

Katedra Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza
w Krakowie

Ekspertyza sieci MAN w Warszawie

Opracowanie wykonano na zlecenie:

Zespołu Koordynacyjnego Naukowej i Akademickiej Sieci
Komputerowej w Polsce

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. Janusz Filipiak
Dr hab. inż. Andrzej Pach
Mgr inż. Artur Lasoń
Mgr inż. Dariusz Wittek

Kraków, lipiec 1993

8. Standard IEEE 802.6 - DQDB	58
8.1. Wiadomości wstępne	58
8.2. Struktura ramki	60
8.3. Protokół dostępu do medium transmisyjnego (protokół DQDB)	61
8.4. Wpływ parametrów fizycznych sieci na jakość usług	64
8.5. Niezawodność sieci DQDB	64
8.6. Możliwość wprowadzenia węzłów kasujących	65
9. Frame Relay	67
10. ATM - Asynchronous Transfer Mode	71
10.1. Charakterystyka sieci ATM	71
10.2. Niezawodność sieci ATM	72
10.3. Taryfikacja	75
10.4. Sieci LAN i MAN oparte o technikę ATM	75
11. Usługa CBDS/SMDS	77
Część III: Przykłady produktów i implementacji	
12. Wprowadzanie sieci miejskich w Niemczech	85
13. Wprowadzanie szybkich sieci MAN we Włoszech	90
14. Komercyjna implementacja węzła DQDB	100
15. Sieć dostępowa	104
16. Koncepcja budowy sieci WARMAN w oparciu o sprzęt firmy FIBRONICS	107
17. Przykład sieci bazującej na routerach CISCO	128
18. Sieć wykorzystująca protokół Frame Relay i multipleksery firmy GANDALF	137

Gandalf'a w kilku miejscach zwrócone jest w kierunku systemów nie zalecanych do stosowania w Europie. Dotyczy to na przykład urządzeń systemów teletransmisyjnych T1, T3 i SONET (Rozdział 2.2 Gandalf'a). Ich odpowiednikami są systemy E1, E3 i SDH. Zgodnie z przyjętymi przez Polskę zobowiązaniami międzynarodowymi urządzenia systemów T1, T3 i SONET nie będą w kraju homologowane. Aktualnym pracem w ETSI w zakresie standardów dla sieci MAN poświęcono rozdział 3. Również w innych rozdziałach przedkładanego opracowania często odwołujemy się do standardów ETSI.

Część II ekspertyzy zawiera opis podstawowych technologii stosowanych lub przewidzianych do zastosowania w multimedialnych sieciach szerokopasmowych. Przedstawiono topologie, protokoły i parametry techniczne sieci FDDI, DQDB, Frame Relay i ATM. W naszym przekonaniu technologia Frame Relay będzie odgrywać znaczącą rolę w Europie, głównie w zakresie łączenia sieci MAN i LAN, co najmniej do końca lat dziewięćdziesiątych. Dlatego mimo że protokół Frame Relay dopiero w tej chwili definiowany jest dla systemów E3 (34 Mbit/s), co znaczy że obecnie oferuje stosunkowo małą przepustowość, zdecydowano się poświęcić mu nieco więcej miejsca niż w opracowaniu Gandalf'a.

Część III zawiera opisy wdrażanych aktualnie sieci MAN i charakterystykę rozwiązań firmowych. W części tej wykorzystano materiały dostarczone przez krakowskie firmy:

1. Ascomp SA
2. Solidex
3. ComArch
4. CCC, Ltd

Podano również oszacowanie kosztów ewentualnych inwestycji. Należy podkreślić, że podawane ceny służą głównie ilustracji poziomów cenowych. Ceny urządzeń i systemów, które można osiągnąć w wyniku ogłoszenia przetargu na konkretną inwestycję mogą być istotnie różne.

2. Ogólna architektura sieci MAN

W tej części opracowania przedstawimy ogólną architekturę sieci MAN (*Metropolitan Area Networks*), co do której osiągnięto w czasopiśmie specjalistycznych konsensus. Projektowana sieć WARMAN powinna być zgodna z ogólnymi trendami światowymi w tym zakresie.

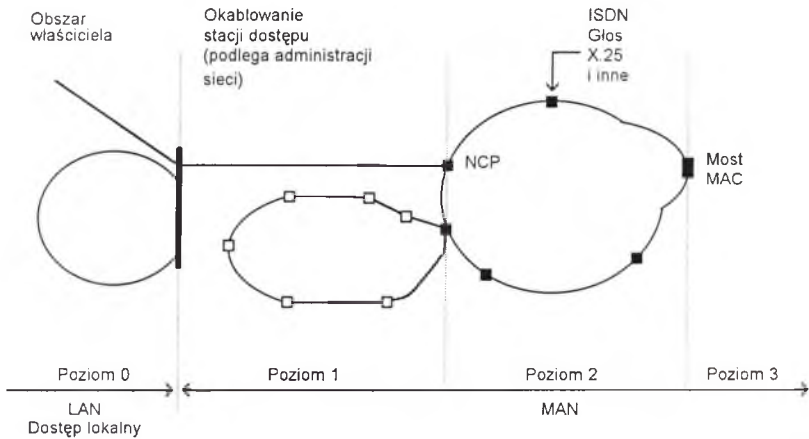
Sieci MAN stanowią stadium pośrednie pomiędzy sieciami WAN (*Wide Area Networks*) i LAN (*Local Area Networks*). Początkowo zostały one zaproponowane do rozszerzenia zasięgu sieci LAN. Wobec wzrostu zapotrzebowania na bardziej wyrafinowane usługi takie jak np. wideokonferencje, zdalne śledzenie obiektów czy też transmisja głosu hi-fi, obecnie sieci MAN postrzegane są jako szerokopasmowe sieci z integracją usług, będące pierwszymi komponentami przyszłych sieci B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Network*) wykorzystujących technikę ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Prace nad standardem dla nich rozpoczęły się w roku 1987 i były prowadzone przez IEEE Project 802. Zakończyły się ogłoszeniem wstępnej wersji standardu w grudniu 1990, który następnie został powszechnie zaakceptowany. Nieco później rozpoczęły się prace prowadzone przez ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*), które w znacznym stopniu wykorzystwały prace IEEE. W marcu 1991 r. został opublikowany pierwszy ETSI *Technical Standard* (ETS).

W poniższej tabeli przedstawiono kilka podstawowych różnic pomiędzy sieciami LAN i MAN.

Cecha charakterystyczna	Sieć LAN	Sieć MAN
Obszar	Kilka km	Obszar miasta i jego przedmieść (średnica do 50 km)
Integracja usług	Małe możliwości	Pełna zdolność do integracji usług dowolnego typu
Bezpieczeństwo transmisji i zachowanie jej tajności	Mało istotny problem	Bardzo istotny problem ze względu na możliwość korzystania z sieci przez użytkowników różnego typu
Pożądana niezawodność sieci		Znacznie wyższa niż dla sieci LAN
Zarządzanie		Wymaga dodatkowo wprowadzenia systemu naliczania opłat
Konieczność uzyskiwania pozwoleń na prowadzenie kabli	Praktycznie nie istnieje	Istnieje

Podsieć dostępu i transportowa są ze sobą połączone na poziomie MAC (*Media Access Control*) i w ten sposób podsieć transportowa jest niewidzialna dla użytkowników. Mostek łączący oba segmenty musi być w stanie rozpoznawać adresy pakietów z podsieci transportowej, aby wpuszczać do podsieci dostępu tylko te pakiety, które mają swoich odbiorców wewnątrz tej sieci. Pakiety z podsieci dostępu są sprawdzane czy są adresowane na zewnątrz; jeśli nie to nie są przepuszczane do podsieci transportowej. Podsieć dostępu może być innym segmentem sieci MAN lub siecią LAN.

Architektura publicznej sieci MAN opartej na protokole DQDB jest bardzo podobna do architektury sieci telefonicznej. Przedstawiona jest ona na rys. 2.2. i ma charakter hierarchiczny.



Rys. 2.2. Architektura publicznej sieci MAN: NCP - *Network Connection Point*, MAC - *Media Access Control*.

Najniżej w hierarchii znajduje się podsieć dostępu, która zapewnia użytkownikowi dostęp do sieci publicznej. Może być ona oparta o protokół DQDB. Podsieć dostępu rozciąga się od klienta do najbliższego punktu należącego do sieci publicznej. Punkt, w którym podsieć dostępu łączy się z siecią publiczną określamy jako punkt przyłączeniowy do sieci NCP (*Network Connection Point*). Funkcje realizowane w punkcie NCP są przedstawione na rys. 2.3 przy pomocy modelu warstwowego. Zadaniem punktu NCP jest utrzymanie i zarządzanie połączeniem z użytkownikiem.

4. MAN PLCP for 2.048 Mbit/s
5. MAN PLCP for 34.368 Mbit/s
6. MAN PLCP for 139.264 Mbit/s
7. MAN PLCP for 155.520 Mbit/s CCITT G.707-709 SDH Systems

3.1. Definicja i architektura sieci MAN

Standard ETSI definiuje sieć MAN jak i określa jej podstawową konfigurację oraz interfejsy na których określone są usługi. Sieć MAN jest definiowana jako sieć cyfrowa, która:

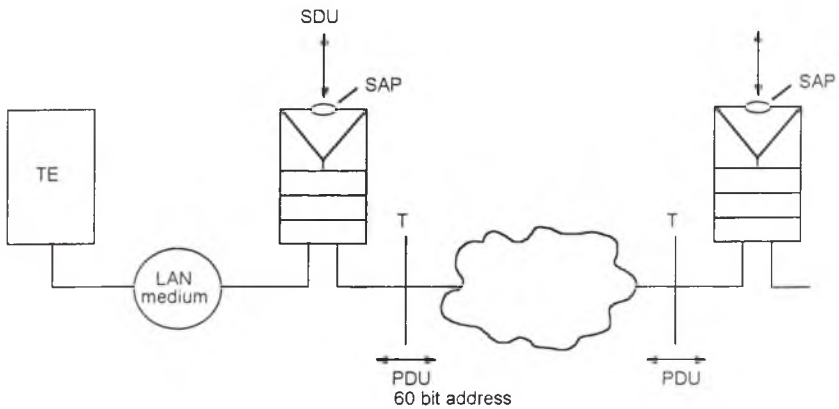
- jest ukierunkowana na zastosowania w zakresie publicznym,
- jest oparta o wielodostęp do szerokopasmowego medium,
- pokrywa miasto wraz z jego przedmieściami (typowa średnica wynosi ok. 50 km),
- może być połączona z innymi odległymi sieciami MAN za pomocą sieci tranzytowej (*Transit Network*).

Model architektury sieci MAN został przedstawiony na rys. 3.1.

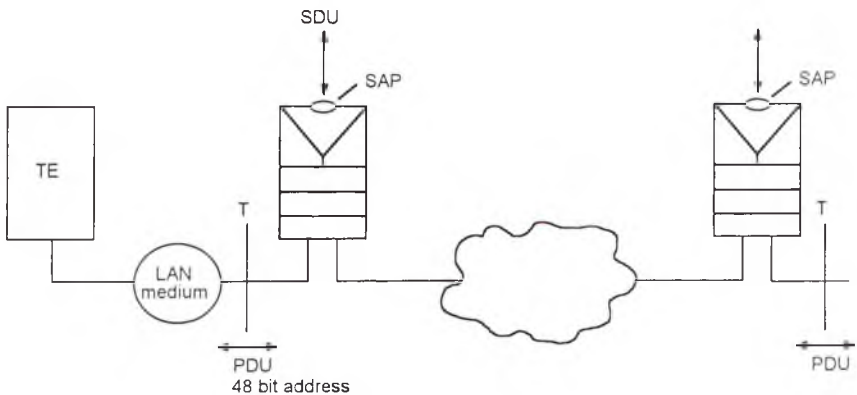
Klient może być przyłączony do systemu komutacyjnego sieci miejskiej, tzw. MSS (*MAN Switching System*) poprzez dwie różne sieci dostępu AF1 i AF2 (AF = *Access Facility*). Architektura AF1 jest analogiczna do architektury SMDS, w której użytkownik uzyskuje dostęp do magistrali w oparciu o protokół DQDB [IEEE90]. Funkcje związane z przyłączaniem sieci LAN do sieci DQDB (mostkowanie i rutowanie) są realizowane za pomocą sprzętu znajdującego się w posiadaniu użytkownika. Zatem, w tym przypadku, pojedynczy klient może mieć szereg węzłów przyłączonych do magistrali zbiorczej DQDB lecz wszystkie muszą należeć do niego.

W przypadku AF2 przewidziano dwa różne warianty. W tzw. wariacie AF2a funkcje związane z mostkowaniem i rutowaniem są dokonywane wewnątrz sieci publicznej. Zatem punkt odniesienia T_M (*T-reference point in MAN networks*) będzie umiejscowiony na istniejących sieciach klientów. W standardzie opisano jak to może być zrobione w przypadku sieci *Ethernet* i *Token Ring*. Inną możliwością jest przyłączenie wielu różnych klientów do tej samej magistrali poprzez protokół DQDB. Scenariusz taki określany jest jako AF2b.

Lokalizacja punktu *T-ref.* w przypadku AF1 i AF2b



Lokalizacja punktu *T-ref.* w przypadku AF2a



Rys. 3.2. Lokalizacja punktu odniesienia (*T-ref. point*).

3.3. Protokoły dla sieci MAN

Standard ETSI przyjmuje protokół IEEE 802.6 jako obowiązujący dla sieci MAN. Określone są również protokoły PLCP, które mają na celu dopasowanie protokołu DQDB do

4. Wprowadzanie i ewolucja sieci miejskich

4.1. Przesłanki planowania sieci MAN

Sieci MAN (*Metropolitan Area Networks*) wykazują szereg istotnych różnic w porównaniu z istniejącymi sieciami telefonicznymi czy też lokalnymi sieciami komputerowymi LAN (*Local Area Networks*). Stąd też metody planowania sieci MAN muszą się różnić od metod stosowanych do klasycznych sieci. Na początek wskażemy na najbardziej istotne różnice pomiędzy tymi sieciami.

W porównaniu z publicznymi sieciami telefonicznymi sieci MAN wprowadzają do koncepcji sieci publicznych całkowicie nowe idee i możliwości jak np.:

- wspólne wykorzystywanie medium transmisyjnego,
- zdolność do integracji ruchu synchronicznego i asynchronicznego,
- funkcje szerokopasmowej komutacji rozłożonej w przestrzeni,
- możliwość transmisji ze zmienną szybkością.

Sieci MAN są pod pewnymi względami podobne do lokalnych sieci komputerowych. Jednakże pod względem planowania i wymiarowania sieci są do nich zupełnie niepodobne z kilku powodów wymienionych poniżej.

Nowe wymagania

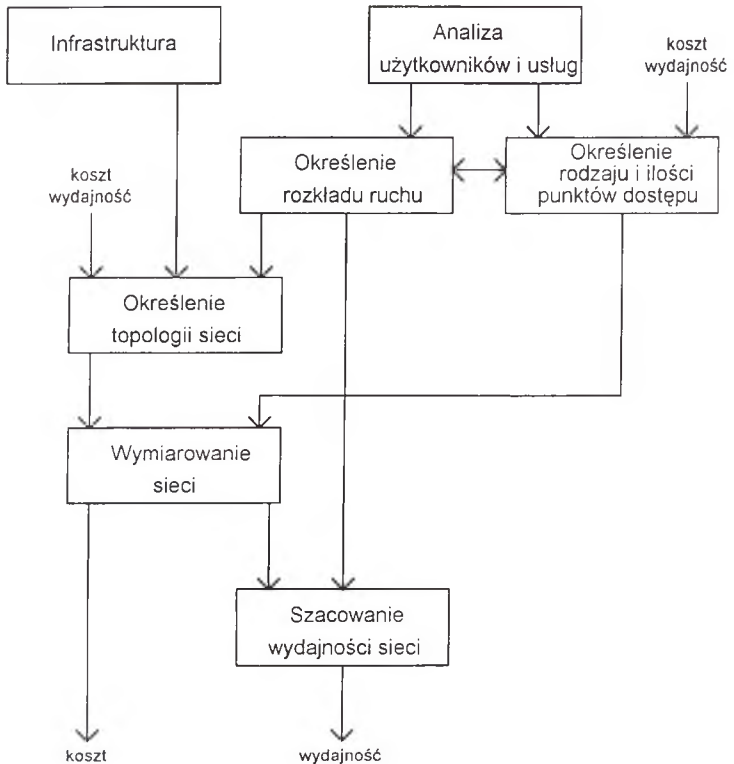
Wymagania sieci MAN są całkowicie odmienne i bardziej ostre niż dla sieci LAN. Typowymi przykładami takich wymagań jest konieczność:

- wykorzystania zainstalowanej i/lub planowanej bazy sprzętu do transmisji cyfrowej (przynajmniej tej części, która spełnia wymagania na požądane szybkości transmisji i elementową stopę błędów);

- włączenia funkcji OAM (*Operation, Administration and Maintenance*), które powinny być zintegrowane z istniejącymi systemami zarządzania;

- zapewnienia bezpieczeństwa i tajności transmitowanej informacji przez abonentów sieci;

- zapewnienie poziomu jakości usług oczekiwanego w sieciach publicznych zgodnie z przyjętymi standardami.



Rys. 4.1. Ogólny schemat planowania sieci MAN

Analiza użytkowników i usług

Użytkownicy znajdujący się w środowisku będącym przedmiotem naszego zainteresowania powinni być sklasyfikowani i przeanalizowani pod kątem ich potrzeb i ich możliwej ewolucji. Usługi, które mogą być z powodzeniem oferowane w badanym środowisku, powinny być zidentyfikowane na podstawie prognozy na ich zapotrzebowanie i ich cech charakterystycznych. Podczas dokonywania wyboru usług powinny być stosowane takie kryteria jak np.:

- istnienie określonych usług i systemów,
- dostępność i zaawansowanie opracowywanych technologii,

- planowane inwestycje,
- polityka cenowa,
- jakość usługi,
- problemy prawno-administracyjne.

Określone w tej fazie usługi stanowią tylko pewną grupę usług potencjalnych. Ich rzeczywista przydatność musi być określona w dalszych etapach planowania sieci. W niektórych przypadkach pewna grupa usług może być ustalona wcześniej.

Ostatecznym wynikiem analizy użytkowników i usług jest określenie tablicy usługa/użytkownik, w której podane jest zainteresowanie każdego użytkownika każdą usługą.

Oszacowanie ruchu w sieci

Po dokonaniu analizy usług i użytkowników konieczne jest dokonanie oszacowania potencjalnego ruchu w sieci. Dla usług izochronicznych, które podobne są do usług telefonicznych, można wyznaczyć wartości klasycznych parametrów takich jak:

- penetracja,
- intensywność zgłoszeń w godzinach szczytu,
- średnia zajętość kanału,
- szybkość transmisji bitów.

W przypadku usług asynchronicznych, takich jak np. łączenie sieci LAN ze sobą, wyznaczenie powyższych parametrów jest bardzo trudne i o małym znaczeniu. Wydaje się, że w tym przypadku bardziej użytecznym parametrem jest określenie ilości ruchu, który może być przetransferowany w godzinie szczytu. Bardziej dokładne oszacowanie ruchu jest możliwe jedynie przy bardziej szczegółowym modelu ruchu w sieciach LAN. Jest to możliwe przy zastosowaniu specjalnych narzędzi komputerowych do badania sieci teleinformatycznych.

Określenie rodzaju i ilości punktów dostępu do sieci

Rodzaj punktów dostępu wynika bezpośrednio z dostępnych interfejsów w jakie wyposażono sprzęt dla sieci MAN. Na podstawie

- zapotrzebowania użytkowników na konkretne aplikacje,
- oszacowaniu ruchu,
- istniejących systemów znajdujących się w posiadaniu użytkowników

można oszacować dla każdego użytkownika konieczną liczbę punktów dostępu dla każdego dostępnego interfejsu.

Końcowym rezultatem takiego postępowania jest określenie tablicy użytkownicy/punkty dostępu.

Analiza infrastruktury i topologii sieci

W większości przypadków infrastruktura jest pierwszym czynnikiem determinującym wybór topologii sieci. W przypadku sieci MAN infrastruktura składa się zwykle ze wszystkich łączy aktualnie zainstalowanych lub których zainstalowanie jest przewidziane w najbliższym terminie. Mogą być rozważane wszystkie typy łączy oparte o kable – w tym także nawet kanały satelitarne. Jednakże ze względu na wymagania współczesnych sieci MAN szczególna uwaga powinna być poświęcona łączom światłowodowym, gdyż sieci te będą przede wszystkim oparte na nich.

Projektant sieci MAN może określić pierwszą topologię sieci w oparciu o:

- analizę infrastruktury i środowiska sieci MAN,
- analizę użytkowników i usług,
- rozkład ruchu generowanego przez użytkowników,
- charakterystyk produktów dla sieci MAN.

Optymalizacja sieci

Optymalizacja sieci ma na celu zaprojektowanie końcowej wersji sieci przy narzuconych ograniczeniach. Ograniczenia te dotyczą zwykle kosztu całej sieci, jakości świadczonych usług (wydajności sieci) oraz możliwości rozwojowych sieci.

Oszacowanie kosztu i jakości może być dokonane w oparciu o:

- wyjściową topologię sieci,
- rozkład ruchu,
- charakterystyki sprzętu dla sieci MAN.

Aby zmniejszyć koszt i poprawić jakość można określić nową topologię i metodą kolejnych przybliżeń starać się znaleźć optymalne rozwiązanie.

4.4. Planowanie ewolucji sieci MAN

Rekonfiguracja i/lub rozszerzanie sieci

W przypadku rekonfiguracji i/lub rozszerzania sieci powinno się w pełni wykorzystać możliwości wynikające z zarządzania siecią. Sprzęt dla sieci MAN wykorzystuje te same moduły hardware-u do implementacji różnych funkcji poprzez wprowadzanie stosownych

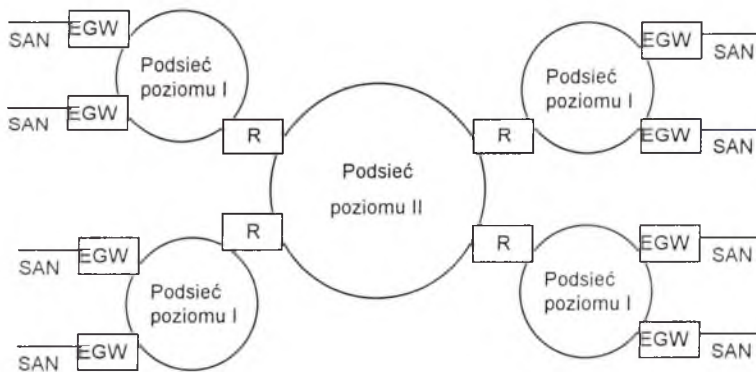
zmian w oprogramowaniu. Jest on konstruowany w sposób modułarny, który umożliwia dodawanie, usuwanie lub zastępowanie elementów sieci. We wszystkich przypadkach wymagających unowocześnienia, rozszerzenia i/lub rekonfiguracji sieci odpowiednie zmiany powinny być dokonywane przy minimalnych kosztach.

Jeśli chodzi o proces rozszerzania sieci to należy przeprowadzić porównanie różnych możliwości ewolucyjnych stosując opisaną metodę planowania sieci jako instrument do wymiarowania rozważanego wariantu. Podczas sprawdzania kolejnych alternatyw należy dołączyć tylko dwa dodatkowe kryteria, które dotyczą zagwarantowania jakości oferowanych usług i uwzględnienia wcześniejszych inwestycji.

Z punktu widzenia topologii rozszerzanie sieci obejmuje:

- rozwój podsieci dostępu na prywatnych obszarach,
- włączanie nowych podsieci dostępu,
- rozszerzanie/rekonfigurację sieci szkieletowej opartej na systemach MSS.

W odniesieniu do ostatniego punktu najbardziej istotnym parametrem, który powinien być sprawdzany, jest wielkość ruchu w systemie MSS. Ruch ten może wzrastać z powodu wzrastającego wykorzystywania sieci i rosnącej liczby nowych klientów. Wzrastającemu ruchowi można sprostać podejmując następujące działania.



SAN = *Subscriber Access Network* (podsieć dostępu)

EGW = *Edge Gateway*

R = router

Rys. 4.2. Hierarchiczna architektura sieci MAN

- Podział sieci szkieletowej na różne podsieci MAN, które połączone są ze sobą za pomocą routerów R. Każda taka podsieć powinna zbierać ruch tych podsieci dostępu, które komunikują się z nią najczęściej. Gdy liczba podsieci MAN staje się zbyt duża (większa od czterech), to należy

- wprowadzić hierarchiczną sieć, w której jedna lub więcej podsieci MAN wyższego poziomu jest używana do przeniesienia ruchu pochodzącego z podsieci leżących na niższym poziomie, bez łączenia bezpośredniego podsieci dostępu ze sobą. Zostało to przedstawione na rys. 4.2.

Ewolucja sieci MAN do sieci ATM

Podstawowym zadaniem jest określenie najlepszego rozwiązania dla sieci MAN na horyzoncie wielu lat, uwzględniając powstanie i wprowadzanie nowych technologii i architektur. W szczególności należy rozważyć kolejne kroki w ewolucji sieci, które uwzględniają możliwości pierwszych komutatorów ATM i jako stadium ostatnie wprowadzenie modułów sieci B-ISDN. Na rys. 4.3 przedstawiono kolejne kroki prowadzące do B-ISDN.

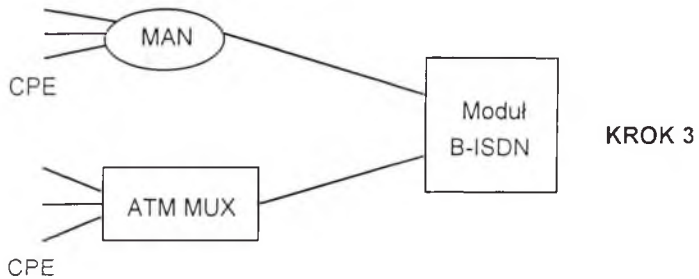
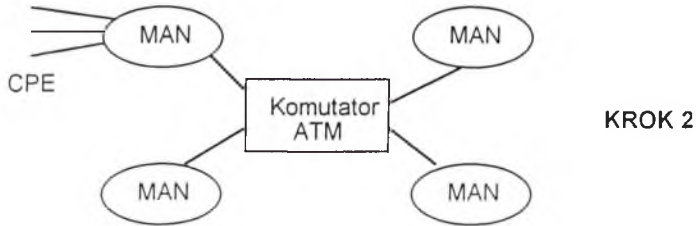
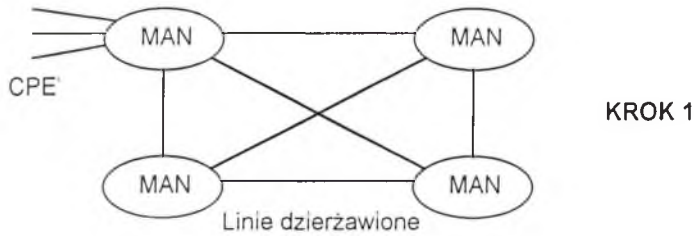
Mając na uwadze nowe problemy, które mogą się pojawić w czasie planowania sieci na długim horyzoncie czasowym, należy stosować nowe instrumenty planowania. Konieczne jest modelowanie wszystkich elementów oraz procesu migracji w celu uzyskania dość ścisłego rozwiązania. Instrumenty te można zakwalifikować do dwóch kategorii:

- specyficzne instrumenty do modelowania technologii stosowanej w sieciach B-ISDN jak np. technika ATM i jej implementacja,
- instrumenty do modelowania procesu ewolucji.

W odniesieniu do ostatniego punktu należy zaznaczyć, że przeprowadzenie analizy planowania tylko na podstawie finalnego rozwiązania jest raczej nie do przyjęcia. W rzeczywistości, najlepsze rozwiązanie statyczne dla danej sieci określone na konkretny rok może się znacznie różnić od rozwiązania znalezionego w sposób dynamiczny (rozważając pełny okres czasu i w szczególności konfigurację sieci otrzymywaną w krokach przejściowych).

Mając zadany horyzont czasowy (np. 10 lat), najbardziej obiecujące, jak się wydaje, teoretyczne podejście powinno uwzględniać:

- określenie lat które będą rozdzielać horyzont czasowy na kilka krótszych okresów,
- przeprowadzenie analizy każdego planu uwzględniającego ograniczenia wynikające z planu na rok poprzedni,



CPE = *Customer Premise Equipment*

Rys. 4.3. Ewolucja sieci MAN

- wykorzystanie częściowych rezultatów jako sprzężeń zwrotnych w celu uściślenia początkowych założeń,
- przeprowadzenie kilku iteracji w celu uściślenia końcowych rezultatów.

LITERATURA

- [CCITT87] Planning data and forecast methods, CCITT GAS 10 Handbook, Geneva 1987.
- [ETSI91] ETSI NA5, Draft ETS on MANs, March 1991.
- [IEEE90] IEEE Standard 802.6 - Distributed Queue Dual Bus (DQDB): Subnetwork of a Metropolitan Area Network (MAN), Final Draft DIS, December 1990.

5. Systemy zarządzania i utrzymania sieci

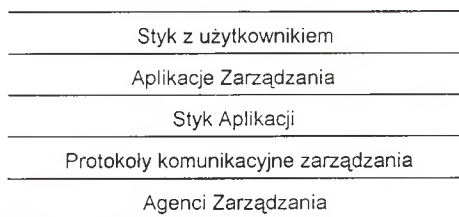
Sieć MAN wymaga odpowiednich narzędzi programowych do utrzymania jej sprawności technicznej oraz zarządzania zasobami i usługami. Zarządzanie jest interakcją dwóch procesów warstwy aplikacji: zarządcy i agenta, który ma bezpośredni dostęp do zarządzanych elementów sieci. Elementy te (urządzenia fizyczne, procesy i protokoły w różnych warstwach modelu OSI) są reprezentowane przez struktury informacyjne nazwane obiektami. Do formalnego opisu obiektów używany jest język zwany Abstrakcyjną Notacją Składniową (ASN.1 - Abstract Syntax Notation One) zdefiniowany w zaleceniach ISO i CCITT.

System zarządzania siecią składa się ze stacji zarządzającej i węzłów zarządzanych. Pojęcie węzły zarządzane obejmuje urządzenia podzielone na trzy klasy:

1. Stacje robocze, terminale, print server'y na poziomie aplikacji
2. Router'y na poziomie transportowym
3. Urządzenia typu bridge, hub lub multiplexer na poziomie fizycznym

Ogólny schemat systemu zarządzania siecią przedstawiono na Rys. 5.1. Składają się na niego:

- Obiekty zarządzane
- Protokoły (usługi) komunikacyjne zarządzania
- Aplikacje zarządzania
- Styk graficzny użytkownika z systemem
- Styk programowy między usługami komunikacyjnymi i aplikacjami zarządzania
- Styk programowy między aplikacjami zarządzania i interfejsem graficznym użytkownika



Rys. 5.1. Architektura systemu zarządzania.

Nad standaryzacją różnych elementów systemów zarządzania pracuje szereg instytucji narodowych i międzynarodowych o mniej lub bardziej formalnym statusie. Oto alfabetyczna lista niektórych z nich:

European Community Testing Service for Network Management CTS3/NM
National Institute of Standards and Technology NIST
Network Management Forum NMF
X/OPEN
Object Management Group OMG
Open Software Foundation OSF
Corporation for Open Systems
Interoperability Technology Association for Information Processing INTAP
Standards Promotion and Application Group SPAG
UNIX International UI
User Advisory Council UAC

Poniżej omawiamy pokrótce wybrane elementy systemu zarządzania. Śledząc prace wymienionych instytucji można zauważyć brak ustalonych rozwiązań. W rozważaniach na przyszłość więcej miejsca poświęca się produktom bazującym na CMIS/CMIP. Na dziś dominują produkty wykorzystujące protokół SNMP.

Obiekty zarządzane

Zmienne (atrybuty) charakteryzujące zarządzane obiekty są przechowywane w wirtualnej bazie danych zarządzania (MIB = Management Information Base). Obiekty są opisane za pomocą notacji ASN.1. Baza MIB nie jest identyczna dla różnych protokołów zarządzania. Dla SNMP jest ona nieco uproszczona, ponieważ protokół ten dopuszcza tylko pewien podzbiór ASN.1 dla definiowania obiektów, gdy np. CMIP wykorzystuje pełnię możliwości tej notacji.

Protokoły komunikacyjne zarządzania

Znaczenie praktyczne mają następujące protokoły:

- SNMP = Simple Network Management Protocol
- SNMPv2 (or SMP) = Simple Network Management Protocol version 2
- CMIP = Common Management Information Protocol
- CMOT = CMIP over TCP/IP

Tabela: Porównanie najbardziej znanych systemów zarządzania

Capabilities	SunNet Manager 1.2	Spectrum 1.0.3	DECmcc 1.2	HP Node Manager 2.0
IP Topology/Node Discovery	FAIR	FAIR	GOOD	GOOD
DECNET Node Discovery	NONE	†	GOOD	†
Monitoring Links/Routers	GOOD	GOOD	VERY GOOD	GOOD
Alarms and Notifications	VERY GOOD	FAIR	EXCELLENT	GOOD
User Interface	VERY GOOD	GOOD	FAIR	EXCELLENT
Commercial MIB Support	FAIR	POOR	VERY GOOD	VERY GOOD
TCP/IP Node Reachability	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT	VERY GOOD
DECNET Node Reachability	EXCELLENT	†	EXCELLENT	†
Dual Network Architecture	†	†	†	†
Workstation Health	FAIR	POOR	FAIR	FAIR
Multiple NMS Users	FAIR	VERY GOOD	VERY GOOD	GOOD

Ostatnio popularna staje się platforma NetLabs/OverLord z aplikacjami takimi jak NetLabs/Assist, NetLabs/Discovery, NetLabs/Vision i NetLabs/ServiceDesk. Cieszy się uznaniem głównie ze względu na rozbudowany, zgodny z zaleceniami OSF i X/Open zbiór interfejsów aplikacji (API).

Mniej znane produkty to:

Network Paradigm

NAT Network Management Products (NMS/100 Network Management System)

NetPlus

Envoy opracowany przez Epilogue Technology Corporation

StationView dla stacji NetWare opracowany przez Network Edge

NetExpert opracowany przez Objective Systems Integrators

NetMetrix będący produktem Metrix Network Systems

Axon LANServant

Na rynku dostępne jest dodatkowe oprogramowanie wytwarzane przez drobnych producentów wzbogacające aplikacje zarządzania przez prezentację danych graficznych lub dołączenie funkcji bazodanowych. Można wymienić tu takie pakiety jak:

TRENDSystem dla SunNet Manager firmy DESKTALK
Remedy Health Profiler firmy REMEDY

Osobna gama systemów to systemy zarządzania sieciami publicznymi, tworzone zazwyczaj przez operatorów sieci. Platformę tworzenia aplikacji zarządzania BaseWorX oferuje AT&T. Ciekawa jest architektura StarSENTRY firmy NCR będącej obecnie częścią składową AT&T. NYNEX w USA sprzedaje oprogramowanie ALLINK.

Katedra Telekomunikacji AGH dysponuje opisem wszystkich wymienionych produktów i adresami producentów.

Wnioski dla zarządzania siecią WARMAN

W chwili obecnej nie ma dobrze ustalonych standardów dla sieci miejskich. Istnieje wiele produktów do zarządzania systemami UNIX'owymi i sieciami lokalnymi TCP/IP. Operatorzy sieci publicznych rozwijają własne systemy zarządzania dostosowane do ich wymagań oraz możliwości technicznych i finansowych.

W zakresie zarządzania sieciami MAN prowadzone są prace standaryzacyjne i pojawiają się pierwsze produkty. W pracy:

Network Management for MANs: An Overview (L. Gavi i R. Vercelli - ICC'92 Genova) przedstawiono prace ETSI zmierzające w kierunku zdefiniowania TMN dla sieci DQDB.

Firma Sumitomo Electric prezentuje system Dr_Net zarządzania siecią FDDI bazujący na protokole SNMP.

Tworzone są także MIB'y i agenci SNMP dla usług typu SMDS.

Przykłady te nie zastępują jednak kompleksowego rozwiązania problemu zarządzania siecią, niezbędnego dla heterogenicznej i dużej instalacji typu WARMAN.

Dlatego wydaje się konieczne określenie w ramach osobnej pracy funkcji zarządzania i utrzymania budowanej sieci wraz z strategią implementacji tych funkcji. Zakupy systemów zarządzania powinny być podporządkowane tej strategii. Na dzień dzisiejszy możliwe jest zakupienie systemów obiektowych, zarządzających fragmentami sieci (podsieciami, węzłami, dużymi zasobami obliczeniowymi). Integracja tych systemów będzie wymagać własnych prac rozwojowych.

6. Taryfikacja

Bardzo istotnym aspektem świadczenia usług jest naliczanie opłat. Należy sądzić, że w początkowym okresie w sieci WARMAN będą świadczone dwa rodzaje usług:

- izochroniczna połączeniowa usługa, np. emulacja łączy dzierżawionych oraz
- bezpołączeniowa usługa typu SMDS/CBDS np. dla łączenia ze sobą sieci LAN.

Opłaty za pierwszą usługę mogą być naliczne w taki sam sposób jak dla obecnie dostępnych usług połączeniowych, np. opłata zależy od czasu trwania połączenia oraz jego cech charakterystycznych (odległość pomiędzy abonentami, pora dnia).

W przypadku usługi bezpołączeniowej możliwe są dwa podejścia [ETSI91], które opisano poniżej.

Ryczałt

W takim przypadku klienci otrzymują rachunek o określonej wartości za określony czas. Wysokość rachunku zależy od wybranej opcji dostępnej dla danej usługi (np. przesłanie adresów, które umożliwia tworzenie zamkniętych grup użytkowników) i jest niezależna od ilości przesłanego ruchu. Ryczałt ma dwie podstawowe zalety. Po pierwsze, nie są wymagane specjalne czynności wewnątrz sieci służące naliczaniu opłat. Po drugie, klient z góry może znać wysokość rachunku do zapłacenia.

Jednakże ryczałt ma kilka poważnych wad. Przede wszystkim klientom nie będzie zależało na racjonalnym wykorzystywaniu sieci. Wówczas projektowanie sieci będzie bardziej złożone. W celu uniknięcia przeciążeń, sieć musi być przewymiarowana. W rezultacie wzrasta koszt całej sieci.

Zróznicowane opłaty

W takim przypadku wysokość rachunku oparta jest o bieżący stopień korzystania z określonej usługi. Stopień taki musi być zmierzony. Tego typu naliczanie opłat jest atrakcyjne dla klientów którzy chcą otrzymać "uczciwy" rachunek. Co więcej, sposób w jaki usługa jest wykorzystywana może być stymulowana przez opłaty. Np. usługa w czasie małego obciążenia sieci może być relatywnie tańsza niż w czasie szczytowego obciążenia. Zbieranie statystyk obciążenia może być wykorzystywane także do innych celów, np. do planowania rozwoju sieci.

W praktyce oba w/w sposoby naliczania opłat mogą być stosowane. Może też być stosowana kombinacja tych metod: część rachunku może mieć charakter ryczałtu a pozostała zależy od sposobu korzystania z usług.

W przypadku usługi bezpołączeniowej stopień jej wykorzystania może jedynie być mierzony w oparciu o liczbę przesłanych jednostek danych. W celu dokonania dokładnych pomiarów szereg parametrów musi być obserwowanych jak np. źródło oraz miejsce przeznaczenia każdego pakietu czy też długość pakietu i czas jego transferu poprzez sieć. Szczegółowe pomiary mogą spowodować wzrost dodatkowego ruchu w sieci.

W celu ustalenia prawidłowej proporcji pomiędzy wysokością rachunku oraz jakością oferowanej usługi nie wystarcza dokonywać dokładnych pomiarów. Ponieważ nie wszystkie pakiety, które użytkownik wysyła, docierają do swojego celu, zatem istnieje różnica pomiędzy pomiarami dokonywanymi przy nadawcy i odbiorcy.

Naliczanie opłat przy nadawcy

W takim przypadku za każdy pakiet oferowany do sieci będzie pobierana opłata. Rozwiązanie takie jest do zaakceptowania przez klientów dopóki założona jakość usługi będzie utrzymywana. Jednakże w przypadku usługi bezpołączeniowej może wystąpić w sposób losowy zator w sieci, który spowoduje, że spora część nadanych pakietów zostanie stracona. Wówczas relacja pomiędzy wysokością rachunku i jakością oferowanej usługi staje się niekorzystna dla klienta. Mamy dwie możliwości, aby uniknąć takiej sytuacji. Po pierwsze, należy unikać powstawania przeciążeń i zatorów w sieci w stopniu takim jak jest to możliwe lub, po drugie, zmniejszyć opłaty w czasie gdy jakość oferowanej usługi znacznie się pogorszyła. Należy zaznaczyć, że efektywność kontrolowania przeciążeń i zatorów w sieciach szybkich (szerokopasmowych) może być niska, gdyż zjawiska te mogą bardzo szybko powstawać jak i zanikać.

Naliczanie opłat przy odbiorcy

W takim przypadku jedynie pakiety, które dotarły do swojego celu będą brane pod uwagę w rachunku. Taka zasada może się okazać szczególnie atrakcyjna z psychologicznego punktu widzenia dla klientów.

Jednakże naliczanie opłat przy odbiorcy do którego mają trafiać pakiety ma pewną wadę. Mianowicie, klienci mogą wysyłać swoje pakiety nie biorąc pod uwagę zdolności do percepcji ruchu przez odbiorców. Niestety, klient który doświadczył przeciążenia sieci nie jest motywowany do zmniejszenia ruchu oferowanego do sieci. W skrajnym przypadku może on nawet zwiększyć ruch oferowany do sieci, aby zwiększyć szansę na skuteczne dostarczenie pakietu do odbiorcy. Oczywiście, takie zachowanie sprzyja dalszemu przeciążaniu sieci i w rezultacie powoduje dalsze obniżenie jakości świadczonej usługi.

Część II: Technologie sieci MAN

7.1. Charakterystyka sieci

FDDI umożliwia transmisję danych z szybkością 100 Mbit/s. Pracuje ona w konfiguracji podwójnej pętli. Transmisja w poszczególnych pętlach: pierwotnej i wtórnej odbywa się w przeciwnych kierunkach. W normalnych warunkach sieć wykorzystuje do transmisji danych tylko jedną z pętli, pętlę pierwotną. Pętla wtórna podlega jedynie stałej kontroli jej stanu i stanowi rezerwę na wypadek fizycznego uszkodzenia medium transmisyjnego. W wypadku wykrycia takich warunków sieć ulega automatycznej rekonfiguracji, co pozwala na utrzymanie dostępu do wszystkich jej użytkowników. Po usunięciu awarii sieć automatycznie powraca do stanu pierwotnego.

Standard FDDI dopuszcza, przy zachowaniu pewnych ograniczeń, jednoczesną transmisję danych użytkownika w obydwu kierunkach, z wykorzystaniem obydwu pętli światłowodów. Jednakże w tym wypadku użytkownicy pętli wtórnej muszą liczyć się z utratą swych danych w chwili gdy sieć dokona rekonfiguracji. Pomimo oczywistych zalet takiego rozwiązania (zwiększenie szybkości transmisji do 200 Mbit/s) nie zostało ono zaakceptowane przez producentów sprzętu FDDI i wciąż pozostaje w sferze rozważań o charakterze akademickim. W chwili obecnej przyjmuje się, że FDDI pracuje efektywnie i poprawnie przy łącznym jej obciążeniu nie wyższym od 80 Mbit/s. Powyżej tego progu sieć wchodzi w stan przeciążenia i pojawiać się mogą pewne niedogodności zauważalne dla niektórych z jej użytkowników.

W pojedynczej sieci FDDI może znaleźć się maksymalnie 500 stacji sieciowych. Każda z tych stacji może wprowadzić opóźnienie w propagacji sygnału nie większe niż 1512 ns. Maksymalna łączna długość wszystkich odcinków światłowodu w sieci nie może przekroczyć 200 km, co przy szybkości propagacji sygnału równej 5085 ns/km daje maksymalne opóźnienie sygnału wnoszone przez medium transmisyjne 1.017 ms.

Suma opóźnień propagacyjnych i opóźnień wnoszonych przez poszczególne stacje dla maksymalnie skonfigurowanej sieci wynosi więc:

$$(500 * 1512ns) + 1,017ms = 1,773ms .$$

Wartość powyższa nabiera istotnego znaczenia przy analizie efektywności wykorzystania zasobów sieciowych. Z wstępnych założeń sieci WARMAN wynika, iż analiza taka wskazana jest dla projektu warszawskiej sieci miejskiej, oczywiście w przypadku gdyby została ona oparta o technologię FDDI. Więcej szczegółów na powyższy temat zawiera podrozdział "Efektywność wykorzystania zasobów sieciowych".

Protokół dostępu do ośrodka transmisji w sieci FDDI nazywany jest protokołem opóźnionego lub inaczej czasowo ograniczonego tokenu (*timed token rotation protocol*).

Istota jego polega na tym, że stacja może prowadzić transmisję jedynie w chwili posiadania tokenu - ramki o specjalnym formacie krążącej pomiędzy wszystkimi stacjami sieci. Czas, przez który stacja może przetrzymać token (a więc prowadzić transmisję w danym obiegu tokenu) regulowany jest wartościami dwóch zegarów stacji TRT - Token Rotation Timer i THT - Token Holding Timer. Protokół FDDI wyróżnia dwie klasy ruchu:

TRANSMISJA SYNCHRONICZNA, charakteryzująca się deterministycznie określonym, minimalnym czasem uzyskania dostępu do ośrodka transmisji oraz stałym dla danej stacji pasmem, ustalonym w drodze negocjacji z operatorem sieci, *TRANSMISJA ASYNCHRONICZNA*, w której pasmo przydzielane jest stacjom dynamicznie, w zależności od aktualnego obciążenia sieci.

Synchroniczny tryb transmisji wykorzystywany jest przez użytkowników, którzy wymagają cyklicznego dostępu do medium w ściśle określonych odstępach czasu. Precyzyjnie jest w tym wypadku określone również wymagane pasmo transmisji. Częstotliwość dostępu do ośrodka transmisyjnego określa maksymalny czas obiegu tokenu w pętli TTRT (Target Token Rotation Time), zaś pasmo transmisji maksymalny czas, przez który stacja może przetrzymać token. Wartość TTRT negocjowana jest pomiędzy wszystkimi stacjami sieci, włączając w to oczywiście operatora sieci.

Transmisja asynchroniczna kontrolowana jest poprzez dwa różne mechanizmy w zależności od klasy aktualnie krążącego w sieci tokenu. Standard definiuje dwie klasy tokenu:

TOKEN ZASTRZEŻONY wykorzystywany jest dla przydziału całości pasma asynchronicznego dla dwóch stacji prowadzących intensywną wymianę danych,

TOKEN NIEZASTRZEŻONY służy zapewnieniu sprawiedliwego rozdziału pasma asynchronicznego pomiędzy wszystkich użytkowników sieci. W normalnym trybie pracy sieci wykorzystywany jest token niezastrzeżony.

Ramki standardu FDDI, niezależnie od trybu ich transmisji, są ramkami o zmiennej długości w granicach od 11 (rozmiar tokenu) do 4500 bajtów.

7.2. Warstwa fizyczna

Sieć FDDI zaleca się oprzeć o światłowód wielomodowy o wymiarach nominalnych rdzenia/plaszczka odpowiednio 62.5/125 mm, apertura numeryczna przewodu tego typu wynosi 0.275. Średnica płaszczka może wahać się w granicach od 122 do 128 mm. Szczegółowe zestawienie wszystkich parametrów światłowodu powyższego typu zawierają normy serii EIA-455 (*Electronic Industry Association*). Zastosowanie zalecanego normą ośrodka transmisji pozwala na usytuowanie sąsiednich stacji sieciowych w odległości do 2km.

Poza wyżej wymienionym dopuszcza się stosowanie okablowania alternatywnego, należy jednak wówczas pamiętać, iż maksymalna dopuszczalna odległość pomiędzy

sąsiednimi stacjami może spaść poniżej przewidzianych w standardzie 2 kilometrów. Poniżej podajemy przykłady światłowodów powszechnie w telekomunikacji stosowanych, a jednocześnie nie spełniających ścisłych wymagań FDDI.

Nominalna średnica rdzenia	Nominalna średnica płaszczka	Nominalna apertura numeryczna
50mm	125mm	0.20
50mm	125mm	0.22
85mm	125mm	0.26
100mm	140mm	0.29

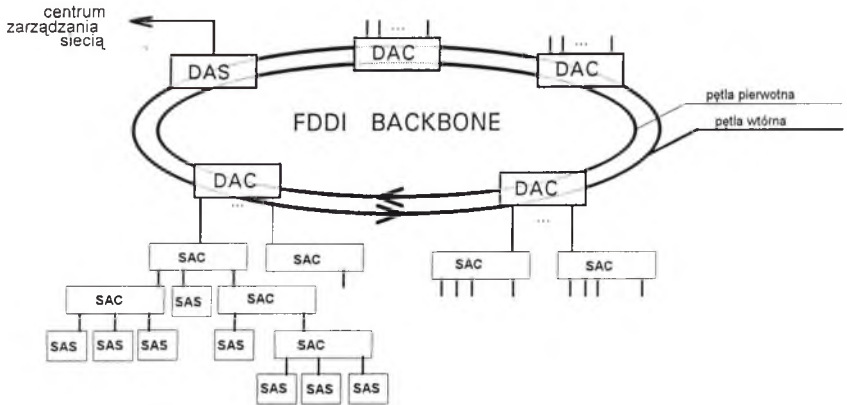
Przy zachowaniu odpowiedniej dbałości w fazie projektowania sieci możliwe jest również stosowanie różnych typów światłowodu w obrębie jednej pętli. Wartości tłumienia sygnału optycznego na przejściach pomiędzy poszczególnymi światłowodami znaleźć można w zaleceniach ISO 9314-3.

W przypadku gdy zaistnieje konieczność połączenia dwóch stacji FDDI zlokalizowanych w odległości większej niż 2 kilometry, stosować należy światłowód jednomodowy o przekroju 8.7mm/125mm. Szczegółowy spis parametrów tego światłowodu zawarty jest w zaleceniach ANSI SMF-PMD (*Single-Mode Fiber Physical Layer Medium Dependent*) lub w normach serii EIA-455. Światłowód jednomodowy pozwala zwiększyć odległość pomiędzy sąsiednimi stacjami nawet do 40 kilometrów. Tłumienie sygnału na dowolnej ścieżce pomiędzy punktami dołączenia nadajnika i odbiornika FDDI nie powinno przekraczać 11dB.

Standard FDDI zawiera specyfikację specjalnie opracowanego na jego potrzeby złącza optycznego MIC (*Media Interface Connector*). Złącze to nie zostało jednak powszechnie zaaprobowane przez producentów sprzętu sieciowego FDDI. Często w jego zastępstwie stosuje się złącze typu ST, mające doskonałe opinie w fachowej literaturze.

Źródłem sygnału optycznego w nadajniku stacji FDDI jest dioda elektroluminescencyjna LED. Jest to źródło tanie, lecz niestety niezbyt wysokiej jakości. Częstotliwość środkowa diody zastosowanej w nadajniku FDDI powinna mieścić się w granicach od 1270 do 1380 nm. Układy scalone nadajnika/odbiornika powinny być wykonane w szybkiej technologii ECL100K.

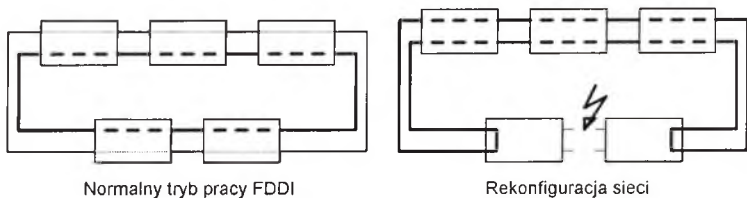
Warstwa fizyczna obejmuje również szereg bloków funkcjonalnych odpowiedzialnych za właściwą synchronizację bitową stacji ze strumieniem danych napływających od poprzedzającego ją sąsiada, kodowanie i dekodowanie ciągu bitów na odpowiedni ciąg symboli rozróżnianych przez obiekt warstwy wyższej oraz wiele innych, specyficznych dla FDDI funkcji.



Rys. 7.2. Sieć o strukturze podwójnej pętli z drzewami.

7.4. Niezawodność i bezpieczeństwo transferu danych

W normalnych, nieawaryjnych warunkach pracy sieci dane użytkowników przesyłane są tylko poprzez jedną z pętli sieciowych: pętlę pierwotną. Druga z pętli - pętla wtórna jest wówczas poddawana jedynie kontroli jej stanu. Jest to oczywista nadmiarowość zasobów transmisyjnych, wykorzystywana jednak do poprawy niezawodności sieci. W przypadku gdy w dowolnym miejscu łącza światłowodowego, pomiędzy dowolną parą stacji pętli głównej wystąpi przerwa ciągłości medium transmisyjnego sieć automatycznie zostanie przekonfigurowana, tak aby zachować łączność pomiędzy wszystkimi stacjami sieci. Sytuację przed i po rekonfiguracji schematycznie pokazuje rys 7.3.



Rys. 7.3. Idea rekonfiguracji sieci FDDI.

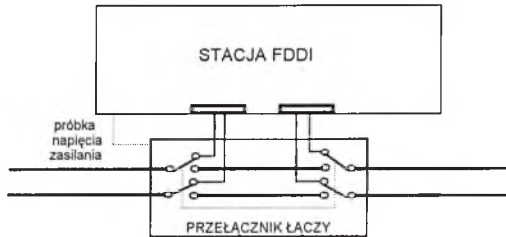
Sieć samoczynnie zmienia swą konfigurację również w przypadku stwierdzenia błędnej pracy jednej ze stacji. To czy utrzymana zostanie łączność z użytkownikiem dołączonym do takiej stacji uzależnione jest od charakteru powstałego uszkodzenia. Jego

ocena dokonywana jest automatycznie przez procedury zarządzania pracą stacji SMT (*Station Management*).

W sytuacji gdy jednocześnie w dwu miejscach sieci przerwana zostanie ciągłość światłowodu, sieć ulega podziałowi na dwie oddzielne i w pełni operacyjne podsieci. Sytuacja taka trwa aż do usunięcia jednego z powstałych uszkodzeń. Opisane przypadki rekonfiguracji sieci mają miejsce jedynie w przypadku jednoczesnego przerwania obydwu włókien światłowodu - pętli pierwotnej i pętli wtórnej. Jeśli uszkodzenie dotyczy tylko jednej z pętli, sieć zachowuje pełną sprawność dzięki przetrucaniu ruchu pomiędzy poszczególnymi pętlami.

Kolejną przyczyną mogącą znacznie pogorszyć lub wręcz uniemożliwić transmisję danych w sieci FDDI jest zanik napięcia zasilania jednej lub kilku ze stacji sieciowych. Każda ze stacji, ze względu na charakter ośrodka transmisji musi nieustannie wzmacniać i powtarzać sygnał optyczny. Zanik zasilania uniemożliwia spełnianie tego zadania. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie opto-mechanicznego przełącznika łączy - przełącznika *bypass*. Przełącznik ten kieruje sygnał wejściowy do odbiornika stacji dopóty, dopóki na jego końcówce obecna jest próbka napięcia zasilającego. Po jego zaniku przełącznik przechodzi do stanu, w którym sygnał wejściowy przekazywany jest bezpośrednio na końcówkę łącza poprzednio dołączonego do nadajnika stacji. Zasada działania przełącznika tego typu pokazana jest na rys. 7.4.

Stosowanie przełączników łączy typu *bypass* wymaga starannego przeanalizowania prawdopodobieństwa zestawienia ciągu zwartych przełącznikami odcinków światłowodu o długości większej od maksymalnej, dopuszczalnej odległości pomiędzy sąsiednimi stacjami. Jeśli prawdopodobieństwo takie byłoby zbyt wysokie należy rozważyć zastosowanie światłowodu lepszej jakości (światłowodu jednomodowego) pozwalającego zwiększyć odległość pomiędzy sąsiednimi, czynnymi stacjami do 40 kilometrów lub wyposażyć stacje w awaryjne źródła zasilania UPS.



Rys. 7.4. Schemat działania optycznego przełącznika łączy.

własnemu, zaś status ramki wskazuje, iż została ona wcześniej odebrana i skopiowana przez inną stację (symbol A przyjmuje wartość set w polu FS).

Baza danych stacji FDDI: MIB zdefiniowana została dopiero w kolejnej wersji norm dotyczących zarządzania stacją FDDI: SMT Rev. 6.2 z roku 1990. Konieczność utworzenia bazy danych stacji wynika niewątpliwie z lawinowo rosnącej ilości parametrów, flag, liczników statystycznych, zmiennych i timerów niezbędnych do sterowania pracą stacji. W chwili obecnej MIB utworzona jest z ponad 20 grup danych przydzielonych do oddzielnych segmentów, w zależności od typu obiektu, którego dotyczą. Segment MIB1 zawiera parametry obiektu SMT, MIB2 obiektu MAC, MIB3 przełącznika CS, MIB4 obiektu PHY, zaś MIB6 - PMD.

W ramach SMT należałoby wyodrębnić również kolejny moduł: jednostkę obsługi ramek służbowych (*SMT Frame Service Entity*). Obiekt ten odpowiedzialny jest za generowanie, odbiór i analizę ramek dotyczących przydziału zasobów sieciowych (w trybie transmisji synchronicznej), przeprowadzanie testów kontrolnych stacji zdalnych, ustalanie topologii sieci, konfiguracji sąsiednich stacji itp. W celu zapewnienia przejrzystości schematu, przyjęliśmy, iż moduł taki tożsamy jest z obiektem SMT.

7.6. Taryfikacja

Ponieważ w zamyśle twórców standardu FDDI miała ona być siecią lokalną, nie przewidziano w niej żadnych możliwości bezpośredniej taryfikacji użytkowników. W dostępnych nam ofertach producentów lub dealerów sprzętu FDDI również brak jest informacji o takich możliwościach.

Uważne przestudiowanie norm FDDI pozwala jednakże dostrzec pewne mechanizmy umożliwiające względnie łatwą implementację zestawu procedur naliczających użytkowników sieci WARMAN opłaty za korzystanie z jej zasobów. Każda ze stacji FDDI powinna, w świetle norm, utrzymywać i stale uaktualniać zestaw liczników statystycznych niezbędnych dla kontroli stopy błędów w sieci. Jednym z tych liczników jest licznik poprawnie wysłanych przez daną stację ramek. W powiązaniu z faktem, iż NMS (*Network Management System*) można skonfigurować w sposób umożliwiający automatyczny, cykliczny odczyt stanu dowolnego licznika dowolnej stacji oraz że każdorazowe przepełnienie licznika zgłaszane jest systemowi zarządzającemu siecią, wydaje się, że zbudowanie sprawnego i sprawiedliwego systemu taryfikacji jest stosunkowo łatwe. Zastrzec należy jednak, iż zmienna długość ramek formatu FDDI umożliwiała użytkownikowi podjęcie działań (wysyłanie jedynie ramek o maksymalnej dopuszczalnej długości) stawiających go w sytuacji uprzywilejowanej względem pozostałych klientów sieci. Jeśli jednak celowe działania tego typu nie wystąpią, sprawiedliwość wyżej przedstawionego

Odpowiednio uprawniony użytkownik sieci może zapewnić sobie nieograniczony dostęp do pasma asynchronicznego poprzez zastrzeżenie tokenu. Token zastrzeżony może zostać przejęty jedynie przez stację, która token zastrzegła oraz stację z którą uprawniony użytkownik prowadzi wymianę danych. Transmisja z tokenem zastrzeżonym kontrolowana jest przez procedury zarządzania pracą stacji i sieci. Nie należy tej możliwości nadużywać, ze względu na całkowitą utratę dostępu do usług asynchronicznych pozostałych użytkowników. Służyć ona może w wypadkach nagłych, dużej wagi, błyskawicznemu "wyciszeniu" sieci. Wielu producentów nie implementuje usług tego typu ze względu na złożoność procedur nimi sterujących.

Transmisja synchroniczna dotyczy wszystkich źródeł danych o ścisłych zależnościach czasowych: cyfrowych sygnałów mowy, dźwięku, wizji, telesterowania itp. Kombinacja transmisji asynchronicznej z synchroniczną umożliwia obsługę przez FDDI sieciowych aplikacji o naturze multimedialnej. Z ciekawszych propozycji wybranych z ofert producentów sprzętu FDDI należy wymienić telekonferencję i zdalny dozór mienia. Dozór mienia poprzez sieć FDDI można przykładowo zorganizować poprzez rozmieszczenie szeregu kamer telewizyjnych w niewrażliwych punktach chronionych obiektów. Obraz z tych kamer przekazywany jest poprzez FDDI do jednego wydzielonego miejsca (komenda policji, agencja ochrony mienia). Jednocześnie sieć zdolna jest przenieść około 20 cyfrowych i skompresowanych sygnałów wizji, ale w miarę potrzeb do systemu można dołączyć dowolną liczbę kamer, a wybór które z nich aktualnie przekazują obraz do centrum dozoru mienia należy do obsługi sterującej kamerami poprzez kanał telesterowania (wydzielony oczywiście w sieci FDDI). Dodatkowo poprzez sieć przysyłać można dane opisujące stan lokalnych instalacji alarmowych. Wyposażenie niezbędne do realizacji powyższych usług dostępne jest w publicznej ofercie producentów sprzętu teleinformatycznego.

7.9. Możliwości rozbudowy sieci

Sieć FDDI może być łatwo rozbudowywana bez żadnych negatywnych skutków dla jakości usług oferowanych dotychczasowym użytkownikom. Wpięcie dodatkowego węzła do głównej pętli sieci spowoduje jedynie, iż na okres prowadzonych prac sieć pracować będzie w zmienionej konfiguracji. Po zakończeniu czynności dołączania nowej stacji sieć automatycznie powróci do poprzedniego stanu, zgłaszając jedynie administratorowi obecność nowego węzła. Równie łatwe jest dołączenie kolejnego koncentratora w dowolnym miejscu drzewa dowolnego węzła. W przypadku braku aktualnie wolnych portów w potrzebnym nam miejscu wystarczy zastąpić stację klasy SAS koncentratorom SAC, przenosząc równocześnie samą stację o jeden poziom koncentracji niżej. Także w tym wypadku koncentrator ominie aktualnie nieczynny port zapewniając ciągłość pracy sieci.

Transmisja w trybie komutacji pakietów podlega tym samym prawom dostępu jak w przypadku podstawowej sieci FDDI. Można więc stwierdzić, że FDDI-II świadczy usługi niezbędne dla transmisji z protokołem FDDI, ale jedynie w znaczeniu funkcjonalnym.

Przydział pasma dla trybu pakietowego lub połączeniowego odbywa się w oparciu o kanały WBC (*Wideband Channel*) o szerokości 6.144 Mbit/s. Przepływności poszczególnych kanałów (pakietowego i łączy) są więc wielokrotnościami wartości 6.144. FDDI-II wyodrębnia 16 kanałów WBC oraz jeden dedykowany kanał pakietowy o przepływności 0,768 Mbit/s, niezbędny dla celów utrzymaniowych sieci.

W ramach poszczególnych kanałów WBC wyodrębnić można podkanały o podanych niżej przepływnościach. Przedział pasma pomiędzy poszczególnych użytkowników dotyczy podkanałów, całych kanałów WBC lub nawet ich wielokrotności.

Podkanał:	Ilość bitów w 1 ramce:
8 kbit/s	(1 bit na ramkę)
16 kbit/s	(2 bity na ramkę)
32 kbit/s	(4 bity na ramkę)
64 kbit/s	(8 bitów na ramkę)
384 kbit/s	(48 bitów na ramkę)
1536 kbit/s	(192 bity na ramkę)
1920 kbit/s	(193 bity na ramkę)
2048 kbit/s	(256 bitów na ramkę)
6144 kbit/s	(768 bitów na ramkę)

Warto zauważyć, że podział ten dokonany został z dbałością o przyszłą współpracę FDDI-II z publiczną cyfrową siecią telefoniczną (PCM 30/32 - 2.048Mbit/s, PCM 24 - 1.536Mbit/s)

FDDI-II jest niewątpliwie siecią mogącą być zaliczoną do sieci z integracją usług. Oferuje pełen zestaw usług transmisji danych, włączając w to transmisję w trybie asynchronicznym, również z tokenem zastrzeżonym, synchronicznym, isochronicznym. Jest siecią posiadającą wszystkie zalety podstawowej wersji FDDI dotyczące elastycznej konfiguracji, niezawodności, bezpieczeństwa danych.

Dodatkowo FDDI-II bardziej efektywnie wykorzystuje posiadane zasoby, co osiągnięto zmianą podstaw zasad dostępu do ośrodka transmisji.

Jednocześnie jest jednak siecią zbudowaną ze stacji o bardzo złożonej architekturze. Konieczność szybkiego dopasowania FDDI-II do FDDI spowodowała, że wiele funkcji typowych dla obsługi strumienia danych przerzuconych zostało do obiektów zarządzania pracą stacji, rozbudowując je w ten sposób do naprawę pokaźnych rozmiarów.

Znana jest nam aktualnie jedna praca (z 1991 roku) opisująca próby budowy sieci FDDI-II. Pomimo upływu czasu FDDI-II nie pojawia się w ofercie komercyjnej. Podczas rozmów w Centrum Naukowo-Badawczym firmy ALCATEL wielokrotnie wypowiedzane były wątpliwości, czy w świetle rozwoju innych sieci z integracją usług FDDI-II kiedykolwiek doczeka się swej komercyjnej premiery.

7.12. FDDI Follow-On LAN: FFOL

FFOL jest aktualnie opracowywanym standardem sieciowym, mającym stanowić następną generację światłowodowych sieci komputerowych. Prace nad FFOL prowadzone są w ramach tego samego komitetu ANSI, który stworzył FDDI i FDDI-II. FFOL zapowiadany jest jako sieć o charakterze lokalnym LAN (podobnie jak to miało miejsce dla FDDI). Należy się jednak spodziewać, że w chwili pojawienia się na rynku FFOL zacznie ona pełnić rolę sieci nadrzędnej dla wolniejszych sieci lokalnych.

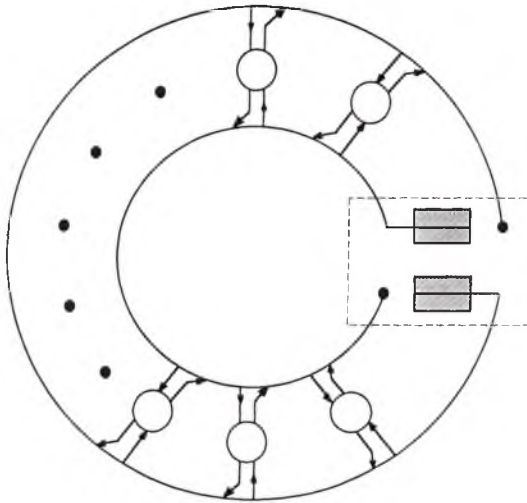
Po trzech latach prac komitetu dostępne są jedynie wstępne założenia i propozycje uzgodnione z największymi producentami sprzętu teleinformatycznego. FFOL cechować się będzie:

1. różnorodnością usług, w tym niewątpliwie transmisją asynchroniczną i isochroniczną w paśmie 6.144 Mbit/s (WBC z FDDI-II),
2. zgodnością szybkości transmisji ze standardami SDH,
3. łatwą możliwością współpracy z sieciami ATM,
4. skalowalną architekturą umożliwiającą łatwą zmianę szybkości transmisji od 150 Mbit/s aż do 2.4 Gbit/s,
5. wykorzystaniem okablowania charakterystycznego dla FDDI.

Tempo postępu prac nad FFOL, konkurencja ze strony innych standardów i rozwiązań, brak powodzenia FDDI-II budzą obawy, że FFOL stanie się kolejnym opracowanym przez komitety normalizacyjne standardem, charakteryzującym się dokuczliwym brakiem zainteresowania ze strony producentów.

w żaden sposób nie są zakłócone przez dane, które dany węzeł wysyła. Zauważmy także, że dane przepływają poza węzłami, zatem awaria węzłów względnie ich usunięcie nie powoduje przerwy w pracy sieci. Awarię pracy sieci może wywołać uszkodzenie magistrali lub niekontrolowany wypływ danych z jakiegoś węzła. Uszkodzenie magistrali wymaga rekonfiguracji sieci, natomiast druga sytuacja może być rozwiązana przy użyciu procedur wykrywających błędy i separacji układów.

Modyfikacją architektury sieci dwumagistralowej jest sieć "zagięta". Główna różnica polega na tym, że oba końce magistral są umieszczone blisko siebie, tak jak to przedstawiono na rys. 8.2.



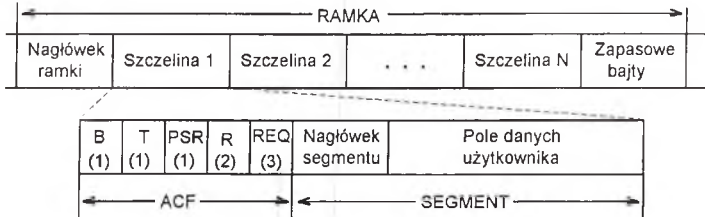
Rys. 8.2. "Zagięta" sieć DQDB.

Zastosowanie tego typu modyfikacji ma dwa cele:

- 1) generator impulsów wyznaczających ciąg ramek czasowych może być ten sam dla obu magistral,
- 2) w przypadku fizycznego przerwania magistrali lub awarii można dokonać prostej rekonfiguracji systemu, omijając uszkodzone miejsce. Będzie o tym mowa w dalszej części opracowania.

8.2. Struktura ramki

Wymiana informacji w sieciach DQBD odbywa się przy pomocy ramek (*frames*). Struktura ramki została przedstawiona na rys. 8.3 (cyfry w nawiasach oznaczają liczbę bitów).



ACF = *Access Control Field* (pole sterujące)

B = *Busy* (jeśli B = 0, to szczelina jest wolna, a jeśli B = 1, to - zajęta)

T = *Sl-Type* (bit wskazujący typ szczeliny T = 1 - szczelina dla usługi izochronicznej, T = 0 - szczelina dla usługi asynchronicznej)

R = *Reserved* (bit niewykorzystany)

PSR = *Previous Slot Received* (bit wskazujący czy poprzednia szczelina została odebrana czy też nie)

REQ = *Request* (REQ_2, REQ_1, REQ_0) (bity rezerwacyjne)

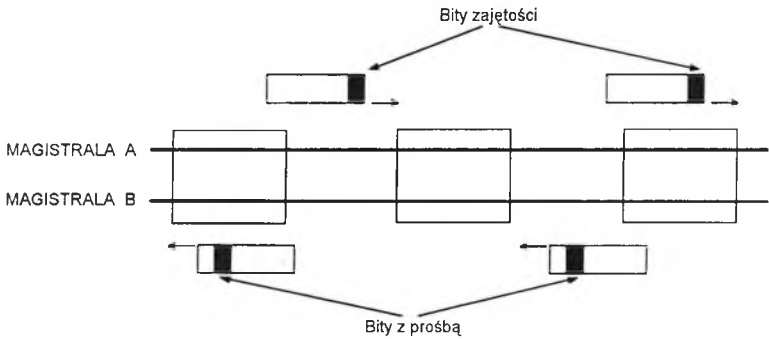
Rys. 8.3. Struktura ramki w sieci DQBD.

Długość ramki wynosi 125 μ s ze względu na dopasowanie jej do obowiązujących standardów telefonii cyfrowej. Ramka podzielona jest na pewną liczbę szczelin, z których każda oprócz bitów nadmiarowych ma dostępne 48 oktetów przeznaczonych do transmisji. Każda szczelina może być przeznaczona dla innego typu usługi telekomunikacyjnej:

1) tzw. izochronicznej, tzn. usługi typu komutacji łączy (wówczas szczeliny są określane jako PA-szczeliny - od *Pre-Arbitrated*) takiej jak np. transmisja głosu lub wideo;

2) tzw. nieizochronicznej (asynchronicznej), tzn. usługi typu komutacji pakietów (wówczas szczeliny są określane jako QA-szczeliny - od *Queued-Arbitrated*), takiej jak np. transmisja danych komputerowych.

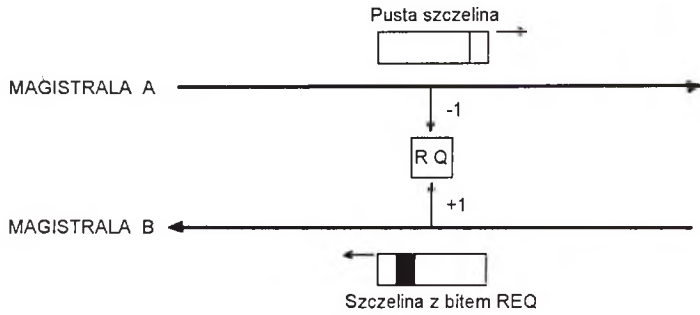
Transmisja segmentów magistralą B jest w pełni symetryczna, zatem wystarczy ograniczyć się do magistrali A.



Rys. 8.4. Ilustracja działania protokołu DQDB.

W przypadku gdy dany węzeł chce przesłać segment magistralą A, to wówczas będzie się on starał nadać bit REQ magistralą B. Bit ten dotrze do wszystkich węzłów leżących na magistrali A w kierunku przeciwnym do kierunku transmisji, poczynając od węzła, który nadał bit REQ. Bit ten sygnalizuje wszystkim tym węzłom, że kolejny segment został umieszczony w kolejce do transmisji na magistrali A.

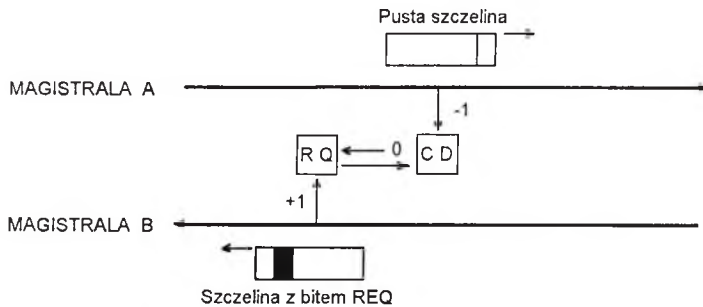
W przypadku gdy węzeł nie ma segmentu do nadania, to śledzi on na bieżąco liczbę segmentów umieszczonych w kolejce a pochodzących z węzłów położonych w kierunku transmisji na magistrali A. Realizowane jest to poprzez zliczanie kolejnych bitów REQ, które przepływają magistralą B: każdy odebrany bit REQ powoduje zwiększenie stanu licznika RQ, w który wyposażony jest każdy węzeł, o jeden (patrz rys. 8.5). Natomiast każda przepływająca pusta ramka na magistrali A powoduje zmniejszenie stanu licznika RQ o jeden. Dzieje się to dlatego, że z prawdopodobieństwem równym jedności przepływająca pusta ramka zostanie wykorzystana przez któryś z węzłów. Jak łatwo można zauważyć stan licznika w danym węźle odzwierciedla dość precyzyjnie (zależy to od rozmiarów fizycznych sieci i szybkości transmisji na magistralach) stan kolejki segmentów oczekujących na nadanie z węzłów leżących w kierunku transmisji na magistrali A.



Rys.8.5. Ilustracja pracy licznika RQ w przypadku gdy węzeł nie ma segmentu do nadania.

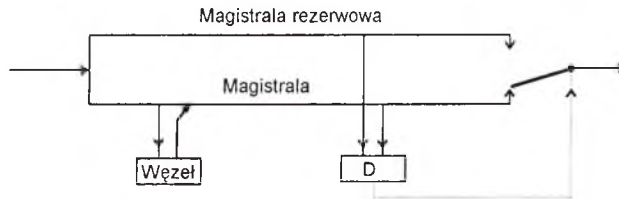
Nieco inaczej wygląda sytuacja, gdy dany węzeł ma do nadania segment. Wówczas, po nadaniu bitu REQ uruchamiany jest w tym węźle drugi licznik CD, w którym za stan początkowy przyjmuje się aktualny stan licznika RQ, a następnie licznik RQ jest zerowany. To w konsekwencji powoduje, że stan licznika CD jest równy liczbie segmentów oczekujących w węzłach leżących w kierunku transmisji na magistrali A. Stan licznika CD jest zmniejszany o jeden, gdy magistralą A przepływa pusta szczelina. Dany węzeł może jedynie nadać swój segment, gdy stan licznika CD jest równy zero, w pierwszej pustej szczelinie przepływającej magistralą A.

W czasie, gdy węzeł oczekuje na uzyskanie dostępu do magistrali, po której nada swój segment, każdy nowy bit REQ odebrany z magistrali B powoduje zwiększenie stanu licznika RQ o jeden. Zatem, stan ten w dalszym ciągu odzwierciedla liczbę segmentów oczekujących na transmisję w węzłach leżących w kierunku transmisji na magistrali A. Praca liczników CD i RQ jest przedstawiona na rys. 8.6.



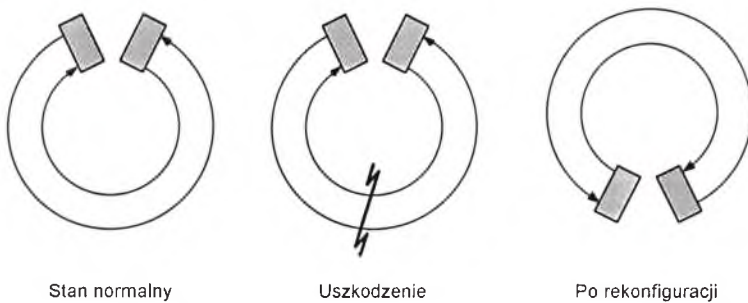
Rys. 8.6. Ilustracja pracy liczników CD i REQ w przypadku gdy węzeł ma segment do nadania.

MAC jak i uszkodzenia magistrali można łatwo wykryć porównując sygnały wejściowe do węzła z wyjściowymi. Wówczas można uszkodzone miejsce w prosty sposób ominąć, tak jak to przedstawione jest na rys. 8.7. Operację taką przeprowadza się na poziomie hardware-u i potencjalne zakłócenia w pracy sieci są minimalne.



Rys. 8.7. Ilustracja metody przeciwdziałania uszkodzeniom: D - urządzenie wykrywające uszkodzenie.

Jednakże w przypadkach fizycznych uszkodzeń magistrali musimy dokonać rekonfiguracji sieci. Proces ten przedstawiony jest na rys. 8.8. Uszkodzone miejsce jest zastępowane naturalną przerwą w sieci, podczas gdy poprzednia przerwa zostaje zlikwidowana.



Rys. 8.8. Rekonfiguracja sieci w przypadku fizycznego uszkodzenia magistrali.

8.6. Możliwość wprowadzenia węzłów kasujących

Cechą charakterystyczną standardowej wersji DQDB jest to, że pojedyncza szczelina może być wykorzystywana jedynie raz, gdy wędruje wzdłuż magistrali. Zatem wówczas maksymalna przelotowość ograniczona jest do jednego segmentu na szczelinę.

Obecnie bardzo dużo wysiłku w pracach badawczych poświęcono na proponowanie takich zmian w sieciach DQDB, które umożliwiają wielokrotne wykorzystanie pojedynczej szczeliny, a przez to zwiększenie przepustowości systemu.

Jak się wydaje, najlepszą metodą jest wprowadzenie specjalnych węzłów posiadających zdolność zwalniania szczelin, z których zostały wcześniej odczytane segmenty. Węzły te nazywane są węzłami kasującymi.

Aktualny standard sieci DQDB przewiduje wykorzystanie bitu PSR z pola ACF do sygnalizacji czy segment znajdujący się w szczelinie dotarł do swojego adresata. Jeśli węzeł rozpozna, że segment w danej szczelinie jest adresowany do niego, to jest on zobowiązany do ustawienia bitu PSR na "1" w następnej szczelinie. Każdy węzeł kasujący opóźnia ciąg bitów transmitowanych magistralami o jedną szczelinę i czas konieczny do stwierdzenia czy w następnej szczelinie bit PSR ustawiony jest na "1". Jeśli tak, to bit ten jest zerowany i równocześnie zwalniana jest szczelina poprzez wyzerowanie jej zawartości.

Zastosowanie węzłów kasujących nie wymaga żadnych zmian w działaniu normalnych węzłów, które w zależności od implementacji mogą być w sposób pasywny lub aktywny podłączane do magistral.

Jak dotąd nie podjęto prac standaryzacyjnych związanych z pracą węzłów kasujących. Wydaje się, że każdy wytwórca będzie rozwiązywał ten problem indywidualnie. Natomiast, jeśli w sieci WARMAN będzie instalowany sprzęt DQDB, to musi być on taki, że węzły obowiązkowo ustawiają bit PSR w sposób opisany powyżej. Węzły kasujące mogą być zainstalowane przecież później.

Wprowadzenie węzłów kasujących ma dwie zasadnicze zalety wymienione poniżej.

1. Podniesienie przepustowości sieci: wprowadzenie K węzłów w skrajnym przypadku może spowodować $(K + 1)$ - krotny wzrost maksymalnej przepustowości.

2. Węzły kasujące mogą izolować od reszty sieci grupy użytkowników o wzajemnych interesach lub którzy nie życzą sobie aby np. tajne informacje krążyły po całej sieci.

Literatura

[IEEE90] IEEE standard 802.6 - Distributed Queue Dual Bus (DQDB): Subnetwork of a Metropolitan Area Network, Final Draft DIS, December 1990.

względu na stosunkowo małą prędkość transmisji Frame Relay nie jest w stanie zapewnić możliwości organizowania dużych telekonferencji lub transmisji sygnału wizji wysokiej jakości. Znaczące zmiany w możliwościach tej sieci mogą nastąpić po wprowadzeniu na rynek zapowiadanych multiplexerów Frame Relay pracujących na poziomie E3 (tj. 34 Mbit/s).

Frame Relay często bywa natomiast wykorzystywana do łączenia sieci lokalnych i miejskich oraz jako sieć transmisji danych o charakterze sieci rozległej WAN (*Wide Area Network*).

Perspektywy rozwoju sieci opartych o Frame Relay

Sieć Frame Relay ma dużą szansę zdobycia znaczącej pozycji na rynku dzięki cechom umożliwiającym jej ewolucję w kierunku szerokopasmowych sieci z integracją usług B-ISDN. Wydaje się, że obecnie Frame Relay wypiera na rynku europejskim rozwiązania oparte na zaleceniach X.25 i stanowi pomost dla wprowadzenia sieci ATM.

W Stanach Zjednoczonych od 1991 roku działa sieć Frame Relay, będąca własnością jednego z amerykańskich operatorów sieci publicznej US Sprint. W Europie planuje się utworzenie międzynarodowej sieci transmisji danych opartej o Frame Relay, która miałaby zastąpić istniejące sieci X.25. Warto zwrócić uwagę, iż w każdym wypadku jest to sieć rozległa WAN, zdominowana przez transmisję danych o charakterze bezpołączeniowym.

W odniesieniu do wymagań nałożonych na przyszłą sieć WARMAN wydaje się, że Frame Relay nie może być techniką stanowiącą podstawę jej realizacji, przynajmniej do czasu wprowadzenia na rynek rozwiązań o większych prędkościach transmisji. Może ona natomiast posłużyć do dołączenia do sieci WARMAN szeregu użytkowników ulokowanych w znaczącej odległości od Warszawy. Ze względu na możliwość zdobycia dużej popularności przez tą sieć w Europie warto upewnić się, że sieć WARMAN zdolna będzie w przyszłości efektywnie współpracować z rozległą siecią transmisji danych opartą o Frame Relay.

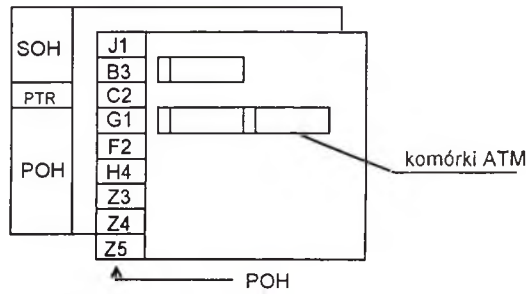
pomiędzy użytkownikiem a siecią. Zadaniem sieci jest, aby korzystając ze statystycznych własności przenoszonego ruchu, jak największą liczbę logicznych kanałów umieścić w jednym kanale fizycznym. Zachowany musi być przy tym odpowiedni poziom świadczonych usług, czyli prawdopodobieństwo, że suma chwilowych prędkości transmisji wszystkich prowadzonych sesji przekroczy pojemność łącza musi zostać utrzymane na odpowiednio niskim poziomie. Proces wyżej opisany nazywany jest procesem multipleksacji statystycznej. Dzięki własnościom multipleksacji statystycznej niewielkich rozmiarów jednostek danych ATM jest siecią efektywnie wykorzystującą swe zasoby.

Sieć ATM operuje na łączach o bardzo dużych szybkościach transmisji, wyższych od 150 Mbit/s. Fakt ten uniemożliwia zastosowanie w sieci ATM klasycznego algorytmu sterowania przepływem, wykorzystującego sprzężenie zwrotne przeciążonego węzła ze źródłami ruchu. Opóźnienie w dostarczeniu do stacji generujących ruch informacji o wystąpieniu przeciążenia, przy tak dużych szybkościach transmisji spowoduje 'zalanie' węzła strumieniem danych zbyt dużym by można go było zbuforować. Z tego też względu ATM raczej stara się nie dopuścić do powstania przeciążenia, niż aktywnie je likwiduje. Więcej informacji na temat sterowania przepływem w sieci ATM zawiera rozdział "Niezwadność sieci ATM".

Sieć ATM może pełnić rolę sieci LAN, MAN lub WAN, nie ma ograniczeń dotyczących jej topologii i rozmiarów. Czasami spotkać się można z stosowanym w odniesieniu do sieci ATM określeniem UAN: *Unlimited Area Network*.

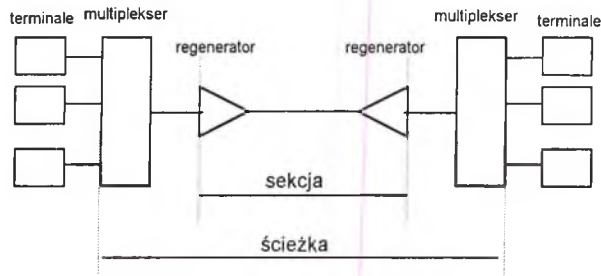
10.2. Niezwadność sieci ATM

Istotny wpływ na jakość świadczonych przez sieć teleinformatyczną usług ma niezawadność podsystemu transportowego. ATM w warstwie fizycznej wykorzystuje usługi SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). Koncepcja SDH opiera się na hierarchicznej strukturze ramek transportowych (nazywanych wirtualnymi kontenerami), w której każda z kombinacji ramek niższego formatu może być przeniesiona przez ramki formatu wyższego, oczywiście przy zachowaniu odpowiednich relacji w ich wielkości. SDH wyposażony jest we własne mechanizmy wielostopniowej kontroli poprawności transmisji, jest systemem elastycznym w dużej mierze niezawadnym. Podstawowy format ramki SDH przedstawia rys 10.1.



Rys. 10.1. Format ramki SDH.

Nagłówki SOH (*Section Overhead*) i POH (*Path Overhead*) zawierają pola umożliwiające kontrolę transmisji odpowiednio w sekcji i w ścieżce systemu SDH. Koncepcję sekcji i ścieżki wyjaśnia rysunek 10.2.



Rys. 10.2. Koncepcja sekcji i ścieżki w systemie SDH.

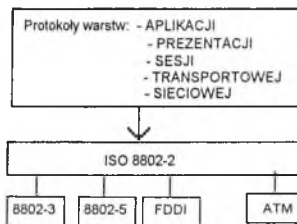
Możliwości wykorzystania podsystemów transportowych o bardzo wysokiej jakości spowodowały rezygnację z objęcia kontrolą poprawności transmisji całości komórek w sieci ATM. Zachowano natomiast kontrolę zawartości nagłówka komórki. Pole HEC nagłówka zawiera nadmiarowe bity kontrolne kodu CRC dające możliwość wykrycia przekłamania dowolnej ilości bitów nagłówka i korekcji błędów, jeśli przekłamanie został pojedynczy bit. Kod CRC wykorzystuje wielomian generacyjny postaci: $x^8 + x^2 + x + 1$.

10.3. Taryfikacja w systemie ATM

Sieć ATM projektowana była jako cyfrowa sieć publiczna, mająca oferować swe usługi szerokim rzeszom abonentów. Z tego też względu konieczność taryfikacji uwzględniana była w podstawowych założeniach projektowych sieci. Można oczekiwać, że zdecydowana większość dostawców sprzętu telekomunikacyjnego wyposaży swe systemy ATM w mechanizmy naliczania opłat za świadczone przez nie usługi.

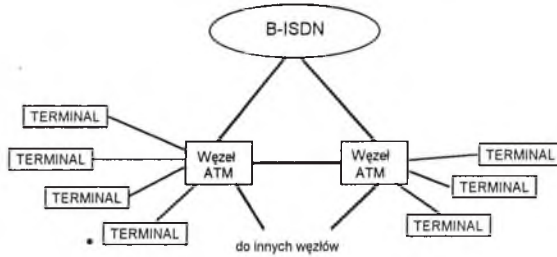
10.4. Sieci LAN i MAN oparte o technikę ATM

Podstawowym celem opracowania zaleceń ATM było stworzenie podstaw do implementacji sieci rozległej z integracją usług. Wysokie koszty takich inwestycji, ciągła niekompletność zaleceń ATM doprowadziły jednak do sytuacji, gdy ATM zaczyna zajmować miejsce zupełnie dla niego nieprzewidziane - wkracza na rynek sieci lokalnych i miejskich. Stosunkowo wielu dostawców, szczególnie na rynku amerykańskim, oferuje dostawę urządzeń końcowych i węzłów ATM stwarzających możliwości budowy sieci lokalnych i miejskich. Umieszczenie norm ATM w przyjętej dla tego typu urządzeń 7 warstwowej architekturze ISO/OSI pokazuje rysunek 10.4.



Rys. 10.4. Miejsce norm ATM w modelu odniesienia ISO/OSI.

W sieci LAN/MAN opartej o technikę ATM każdy z użytkowników dołączony jest do węzła ATM (w literaturze anglojęzycznej określanego często terminem *hub*) poprzez oddzielny kanał dostępowy. Utworzona w ten sposób sieć ma architekturę wieloboku ze strukturami gwiazdzystymi w każdym z węzłów. Obecnie dostępne węzły ATM komutują wejściowe dane doprowadzane łączami o sumarycznej szybkości transmisji od 1.2 Gbit/s do 10 Gbit/s. Przewiduje się zwiększenie możliwości węzłów ATM aż do 25 Gbit/s. Istotne jest, że węzły tego typu mają, według zapewnień ich producentów, architekturę umożliwiającą łatwą ich rozbudowę.



Rys. 10.5. Przykładowa struktura sieci MAN opartej o węzły ATM.

W przypadku podjęcia prób oparcia sieci WARMAN o technologię ATM bardzo obiecująca jest możliwość zastąpienia przedstawionych na powyższym rysunku terminali przez punkty dostępu sieci LAN. Zaletami rozwiązania tego typu jest niewątpliwie duża elastyczność, łatwa współpraca sieci z przyszłymi, publicznymi sieciami szerokopasmowymi oraz duża niezawodność.

Istotną wadą może okazać się stosunkowo małe rozpowszechnienie systemów ATM. Według relacji pracowników Katedry Telekomunikacji, komercyjne systemy ATM pracują w Japonii, spotyka się sygnały o ich rozpowszechnianiu w Stanach Zjednoczonych. W Europie systemy ATM pracują głównie w charakterze eksperymentalnym. Znane są nam próby prowadzone w Belgii i Holandii. Powyższe fakty prowadzą do konkluzji, iż w chwili obecnej wprowadzenie techniki ATM do sieci WARMAN byłoby inwestycją bardzo nowoczesną, ale jednocześnie ryzykowną. Szczególnie niebezpieczne wydaje się być uzależnienie sieci od jednego, wybranego na wstępie dostawcy.

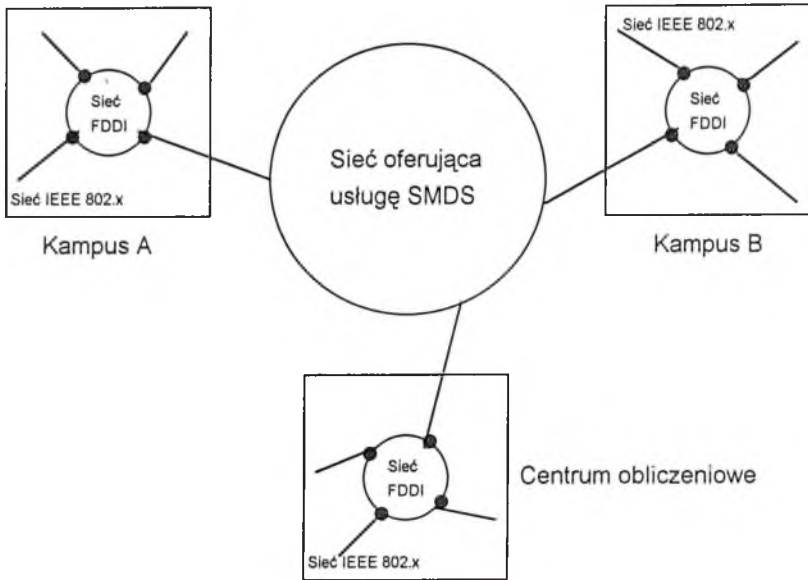
11. Usługa CBDS/SMDS

Gwałtowny spadek cen na systemy przetwarzania danych w ostatnich latach doprowadził do bardzo szerokiego rozpowszechnienia tych systemów w wielu dziedzinach życia. Jednakże z drugiej strony wzrosło zapotrzebowanie na transfer bardzo dużych ilości danych w stosunkowo krótkim czasie. Typowymi zastosowaniami dla szybkiego transferu danych jest np. transfer dużych zbiorów, wymiana dokumentów, czy też przesyłanie obrazów. Wzrasta także odległość pomiędzy chcącymi się ze sobą komunikować komputerami i niestety klasyczne sieci LAN (*Local Area Networks*) nie są w stanie sprostać takim wymaganiom. Okazuje się także, że użytkownicy w wielu rzeczywistych systemach raczej sporadycznie mają zapotrzebowanie na transfer danych. Oznacza to, że wykorzystanie dostępnej dla użytkownika przepustowości jest niepełne. Z przesłank tych wynika konieczność określenia usługi nowego typu, spełniającej dość ostre wymagania, i opartej na dostępnej technologii.

Usługą spełniającą wymagania stawiane przez potrzeby użytkowników jest europejska usługa CBDS (*Connectionless Broadband Data Service*) i amerykańska SMDS (*Switched Multimegabit Data Service*). CBDS i SMDS są ogólnymi terminami przyjętymi odpowiednio przez *European Telecommunications Standard Institute* (ETSI) i *Bell Communications Research* (Bellcore) dla usług szybkiego transferu danych w obszarze miejskim lub większym.

Obie usługi są w bardzo znacznym stopniu do siebie podobne. Między innymi obie stosują protokół DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*) [IEEE 90] dostępu do medium transmisyjnego. Oczekuje się, że w przyszłości dojdzie do pełnej integracji obu usług. Ze względu na podobieństwo tych usług do siebie, skoncentrujemy się w dalszym ciągu jedynie na usłudze SMDS.

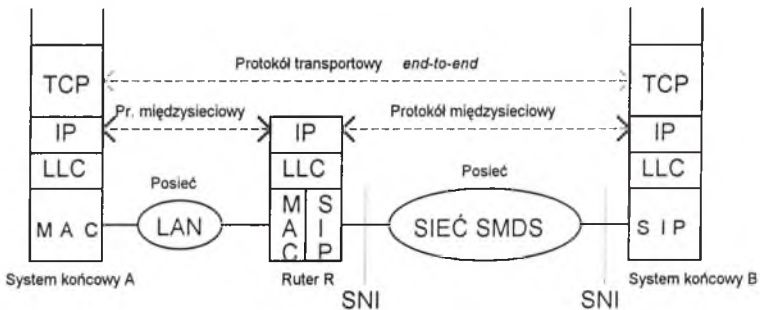
Usługa SMDS jest usługą publiczną opartą o technikę komutacji pakietów. Zapewnia komunikację pomiędzy odległymi punktami z szybkościami dostępu do sieci wynoszącymi 1,2, 4, 10, 16, 25 i 34 Mbit/s. SMDS jest przewidziana do obsługi wzrastających potrzeb na komunikację pomiędzy odległymi sieciami LAN, stacjami roboczymi, dużymi komputerami i urządzeniami peryferyjnymi. Wprowadzenie SDMS w sposób znaczący zmniejsza koszty ponoszone przez użytkowników. Usługa SMDS spełnia zapotrzebowanie użytkowników na łączenie ze sobą sieci LAN poprzez oferowanie możliwości, które dotychczas były charakterystyczne dla sieci LAN.



Rys. 11.1. Sieć SMDS i jej klienci.

Architektura sieci SMDS

Sieć oferująca usługę SMDS stanowi podsieć jeśli rozważamy pełną architekturę sieciową klienta. SMDS obejmuje funkcje na dwóch najniższych poziomach w modelu warstwowym OSI/ISO i zapewnia usługę na poziomie MAC. Przykładowa architektura została przedstawiona na rys. 11.2. gdzie SMDS jest częścią sieci TCP/IP łączącą sieci LAN ze sobą.



IP = Internet Protocol

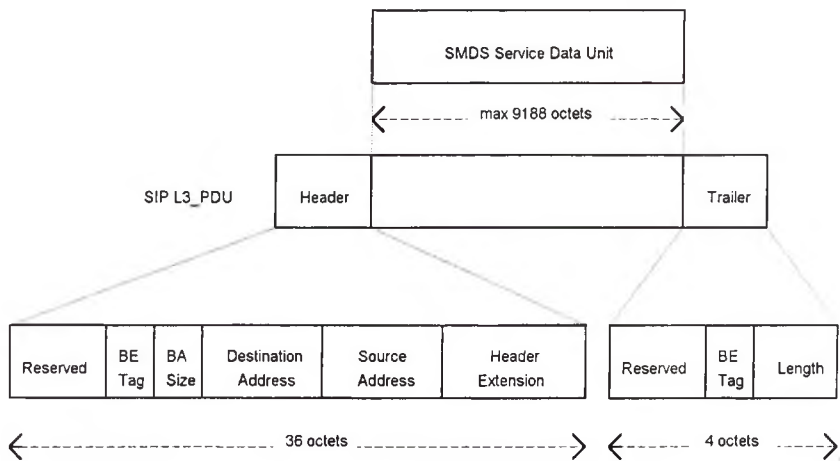
MAC = Medium Access Control

SIP = Interface Protocol

Rys. 11.2. Rola SMDS w łączeniu za sobą klientów sieci.

Protokół SIP

Sprzęt klienta może być dołączony bezpośrednio do sieci SMDS przy czym musi być zastosowany protokół SIP (*SMDS Interface Protocol*). Protokół ten obejmuje trzy warstwy związane z interfejsem SNI (patrz rys. 11.2) pomiędzy systemem komutacyjnym sieci i obszarem użytkownika. SIP oparty jest na bezpółłączeniowym protokole MAC opisanym w zaleceniu [IEEE90]. Jednostki danych warstwy trzeciej (L3_PDU) odpowiadają jednostce *Initial MAC PDU* (patrz rys. 11.3)



Rys. 11.3. Jednostka SIP L3_PDU

Adresy źródła i przeznaczenia składające się z 64 bitów są przenoszone w nagłówku każdej jednostki L3_PDU (*Layer 3 Protocol Data Unit*). Cztery najbardziej znaczące bity pola adresowego służą do wskazania, czy jest to adres indywidualny czy grupowy. Pozostałe bity służą do przenoszenia 60-bitowego adresu SMDS, który podlega publicznej administracji sieci. Format tego adresu jest w postaci 10 cyfr dziesiętnych zakodowanych binarnie (BCD), które imitują format używany dla numerów telefonicznych. Pola BE (*Beginning-End*) Tag, *Buffer Allocation Size* i *Length*, znajdujące się w nagłówku i zakończeniu jednostki, są używane przez stacje nadawcze i odbiorcze do kontroli błędów i funkcji sterujących. Rozszerzenie nagłówka używane jest do wyboru systemu transmisyjnego.

Jednostka danych w warstwie drugiej (L2_PDU) odpowiada jednostce *Derived MAC PDU* określonej w standardzie [IEEE90]. Poziom drugi w protokole SIP jest odpowiedzialny

za proces segmentacji jednostek L3_PDU o różnej długości na szczeliny o stałej długości. Jest on także odpowiedzialny za wykrywanie błędów poprzez zastosowanie kodu cyklicznego o wielomianie generującym 10-tego stopnia. Dziesięć bitów kodu nadmiarowego umieszczonych jest na końcu jednostki L2_PDU.

Poziom pierwszy protokołu SIP ma za zadanie dopasowanie fizycznego interfejsu do cyfrowego systemu transmisyjnego.

Rozmiar pakietu

SMDS pozwala na transfer pakietów o dowolnej długości lecz z ograniczeniem od góry: maksymalna ilość informacji użytecznej zawartej w jednym pakiecie wynosi 9188 oktetów. To oczywiście przekracza maksymalne rozmiary pakietów jakie dopuszczalne są w sieciach LAN zgodnych ze standardami IEEE 802.x oraz sieci FDDI, w której maksymalna długość wynosi 4500 oktetów. Wybór tak dużego rozmiaru pakietu dla SMDS podyktowany był chęcią ograniczenia procesu segmentacji przesyłanej informacji.

Adresacja

Każdemu interfejsowi pomiędzy abonentem i siecią SMDS, określanemu w skrócie jako SNI, (*Subscriber Network Interface*) przypisany jest przynajmniej jeden adres. Adresy takie tworzone są zgodnie z filozofią planu numeracji przedstawionego w zaleceniu CCITT E.164 i oparte są o strukturę 15-cyfrową. Pakiety SMDS są zaopatrywane w takie właśnie adresy. Indywidualne adresy (np. adresy sieciowe *Ethernet*) indywidualnych urządzeń takich jak np. stacje robocze umiejscowione w obszarze użytkownika za interfejsem SNI są niewidoczne w sieci SMDS. O ile nie są nałożone jakieś restrykcje na adresy (jak np. w wirtualnych prywatnych sieciach), to każdy klient SMDS może komunikować się z innym poprzez właściwe adresy. Jest bardzo istotna cecha usługi SMDS ponieważ pozwala na komunikację ze sobą wszystkich abonentów sieci. Jakkolwiek obecnie większość danych przesyłana jest między abonentami tego samego klienta (np. korporacji przemysłowej), to przewiduje się, że ruch pomiędzy różnymi przedsiębiorstwami i ich kooperantami będzie ustawicznie wzrastał. Można stwierdzić, że usługa SMDS jest w stanie sprostać takim wymaganiom.

Tworzenie logicznych prywatnych sieci

Jedną z funkcji dostępnych w SMDS jest kontrola (*screening*) adresów źródeł i odbiorców pakietów. Polega ona na sprawdzaniu adresów czy są one dozwolone czy też zabronione. Statusy adresów ustalane są podczas wykupywania abonamentu lub są uaktualniane przez system zarządzający siecią. Funkcja ta umożliwia tworzenie logicznych prywatnych sieci. Pakiety, które nie przejdą pomyślnie kontroli adresów są po prostu

(potencjalne decyzje o retransmisji) jest dokonywana przez urządzenia klientów, których działanie jest logicznie umiejscowione w wyższych warstwach (np. poprzez protokół TCP jak to przedstawiono na rys. 11.2.).

Pomiary ruchu w sieci

Pomiary ruchu przepływającego w sieci SMDS są dokonywane poprzez obserwację par adres źródłowy - adres docelowy w czasie dnia i podczas kolejnych dni w tygodniu. Wszystkie pomiary są zbierane w sposób regularny i przechowywane w pamięci. Stanowią one bardzo użyteczną informację o sposobie wykorzystywania sieci i mogą służyć do projektowania sieci w przyszłości. Zebrane pomiary mogą też być wykorzystywane przez systemy naliczania opłat oraz przesyłane klientom którzy mogą ocenić jaki ruch generują na tle innych użytkowników.

Zarządzanie siecią

Aby zapewnić łatwą integrację SMDS z istniejącym komunikacyjnym środowiskiem klienta, określono tzw. *SMDS Customer Network Management (CNM)*. Wśród wielu możliwości jakie oferuje CNM można wymienić zdolność do modyfikacji i wyszukiwania informacji o abonentach (np. list adresów zabronionych) i uzyskiwania informacji o zachowaniu się sieci (np. o intensywności ruchu pakietów przechodzących przez interfejs SNI). CNM wykorzystuje szeroko akceptowany protokół SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

Literatura

- [Bell91a] SMDS Operations Technology Network Element Generic Requirements, Bellcore TA-TSV-000774, February, April 1991.
- [Bell91b] Generic Requirements for SMDS Customer Network Management Service, Bellcore TA-TSV-001062, February, April 1991.
- [Bell91c] Generic System Requirements in Support of Switched Multimegabit Data Service, Bellcore TR-TSV-000772. May 1991.
- [Bell91d] Local Access System Generic Requirements, Objectives, and Interfaces in Support of Switched Multimegabit Data Service, Bellcore TR-TSV-000773, June 1991.
- [Bell91e] Usage Measurements Generic Requirements in Support of Billing for Switched Multimegabit Data Service (SMDS), Bellcore TR -TSV-000775, June 1991.
- [ETSI91] ETSI NA5, Draft ETS on MANs, March 1991.
- [IEEE90] IEEE Standard 802.6 - Distributed Queue Dual Bus (DQDB): Subnetwork of a Metropolitan Area Network (MAN), Final Draft DIS, December 1990.

12. Wprowadzanie sieci miejskich w Niemczech

W 1991 roku operator niemieckiej sieci publicznej Deutsche Bundespost podjął decyzję o budowie dwóch sieci miejskich opartych o technologię DQDB. Poszczególne sieci budowane są z wykorzystaniem urządzeń dostarczonych przez dwie oddzielne, konkurujące ze sobą na rynku telekomunikacyjnym firmy: Siemens i Alcatel-SEL. Inwycjeje te mają na celu zdobycie doświadczeń pomocnych w procesie rozwoju miejskich sieci cyfrowych w Niemczech. Deutsche Bundespost nie ukrywa również, że wyniki powyższych prób będą miały znaczący wpływ na ostateczny wybór dostawcy urządzeń dla przyszłych sieci miejskich w Niemczech.

Poszczególne sieci powstały w miastach będących siedzibą firm Siemens - Monachium i Alcatel-SEL - Stuttgart. Spowodowane to zostało eksperymentalnym charakterem tych sieci.

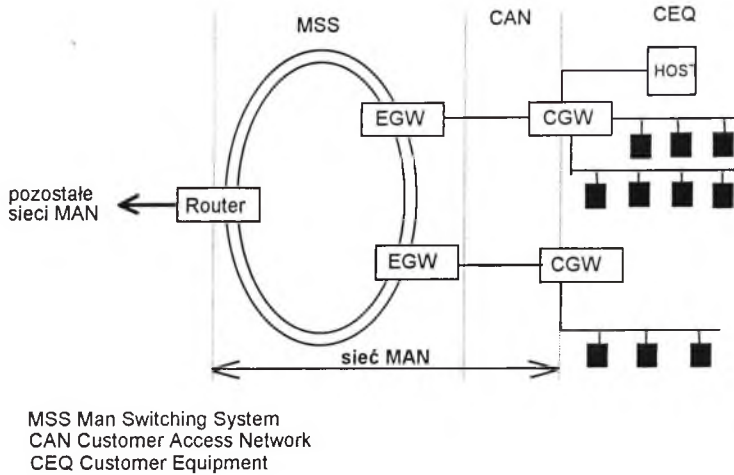
W pierwszym roku prób nie pobierano żadnych opłat za eksploatację zasobów powyższych sieci. W latach kolejnych są i będą pobierane opłaty stałe, ustalone na podstawie zdobytych doświadczeń. Wg informacji Deutsche Bundespost wynoszą one aktualnie 150 tys. DEM w skali roku. Elastyczny system taryfikacji, satysfakcjonujący zarówno użytkowników, jak i operatora sieci, planuje się wprowadzić dopiero po opracowaniu i publikacji przez CCITT ostatecznych zaleceń dotyczących naliczania opłat w szerokopasmowych sieciach z integracją usług: B-ISDN.

Obydwie sieci powstają przed zatwierdzeniem ostatecznej wersji standardu DQDB: 802.6. Stąd możliwe jest, iż w przyszłości konieczna będzie ich modyfikacja celem dostosowania powyższych sieci do międzynarodowych standardów.

Architektura sieci MAN w Monachium i Stuttgarcie

Ponieważ zarówno urządzenia dostarczane przez firmę Alcatel-SEL, jak i Siemens oparte są o umowy licencyjne podpisane z australijską firmą QPSX Communications Ltd. z Perth, ogólna architektura obydwu sieci jest podobna. W poniższym rozdziale prezentujemy jej zasady.

Sieć jest dwupoziomową siecią hierarchiczną, z poziomami wydzielonymi umiejscowieniem urządzeń końcowych EGW (*Edge Gateway*) i CGW (*Customer Gateway*). EGW stanowi własność operatora sieci i ulokowane jest w głównej pętli sieci. W przypadku wystąpienia fizycznego uszkodzenia ośrodka transmisji możliwa jest zmiana stacji pełniącej funkcję generatora szczeliny, co umożliwi utrzymanie pełnej łączności pomiędzy wszystkimi węzłami sieci. Wszystkie dołączone do sieci urządzenia typu CGW tworzą sieć dostępową CAN (*Customer Access Network*). CGW instalowane są w obrębie sieci użytkownika i mogą pełnić rolę lokalnego multipleksera ruchu. W odniesieniu do pętli głównej sieci MAN oferowane są prędkości transmisji 34 Mbit/s i 140 Mbit/s.

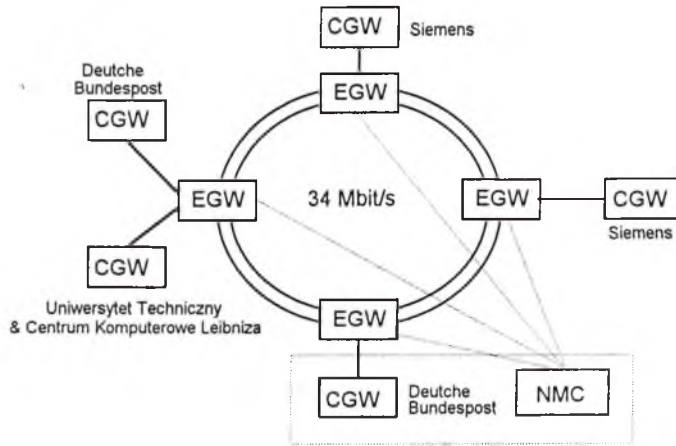


Rys. 12.1. Architektura niemieckich, eksperymentalnych sieci MAN.

CGW może stanowić zarówno bridge jak i router, z zachowaniem wszystkich wynikających z wybranej opcji konsekwencji. Przedstawiony na powyższym rysunku schemat może zostać uzupełniony o funkcjonalny element NMC (*Network Management Center*), umożliwiający zarządzanie wchodzącymi w skład sieci MAN elementami. Istnieje również możliwość zastosowania alternatywnego sposobu dostępu do sieci, poprzez urządzenie nazywane w skrócie CNIU (*Customer-Network Interface Unit*). Umożliwia ono bezpośrednie dołączenie maksymalnie ośmiu urządzeń końcowych użytkownika z pominięciem sieci dostępowej CAN. Sposób ten wykorzystano w trakcie implementacji podobnej sieci dla duńskiego operatora sieci KTAS. Brak jest bliższych szczegółów na temat duńskiej instalacji. W sieciach niemieckich z możliwości takiej nie skorzystano.

MAN w Monachium

Monachijska sieć zaprojektowana i zbudowana została przez firmę Siemens. W pierwszym okresie do sieci poprzez MSS o przepływności 34 Mbit/s dołączono czterech użytkowników, w tym Deutsche Bundespost i Siemens z dwoma oddzielnymi lokalizacjami. Jeden z punktów dostępu wykorzystuje dwóch użytkowników: Centrum Komputerowe Leibniza i Monachijski Uniwersytet Techniczny.

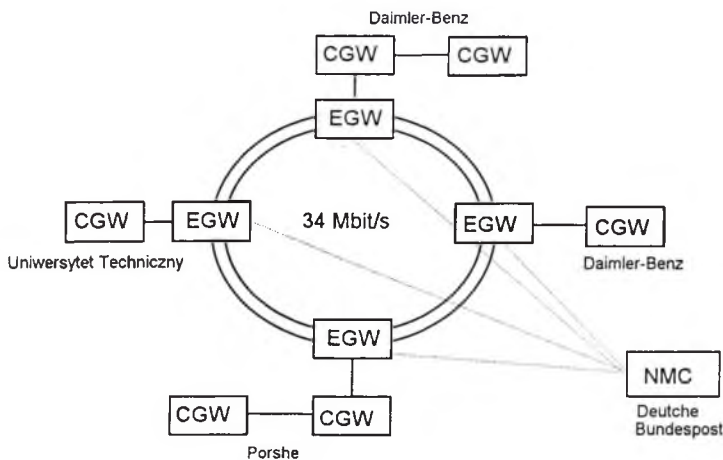


Rys. 12.2. Sieć MAN w Monachium.

System zarządzania pracą sieci oparty został o dwuprocesorową stację TANDEM CLX-720. Dołączona jest ona do sieci poprzez szereg linii HDLC o przepływności do 19.2 kbit/s. Przewiduje się rozbudowę sieci o kolejnych użytkowników.

MAN w Stuttgarcie

Sieć w Stuttgarcie powstała w oparciu o sprzęt dostarczony przez niemiecki oddział Alcatela: Alcatel-SEL. W porównaniu z siecią monachijską posiada ona jeszcze mniejszą liczbę użytkowników. Jedynie dwie firmy i jeden z uniwersytetów zdecydowały się na korzystanie z jej usług w początkowej jej fazie. Poniższy rysunek przedstawia strukturę sieci w Stuttgarcie.



Rys. 12.3. Sieć MAN w Stuttgarcie.

Również w przypadku Stuttgartu zastosowano TANDEM CLX-720 jako podstawę systemu zarządzania siecią.

Doświadczenia wynikające z eksperymentu Monachium-Stuttgart

Autorzy publikacji opisujących efekty prowadzonych w Niemczech eksperymentów (pracownicy Deutsche Bundespost, Siemens, Uniwersytetu w Stuttgarcie) zwracają uwagę na kilka istotnych problemów wynikłych w fazie realizacji projektu.

W pierwszej kolejności zwraca się uwagę na daleko niedoskonały system zarządzania siecią. Podkreśla się konieczność wprowadzenia systemu opartego o międzynarodowe zalecenia zarządzania sieciami szerokopasmowymi. W chwili obecnej rozwiązanie takie jest niedostępne. W świetle powyższych faktów wydaje się konieczne, aby wybierając technologię i dostawcę urządzeń dla sieci WARMAN zwrócić szczególną uwagę na dostępność systemu umożliwiającego sprawne i efektywne zarządzanie posiadanymi zasobami.

Przeprowadzono pomiary opóźnień wnoszonych przez poszczególne elementy sieci. Ich wyniki podajemy poniżej.

Element sieci	Wnoszone opóźnienie [ms]	
	ramka 64 oktetów	ramka 1500 oktetów
CGW	1,2 - 1,6	2,9 - 3,1
EGW	1,4 - 1,8	2,7 - 3,0

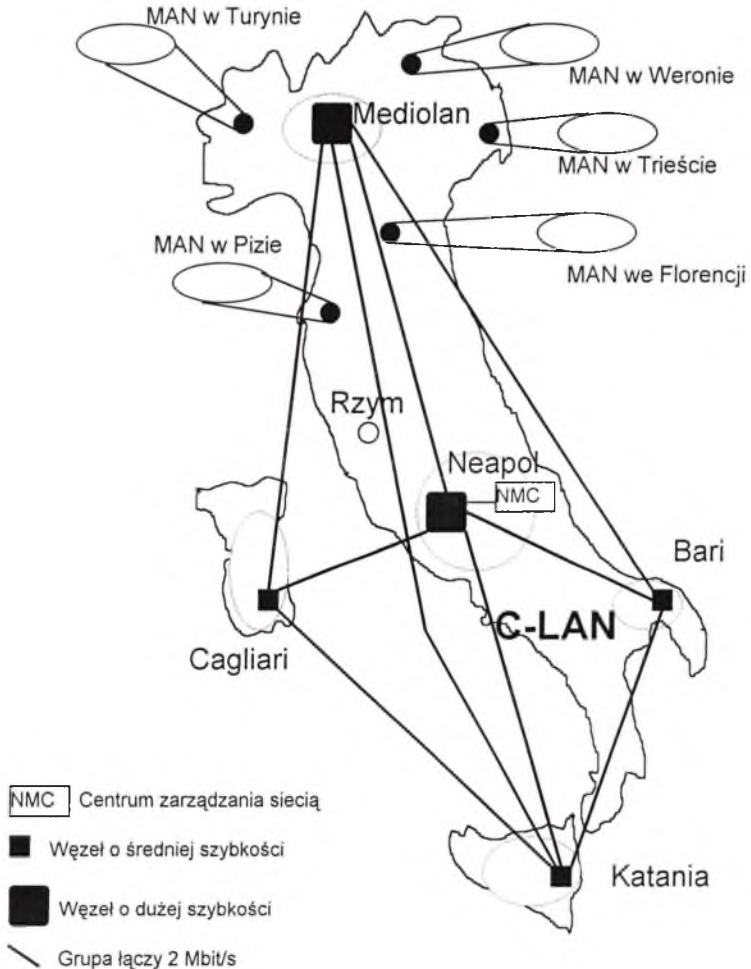
Proste obliczenia wykazują, iż w zależności od długości przesyłanych ramek opóźnienia w rozważanych sieciach, przy tak skromnej ich topologii mogą wynieść od 10 do ponad 20 ms.

Również bardzo mocno zwraca się uwagę na wysokie opłaty ponoszone przez użytkowników sieci, co powoduje iż popyt na usługi tego typu jest niewielki. Przeprowadzone przez Deutsche Bundespost kalkulacje wykazują, że korzystanie z systemów zapewniających połączenia punkt-punkt wciąż są i na jakiś okres czasu pozostaną znacznie tańsze. Większość istniejących aplikacji sieciowych wykorzystuje mechanizmy połączeniowe, co dodatkowo stawia pod znakiem zapytania zasadność inwestycji tego typu. Zasadnicza zmiana mogłaby nastąpić po upowszechnieniu aplikacji wysyłających wiele krótkich informacji do wielu odbiorców.

13. Wprowadzanie szybkich sieci MAN we Włoszech

W okresie od roku 1990 do 1993 zostały lub zostaną przeprowadzone następujące próbne instalacje szybkich sieci MAN :

- sieć C-LAN;



Rys. 13.1. Próbne sieci MAN we Włoszech i ogólnowłoska sieć C-LAN.

systemy projektowania wspomagane komputerowo (CAD) mogą zapewnić znaczną efektywność takich przedsięwzięć.

Ważnym czynnikiem stanowiącym o atrakcyjności sieci MAN jest jej dostępność w każdym miejscu, w którym znajdują się filie poszczególnych użytkowników. Ogólnokrajowy, a nawet międzynarodowy zasięg sieci jest jednym ze składników powodzenia takich sieci.

Poniżej przedstawiono przeprowadzone próbne instalacje sieci MAN.

Sieć C-LAN.

Budowa.

Sieć C-LAN jest siecią o zasięgu krajowym, złożoną z sześciu szybkich węzłów komutujących połączonych wielokrotnymi łączami 2 Mbit/s w topologii gwiazdzistej. Węzły o szybkości komutacji od 200 Mbit/s do 8Mbit/s zostały zainstalowane w Mediolanie, Neapolu, Bari, Cagliari i Katanii. W przyszłości przewiduje się instalację następnych węzłów w innych miastach środkowych i południowych Włoch.

Funkcje utrzymania i zarządzania siecią wykonywane są przez centralny zaawansowany system zarządzania (umieszczony w Neapolu), który umożliwia hierarchiczny podział funkcji zarządzania pomiędzy regionalnych operatorów, posiadających różne uprawnienia. Użytkownicy mają dostęp do sieci poprzez specjalne koncentratory, które dokonują konwersji pakietów sieci LAN w komórki przesyłane siecią C-LAN. Koncentratory są połączone z węzłami sieci krótkimi łączami 2 Mbit/s.

Z technologicznego punktu widzenia wyposażenie węzłów sieci należy do rodziny Datakit II VCS firmy AT&T/Italtel, opartej na technologii szybkiej komutacji pakietów.

Szybka komutacja pakietów jest ogólną definicją techniki transmisji i komutacji; obejmującą również sieci ATM; w której dane użytkownika są dzielone i umieszczane w krótkich pakietach stałej długości, nazywanych komórkami (*cell*). Protokoły sieciowe zbliżone do X.25 zostały maksymalnie uproszczone dla umożliwienia wyłącznie sprzętowej komutacji i zapewnienia minimalnych opóźnień.

Użytkownicy sieci C-LAN mają zapewnione połączenie między swoimi sieciami LAN jako usługę bezpołączeniowej transmisji danych. Sieć C-LAN jest całkowicie transparentna dla użytkowników. Z ich punktu widzenia dwie odległe, połączone sieci LAN zachowują się tak, jakby były połączone lokalnie. Ponieważ pojedyncze łącze między węzłami sieci C-LAN pracuje z szybkością 2 Mbit/s, użytkownicy tych sieci lokalnych, połączonych za pomocą sieci C-LAN, których średnia przepustowość nie przekracza 2 Mbit/s, nie odczuwają spadku jakości usług w porównaniu z dostępem do lokalnych zasobów.

Usługi

Podstawową usługą oferowaną w sieci C-LAN jest zdalne łączenie sieci LAN typu Ethernet i Token Ring dwoma różnymi metodami:

- Bridging - realizowana przez specjalne mosty pozwalające na połączenie kilku sieci LAN na poziomie podwarstwy MAC przez łącza wirtualne o szybkości 2 Mbit/s. Bridge umożliwia kierowanie pakietów MAC do konkretnej sieci LAN bez obciążania innych sieci lokalnych, które nie powinny odbierać tych pakietów;

- Routing - realizowana przez specjalne routery, pozwalające kierować pakiety IP warstwy sieciowej do nieograniczonej liczby sieci lokalnych przyłączonych do sieci C-LAN. Routing pozwala na użycie komend protokołu TCP/IP i usług warstwy sieciowej.

Dodatkowo sieć C-LAN połączona jest przez bramę sieciową (gateway) z siecią Italtac (włoska publiczna sieć X.25). Umożliwia to dostęp do komputerów lub terminali, dołączonych do sieci Italtac z komputerów lub terminali sieci LAN, dołączonych do sieci C-LAN i vice-versa.

Sieć C-LAN zapewnia możliwość budowy prywatnych sieci wirtualnych dla połączenia małych filii z centralną siedzibą danej firmy. Dla efektywnego tworzenia prywatnych sieci wirtualnych oraz zapewnienia ograniczeń dostępu użytkowników do hostów, sieć C-LAN umożliwia tworzenie zamkniętych grup użytkowników i funkcje maskowania adresów (address screening).

Sieć C-LAN jest dostępna publicznie od 1991 roku. Do połowy 1992 roku korzystanie z sieci było bezpłatne. Miało to na celu zapewnienie "przyjazności dla użytkownika" oraz przyciągnięcie klientów. Po tym okresie wprowadzono jednolitą opłatę za korzystanie z sieci, niezależną od ilości przesyłanych danych. W opłacie tej zawarta jest opłata za dedykowane łącze transmisyjne 2Mbit/s łączące urządzenie DTE użytkownika z najbliższym węzłem sieci C-LAN. Wysokość ryczałtowej opłaty za korzystanie z sieci C-LAN została tak dobrana, aby stymulować potencjalnych użytkowników, jest niższa od kosztu dzierżawionego łącza 2Mbit/s między dwoma punktami. Dla połączeń wielopunktowych sieć C-LAN jest bardziej opłacalna niż wiele dedykowanych łączy punkt-punkt. Po okresie ryczałtowej opłaty za dostęp do sieci prawdopodobnie wprowadzona zostanie taryfa oparta na jednolitej opłacie i opłacie zależnej od ilości przesyłanych danych. Ten rodzaj taryfikacji będzie lepiej dopasowany do różnorodnych potrzeb użytkowników.

Usługi sieci C-LAN zaoferowano różnym sektorom rynku: przemysłowi, bankom, firmom usługowym, służbie zdrowia, ośrodkom badawczo-projektowym, uniwersytetom, wydawnictwom. Pierwszą odpowiedź otrzymano od uniwersytetów i ośrodków badawczo-projektowych, ich potrzeby zostały w pełni zaspokojone. Podobnie było z sektorem przemysłowym, natomiast wydawnictwa dopiero zaczynają brać pod uwagę usługi oferowane przez sieć. Pozostali potencjalni klienci nie są jeszcze zainteresowani lub poziom oferowanych usług jeszcze nie odpowiada ich oczekiwaniom, należy również wziąć pod uwagę fakt że wiedza o nowych usługach nie jest jeszcze szeroko rozpowszechniona.

Rozwój sieci.

Dzięki możliwościom świadczenia wielu usług, sieć Datakit umożliwiła wprowadzenie nowych usług: udoskonalonego zdalnego łączenia sieci LAN i Frame Relay. Pierwsza usługa umożliwia dostęp do sieci użytkownikom o różnych protokołach podwarstwy MAC - 802.3, 802.5, FDDI, oraz warstwy sieciowej - Decnet, TCP/IP, IPX.

Usługa Datakit Frame Relay opiera się na styku Frame Relay User Interface (UNI), ustandaryzowanym przez CCITT i ANSI, zapewniającym prędkość dostępu od Nx64 kbit/s do 2 Mbit/s. C-LAN może zaoferować usługę szybkiej transmisji, o wysokiej jakości dla użytkowników sprzętu wielu producentów, posiadającego styk Frame Relay: routery produkcji Cisco, Wellfleet, FEP IBM'a.

Planowana ewolucja sieci C-LAN zakłada stopniowe wprowadzanie wysokowydajnej, szybkiej komutacji pakietów nazywanej BNS-2000, zapewniającej usługę SMDS/CBDS o szybkościach dostępu E1/E3 i szybką transmisję Frame Relay. BNS-2000 jest logiczną ewolucją systemu Datakit II, wykorzystującą tą samą technikę komutacji, przy czym format komórki jest dopasowany do ATM i zwiększono komutowane pasmo. Dodatkowo węzły zapewniają usługę szybkiego transferu SMDS zdefiniowaną przez Bellcore i jej europejską wersję zdefiniowaną przez ETSI - CBDS. Istniejące węzły systemu Datakit będą podłączone łącami do BNS-2000 lub zostaną uzupełnione do modułów BNS-2000 o niskiej szybkości dla zapewnienia usług niskiej i średniej szybkości. Nowe węzły BNS-2000 zostaną wprowadzone do pracy z szybką sekcją przeznaczoną dla usługi SMDS/CBDS (dostęp użytkowników przez łącza E1 i E3) i sekcją wolną zapewniającą dotychczasowe usługi systemu Datakit.

Sieć miejska w Turynie

Sieć miejska utworzona w Turynie jest oparta na odmiennej koncepcji - technologii MAN.

Charakterystycznymi cechami tej technologii są :

- usługa połączenia sieci LAN z szybkością 34 Mbit/s i szybka komunikacja między hostami;
- implementacja standardu IEEE 802.6 DQDB;
- pełna realizacja zarządzania siecią.

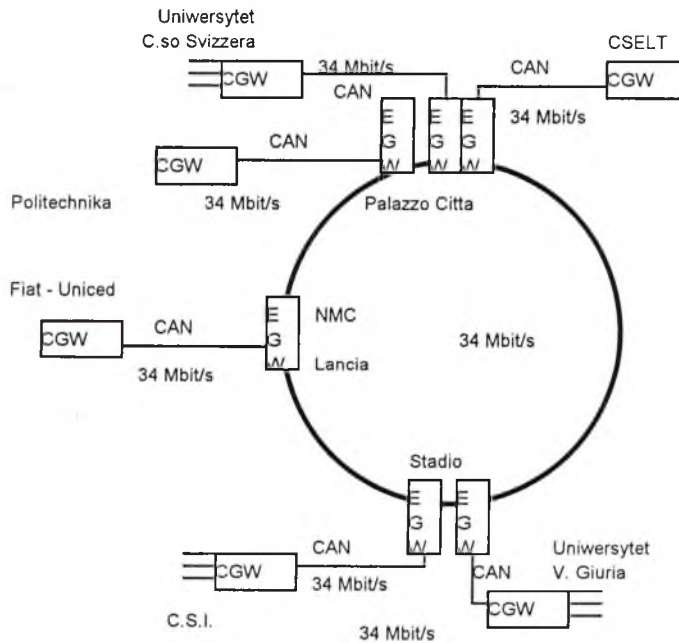
Eksperymentalna sieć składa się ze szkieletu sieci MAN - węzły komutujące i podwójna, zapętlona magistrala o szybkości 34 Mbit/s lub 140 Mbit/s, tworzącego Miejski System Komutacyjny (MSS) oraz kilku sieci dostępowych.

Sieci dostępne utworzone są przez otwarte magistrale DQDB w układzie punkt-punkt, łączące Bramę Użytkownika (CGW) z Bramą Brzegową Sieci (EGW), będącą

punktem dostępu do sieci MAN. Innym ważnym elementem sieci jest Subnetwork Router służący do łączenia dwóch sieci MSS przez łącze 34 Mbit/s. Brama Użytkownika CGW, nawet gdy jest zainstalowana w budynku użytkownika stanowi element sieci MSS. W CGW umieszczone są fizyczne interfejsy dla podłączenia sieci LAN użytkownika. Dla odizolowania sieci miejskiej od własnego ruchu w sieci LAN użytkownika para CGW i EGW jest instalowana dla każdego użytkownika.

Budowa sieci

Eksperymentalna sieć miejska działa w Turynie od września 1991 roku. Oparta jest na sprzęcie MAN produkcji firmy Siemens. Zaplanowano połączenie sześciu dużych użytkowników, w pierwszej fazie podłączono do sieci trzech z nich, a w drugim etapie pozostałych trzech. Sieć obejmuje swoim zasięgiem obszar całego Turynu, umożliwiając połączenie różnych użytkowników lub różnych filii tej samej organizacji posiadającej lokale rozrzucone po całym mieście.



Rys. 13.2. Sieć metropolitalna w Turynie.

Usługi.

Dostępna jest usługa zdalnego łączenia sieci LAN typu Ethernet i Token Ring poprzez zapewnienie mostkowania (Bridgingu) i routingu. Sieć zapewnia bezpieczeństwo i tajemność przesyłanych danych poprzez kontrolę poprawności adresów i maskowanie

adresów. Przeprowadzono testy jakości działania sieci, określono przepustowość i opóźnienie dla pomostów Ethernet:

Długość pakietu [bajt]	Przepustowość [pakiet] [pps]		Opóźnienie [ms]	
	Nadawanie	Odbiór	port/port	CAN/CAN
64	1085	1102	6	3,5
500	1035	1062	-	-
1000	625	630	-	-
1518	447	456	14	6

Przepustowość mostów jest wyższa od osiągniętej przez komercyjne, zdalne bridge.

Rozwój sieci.

Podczas pracy sieci dokonano jej rozbudowy mającej na celu dołączenie nowych użytkowników. W węźle Lanczia dokonano podłączenia nowej Bramy Brzegowej Sieci (EGW). W pierwszym etapie budowy sieci umieszczono tam, jedynie wyposażenie transmisyjne, to znaczy dwa bezpośrednio połączone wyposażenia optycznego zakończenia linii (OLTE). W celu podłączenia nowego EGW usunięto kabel łączący OLTE, co spowodowało zmianę konfiguracji sieci z zapętlonej na otwartą. Trwało to kilka sekund, w czasie których cały ruch w sieci został zablokowany. Gdy podwójna magistrała rozpoczęła pracę w trybie otwartym, podłączono do optycznych zakończeń linii nową Bramę Brzegową Sieci (EGW). Początkowo EGW znajdował się w stanie obejścia, przez co był transparentny podobnie jak umieszczony tam poprzednio kabel. Gdy sąsiednie węzły wykryły przywrócenie pełnej łączności, w sieci dokonano rekonfiguracji sieci do trybu zapętlonej podwójnej magistrali. Uaktywnienie nowego EGW (zmiana jego stanu z by-pass do stanu normalnej pracy) spowodowało załadowanie i inicjalizację nowego węzła z centrum zarządzania siecią.

Wprowadzenie nowych usług i udogodnień przewidziano na 1993 rok. Jednymi z pierwszych nowych usług będzie transmisja izochroniczna i dostęp z szybkością T-1 do usługi SMDS. Następnie zostanie wprowadzona usługa Frame Relay oraz SMDS/CBDS o szybkościach 34 i 45 Mbit/s. Nowe styki SMDS/CBDS i poprzednie styki dla sieci LAN będą używane jednocześnie zapewniając maksymalną elastyczność dla użytkowników.

Przewiduje się także połączenia z innymi, niezależnie zarządzanymi sieciami MAN, przez bezpośrednie połączenia, jak też przez sieć ATM. Zastosowanie nowych procesorów pakietowych umożliwi zwiększenie przepustowości węzłów (EGW i SR). Zmienione zostanie ograniczenie pojedynczego podłączenia sieci dostępowej CAN do sieci miejskiej, co umożliwi zwiększenie niezawodności i przepustowości.

Dla obsługi poczty elektronicznej przyjęto używanie tylko oprogramowania Pegasus E-mail dla Novell Netware. Wymagało to zastosowania bramy poczty elektronicznej SMTP podłączonej do Internetu i bramy SMTP-IPX (np. oprogramowania Charon). Sieci Lokaltalk podłączono do Token ring przez MAC "router". Jako wspólny sieciowy system operacyjny wybrano Novell Netware, IPX jest protokołem komunikacji międzysieciowej, a TCP/IP jest bazą dla emulacji terminala w sesjach z Internetowym hostem IBM 9370.

publicznej. Centrum zarządzania siecią zapewnia wszystkie funkcje opisane w zaleceniach CCITT dotyczące zarządzania sieciami telekomunikacyjnymi.

Sieci prywatne nie mają tak ostrych wymagań dotyczących bezpieczeństwa danych, z tego powodu Alcatel 1190 w wersji prywatnej sieci ma trochę uproszczoną strukturę. Jednostka stykowa (Customer Network Interface Unit- CNIU) łączy funkcje bramy brzegowej i bramy użytkownika (EGW + CGW) w jednym węźle, który jest bezpośrednio dołączony do sieci. Tak utworzona sieć nazywana jest siecią korporacyjną. Redukcja modułów sieci daje wzrost jej efektywności ekonomicznej.

Elementy systemu mają przejrzystą, modułową strukturę. Wszystkie elementy sieci (bramy, routery, jednostki stykowe) zbudowane są w oparciu o identyczne moduły sprzętowe, umieszczone w standardowym wyposażeniu używanym w systemach komutacyjnych.

Dla utworzenia magistral można użyć dowolnego medium (światłowód, kabel metaliczny, radiolinia) pracującego ze standardową szybkością i standardowymi stykami. Nie jest wymagana specjalna infrastruktura.

Najważniejsze cechy systemu Alcatel 1190 to:

- szybkość z jaką mogą być komutowane pakiety;
- praktyczny brak ograniczeń zasięgu;
- pierwszy krok w kierunku szerokopasmowej sieci ISDN;
- usługa bezpołączeniowej transmisji danych;
- zintegrowane izochroniczne łącza transmisji głosu i danych;
- adresowanie zgodne z zaleceniem E.164 CCITT;
- duża odporność na awarie dzięki możliwościom samoczynnej rekonfiguracji sieci w celu odizolowania uszkodzonego odcinka magistral oraz transparentności uszkodzonych węzłów;
- zapewnienie bezpieczeństwa danych przez maskowanie adresów źródłowych i docelowych oraz tworzenie zamkniętych grup użytkowników;
- wysoka efektywność ekonomiczna dzięki dzieleniu szerokiego pasma magistral przez wielu użytkowników;
- elastyczna taryfikacja;
- kompleksowe możliwości zarządzania siecią;
- topologia sieci oparta na otwartej i zapętłonej magistrali z możliwością automatycznej rekonfiguracji zasobów sieci w wypadku awarii.

FAZA 3.

W końcowym etapie, gdy do działania zostanie wprowadzony system komutacji ATM Alcatel 1000, zapewniający szerokopasmowe usługi ISDN, sieci MAN będą integralną częścią środowiska szerokopasmowego, w którym będą pełnić rolę sieci dostępowej do węzłów sieci Alcatel 1000 ATM. Już obecnie jest możliwa integracja systemu Alcatel 1190 i szerokopasmowych systemów komutacyjnych A1000 E10 i A1000 S12.

Poniżej podano niektóre prędkości i zasięgi modemów basebandowych :ASM-10/8, ASM-11, ASM-20, ASM-30,ASM-40, ASM-45 i ASM-400, firmy RAD na liniach o średnicy 0,5 mm.

Modem	Prędkość transmisji [kbit/s]	Zasięg [km]
ASM-10/8	19,2	10
V.24	9,6	13
4 przewody	1,2	28
ASM-11	19,2	8
V.24	9,6	11
4 przewody	1,2	28
ASM-20	32 - 64	8,5
V.24, V.35, X.21, RS530,	128	5,5
opcja G.703 ,4 przewody	144	4
ASM-30 V.35, X.21	do 64	5
4 przewody	128	4,5
ASM-40 V.35, X.21, RS422/V.36,	do 2048	1,75
G.703 , interfejs linii G.703 - 4 przewody		
ASM-45	128	5,25
V.35, X.21,RS530	256	3,5
4 przewody	768	1,25
ASM-400 T1/E1	T1 - 1544/E1 - 2048	3,9
8 przewodów (połowa duplexu T1/E1 po dwóch parach)		

W zależności od osiągniętych prędkości i zasięgu ceny modemów BASEBAND firmy RAD zawierają się w zakresie od 500\$ do 2.000\$.

16. Koncepcja budowy sieci WARMAN w oparciu o sprzęt firmy FIBRONICS

Fibronics jest jedną z czołowych firm w zakresie produkcji i instalacji sieciowego sprzętu komputerowego, w 1987 roku rozpoczął instalacje sieci światłowodowych opartych na standardzie FDDI.

Najnowocześniejszym systemem opracowanym przez Fibronics jest system FINEX - super szybkie sieci lokalne, w których transmisja odbywa się z prędkością 100 Mbit/s na dystansie ponad 100 km. System FINEX był pierwszą, światową, komercyjną implementacją sieciową w standardzie FDDI. Rodzina produktów wchodzących w skład systemu FINEX oferuje szeroki zakres rozwiązań aplikacyjnych dla sieci lokalnych oraz metropolitalnych sieci komputerowych.

System FINEX oparty jest na standardzie FDDI - ANSI X3T9.5 / ISO 9314.

System FINEX jako standard FDDI jest siecią światłowodową, w której odległość pomiędzy dwoma węzłami wynosi około 2 km, przy wykorzystaniu światłowodu wielomodowego i technologii LED, zaś całkowita długość kabla w pierścieniu dochodzi do 100 km z możliwością zaimplementowania 500 węzłów sieciowych. Odległość pomiędzy dwoma węzłami połączonymi kablem wielomodowym można zwiększyć przy pomocy techniki laserowej do 12 km (extended distance). Technika laserowa oraz kable jednomodowe pozwalają wydłużyć dystans pomiędzy węzłami do 60 km, a długość kabla w pierścieniu do kilkuset kilometrów.

System FINEX posiada następujące zalety:

- transparentność dla połączeń między sieciami LAN,
- dużą sprawność,
- możliwość tworzenia bardzo rozległych oraz elastycznych sieci,
- wysoką niezawodność dzięki zastosowaniu opcji Optical Bypass Switch,
- możliwość automatycznej rekonfiguracji w przypadku fizycznego przerwania połączenia pomiędzy węzłami sieci przez wykorzystanie drugiego pierścienia światłowodowego,
- zdolność monitorowania oraz zarządzania zasobami sieciovymi,
- łatwość instalacji oraz konserwacji.

W skład systemu FINEX wchodzi następujące produkty:

- FX 8120 Learning Bridge stanowiący połączenie między sieciami Ethernet/IEEE 802.3 lub Token Ring / IEEE 802.5 oraz siecią FDDI,
- FX 8210B Bridge/Router pomiędzy Ethernet a FDDI,
- FX 8410 adaptor pomiędzy kablem wielomodowym, a jednomodowym,