

**BIULETYN**  
**INFORMACYJNY**  
**INSTYTUTU**  
**ŁĄCZNOŚCI**

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
BIBLIOTEKA NAUROWA

Nr .....



**1995**  
**2-4**



**BIULETYN  
INFORMACYJNY  
INSTYTUTU  
ŁĄCZNOŚCI**

ROK 35

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

NR 2-4(327-329)

---

WARSZAWA 1995

**Komitet Redakcyjny**  
**Redaktor Naczelny: dr inż. Krystyn Plewko**  
**Z-ca Redaktora Naczelnego: doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska**  
**Redaktorzy Działowi:**  
**doc. dr inż. Włodzimierz Barjasz**  
**dr inż. Stanisław Sońta**  
**inż. Maria Łopuszniak**

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 1995

ISSN 0209-1046

**Redaktor: mgr Krystyna Juskiewicz**

**Skład komputerowy: Barbara Skwara, techn. Grażyna Woźnica**

---

**Instytut Łączności, Dział Ogólnotechniczny**  
**ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa**

## NOWE TECHNIKI W TELEKOMUNIKACJI

### SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wiesława Prokop-Knap: ATM - zasada funkcjonowania i zastosowanie	5 <del>M.H. 10</del>
2. Barbara Kümmel: Architektura sieci TMN na podstawie zaleceń CCITT	33
3. Jerzy Miłek: Krotnice systemów synchronicznych	49
4. Andrzej Stachnik: Synchronizacja krajowej, cyfrowej sieci telekomunikacyjnej	77 <del>M.H. 10</del>



## ATM - ZASADA FUNKCJONOWANIA I ZASTOSOWANIE

### 1. WSTĘP

Sieci szerokopasmowe B-ISDN (*Broadband Integrated Service Digital Network*) umożliwiają realizowanie różnorodnych usług (oprócz wąskopasmowych) takich, jak: przesyłanie sygnałów mowy, danych o małej szybkości między skomputeryzowanymi użytkownikami, sygnałów telewizji o dużej rozdzielczości, sygnałów wideo i realizowanie wideokonferencji, ultraszybka transmisja danych (przesyłanie dużych zbiorów między komputerami), szybkie telesterowanie, transmisja kolorowych telefaksów, dystrybucja sygnałów telewizyjnych według obecnych standardów (telewizja kablowa), poczta wizyjna, zdalne nabywanie towarów. Ponadto jest możliwa realizacja usług multimedialnych, polegających na jednoczesnym przesyłaniu różnych sygnałów w zestawionym połączeniu wielopunktowym.

Wielość usług oferowanych abonentowi wymaga różnych przepływności występujących w tym samym punkcie dostępu do sieci. Zaistniała zatem potrzeba opracowania metody komutacji informacji zawartych w strumieniach o różnej przepływności. Sieć B-ISDN umożliwia komutację danych o różnej szybkości, a także ich transfer ze zmienną szybkością (*Variable Bit Rate*).

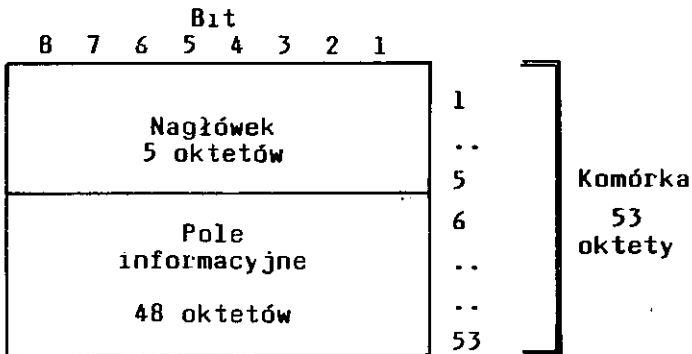
W celu ujednoczenia postaci komutowanej informacji dla wszystkich usług w sieci B-ISDN zastosowano technikę asynchronicznego transferu ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

Prace nad ATM są prowadzone przez organizacje standaryzacyjne, takie jak: UIT-T (CCITT), ETSI, a także przez specjalnie powołane grupy robocze, jak np. FORUM ATM, RACE (*Research Development in Advanced Communications Technologies in Europe*).

Opracowano zbiór zaleceń związanych z ATM m.in. charakterystyki funkcjonalne ATM, poziom ATM, poziom AAL (*ATM Adaptation Layer*), styk UNI (*User-Network Interface*), styk NNI (*Network-Node Interface*), definicje usług, aspekty sieciowe, architekturę, zarządzanie, sygnalizację, komutację itd.

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ATM

ATM jest techniką przesyłania informacji, łączącą zwielokrotnienie i komutację. Zastosowano tu specyficzny tryb przesyłania pakietów, w którym wykorzystano technikę asynchronicznego zwielokrotnienia z podziałem czasowym. Przepływ multipleksowanej informacji jest zorganizowany w blokach o stałej długości, zwanych komórkami. Komórka składa się z 48-oktetowego pola informacyjnego i 5-oktetowego nagłówka (rys. 1).



Rys. 1. Struktura komórki

Przy transmisji komórek w pierwszej kolejności przesyła się nagłówek, a potem pole informacyjne. Podstawową rolą nagłówka jest identyfikacja komórek należących do tego samego kanału wirtualnego VC (*Virtual Channel*) wewnątrz zwielokrotnionego sygnału.





Pole kontroli dostępu GFC (*Generic Flow Control*) składa się z 4 bitów. Wykorzystanie tego pola nie zostało jeszcze zdefiniowane. Intencją zagospodarowania tego pola jest kontrola dostępu urządzenia końcowego poprzez styk UNI, która wywodzi się ze standardu IEEE 802.6 MAN. Dla styku NNI pole to nie jest wykorzystywane.

Pole VPI/VCI obejmuje: 8 bitów identyfikatora ścieżki wirtualnej VPI (*Virtual Path Identifier*) dla styku UNI lub 12 bitów dla styku NNI i 16 bitów identyfikatora kanału wirtualnego VCI (*Virtual Channel Identifier*) dla obydwu typów styku.

Dla pola typu danych PT (*Payload Type*) przeznaczono 2 bity, które są wykorzystywane do kontroli jakości transmisji lub do informowania o przepełnieniu.

Bit utraty priorytetu przez komórkę CLP (*Cell Loss Priority*) wskazuje na komórkę, która może być pominięta w przypadku przepełnienia.

Pole kontroli błędów nagłówka HEC (*Header Error Control*) składa się z 8 bitów, które kontrolują błędy pojawiające się w nagłówku komórki.

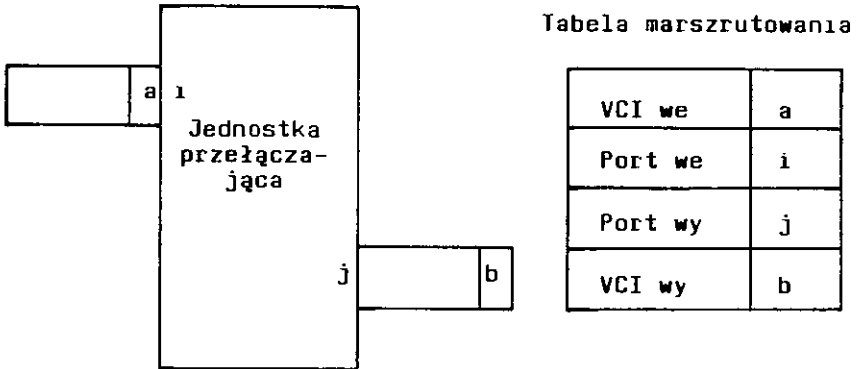
Nagłówek zawiera etykietę, która nie jest dokładnym adresem, ze względu na długość komórki. Przelączenie komórek odbywa się poprzez wykorzystanie tabeli marszrutowania.

Jednostka przełączająca (np. komutator ATM) czyta etykietę a komórki z portu wejściowego i porównuje z tabelą marszrutowania do określenia portu wyjściowego j z etykietą b. Etykieta ta zostaje przypisana komórce dla portu wyjściowego j (patrz rys. 3).

Identyfikatory połączenia są przydzielane dla każdego łącza w czasie zestawiania połączenia i zwalniane po zakończeniu połączenia.

Rozróżniamy dwa typy identyfikatorów połączeń:

- identyfikatory kanałów wirtualnych (VCIs - *Virtual Channel Identifiers*),
- identyfikatory ścieżek wirtualnych (VPIs - *Virtual Path Identifiers*).



Rys. 3. Przełączanie etykiet  
VCI - identyfikator kanału wirtualnego

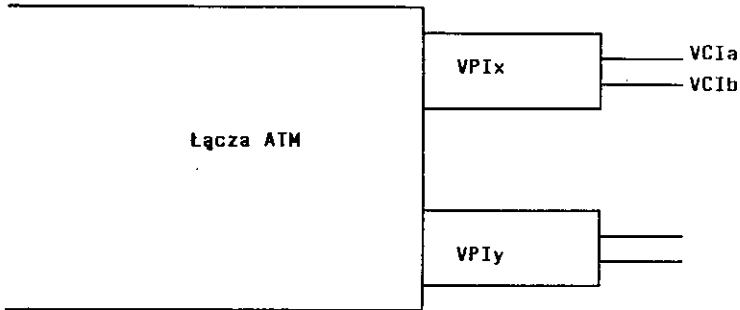
Identyfikatory ścieżek wirtualnych VPI rozróżniają różne łącza ścieżek wirtualnych (VP - *Virtual Path*) multipleksowane na poziomie ATM w tym samym połączeniu warstwy fizycznej, natomiast identyfikatory kanałów wirtualnych VCI - różne łącza kanałów wirtualnych (VC - *Virtual Channel*) w połączeniach ścieżek wirtualnych (VPC - *Virtual Path Connection*) - patrz rys. 4. Urządzenia, w których są komutowane ścieżki logiczne, nazywamy przełącznicami ATM, natomiast kanały logiczne są przełączane w urządzeniach nazywanych komutatorami ATM.

Połączenia mogą być typu punkt - punkt lub punkt - wielopunkt. Zdefiniowano dwa typy połączeń ATM:

- połączenie kanału wirtualnego VCC (*Virtual Channel Connection*),
- połączenie ścieżki wirtualnej VPC (*Virtual Path Connection*).

Połączenie typu kanał wirtualny jest podstawowym typem połączenia, które powstaje do przesyłania komórek ATM między dwoma punktami. Połączenie tego typu tworzy zestawienie łańcuchowe łączy

kanałów wirtualnych, przy czym łącze wirtualne stanowi połączenie dwóch punktów przełączających i jest definiowane przez pole VCI oraz VPI.



Rys. 4. Identyfikatory połączeń poziomu ATM

VCIa i VCIb - dwie możliwe wartości VCI w łączy VP o wartości VPIx,  
VPIx i VPIy - dwie możliwe wartości VPI na poziomie połączenia fizycznego

Połączenie typu ścieżka wirtualna obejmuje szereg połączeń typu kanał wirtualny.

Komórki ATM są przenoszone przez system transmisyjny, który zapewnia fizyczny dostęp do mediów. Zdefiniowano dwa typy dostępu na podstawie techniki SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) i techniki komórkowej (*cell-based*):

- dostęp o przepływności 155,520 Mbit/s, co odpowiada przepływności modułu STM-1 dla systemu SDH lub równoważny poziom OC-3 dla systemu SONET; dostęp jest symetryczny, tj. z tą samą przepływnością dla dwóch kierunków transmisji;
- dostęp o przepływności 622,080 Mbit/s, co odpowiada przepływności modułu STM-4 dla systemu SDH lub równoważny poziom OC-12 dla systemu SONET; dostęp może być symetryczny lub asymetryczny, tj. z różną przepływnością dla dwóch kierunków transmisji.

Sygnalizacja i informacja użytkownika są przesyłane przez osobne połączenia ATM.

Realizacja różnych usług w sieci ATM wymaga adaptacji informacji do poziomu ATM poprzez warstwę adaptacyjną AAL (*Adaptation Layer ATM*).

Usługi poziomu AAL definiuje się według następujących parametrów:

- relacji taktowania pomiędzy źródłem i odbiorcą (wymaganej lub nie),
- przepływności bitowej (stałej lub zmiennej),
- trybu połączenia (usługa połączeniowa lub bezpołączeniowa).

Inne parametry, takie jak pewność łącza, są określane przez parametry jakości usługi QOS (*Quality of Service*).

Wyróżnia się cztery klasy usług dla poziomu AAL, które podano w tablicy 1.

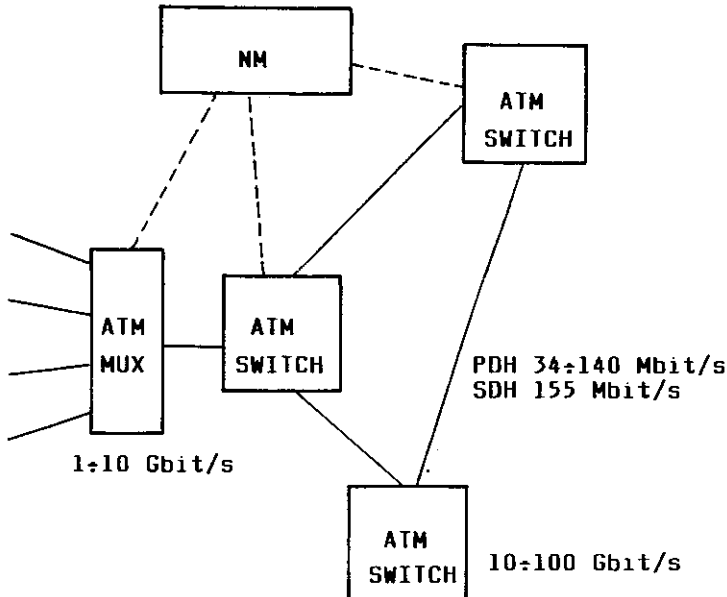
Tablica 1

## Klasyfikacja usług dla poziomu AAL

Klasy Rodzaj wymagań	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D
Relacje taktowania pomiędzy źródłem a odbiorcą	Obowiązujące		Nie obowiązujące	
Przepływność bitowa	Stała	Zmienna		
Typ połączenia	Zorientowane na połączenia			Bezpołączeniowe
Przykłady usług w klasach A,B,C,D: Klasa A: Sygnały wideo o stałej przepływności bitowej CBR ( <i>Constant Bit Rate</i> ). Klasa B: Sygnały wideo i audio o zmiennej przepływności bitowej VBR ( <i>Variable Bit Rate</i> ). Klasa C: Transmisja danych pomiędzy określonymi węzłami sieci. Klasa D: Bezpołączeniowa transmisja danych.				

### 3. SIEĆ ATM

Podstawowa sieć ATM składa się z systemów komutacyjnych i urządzeń ATM, połączonych między sobą łączami o dużych przepływnościach, nadzorowanych przez sieciowy system zarządzania - patrz rys. 5. Początkowo, systemy komutacyjne będą prostymi przełącznikami, sterowanymi przez system zarządzania do zapewnienia stałych wirtualnych połączeń między końcowymi punktami sieci.



Rys. 5. Schemat ogólnej sieci ATM

ATM-MUX - krotnica ATM, ATM-SWITCH - urządzenie ATM,  
 NM (*Network Management*) - zarządzanie siecią

W urządzeniach niektórych dostawców, systemy komutacyjne osiągają 4096 (64 x 64) portów 155 Mbit/s z przepływnością całkowitą od 10 Gbit/s do 100 Gbit/s.

W sieciach PDH jest możliwa adaptacja portów do przepływności 34 i 140 Mbit/s.

Ponieważ krotnice są projektowane do zbierania ruchu pochodzącego od różnych źródeł, zawierają adaptery dla różnych usług i styków, jak również zapewniają oszczędność na wymaganej przepływności transmisyjnej przez zwielokrotnienie statystyczne.

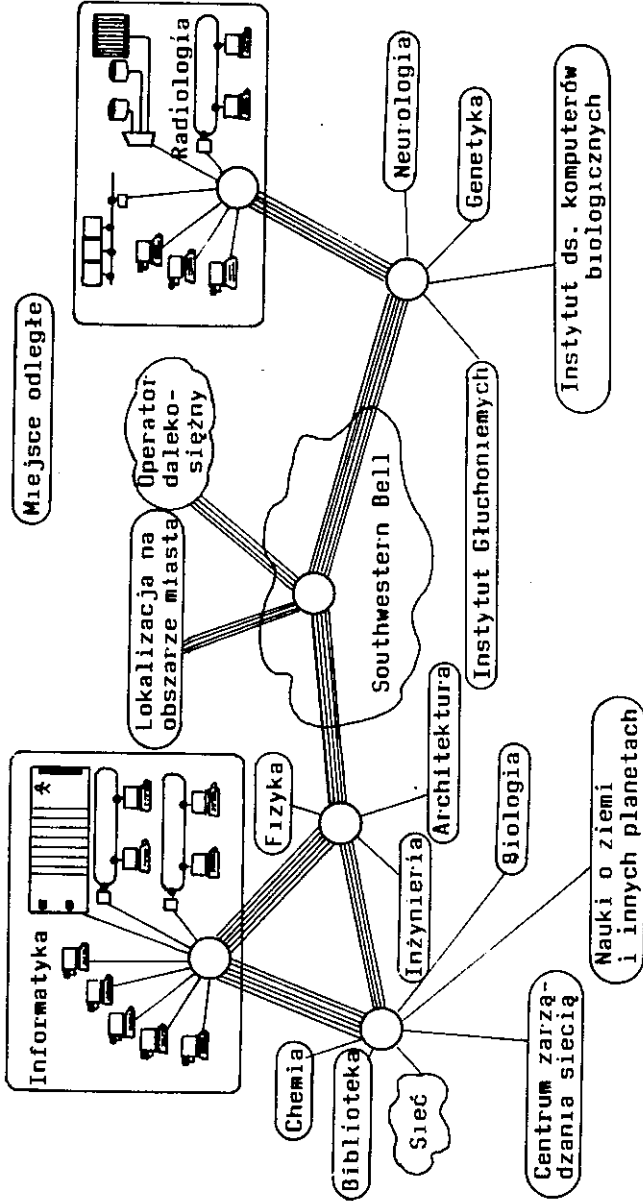
## 4. PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA ATM

### 4.1. Projekt ZEUS

Projekt ZEUS zastosowano na Uniwersytecie Waszyngtońskim, w celu wprowadzenia techniki ATM do przetwarzania obrazów w dziedzinie medycyny. Na rys. 6 przedstawiono koncepcję proponowanej sieci ATM. W projekcie przewiduje się, że sieć będzie składała się z kilku komutatorów w każdym z dwóch miasteczek uniwersyteckich. Komutatory sieci będą połączone łączami transmisyjnymi o przepływności 155 Mbit/s, 620 Mbit/s i 2,8 Gbit/s. Każdy komutator będzie zawierał do kilkuset portów o różnych przepływnościach. Większość portów będzie miała przepływność 155 Mbit/s, lecz gdy zaistnieje potrzeba, będą zastosowane porty o większych przepływnościach. Interfejsy będą dołączone bezpośrednio do multimedialnych stacji roboczych i centralnych serwerów obliczeniowych lub pośrednio poprzez sieci lokalne LAN typu Ethernet albo system FDDI.

Najważniejszą rolę w sieci będzie odgrywała informacja wizyjna, z centralnego banku sieci, dwu- lub wielopunktowych wideokonferencji albo zdalnych wykładów z wykorzystaniem techniki wideo.

Sieć będzie składała się z połączeń dedykowanych lub komutowanych, realizowanych za pomocą standardu Internet lub sieci National Research and Education. W szczególności przewiduje się, że połączenia dla nowych usług szerokopasmowych planowanych przez Southwestern Bell pozwolą na lepsze rozlokowanie sal wykładowych,



Rys. 6. Koncepcja sieci ZEUS



administracji medycznej, szpitali i połączenie ich z ośrodkami uniwersyteckimi lub medycznymi poprzez przesyłanie informacji wizyjnej w postaci obrazów o wysokiej rozdzielczości.

Projekt ZEUS podzielono na trzy fazy. Faza zerowa jest w zasadzie eksperymentalna. Ma za zadanie zbadanie wykonalności zasadniczych elementów sieciowych oraz zapewnienie podstaw do opracowania bardziej skomplikowanych projektów i bazy badawczej dla rozwoju dalszych zastosowań. Fazę tę rozpoczęto w 1988 roku, a zakończono w 1992 roku.

Faza pierwsza rozpoczęła się w styczniu 1992 roku i będzie kontynuowana przez 1994 rok, obejmując wszystkie kluczowe elementy akademickiej sieci ATM. Jej celem jest rozwijanie zastosowań. Po ukończeniu fazy pierwszej powinna działać sieć, obejmująca grupy użytkowników na najważniejszych wydziałach uniwersytetu.

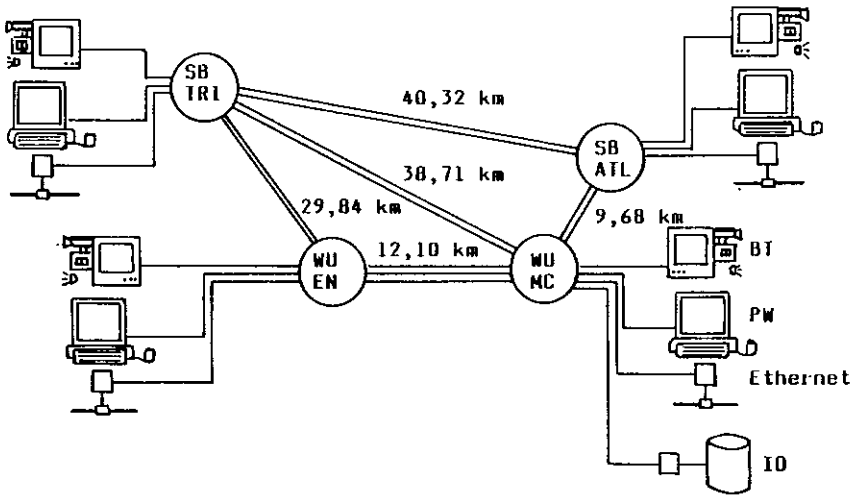
Podczas fazy drugiej, która będzie trwała od 1994 do 1996 roku, planuje się rozwinięcie różnego rodzaju interfejsów, które mogą być dołączane do sieci, opracowanie elementów składowych dla bardziej rozległej sieci oraz redukcję kosztów zasadniczych elementów sieci. W fazie drugiej będą obsługiwani użytkownicy na wszystkich wydziałach uniwersytetu.

- Faza zerowa

Zadaniem fazy zerowej było potwierdzenie możliwości wykonania sieci w technice dystrybucyjnej ATM i zastosowanie jej do kilku rodzajów szybkich transmisji. W szczególności zostały zaprojektowane i wykonane: sieć składająca się z 16-portowych szerokopasmowych komutatorów, wizyjne interfejsy ATM, interfejsy ATM sieci Ethernet, stacje robocze dla lekarzy, których zadaniem jest przetwarzanie obrazów medycznych.

Na rys. 7 pokazano konfigurację sieci skonstruowanej dla fazy zerowej. Jeden z czterech komutatorów znajduje się w Laboratorium Badań Stosowanych Waszyngtońskiego Uniwersytetu Techniki i Nauk

Stosowanych, drugi w Laboratorium Elektroniki Radiologicznej Instytutu Radiologii Mallinckrodt, trzeci w Laboratorium Zaawansowanych Technik Southwestern Bell w St. Louis i czwarty w spółce Southwestern Bell Technology Resources Inc St. Louis. Miejsca te są połączone jednomodowym łączem światłowodowym. Sieć zapewnia dostęp do szerokopasmowych zakończeń przenoszących sygnały wizyjne, przetwarzających obrazy, stacje robocze dla lekarzy, interfejsy Ethernet.

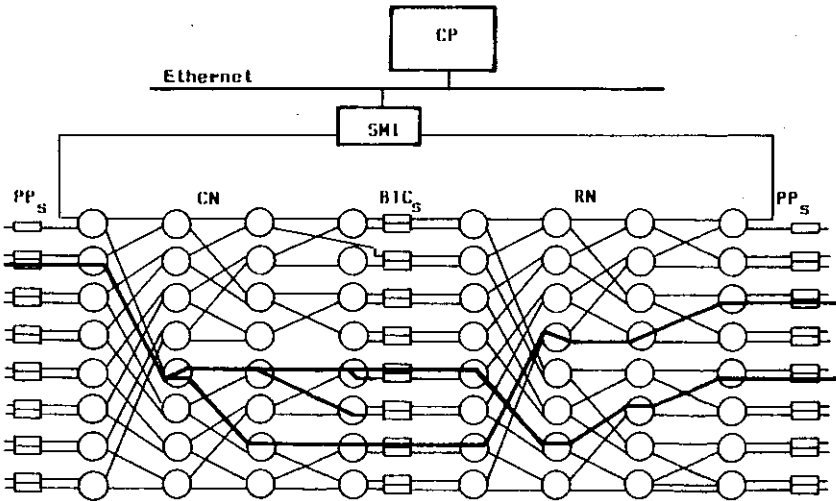


Rys. 7. Konfiguracja sieci fazy "0"

WUEN (*Washington University School of Engineering and Applied Science*) - Waszyngtoński Uniwersytet Techniki i Nauk Stosowanych, WUMC (*Washington University Medical Center*) - Laboratorium Elektroniki Radiologicznej Instytutu Radiologii Mallinckrodt, SBATL (*Southwestern Bell Advanced Technology Laboratory*) - Laboratorium Technik Southwestern Bell w St. Louis, SBTRI (*Southwestern Bell Technology Resources, Inc.*) - Spółka Southwestern Bell w St. Louis, BT (*Broadband terminal*) - szerokopasmowe urządzenie końcowe, PW (*Physician's workstation*) - stacja robocza dla lekarzy, Ethernet - sieć transmisji danych wg standardu Ethernet, ID (*Image database*) - bank danych w postaci obrazów

- Architektura komutatora fazy zerowej

Szerokopasmowy komutator jest przeznaczony do różnych zastosowań, w tym dystrybucji sygnałów wideo, realizacji połączeń sieci LAN, telekonferencyjnych połączeń telefoniczno-wizyjnych, z których wszystkie wymagają połączeń dystrybucyjnych.



Rys. 8. Architektura komutatora fazy "0"

CP - procesor sterujący, SMI - układy spełniające funkcje interfejsu między procesorem sterującym a powstałymi układami,  $PP_s$  - procesory portów, CN - sieć kopiująca,  $BTC_s$  - szerokopasmowe układy translacyjne, RN - sieć marszrutująca

Na rys. 8 przedstawiono poglądowo strukturę prototypu komutatora. Dane są przesyłane pomiędzy komutatorami w postaci komórek ATM przez ekranowane pary skręconych przewodów lub łącza światłowodowe. Procesory portów (PP) zapewniają buforowanie komórek i wykonują funkcje protokołów poziomu łącza (*link-level*), łącznie z określeniem tego, jak jest marszrutowana każda komórka. Naj-

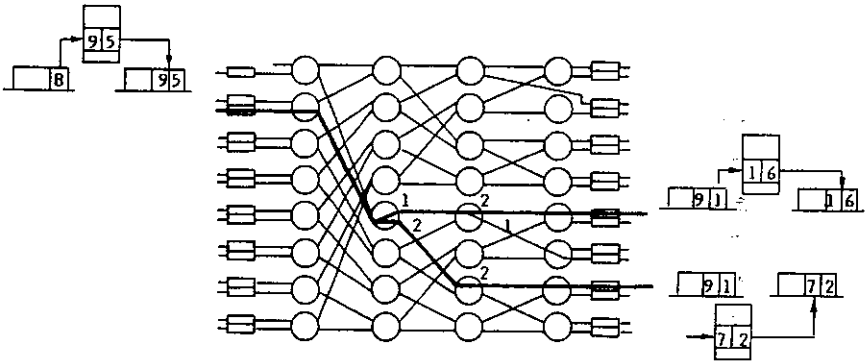
ważniejszą część komutatora stanowi sieć komutacyjna, składająca się z sieci kopiującej CN (*copy network*), sieci marszrutującej RN (*routing network*) i zbioru szerokopasmowych układów translacyjnych BTC (*broadcast translation circuits*), które opisano poniżej. Procesor sterujący CP jest odpowiedzialny za ustalenie połączeń, zarówno typu "punkt-punkt", "punkt-wiele-punktów", jak również sterowanie całością systemu. Funkcje interfejsu pomiędzy najważniejszą częścią systemu a CP zapewniają układy SMI (*switch-module interface*).

Gdy komórki wchodzą do systemu, są reformatowane przez dodanie kilku nowych pól z informacją potrzebną do ich przetwarzania wewnątrz komutatora. W przypadku komórek typu "punkt-punkt" dodawane pola zawierają numer łącza wyjściowego (który jest wykorzystywany do przesyłania komórki wewnątrz komutatora) i wyjściowe pole VCI. W przypadku komórek typu "punkt-wiele-punktów" mają one pole powielania FAN (*fanout field*), podające liczbę łączy wyjściowych, które otrzymają kopie komórek, oraz numer kanału dystrybucji BCN (*broadcast channel number*). BCN jest używany w translacji adresu w drugim stopniu.

Sieć komutacyjna składa się z trzech głównych elementów: CN, zbioru BTC i RN. Gdy przez sieć kopiującą CN przechodzi komórka przeznaczona dla  $k$  miejsc odbioru, ma w niej miejsce proces powielania, w wyniku którego sieć opuszcza  $k$  kopii. Komórki typu "punkt-punkt" przechodzą przez CN bez żadnych zmian. Zadaniem BTC jest przydzielenie kopiom komórek wielopunktowych numerów łączy wyjściowych. RN na podstawie informacji adresowej podanej w polu marszrutowym przemieszcza komórki do właściwych wyjściowych PP.

Układy CN i RN składają się z elementów komutacji pakietów PSE (*packet switch elements*), które mają wewnętrzne bufony o pojemności kilku komórek. Komórka może przejść przez PSE bez korzystania z bufora, jeżeli jej port wyjściowy jest dostępny w chwili

jej dojścia do PSE; w sieci obciążonej w niewielkim stopniu komórka może przejść przez CN i RN bez buforowania. Do sterowania przepływem w ścieżkach danych jest stosowany prosty mechanizm sterujący z sygnałem zezwolenia. Zapobiega on utracie komórek w wyniku przepełnienia bufora. Cała sieć funkcjonuje synchronicznie, zarówno w skali bitowej jak i bajtowej; wszystkie komórki wchodzą do odpowiedniego stopnia sieci w tym samym cyklu zegara.



Rys. 9. Praca sieci kopiującej CN

BTC (*Broadcast Translation Circuit*) - szerokopasmowe układy translacyjne, CN (*Copy Network*) - sieć kopiująca, CP (*Control Processor*) - procesor sterujący, PP<sub>s</sub> (*Port Processor*) - procesory portów, RN (*Routing Network*) - sieć marszrutująca, SMI (*Switch-Module Interface*) - układy spełniające funkcje interfejsu między procesem sterującym a pozostałymi układami

Struktura CN jest taka sama, jak RN. CN ma za zadanie - jak pokazano na rys. 9 - wykonanie podczas przejścia przez nie kopii komórek przeznaczonych dla wielu punktów. Gdy komórka przechodzi przez procesor portu wejściowego, jest odczytywane z jej nagłówka pole VCI (na rys. 9 - liczba 8), które wykorzystuje się do przeglądania tabeli. W ilustrowanym przykładzie komórka otrzymuje wartości FAN - 5 i BCN - 9. W pierwszym stopniu komórkę przesyła się do dolnego portu. Jest to decyzja arbitralna, ponieważ w tym miejscu

mogą być użyte równie dobrze górne łącza. W drugim stopniu komórkę wysyła się do obydwu łączy wyjściowych, a pola FAN komórek wychodzących modyfikuje się. Komórka górna generuje trzy kopie, a dolna - dwie.

W ogólności węzeł w CN będzie powielał komórkę, jeżeli jego aktualna wartość FAN przekracza połowę liczby portów wyjściowych CN dostępnych z tego węzła. Wartości FAN rozdzielono po równo. Komórki typu "punkt-punkt" są marszrutowane przez CN dowolnie, przechodząc ścieżką najmniejszego oporu.

Gdy dystrybuowana komórka osiągnie BTC, wówczas BTC - korzystając ze swej tabeli wewnętrznej - wybiera nowe pole marszrutowania. Informacja ta jest używana przez RN do kierowania komórki do jej ostatecznego miejsca przeznaczenia. Na omawianym przykładzie pokazano marszrutowania dla dwu z pięciu kopii utworzonych przez sieć kopiującą. Pierwsza kopia jest wysyłana do wyjścia 6 i będzie miała na łączu wyjściowym przydzielony identyfikator kanału wirtualnego - 1. Druga kopia jest wysyłana do wyjścia 2 i będzie miała przydzielony identyfikator kanału wirtualnego - 7.

Komutator fazy zerowej przesyła formaty komórek ATM do zewnętrznych łączy działających z przepływnością 100 Mb/s. Ścieżki wewnętrzne mają szerokość 8 bitów, a system komutatora jest taktowany zegarem 25 MHz.

- Oprogramowanie sterujące siecią

Protokół komunikacyjny składa się z kompletu dwóch protokołów zarządzających łączem. Pierwszy protokół - zarządzania dostępem - CMAP (*connection management access protocol*) jest protokołem sygnalizacyjnym dostępu, analogicznym do zalecenia Q.931 dla wąskopasmowej sieci ISDN i proponowanego zalecenia Q.93B dla ATM. Służy on do wymiany sygnałów łącza ATM w interfejsie pomiędzy siecią ATM i klientami sieci.

Drugi protokół - zarządzania siecią - CMNP (*connection management network protocol*) jest protokołem sterującym elementami przetwarzającymi sieci ATM w celu koordynacji przydziału zasobów sieci i ustalenia połączeń pomiędzy abonentami.

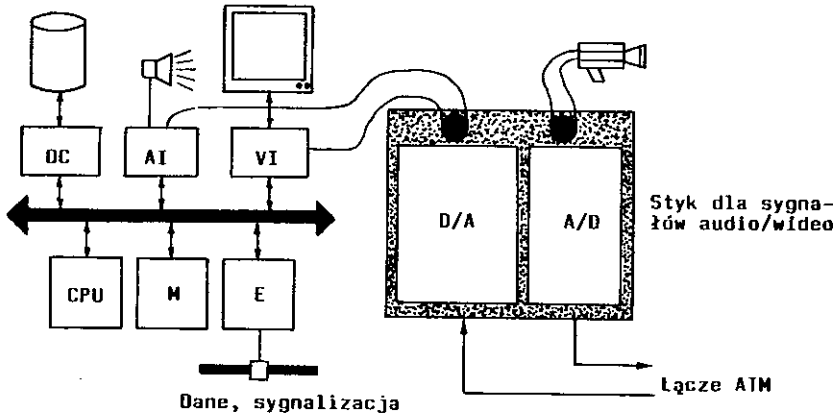
- Interfejsy do różnych zastosowań

W sieci fazy zerowej zrealizowano kilka interfejsów przeznaczonych do różnych zastosowań. Pierwszym z nich jest interfejs audio/wideo dla urządzeń końcowych szerokopasmowych. Zakończenie szerokopasmowe składa się z komercyjnej stacji roboczej wyposażonej w kartę "video-in-a-window" i interfejsu audio/wideo ATM - zob. rys. 10. Karta interfejsu pobiera z dowolnego źródła analogowy sygnał audio/wideo, przetwarza na pakiety ATM i przesyła komórki ATM do łącza wyjściowego.

Po stronie odbiorczej z komórek są odczytywane dane i umieszczane w pamięci synchronizującej. Na tym etapie dekodowania komórki układa się we właściwej kolejności z wykorzystaniem numeru sekwencji wprowadzanego do pakietu przez interfejs nadawczy. Dane z pamięci synchronizującej są odczytywane i zamieniane na sygnał analogowy. Filtry rozdzielają sygnał wideo od sygnału audio, który jest demodulowany do pasma podstawowego, a następnie przesyłany do wejścia audio stacji roboczej i odtwarzany na wbudowanym w stację głośniku. Sygnał wideo zostaje natomiast przesyłany na wejście karty "video-in-a-window" i wyświetlany na jej ekranie. Dane i informacja sygnalizacyjna nie są przenoszone bezpośrednio przez łącze ATM, lecz przechodzą przez interfejs Ethernet i są przesyłane przez sieć ATM portami Ethernet.

Do wspomaganie komutacji wielu wywołań wideo z połączeniami typu "punkt-punkt" i "punkt-wiele-punktów" opracowano pakiet programów, zwany VideoExchange. Dzięki niemu - bez dodatkowego

wyposażenia, pomocy operatora i specjalnych wywołań - istnieje możliwość uzyskania wielodostępnej konferencji wideo.



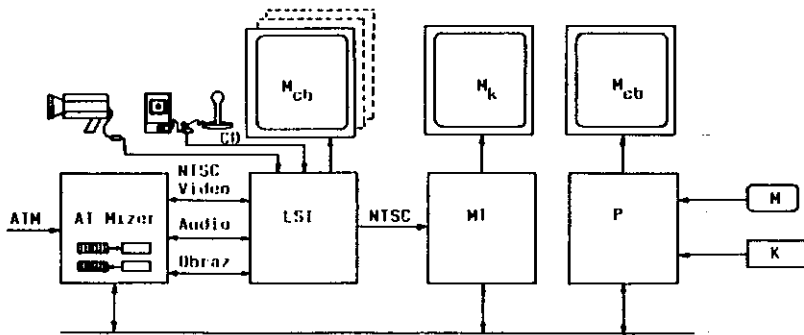
Rys. 10. Terminal szerokopasmowy

DC (*Disk Controller*) - sterownik dysku, AI (*Audio Interface*) - punkt styku do sygnału audio, VI (*Video Interface*) - punkt styku do sygnału wideo, CPU - procesor, M (*Memory*) - pamięć, E (*Ethernet*) - styk wg standardu Ethernet, D/A (*Digital/Analogue*) - przetwarzanie cyfrowo-analogowe, A/D (*Analogue/Digital*) - przetwarzanie analogowo-cyfrowe

Na rys. 11 przedstawiono stację roboczą dla lekarzy. Skonstruowano ją na platformie NeXT. Ma ona cztery wymienne płytki drukowane, mieszczące się w obudowie NeXT Cube. Dwie z nich są standardowe: procesor centralny i rozszerzenie NeXT, wspomagane systemem operacyjnym Mach (środowisko programowe użytkownika interfejsu NeXTstep), monitor PostScript i drajwery monitorów czarno-białych i kolorowych. Dwie następne płytki opracowano specjalnie dla projektu ZEUS. Pierwsza z nich, ATMizer, wykonuje: rozkładanie na komórki ATM i składanie komórek ATM, translację kanałów wirtualnych, przygotowanie i sprawdzanie nagłówek komórek, a także realizację funkcji interfejsu pomiędzy ATMizerem a łączącą stację



roboczą z centralą linią, wykonaną ze skrętki lub w postaci światłowodu. Znajdujący się na karcie procesor M68030 wykonuje rozkładanie i składanie komórek oraz kontrolę błędów. Druga płytko drukowana, opracowana specjalnie dla projektu ZEUS, zawiera: kodek (koder-dekoder) JPEG dla sygnału wideo o jakości studyjnej, kanał stereo-audio o jakości CD i kanał dla obrazów o wysokiej rozdzielczości.



Rys. 11. Stacja robocza dla lekarzy

CD (*Compact Disk*) - czytnik dysków, ATMizer - układy rozkładające/składające komórki ATM, LSI (*Large Scale Integration*) - układy o dużej skali integracji, NTSC - sieci telewizyjne wg standardu amerykańskiego,  $M_{cb}$  - monitor czarno-biały,  $M_k$  - monitor kolorowy, MT - matryce, M - mysz, P - procesor, K - klawiatura

Na podstawie NeXT opracowano oprogramowanie demonstracyjne do pobierania i wyświetlania z serwera z równoległą matrycą dyskową 12-bitowych obrazów, takich jak elektrokardiogram, a także do odszukiwania różnorodnych zapisów medycznych. Tak bogate środki multimedialne pozwalają lekarzowi na oglądanie i weryfikowanie informacji, która może być odnaleziona w zapisach medycznych, a ponadto umożliwiają branie udziału w videokonferencjach z innymi lekarzami lub pacjentami.

## 4.2. System "Vision O.N.E"

Vision O.N.E (*Optimized Network Evolution*) jest strategią rozwoju sieci opracowaną przez firmę Siemens. Zakłada ona stopniowe wprowadzanie nowych opcji w zastosowaniach, usługach, zwiększaniu przepustowości oraz elastyczności do sieci publicznej. Dlatego wszystkie elementy związane z nowoczesną siecią są projektowane pod kątem kompatybilności z istniejącymi i przyszłymi strukturami.

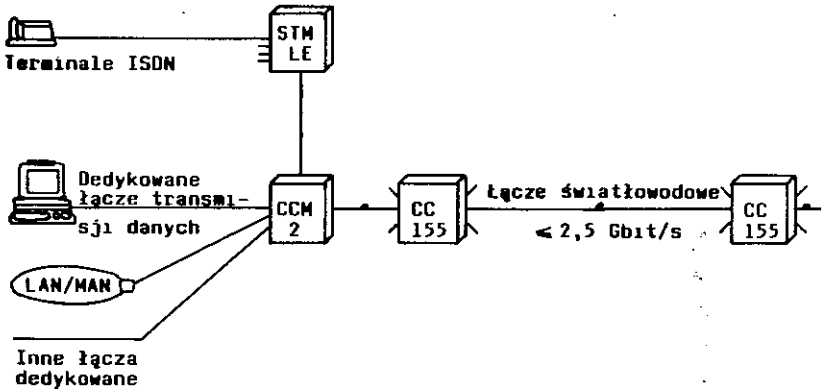
Plan ogólny składa się z czterech faz realizacji, mających na celu stopniowe wprowadzanie nowych systemów do istniejącej sieci telekomunikacyjnej i zapewnienie realizacji oczekiwanych usług.

Pierwsza faza rozpoczęła się na przełomie lat 1991/1992, natomiast wprowadzanie dwóch następnych przewiduje się w połowie lat dziewięćdziesiątych. Wprowadzenie czwartej fazy sieci ATM do sieci dostępu wąsko- i szerokopasmowej zależy od przyszłej technologii oraz koniunktury rynku. Przewiduje się, że nastąpi to w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych.

### • Faza pierwsza

Punktem wyjścia jest cyfrowa sieć ISDN (rys. 12). Jako warstwę transportową dla połączeń o dużej przepustowości wykorzystuje się systemy SDH. Większa elastyczność i zmniejszenie kosztów jest związane z uproszczoną multipleksacją/demultipleksacją i prostszym dostępem do niższych poziomów hierarchii. Krotnica SDH zapewnia ekonomiczny dostęp dla łączy abonenckich, a SDH przełącznica/krotnica (CC/CCM) poprawia elastyczność komutacji wszystkich typów dedykowanych połączeń i wiązek łączy. Spełniając wymagania dotyczące usług szerokopasmowych - szczególnie połączeń między sieciami LAN, szybkości i kosztów - sieć publiczna będzie uzupełniana przez sieć MAN (*Metropolitan Area Network*), zgodnie ze standardem IEEE-802.6. Kable światłowodowe w sieci abonenckiej (FITL - *Fiber In The Loop*), ruchome i stałe połączenia abonentów poprzez radio

(Radio in the Loop), usługi w sieci inteligentnej (IN - *Intelligent Network*) i system zarządzania siecią (TMN - *Telecommunication Management Network*) są głównymi kierunkami tworzenia przyszłej sieci telekomunikacyjnej.

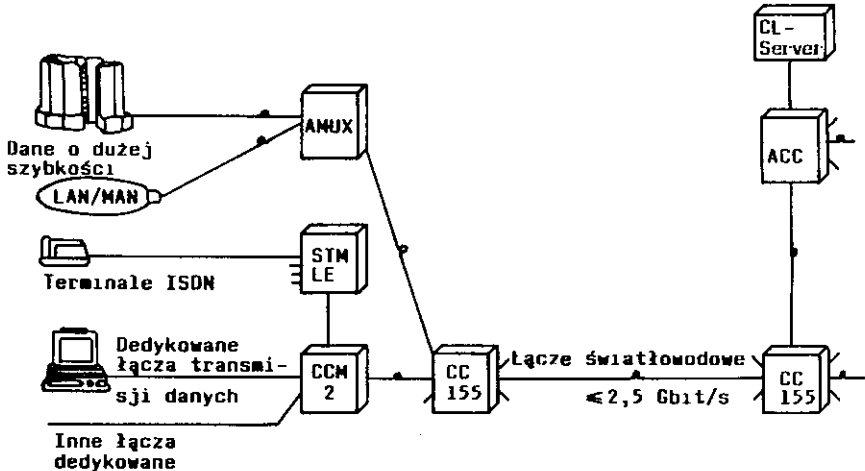


Rys. 12. System Vision O.N.E - ewolucja sieci.  
Faza 1 - dodatkowe urządzenia w istniejącej sieci

STM LE (*Synchronous Transport Module Local Exchange*) - centrala lokalna, CCM (*SDH Cross-Connect/Multiplexer*) - krotnica SDH, CC (*SDH Cross-Connect*) - przełącznica automatyczna cyfrowa SDH, LAN/MAN (*Local Area Network/Metropolitan Area Network*) - sieć lokalna/sieć miejska

- Faza druga

Faza druga (rys. 13) jest związana z wymaganiem "przepływność na żądanie", które może być spełnione przez sieć ATM. Ten typ sieci wykorzystuje multipleksery ATM (AMUX) i przełącznice ATM (ACC). Multipleksery AMUX są stosowane do elastycznych i tanich połączeń łączы abonenckich, podczas gdy przełącznice ACC stanowią punkty węzłowe w sieci transportu. Bezpołączeniowe serwery będą wykorzystywać właściwości połączeń między sieciami MAN przez komutowanie pojedynczych strumieni danych.



Rys. 13. System Vision O.N.E - ewolucja sieci.

Faza 2 - przełącznica ATM

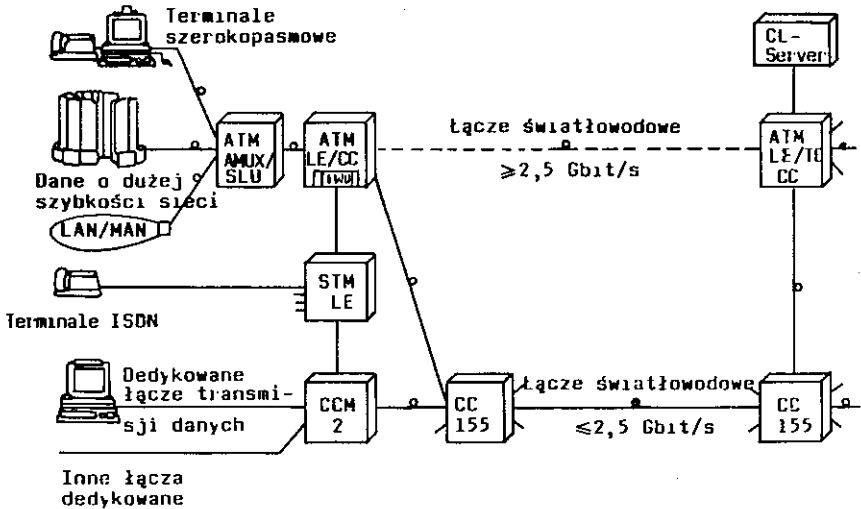
AMUX (*ATM Multiplexer*) - krotnica ATM, ACC (*ATM Cross-Connect*) - przełącznica automatyczna cyfrowa ATM, CL Server - serwer, pozostałe oznaczenia jak na rys. 12.

Wszystkie połączenia w sieci ATM stanowią połączenia wirtualne kanałów lub ścieżek, które są przełączane poprzez transmisyjne drogi sieci synchronicznej SDH.

- Faza trzecia

Faza trzecia (rys. 14) realizuje różnorodne usługi poprzez rozszerzenie sieci o komutatory ATM. Dzięki temu można uzyskać takie usługi, jak: wideotelefon, szerokopasmowy wideotex itd., a poza tym komutację łączy dedykowanych. W celu zapewnienia ruchu między sieciami SDH i ATM są potrzebne jednostki pośredniczące. W tej strategii rozwoju sieci jest spełniona dostępność przez wykorzystanie przełącznic, topologii pierścieniowej lub komutacji dwóch łączy

abonenckich do dwóch różnych węzłów (*dual homing*). Węzeł ATM może być zintegrowany z istniejącymi systemami komutacyjnymi EWSD, DCO i systemem X.



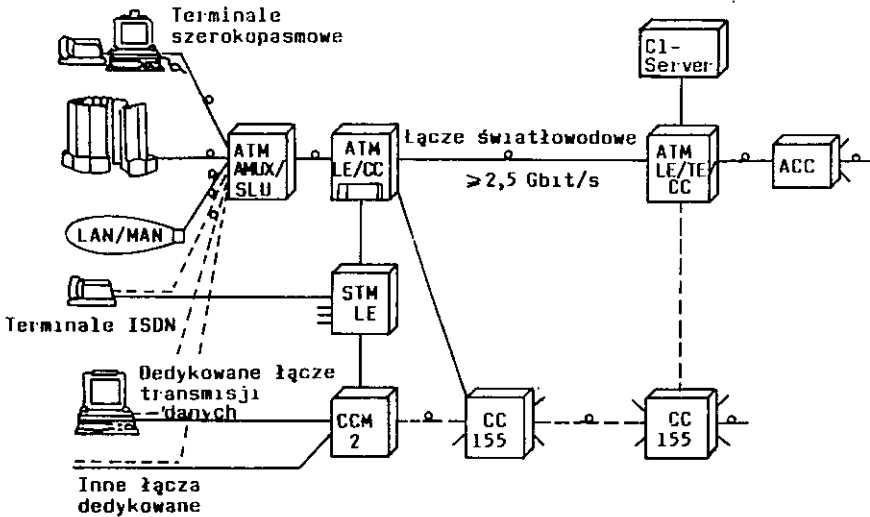
Rys. 14. System Vision O.N.E - ewolucja sieci.

Faza 3 - przełącznica i komutator ATM

ATM AMUX/SLU - centrala ATM, ATM LE/TE CC - przełącznica ATM,  
IWU - jednostka pośrednicząca,  
pozostałe oznaczenia jak na rys. 12 i 13

• Faza czwarta

Ze wzrostem ruchu w sieci ATM, rośnie zapotrzebowanie na pojemność transmisyjną między węzłami ATM (rys. 15), dlatego coraz częściej będą wykorzystywane systemy transmisyjne o przepływnościach 2,5 Gbit/s lub nawet 10 Gbit/s. Sieć taka będzie realizowała usługi szeroko- i wąskopasmowe.



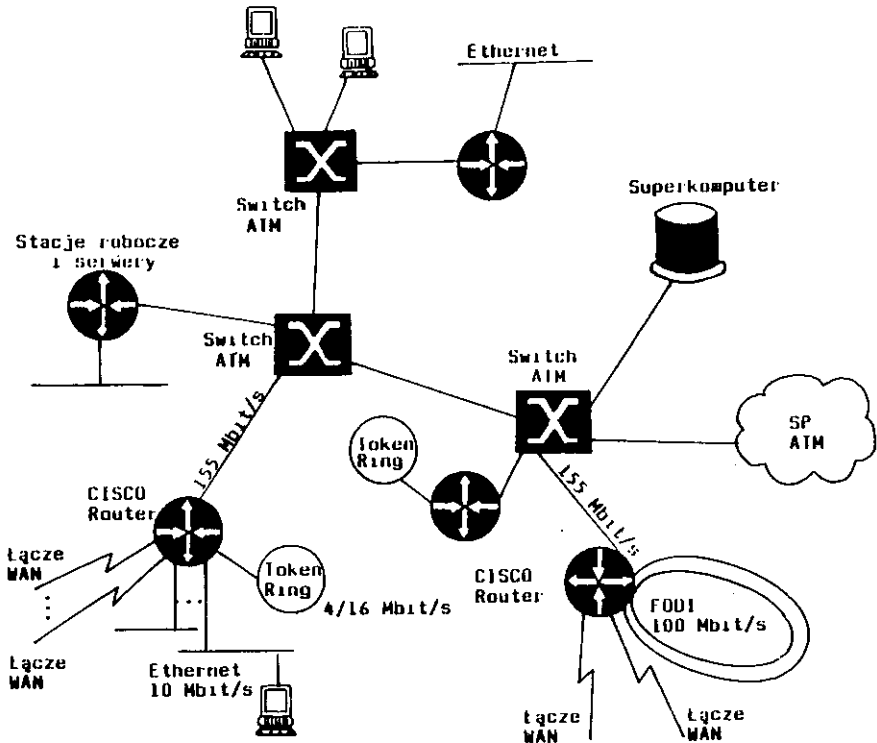
Rys. 15. System Vision O.N.E - ewolucja sieci.  
Faza 4 - uniwersalna sieć ATM  
Oznaczenia jak na rys. 12, 13 i 14

### 4.3. Komutator Switch ATM firmy CISCO

Komutator ATM został opracowany w celu zastosowania go jako rdzenia sieci (*backbone*), umożliwiającej ruch multimedialny (dźwięk, obraz, dane komputerowe). Spełnia on funkcje typowe dla centrali, do której urządzenia są dołączone bezpośrednio, co daje łatwość identyfikacji i usuwania awarii, łatwość rozbudowy oraz rekonfiguracji.

Przykładowe zastosowanie komutatora ATM firmy CISCO przedstawiono na rys. 16. Charakteryzuje się on następującymi parametrami:

- 16 portów ATM pracujących z szybkością 155 Mbit/s;
- możliwość dodawania interfejsów;
- wirtualny bufor wyjściowy, zapewniający minimum 1000 ramek dla każdego portu;



Rys. 16. Przykładowe zastosowanie komputatora ATM firmy CISCO

ATM Switch - komutator ATM, FDDI (*Fiber Optic Digital Distributed Interface*) - standard sieciowy o strukturze podwójnego pierścienia, SP ATM (*Public ATM Network*) - sieć publiczna ATM, łącze WAN (*Wide Area Network*) - łącze sieci rozległej, Ethernet - sieć Ethernet o topologii magistrali, Token Ring - sieć Token Ring o topologii pierścienia

- obsługa wszystkich typów warstw AAL (*ATM Adaptation Layer*);
- obsługa dwóch poziomów priorytetów: dla ramek zagubionych i opóźnionych;
- zintegrowana obsługa transmisji do wielu odbiorców równocześnie (*multicasting*);

- obsługa połączeń stałych i zestawianych (PVC i SVC);
  - obsługa wirtualnych ścieżek i kanałów oraz połączeń punkt-punkt i punkt-wielopunkt;
  - obsługa do 4096 połączeń punkt-punkt na interfejs i 1024 połączeń punkt-wielopunkt na komutator;
  - obsługa standardów sieć-sieć tworzona z wielu komutatorów;
  - przyszłościowo, obsługa SNMP i standardów zarządzania dla ATM.
- Urządzenie zawiera niżej podane typy interfejsów:
- TAXI 100 Mbit/s światłowód wielomodowy, złącze MIC;
  - Sonet/SDH ST3c/STM światłowód wielomodowy, złącze SC.

## 5. WNIOSKI

Technologię ATM wykorzystuje się w zintegrowanych sieciach szerokopasmowych B-ISDN. Jest ona jedną z najnowocześniejszych technik, która umożliwia ujednoczenie postaci komutowanej informacji dla wszystkich usług. Dzięki temu pozwala na realizację różnorodnych usług w sieciach prywatnych i publicznych dla różnych użytkowników.

Jak wynika z prowadzonych prac w tym zakresie, ATM będzie stosowany w sieciach dedykowanych, a zwłaszcza w superszybkich sieciach komputerowych do przesyłania dużych zbiorów między ośrodkami komputerowymi, które wymagają większego pasma niż mogą zapewnić współczesne sieci LAN.

W dalszej perspektywie ATM umożliwia stworzenie jednolitej sieci publicznej realizującej usługi wąsko- i szerokopasmowe.

## WYKAZ LITERATURY

1. Adam P., Coudreuse J.-P.: Typical Network Applications of ATM. L'Echo des Recherches, 1991, wydanie specjalne.
2. Le Boudec J.-Y.: The Asynchronous Transfer Mode: a tutorial. Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 24, No. 4, 1992.



3. Burakowski W.: Sieć B-ISDN ATM. Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 5, 1993.
4. Chaffaut G.: The Distribution Network. L'Echo des Recherches, 1991, wydanie specjalne.
5. Coatanéa P., Rouaud Y.: Private Installations and Interfaces. L'Echo des Recherches, 1991, wydanie specjalne.
6. Coudreuse J.-P.: General Principles of ATM. L'Echo des Recherches, 1991, wydanie specjalne.
7. Cox J.R., Gaddis M.E., Turner J.S.: Project ZEUS. The gratest of the Greek gods lends his name to high - speed ATM based campus network for Washington University. IEEE Network, Vol. 7, No. 2, 1993.
8. ITU-TS (Telecommunication Standardization sector of ITN): Introduction of new technologies in local networks.
9. Materiały informacyjne firmy CISCO.
10. Materiały informacyjne firmy SIEMENS.
11. Zalecenia CCITT: I.150, I.311, I.361, I.362, I.363.

•

•

•

•

## ARCHITEKTURA SIECI TMN NA PODSTAWIE ZALECEŃ CCITT

### 1. WPROWADZENIE

Rosnące zapotrzebowanie na usługi telekomunikacyjne, wymagania większej niezawodności oraz polepszenia jakości usług, a także wprowadzanie nowych rodzajów technik powodują rozwój i komplikację sieci. Wprowadzanie dużej liczby nowego sprzętu i konieczność zapewnienia prawidłowej pracy całej sieci wymaga stosowania specjalnych urządzeń odpowiadających za sterowanie i centralny nadzór.

W celu utworzenia systemu TMN (*Telecommunications Management Network* - telekomunikacyjna sieć zarządzania) niezbędne jest stworzenie możliwości współpracy nadzorowanych urządzeń z elementami systemu nadzoru (w przypadku systemów teletransmisyjnych nie mających punktów styku dla TMN lub wyposażonych w punkt styku niekompatybilny z punktem styku systemu nadzoru) oraz współpracy pomiędzy poszczególnymi elementami i poziomami w hierarchii TMN (w przypadku systemów teletransmisyjnych mających własne systemy nadzoru).

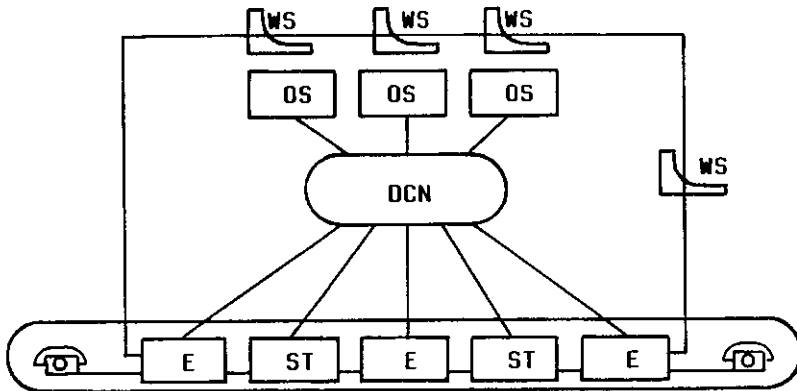
Opisem oraz zdefiniowaniem systemu scentralizowanego nadzoru i zarządzania TMN zajmują się, począwszy od 1985 r., następujące organizacje standaryzacyjne: ISO, ETSI i CCITT (obecnie ITU).

Zalecenia dotyczące sieci nadzoru TMN systemów teletransmisyjnych są wydawane w dokumentach CCITT/ITU serii G, M, V, X:

- seria G prezentuje nadzorowane systemy teletransmisyjne (między innymi definicje punktów styku dla nadzoru),
- seria M przedstawia filozofię utrzymania i architekturę systemu TMN,

- seria V opisuje transmisję danych wykorzystywaną przez niższe warstwy modelu OSI,
- seria X zajmuje się siecią transmisji danych, a w części dotyczącej TMN - zarządzaniem zgodnym z modelem OSI.

Wiele zaleceń CCITT/ITU ma swoje odpowiedniki w dokumentach ETSI (normach europejskich).



Rys. 1. Zależność między siecią TMN a zarządzaną siecią telekomunikacyjną

**WS** (*Work Station*) - stacja robocza, **OS** (*Operation System*) - system operacyjny, **DCN** (*Data Communication Network*) - sieć transmisji danych, **E** (*exchange*) - centrala, **ST** (*transmission system*) - system transmisyjny

Zależność między siecią TMN a zarządzaną siecią telekomunikacyjną pokazano na rys. 1 (zalecenie CCITT M.3010). Zarządzana sieć teletransmisyjna może się składać z urządzeń PDH i SDH. Zarządzaniu i nadzorowi może podlegać sprzęt komutacyjny, teletransmisyjny i pomiarowy. Komunikacja pomiędzy elementami sieci odbywa się bezpośrednio lub za pośrednictwem sieci transmisji danych DCN.

Obsługa może wydawać dyrektywy i mieć wgląd w pracę sieci poprzez stacje robocze WS. Stacje robocze nie są elementem składowym TMN, ale CCITT dopuszcza ich zastosowanie wewnątrz systemu operacyjnego OS.

Sieć może mieć różny stopień złożoności. W najprostszym przypadku może składać się z jednego systemu operacyjnego OS nadzorującego pewną liczbę urządzeń telekomunikacyjnych, zwanych elementami sieci (NE - *Network Element*). Sieć bardziej złożona może zawierać wiele wzajemnie połączonych systemów operacyjnych. W jej skład wchodzi również mniej lub bardziej skomplikowane urządzenia będące elementami sieci, urządzenia pośredniczące i urządzenia tłumaczące informacje pokazywane do i z punktów styku. Dzięki określonej strukturze połączeń wewnątrz sieci TMN jest możliwy dostęp do dowolnej informacji dotyczącej zarządzanej sieci (o ile zainteresowany ma odpowiednie uprawnienia i informacja nie jest zastrzeżona). Sposób prezentacji wybranej informacji określa operator, komunikując się z systemem zarządzania TMN poprzez stacje robocze WS.

## 2. ARCHITEKTURA SIECI TMN

Architektura TMN podlega wymaganiom, które zostały przedstawione w zaleceniu M.3010. Powinna ona być tak zaprojektowana, aby umożliwiała:

- zarządzanie różnymi zastosowaniami sprzętu;
- stosowanie różnorodnego sprzętu w różnych konfiguracjach;
- stosowanie różnych rozwiązań technologicznych i funkcjonalnych;
- wprowadzanie zmian;
- udoskonalanie stosowanych implementacji;
- zapewnienie określonego poziomu bezpieczeństwa i niezawodności;
- dostęp do funkcji zarządzania dla osób uprawnionych;

- realizację i dostęp do funkcji zarządzania dowolnym elementem w różnych miejscach sieci;
- zarządzanie różną liczbą elementów;
- współpracę pomiędzy różnymi sieciami TMN;
- współpracę i zarządzanie sprzętu, zarówno PDH jak i SDH;
- kompromis między kosztem a niezawodnością sieci TMN.

Architektura TMN może być rozpatrywana w trzech kategoriach: struktury funkcjonalnej, informacyjnej i fizycznej, a więc:

- struktura funkcjonalna stanowi zespół bloków reprezentujących poszczególne funkcje TMN, połączonych punktami odniesienia służącymi do wzajemnej komunikacji;
- struktura informacyjna opisuje charakter i hierarchię informacji, która jest wymieniana w TMN;
- struktura fizyczna jest to zespół fizycznych elementów sieci TMN i łączących je interfejsów.

## 2.1. Architektura funkcjonalna

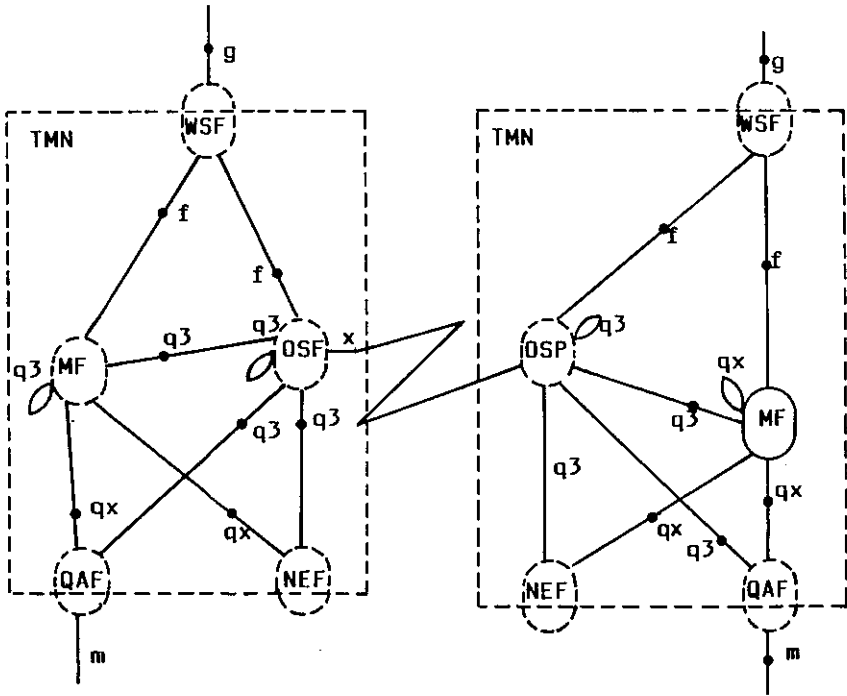
Architekturę funkcjonalną pokazano na rys. 2.

Wewnątrz bloku funkcji TMN znajdują się następujące bloki:

**OSF** (*Operations System Function*) - funkcja systemu operacyjnego, przetwarzająca informacje zarządzania w celu monitorowania, kontroli i sterowania całym TMN; wewnątrz TMN może być kilka bloków OSF;

**NEF** (*Network Element Function*) - funkcja elementu sieci, stanowiąca blok podlegający funkcji kontroli i zarządzania; zawiera w sobie funkcje telekomunikacyjne nie będące funkcjami TMN;

**WSF** (*Work Station Function*) - funkcja stacji roboczej, spełniająca funkcje, umożliwiające użytkownikowi komunikację z systemem; WSF leży na pograniczu TMN, lecz może być częścią TMN; może być dołączona w różnych punktach systemu;



Rys. 2. Architektura funkcjonalna TMN (oznaczenia w tekście)

**QAF** (*Q Adaptor Function*) - funkcja adaptera Q zapewniająca konwersję punktów odniesienia TMN na inne, nie należące do TMN punkty odniesienia i odwrotnie oraz tworząca punkty odniesienia w NE lub OSF nie posiadających punktów odniesienia TMN;

**MF** (*Mediation Function*) - funkcja mediacji, działająca podczas przepływu informacji pomiędzy OSF i NEF lub QAF; używana jest wówczas, gdy zakres informacji pomiędzy poszczególnymi elementami jest różny; może przekształcać informację pomiędzy różnymi modelami informatycznymi, zapewniać współpracę między różnymi protokołami, składować, adaptować, filtrować i zbierać informacje; prze-

tworzą postać informacji specyficzną dla różnych producentów na postać stosowaną w TMN.

Wewnątrz struktury funkcjonalnej istnieją następujące punkty odniesienia służące do komunikacji:

- qx: pomiędzy NEF i MF, QAF i MF oraz MF i MF;
- q3: pomiędzy NEF i OSF, QAF i OSF, MF i OSF oraz OSF i OSF;
- f: pomiędzy WSF i OSF lub WSF i MF;
- x: łączy dwa różne bloki OSF, należące do dwóch różnych TMN;
- g: znajduje się pomiędzy WSF a człowiekiem; nie należy do TMN, chociaż przynosi informacje TMN;
- m: leży poza TMN, za jego pomocą jednostki zarządzane nie stosujące zaleceń TMN są połączone z QAF.

## 2.2. Architektura informacyjna

Architektura informacyjna opiera się na takich pojęciach, jak: obiekt zarządzany, model zarządca-agent, domena, wspólna wiedza zarządzania i architektura warstwowa.

### • Obiekt zarządzany

Jest to pojęcie abstrakcyjne reprezentujące zasoby, które podlegają zarządzaniu lub umożliwiają pewne funkcje zarządzania, jak np. gromadzenie lub przesyłanie danych o zdarzeniach. Może on również reprezentować zależności pomiędzy zarządzanymi zasobami lub kombinacjami zasobów (np. sieć).

### • Model interakcji zarządca-agent

Zarządzanie wymaga wymiany informacji pomiędzy procesami zarządzania przebiegającymi w różnych miejscach sieci lub różnych sieciach. Procesy zarządzania mogą przyjmować jedną z dwóch ról: zarządcy lub agenta. Zarządca wydaje dyrektywy zarządzające



agentowi i odbiera od niego komunikaty. Agent zarządza obiektami zarządzanymi, odpowiada na dyrektywy wydawane przez zarządcę i przekazuje wiadomości o stanie tych obiektów. Jeden zarządca może zarządzać wieloma agentami. Agent może podlegać jednemu lub kilku zarządcom. Ten ostatni przypadek nie jest jeszcze opracowany przez CCITT. Opracowania wymagają też zagadnienia dotyczące priorytetu dostępu, konkurencji i prawa własności.

- **Domena zarządzania**

Środowisko zarządzania można podzielić na obszary pod względem funkcjonalnym (ze względu na bezpieczeństwo, opłaty, zarządzanie uszkodzeniami itp.), geograficznym, politycznym, technologicznym lub struktury organizacyjnej. W ramach każdego z tych obszarów rola zarządcy i agenta może być okresowo zamieniana lub modyfikowana. Obszary odpowiadające powyższym warunkom są nazywane domenami zarządzania.

- **Wspólna wiedza zarządzania SMK (*Shared Management Knowledge*)**

Aby zapewniać prawidłową współpracę pomiędzy komunikującymi się systemami, systemy te powinny "widzieć i rozumieć" jednako co najmniej następujące informacje:

- o możliwościach protokołów,
- o zapewnionych funkcjach zarządzania,
- o klasach obiektów zarządzanych,
- o rodzajach dostępnych obiektów zarządzanych,
- o uprawnieniach poszczególnych obiektów,
- o sposobach identyfikacji obiektów.

Ponieważ podczas wymiany informacji rola poszczególnych bloków może być czasowo zmieniana, może ulegać zmianie wspólna

wiedza zarządzania, dlatego niezbędne jest na początku wymiany informacji ustalenie wspólnego rozumienia tych informacji nazywanego negocjacją kontekstu.

- **Architektura warstwowa LLA (*Logical Layered Architecture*)**

Hierarchiczna struktura sieci nadzoru narzuca hierarchiczną strukturę przesyłanych w niej informacji. Taką strukturę opisuje model odniesienia współdziałania systemów otwartych OSI (*Open Systems Interconnection*).

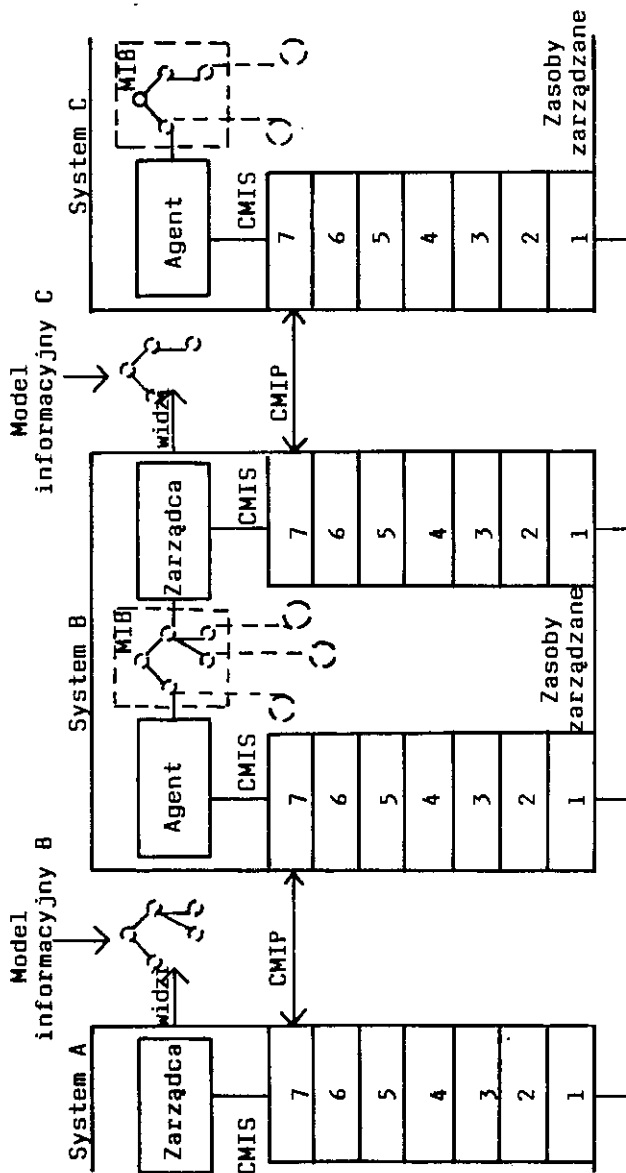
Przykładowy sposób realizacji architektury LLA przedstawiono na rys. 3. W modelu tym wprowadzono pojęcie warstw odpowiadających poziomom hierarchii informacji i ich wzajemnym zależnościom. Warstwy wyższe są bardziej ogólne, a warstwy niższe - bardziej szczegółowe. Warstwa niższa świadczy usługi na rzecz warstwy wyższej. Komunikacja pomiędzy poszczególnymi częściami składowymi sieci odbywa się poprzez punkty odniesienia na poziomie warstw równorzędnych.

Model OSI składa się z siedmiu niżej podanych warstw (zalecenie X.700 CCITT).

**Warstwa aplikacji (warstwa 7)** umożliwia komunikację z innym systemem w celu wymiany informacji, dotyczących ogólnego działania i zastosowań systemu zarządzania (aplikacji). Oferuje usługi związane z wymianą informacji stosownie do wymagań i uprawnień użytkownika.

**Warstwa prezentacji (warstwa 6)** jest odpowiedzialna za konwersję kodów i formatów danych w celu doprowadzenia informacji do postaci zrozumiałej dla użytkownika.

**Warstwa sesji (warstwa 5)** koordynuje procesy przesyłania informacji. Inicjuje zestawianie i likwidację połączeń, nadzoruje przebieg połączenia, umożliwiając warstwowi prezentacji dobór jednolitych parametrów komunikacji, dokonuje podziału transmitowanej infor-



Rys. 3. Przykładowa realizacja LLA

CMIP (Common Management Information Protocol) - protokół informacji wspólnego zarządzania, CMIS (Common Management Information Service) - usługa informacji wspólnego zarządzania, MIB (Management Information Service) - baza informacyjna zarządzania, 1, 2 ... 7 - oznaczenia warstw

macji na bloki i zabezpiecza przed przeładowaniem warstwy prezentacji odbieranymi danymi, zarządza przepływem informacji sterujących przebiegiem połączenia.

**Warstwa transportowa** (warstwa 4) zapewnia efektywne wykorzystanie możliwości sieci, z której korzystają komunikujące się systemy, dokonuje kontroli poprawności odbieranych bloków danych.

**Warstwa sieciowa** (warstwa 3) odpowiada za komutację i kierowanie przepływem informacji, zestawia i rozłącza połączenia w sieci, identyfikuje podsystemy dołączane do sieci.

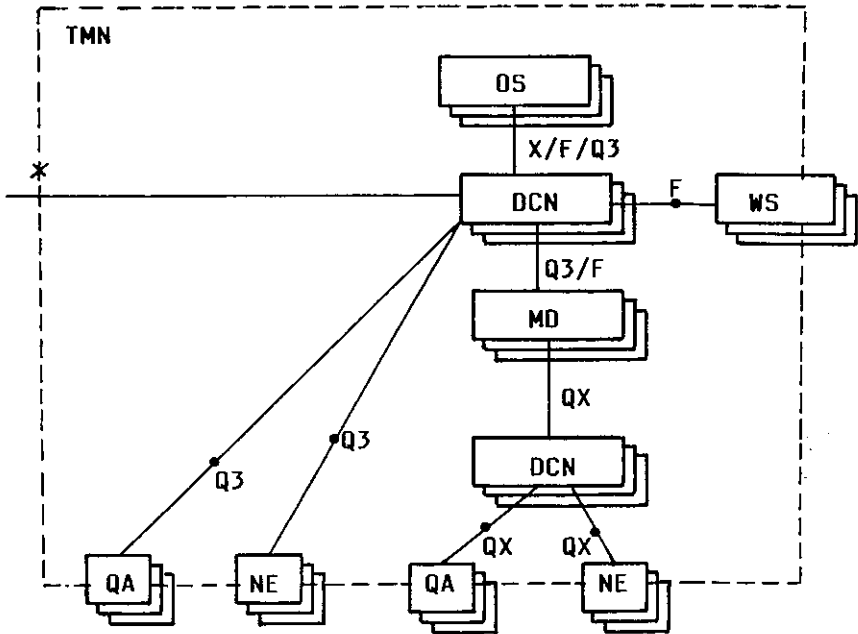
**Warstwa łączy danych** (warstwa 2) tworzy logiczne połączenie pomiędzy końcami łączy fizycznego, umożliwiając wymianę danych w ramach systemu.

**Warstwa fizyczna** (warstwa 1) korzystając z nośnika fizycznego zapewnia transmisję odpowiednio zakodowanego strumienia bitów. Komunikacja pomiędzy zarządcą i agentem odbywa się z wykorzystaniem wszystkich warstw, natomiast do komunikacji lokalnej wystarczają tylko warstwy niższe. Sposób komunikacji jest określony przez zestaw protokołów.

### 2.3. Architektura fizyczna

Uproszczony przykład architektury fizycznej zaprezentowano na rys. 4.

Poszczególne elementy sieci TMN komunikują się wzajemnie za pośrednictwem interfejsów, będących fizycznymi odpowiednikami punktów odniesienia w modelu architektury funkcjonalnej.



Rys. 4. Architektura fizyczna TMN, według zalecenia CCITT M.3010

- - punkt styku, MD (*Mediation Device*) - urządzenie pośredniczące, NE (*Network Element*) - element sieci, QA - adapter Q, Q3, QX, F, X - punkty styku (*interfaces*), pozostałe objaśnienia jak na rys. 1

## WYKAZ LITERATURY

1. Zal. CCITT G.771: Q Interfaces, protocol selection process for Transmission.
2. Zal. CCITT G.773: Protocol Suites for Interfaces for management for Transmission Systems.
3. Zal. CCITT G.774: Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Management Information Model.
4. Zal. CCITT G.77y: Generic Transmission Model.

5. **Zal. CCITT G.784: Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Management.**
6. **Zal. CCITT G.77f: Protocol Stack for F Interfaces for Transmission Equipment.**
7. **Zal. CCITT G.77qia: Q interface adaptor for Transmission Equipment.**
8. **Zal. CCITT G.sna1: Architecture of Transport Networks Based on the SDH.**
9. **Zal. CCITT G.sna2: Performance and Management capabilities of Transport Network Based on SDH.**
10. **Zal. CCITT M.3000: TMN Overview.**
11. **Zal. CCITT M.3010: Principles for a Telecommunications Management Network.**
12. **Zal. CCITT M.3020: TMN Interface Specification Metodology.**
13. **Zal. CCITT M.3100: Generic Network Information Model.**
14. **Zal. CCITT M.3180: Catalogue of TMN Management Information.**
15. **Zal. CCITT M.3200: TMN Management Services: Overview.**
16. **Zal. CCITT M.3201: Traffic Management Service.**
17. **Zal. CCITT M.3202: CCSS Management Service.**
18. **Zal. CCITT M.3203: Management of Customer Service.**
19. **Zal. CCITT M.3300: TMN Management Capabilities presented at the F Interface.**
20. **Zal. CCITT M.3400: TMN Management Functions.**
21. **Zal. CCITT Q.513: Exchange Interfaces for OAM.**
22. **Zal. CCITT Q.61: Methodology Direction in Developing Management Service.**
23. **Zal. CCITT Q.62: Management Information Guidelines.**
24. **Zal. CCITT Q.66: State 2 of the Method for the Characterization of Management Services Accessed from an ISDN terminal via the ISDN.**
25. **Zal. CCITT Q.750: Overview of SS No.7 Management.**
26. **Zal. CCITT Q.751: SS No.7 Managed Objects.**
27. **Zal. CCITT Q.752: SS No.7 Monitoring and Measurements.**
28. **Zal. CCITT Q.753: SS No.7 Management Functions.**
29. **Zal. CCITT Q.754: SS No.7 Management ASE Definitions for MRT, SRVT and CVT.**

30. **Zal. CCITT Q.810: Switching and Signaling Management Information Model.**
31. **Zal. CCITT Q.811: Lower Layer Protocol Profiles for the Q.3 Interfaces.**
32. **Zal. CCITT Q.812: Upper Layer Protocol Profiles for the Q.3 Interfaces.**
33. **Zal. CCITT Q.821: Stage 2 and stage 3 Descriptions for the Q.3 Interfaces.**
34. **Zal. CCITT Q.940: ISDN User - network Interface Protocols for management - General aspects.**
35. **Zal. CCITT Q.941: ISDN User - network Interface Protocols for management.**
36. **Zal. CCITT Q.942: ISDN Management Functions (stage 1 and 2).**
37. **Zal. CCITT Q.943: ISDN Management Protocol Applications (stage 3).**
38. **Zal. CCITT Q.94z: ISDN Management Object Definitions.**
39. **Zal. CCITT V.xxx: Management object template for V - Series modems.**
40. **Zal. CCITT X.700 |ISO/IEC 7498-4: Management Framework**
41. **Zal. CCITT X.701 |ISO/IEC 10040: System Management Overview.**
42. **Zal. CCITT X.710 |ISO/IEC 9595 1991: Common Management Information Service Definition.**
43. **Zal. CCITT X.711 |ISO/IEC 9596-1 1991: Common Management Information Protocol Specification.**
44. **Zal. CCITT X.720 |ISO/IEC 10165-1: Systems Management Information Model.**
45. **Zal. CCITT X.721 |ISO/IEC 10165-2: Definition of Management Information.**
46. **Zal. CCITT X.722 |ISO/IEC 10165-4: Guidelines for the Definition of Managed Objects.**
47. **Zal. CCITT X.723 |ISO/IEC 10165-5: Generic Management Information.**
48. **Zal. CCITT X.724 |ISO/IEC 10165-6: Requirements and Guidelines for Implementation Conformance Statement Proformas Associated With Managed Information.**

49. Zal. CCITT X.730 |ISO/IEC 10164-1: Object Management Function.
50. Zal. CCITT X.731 |ISO/IEC 10164-2: State Management Function.
51. Zal. CCITT X.732 |ISO/IEC 10164-3: Attributes for Representing Relationships.
52. Zal. CCITT X.733 |ISO/IEC 10164-4: Alarm Reporting Function.
53. Zal. CCITT X.734 |ISO/IEC 10164-5: Event Management Function.
54. Zal. CCITT X.735 |ISO/IEC 10164-6: Log Control Function.
55. Zal. CCITT X.736 |ISO/IEC 10164-7: Security Alarm Reporting Function.
56. Zal. CCITT X.737 |ISO/IEC 10164-14: Confidence and Diagnostic Test Classes.
57. Zal. CCITT X.738 |ISO/IEC 10164-13: Summarization Function.
58. Zal. CCITT X.739 |ISO/IEC 10164-11: Workload Monitoring Function.
59. Zal. CCITT X.740 |ISO/IEC 10164-8: Security Audit Trail Function.
60. Zal. CCITT X.741 |ISO/IEC 10164-9: Objects and Attributes for Access Control.
61. Zal. CCITT X.742 |ISO/IEC 10164-10: Accounting Meter Function.
62. Zal. CCITT X.743 |ISO/IEC 10164: Time Management Function.
63. Zal. CCITT X.744 |ISO/IEC 10164: Software Management Function.
64. Zal. CCITT X.745 |ISO/IEC 10164-12: Test Management Function.
65. Zal. CCITT X.746 |ISO/IEC 10164-15: Scheduling Function.
66. Zal. CCITT X.747 |ISO/IEC 10164: General Relationship Function.
67. Zal. CCITT X.748 |ISO/IEC 10164: Response Time Monitoring Function.
68. Zal. CCITT X.749 |ISO/IEC 10164: Management Domain Management Function.
69. Zal. CCITT X.750 |ISO/IEC 10164: Management Knowledge Management Function.
70. Zal. CCITT X.751 |ISO/IEC 10164: Changeover Function ISO/IEC ISP 11183-1 Specification of ACSE, Presentation and Session Protocols for use by ROSE and CMIS, May 1992.
71. ISO/IEC ISP 11183-2 CMISE/ROSE for AOM12: Enhanced Management Communications, June 1992.



72. ISO/IEC ISP 11183-3 CMISE/ROSE for AOM11: Basic Management Communications, June 1992.
73. ISO/IEC pDISP 12060-1 AOM 211: General Management Capabilities.
74. ISO/IEC pDISP 12060-2 AOM 212: Alarm Reporting and State Management Capabilities.
75. ISO/IEC pDISP 12060-3 AOM 213: Alarm Reporting Capabilities.
76. ISO/IEC pDISP 12060-4 AOM 221: General Event Report Management.
77. ISO/IEC pDISP 12060-5 AOM 231: General Log Control.



## **KROTNICE SYSTEMÓW SYNCHRONICZNYCH**

### **1. CHARAKTERYSTYKA STOSOWANEJ OBECNEJ TECHNIKI TRANSMISJI CYFROWEJ PDH**

Od kilkudziesięciu lat trwa na świecie intensywna przebudowa sieci telekomunikacyjnej z analogowej na cyfrową. Będąc w początkowym okresie do dyspozycji sieć kablową starano się zagospodarować systemami cyfrowymi o przepływności dostosowanej do możliwości transmisyjnych istniejących torów miedzianych.

Początkowo wprowadzano systemy cyfrowe w sieciach lokalnych w celu rozładowania ruchu w połączeniach między centralami analogowymi. Następnie, w miarę doskonalenia się technologii, wprowadzono kolejno systemy cyfrowe o coraz wyższych krotnościach do torów współosiowych w sieciach dalekosiężnych, gdy już były do dyspozycji komutacyjne centrale cyfrowe. Można stwierdzić, że koncepcja sieci cyfrowych rozwijała się w zależności od aktualnego postępu w technologii; nie było generalnej wizji sieci cyfrowej. Dopiero później lansowano możliwość integracji technik, integracji usług itd.

Pierwsze systemy cyfrowe wprowadzone w USA miały krotność 24 kanałów telefonicznych, a przepływność sygnału zbiorczego wynosiła 1544 kbit/s. Późniejsze systemy cyfrowe pierwszego rzędu wprowadzone w Europie miały krotność 30 kanałów i przepływność 2048 kbit/s (w zaokrągleniu 2 Mbit/s). Przyjęto zasadę, że kolejne przepływności systemów cyfrowych wyższych rzędów oparte na przepływności 2 Mbit/s są w przybliżeniu czterokrotnie wyższe od przepływności ukrotnianych. Tym sposobem odcinki regeneracyjne dla systemów wyższego rzędu mogły być utworzone z odcinków niższego rzędu przez ich podział na dwa. Tak więc tory kablowe

decydowały o przepływnościach systemów cyfrowych. Każdy system cyfrowy o określonej przepływności ma do dyspozycji tylko określony zakres torów miedzianych, na których może być zrealizowany trakt liniowy.

W systemach cyfrowych zastosowano dwie metody zwielokrotnienia:

- ukrotnienie z modulacją PCM,
- ukrotnienie cyfrowe.

Ukrotnienie PCM polega na zwielokrotnieniu czasowym kanałów analogowych i przetworzeniu próbek PAM pobieranych z częstotliwością 8 kHz na 8 - bitowe sygnały cyfrowe (z zastosowaniem komparatora typu A), zajmujące jedną kanałową szczelinę czasową. Tak utworzone kanały cyfrowe mają przepływność 64 kbit/s.

W sygnale zbiorczym 2 Mbit/s tworzy się 30 kanałów do przeniesienia sygnałów rozmowy oraz do 60 kanałów sygnalizacji komutacyjnych, po dwa dla każdego kanału rozmównego przy sygnalizacji skojarzonej, lub jeden kanał o przepływności 64 kbit/s dla sygnalizacji wspólnej. Ponadto sygnał zbiorczy zawiera sygnał fazowania ramki, służący po stronie odbiorczej do identyfikacji położenia sygnałów poszczególnych kanałów. Tym sposobem ramka zawiera 32 szczeliny czasowe. Po stronie odbiorczej, po sfazowaniu ramki, przetwarza się sygnał cyfrowy na sygnał analogowy i rozprowadza się go do odpowiednich kanałów.

Krotnice o zwielokrotnieniu PCM mają w zasadzie przepływność 2 Mbit/s. Stosowane są one do połączenia central elektromechanicznych z siecią cyfrową lub w sieciach abonenckich. Zwielokrotnienie PCM jest używane również w koncentratorach central elektronicznych pomiędzy centralą elektroniczną a abonentami. Modulację PCM stosuje się ponadto u abonentów z cyfrowym łączem abonenckim z integracją usług (ISDN). W przyszłości modulacja PCM dla sygnałów rozmowy będzie realizowana w terminalu abonenta, a zatem pozosta-

ła sieć telekomunikacyjna będzie operowała tylko sygnałami cyfrowymi.

Wyższe krotności tworzy się metodą zwielokrotnienia cyfrowego. Sygnał zbiorczy wyższego rzędu realizuje się z 4 sygnałów składowych niższego rzędu, stosując cykliczne przeplatanie bitów poszczególnych sygnałów wejściowych. Aby zapewnić przenoszenie sygnałów pochodzących z różnych nie zsynchronizowanych źródeł, stosuje się zasadę zwielokrotnienia plezjochronicznego. W tym celu wykorzystuje się technikę dopełniania cyfrowego. W myśl tej metody w ramce wyższego rzędu jest dodatkowe miejsce po jednym bicie dopełnianym dla każdego sygnału zwielokrotnianego, w którym nie zawsze jest przenoszony bit sygnału wejściowego. W dodatkowym miejscu ramki istnieją bity, za pomocą których przesyła się informację, czy bit dopełniany niesie informację użyteczną.

Tym sposobem po stronie odbiorczej dodatkowy bit można odbierać lub opuszczać. Zapewnia to możliwość asynchronicznej transmisji sygnałów plezjochronicznych przez krotnice cyfrowe. Ta zasada jest realizowana dla krotnic każdego poziomu hierarchii cyfrowej. Z powyższego powodu rodzina systemów cyfrowych z zwielokrotnieniem plezjochronicznym w skrócie nosi nazwę PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*).

Przeptywności poszczególnych poziomów hierarchii wynoszą:

- przepływność pierwszego rzędu - 2 048 kbit/s;
- przepływność drugiego rzędu - 8 448 kbit/s;
- przepływność trzeciego rzędu - 34 368 kbit/s;
- przepływność czwartego rzędu - 139 264 kbit/s.

Wszystkie przepływności są całkowitą wielokrotnością 64 kbit/s, która jest elementarną przepływnością wynikającą z transmisji sygnałów rozmowy. W miarę rozwoju sieci cyfrowych oraz w wyniku potrzeby nowych usług wykorzystuje się przepływność 2 Mbit/s dla

wizjotelefonii, natomiast dla telewizji bez redukcji nadmiarowości można zastosować przepływność 140 Mbit/s. W rezultacie każda z przepływności (może z wyjątkiem 8 Mbit/s) powinna być dostępna w poszczególnych punktach sieci.

Przepływność 2 Mbit/s ma szczególną funkcję w sieci. Służy ona mianowicie do wprowadzania i wyprowadzania kanałów cyfrowych (rozmównych) do i z central elektronicznych. Ponadto przez połączenia międzycentralowe 2 Mbit/s jest realizowana synchronizacja zegarów, przez co zapewnia się współpracę central bez poślizgów (powodujących gubienie lub powtarzanie informacji).

W hierarchii plezjochronicznej istnieją następujące krotnice cyfrowe:  $4 \times 2 \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 8 \text{ Mbit/s}$ ,  $4 \times 8 \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 34 \text{ Mbit/s}$ ,  $4 \times 34 \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 140 \text{ Mbit/s}$  oraz krotnica typu  $16 \times 2 \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 34 \text{ Mbit/s}$ , pozwalająca na bardziej ekonomiczne rozwiązanie krotnicy, gdy nie jest potrzebne dojście do przepływności 8 Mbit/s. Przewidywana krotnica  $4 \times 140 \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 565 \text{ Mbit/s}$ , proponowana przed pojawieniem się systemów SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) z czasem nie znalazła zastosowania bowiem hierarchia SDH proponowała nowe doskonałe zwiłokrotnienie synchroniczne typu  $4 \times 140(155) \text{ Mbit/s} \leftrightarrow 622 \text{ Mbit/s}$ . W rezultacie przepływność 565 Mbit/s nie została znormalizowana przez CCITT.

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TELETRANSMISYJNYCH SYSTEMÓW SDH

Rozwój sieci cyfrowych i różnych usług, a również potrzeby wynikające z konieczności zmian konfiguracji sieci ze względu na przełączanie ruchu powodują konieczność zapewnienia elastycznego wydzielania lub wprowadzania poszczególnych kanałów cyfrowych o różnych przepływnościach do strumieni wyższych rzędów.

Przyjęte w systemach PDH procedury dopełniania i zwiłokrotnienia zmuszają do przejścia przez wszystkie stopnie zwiłokrotnienia.

Nie można wprowadzić ani wydzielić, np. żądanego sygnału 2 Mbit/s z sygnału 140 Mbit/s bez wydzielenia z sygnału 140 Mbit/s najpierw sygnału 34 Mbit/s, by potem z niego wydzielić sygnał 8 Mbit/s i wreszcie z 8 Mbit/s wydzielić pożądaną sygnał 2 Mbit/s. Po tej operacji pozostałe sygnały 2 Mbit/s, które nie mają być wydzielane, trzeba ponownie wprowadzić do sygnału zbiorczego 140 Mbit/s, przechodząc wszystkie stopnie zwielokrotnienia. Te operacje są bardzo kosztowne ze względu na wykorzystywanie odpowiedniego sprzętu, a zatem taki sposób kierowania ruchem praktycznie nie jest stosowany.

Przy projektowaniu systemów PDH nie stawiano takich zadań, głównie ze względu na trudność ich spełnienia z technologicznego punktu widzenia.

Sytuacja zmieniła się zasadniczo z chwilą pojawienia się torów światłowodowych. Tłumienność tych torów w niewielkim stopniu zależy od przepływności przenoszonego sygnału cyfrowego. Utworzyło zatem od razu podstawowy sygnał zbiorczy o stosunkowo wysokiej przepływności, wynoszącej 155 Mbit/s nie ograniczając go ceną traktu. Utworzona struktura zwielokrotnienia pozwala na proste wprowadzanie sygnałów 2, 34 lub 140 Mbit/s do ramki sygnału 155 Mbit/s oraz na proste ich wydzielanie.

Dodatkowo niewielka zależność tłumienności światłowodu od przepływności przenoszonego sygnału pozwoliła na wprowadzenie nadmiarowości, dzięki której zwiększona przepływność sygnału zbiorczego do wartości 155 Mbit/s w porównaniu do 140 Mbit/s dała możliwość zrealizowania wielu funkcji jeszcze nie branych pod uwagę przy systemach PDH, ze względu na obowiązujące ograniczenia pasma w drogich torach miedzianych. Do nowych możliwości zaliczyć można rozbudowanie funkcji, pozwalających na scentralizowany dozór oraz zarządzanie łącznie z komutacją sygnałów o żądanej przepływności i funkcji autokontroli oraz utworzenie dróg przesyłania tych pomocniczych sygnałów i dróg do komunikacji służbowej.

Wspomniane możliwości stwarzają zupełnie nowe zasady tworzenia sieci telekomunikacyjnych. Nowy punkt widzenia tworzenia sieci, wynikający z możliwości technologicznych, stał się czynnikiem, według którego stworzono odpowiednią filozofię transportu ładunku telekomunikacyjnego.

Zastosowana terminologia wzorowana na transporcie wynika z zastosowania zasad przesyłania informacji zgrupowanej w formie ładunków wykorzystujących odpowiednie kontenery o różnej pojemności. Wraz ze strukturami mieszczącymi kontenery przesyła się dodatkową informację (zapisaną w odpowiednim miejscu) o tym, w którym kontenerze znajduje się ładunek, gdzie jest kontener i dokąd ma być przekazany.

Przewiduje się również punkty w sieci, w których kontenery mogą być przeładowywane, aby dotrzeć do adresata. Są to automatyczne przełącznice (*crossconnect*), spełniające funkcje central komutujących drogi transmisyjne dla kontenerów różnego rzędu. Nowa koncepcja topologii sieci ma za zadanie tworzenie dróg transmisyjnych zdolnych do niezawodnej pracy z rezerwowaniem przejść. Taką optymalną strukturą sieci jest pierścień dający możliwość dojścia do określonego punktu z dwóch kierunków, w wyniku czego jest zachowany warunek rezerwacji na wypadek przeciążenia ruchu na pewnych kierunkach oraz uszkodzeń dróg cyfrowych. Tworzy się też pierścienie oraz innego rodzaju struktury połączeń zależnie od płaszczyzny sieci. Do analizy zagadnień związanych z siecią SDH wykorzystuje się model o warstwowej strukturze z warstwami odpowiadającymi właściwym zadaniom sieciowym.

### 3. STRUKTURA SYSTEMÓW SDH

Systemy SDH składają się z urządzeń dwóch podstawowych typów o określonym przeznaczeniu. Należą do nich:

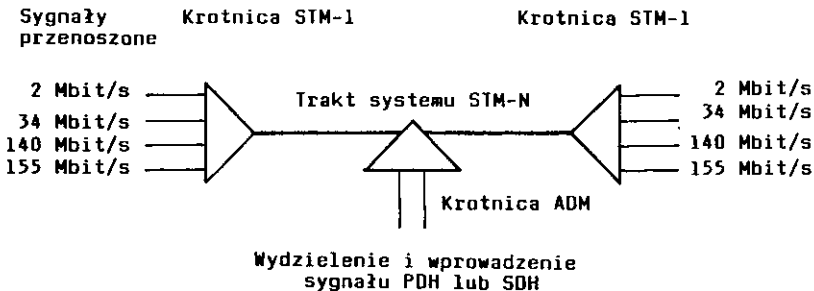


- krotnice SDH,
- urządzenia automatycznej przełącznicy.

Krotnice SDH są różnego rodzaju i tworzą różnego rodzaju konfiguracje. Spełniają one następujące funkcje (jednak nie zawsze realizowane przez każdy typ krotnicy):

- wprowadzenie sygnałów składowych PDH (2,34 i 140 Mbit/s) do sygnałów zbiorczych SDH (155, 620 itd. Mbit/s) również z możliwościami transferowania sygnałów PDH (krotnice typu ADM - *Add Drop Multiplexer*);
- ukrotnienie sygnałów składowych SDH do sygnałów zbiorczych SDH (synchroniczne krotnice SDH typu STM-1/STM-4, STM-4/STM-16 itp.) Powyższe funkcje są często łączone zależnie od kompletacji sprzętu i jego przeznaczenia.

Krotnice SDH służą przede wszystkim do wprowadzenia do sygnału zbiorczego sygnałów zbiorczych PDH, które mają być przesłane do innych punktów geograficznych. Inne krotnice typu ADM pozwalają dodatkowo na wprowadzanie i wydzielanie wybranych sygnałów z sygnału zbiorczego przechodzącego przez dany punkt geograficzny (rys. 1), w którym znajduje się omawiana krotnica. Krotnica tego rodzaju stanowi podstawowy element służący do utworzenia



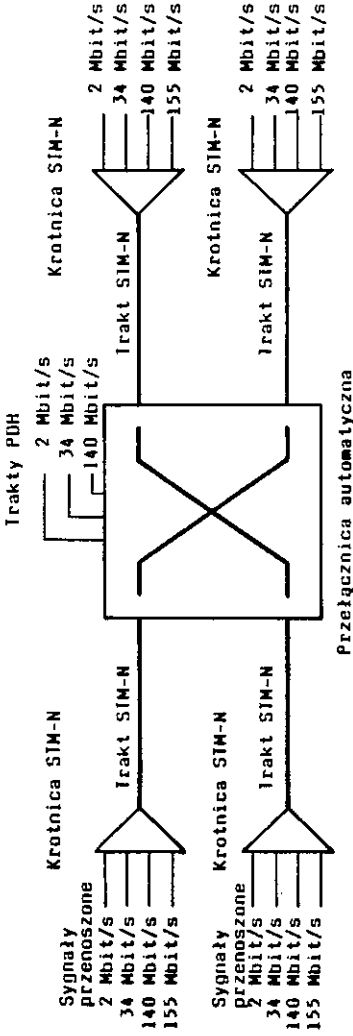
Rys. 1. Krotnica STM-1 i krotnica ADM

pierścieniowej struktury fragmentu sieci. Jest ona włączona szeregowo w trakt z sygnałem zbiorczym STM-N.

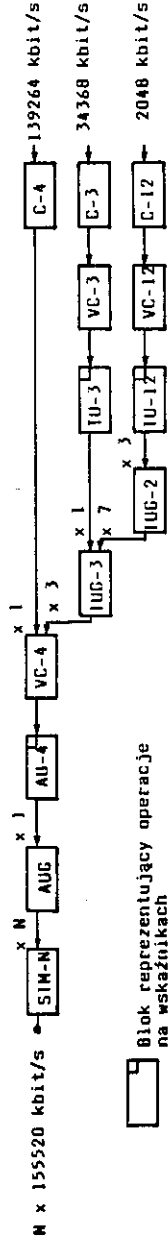
Przełącznice automatyczne mają przenosić określone kontenery z jednego sygnału zbiorczego do innych sygnałów zbiorczych dochodzących do wybranych miejsc geograficznych (rys. 2).

Powyższe urządzenia operują sygnałem zbiorczym wykorzystującym strukturę ramki charakterystycznej dla systemów SDH. Ramka ta pozwala na elastyczne operowanie sygnałami i pracą urządzeń. Przepływność sygnału zbiorczego, stanowiącego synchroniczny moduł transportowy (STM-1), wynosi 155,520 Mbit/s i zawiera użyteczną informację równoważną tej, którą przenosi sygnał zbiorczy 140 Mbit/s w systemach PDH, lecz zapewnia wiele nowych, już wyżej wspomnianych, udogodnień.

Wyższą szybkość transmisji w torach dla systemów SDH zapewniają krotnice wyższego rzędu. Krotnica STM-4 tworzy sygnał zbiorczy 4 x STM-1 o przepływności 622,080 Mbit/s, zaś krotnica STM-16 tworzy sygnał zbiorczy 4 x STM-4 = 16 x STM-1 o przepływności 2488,3200 Mbit/s. Zwielokrotnienia tu zastosowane mają charakter synchroniczny i z tego powodu systemy SDH noszą nazwę synchronicznych. Natomiast zwielokrotnienia zastosowane w urządzeniach STM-1 dla sygnałów wejściowych PDH mogą mieć zarówno charakter synchroniczny jak i plezjochroniczny, zależnie od potrzeb sieciowych. W STM-1 istnieje zawsze zwielokrotnienie synchroniczne tych sygnałów, które pośredniczą między ramką a sygnałami wejściowymi, dostosowując je do szybkości transmisji ramki. Są to jednostki podstawowe dla sygnałów wejściowych TU-n oraz jednostki administracyjne zwykłe AU-n i jednostka administracyjna grupowa AUG (rys. 3). Przenoszą one kontenery różnego rzędu, które czasami nie są synchroniczne względem powyższych jednostek i wówczas wykorzystuje się regulację wskaźników zmiennego położenia początku kontenera.



Rys. 2. Kierowanie sygnałów za pomocą automatycznej przełącznicy



□ Blok reprezentujący operacje na wskaźnikach

Rys. 3. Metoda ukromienia sygnału w systemie STM-N

## 4. METODY WPROWADZENIA SYGNAŁÓW DO RAMKI SYGNAŁU ZBIORCZEGO STM-1

### 4.1. Struktura ramki STM-1

Ramka sygnału zbiorczego systemu STM-1 zajmująca czas  $125 \mu\text{s}$  jest realizowana w sposób przedstawiony na rys. 4a. Składa się ona z dziewięciu rzędów po 270 bajtów, tworzących tym sposobem 270 kolumn. Omawiany zbiór bajtów reprezentuje sygnał o przepływności binarnej  $270 \times 9 \times 8/125 \times 10\ 000 = 270 \times 9 \times 8 \times 8 \times 10 = 155\ 520\ 000$  bit/s. Pierwszych dziewięć kolumn przeznaczono do obsługi systemu. Przepływność binarna tego zespołu bajtów wynosi  $9 \times 9 \times 8 \times 8 \times 10 = 5\ 184\ 000$  bit/s. Jest to znaczna część przepływności ogólnej, lecz dzięki temu można wyposażyć system w wiele przydatnych udogodnień do eksploatacji i zarządzania.

Na rys. 4a pokazano zawartość zespołu tych dziewięciu kolumn. Rzędy od pierwszego do trzeciego i od piątego do dziewiątego stanowią nagłówki SOH systemu, przy czym pierwsze trzy rzędy przeznaczone do obsługi sekcji regeneracji stanowią zbiór nazywający się RSOH, zaś pięć ostatnich rzędów przeznacza do obsługi odcinka ukrotnienia i stanowią one zbiór nazywający się MSOH. W pierwszym rzędzie zbioru RSOH znajduje się sygnał fazowania ramki zajmujący 6 bajtów. Strukturę sygnału fazowania ramki podano w pkt. 4.3. Rząd czwarty jest wykorzystywany jako wskaźnik dla kontenera VC-4, który mieści się w grupowej jednostce administracyjnej AUG, zajmującej bajty zawarte w 261 kolumnach od dziesiątej do dwustusiedemdziesiątej w dziewięciu rzędach. Przepływność tego zestawu bajtów ma przepływność binarną  $261 \times 9 \times 8/125 \times 10\ 000 = 150\ 336\ 000$  bit/s. Widać, że może ona zmieścić bez trudności sygnał o przepływności 140 Mbit/s. Zawarte w niej mogą być, po odpowiednim przygotowaniu, wszystkie sygnały ukrotniane, które

są doprowadzane do krotnicy STM-1. Przyjęto, że w krajach europejskich ukatniane w tym systemie będą sygnały o przepływności 2 048, 34 368 i 9 264 kbit/s; dopuszcza się również przepływność 1 544 kbit/s do współpracy z hierarchią amerykańską.

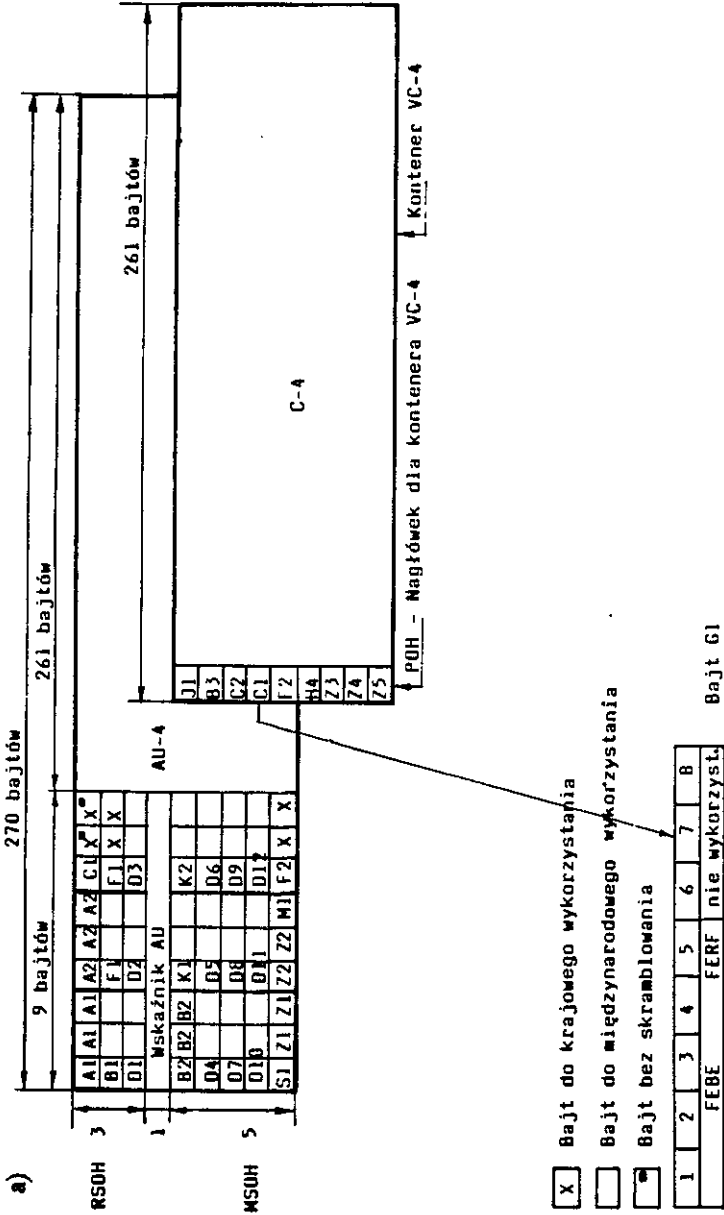
Jednostka administracyjna AUG stanowi zatem zbiór bajtów przeznaczonych do przenoszenia wejściowych sygnałów, łącznie z towarzyszącymi sygnałami pomocniczymi, służącymi do wskazywania położenia zespołów bajtów, stanowiącymi kontenery niższego rzędu. Aby zawartość jednostki administracyjnej można było na odbiorze właściwie odebrać, odczytuje się adres ze wskaźnika dla kontenera VC-4, umieszczonego w rzędzie czwartym między RSOH i MSOH. Wskazuje on miejsce w ramce STM-1 (AU-4), gdzie jest podany początek kontenera VC-4 wraz z informacjami o zawartości kontenera, łącznie z pozycją składowych kontenerów niższego rzędu. Te informacje pozwalają na proste wydzielanie pożądaných sygnałów bez fazowania ramki sygnałów składowych, co jest stosowane w sygnałach PDH.

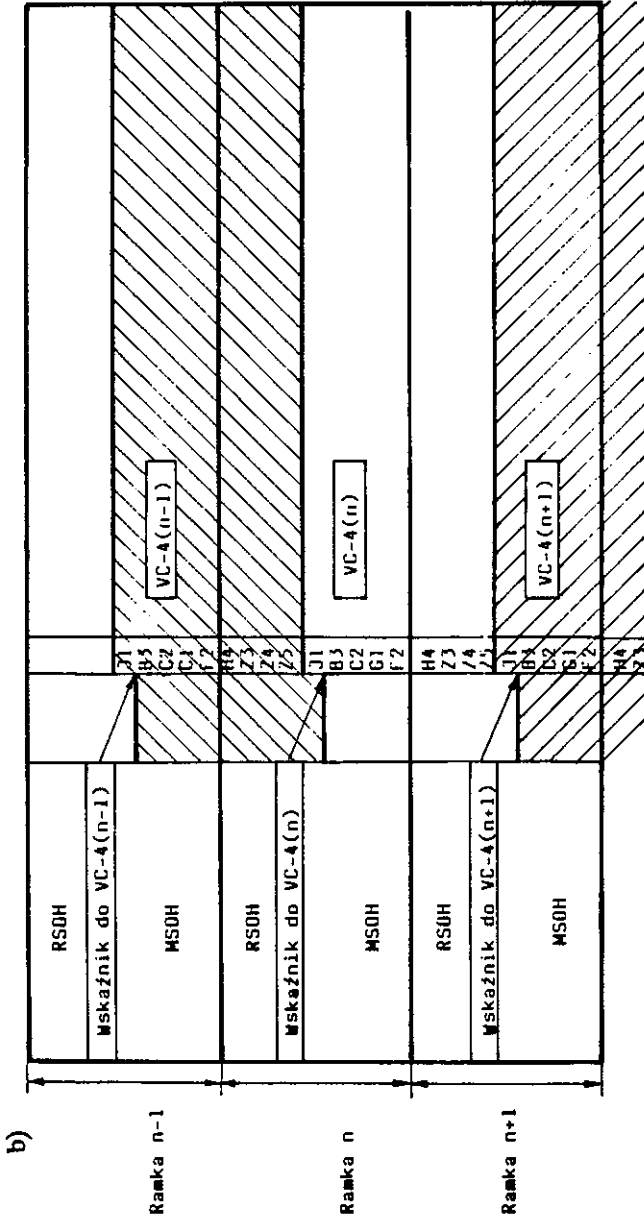
Sposób ukrotnienia zaprezentowano na rys. 3, gdzie podano tylko takie drogi przejścia sygnałów, które są interesujące w sieci krajowej.

Wykorzystano tu różne techniki ukrotnienia i techniki dopełniania. Zastosowana terminologia jest zgodna z wykazem skrótów zamieszczonym na końcu artykułu. Dla wygody stosuje się tutaj pochodzące od krotnicy pojęcie "ukrotnienie" zamiast "zwielokrotnienie", ponieważ pozwala utworzyć pojęcie "odkrotnienie".

## 4.2. Ogólne zasady ukrotnienia

Na rys. 3 przedstawiono metody gromadzenia sygnałów zwielokrotnianych. Dostosowano je do sygnałów o przepływnościach wykorzystywanych w systemach PDH. Tę zasadę zastosowano w tym





Rys. 4. Struktura ramki STM-1

a) zaznaczenie położenia nagłówków SOH i POH; b) sekwencja 3 ramek ze wskazaniem położenia początku kontenera VC-4 w jednostce administracyjnej AU-4

celu, aby operować już używanymi w sieci sygnałami cyfrowymi; są one powiązane w określony sposób z poszczególnymi usługami, chociaż może nie jest to zawsze realizowane w sposób optymalny. Od tej zasady wyłącza się sygnały o przepływności 8 448 kbit/s, ponieważ nie ma w zasadzie usług oraz traktów o tej przepływności. Przewiduje się ewentualne wykorzystanie tej drogi ukrotnienia dla cyfrowych sygnałów nie należących do znormalizowanej hierarchii przepływności cyfrowych.

Kontener najwyższego rzędu składa się ze struktur niższego rzędu. Odpowiedni system wskaźników pozwala trafić bezpośrednio do określonego kontenera, a zatem i do określonego sygnału. Poniżej zostaną przedstawione przyjęte zasady organizacji odpowiednich zespołów sygnałów, rozpoczynając od jednostek najniższego rzędu. Przyjęto określone zasady gromadzenia sygnałów w odpowiednich strukturach organizacji ramki i jej fragmentów. Są nimi następujące struktury pokazane na na rys. 3.:

- kontener C-n;
- kontener wirtualny VC-n;
- jednostka podstawowa TU-n;
- grupa jednostek podstawowych TUG-n;
- jednostka administracyjna AU-n;
- grupa jednostek administracyjnych AUG.

Oznaczenie n ma na celu wskazanie, że podane struktury mają n-ty rząd w hierarchii tworzenia sygnału zbiorczego. Oznaczenie C-n symbolizuje kontener, gromadzący sygnały podlegające procesowi ukrotnienia z zastosowaniem procesu dopełniania, celem ulokowania w kontenerze wirtualnym VC-n. I tak sygnał o przepływności pierwszego rzędu 1 544 kbit/s umieszcza się w kontenerze wirtualnym VC-11, zaś sygnał 2 048 kbit/s - w kontenerze VC-12.



Sygnal 34 368 kbit/s jest związany z kontenerem VC-3, natomiast sygnał o przepływności 139 264 kbit/s - z kontenerem C-4 i VC-4. Przenoszone sygnały mogą być synchroniczne lub asynchroniczne w odniesieniu do kontenera VC-n, a kontenery VC-n synchroniczne lub asynchroniczne do sygnału zbiorczego STM-1.

Kontener VC-n jest strukturą służącą do umieszczenia określonego sygnału w sposób uporządkowany, według zasad wymaganych przez systemy synchroniczne. W ogólnym przypadku sygnały wejściowe mogą być niesynchroniczne w odniesieniu do krotnicy STM-1. Z tego powodu adaptacja sygnału C-n do kontenera VC-n polega przede wszystkim na zapewnieniu odpowiedniego systemu dopełnienia, podobnie jak to jest stosowane w systemach plezjochronicznych. W tej strukturze znajduje się również nagłówek niosący stany alarmowe i wiele informacji dotyczących jakości transmisji, jaką ma sygnał kontenera po przejściu przez określoną drogę cyfrową od początku, gdzie kontener jest załadowany, do miejsca, gdzie kontener jest rozładowywany.

Kontenery VC-n w zależności od n dzielą się na VC wyższego rzędu ( $n = 3,4$ ) i niższego rzędu ( $n = 1,2,3$ ).

Kontener VC-12, gromadzący sygnały 2 Mbit/s, jest lokowany w jednostce podstawowej TU-12, synchronicznej względem ramki STM-1. Natomiast kontener VC-12 może, ale nie musi być synchroniczny do jednostki TU-12. Nie jest synchroniczny na przykład, gdy kontener VC-12 w przełącznicy automatycznej lub krotnicy ADM jest przenoszony ze struktury TU-12 w STM-1 do innej struktury TU-12 w innym STM-1 o innym taktowaniu. Aby nie stracić informacji w postaci poślizgów, położenie początku kontenera VC-12 względem początku nowej jednostki TU-12 może się przesuwac i ten fakt jest zapisywany we wskaźniku, znajdującym się w strukturze TU-12. We wskaźniku podaje się początkowy adres początku kontenera w strukturze TU-12. W przypadku wolniejszego taktowania TU co

pewien czas, gdy wystąpi nadmiar informacji o jeden bajt, przesyła się ten bajt w specjalnym dodatkowym miejscu struktury TU (dopełnianie ujemne) i jednocześnie zmienia się o +1 adres początku kontenera VC. Jeżeli taktowanie TU jest szybsze, to - po pewnym czasie, w określonym miejscu - trzeba opuścić wpisanie bajtu z kontenera VC (dopełnianie dodatnie) i zmienić adres początku kontenera o -1. Informację o dopełnianiu dodatnim lub ujemnym przekazuje się do krotnicy odbiorczej, wprowadzając odpowiednio negację nieparzystych lub parzystych bitów, określających adres położenia kontenera VC we wskaźniku w TU. Tym sposobem kontener z ładunkiem może być skomutowany do sieci plezjochronicznej i przez nią przenoszony bez utraty informacji, co w przypadku central cyfrowych nie jest możliwe.

Trzy jednostki TU-12 mogą być ukrotnione do grupowej jednostki TUG-2, a siedem takich grup z kolei może być ukrotionych do grupowej jednostki TUG-3. Struktura TUG-3 może być też wypełniona przez jednostkę podstawową TU-3, mieszczącą kontener VC-3 z sygnałem 34 Mbit/s.

Trzy TUG-3 umieszcza się w kontenerze VC-4, a ten w jednostce administracyjnej AU-4 z odpowiednim wskaźnikiem dla VC-4, a dalej AU-4 mieści się w grupowej jednostce administracyjnej AUG. Kontener VC-4 może być również wypełniony przez jeden sygnał 140 Mbit/s.

Podobnie jak dla kontenera VC-12 istnieje także system regulacji wskaźnika dla VC-3 i VC-4, dzięki czemu mogą być one przenoszone przez automatyczne przełącznice między niesynchronicznymi sieciami, posługując się taką samą techniką zmiany wskaźnika. Wskaźnik dla VC-3 znajduje się w TU-3, a dla VC-4 - w nagłówku sygnału STM-1 między RSOH i MSOH (rys. 4b).

Należy nadmienić, że regulacja położenia kontenera za pomocą wskaźnika następuje z dużym "ziarnem", wynoszącym 1 bajt dla

kontenera VC-12 i 3 bajty dla VC-4. W rezultacie więc na odbiorze przenoszony sygnał jest obciążony dużymi fluktuacjami. Zjawisko to w efekcie końcowym nie pojawi się (następuje kompensacja), gdy w sieci wystąpi taka sytuacja, iż w ostatnim stopniu wydzielanie kontenera zachodzi w urządzeniu pracującym z tą samą częstotliwością zegara co w urządzeniu, w którym kontener tworzono.

### 4.3. Zawartości nagłówków

#### 4.3.1. Zawartość nagłówka SOH

Przeznaczenie bajtów zawartych w nagłówku RSOH, służącym sekcji regeneratorowej i przedstawionym na rys. 4a, jest takie jak podano poniżej.

- Bajty A1 i A2 są przeznaczone dla sygnału fazowania ramki. Bajt A1 ma strukturę 11110110, zaś bajt A2 00101000. Bajty stanowią podstawę do odzyskiwania fazowania w urządzeniu odbiorczym krotnicy i w stacjach przelotowych.
- Bajt C1 określa numer krotnicy STM-1 w przypadku, gdy tworzy się sygnał zbiorczy wyższego rzędu. Przy tworzeniu sygnału zbiorczego STM-4 numery te mogą przyjmować wartość od 1 do 4.
- Bajty od D1 do D12 tworzą kanał transmisji danych DCC. Bajty D1, D2 i D3 tworzą kanał transmisji danych o przepływności 192 kbit/s dla sekcji regeneratorowych, zaś bajty D4 ÷ D12 - kanał o przepływności 576 kbit/s dla sekcji ukrotnienia.
- Bajt E1 tworzy kanał o przepływności 64 kbit/s do komunikacji akustycznej i jest dostępny w każdej stacji regeneratorowej.
- Bajt E2 tworzy kanał o przepływności 64 kbit/s do komunikacji akustycznej w sekcji ukrotnienia.
- Bajt F1 użytkownik sieci wykorzystuje, np. do określenia niesprawnej sekcji. Jest dostępny w każdej stacji regeneratorowej.

- Bajt B1 wykorzystuje się do wykrywania błędów w każdym odcinku regeneratorskim. Operacja wykrywania błędów nazywa się BIP-8. Polega ona na sprawdzeniu parzystości występowania bitów o wartości 1 w nadawanym sygnale. Określenie parzystości przeprowadza się w ośmiu układach, które badają parzystość występowania wartości 1 w co ósmym bicie z przesunięciem o jeden bit w kolejnym układzie. Ponieważ badania powyższe dają 8 wyników, więc do ich zapisania wystarcza 8 bitów zawartych w bajcie B2. W regeneratorskich przelotowych i końcowym bada się również w ośmiu układach parzystość występowania wartości 1 w bitach odbieranego sygnału i porównuje się z wynikami podanymi w bajcie B1. Z porównania można ocenić stopę błędów. Dla BIB-8 można ocenić stopę błędów na tej podstawie, że w ramce występuje  $270 \times 9 \times 8 = 19\,440$  bitów i w ramce można wykryć od 0 do 8 bitów. W najgorszym przypadku dla 8 błędów wynika elementowa stopa błędów o wartości:  $8/19\,440 = 0,411 \times 10^{-3}$ . Parzystość bada się dla bitów sygnału przed skramblowaniem, a wynik wprowadza się do bajtu B2 w następnej ramce. Należy nadmienić, że za pomocą systemu BIB-n można liczyć na poprawny wynik tylko wówczas, gdy w czasie trwania jednej ramki wystąpi nie więcej niż jeden błąd dla każdego z n układów sprawdzających parzystość występowania bitów o wartości 1.

Przeznaczenie bajtów zawartych w nagłówku MSOH, służącym sekcji ukrotnienia i przedstawionym na rys. 4, jest takie jak poniżej.

- Trzy bajty B2 są wykorzystywane do wykrywania błędów w każdej sekcji ukrotnienia. Operacja wykrywania błędów w tym przypadku nazywa się BIP-24. Polega ona na sprawdzeniu i zapisaniu w bajtach B2 parzystości występowania bitów o wartości 1 w nadawanym sygnale. Badanie parzystości przeprowadza się w dwudziestu czterech układach, które określają parzystość występowania wartości 1 w co dwudziestym czwartym bicie z przesunięciem

o jeden bit w kolejnym układzie. Ponieważ badania powyższe dają 24 wyniki, więc są one zapisywane w 24 bitach zawartych w 3 bajtach B2. W urządzeniu odbiorczym bada się również parzystość występowania wartości 1 w bitach odbieranego sygnału i porównuje się z wynikami podanymi w bajtach B2. Z porównania można ocenić stopę błędów. Dla BIB-24 można ocenić dobrze stopę błędów do wartości rzędu  $1 \times 10^{-3}$ . Wynika to z faktu, że spośród  $270 \times 9 \times 8 = 19\,440$  bitów w ramce można wykryć w najgorszym przypadku 24 błędy, z czego wynika elementowa stopa błędów  $24/19\,440 = 1,23 \times 10^{-3}$ .

- Bajty od D4 do D12 tworzą kanał transmisji danych o przepływności 576 kbit/s dla sekcji ukrotnienia.
- Bajty K1 i K2 są przeznaczone do automatycznego zabezpieczania (APS) transmisji.
- Bajty Z1 i Z2 nie są jeszcze zdefiniowane.
- Bajt S1 (bity 5, 6, 7, 8) służy do określenia statusu synchronizacji w stacji nadającej sygnał STM, a mianowicie określa, czy zastosowano synchronizację i jaka jest klasa zegara synchronizującego.
- Bajt M1 służy do przenoszenia informacji o wykrytych błędach przez BIP-24 x N (B2) i przekazywanych wstecznie w sygnale FEBE.
- Bajty nie oznaczone mogą być wykorzystane na potrzeby krajowe.

#### 4.3.2. Zawartość nagłówka POH

##### 4.3.2.1. Nagłówek POH dróg dla kontenerów VC-3 i VC-4

Nagłówek POH dla kontenera VC-3 zajmuje pierwszą kolumnę w zespole bajtów zawartych w 9 rzędach po 85 bajtów (zal. G. 709), natomiast nagłówek POH dla kontenera VC-4 - pierwszą kolumnę w zespole bajtów zawartych w 9 rzędach po 261 bajtów (rys. 4a oraz

zal. G. 709). Nagłówek POH składa się z 9 bajtów nazwanych J1, B3, C2, G1, F2, H4, Z3, Z4 i Z5.

Funkcje poszczególnych bajtów są określone poniżej.

- Bajt J1 jest przeznaczony do nadawania 64-bitowego tekstu o stałej długości, w celu identyfikacji połączenia z pożądanym odbiornikiem dla drogi wyższego rzędu.
- Bajt B3 służy do kontroli błędów powstałych podczas transmisji kontenera na zasadzie BIB-8 z badaniem parzystości wszystkich bitów przed skramblowaniem. Wynik tego badania jest umieszczony w bajcie B3.
- Bajt C2 umożliwia przekazanie 256 wartości binarnych. Wartość 0 oznacza, że droga nie jest wyekwipowana, zaś 1, że droga jest wyekwipowana, czyli zawiera ładunek do przesłania. Pozostałe wartości oznaczają sposób rozmieszczenia sygnałów w kontenerze.
- Bajt G1 jest przeznaczony do przeniesienia wstecznie (do miejsca, gdzie utworzono drogę) informacji o statusie zakończenia drogi oraz o jakości transmisji. Bity od 1 do 4 są wykorzystywane do przesłania informacji o porównaniu wyniku badania BIP-8 na odbiorze z wynikiem zawartym w odbieranym bajcie B3. Bit 5 o wartości 1 przekazuje sygnał alarmowy FEFR, który powstaje, gdy jest przesyłany sygnał AIS. Bity 6,7 i 8 nie są wykorzystywane (rys. 4a).
- Bajt F2 użytkownik wykorzystuje do komunikacji między elementami drogi.
- Bajt H4 jest wskaźnikiem wieloramki, wskazującym jej zawartość.
- Bajty Z3, Z4 i Z5 będą później zdefiniowane przez CCITT.

#### 4.3.2.2. Bajty nagłówka w POH dla kontenerów VC-1 i VC-2

Poniżej podano przeznaczenie bajtów zawartych w nagłówku POH dla kontenerów VC-1 i VC-2.

- Bajt J2 jest identyfikatorem punktu dostępu LOP.
- Bajt Z6 jest wykorzystywany przez operatora sieci.
- Bajt Z7 będzie miał później określone przeznaczenie.
- Bajt V5 zawiera bity spełniające następujące funkcje:
  - Bity 1 i 2 służą do przesyłania informacji o błędach (BIP-2). Bit 1 ma wartość 1, gdy parzystość wszystkich nieparzystych bitów (1, 3, 5 i 7) jest parzysta we wszystkich bajtach należących do przesłanego kontenera, a bit 2 wskazuje to samo dla bitów parzystych (2, 4, 6 i 8).
  - Bit 3 jest zdalnym alarmem blokowego błędu (FEBE), wskazującym wstecznie przy wartości 1 informację, że w drodze kontenera wystąpił jeden lub więcej błędów po detekcji za pomocą BIP-2.
  - Bit 4 służy do przesłania wstecznie sygnału RFI (*Remote Failure Indication*) o niesprawnej pracy.
  - Bity 5, 6 i 7 niosą sygnał nagłówka dla kontenera VC-1 lub VC-2, który może przyjąć 8 wartości binarnych. Wartość 000 oznacza, że kontener jest niewyekipowany, a wartość 001, że jest on wyekipowany w nieokreślony ładunek. Trzy wartości określają sposób rozmieszczenia ukratnianych sygnałów w kontenerze, a trzy inne wartości wskazują, że ładunek nie jest wykorzystany.
  - Bit 8 przenosi alarm FERF i ma wartość 1, gdy droga niesie sygnał AIS lub jest odbierany sygnał stanu uszkodzenia.

## **5. TWORZENIE SYGNAŁÓW ZBIORCZYCH SDH WYŻSZEGO RZĘDU**

Sygnały zbiorcze wyższego rzędu STM-N są tworzone z sygnałów niższego rzędu na zasadzie zwielokrotnienia synchronicznego z prze-

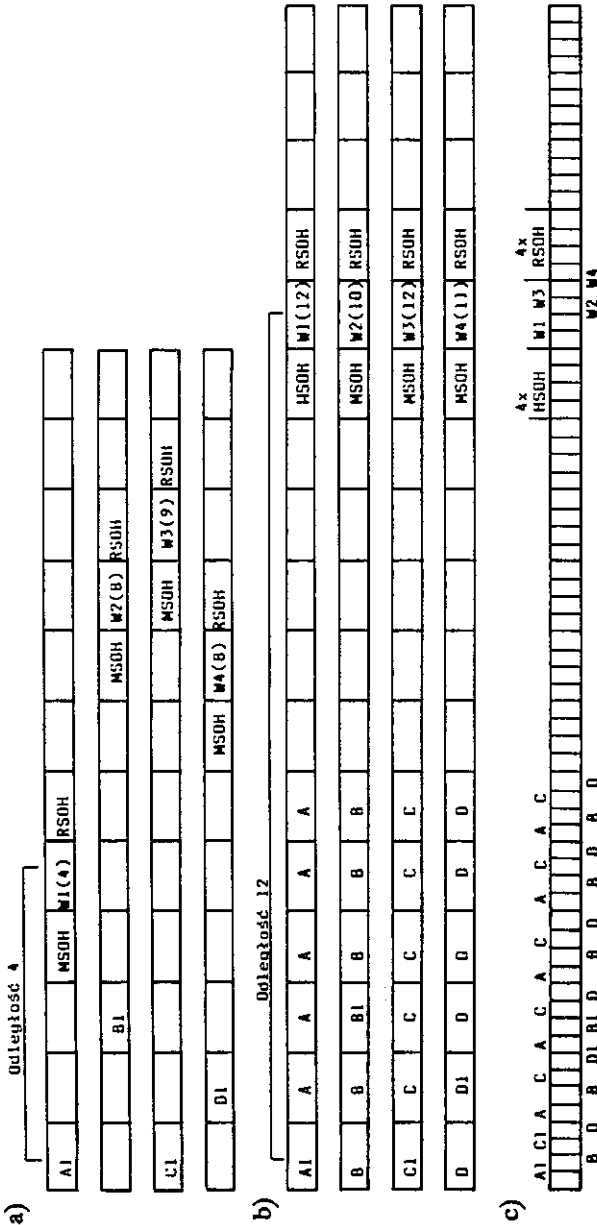
plataniem bajtów. Sygnał zbiorczy STM-4 tworzy się z czterech sygnałów STM-1, zaś sygnał STM-16 z czterech sygnałów STM-4.

W ogólnym przypadku sygnały niższego rzędu przed zwielokrotnieniem mają przesunięte względem siebie nagłówki SOH. Przed zwielokrotnieniem przeprowadza się proces wyrównania faz nagłówek w ten sposób, aby występowały one w tym samym czasie. Taka operacja wymaga przeliczenia wartości wskaźników występujących między RSOH i HSOH w poszczególnych sygnałach wejściowych. Po przesunięciu zmieni się bowiem ich miejsce, tzn. odległość od sygnałów, których miejsce mają wskazywać. Tak więc przesunięciu ulegają tylko położenia nagłówek i wskaźników oraz wartości wskaźników. Natomiast położenie innych bajtów nie ulega zmianie jak na rys. 5a i 5b dla 4 sygnałów STM-1, gdzie dla uproszczenia pokazano jednobajtowe rozmiary dla MSOH, RSOH i wskaźnika. Po operacji wyrównania nagłówek jest tworzony sygnał zbiorczy wyższego rzędu. Realizuje się to w ten sposób, że cyklicznie obok siebie są umieszczane kolejno bajty poszczególnych czterech sygnałów wejściowych, tak jak to wskazano na rys. 5c. Ten proces dotyczy również wszystkich 4 nagłówek. Tym sposobem struktura ramki sygnału zbiorczego STM-4 jest taka jak na rys. 6. Widać z niego, że sygnał zbiorczy dla systemu STM-N zawiera dokładnie N razy więcej bajtów niż sygnał zbiorczy systemu STM-1.

Przedstawione wyżej zwielokrotnienie ma charakter synchroniczny, bowiem wszystkie 4 sygnały mają ten sam rytm pracy. Z tego powodu omawiane systemy cyfrowe tworzą hierarchię zwaną synchroniczną.

Na rys. 7 zaprezentowano zawartość nagłówka ramki systemu STM-4. Należy przypomnieć, że w nagłówku SOH tego systemu znajdują się bajty sygnałów fazownia ramek A1 i A2 poszczególnych sygnałów systemu STM-1 podlegających zwielokrotnieniu z ewentualnymi błędami, jakie wystąpiły podczas transmisji przed zwielo-

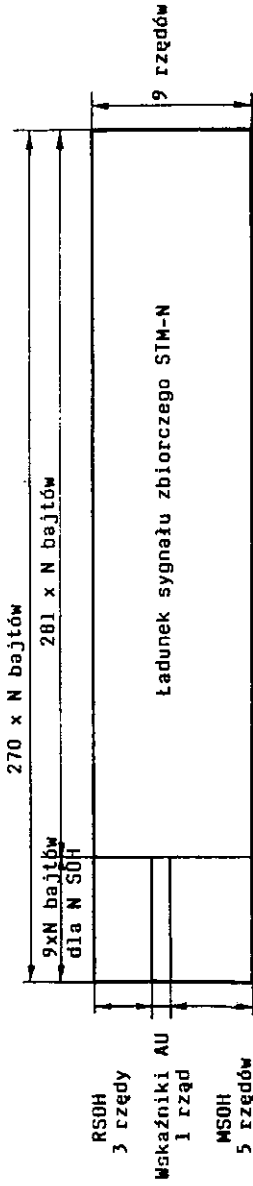




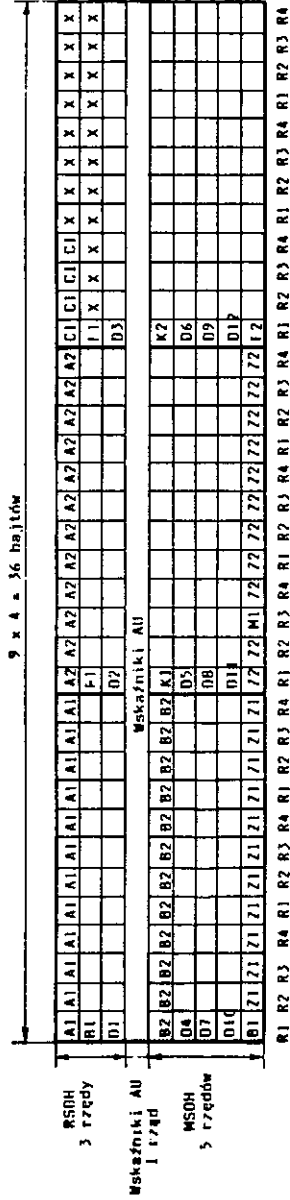
Rys. 5. Zasady ukrotnienia synchronicznego w systemach SDH

a) 4 sygnały wejściowe przed wyrównaniem faz nagłówków; b) 4 sygnały wejściowe po wyrównaniu faz nagłówków i wpisaniu nowych adresów we wskaźnikach; c) 4 sygnały wejściowe po wyrównaniu faz nagłówków oraz wskaźników i po ukrotczeniu

A, B, C i D - bajty sygnałów zwielokrotnianych; AI, BI, CI i DI - bajty z adresem podanym odpowiednio we wskaźnikach W1, W2, W3 i W4; MSOH, RSOH, W - odpowiednio nagłówki MSOH i RSOH oraz wskaźnik umownie przedstawione jako jednobajtowe



Rys. 6. Struktura ramki systemu STM-N



Rys. 7. Struktura nagłówka SOH dla sygnału zbiorczego STM-4  
Rn - bajty n-tego sygnału STM-1; x - bajt do użytku krajowego

krotnieniem. Podobnie bajty B2, po trzy dla każdego sygnału zbiorczego STM-1 oraz bajty Z1 i Z2, są bezpośrednio przeniesione do MSOH w STM-4; bajty te muszą dotrzeć do końca drogi przeznaczonej dla poszczególnych strumieni STM-1. Natomiast bajty związane z sekcją regeneracji sygnału STM-1 i sekcją zwielokrotnienia STM-4 występują tylko jako pojedyncze. Dotyczy to bajtów B1, E1, F1, K1, K2 i E2. Pojedyncze są również bajty D<sub>n</sub> (n od 1 do 12), tworzące kanały transmisji danych dozoru DCC.

## 6. ZAKOŃCZENIE

Rozwój systemów SDH jest tak szybki nie tylko ze względu na ich nie kwestionowane zalety, lecz także z powodu wstrzymania zakupów urządzeń PDH przez operatorów. Zmusza to w rezultacie producentów do szybkiego wyjścia na rynek z systemami SDH, mimo że nie wszystkie problemy są międzynarodowo uzgodnione, zwłaszcza w zakresie systemu zarządzania. W Polsce, podobnie jak w innych krajach, rozpoczyna się przygotowania do wprowadzenia systemów SDH do sieci. Biorąc pod uwagę, że polska dalekosiężna cyfrowa sieć telekomunikacyjna jest stosunkowo uboga w systemy PDH, może się więc ona stać bardzo nowoczesna, z uwagi na zamiar powszechnego wprowadzenia systemów SDH. W rezultacie system zarządzania siecią i dostosowany do tego sprzęt pozwolą na szczególnie niezawodne oraz operatywne działanie połączeń teletransmisyjnych.

## WYKAZ LITERATURY

1. CCITT: Zalecenia G.703, G.707, G.708, G.709, G.781, G.782, G.783.
2. CCITT: COM XVIII-R 105-E, July 1992.
3. CCITT: COM XVIII-R 110-F, November 1992.
4. Materiały firmy Hewlett Packard: Introduction to SDH.

5. Materiały firmy Northern Telecom: Synchroniczne systemy teletransmisyjne.
6. Materiały firmy Siemens: K4302 SDH/PDH analizyzer.

### WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

AIS	- sygnał informacji alarmowej ( <i>Alarm Signal Indication</i> )
APS	- automatyczne przełączenie na rezerwę ( <i>Automatic Protection Switching</i> )
AU	- jednostka administracyjna ( <i>Administrative Unit</i> )
AUG	- grupa jednostek administracyjnych ( <i>AU Group</i> )
BER	- bitowa stopa błędów ( <i>Bit Error Ratio</i> )
BIP	- parzystość przeplatanych bitów ( <i>Bit Interleaved Parity</i> )
DCC	- kanał komunikacji danych ( <i>Data Communications Channel</i> )
FAL	- utrata zgodności ramkowania ( <i>Frame Alingment Loss</i> )
FEBE	- błąd blokowy odległego końca ( <i>Far End Block Error</i> )
FERF	- uszkodzenie odbioru w odległym końcu ( <i>Far End Receive Failure</i> )
HOP	- ścieżka wyższego rzędu ( <i>Higher Order Path</i> )
HPA	- adaptacja ścieżki wyższego rzędu ( <i>Higher Order Path Adaptation</i> )
LOF	- utrata ramkowania ( <i>Loss of Frame</i> )
LOP	- ścieżka niższego rzędu ( <i>Lover Order Path</i> )
LOS	- zanik sygnału ( <i>Loss of Signal</i> )
MS-FERF	- alarm FERF sekcji ukrotnienia ( <i>FEFR-Multiplex Section</i> )
MSOH	- nagłówek sekcji ukrotnienia ( <i>Multiplex Section Overhead</i> )

- OOF - utrata fazowania ramki (*Out-of Frame*)
- POH - nagłówek kontenera (*Path Overhead*)
- RAI - sygnał zdalnej informacji alarmowej (*Remote Alarm Indication*)
- RSOH - nagłówek sekcji regeneracji (*Regeneration Section Overhead*)
- SDH - synchroniczna hierarchia cyfrowa (*Synchronous Digital Hierarchy*)
- SOH - nagłówek modułu transportowego (*Section Overhead*)
- STM - moduł transportu synchronicznego (*Synchronous Transport Modul*)
- TMM - sieć zarządzania (*Telecommunication Management Network*)
- TU - jednostka podstawowa ukrotnienia sygnału wejściowego (*Tributary Unit*)
- TUG - grupa podstawowych jednostek ukrotnienia (*Tributary Unit Group*)
- VC - kontener wirtualny (*Virtual Container*).

2

)

4

8

1

# **SYNCHRONIZACJA KRAJOWEJ, CYFROWEJ SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ**

## **1. WPROWADZENIE**

Synchronizacja w cyfrowych sieciach telekomunikacyjnych ma istotny wpływ na ich funkcjonowanie oraz na jakość usług oferowanych klientom przez operatorów tych sieci. Zapewnienie synchronizacji w cyfrowej sieci telekomunikacyjnej należy do grupy zagadnień, związanych z wytwarzaniem lub odtwarzaniem w węzłach sieci sygnałów służących do taktowania, których wymagania dotyczące dokładności częstotliwości są co najmniej o dwa rzędy wielkości większe niż w innych, stosowanych obecnie systemach telekomunikacyjnych.

Zamiar budowy krajowej sieci od razu na podstawie systemów wykorzystujących hierarchię synchroniczną (SDH) stanowi dodatkowe utrudnienie, gdyż - w przeciwieństwie do krajów o rozwiniętej strukturze telekomunikacyjnej - do przesyłania sygnałów synchronizujących nie będzie można wykorzystać systemów plezjochronicznych (PDH).

## **2. ROLA SYNCHRONIZACJI W PROCESIE PRZESYŁANIA INFORMACJI**

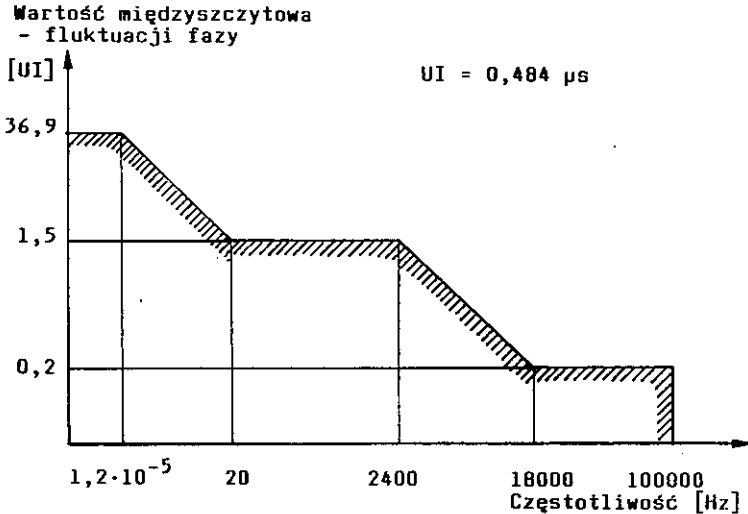
W systemach cyfrowych z rozdziałem czasowym elementy informacji są wprowadzane do łącza w rytmie określonym przez zegar węzła nadawczego, natomiast są odbierane w rytmie określonym przez zegar węzła odbiorczego [4]. Nie zakłócone przekazywanie informacji wymaga sprawnego systemu synchronizacji. Ze względu na różny mechanizm działania należy rozróżnić synchronizację transmisyjną i synchronizację sieci. Przesyłane sekwencyjnie informa-

cje są formowane w pewne regularne struktury, zwane ramkami, pozwalające na określenie, z którego kanału transmisyjnego został pobrany przesyłany element informacji, wartość logiczną tego elementu oraz pozycję w zakodowanym słowie (wagę). Urządzenia transmisyjne i przełączające wnoszą pewne zniekształcenia do przenieszonego sygnału, w wyniku czego odbierany sygnał jest obciążony szybkimi i wolnymi fluktuacjami fazy. W następstwie wywołuje to przemieszczanie się na osi czasu ramek sygnału odbieranego względem nadawanego. W celu złagodzenia skutków występowania fluktuacji fazowych powstających podczas transmisji wykorzystuje się pamięci buforowe. Sygnały binarne wprowadzane na wejście pamięci buforowej są wpisywane z częstotliwością taktowania wpływającego strumienia bitów, natomiast są odczytywane z częstotliwością zegara lokalnego węzła. Ponieważ stopień zakłócającego działania fluktuacji fazy jest uzależniony od gęstości składowych widma częstotliwościowego sygnału zakłócającego w poszczególnych przedziałach częstotliwości, stąd charakterystyka częstotliwościowa pamięci buforowych musi być odpowiednio ukształtowana (rys. 1).

O ile sprawy synchronizacji transmisyjnej (bitowej lub synchronizacji ramki) [3] nie przysparzają większych problemów, gdyż ograniczają się do poszczególnych łączy, w których jedna strona jest stroną nadawczą, a druga odbiorczą, o tyle synchronizacja sieci jest zagadnieniem znacznie trudniejszym, gdyż dotyczy fragmentów sieci o bardziej rozbudowanej topografii.

Skutki braku synchronizacji w sieci dają się odczuć zwłaszcza wtedy, gdy zegary dwóch współpracujących węzłów pracują niezależnie. W wyniku zawsze w takich sytuacjach występujących różnic częstotliwości po pewnym czasie nastąpi wypełnienie pamięci buforowej lub pamięć stanie się pusta. Sterowanie pamięcią jest zorganizowane w ten sposób, aby poślizg, tj. utrata lub powtórzenie informacji, następował w pełnych oktetach. Określa się to jako poślizg kontrolowany. W klasycznej telefonii, a więc przy przekazywaniu sygnałów





Rys. 1. Charakterystyka częstotliwościowa fluktuacji fazy tolerowanych przez bufor wejściowy dla przepływności 2048 kbit/s (dla częstotliwości  $1,2 \cdot 10^{-5}$  Hz odpowiadającej fluktuacjom o cyklu jednodobowym dopuszczalna wartość fluktuacji wynosi 18  $\mu$ s)

mowy poślizgi te są stosunkowo mało uciążliwe, lecz przy transmisji telefaksowej poślizg może już spowodować nieczytelność 1-2 wierszy. Poważne trudności występują dopiero podczas przekazywania danych, zwłaszcza zorganizowanych w bloki. Jeśli w wyniku wykrycia błędu zwrótnie jest wysyłane żądanie retransmisji bloku, to powyżej pewnej progowej częstości występowania poślizgów transmisja zostaje przerwana. Podczas przekazywania sygnałów wizyjnych poślizg wywołuje zatrzymanie obrazu na kilka sekund.

### 3. SPOSOBY SYNCHRONIZACJI URZĄDZEŃ PRACUJĄCYCH W WĘZŁACH SIECI

Od 1976 roku obowiązuje zalecenie G.811 [1], określające wartość  $1 \cdot 10^{-11}$  Hz/Hz jako dopuszczalną tolerancję częstotliwości generatorów

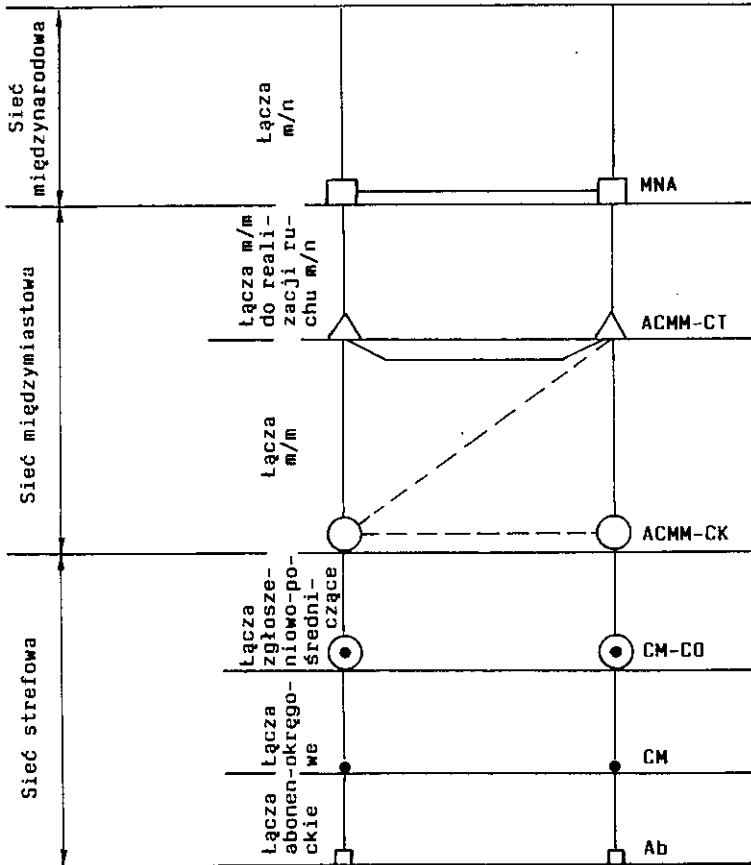
taktujących w węzłach biorących udział w wymianie międzynarodowej. Spełnienie tego warunku powoduje, że poślizgi w transmisji pomiędzy węzłami będą występowały nie częściej niż co 72 dni. Uzyskanie tak dużej dokładności gwarantują cezowe wzorce częstotliwości.

Wyposażenie wszystkich węzłów sieci we wzorce cezowe, a więc realizacja w pełni plezjochronicznego systemu synchronizacji byłaby przedsięwzięciem niezmiernie kosztownym. Z tego względu dominującą rolę odgrywają struktury warstwowe, w których do generatora wiodącego (*master*) jest przypisanych kilka generatorów podporządkowanych (*slave*). Na najwyższym poziomie znajdują się nieliczne zegary pierwotne (PRC), wyposażone we wzorce cezowe, do których bezpośrednio lub pośrednio są przyporządkowane zegary węzłów z niższych poziomów hierarchicznych [2]. Przy poprawnej pracy takiego systemu długoterminowa dokładność częstotliwości generatorów taktujących wszystkich węzłów sieci nie powinna odbiegać od dokładności reprezentowanej przez zegar pierwotny (PRC).

Sposób powiązań pod względem synchronizacji central pracujących w polskiej sieci telefonicznej przedstawiono na rys. 2.

Zegary w węzłach podrzędnych mają do spełnienia podwójne zadanie. Pierwsze zadanie, istotne w warunkach synchronizmu, polega na odtworzeniu sygnału taktującego na podstawie doprowadzanego sygnału odniesienia, wolnego jednak od fluktuacji fazowych. Zegar pełni wówczas rolę filtru o bardzo wąskim pasmie. Drugą ważną cechą zegara węzła podrzędnego jest właściwość podtrzymania pracy w przypadku przerwania linii przenoszącej sygnał odniesienia. Spełnienie tych wymagań realizuje się dzisiaj, wykorzystując zintegrowane, sterowane przez mikroprocesor, cyfrowe pętle fazowe (PLL). Z chwilą zaniku sygnału odniesienia oddziaływanie pętli fazowej na generator zegara podporządkowanego ulega zablokowaniu, a o częstotliwości generatora decyduje jedynie wielkość dryftu wywołanego procesem starzenia rezonatora. Używane obecnie wysokiej klasy termostatowane generatory kwarcowe umożliwiają wówczas kil-

kugodzinną pracę bez naruszenia warunków, wynikających z zalecenia G.811.



Rys. 2. Zasadniczy schemat powiązań central w polskiej sieci telefonicznej [5]

— - - - - łącze ostatniego wyboru, - - - - - łącza skrótnie, MNA - centrala międzynarodowa, ACMM - centrala międzymiastowa, CT - centrala tranzytowa mm, CK - centrala końcowa mm, CO - centrala okręgowa, CM - centrala miejscowa, Ab - abonent

#### **4. SPECYFICZNE CECHY SYNCHRONIZACJI W SIECIACH SDH**

Jeśli rozważyć rozprowadzanie sygnałów stanowiących odniesienie dla zegarów podporządkowanych, to najlepszym rozwiązaniem byłoby rozprowadzanie niemodulowanych sygnałów za pośrednictwem wydzielonej wyłącznie do tego celu sieci synchronizacyjnej. Rozwiązanie takie jest jednak niezwykle kosztowne, stąd, pomijając nieliczne połączenia pomiędzy zegarami pierwotnymi (PRC), jako sygnału odniesienia używa się sygnału taktującego wydzielonego ze strumienia 2048 kbit/s przychodzącego z węzła przyjętego jako nadrzędny. Jako główny zegar węzła jest wykorzystywany zegar najważniejszej hierarchicznie centrali, np. międzymiastowej centrali tranzytowej. To charakterystyczne dla sieci PDH rozwiązanie prawdopodobnie nie znajdzie już zastosowania w sieciach SDH. Wynika to z trudności, jakie na skutek stosowania systemu przetwarzania znaczników napotyka wykorzystanie do synchronizacji przenoszonych przez sieć SDH strumieni 2048 kbit/s. Jak się wydaje, do synchronizacji sieci SDH będą wykorzystywane sygnały transmisyjne STM-N lub sygnały przenoszone poza tą sieć. Zalecenia CCITT odnoszące się do tych spraw oraz propozycje wiodących firm dotyczące sprzętu są jeszcze dalekie od postaci końcowej. W krajach, gdzie rozwinięta jest sieć PDH, może ona być w początkowym okresie wykorzystywana do przenoszenia strumieni 2048 kbit/s, służących do synchronizacji węzłów sieci SDH. Jak już wspomniano, w Polsce takiej możliwości nie ma.

#### **5. STAN PRAC ZWIĄZANYCH Z SYNCHRONIZACJĄ SIECI KRAJOWEJ**

Do czasu zorganizowania własnego ośrodka zegara pierwotnego Telekomunikacja Polska SA korzysta z sygnałów wzorcowych

5 MHz, doprowadzonych do gmachu CRiT w Warszawie przez kabel z laboratorium Głównego Urzędu Miar. Według pierwotnych zamierzeń sygnał ten miał służyć do synchronizacji centrali AT&T - 5ESS, pełniącej rolę centrali międzynarodowej (EMNA). Sygnały wychodzące z tej centrali służyłyby do synchronizacji central współpracujących. Trwające od dwóch lat trudności ze zsynchronizowaniem centrali EMNA sprawiły, że w końcu 1993 r., również z wykorzystaniem sygnału wzorcowego z GUM, zsynchronizowano centralę międzymiastową Siemens - EWSD (CEMA). W odniesieniu do tej centrali zsynchronizowano 8 central tranzytowych Warszawskiego Węzła Telefonicznego wyposażonych w centrale ALCATEL - S-12. W podobny sposób będą zsynchronizowane tranzytowe centrale międzymiastowe ze wschodniej i środkowej części kraju. Dla central z zachodniej części kraju sygnał wzorcowy będzie pobierany z Astronomicznego Obserwatorium Szerokościowego PAN, zlokalizowanego w Borówcu koło Poznania. Sygnał z AOS PAN doprowadzony wydzielonym łączem będzie służył bezpośrednio do synchronizacji poznańskiej centrali międzynarodowej (ALCATEL - E-10B). Centrale niższego hierarchicznie rzędu będą synchronizowane w odniesieniu do sygnałów zegarowych odzyskanych z sygnałów przesyłanych traktami cyfrowymi z centrali międzynarodowej.

\* \*  
\*

W sieci krajowej rozwiązanie zagadnień synchronizacji jest znacznie opóźnione w stosunku do stopnia rozbudowy sieci. Nie jest jeszcze określona liczba ośrodków zegara pierwotnego (PRC), ani zasady ich współpracy. Prowadzi się studia co do sposobu synchronizacji przyszłej sieci SDH, ponadto rozważa się możliwości wykorzystania do synchronizacji tej sieci sygnałów przesyłanych drogą radiową ze stacji długofalowej (225 kHz) lub sygnałów satelitarnego systemu

nawigacyjnego (GPS). Nie kwestionuje się już obecnie w sposób kategoriyczny celowości budowy wydzielonej sieci, służącej wyłącznie do rozprowadzania niemodulowanych sygnałów odniesienia wykorzystywanych do synchronizacji zegarów w węzłach sieci SDH, pomimo ogromnych kosztów, jakie niesie to rozwiązanie.

Jednocześnie w miarę realizacji połączeń cyfrowych pomiędzy centralami na okres przejściowy centrale będą synchronizowane według zasad stosowanych w sieci PDH. Być może doświadczenia zebrane podczas tych prac okażą się przydatne w wyborze docelowego rozwiązania zagadnienia synchronizacji sieci krajowej.

#### WYKAZ LITERATURY

1. CCITT: Recommendations G.811. Geneva 1988.
2. CCITT: Recommendations G.812. Geneva 1988.
3. Jessa M., Dobrogowski A.: Synchronizacja sieci ISDN. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 5, 1993.
4. Stachnik A.: Zagadnienia synchronizacji w cyfrowej sieci telekomunikacyjnej. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 12, 1992.
5. Wymagania techniczne i eksploatacyjne dla synchronizacji central cyfrowych w polskiej sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego. Załącznik nr 7 do rozporządzenia ministra łączności z dnia 16 lipca 1993 r., Ministerstwo Łączności, Warszawa 1993.

