

1 9 6 9

Nr 41

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

Biblioteka

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI



PROBLEMY
ŁĄCZNOŚCI

ROK 9

WARSZAWA 1969

NR 41

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja

Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 13

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 730. Druk ukończono
w październiku 1969 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Stanisław Witulski

przy współpracy z Zespołem:

Jerzy Artman, Antoni Boglewski,
Andrzej Nowak, Ryszard Zienkiewicz

ZINTEGROWANE SIECI TELEKOMUNIKACYJNE -
- AKTUALNY STAN TECHNIKI ŚWIATOWEJ

SPIS TREŚCI

| | Str. |
|---------------------------|------|
| 1. Wprowadzenie | 1 |
| 2. Aktualny stan techniki | 15 |
| 3. Charakterystyka ZST | 24 |
| Wykaz literatury | 51 |

Wykaz oznaczeń

- C - Centrum
- EACT - Elektroniczne Automatyczne Centrale Telefoniczne
- K - Koncentrator
- PAM - Modulacja amplitudy impulsu (Pulse Amplitude Modulation)
- PCM - Modulacja impulsowo-kodowa (Pulse Code Modulation)
- QACT - Quasi-elektroniczne Automatyczne Centrale Telefoniczne
- SAK - System Adresowo-kodowy
- SDR - Sieć Dróg Rozmównych
- SR - Stopień Rozdzielczy
- t.a. - Telefonia akustyczna (naturalna)
- TDS - Transmisja Danych Sterowania
- UQACT - Uniwersalne Quasi-elektroniczne Automatyczne Centrale Telefoniczne
- US - Urządzenie Sterujące
- ZST - Zintegrowana Sieć Telekomunikacyjna
- ZTDS - Zespół Transmisji Danych Sterowania
- ZSD - Zespół Synchronizująco-Dopasowujący.

Stanisław Witulski

przy współpracy z Zespołem:

Jerzy Artman, Antoni Boglewski,
Andrzej Nowak, Ryszard Zienkiewicz

ZINTEGROWANE SIECI TELEKOMUNIKACYJNE - - AKTUALNY STAN TECHNIKI ŚWIATOWEJ

1. WPROWADZENIE

1.1. Wstęp

Dynamiczny rozwój prac w skali światowej nad systemami telekomunikacyjnymi opartymi na rozdzielaniu czasowym kanałów (zwanymi w skrócie "czasowymi"), podyktowany zarówno możliwością scalenia technik, usług telekomunikacyjnych, jak i uzyskania wyjątkowo korzystnych parametrów ekonomicznych urządzeń telekomunikacyjnych systemów czasowych, stawia przed polską nauką i techniką zadanie dotrzymania kroku w realizacji programu prac prowadzących w perspektywie do wprowadzenia takich systemów do eksploatacji w sieci krajowej.

Niniejsza praca ma na celu zapoznanie z problemem rozwoju czasowych systemów telekomunikacyjnych oraz postawienie pierwszych wniosków odnośnie działalności krajowej w tym zakresie, zwłaszcza w najbliższym pięcioleciu.

1.2. Określenie podstawowych pojęć

1.2.1. Integracja technik

Pod tym pojęciem rozumie się integrację (scalanie) technik: teletransmisji i telekomutacji, tzn. budowę systemów teletransmisyjnych i telekomutacyjnych w oparciu o te same zasady, pozwalające na komutowanie sygnałów teletransmisyjnych bez przeprowadzania ich demodulacji i modulacji w połączeniach tranzytowych.

1.2.2. Integracja usług

Pod tym pojęciem rozumie się integrację (scalanie) usług: telefonicznych, telegraficznych, transmisji danych itp. w jednej sieci telekomunikacyjnej, tzn. zdolnej jednocześnie do załatwiania ruchu wszystkich rodzajów usług.

1.2.3. Zintegrowana sieć telekomunikacyjna (ZST)

Pod tym pojęciem rozumie się sieć telekomunikacyjną zintegrowaną w zakresie technik i w zakresie usług.

1.3. Geneza zintegrowanych sieci telekomunikacyjnych

Dynamiczny rozwój usług telekomunikacyjnych trwający do chwili obecnej od początku powstania telekomunikacji doprowadził w stosunkowo krótkim czasie do powszechności i masowości zapotrzebowania na te usługi.

W tej sytuacji koniecznością staje się poszukiwanie rozwiązań pozwalających na jak najbardziej efektywne załatwianie usług z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego. Podniesienie efektywności z technicznego punktu widzenia sprowadza się do poszukiwania dla zastosowań telekomunikacyjnych podzespołów o coraz lepszych parametrach i większej niezawodności.

Natomiast podniesienie efektywności z ekonomicznego punktu widzenia sprowadza się do dążności do zmniejszenia ogólnych kosztów przypadających na jednego użytkownika lub jednostkę miary świadczonych usług. Osiąga się to między innymi przez zwiększenie wykorzystania wyposażenia sieci.

Sieć telefoniczna jest najbardziej obecnie rozwinięta, przy czym stopień jej wykorzystania nie zawsze jest wysoki. Wobec tego istnieją możliwości zwiększenia wykorzystania urządzeń tej sieci przez inne sieci lub lepiej przez inne usługi. Realizacja tej koncepcji jest możliwa pod warunkiem, że sygnały elektryczne przesyłanych wiadomości w ramach każdego rodzaju usług wykorzystujących te same fragmenty wyposażenia sieci mają tę samą postać lub co najmniej mieszczą się w pasmie częstotliwości kanału telefonicznego.

Początkowo dokonywano tego przez wykorzystywanie łącz telefonicznych np. dla usług telegraficznych. Jednakże stopień wykorzystania sieci telefonicznej nie był jeszcze zadowalający. Dalszy istotny wzrost stopnia wykorzystania był możliwy przez przyłączenie klientów innych usług do urządzeń komutacyjnych sieci telefonicz-

nej. Zwiększyło to wymagania funkcjonalne dla urządzeń komutacyjnych. Muszą one bowiem nie tylko rozróżnić abonentów ze względu na rodzaj świadczonych im usług, ale również załatwiać te usługi w odmienny, lecz przewidziany dla nich sposób. Prowadzi to do budowy systemów o coraz większej elastyczności eksploatacyjnej, tzn. systemów pozwalających w prosty sposób przystosowywać urządzenia do załatwiania różnych usług. W konsekwencji wyłoniła się potrzeba poszukiwania nowych elementów i podzespołów charakteryzujących się dużą szybkością pracy. W tej sytuacji pojawienie się na rynku półprzewodnikowych elementów elektronicznych spowodowało gwałtowny rozwój prac badawczych w zakresie systemów elektronicznych automatycznych central telefonicznych (EACT). W wyniku tych prac powstały rozwiązania z rozdziałem czasowym kanałów, które są zdolne do komutowania kanałów czasowych bez przeprowadzania procesów demodulacyjnych i modulacyjnych odpowiednio na wejściach i wyjściach tranzystorowych urządzeń komutacyjnych.

Równoległe do prac nad EACT rozwinęły się prace nad impulsowymi systemami telefonii nośnej, które doprowadziły do instalowania w szeregu krajów dużej liczby traktów z powyższym rodzajem telefonii nośnej, przeważnie 24-kanałowych, opartych na modulacji impulsowo-kodowej (PCM). Własności tych systemów predestynują je do stosowania ich wewnątrz sieci stref numeracyjnych, tzn. na małych odległościach. Jednak prostota urządzeń końcowych oraz mała wrażliwość na szумы sprawiły, że w opracowaniu znajdują się systemy o dużych i bardzo du-

żych krotnościach, dla których odległość ekonomiczna będzie wystarczająca dla długości traktów liniowych, występujących w sieciach krajowych, i będzie ekonomiczna również i dla dowolnej odległości. W systemach PCM wiadomości telefoniczne przesyłane są w formie cyfrowej, a więc takiej samej, jak i wiadomości innych usług (transmisja danych, telegrafia itp.). Postać sygnałów elektrycznych wiadomości cyfrowych dla wszystkich usług może być taka sama - postać impulsów elektrycznych. Jeśli więc wiadomości każdego rodzaju usług można przysyłać za pomocą sygnałów o takiej samej postaci elektrycznej, a urządzenia komutacyjne można budować na tych samych zasadach co systemy teletransmisyjne, - to odrębne obecnie sieci dla różnych rodzajów usług można połączyć w jedną sieć, którą nazwano zintegrowaną siecią telekomunikacyjną. Użyte tu pojęcie takich samych zasad budowy systemów teletransmisyjnych i telekomutacyjnych oznacza, że system telefonii wielokrotnej "wewnątrz" sieci dróg rozmównych urządzeń komutacyjnych musi być taki sam, jak i stosowany na łączach. W przeciwnym bowiem przypadku konieczne jest stosowanie urządzeń dopasowujących.

Bazą integracji jest sieć telefoniczna, a to ze względu na jej powszechność i rozległość oraz ze względu na niedopuszczalność wprowadzania magazynowania wiadomości w trakcie połączenia telefonicznego, gdyż wówczas usługa ta straciłaby swój sens. Oznacza to, że połączenia telefoniczne powinny mieć priorytet przed innymi usługami, dla których dopuszczalne jest magazynowanie wiadomości i przesyłanie ich w okresach mniejszego ruchu.

Jeśli więc sieć telefoniczna stanowi bazę integracji, to jej wyposażenie musi zapewniać przesyłanie wszelkich rodzajów wiadomości z wymaganą dla nich wiernością. Wiadomości mówione lub tekstowe nawet przesyłane w postaci cyfrowej zawierają bardzo duży nadmiar informacji pozwalający na dopuszczenie stosunkowo dużej stopy błędów przesyłanych znaków, bez istotnego pogarszania zrozumiałości. Natomiast wiadomości o charakterze danych cyfrowych nie mają żadnego nadmiaru, wobec czego dla transmisji tych wiadomości wymagana jest możliwie najmniejsza stopa błędów powstających w trakcie przesyłania. Przekazywanie sygnałów cyfrowych po sieci telekomunikacyjnej stawia duże wymagania odnośnie wierności transmisji. W wielu przypadkach wiadomości te zawierają informacje najwyższej ważności, które nie mogą być przekłamanie. Dla zabezpieczenia tych wiadomości wprowadza się do nich nadmiar o określonej wielkości zależnej od własności obwodów, przez jakie są one przesyłane. W celu zmniejszenia kosztów zabiegów protekcyjnych dąży się do podniesienia jakości łączy z punktu widzenia ich stopy błędów dla określonych systemów transmisji danych. Konieczny jest tu właściwy ekonomicznie kompromis techniczny.

Transmisja danych jest usługą powstałą stosunkowo niedawno, lecz jej rozwój jest bardzo dynamiczny. W szeregu rozwiniętych gospodarczo krajów zapotrzebowanie na ten rodzaj usług dorównuje, może nie tyle ze względu na liczbę użytkowników co ze względu na wielkość generowanego przez nich ruchu, wielkości zapotrzebowania na u-

sługi telefoniczne. Przewiduje się, że już za kilka lat na pewnych obszarach zapotrzebowanie na te usługi może przewyższyć zapotrzebowanie na usługi telefoniczne. Transmisja danych rozwija się dotychczas w oparciu o adaptację istniejących analogowych kanałów telefonicznych. Kanały telefoniczne systemów transmisyjnych opartych na podziale częstotliwościowym nie uwzględniają wymagań stawianych transmisji sygnałów cyfrowych. Wprowadzają one zniekształcenia, które są nieistotne dla telefonii, lecz stanowią poważne ograniczenie dla szybkiego przekazywania sygnałów cyfrowych. Do takich zniekształceń zalicza się przede wszystkim zniekształcenia opóźnieniowe wprowadzane głównie przez filtry kanałowe telefonii nośnej. Adaptacja istniejących kanałów telefonicznych dla celów transmisji danych jest bardzo kosztowna. Wymaga bowiem stosowania dodatkowo oprócz układów modulacji i demodulacji (tzw. modemów) układów filtrujących, korektorów fazowych oraz skomplikowanych układów korekcji błędów powstających w czasie transmisji. Koszty adaptacyjne rosną wraz ze zwiększeniem szybkości przekazywania danych, a więc użytecznej pojemności kanału. Tendencje rozwojowe transmisji telefonicznej wykazują, że zwiększenie krotności systemu, a więc pojemności systemu wykorzystującego określony tor przewodowy, odbywa się przy jednoczesnym zmniejszaniu kosztów przypadających na 1 km kanału. Posługując się analogią między wykorzystywanym torem transmisyjnym w telefonii i wykorzystywanym przez transmisję danych kanałem telefonicznym, można dostrzec rozbieżności w tendencjach

rozwojowych panujących w teletransmisji i transmisji danych, opartej o analogowy kanał telefoniczny.

Systemy PCM przewidywane w przyszłej sieci zintegrowanej są szczególnie interesujące z punktu widzenia transmisji danych, dla której bezsprzecznie jest celowe ich bezpośrednie wykorzystanie, bez potrzeby adaptacji. Dlatego ZST może stać się podstawą przyszłościowej sieci wymiany informacji, która być może rozwiąże narastający problem szerokiego dostępu do istniejących źródeł informacji.

1.4. Przewidywane cele i korzyści

Prace badawcze i przede wszystkim eksperymentalne w tej dziedzinie prowadzone są na świecie coraz intensywniej. Są one prowadzone w dwóch zasadniczych kierunkach: integracji technik oraz optymalizacji sieci telekomunikacyjnych, w których daje się zauważyć tendencje do rozdziału sieci dróg rozmównych od sieci sterowania drogami rozmównymi.

Podjęcie a ostatnio intensyfikowanie prac nad ZST w technice światowej wynika z wzrastającego prawdopodobieństwa realizacji podstawowych celów, dla jakich prace te są prowadzone. Realizacja tych celów uwarunkowana jest ogólnym poziomem wiedzy w dziedzinie telekomunikacji oraz poziomem technologii podzespołów elektronowych i urządzeń elektronicznych. Prace nad ZST prowadzone są głównie w celu:

- a) wyeliminowania modemów w telefonicznych węzłach tranzytowych,
- b) skrócenia średniej długości słabo wykorzystanych telefonicznych linii abonenckich,
- c) ujednoczenia sprzętu wprowadzanego do eksploatacji,
- d) maksymalnej typizacji podzespołów, zespołów i bloków, z których budowane będą urządzenia telekomunikacyjne,
- e) stworzenia technicznych możliwości integracji sieci w zakresie usług,
- f) stworzenia technicznych warunków dla wypracowania możliwie najlepszej struktury i organizacji sieci telekomunikacyjnej z punktu widzenia jak najlepszego wykorzystania wyposażenia tej sieci,
- g) wypracowania systemów charakteryzujących się:
 - niskimi kosztami eksploatacyjnymi,
 - dużą elastycznością w dostosowywaniu sprzętu wprowadzonego do eksploatacji do aktualnych warunków pojawiających się w sieci.

Szczegółowe określenie wielkości korzyści technicznych i ekonomicznych, jakie uzyska się dzięki realizacji powyższych celów, jest w chwili obecnej niemożliwe do przeprowadzenia. Ogólnie można je oszacować jako bardzo istotne tak w zakresie produkcji, jak i eksploatacji. Korzyści te będą jeszcze bardziej istotne dla kra-

jów, w których istniejąca sieć nie jest rozwinięta, a która w najbliższym czasie ma być intensywnie rozbudowywana. W tych bowiem przypadkach wielkość nakładów na dostosowanie istniejącej sieci dla potrzeb ZST będzie miała w stosunku do nakładów na rozbudowę tej sieci nowym sprzętem o lepszych własnościach technicznych i eksploatacyjnych.

Krajowe sieci usług telekomunikacyjnych w Polsce są jednymi z najsłabiej rozwiniętych sieci w Europie. Ogólnie wiadomo, że stopień rozwoju sieci telekomunikacyjnej jest nie tylko miernikiem, lecz jednym z warunków rozwoju gospodarczego kraju. Oznacza to, że bez istotnej rozbudowy krajowej sieci usług telekomunikacyjnych realizacja planowanych zamierzeń rozwoju gospodarczego kraju będzie utrudniona. Zatem niezbędny rozwój sieci krajowej, który będzie przeprowadzany w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat, powinien opierać się na nowoczesnym sprzęcie, którego efektywność inwestycyjna będzie największa. Sprzęt systemu ZST powinien spełnić to wymaganie przez realizację wyżej wymienionych celów.

Realizacja powyższych celów jest już praktycznie możliwa nie tylko w krajach przodujących, lecz również w krajach będących na średnim poziomie rozwoju gospodarczego, do jakich zalicza się Polska. Biorąc pod uwagę niezbędne tempo rozwoju sieci usług telekomunikacyjnych w kraju z jednej strony oraz realne możliwości koncentracji sił i zakres prac, jakie trzeba by było wykonać z drugiej strony, okres czasu opracowywania systemu ZST można oszacować na około 10 lat. W tym czasie sukcesyw-

nie wprowadzane byłyby do produkcji i eksploatacji urządzenia przede wszystkim pozwalające na przejście od sieci istniejącej do obecnie określonej sieci docelowej ZST. Okres czasu opracowania i wdrażania do produkcji wszystkich urządzeń systemu ZST wypada natomiast oszacować na około 20 lat.

Praktyczne możliwości opracowania w kraju systemu ZST i realizacji powyższych celów wynikają z następujących przesłanek:

- W szeregu przodujących krajów (np. USA, WB, NRF) uruchomiono już produkcję seryjną sprzętu telekomutacyjnego elektronicznego oraz sprzętu telefonii wielokrotnej o modulacji PCM. Wyniki pracy tego sprzętu w normalnych warunkach eksploatacyjnych wykazują bardzo wysoką niezawodność pracy. Wielkości produkcji tego sprzętu są już dość znaczne: np. w USA w 1967 r. około 100 central systemu Nr 1 ESS [1], [2], w Szkocji w 1968/1969 r. ma być około 200 central [3]. Ponadto oddano do badań eksploatacyjnych w sieci Londynu centralę tandemową, która przystosowana jest do komutowania kanałów PCM bez demodulacji na wejściu i modulacji na wyjściu tej centrali [4]. Jest to więc pierwsza w Europie centrala eksperymentalna, stanowiąca pierwszy etap do integracji.

Również na terenie RWPG prowadzone są od szeregu lat prace nad ZST, w wyniku których powstały pewne koncepcje ZST oraz modele użytkowe elektronicznych urządzeń komutacyjnych (system eksperymentalny w sieci Berlina).

Stan i rozwój techniki światowej jest dokładnie analizowany przez szereg zespołów, głównie przy Katedrze Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej [5, 6] w zakresie systemów elektronicznych urządzeń komutacyjnych oraz ogólnych zagadnień struktury i organizacji sieci telefonicznej z uwzględnieniem aspektów integracji, jak również przy Katedrze Teletransmisji Politechniki Warszawskiej i Instytucie Łączności w zakresie systemów wielokrotnych z modulacją impulsowo-kodową. W wyniku tych prac np. w ramach zespołu przy Katedrze Telekomunikacji, oprócz podawanych syntetycznych opisów najbardziej reprezentatywnych systemów komutacyjnych dla danego okresu czasu, wykonywane są analizy stanu techniki, przewidywanych kierunków rozwoju [7] oraz wstępne wnioski i zalecenia dla techniki krajowej [8, 9].

W tej sytuacji prace krajowe nad ZST mają dobrą bazę w zakresie koncepcji w postaci bogatej literatury fachowej. W zakresie zaś urządzeniowym istnieje w kraju również dobra baza w postaci produkcji maszyn cyfrowych oraz budowy szeregu urządzeń telekomunikacyjnych, jak np.: trakt liniowy telefonii nośnej impulsowo-kodowej 24-kanalowej, eksperymentalne centrale elektroniczne.

- Bieżące potrzeby gospodarki narodowej wywierają istotną presję na przemysł podzespołów elektronicznych w kierunku uruchamiania produkcji podzespołów dla techniki cyfrowej niezbędnej dla maszyn cyfrowych i automatyki. Potrzeby tych dziedzin w zakresie parametrów i własności podzespołów elektronicznych są zbieżne z potrzeba-

mi współczesnej telekomunikacji, w tym również dla ZST.

Powyższe przesłanki dowodzą, że istnieje w kraju baza dla opracowania i wprowadzenia do produkcji i eksploatacji sprzętu systemu ZST w przewidywanym okresie 10 - 20 lat. Oczywiście przesłanki te określają jedynie realność osiągnięcia sformułowanych wyżej celów z punktu widzenia rozwoju bazy podzespołowej oraz istnienia szeregu wzorów koncepcji ZST. Natomiast cała rozległa problematyka systemu ZST wymaga opracowania, co jest możliwe do wykonania w przewidywanym okresie czasu pod warunkiem istotnej koncentracji sił na tej problematyce. Obecnie siły niezbędne dla wypracowania ZST w przewidywanym okresie czasu są wystarczające, lecz są one z jednej strony rozproszone po różnych instytucjach, a z drugiej strony nastawione na rozwiązywanie różnorodnych problemów bieżących, w zasadzie nie skoordynowanych ze sobą, przez co efektywność ich pracy nie jest zadowalająca. Zatem dla urealnienia wypracowania ZST, którego szybkie opanowanie przyniesie gospodarce narodowej istotne korzyści ekonomiczne, konieczne jest zrewidowanie obecnej tematyki prac prowadzonych przez siły potrzebne dla ZST, w wyniku czego powinna nastąpić koncentracja sił, w liczbie kilkudziesięciu inżynierów, nad problematyką ZST.

W przypadku niemożliwości uruchomienia takiego zespołu w jednej instytucji konieczne będzie powołanie instytucji wiodącej, posiadającej moc egzekwowania zadań przydzielonych do wykonania innym instytucjom. Dla zapewnienia efektywności prac nad ZST pożądane byłoby włączenie

do nich oprócz instytucji wiodącej, jaką powinien być IŁ, również instytucji przemysłowego zaplecza badawczego związanego zarówno z przemysłem urządzeń finalnych, jak i przemysłem podzespołów elektronicznych.

Należy podkreślić, że w wyniku wprowadzenia sprzętu ZST do eksploatacji uzyska się bardzo duże korzyści ekonomiczne wynikające z:

- pełniejszego wykorzystania wyposażenia sieci telekomunikacyjnej,
- mniejszych wymiarów sprzętu, co oznacza zmniejszenie nakładów na budownictwo,
- dobrego wykorzystania sieci łączy przez powszechne stosowanie telefonii wielokrotnej,
- skrócenia średniej długości linii abonenckich,
- stworzenia technicznych możliwości integracji sieci w zakresie usług, dzięki czemu stanie się możliwe dalsze zwiększenie stopnia wykorzystania wyposażenia sieci,
- ujednoczenia i stypizowania (rzędu kilkudziesięciu do kilkunastu typów) zespołów funkcjonalnych, co spowoduje wydłużenie serii produkcyjnych i zmniejszenie kosztów wytwarzania,
- znacznego zwiększenia niezawodności pracy urządzeń, co w sposób istotny zmniejszy koszty bieżącej eksploatacji,
- wysokiej elastyczności systemu sterowania, dzięki cze-

mu obniża się koszty dostosowania sprzętu zainstalowanego do aktualnych potrzeb sieci,

- możliwości wprowadzenia efektywnych metod wyszukiwania uszkodzeń i ich usuwania, wobec czego eksploatację tych urządzeń można zorganizować w ten sposób, że liczba zatrudnionych w bezpośredniej konserwacji sprzętu będzie mogła być znacznie mniejsza niż w przypadku innych systemów, przy czym personel ten mógłby być o niższym wykształceniu technicznym [10].

2. AKTUALNY STAN TECHNIKI

Dążność do zwiększania stopnia wykorzystania wyposażenia sieci nakłada coraz większe i bardziej złożone wymagania odnośnie sterowania urządzeniami telekomutacyjnymi. Od nich bowiem zależy, od ich zdolności analitycznych, stopień wykorzystania urządzeń i łączy, struktura i organizacja sieci. Przejście od odosobnionych central automatycznych do sieci, w których połączenia zestawiane są zdalnie przez abonenta w sposób automatyczny - tzw. sieci automatycznych - początkowo na ograniczonym obszarze, a obecnie rozszerzanego na obszar kontynentów i całego globu, powoduje przejście od zagadnień sterowania centralą do zagadnień sterowania siecią. Wobec tego, prace badawcze na świecie prowadzone były przede wszystkim w kierunku opracowania najbardziej efektywnej filozofii systemu sterowania siecią. Prace te więc były i są związane głównie z urządzeniami komutacyjnymi, które w sieciach usług telekomunikacyjnych pełnią rolę sterowniczą.

Przy opracowywaniu systemów urządzeń komutacyjnych, oprócz rozwiązywania zagadnień sterowania siecią, rozwiązywane są również zagadnienia komutowania kanałów wewnątrz tych urządzeń. Spośród wielu różnych systemów okazały się najbardziej praktyczne tylko dwa systemy: z przestrzennym rozdziałem kanałów i zestykami metalicznymi w torze rozmównym - są to tzw. systemy quasi-elektroniczne (QACT) oraz systemy z czasowym rozdziałem kanałów. Systemy QACT znajdują się już w produkcji i są powszechnie wprowadzane do eksploatacji, np.: w USA, Wielkiej Brytanii i NRD. Natomiast systemy z czasowym rozdziałem kanałów, aczkolwiek znajdują się w produkcji, nie znalazły jeszcze powszechnego zastosowania jak w przypadku QACT. Wynika to z faktu, że wypracowywanie ogólnych koncepcji sterowania postępowało szybciej niż rozwiązywanie zagadnień transmisyjnych i komutowania kanałów czasowych w przypadku drugiego rodzaju central.

Równoległe z pracami nad nowymi systemami urządzeń komutacyjnych **prowadzone były intensywne prace badawcze nad różnymi systemami telefonii wielokrotnej.** W pracach tych położono duży nacisk na systemy przydatne dla małych odległości. W wyniku tych prac okazało się, że najbardziej przydatnymi są systemy z czasowym rozdziałem kanałów i modulacją impulsową. W ramach tych systemów najbardziej rozpowszechnione są systemy oparte na modulacji impulsowo-kodowej (PCM). Własności techniczno-ekonomiczne tych systemów okazały się na tyle istotne, że w szeregu krajów są one powszechnie wprowadzane do eksploatacji. Np. w USA biorąc pod uwagę jedy-

nie koncern ATT, który produkuje i instaluje wg danych z 1966 r. około 100 tys. łączy rocznie, przy czym w 1965 r. w sieci podległej ATT zainstalowanych było około 135 tys. łączy PCM systemu 24-krotnego. Podobne lawinowe wprowadzenie do eksploatacji systemów PCM można zaobserwować również w innych krajach kapitalistycznych. Fakt wprowadzenia na dużą skalę systemów PCM do istniejących sieci telefonicznych sprzyja rozwijaniu się tendencji do integracji sieci w zakresie technik.

Własności techniczne i ekonomiczne systemów wielokrotnych z czasowym rozdziałem kanałów są tego rodzaju, iż prowadzone są obecnie prace nad systemami o krotności znacznie większej niż 24. Większość tych prac związana jest z systemami PCM. To zainteresowanie systemami PCM wynika przede wszystkim z ich elastyczności dla transmisji sygnałów różnych rodzajów usług, a głównie transmisji danych w relacji maszyna-maszyna. Wielkość zapotrzebowania na tego rodzaju usługi dynamicznie wzrasta, więc nic dziwnego, że system wielokrotny, który w sposób najprostszy może być dostosowany do ich załatwiania, jest ogólnie preferowany. Jakies inne nowe metody modulacji będą musiały uwzględniać również omawiane zagadnienie.

Opracowywane obecnie systemy PCM obejmują krotności od kilkudziesięciu kanałów. np. 96 do rzędu kilku tysięcy. O ile systemy niskich krotności 24 i 32 mogą być instalowane na zwykle dotychczas stosowanych torach międzycentralowych wewnątrz stref numeracyjnych, to dla systemów o wyższych krotnościach konieczne jest układanie

torów współosiowych normalno- i małowymiarowych, falowodów, a ostatnio proponuje się wprowadzanie światłowodów. Ze studiów literatury wynika, że systemy PCM średniej krotności (do kilkuset) mogą być wprowadzane do produkcji i eksploatacji w ciągu najbliższych 5 - 10 lat, a systemy PCM o dużej krotności za następnych około 10 lat.

Teletransmisyjne systemy wielokrotne PCM wprowadzane obecnie do eksploatacji instalowane są na torach międzycentralowych, na wejściach których sygnały poddawane są procesom modulacyjnym i demodulacyjnym. Oznacza to, że dla zachowania łączności wystarczy synchronizować urządzenia osobno dla każdego toru. Natomiast w przypadku integracji w zakresie technik zagadnienie synchronizacji rozciąga się na całą sieć wraz z urządzeniami komutacyjnymi. Jest to jeden z najtrudniejszych problemów wymagający rozwiązania, warunkujący realizację integracji sieci w zakresie technik. Nad tym więc problemem koncentrują się prace badawcze na świecie. Dotychczas powstały trzy zasadnicze koncepcje rozwiązania tego problemu: pełnej synchronizacji, pseudosynchronizacji i asynchronizacji. Na podstawie dotychczasowych badań można przypuszczać, że dwie ostatnie metody okażą się najbardziej przydatnymi dla praktycznych zastosowań.

Powstanie koncepcji integracji sieci w zakresie usług stawia systemom sterowania siecią nowe, dodatkowe i dość złożone wymagania. Współczesne, w pełni automatyczne sieci telefoniczne wymagają od urządzeń sterowania realizacji skomplikowanych procesów. W wyniku tych żądań opracowano ogólną koncepcję pracy urządzeń stero-

wania, którą można scharakteryzować następująco:

- realizacja procesów komutacyjnych wykonywana jest w oparciu o program, który w większości przypadków zmagazynowany jest w wyodrębnionej pamięci,
- zespoły funkcjonalne tworzone są na zasadzie specjalizacji i centralizacji funkcjonalnej, przy czym stopień tych własności struktury jest różny w różnych systemach,
- w zakresie konstrukcji dominuje budowa modułowa, polegająca na tworzeniu szeregu jednostek konstrukcyjnych spełniających określone funkcje i zdolnych do załatwiania określonej wielkości ruchu lub współpracujących z określoną liczbą innych zespołów,
- czas realizacji poszczególnych procesów, a w szczególności procesów analitycznych i logicznych jest bardzo krótki, przy czym czas może być dalej skracany w miarę pojawiania się nowych elementów o większej szybkości pracy i odpowiednio niskiej cenie.

W ten sposób zapewniono:

- wysoką elastyczność dla realizacji wielu dodatkowych funkcji (program),
- wysoką elastyczność w dostosowywaniu urządzeń sterowania do aktualnych potrzeb sieci tak z punktu widzenia liczby obsługiwanych źródeł ruchu, jak i ich charakteru,
- dużą swobodę w tworzeniu bardziej efektywnych metod sterowania siecią.

Ta ostatnia możliwość związana jest z problemami struktury i organizacji sieci usług telekomunikacyjnych, wyłonionymi w ostatnich latach. Wykorzystując powyższe własności tworzone są nowe koncepcje teoretyczne sterowania siecią, sprowadzające się na razie do dwóch zasadniczych kierunków:

Pierwszy kierunek sprowadza się do tego, że urządzenia sterujące dzielone są według wykonywanych funkcji, przy czym funkcje związane ze sterowaniem jednego urządzenia komutacyjnego (funkcje wymagające informacji o stanie podzespołów danego urządzenia komutacyjnego) przyporządkowane są temu urządzeniu komutacyjnemu, co oznacza, że integralną częścią jego wyposażenia jest wyposażenie sterujące, natomiast funkcje związane ze sterowaniem pewnego zbioru urządzeń komutacyjnych (funkcje wymagające informacji o stanie określonego fragmentu sieci) przyporządkowane są wyodrębnionym urządzeniom sterującym nie związanych z żadnym konkretnym jednym urządzeniem komutacyjnym.

Drugi kierunek sprowadza się do rozdzielenia urządzeń sterujących od urządzeń komutacyjnych i tworzenia odrębnych sieci urządzeń komutacyjnych i sieci urządzeń sterujących. W tej koncepcji urządzenia sterujące łączone są pomiędzy sobą oraz ze sterowanymi przez siebie urządzeniami komutacyjnymi siecią łączy transmisji danych.

Prace w tej dziedzinie są dopiero zapoczątkowane i nie należy się spodziewać osiągnięcia szybko praktycznych rezultatów.

Reasumując stan obecny i perspektywy rozwoju techniki w omawianej dziedzinie w przodujących krajach kapitalistycznych można scharakteryzować następująco:

a. W przodujących krajach zachodnich wprowadza się powszechnie do sieci publicznych (np. w USA, WB) centrale telefoniczne quasi-elektroniczne (QACT): Inne kraje prowadzą intensywne prace badawcze i konstrukcyjne (Francja, Szwecja, Dania, Włochy, NRF) zmierzające do uruchomienia produkcji central QACT i powszechnego ich stosowania w sieciach publicznych:

b. Od szeregu lat do istniejących sieci wprowadzane są na dużą skalę systemy telefonii wielokrotnej oparte na modulacji PCM na torach międzycentralowych wewnątrz stref numeracyjnych. Stosowane krotności są małe i wynoszą 24, a ostatnio wprowadzane są systemy 32-krotne.

c. Wypracowano koncepcje integracji sieci w zakresie technik oraz koncepcje rozwiązania zasadniczych problemów wynikających z tego rodzaju integracji, jak np. synchronizacji sieci.

d. W szeregu krajów (np. w WB) prowadzone są badania eksploatacyjne eksperymentalnych central pracujących we fragmencie sieci zintegrowanej w zakresie technik.

e. Prowadzone są intensywne prace badawcze i eksperymentalne nad zintegrowanymi sieciami telekomunikacyjnymi.

f. Prowadzone są intensywne prace badawcze i eksperymentalne nad systemami PCM o średniej i dużej krotności dla kabli współosiowych, falowodów i światłowodów.

g. Prowadzone są prace badawcze nad strukturą i organizacją sieci telekomunikacyjnych, charakteryzujących się dobrym wykorzystaniem własności elektronicznych urządzeń telekomutacyjnych.

h. W wielu sieciach wzrasta intensywnie udział ruchu transmisji danych w ogólnym ruchu telekomunikacyjnym i osiąga rząd wielkości ruchu telefonicznego.

W krajach socjalistycznych od wielu lat docenia się znaczenie ZST, czego wyrazem jest wspólne prowadzenie w ramach RWPG intensywnych prac badawczych w tej dziedzinie. W pracach tych biorą udział następujące kraje:

- Czechosłowacka Republika Socjalistyczna (CSRS),
- Ludowa Republika Bułgarii (LBB),
- Niemiecka Republika Demokratyczna (NRD),
- Polska Rzeczpospolita Ludowa (PRL),
- Socjalistyczna Federacyjna Republika Jugosławii (SFRJ)
- Socjalistyczna Republika Rumunii (SRR),
- Węgierska Republika Ludowa (WRL),
- Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich (ZSRR).

Dotychczasowym wynikiem tych prac było między innymi opracowanie i zainstalowanie w 1967 r. w sieci Berlina modelu systemu eksperymentalnego EACT podlegającego badaniom eksploatacyjnym [35 do 44]. Całość prac nad systemem eksperymentalnym koordynowała NRD. W modelu systemu eksperymentalnego zainstalowane:

- 2 szt. koncentratorów o pojemności 1000 NN
pracujących w oparciu o modulację PAM
opracowanie ZSRR
- koncentrator o pojemności 100 NN pracujący
w oparciu o modulację PAM
opracowanie NRD
- koncentrator o pojemności 500 NN
quasi-elektroniczny
opracowanie CSRS
- pole liniowe centrum pracujące w oparciu
o modulację PAM
opracowanie NRD
- urządzenie sterujące modelu
opracowanie CSRS
- aparaty telefoniczne
opracowanie LRB
- aparaturę SAK
opracowanie WRL
- zasilacze i generatory sygnałów
tonowych
opracowanie SRR

Model ten pracuje już parę lat, a doświadczenia zdobyte przy jego projektowaniu oraz wyniki uzyskane z eksploatacji służą do dalszych prac w tej dziedzinie, które są nadal intensywnie prowadzone i rozwijane.

W kraju główne prace badawcze nad EACT są prowadzone w trzech następujących ośrodkach:

- Katedrze Telekomutacji Politechniki Warszawskiej.
Prowadzone są tu studia bieżącej literatury światowej, głównie w zakresie systemów telekomutacyjnych. W ramach tych prac studiowana jest również problematyka ZST.

- Institucie Łączności. Prowadzone tu prace z zakresu omawianej dziedziny koncentrują się głównie na systemach nośnych opartych na modulacji PCM, przy czym w fazie końcowej są prace nad modelem użytkowym zestroju systemu 24-kanalowego.

- Zakładzie Badań i Studiów Teletechniki. Dotychczas prace prowadzone były w kierunku wypracowania krajowego systemu telekomutacyjnego, przystosowanego do okresu przejściowego i przyszłej sieci zintegrowanej w sensie zapewnienia odpowiedniej elastyczności systemu sterowania. W ramach tych prac wykonano między innymi modele: EACT o pojemności 10 NN i 100 NN, reduktora łączy 12/3.

3. CHARAKTERYSTYKA ZST

3.1. Charakterystyki jakościowo-ilościowe usług ZST

Najbardziej dotychczas powszechnymi i masowymi usługami telekomunikacyjnymi są usługi: telefoniczne, telegramowe i teleksowe.

Ustatnio do tej grupy zasadniczych usług telekomunikacyjnych wchodzi transmisja danych. Wynika to z niesłychanie dynamicznego rozwoju wymiany informacji stymulowanej rozwojem gospodarczym i politycznym świata oraz ogromnym postępem technicznym. Ten dynamiczny rozwój nosi znamiona rewolucji technicznej i dlatego szereg autorów jest skłonnych określać współczesną epokę mianem rewolucji cybernetycznej. Świadczy o tym fakt średniego przyrostu około 25% rocznie w liczbie pracujących kompu-

terów i zapotrzebowania na wymianę informacji. Oznacza to, że w ciągu 10 lat liczby zainstalowanych komputerów i potrzeb wymiany informacji wzrosną dziesięciokrotnie. Również, tradycyjne dotąd usługi telekomunikacyjne wykazują istotne średnie przyrosty roczne bez żadnych tendencji w jakimkolwiek państwie osiągnięcia stanu nasyce-
 nia. Sytuację tę przedstawiono na rys. 1^{x)} (dane zaczerpnięto z [13]).

Z krzywych rys. 1 wynika, że zapotrzebowanie na usługi telekomunikacyjne w niewielkim stopniu zależą od przyrostu ludności. Natomiast zależą bardzo istotnie od przyrostu dochodu narodowego, przy czym ten przyrost zapotrzebowania jest, w większości krajów, większy od przyrostu dochodu narodowego. Na podstawie tego faktu można by sformułować tezę, że rozwój telekomunikacji warunkuje odpowiedni rozwój gospodarczy.

W zakresie usług telefonicznych obserwuje się stały i dość istotny średni roczny przyrost gęstości mierzony bądź liczbą linii, bądź liczbą aparatów telefonicznych przypadających na 100 mieszkańców. Dane zaczerpnięte z [12] przedstawiono w tabl. 2. Przyrósł ten jest rzędu kilku procent (3 do 8,9 w liniach i 4,5 do 8,8 w aparatach). Z zestawienia [12] zawartego w tabl. 1 wynika, że w krajach europejskich stan gęstości telefonicznej jest daleki od nasyce-
 nia. Pomimo instalowania rocznie znacznych ilości aparatów telefonicznych liczba oczeku-

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

Listy oczekiwania

| | Liczba abonentów oczekujących na telefon 1-01-64 | 1-01-67 | Liczba linii zainstalowa- nych w ciągu 3 lat |
|-----------------------|--|----------------------|---|
| NRF | 425000 | 391000 | 1242000 |
| Belgia | 16400 | 30800 | 198000 |
| Francja | 186000 | 339000 | 525000 |
| Włochy | 290000 | 110000 | 943000 |
| Holandia | 104000 | 156000 | 310000 |
| Zjednoczone Królestwo | 43000 | 116000 | 1312000 |
| Szwajcaria | 37100 | 44500 | 245000 |
| Szwecja | ? | 62000 | 374000 |
| Polska | 173000 ¹⁾ | 206000 ¹⁾ | 161100 ²⁾ |

1) na 31-12-54 i 67 r. 2) za lata 1967-67.

Średnie roczne zmiany intensywności, za okres lat 1961-1966, wskaźników ekonomicznych i wartości charakterystycznych dla telekomunikacji

| Rozwój w % | USA | NRF | Belgia | Dania | Francja | Włochy | Holandia | Zjedn. Król. | Szwecja | Szwajcaria | Polonia |
|---|------|------|--------|-------|---------|--------|----------|--------------|---------|------------|---------|
| Dochód narodowy skorygowany ze względu na koszt utrzymania | 5,62 | 5,17 | 5,1 | 5,77 | 5,93 | 5,24 | 5,72 | 3,15 | 4,99 | 5,05 | 6,3 |
| Wielkość handlu zagranicznego | 8,8 | 9,0 | 10,9 | 6,5 | 9,2 | 12,8 | 10,8 | 3,8 | 7,3 | 7,5 | 9,8/9,6 |
| Linia telefonizacja | 3,0 | 8,9 | 6,1 | 3,8 | 6,2 | 7,9 | 7,5 | 5,9 | 5,0 | 6,0 | 7,0 |
| Stacja telef. /abonanci/ | 5,0 | 8,0 | 6,6 | 4,5 | 7,1 | 8,8 | 7,8 | 5,7 | 5,2 | 6,3 | 7,6 |
| Ruch telef. lokalny | 5,4 | 5,9 | 5,7 | 2,2 | 7,8 | - | 4,6 | 7,4 | 9,0 | 4,2 | 8,1 |
| Ruch telef. m | 8,0 | 10,8 | 8,8 | 7,0 | 7,8 | 11,7 | 9,1 | 14,2 | 12,5 | 8,3 | 5,2 |
| Ruch telef. sm | 15,0 | 16,8 | 13,2 | 11,3 | 14,6 | 14,2 | 13,7 | 20,4 | 12,6 | 14,0 | 10,0 |
| Ruch telef. m/kont. | | | 17,4 | | | | 21,0 | 32,0 | 18,2 | | |
| Liczba połączeń na 1 abon. | 2,0 | -1,6 | 0 | 0 | +1,6 | -2,6 | -1,3 | 2,2 | 2,4 | 0,2 | - |
| Liczba stacji telekomowych | | 8,9 | 16,7 | 13,0 | 18,7 | 15,4 | 17,0 | 17,4 | 13,7 | 14,6 | 27,8 |
| Ruch telekomowy krajowy | 5,8 | 6,3 | 22,3 | 6,8 | 32,0 | 15,4 | 13,8 | 21,5 | 6,0 | 13,0 | 4,8 |
| Ruch telekomowy sm | 23,3 | 12,7 | 16,0 | 12,8 | 24,4 | 13,9 | | 26,5 | 16,8 | 15,0 | 14,5 |
| Ruch telekomowy krajowy | -5,3 | -6,8 | +8,4 | -3,1 | +3,0 | +1,2 | -3,3 | -7,2 | -1,8 | +2,8 | 5,1 |
| Ruch telekomowy sm | 25,3 | 12,7 | 16,0 | 12,8 | 24,4 | 13,9 | | 26,5 | 16,8 | 15,0 | 8,6 |
| Inne dane: | | | | | | | | | | | |
| Gęstość telefonizacji - liczba aparatów na 100 miesz. | 50 | 16 | 17 | 29 | 13 | 12 | 20 | 21 | 46 | 38 | 4,4 |
| Średnia liczba linii abonamentowych przypadająca na 1 osobę | 3500 | 1140 | 2150 | 756 | 122 | 865 | 1300 | 1130 | 423 | 1630 | 141,4 |
| Gęstość stacji telekomowych na 10000 mieszkańców | 10,5 | 4,7 | 6,4 | 2,6 | 0,68 | 6,2 | 3,6 | 4,9 | 15,7 | 15,0 | 0,76 |

jących na założenie aparatu jest stale duża. Dane te nie obejmują oczywiście potencjalnych abonentów, tzn. tych obywateli, którzy nie występują z zapotrzebowaniem na instalację aparatu telefonicznego wobec długich terminów realizacji.

Wzrost gęstości telefonicznej oraz rozrost organizmów gospodarczych powoduje wzrost wymiany informacji, co objawia się wzrostem ruchu telefonicznego. Przyrosty te za lata ubiegłe jak i przewidywane do 1975 r. ilustruje rys. 2. Średnie roczne przyrosty wielkości ruchu lokalnego (rys. 3) zawierają się w granicach 5 do 10% - można uznać wartość 7,5% jako średnią wielkość średnich przyrostów rocznych. Natomiast ruch międzymiastowy charakteryzuje się znacznie większymi przyrostami. Odpowiednie wielkości średnich przyrostów rocznych zawierają się w granicach 7,5 do 15% - można uznać wartość 11,25% jako średnią wielkość średnich przyrostów rocznych. Jeszcze większe przyrosty występują w ruchu międzynarodowym i międzykontynentalnym. Jest to spowodowane wzrostem zapotrzebowania na usługi telefoniczne wynikające z rozszerzania się zainteresowań gospodarczych, politycznych i kulturalnych pomiędzy państwami świata. Z drugiej zaś strony postęp techniczny, zwłaszcza w dziedzinie technologii środków łączności, umożliwia sprostanie temu stale rosnącemu zapotrzebowaniu przy jednoczesnym sprawniejszym i tańszym załatwianiu ruchu telefonicznego.

W zakresie telegrafii zapotrzebowanie na usługi telegramowe krajowe w większości krajów maleje i to z intensywnością dochodzącą do - 7% rocznie, podczas gdy za-

potrzebowanie na usługi teleksowe rośnie w wielu krajach o wiele szybciej niż maleje zapotrzebowanie na usługi telegramowe, osiągając intensywność nawet rzędu 32% w skali rocznej. Zmniejszanie się wielkości ruchu telegramowego spowodowane jest zaletami sieci teleksowej dającej jej użytkownikom istotną korzyść ekonomiczną. Świadczy o tym obserwowany przyrost wielkości ruchu teleksowego krajowego od 5,8 do 32% i międzynarodowego od 12,7 do 26,5% rocznie. Jednak zapotrzebowanie na usługi telegramowe nie zaniknie całkowicie, zwłaszcza w łączności międzynarodowej. W tym rodzaju ruchu obserwuje się znaczne przyrosty od 12,7 do 26,5% rocznie.

Z powyższych charakterystyk stanu obecnego i perspektyw dalszego rozwoju dla poszczególnych zasadniczych rodzajów usług telekomunikacyjnych wynika co następuje:

1. Zasadniczym, najbardziej powszechnym i masowym rodzajem usług telekomunikacyjnych jest telefonia. Gęstość telefoniczna nie wykazuje jeszcze w żadnym z krajów świata tendencji nasycenia, a intensywność wzrostu ruchu telefonicznego jest stale znaczna. Intensywność wzrostu gęstości oraz wzrostu ruchu telefonicznego jest większa od intensywności wzrostu dochodu narodowego.
2. Telegrafia będąca tradycyjną usługą telekomunikacyjną charakteryzuje się w większości krajów zmniejszaniem się wielkości ruchu telegramowego krajowego oraz znacznym wzrostem ruchu telegramowego międzynarodowego oraz ruchu teleksowego krajowego i międzyna-

dowego. Jednocześnie wzrasta gęstość teleksowa, której średnie przyrosty roczne zawierają się w granicach 8,9 do 18,7%. Jednak gęstość teleksowa jest o około 3 rzędów wielkości mniejsza od gęstości telefonicznej.

3. Pojawia się i dynamicznie rozwija nowy rodzaj usług telekomunikacyjnych - transmisja danych. Intensywność rozwoju tej usługi jest rzędu 25% rocznie. Przy zachowaniu takiej intensywności w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat, transmisja danych stanie się drugim, o ile nie pierwszym rodzajem usług telekomunikacyjnych, zwłaszcza ze względu na wielkość generowanego ruchu.
4. Inne rodzaje usług telekomunikacyjnych nie są uwzględniane w zestawieniach statystycznych. Wydaje się, że nie mają one i nie będą miały istotnego wpływu na rozwiązania systemów telekomunikacyjnych.

3.2. Ogólna koncepcja ZST

Pierwsza ogólna koncepcja zintegrowanej sieci telekomunikacyjnej w zakresie technik została sformułowana przez firmę Bell Laboratories [11,14,31]. Model laboratoryjny tej koncepcji pod nazwą ESSEX (Experimental Solid State Exchange) został oddany do badań laboratoryjno-eksploatacyjnych w 1958 r. Koncepcja ta została zaakceptowana przez wszystkie firmy i jest nadal aktualna. Ideę tej koncepcji dla sieci telefonicznej przedstawiono na rys. 4. Rys. 4a przedstawia fragment sieci, a na rys.4b

uwidoczono rodzaje sygnałów w zasadniczych częściach sieci.

We wszystkich współczesnych koncepcjach ZST [14 do 30] po liniach abonenckich przesyłane są sygnały telefonii naturalnej (t.a), a po łączach międzycentralowych i przez centra komutacyjne (C) przesyłane są cyfrowe sygnały dyskretne, zwykle PCM. Ostatnio pojawiają się informacje o wprowadzaniu modemów PCM do aparatów telefonicznych. W tym przypadku po wszystkich łączach przesyłane byłyby sygnały PCM; są to jednak propozycje na dalszą przyszłość.

W większości rozwiązań systemów ZST stosowany jest system PCM o 24 kanałach, 8 bitach w kanale i częstości repetycji dla każdego kanału 8 kHz. Z 8 bitów 7 przeznaczonych jest dla przesyłania mowy, a ósmy dla celów specjalnych. Ostatnio pojawiają się tendencje do zwiększenia krotności do 32 kanałów ze względu na lepsze wykorzystanie urządzeń sterowania, pracujących w dwójkowym systemie liczenia. Główne różnice w systemach PCM tkwią w systemach synchronizacji sieci i poszczególnych traktów. Zagadnienie to nie jest jeszcze rozwiązane zadowalająco.

Istotne różnice pomiędzy poszczególnymi koncepcjami systemów ZST w zakresie technik tkwią w sposobie rozwiązywania koncentratorów (K). Istnieją dwie zasadnicze tendencje budowy:

- koncentratory całkowicie elektroniczne z czasowym rozdziałem kanałów w oparciu o modulację amplitudy impulsów (PAM),

- koncentratory quasi-elektroniczne, w których do modemu PCM komutowane są linie abonenckie bez uprzedniej zmiany sygnałów t.a.

W obydwu jednak przypadkach wyposażenie koncentratorów jest ograniczone do niezbędnego minimum. Zwykle są one całkowicie sterowane zdalnie z centrum C (patrz rysunek 4). Powyższe różnice wynikają głównie z przesłanek ekonomicznych. Wydaje się jednak, że współczesny rozwój technologii podzespołów elektronicznych rozstrzygnie tę dyskusję na korzyść rozwiązań całkowicie elektronicznych.

Tak więc współczesne koncepcje systemów ZST charakteryzuje:

- przesyłanie sygnałów naturalnych w sieci abonenckiej,
- rozwiązania całkowicie elektroniczne urządzeń komutacyjnych, tzn. koncentratorów (K) i centrów (C),
- stosowanie systemów PCM na łączach międzycentralowych,
- stosowanie sterowanych zdalnie koncentratorów w celu lepszego wykorzystania sieci abonenckiej,
- przesyłanie informacji współdziałania pomiędzy poszczególnymi urządzeniami komutacyjnymi po wydzielonych łączach za pomocą transmisji danych sterowania^{x)}.

^{x)} Przez transmisję danych sterowania rozumie się transmisję danych, służącą do przesyłania informacji współdziałania pomiędzy urządzeniami komutacyjnymi.

Opracowany dla potrzeb kraju system ZST powinien również mieć powyższe ogólne cechy charakterystyczne.

Omówione wyżej ogólne koncepcje systemów ZST dotyczyły przede wszystkim sieci telefonicznych, a więc obejmowały jedynie integrację w zakresie technik i to w przypadku idealnym. Idealność tych koncepcji polega na rozpatrywaniu sieci, gdy na wszystkich traktach stosowany jest ten sam system telefonii nośnej. W sieciach rzeczywistych będących stale w "okresie przejściowym" takie idealne przypadki mogą występować sporadycznie i głównie w najniższej płaszczyźnie hierarchii sieci. W większości przypadków do węzłów komunikacyjnych mogą być przyłączane tory z różnymi systemami telefonii wielokrotnej. Zagadnienie to jeszcze bardziej się komplikuje w przypadku integracji w zakresie usług. W tym bowiem przypadku oprócz problemów komutacji kanałów tworzonych w różny sposób występują problemy właściwego wykorzystania kanałów, uwzględniając dysproporcję pomiędzy przepustowością kanałów i szybkościami nadawania informacji z różnych źródeł oraz dobór właściwych kanałów dla określonych usług. Problemy te będą występowały w centralach wyższych płaszczyzn sieci. Są one bardzo złożone i wymagają wielu jeszcze opracowań teoretycznych i eksperymentalnych. Wobec tego nie należy spodziewać się szybkiego ich rozwiązania. W najgorszym przypadku w początkowej fazie tworzenia ZST kanały nie będą optymalnie wykorzystane.

Przy integracji sieci w zakresie usług występuje problem przyłączania do urządzeń komutacyjnych różnego ro-

dzaju źródeł informacji. Generowany przez nie ruch powinien być załatwiany stosownie do charakteru źródeł, a więc w różny sposób. Źródła ruchu w ZST można sklasyfikować według następujących kryteriów:

- a) średniej wielkości generowanego ruchu,
- b) rodzaju sygnałów naturalnych, tzn. sygnałów elektrycznych wytwarzanych w źródle,
- c) sposobu utrzymywania łączności,
- d) szybkości nadawania informacji,
- e) wierności przesyłania informacji.

Dwa pierwsze kryteria oraz kryterium d) mają istotny wpływ na sposób przyłączania źródeł ruchu do sieci, podczas gdy pozostałe dwa mają wpływ na sposób załatwiania ruchu. Według kryterium a) źródła ruchu można podzielić na źródła o:

- a.1. małym natężeniu do 0,2 Erl.
- a.2. średnim natężeniu od 0,2 do 0,5 Erl.
- a.3. dużym natężeniu od 0,5 do 0,8 Erl.

Według kryterium b) źródła ruchu można podzielić na źródła o:

- b.1. sygnałach ciągłych,
- b.2. sygnałach impulsowych.

Kryterium c) dzieli źródła ruchu na:

- c.1. wymagające połączenia ciągłego dla zachowania sensu wymiany wiadomości, np. telefonia, które w

- skrótce nazywać będziemy źródłami "ciągłymi",
- c.2. dopuszczające dokonywania przerw w wymianie informacji bez zagubienia sensu łączności, które w skrótce nazywać będziemy źródłami "nie ciągłymi",

Kryterium d) dzieli źródła ruchu na źródła o:

- d.1. małej szybkości nadawania do 200 bitów/sekundę,
 d.2. średniej szybkości nadawania od 200 do 2400 b/s,
 d.3. dużej szybkości nadawania powyżej 2400 b/s.

Według kryterium e) źródła ruchu można podzielić na źródła wymagające dla zachowania właściwej jakości obsługi wierności co najmniej:

- e.1. małej rzędu 10^{-3} ,
 e.2. średniej rzędu 10^{-6} ,
 e.3. dużej rzędu 10^{-9} .

Dla określenia sposobu przyłączania źródeł ruchu do sieci będziemy uwzględniać grupy kategorii a), b) i d). Telefonia zalicza się do grup a), b.1 i d.3, telegrafia do grup a), b.2 i d.1, a transmisja danych do grup a), b.2 oraz d). Ze względu na kryterium a) należałoby przyjąć zasadę przyłączania źródeł ruchu w miejsca, gdzie każde przyłącze oferuje urządzeniu komutacyjnemu średnie natężenie ruchu mieszczące się w tym samym zakresie wielkości. Jeżeli więc abonenci telefoniczni, telegraficzni i transmisji danych generują ruch np. poniżej

0,2 Erl. każdy, to powinni oni być przyłączani do sieci poprzez stopień koncentracji ruchu, np. koncentrator. Jeśli generują oni różne wielkości średniego natężenia ruchu, to powinni oni być przyłączani odpowiednio do stopni koncentracji ruchu, stopni rozdzielczych (SR) lub central tandemowych. Chodzi tu o zapewnienie równomiernego obciążenia odpowiednich stopni komutacyjnych. Oznacza to, że każde urządzenie komutacyjne powinno być przystosowane do możliwości przyłączania dowolnego rodzaju źródła ruchu.

Sygnały elektryczne mieszczące się w pasmie częstotliwości od prądu stałego do 3400 Hz mogą być przesyłane w kanałach PCM z mocą ograniczoną w zasadzie do mocy sygnałów telefonii naturalnej. Wobec tego sygnały telegraficzne lub transmisji danych brane z miejsca wytwarzania ich impulsów prądu stałego mogą być przesyłane (po zredukowaniu mocy po stronie nadawczej i wzmocnieniu po stronie odbiorczej) w zasadzie tak samo, jak sygnały telefoniczne. Wyposażenia przyłączy będą oczywiście różne dla każdego rodzaju źródeł ruchu.

Szybkość nadawania w kanale PCM wynosi 64 kb/s, a szybkości nadawania większości dotychczasowych źródeł ruchu są znacznie niższe. Wobec tego powstaje pytanie, czy przyjąć rozwiązanie tańsze w zakresie urządzeń komutacyjnych, lecz o bardzo słabym wykorzystaniu przepustowości kanału, czy też przyjąć kierunek większego skomplikowania i tym samym zwiększenia kosztów urządzeń komutacyjnych, lecz bardziej optymalnego wykorzystania przepustowości kanału? Wydaje się, że w pierwszej fazie

opracowywania systemu ZST powinien być przyjęty do realizacji wariant pierwszy jako obciążony mniejszym ryzykiem.

W przyszłości jednak, pojawiają się źródła ruchu o charakterystyce b.2 i d.3, a więc o małym natężeniu ruchu, sygnałach impulsowych i bardzo dużej szybkości nadawania, współmiernej z szybkością kanału PCM (np. maszyny cyfrowe). W tym przypadku wydaje się bardziej racjonalne przyłączenie takich źródeł ruchu wprost do kanału PCM poprzez odpowiedni zespół synchronizująco-dopasowujący (ZSD). Źródła odbiorcze powinny być przyłączane w podobny sposób.

Na podstawie powyższych rozważań można określić koncepcyjne rozwiązanie przyłączenia różnych źródeł ruchu do ZST. Koncepcję tę ilustruje rys. 5. Rysunek 5a przedstawia rozwiązanie dla źródeł ruchu grupy a.1 z uwzględnieniem przypadku przyłączania źródeł b.2 i d.3. Natomiast na rys. 5b przedstawiono rozwiązanie dla źródeł grup a.2 i a.3. Łącza PCM tego rozwiązania są przyłączone do różnych SR w zależności od średniego obciążenia kanału PCM (a.2 lub a.3). Tylko przez jedno z tych urządzeń mogą być przyłączane źródła ruchu do ZST. Należy podkreślić, że rozwiązanie z rys. 5b stanowi część rozwiązania z rys. 5a wzbogaconego o przystawki pozwalające na bezpośrednią współpracę modemu PCM z przyłączami odpowiednich rodzajów źródeł ruchu.

Przyjmując powyższe zasady za podstawę budowy ZST na rys. 6 przedstawiono ogólną koncepcję ZST, która jest zgodna z ogólnymi tendencjami światowymi [4], [14 do 31]. Koncentratory typu a (rys. 5a) i typu b (rys. 5b) są przy-

łączane do centrów za pomocą łączy PCM. Na wyjściu (w kierunku C) każdego koncentratora instalowany jest modem PCM. Koncentratory mogą być instalowane z dala od centrum C, jak również mogą stanowić integralne wyposażenie C. Każde źródło ruchu jest przyłączone do ZST tylko poprzez koncentrator. Wobec tego centrum staje się tranzytowym (tandemowym) węzłem komutacyjnym, komutującym kanały PCM.

Koncentratory typu a powinny być całkowicie elektroniczne z czasowym rozdziałem kanałów (PAM). Dopuszcza się ze względów ekonomicznych rozwiązanie 'quasi-elektroniczne. Natomiast koncentratory typu b powinny być wyłącznie całkowicie elektroniczne. Określenia powyższe odnoszą się do całości wyposażenia koncentratorów za wyjątkiem przyłączy, które ze względu na charakter źródła ruchu nie zawsze będą mogły być rozwiązane całkowicie elektronicznie. Koncentratory obydwu typów są funkcjonalnie zależne od C. Jeśli są one instalowane z dala od C, to wymiana informacji sterowniczych dokonywana jest za pomocą transmisji danych sterowania (TDS). Do tego celu może być stosowany system typowy dla transmisji danych lub też może być wykorzystany dodatkowy trakt PCM. Tak więc w skład wyposażenia K muszą wchodzić zespoły TDS (ZTDS), które nie występują w koncentratorach instalowanych w centrum.

Centrum C jest więc tranzytowym (tandemowym) węzłem komutacyjnym, do którego przyłączane są łącza PCM od obsługiwanych K oraz łącza od innych C lub centrali systemów dotychczasowych. Oznacza to, że centrum powinno mieć

możność komutowania kanałów tworzonych w różny sposób. Rozwiązanie tego problemu wymaga wielu prac naukowych, tym bardziej, że nie jest ono nawet koncepcyjnie rozwiązane na świecie. Istnieją jedynie pewne prace przykładowe [32]. W związku z tym dla wstępnego okresu opracowywania ZST przyjmuje się, że wszystkie łącza przyłączone do C są łączami PCM tego samego systemu. Oznacza to, że łącza innego rodzaju są na wejściu C przetwarzane na łącza PCM tego samego systemu dla całego C. Wymiana informacji sterowania pomiędzy centrami jest dokonywana po wydzielonych łączach TDS, rozwiązanych podobnie jak dla wyniesionych koncentratorów. Współpraca C z centralami systemów istniejących jest dokonywana w sposób przewidziany dla tych central.

3.3. Ogólna charakterystyka techniczno-ekonomiczna ZST

Systemy ZST znajdują się obecnie na świecie w różnych stadiach projektów koncepcyjnych lub prac eksperymentalnych. Wobec tego, właściwe określenie ich własności technicznych i ekonomicznych natrafia na poważne trudności. Jednak ich ogólne własności techniczne tworzyć mogą przesłanki dla oszacowania własności ekonomicznych. W tej sytuacji, oczywiście, rozwiązania techniczne mogą mieć jedynie charakter ogólnych kierunków, które mogą dać istotne korzyści ekonomiczne.

Obecny rozwój telekomunikacji zmierza do załatwiania ruchu telekomunikacyjnego w sposób całkowicie automa-

tyczny. Wobec tego poniższe rozważania odnoszą się jedynie do przypadku całkowicie automatycznego załatwiania ruchu telekomunikacyjnego.

Współczesne wymagania odnośnie jakości załatwiania usług telekomunikacyjnych przy jednoczesnym istotnym wzroście gęstości oraz wielkości ruchu powodują wzrost stopnia skomplikowania urządzeń sterujących siecią (mieszczących się obecnie w centralach telefonicznych) i tym samym wzrost ich kosztów. Przyrost gęstości oraz wielkości ruchu powoduje również wzrost liczby łączy w sieci abonenckiej i międzycentralowej oraz wzrost wyposażenia komutacyjnych. Aby więc zapewnić wymaganą jakość obsługi przy utrzymaniu całkowitych kosztów co najmniej na dotychczasowym poziomie, konieczne jest zwiększenie stopnia wykorzystania wyposażenia sieci. Osiąga się to przez określone działania w trzech dziedzinach: struktury i organizacji sieci telekomutacyjnej, organizacji eksploatacji oraz produkcji.

Struktura i organizacja sieci telekomunikacyjnej

W zakresie struktury sieci wyróżnić można trzy zasadnicze kierunki jednoczesnego działania, a mianowicie:

- skracania średniej długości linii abonenckiej,
- zwiększania wykorzystania łączy,
- zwiększania wykorzystania urządzeń sterujących.

Skracanie średniej długości linii abonenckich osiąga się głównie przez decentralizację węzłów komutacyjnych

i umieszczenie stopni abonenckich na terenie skupisk abonenckich. Tym samym zwiększa się stopień wykorzystania bogatej sieci abonenckiej. Dalsze zwiększanie tego stopnia uzyskiwane jest przez wprowadzanie różnego rodzaju łączy dwunumerowych, instalowanie koncentratorów typu centrex (miejsko-abonenckich) itp. Kierunek ten jest już zrealizowany w ramach współczesnych systemów elektromechanicznych, lecz systemy ZST pozwalają dzięki stosowaniu techniki elektronicznej na uzyskanie jeszcze większych korzyści ekonomicznych. Koszt bowiem koncentratora całkowicie elektronicznego przy wielkoseryjnej produkcji powinien być mniejszy niż sprzętu elektromechanicznego, pomijając zagadnienia różnic w wielkości i niezawodności. Ponadto koncentratory elektroniczne o wiele łatwiej jest dostosowywać do różnej liczby abonentów, ich rodzajów i wielkości generowanego ruchu niż ma to miejsce w sprzęcie elektromechanicznym. Dlatego system ZST pod tym względem może dać dodatkowe korzyści ekonomiczne.

Zwiększenie wykorzystania torów uzyskuje się na trzech zasadniczych drogach:

- przez wprowadzenie systemów wielokrotnych aż do najniższych płaszczyzn sieci,
- przez eliminację nadmiernej liczby łączy przez nakładanie dodatkowych zadań na urządzenia sterujące i organizację pracy sieci (kierowanie ruchu, reSelekcja itp.),

- przez właściwy dobór tras łączy w zależności od rozmieszczenia skupisk abonentów i ich charakteru.

Spośród opracowanych systemów wielokrotnych dla najniższych płaszczyzn publicznych sieci telefonicznych systemy PCM zaczynają być stosowane powszechnie. Wzrost zainteresowania tymi systemami wynika przede wszystkim z niskich kosztów wyposażenia końcowych i traktu PCM, co ilustrują rys. 7 i 8 [34]. Koszt systemu PCM można by jeszcze bardziej obniżyć przez usunięcie urządzeń końcowych PCM dla połączeń tranzytowych (tandemowych). Rozwiązanie takie prowadzi do integracji sieci w zakresie technik. Urządzenia końcowe PCM byłyby w ZST instalowane tylko w urządzeniach, do których przyłączane są źródła ruchu. Oznacza to, wobec tendencji decentralizacji urządzeń komutacyjnych wynikającej z dążności do lepszego wykorzystania sieci abonenckiej, uzyskanie bardzo istotnych zysków ekonomicznych.

Zyski te mogą być jednak pomniejszone przez wzrost kosztów urządzeń komutacyjnych przypadających na jedno łącze. Wewnątrz każde urządzenie komutacyjne można podzielić na: sieć dróg rozmównych (SDR) i urządzenie sterujące (US). Na razie zajmijmy się kosztami SDR. Do SDR zalicza się: wyposażenie przyłączy, pole komutacyjne oraz zespoły obsługowe przeznaczone do bezpośredniej współpracy ze źródłami ruchu w procesach zestawiania połączeń. Ogólną tendencją w rozwiązaniach elektronicznych automatycznych central telefonicznych (EACT) i innych elektronicznych urządzeniach komutacyjnych jest ograniczanie wypo-

szażeń SDR do niezbędnego minimum, przynosząc możliwie jak najwięcej funkcji do wykonania przez US. Dzięki temu wyposażenie SDR przypadające na jedno łącze jest stosunkowo małe. Wyposażenie to jest najmniejsze w przypadku budowy EACT na zasadzie rozdziału czasowego kanałów. Urządzenia komutacyjne dla ZST muszą - ze względu na integrację w zakresie technik - być budowane w oparciu o tę właśnie zasadę.

Wprawdzie wielkość wyposażenia jest bardzo mała, lecz ze względu na wymagane parametry elementów koszt SDR może być stosunkowo wysoki. Głównymi składnikami ceny sprzedażnej SDR są układy półprzewodnikowe oraz pamięci sterujące bezpośrednio SDR. Wymagany czas propagacji dla układów elektronicznych jest rzędu kilkudziesięciu nanosekund. Czas cyklu pamięci powinien być mniejszy od 3 μ s. Obecne ceny krajowe takich podzespołów są bardzo wysokie, choć na świecie są one już na poziomie możliwym do przyjęcia. Opracowanie masowej ich produkcji spowoduje obniżkę ich ceny do poziomu opłacalności stosowania.

Z powyższych względów pola komutacyjne projektuje się bardzo oszczędnie, dopuszczając dość duże prawdopodobieństwo blokady wewnętrznej. Z drugiej strony dąży się również do ograniczenia liczby łączy w sieci, co oczywiście ma wpływ na wielkości wyposażenia SDR urządzeń komutacyjnych. Prawdopodobieństwo strat, jakie mogłyby powstać w tak budowanej sieci, jest kompensowane określonymi metodami zestawiania połączeń, jak: kierowanie ruchu, kilkakrotne próbowanie zestawienia połączenia lub wyszukiwanie na drodze obejściowej tras połączeń od końca do końca według z góry ustalonych reguł.

Jeśliby nawet cena SDR była wyższa lub na poziomie (po przeliczeniu) cen rozwiązań elektromechanicznych, to wynikowy koszt całkowity będzie prawdopodobnie istotnie niższy. Teza ta wynika z następujących przesłanek. Objętość i ciężar elektronicznych SDR są znacznie mniejsze niż w rozwiązaniach elektromechanicznych. Centrale telefoniczne quasi-elektroniczne, będące już w seryjnej produkcji w szeregu krajów zachodnich, są o 50% mniejsze od analogicznych central elektromechanicznych. SDR dla ZST jako całkowicie elektroniczne z czasowym rozdziałem kanałów zajmuje znacznie mniejszą objętość niż w centralach quasi-elektronicznych. Podobnie przedstawia się sytuacja odnośnie ciężaru. Oznacza to, że inwestycyjne koszty budowlane powinny być istotnie mniejsze niż w przypadku sprzętu elektromechanicznego.

Innymi źródłami obniżenia ogólnych kosztów są koszty eksploatacyjne. Istotnej obniżki tych kosztów należy się spodziewać ze względu na:

- wysoką niezawodność sprzętu [1],
- typizację sprzętu,
- automatyzację oceny pracy urządzeń, diagnostyki i lokalizacji uszkodzeń,
- zmniejszenie liczby personelu obsługi.

Reasumując, wynikowe koszty całkowite przypadające na jedno łącze powinny być znacznie niższe od analogicznych kosztów dla sprzętu elektromechanicznego.

W zakresie organizacji sieci podstawowe problemy wią-

żą się ściśle z procedurą zestawiania połączeń, a więc z urządzeniami sterującymi siecią. W systemach dotychczasowych urządzenia sterujące siecią stanowią integralne wyposażenie central, przy czym ich zasięg działania jest ograniczony do wyposażenia jednej centrali. Oznacza to, że urządzenie sterujące może dokonać wyboru drogi połączeniowej jedynie w obrębie własnej centrali bez informacji, czy wzięte do pracy łącze międzycentralowe prowadzące do następnej centrali ma w danej chwili dostęp do kierunku wyjściowego z tej następnej centrali. Dla zachowania więc wymaganej jakości załatwiania ruchu konieczne jest bądź wprowadzenie nadmiernej liczby łącz, bądź wprowadzenie zasady kilkukrotnego próbowania zestawienia połączenia według zadanych reguł. W pierwszym przypadku wzrasta wyposażenie sieci i pól komutacyjnych central, a w drugim komplikuje się praca US i wzrastają wymagania na szybkość pracy US, co powoduje wzrost kosztów US. Kierunek drugi jest jednak słuszniejszy z ekonomicznego punktu widzenia, bowiem koszt US rozkłada się na wszystkie łącza przyłączone do centrali. Kierunek ten jest nadal rozwijany, w wyniku czego powstają nowe koncepcje organizacji sieci. W nowoczesnych systemach elektronicznych urządzenia sterujące są wyspecjalizowanymi elektronicznymi maszynami cyfrowymi. Szybkość pracy tych maszyn osiągnana obecnie jest tak duża, że jedna maszyna może obsługiwać bardzo dużą liczbę łącz. Powstały więc koncepcje [17] wyłączenia z central ich urządzeń sterujących i koncentrowania funkcji sterowniczych w jednym US wspólnym dla wielu central. W tym

przypadku koszt US rozkłada się na większą liczbę łączy, przez co koszt jednostkowy maleje.

Koncentrowanie funkcji sterowniczych w odrębnych urządzeniach obsługujących kilka central pozwala na świadome wybieranie dróg połączeniowych od końca do końca oraz na stosowanie bardziej efektywnych metod kierowania ruchu. Konsekwencją tego jest możliwość dalszego zwiększenia wykorzystania łączy i obniżenia kosztów US przypadających na jedno obsługiwane łącze; zyski ekonomiczne stąd wynikające można oszacować jako wysokie.

Oszacowanie zysków jest utrudnione, bowiem brak jest w literaturze światowej odpowiednich danych. Powyższe oszacowanie oparto na następujących przesłankach. Centrale quasi-elektroniczne (np. Nr 1 ESS) o wysokiej koncentracji funkcjonalnej w programowanym urządzeniu sterującym, a więc odpowiadających powyższym koncepcjom, są ekonomiczne w porównaniu z centralami elektromechanicznymi (np. Crossbar Nr 5) już od pojemności rzędu 4000 Ab. Inne rozwiązania (np. REX) charakteryzują się ekonomicznością już od pojemności 1000 NN. Należy zaznaczyć, że szybkości pracy US są tak duże, że mogą obsługiwać do 60000 NN (Nr 1ESS). Wynika więc stąd, że wzrost kosztów, będący konsekwencją wzrostu stopnia skomplikowania pracy, jest mniejszy niż zdolności załatwiania ruchu.

Organizacja eksploatacji [10]

Wszystkie współczesne elektroniczne systemy telekomutacyjne charakteryzują się automatyzacją oceny pracy

urządzeń, diagnostyki i lokalizacji uszkodzeń. Dane o uszkodzonym zespole są drukowane na dalekopisie. Właściwość ta wraz z wysoką niezawodnością sprzętu elektronicznego oraz daleko idącą typizacją sprzętu pozwala w zasadzie na bezobsługową pracę urządzeń komutacyjnych. W związku z tym powstaje możliwość innej organizacji eksploatacji w zakresie utrzymania urządzeń w stanie pracy. Personel obsługi może być lokalizowany w określonych miejscach sieci-centralnych dla nadzorowanych fragmentów sieci. W tym miejscu zlokalizowane byłyby dalekopisy z nadzorowanych central oraz inne urządzenia pozwalające na zdalne dokonywanie określonych zestawów pomiarów lub manipulacji. W ten sposób personel obsługi ma dokładny obraz pracy obsługiwanych urządzeń, a w przypadku uszkodzenia dysponuje dokładnymi danymi o uszkodzeniu. W większości przypadków uszkodzeń naprawa sprowadzać się będzie do wyjazdu do uszkodzonego urządzenia i wymiany konkretnego wymiennego podzespołu na nowy oraz sprawdzenia, czy centrala pracuje poprawnie. Wobec tego personel bezpośredniej obsługi może mieć niższe kwalifikacje zawodowe (w sensie poziomu wykształcenia technicznego) niż przy innych systemach, tym bardziej, że liczba typowych podzespołów wymiennych ograniczona jest w rozwiązaniach elektronicznych do rzędu od kilkudziesięciu do kilkunastu. W tej sytuacji uzasadniona jest możliwość osiągnięcia wielkości wskaźnika utrzymania rzędu 0,1 do 0,2 rob.godz. 1 rok 1 NN. Oznacza to, że ekipa 4 pracowników może obsługiwać centrale o sumarycznej pojemności rzędu 80000 NN. Biorąc przy tym dopusz-

czalne niezbyt wysokie kwalifikacje tego personelu (w sensie wykształcenia technicznego) koszty utrzymania omawianego sprzętu będą niskie.

Mogą jednak występować uszkodzenia, których w powyższy sposób nie da się usunąć. W związku z tym w skład personelu obsługi będą musieli wchodzić wysoko kwalifikowani fachowcy. Jednak, ze względu na małe prawdopodobieństwo występowania tego rodzaju uszkodzeń, ich liczba będzie znacznie mniejsza niż personelu bezpośredniej obsługi. Fachowcy ci będą mogli być skupieni w laboratoriach dyrekcyjnych okręgowych, co oczywiście w nieznanym stopniu zwiększy koszty robocizny obsługi.

W zakres zagadnień eksploatacyjnych wchodzi problemy dopasowywania pracy urządzeń do aktualnych potrzeb sieci. Są to np. zmiany uprawnień abonentów, specjalne ułatwienia dla abonentów, zmiany procedury załatwiania połączeń. Realizacja tych zagadnień w systemach elektromechanicznych wymaga zmian okablowania oraz instalowania dodatkowego wyposażenia. W systemach elektronicznych ze sterowaniem programowym zagadnienia te ulegają znacznemu uproszczeniu, a więc koszt ich realizacji jest znacznie mniejszy. W większości przypadków zmiany uprawnień i procedur załatwiania ruchu zabiegi sprowadzają się do zmian zawartości informacji zmagazynowanych w pamięciach. Zmiany te można przygotowywać z dala od centrali w laboratorium i zbadać ich poprawność, po czym ich wprowadzenie do pamięci jest czynnością stosunkowo prostą i krótkotrwałą. Podobnie prosto dokonuje się rozbudowy urządzeń i przystosowania ich do współpracy z dowolnym systemem

komutacyjnym. W tym zakresie zyski ekonomiczne w stosunku do systemów elektromechanicznych należy oszacować jako bardzo duże.

Produkcja

We współczesnych elektronicznych systemach telekomunikacyjnych dominuje tendencja podziału wyposażenia na: sprzęt (ang. hardware) i zasób wiedzy (ang. software). Sprzęt to jest ta część wyposażenia, która wykonana jest z fizycznych podzespołów. Natomiast zasób wiedzy (w skrócie wiedza) to jest część informacyjna wyposażenia. Przez właściwy dobór sprzętu i wiedzy można wysoce stypizować sprzęt i objąć nim więcej niż jedną dziedzinę techniki. Z tego też względu w rozwiązaniach konstrukcyjnych sprzętu dominuje tendencja modułowej budowy urządzeń. Z określonego zestawu modułów można budować urządzenia elektroniczne o różnym przeznaczeniu. W ramach techniki cyfrowej modułami objąć można takie dziedziny, jak: telekomunikację, automatykę przemysłową, maszyny matematyczne itp. Sposób pracy urządzenia zbudowanego z takich modułów nadawany jest przez wprowadzenie do jego pamięci właściwej wiedzy, tzn. informacji narzucających wymaganą pracę urządzenia.

Dzięki takiemu podejściu wydłużają się serie produkcyjne poszczególnych modułów, przez co obniża się koszt ich wytwarzania. Ponadto każdy moduł podlega w fabryce szczegółowym badaniom, tak że jego instalacja sprowadza się do przyłączenia właściwych przewodów, a uruchomienie

do dołączenia napięcia zasilającego i sprawdzenia, czy połączenia instalacyjne zostały wykonane prawidłowo. W ten sposób proces projektowania urządzeń końcowych sprowadza się do wyboru rodzajów modułów, ich ilości i sposobu połączeń oraz przygotowania wiedzy, głównie programu pracy. Proces zaś instalacji i uruchomienia jest znacznie krótszy. Tak więc po opracowaniu podstawowego zestawu modułów projektowanie urządzeń końcowych, ich instalacja i uruchomienie znacznie się upraszczają, obniżając w sposób istotny koszty zakupu urządzeń finalnych.

Reasumując, przy jednoczesnym uwzględnieniu wszystkich wyżej omówionych kierunków działania, w procesie opracowywania systemu ZST można uzyskać bardzo istotne korzyści ekonomiczne, nawet w przypadku integracji jedynie w zakresie technik. Integracja w zakresie usług przyniesie dodatkowe dalsze zyski wynikające przede wszystkim z lepszego wykorzystania wyposażenia sieci. Należy jednak podkreślić, że korzyści te można uzyskać jedynie przy kompleksowym opracowywaniu systemu. Oznacza to zwiększenie nakładów na opracowywanie tego systemu w stosunku do opracowania oddzielnie systemów telekomutacyjnych, elektromechanicznych, systemów teletransmisyjnych, telegraficznych i transmisji danych. Również czas opracowania pełnego systemu będzie dłuższy. Jednak zyski, jakie niesie ze sobą system ZST, całkowicie usprawiedliwiają wspomniany wzrost nakładów. O wielkości tych nakładów świadczy fakt, że w Wielkiej Brytanii w 1956 r. powstał do tych zadań Joint Electronic Research Committee, skupiający Poczta Brytyjską i 5 koncernów. We Fran-

cji powstała w 1959 r. podobna instytucja pod nazwą Sotel, a firma LM Ericsson podpisała w 1959 r. umowę licencyjną z Western Electric. Taka koncentracja sił pozwoliła np. w Wielkiej Brytanii na wypracowanie systemów quasi-elektronicznych, których obecna produkcja pozwala na oddawanie do eksploatacji jednej centrali co około 10 dni.

WYKAZ LITERATURY

1. Hangk G.: Early No 1 ESS Field Experiences: I - Two - Wire system for commercial applications. IEEE Transactions on Communications Technology 1967 t. 15 nr 6, s. 744-750.
2. Vaughan H.E.: Experience gained with the No 1 electronic switching system. Colloque International de Commutation Electronique (CI de CE), Paris 1966, s. 703-711.
3. Scotland Enters a New Era POTJ, Winter 1968, s. 21.
4. Digital switching for PCM telephony experimental tandem London Exchange, The Engineer 1968 23 February, s. 326-327.
5. Praca zbiorowa: Elektroniczne Automatyczne Centrale Telefoniczne (EACT) - Praca naukowo-badawcza wykonana przez Katedrę Telekomutacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1964-65 r.
6. Praca zbiorowa: Rozwój techniki EACT do 1966 r. - Pra-

ca naukowo-badawcza wykonana przez Katedrę Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1967.

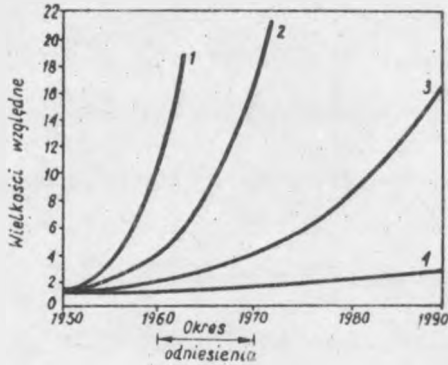
7. Witulski St.: Wnioski dotyczące zakresu dalszych prac w Polsce na przełomie lat 1967/68 - Część B, t. 3, rozdz. IV, opracowanie [6], s. 151-171.
8. Witulski St.: Wstępne założenia dla central krajowych. Część H opracowania [5], s. 1-99.
9. Witulski St.: Zagadnienia sieci zintegrowanych, zalecenia i wnioski. - Praca naukowo-badawcza wykonana przez Katedrę Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej (w przygotowaniu).
10. Buczkowski J.: Urządzenia badaniowo-kontrolne w EACT Część B, t. 2 rozdz. IV opracowania [6], s. 94-126
11. Mac Nair W.A.: Recent trends in electronic switching technology. CI de CE, Paris 1966, s. 51-62.
12. Deloraine E.M.: Telecommunication traffic. Electr. Com. 1969 t. 44 nr 1, s. 4-13.
13. Halina J.W.: Data transmission - current trends and future prospects. Electr. Com. 1966 t. 41 nr 2, s. 177-195.
14. Witulski St.: Eksperymentalna centrala elektroniczna ESSEX. Część B, rozdz. 3, opracowanie [5], s. 139-202.
15. Pinet A., Martin J., Revel M.: System de comutation electronique temporelle Project "Platon" Commutation et Electronique 1966 nr 12, s. 22-46.

16. Chatelon A.: PCM telephone exchange switches digital data like a computer. *Electronics* 1966 Oct. 3, s. 119-126.
17. Dejean J.H., Cohen D., Grandjean C.H., Seneque P.: Dispersed telecommunication network structure. *Electrical Communication* 1967 t. 42 nr 3, s. 402-414.
18. Charkiewicz A.D.: Primienienie IKM dla postrojenia jedinoj (integralnej) systiemy komutacji i uplotnienia. *Elektroswiaz* 1965 nr 8, s. 54-61.
19. Wragge H.S.: On modulation methods for use in a metropolitan integrated switching and transmission networks. CI de CE, Paris 1966, s. 393-402.
20. Kawasaki H., Hirose K., Hasegawa K.: On the synchronization of PCM switching system. CI de CE, Paris 1966, s. 403-413.
21. Croft G.F., Mumford H.: Compensation for the variation of junction delay with temperature. CI de CE, Paris 1966, s. 414-422.
22. Mumford H., Smith P.W.: Overall synchronization in a PCM network. CI de CE, Paris 1966, s. 423-427.
23. Le Corre: Organization d'un autocommutateur utilisant la modulation en impulsions codees CI de CE, Paris 1966, s. 428-439.
24. Warman B.J., Simmons B.D., Warren K.G.: The introduction of PCM junction links and switching into a dispersed generalized rex system. CI de CE, Paris 1966, s. 440-450.

25. Edstrom N.: A telecommunication system with integrated switching and transmission media. CI de CE, Paris 1966, s. 451-463.
26. Duerdoth W.: The possibility of an integrated PCM switching and transmission network. CI de CE, Paris 1966, s. 464-479.
27. Harding D.J.: An approach to a tandem exchange for an integrated PCM network. CI de CE, Paris 1966, s. 480-487.
28. Mornet P.: Introduction de la modulation en impulsions codées, dans le reseau telephonique existant. CI de CE, Paris 1966, s. 488-496.
29. Martin J.: La modulation par impulsions codées du signal téléphoniques dans les systemes de commutation electronique integres. CI de CE, Paris 1966, s. 487-501.
30. Pinet A.: Principe de base systemes de commutation temporelle intégrée structure et synchronisation des reseaux. CI de CE, Paris 1966, s. 502-508.
31. Buczkowski J., Witulski St.: Podstawy telekomutacji elektronicznej. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1965.
32. Pieniądz A.: Sieć dróg rozmównych. Część B, t. 1 opracowania [6], s. 1-96.
33. Grandjean Ch.: Call routing strategies in telecommunication networks. Electr. Com. 1967 t. 42 nr 3, s. 380-391.

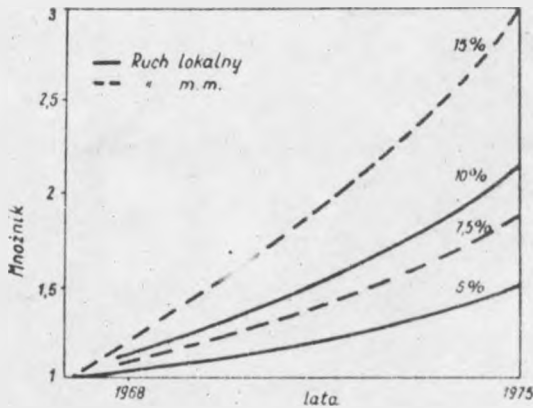
34. Hartley G.C., Dejean J.H.: Potentialities of an integrated digital network. Electr. Com. 1967 t. 42 nr 3, s. 392-401.
35. Cyran A.: Układy logiczne dla eksperymentalnego systemu EACT. Przegląd Telekomunikacyjny nr 2/67.
36. Krockner E.: System eksperymentalny - doświadczalna pełnoelektroniczna centrala telefoniczna. Przegląd Telekomunikacyjny nr 2/67.
37. Prager E., Malik L.: Centralne sterowanie programowane systemu eksperymentalnego EACT. Przegląd Telekomunikacyjny nr 4/67.
38. Sztagier W.W.: Opis koncentratora systemu eksperymentalnego wykonanego w ZSRR. Przegląd Telekomunikacyjny nr 4/67.
39. Quasi-elektroniczny koncentrator systemu eksperymentalnego EACT. Przegląd Telekomunikacyjny nr 7/67.
40. Koncentrator elektroniczny wykonany w NRD. Przegląd Telekomunikacyjny nr 8/67.
41. Obrocka A., Drużyński J.: Pamięci magnetostrykcyjne. Przegląd Telekomunikacyjny nr 1/68.
42. Ferrytowa pamięć półstała. Przegląd Telekomunikacyjny nr 2/68.
43. Rakowska W.: Aparat telefoniczny dla systemu eksperymentalnego (TA 100E). Przegląd Telekomunikacyjny nr 3/68.

44. Dr Acs E.: 30-kanalowa aparatura AKSm-30/2 systemu adresowo-kodowego z modulacją położenia impulsu. Przegląd Telekomunikacyjny nr 4/68.
45. Prof. Błocki F.: Telefoniczne wielokrotne systemy czasowe o modulacji kodowej. Ref. na RN przy Ministrze Łączności /1966 r./.
46. Prof. Błocki F.: Telefoniczne systemy wielokrotne o modulacji impulsowo-kodowej. Ref. na wystawę prac IŁ z okazji 50-lecia SEP /czerwiec 1969 r./.

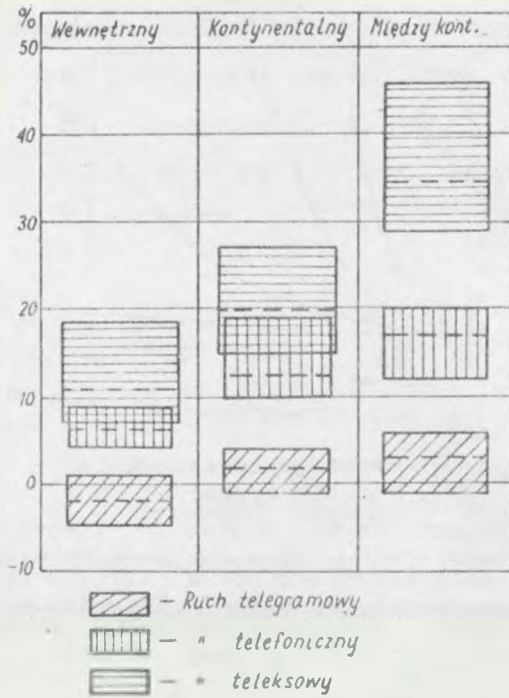


Rys. 1. Obecne i przewidywane zapotrzebowanie na usługi telekomunikacyjne

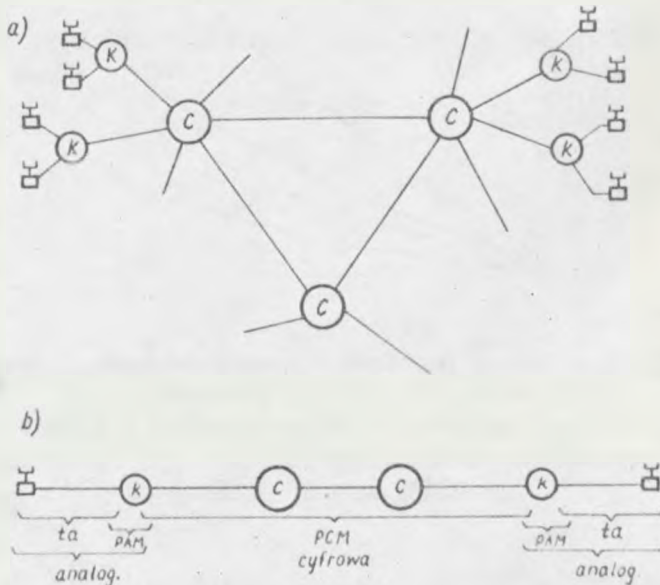
1 - komputery i wymiana danych, wzrost - 25% rocznie /wzrasta dziesięciokrotnie w ciągu 10 lat/; 2 - ruch dalekosiężny, wzrost - 15% rocznie /wzrasta czterokrotnie w ciągu 10 lat/; 3 - liczba aparatów telefonicznych, wzrost - 7,5% rocznie /wzrasta dwukrotnie w ciągu 10 lat/; 4 - liczba ludności, wzrost - 1,8% rocznie /podwaja się w ciągu 40 lat/



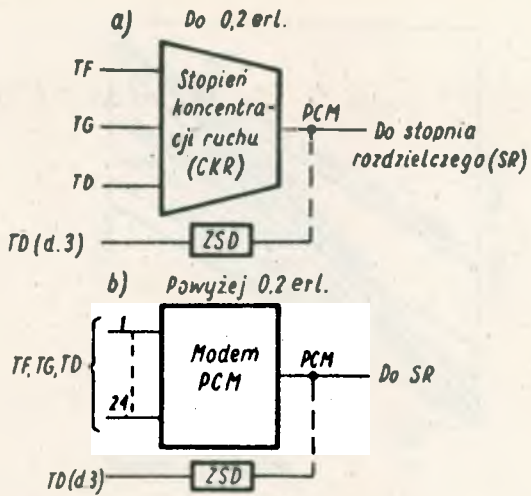
Rys. 2. Przykładowe minimalne i maksymalne średnie przyrosty ruchu lokalnego i międzymiastowego



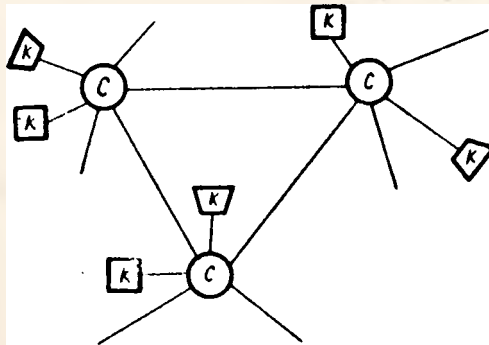
Rys. 3. Średnie roczne przyrosty ruchu telefonicznego, telegraficznego i telexowego według danych z 1963 r.



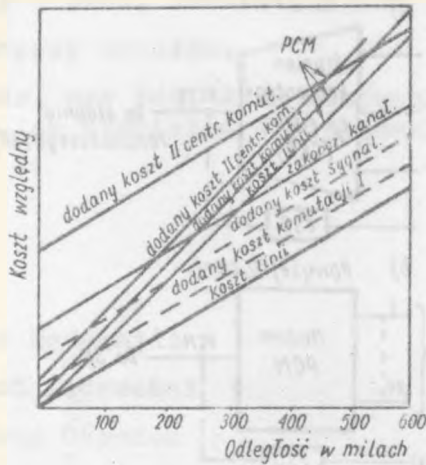
Rys. 4. Idea koncepcji ZST



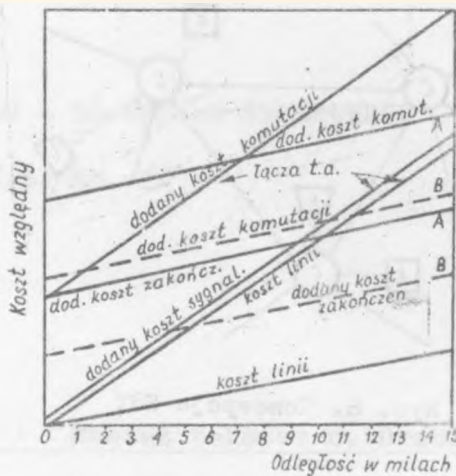
Rys. 5. Koncepcja przyłączenia źródeł ruchu



Rys. 6. Koncepcja ZST



Rys. 7. Porównanie kosztów systemów PCM i częstotliwościowych dla sieci międzymiastowej z jednym lub dwoma węzłami komutacyjnymi



Rys. 8. Porównanie kosztów łączy naturalnych /t.a./ i łączy PCM dla połączeń tandemowych, przy czym ostrożnie oszacowane koszty z 1966 r. przedstawiają krzywe A, a jeszcze bardziej ostrożne oszacowanie kosztów na 1970 r. przedstawiają krzywe B

