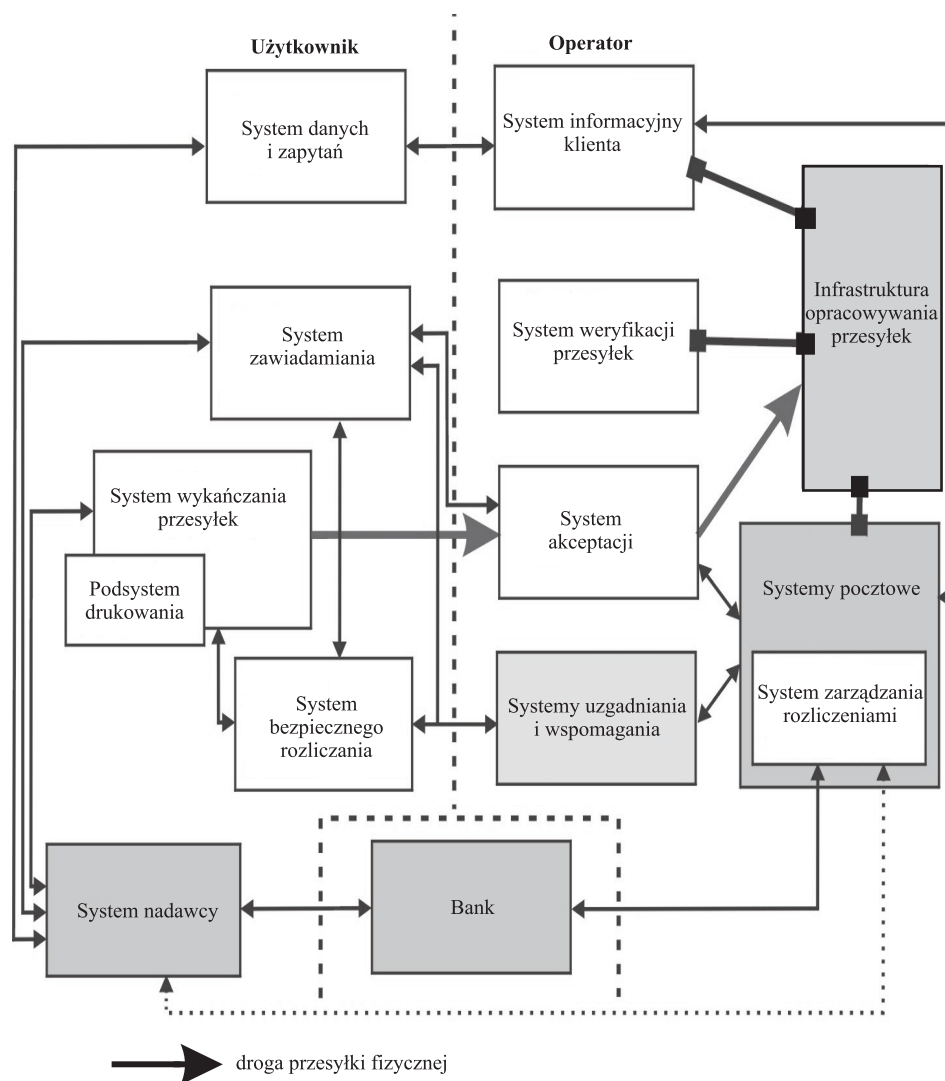
- pola graficznego, zawierającego logo i opis operatora/dostawcy usług pocztowych,
- informacji czytelnych maszynowo, zwykle w formie kodów dwuwymiarowych,
- informacji czytelnych dla człowieka, również czytelnych dla OCR,

^① *Secure electronic Postal Services.*

^② *Digital Postage Marks - cyfrowy znak opłaty pocztowej.*

– obszaru zarezerwowanego dla klienta, bezpośrednio po lewej stronie obszaru DPM, np. na reklamę. Znaki kodów dwuwymiarowych są nieczytelne dla człowieka, ale pewne informacje, np. wartość opłaty są powtarzane w postaci znaku.

Schemat blokowy architektury interfejsu nadawca–operator pocztowy, pokazano na rys. 5. Jest to system pilotażowy REMPI^①, adresowany do dużych nadawców stosujących elektroniczne potwierdzenie wysyłki. Dla klientów nadających mniejsze liczby przesyłek możliwe jest stosowanie prostszej architektury.

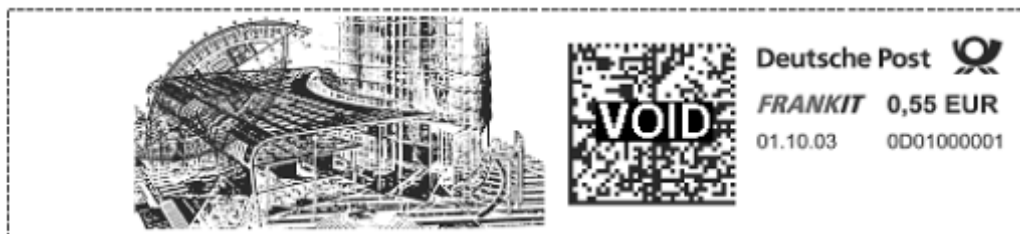


Rys. 5. Architektura REMPI [na podstawie: PN-EN 14615:2009] Bloki z szarym wypełnieniem pokazują istniejące systemy współpracujące z DPM

^① REMPI był elektronicznym projektem pilotażowym podjętym w Czwartym Ramowym Programie Unii Europejskiej Badań i Rozwoju i miał na celu badanie połączeń pomiędzy DPM z elektroniczną wymianą danych nadawcą i operatorem pocztowym.

Przedstawiona architektura zawiera moduły istniejące przed wdrożeniem systemu i nowe moduły DPM:

- system nadawcy zawiera istniejące systemy przetwarzania danych klientów i realizuje typowe funkcje biznesowe, łącznie ze sporządzaniem przesyłek i księgowością,
- system wykańczania przesyłek ma wyposażenie do przekształcania dokumentów wejściowych w wykończone przesyłki gotowe do przekazania operatorowi,
- podsystem drukowania odpowiada za utworzenie i wydrukowanie na przesyłkach pocztowych wskaźników dowodu opłaty pocztowej,
- system bezpiecznego rozliczania dotyczy księgowości i zapewnia bezpieczeństwo informacji; uwierzytelnia wskaźniki opłaty pocztowej podpisem cyfrowym,
- system zawiadamiania wykonuje kontrolę rozliczeń przesyłek i dostarcza dowodów zapłaty w formie cyfrowej,
- system akceptacji wspomaga akceptację przesyłki w środowisku opracowywania przesyłek dostawcy usług pocztowych i nadzoruje przekazanie przesyłki od klienta do operatora,
- system weryfikacji przesyłek pocztowych przetwarza i uwierzytelnia dowody zapłaty, identyfikuje klienta na podstawie wydrukowanego na przesyłce DPM oraz gromadzi informacje do prowadzenia i weryfikacji rozliczeń;
- systemy uzgadniania i wspomagania zajmują się zarządzaniem systemem rozliczania opłat pocztowych, zainstalowanego w przedsiębiorstwie klienta,
- bank zapewnia wnoszenie płatności poprzez dostępne kanały bankowe;
- systemy pocztowe to istniejąca pocztowa infrastruktura przetwarzania danych, łącznie z systemami zarządzania rozliczeniami klientów,
- infrastruktura opracowywania przesyłek umożliwia zautomatyzowane opracowywanie przesyłek pocztowych, łącznie z OCR, maszynami sortującymi itp., zawiera czytniki połączone z systemami DPM,
- system informacyjny klienta wspomaga:
 - elektroniczne raportowanie i dostępność informacji o statusie przesyłek,
 - dostarczanie informacji pomagających klientowi w przygotowywaniu przesyłek do przekazania operatorowi pocztowemu,
 - rejestrację preferencji klientów dotyczących sposobu doręczenia im przesyłek,
- system danych i zapytań jest to terminal komunikacyjny do systemu informacyjnego klienta.



Rys. 6. Przykład cyfrowego znaku opłaty pocztowej – poczta niemiecka [źródło: PN-EN 14615:2009]

W systemie DPM dużą uwagę zwraca się na bezpieczeństwo wymiany informacji pomiędzy wyposażeniem klienta a systemem operatora. Nie mniejszą uwagę zwrócono na zabezpieczenia znaku opłaty przed kopiowaniem, powtórным użyciem, zamazaniem i innymi próbami oszustwa.

Nadrukowany kod dwuwymiarowy zawiera dużo informacji umożliwiających pełną identyfikację i weryfikację przesyłki. Kod może zawierać następujące informacje:

- kod kontroli akceptacji,
- identyfikator grupy i numer przesyłki,
- kod płytki licencyjnej (tzn. płytki kodującej),
- CVC (kod atestacji kryptograficznej),
- data/godzina,
- kod bezpieczeństwa doręczenia,
- identyfikator urządzenia, identyfikator klienta lub numer licencji,
- wartość opłaty pocztowej,
- identyfikator certyfikatu klucza publicznego.

Nadrukowany kod zawiera także mechanizmy detekcji błędów i korekty danych.

Przykład obrazu znaku opłaty pokazano na rys. 6.

Część operatorów europejskich już stosuje to rozwiązanie, a przewiduje się, że wkrótce dołączy do nich Poczta Polska.

Projekty grupy WG5

Grupa robocza WG5 opracowała normę na otwory wrzutowe prywatnych skrzynek pocztowych (EN 13724) [20, 21] i obecnie pracuje nad normą dotyczącą doręczeń paczek. Należy dodać, że Polska, z uwagi na kolizję wymagań normy z regulacjami krajowymi, w trakcie nowelizacji normy EN 13724^① uzyskała odstępstwo na wysokość otworu wrzutowego. Przewiduje się, że znowelizowane rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji będzie już zgodne z wymaganiami normy.

Podsumowanie

W artykule omówione zostały normy definiujące badania jakości usług pocztowych i w tym obszarze Instytut Łączności zdobył duże doświadczenie. Przedstawiono także normy definiujące usługi pocztowe realizowane poprzez media elektroniczne oraz systemy informatyczne stosowane w realizacji procesów poczty tradycyjnej. Przewiduje się rozbudowę infrastruktury informatycznej Poczty Polskiej, dlatego też należy wziąć pod uwagę przedstawione systemy w przypadku rozszerzania kompetencji Instytutu Łączności.

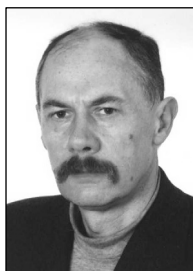
Normy ustalają zasady, wytyczne lub charakterystyki dotyczące procesów, działalności lub wyników tej działalności. Norma nie jest instrukcją technologiczną, ani opisem konstrukcji, ale może być podstawą ich opracowania. Stosowanie norm wymaga więc dużego doświadczenia, a często również dodatkowych informacji. Udział w pracach Komitetu Technicznego opracowującego normę zapewnia pełny dostęp do wszystkich informacji, a także zapewnia wpływ na kształt normy.

^① Znowelizowana norma jest w trakcie głosowania końcowego i powinna być opublikowana w końcu 2012 r.

Bibliografia

- [1] *Dyrektywa 37/67/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 1997r., z późn. zm. w sprawie wspólnych zasad rozwoju rynku wewnętrznego usług pocztowych Wspólnoty oraz poprawy jakości usług*
- [2] Kobus R.: *Polskie Normy do badania jakości usług pocztowych*. Normalizacja, 2007, wrzesień, s. 16-19
- [3] Kobus R.: *Normalizacja w regulacjach powszechnych usług pocztowych*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2006, nr 3-4, s. 72-76
- [4] Kobus R.: *Dostosowanie procedur badania jakości usług pocztowych do zmieniającego się rynku usług pocztowych*. Biuletyn Informacyjny, 2007, nr 3, Instytut Łączności – PIB, s.1-16
- [5] Kobus R.: *Narzędzia Regulatora do kontroli jakości usług pocztowych w warunkach zliberalizowanego rynku*. Zeszyty Naukowe NT 544. Seria: Ekonomiczne problemy usług nr 35. Rynki przesyłu i przetwarzania informacji – stan obecny i perspektywy rozwoju. Część II. Uniwersytet Szczeciński, 2009
- [6] Kobus R.: *Zmiany w metodzie badania terminowości przesyłek listowych*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2010, nr 1-2, s. 81-89
- [7] Kobus R.: *Zastosowanie RFID do lokalizacji przesyłek pocztowych*. Zeszyty Naukowe. Seria: Ekonomiczne problemy usług. Uniwersytet Szczeciński, 2010, nr 598, t. 58, s. 657-664
- [8] Kobus R.: *Systemy informatyczne i elektroniczne w nowoczesnych usługach pocztowych*. Zeszyty Naukowe NT 544. Seria: Ekonomiczne problemy usług nr 35. Rynki przesyłu i przetwarzania informacji – stan obecny i perspektywy rozwoju. Część I. Uniwersytet Szczeciński, 2009
- [9] Kobus R.: *Elektroniczne usługi pocztowe*. Zeszyty Naukowe. Seria: Ekonomiczne problemy usług. Uniwersytet Szczeciński, 2010, nr 598, t. 58, s. 649-656
- [10] CEN/TS 16326:2012 *Postal Services – Hybrid Mail - Functional specification for postal registered electronic mail* (odpowiednik UPU-S52-1)
- [11] CEN/TS 15121-1:2011 *Postal Services - Hybrid Mail - Part 1: Secured electronic postal services (SePS) interface specification - Concepts, schemas and operations* (odpowiednik UPU-S43)
- [12] CEN/TS 15121-2:2011 *Postal Services - Hybrid Mail - Part 2: Secured electronic postal services (SePS) interface specification - ECPM Service* (odpowiednik UPU-S43)
- [13] ETSI TS 102 640-1 *Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Registered Electronic Mail (REM); Architecture, Formats and Policies; Part 1: Architecture*
- [14] ETSI TS 102 640-2 *Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Registered Electronic Mail (REM); Architecture, Formats and Policies; Part 2: Data Requirements and Formats for Signed Evidences for REM*
- [15] ETSI TS 102 640-3 *Technical Specification Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Registered Electronic Mail (REM); Architecture, Formats*
- [16] ETSI TS 102 640-4 *Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Registered Electronic Mail (REM); Part 4: REM-MD Conformance Profiles*

- [17] ETSI TS 102 640-5 *Electronic Signatures and Infrastructures (ESI); Registered Electronic Mail (REM); Part 5: REM-MD Interoperability Profiles*
- [18] PN-EN 14142-1:2007 *Usługi pocztowe – Bazy danych adresowych – Część 1: Części składowe adresu pocztowego*
- [19] PN-EN 14615:2009 *Usługi pocztowe - Cyfrowe znaki opłaty pocztowej - Zastosowania, bezpieczeństwo i projektowanie*
- [20] Kobus R.: *Prywatne skrzynki oddawcze – problemy sygnalizowane w Polsce i innych krajach UE*. Informacja Pocztowa, nr 1, 2008, s. 5-12
- [21] PN-EN 13724:2004 *Usługi pocztowe – Otwory wrzutowe w prywatnych oddawczych skrzynkach pocztowych i wrzutek na listy - Wymagania i metody badań*

Ryszard Kobus

Mgr inż. Ryszard Kobus (1951) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1975); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1975); ekspert Komitetu Technicznego CEN/TC 331 w zakresie usług pocztowych i zastępca przewodniczącego PKN/KT 259 ds. Poczty; współautor wielu opatentowanych rozwiązań; zainteresowania naukowe: telekomunikacja, badania jakości usług telekomunikacyjnych, badania jakości usług pocztowych, normalizacja.

e-mail: R.Kobus@itl.waw.pl

Wykaz ważniejszych konferencji – I półrocze 2013

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
ICDCN 2013 - 14th International Conference on Distributed Computing and Networking	03.01 - 07.01	Mumbai, India	http://www.icdcn.org/
46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2013)	07.01 - 10.01	Wailea, Hawaii, USA	http://www.hicss.hawaii.edu/
COMSNETS 2013 - 5th International Conference on Communication Systems and Networks	07.01 - 10.01	Bangalore, India	http://www.comsnets.org/
2nd Amrita International Conference of Women in Computing - AICWIC 2013	09.01 - 11.01	Coimbatore, India	http://www.aicwic.org/
National Radio Science Meeting (USNC-URSI) 2013	09.01 - 12.01	Boulder, Colorado, USA	http://www.nrsmboulder.org/
2013 IEEE Consumer Communications & Networking Conference	11.01 - 14.01	Las Vegas, USA	http://www.ieee-ccnc.org/
4th Annual Roaming Congress ME-NA 2013	13.01 - 15.01	Dubai, United Arab Emirates	http://www.informaglobalevents.com/event/roamena
ICECECE 2013: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	14.01 - 15.01	Zurich, Switzerland	http://www.waset.org/conferences/2013/zurich/icecece/
2nd International Conference on Emerging Trends of Computer and Information Technology (ICETCIT 2013)	14.01 - 15.01	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.icetcit.com/
21st Convergence India 2013 Expo	16.01 - 18.01	New Delhi, India	http://www.convergenceindia.org/

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
MECON 2013 - Mobile and Embedded Technology International Conference	17.01 - 18.01	Noida, India	http://www.mecon2013.com/
CONECCT - 2013 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies	17.01 - 19.01	Bangalore, India	http://conecct.ieeebangalore.org/
2nd International Conference on Advanced in Computing and Emerging E-Learning Technologies (ICAC2ET 2013)	18.01 - 19.01	Singapore	http://www.icac2et.com/
ICECECE 2013: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	20.01 - 21.01	Istanbul, Turkey	http://www.waset.org/conferences/2013/istanbul/icecece/index.php
Telecommunication Council Conference (PTC 2013)	20.01 - 23.01	Honolulu, Hawaii, USA	http://www.ptc.org/
ICACT 2013 - 15th International Conference on Advanced Communication Technology	27.01 - 30.01	Bongpyeong- myeon, South Korea	http://www.icaact.org/
International Conference on Information Networking (ICOIN 2013)	28.01 - 30.01	Bangkok, Thailand	http://www.icoin.org/
International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2013)	28.01 - 31.01	San Diego, USA	http://www.conf-icnc.org/2013/
Strategic Public Health Communications 2013	28.01 - 31.01	Washington, USA	http://www.aliconferences.com/conf/public_health_comm_0113/index.htm
Cisco Live! London 2013	28.01 - 01.02	London, United Kingdom	http://www.ciscolive.com/london/
ITExpo 2013	29.01 - 01.02	Miami Beach, USA	http://itexpo.tmcnet.com/east13/
3rd International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC 2013)	30.01 - 01.02	Dubai, United Arab Emirates	http://sdiwc.net/conferences/2013/Dubai/index.php

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
AOTMP 2013 - Fixed & Mobile Telecom Management Conference	10.02 - 14.02	Orlando, USA	http://www.aotmp.com/events-and-programs/aotmp-2013-confe...
Mobile Number Portability Forum 2013	11.02 - 12.02	Dubai, United Arab Emirates	http://tavess.com/MNP
The International Conference on Information & Engineering Sciences (ICIES 2013)	14.02	Vijayawada, India	http://www.imrf.in/icies2013.html
2nd International Conference on Sensor Networks (SENSORNETS 2013)	19.02 - 21.02	Barcelona, Spain	http://www.sensornets.org/
FTTH Europe 2013	19.02 - 21.02	London, United Kingdom	http://www.ftthcouncil.eu/
3rd Datacentres Central & Eastern Europe 2013	20.02 - 21.02	Prague, Czech Republic	http://www.datacentres.com/
Social Media for Government Communications 2013	20.02 - 22.02	Vancouver, Canada	http://www.aliconferences.com/conf/social_media_govt_canada0213/index.htm
4th International Conference on Advances in Communication, Network, and Computing (CNC 2013)	22.02 - 23.02	Chennai, India	http://cnc.theides.org/2013/
International Conference on Information and Computer Applications (ICICA 2013)	24.02 - 25.02	Roma, Italy	http://www.icica.org/
NDSS 2013 - 20th Annual Network & Distributed System Security Symposium	24.02 - 27.02	San Diego, USA	http://www.isoc.org/isoc/conferences/ndss/
Mobile World Congress (MWC 2013)	25.02 - 28.02	Barcelona, Spain	http://www.mobileworldcongress.com/
IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support	26.02 - 28.02	San Diego, USA	http://cogsima2013.org/

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
5th International Conference on Wireless Information Networks & Business Information System - WINBIS 2013	27.02 - 28.02	Kathmandu, Nepal	http://www.win-bis.com/
The Second International Conference on e-Technologies and Networks for Development (ICeNd 2013)	04.03 - 06.03	Kuala Lumpur, Malaysia	http://sdiwc.net/conferences/2013/Malaysia2/
The Second International Conference on Cyber Security, Cyber Warfare and Digital Forensic (CyberSec2013)	04.03 - 06.03	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.sdiwc.net/conferences/2013/Malaysia3
The Third International Conference on Digital Enterprise and Information Systems (DEIS 2013)	04.03 - 06.03	Kuala Lumpur, Malaysia	http://sdiwc.net/conferences/2013/Malaysia1/
10th Media Summit New York 2013	05.03 - 06.03	New York City, USA	http://www.digitalhollywood.com/MediaSummit.html
Cisco Live! Melbourne 2013	05.03 - 08.03	Melbourne, Australia	http://www.cisco.com/web/ANZ/cisco-live/index.html?zid=cl-global-c2
CeBIT 2013	05.03 - 09.03	Hannover, Germany	http://www.cebit.de/homepage_e
3rd International Conference on Computer and Management (CAMAN 2013)	10.03 - 13.03	Wuhan, China	http://www.camanconf.org/2013/
ICECECE 2013: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	14.03 - 15.03	Rio de Janeiro, Brazil	http://www.waset.org/conferences/2013/brazil/icecece/index.php
The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Computer Sciences (EECS 2013)	15.03 - 17.03	Tokyo, Japan	http://www.iceecs.org/
Optical Fiber Communication Conference	17.03 - 21.03	Anaheim, USA	http://www.ofcnfoec.org/
6th Mobile Commerce Summit ASIA 2013	19.03 - 21.03	Singapore	http://neo-edge.com/event-line-up/telecom-it/6th-mobile-commerce-summit-asia/
Mobile & Wireless Technology 2013	20.03 - 21.03	Kuala Lumpur, Malaysia	http://www.mobilewirelesstech.com/

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications	24.03 - 27.03	Johannesburg, South Africa	http://www.ujtrg.co.za/isplc/
Information & Communication Technology-EurAsia Conference - (ICT) 2013	25.03 - 29.03	Yogyakarta, Indonesia	http://www.ifs.tuwien.ac.at/ict-eurasia/
International Conference on Information, Communication and Networks (ICICCN 2013)	06.04 - 07.04	Bangkok, Thailand	http://www.iciccn.com
IEEE Wireless Communications and Networking Conference	07.04 - 10.04	Shanghai, China	http://www.ieee-wcnc.org/2013/
The 19th IEEE International Workshop on Local and Metropolitan Area Networks	10.04 - 12.04	Brussels, Belgium	http://www.ieee-lanman.org/
IEEE International Conference on Computer Communication	14.04 - 19.04	Turin, Italy	http://infocom.di.unimi.it/
Wireless Telecommunications Symposium 2013	17.04 - 19.04	Phoenix, USA	http://www.csupomona.edu/~wtsi/
Nordic & Baltic Telecoms Forum 2013	18.04 - 19.04	Stokholm, Sweden	http://www.bis-grp.com/business-events/telecommunication
LTE Summit 2013	19.04	Mumbai, India	http://www.cerebralbusiness.com/lte/
Telecoms Regulation Forum 2013	22.04	London, United Kingdom	http://www.informaglobalevents.com/event/regulation
ITU Kaleidoscope 2013: Building Sustainable Communities	22.04 - 24.04	Kyoto, Japan	http://www.itu.int/ITU-T/uni/kaleidoscope/2013/index.html
FTTx Summit Europe 2013	23.04 - 26.04	London, United Kingdom	http://www.ftxsummiteurope.com/
The 2013 IEEE International Conference on RFID	30.04 - 02.05	Orlando, USA	http://2013.ieee-rfid.org/
20th International Conference on Telecommunications	06.05 - 08.05	Casablanca, Morocco	http://www.ict-2013.org/

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
2nd International Conference on Smart Grids and Green IT Systems (SMARTGREENS) 2013	09.05 - 10.05	Aachen, Germany	http://www.smartgreens.org
11th Annual International Conference on Communication and Mass Media 2013	13.05 - 16.05	Athens, Greece	http://www.atiner.gr/media.htm
2013 International Communications Quality and Reliability (CQR) Workshop	14.05 - 16.05	Marco Island, USA	http://www.ieee-cqr.org/
Enterprise Mobility Exchange 2013	21.05 - 23.05	Rotterdam, The Netherlands	http://www.enterprisemobilityexchange.com/
International CTIA WIRELESS 2013	21.05 - 23.05	Las Vegas, USA	http://www.ctiawireless.com/
IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management	27.05 - 31.05	Ghent, Belgium	http://www.ieee-im.org/
CeBIT Australia 2013	28.05 - 30.05	Sydney, Australia	http://www.cebit.com.au/
IEEE International Conference on Communications	09.06 - 13.06	Budapest, Hungary	http://www.ieee-icc.org/2013/
2013 IEEE Communication Theory Workshop	23.06 - 26.06	Phuket, Thailand	http://www.ieee-ctw.org/
Cisco Live! US 2013	23.06 - 27.06	Orlando, USA	http://www.ciscolive.com/us/
AICT2013 - The Ninth Advanced International Conference on Telecommunications	23.06 - 28.06	Rome, Italy	http://www.aria.org/conferences2013/AICT13.html
Enterprise Mobility Exchange 2013	24.06 - 26.06	Miami, USA	http://www.enterprisemobilityexchange.com/
IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking	24.06 - 27.06	New Orleans, USA	http://www.ieee-secon.org/

Opracowanie: mgr inż. Karol Jóźwik

About the mergers of the enterprises in electronic communication market in Poland

Andrzej Zieliński

The paper describes the mergers of the telecommunication and media enterprises and important meaning of these changes for the development of the electronic communication market in Poland. The paper especially emphasizes the meaning of the purchase of the cellular telecommunication company Polkomtel for implementation in Poland of the LTE system.

electronic communications, telecommunication and media market, cellular telecommunications, fixed telecommunications, television, LTE system, mergers of the operators

3

Sunk cost in telecommunications service sector

Renata Śliwa

The paper is a presentation of the problem of sunk cost in telecommunications. The first part of the paper describes the essence of the sunk cost. Then, sunk costs are shown as an entry/exit barrier in telecommunications markets. At the end, the role of public policy is highlighted in terms of its function as the guard of the well-being of telecommunications service consumers in the context of sunk cost problem.

sunk costs, service-based competition, access fees, regulation, infrastructure investment, economy of scale

10

Spectrum management prospects in Poland in terms of the implementa- tion of cognitive radio

Maciej J. Grzybkowski

The article analyzes the frequency bands which can be used by cognitive radio systems in the future, assuming the current and planned frequency allocation in Poland (including in the context of recommended European common allocations), and the existing frequency management plan. The analysis has been performed taking into account the possibility of implementation of cognitive radio networks in some parts of the radio spectrum, including licensed and unlicensed frequency bands, by the centralized or distributed method.

cognitive radio, radio spectrum, frequency bands

18

Interoperability of the intelligent transport systems

***Marian Kowalewski, Bolesław Kowalczyk,
Bogdan Chojnacki, Henryk Parapura***

The paper presents some issues of the interoperability of Intelligent Transport Systems (ITS). It focuses on a definition of interoperability, communication aspects of ITS subsystems and on the European and national interoperability frameworks.

interoperability, Intelligent Transport Systems

40

Energy consumption by home devices of broadband subscriber and its consequences

Krzysztof Borzycki

The paper presents an analysis of energy consumption by electronic devices in household with access to fast broadband, especially NGA, and its consequences for national power system and natural environment. Access to services provided by fast broadband network motivates households to buy new electronics like PCs or net-enabled TV sets, and to use existing devices more intensively, leading to increase of electricity consumption. This issue is omitted in most studies, limited to analysis of power consumption in the network itself, and creating a false picture of broadband as a "green" technology. Additionally, an analysis of direct and indirect economic effects of nationwide NGA deployment in Poland is included.

broadband access networks, NGA, energy consumption, environment protection, greenhouse gas emissions

46

Transition probability and effective number of samples of a digital OFDM signal

Adam Rudziński

This paper presents a derivation of the expression for the effective number of samples of a digital signal with OFDM coding. The derivation is based on the calculation of transition probability for the signal. The obtained expression explicitly reveals dependencies of the effective number of samples on parameters of the signal and supplements the theoretical model discussed previously.

digital-to-analog converter, OFDM, transition probability, effective number of samples

58

90

Application of postal standards

Ryszard Kobus

The paper presents standards for conducting audits for quality of postal services. It also includes postal services standards describing electronic media and systems applied in the traditional and modern postal services.

postal services, quality of services, postal standards

67