

Spis treści

Przegląd technologii	2
Systemy CSMA.....	2
System X.25.....	9
Technika Frame Relay.....	14
Sieci ISDN	25
Iso-Ethernet	34
Systemy FDDI.....	36
Technika ATM.....	41
Krajowe sieci transmisji danych.....	61
Charakterystyka sieci POLPAK	61
Charakterystyka sieci POLPAK- T	67
Podsumowanie	75

Przegląd technologii

Standaryzacja sieci teleinformatycznych stanowi od początku ich burzliwego rozwoju domenę amerykańskiego Instytutu Inżynierów Elektryków i Elektroników (*Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE*), który już w lutym roku 1980 powołał pierwsze komitety zajmujące się różnymi aspektami funkcjonalnymi LAN. Pochodząca o daty rozpoczęcia prac nazwa (802x) została utrzymana i rozciąga się na grupy powołane w późniejszym okresie.

Większość sieciowych standardów IEEE zostało przejętych przez ISO, która wykorzystuje między innymi ich następujące edycje:

- **802.1.** - normalizacja relacji między standardami IEEE a ISO. Ustanawia schemat przydzielania producentom kart sieciowych 3 bajtowych identyfikatorów, od których zaczyna się ich unikalny, 6 bajtowy numer.
- **802.2.** Specyfikacja protokołu *Logical Link Control* (LLC). Odpowiadająca mu w modelu OSI warstwa łącza danych jest podzielona na podwarstwę *Media Access Control* (MAC) służącą zdefiniowaniu sposobu uzyskiwania dostępu (przesyłanie żetonu, *CSMA/CD*, *FDDI*, in.) oraz *Logical Link Control* (LLC) określającą sposób kapsułkowania umożliwiającego przesyłania informacji między różnymi typami sieci.
- **802.3.** Specyfikacja metody dostępu *CSMA/CD*, którą wykorzystuje np. schemat Ethernet.
- **802.5.** Specyfikacja metody dostępu opartej na przekazywaniu żetonu oraz okablowania i interfejsu dla sieci Token Ring.
- **802.6.** Specyfikacja sieci metropolitalnej MAN opartej na podwójnej pętli światłowodowej i metodzie dostępu *Distributed Queue Dual Bus* (DQDB).
- **802.9.** Norma zintegrowanych izochronicznych usług ethernetowych (*Isochronous Ethernet Integrated Services*), nazywanych w skrócie Iso-Ethernetem.
- **802.12.** Specyfikacja metody dostępu *Demand Priority Access Method* (DPAM), stosowanej w sieciach 100VG-AnyLAN o szybkości 100 Mbit/s.

Systemy CSMA

Ethernet/IEEE 802.3

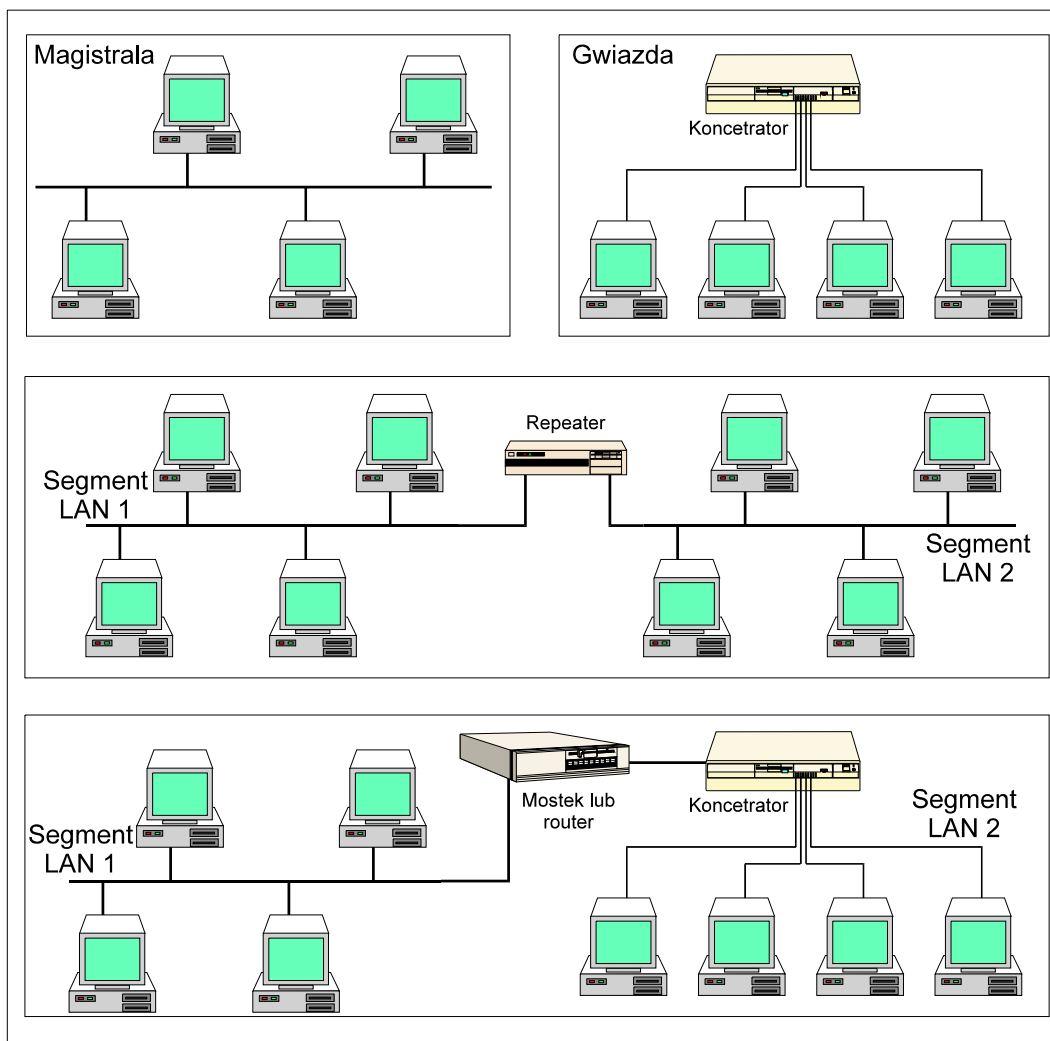
Opracowania najbardziej popularnego schematu realizacyjnego sieci LAN dokonał zespół *Palo Alto Research Center* firmy *Xerox Corporation*. Wkrótce po oficjalnym opublikowaniu specyfikacji technicznej Ethernet, IEEE przystąpił do prac rozwojowych zakończonych publikacją standardu 802.3 w roku 1984. Kolejny krok stanowiły działania dostosowawcze prowadzone przez firmy *Xerox*, *Digital Equipment Corporation (DEC)* oraz *Intel Corporation*, które wspólnie opracowały specyfikację Ethernet v.2, zgodną zasadniczo z zapisami dokumentu IEEE 802.3.

Podstawową przyczyną realizacji wszystkich przedstawionych projektów była pilna potrzeba wypełnienia luki pomiędzy istniejącymi rozwiązaniami wykorzystywanymi do łączenia komputerów w ramach pojedynczego pomieszczenia oraz technologiami sieci rozległych, umożliwiającymi komunikowanie się znacznie bardziej oddalonych stacji abonenckich. Postawiony cel został zrealizowany, zaś uzyskane rozwiązanie bardzo dobrze funkcjonuje w sytuacji, gdy medium transmisyjne musi przekazywać nieregularny ruch telekomunikacyjny o ekstremalnie wysokich wartościach szczytowych. Obecnie schemat Ethernet jest tak bardzo popularny, że jego nazwę wykorzystuje się w odniesieniu do wszystkich rozwiązań sieci lokalnych realizujących wielokrotny dostęp z wykrywaniem nośnej oraz detekcją kolizji (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection - CSMA/CD*).

Funkcjonowanie systemu w trybie CSMA/CD oznacza, że stacje abonenckie posiadają stały dostęp do medium, a więc mogą inicjować transmisję w dowolnym momencie czasowym. Pomimo, że realizację transferu poprzedza „przesłuchanie” kanału, umożliwiające wykrycie jego ewentualnej zajętości, w sieci LAN realizującej schemat CSMA mogą występować kolizje. Nałożenie się aktywnych okresów funkcjonowania terminali występuje w przypadku, gdy dwa lub więcej komputerów jednocześnie rozpoczyna „przesłuchiwanie” wolnego kanału i w konsekwencji równocześnie uruchamia procedurę nadawania.

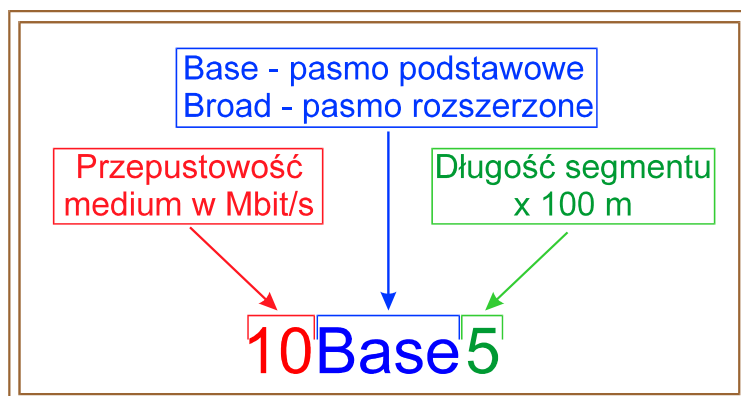
Chociaż schemat Ethernet dysponuje specjalizowanym mechanizmem wykrywania i rozstrzygania kolizji, jakość jego funkcjonowania bardzo silnie zależy od poziomu aktywności stacji abonenckich. Potrzeba powtórnego transmitowania danych, które nałożyły się na przekaz innego użytkownika powoduje wzrost natężenia ruchu (a więc i lawinowy przyrost liczby konfliktów), tak że graniczną wartością stabilnego funkcjonowania systemu jest ok. 40% średnie wykorzystanie przepustowości medium. Pierwotny schemat Ethernet/IEEE 802.3 jest realizowany w trybie rozgłaszania tj. każda stacja otrzymuje wszystkie ramki, przekazując wyższym warstwom aplikacji tylko te spośród nich, których jest adresatem.

Podstawową konfiguracją sieciową jest struktura magistrali, chociaż stosowana jest również topologia typu „gwiazda” obsługiwana przez koncentrator (*hub*). W przypadku konieczności powiększenia zasięgu systemu poza obszar, który może być obsługiwany przez pojedynczy segment sieciowy, wykorzystywane są regeneratory (*repeatery*), zapewniające utrzymanie wymaganych parametrów sygnału transmisyjnego. Natomiast integracja fragmentów sieci zrealizowanych np. w różnych topologiach odbywa się za pośrednictwem mostków (*bridges*), zapewniających połączenie na poziomie warstwy łącza danych, albo też *routerów*, które oprócz retransmisji realizują funkcje logiczne warstwy sieciowej. Praktyczną ilustrację wszystkich przedstawionych schematów realizacyjnych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Konfiguracje sieci LAN

Podstawowa wersja CSMA umożliwia transmisję danych o przepływności 10 Mbit/s, jednakże z uwagi na relatywnie niską efektywność wykorzystania zasobów oraz rosnące wymagania związane z wprowadzaniem do użytku usługowych aplikacji multimedialnych, zaproponowano liczne rozszerzenia omówione w dalszej części opracowania. Natomiast różnice pomiędzy oryginalnym schematem Ethernet i jego rozszerzoną wersją IEEE 802.3 nie są szczególnie istotne (zwłaszcza dla użytkownika). Podczas, gdy wersja v.2 propozycji firmowej realizuje zadania warstw 1 i 2 standardowego modelu odniesienia, specyfikacja IEEE obejmuje jedynie warstwę 1 (fizyczną) oraz dotyczący dostępu do łącza danych fragment warstwy 2. Ponadto, zaproponowana pierwotnie pojedyncza wersja warstwy fizycznej, została rozbudowana do kilku wariantów, których oznaczenia przyjęły się powszechnie i są wykorzystywane również do identyfikacji kolejnych wersji rozwojowych. Sposób oznaczania wariantów warstwy fizycznej systemów CSMA ilustruje schemat przedstawiony na rys. 2, natomiast ich parametry techniczne zawarto w Tab. 2 (z której wynika, że odpowiednikiem schematu Ethernet jest 10Base5).



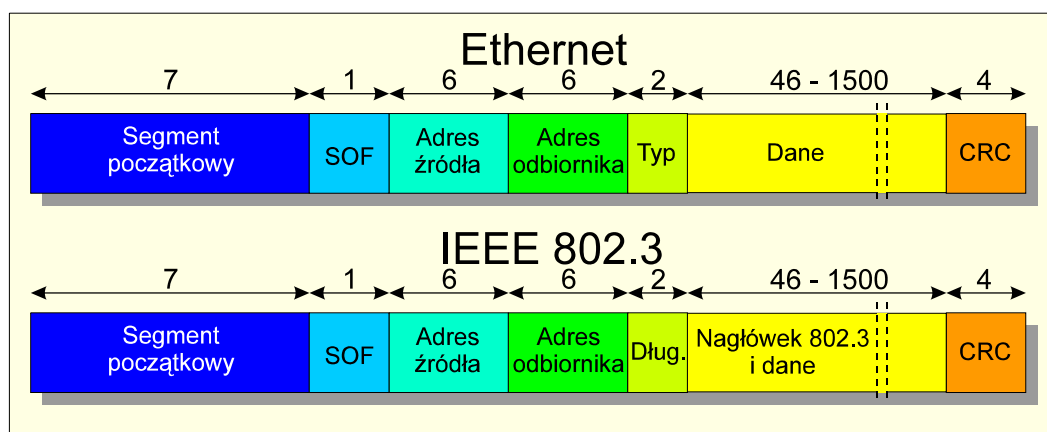
Rys. 2. Oznaczenia IEEE systemów CSMA

Tablica 2. Parametry techniczne systemów Ethernet/IEEE 802.3

	Xerox	IEEE				
	Ethernet	10Base5	10Base2	1Base 5	10BaseT	10Broad36
Szybkość transmisji	10 Mbit/s	10 Mbit/s	10 Mbit/s	1 Mbit/s	10 Mbit/s	10 Mbit/s
Długość segmentu	500 m	500 m	185 m	250 m	100 m	1800 m
Medium	kabel konc. (gruby 50 Ω)	kabel konc. (gruby 50 Ω)	kabel konc. (cienki 50 Ω)	UTP	UTP	kabel konc. 75 Ω
Topologia	Magistrala	Magistrala	Magistrala	Gwiazda	Gwiazda	Magistrala

Wszystkie przedstawione rozwiązania są realizowane w postaci sprzętowej tj. karty sieciowej lub specjalizowanego układu scalonego, montowanego bezpośrednio na płycie głównej komputera. Kabel łączący terminale jest określany w terminologii IEEE jako *Attachment Unit Interface - AUI*, natomiast nadawczo-odbiorczym elementem każdej stacji roboczej jest *MAU (Media Access Unit)*.

Porównanie formatu ramek systemów Ethernet i IEEE przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Formaty ramek Ethernet i IEEE 802.3

Jednostka transmisyjna obejmuje następujące elementy składowe:

- Segment początkowy (*Preamble*) - wypełniony bitami o naprzemiennych wartościach „1” i „0” stanowi zapowiedź zasadniczej części transmitowanej ramki.
- Znacznik startowy (*Start of Frame*) - jego zakończenie (dwa bity o wartości „1”) synchronizuje odbiorniki wszystkich stacji końcowych funkcjonujących w sieci.

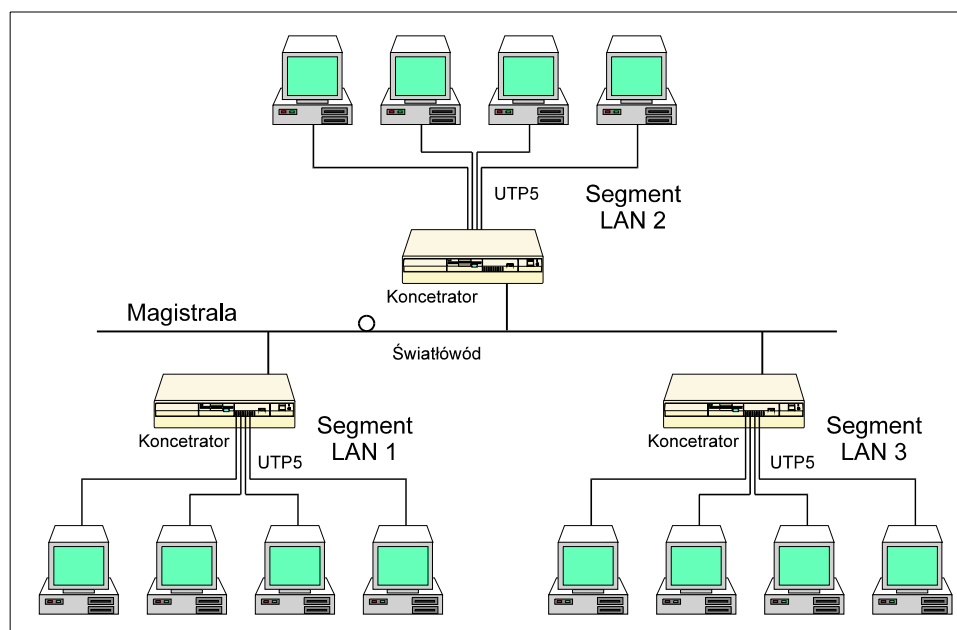
- Adresy przeznaczenia i odbiornika - zawierają unikalne, 6 bitowe identyfikatory odpowiednich kart sieciowych wpisane na stałe do rejestrów sprzętowych przez wytwórcę. Adres odbiornika może mieć charakter indywidualny (*unicast*), grupowy (*multicast*) albo rozgłoszeniowy (*broadcast*).
- Pole typu (Ethernet) lub długości danych (IEEE 802.3) - w pierwszym przypadku przenoszone jest wskazanie protokołu warstw wyższych, który powinien otrzymać zawartość pola danych, natomiast w drugim informacja o długości części użytkowej ramki.
- Pole danych - zawiera informacje przekazywane pomiędzy aplikacjami użytkowymi funkcjonującymi na platformach sprzętowych stacji roboczych funkcjonujących w sieci. Ponadto, w przypadku realizacji IEEE 802.3, pole danych zawiera dodatkowe informacje wskazujące protokół warstw wyższych który jest jego adresatem. Jeśli przesyłane informacje posiadają objętość mniejszą niż 64 bajty, pole danych jest uzupełniane automatycznie do tego rozmiaru.
- Pole kontrolnej reszty kodowej (*Cyclic Redundancy Check - CRC*) - informacja wyznaczana w stacji nadawczej i wykorzystywana przez odbiornik do stwierdzenia braku przekłamań wprowadzonych przez procesy transmisyjne.

Analiza postaci ramki transmisyjnej prowadzi do wniosku, że system nie posiada możliwości priorytetowania wybranych rodzajów transmisji, jak również nie oferuje żadnych mechanizmów minimalizacji i stabilizacji opóźnienia przekazu. Z tego powodu przyjmuje się, że technika CSMA nie jest najlepszym rozwiązaniem problemu sieciowych transmisji multimedialnych.

Fast Ethernet/IEEE 802.3u

W celu dostosowania systemu Ethernet do wymagań stawianych przez aplikacje usługowe nowych typów, firmy *Grand Junction Networks*, *3Com*, *SynOptics* oraz *Intel* zaproponowały wspólnie nowe rozwiązanie występujące pod nazwą *Fast Ethernet* lub określane od standardu IEEE jako IEEE 802.3u. Nowa wersja systemu CSMA zachowała wszystkie rozwiązania przedstawione poprzednio, zaś powiększenie prędkości transmisji do 100 Mbit/s uzyskano dzięki redukcji maksymalnej odległości pomiędzy terminalami (do 300 m) oraz zastosowaniu innych rodzajów okablowania. Typową konfiguracją systemu Fast Ethernet jest magistrała z koncentratorami o topologii przedstawionej na rys. 4.

W omawianym przypadku uzyskanie powiększonej przepływności zostało okupione potrzebą wykorzystania droższych mediów transmisyjnych tj. nieekranowanej skrętki UTP5 (100BaseT) lub nawet światłowodu (100BaseFX), natomiast potrzeba zachowania kompatybilności „w dół” uniemożliwiła dalsze ingerencje w sposób funkcjonowania, wymuszając w szczególności pozostawienie formatu ramek zdefiniowanego w 802.3. W rezultacie Fast Ethernet zachował wszystkie ograniczenia swojego poprzednika jeśli chodzi o możliwości prowadzenia transmisji multimedialnych oraz efektywność wykorzystania dysponowanego pasma.



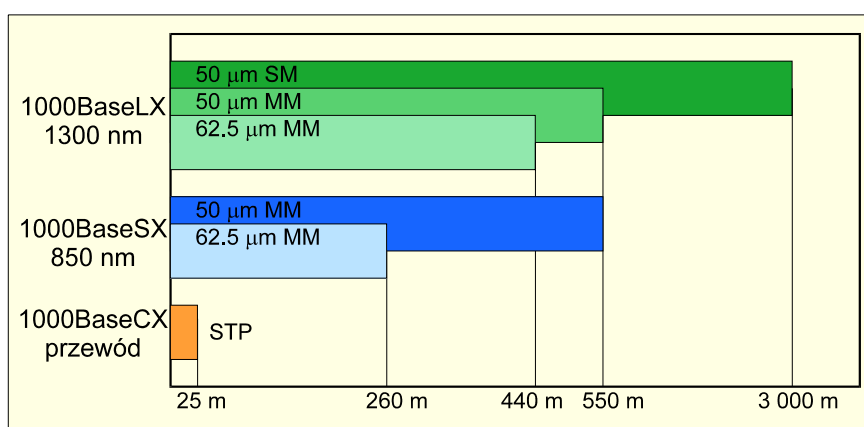
Rys. 4. Konfiguracja systemu Fast Ethernet

Gigabit Ethernet/IEEE 802.3z

Kolejną modyfikację schematu CSMA stanowi rozwiązanie zaproponowane w opracowaniu IEEE 802.3z, które umożliwi uzyskanie szybkości transmisji rzędu 1 Gbit/s, przy równoczesnym zachowaniu kompatybilności z wcześniejszymi wersjami systemu.

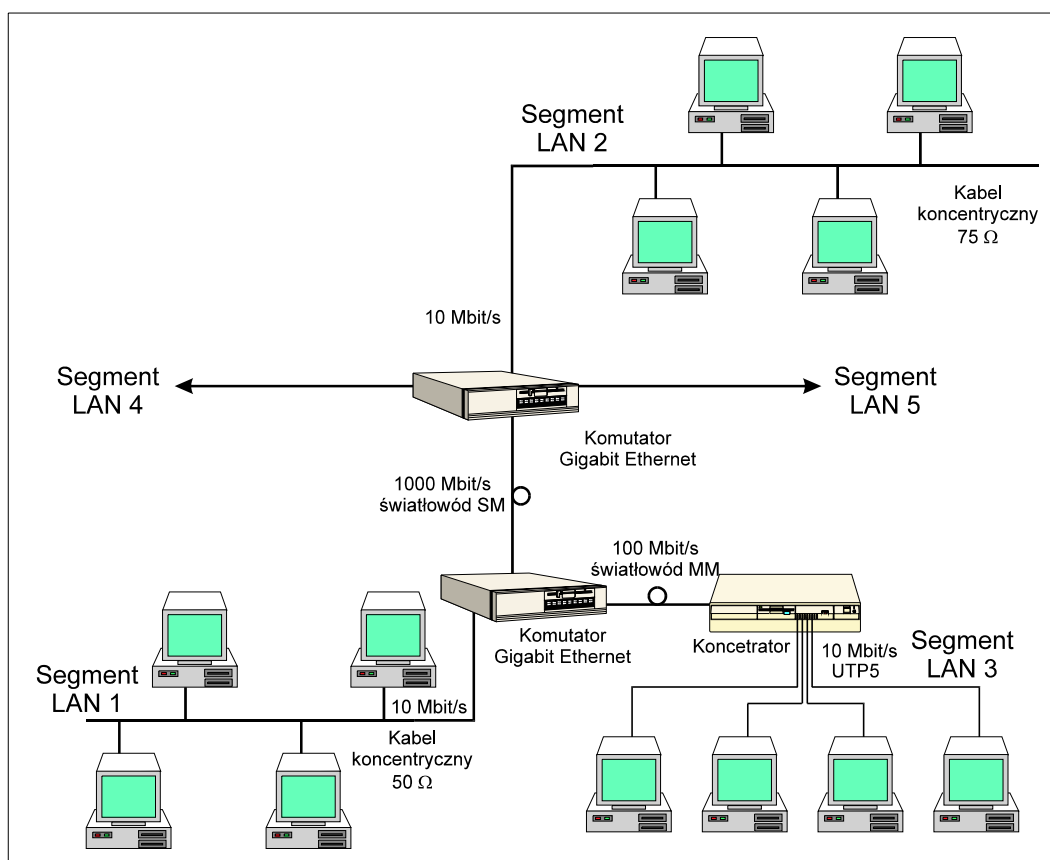
Jakkolwiek przewidywane zastosowania sieci Gigabit Ethernet lokują ją w obszarze realizacji szkieletowych, wykorzystywanych do integrowania lokalnych segmentów o wewnętrznych przepływnościach 10 i 100 Mbit/s, to jednak nie wydaje się być ona szczególnie dobrze przystosowana do tego celu, z uwagi na nieefektywną technikę dostępową oraz utrzymanie relatywnie małej długości ramki.

Natomiast czynnikami sprzyjającymi wdrażaniu nowego standardu są niewątpliwie powszechność wykorzystania kompatybilnych z nim rozwiązań o mniejszych przepływnościach, uwzględnienie w specyfikacji mechanizmów sterowania przepływem danych, a także możliwość wykorzystania „oddziedziczonych” mediów transmisyjnych w postaci skrętki miedzianej oraz światłowodów jedno- i wielomodowych. Zasięg uzyskiwany w systemie Gigabit Ethernet przy zastosowaniu linii łącznikowych różnego typu przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Zasięgi systemu Gigabit Ethernet

Silnie forsowany przez zainteresowanych dostawców scenariusz rozwojowy przewiduje zastępowanie istniejących połączeń pomiędzy segmentami 100 Mbit/s przez relacje nowego standardu, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 6.



Rys. 6. Integracja segmentów sieci Ethernet

Podsumowaniem prezentacji sieciowych systemów CSMA/CD jest zestawienie zawarte w Tab. 3, zawierającej zasięgi uzyskiwane przez kolejne wersje rozwojowe schematu Ethernet przy wykorzystaniu standardowych mediów transmisyjnych.

Tablica 3. Porównanie zasięgu różnych wersji systemu CSMA/CD

Typ medium transmisyjnego	Zasięg		
	Ethernet 10BaseT	Fast Ethernet 100BaseT	Gigabit Ethernet 1000BaseX
UTP5	100 m	100 m	100 m
STP/kabel koncentryczny	500 m	100 m	25 m
Światłowod MM	2 000 m	do 2 000 m	500 m
Światłowod SM	25 000 m	20 000 m	3 000 m

System X.25

Technika przełączania pakietów, która stała się podstawą budowy zarówno komputerowych, jak i rozległych sieci pakietowych, została wprowadzona po raz pierwszy w USA, we wczesnych latach sześćdziesiątych (*RAND Corporation* 1964 r.). Badania eksperymentalne nad siecią pakietową, prowadzone w latach 1968-1975, zakończyły się wdrożeniem pierwszej rozległej sieci pakietowej ARPANET (*Advanced Research Project Agency Network*), łączącej liniami dzierżawionymi wiele rozproszonych strategicznych ośrodków wojskowych, rządowych i badawczych. Militarna część infrastruktury została wydzielona z sieci (w 1983 r.) pod nazwą MILNET (*Military Network*), a z pozostałych zasobów utworzono nową sieć pakietową DARPA (*Defense ARPA*), przeobrażoną później w ogólnosięciowy Internet.

Zapotrzebowanie na łączenie oddalonych komputerów doprowadziło (w latach siedemdziesiątych) do powstania wielu systemów komercyjnych (*Telnet, Graphnet, Datapac, Cyclades, Scannet, Euronet* i in.), które obejmując swym zasięgiem coraz większe obszary wykraczały poza granice jednego kraju. Wymiana informacji między różnymi sieciami nie byłaby jednak możliwa bez odpowiedniej standaryzacji łącz i protokołów. Protokół X.25 jest najstarszym i najbardziej popularnym standardem międzynarodowy sieci rozległych o przepływności od 64 kbit/s do 2 Mbit/s ustanowionym przez CCITT/ITU-T.

Podstawowe cechy standardu

Standard sieci pakietowej z protokołem X.25 stanowi zbiór protokołów obsługujących styk użytkownika z siecią, techniki komutacji (przełączania) pakietów oraz zasady łączenia terminali (komputerów). Standard ten posiada następujące cechy:

- dopuszcza komutację pakietów o zmiennej długości, z zastosowaniem do ich transmisji trybu połączeniowego (poszczególne pakiety nie muszą zawierać adresów nadawcy i odbiorcy);
- zdolność do tworzenia połączeń wirtualnych, gwarantujących przybywanie pakietów do użytkownika końcowego w tej samej kolejności, w jakiej zostały wysłane;
- implementację rozbudowanego systemu korekcji błędów i sterowania przepływem, dzięki czemu każdy węzeł jest w stanie sprawdzić poprawność odebranego pakietu przed dalszym jego wysłaniem;
- wykrywanie nieprawidłowości informacji przez dowolny węzeł na trasie przekazu, powodujące żądanie retransmisji błędnego pakietu i nadmiarowość w transmisji pakietów (co jednak powoduje zmniejszenie ogólnej przepustowości sieci);
- niezawodny przekaz informacji przez łącza o niższej jakości (ale z jej niekontrolowanym opóźnieniem);
- zapewnianie współpracy z liniami transmisyjnymi o standardowej przepływności do 64 kbit/s z rozszerzeniem (od 1993 r.) do 2 Mbit/s.

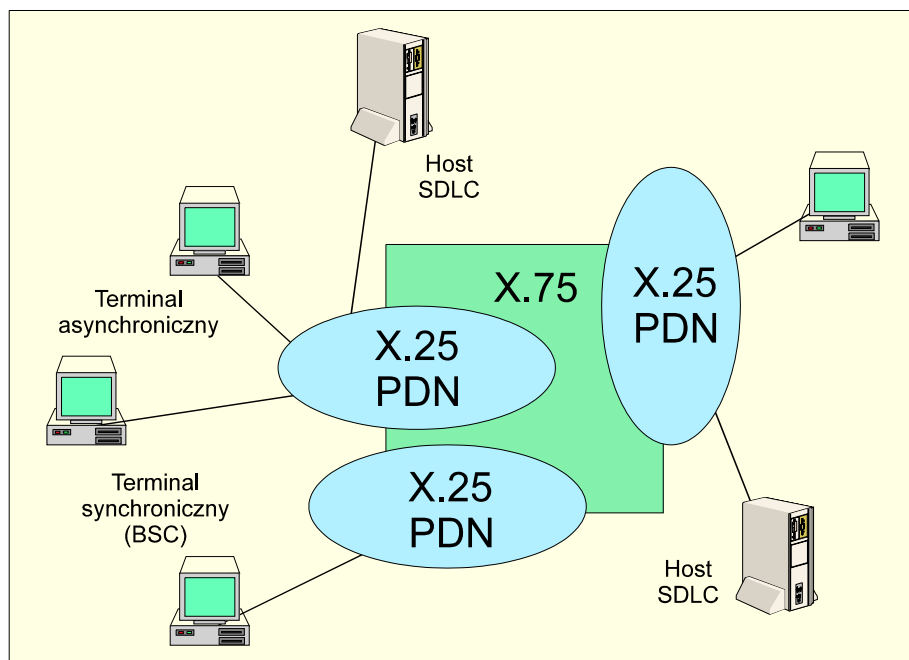
Funkcjonowanie sieci X.25 i technika przełączania pakietów są określone następującymi zaleceniami:

- X.3 - funkcjonowanie urządzeń konwersji pakietowej PAD;
- X.25 funkcje interfejsu między DCE i DTE (sieci publiczne);
- X.28 format komunikacji między terminalem a multiplekserem PAD;
- X.29 format komunikacji między hostem a multiplekserem PAD;
- X.32 synchroniczna transmisja przez sieci komutowane;
- X.75 procedury kontroli międzysieciowej systemów X.25.

Protokół X.25 odwołuje się do wielu innych zaleceń CCITT stanowiących jego funkcje składowe. Należą do nich zalecenia:

- X.1 definiowanie klas użytkowników;
- X.2 dostępne udogodnienia;
- X.10 kategorie dostępu;
- X.92 połączenia w synchronicznej sieci transmisji danych;
- X.96 rozszerzanie połączeń;
- X.121 sposób adresacji sieciowej;
- X.213 usługi sieciowe.

Strukturę systemu X.25 przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Struktura systemu X.25

Multiplekser sieciowy PAD

Bezpośrednie włączenie do sieci pakietowej X.25 prostych terminali działających w trybie asynchronicznym (znakowym) nie jest możliwe, ponieważ generują one standardowych pakietów. Do przyłączenia asynchronicznego urządzenia DTE wymagana jest zatem instalacja od strony sieci multipleksera sieciowego specjalnego typu (*Packet Assembler Disassembler - PAD*), wyposażonego w porty zamieniające strumień danych asynchronicznych na pakiety przesyłane w sieci X.25 (i odwrotnie).

Protokoły X.25

Zestaw protokołów X.25 stosowany w rozległych sieciach komputerowych definiuje styk między urządzeniem końcowym DTE (*Data Terminal Equipment*), a elementem łącza danych (*Data Communication Equipment - DCE*) Opublikowany po raz pierwszy w 1974 r. i wielokrotnie uaktualniany standard, stał się podstawą rozwijania transmisji pakietowej z wykorzystaniem sieci publicznych. W Polsce stosowany w branżowych i publicznych sieciach rozległych (*POLPAK, TELBANK, KOLPAK, CUPAK* i in.).

Konwersja protokołów pakietowych X.25 za pomocą X.75

Protokół X.25, przeznaczony początkowo do współpracy z urządzeniami o szybkości do 64 kbit/s, od 1993 r. został rozszerzony i umożliwia transmisje z przepływnością do 2048 kbit/s. W siedmiowarstwowym modelu odniesienia ISO/OSI protokół X.25 jest definiowany w trzech

najniższych warstwach: fizycznej, łącza danych i sieciowej. Rozbieżności w terminologii pomiędzy modelem a protokołami X.25 wynikają z wcześniejszego opracowania protokołu niż modelu odniesienia ISO/OSI.

Poziom warstwa fizycznej ze stykiem X.21

Poziom warstwa fizycznej określa charakterystyki mechaniczne, elektryczne, funkcjonalne oraz proceduralne niezbędne do aktywacji, utrzymania i likwidacji łączy fizycznych między DTE i DCE. Zasadniczym elementem warstwy fizycznej protokołu X.25 są styki fizyczne z medium transportowym według zaleceń: X.21 i X.21-bis oraz inne, zgodnie z zaleceniami EIA: EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, a także ITU (G.703). Zgodnie z najbardziej popularnym zaleceniem X.21-bis możliwe są połączenia dwupunktowe, synchroniczne i transmisja dwupleksowa przez czteroprzewodowe medium transmisyjne. Zasady wykrywania uszkodzeń interfejsu fizycznego, testowania toru i procedur ich stosowania winny być również zgodne z tym protokołem.

Protokół LAP-B poziomu łącza danych (format ramki)

Stosowany w sieciach pakietowych protokół LAP-B (*Link Access Procedure-Balanced*) jest podzbiorem standardu komunikacyjnego HDLC działającego w warstwie łącza danych, korzystającym jedynie z niektórych rozwiązań standardu HDLC. Protokół jest przeznaczony do komunikacji dwupunktowej w trybie asynchronicznym. Istnieją dwa sposoby sekwencyjnej numeracji ramek: podstawowy (modulo 8) i rozszerzony (modulo 128) oraz trzy typy ramek o różnych funkcjach:

- informacyjne (*Information frame*) przynoszące komunikaty wyższego poziomu: kolejkowanie, sterowanie przepływem, informacje o błędach i powtórzeniach;
- zarządzające (*Supervisory frame*) spełniające funkcje kontrolne: wznawianie i zawieszanie transmisji, raportowanie, przesyłanie statusów;
- nie numerowane (*Unnumbered frame*) przekazujące informacje sterowania: ustanawianie łączy, likwidacja połączeń i raportowanie błędów. Ramki typu U nie przesyłają żadnych numerów sekwencyjnych, a wyłącznie odpowiednie kody komend i odpowiedzi (do 32 kodów).

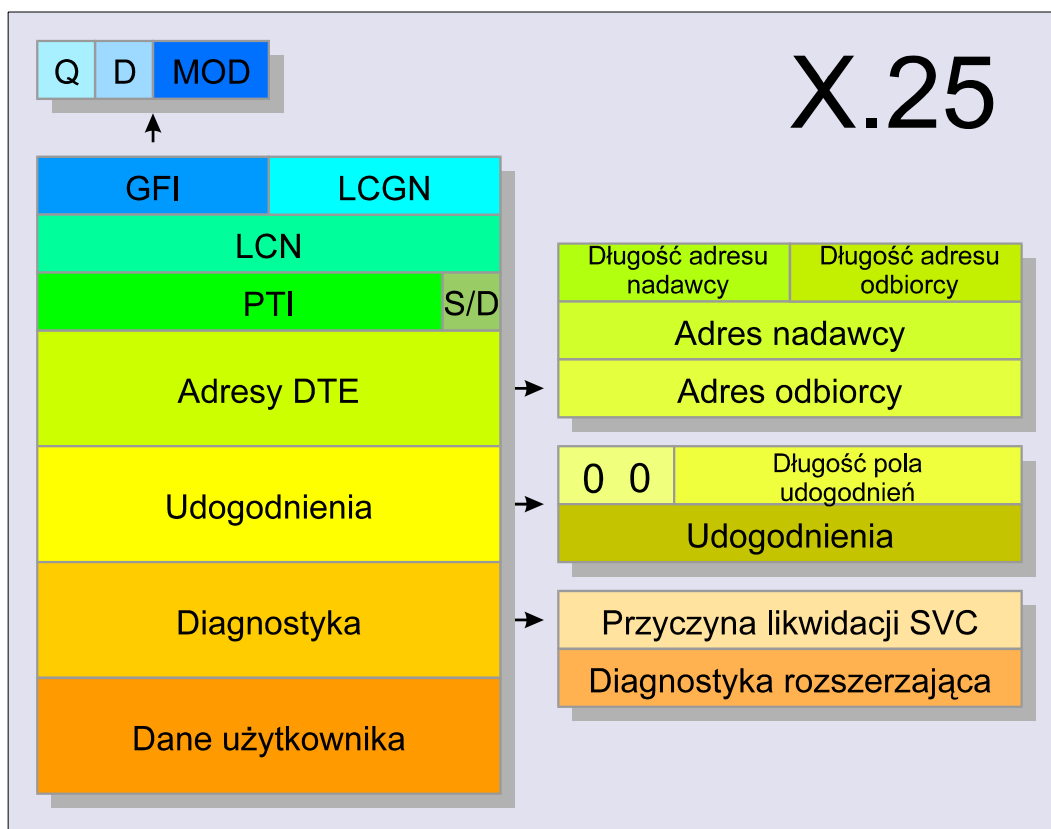
Zasadniczym zadaniem protokołu LAP-B jest bezbłędne przesyłanie ramek przez kanały o dużym prawdopodobieństwie występowania przekłamań. Dopuszcza się stosowanie na poziomie łącza danych również pełnego protokołu HDLC, jednak korzystanie z protokołu LAP-B jest bardziej efektywne i częściej stosowane w sieciach X.25.

Protokół PLP poziomu pakietowego

Protokół PLP (*Packet Level Protocol*) stanowi fragment protokołu X.25 obejmujący procedury warstwy sieciowej modelu ISO/OSI. W protokole X.25 wyróżnia się kilkanaście typów pakietów, do istotnych należą:

- przeznaczone do ustanawiania i rozłączania połączeń;
- danych i przerwań;
- sterowania przepływem i zerowania (ponowne ustawienia);
- wznowień (*restart*);
- diagnostyczne;
- przeznaczone do rejestracji.

Schemat organizacji pakietu X.25 przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Organizacja pakietu X.25

Protokół X.25 dopuszcza następujące maksymalne długości pakietów: 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 oraz 4096 bajtów. Jako typowe i najczęściej używane są pakiety o długościach 128 i 256 bajtów.

Wirtualizacja połączeń

Pakiety w sieciach X.25 są przesyłane za pomocą połączeń wirtualnych, stanowiących kanał logiczny łączący przez sieć dwóch użytkowników. W połączeniu wirtualnym pakiety są przesyłane sekwencyjnie i odbierane w miejscu przeznaczenia w takiej samej kolejności, w jakiej zostały nadane. Zasada numeracji pakietów wewnątrz połączenia wirtualnego jest identyczna z numeracją ramek protokołu HDLC tj. odbywa się oddzielnie dla każdego z kierunków transmisji. Liczba połączeń wirtualnych w jednym łączy transmisyjnym nie może przekraczać 4096.

Za pomocą protokołu X.25 można organizować dwa typy połączeń wirtualnych:

- stałe połączenia wirtualne PVC (*Permanent Virtual Circuit*), ustanawiane w sposób trwały (przez operatora sieci) pomiędzy użytkownikami końcowymi. Połączenia PVC są odpowiednikami łączy dzierżawionych - łączą ustalone DTE przez dłuższy okres (dni, miesiące lub lata) i nie wymagają procedur nawiązywania połączeń. W tym sposobie pracy użytkownik realizuje wyłącznie przesyłanie pakietów, co jest szczególnie efektywne dla procesów działających przez dłuższy czas lub wymieniających dane o dużej objętości;
- komutowane połączenia wirtualne SVC (*Switched Virtual Circuit*) - są ustanawiane wyłącznie na czas trwania sesji i rozłączane po jej zakończeniu. Wyróżnia się trzy typy połączeń SVC generowanych za pomocą specjalnych pakietów organizacyjnych jako: przychodzące (DTE wyłącznie otrzymuje połączenia od innych DTE), wychodzące (DTE tylko generuje połączenia do innych DTE) i mieszane (połączenia przychodzące i wychodzące).

Podczas organizowania połączenia wirtualnego typu SVC wyróżnia się trzy fazy: ustanawianie połączenia, przesyłanie pakietów danych i likwidację połączenia. Parametry dotyczące aktualnej trasy połączeniowej są pamiętane w każdym węźle pośredniczącym, a fizyczny przebieg trasy nie jest znany użytkownikom końcowym. Każde wznowienie połączenia (nawet między tymi samymi użytkownikami) może przebiegać inną trasą, natomiast likwidacja połączenia wirtualnego SVC polega na usunięciu z tablic (znajdujących się w kolejnych węzłach) numerów przypisanych do tego połączenia.

Przekaz krótkich wiadomości

Do przesyłania krótkich wiadomości lub sporadycznych transmisji zamiast tworzenia klasycznych połączeń wirtualnych wygodniejsze jest stosowanie metody datagramowej. Przekaz datagramowy nie wymaga pakietów związanych z ustanawianiem i likwidacją połączenia. Protokół X.25 umożliwia stosowanie metody datagramowej do przekazu krótkich komunikatów (do 128 bajtów) dwoma sposobami:

- przesyłania krótkich wiadomości z równoczesnym ustanowieniem połączenia wirtualnego SVC (pakiety typu *Call Request* i *Call Accepted*);
- przesyłania krótkich komunikatów z natychmiastowym rozłączeniem (pakiety typu *Call Request* i *Call Confirmation*).

Adresacja sieciowa X.121

W celu łatwego komunikowania się użytkowników, dołączonych do sieci X.25 w różnych krajach, konieczne jest włączenie do systemu adresowego schematu krajowej i międzynarodowej adresacji sieci publicznych z komutacją pakietów. Sposób adresacji użytkowników sieci pakietowych określa zalecenie X.121, z uwzględnieniem realizacji połączeń międzynarodowych za pomocą: wskaźnika międzynarodowego P (*Prefix*), identyfikatora sieci narodowej DNIC (*Data Network Identification Code*) oraz numeru użytkownika wewnątrz sieci NTN (*Network Terminal Number*). Według zalecenia X.121 wskaźnik P nie wchodzi w skład adresu międzynarodowego.

Technika Frame Relay

Opracowanie protokołu określanego jako *Frame Relay (FR)* stanowi rezultat kilku wzajemnie niezależnych czynników, wśród których wymienia się kolejno:

- polepszenie jakości łączy transmisyjnych prowadzące do radykalnego obniżenia elementowej stopy błędów;
- istotne powiększenie wymagań co do maksymalnej przepustowości połączeń realizowanych pomiędzy stacjami abonenckimi;
- pojawienie się nowych trybów korzystania z sieci transmisji danych polegających na krótkotrwałym lecz równocześnie intensywnym wykorzystywaniu dostępnego pasma;
- gwałtowny wzrost mocy obliczeniowej komputerów, umożliwiającą programową realizację zadań związanych z wykrywaniem i korektą błędów.

Prace normalizacyjne zmierzające do opracowania zaleceń dotyczących techniki FR rozpoczęto w roku 1984 z inicjatywy CCITT, który po przekształceniu się w ITU-T kontynuował działania w warunkach współpracy z amerykańskim Instytutem ANSI. Równocześnie, rosnące zapotrzebowanie na rozstrzygnięcie doraźnych problemów natury technicznej doprowadziło do powstania w roku 1991 organizacji *Frame Relay Forum*, która zrzesza liczących się rynkowo producentów sprzętu oraz dostawców usług sieciowych.

Podstawowym obszarem zastosowania protokołu FR, który określa technologię realizacji sieci rozległych (WAN) jest łączenie oddalonych sieci lokalnych (LAN). Dzięki uzyskiwaniu dużych szybkości transmisji oraz wynikającym stąd niewielkim opóźnieniom technika FR dobrze współpracuje z popularnymi protokołami TCP/IP oraz SPX/IPX.

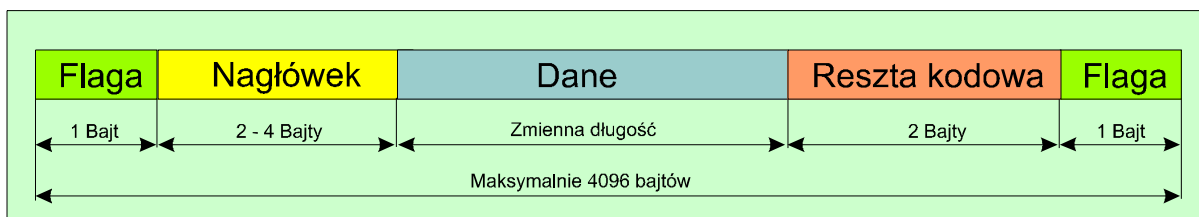
Technika FR umożliwia realizację zorientowanej połączeniowo usługi przenoszenia poziomu łącza danych (*Frame Relay Bearer Service - FRBS*) zapewniającej kolejno:

- zachowywanie uszeregowania danych wprowadzonego w punkcie nadawczym;
- brak powielania danych przez zasoby sieciowe;
- niski poziom strat przesyłanych informacji.

Dostęp do FRBS uzyskiwany jest dzięki wykorzystaniu odpowiedniego styku pomiędzy liniowym zakończeniem sieciowym (*Data Circuit-terminating Equipment - DCE*) a wyposażeniem stacji abonenckiej (*Data Terminal Equipment - DTE*), przy czym styk ten może być realizowany alternatywnie, odpowiednio do następujących standardów:

- X. 21;
- V. 35;
- G. 703;
- ISDN kanał B.

W warstwie łącza danych system FR wykorzystuje odmianę protokołu HDLC (*High-level Data Link Control*) zbliżoną do wykorzystywanego w kanale sygnalizacyjnym D sieci ISDN standardu LAPB (*Link Access Protocol Balanced*). Podstawowy format ramki protokołu FR przedstawia rys. 9.



Rys..9. Format ramki protokołu FR

Jak wynika z przedstawionego schematu, ramka FR obejmuje następujące pola informacyjne:

- **Pole flagi** - zawiera stałą sekwencję bitów w postaci 01111110, która wykorzystywana jest do uzyskiwania i utrzymywania synchronizacji ramkowej. W celu uniknięcia symulowania flagi przez bity danych, w przypadku wystąpienia sześciu kolejnych bitów o wartości 1, sterowanie wprowadza po pięciu z nich dodatkowe 0, które jest usuwane po stronie odbiorczej.
- **Pole nagłówka** - zawiera informacje umożliwiające kierunkowanie ramki zgodnie z jej przeznaczeniem w sposób przedstawiony w dalszym ciągu opracowania.
- **Pole danych** - przenosi zasadniczą informację transmitowaną pomiędzy źródłem i ujściem danych. Długość pola może być różnicowana tak, aby całkowita długość ramki nie przekroczyła 4096 bajtów.
- **Reszta kodowa** (*Frame Check Sequence - FCS*) - zawartość tego pola stanowi rezultat dzielenia traktowanych jako ciąg bitowy zawartości pozostałych pól przez wielomian $x^{16} \oplus x^{15} \oplus x^5 \oplus 1$. Uzyskany rezultat jest wykorzystywany do weryfikacji poprawności przekazu.

Należy w tym miejscu zauważyć, że w odróżnieniu od LAPD, ramka FR nie zawiera pola sterującego, co powoduje następujące konsekwencje:

- nie jest możliwe bezpośrednio wyróżnienie ramek informacyjnych, sterujących oraz pomocniczych;
- nie może być realizowana sygnalizacja "wewnątrzpasmowa";
- z uwagi na brak sekwencyjnej numeracji ramek utrudnione jest wykrywanie błędów związanych z utratą oraz wadliwym kierunkowaniem wiadomości .

Struktura ramki FR umożliwia wykorzystanie zarówno łączy zestawianych na życzenie (*Switched Virtual Circuits - SVC*), jak i połączeń stałych (*Permanent Virtual Circuits - PVC*), natomiast dotychczasową praktyką wytwórców sprzętu było wyposażanie dostarczanych elementów systemu FR tylko w opcje SVC. Sytuacja ta ulega zmianie dzięki zawartemu przez *StrataCom, Digital Equipment Corporation, Cisco Systems* oraz *Northern Telecom* porozumieniu wprowadzającemu do użytku tzw. rozszerzoną specyfikację FR (*Frame Relay Specification with Extensions*), która umożliwia realizację łączy PVC dzięki funkcjom zorganizowanym w lokalny interfejs zarządzający (*Local Management Interface - LMI*). Zadania realizowane przez LMI obejmują:

- inicjowany przez urządzenia użytkowników nadzór nad integralnością łącza;
- tworzenie, uaktualnianie oraz udostępnianie kompletnych raportów o statusie wszystkich utrzymywanych przez system wirtualnych łączy PVC;
- możliwość wprowadzania przez zasoby systemowe zmian statusu łączy PVC, w tym ich zestawianie oraz rozłączanie.

Podstawowa technika adresowania ramek FR wykorzystuje nagłówki w postaci dwubajtowych bloków skonfigurowanych zgodnie z rys. 10.

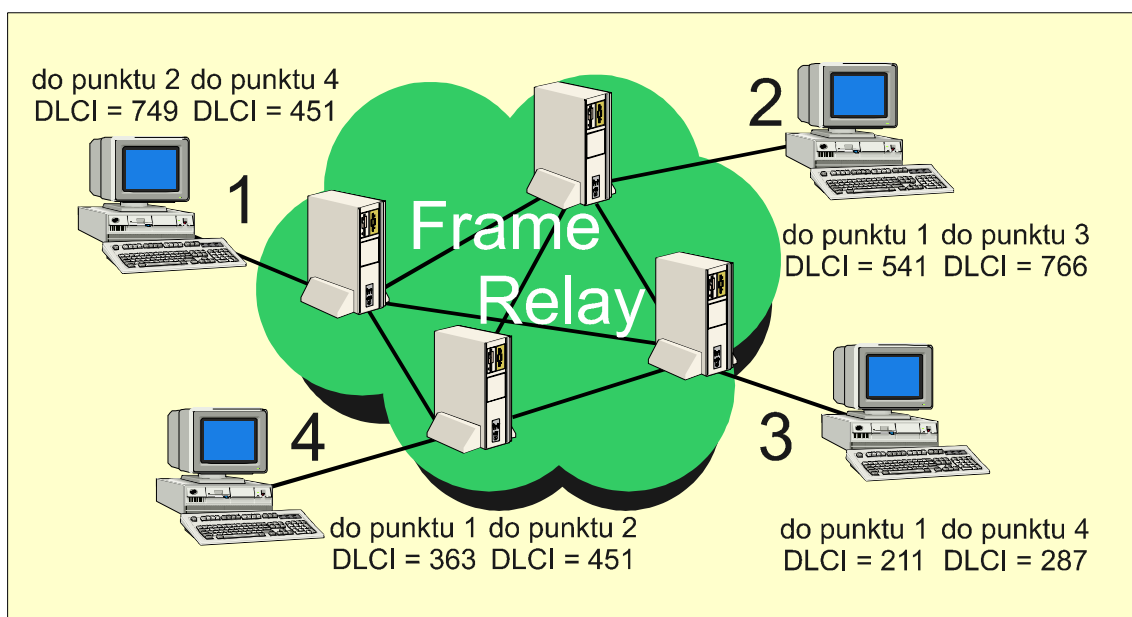
DLCI			C/R	EA	Bajt 1
				0	
DLCI	FECN	BECN	DE	EA	Bajt 2
				1	

Rys. 10. Nagłówek dwubajtowy

Przedstawione na rysunku pola nagłówka FR posiadają następujące przeznaczenie:

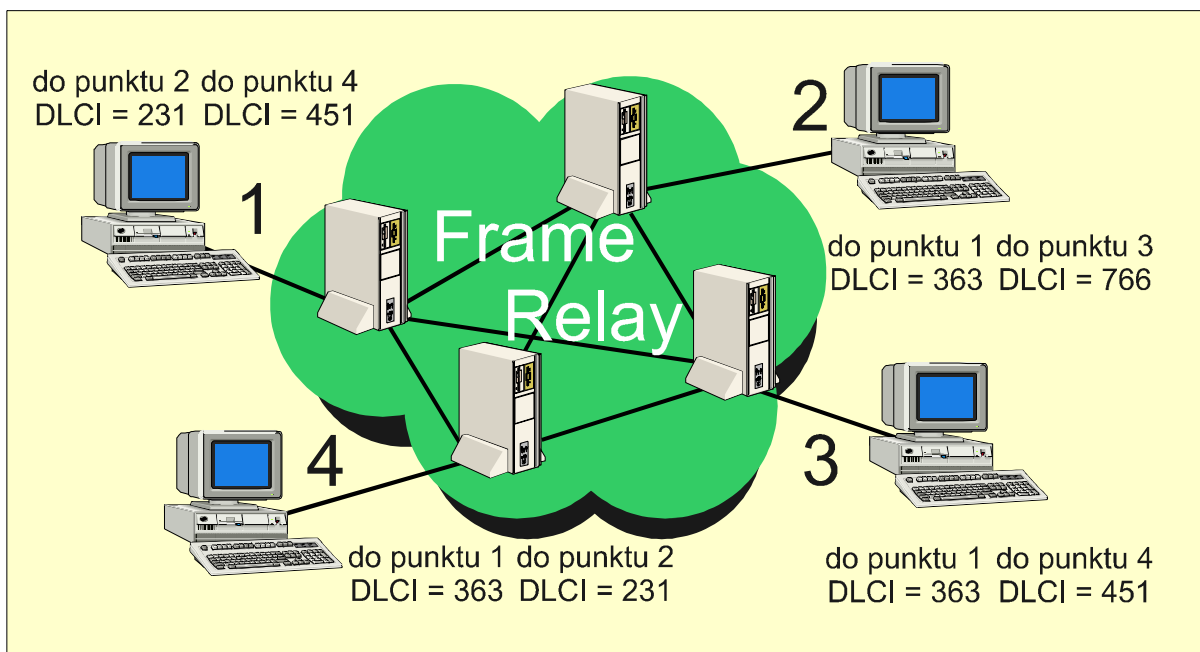
- **DLCI (Data Link Connection Identifier)** - adres lub numer kanału logicznego;
- **C/R (Command/Response)** - bit odróżniający komendę od wywołanej nią odpowiedzi;
- **EA (Extended Address)** - bit rozszerzenia adresowego, którego wyzerowanie oznacza, że istnieją dalsze bajty adresowe, zaś ustawienie markuje ostatni bajt nagłówka;
- **FECN (Forward Explicit Congestion Notification)** - flaga przeciążenia przekazywana "do przodu";
- **BECN (Backward Explicit Congestion Notification)** - flaga przeciążenia przekazywana "do tyłu";
- **DE (Discard Eligibility)** - flaga zezwolenia na usunięcie ramki w warunkach przeciążenia

Tryb adresowania dwubajtowego realizuje schemat oparty na wcześniejszych zaleceniach ITU-T oraz ANSI, w myśl których adresy DLCI posiadają jedynie znaczenie lokalne, tj. zgodnie z rys. 11, zmieniają się zależnie od miejsca położenia punktu nadawczego.



Rys. 11. Schemat adresowania lokalnego

Ponieważ schemat lokalny posiada liczne wady, *Frame Relay Forum* sformułowało propozycję globalizacji systemu, zgodnie z którą numery kanałów wirtualnych jednoznacznie określają abonentów, posiadając unikalne znaczenie na obszarze całej sieci (rys.12).



Rys. 12. Schemat adresowania globalnego

Wdrożenie adresów globalnych poprzedzone zostało opracowaniem odpowiedniego powiększenia pola nagłówkowego, które w wersji globalnej pomieścić musi znacznie dłuższy identyfikator połączenia wirtualnego DLCI. Standard modyfikacji zawarty w zaleceniu Q. 922 obejmuje dwa rodzaje pól nagłówkowych, których format przedstawiono na rys. 13 i 14.

DLCI			C/R	EA 0	Bajt 1
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0	Bajt 2
DLCI lub DL-CORE control			D/C	EA 1	Bajt 3

Rys. 13. Nagłówek trzybajtowy

DLCI			C/R	EA 0	Bajt 1
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0	Bajt 2
DLCI				EA 0	Bajt 3
DLCI lub DL-CORE control			D/C	EA 1	Bajt 4

Rys. 14. Nagłówek czterobajtowy

Dodatkowe pola wykorzystywane w rozszerzonych wersjach nagłówka posiadają następujące znaczenie:

- **D/C** - wskaźnik przeznaczenia pola *DLCI lub DL - CORE control*. Jeśli $D/C = 0$, to przesyłany jest adres DLCI, natomiast przy $D/C = 1$ pole *DLCI lub DL - CORE control* zawiera dane sterujące.
- **DLCI lub DL - CORE control** - pole zawierające uzupełnienie adresu lub dane sterujące (zależnie od ustawienia bitu D/C).

Wprowadzenie rozszerzenia pola nagłówkowego umożliwiło prowadzenie elastycznej gospodarki adresami, w tym wydzielenie obszarów przeznaczonych do zadań innych niż kierunkowanie danych. Kompletnie zestawienie wydzielonych zakresów adresowych zawiera Tabela

Tabela 4. Znaczenie pola adresowego DLCI

Wartość adresu DLCI			Funkcja
adres 2 - bajtowy	adres 3 - bajtowy	adres 4 - bajtowy	
0	0	0	Integralność połączenia i dane sygnalizacyjne
1 - 15	1 - 1023	1 - 131071	Zarezerwowane
16 - 991	1024 - 63487	131072 - 8126463	Adresowanie PVC i SVC
992 - 1007	63488 - 64511	8126464 - 8257353	Informacje zarządzające (warstwa łącza)
1008 - 1022	64512 - 65534	8257536 - 8388606	Zarezerwowane
1023	65535	8388607	Informacje zarządzające (warstwy wyższe)

Jak wynika z zestawienia, dzięki wydzieleniu odpowiednich zakresów adresowych, ramki FR mogą przenosić informacje zarządzające wykorzystując specjalnie zestawiane w tym celu połączenia wirtualne PVC. Dane służbowe są w tym przypadku przekazywane tzw. *ramkami nienumerowanymi* zgodnymi z formatem zdefiniowanym w zaleceniu Q.931.

Aktualnie zestawione połączenia są nadzorowane przez zasoby systemowe w celu wykrycia zbliżającego się stanu przeciążenia i przeprowadzenia akcji zapobiegających jego wystąpieniu. Podstawowe zadania funkcji zapobiegania przeciążeniom obejmują kolejno:

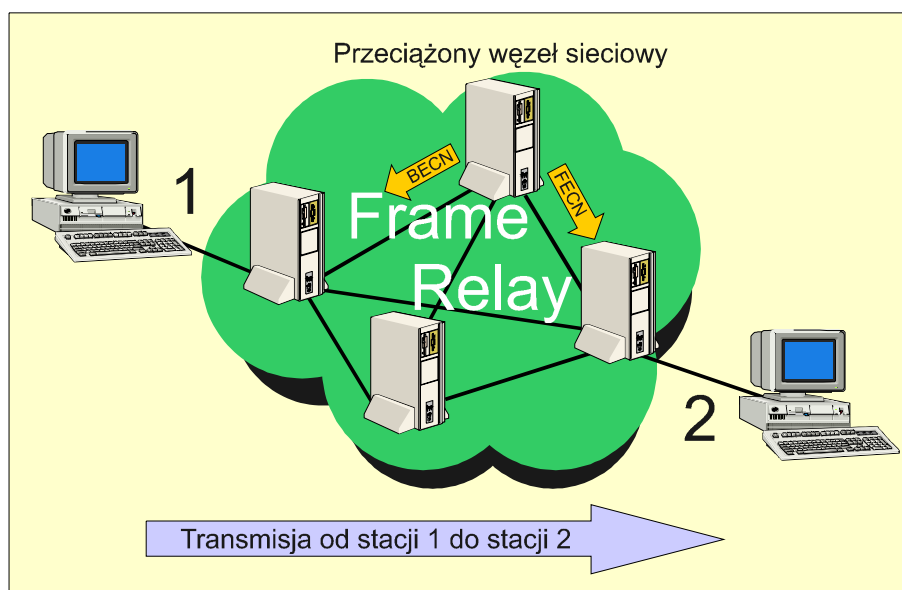
- minimalizowanie strat przekazywanych ramek;
- utrzymywanie wymaganej jakości świadczenia usługi FRBS;
- minimalizację prawdopodobieństwa monopolizacji zajętości zasobów systemowych przez jednych użytkowników kosztem ograniczenia możliwości ich wykorzystania przez pozostałych;
- ograniczenie zasięgu stanów przeciążenia do możliwie niewielkiego obszaru;
- efektywne sterowanie ruchem niezależnie od aktualnego rozkładu obciążeń ruchowych systemu.

Akcje związane z minimalizacją skutków przeciążenia dzielą się na zapobiegawcze, które wykorzystują sygnalizację typu *"explicit"* oraz odtwarzające stan normalnego funkcjonowania systemu dzięki sygnałom typu *"implicit"*. Wymienione mechanizmy wykorzystują podstawowy parametr protokołu FR jakim jest *Committed Information Rate - CIR*, który użytkownik określa w chwili złożenia wniosku o przyłączenie do systemu. CIR definiuje gwarantowaną przez sieć przepustowość pracy łącza, którą użytkownik może incydentalnie przekraczać po uwzględnieniu, że w stanie natłoku nadmiarowe ramki oznaczone ustawieniem bitu DE zostaną odrzucone.

Podstawą realizacji działań zapobiegawczych jest wykorzystanie specjalnie wydzielonych pól nagłówka każdej z przekazywanych ramek do informowania użytkowników o aktualnym statusie zasobów sieciowych. Wyróżniane są następujące akcje związane z zapobieganiem stanom przeciążenia:

- Ustawienie przez zasoby sieciowe bitu BECN, który wskazuje, że przeciwny kierunek transmisyjny wchodzi w stan przeciążenia. Terminal otrzymujący ramki z ustawionym bitem BECN powinien ograniczyć szybkość nadawania do wartości określonej parametrem CIR.
- Ustawienie przez zasoby sieciowe bitu FECN informujące stację odbiorczą, że wobec natłoku niezbędne jest przedłużenie maksymalnego czasu oczekiwania na dane.

Schemat realizacji działań zapobiegawczych w systemie FR przedstawiono na rys. 15.

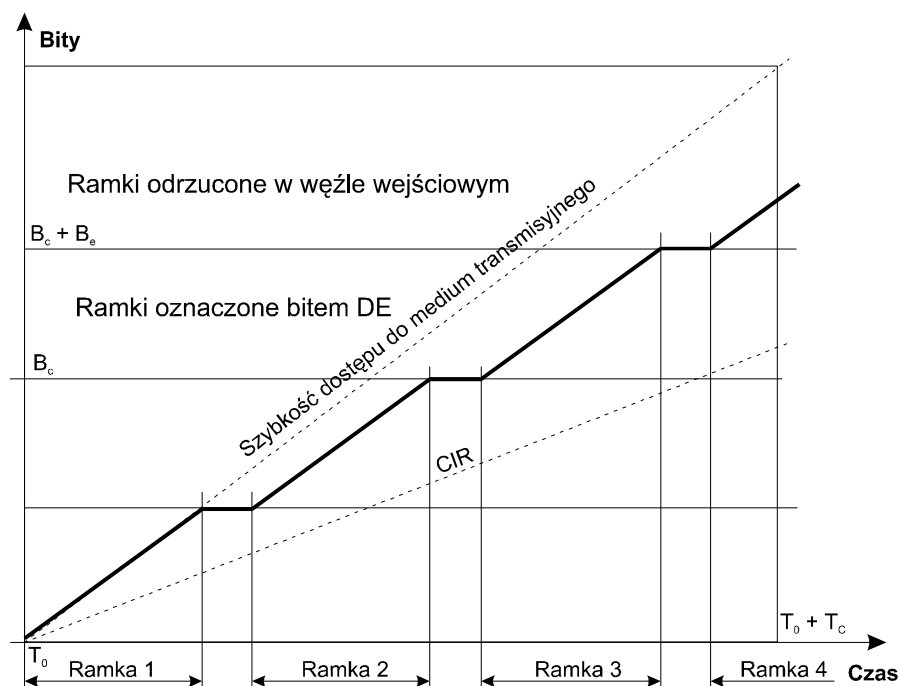


Rys. 15. Sterowanie przepływem w stanie przeciążenia

Sygnałem typu "implicit" jest wykrycie utraty ramki przez wyższe warstwy aplikacji transmisyjnej użytkownika. Zgodnie z zaleceniami ANSI terminale zdolne do regulowania długości okna transmisyjnego powinny wykorzystywać ten mechanizm w odpowiedzi na zmiany sytuacji ruchowej systemu.

Użytkownik powinien również wykorzystywać możliwości stwarzane przez implementację bitu DE (*Discard Eligibility*) ustawianego w ramach, których przekazanie spowoduje przekroczenie ustalonej prędkości CIR. Zasoby systemowe transmitują dane nadmiarowe "w miarę możliwości", czyli jeśli nie spowoduje to obniżenia jakości świadczenia usług w aktualnie zestawionych połączeniach.

Kolejnym zastosowaniem bitu DE jest ograniczenie niekorzystnego wpływu, jaki na powszechną dostępność zasobów transmisyjnych wywiera przejmowanie znaczącej ich części przez użytkowników generujących obciążenie znacznie przekraczające poziom wynegocjowany w trakcie zestawiania połączenia. Zróżnicowanie reakcji sterowania systemu na przekraczanie kontraktu ruchowego przedstawia rys. 16.



Rys. 16. Reakcje na przekraczanie kontraktu ruchowego

Funkcja nadzorująca dokonuje pomiarów ilości danych nadawanych w każdym z połączeń wirtualnych w ustalonych, następujących kolejno interwałach pomiarowych T_c . Odpowiednio, negocjacji podlegają dwa parametry: rozmiar impulsu ruchowego (*Burst size* - B_c), czyli maksymalna objętość danych, którą sieć zobowiązuje się przekazać w każdym z interwałów o długości T_c oraz odchylenie impulsu (*Excess burst size* - B_e), czyli dodatkowa ilość danych, która zostanie przekazana pod warunkiem braku stanu przeciążenia. Normalizacja ANSI ustanawia mechanizm kontrolny funkcjonujący na zasadzie "cieknącego wiadra" (*Leaky Bucket* - *LB*), który wykorzystuje licznik C inkrementowany przy każdym odbiorze pojedynczego bajtu danych oraz zmniejszany skokowo o wartość B_c na końcu kolejnych interwałów pomiarowych T_c . Ramki dostarczone przy $C \leq B_c$ są przesyłane bez ingerencji, odebrane, gdy $B_c < C \leq B_c + B_e$ mają ustawiany bit DE, zaś otrzymane przy $C > B_c + B_e$ nie są dopuszczane do nadawania.

Okres ostatniego dziesięciolecia zaznaczył się znaczącymi postęпами w dziedzinach technik komputerowych oraz telekomunikacyjnych, co wywołało istotne przemiany w sferze zastosowań lokalnych sieci komputerowych. Podstawowe tendencje rozwojowe obejmują kolejno:

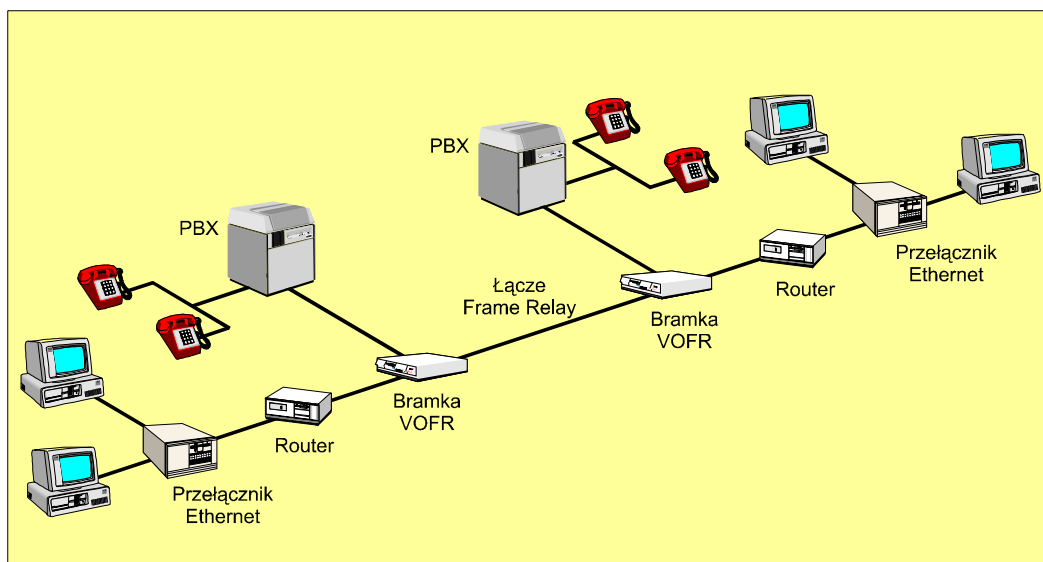
- Kształtowanie wyraźnie zarysowanych struktur korporacyjnych, które w odróżnieniu od wykorzystywanych w dekadzie lat osiemdziesiątych sieci grupujących użytkowników wokół nielicznych komputerów typu mainframe, cechują się rozproszoną strukturą obejmującą zarówno terminale lokalne, jak i oddalone w sensie geograficznym.
- Wzrost zapotrzebowania na pasmo, które wynika z potrzeby zapewnienia transferowania danych o dużej objętości w czasie rzeczywistym przy istotnej redukcji opóźnienia. Użytkownicy sieci lokalnych o typowych prędkościach transmisji zbliżonych do 10 Mbit/s oczekują podobnych szybkości przekazu w przypadkach współpracy zespołów komunikujących się za pośrednictwem sieci rozległych.
- Podwyższenie wymagań stawianych systemom zarządzania, które powinny cechować się zdolnością do funkcjonowania w unikalnych środowiskach tworzonych z zasobów dostarczanych przez różnych producentów. Modernizacje wykorzystywanego sprzętu nie mogą wymuszać zmian w sposobie funkcjonowania indywidualnych użytkowników sieci.

Podstawowym warunkiem dostosowania się do przedstawionych wymagań jest zdolność technologii wykorzystywanej sieci rozległej do integracji protokołów segmentów typu LAN. Aktualnie członkowie organizacji Frame Relay Forum osiągnęli porozumienie co do metod encapsulacji realizowanych poprzez odpowiednie konfigurowanie połączeń wirtualnych w fazie ich zestawiania, przy czym ujednoczenie formatu wymienianych informacji jest osiągnięte drogą dołączania pomocniczych nagłówek do danych użytkownika. Standardowo realizowane są następujące scenariusze:

- Bezpośrednich identyfikatorów protokołu warstwy sieciowej (*Direct Network Layer Protocol Identifiers - NLPID*), które zdefiniowano dla ISO TR 9577 tj. IP oraz CLNP (ISO 8473);
- Encapsulacji SNAP stosowanej w przypadkach mostkowania segmentów LAN protokołami bezpołączeniowymi wykorzystującymi SNAP (DECNET, IPX, AppleTalk itd.);
- NLPID z czterema oktetami identyfikującymi warstwę drugą i trzecią standardowego modelu odniesienia protokołów połączeniowych (ISO 8208, SNA itp.) oraz innych, które nie mogą być obsługiwane przy wykorzystaniu poprzednich rozwiązań.

Dostępne obecnie elementy pakietowych sieci multimedialnych stanowią rozwiązania, które ze względu na rynkową taktykę samoograniczenia prowadzoną przez producentów, nie oferują pełni potencjalnie możliwych korzyści wynikających z ich praktycznego wykorzystania. Z kolei, niewystarczająca podaż uniwersalnych urządzeń oznacza, że funkcjonowanie sieci Frame Relay ograniczone jest najczęściej do realizacji tylko niektórych trybów multimedialnych przekazów pakietowych. Pomimo to, wielu użytkowników realizuje, bądź przygotowuje się do realizacji systemów, łączących transmisję danych z przekazami wideo i telefonicznymi.

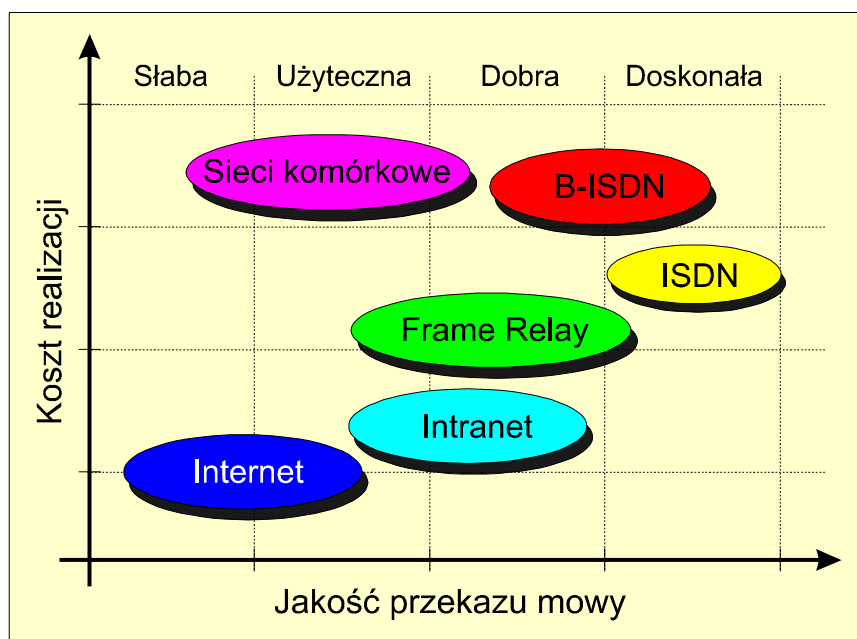
Uwzględniając narastające zainteresowanie nowymi technikami oraz brak możliwości wprowadzania własnych produktów do samego rdzenia struktur sieciowych, wynikający z uprawianej polityki samoograniczeń, większość rynkowych dostawców urządzeń oferuje rozwiązania przeznaczone do instalowania na obrzeżach funkcjonujących systemów rozległych, w sposób zbliżony do przedstawionego na poniższym rysunku:



Rys. 17. Zestaw do realizacji usługi *Voice over Frame Relay*

Przedstawione dotychczas uwarunkowania powodują, że zestaw elementów i technik wykorzystywanych do realizacji transmisji multimedialnych w rozległych sieciach pakietowych obejmuje:

- **Bramki pośredniczące** - przeznaczone do zestawiania połączeń pomiędzy komutatorami lokalnymi za pośrednictwem sieci pakietowych. Oprócz utrzymania połączeń wirtualnych i pakietyzacji, urządzenia te prowadzą najczęściej również kompresję sygnałów generowanych przez aplikacje głosowe oraz faksy, co dodatkowo podnosi ekonomiczną efektywność ich wykorzystania.
- **Systemy PBX sieci LAN** - nowa kategoria urządzeń realizujących typowe funkcje przy wykorzystaniu zasobów lokalnych sieci komputerowych. Ich wykorzystanie stanowi kluczowy składnik strategii ujednoczenia trybów usługowych, zaś realizowane zadania obejmują zestawianie i utrzymywanie połączeń multimedialnych pomiędzy stacjami roboczymi użytkowników w przypadkach wymagających wykorzystania dodatkowych funkcji sterowania ruchem. Ponieważ typowe multimedialne połączenia międzystanowiskowe realizowane są bezpośrednio przez zasoby sieci LAN, interwencji LAN PBX wymagają: transfer wywołań, zestawianie konferencji oraz przekazywanie informacji do sterownika poczty głosowej. Ograniczenie zakresu zadań umożliwia realizację LAN PBX w postaci typowych komputerów funkcjonujących pod kontrolą specjalizowanego oprogramowania uruchamianego w stabilnych środowiskach wielozadaniowych typu Windows NT .
- **UnPBX** - realizowane w sposób zbliżony do LAN PBX, ale obsługujące terminale użytkowników oraz styk z siecią publiczną przy użyciu specjalizowanych kart rozszerzających dołączanych do płyty głównej komputera za pośrednictwem typowych interfejsów typu PCI. Funkcjonując w obszarze komutacji kanałów obsługiwanych w klasycznym trybie podziału czasowego TDMA, UnPBX oferują dzięki standardowemu i łatwemu do programowania środowisku systemowemu możliwość elastycznego kształtowania zestawu realizowanych usług, co powoduje, że ich koszt jest prawie dwukrotnie mniejszy od rozwiązań tradycyjnych. Poważną wadą UnPBX jest natomiast brak skalowalności środowiska Windows NT, uniemożliwiający powiększenie pojemności ponad ok. 150 równocześnie obsługiwanych abonentów.
- **Telefonię internetową** - realizowaną dzięki odpowiedniemu, funkcjonującemu w środowisku typowych komputerów osobistych oprogramowaniu, które określane bywa często jako "toyware" (zabawkowe). Użytkownikami tego typu aplikacji są najczęściej hobbisci, którym nie przeszkadza niski poziom QoS uzyskiwanych połączeń, niemożliwy do zaakceptowania w środowisku telekomunikacji profesjonalnej. Użyteczne porównanie parametrów jakościowych przekazu głosowego realizowanego przy użyciu wybranych aplikacji pakietowych przedstawiono na rysunku:



Rys. 18. Jakość pakietowego przekazu mowy w sieciach rozległych

Zagadnieniem pokrewnym technologicznie i usługowo do realizacji pakietowych przekazów głosowych jest schemat organizacji połączeń videokonferencyjnych, dla których przewidywano wcześniej wykorzystanie środowiska ISDN. Rozwiązanie to ocenia się jako mało perspektywiczne, zaś najbardziej obiecujący kierunek rozwojowy stanowi wprowadzenie videokonferencji do sieci z szybką komutacją pakietów. Niestety, eksploatowane obecnie zasoby transmisyjne i sterujące wykorzystywane do realizacji struktur LAN nie są zdolne do spełnienia wymagań jakościowych formułowanych przez zainteresowanych realizacją videokonferencji użytkowników.

Ujmując przedstawiony problem nieco szerzej można stwierdzić, że zagadnienie uzyskiwania odpowiedniego poziomu jakości usług realizowanych w sieciach pakietowych, stanowi jeden podstawowych czynników wyznaczających kierunki ewolucji nowoczesnych systemów telekomunikacyjnych. Wraz motywacjami do przełamania innych ograniczeń, utrudniających pełną integrację usługową sieci rozległych, problematyka efektywnego sterowania poziomem QoS stanowi przedmiot działań badawczo-wdrożeniowych realizowanych zarówno przez dostawców sprzętu jak i oprogramowania sterującego ruchem. Typowym przykładem obszaru, w którym podejmowane wysiłki przyczyniły się do osiągnięcia znaczącego postępu, jest zestaw elektronicznych usług pocztowych, wykazujących już obecnie systemową zdolność do transferowania informacji multimedialnych.

Podobne, spektakularne osiągnięcia w dziedzinie technologii sieci rozległych doprowadzą z czasem do uzyskania ich pełnej przezroczystości usługowej, dzięki której użytkownicy otrzymają możliwość realizacji przekazów o jakości kształtowanej nie tyle przez sposób realizacji procesu transmisji, a raczej odpowiednio do aktualnych potrzeb i wyrażanych preferencji. Wprowadzenie do oferty usługowej nowych rozwiązań, przyczyni się tym samym do wzrostu atrakcyjności rynkowej operatorów zdolnych do aktywnego kształtowania relacji pomiędzy jakością przekazu i kosztem jego realizacji.

W sposób kompleksowy system Frame Relay opisują następujące dokumenty normatywne:

- Q.921 - *ISDN user-network interface data link layer specification*

Jest to podstawowe zalecenie, które określa:

- sposób wskazywania początku i końca ramki (*flag sequence*)
- wielkość i strukturę ramki

- długość ramki
 - techniki kontroli poprawności ramek
 - multipleksowanie i demultipleksowanie ramek w oparciu o adres HDLC
 - kontrolę poprawności przekazu na podstawie sumy kontrolnej
 - technikę zapobiegania symulacji flagi przez sekwencje danych użytkowych.
- Q.921 bis - *Abstract test suite for LAPD conformance testing*
 - Q.922 - *ISDN Data Link Layer Specification for Frame Mode Bearer Services.*
 - Q.933 - *Layer 3 Signalling Specification for Frame Mode Bearer Services.*
 - I.122 - *Framework for Frame Mode Bearer Services.*
 - I.233 - *Frame Mode Bearer Services.*
 - I.233.1 - *ISDN Frame Relaying Bearer Service.*
 - I.233.2 - *ISDN Frame Switching Bearer Service.*
 - I.370 - *Congestion Management for the ISDN Frame Relaying Bearer Service.*
 - I.372 - *Frame Relaying Bearer Service Network-to-Network Interface Requirements.*
 - RFC 1490 - *Multiprotocol Interconnect Over Frame Relay.*

Sieci ISDN

Ponieważ możliwość wykorzystania przez nowe generacje rozwiązań systemowych zastanej infrastruktury teletransmisyjnej jest ważnym czynnikiem decydującym o ekonomicznej efektywności procesu modernizacji, podstawą praktycznego wdrożenia oraz rynkowego sukcesu Cyfrowych Sieci z Integracją Usług (ISDN) stały się w jednakowym stopniu cyfrowy sposób transmisji, jednolite mechanizmy sterujące oraz możliwość wykorzystania istniejących abonenckich łączy analogowych.

Kanały, styki oraz konfiguracje dostępowe

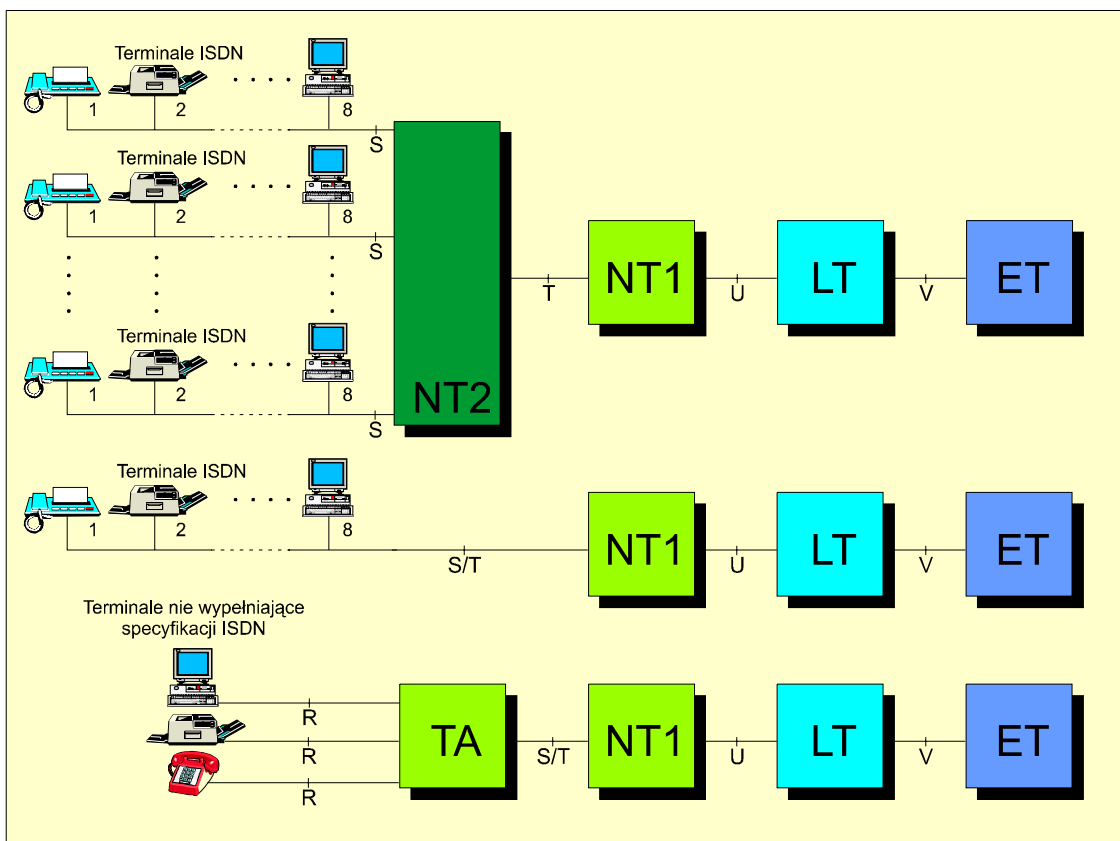
Przygotowując specyfikacje normatywne ISDN uznano, że podstawowym kanałem wykorzystywanym przez użytkownika będzie łącze cyfrowe o przepływności 64 kbit/s. Oczywisty powód przyjęcia tego założenia stanowi potrzeba przekazywania sygnału mowy kodowanego cyfrowo zgodnie ze standardem PCM. Ponieważ realizujące ten schemat terminale abonenckie generują (i odbierają) w ciągu każdej sekundy 8000 słów kodowych o długości 8 bitów, czas trwania ramki systemów zwielokrotnienia wykorzystywanych w sieciach publicznych wynosi zawsze $1/8000s = 125\mu s$. Wartość ta jest parametrem charakterystycznym zarówno systemów PDH, jak i wprowadzonej później synchronicznej hierarchii cyfrowej SDH, bowiem niezależnie od trybu funkcjonowania każde z wymienionych rozwiązań musi dostarczać do punktu przeznaczenia wymaganą liczbę słów kodowych przypadających na jednostkowy interwał czasowy.

Ponieważ sieci ISDN projektowano przy założeniu ich uniwersalnego charakteru mającego przejawiać się między innymi zdolnością do realizacji nie tylko połączeń telefonicznych ale i przekazów innych typów, w tym o podwyższonej jakości, do specyfikacji normatywnych systemu wprowadzone zostały również tzw. hiperkanały o podwyższonej przepustowości, a także kanał pierwotnej grupy zwielokrotnienia (*Primary Rate Access - PRA*). Ponadto, uwzględniając potrzebę realizacji złożonych funkcji sygnalizacyjnych, uznano za niezbędne wykorzystanie w tym celu wydzielonych kanałów oznaczanych jako kanały typu D. Dane wszystkich wymienionych struktur oraz związanych z nimi dostępów zestawiono w tabelicy 5.

Tablica 5. Parametry techniczne struktur dostępowych sieci ISDN

Nazwa	Skład	Kanał sygnalizacji	Przepływność [kbit/s]
BRA	2B	D ₁₆	2 x 64 + 16 = 144
PRA	30B	D ₆₄	30 x 64 + 64 = 1984
kanał H0	6B	-	6 x 64 = 384
kanał H12	30B	-	30 x 64 = 1920
dostęp H0	5H0	D ₆₄	5 x 384 + 64 = 1984
dostęp H1	H12	D ₆₄	1920 + 64 = 1984

Ze względu na zróżnicowane zapotrzebowanie perspektywicznych użytkowników na wykorzystywane pasmo oraz typy użytkowanych terminali, zalecenia normatywne systemu ISDN ustaliły pojęciową strukturę określaną mianem konfiguracji odniesienia, w ramach której wyróżnia się tzw. funkcjonalne grupy urządzeń. Dzięki takiemu podejściu stało się możliwe pogodzenie dwóch sprzecznych wymagań: zdolności do różnicowania scenariuszy usługowych oraz całkowitej kompatybilności łączeniowej obecnych w sieci publicznej urządzeń systemowych. Najbardziej typowe dla sieci ISDN grupy elementów sieciowych posiadają strukturę wewnętrzną przedstawioną na rys.19.



Rys.19. Konfiguracje odniesienia urządzeń sieci ISDN

Kryteriami, w oparciu o które zdefiniowano przedstawiony na schemacie podział są kolejno: podział kompetencji decyzyjnych i zadań pomiędzy zasoby operatora i użytkownika oraz ich wzajemne relacje ustanawiane w trakcie realizacji algorytmów sygnalizacyjnych i sterujących. W rezultacie przyjętych ustaleń w systemach ISDN wyróżniane są następujące grupy urządzeń:

- **Terminale** (*Terminal Equipment - TE*) - stanowią wyposażenie punktów abonenckich przeznaczone do świadczenia teleusług. W praktyce wyróżnia się dwie klasy terminali (oznaczane jako TE1 i TE2), z których pierwsza może być przyłączana do systemu bezpośrednio, zaś dołączanie drugiej musi odbywać się za pośrednictwem specjalizowanych adapterów.
- **Adaptory** (*Terminal Adapter -TA*) - realizują funkcje fizycznego oraz logicznego pośredniczenia pomiędzy zasobami sieci ISDN oraz terminalami klasy TE2, które nie są przystosowane do współpracy z resztą systemu (telefony analogowe, faxy grupy 3, komputery ze stykiem RS 232C i in.).
- **Zakończenia sieciowe** (*Network Termination - NT*), wśród których wyróżnia się klasę NT1 przeznaczoną do realizacji zadań operacyjnych i utrzymaniowych warstwy pierwszej i częściowo drugiej standardowego modelu odniesienia OSI oraz NT2 spełniającą dodatkowo funkcje warstwy 3, a realizowane w praktyce jako systemowe multipleksery i komutatory PABX.
- **Zakończenia liniowych** (*Loop Termination - LT*), wykorzystywane do realizacji funkcji zasilania, generowania i odbioru kodu liniowego oraz nadzoru i testowania stanu łącza.
- **Zakończenia centralowe** (*Exchange Termination - ET*), realizujące funkcje obsługi terminali, w tym zwłaszcza wymianę wiadomości sygnalizacji abonenckiej.

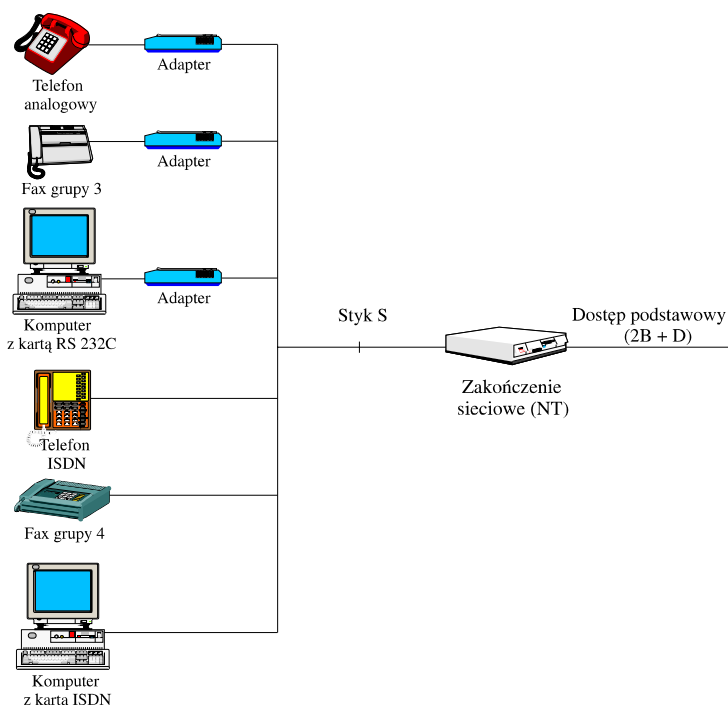
Punkty rozdzielające elementy konfiguracji określane są mianem punktów odniesienia, lub styków w przypadku ich umiejscowienia pomiędzy fizycznie istniejącymi urządzeniami systemowymi. Różnicę pomiędzy punktem odniesienia i odpowiadającym mu stykiem można

lepiej zobrazować uwzględniając, że niektóre urządzenia systemowe mogą zawierać równocześnie więcej niż jedną funkcjonalną grupę urządzeń. Sytuacja taka ma najczęściej miejsce w przypadku węzłów komutacyjnych ISDN, które wyposażone są zarówno w bloki LT jak i ET, tak że realizacja fizyczna ich styku jest trudna do wyodrębnienia, podczas gdy w sterowaniu centrali istnieją oczywiście właściwe procedury i funkcje sterujące odpowiedzialne za przetwarzanie informacji w punkcie odniesienia V. Bardzo częstym przypadkiem praktycznym jest łączenie funkcji punktów S i T, co ma miejsce, gdy wyposażenie punktu abonenckiego jest dołączane do zasobów sieciowych bez pośrednictwa elementu NT2. W takiej konfiguracji wykorzystywane jest zakończenie NT1, które może obsługiwać do 8 różnych urządzeń, przy czym te spośród nich, które nie realizują standardu ISDN komunikują się z resztą zasobów systemowych w punkcie odniesienia R.

Należy podkreślić, że zarówno punkt R jak i U oraz V nie są ściśle znormalizowane, ponieważ w przypadku pierwszego z nich trudno wyspecyfikować wszystkie urządzenia, których dołączanie może być potrzebne w dającej się przewidzieć przyszłości, zaś w przypadku pozostałych na przeszkodzie stanęły zróżnicowane sposoby realizacji infrastruktury transmisyjnej różnych krajów. Funkcjonujący na ich obszarze operatorzy zachowali w ten sposób swobodę kształtowania implementacji styków U i V dostosowanych do lokalnych uwarunkowań.

Wyposażenie stacji abonenckich

Pojęcie stacji abonenckiej oznacza zintegrowany zespół zasobów, stanowiący punkt dostępu użytkownika do usług systemu telekomunikacyjnego. Szerokie spektrum usługowe sieci ISDN wymusza potrzebę stosowania całej gamy urządzeń końcowych o zróżnicowanych charakterystykach technicznych. Organizację dostępu urządzeń abonenckich do sieci przedstawia rys.20.



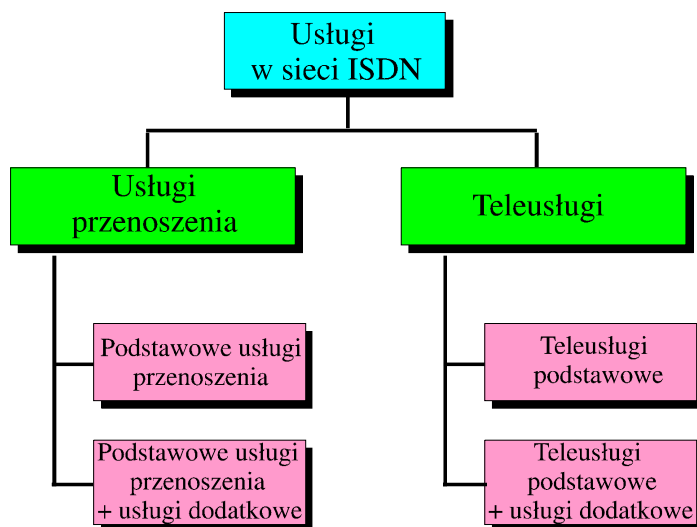
Rys. 20. Organizacja dostępu urządzeń abonenckich do sieci ISDN

Uwarunkowania ekonomiczne sprawiają, że proces wprowadzania nowych technik telekomunikacyjnych musi być prowadzony przy uwzględnieniu uwarunkowań narzucanych przez istniejącą infrastrukturę sieci starszej generacji. Rozwiązaniem, które umożliwia doraźne wykorzystanie w systemie ISDN terminali oraz linii abonenckich dotychczasowych sieci

publicznych jest stosowanie odpowiednich modułów translacyjnych nazywanych potocznie adapterami.

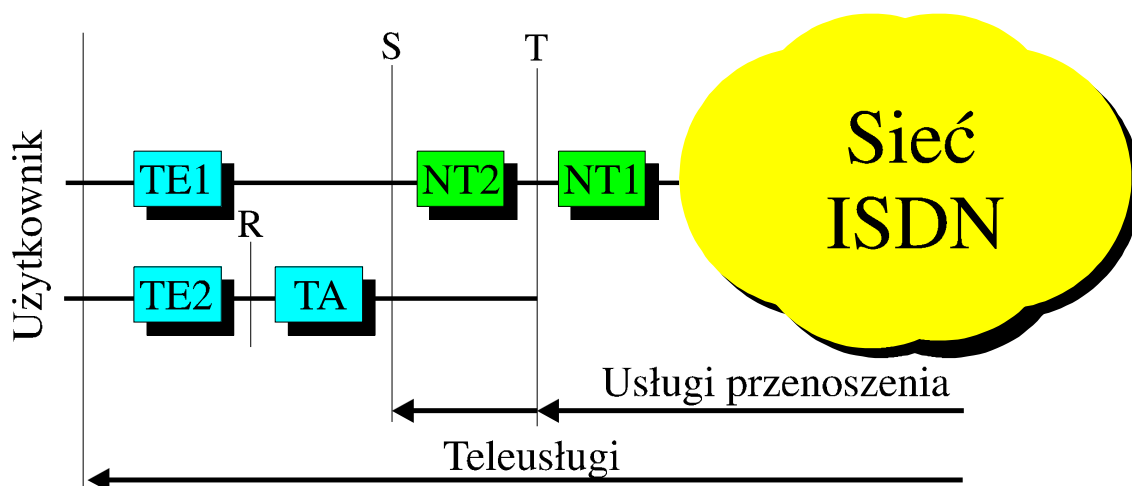
Usługi

Usługi telekomunikacyjne oferowane w sieci ISDN dzielą się na dwie podstawowe grupy: **usługi przenoszenia** (*bearer services*) oraz **teleusługi** (*teleservices*). W ramach każdej z wymienionych klas wyróżniane są usługi podstawowe, które realizują właściwy im tryb wymiany informacji oraz usługi dodatkowe, które dostosowują tryb podstawowy do specyfiki wymagań użytkownika. W konsekwencji usługi dodatkowe są oferowane wraz z usługami podstawowymi, przy czym ta sama usługa dodatkowa może modyfikować kilka usług podstawowych. Podział usług oferowanych w sieci ISDN przedstawia rys. 21.



Rys. 21. Klasyfikacja usług w sieci ISDN

Podstawowym kryterium podziału, umożliwiającym rozróżnianie pomiędzy usługami przenoszenia a teleusługami, jest umiejscowienie punktu dostępu, w którym aplikacja staje się dostępna dla użytkownika systemu. Ilustruje to schemat przedstawiony na kolejnym rysunku.



Rys. 22. Usługi przenoszenia i teleusługi w sieci ISDN

Jak wynika z przedstawionego schematu, punkty dostępu do usług są tożsame z punktami odniesienia, rozdzielającymi grupy funkcjonalne konfiguracji odniesienia systemu ISDN. Dostęp do usług przenoszenia oferowanych w sieci ISDN umożliwiają punkty T i S, zaś wybór pomiędzy nimi zależy od aktualnie dostępnego wyposażenia instalacji abonenckiej. Teleusługi oferowane są natomiast w punkcie styku użytkownika z urządzeniami końcowymi, co oznacza,

że możliwość ich realizacji wiąże się w każdym przypadku z odpowiednim wyposażeniem wykorzystywanego przez abonenta urządzenia końcowego.

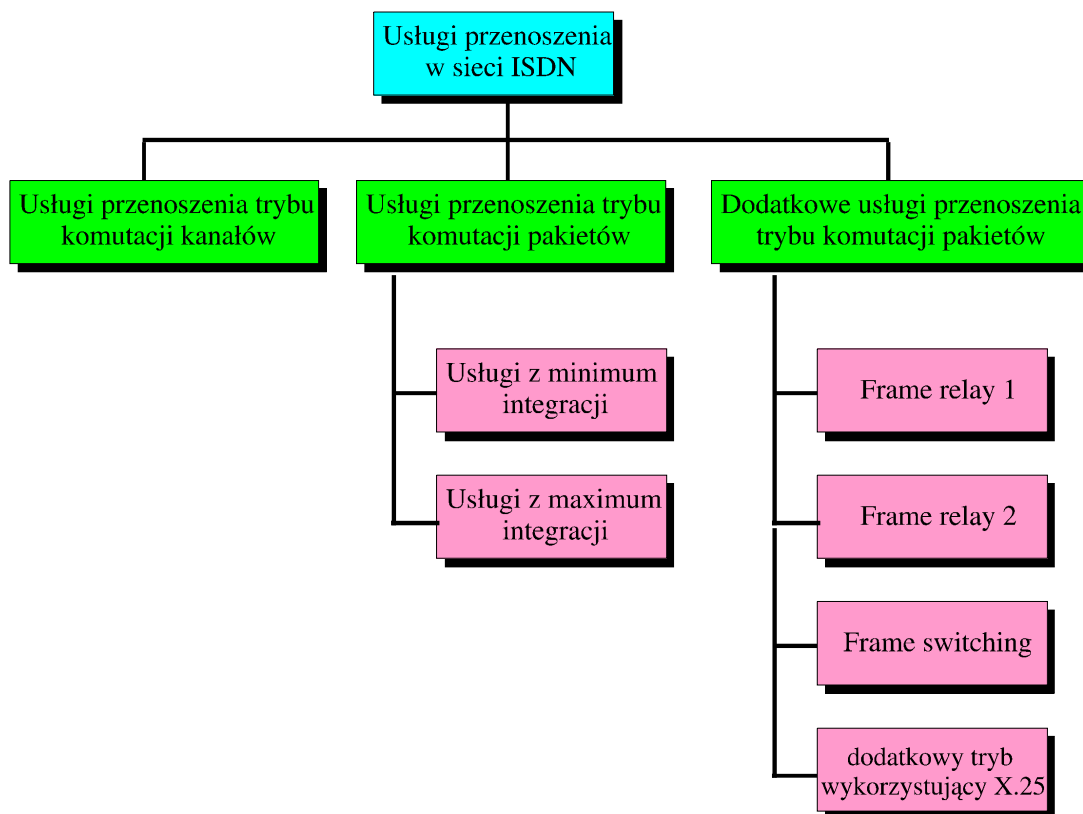
Zgodnie z zaleceniem I.140, sformalizowany opis usług systemu ISDN dokonywany jest przy wykorzystaniu techniki atrybutów. Zestawienie atrybutów usług w sieci ISDN oraz ich skrótowe definicje zawiera Tab. 6.

Tabela 6. Atrybuty usług telekomunikacyjnych

Nazwa atrybutu	Znaczenie
Atrybuty warstw niższych	
Atrybuty przesyłania informacji	
Tryb przesyłania wiadomości	Opisuje techniki transmisyjne i komutacyjne wykorzystywane przez usługę do przesyłania informacji
Szybkość przesyłania wiadomości	Określa stosowane przez usługę szybkości przesyłania (kom. kanałów) lub przepływności (kom. pakietów)
Możliwości przesyłania wiadomości	Definiuje zdolność usługi do przesyłania różnego rodzaju informacji
Struktura przesyłania wiadomości	Określa zdolność do utrzymania określonej struktury informacji przesyłanej pomiędzy źródłowym i docelowym punktem dostępu
Tryb zestawiania połączenia	Definiuje sposób zestawiania połączenia dla realizacji usługi
Symetria połączenia	Podaje różnice pomiędzy szybkościami przekazywania danych dla obydwu kierunków transmisji
Konfiguracja połączenia	Określa możliwe konfiguracje połączenia przy korzystaniu z danej usługi
Atrybuty dostępu	
Kanał dostępu	Określa kanał (B, D lub H) dostępny dla usługi określa szybkość transmisji
Protokół dostępu dla sygnalizacji (warstwy 1, 2 i 3)	Definiuje protokoły stosowane przez warstwy 1, 2 i 3 do przesyłania informacji sygnalizacyjnych
Protokół dostępu dla informacji (warstwy 1, 2 i 3)	Definiuje protokoły stosowane przez warstwy 1, 2 i 3 do przesyłania danych użytkownika
Atrybuty warstw wyższych	
Rodzaj informacji użytkownika	Wyznaczają ograniczenia nakładane na strumień danych oraz format przesyłanej informacji
Funkcje protokołu warstwy 4	Zawierają definicje protokołu transportowego
Funkcje protokołu warstwy 5	Zawierają definicje protokołu zarządzania dialogiem pomiędzy użytkownikami
Funkcje protokołu warstwy 6	Zawierają definicje warstwy prezentacji danych, stosowane kody lub zabezpieczenia kryptograficzne
Funkcje protokołu warstwy 7	Określają rodzaje i charakterystyki informacji, które są dla danej usługi zrozumiałe
Atrybuty ogólne	
Dostępne usługi dodatkowe	Zawierają opis możliwych modyfikacji podstawowego schematu realizacji usługi poprzez usługi dodatkowe
Jakość usługi	Definiuje parametry istotne dla jakości świadczenia danej usługi (np. dopuszczalną stopę błędów, opóźnienie itp.)
Możliwość współpracy	Określają możliwość współpracy realizującego daną usługę abonenta sieci ISDN z abonentami innych systemów
Eksploatacja i atrybuty komercyjne	Opisują taryfy, zasady abonowania oraz naliczania opłat

Usługi przenoszenia

Usługi przenoszenia oferowane przez sieć ISDN zapewniają, odpowiednio do ich nazwy, przekazywanie danych pomiędzy punktami dostępu do sieci, pozostawiając wybór protokołów wyższych warstw uznaniu użytkownika. Należy w tym miejscu podkreślić, że sieć nie ingeruje bezpośrednio w proces wyboru procedur przekazywania informacji, nie badając w szczególności czy występuje zgodność protokołu realizowanego przez terminale na obu końcach zestawionego połączenia. Schematyczny podział usług przenoszenia sieci ISDN przedstawiono na rys. 23.

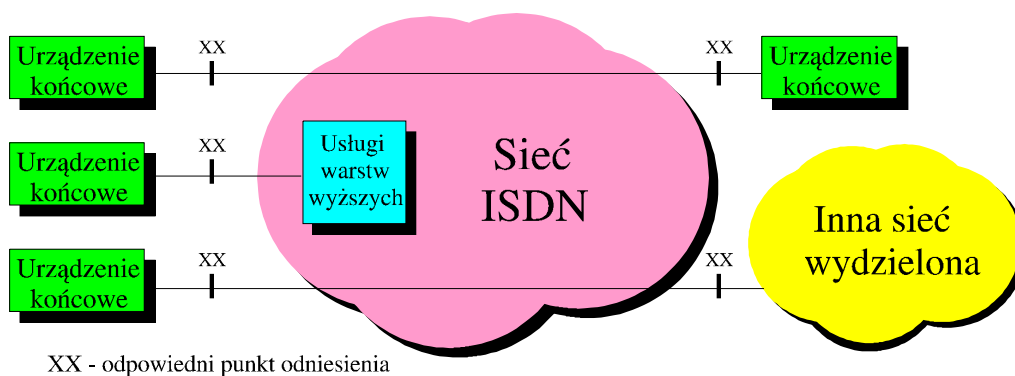


Rys. 23. Klasyfikacja usług przenoszenia

Usługi przenoszenia zapewniają możliwość realizacji różnych form komunikacji pomiędzy abonentami sieci ISDN. W szczególności wyróżnia się scenariusze przesyłania danych pomiędzy:

- użytkownikami korzystającymi z tego samego punktu i atrybutów dostępu;
- użytkownikami tego samego punktu dostępu i różnych atrybutów;
- użytkownikami a oddzielnymi zasobami realizującymi funkcje warstw wyższych.

Wymienione tryby wykorzystania usług przenoszenia w sieci ISDN ilustruje schemat przedstawiony na rys. 24.



Rys. 24. Sposoby korzystania z usług przenoszenia

Przesyłanie informacji w każdej z przedstawionych konfiguracji może być realizowane w trybie komutacji kanałów, albo pakietów, z szybkością zależną od struktury kanału dostępowego. Przenoszenie może dotyczyć informacji cyfrowej, sygnałów mowy ucyfrowionych z kompresją w trybie A lub μ , cyfrowego sygnału audio o paśmie 3.1, 7 i 15 kHz oraz różnych form cyfrowych sygnałów wizyjnych. Strukturalny przekaz 8 kHz odnosi się do takich sygnałów, które muszą być synchronizowane bajtowo, jak np. próbki sygnału mowy z modulacją PCM. Możliwe jest również przesyłanie bloków danych lub informacji zajmujących kilka szczelin czasowych. W tym ostatnim przypadku parametr *Time Slot Sequence Integrity (TSSI)* określa sekwencyjność szczelin, co umożliwi ich odpowiednie uszeregowanie na wyjściu, zaś odpowiednia wartość *Restricted Differential Time Delay (RDTD)* określa maksymalne dopuszczalne opóźnienie pomiędzy wprowadzeniem informacji do sieci, a jej dostarczeniem do odbiornika. RDTD jest wykorzystywana przy realizacji usług czasu rzeczywistego.

Każde połączenie może być zestawione w następujących trybach:

- „na żądanie”, kiedy droga połączeniowa zestawiana jest po zakończeniu wybierania numeru i jest dostępna aż do rozłączenia;
- rezerwowania, gdy moment zestawienia połączenia i czas jego trwania jest ustalany wcześniej, a sam proces realizacji odbywa się bez ingerencji abonenta;
- stałym, trwającym nieprzerwanie przez czas opłacony przez użytkownika.

W każdym z wymienionych trybów atrybut symetryczności może przyjmować postać:

- Komunikacji jednokierunkowej, w której przepływ informacji ograniczony jest do jednego kierunku;
- Symetrycznej lub asymetrycznej komunikacji dwukierunkowej, w której prowadzony jest obustronna wymiana danych przy identycznych lub różniących się przepływnościach.

Zestawienie atrybutów usług przenoszenia zawiera Tablica 7.

Tabela 7. Atrybuty usług przenoszenia

Atrybut	Możliwe wartości atrybutów								
Atrybuty przesyłania informacji									
Tryb	komutacja kanałów						komutacja pakietów		
Szybkość	64	2 x 64	384	1536	1920	inne	studiowana		
Typ danych	bez ograniczeń		mowa	fonia 3.1 kHz	fonia 7 kHz	fonia 15 kHz	wideo	studiowany	
Struktura	8 kHz		blok danych		bez określonej struktury		TSSI	RDTD	
Zestawiany	na żądanie			łącza rezerwowane			łącza stałe		
Symetria	jednokierunkowa			dwukierunkowa sym.			dwukierunkowa asym.		
Połączenie	punkt - punkt			wielopunktowe			rozsiewcze		
Atrybuty dostępu do sieci									
Typ kanału	D(16)	D(64)	B	H0	H11	H12	studiowany		
Sygnalizacja warstwa 1	I.430 I.431	I.461	I.462	I.463	V.120 I.465		studiowana		
Sygnalizacja warstwa 2	I.440 I.441		I.462	X.25	studiowana				
Sygnalizacja warstwa 3	I.450 I.451		I.461	I.462	X.25	I.463	studiowana		
Przekaz warstwa 1	I.430 I.431	I.460	I.461	I.462	I.463	V.120 I.465	G.711	G.722	badany
Przekaz warstwa 2	HDLC LAPB	I.440 I.441	X.25	I.462		studiowana			
Przekaz	T.70	X.25		I.462		studiowana			

Zgodnie z powyższym zestawieniem informacje użytkownika mogą być przesyłane przez jeden lub kilka kanałów B lub H, dostępnych na styku podstawowym lub pierwotnym, protokół warstwy pierwszej jest zgodny z zaleceniem I.430 dla dostępu podstawowego i I.431 dla dostępu pierwotnego, zaś szczegółowy zapis protokołów warstwy 2 i 3 zawierają zalecenia I.441 oraz I.451.

Usługi przesyłania w trybie komutacji kanałów

W trybie komutacji kanałów zdefiniowane są następujące usługi przesyłania:

Usługa przesyłania strukturalnego 8 kHz o szybkości transmisji 64 kbit/s, umożliwiająca przesyłanie dowolnej informacji (*Circuit mode, 64 kbps unrestricted, 8 kHz structured bearer service category*). Umożliwia przesyłanie informacji w trybie punkt-punkt lub wielopunktowym przy zachowaniu interwału 125 μ s jako bazy. Może być wykorzystywana do realizacji różnych aplikacji, na przykład do transmisji sygnałów mowy, sygnałów fonicznych w paśmie 3.1 kHz lub innych strumieni informacji, które mogą być multipleksowane, a szybkość dostosowywana do przepływności kanałów. Usługę tę można także wykorzystać w celu zapewnienia przezroczystego dostępu do innych sieci np. X.25.

Usługa przesyłania na bazie 8 kHz o szybkości transmisji 64 kbit/s, do przesyłania sygnałów mowy (*Circuit mode, 64 kbps, unrestricted, 8 kHz structured bearer service category for speech*). Służy do symetrycznego przesyłania sygnałów mowy, kodowanych cyfrowo przy wykorzystaniu kompresji A lub μ . Sieć może w tym przypadku wykorzystywać techniki przetwarzania odpowiednie dla sygnałów mowy, w tym transmisję analogową, tłumienie echa, zmiany sposobów kodowania itp., co powoduje, że usługa ta nie zapewnia integralności dla informacji binarnych, nie powinna też być wykorzystywana do transmisji z wykorzystaniem modemu.

Usługa przesyłania na bazie 8 kHz o szybkości transmisji 64 kbit/s do przesyłania sygnałów fonicznych o paśmie 3.1 kHz (*Circuit mode, 64 kbps, 8 kHz structured bearer service category for 3.1 kHz audio*). Jest podobna do usług przesyłania dla sygnałów mowy, jednakże sygnał analogowy jest ograniczony do pasma 3.1 kHz, co odpowiada sygnałowi przesyłanemu w publicznej sieci telefonicznej. Usługa ta może być także wykorzystywana do transmisji sygnałów analogowych, nadawanych przez modem lub przez telefaksy.

Usługa przesyłania o szybkości transmisji 64 kbit/s dla naprzemiennego przesyłania sygnałów mowy i danych o nieokreślonej strukturze (*Circuit mode alternate speech 64 kbps, unrestricted, 8 kHz structured bearer service category*). Umożliwia naprzemienne przesyłanie przez to samo połączenie sygnału mowy lub innych informacji cyfrowych o szybkości 64 kbit/s i nieokreślonej strukturze. Usługa ta może być wykorzystywana przez wielofunkcyjne urządzenia końcowe do transmisji sygnału mowy i danych. Zmiana trybu przesyłania informacji dokonywana jest bez przerywania połączenia, co wymaga uzgodnienia trybu przejścia przez obu użytkowników. Protokół realizacji omawianego trybu jest obecnie przedmiotem intensywnych studiów.

Usługa przesyłania na bazie 8 kHz o szybkości transmisji 2 x 64 kbit/s, umożliwiająca przesyłanie dowolnej informacji cyfrowej (*Circuit mode, 2 x 64 kbps unrestricted, 8 kHz structured bearer service category*). Umożliwia jednoczesne przesyłanie dwóch strumieni danych o przepływności 64 kbit/s każdy. Usługa zachowuje integralność przesyłanych danych, zachowuje strukturę 8 kHz i zapewnia przekazywanie jednostek danych w określonym czasie.

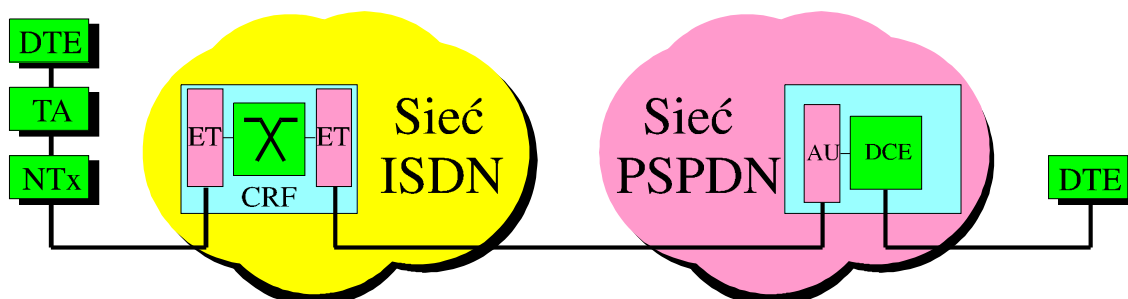
Usługa przesyłania na bazie 8 kHz o szybkości transmisji 384/1536/1920 kbit/s, umożliwiająca przesyłanie dowolnej informacji cyfrowej (*Circuit mode, 384/1536/1920 kbps*

unrestricted, 8 kHz structured bearer service category). Grupa usług przeznaczona do przesyłania sygnałów szerokopasmowych. Informacje są przesyłane z wykorzystaniem kanałów H0, H11 lub H12, zaś sterowanie wykorzystuje kanały D₁₆ lub D₆₄. Usługa zapewnia zachowanie struktury ramki 125 μs, lecz nie zapewnia integralności danych.

Usługi przenoszenia w trybie komutacji pakietów

Uwzględnienie istnienia sieci pakietowych doprowadziło do wprowadzenia usług hybrydowych, w których komutacja pakietów realizowana jest zgodnie ze standardem X.25, a dostęp do zasobów realizowany jest przez łącza komutowane w trybie komutacji kanałów. W miarę upowszechniania sieci ISDN przewiduje się odchodzenie od powyższego scenariusza przy rozdzieleniu procedur od transmisji danych i sygnalizacji. Realizację komutacji pakietów w sieci ISDN definiują zalecenia: X.31 (ITU-T) i ETS 300 007 (ETSI). W zaleceniach tych wyróżnia się dwa przypadki obsługi wymiany pakietowej przez system ISDN, nazywane przypadkiem z minimalną (typ A) oraz maksymalną (typ B) integracją usługową.

Usługa przenoszenia w trybie hybrydowej komutacji pakietów z minimalną integracją (*Hybrid packet mode bearer services with minimum integration*). Usługa ta przeznaczona jest do użytku w okresie wstępnym, w którym sieci ISDN, z uwagi na ograniczenia sprzętowe, nie będą w stanie samodzielnie realizować usługi komutacji pakietów. Sieć ISDN zapewni w tym przypadku transparentny kanał transmisyjny typu B, łączący pakietowe urządzenie końcowe z punktem dostępu do sieci pakietowej. Zarówno terminal X.25 (z odpowiednim adapterem ISDN - TA), jak i pomocniczy moduł dostępu do sieci ISDN (AU) stanowiący fragment publicznej sieci komutacji pakietów (PSPDN) są w tym przypadku abonentami systemu ISDN. Konfigurację zasobów systemowych odpowiednią do realizacji wymiany pakietowej w tym wariancie przedstawia rys. 25.

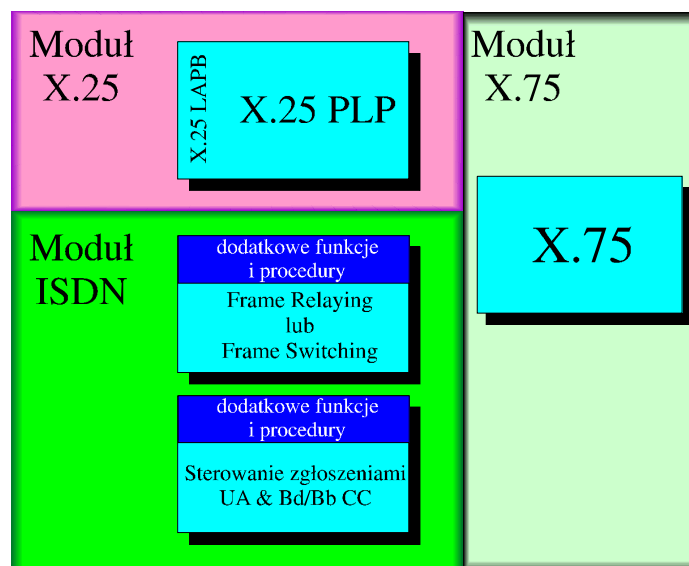


x - 1 lub 2 (zależnie od aktualnej konfiguracji)

Rys. 25. Realizacja wymiany pakietowej dla przypadku minimalnej integracji

Jeśli połączenie (realizowane w kanale B) jest zestawione na stałe, konieczna jest tylko fizyczna adaptacja sygnałów (np. dopasowanie szybkości transmisji, zmiana formatu ramki itp.). W przypadku połączenia „na żądanie”, terminal musi dodatkowo realizować funkcje sterowania połączeniem (wykorzystując do wymiany sygnalizacji kanał D).

Usługa przenoszenia w trybie hybrydowej komutacji pakietów z maksymalną integracją (*Hybrid packet mode bearer services with maximum integration*). Usługa, w której funkcje sieci pakietowej realizowane są kompleksowo przez sieć ISDN. Funkcje te mogą być realizowane przez wydzielony moduł oprogramowania sterującego centrali ISDN, nazywany funkcją obsługi pakietów *Packet Handling Function - PH*. Rozdział funkcji w module PH przedstawia rys. 26.



Rys. 26. Rozdział funkcji w module PH

Realizacja PH może odbywać się w dwóch trybach:

W trybie pierwszym połączenie do PH wykorzystuje kanał B, a zestawiane jest w trybie komutacji kanałów, przy użyciu sygnalizacji wymienianej w kanale D, która powoduje zestawienie do PH wirtualnego kanału pakietowego, zgodnie z warstwami 2 i 3 protokołu X.25. Tryb ten różni się od przypadku minimalnej integracji umiejscowieniem funkcji obsługi pakietów w sieci ISDN.

W trybie drugim komunikaty związane z zestawianiem, rozłączaniem połączenia oraz wymianą informacji są przesyłane w kanale D, który zapewnia półstałe połączenie z PH. Zestawianiem wirtualnego kanału X.25 steruje w tym przypadku protokół LAPD, zaś wszystkie pakietowe łącza wirtualne są multipleksowane i transmitowane zgodnie z zaleceniami I.430 oraz I.431.

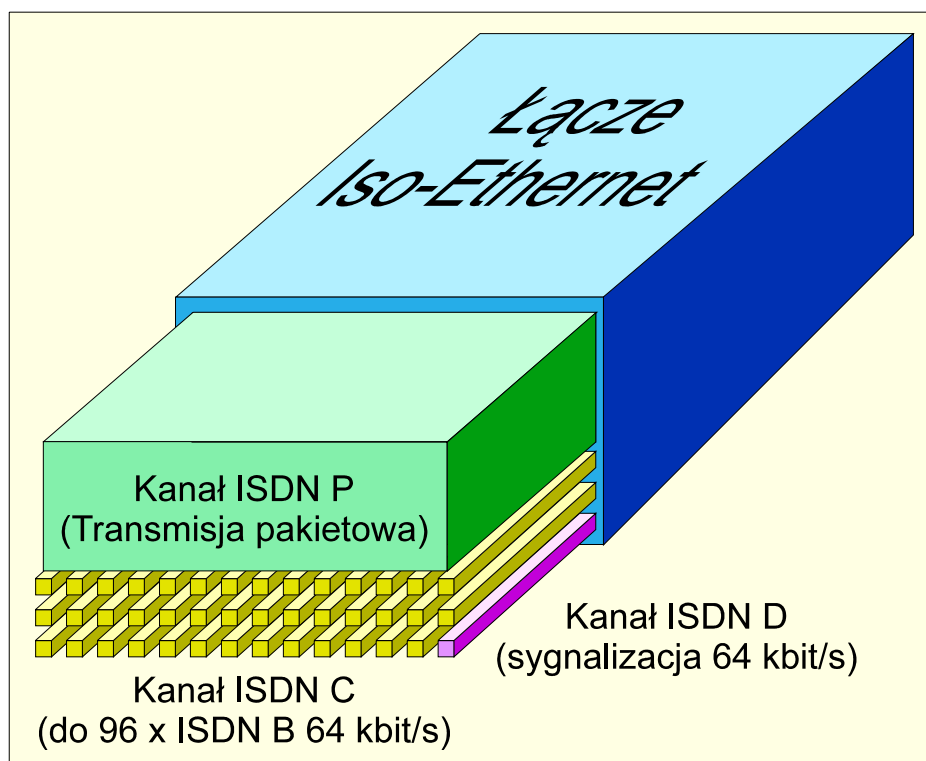
Alternatywnym sposobem implementacji jest wyniesienie modułu PH poza centralę i organizacja wymiany danych pomiędzy obydwoma elementami za pośrednictwem styku *Packet Handler Interface - PHI*. Realizujący obsługę PHI moduł funkcjonalny PH jest wtedy dołączany do centrali ISDN za pomocą standardowego dostępu PRA (30B + D).

Usługa przenoszenia w trybie dodatkowej komutacji pakietów (*Additional packet mode bearer services*). Jej realizacja zakłada stosowanie zintegrowanych protokołów sterujących dostępem do kanału i łączem wirtualnym, przy równoczesnym rozdzieleniu funkcji sterowania połączeniem i przepływem informacji użytkownika. W usługach określanych jako *Frame Relaying 1* oraz *Frame Relaying 2* jednostki danych użytkownika odpowiadają ramkom protokołu LAPD i są przesyłane w trybie bez potwierdzenia. Tryb o nazwie *Frame Switching* umożliwia prowadzenie wymiany pakietów z kontrolą ich odebrania przez adresata. Ostatnia z usług pakietowych oparta jest na protokole dostępowym X.25, tak że informacje użytkownika przekazywane są w postaci pakietów, których wymiana kontrolowana jest przez część transferu danych protokołu X.25.

Iso-Ethernet

Naturalną konsekwencją spostrzeżenia, że systemy klasy Ethernet zawłaszczyły lokalny segment sieci informatycznych, natomiast rozwój publicznych sieci telekomunikacyjnych odbywa się głównie dzięki technice ISDN, jest próba realizacji systemu integrującego obydwa rozwiązania. Koncepcja ta legła u podstaw propozycji IEEE zawartej w standardzie 802.9a, dotyczącym zintegrowanych izochronicznych usług ethernetowych (*Isochronous Ethernet Integrated Services*), nazywanych w skrócie Iso-Ethernetem.

Podstawową strukturą transmisyjną jest szerokopasmowe łącze, którego część przepustowości (10 Mbit/s) wydzielono dla potrzeb sieciowego systemu Ethernet, natomiast pozostałą (6.144 Mbit/s) rozdzielono pomiędzy standardowe kanały typu B sieci ISDN. Poglądowy schemat wykorzystania pasma w systemie Iso-Ethernet przedstawia rys. 27.



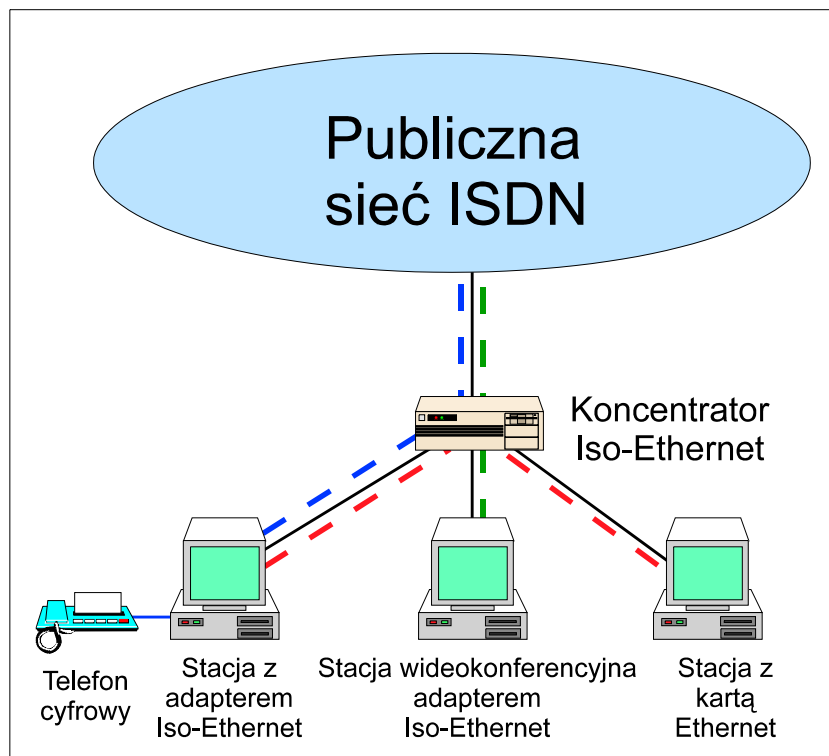
Rys. 27. Schemat wykorzystania pasma w systemie Iso-Ethernet

Choć nie jest jasne jak postępować będzie wdrażanie nowej techniki oraz na ile jest ona konkurencyjna wobec alternatywnych rozwiązań wykorzystujących technologie internetowe oraz ATM, to niewątpliwymi argumentami przemawiającymi za jej stosowaniem są kolejno:

- ułatwiona integracja techniki komputerowej i rozwiązań typowych dla sieci telefonicznych;
- zdolność do funkcjonowania w powszechnie dostępnych sieciach z komutacją kanałów bez potrzeby korzystania z łączy dzierżawionych;
- możliwość elastycznego podziału pasma pomiędzy segment teleinformatyczny i telefonię;
- aspekty ekonomiczne, a w szczególności możliwość wykorzystania istniejącego okablowania.

Podstawowa konfiguracja systemu Iso-Ethernet obejmuje stacje robocze funkcjonujące w oddalonych segmentach sieciowych LAN i komunikujące się za pośrednictwem inteligentnych koncentratorów dołączonych do sieci ISDN. W rezultacie komputery osobiste użytkowników mogą realizować wymianę informacji bez potrzeby wyposażania ich w karty ISDN oraz zawłaszczania dostępu.

W przypadku potrzeby zestawienia połączenia (np. telekonferencji) koncentrator bądź komunikuje bezpośrednio jej uczestników, albo ustanawia połączenie o wymaganej przepustowości do oddalonego segmentu LAN za pośrednictwem sieci publicznej. Schemat organizacji typowego systemu Iso-Ethernet przedstawia rys. 28.



Rys. 28. Topologia systemu Iso-Ethernet

Choć przedstawiona koncepcja integracji technik sieciowych LAN i WAN wydaje się w pełni uzasadniona, ponieważ zapewnia możliwość wykorzystania standardowego komputera do realizacji usług transmisji danych i telefonicznych, to jednak jej wprowadzenie jest obciążone pewnymi ograniczeniami, których zestawienie obejmuje:

- relatywnie niewielką prędkość transmisyjną oraz brak pełnej skalowalności struktur sieciowych;
- niski poziom kompatybilności urządzeń różnych producentów;
- konieczność wymiany całego zestawu elementów sieciowych (poza okablowaniem) i zakupu nowego oprogramowania.

W rezultacie typowe zastosowania systemu ograniczają się do obsługi telefonii, wideokonferencji oraz łączenia niewielkich sieci lokalnych. Jednak w przyszłości, szybsze wersje sieci Iso-Ethernet mogą cieszyć się dużym zainteresowaniem.

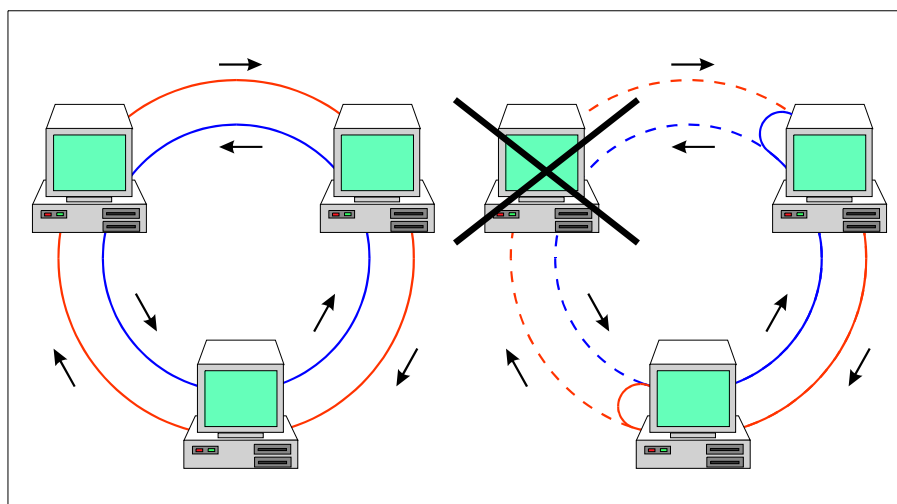
Systemy FDDI

Rosnący zasięg praktycznych zastosowań sieci komputerowych spowodował podniesienie wymagań ich użytkowników w odniesieniu do udostępnianego pasma oraz niezawodności. Ponadto coraz częściej podnoszonym aspektem wykorzystania technik sieciowych stała się potrzeba multimedialnego komunikowania się systemów funkcjonujących w ramach rozległych organizmów miejskich. Tymczasem dostępne instalacje wykorzystujące różne wersje schematu Ethernet obsługiwały z reguły pojedyncze budynki, zapewniając równocześnie możliwość transmitowania zróżnicowanych mediów komunikacyjnych jedynie w ograniczonym zakresie.

Odpowiedzią na istniejące zapotrzebowanie stały się różnorodne, często opracowywane doraźnie, rozszerzenia schematu podstawowego, których charakterystyki przedstawiono w poprzedniej części opracowania. Jednakże nie wszystkie problemy udało się rozwiązać w uproszczony sposób, ponieważ schematy dostatecznie szybkie (vide *Gigabit Ethernet*) nie dysponowały odpowiednim zasięgiem i elastycznością, zaś umożliwiające tworzenie rozległych instalacji (*X.25*, *Iso-Ethernet*) nie mogły zaoferować odpowiedniego pasma.

Odpowiedzią na wyzwanie rzucone przez użytkowników projektantom sieciowym stały się techniki DQDB oraz FDDI, z których pierwsza jak się zdaje bezpowrotnie obumiera, natomiast druga, sformalizowana zapisami standardów X3T9 ANSI i 9314 ISO, funkcjonuje nadal w sektorze sieci metropolitalnych (MAN). Kompletny zestaw norm dotyczących sieci FDDI ukazał się w 1988 r, natomiast rosnące zapotrzebowanie na usługi multimedialne wymusiło opracowanie schematu transmisji danych w trybie izochronicznym (FDDI-II).

Medium transmisyjnym FDDI jest podwójna pętla światłowodu: jeden kabel jest używany do przesyłania w jednym kierunku w pętli; drugi w przeciwnym, co zapewnia niezawodność transmisji, gdyż w razie uszkodzenia kabla możliwe jest odtworzenie pojedynczej pętli, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 29.



Rys. 29. Funkcjonowanie pierścienia FDDI

Sieci FDDI tworzone są z dwóch podstawowych rodzajów stacji abonenckich:

- *Dual Attached Station (DAS)*, która posiadając dwa zespoły PMD i PHY komunikuje się z obydwooma pierścieniami transmisyjnymi.
- *Single Attached Station (SAS)*, wykorzystującej jedynie pierścień pierwotny.

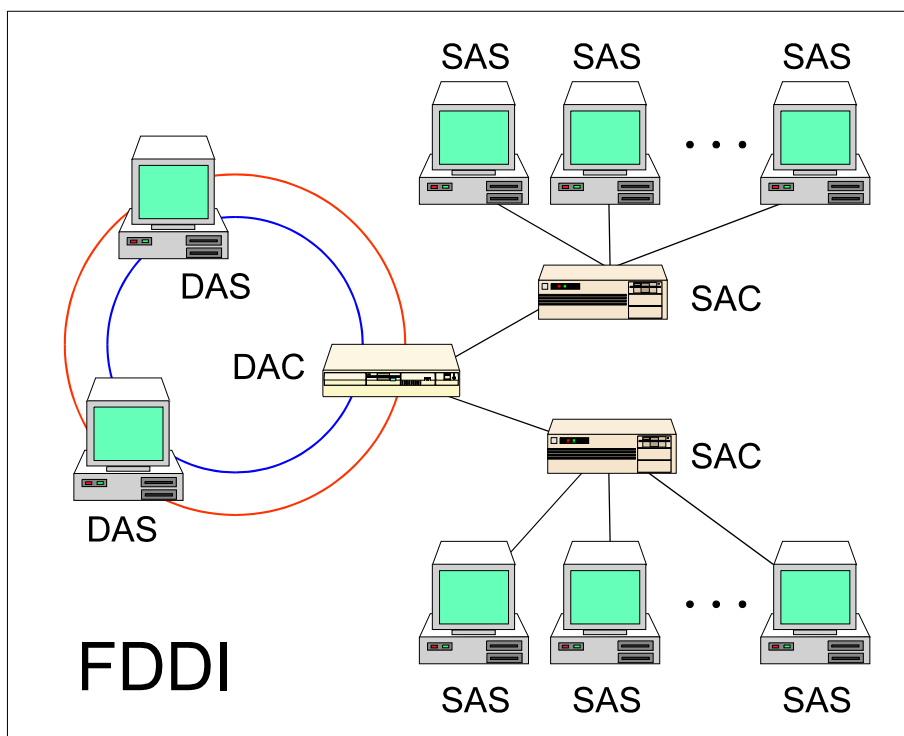
Elementami pomocniczymi są koncentratory:

- *Dual Attached Concentrator (DAC)*, który zapewnia dostęp do obydwu pierścieni elementom sieciowym pozostałych typów, stanowiąc korzeń drzewiastej struktury dostępowej;
- *Single Attached Concentrator (SAC)* - podłączany do koncentratora typu DAC, dzięki czemu możliwa jest dalsza rozbudowa systemu.

W praktyce, większość stacji abonenckich dołączana jest za pośrednictwem koncentratorów, które zmniejszają obciążenie medium, tworząc na czas trwania pojedynczej ramki dynamiczne połączenia między segmentem sieci lokalnej a siecią szkieletową. Dodatkowo, w takiej konfiguracji dołączenie stacji odbywa się za pomocą pojedynczej pary włókien, co obniża koszty instalacyjne.

Wpływ czynnika ludzkiego na niezawodność funkcjonalną sieci ograniczono wykorzystując zróżnicowane złącza MIC uniemożliwiające nieprawidłowe połączenia. Ogranicza to redukcję możliwość pomyłek prowadzących do zakłóceń funkcjonowania systemu. Elementem o podobnym przeznaczeniu jest specjalizowany interfejs zapewniający automatyczne zamykanie pierścienia w przypadku wyłączenia stacji roboczej oraz przechodzenie na łącze rezerwowe w razie przerwy w podstawowej ścieżce transmisyjnej. Ponadto, ze względów niezawodnościowych, a także z uwagi na dużą prędkość transmisji, łącza FDDI nie są taktowane wspólnym zegarem - każdy interfejs wyprowadza dane nadawane wykorzystując własny

przebieg synchronizujący. Typową konfigurację sieci MAN opartej na schemacie FDDI przedstawia rys. 30.



Rys. 30. Konfiguracja sieci MAN/FDDI

Standard FDDI obejmuje następujące protokoły:

- podwarstwy PMD, który określa światłowodowe złącza typu MIC, definiuje format ramki fizycznej oraz ustala tryb wymiany informacji;
- podwarstwy PHY, odpowiadający za współpracę PMD z warstwami wyższymi.

Charakterystyczne parametry techniczne warstwy fizycznej zawiera Tab. 8.

Tabela 8. Elektryczne i optyczne charakterystyki warstwy fizycznej

Parametr	Wartość
Długość fali	1270 nm - 1380 nm
Średnia moc emitera	20 dBm -14 dBm
Dopuszczalny czas przerwania ciągłości medium	25 ms
Czas przełączania przeł. optycznego	15 ms
Średnica rdzenia/płaszczka światłowodu	62.5/125 μ m
Tłumienie sygnału optycznego na 1 km	2.5 dB
Suma strat w łączy	11 dB
Długość odcinka światłowodu	2 km
Długość linii kablowej sieci FDDI	200 km
Technika transmisji	Pasmo podstawowe
Szybkość transmisji	100 Mbit/s
Topologia	Pierścień lokalny lub drzew
Maksymalna odległość stacji	2 km
Maksymalna liczba stacji	1000

Transmisja danych realizowana jest przy wykorzystaniu kodu 5/4, co oznacza, że każda czwórka bitów opuszczająca wyjście nadajnika zostaje zakodowana w formie 5 bitowej. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest wykorzystanie wybranych słów kodowych przez funkcje sterujące np. do wskazywania początku i końca transmitowanej sekwencji.

W sieciach FDDI stosuje się metodę dostępu polegającą na przekazywaniu uprawnień dostepowych pomiędzy kolejnymi stacjami. Proces transmisji danych opisuje protokół podwarstwy MAC, wykorzystujący specjalną formę ramki tzw. żeton (*token*), którego otrzymanie upoważnia stację do nadawania. Algorytm wymiany informacji obejmuje następujące działania:

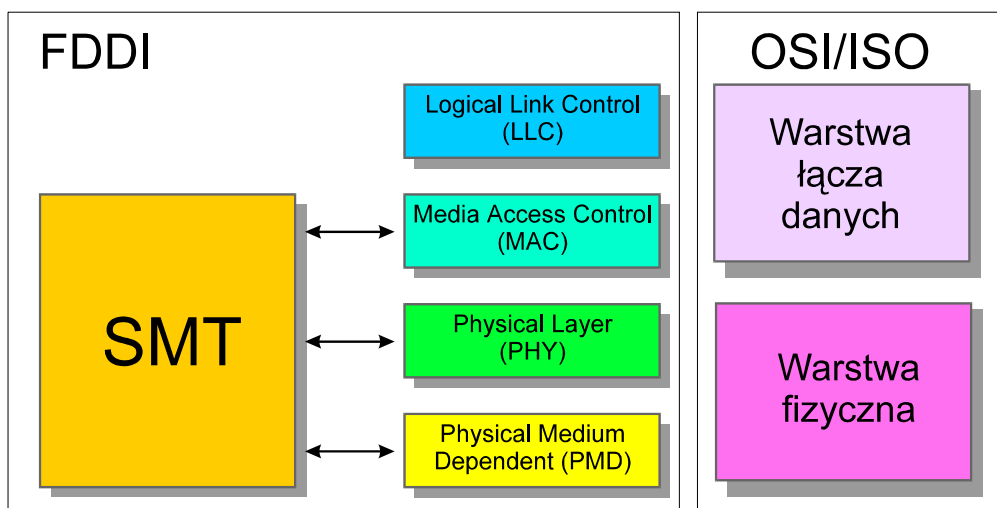
1. Oczekiwanie na otrzymanie żetonu.
2. Przejęcie i usunięcie żetonu oraz transmisja informacji.
3. Ponowne wstawienie żetonu oznaczające zakończenie przekazu

Stacja docelowa odsyła odbierane ramki ustawiając nagłówkowe bity wskaźnikowe (*Address recognized and frame Copied indicators - A&C*), co umożliwia nadawcy ich sukcesywne usuwanie z obiegu. Jakkolwiek generalnie nie dopuszcza się blokowania dostępu poprzez „przetrzymywanie żetonu”, to w celu poprawnej obsługi połączeń czasu rzeczywistego istnieje możliwość nadawania wybranym stacjom wyższych priorytetów. Jest to szczególnie istotne w przypadku transmisji dużych plików, a także synchronicznych strumieni danych audiowizualnych, które powinny docierać do punktu przeznaczenia izochronicznie i ze ściśle kontrolowanym opóźnieniem. Mechanizm regulacji odstępów pomiędzy kolejnymi fazami aktywności poszczególnych stacji sieci FDDI wykorzystuje parametr określany jako *Token Rotation Time (TRT)*.

Organizacja funkcjonowania systemu w warunkach współdziałania jego wszystkich elementów składowych w postaci sprzętowej i sterującej stanowi domenę modułu zarządzania SMT (*Station Management*), którego zadania obejmują:

- nadzór nad włączaniem i wyłączaniem stacji z pętli FDDI;
- uzgadnianie i regulację warunków funkcjonowania;
- zarządzanie konfiguracją w zależności od stanu pierścieni;
- wykrywanie oraz eliminację błędów funkcjonowania stacji i sieci jako całości;
- alokację zasobów pomiędzy użytkowników;
- gromadzenie i wstępne przetwarzanie danych statystycznych;
- obsługę komunikacji z zewnętrznym systemem zarządzania siecią.

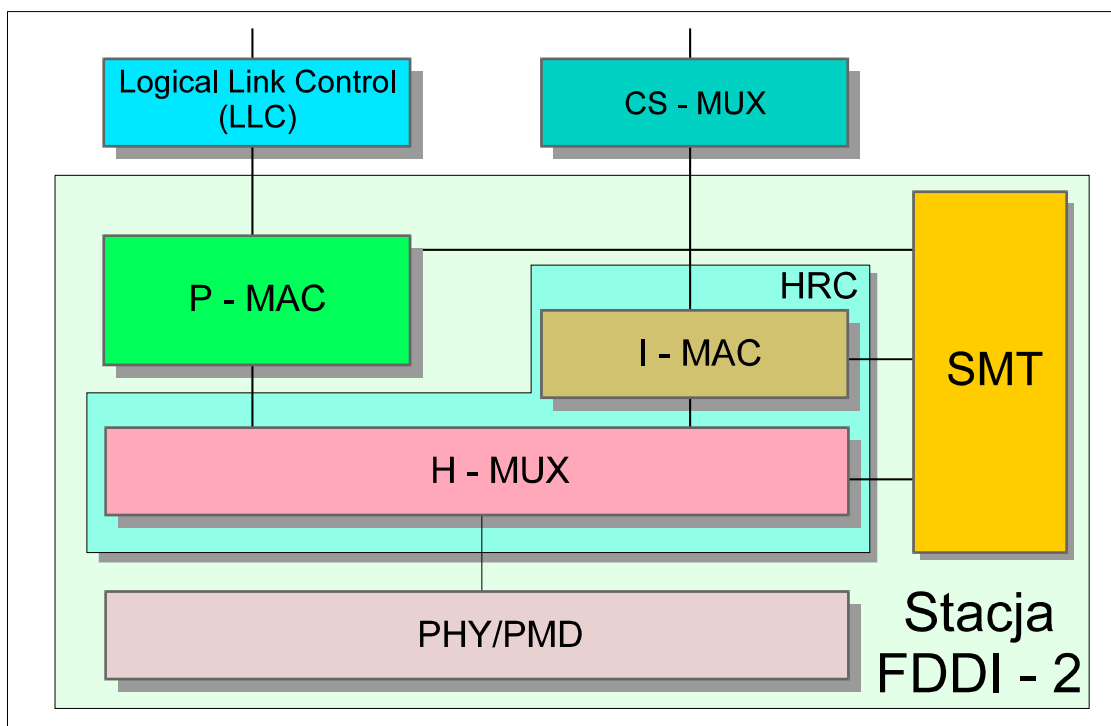
Umieszczenie SMT w warstwowej strukturze systemu FDDI ilustruje rys. 31.



Rys. 31. Zależność pomiędzy standardem sieci FDDI a modelem ISO/OSI

Jakkolwiek dostępne pasmo oraz możliwość obsługi ruchu synchronicznego, a także realizacji trybu *multicast*, tworzą podstawę niezbędną do obsługi przez sieć FDDI aplikacji multimedialnych, to ich funkcjonowanie w warunkach znacznego obciążenia stało się możliwe dopiero po wprowadzeniu mechanizmu zarządzania pasmem transmisyjnym, który gwarantuje utrzymanie stałej przepustowości. Element ten wprowadzono w zmodyfikowanej wersji systemu znanej jako FDDI-II, która umożliwia realizację transmisji zarówno w trybie komutacji pakietów, jak i kanałów.

Podstawą funkcjonowania zmodyfikowanej sieci jest podział dostępnego pasma na 16 segmentów o przepływności 6,144 Mbit/s każdy. Kanały mogą być dowolnie łączone, aż do maksymalnej przepływności 99,072 Mbit/s, lub segmentowane techniką podziału czasowego (ramkowania) na strumienie 64 kbit/s (lub $n \times 64$ kbit/s), które są przydzielane dynamicznie (w trybie na żądanie). Ilość tworzonych w ten sposób kanałów nie może przekroczyć 96, natomiast pozostałą przepustowość wykorzystuje się zawsze do transferu danych pakietowych. Tryb połączeniowy pozwala przysyłać dane w trybie izochronicznym, gwarantując równocześnie stałą dostępność niezbędnej przepustowości. Funkcję integracji ruchu izochronicznego i asynchronicznego realizuje moduł HRC (*Hybrid Ring Control*), którego umiejscowienie w ramach stacji sieciowej ilustruje rys. 32.



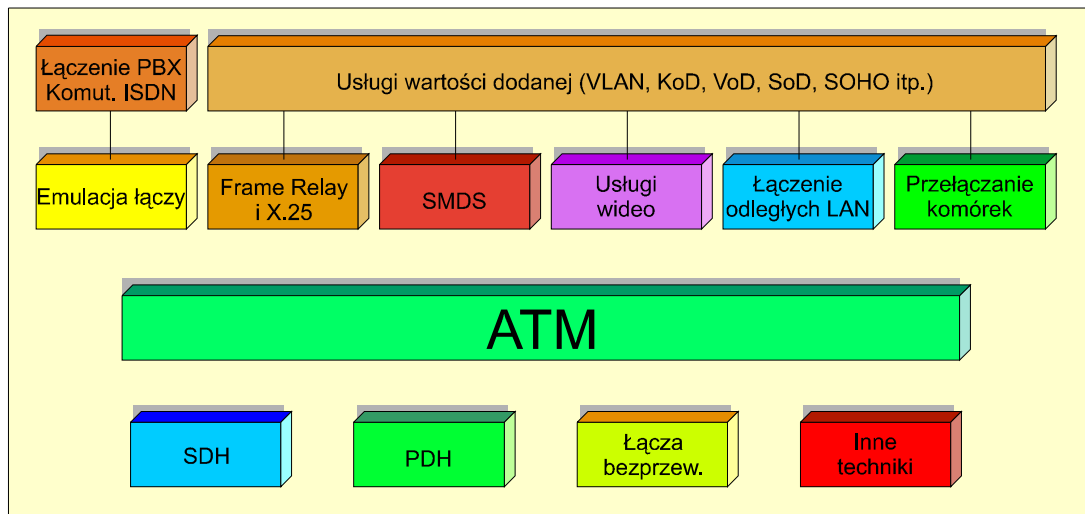
Rys. 32. Funkcjonalny schemat blokowy stacji FDDI-II

Ustanowienie komunikacji w trybie połączeniowym odbywa się za pośrednictwem stacji nadzorczej (SN), do której wysyłane jest (w trybie pakietowym) żądanie przydzielenia kanału. Jeśli przydział jest możliwy, to SN informuje o dokonanej rezerwacji stacje uczestników, przekazując równocześnie nadzór nad połączeniem specjalizowanym procedurom realizowanym przez moduł HRC.

Dostępność skalowalnego w szerokim zakresie pasma, połączeniowego trybu komunikacji izochronicznej (maksymalne opóźnienie rzędu milisekund) oraz funkcji *multicast*, zapewnia możliwość wykorzystania sieci FDDI-II do realizacji usługowych aplikacji multimedialnych.

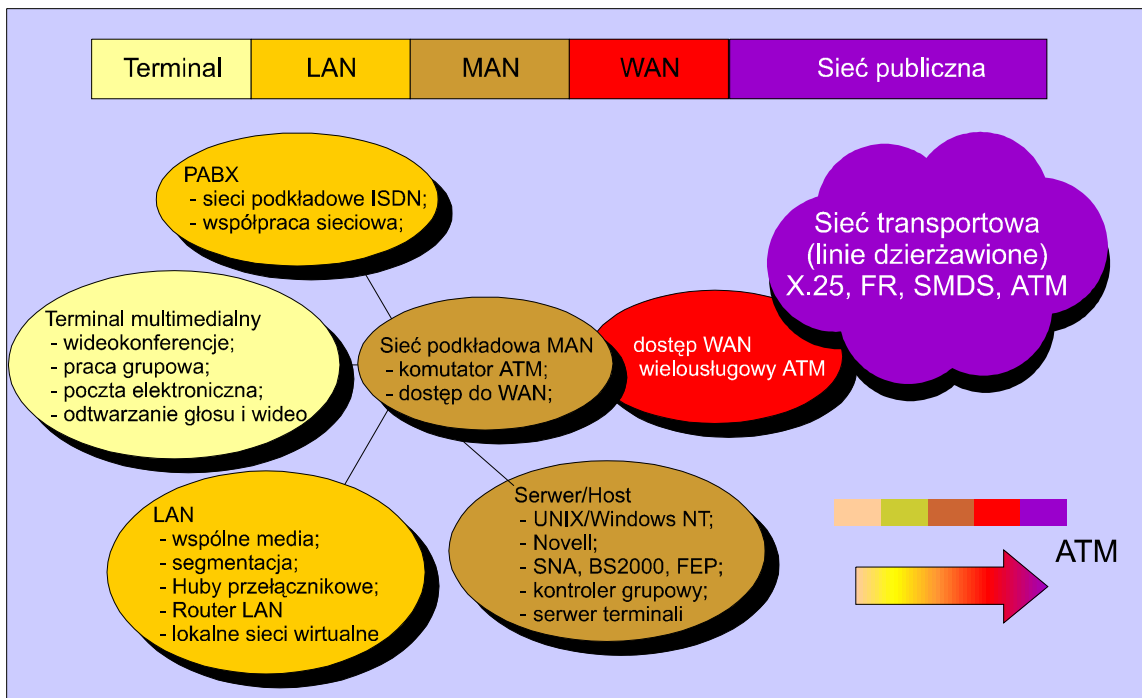
Technika ATM

Projektowanie i organizacja efektywnych i elastycznych systemów łączności, które zapewnić mają bezkonfliktowy przebieg procesów informatyzacji społeczności światowej, spoczywa w równym stopniu na ośrodkach naukowych, kierujących się motywacjami poznawczymi, jak i na wielkich korporacjach, rozważających swoje działania w kategoriach opłacalności finansowej. Niespotykana dotąd jednomyślność wykazywana przez członków obu społeczności we wskazywaniu szerokopasmowej integracji usług jako najbardziej perspektywicznego kierunku rozwojowego współczesnej telekomunikacji dowodzi, że rozwiązanie to cechuje się wyjątkowym stopniem dopasowania do istniejących obecnie i możliwych do przewidzenia potrzeb użytkowników.



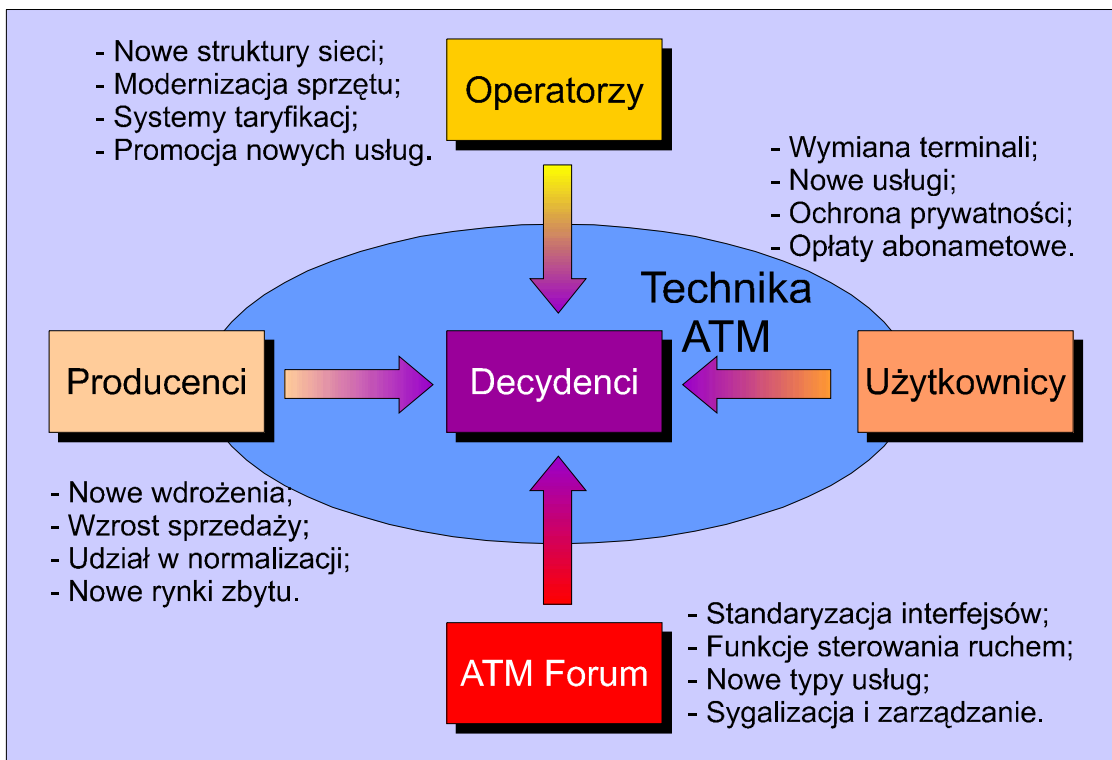
Rys. 39. Integracja technologii i usług w sieciach ATM

Sieci B-ISDN stanowią idealną platformę integracyjną dla systemów telefonii klasycznej, N-ISDN oraz wszystkich typów sieci komputerowych. Ich dodatkowymi zaletami są skalowalność architektury, zaawansowanie normalizacyjne oraz możliwość wykorzystywania większości aktualnie dostępnych systemów transmisyjnych. Zgodnie z obowiązującymi obecnie poglądami, najbardziej podatny na wprowadzenie techniki ATM jest transportowy system publiczny, natomiast struktury sieciowe niższych szczebli wykorzystywać będą dotychczasowe protokoły jeszcze przez kilkanaście najbliższych lat, czyli do momentu wyeksploatowania użytych do ich organizacji zasobów. Podatność poszczególnych typów sieci na wprowadzenie techniki ATM ilustruje rys. 40.



Rys.40. Podatność technik sieciowych na wprowadzenie techniki ATM

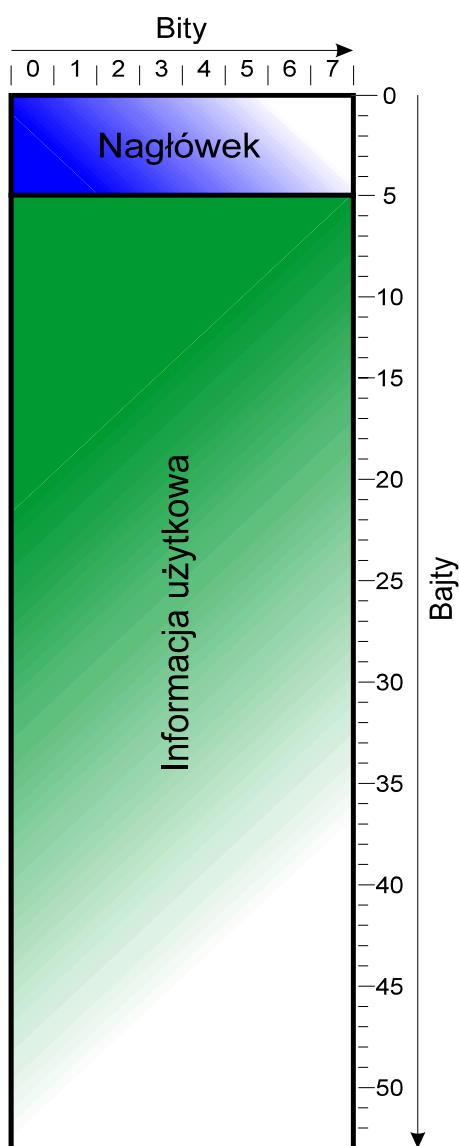
Proces wdrażania technik szerokopasmowych do powszechnego użytku kształtować będzie szereg istotnych uwarunkowań, wśród których wymienia się szybkość wypierania tradycyjnych usług przez multimedia, poziom inwestycji realizowanych przez operatorów oraz dostawców sprzętu, zdolność organizacji normalizacyjnych do wypracowania właściwych zaleceń oraz skłonność użytkowników do akceptacji nowych trybów komunikacyjnych. Wzajemne interakcje wymienionych czynników ilustruje rys. 41.



Rys. 41. Czynniki kształtujące wprowadzanie sieci szerokopasmowych

Charakterystyka ogólna

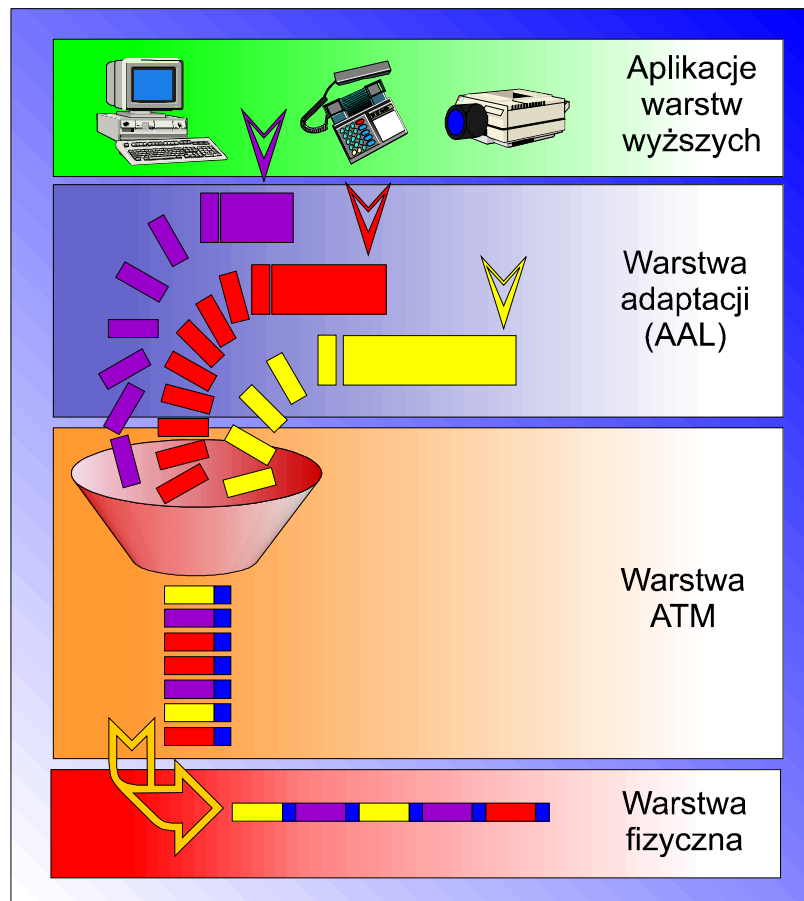
W systemie ATM informacja jest przesyłana w postaci krótkich pakietów (komórek), o stałej długości 53 bajtów. Strukturę komórki ilustruje rys. 42.



Rys.42. Komórka ATM

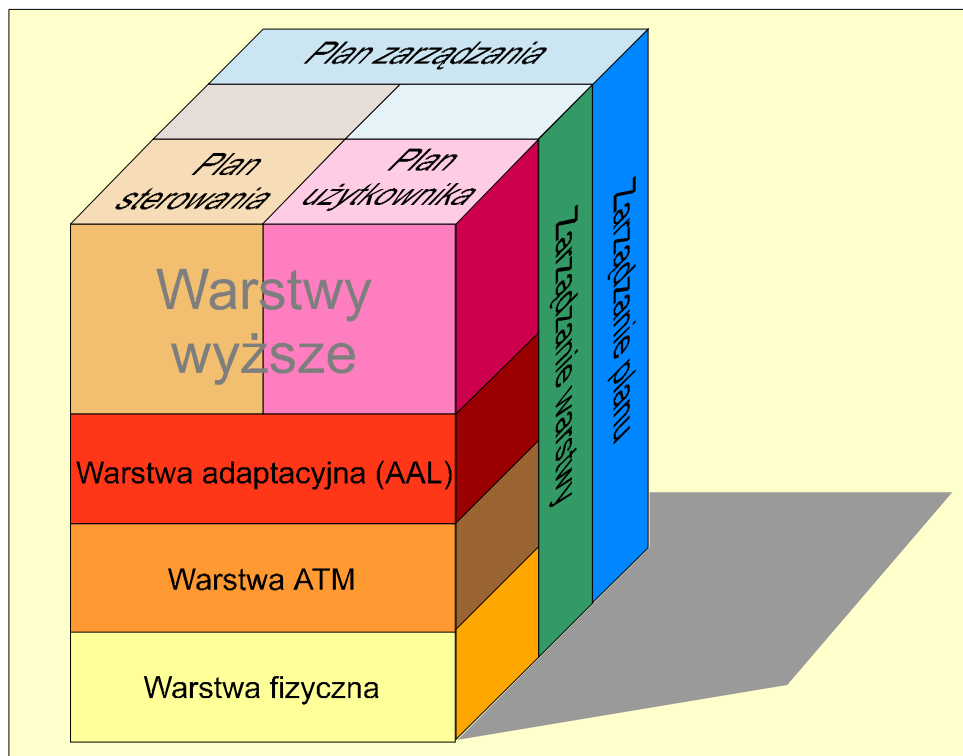
Stała długość komórki powoduje z jednej strony konieczność segmentacji i składania przesyłanych danych, z drugiej jednak eliminuje zmienną składową opóźnienia pakietu (pochodzącą od zmiennego czasu transmisji), upraszcza zarządzanie i sterowanie siecią oraz likwiduje konieczność wykorzystania pola synchronizacji.

Przed przystąpieniem do przesyłania informacji konieczne jest zestawienie połączenia, które w technice ATM określone jest jako połączenie wirtualne. Wstępnie negocjowany jest kontrakt pomiędzy klientem a siecią: na podstawie parametrów ruchowych deklarowanych przez terminal, sieć decyduje czy może przyjąć nowe zgłoszenie. Parametry ruchowe zadeklarowane przez użytkownika określają wielkość zasobów sieciowych niezbędnych do realizacji danej usługi. Istotną zaletą systemu ATM jest efektywna gospodarka dostępnym pasmem transmisyjnym. W tradycyjnych systemach PCM jednostka czasu jest równo podzielona na stałe pomiędzy użytkowników. Każdy z nich może wprowadzić jedną jednostkę informacji (bajt) w ściśle określonym punkcie wewnątrz jednostki czasu (ramki). Jeżeli jeden z abonentów nie ma informacji do nadania, wówczas część pasma równa $1/(n+k)$ zostaje stracona, gdzie n jest liczbą użytkowników pasma, a k jest liczbą jednostek poświęconych na sygnalizację. W systemie ATM nie ma powiązania użytkownika z punktem w czasie (numerem szczeliny), co pozwala, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 5, na generację komórki przez terminal w dowolnym momencie.



Rys.43. Funkcjonowanie systemu ATM

Warstwowy model odniesienia systemu ATM



Rys. 44. Warstwowy model odniesienia techniki ATM

Zgodnie z przedstawionym schematem organizacyjnym, model odniesienia techniki ATM zawiera plan użytkownika, plan sterowania i plan zarządzania:

- Plan użytkownika realizuje funkcje przekazywania informacji użytkowej;
- Plan sterowania wykonuje zadanie sterowania czyli sygnalizację wymaganą w fazach zestawiania, utrzymania i rozłączenia połączenia;
- Plan zarządzania obejmuje zarządzanie i utrzymanie sieci. Wyróżniane są dwa typy funkcji: plan zarządzania i warstwę zarządzania. Funkcje realizowane przez plan zarządzania dotyczą zarządzania różnymi planami (użytkownika, sterowania i zarządzania). Plan ten nie ma wyróżnionych warstw.

Funkcje warstwy zarządzania obsługują informacje OAM związane z każdą warstwą. Funkcje zarządzania warstwą zawierają zarządzanie zasobami i uaktualnianie parametrów protokołów realizujących daną warstwę.

Plan użytkownika obejmuje trzy warstwy: fizyczną, ATM i adaptacyjną AAL. Plan sterowania ma taką samą strukturę warstwową.

Tabela 10. Funkcje warstw modelu odniesienia B-ISDN

Funkcje	Główna warstwa	Podwarstwa
<i>Funkcje warstwy wyższej</i>	<i>Wyższe warstwy</i>	
funkcja zbieżności	AAL	CS
segmentacja i składanie	AAL	SAR
zasadnicze sterowanie przekazem	ATM	-
generacja i przejmowanie nagłówków	ATM	-
translacja pól VPI/VCI	ATM	-
multipleksacja i demultipleksacja komórek	ATM	-
obsługa pola HEC	warstwa fizyczna	TC
adaptacja ramki transmisyjnej	warstwa fizyczna	TC
generowanie i rozkładanie ramek	warstwa fizyczna	TC
synchronizacja bitowa	warstwa fizyczna	PM
medium fizyczne	warstwa fizyczna	PM

- Warstwa fizyczna realizuje funkcje związane z poziomem bitowym. Obejmuje dwie podwarstwy: podwarstwę medium fizycznego (*PM-Physical Medium*) i podwarstwę zbieżności transmisji (*TC-Transmission Convergence*). Podwarstwa PM wykonuje funkcje, które są zależne od medium fizycznego, takie jak wyrównanie bitowe i generacja sygnału właściwego dla medium. Podwarstwa TC jest odpowiedzialna za wszystkie funkcje związane z transmisją komórek, tj. rozeznawanie szybkości transmisji komórek, sterowanie błędami nagłówka (*Header Error Control-HEC*), rozeznawanie początku komórek, adaptacja ramek transmisyjnych oraz generowanie i rozeznawanie ramek transmisyjnych.

- Funkcje warstwy ATM obejmują sterowanie przepływem (*flow control*), generowanie i wyodrębnianie nagłówka komórki, komutację komórek i multipleksację komórek.
- Warstwa ALL wykonuje funkcje związane z adaptacją protokołów wyższych poziomów na komórki ATM o stałej długości. Posiada dwie podwarstwy: segmentacji i złożenia wiadomości (*SAR-Segmentation and Reassembly*) oraz zbieżności (*CS-Convergence Sublayer*). Wysyłający SAR segmentuje PDU (*Protocol Data Unit*) na bloki właściwej długości pola informacyjnego komórek ATM, natomiast odbierający SAR łączy te bloki w PDU. Podwarstwa CS zależy od dostarczanej usługi i realizuje funkcję AAL dla warstw wyższych (tzn. detekcję i obsługę błędów, synchronizację itp.).

Warstwy ATM i fizyczna tworzą wspólnie strukturę określaną mianem *sieci transportowej ATM*.

Warstwa fizyczna

Podwarstwa PM realizuje funkcje związane ze specyfiką medium transmisyjnego, a w tym wzajemną konwersję postaci sygnałów, uzyskiwanie synchronizacji bitowej, kodowanie liniowe i in. Podwarstwa PM jest również odpowiedzialna za realizację dopełniania, tj. wstawianie i usuwanie pustych ramek nadawanych w chwilach, gdy źródło nie dostarcza informacji użytkowej.

Podczas dokonywania wyboru fizycznego medium transmisyjnego dla punktów odniesienia S_B i T_B należy uwzględnić, że obowiązujące zalecenia ITU preferują opcję światłowodową. Jednakże w celu wykorzystania istniejącego okablowania dopuszczalne jest również użycie innych technik takich jak szerokopasmowe kable koncentryczne, czy łącza xDSL.

Podwarstwa TC jest odpowiedzialna za realizację następujących funkcji:

- **dopasowania szybkości transmisji komórek** - wstawianie (w punkcie nadawania) i usuwanie (w miejscu odbioru) wolnych komórek dla utrzymania ciągłości przekazu w ścieżce transmisyjnej.
- **obsługę błędów nagłówka komórki** - w miejscu nadawania jest obliczana zawartość pola *Header Error Control - HEC*, którą porównuje się z wartością wyznaczoną ponownie w punkcie odbioru, co umożliwia wykrycie przekłamań transmisyjnych.
- **rozeznawanie początku komórek** - umożliwia odbiornikowi określenie granic komórki.
- **adaptację ramek transmisyjnych** - odpowiada za akcje konieczne dla dopasowania strumienia komórek do struktury ramek transmisyjnych.
- **przekazywanie ramek transmisyjnych** - realizacja uwzględnia tryb funkcjonowania łącza.

Zalecenie I.361. określa dwie opcje dla ramki transmisyjnej w podwarstwie TC: opartą na ciągłym strumieniu komórek (*cell based*) oraz ramkowej strukturze SDH.

- Dla opcji *cell based*, komórki przesyłane są w sposób ciągły bez żadnej regularnej struktury ramki. Informacje OAM jest przesyłana w specjalnych komórkach nazywanych PLOAM (*Physical Layer OAM*), identyfikowanych przez pole nagłówka. Komórki PLOAM mają znaczenie jedynie w warstwie fizycznej i nie są przesyłane do warstwy ATM. PLOAM służą do monitorowania efektywności, detekcji awarii i raportowania o błędach transmisyjnych.
- Dla opcji z wykorzystaniem SDH, komórki przesyłane są w ramce SDH. SDH jest hierarchicznym systemem transmisyjnym opartym na koncepcji *SONET (Synchronous Optical Network)*. Informacje OAM są przesyłane w nagłówku ramki SDH zgodnie z zaleceniami G.707, G.708 i G.709.

Przekaz realizowany zgodnie z opcją *cell-based* polega na wymianie ciągłego strumienia typowych komórek systemu ATM. Zegar synchronizujący procesy transmisyjne może być przy

tym uzyskiwany z danych odbieranych, dostępnych w punkcie odniesienia T_B , lub generowany niezależnie przez wyposażenie abonenckie.

Minimalny odstęp pomiędzy komórkami warstwy fizycznej wynosi 26 komórek generowanych przez warstwy wyższe systemu. Komórki warstwy fizycznej obejmują przy tym zarówno przenoszące informacje utrzymaniowe ramki OAM, jak i wykorzystywane dla wypełniania przerw w przekazie komórki wypełniające. Komórki OAM nie mogą być nadawane częściej niż raz na 27 innych komórek oraz nie rzadziej niż co 513 elementarnych szczelin czasowych.

Zalecenie I.610 określa trzy typy procesów generujących strumienie (*flows*) danych utrzymaniowych, stanowiących uporządkowany ciąg komórek OAM warstwy fizycznej. Są to kolejno:

- F1 - strumień danych poziomu regeneracji;
- F2 - dane sekcji cyfrowej, które nie występują na styku UNI w wersji *cell-based*;
- F3 - strumień informacji odnoszących się do ścieżki transmisyjnej.

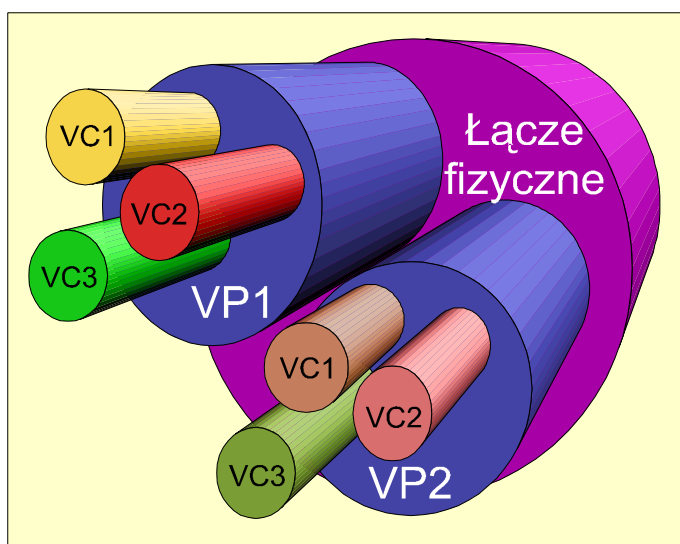
Wymienione procesy generują dane, które posiadają nadrzędny priorytet w stosunku do komórek użytkowych. Aby uniknąć znaczącej redukcji efektywnej przepustowości łącza przyjęto, że minimalny odstęp pomiędzy kolejnymi komórkami OAM może wynosić 513 szczelin czasowych.

Warstwa ATM

Działania podejmowane przez warstwę ATM obejmują następujące funkcje:

- **multipleksacji/demultipleksacji** - komórki ATM generowane w nadajniku są multipleksowane na jeden strumień rozdzielany następnie w punkcie odbioru.
- **dobawania i usuwania nagłówka** - w nadajniku warstwa ATM dodaje nagłówek do pola informacyjnego odebranego od warstwy AAL, który w odbiorniku jest usuwany.
- **tłumaczenia VP/VC** - warstwa ATM węzłów systemowych tłumaczy wejściowy adres VPI/VCI na odpowiedni adres wyjściowy.
- **sterowania przepływem** - zapobiega przeciążeniom zasobów transmisyjnych systemu.

Każda komórka ATM zawiera w swoim nagłówku etykietę określającą kanał wirtualny, do którego komórka należy. Etykieta obejmuje pole identyfikatora kanału wirtualnego (*Virtual Channel Identifier - VCI*) oraz pole identyfikatora ścieżki wirtualnej (*Virtual Path Identifier - VPI*). Wzajemne powiązanie pojęć kanału wirtualnego oraz ścieżki wirtualnej (i transmisyjnej) ilustruje rysunek:



Rys.45. Struktura połączeń wirtualnych

Zawartość VCI identyfikuje indywidualne łącze wchodzące w skład wirtualnej ścieżki połączeniowej (*Virtual Path Connection - VPC*). Wartość VCI jest przypisywana każdorazowo podczas procesów komutacyjnych realizowanych przez węzły sieciowe, dzięki czemu kanał wirtualny może być postrzegany jako jednokierunkowa relacja transferująca komórki ATM pomiędzy kolejnymi elementami systemu, której tworzenie oraz zakończenie realizowane jest poprzez nadanie oraz usunięcie przypisanej wartości VCI.

Funkcje kierowania kanałów wirtualnych realizowane są przez komutatory oraz przełącznice VC, które prowadzą translację wartości VCI komórek odbieranych na identyfikatory odpowiednie dla łączy wychodzących.

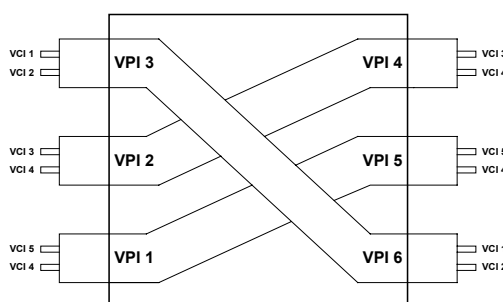
Zestaw łączy transferujących VC stanowi wirtualne połączenie (*Virtual Channel Connection - VCC*) punktów prowadzących wzajemną wymianę informacji zawartych w części informacyjnej komórek

i danych użytkowników usług warstwy ATM. Punkty te określane są mianem punktów końcowych VCC ponieważ realizują wymianę danych w relacjach użytkownik-użytkownik, użytkownik- sieć oraz pomiędzy dwoma sieciami. Integralność sekwencji komórek wymienianych pomiędzy punktami końcowymi VCC wynika bezpośredniego z połączeniowego trybu funkcjonowania sieci ATM.

Pojęciem nadrzędnym w stosunku do VC jest wirtualna ścieżka (VP) obejmująca grupę kanałów o tym samym punkcie przeznaczenia. W ten sposób wartość VPI identyfikuje zestaw VC, które w rozważanym punkcie odniesienia stanowią zawartość tej samej wirtualnej ścieżki połączeniowej VPC.

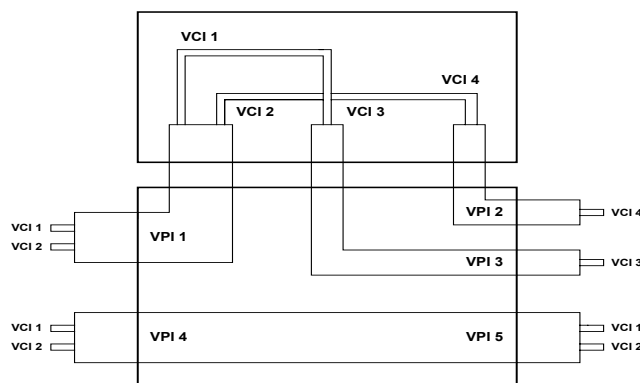
Podobnie jak to przedstawiono wcześniej w odniesieniu do VC, wartość VPI jest przypisywana każdorazowo podczas procesów komutacyjnych realizowanych przez węzły sieciowe, dzięki czemu ścieżka wirtualna stanowi jednokierunkową relację transmisyjną pomiędzy dwoma węzłami systemu, której tworzenie oraz zakończenie realizowane jest poprzez nadanie oraz usunięcie przypisanej wartości VPI.

Funkcje kierowania ścieżek wirtualnych realizowane są przez komutatory oraz przełącznice VP, prowadzące translację wartości VPI ścieżek wejściowych na identyfikatory właściwe dla ścieżek wyjściowych w sposób przedstawiony schematycznie na poniższym rysunku:



Rys.46. Komutacja ścieżek wirtualnych

Zestaw łączy transferujących VP stanowi wirtualne połączenie punktów końcowych VPC realizujących wymianę danych w identycznych relacjach i na takich samych zasadach jak punkty końcowe VCC. Jeśli w węzle systemowym, przez który przechodzi VPC zachodzi potrzeba komutacji zawartych w nim VC, to są one zakończone, zaś dostarczone za ich pośrednictwem komórki zostają przesłane do punktu przeznaczenia za pośrednictwem nowych kanałów wirtualnych. Technikę wspólnej komutacji kanałów i ścieżek wirtualnych ilustruje w sposób poglądowy następujący schemat:

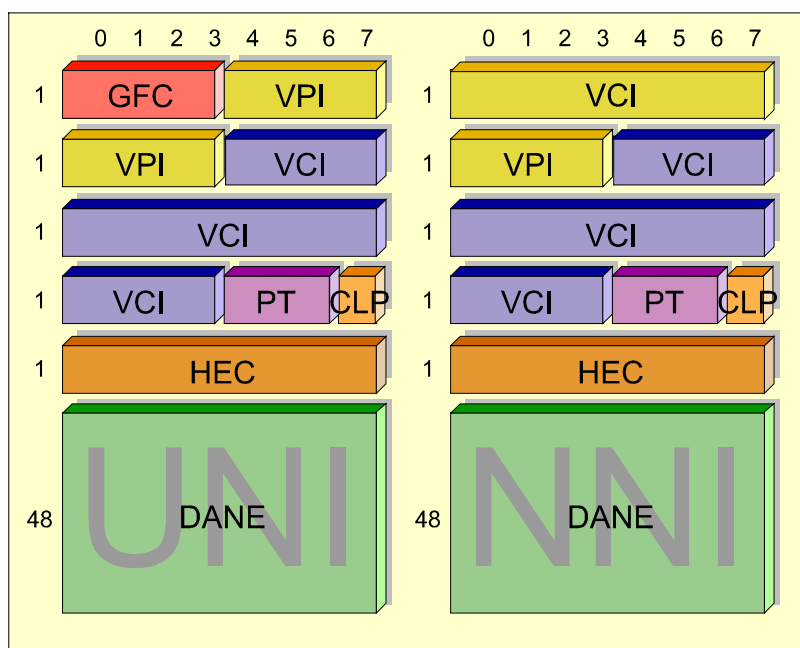


Rys.47. Komutator VC/VP

Oprócz komórek przenoszących informacje, w sieci przesyłane są komórki sterujące i zarządzające opatrzone przydzielonymi na stałe wartościami VPI i VCI. Dotyczy to w szczególności komórek:

- warstwy fizycznej;
- bez przydziału (dodatkowych);
- metasygnalizacyjnych;
- sygnalizacyjnych różnych typów.

Struktury nagłówków komórek na stykach użytkownik-sieć (*User Network Interface - UNI*) oraz sieć-sieć (*Network Node Interface - NNI*) przedstawiono na rysunku:



Rys.48. Struktura komórek ATM na stykach: UNI i NNI.

Wykorzystanie pól nagłówka komórki ATM jest następujące:

GFC (*Generic Flow Control*) - pole sterowania ruchem - występuje tylko na styku UNI, zawiera 4 bity wykorzystywane do celów zarządzania priorytetami urządzeń pracujących ze wspólnym dostępem do sieci.

VCI (*Virtual Channel Identifier*) - identyfikator ścieżki wirtualnej - występuje zarówno na styku UNI jak i NNI. Ma długość 16 bitów, dzięki czemu możliwe jest utworzenie 65536 VC w obrębie każdej VP.

VPI (Virtual Path Identifier) - identyfikator ścieżki wirtualnej - dla styku UNI jego długość wynosi 8, zaś na NNI -12 bitów. Daje to odpowiednio możliwość utworzenia 256 i 4096 ścieżek wirtualnych.

PT (Payload Type) - typ komórki - określa czy komórka przenosi informacje użytkownika, czy informacje zarządzające.

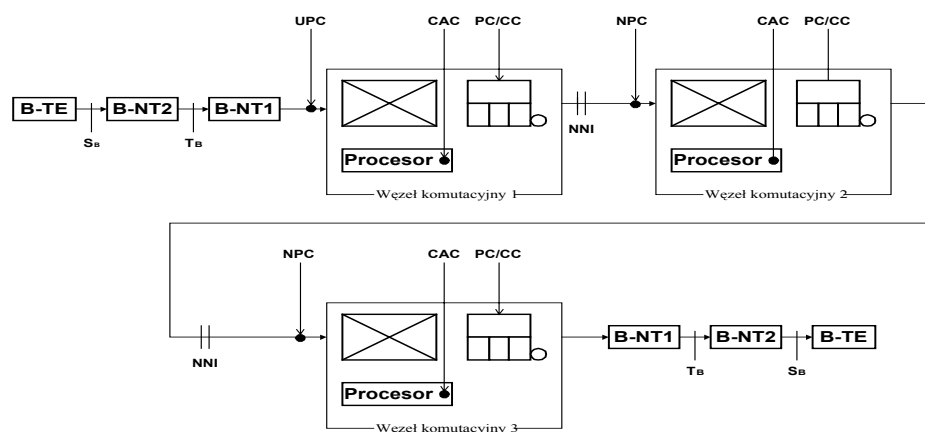
CLP (Cell Loss Priority) - priorytet komórki - ma długość 1 bitu. Wartość $CLP = 1$ nadawana jest automatycznie komórkom, gdy przekroczone zostaną warunki wstępnego kontraktu ruchowego. Komórki takie są usuwane w sytuacji natłoku przed oznaczonymi $CLP = 0$.

HEC (Header Error Control) - pole kontroli błędów - ma długość 8 bitów, chroni zawartość całego nagłówka.

Funkcje sterowania ruchem

Sieć telekomunikacyjna działająca w oparciu o technikę ATM należy do klasy szybkich sieci z komutacją pakietów. Jednakże, w porównaniu z tradycyjnymi sieciami pakietowymi, technika ATM zakłada konieczność zestawienia połączenia (wirtualnego). Zestawienie takiego połączenia wiąże się z przydzieleniem określonych zasobów sieci, gwarantujących przekaz danych z wymaganą jakością, wyrażaną poprzez dopuszczalne wartości parametrów poziomu świadczenia usługi (*Grade of Service GOS*) takich jak prawdopodobieństwo straty komórki (*CLR*), maksymalne dopuszczalne opóźnienie (*maxCTD*) oraz dopuszczalna zmienność opóźnienia (*CDV*).

Realizacja odpowiedniej strategii sterowania ruchem w sieci ATM jest zagadnieniem skomplikowanym, zaś prace nad ustaleniem akceptowalnej przez środowisko techniczne strategii ciągle trwają. Model odniesienia sterowania ruchem w sieci ATM przedstawiony jest na rysunku:



Rys. 49. Model odniesienia dla sterowania ruchem w sieci ATM.

Z przedstawionego modelu odniesienia funkcji sterowania ruchem w sieci ATM wynika, że funkcje UPC i NPC występują odpowiednio na stykach UNI oraz NNI. Węzeł komutacyjny realizuje natomiast oprócz samej komutacji, funkcję przyjmowania nowych wywołań CAC oraz funkcję obsługi priorytetów i przeciwdziałania przeciążeniom - PC/CC.

Panuje ogólna zgodność co do wymagania zapewnienia możliwie dużego stopnia spójności pomiędzy wymienionymi funkcjami sterowania ruchem, ale wypracowanie efektywnych realizacji tych funkcji jest ciągle przesuwane w czasie. Dla zapewnienia odpowiedniej QoS należących do różnych klas usługowych wykorzystywany jest zbiór schematów sterowania ruchem, w którego skład wchodzi:

- **CAC (*Connection Admission Control*)** - Funkcję CAC definiuje się jako działania podejmowane przez sieć w czasie zestawiania połączenia (lub w czasie fazy renegocjacji warunków połączenia) dla sprawdzenia czy żądane połączenie może być zrealizowane czy też musi być odrzucone. Funkcja doboru drogi jest elementem rozważanej funkcji. Wszystkie parametry mogą być renegocjowane w czasie trwania połączenia na żądanie użytkownika.
- **UPC/NPC (*Usage/Network Parameter Control*)** - funkcja UPC/NPC obejmuje działania sieci związane z monitorowaniem i sterowaniem ruchem na jej wejściu. Zgłoszenie jest przyjmowane do sieci przez funkcję CAC na podstawie parametrów zadeklarowanych przez źródło. Nie oznacza to jednak, że w trakcie transmisji źródło będzie się wywiązywało ze zobowiązań zawartych w kontrakcie ruchowym ustalonym na początku połączenia. Skutkiem takich odchyień od deklarowanego obciążenia ruchowego byłoby pogorszenie QoS innych połączeń. Funkcja UPC/NPC ma temu zapobiec.
- **PC (*Priority Control*)** - jest to funkcja obsługi priorytetów. Użytkownicy sieci mogą generować ruch o różnych priorytetach (I.150). Element sieci, w którym wykryto przeciążenie powinien odrzucić ruch o niższym priorytecie po to, aby zapewnić odpowiednią jakość obsługi ruchu o wyższym priorytecie.
- **CC (*Congestion Control*)** - funkcja przeciwdziałająca przeciążeniu w sieci. Dotyczy ona zarówno działań sieci jak i użytkowników dla potrzeb regulowania generowanego ruchu danego połączenia ATM.
- **NRM (*Network Resource Management*)** - funkcja zarządzania zasobami sieci. Zasadniczym zadaniem rozważanej funkcji jest takie zarządzanie zasobami sieci, aby zapewnić "oddzielną" obsługę ruchu o podobnych charakterystykach (inaczej mówiąc, różne typy ruchów powinny być obsługiwane, w miarę możliwości, przez inne zasoby sieci).

Sterowanie ruchem w sieci ATM realizuje funkcja UPC i funkcja CAC. Technika ATM pozwala wykorzystywać zasoby sieci w sposób elastyczny. Efektywne wykorzystanie pasma zapewnia możliwość realizacji multipleksacji statystycznej. Jednakże dla zapewnienia wymaganej jakości QoS dla wszystkich użytkowników, konieczna jest implementacja funkcji sterowania ruchem.

W fazie zestawiania połączenia użytkownik podaje wartość żadanego pasma. Wymaganie dotyczące pasma wyraża się przez podanie tzw. parametrów ruchowych (*traffic parameters*), które wraz z wartościami charakteryzującymi aktualne wykorzystanie zasobów sieci, są dla funkcji CAC podstawą do podjęcia decyzji o przyjęciu/odrzuconiu nowego zgłoszenia.

W przypadku akceptacji, ważne jest zabezpieczenie przed ewentualnością generowania przez użytkownika ruchu niezgodnego z deklaracjami (opłata za realizację połączenia związana jest obecnie z ruchem deklarowanym - w innym przypadku baza dla realizacji funkcji CAC jest niepewna). Nadzorowanie ruchu jest realizowane przez funkcję UPC. Do tej pory zostało zgłoszonych wiele propozycji dotyczących realizacji tej funkcji. Najbardziej obiecujący jest tzw. mechanizm *leaky bucket*. Podobne zadanie na styku sieć-sieć pełni procedura NPC.

Warstwa AAL

Adaptacyjna warstwa modelu odniesienia techniki ATM (*ATM Adaptation Layer - AAL*) zawiera funkcje rozszerzające ograniczone z założenia możliwości warstwy ATM, dzięki czemu możliwe jest spełnienie specyficznych wymagań stawianych przez różnorodne aplikacje usługowe. AAL realizuje zadania na rzecz użytkownika oraz planów sterowania i zarządzania, prowadząc w szczególności odwzorowanie postaci danych wymienianych z warstwą ATM systemu. Ponieważ AAL powinna być zdolna do prowadzenia obsługi różnorodnych protokołów

użytkownika, w każdym konkretnym przypadku jej implementacja musi być ściśle odzwierciedlać charakterystykę realizowanej usługi.

Wykaz typowych zadań realizowanych przez AAL obejmuje:

- obsługę błędów transmisyjnych;
- dostosowanie danych dostarczanych w postaci ramek przez aplikację usługową do ich przesyłania za pośrednictwem komórek ATM;
- podejmowanie akcji naprawczych w przypadkach utraty lub dostarczenia nadmiarowych komórek z danymi użytkowymi;
- sterowanie przepływem danych oraz utrzymanie wymaganych parametrów czasowych przekazu.

Duża różnorodność wymienionych zadań powoduje, że ich realizacja prowadzona jest przy wykorzystaniu funkcji, które z uwagi na swoją specyfikę tworzą następujące podwarstwy:

- Segmentacji i zestawiania (*Segmentation and Reassembly Sublayer - SAR*), która po stronie nadawczej dokonuje podziału bloków informacji użytkowej na segmenty odpowiadające rozmiarowi komórek, zaś w odbiorniku zestawia ramki wymagane przez aplikację usługową wypełniając je informacjami dostarczonymi przez warstwę ATM.
- Konwergencji (*Convergence Sublayer - CS*), realizującą podstawowe zadania funkcjonalne punktu dostępu do usług warstwy AAL (*AAL Service Access Point - AALSAP*).

W chwili obecnej punkt SAP rozdzielający podwarstwy SAR i CS nie jest zdefiniowany, zaś potrzeba jego wprowadzenia jest przedmiotem intensywnych studiów. Natomiast charakterystyki AAL-SAP, umiejscowionego pomiędzy AAL i wyższymi warstwami modelu odniesienia, zawiera zalecenie I.363, którego zapisy zostaną przedstawione w dalszej części bieżącego rozdziału. Choć w szczególnym przypadku zbiór funkcji realizowanych przez SAR i CS może być pusty, w ogólności obejmuje liczne procedury, których zadania zależą ściśle od klasy realizowanej aplikacji usługowej wyznaczanej następującymi atrybutami:

- rodzajem powiązań czasowych pomiędzy źródłem i odbiornikiem informacji (konieczne lub nie wymagane);
- charakterem zmian prędkości transmisji (stała lub zmienna);
- trybem realizacji wymiany danych (połączeniowy lub bezpołączeniowy).

Inne charakterystyki są traktowane jako parametry jakości świadczenia usług telekomunikacyjnych (*Quality of Service - QoS*) i jako takie nie wpływają na powiększenie listy obsługiwanych przez warstwę AAL klas usługowych. W chwili obecnej ich podstawowy zestaw obejmuje:

- **AAL 1** - przeznaczona do realizacji usług wymagających synchronizacji czasowej pomiędzy źródłem i ujściem danych przekazywanych ze stałą szybkością (klasa A ITU).
- **AAL 2** - dotyczy usług o zmiennej szybkości transmisji wymagających synchronizacji pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem (klasa B ITU).
- **AAL 3** - wykorzystywana do transmisji danych komputerowych w trybie połączeniowym (klasa C ITU).;
- **AAL 4** - umożliwia transfer zbiorów i wiadomości bez zestawiania połączenia (klasa D ITU).

Dodatkowo, w 1995 r. zaproponowano klasę AAL 5 właściwą zarówno usługom połączeniowym jak i nie wymagającym zestawienia łącza. Klasy AAL odzwierciedlają ściśle specyfikację ITU-T, definiującą następujące rodzaje usług realizowanych przy wykorzystaniu techniki ATM:

- **klasa A:** dotyczy usług, w których wymagana jest ścisła relacja czasowa pomiędzy źródłem i ujściem; przeznaczona jest dla źródeł wymagających stałej szybkości transmisji (*Constant Bit Rate - CBR*);
- **klasa B:** dotyczy usług o zmiennej szybkości nadawania wymagających synchronizacji pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem (*Variable Bit Rate - VBR*);
- **klasa C:** dla usługi transmisji danych wymagających zestawienia połączenia;
- **klasa D:** dla usługi transmisji danych nie wymagających zestawienia połączenia.

Należy podkreślić, że zgodnie z zestawieniem zawartym w poniższej tabeli, zdefiniowane obecnie klasy AAL nie obejmują wszystkich potencjalnie możliwych kombinacji atrybutów aplikacji usługowych.

Tablica 11. Podział klas usługowych AAL/ITU

	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D
Synchronizacja nad/odb	wymagana		nie wymagana	
Szybkość przekazu	stała	zmienna		
Tryb komunikacji	połączeniowy			bezpoleczeniowy

Przykładami realizacji poszczególnych klas kwalifikacyjnych są następujące aplikacje usługowe:

- AAL1 (klasa A) Emulacja łączy, telefonia i wideo bez przekształceń;
- AAL2 (klasa B) Przekaz audiowizualny poddany kompresji (np. MPEG);
- AAL3 (klasa C) Dane sygnalizacyjne, realizacja transakcji;
- AAL4 (klasa D) Emulacja LAN, sieci wirtualne.

Podstawowe zestawy protokołów obejmujących funkcje podwarstw SAR i CS dobrane właściwie dla obsługi wymienionych aplikacji zawiera zalecenie I.363. Oczekuje się, że w miarę rozwoju rynku usług telekomunikacyjnych niezbędne będzie rozszerzenie obowiązujących specyfikacji zarówno poprzez różnicowanie parametrów funkcji już istniejących, jak i definiowanie procedur nowego typu. Dotyczy to w szczególności realizacji trybów bezpołączeniowych (*ConnectionLess - CL*) rozwijanych ostatnio bardzo intensywnie w związku z dużą popularnością sieci opartych na zestawie protokołów TCP/IP. Dodatkowymi funkcjami niezbędnymi do realizacji usług CL są adresowanie warstwy sieciowej oraz routing, które rezydując w warstwach wyższych stają się użytkownikami AAL. Na podobnych zasadach wykorzystują AAL typowe procedury sygnalizacyjne, obsługiwane przez identyczne funkcjonalnie klasy 3 i 4, co odpowiada to intencjom ITU zmierzającej do przypisania ruchu służbowego pojedynczej klasie warstwy adaptacyjnej.

Na zakończenie części wstępnej należy wspomnieć, że niektóre mniej skomplikowane aplikacje usługowe mogą być realizowane bezpośrednio w oparciu o możliwości oferowane przez warstwę ATM. W takich przypadkach implementacja protokołu sterowania informacją (*Protocol Control Information - PCI*) nie jest wymagana, zaś realizowane funkcje AAL ograniczają się do nadawania i odbioru usługowych jednostek danych warstwy ATM (*ATM Service Data Unit - ATM SDU*), którymi są pola danych transmitowanych komórek.

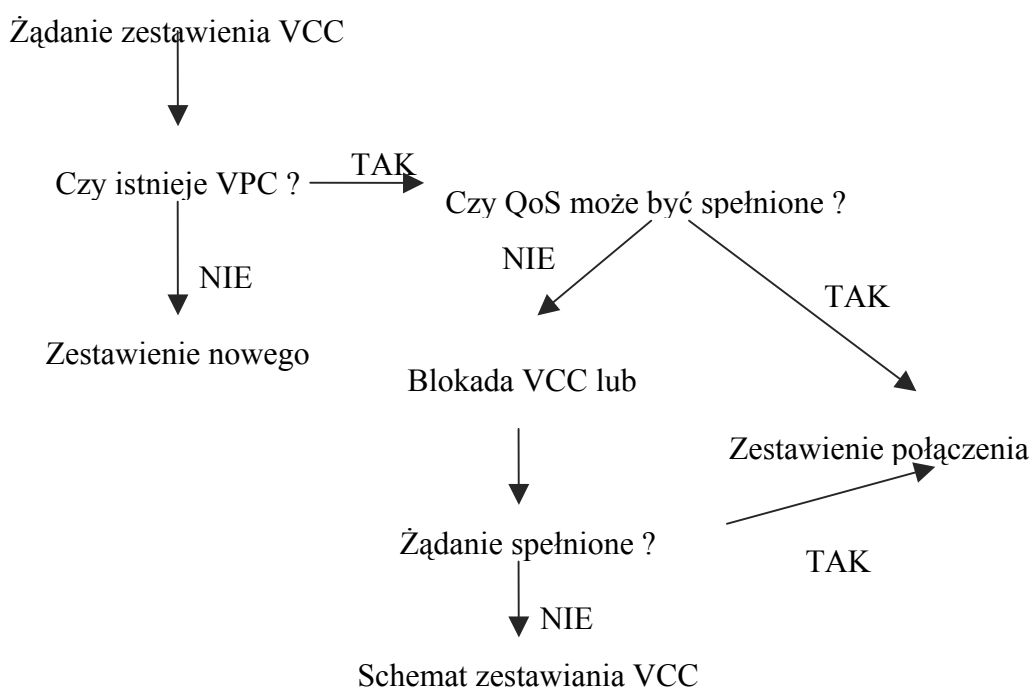
Podstawowe typy urządzeń

Przesyłanie komórek w sieci ATM jest realizowane przez uprzednio zestawione połączenia logiczne. Komórki niosące informacje w ramach jednego połączenia tworzą kanał wirtualny VC

(*Virtual Channel*). Grupa kilku kanałów wirtualnych tworzy natomiast ścieżkę wirtualną VP (*Virtual Path*).

Połączenia realizowane w technice ATM mogą być typu kanał wirtualny (*Virtual Channel Connection - VCC*), bądź ścieżka wirtualna (*Virtual Path Connection - VPC*). Połączenia VCC i VPC są duplexowe i ustanawia się je pomiędzy dwoma użytkownikami końcowymi. Ustanowienie danego połączenia odbywa się za pomocą kanału sygnalizacyjnego (także logicznie).

Życie ścieżki wirtualnej radykalnie upraszcza zarządzanie siecią, gdyż liczba ścieżek wirtualnych jest znacznie mniejsza od liczby kanałów. Oprócz uproszczenia procedury zestawiania nowego połączenia zmniejsza się również czas potrzebny na jego realizację. Sieć, mając zarezerwowane pasmo w konkretnej ścieżce, może bardzo łatwo sprawdzić, czy jest ono wystarczające dla danego zgłoszenia. Jeśli jest ono za małe, zgłoszenie zostaje odrzucone. Na przyspieszenie procedury ustanawiania nowego połączenia, wykorzystującego ścieżki wirtualne, ma również wpływ brak zestawiania połączeń w węzłach pośrednich, przez które przebiega dana ścieżka. Schemat nawiązania połączenia przy użyciu powyższej koncepcji przedstawia rysunek:



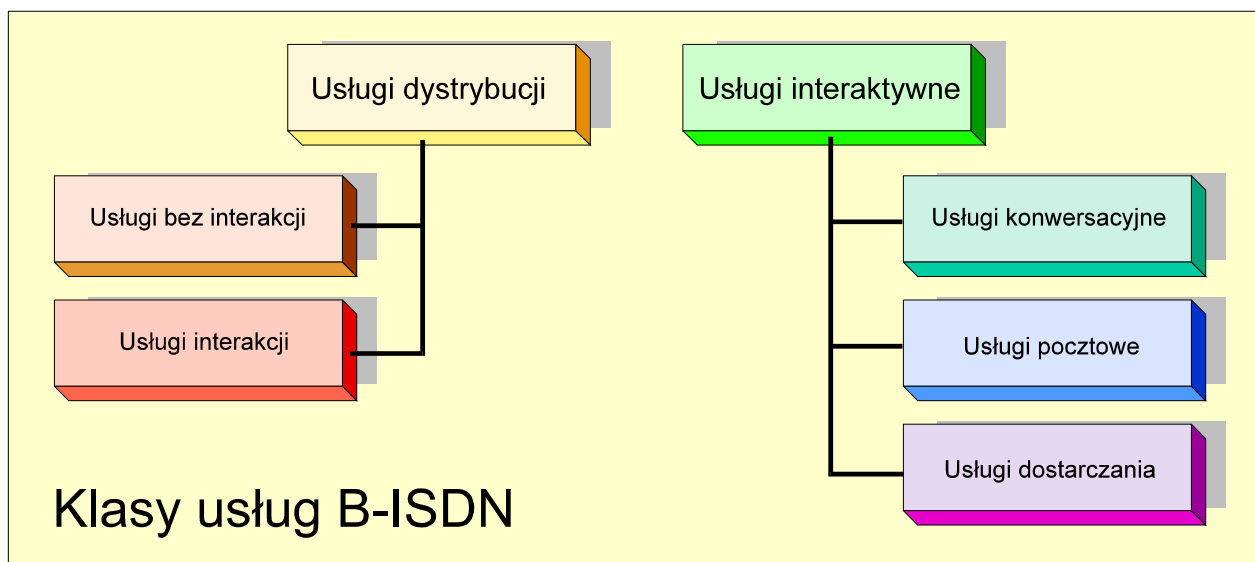
Algorytm zestawiania połączenia z wykorzystaniem ścieżek wirtualnych.

Możliwość dynamicznej zmiany szerokości pasma przydzielonego poszczególnym ścieżkom wirtualnym pozwala na efektywną gospodarkę zasobami sieci w przypadku, kiedy ruch charakteryzują pewne fluktuacje w czasie. Umożliwia to lepsze wykorzystanie całkowitego pasma transmisyjnego poprzez „dostosowanie” sieci do zmieniających się warunków. Ponieważ zmiany w konfiguracji ścieżek wirtualnych następują znacznie rzadziej niż zmiany w konfiguracji kanałów wirtualnych, istnieje możliwość centralnego sterowania optymalnym przydziałem pasma dla poszczególnych połączeń VPC.

Szerokopasmowe usługi sieci ISDN

Klasyfikacja usług systemu B-ISDN prowadzona jest z punktu widzenia zasobów sieciowych. Odpowiednio do realizowanych funkcji komunikacyjnych aplikacje usługowe B-ISDN stanowią przedmiot międzynarodowych porozumień standaryzacyjnych i w rezultacie są oferowane przez operatorów w formie usług przenoszenia oraz teleusług.

Podstawowy podział usług szerokopasmowych sieci B-ISDN przedstawia rysunek:



Rys. 50. Klasyfikacja usług szerokopasmowych

Usługi konwersacyjne - stanowią formę dwukierunkowej komunikacji realizowanej w czasie rzeczywistym. Przepływ danych może być realizowany zarówno w trybie dwukierunkowym (symetrycznym i asymetrycznym), jak i jednokierunkowym. Typowymi przykładami usług konwersacyjnych są wideotelefon, wideokonferencje oraz wymiana danych komputerowych.

Usługi wymiany komunikatów (pocztowe) - umożliwiają prowadzenie wymiany wiadomości realizowanej za pośrednictwem sieciowych węzłów pocztowych funkcjonujących w myśl zasady „przechowaj i przekaz”. Węzły stanowią odpowiednik klasycznych skrzynek pocztowych, których funkcję rozszerzono o przetwarzanie i konwersję formatów przechowywanych wiadomości.

Usługi udostępniania (dostarczania) - przeznaczone do realizacji dostępu użytkowników do zasobów wiedzy zgromadzonych w centrach usługowych. Informacja w postaci trwale ustalonej sekwencji danych jest udostępniana w odpowiedzi na zgłaszane zapotrzebowanie począwszy od chwili czasowej wskazanej przez abonenta usługi.

Usługi dystrybucji bez interakcji - stanowią zestaw obejmujący typowe aplikacje rozgłoszeniowe, które zapewniają dostarczanie danych generowanych przez sieciowy węzeł źródłowy do dowolnej liczby autoryzowanych abonentów systemu. Użytkownicy mogą realizować dostęp do przesyłanych informacji bez potrzeby precyzyjnego określania chwili rozpoczęcia transmisji, uwzględniając wszakże, że część przekazu może zostać bezpowrotnie utracona. Przykładami usług dystrybucyjnych bez interakcji są programy radiowe i telewizyjne.

Usługi dystrybucji z interakcjami - podobnie jak w poprzednim przypadku scenariusz usługowy obejmuje rozsyłanie danych z punktu centralnego do dowolnej liczby użytkowników. Informacja ma postać sekwencyjnie powtarzanych bloków (ramek), co umożliwia wybór

momentu początkowego odbioru oraz indywidualne zestawienie porządku prezentacji, w tym jej realizacja od ustalonego punktu startowego. Przykładem usług z interakcjami jest tzw. „wideo na życzenie” (*Video on Demand - VoD*).

Określenie oraz kompletna specyfikacja atrybutów usług sieci B-ISDN jest możliwa pod warunkiem uwzględnienia istniejących i potencjalnych oczekiwań obecnych i przyszłych użytkowników tak zbiorowych, jak i indywidualnych.

Przykłady typowych obecnych oraz potencjalnie możliwych usług telekomunikacyjnych sieci szerokopasmowych wraz z ich aplikacjami oraz wartościami atrybutów zestawiono w poniższej tabelicy:

Tablica 12. Szerokopasmowe usługi systemu ISDN ^{a)}

Klasy usługowe	Rodzaj informacji	Przykłady usług szerokopasmowych	Aplikacje	Możliwe wartości atrybutów usługowych ^{g)}
Usługi konwersacji	Ruchomy obraz i dźwięk	Wideotelefonnia Szerokopasmowa ^{b), c)}	Wymiana głosowa (dźwiękowa), ruchomych i stałych obrazów oraz dokumentów pomiędzy dwoma lokalacjami ^{c)} <ul style="list-style-type: none"> - Teleedukacja - Telehandel - Telezapowiedzi 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt; - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna.
		Wideokonferencja Szerokopasmowa ^{b), c)}	Wielopunktowa wymiana głosowa (dźwiękowa), ruchomych i stałych obrazów oraz dokumentów pomiędzy dwoma lub więcej lokalacjami ^{c)} <ul style="list-style-type: none"> - Teleedukacja - Telehandel - Telezapowiedzi 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt; - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna.
		Nadzór wideo	<ul style="list-style-type: none"> - Bezpieczne budynki - Monitoring ruchu (ulicznego) 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt; - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna.
		Usługa przekazów danych audio oraz wideo	<ul style="list-style-type: none"> - Transfer sygnałów TV - Dialog audio i wideo - Pozyskiwanie informacji 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt; - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna.
	Dźwięk	Usługa transmisji wielokanałowej	<ul style="list-style-type: none"> - Kanały z komentarzem w różnych językach; - Przekazy wielokanałowe 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna
	Dane	Usługa szybkiej transmisji danych cyfrowych bez ograniczeń	<ul style="list-style-type: none"> - Szybkie przekazy danych - łączenie sieci LAN - łączenie sieci MAN - łączenie komputerów - Transfer multimedialny - Interaktywne CAD/CAM 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie, z rezerwacją, łącza trwałe; - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna - Połączeniowe i bezpołącz.
		Usługa transmisji zbiorów o dużej objętości	<ul style="list-style-type: none"> - Transfer zbiorów danych 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna
	Dokumenty	Szybki telefax	Transfer tekstu, obrazów, rysunków itp. pomiędzy użytkownikami	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna
		Usługa wymiany obrazów o dużej rozdzielczości	<ul style="list-style-type: none"> - Profesjonalne ilustracje - Obrazy medyczne - Dostęp do serwerów gier oraz gry sieciowe 	
		Usługa wymiany dokumentów	Transfer dokumentów multimedialnych ^{d)}	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna i asymetryczna

Tablica (ciąg dalszy). Szerokopasmowe usługi systemu ISDN a)

Klasy usługowe	Rodzaj informacji	Przykłady usług szerokopasmowych	Aplikacje	Możliwe wartości atrybutów usługowych ^{g)}
Usługi przekazu wiadomości	Ruchome obrazy (wideo) oraz dźwięk	Usługa poczty wideo	Usługa elektronicznej skrytki pocztowej dla ruchomych obrazów i skojarzonego dźwięku	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna (jednokierunkowa rozważana)
	Dokumenty	Usługa poczty multimedialnej	Usługa elektronicznej skrytki pocztowej dla dokumentów multimedialnych ^{d)}	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa symetryczna (jednokierunkowa rozważana)
Usługi dostarczania	Tekst, dane, grafika, dźwięk, obrazy stałe i ruchome	Szerokopasmowy wideotex	<ul style="list-style-type: none"> - Wideoteks dla obrazów ruchomych - Zdalna edukacja i szkolenie - Telesoftware - Telehandel - Telezapowiedzi - Rozsyłanie wiadomości 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt - Dwukierunkowa asymetryczna
		Usługa dostarczania wideo	<ul style="list-style-type: none"> - Zastosowania rozrywkowe - Zdalna edukacja i szkolenie 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie i z rezerwacją - Punkt-punkt i wielopunkt^{f)} - Dwukierunkowa asymetryczna
		Usługa dostarczania obrazów o wysokiej rozdzielczości	<ul style="list-style-type: none"> - Zastosowania rozrywkowe - Zdalna edukacja i szkolenie - Profesjonalne ilustracje - Obrazy medyczne 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie i z rezerwacją - Punkt-punkt i wielopunkt^{f)} - Dwukierunkowa asymetryczna
		Usługa dostarczania dokumentów	Udostępnianie dokumentów multimedialnych z centrów informatycznych, elektronicznych archiwów itp. ^{d), e)}	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie - Punkt-punkt i wielopunkt^{f)} - Dwukierunkowa asymetryczna
		Usługa dostarczania danych	Telesoftware	
Usługi dystrybucji bez interakcji	Wideo	Usługi rozsyłania TV o jakości standardowej (PAL, SECAM, NTSC)	Dystrybucja programów TV	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie (wybór), łącze stałe - Rozsyłanie - Dwukierunkowa asymetryczna i jednokierunkowa
		Usługa dystrybucji TV o podwyższonych parametrach: - TV podwyższonej rozdzielczości - TV podwyższonej jakości	Dystrybucja programów TV	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie (wybór), łącze stałe - Rozsyłanie - Dwukierunkowa asymetryczna i jednokierunkowa
		Usługa dystrybucji TV dużej rozdzielczości	Dystrybucja programów TV	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie (wybór), łącze stałe - Rozsyłanie - Dwukierunkowa asymetryczna i jednokierunkowa
		Płatna TV (<i>pay-per-view, pay-per-channel</i>)	Dystrybucja programów TV	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie (wybór), łącze stałe - Rozsyłanie - Dwukierunkowa asymetryczna i jednokierunkowa
	Tekst, grafika, obrazy nieruchome	Usługa rozsyłania dokumentów	<ul style="list-style-type: none"> - Elektroniczne gazety - Elektroniczne publikacje 	<ul style="list-style-type: none"> - Na życzenie (wybór), łącze stałe - Rozsyłanie - Dwukierunkowa asymetryczna i jednokierunkowa

Tablica (ciąg dalszy). Szerokopasmowe usługi systemu ISDN a)

Klasy usługowe	Rodzaj informacji	Przykłady usług szerokopasmowych	Aplikacje	Możliwe wartości atrybutów usługowych ^{g)}
Usługi dystrybucji bez interakcji <i>kontynuacja</i>	Data	Usługa dystrybucji dowolnej informacji cyfrowej z dużą szybkością	Dystrybucja dowolnej informacji	– Łąca stałe; – Rozgłaszanie – Jednokierunkowe
	Wideo i skojarzony dźwięk	Usługa dystrybucji informacji wideo	Dystrybucja sygnałów audio - wideo	– Łąca stałe; – Rozgłaszanie – Jednokierunkowe
Usługi dystrybucji z interakcjami	Tekst, grafika, głos dźwięk, stałe i ruchome obrazy	Pełnokanałowe rozgłaszanie multimedialne	– Zdalna edukacja i szkolenie – Telesoftware – Telehandel – Telezapowiedzi – Rozsyłanie wiadomości	– Łąca stałe; – Rozgłaszanie – Jednokierunkowe

NOTES

a) W tablicy uwzględniono jedynie usługi wymagające kanałów o przepustowości większej niż H_1 . W zestawieniu pominięto usługi dostarczania treści głosowych, główne aplikacje telefoniczne oraz usługi wideo ze zredukowaną lub silnie zredukowaną rozdzielczością.

b) Terminologia wskazuje, że niezbędne było zdefiniowanie nowych określeń, które obowiązywać będą w okresie przejściowym.

c) Realizacja różnych aplikacji może wymagać zdefiniowania wyróżnianych klas jakościowych.

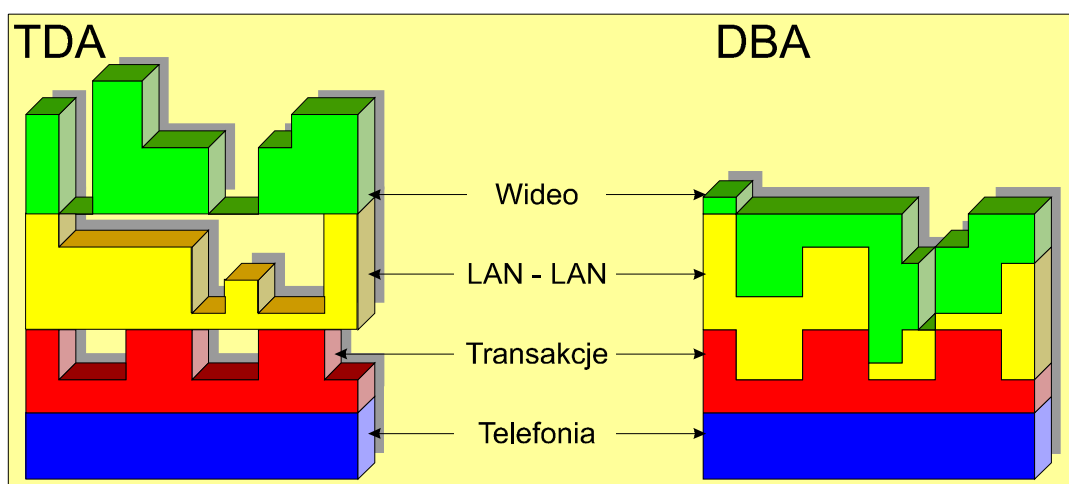
d) "Dokument multimedialny" oznacza przekaz który może zawierać np. tekst, grafikę, głos, dźwięk oraz stałe i ruchome obrazy.

e) W przypadku konieczności przetworzenia danych po ich dostarczeniu do finalnego odbiorcy wymagana jest implementacja specjalizowanych funkcji warstw wyższych.

f) Ustalenie, czy połączenia typu punkt-wielopunkt stanowiąc będą główny schemat realizacyjny wymaga dalszych studiów.

g) Kolumna zawiera jedynie najbardziej charakterystyczne wartości atrybutów możliwe do wyspecyfikowania w chwili obecnej. Pełne definicje wymienionych usług zawierać będą kompletne wykazy atrybutów zdefiniowanych w zaleceniach serii I.200.

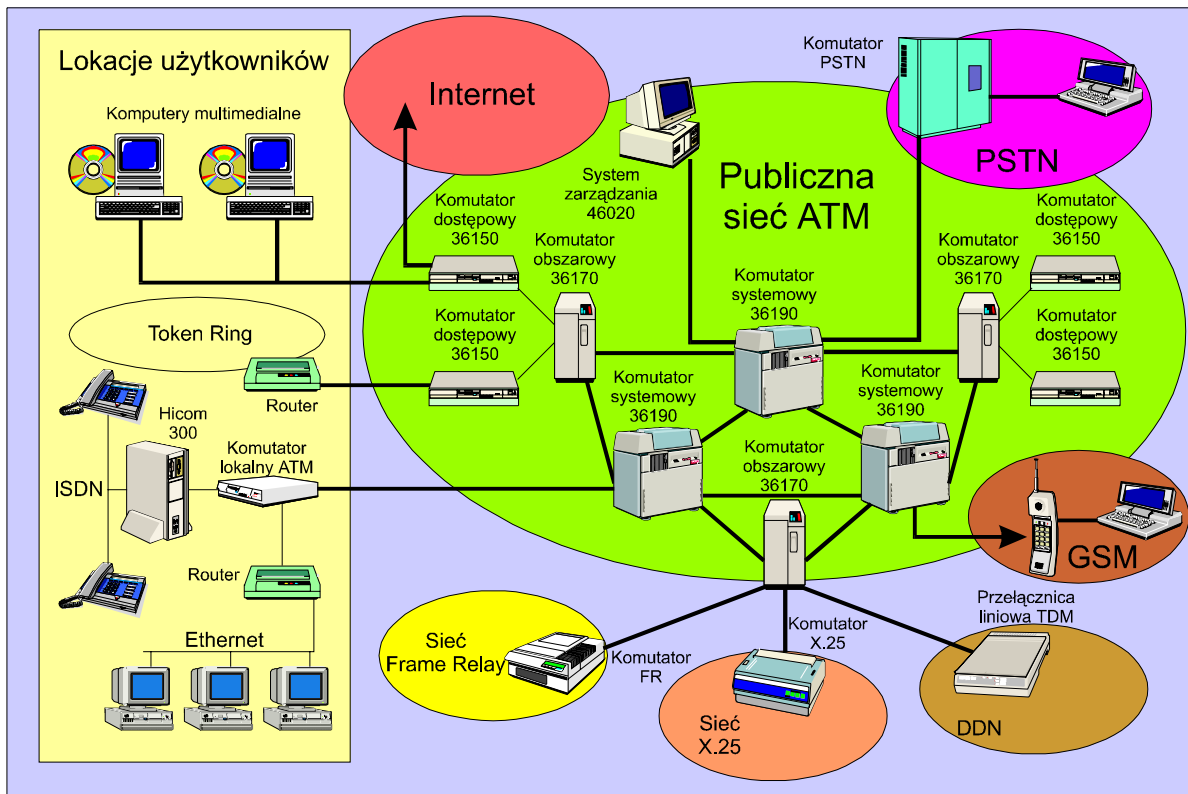
Dodatkowo zalecenia I.362 i I.363 opisują funkcje warstwy adaptacji ATM (AAL) właściwe realizacji usług B-ISDN wyróżnianych na podstawie: relacji czasowych pomiędzy źródłem i punktem przeznaczenia, szybkością przekazu (stałą lub zmienną) oraz trybami komunikacji terminali (połączeniowym lub bezpołączeniowym).



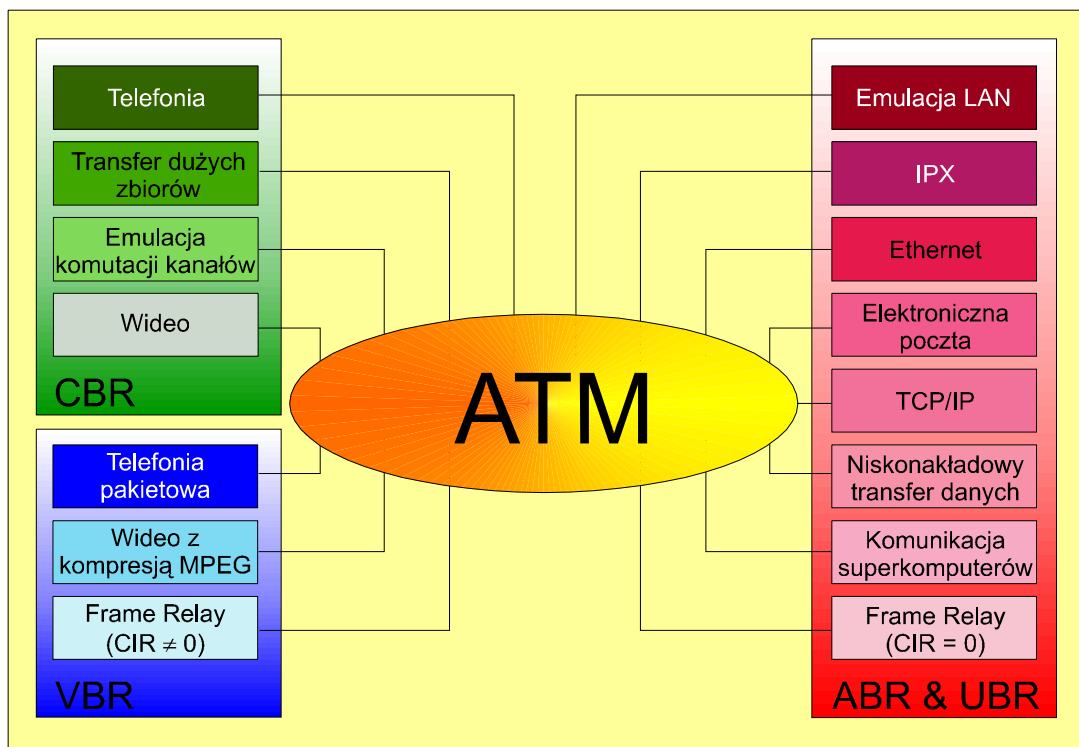
Rys. 51. Wybrane tryby realizacji przekazu

Poważną zaletą techniki ATM jest również szybkość przygotowywania i kompletność standardów opracowywanych w warunkach pełnego porozumienia liczących się rynkowo

producentów sprzętu, z których wielu już obecnie decyduje się na znaczące zaangażowanie swojego potencjału w realizację przedsięwzięć związanych bezpośrednio z wdrażaniem sieci szerokopasmowych do powszechnego użytku. Poglądowy schemat organizacji systemu sieciowego o podanych właściwościach przedstawiono na rys. 52.



Rys. 52. Możliwości integracyjnego wykorzystania techniki ATM

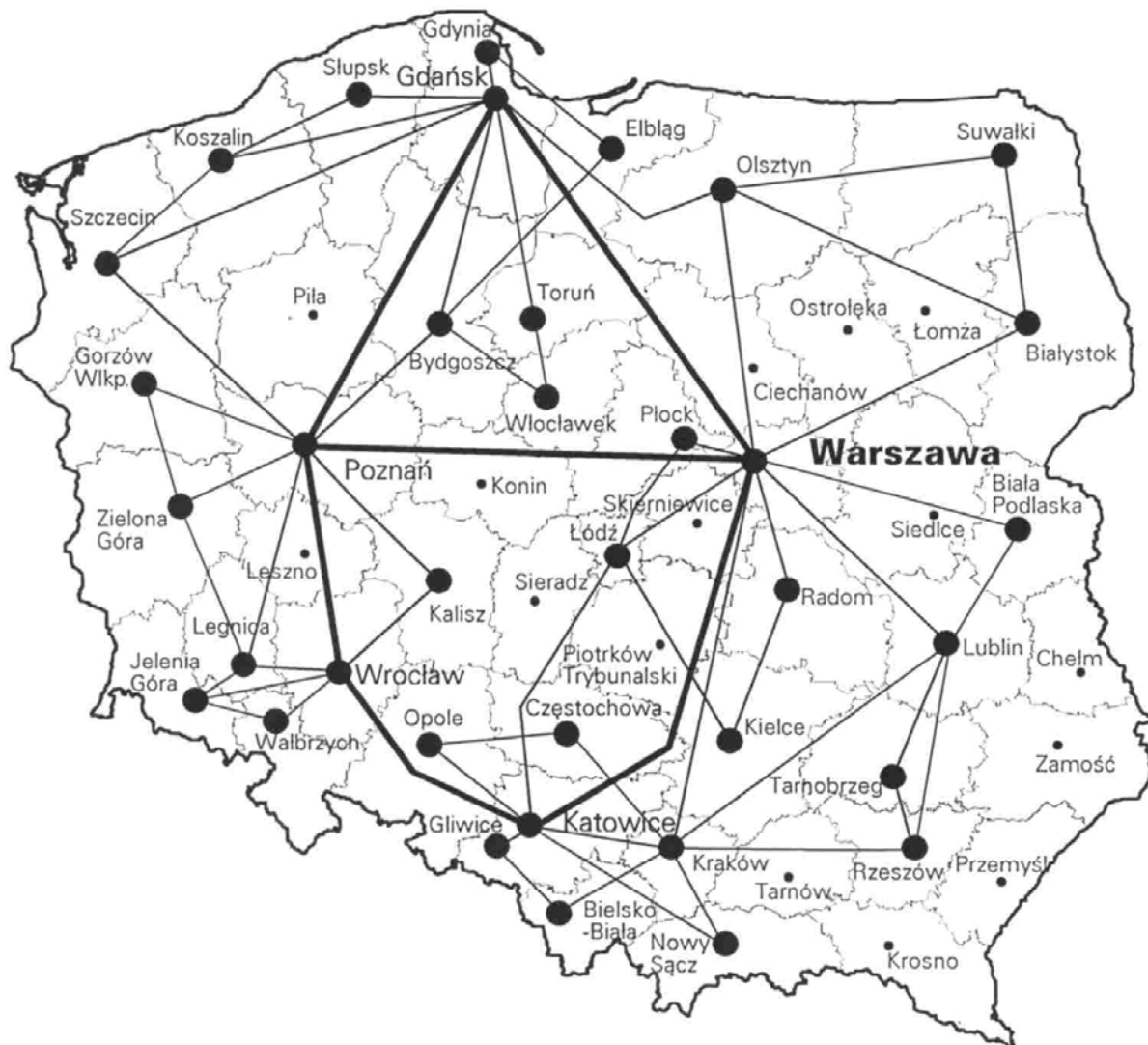


Rys.53. Przykłady aplikacji usługowych

Krajowe sieci transmisji danych

Charakterystyka sieci POLPAK

Publiczna sieć teleinformatyczna z komutacją pakietów - POLPAK stanowi system służący do transmisji danych. Strukturę sieci przedstawiono na rys. 54.



Rys. 54. Struktura sieci POLPAK

POLPAK charakteryzuje się:

- obsługą abonentów pracujących z różnymi prędkościami oraz wg różnych protokołów,
- zabezpieczeniem gwarantującym wierne przesyłanie informacji,
- automatycznym dzieleniem na pakiety danych przeznaczonych do przesłania,
- przesyłaniem od nadawcy do adresata poszczególnych pakietów oddzielnie z zachowaniem ich kolejności,
- możliwością modyfikacji parametrów transmisyjnych w trybie na życzenie,
- pracą z prędkościami od 1200 bit/s do 2 Mbit/s. Prędkość między węzłami sieci wynosi od 28,8 kbit/s do 2 Mbit/s,
- automatycznym przełączaniem łączy wirtualnych.

Abonenci sieci POLPAK uzyskują dostęp do:

- innych abonentów sieci POLPAK - w szczególności baz danych (nie będących własnością TP S.A.),
- abonentów innych sieci teleinformatycznych w kraju i za granicą,
- sieci teleksowej i telefonicznej,
- usług poczty elektronicznej POLKOM,
- usług poczty elektronicznej POLKOM 400 (X.400/X.500 wraz z EOI),
- sieci Internet
- sieci VSAT.

Sieć POLPAK zbudowana została na bazie urządzeń systemu ALCATEL 1100 francuskiej firmy ALCATEL CIT. Jest w pełni kompatybilna z międzynarodowymi standardami CCITT: X.25, X.28, X.29, X.32, X.75 oraz Frame Relay.

Warszawski węzeł sieci POLPAK oraz ośrodek zarządzania sieci zawiera:

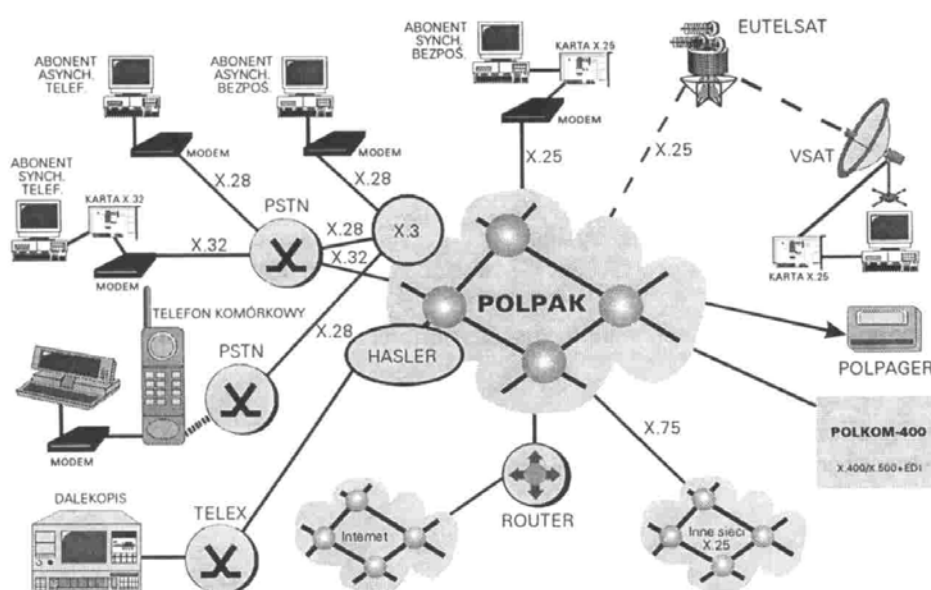
- ośrodek konfiguracji z funkcjami tworzenia, kasowania i modyfikacji abonentów, - ośrodek uruchomień i serwisu abonentów,
- ośrodek statystyki i pomiarów,
- ośrodek serwisu abonentów czynny całą dobę,
- ośrodek informatyki zarządzający oprogramowaniem sieciowym,
- ośrodek obsługi alarmów i komunikatów wraz z obsługą konsoli statusu sieci (*Network Status Display*).

Umożliwia on między innymi:

- zdalne testowanie linii abonenckich,
- zdalne testowanie używanego protokołu
- stałą kontrolę poprawności pracy sieci przez abonenta,

Wszystkie funkcje zarządzania są wyposażone w interfejsy graficzne, natomiast same węzły są odporne na uszkodzenia dzięki funkcjonowaniu w trybie „gorącej rezerwy”.

Strukturę dostępow sieciowych systemu POLPAK ilustruje rys. 55



Rys. 55. Struktura systemu POLPAK

Abonent sieci POLPAK musi być z nią połączony jednotorową linią telekomunikacyjną, natomiast jego komputer powinien umożliwiać jeden z dwóch trybów transmisji: synchroniczny lub asynchroniczny. Dla transmisji synchronicznej niezbędne jest wyposażenie komputerów w osprzęt komunikacyjny pracujący według: protokołu X.25 w przypadku abonenta bezpośredniego lub protokołu X.32 w przypadku abonenta korzystającego z komutowanej sieci telefonicznej. Dla transmisji asynchronicznej komputery należy wyposażyć w osprzęt komunikacyjny pracujący według protokołu X.28. Dla komputera typu PC jest to najczęściej program komunikacyjny wykorzystujący jeden ze standardowych portów komunikacyjnych V.24 (COM1 lub COM2). Każdy bezpośredni abonent sieci POLPAK dzierżawi lub zakupuje modem/ konwerter (wg zasad ustalonych przez TP S.A.).

Wykaz parametrów i udogodnień sieciowych

Parametry użytkowe:

Liczba kanałów logicznych: parametr informujący o maksymalnej liczbie jednocześnie możliwych wywołań. Abonent może wykupić określoną liczbę kanałów logicznych, klasyfikowanych jako:

- stałe kanały logiczne (PVC) - przychodzące - na tych kanałach można tylko otrzymywać wywołania (SVC), - mieszane - na tych kanałach można zarówno wysyłać jak i otrzymywać wywołania (SVC),
- wychodzące - na tych kanałach można tylko wysyłać wywołania (SVC).

Pojęcia przychodzące, wychodzące i mieszane odnoszą się tylko do kierunku nawiązywania połączeń, a nie do kierunku transmisji danych. Dla każdego kanału logicznego jest możliwa transmisja w obu kierunkach. Abonent asynchroniczny może mieć tylko jeden mieszany kanał logiczny.

Nr profilu PAD: określa zestaw parametrów wg standardów międzynarodowych

Przepustowość: średnia liczba bitów na sekundę przesyłana w jednym kanale logicznym w czasie jednego połączenia. Przepustowość odnosi się dla każdego kierunku transmisji: "nadawanie" i "odbiór".

Parametry techniczne:

- Timeout T1: okres czasu, po którym sieć powtarza transmisję błędnie odebranej ramki (maksymalny czas oczekiwania na odpowiedź od abonenta).
- Okno ramki - k: określa maksymalną ilość ramek, po otrzymaniu których sieć potwierdza transmisję (standardowo $k = 2$).
- N2: maksymalna ilość powtórnich przesłań błędnie otrzymanych ramek, po otrzymaniu których sieć potwierdza transmisję (standardowo $N2 = 10$).
- Okno pakietu - w: określa maksymalną liczbę pakietów, po otrzymaniu których sieć potwierdza transmisję (standardowo $W=2$).
- Długość pakietu danych - standardowo 128 bajtów.

Udogodnienia:

Korzystanie z numeru skróconego - abonent sieci POLPAK ma numer 7 cyfrowy bez prefiksów, istnieje jednak możliwość używania numeru 5 cyfrowego. Pozwala to na stosowanie dłuższego o dwie cyfry podadresu. Jest to bardzo dobre rozwiązanie dla sieci abonentów POLPAK pracujących wg protokołu X.25.

Zamknięta grupa użytkowników - każdemu członkowi grupy można ustalić określony dostęp w obrębie grupy i poza nią. Szczegółowo można zaprogramować, czy dany abonent może:

- otrzymywać wywołania od abonentów spoza grupy

- otrzymywać wywołania od abonentów wewnątrz grupy
- wywoływać abonentów spoza grupy
- wywoływać abonentów wewnątrz grupy.

Abonent korzystający z tego udogodnienia powinien dołączyć do wniosku listę członków grupy wraz z ich numerami sieciowymi, a także z określeniem sposobu dostępu dla każdego z nich - patrz ww. punkty.

Zmiana długości pakietów i/lub częstości ich potwierdzania dla wybranych połączeń (*Flow control negotiation*).

Zmiana przepustowości dla wybranych połączeń (*Throughput class negotiation*).

Oplata przez abonenta wywoływanego - tylko w ruchu krajowym (*Reverse charging*).

Informacje o kosztach połączeń - po rozłączeniu abonent posiadający to udogodnienie otrzymuje informacje na temat:

- liczby przesłanych segmentów w poszczególnych okresach taryfowych zgodnych z cennikiem usług sieci POLPAK
- czasu trwania połączenia.

Na podstawie tej informacji i cennika sieci POLPAK abonent może obliczyć koszt połączenia. Pozwoli to abonentowi na optymalną konfigurację swojego sprzętu, jak również na bieżącą kontrolę miesięcznego budżetu.

Zakaz realizacji połączeń płatnych - pozwala na zabezpieczenie się przed opłatami za połączenia zarówno wychodzące od niego jak i przychodzące do niego. Dla wywołań inicjowanych przez abonenta udogodnienie to powoduje automatyczne ustawienie udogodnienia "opłata przez abonenta wywoływanego". Połączenie zostanie zrealizowane tylko wtedy, jeśli druga strona (wywoływana) zgodzi się zapłacić za połączenie. Udogodnienie to nie realizuje także połączeń przychodzących do abonenta z udogodnieniem "opłata przez abonenta wywoływanego".

Przesyłanie krótkich wiadomości (do 128 bajtów) w pakiecie CALL REQUEST (*Fast select*).

Przekierowanie wywołania - jeśli abonent jest zajęty lub wyłączony, to wywołania mogą być przekierowane do innego określonego wcześniej abonenta z powodu:

- zajętości abonenta,
- wyłączenia sprzętu abonenta,
- zajętości lub wyłączenia.

Abonent wielokrotny - posiada urządzenie lub urządzenia końcowe podłączone do co najmniej dwóch węzłów sieci POLPAK, które są wywoływane jednym numerem. W przypadku awarii jednego węzła lub urządzenia końcowego abonent może nadal odbierać i wysyłać wywołania.

Uwierzytelnianie - identyfikator użytkownika umożliwiający abonentowi pośredniemu dostęp do sieci POLPAK. NUI może być również używane przez abonentów bezpośrednich w celu zmiany parametrów pracy lub też w celu zapewnienia większego bezpieczeństwa. Identyfikację realizuje specjalny serwer: punkt sprawdzania i identyfikacji użytkowników sieci, ich uprawnień i parametrów - VIP. NUI składa się z dwóch części:

- część sieciowa tzw. identyfikator NUI (8 znaków alfanumerycznych), identyfikująca użytkownika (w szczególnych przypadkach realizacji dostępu do Internetu, X.400 itd. identyfikator NUI może być identyczny dla wszystkich użytkowników danej usługi - wówczas jest przydzielany przez CST),
- część użytkownika tzw. rozszerzenie Identyfikatora NUI (max. 12 znaków) - tę część NUI użytkownik może sam zmieniać.

Rozszerzenie identyfikatora NUI może być zmieniane (dowolną ilość razy) pozwalając na realizację dynamicznego algorytmu. Udogodnienie NUI może być używane w celu zmiany parametrów abonenta dla określonego wywołania lub też w celu zwiększenia bezpieczeństwa. NUI należy podawać przy każdym nawiązywaniu połączenia w odróżnieniu od hasła.

Hasło - umożliwia abonentowi pośredniemu dostęp do sieci POLPAK. W odróżnieniu od NUI po podaniu hasła można realizować wiele połączeń w sieci POLPAK podczas jednej sesji telefonicznej. Z hasłem jest związany normalny numer sieciowy sieci POLPAK - adres użytkownika sieci (tzw. NUA). Abonent synchroniczny (X.32) może być wywoływany za pomocą tego numeru.

Wirtualne sieci prywatne - udogodnienie sieciowe umożliwiające wydzielonemu użytkownikowi zarządzanie podzbiorem zasobów sieciowych (portów sieciowych) w taki sposób, jak gdyby te zasoby należały do jego osobnej sieci prywatnej. Zarządzanie siecią VPN polega na otrzymywaniu komunikatów i alarmów dotyczących portów danej sieci VPN. Ponadto zarządzający siecią VPN może wyłączyć z ruchu lub też włączyć do ruchu port należący do jego sieci. Terminal VPN łączy się z serwerem VPN poprzez sieć pakietową. W momencie poprawnego zalogowania się do systemu, uzyskuje on dostęp do zasobów własnej sieci. Serwer VPN kontroluje pracę terminala sprawdzając, czy operator terminala VPN wysłał odpowiednie do jego uprawnień polecenia i otrzymuje właściwe informacje zwrotne (odpowiedzi i alarmy). Każda sieć wirtualna może być zarządzana przez maksimum 10 terminali. W momencie, gdy wywołanie dociera do węzła sieci pakietowej, węzeł wysyła odpowiednią informację do VIP. Tu następuje identyfikacja użytkownika i gdy abonent jest znany w bazie danych VIP, odsyłana jest do węzła informacja zwrotna o parametrach związanych z danym NUI. Informacja ta zezwala na realizację połączenia. W przypadku braku NUI w bazie danych VIP, wywołanie jest odrzucane.

Listy ograniczeń - dla każdego abonenta mogą być utworzone dwie listy ograniczeń: lista ograniczeń wywołań przychodzących do abonenta i lista ograniczeń wywołań wychodzących od abonenta.

Automatyczne przełączanie łączy wirtualnych - bezpłatne udogodnienie, jakie w formie premii oferuje się wszystkim użytkownikom sieci POLPAK. Funkcja podnosi jakość usług świadczonych abonentom sieci. W przypadku awarii węzła tranzytowego lub łącza międzywęzłowego następuje automatyczne przełączenie łączy wirtualnych obsługujących sesje połączeniowe. Mechanizm przełączenia jest na tyle szybki, że abonent obserwuje go jako chwilowe zmniejszenie przepustowości. Z chwilą znalezienia i zestawienia przez sieć nowej drogi obejściowej, praca abonenta odbywa się tak, jak przed wystąpieniem przełączenia.

Bazy danych

Istnieje możliwość podłączenia do sieci POLPAK abonentów będących właścicielami baz danych. Należy podkreślić, że sieć POLPAK traktuje takiego abonenta identycznie jak pozostałych. Jeśli właściciel bazy danych chce pobierać opłaty za korzystanie z tej bazy, to musi stworzyć własny system taryfikacji np. przydzielając - każdemu abonentowi uprawnionemu do korzystania z bazy - hasło, lub też podpisać stosowną umowę z TP S.A. W ostatnim przypadku właściciel bazy danych określany jest jako *Information Provider TP S.A.*

Abonent synchroniczny bezpośredni

Każdy bezpośredni abonent synchroniczny pracuje z siecią pakietową za pomocą protokołu X.25. Protokół może być realizowany sprzętowo lub programowo. Duże komputery, tzw. mainframe, z reguły mają wbudowany procesor komunikacyjny pracujący według powyższego protokołu. Przy uruchamianiu takiego abonenta synchronicznego komputer zostaje dołączony do linii za pomocą wydzierżawionego od TP S.A. lub też zakupionego przez abonenta modemu albo konwertera. Następuje to przez zainstalowanie w komputerze dodatkowej karty - tzw. karty X.25, która łącznie z odpowiednim oprogramowaniem (sprzedawanym wraz z kartą) rozwiązuje

problem synchronicznej współpracy komputera abonenta z siecią POLPAK.

Abonenci synchroniczni dzierżawią lub kupują: modem (prędkość transmisji 2400 bit/s, 9600 bit/s, 14400 bit/s, 19200 bit/s, 28800 bit/s) lub konwerter (prędkość transmisji do 2 Mbit/s, odległość od centrali od 2 do 10 km w zależności od prędkości). Synchroniczny typ dostępu jest najbardziej zalecany, gdyż umożliwia całkowite wykorzystanie wszystkich udogodnień oferowanych przez sieć POLPAK oraz pełną obsługę lokalnych sieci komputerowych.

Abonent synchroniczny komunikujący się z abonentami asynchronicznymi powinien również mieć możliwość pracy wg protokołu X.29. Protokół ten określa między innymi sposoby odczytu i ustawiania parametrów PAD abonenta asynchronicznego. Abonent synchroniczny posiadający do swojej karty X.25 oprogramowanie wykorzystujące protokół X.29, ma możliwość ustawienia parametrów PAD abonenta asynchronicznego. Ustawienie tych parametrów jest możliwe zarówno przy wywoływaniu abonenta asynchronicznego, jak i w przypadku odwrotnym, gdy abonent asynchroniczny wywołuje abonenta synchronicznego.

Dostęp do sieci Internet

Przy dostępie do sieci Internet poprzez dostęp telefoniczny X.28 sieci POLPAK zarówno modem, jak i program powinny być ustawione na pracę 8 bitową bez parzystości. Jednak ze względu na to, że sieć POLPAK (PAD) zgodnie z zaleceniem ITU nadaje komunikaty w standardzie 7 bitów z parzystością należy program komunikacyjny ustawić .tak, aby nie czytał ósmego bitu przychodzących do komputera znaków. Ponieważ nie wszystkie programy mają takie możliwości ustawienia, należy .sprawdzić odpowiednią opcję przed zakupem.

Nie istnieje możliwość realizacji wywołań z sieci Internet do sieci POLPAK. Realizowane są tylko wywołania z sieci POLPAK do sieci Internet. Przy użyciu NUI istnieje możliwość stosowania publicznych haseł dostępu (takich jak np. INTERNET, X.400, INFORMACJE itp.) identycznych dla wszystkich korzystających z danej usługi. W ten sposób można łatwo zrealizować ogólnopolski system dostępu do dowolnej usługi świadczonej przez Information Provider TP S.A. W tym celu musi on podpisać z CST stosowną umowę na świadczenie ww. usługi. Natomiast abonent podpisuje umowę z CST i tylko jemu płaci za korzystanie z usługi (abonent obciążany jest kosztem zawierającym opłatę za korzystanie z sieci POLPAK oraz opłatę za korzystanie z usługi). CST część wpływów uzyskanych od abonentów przelewa na konto Information Provider.

Abonent bezpośredni sieci POLPAK może mieć dostęp do Internetu z własnym adresem IP. Posiadanie adresu IP umożliwia pełny zakres usług oferowanych w sieci Internet w odróżnieniu od przypadku, gdy abonent ma możliwość pracy tylko w trybie terminalowym i nie można go wywołać z sieci Internet.

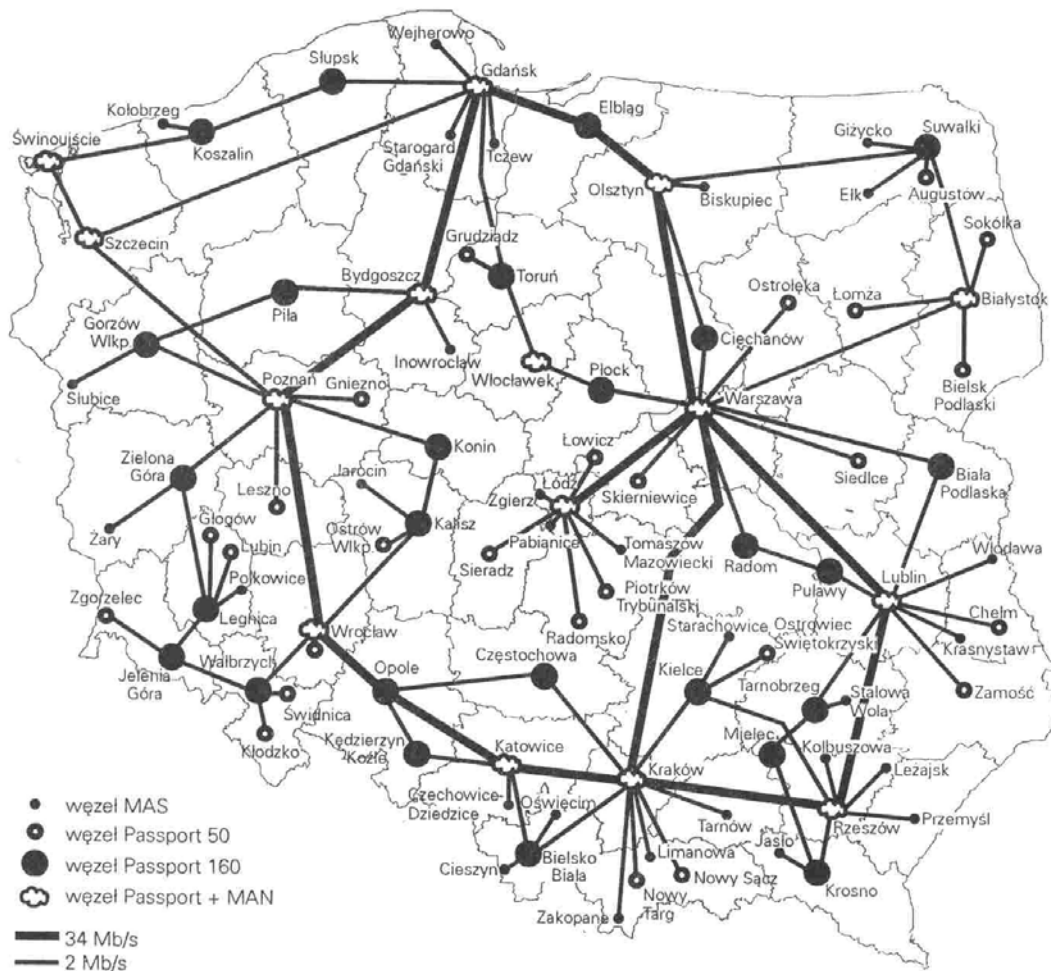
Jednym z kierunków działania TP S.A. jest przydział niezbędnej przestrzeni adresów IP oraz rejestracja i przyłączanie komputerów, serwerów i sieci lokalnych do sieci Internet. Zapewniamy też rejestrację domeny użytkownika w odpowiednich serwerach DNS.

W zależności od potrzeb, Telekomunikacja Polska SA. może wykonać następujące zlecenia.

1. dokonać rejestracji i przydzielić adresy IP,
2. zaprojektować schemat adresacji (podział sieci, maski) jeśli LAN pracuje w oparciu o protokół TCP/IP,
3. umożliwić przyłączenie do sieci Internet,
4. prowadzić serwis DNS,
5. doradzać w problematyce ochrony sieci lokalnej.

Charakterystyka sieci POLPAK- T

Sieć POLPAK- T jest szybką siecią transmisji danych służącą do przesyłania informacji pomiędzy użytkownikami wymagającymi dużych prędkości transmisyjnych. Z punktu widzenia abonentów jest to sieć bazująca na protokole Frame Relay z docelową możliwością rozbudowy dla transmisji w trybie ATM. Połączenia międzywęzłowe tej sieci są oparte na technologii *Cell Relay*. Strukturę sieci POLPAK- T tworzą węzły szkieletowe. W strukturze sieci POLPAK- T można wydzielić sieci MAN zbudowane z węzłów typu Passport-160 i Passport-50, które współpracują między sobą z prędkościami od 2 Mbit/s do 34 Mbit/s. Szczegółowe informacje na temat aktualnych możliwości dostępu do sieci POLPAK-T w poszczególnych lokalizacjach można uzyskać w Biurach Obsługi Klienta TP S.A. Strukturę sieci przedstawiono na rys. 56.



Rys. 56. Struktura sieci POLPAK-T

Sieć POLPAK- T składa się z węzłów typu Passport-160 oraz MAS firmy NORTEL. Węzły te są umieszczone w większych miastach Polski, w których istnieją sieci MAN i pokrywa obszar całej Polski. Węzły sieci szkieletowej wchodzi w strukturę sieci MAN. Porty abonenckie mogą pracować z prędkością transmisji od 64 do 2048 kbit/s. Sieć POLPAK- T jest przeznaczona do realizacji opcji *Permanent Virtual Circuit*.

Sieć POLPAK- T oferuje:

- Pojedynczy fizyczny interfejs, na którym można zrealizować wiele stałych łączy wirtualnych (max. 992 łączy), co upraszcza fizyczną strukturę dołączanych urządzeń za cenę komplikacji ich struktury logicznej. Obniża to znacznie koszty zarówno urządzeń jak i ich eksploatacji oraz polepsza niezawodność.

- Zwiększoną wydajność, która jest osiągnięta poprzez:
 1. zmniejszenie do minimum informacji sterująco-adresowej przesyłanej razem z informacją użytkową,
 2. wyeliminowanie potwierdzania przesyłanej informacji. Funkcja ta jest realizowana poprzez wyższe warstwy poza protokołem Frame Relay.
- Niskie opóźnienie wnoszone przez sieć. Jest to bardzo istotny parametr wpływający na wydajność przy zastosowaniu do połączeń sieci LAN (jedno z głównych zastosowań sieci Frame Relay) lub też przy innych zastosowaniach typu *on-line*.
- Zwiększone wykorzystanie zasobów sieci. Dwa czynniki: statystyczne współdzielenie obciążenia łączy w sieci Frame Relay oraz nieprzewidywalna i "wybuchowa" natura ruchu przenoszonego przez tą sieć pozwalają na zwiększone wykorzystanie zasobów sieci. Z tego powodu użytkownicy ponoszą mniejsze koszty w porównaniu do usługi łączy dzierżawionych czy też usługi X.25.

W następujących miastach: Warszawa, Łódź, Gdańsk, Katowice, Bydgoszcz, Poznań, Wrocław, Lublin i Kraków uruchomiony jest pilot sieci ATM oparty na strumieniu E3 (34 Mbit/s) dla testów użytkowych oraz funkcjonalnych. Technologia ATM będzie wdrażana sukcesywnie w innych miastach w miarę wzrostu zapotrzebowania na tę usługę.

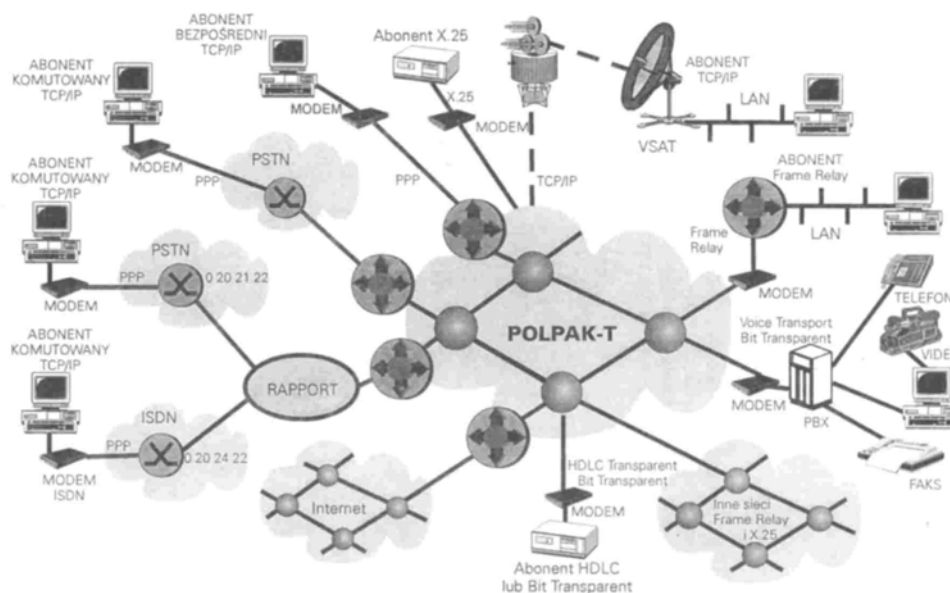
Wykorzystanie technologii *Cell Relay* w sieci POLPAK-T w połączeniach międzywęzłowych tej sieci pozwala na:

- uzyskanie niskiego i stałego opóźnienia wprowadzanego przez sieć, co zapewnia możliwość przesyłania głosu jak i przenoszenia protokołów wymagających niskiego i stałego opóźnienia (*HDLC transparent, Bit transparent*),
- łatwiejszą ewolucję w kierunku sieci ATM.

Jedną z głównych usług oferowanych przez sieć POLPAK- T jest dostęp do sieci INTERNET. TP S.A. jest dostawcą usług internetowych zarejestrowanym w RIPE NCC. Aktualnie posiada dwie domeny adresowe tpsa.pl. i tpnet.pl. TP S.A. ma prawo przydzielania klas adresowych na wniosek abonenta. Przydzielone adresy nie muszą zawierać nazwy domeny tpsa lub tpnet i mogą mieć brzmienie zgodne z życzeniem abonenta, stałe jest tylko „.pl.”.

Możliwość oferowania tej usługi powstała po obudowaniu sieci POLPAK-T złożonej z węzłów Passport-160 warstwą routerową oraz urządzeniami dostępowymi typu Rapport-112. Głównymi elementami tej warstwy są routery brzegowe i urządzenia Rapport zlokalizowane w każdej sieci MAN. Są one połączone z centralnymi routerami poprzez stałe łącza wirtualne (PVC) zrealizowane w sieci POLPAK- T. Routery centralne mają bezpośrednie połączenie z siecią INTERNET. Mniejsze routery dołączone do routerów brzegowych są połączone poprzez modemy V.34 z siecią telefoniczną. Każde urządzenie Rapport jest połączone z centralą sieci telefonicznej czterema portami E1 (4 x PRI ISDN). Centrale telefoniczne po wybraniu tego numeru kierują wywołanie do odpowiedniego węzła sieci POLPAK-T. Dostęp do sieci INTERNET odbywa się wg protokołu PPP.

Routery pozwalają również na realizację usługi bezpośredniego dostępu do sieci INTERNET. Jest to realizowane poprzez zestawienie stałego łącza dostępowego z użyciem modemów V.34 (maksymalna szybkość transmisji wynosi 28 800 bit/s). Dostęp do sieci INTERNET jest również możliwy ze standardowego portu Frame Relay. W tym celu jest tworzone PVC do najbliższego routera brzegowego z żądanym parametrem CIR.



Legenda:

Frame Relay - protokół wymiany danych

Bit Transparent - protokół wymiany danych

HDLC Transparent - protokół wymiany danych

TCP/IP - protokół wymiany danych

PPP - protokół wymiany danych

...
PSTN - publiczna sieć telefoniczna

ISDN - publiczna sieć telefoniczna z usługą ISDN

VSAT - abonent satelitarnej sieci transmisji danych

LAN - lokalna sieć komputerowa

PBX - centrala telefoniczna

Rys. 57. Współpraca sieci POLPAK-T z innymi systemami

Abonenci są podłączani do sieci POLPAK-T na łączach dzierżawionych. Typowo łącze jest zakończone od strony abonenta interfejsem V.35 pracującym z szybkościami od 64 kbit/s do 2048 kbit/s. Dla lokalizacji, w których istnieją dostępy telefoniczne do sieci INTERNET są instalowane modemy MOTOROLA V.34 (prędkość do 28.800 bit/s - V.34bis).

Usługa Frame Relay przenosi ramki danych pomiędzy dwoma urządzeniami użytkownika (np. routery LAN) przez stałe łącza wirtualne - PVC. Frame Relay multipleksuje/demultipleksuje różne strumienie danych użytkownika w obrębie tego samego dostępu owego łącza fizycznego. Każdy taki strumień danych jest nazywany łączem danych (DLC - *Data Link Connection*). Jest on identyfikowany przez identyfikator DLCI - *Data Link Connection Identifier*. Wszystkie ramki należące do konkretnego wirtualnego połączenia mają ten sam DLCI, który ma znaczenie lokalne, tzn. w obrębie jednego dostępowego łącza fizycznego nie może być dwóch identycznych DLCI.

Usługa Frame Relay jest realizowana przez standardowy interfejs pomiędzy urządzeniem użytkownika, a siecią. Interfejs ten jest nazywany UNI.

Natomiast interfejs NNI zapewnia współpracę między dwoma sieciami Frame Relay. Obok transferu danych użytkownika pomiędzy różnymi sieciami - funkcją usługi NNI jest odbiór, przetwarzanie i wymiana informacji sygnalizacyjnej tak, aby użytkownik końcowy miał dokładny obraz połączenia, które może obejmować kilka różnych sieci Frame Relay.

Usługa NNI zapewnia kompatybilność sieci Frame Relay pochodzących od różnych dostawców z tymi sieciami, które stosują zalecenie Frame Relay Forum - FRF.2. Usługa Frame Relay realizowana przez sieć POLPAK-T realizuje standardy:

- ANSI - American National Standard Institute for Telecommunications,
- ITU - International Telecommunication Union.

Zestaw parametrów technicznych sieci POLPAK-T obejmuje:

CIR - uzgodnioną przepustowość, którą sieć zgadza się transferować przez dane stałe łącze wirtualne (PVC) w normalnych warunkach. Port Frame Relay może mieć wiele kanałów PVC i każdy z nich może mieć przypisane dwie niezależne wartości CIR (po jednej dla każdego kierunku transmisji). Wartości te są przypisywane dla każdego kanału PVC w trakcie jego konfiguracji. Parametr CIR powinien być dostosowany przez użytkownika do używanej aplikacji. W przypadku zastosowania priorytetu emisji stosowane jest pojęcie Premium CIR. Jest to parametr analogiczny jak normalny CIR, ale z atrybutem Premium i jest rozliczany z innej pozycji cennika. W przypadku natłoku w sieci POLPAK- T ramki z atrybutem Premium CIR są transmitowane przed pozostałymi ramkami.

EIR - nadmiarowa przepustowość, którą sieć zgadza się przetransferować jeśli istnieją wolne zasoby. Całkowita przepustowość informacji dostępna dla użytkownika jest równa CIR + EIR. Ramki przekraczające tę wartość są definitywnie odrzucane.

Sieć POLPAK- T ma kilka mechanizmów sterowania przeciążeniem, których głównym celem jest utrzymanie jakości usługi poprzez zminimalizowanie odrzucania ramek. Jest to wykonywane poprzez ostrzeżenie użytkownika przed przeciążeniem oraz zminimalizowanie możliwości wykorzystywania zasobów sieci przez jednego użytkownika kosztem innych.

Obsługa LMI jest możliwa według następujących procedur:

- brak (bez obsługi LMI);
- ANSI T1.617 Annex D;
- CCITT 0.933 Annex A;
- Frame Relay Forum *User-to-Network Interface with extensions. Document number 001-208966.*

Użytkownik może wysłać do sieci komunikat - zapytanie o status żądający informacji o wszystkich PVC skonfigurowanych na danym interfejsie. Sieć odpowiada użytkownikowi komunikatem STATUS, który zawiera następujące informacje:

- powiadomienie o dodaniu, skasowaniu lub obecności danego PVC,
- powiadomienie o dostępności lub też niedostępności skonfigurowanego PVC.

Komunikat STATUS-ENQ może być wysłany do sieci w celu sprawdzenia, czy istnieje poprawne połączenie z siecią. Aktywność LMI może być wyłączona dla danego portu w celu umożliwienia pracy urządzeniom, które nie zapewniają tej funkcji.

Sieciowe klasy usług Frame Relay

Priorytet emisji - opcja, która pozwala na transmisję danych z najmniejszym opóźnieniem. Wybranie opcji priorytetu emisji wpływa zarówno na fizyczną drogę transmisji jak i na kolejność transmisji danych. Droga, po której dane są przesyłane, jest wybierana na podstawie opóźnienia i dostępnej przepustowości. Każdy z węzłów sieci automatycznie wyznacza najlepszą drogę do każdego innego węzła w sieci, biorąc pod uwagę opóźnienie i dostępną przepustowość. W ten sposób są tworzone tabele wyboru drogi stale aktualizowane w celu przystosowania się do ewentualnych zmian w topologii sieci. Ruch z priorytetem emisji jest kierowany poprzez drogę o najmniejszym opóźnieniu, podczas gdy ruch bez takiego priorytetu jest kierowany poprzez drogę o największej dostępnej przepustowości. Przy każdym łączu międzywęzłowym i punkcie końcowym Frame Relay są zaimplementowane dwie kolejki: z wysokim i normalnym priorytetem. Te dwie kolejki wyznaczają kolejność transmisji danych. Kolejka z wysokim priorytetem jest zawsze obsługiwana przed kolejką z normalnym priorytetem.

Automatyczne przełączanie stałych łączy wirtualnych PVC - mechanizm, który w przypadku wystąpienia przeciążenia pozwala na przekierowanie ramek zamiast ich odrzucania. Usłudze Frame Relay może być przypisany wysoki lub niski poziom niezawodności. Dla wysokiego poziomu niezawodności, w przypadku wystąpienia przeciążenia, sieć POLPAK-T wykonuje próbę przekierowania ruchu na alternatywną drogę.

Priorytet odrzucania - Usługa Frame Relay w sieci POLPAK- T może mieć przypisany normalny (NDP) lub wysoki priorytet odrzucania (HDP). Ramki z priorytetem HDP są odrzucane w przypadku wystąpienia przeciążeń: ciężkiego (bit DE = 1) oraz ostrego (bit DE = 0), natomiast ramki z priorytetem NDP są odrzucane w przypadku wystąpienia przeciążenia przeciętnego (bit DE = 1) oraz ciężkiego (bit DE = 0).

Wyróżnia się następujące metody sterowania przeciążeniem:

- Łagodne - sieć wysyła bity FECN lub BECN lub też oba bity;
- Przeciętne - odrzucanie wszystkich nowych ramek z normalnym priorytetem, które mają bit DE = 1 w celu zabezpieczenia nowych ramek z bitem DE = 0;
- Ciężkie - odrzucanie ramek z wysokim priorytetem, które mają bit DE = 1 oraz ramek z normalnym priorytetem, które mają bit DE = 0;
- Ostre - odrzucanie wszystkich ramek przybywających do węzła

Podsumowując można powiedzieć, że ramki z priorytetem HDP są odrzucane najpóźniej (tak późno jak tylko można).

Inne protokoły transmisyjne

Transparent Data Service - usługa umożliwia transmisję danych przy użyciu dowolnych protokołów stosujących format HDLC na poziomie drugim modelu warstwowego OSI (*link layer*). Ramki są rutowane transparentnie (niezmienione) między obydwoma końcami łącza. HTDS w sieci POLPAK- T może na przykład przysyłać dane według protokołów X.25 lub SNA. HTDS efektywnie wykorzystuje przydzielone pasmo ponieważ zasoby sieciowe są zajęte tylko podczas transmisji danych. Nieużyteczne informacje (na przykład flagi) są eliminowane w punkcie nadawania i odtwarzane u adresata.

Bit Transparent Data Service - umożliwia transmisję szeregową dowolnych ciągłych strumieni danych, takich jak sygnał video. Dane są przysyłane transparentnie (niezmienione) poprzez łącze synchroniczne. Usługa jest dostarczana poprzez wspólne łącza i zazwyczaj bez potrzeby dodatkowego wyposażania abonenta. System synchronizacji sieciowej (*Passport Network Clock Synchronization*) zapewnia synchroniczne przysyłanie danych do odbiorcy. Podczas transmisji dane między dwoma urządzeniami abonenta są przysyłane poprzez stałe połączenie logiczne (*permanent logical connection*) PLC. Strumień danych jest dzielony na komórki o stałej długości, które są dalej przysyłane przez sieć i łączone w oryginalny strumień danych.

Transmisja danych z komutacją pakietów typu X.25 - niektóre węzły sieci POLPAK- T (węzły typu MAS) umożliwiają transmisję danych zgodną z protokołem X.25 - abonenci korzystający z tego protokołu mają możliwość łączenia się z abonentami sieci X.25 POLPAK, jak również z innymi sieciami X.25 krajowymi i zagranicznymi. Usługa ta jest analogiczna jak usługa X.25 w sieci POLPAK.

Prywatne sieci wirtualne - VPN to zasoby sieci publicznej POLPAK- T wydzielone dla pojedynczych przedsiębiorstw (organizacji) najczęściej z własnym ośrodkiem zarządzania. VPN posiada większość cech sieci prywatnej, ale również w pewnym stopniu cechy sieci publicznych. VPN może być logiczną częścią sieci publicznej lub też może stanowić kombinację logicznej części sieci publicznej i fizycznej części sieci prywatnej. Logiczne wydzielenie sieci VPN może nastąpić na poziomie portu (jest to najmniejszy element sieci przydzielany do sieci VPN) lub też na poziomie całego modułu. VPN oparta jest na sieci publicznej POLPAK-T, a jej główne cechy

zależą od usług oferowanych przez tą sieć. Usługa VPN zapewnia połączenie korzyści zarówno sieci publicznych jak i prywatnych.

Opłata za usługę sieci VPN bazuje na wykorzystaniu ilości i rodzaju zasobów sieci publicznej POLPAK-T. W sieciach prywatnych z własnymi węzłami i łączami dzierżawionymi, koszt miesięczny jest generalnie stały i przewidywalny. Również użytkownicy sieci VPN w sieci POLPAK- T ponoszą stałe przewidywalne koszty miesięczne.

Podstawowymi zaletami sieci VPN są:

- niski koszt inwestycyjny,
- niskie ryzyko inwestycyjne,
- pokrycie dużych obszarów (WAN).

Ośrodek zarządzania siecią VPN - CNM (Customer Network Management)

Ośrodek zarządzania siecią VPN oznaczany jako CNM jest podstawową cechą sieci VPN. CNM zapewnia użytkownikowi monitorowanie elementów sieci, które bezpośrednio wpływają na działanie i wydajność VPN. Użytkownik może także posiadać pewien stopień sterowania tymi elementami sieci, który zależy od poziomu zasobów tworzących daną sieć VPN i od poziomu możliwości przypisanych mu przez operatora. Możliwości CNM mogą być różne i zależą od specyfiki danego użytkownika sieci VPN, np.:

- pasywny odbiór alarmów generowanych przez sieć,
- rozszerzony nadzór interakcyjny,
- bezpośrednie sterowanie elementami sieci.

Ośrodek zarządzania siecią VPN może być umieszczony w siedzibie klienta i obsługiwany przez niego lub też umieszczony w siedzibie operatora sieci publicznej. Drugie rozwiązanie nie wymaga od klienta zatrudnienia i wyszkolenia specjalizowanego zespołu, bowiem korzysta on z doświadczeń operatora sieci publicznej.

Operator CNM może kontrolować i mieć dostęp tylko do tych elementów, które należą do jego sieci VPN. CNM może być konfigurowany na dwa sposoby w zależności od wymaganego poziomu funkcjonalności wymaganej przez właściciela sieci VPN.

1. **Podstawowy CNM** - ma uprawnienia do zarządzania siecią VPN na jednym poziomie, tzn. jest tylko jeden poziom operatora CNM dla VPN i wszystkie urządzenia związane z tym VPN są dostępne dla operatora CNM. Może być kilku operatorów przypisanych do danego VPN, ale wszyscy mają ten sam obraz sieci VPN. Operator CNM związany z jedną siecią VPN nie może widzieć, ani mieć dostępu do innych sieci VPN. W sieci POLPAK-T może zostać skonfigurowanych 8000 sieci VPN z tego typu podstawowym zarządzaniem. Każdy VPN może mieć wielu operatorów, jeśli zachodzi taka potrzeba.

2. **Dwupoziomowy CNM** nazywany ośrodkiem zarządzania podsiecią VPN. Jest on odpowiedni dla wielkich przedsiębiorstw (korporacji), które wymagają różnych regionów lub wydziałów widzących jedynie podległą sobie część sieci VPN, ale również wymagają zarządzania nad całą siecią VPN. Sieć POLPAK- T może mieć maksimum 128 sieci VPN z dwupoziomowym CNM. Każda z tych sieci może być podzielona na 63 podsieci VPN.

Funkcje operatora sieci VPN

Funkcje operatora sieci CNM mogą być podzielone na dwie kategorie:

- aktywacja i sterowanie wyświetlaczy stanu sieci (*Network Status Display*),
- komendy operatora, które są przekazywane do węzłów sieci w celu uzyskania informacji, inicjowania testów lub też sterowania.

Operatorzy CNM mogą być wyposażeni w prosty terminal np. VT100 lub w inteligentną stację

zarządzania np. SunSparc20.

Komendy operatora mogą być:

- pasywne, które nie pozwalają na zmianę stanu elementu sieci (tylko pytania i odpowiedzi),
- aktywne, które wpływają na stan elementów sieci.

Istnieje możliwość określenia, czy operator CNM może wydawać komendy pasywne czy też aktywne oraz jakiego typu komendy aktywne. Jeśli zachodzi taka potrzeba to operator CNM może mieć takie same możliwości sterowania elementami sieci jak normalny operator sieci publicznej.

Cechy bezpieczeństwa sieci VPN

Identyfikator i hasło CNM kontrolują dostęp do funkcji operatorskich. Operator o poprawnym identyfikatorze i hasle posiada odpowiedni poziom dostępu do sieci. Z identyfikatorem operatora jest związany pewien zestaw możliwości definiujący poziom wpływu operatora na sieć. Wpływ ten może być:

- zaden - tylko oglądanie przychodzących alarmów,
- pasywny - tylko nadzór,
- uprzywilejowany - co oznacza brak ograniczeń z kilkoma poziomami pośrednimi.

W przypadku potrzeby szyfrowania danych, użytkownik sieci VPN może zastosować odpowiednie urządzenia sprzętowe lub też programowe. Realizacja szyfrowania danych przez operatora publicznego ma swoje słabe strony, dlatego większość operatorów publicznych nie oferuje takiej usługi.

Porównując bezpieczeństwo danych w sieciach prywatnych z bezpieczeństwem w sieciach publicznych należy stwierdzić, że sieci publiczne charakteryzują się większym bezpieczeństwem niż sieci prywatne. Główną przyczyną tego faktu jest to, że sieci publiczne używają łączy międzywęzłowych o dużo większej prędkości transmisji. W związku z tym ewentualny sprzęt podsłuchowy jest dużo droższy i trudniej dostępny. Ponadto informacja na łączach międzywęzłowych sieci publicznej pochodzi od bardzo wielu użytkowników i wraz z informacją systemową jest przesyłana wg opracowanego przez producenta protokołu, który nie jest publicznie dostępny.

Podsumowanie cech sieci VPN

- Najmniejszym elementem, który może zostać przydzielony do sieci VPN jest pojedynczy port.
- Operator CNM ma dostęp i może sterować tylko tymi elementami sieci, które zostały mu przypisane (przydzielone do jego sieci VPN).
- Istnieje możliwość ustalenia praw operatora CNM np. tylko pytania i odpowiedzi czy też pełne sterowanie.
- Operator CNM może używać do zarządzania prostego terminala lub też inteligentnej stacji.
- Zarządzanie siecią VPN może być realizowane przez klienta lub też powierzone operatorowi sieci publicznej.
- Operator sieci publicznej zachowuje pełne sterowanie nad wszystkimi elementami sieci, również nad wszystkimi sieciami VPN stworzonymi w tej sieci publicznej.

Dostęp do sieci INTERNET

Dostęp do sieci Internet może być realizowany poprzez dostęp:

- komutowany z dynamicznym przydziałem adresu IP
- bezpośredni (przez łącza dzierżawione w publicznej sieci telefonicznej) ze stałym adresem IP według protokołu PPP .
- bezpośredni (przez łącza dzierżawione w publicznej sieci telefonicznej). Połączenia logiczne są realizowane poprzez stałe kanały wirtualne PVG według protokołu Frame Relay do routera brzegowego sieci POLPAK- T.
- bezpośredni (poprzez łącze dzierżawione w publicznej sieci telefonicznej) - połączenia logiczne realizowane są poprzez stałe kanały wirtualne PVG według protokołu Frame Relay do routera międzynarodowego sieci POLPAK- T. Połączenie takie dostępne jest jedynie dla klientów posiadających własną klasę autonomiczną (*AS - Autonomous System*) opartą o własne adresy IP oraz realizujących połączenie zgodne z protokołem BGP-4.

Aby uzyskać dostęp do sieci Internet potrzebny jest komputer z systemem operacyjnym Windows 3.xx lub 95, modem, telefon i przeglądarki stron WWW - Microsoft Internet Explorer lub Netscape (w przypadku posiadania przeglądarki Netscape trzeba mieć dodatkowo program o nazwie Trumpet), ewentualne dodatkowe oprogramowanie (Telnet, FTP).

Przy dostępie komutowanym szybkość transmisji na łączu dostępowym (między modemem abonenta a modemem dostępowym do sieci Internet) może osiągnąć wartość 28800 bit/s. Zależy to od jakości aktualnie zestawionego łącza oraz od typu używanego przez abonenta modemu. Praktycznie osiągalne prędkości przy połączeniu do poszczególnych serwerów zależne są od obciążenia serwerów świadczących usługi i w szczególnym przypadku mogą spaść nawet poniżej 500 bit/s, pomimo szybkości łącza dostępowego (max 28,8 kbit/s) do routera brzegowego sieci TP S.A.

Podsumowanie

Porównanie technologii realizacji sieci rozległych przedstawia Tabela .

Tabela 13. Porównanie technologii WAN

Technologia	Przepustowość	Zalety	Wady	Zastosowanie
Analogowe łącza komutowane	do 28.8 kbit/s	Powszechna dostępność, niski koszt	Ograniczone pasmo zmienna jakość połączeń	Łączenie terminali, zdalny dostęp, łącza zastępcze
Analogowe łącza dzierżawione	do 28.8 kbit/s	Powszechna dostępność	Ograniczone pasmo mała elastyczność, wysoki koszt	Łącza zastępcze LAN - LAN
Cyfrowe łącza dzierżawione	do 34 Mbit/s	Duża przepustowość, wysoka jakość, przekaz mowy, wideo i danych	Wysoki koszt, mała elastyczność	LAN - LAN, multimedia
ISDN	do 2 Mbit/s	Duża przepustowość, wysoka jakość, przekaz mowy, wideo i danych, praca przy zmiennym zapotrzebowaniu na pasmo, sygnalizacja pozapasmowa	Mała dostępność, wysokie koszty przy dużej objętości przekazywanej informacji	Łącza zastępcze dla FR oraz cyfrowych łączy dzierżawionych, LAN - LAN
X. 25	do 64 kbit/s	Duża niezawodność i dostępność, wysoki poziom bezpieczeństwa	Ograniczone pasmo duże opóźnienia brak możliwości przekazywania dźwięku	Łączenie terminali, LAN - LAN
Internet	do 2 Mbit/s (obecnie)	Powszechna dostępność, światowy zasięg, możliwość wykorzystania typowych aplikacji usługowych	Mały poziom bezpieczeństwa przekazów, permanentny stan przeciążenia zasobów sieciowych	Łączenie terminali, telefonia i wideofonia, poczta elektroniczna, dostęp do multimedialnych baz danych
Frame Relay	do 2 Mbit/s (standardowo) do 43 Mbit/s (rozszerzenie)	Niższy koszt niż dla cyfrowych łączy dzierżawionych, mniejsze wymagania sprzętowe, praca przy zmiennym zapotrzebowaniu na pasmo, łatwa rozbudowa do sieci ATM	Mała dostępność	Integracja dźwięku i danych, schemat LAN - LAN, alternatywa dla cyfrowych łączy dzierżawionych
ATM	do 2.4 Gbit/s (obecnie)	Bardzo duża przepustowość oraz bardzo dobra współpraca z aplikacjami o zmiennym zapotrzebowaniu na pasmo	Małe rozpowszechnienie, niekompletna standaryzacja, duże koszty dołączania terminali abonenckich	Uniwersalna technologia dla realizacji sieci LAN, MAN oraz WAN