

DPT (Dynamic Packet Transport)

DPT jest nową techniką transmisji pakietów IP poprzez sieci optyczne zaprezentowaną przez firmę CISCO. Ruch DPT jest przezroczysty w systemach WDM i SDH. Niestety oferuje on jedynie realizację połączeń typu punkt – punkt oraz połączeń w strukturze pierścieniowej. Jednak może on zaoferować jedynie obsługę połączeń typu punkt – punkt jako ruch wchodzący do węzła musi być rozpakowany i przeanalizowany każdy z adresów sprzętowych MAC. Interfejsy DPT są dostępne przeważnie dla przepustowości STM – 4. Karty liniowe wyposażone w te interfejsy mają zasięg do 40 km.

Protekcja i odtwarzanie

DPT wprowadza nowy mechanizm IPS (*Intelligent Protection System*). Jest to bardzo podobny system do APS jednak ma elementy odróżniające go od APS:

- Nie opiera się na bajtach nagłówka SONET/SDH
- Wprowadza 50 ms czas odtwarzania w sieciach IP, dotyczy nawet dużych sieci opartych na 16 węzłach
- Nie jest wymagane dodatkowe zabezpieczenie przepustowości
- IPS wprowadza operacje „Plug and Play”

IP poprzez SDL bezpośrednio poprzez WDM

SDL (*Simple Data Link*) jest procesem ramkowania przedstawionym przez firmę Lucent Technologies Inc. i może on zastąpić ramkowanie HDLC dla pakietów poddanych enkapsulacji PPP. W porównaniu z ramką HDLC ramka SDL nie posiada znaczników (*flag*) rozgraniczających sekwencje. Zamiast tego ramka zaczyna się od pola długości pakietu. Jest to zaletą przy dużych szybkościach transmisji gdzie uzyskanie synchronizacji przy

pomocy sekwencji rozgraniczających (flag) jest bardzo trudne. Format SDL może zostać bezpośrednio umieszczony w strukturze transmisyjnej SDH. SDL może również być bezpośrednio zakodowany do postaci strumienia optycznego. SDL wykorzystuje 4 bajtowy nagłówek, zawierający długość pakietu. Maksymalna długość pakietu wynosi 65535 bajtów. Suma kontrolna CRC – 16 lub CRC – 32 może być opcjonalnie używana w przypadku kiedy pakiety umieszczane są jeden po drugim. Wszystkie bity z wyjątkiem bitów nagłówka podlegają skramblowaniu skramblerem x48. Skramblery nadawcy i odbiorcy są zsynchronizowane poprzez dodatkową transmisję pakietów specjalnych. SDL nie zawiera dodatkowych bajtów przeznaczonych do zapewnienia przełączania jak to ma miejsce w przypadku bajtów K1 i K2 w ramce SDH.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

IP poprzez ATM bezpośrednio poprzez WDM

Ten scenariusz transmisji opiera się na bezpośredniej transmisji komórek ATM poprzez kanał WDM. Jest to scenariusz identyczny z poprzednim z punktu widzenia architektury sieci. Jediną różnicą jest to, iż komórki ATM nie są poddawane enkapsulacji odwzorowaniu w ramki SDH, zamiast tego są przesyłane bezpośrednio poprzez medium fizyczne wykorzystując komórkową warstwę fizyczną ATM. Komórkowa warstwa fizyczna ATM jest relatywnie nową techniką dla transportu ATM. Oparta jest ona o fizyczne mechanizmy które zostały specjalnie stworzone w celu obsługi protokołu ATM. Ta technika nie wspiera żadnego innego protokołu poza tymi które służą do emulacji w ATM na

przykład emulacji LAN poprzez ATM.

Głównymi zaletami fizycznego komórkowego interfejsu (*Physical Cell Based Interface*) w stosunku do SDH są:

- Prosta technika transmisji dla komórek ATM, które są bezpośrednio przesyłane poprzez medium fizyczne po wykonaniu operacji skrambrowania
- Mniejsza wielkość nagłówka dodawanego na poziomie warstwy fizycznej (około 16 razy mniejsza niż w przypadku SDH)
- Ponieważ ATM jest techniką asynchroniczną, nie ma szczególnych wymagań na mechanizmy synchronizacyjne wewnątrz sieci w przeciwieństwie do SDH

Niestety technika ta jest dopiero w fazie rozwoju i może jedynie być stosowana w przypadku komórek ATM. Komórkowa warstwa fizyczna ATM zostały zdefiniowane w zaleceniu ITU I.432.1-2: „B-ISDN User – Network Interface Physical Layer Specification” dla przepustowości 155 Mb/s, 622 Mb/s, oraz poprzez ATM Forum dla przepustowości 622 Mb/s, 2488 Mb/s AF-PHY-0128.000 „622 and 2488Mb/s Cell Based Physical Layer”

IP poprzez SDH poprzez WDM, Transmisja pakietów poprzez SONET (POS)

Architektura sieci transmisyjnej transportującej IP poprzez ramki SDH i WDM została przedstawiona poniżej:

Możliwe jest wykorzystanie formatu ramki SDH do enkapsulacji pakietów IP w celu dalszej transmisji poprzez WDM przy wykorzystaniu transponderów (adapterów długości fali) lub poprzez enkapsulację pakietów IP do SDH następnie transportowanych poprzez sieć SDH korzystając z kanałów WDM.

SDH jest obecnie używany w celach protekcji ruchu IP poprzez sieć transportową np. przeciwko zerwaniu połączenia fizycznego (kabla) dzięki mechanizmowi automatycznej protekcji przełączania (*APS – Automatic Protection Switching*). Może to

być realizowane również w warstwie optycznej.

Karty liniowe w ruterach IP pozwalają na ramkowanie PPP/HDLC. Sygnał optyczny jest wtedy przystosowany do transmisji poprzez światłowód do elementów sieci SDH sąsiadujących z routerami IP lub transponderów WDM. Istnieją różne typy interfejsów służących do realizacji transmisji IP poprzez SDH na przykład:

- Kontenery VC4 lub kontenery łączone VC4, które umożliwiają agregowanie szerokości pasma bez rozdzielania różnych rodzajów usług IP, które mogą istnieć w obrębie strumienia pakietów,
- Interfejs kanałowy, gdzie wyjście optyczne STM16 może zawierać 16 niezależnych kontenerów VC4, z możliwością separacji usług w każdym strumieniu VC4. Różnego rodzaju kontenery VC4 mogą być wtedy routowane poprzez sieć SDH do routerów docelowych..

Wersja, którą analizowaliśmy wykorzystuje protokół PPP (proces enkapsulacji) i HDLC (proces ramkowania). Znany jako POS lub Packet over SONET. PPP jest standardowym środkiem enkapsulacji pakietów IP i innego rodzaju pakietów w celu transmisji poprzez różnego rodzaju media poczynając od analogowych linii telefonicznych aż do SDH. Ma on również możliwość tworzenia i zakańczania połączeń (LCP). Protokół HDLC jest standardem ISO wersji SDLC – protokołu stworzonego przez firmę IBM w latach siedemdziesiątych. Proces tworzenia ramek w protokole HDLC zawiera znacznik rozgraniczający sekwencje ramek, występujący na początku i na końcu ramki. Ramka zawiera również pole sumy kontrolnej CRC służącej kontroli błędów transmisji.

Skalowalność

POS realizuje połączenia full – duplex typu punkt – punkt pomiędzy interfejsami ruterów wykorzystującymi ramkowanie SDH. Skalowalność takiego systemu jest duża: współpraca pomiędzy SDH i WDM jest wysoka i nie ma ograniczenia na ilość węzłów sieci. Należy jednak podkreślić dwa przypadki:

– W przypadku routera z interfejsami SDH o przepustowościach większych niż 155 Mbps kontenery wirtualne mają zwykle postać kontenerów łączonych i transmisja poprzez konwencjonalną sieć SDH nie jest możliwa ze względu na to, iż nie wspiera ona łączonych kontenerów wirtualnych.

– Dla każdego połączenia bezpośredniego pomiędzy dwoma routerami, wymagane jest połączenie SDH co może być ograniczeniem związanym z liczbą interfejsów w routerze i liczbą wymaganych połączeń SDH.

Protekcja i odtwarzanie

Uszkodzenie połączenia kablowego – protekcja OMS / OCH (*Optical Multiplex Section/Otical Channel*) oraz dodatkowo NIC (*Network Interface Card*) mogą zostać wykorzystane do wykrycia uszkodzenia właściwie w tym samym czasie tj. różnice nie przekraczają pojedynczych ms. Odtworzenie w warstwie Ethernetu następuje na podstawie algorytmu drzewa rozpinającego, działającego na tej samej zasadzie jak tworzenie tablicy routingu IP.

Wsparcie QoS (Quality of Service) dla sieci opartych o protokół IP

Tradycyjny Internet oparty jest na dostępie wszystkich rodzajów pakietów do zasobów sieci z tym samym priorytetem. Warstwa sieci jest zorientowana na transport pakietów ze źródła do celu korzystając z adresu docelowego zawartego w nagłówku pakietu w oparciu o wpisy zawarte w tablicach routingu. Rozdzielenie routowania (tworzenia, utrzymywania, uaktualniania tablic routingu) od właściwego procesu przekierowania jest istotnym elementem projektowania koncepcyjnego Internetu. Ostatnio IETF zaprezentowała kilka rozwiązań które umożliwiają zapewnienie gwarancji jakości usługi w Internecie. Spośród nich najciekawsze rozwiązania to IntServ/RSVP oraz DiffServ/QoS.

(IntServ) Integrated Services Model

RSVP (*Resource Reservation Protocol*) oraz architektura pozwalająca na realizację połączeń punkt – punkt z gwarancją jakości usługi QoS są wynikiem pracy grupy InterServ. RSVP jest protokołem sygnalizacyjnym służącym do zarządzania (rezerwacji) zasobami sieci. RSVP zaopatrzony został w fazę konfiguracji kiedy to zasoby są wstępnie rezerwowane w każdym pośredniczącym routerze (jak ma to miejsce w przypadku rezerwacji pasma lub napięcia w procesorze). InterServ definiuje serwisy i jednocześnie umożliwia użytkownikom rezerwację przesyłania dla trybów unicast i multicast w przypadku aplikacji wymagających QoS. Jeżeli każdy z elementów pośredniczących w transporcie – router uzgodni i zarezerwuje odpowiednie zasoby, użytkownik wyposażony zostanie w dedykowany oraz zarezerwowany strumień o gwarantowanej przepustowości. W innym przypadku sesja zostaje zakończona, a zarezerwowane zasoby zwolnione.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

Integracja technik transmisji IP i WDM – adaptacja IP dla WDM

Istnieje wiele podstawowych metod enkapsulacji IP które mogą być wykorzystywane w sieciach WDM. Chcemy tu porównać różne techniki transmisji pod względem efektywności aby wskazać potencjalny kierunek rozwoju sieci. Istnieje wiele typów transmisji IP poprzez ATM np. klasyczny IP poprzez WDM, emulacja LAN, MPOA itp. Porównanie to obejmuje w tym przypadku

jedynie zestandaryzowane elementy czyli klasyczne IP poprzez ATM. Dla długodystansowej transmisji poprzez WDM najlepiej udokumentowanym formatem transmisji jest SDH. Stos protokołów dla transmisji IP poprzez ATM poprzez SDH poprzez WDM przedstawimy w tabeli 11. Na rysunku 14 jest przedstawiona jedna z możliwych architektur sieci IP / WDM, która wykorzystuje do transmisji IP poprzez ATM poprzez enkapsulację SDH.

W tym przypadku, pakiety IP są w postaci segmentów upakowane w komórkach ATM i przypisane różnym VC (*Virtual Connections*) połączeniom wirtualnym poprzez karty liniowe wyposażone w interfejsy SDH/ATM umieszczone w ruterach IP. Komórki ATM są pakowane do ramki SDH, która może zostać przesłana poprzez przełącznik ATM lub bezpośrednio do transpondera WDM. Obecnie jedyną drogą zagwarantowania jakości usługi QoS dla transmisji IP jest zapewnienie ustalonego pasma pomiędzy parą ruterów odpowiadającą poszczególnym klientom (zarządzanie QoS w warstwie 2). ATM daje tę możliwość poprzez udostępnienie stałych kanałów wirtualnych (*PVC – Permanent Virtual Channels*) korzystając z systemu zarządzania ATM lub kierowanych tymczasowych kanałów wirtualnych (*SVC Switched Virtual Channels*) zestawianych dynamicznie, wszystko w obrębie ścieżki wirtualnej VP. Dodatkowo ATM może wykorzystywać statystyczne multipleksowanie aby udostępnić użytkownikowi dostęp do dodatkowego pasma w krótkich okresach. Może to pomóc zagwarantować ściśle określone pasmo zaczynając od pojedynczych Mb/s do setek Mb/s dla wielu różnych użytkowników. Dodatkowo tak duża ziarnistość daje możliwość zgrupowania routerów IP w logiczną sieć co z kolei minimalizuje opóźnienia wynikające z przechodzenia poprzez routery pośredniczące. Kolejnym istotnym atutem techniki ATM jest możliwość użycia zróżnicowanych kontraktów ruchowych, oferujących zróżnicowaną jakość usługi w zależności od wymagań aplikacji. Dla ruchu IP, który jest z założenia bezpołączeniowy, kontrakt ruchowy UBR jest głównie stosowany w obrębie sieci ATM. Jeśli aplikacja wymaga szczególnego QoS, w

przypadkach transmisji w czasie rzeczywistym możliwe jest wykorzystanie ATC (*ATM Transfer Capability*) jako usługi CBR lub VBR – rt (*Variable Bit Rate – real time*). Odwzorowanie pakietów IP o zmiennej długości do stałej wielkości komórek ATM, nakłada dodatkowy nagłówek w przypadku gdy konieczna jest fragmentacja pakietów. Różnica w wielkości pakietu może również wynikać z konieczności wypełniania pustych przestrzeni w komórkach co wprowadza dodatkowy nagłówek. Jedynym rozwiązaniem pozwalającym uniknąć wypełniania jest umieszczanie pakietów jeden za drugim, co oznacza jednak potencjalne niebezpieczeństwo utraty dwóch kolejnych pakietów w przypadku straty komórki. Transmisja IP poprzez ATM może również być użyta jako implementacja protokołu MPLS. W tym przypadku kanały PVC nie są tworzone poprzez system zarządzania ATM, lecz poprzez protokół MPLS.

Odzworowanie komórek ATM w kontenery hierarchii SDH

Komórki ATM mogą być odzworowywane w pola użytkowe kilku typów kontenerów. Najczęściej jednak są spotykane rozwiązania systemów ATM, wykorzystujące kontenery VC-4. Ponieważ komórka ATM składa się z 53 bajtów, a pole użytkowe kontenera wirtualnego VC-4 ma 2340 bajtów, to nie mieści się w nim całkowita liczba komórek ATM. Dokładniej w polu użytkowym mogą być umieszczone 44 pełne komórki ATM. Pojawia się zatem konieczność przenoszenia części komórki do następnego kontenera wirtualnego. Powoduje to zmianę położenia kolejno odzworowywanych komórek względem kontenera wirtualnego. Czyli komórki ATM nie będą zajmowały stałego miejsca w polu użytkowym kontenera:

Początek komórki musi być prawidłowo identyfikowany na wyjściu z sieci transmisyjnej SDH. Można to zrobić dwoma sposobami. Pierwszy z nich opiera się na mechanizmach dostępnych w SDH i polega na przesyłaniu w nagłówku kontenera wirtualnego VC-4 adresu początkowego komórki ATM. Inny sposób identyfikacji początku komórek jest związany nie z systemami SDH, a wynika ze struktury i przeznaczenia nagłówka komórki ATM. W

pięciobajtowym nagłówku komórki ATM jeden bajt jest poświęcony kontroli i korekcji błędów. Bajt ten jest wyznaczany jako reszta cyklicznego kodu nadmiarowego dla informacji zawartej w pierwszych czterech bajtach nagłówka komórki. Bajty nagłówka znajdują się zawsze na początku komórki. Jeżeli transmisja nie wprowadziła błędów, to na podstawie czterech pierwszych bajtów nagłówka można dokładnie wyznaczyć jego piąty bajt. W tym celu dla każdego z czterech kolejnych bajtów odbieranego strumienia informacji wyznacza się resztę cyklicznego kodu nadmiarowego i porównuje ją z następnym bajtem w sekwencji. W przypadku braku zgodności obliczonej reszty z wartością bajtu operację powtarza się wprowadzając przesunięcie o jeden bajt przy wyborze sekwencji analizowanej. Operację powtarza się tak długo, aż natrafi się na początek komórki. Taki sposób wyznaczania początku komórki jest nazywany delineacją.

Dokładniejsza analiza obu metod dowodzi, że w przypadku dużej bitowej stopy błędów, wprowadzanej w transmisji synchronicznej SDH, delineacja pozwala na skuteczniejsze identyfikowanie początku komórki niż w przypadku, gdy stosuje się adresowanie położenia komórek za pomocą bajtu H4 nagłówka kontenera wirtualnego. Należy zwrócić uwagę, że pole informacyjne komórek ATM – przed jego odwzorowywaniem w kontenerze wirtualnym powinno być poddane operacji skramblowania, a po stronie odbiorczej, tj. przed wprowadzeniem komórek do warstwy ATM, operacji odwrotnej. Operacja skramblowania nie obejmuje nagłówka komórki. Operacja skramblowania opiera się na wielomianie generatora $x^{43} + 1$ i jest skramblowaniem samosynchronizującym. Odwzorowanie komórek ATM w kontener VC-4 jest dopuszczalne również w przypadku kontenera wirtualnego łączonego VC-4-xc:

We wszystkich przypadkach komórki ATM zajmują całe pole użytkowe kontenera. Nie ma, więc potrzeby zapełniania pola dodatkową bezużyteczną informacją. W tabeli poniżej podano, jaka liczba komórek ATM może być odwzorowana w kontenery.

Warto zaznaczyć, że odwzorowanie w kontener łączony VC-2mc ma

bardzo ograniczony zakres. Wynika to z przyjętej w SDH koncepcji łączenia kontenerów VC-2mc. W europejskiej strukturze zwielokrotniania kontenery te mogą być łączone tylko w procesie tzw. łączenia wirtualnego. Oznacza to, że każdy kontener wchodzący w skład kontenera połączanego jest transportowany oddzielnie, inaczej niż w przypadku łączenia ciągłego, w którym pole użytkowe połączonych kontenerów stanowi jedną całość (w sposób ciągły jest tworzony kontener łączony VC-4xc). We wskaźnikach jednostek składowych TU, przenoszących poszczególne kontenery VC-2, nie ma żadnych danych o łączeniu, a prawidłowość utworzenia ciągu komórek przenoszonych w różnych kontenerach zależy od sprzętu zainstalowanego w węzłach sieci SDH. Muszą to być urządzenia wyposażone w odpowiednie protokoły umożliwiające wirtualne łączenie kontenerów. Ponieważ na razie nie instaluje się takich urządzeń, nie ma możliwości transmisji komórek ATM w kontenerach VC-2mc, łączonych wirtualnie.

W przypadku wykorzystywania sieci SDH do transmisji komórek ATM zegary w węźle ATM i w węźle SDH mogą, ale nie muszą, być zsynchronizowane. Brak synchronizmu oznacza potrzebę stosowania mechanizmów dopełniania przez wskaźnik.

Protokół „Classical IP over ATM” jest prosty koncepcyjnie i łatwy w implementacji. Może on funkcjonować zarówno w sieciach ATM ze stałymi połączeniami wirtualnymi (PVC), jak i komutowanymi (SVC), pozwalając na realizację połączeń w obrębie tzw. logicznych sieci IP ustawionych w sieci ATM (ang. LIS – *Logical IP Subnetwork*). Aby efektywnie realizować bezpołączeniowy transfer pakietów (datagramów) protokołu IP, poprzez zorientowane połączeniowo sieci ATM, konieczne staje się odwzorowywanie adresów IP stacji w adresy ATM bądź identyfikatory ID połączeń wirtualnych w sieci ATM (obejmujące identyfikatory ścieżki i kanału logiczno-wirtualnego). Dokument RFC 1577 definiuje też zasady enkapsulacji, bądź „wkładania”, pakietów IP w struktury danych ATM oraz opisuje mechanizmy zestawiania i uaktualniania połączeń między

stacjami bądź systemami. Zasadnicza część specyfikacji IPoATM dotyczy transferu danych w obrębie jednej logicznej sieci LIS. Połączenia między równymi podsieciami LIS muszą odbywać się poprzez routery, nawet wtedy, gdy pomiędzy tymi podsieciami istnieje fizyczne połączenie ATM.

Enkapsulacja pakietów LLC/SNAP

IPoATM umożliwia przesyłanie różnego typu pakietów warstwy sieciowej i transportowej, przy wykorzystaniu jednego połączenia w sieci ATM. Dzięki temu ograniczona została liczba utrzymywanych połączeń oraz usunięte opóźnienia związane z każdorazowym nawiązywaniem połączenia.

Aby taka multipleksowana transmisja była możliwa, stacja docelowa musi rozróżniać typy otrzymywanych pakietów. Dlatego każdy pakiet poprzedzany jest polem identyfikacyjnym. W specyfikacji IPoATM przyjęto enkapsulację LLC/SNAP (ang. *Logical Link Control/Subnetwork Acces Protocol*). Multipleksacja pakietów następuje w podwarstwie LLC. RFC 1577 dopuszcza także inne metody enkapsulacji.

Pakiety IP są dostarczane do warstwy adaptacji ATM AAL i obsługiwane tam zgodnie z protokołem AAL5, opracowanym z myślą o transferze ruchu o zmiennej szybkości bitowej VBR i asynchronicznego UBR. Jednostki danych tego protokołu (AAL5 PDU) oprócz nagłówka LLC/SNAP, identyfikującego typ pakietu, zawierają oraz pole danych oraz informacje sterujące AAL5 (pole długości jednostki PDU i sumę kontrolną CRC).

Dla protokołu IPoATM przyjęto standardową długość pakietów IP równą 9180 bajtów, pozwalająca na obsługę ramek o maksymalnych długościach stosowanych w sieciach Ethernet, Token Ring, FDDI bez konieczności ich podziału. Jednocześnie IPoATM dopuszcza, zgodnie ze specyfikacją protokołu AAL5, obsługę pakietów o długościach do 64-kilobajtów – wymaga to jednak skonfigurowania wszystkich stacji podsieci LIS tak, aby obsługiwały pakiety o tej samej długości. Zauważmy, że jest to

również maksymalny rozmiar pakietów w sieci IP.

W zależności od typu stosowanych połączeń (PVC lub SVC) występują różnice w sposobie odwzorowywania adresów.

Połączenia typu PVC

W sieciach ATM, ze stałymi połączeniami wirtualnymi (PVC), adresy IP są odwzorowywane w identyfikatory połączeń wirtualnych (ścieżki VPI i kanału VCI) w sposób manualny. Oznacza to, że użytkownik każdej stacji jest odpowiedzialny za konfigurację własnej tablicy adresowej, poprzez umieszczenie w niej par: adres IP stacji docelowej i identyfikator połączenia wirtualnego. Tego typu uproszczona konwersja adresowa może być efektywna jedynie w przypadku małych sieci (często jednak bywa jedynym rozwiązaniem).

Połączenia typu SVC

W przypadku realizacji w sieci ATM komutowanych połączeń wirtualnych (SVC), stacje końcowe muszą dokonywać odwzorowywania adresów IP na adresy ATM i identyfikatory połączeń wirtualnych w sposób automatyczny, tj. na żądanie. Nieodzownymi elementami protokołu IPoATM stają się wówczas algorytm ATMARP i serwer adresowy ATMARP. Serwer ten staje się centralnym elementem każdej wirtualnej podsieci LIS. Utrzymuje on bazę danych (tablice adresową) odwzorowującą adresy IP w adresy ATM wszystkich stacji w LIS. Kierowane są do niego prośby stacji końcowych, bądź urządzeń brzegowych sieci ATM, o wskazanie nieznanego adresu ATM, odpowiadającego znanemu adresowi IP stacji docelowej.????????????????

W obrębie jednej podsieci LIS stacje komunikują się za pośrednictwem wirtualnych połączeń typu punkt-punkt. Pakiety IP są umieszczane w jednostkach PDU protokołu AAL5 w urządzeniach brzegowych sieci ATM. Komórki ATM tworzone z jednostek PDU są następnie przesyłane przez węzły i przełączniki sieci ATM do miejsca ich przeznaczenia lub urządzenia brzegowego sieci ATM. Tam następuje złożenie

komórek w jednostki PDU i utworzenie pakietu IP.

Z punktu widzenia warstwy sieciowej (protokołu IP) transmisja przez sieć ATM jest jednoetapowa, bez względu na liczbę przełączników uczestniczących w przekazywaniu komórek ATM.

Rozszerzenia standardu RFC 1577

„Wąskim gardłem” klasycznego IPoATM jest brak możliwości bezpośredniej transmisji między różnymi podsieciami LIS. Problem jest poważny, gdyż routery nie są w stanie realizować funkcji decydujących o atrakcyjności ATM, tj. zarządzania jakością (QoS), minimalnego opóźnienia i dużej przepustowości.

Prowadzone są badania nad bardziej zaawansowanymi implementacjami IPoATM. Grupa MPOA, związana z ATM Forum, pracuje nad osadzeniem takich protokołów jak IP, IPX/SPX czy Appletalk na sieci ATM z pominięciem routerów.

Oddzielnym obszarem prac jest przygotowanie wersji protokołu wykorzystującego mechanizm rozgłaszania komunikatów w sieci ATM (*IP multicast over ATM*).

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

ATM

Technologia ATM powstała w wyniku kompromisu między dwoma już funkcjonującymi technikami cyfrowej transmisji szerokopasmowej: STM i PTM (*Packet Transfer Mode*), łącząc zalety istniejących technologii przy jednoczesnej eliminacji większości wad tych systemów. Technika STM jest stosowana w sieciach ISDN, PTM zaś w lokalnych sieciach komputerowych.

Wywodząca się z telekomunikacji technologia ATM jest coraz częściej postrzegana jako technika łącząca standard przekazów telekomunikacyjnych sieci SDH na poziomie warstwy fizycznej z różnymi sieciami komputerowymi.

Współcześnie tworzone sieci ATM osiągają bardzo duże rozmiary zarówno ze względu na rozpiętość geograficzną, jak też liczbę podłączonych do niej urządzeń końcowych, powodując wzrost komplikacji budowanych struktur. ATM staje się obecnie najbardziej rozpowszechnioną technologią szkieletową dla złożonych sieci kampusowych, korporacyjnych, metropolitarnych i regionalnych.

Technologia ATM jest obecnie jedną z najbardziej efektywnych technologii przekazu z wirtualizacją kanałów komunikacyjnych przeznaczonych do przesyłania usług multimediów (głosu, obrazu i danych), a także jest uważana za docelową technikę transmisji w szerokopasmowych sieciach rozległych WAN. Łączy zalety techniki pakietowej z przekazami synchronicznymi przez sieci SDH.

Standard ATM

Standard ATM, opracowany pierwotnie jako element specyfikacji BISDN (CCITT, 1988 r.), nie definiuje dokładnie konkretnego medium transmisyjnego między węzłami, lecz zasady komunikacji w sieci. Umożliwia to zastosowanie technologii ATM w różnorodnych już istniejących środowiskach transmisyjnych wykorzystujących jako medium zarówno przewody koncentryczne, przewody UTP (skrętka) (sieci lokalne, sieci rozsiewcze), światłowodowe (sieci LAN, MAN), jak i bezprzewodowe (sieci globalne). Od 1993 r. wszyscy liczący się producenci implementują technologię ATM we własnych urządzeniach przełączających (huby, przełączniki, routery).

Do tej pory ukształtowały się następujące klasy przepływności w sieciach ATM:

– 25 Mb / s (w zaniku),

- 100 Mb / s,
- 155,52 Mb / s (powszechnie stosowane)
- 622 Mb / s
- 2,5 Gb / s dla sieci transportowych SDH.

Poniżej przedstawione zostały istotne cechy standardu ATM :

- technologia ATM umożliwia jednoczesne przesyłanie głosu, danych i obrazu, czyli tzw. usług multimedialnych, dzięki temu pozwala ograniczyć liczbę warstw transportowych dla sieci teleinformatycznych do jednej sieci,
- jedna karta sieciowa ATM w terminalu użytkownika zapewnia dostęp do wszystkich usług w sieci ATM. W konsekwencji takie rozwiązanie prowadzi do redukcji kosztów transmisji, komutacji, sterowania i utrzymania sieci,
- dane przesyłane są w postaci stałej długości porcji informacji (ogniw transmisyjnych), o długości 53 bajtów (w tym 48 bajtów stanowią dane użyteczne). Stała długość pakietów ułatwia proces obróbki w węzłach sieci ATM, umożliwia także lepszą kontrolę nad dostępem do sieci.
- najważniejszą cechą ATM wydaje się być jej uniwersalność i jednakowa przydatność do budowy sieci LAN, MAN oraz WAN. W przypadku sieci rozległej ATM połączenie między jej węzłami może odbywać się zarówno po łączach światłowodowych – można wykorzystać do tego celu sieci SDH, jak i po łączach E1 – 2[Mb/s] lub E3 – 34[Mb/s]. Wszystkie połączenia sieci rozległej mogą oczywiście działać w oparciu o łącza dzierżawione,
- warto zwrócić uwagę na fakt, że technologia ATM pozwala na zintegrowanie różnych stosowanych dotychczas technik transferu danych. W obrębie łącza fizycznego ATM może bowiem istnieć wiele połączeń logicznych, które mogą przenosić informacje różnego typu. W sieci ATM każde takie logiczne połączenie może

mieć przyznane odmienne parametry, takie jak przepustowość kanału czy jakość usługi.

– można ustalić indywidualną szybkość połączeń w ramach kilku istniejących standardów przepływności (25 Mbps, 100Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps, 2500 Mbps) poprzez podanie liczby komórek do konkretnego połączenia użytkownika

– obsługa transmisji w czasie rzeczywistym (izochronicznych) takich jak głos, obraz ruchomy z opóźnieniem nie większym niż 10ms

– skalowanie przepływności ścieżek i węzłów ATM. Multipleksacja statystyczna poszczególnych kanałów pozwala na efektywne gospodarowanie łączem transmisyjnym

– przekazy są nadawane w trybie połączeniowym czyli przed wysłaniem danych zestawiane jest łącze według parametrów deklarowanych przez użytkownika takich jak typ usługi, przepływność, deklarowany adres. Po zakończeniu przekazu następuje likwidacja łącza

– adaptacja strumienia komórek ATM do dowolnej przepływności medium transmisyjnego przez wprowadzenie komórek pustych pomijanych w węźle docelowym

– przypisywanie komórkom ATM konkretnej usługi, której parametry mogą być dynamicznie zmieniane, zarówno w fazie nawiązywania łącza, jak i w trakcie działania usługi komunikacyjnej

– zapewnienie przezroczystości przenoszenia informacji przez ATM czyli dostosowanie pracy sieci z różnymi protokołami komunikacyjnymi

Za pomocą technologii ATM są świadczone usługi na wielu poziomach:

– **Sieci lokalnych ATM/LAN** – współpracujących bezpośrednio ze stacjami roboczymi w tradycyjnych technologiach komputerowych

(Ethernet, Token Ring, HDDI), tworzenie prywatnych, multimedialnych sieci umożliwiających transmisję z prędkością 155 [Mbps] – integracja istniejących sieci komputerowych wykonanych w technologiach Ethernet, Fast Ethernet lub FDDI z siecią ATM – co zabezpiecza dotychczasowe inwestycje Klienta,

– **Sieci rozległych** – stosujących różne technologie dostępu (Frame Relay, SMDS) lub ATM, ale zapewniające przepływ danych w formacie ATM do urządzeń sieci publicznej – przesyłanie rozmów telefonicznych między centralami telefonicznymi Klienta,

– **Urządzeń sieci publicznej** – jako centrale komutacyjne ATM współpracujące z siecią transmisyjną PDH, SDH lub SONET; początkowo jako sieć podkładowa, docelowo jako jednorodna forma transmisji globalnej ATM, z wykorzystaniem łączy dzierżawionych, kanały E1 – 2[Mb/s], E3 – 34[Mb/s], lub łączy w sieciach SDH

– obsługa wymagających grup użytkowników,

– obsługa odległych oddziałów firmy pracujących w technologii ATM, transfer sygnału wideo (obsługa wideokonferencji, telewizja przemysłowa i nadzorcza.

Kategorie usług (klasy ruchowe)

Kategorie usług odnoszą się do połączeń w sieci ATM, czyli kanałów wirtualnych VC (*Virtual Channels*) oraz ścieżek VP (*Virtual Paths*). W ramach ścieżki wirtualnej kanały wirtualne mogą dzielić asymetrycznie wspólne parametry jakościowe – takie jak CLR (*Cell Loss Rate*) – przez przyporządkowanie połączeniom odpowiednie kategorii (klasy ruchu), co w istotny sposób wpływa na przesyłanie strumienia komórek przez sieć.

Stowarzyszenie ATM Forum wyodrębniło następujące klasy ruchowe dostarczające usługi ATM:

– **CBR** (*Constant Bit Rate*) – odnosi się do usług

charakteryzujących się stałym zapotrzebowaniem na pasmo, takich jak emulacja łączy, transmisja głosu bez kompresji i mechanizmu wykrywania ciszy;

– **VBR** (*Variable Bit Rate*) – przeznaczona dla usług wymagających zmiennej przepływności, definiowanie przez podanie kilku parametrów. Kategoria ta występuje w dwóch wersjach: jedna z istotnym uzależnieniem czasowym (*real-time VBR*) odpowiednia dla ruchu o wybitnie nierównomiernym charakterze (burst), druga bez wyraźnego uzależnienia czasowego (*non-real VBR*) dla aplikacji wymagających tylko limitowanego czasu reakcji (transakcje bankowe, sygnalizacja w systemach nadzoru in.);

– **ABR** (*Available Bit Rate*) – potrzebna podczas przekazu informacji w aplikacjach bez istotnych wymagań czasowych, ale z gwarancją pewnego minimalnego poziomu w dostępie do pasma oraz uzgodnionego poziomu CLR. Kategoria ABR jest stosowana w aplikacjach takich jak: poczta elektroniczna, transfer zbiorów i dostęp do Internetu, w których można dopuścić niższe wymagania odnośnie parametru QoS;

– **UBR** (*Unspecified Bit Rate*) – wskazana dla usług bez jakichkolwiek gwarancji jakościowych, także dla transmisji nie wymagających określenia dopuszczalnego opóźnienia lub jego zmienności. ??????????????????????

Klasy i typy usług ATM

W szerokopasmowym środowisku ATM zdefiniowano wiele klas i powiązanych z nimi typów usług wynikających ze stosowania różnych kategorii, sposobu przesyłania bitów, wymaganej szerokości pasma i rodzaju połączeń:

– **Klasa A** – usługi połączeniowe ze stałą chwilową szybkością transmisji CBR przeznaczone do zastosowań multimedialnych w czasie rzeczywistym (dźwięk, obraz, wideokonferencje),

– **Klasa B** – usługi połączeniowe wyposażone w mechanizmy

umożliwiający przesyłanie głosu i obrazów wideo ze zmienną chwilową szybkością transmisji VBR (Variable Bit Rate), skompresowane sekwencje wideo. Większość usług sieci ATM, działającej w trybie multipleksacji statystycznej, jest określana kategorią VBR,

– **Klasa C** – usługi połączeniowe ze zmienną szybkością transmisji, bez synchronizacji czasowej (sieci X.25, Frame Relay, TCP / IP),

– **Klasa D** – usługi bezpołączeniowe, nadające się do zastosowań w środowiskach, w których przepływ danych odbywa się ze zmienną szybkością, nie wymagając synchronizacji czasowej między węzłami końcowymi (sieci LAN, MAN).

Szeroki zakres usług oferowanych przez sieć ATM, spełniający wymagania niemal wszystkich rodzajów transmisji i usług multimedialnych, powoduje likwidowanie różnicy między komutowaniem łączy i komutowaniem pakietów.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

Multipleksery SMA1/4c, SMA-4

Multipleksery synchroniczne SMA-1/4c i SMA-4 należą do rodziny urządzeń TransXpress będących podstawowym produktem techniki SDH zaprojektowanym i produkowanym przez firmę SIEMENS. Urządzenia SMA służą do tworzenia sieci SDH transmitujących sygnały na poziomie STM-1 i STM-4.

Sprzęt SMA-1/4c i SMA-4 cechuje się uniwersalnością, modułową konstrukcją i wymiennością modułów pomiędzy w/w systemami.

Zarówno SMA-1/4c jak i SMA-4 są to lokalne krotnice krzyżowe (cross-connect) umożliwiające przełączanie kontenerów VC wszystkich poziomów (rozdzielczość VC12) ze wszystkich sygnałów przyłączonych do modułu komutacji (switch) za pomocą kart sygnałów podrzędnych (tributary) i głównych (aggregate). Różnica między krotnicą końcową, transferową lub krzyżową polega jedynie na ilości zainstalowanych kart dla sygnałów. Półki, moduły główne, itd. są zawsze te same. Co więcej np. karty interfejsów 21x2Mbit/s, interfejsów elektrycznych i optycznych STM1, STM4 etc. są identyczne w obu systemach stąd rozbudowa i rekonfiguracja posiadanego sprzętu jest zapewniona przy jednoczesnej minimalizacji kosztów (np. zestawu części zamiennych).

Ze względu na unikatową cechę sprzętu jaką jest możliwość zainstalowania kart liniowych (światłowodowych) w pozycjach tributary, rodzina SMA oferuje uniwersalność i elastyczność w planowaniu, eksploatacji i rozbudowie sieci.

Multiplekser SMA-1 można rozbudować do przepływności 622Mbit/s (SMA-4c) poprzez jedynie wymianę kart liniowych.

Nowa wersja multiplekserów rodziny SMA poza opisywanymi powyżej zaletami posiada następujące cechy:

- posiada bogate funkcje protekcji,
- jest bardziej zwarta - posiada karty z 21 interfejsami 2Mbit/s,
- posiada specjalizowane karty liniowe dużej mocy - stąd nie jest konieczne stosowanie dodatkowych urządzeń liniowych,
- zarządzana jest przez ENMS - system zarządzania urządzeniami SDH rel. 2,
- nieblokwalne przełączanie sygnałów na wszystkich poziomach AU4, TU3, TU2, TU12.

Multipleksery serii 2 umożliwiają pracę na jednym włóknie w

dwóch kierunkach. W konfiguracji tej SMA są wyposażone w jeden nadajnik wysyłający sygnały w II i III oknie transmisyjnym oraz spliter. Praca na jednym włóknie może być zdefiniowana przez operatora za pomocą odpowiednich komend z poziomu systemu nadzoru LCT (Local Craft Terminal) lub NCT (Network Craft Terminal). Jest to szczególnie interesująca cecha na obszarach ubogich w kable światłowodowe.

Urządzenia liniowe SL16

Synchroniczne urządzenia liniowe SL16 służą do transmisji maksymalnie 16 sygnałów cyfrowych STM-1 lub plezjochronicznych. Sygnały są przesyłane światłowodami jednomodowymi na długościach fal 1310 nm i 1550 nm. Urządzenia SL16 mogą również być wyposażone w interfejsy WDM. Przepływność sygnału zbiorczego wynosi 2,5 Gbit/s. Zależnie od konfiguracji urządzenia, do wejść sygnałów składowych można doprowadzić sygnały elektryczne 140 Mbit/s lub STM-1 i sygnały optyczne STM-1, STM-4, STM-16. W fazie testów są już urządzenia liniowe SL64 umożliwiające transmisję sygnału zbiorczego o przepływności 10 Gbit/s.

Wymagania techniczno-eksploatacyjne na linię optyczną systemów SDH

Parametry transmisyjne światłowodów

Do budowy linii optotelekomunikacyjnych SDH przewidywane jest zastosowanie światłowodów jednomodowych. Tabela 5 przedstawia wymagania światłowodów jednomodowych. Pierwsze z wymienionych są przeznaczone głównie do transmisji w paśmie 1550nm, drugie do transmisji w paśmie 1550nm, a trzeci rodzaj (typu IVc) posiada zmniejszoną tłumienność i przeznaczony jest do jednoczesnej transmisji z podziałem falowym (WDM) w obu pasmach jednocześnie.

– Światłowod typu IVa powinien spełniać wymagania G652, zgodnie z ITU.

- Światłowód typu IVb powinien spełniać wymagania G653, zgodnie z ITU.
- Światłowód typu IVc powinien spełniać wymagania G654, zgodnie z ITU.

Średnia tłumienność jednostkowa jest wielkością projektową dla linii SDH. W podanej wielkości powinny się zawierać zarówno jednorodne odcinki światłowodu jak i dopuszczalne niejednorodności. Niejednorodność tłumienności nie powinna przekraczać wartości 0.1 dB/km (niezależnie od charakteru niejednorodności).

Nominalna długość fali

Przedział zmian długości fali źródła światła jest zależny od zastosowania linii SDH. Pełny zakres zmian długości fali występuje dla połączeń stacyjnych, a dla pozostałych jest odpowiednio węższy, patrz tabela 7, 8 i 9.

- pasmo 1310 nm: zakres zmian długości fal 1270nm do 1360nm
- pasmo 1550 nm: zakres zmian długości fal 1500nm do 1580nm

Połączenia światłowodów

Połączenia stałe (zgrzewane) powinny posiadać średnią tłumienność nie gorszą od 0.1 dB, a maksymalną 0.15 dB, jeśli trzy kolejne próby nie umożliwiają osiągnięcia wartości 0.15 dB dopuszcza się wartość poniżej 0.3 dB. Wartość 0.1 dB jest wielkością projektową dla długich odcinków linii optotelekomunikacyjnych.

Połączenia rozłączalne, złącza, powinny posiadać tłumienność nie większą od 0.5 dB. Wymagania techniczno-eksploatacyjne na część optyczną systemów SDH

Linie SDH ze względu na długość dzielimy na:

- linie SDH wewnętrzne (połączenia stacyjne) – o długości do

około 2km,

– linie SDH krótkie – o długości do około 15km,

– linie SDH długie – o długości od 40km do 60 km.

Określenia i oznaczenia parametrów transmisyjnych.

Poniżej przedstawione są podstawowe pojęcia i określenia występujące w opisie parametrów transmisyjnych systemów SDH. Natomiast parametry transmisyjne zostały zestawione w tabelach 7, 8 i 9.

Tor optyczny

1. α – tłumienność toru optycznego, pomiędzy urządzeniem nadawczym i urządzeniem odbiorczym; w tym określeniu powinna się zawierać zarówno tłumienność jednorodnych odcinków światłowodu, tłumienność spójń i złączy optycznych, ewentualnie tłumików i sprzęgaczy, jak i margines tłumienności linii przeznaczony na starzenie się i naprawy kabla światłowodowego.

2. dyspersja – dyspersja toru optycznego podawana jest w ps/km i określa stopień poszerzenia impulsów światła przy zastosowaniu źródła światła o skończonej szerokości widma; wynika z efektów zmian prędkości grupowej w zależności od długości fali.

3. $R_n \max$ – maksymalna reflektancja pochodząca od punktowych wtrąceń linii, np od złączy optycznych, mierzona na zaciskach złącza optycznego nadajnika.

4. R_{\max} – maksymalna reflektancja linii.

Tabele 7. 8. i 9. przedstawiają podstawowe wymagania transmisyjne dla systemów STM-1, STM – 4 i STM-16 uzależnione od zastosowania określonego kodem klasyfikacyjnym. Parametry transmisyjne określone są dla stopy błędów 10⁻¹⁰.

Podsumowanie

Sieci synchroniczne SDH stały się nowym standardem w telekomunikacji, łącząc zaawansowaną elektronikę z techniką światłowodową i inżynierią oprogramowania. Zapewniły w ten sposób nowoczesny, efektywny i otwarty na zmiany system transportowy o wielu zastosowaniach. Istniejące aplikacje wykorzystujące sieć transportową SDH do instalacji na niej systemów asynchronicznych **ATM**, komutacji pakietów, połączenia między sieciami **LAN**, sieci z integracją usług **ISDN** i szerokopasmowych **B-ISDN**, a przede wszystkim do współpracy z rozpowszechnionymi sieciami plezjochronicznymi PDH potwierdzają uniwersalność wykorzystania medium telekomunikacyjnego do różnych zastosowań przy jednorazowych nakładach inwestycyjnych na budowę sieci. Również możliwość dynamicznego przydzielania przepływności w łączach i węzłach sieci, niezbędna przy usługach multimedialnych oraz przekazach telewizyjnych wysokiej rozdzielczości **HDTV** (*High Density TV*), tworzy niewidoczny dla użytkownika elastyczny mechanizm transportowy dopasowujący sieć do aktualnych potrzeb, nie wykluczając dalszego unowocześniania parametrów sieci w przyszłości. Zintegrowane zarządzanie TMN, wspomagane przez autonomiczne funkcje kontrolne każdego węzła, zmniejsza do minimum koszty eksploatacji i utrzymania sieci, pozostawiając operatorowi funkcje reorganizacji systemu przy jego rozbudowie. Do największych producentów urządzeń SDH możemy zaliczyć firmy Alcatel, Nortel Networks, Marconi, Lucent Technologies, Siemens, ECI Telecom.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

SDH

Dla zapewnienia współpracy urządzeń SDH różnych producentów, w 1985r. w USA opublikowano standard SONET (*Synchronous Optical Network*). Prace nad tym standardem prowadził Amerykański Instytut Standardów – ANSI (*American National Standards Institute*). W standardzie SONET określono przepływności, formaty danych, parametry optyczne, protokoły sygnalizacji APS (*Automatic Protection Switching -przełączanie na rezerwę*) i nadzoru oraz inne parametry. W 1986 r. SONET-em zainteresował się CCITT (*International Consultative Committee on Telephony & Telegraphy*). W 1989r. opublikowano w Księdze Niebieskiej w zaleceniach G.707, G.708 i G.709 zbiór standardów określonych mianem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

Zalecenie G.707 określa stosowane przepływności binarne na poszczególnych poziomach zwielokrotnienia synchronicznego. W zaleceniu tym określono również strukturę modułu STM-1 oraz strukturę i funkcję nagłówka sekcji SOH. Zalecenie G.707 definiuje między innymi zasady zwielokrotnienia sygnałów składowych różnych poziomów hierarchii plezjochronicznej. Do chwili obecnej trwają prace nad szczegółami dotyczącymi standardów SDH.

Podstawy hierarchii synchronicznej wywodzą się z amerykańskiego systemu SONET umożliwiającego współpracę światłowodowych urządzeń transmisyjnych różnych producentów z sieciami plezjochronicznymi.

W synchronicznej hierarchii cyfrowej zdefiniowano pięć poziomów zwielokrotniania, przy czym tylko trzy najniższe mają certyfikat ITU – T. Jako podstawową na najniższym poziomie przyjęto przepływność binarną 155,52 Mbit/s (dokładnie 155 520 kbit/s) dla modułu transportowego STM-1, umożliwiającą łatwą współpracę z siecią plezjochroniczną PDH o przepływności 140 Mbit/s. Przepływności wyższych poziomów są wielokrotnością poziomu podstawowego uzupełnioną o nagłówki:

- STM-1 (155 Mbit/s),
- STM-4 (622 Mbit/s),
- STM-16 (2,5 Gbit/s),
- STM-64 (10 Gbit/s).

Proces zwielokrotniania przebiega dwuetapowo. W pierwszym kroku następuje multipleksacja kontenerów wirtualnych VC niższego rzędu do kontenerów wyższego rzędu. W drugim etapie zachodzi łączenie kontenerów wirtualnych VC z nagłówkiem sekcji SOH (*Section Overhead*) w celu utworzenia modułów transportowych STM (*Synchronous Transport Module*) o wymaganej przepływności dla strumienia zbiorczego.

Pomimo że rozmiar fizyczny modułu transportowego jest stały i wynosi 125 μ s, jego pojemność informacyjna (i związana z tym przepływność) może rosnać bez ograniczeń, gdyż zależy wyłącznie od postępu technologicznego umożliwiającego wzrost upakowania kolejnych paczek kontenerów wirtualnych VC-4 w ramach modułu transportowego STM-n przez zwielokrotnienie "n".

Jest to istotna cecha systemu, zapewniająca, że sieci SDH mogą stanowić elastyczny system transportowy dla wielu typów przekazów teletransmisyjnych, wykonanych w różnych technologiach, bez ograniczania górnej przepływności informacyjnej systemu.

Zalecana w Polsce struktura zwielokrotnienia

Zalecenia dla struktury zwielokrotnienia w Polsce przewidują odwzorowanie w kontenery jedynie sygnałów o przepływnościach:

- 2 048 kbit/s
- 34 368 kbit/s
- 139 264 kbit/s

Warto zwrócić uwagę, że przepływność 34 Mbit/s powinna być

wykorzystana jedynie do transmisji sygnałów telewizyjnych, wideo lub usług szerokopasmowych. Wynika to z kompromisu pomiędzy EUROPA i AMERYKĄ, który polega na tym, że kontener VC-3 jest wspólny do przenoszenia strumieni 34 i 45 Mbit/s. Stąd też, pomimo możliwości umieszczenia w module STM-1 czterech strumieni 34 Mbit/s w kontenerach VC-31, faktycznie wprowadzane są tylko trzy, co oznacza przeniesienie łącznie 48 strumieni 2Mbit/s. Jest to więc nieefektywne, bowiem przy bezpośredniej multipleksacji strumieni 2Mbit/s można wprowadzić do ramki STM-1 63 takie sygnały.

Wyposażenie każdego węzła sieci SDH w styk optyczny zgodnie z zaleceniem G.957, umożliwia transmisję bez konwersji elektryczno – optycznej.

Rozbieżności w przyjętych sygnałach powodują, że hierarchia systemów cyfrowych kształtuje się inaczej dla systemów amerykańskich i europejskich, jednak standaryzacja struktury i zawartości największych kontenerów wirtualnych VC-3 po stronie amerykańskiej i VC-4 po stronie europejskiej umożliwia umieszczenie ich w przestrzeni użytkowej modułu transportowego STM-1 i po przesłaniu rozładowanie modułu według uzgodnionej procedury.

Zalety systemu SDH

- **Uproszczenie sieci** – pojedyncza krotnica synchroniczna spełnia funkcje całej hierarchii urządzeń w sieci,
- **Duża żywotność sieci** – funkcje zarządzania w sieci synchronicznej umożliwiają natychmiastową identyfikację uszkodzenia linii lub węzła, a architektura pierścieniowa umożliwia automatyczną rekonfigurację i przełączenie ruchu,
- **Sterowanie programowe w sieci** – możliwe dzięki utworzeniu kanałów zarządzania wewnątrz modułu STM-N (wykonuje szereg nowych zadań),
- **Standaryzacja** – oznacza, że urządzenia transmisyjne różnych

producentów będą mogły współpracować ze sobą. Operatorzy mogą więc wybierać urządzenia od różnych producentów,

łączenie elementów sieciowych w podsieci i sieci może odbywać się na różne sposoby w zależności od potrzeb i wymagań (np. niezawodnościowych). Najczęściej stosowaną strukturą SDH jest struktura pierścienia, która pozwala na wprowadzenie skutecznych zabezpieczeń (protekcji) jakości transmisji. Na rysunku 12 a,b,c,d pokazane są stosowane typowe topologie sieci SDH.

a) punkt – punkt

PTEPTEREG

b) punkt – wielopunkt

PTEPTEADMREGREG

c) topologia szkieletowa

MUXMUXADMREGREGREGREGMUXMUX

d) pierścień

ADMADMADMADM

PTE – Path Terminal Equipment

ADM – Add Drop Multiplexer

DXC – Digital Cross Connect

REG – Regenerator

MUX – Multiplekser

Rysunek 12. Typowe topologie sieci SDH

Bezpieczeństwo transmisji w systemach SDH

Protekcja ścieżki

Pierścieniowa struktura systemów SDH i funkcje automatycznego przełączania realizowane przez krotnicę pozwalają na zapewnienie protekcji dla każdego zestawionego połączenia. W pierwszej fazie zestawiamy w systemie SDH drogę podstawową sygnału od portu A do B najczęściej po najkrótszej trasie. Następnie możemy zestawić drogę protekcyjną w odwrotnym kierunku niż droga podstawowa i zakańczamy ją na tych samych portach co drogę podstawową. Zestawiona droga realizuje transmisję w dwóch kierunkach. W wypadku uszkodzenia drogi podstawowej następuje przełączenie ruchu na drogę rezerwową. Mamy tu kilka możliwości przełączania w zależności od ustawień poczynionych przez administratora systemu. W wypadku kiedy zostanie uszkodzona droga dla obu kierunków transmisji przełączona zostaje transmisja w obu kierunkach na drogę rezerwową. Jeśli zostanie uszkodzony tylko jeden kierunek transmisji można wybrać przełączanie obu kierunków lub tylko jednego. Po przełączeniu system cały czas sprawdza czy uszkodzenie nie ustąpiło. Jeśli okaże się, że droga podstawowa została naprawiona (uszkodzenie ustąpiło), można ustawić dwa sposoby reakcji:

- transmisja zostaje ponownie przełączona na drogę podstawową
- transmisja jest kontynuowana po drodze rezerwowej dopóki nie nastąpi jej uszkodzenie

System nadzoru daje możliwość wymuszenia transmisji po drodze uszkodzonej (z błędami), bądź manualnego przełączania transmisji z jednej drogi na drugą. Przy zastosowaniu protekcji ścieżki niezbędna przepływność w całym pierścieniu SDH jest równa sumie przepływności wszystkich kanałów realizowanych w tym pierścieniu.

Protekcja liniowa

Istnieje inna możliwość zapewnienia bezpieczeństwa transmisji – poprzez zwiększenie liczby zainstalowanych kart i połączeń kablowych tzw. protekcja liniowa. Polega ona na podwojeniu

ilości kart liniowych dla każdego kierunku transmisji, oraz połączenie ich kablami ułożonymi po innych trasach. Uszkodzenie dowolnego kabla lub karty liniowej powoduje przełączenie transmisji na zapasowy zestaw kart i inną drogę kablową. Zaletą tej metody protekcji jest dostępność pełnego pasma w każdym fragmencie pierścienia SDH. Jest ona niezastąpiona w wypadku tworzenia protekcji dla połączenia punkt – punkt zrealizowanego z zamiarem dalszej jego rozbudowy.

Przykład komercyjnego rozwiązania systemu SDH

Zestawienie danych technicznych urządzeń SMA firmy SIEMENS

Siemens w ramach rodziny urządzeń synchronicznych oferuje szeroką gamę multiplekserów synchronicznych wyposażonych w przepływności liniowe STM-1, STM-4 i STM-16. Każdy multiplekser dysponuje modułem komutacyjnym dla zwielokrotnienia i kierowania sygnałów wraz z integralnymi zakończeniami linii oraz bogatym zestawem protekcji dla ruchu liniowego i tributary. Sedno rodziny multiplekserów tkwi w optymalnym zestawie dostępnych półek systemowych oraz wspólnym, bogatym zestawie modułów.

SMA-1 udostępnia cztery pozycje tributary dla sygnałów PDH lub STM-1 z pozycją piątą użytą dla zapewnienia protekcji 1:N dla kart tributary 2Mbit/s. Pracując jako multiplekser końcowy lub transferowy SMA-1 umożliwia zestawienie różnych kombinacji modułów tributary w celu stworzenia ruchu o poziomie nie przekraczającym całkowitej pojemności sygnału zbiorczego STM-1 na poszczególnych portach liniowych.

Jako multiplekser węzłowy, SMA-1 może skoncentrować ruch przychodzący z czterech częściowo wypełnionych sygnałów optycznych STM-1 dołączonych do kart tributary budując sygnały zbiorcze o poziomie nie przekraczającym całkowitej pojemności sygnału zbiorczego STM-1 na poszczególnych portach liniowych.

Cross-connect może być utworzony z jednego lub maksymalnie

czterech multiplekserów typu SMA-1. Pojedynczy SMA-1 oferuje możliwość przełączenia ruchu odpowiadającego czterem strumieniom STM-1.

Grupa czterech multiplekserów SMA-1 może być połączona, tworząc cross-connect o możliwościach przełączania 8 x STM-1; po dwa liniowe porty STM-1 zainstalowane w każdym z czterech multiplekserów SMA-1.

Multiplekser SMA-1 poprzez wymianę modułów liniowych może być łatwo rozbudowany od STM-1 do STM-4 tworząc wtedy multiplekser SMA-4c. Wykorzystując dostępne mechanizmy protekcji można przeprowadzić rozbudowę minimalnie lub wcale nie przerywając ruchu.

Korzyści z możliwości użycia modułów liniowych jako kart tributary uwidacznia się przy dokonywaniu rozbudowy SMA-1 do SMA-4c. Moduły liniowe STM-1 mogą być ponownie wykorzystane jako moduły tributary w nowym multiplekserze SMA-4c lub w innym multiplekserach sieci.

Multipleksery synchroniczne SMA

Multipleksery synchroniczne SMA umożliwiają współpracę systemów o różnej przepływności (STM-1, STM-4 i STM-16). Są to lokalne krotnice krzyżowe (cross-connect) przełączające kontenery VC na wszystkich poziomach hierarchii SDH (z rozdzielczością VC12, czyli 2Mbit/s).

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

Techniki transmisyjne

WDM

Rozwój nowych usług telekomunikacyjnych, takich jak Internet, transmisja danych multimedialnych, wideokonferencje, itd. powoduje znacznie zwiększenie ruchu telekomunikacyjnego i wzrost obciążenia linii, zwłaszcza magistralnych. Tych ostatnich dotyczy zwłaszcza rozwój Internetu, gdyż względna łatwość połączenia z odległymi serwerami, znajdującymi się nawet na innych kontynentach, skutkuje wzrostem obciążenia ruchem linii międzymiastowych i międzynarodowych. Wszystkie te czynniki sprawiają, że przepustowość istniejących linii dalekiego zasięgu staje się niewystarczająca.

Operatorzy stanęli przed problemem budowy nowych kablowych linii światłowodowych bądź zwiększeniem przepustowości już istniejących. O ile pierwsze rozwiązanie jest koncepcyjnie proste, o tyle jest bardzo kosztowne, gdyż koszty kabla i jego instalacji stanowią na liniach dalekiego zasięgu większość kosztów (nawet 90%). Pozostała zatem druga możliwość, a mianowicie zwiększenie przepustowości już istniejących linii. Rozwiązaniem wydawałoby się najprostszym jest zwiększenie krotności zwielokrotnienia SDH (lub amerykańskiego odpowiednika SONET) z powszechnie obecnie wykorzystywanych systemów STM-4 (622 Mbit/s) i STM-16 (2.5 Gbit/s) do STM-64 (10 Gbit/s) i dalej. To co wydaje się proste w koncepcji, okazuje się trudne do wykonania w praktyce.

Po pierwsze bardzo trudna jest realizacja elementów elektronicznych pracujących przy tak dużych częstotliwościach. Dostępne komercyjnie systemy STM-64 (10 Gbit/s) pojawiły się dopiero niedawno, a niezbyt zaawansowane próby z elementami systemów 40 Gbit/s, odpowiadającym hipotetycznej krotności STM-256, są dopiero prowadzone w laboratoriach.

Technologia urządzeń WDM pozwala już teraz wprowadzić 4, 16 i 32-krotne zwielokrotnienie falowe, z równoczesnym wzmocnieniem optycznym. W wyniku rozwoju technologii optycznego zwielokrotnienia falowego, szerokopasmowego wzmocnienia optycznego i optycznego konwertera falowego, udostępniono techniczną możliwość stosowania WDM z wzmocnieniem w relacji transmisji optycznej punkt – punkt w torach transmisji dalekiego zasięgu.

Poza techniczną realizacją transmisji optycznej punkt – punkt, WDM odgrywa istotną rolę w rozwoju koncepcji optycznej sieci przezroczystej, realizując optyczne wejście i wyjście do toru transmisji (add/drop multiplexer), krosownicę optyczną (WDM cros – connect) oraz przełączanie falowe (wavelength routing).

U źródeł powstania systemów WDM leżała chęć zwiększenia przepływności linii, jednakże bez zwiększania szybkości transmisji. Zostało to osiągnięte przez niezależną, jednoczesną transmisję sygnałów binarnych o mniejszych krotnościach zwielokrotnienia SDH (STM-4, STM-16) na wielu długościach fal. Schemat blokowy systemu WDM pokazano na rysunku 7.

Dalszy wzrost przepływności może być realizowany przez:

- multipleksację w dziedzinie czasu $4 \times 2,5\text{Gb/s} = 10\text{ Gb/s}$ (rysunek 7 a),
- multipleksację przestrzenną – instalując dodatkowe kable światłowodowe zwiększając ich liczbę o kolejne cztery włókna $4 \times 2,5\text{Gb/s} = 10\text{ Gb/s}$ (rysunek 7 b),
- alternatywnym rozwiązaniem jest multipleksowanie falowe, gdzie cztery systemy STM – 16 z transmisją na różnych długościach fali można zmieścić w jednym włóknie (rysunek 7 c).

Jak wskazuje analiza ekonomiczna instalacji doświadczalnych, już zastosowanie cztero-falowej multipleksacji przy zachowaniu

istniejącej aparatury elektronicznej systemu STM-16, daje ewidentne korzyści ekonomiczne w porównaniu z multipleksacją czasową lub przestrzenną. Technicznie dopracowana technologia WDM już teraz umożliwia stosowanie multipleksacji 4, 8 i 16 falowej. Zapowiadane są technicznie możliwości stosowania zwielokrotnienia 32 i 64 falowego. Można więc uznać technologię WDM jako perspektywiczną w zwiększeniu pojemności informacyjnej istniejących traktów transmisyjnych.

Normalizacja międzynarodowa

W celu zapewnienia kompatybilności systemów WDM pochodzących od różnych producentów, Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna (ITU) prowadzi prace nad zaleceniem 6.692 dotyczącym wielokanałowych optycznych systemów WDM. W zaleceniu tym określono definicje parametrów systemów WDM i różnych ich składowych oraz wyznaczono zakres częstotliwości (długości fal), które mogą być wykorzystywane w systemach WDM.

Systemy komercyjne

Oferowane komercyjnie systemy WDM można podzielić na systemy WDM 1310/1550 nm i na tzw. systemy gęste WDM (DWDM) pracujące w oknie 1550 nm.

Te pierwsze bazują jedynie na dwóch długościach fal: jednej z okna 1310 nm i drugiej z okna 1550 nm. Przez to wymagania na stabilność laserów są znacznie złagodzone, nie jest też konieczna wewnętrzna modulacja strumienia świetlnego. Systemy tego rodzaju są oferowane już od lat i są stosowane zarówno w światłowodowych sieciach dostępowych (np. niemiecki projekt OPAL) jak i liniach magistralnych (amerykańskie systemy SONET 1310/1550 nm).

Drugi typ systemów jest oferowany komercyjnie od około 2 lat i obejmuje systemy 4., 8., 16., a ostatnio również 32. kanałowe w oknie 1550 nm. Ze względu na stosowanie tam zaawansowanych technologii systemy te stosuje się na liniach magistralnych, a

koszt pojedynczego przekracza milion dolarów. Sprzęt tej klasy oferuje jedynie kilku producentów na świecie, spośród których można wymienić amerykańską firmę CIENA, specjalizującą się w tego typu sprzęcie oraz kilka dużych firm takich, jak Lucent, Alcatel, Pirelli.

Przykładem komercyjnego systemu WDM jest system firmy Siemens: TransXpress Infinity MTS. Infinity MTS jest elastyczną, modułową, otwartą pod względem interfejsów optyczną platformą wielkich przepływności. Jest perfekcyjnym rozwiązaniem dla aplikacji, które wymagają wysokiej wydajności, elastyczności i przepustowości, lub dla obszarów z ograniczoną liczbą włókien światłowodowych. Ze względu na swoją modułową budowę Infinity MTS umożliwia rozbudowę pojemności sieci wraz ze wzrostem zapotrzebowania na pasmo – „pay as you grow”. Platforma transportowa Infinity MTS łączy liniowe wyposażenia końcowe LTE wykorzystując trzy różne typy elementów sieci:

- optyczny terminal transportowy;
- optyczny regeneratory linowy;
- optyczny / elektryczny regeneratory;

Dzięki zaawansowanemu zarządzaniu dyspersją Infinity MTS umożliwia dostawcom usług stosowanie systemu DWDM, który bazuje na przepływności 10 Gbit/s korzystając z istniejących linii światłowodowych. Infinity MTS jest skalowany do 3,2 Tbit/s. Siemens zaprojektował Infinity MTS jako system umożliwiający transmisję na duże odległości przy jednoczesnym zachowaniu niskich kosztów. Infinity MTS wymaga regeneracji elektrycznej co 600 km – co stanowi połowę wymaganej częstości dla konwencjonalnych systemów transmisyjnych o przepływności 10 Gbit/s. Dodatkowo, Infinity MTS dokonuje regeneracji dla sygnałów 10 Gbit/s w warstwie optycznej, co stanowi ułamek koniecznych do poniesienia kosztów w porównaniu z zastosowaniem regeneratorów SDH/SONET. Możliwe jest więc rozszerzenie długości pojedynczego połączenia do 10 000 km bez

regeneracji lub zakończenia sieciowego wykonanego w technice SDH/SONET. Dzięki temu redukujemy nie tylko liczbę regeneratorów, ale także znacząco obniżamy koszty całkowite.

Główne cechy:

- MTS to system wielkich przepływności o zasięgu do 600 km bez regeneracji elektrycznej przy transmisji sygnałów o przepływności 10 Gbit/s i przy odległości między wzmacniaczami optycznymi rzędu 100 km.
- przepływność do 320 Gbit/s z możliwością dalszej rozbudowy do 3,2 Tbit/s.
- transmisja dwukierunkowa na bazie pojedynczego włókna światłowodowego zwiększa wykorzystanie infrastruktury optycznej i możliwości przyszłej rozbudowy.
- system Infinity MTS jest zoptymalizowany dla transmisji kanałów o przepływności 10 Gbit/s oraz 2,5 Gbit/s. Możliwe są także aplikacje mieszane.
- Infinity MTS jest w pełni zintegrowany z rodziną produktów DWDM wraz z urządzeniami liniowymi STM-16 i STM-64 oraz z transponderami posiadającymi otwarte interfejsy dla przepływności 2,5 Gbit/s i 10Gbit/s.

Sieć transmisyjna WDM musi spełniać następujące kryteria:

- Przezroczystość
- Żywotność
- Zarządzanie

Ograniczenia fizyczne

- Liczba kanałów w światłowodzie
- Liczba kaskadowo połączonych Wzmacniaczy optycznych

- Rozmiaru OADM
- Liczba kaskadowo połączonych węzłów optycznych

Podsumowanie

Systemy WDM, również te oferowane komercyjnie, wychodzą już poza konfiguracje typu punkt-punkt poprzez użycie krotnic transferowych OADM, na razie ,jeszcze bez możliwości routingu. Wydaje się jednak, że systemy WDM są etapem przejściowym na drodze do realizacji sieci całkowicie optycznych (przezroczystych optycznie) wykorzystujących konwersję częstotliwości i routing optyczny. W takich sieciach położenie między węzłami jest przezroczyste dla formatu transmitowanego sygnału. Zastosowanie zwielokrotnienia falowego z wzmocnieniem optycznym rozwiązuje problem zwiększenia pojemności informacji w transmisji dalekosiężnej w relacji punkt-punkt. Technologia WDM nie wymaga zmiany elektronicznych urządzeń systemu transmisji zwielokrotnianego falowo. Dzięki temu jest łatwa i ekonomicznie opłacalna w zastosowaniu do modernizacji istniejących traktów transmisyjnych. Stosując technologię WDM należy staranie zsynchronizować pasmo transmisji światłowodu, pasma wzmacniaczy EDFA, pasma demultiplekserów z długościami zwielokrotnionych długości fal.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

Krotnice

Procedura łączenia wielu kanałów komunikacyjnych o zróżnicowanej szybkości transmisji w jeden kanał o wysokiej przepływności (i rozdzielania tych kanałów w kierunku

odwrotnym) dokonuje się w urządzeniach cyfrowych zwanych przez informatyków multiplekserami, a przez tradycyjne środowisko telekomunikacyjne krotnicami. Funkcje krotnic są zróżnicowane w zależności od:

- rodzaju obsługiwanej sieci transmisyjnej,
- krotności,
- konfiguracji krotnic w konkretnej sieci telekomunikacyjnej.

Krotnica PCM

Zdalne przesyłanie sygnałów cyfrowych w systemach plezjochronicznych PDH wymaga stosowania urządzeń zwielokrotniających – zwanych krotnicami PCM. Krotnice PCM są dwójakiego rodzaju: zwielokrotnienia podstawowego PCM 30 o przepływności binarnej 2048kb/s oraz wyższych rzędów – o zwielokrotnieniu cyfrowym i przepływnościach 8448kb/s, 34 368kb/s oraz 139 264kb/s. Systemów PDH o największych przepływnościach, wyższych od 140 Mb/s, nie stosuje się w krajowej sieci telekomunikacyjnej.

Zdaniem krotnicy PCM 30 jest zwielokrotnienie w kierunku nadawczym 30 analogowych kanałów telefonicznych w jeden zbiorczy sygnał cyfrowy o przepływności 2048 kb/s lub 31 kanałów cyfrowych, każdy o przepływności 64 kb/s w Jeden sygnał zbiorczy 2048 kb/s i demultipleksacja tych kanałów w kierunku odwrotnym.

Tabela 1. Systemy abonenckie o małej krotności

Na doświadczeniach systemu PCM 30 powstało wiele cyfrowych systemów abonenckich o mniejszej krotności: PCM2, PCM4, PCM8, PCM10. Umożliwiają one z pewnymi ograniczeniami transmisji danych, obsługę odpowiednio dwóch, czterech, ośmiu lub dziesięciu telefonicznych abonentów końcowych. Zasięgi i przepływności takich łączy są zróżnicowane.

Krotnice wyższego rzędu

Krotnice zwielokrotnienia wyższych rzędów – oznaczane 2/8, 8/34, 34/140 Mb/s – powinny zapewniać zwielokrotnienia cyfrowe 4 wejściowych sygnałów składowych o przepływnościach 2048 kb/s, 8448 kb/s lub 34 368 kb/s, w jeden kanał zbiorczy o przepływnościach odpowiednio 8448 kb/s, 34 368 kb/s lub 139 264 kb/s oraz ich rozdzielanie w kierunku odwrotnym na sygnały składowe.

W krotnicach wyższego rzędu stosowanych w systemach plezjochromicznych PDH, poza multipleksacją, odbieraniem czterech sygnałów składowych i utworzeniem sygnału zbiorczego następuje: przekształcenie sygnałów składowych z kodu liniowego na sygnały binarne, odtworzenie zegara, wykrycie informacji alarmowej i zaniku sygnału składowego, a także odebranie zdalnych alarmów i przetwarzanie sygnału zbiorczego na kod liniowy. Nowe krotnice PCM są dodatkowo wyposażone w zespoły dozoru jakości transmisji, mierzące stopień skupienia błędów w czasie, potrzebny do wprowadzania centralnego, komputerowego systemu nadzoru TMN dla całej sieci telekomunikacyjnej.

Urządzenia SDH

W synchronicznych systemach cyfrowych SDH, w zależności od zastosowania i pełnionej funkcji można wyróżnić następujące rodzaje krotnic:

- końcowe TMX umożliwiające zwielokrotnienie sygnałów plezjochromicznych w sygnał zbiorczy STM-n (*Synchronous Transfer Mode-n*);
- liniowe LMX łączące sygnały SDH niższego rzędu w wyższe (4xSTM-1 w jeden strumień STM-4, 4xSTM-4 w jeden STM-16, 16xSTM-1 do STM-16);
- transferowe ADM zapewniające wydzielanie (i łączenie) dowolnego kanału wchodzącego w skład sygnału zbiorczego STM-n, bez konieczności jego całkowitej demultipleksacji (za pomocą kontenerów VC-4);

- regeneratory REG nie zmieniające funkcji i krotności w węzłach, a służące wyłącznie regeneracji sygnałów cyfrowych;
- synchroniczne przełącznice cyfrowe DXC, SXC spełniające właściwą komutację dróg i ścieżek cyfrowych w sieciach synchronicznych.

ATM / SDH 140 Mb / s 34 Mb / s 8 Mb / s 6 Mb / s 2 Mb / s 1,5 Mb / s
 ATM NISDN BISON
 Styk elektryczny STM – 4 Styk elektryczny STM – 1 Styk optyczny STM – 4 Styk optyczny STM – 1
 Zarządzanie Sterowanie, struktura, bufory i synchronizacja kontenerów
 Istniejące moduły transportowe: STM-1 (155,52 Mbit/s) STM-4 (622,08 Mbit/s) STM-16 (2488,32 Mbit/s) STM-32 (4976,64 Mbit/s) STM-64 (9953,28 Mbit/s)
 Zbiorczy sygnał optyczny STM-u Dwukierunkowe układy liniowe z rezerwą

Rysunek 2. Interfejsy logiczne krotnicy synchronicznej ADM/SDH

Krotnice synchroniczne akceptują elektryczne i optyczne sygnały o różnych przepływnościach, z ich konwersją do wymagań toru światłowodowego – zdwojonego po stronie transportowej w celu podniesienia niezawodności sieci.

Multipleksery

Konstrukcja modułu transportowego STM-1 oraz umieszczonych w nim kontenerów VC jest tak pomyślana, aby ładowanie i rozładowanie informacji z/do kontenerów o dowolnie niższych poziomach przepływności, jak również tworzenie modułów wyższych rzędów było możliwe jednostopniowo, za pomocą inteligentnego multipleksera ADM (*Add-Drop Multiplexer*) z wbudowaną funkcją dołączania lub odłączania wymaganej przepływności. Multipleksery (krotnice synchroniczne) mogą być zdalnie rekonfigurowane z centrali zarządzającej, dostarczając użytkownikowi wymagane pasmo przenoszenia w dowolnym, czasie.

Multipleksery z funkcją ADM upraszczają proces demultipleksowania sygnałów o dużej przepływności, zapewniając

równocześnie dużą niezawodność sieci przez automatyczne tworzenie drogi alternatywnej w układzie pierścieniowym.

System zarządzania nadzoruje wszystkie elementy sieci, w razie uszkodzenia automatycznie zmienia kierunek ruchu w torze, odtwarzając ruch aż do momentu naprawy uszkodzonego fragmentu, a ponadto zapewnia precyzyjną identyfikację miejsca, węzła lub odcinka niesprawnego toru przesyłowego.

W multiplekserach ADM stanowiących integralną częścią systemu SDH są realizowane zarówno funkcje odłączania i zwielokrotniania, jak i zakończenia traktów liniowych. Zastępują one cały zestaw plezjochronicznych krotnic wraz z układami liniowymi dla światłowodowego toru przesyłowego po stronie zbiorczej. Od strony zbiorczej (główny trakt przesyłowy) multiplekser ADM generuje i akceptuje sygnał liniowy o znormalizowanej przepływności STM-N, przy czym ze względów niezawodnościowych interfejs jest podwójny z możliwością nadawania i odbioru sygnałów optycznych w obydwu kierunkach.

Rozróżnia się następujące rodzaje urządzeń w sieci SDH:

- **multipleksery liniowe**, spełniające funkcje prostych multiplekserów akceptujących sygnały wejściowe STM-1 (155 Mbit/s) i E4 (140 Mbit/s), bez możliwości alokacji zawartości kontenerów wewnątrz modułu transportowego STM,
- **multipleksery inteligentne**, akceptujące wszystkie typy sygnałów plezjochronicznych, z możliwością przemieszczenia (rekonfiguracji) położenia kontenerów w module transportowym STM,
- **multipleksery końcowe**, w przypadku zastosowania na końcu łańcucha lub w połączeniach punkt-punkt (również jako dojście do pierścienia). Multiplekser może być skonfigurowany jako multiplekser końcowy, opcjonalnie z protekcją sekcji multiplekserowej dla portów liniowych i tributary. Jakkolwiek głównym zadaniem multipleksera końcowego jest zwielokrotnienie

przychodzącego ruchu składowego (tributary) w pojedynczy liniowy sygnał zbiorczy (aggregate), wewnętrzne możliwości przełączania umożliwiają przeprowadzenie wymiany szczelin czasowych (komutacja czasowa) pomiędzy kontenerami wirtualnymi pomiędzy kontenerami niższego i wyższego rzędu w celu konsolidacji lub rozdzielenia przychodzącego ruchu składowego,

– **multipleksery transferowe (add-drop)**, w przypadku zastosowania w konfiguracji pierścienia lub w transferowym punkcie łańcucha multiplekser wykorzystuje swoją potężną matrycę, przełączającą aby umożliwić komutację ruchu pomiędzy dowolnym portem liniowym, a portem tributary, jak również dwoma wybranymi portami tributary, czy dwoma portami liniowymi. W topologii pierścienia można wybrać protekcję ścieżki dla wybranych lub wszystkich kontenerów VC,

– **multiplekser węzłowy** multiplekser synchroniczny może być zastosowany jako węzeł odgałęziający w topologiach gwiazdy wyłącznie z punktami pierścienia, w których ruch jest kierowany do odległych multiplekserów końcowych bezpośrednio z optycznej karty tributary. Obecność matrycy komutacyjnej w multiplekserze umożliwia dowolne budowanie i konfigurowanie przepływności liniowego sygnału zbiorczego z ruchu pochodzącego z wielu częściowo wypełnionych łączy tributary,

– **cross-connect** architektura multiplekserów synchronicznych SMA umożliwiającą pełną przełączalność ruchu pomiędzy modułami tributary sprawia, że znakomicie sprawdzają się jako lokalne systemy cross-connect. Cross-connect można stworzyć posługując się pojedynczym multiplekserem jak również zestawieniem kilku multiplekserów w węźle. Przykładowym zestawieniem może być połączenie czterech multiplekserów SMA, pracujących w pierścieniach STM-N, zapewniające przepływ ruchu między pierścieniami bez udziału dodatkowych zewnętrznych cross – connectów. Powyższa konfiguracja multiplekserów synchronicznych jest bardzo ekonomiczna w porównaniu ze specjalizowanymi systemami cross-connect i stanowi idealne rozwiązanie w wielu aplikacjach.

Złożony proces multipleksownia jest realizowany w krotnicach za pomocą szybkich wyspecjalizowanych mikroprocesorów (zwykle za pomocą procesorów sygnałowych o dużej mocy przetwarzania bitowego).

Przełącznice DXC

Bezpośredni dostęp do różnych poziomów przepływności w zbiorczym strumieniu cyfrowym otwiera zupełnie nowe możliwości przez stosowanie elastycznych przełącznic cyfrowych **DXC** (*Digital Cross Connect*) realizujących raczej funkcje dotychczasowych central telefonicznych niż zwykłych przełącznic traktów komunikacyjnych. W sieciach synchronicznych SDH przełączanie to polega na okresowym, dynamicznym w czasie ustalaniu półstałych połączeń pomiędzy kanałami o różnej przepływności za pomocą ścieżek (torow) na poziomie kontenerów wirtualnych VC. Istotnym wyróżnikiem w odniesieniu do istniejących systemów komutacyjnych jest realizacja tych połączeń w trakcie sesji komunikacyjnej nadzorowana i zarządzana przez sieciowy system zarządzający TMN (*Telecommunication Management Network*), a nie przez dysponenta, jakim w zwykłej centrali jest użytkownik/operator sieci telekomunikacyjnej. Rozwiązanie to umożliwia zmianę konfiguracji sieci przez zdalne przeprogramowanie węzłów (krotnic, multiplekserów przełącznic) na alternatywne drogi komunikacyjne, tworząc jeden samonaprawialny (*self healing*) mechanizm telekomunikacyjny. Z wielu funkcjonalnie odmiennych przełącznic synchronicznych dostosowanych do różnych przepływności transmisyjnych wyróżnia się dwa rodzaje:

- **przełącznice typu DXC 4/4** przyjmujące strumienie 155 Mb/s (STM-1), 140 Mb/s (E4) oraz formatujące je do transportu światłowodowego o dużej przepływności 622 Mb/s (STM-4) oraz 2.5 Gb/s (STM-16) z przełączaniem kontenerów VC-4. Są one stosowane zwykle do tworzenia rdzenia pierścieniowej sieci SDH wyższego rzędu (regionalnej, krajowej),
- **przełącznice typu DXC 4/1** (DXC 4/3/1) przyjmujące zwykłe

strumienie cyfrowe o różnych przepływnościach (2 Mb/s, 34 Mb/s, 140 Mb/s, 622 Mb/s), jak również strumień STM-1 (155 Mb/s) oraz krosowanie strumieni 2 Mb/s na poziomie kontenerów VC-11, VC-12, co zapewnia dużą elastyczność w adaptacji sieci telekomunikacyjnej SDH na niższym poziomie.

Urządzenia ATM

Multipleksacja (*zwielokrotnianie*), jest to prześyłanie jednym kanałem sygnałów pochodzących z wielu oddzielnych łączy wejściowych. Przedział czasu, w którym multiplekser przyjmuje dane z jednego łącza, nazywa się szczeliną czasową. Możliwość niewykorzystania szczelin stanowi wadę multiplekserów z podziałem czasu. Takiej wady nie mają multipleksery statystyczne. Niektóre multipleksery kompresują i dekompresują dane. Multiplekser statystyczny pobiera dane ze wszystkich obsługiwanych łączy wejściowych (kanałów, ścieżek) nie w rotacyjnie przydzielanych szczelinach czasowych, lecz dynamicznie, w zależności od rzeczywistej aktywności łącza, zbadanej metodami wspieranymi algorytmami z dziedziny statystyki.

Regenerator lokalny **Regenerator transferowy** **Regenerator lokalny** **Multiplekser ADM** **Multiplekser ADM** **STM – 1** **Strumień cyfrowy 155 Mb/s** **Droga alternatywna strumienia** **AABABACAAADA** **Ścieżka sygnałowa** **A,B,C,D** **użytkownicy (abonenci)** **Warstwa ścieżek sygnałowych** **Warstwa multiplekserów**

Warstwa regeneratorów

Rysunek 4. Multipleksowanie strumienia w systemie SDH (jednokierunkowe)

Multiplekser odwrotny

Stosowana w telekomunikacji technika przełączania umożliwia podział strumienia danych (napływających z dużą szybkością) na kilka strumieni o mniejszej szybkości przesyłania,

wynikających głównie z istniejących możliwości technicznych łączy. Integrowanie i łączenie torów telekomunikacyjnych o niższych przepływnościach dokonuje się w multiplekserach odwrotnych. Multipleksacja odwrotna pozwala na rezygnację z i (dzierżawy) szybkich i zwykle kosztownych łączy telekomunikacyjnych przez bardziej efektywne wykorzystanie kilku łączy o mniejszej szybkości. Multiplekser odwrotny może być stosowany po obydwu stronach łącza transmisyjnego.

Multiplekser statystyczny

Najbardziej charakterystycznym elementem sieci ATM (telekomunikacyjne sieci transmisyjne i sieci komputerowe) jest multipleksacja wielu ścieżek i kanałów wirtualnych w jeden lub kilka strumieni cyfrowych. Takiej multipleksacji dokonują przełączniki zwane węzłami dostępowymi. Działanie multipleksacji statystycznej (etykietowej) w sieci ATM przedstawiono na rysunku 5.

W technice ATM stosuje się tzw. multipleksację etykietowaną LM (*Label Multiplexing*), która interpretuje na bieżąco zawartość odpowiednich pól identyfikatorów VPI i VCI w komórkach nadchodzących asynchronicznie z wielu źródeł. Stosowanie multipleksacji statystycznej w odróżnieniu od tradycyjnej multipleksacji z podziałem czasu umożliwia analizę gęstości nadchodzącego ruchu z wielu źródeł wejściowych w celu dynamicznej zmiany przepływności kanałów, także priorytetowanie kierunków, przyspieszając proces transmisji w okresach natłoku. Dzięki temu właśnie uzyskuje się szybką i bez opóźnień obsługę połączeń multimedialnych w sieci ATM. Urządzenia te wymagają zwiększonych pojemności buforów pamięciowych i dużej szybkości przełączania wewnątrz magistrali multipleksującej. Zwiększenie efektywności konkretnego łącza przy zastosowaniu multiplekserów statystycznych szacuje się na około 30%.

Do największych osiągnięć w tej kategorii urządzeń sieciowych zalicza się multipleksery zdolne transmitować w jednym włóknie

światłowodu wiele niezależnych promieni optycznych o różnych długościach fal świetlnych.

Często jednak zachodzi potrzeba zastosowania kilku tańszych łączy o niskiej przepływności zamiast jednego łącza wysokiej przepływności. Urządzenie przeznaczone do rozdzielania szerokopasmowego strumienia danych na kilka strumieni o niższych pasmach nosi nazwę multiplexera inwersyjnego lub odwrotnego. Spopularyzowane w ostatnich trzech latach multiplexery inwersyjne ATM występują pod nazwą AIMUX (*ATM IMUX*). Dzięki tym urządzeniom operatorzy mogą zaoferować pasmo od kilku do kilkudziesięciu Mb/s.

Multiplexery cyfrowe funkcjonują najczęściej w łączach punkt-punkt, punkt-wielopunkt oraz w sieciach rozległych, których są integralnymi elementami. Ponadto, transportując w jednej linii pakiety danych, głosu i wideokonferencji, tworzą infrastrukturalną bazę telekomunikacji prywatnej.

Multiplexowanie oraz konsolidacja ruchu telekomunikacyjnego i informatycznego w liniach cyfrowych przynoszą wymierne korzyści, na przykład redukcję liczby linii dzierżawionych czy tańszą komunikację WAN.

Jak wynika z tabeli multiplexerów cyfrowych, ich oferta rynkowa prezentuje się niezwykle okazale. Można więc wybrać urządzenia dla każdej konfiguracji:

- **multiplexery dla sieci rozległych**, charakteryzujące się największą liczbą linii telekomunikacyjnych, setkami kanałów dla głosu i danych oraz niezawodnym oprogramowaniem zarządzania sieciami,
- **multiplexery dostępu**, o niewielkiej liczbie połączeń z sieciami publicznymi (1-4) i przepływności do 2,048 Mb/s, przyłączane do odległych punktów multiplexowanych sieci LAN,
- **multiplexery ze skalowalnym wejściem**, ułatwiające wybór optymalnej konfiguracji dla ruchu telefonicznego,

telefonii i transmisji danych w strukturach punkt-punkt oraz punkt-wielopunkt na łączach dla danych, głosu i wideo. Ruch asynchroniczny generowany przez terminale lub PC konsolidują tu multipleksery statystyczne o niższych parametrach,

- **multipleksery dla operatorów telefonii komórkowej itp.,**
- **multipleksery WDM i DWDM dla sieci o najwyższych przepływnościach.**

Profil multiplekserów kształtuje w dużym stopniu ruch pochodzący z różnych sieci lokalnych. Niektórzy producenci wprowadzili moduły routerów dla protokołów IP oraz IPX, sporadycznie dla AppleTalk. Transport dźwięku poprzez sieć Frame Relay nie jest efektywny z uwagi na to, że multipleksery opierają się na technice cyfrowego, czasowego multipleksowania. Dlatego niektórzy producenci nie wspierają jeszcze głosu przez FR. Rośnie równocześnie liczba multiplekserów z interfejsem do sieci ISDN.

Transportowe przełączniki ATM

W publicznych sieciach telekomunikacyjnych wyróżnia się następujące typy przełączników ATM:

- **Węzły dostępowe**, które dokonują konwersji zróżnicowanych protokołów usługowych sieci lokalnych na jednolity schemat ATM, zapewniający efektywny transport danych przez zasoby publicznych sieci telekomunikacyjnych. Węzły dostępowe cechują się przepływnością na poziomie kilku Gb/s i są wyposażone w wiele interfejsów umożliwiających dołączanie sieci LAN, central PABX oraz terminali indywidualnych użytkowników,
- **Przełączniki obszarowe**, dokonujące integracji i dystrybucji ruchu w obsługiwanej strefie dzięki wyposażeniu ich sterowania w możliwości sygnalizacyjne. Oprócz standardowych interfejsów PDH i SDH / SONET, umożliwiających współpracę z publiczną siecią podkładową, przełączniki obszarowe są wyposażone w

możliwość realizacji typowych usług pakietowych, takich jak: X.25, Frame Relay i SMDS. Przepływności węzłów obszarowych sięgają dziesiątków Gb/s,

– **Przełączniki systemowe** przeznaczone do kierunkowania zintegrowanych strumieni danych i przenoszące informacje sygnalizacyjne między dołączonymi do systemu segmentami sieci innych typów (N-ISDN, GSM itp.).

Technika ATM staje się obecnie najbardziej rozpowszechnioną technologią szkieletową dla złożonych sieci w korporacjach, miastach i regionach. Sprawdza się ona poza tym bardzo dobrze w warunkach przekazów multimedialnych, przy jednoczesnej transmisji głosu, obrazu i danych. ATM jest szerokopasmową technologią komunikacyjną przeznaczoną do przesyłania danych cyfrowych, głosu, sygnału wizyjnego i danych z dużą szybkością. Polega ona na zestawieniu połączeń między odbiorcą a nadawcą na podstawie informacji zawartej w przesyłanych komórkach informacyjnych o tej samej długości, co pozwala na przydzielenie odpowiedniego pasma przesyłania. Jest to szczególnie ważne przy przesyłaniu informacji głosowych i sygnału telewizyjnego, które wymagają stałego pasma oraz pojawiania się kolejnych komórek u odbiorcy w takiej samej kolejności, w jakiej zostały nadane.

Standard ATM nie definiuje konkretnego medium transmisyjnego między węzłami, lecz zasady komunikacji w sieci. Umożliwia to zastosowanie ATM w oparciu o już istniejącą infrastrukturę.

ATM sprawdza się z powodzeniem w funkcjach sieci lokalne ATM/LAN. Obecnie ATM wydaje się być nieco za drogi, aby konkurować w przypadku sieci lokalnych z Ethernetem. Rzadko kiedy zdarza się, aby możliwość uzyskania przepływności rzędu 2,5Gb/s miała rekompensować wysoką cenę tej technologii, w momencie, gdy znacznie tańszy Ethernet zapewnia już przepustowość 1Gb/s. Jest szansa, że ta technologia w przyszłości bardziej śmiało wejdzie jako technologia sieci lokalnych. Przede wszystkim jest to jednak technologia sieci

rozległych.

Jak już wspomniano, komunikacja między dwoma urządzeniami w sieci ATM polega na zestawieniu połączenia. Mówi się tutaj o dwóch rodzajach połączeń wirtualnych. Są to kanał wirtualny i ścieżka wirtualna. Kanał wirtualny jest to jednokierunkowe połączenie logiczne przez sieć między dwiema stacjami końcowymi, ustanawiane i przełączane dynamicznie przez węzły pośredniczące sieci czyli przez fizyczne przełączniki ATM. Ścieżka wirtualna jest to wiązka kanałów wirtualnych przebiegających tą samą trasą i łącząca dwóch użytkowników lub grupę użytkowników zainstalowanych w tych samych węzłach dostępu.

Główną zaletą łączenia kanałów i ścieżek jest prowadzenie połączeń tą samą trasą. Są one razem zgrupowane i mogą być częściowo obsługiwane wspólnie. Proste jest wtedy do zrealizowania dodanie lub ujęcie kanału wirtualnego w ścieżce w razie zmiany zapotrzebowania na przepływność ponieważ nie trzeba powtarzać zestawiania trasy.

Koncepcja ścieżek i kanałów wirtualnych jest realizowana przez przydzielanie im identyfikatorów ścieżki wirtualnej VPI (*Virtual Path Identifier*) i kanałów wirtualnych VCI (*Virtual Channel Identifier*) w obrębie każdej ścieżki. Identyfikatory VPI i VCI znajdują się w nagłówku każdej komórki przesyłanej przez sieć ATM i są zwykle dodawane i usuwane w węzłach dostępu do sieci oraz modyfikowane przez węzły pośredniczące. Taka definicja połączeń umożliwia konfigurowanie logicznej struktury sieci niezależnie od jej topologii.

Połączenie dwukierunkowe między dwoma abonentami polega na zestawieniu kanałów lub ścieżek wirtualnych, przy czym połączenia te mogą mieć strukturę jedno lub wielopunktową następujących typów: *unicast* – dwukierunkowe między dwoma użytkownikami, *multicast* – z jednego punktu do wielu użytkowników, używane przy obsłudze konferencji lub *broadcast* – jednokierunkowe rozsyłanie wiadomości z jednego punktu do

wielu.

Podstawowa jednostka danych w technologii ATM to komórka. Ma ona długość 53 bajtów (oktetów). Dzięki zastosowaniu pakietów o stałej długości łatwo jest przewidzieć wymagania danej aplikacji na określony zakres pasma i można zagwarantować stałą przepływność danych w określonym czasie.

Istnieją dwa typy pakietów związane a ich różnica polega na odmiennej konstrukcji nagłówka. Pakiety generowane w węzłach dostępu UNI (*User to Network Interface*) różnią się od pakietów tworzonych w przełącznikach sieciowych ATM polem GFC (*Generic Flow Control*). Pole to umożliwia korzystanie z jednego interfejsu UNI wielu stacjom roboczym.

Sieci ATM zawierają przełączniki, które – ogólnie rzecz biorąc – są urządzeniami wyposażonymi w wiele portów i realizującymi przełączanie komórek. Po nadejściu komórki do jednego z portów, przełącznik ATM odczytuje dane o jej miejscu przeznaczenia i wysyła do odpowiedniego portu wyjściowego. W przypadku gdy wiele przełączników połączonych jest ze sobą we wspólnej sieci, konieczne jest zastosowanie odpowiedniego protokołu routingu, który umożliwi wymianę między poszczególnymi przełącznikami uaktualnionych tablic połączeń. Wyróżnia się dwa typy przełączników: *fabric-type* (wyposażone w wiele portów i wykorzystywane w publicznych sieciach komunikacyjnych) oraz *bus-based* (magistralowe, z mniejszą liczbą portów, które nadają się do zastosowania bardziej w sieciach LAN).

Przełączanie odbywa się z dużą szybkością m in. dlatego, że przełączniki ATM realizują te operacje sprzętowo. Przełączniki ATM nie mają warstwy sieciowej (w sensie modelu OSI). ATM jest techniką tzw. szybkiej komutacji pakietów, w tym sensie, że nie obejmuje żadnej kontroli błędów i w związku z tym nie jest spowolniona przez tego rodzaju operacje. Jeżeli jakaś komórka nie dotarła do celu albo została uszkodzona wtedy stacja końcowa musi jej ponownie zażądać od nadawcy. ATM nie

realizacji zwielokrotnienia falowego wykorzystać istniejące urządzenia optoelektroniczne. Po stronie odbiorczej przed odbiornikami optoelektronicznymi występuje demultiplekser. Możliwe są dwa warianty demultipleksowania:

1. Zastosowanie tzw. dynamicznej demultipleksji (rysunek 10a) gdzie jako demultiplekser występuje zwykły rozgałęziacz światłowodowy np. 1:4 i wszystkie cztery długości fal są podawane na odbiornik przez selektywny filtr optyczny na stałe ustawiony na roboczą długość fali.

2. Zastosowanie demultipleksji statycznej. W tym przypadku demultiplekser jest „rozgałęziaczem” widmowym, który separuje odebrane widmo optyczne na cztery długości fal podawane na odpowiednie detektory odbiorników optycznych (rysunek 10b).

RxSpliter 1:4RxRxRxRxDEMUX

Rx

Rx

Rx

a) demultiplekser dynamiczny b) demultiplekser statyczny

Rysunek 10. Rodzaje stosowanych demultiplekserów w technologii WDM.

Urządzenia optycznego zwielokrotnienia falowego.

Optyczne zwielokrotnienie falowe wymaga dwóch urządzeń:

1. Multipleksera, który poszczególne długości fal wprowadzi do jednego światłowodu jednomodowego bez zniekształcenia sygnału optycznego. Najprostszym i powszechnie stosowanym urządzeniem jest sprzęgacz światłowodowy N:1. Technologia wykonywania sprzęgaczy jest dość zróżnicowana. Sprzęgacze 4:1 i 8:1 są wykonywane metodą zgrzewania skręconych 4 (8) włókien, następnie miejsce zgrzewania rozciąga się, pocienia, przełamuje

w przewężeniu i spawa do pojedynczego światłowodu. (rysunek 10a).

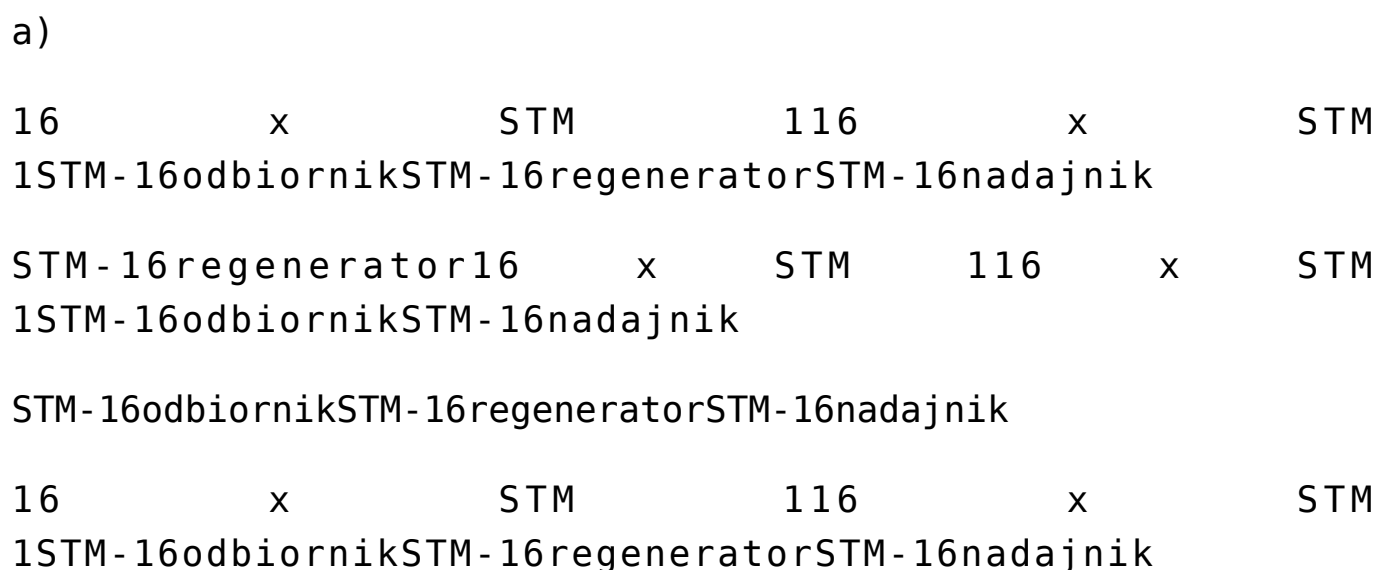
2. Demultipleksera, który separuje poszczególne długości fal. Demultipleksery optyczne mogą być wykonane jako urządzenie złożone z rozgałęziacza optycznego i selektywnego filtra optycznego środkowopasmowego dostrajanego na zadanej długości fali. Jako rozgałęziacza możemy użyć odwróconego sprzęgacza w relacji 1:4 (rysunek 10b).

Technologia filtrów optycznych jest zróżnicowana. Najprostsze filtry wykonuje się w technologii warstwowej. Tworzy się stos do 20-30 warstw dielektrycznych napylonych i mających różną grubość i różny współczynnik załamania.

Demultipleksery statyczne to głównie siatki dyfrakcyjne odpowiednio profilowane, które separując poszczególne długości fal ogniskują strumienie optyczne na rdzeniach światłowodów lub bezpośrednio na detektorach odbiorników optycznych.

Wzmocnienie sygnału.

Regeneratory elektroniczne sygnałów optycznych można stosować tylko w odniesieniu do jednej długości fali optycznej. Wymagają one dokonania konwersji sygnału optycznego na elektryczny (rysunek 8a)



16 x STM 116 x STM 1

b)

Rysunek 8. Regeneratory optoelektroniczne

a) w sieci transmisji jedno falowej z wzmocnieniem optycznym w systemie STM – 16

b) w sieci transmisji z zwielokrotnieniem cztero falowym z wzmocnieniem optycznym w

systemie 4xSTM – 16.

Regeneracja sygnałów zwielokrotnionych falowo wymaga, demultipleksacji przed każdym regeneratorem i ponownego multipleksowania po regeneracji (rysunek 8b). Regeneratorów sygnału optycznego w odniesieniu do mocy, kształtu i czasu w domenie optycznej na razie nie są dostępne w zastosowaniach technicznych. W odniesieniu do sygnałów WDM regenerator optyczny powinien być szerokopasmowy, odnośnie wzmocnienia i falowo selektywny, odnośnie regeneracji kształtu i czasu trwania sygnału.

Współczesna technologia dysponuje tylko szerokopasmowym wzmacniaczem sygnałów optycznych w paśmie transmisji 1550 nm. Zatem regeneracja w paśmie DWDM w oknie 1550nm jest zapewniona.

Krotnice optyczne

Poniżej zaprezentowana została zasada działania optycznej krotnicy trnsferowej ze zwielokrotnieniem falowym WDM.

Sieci transportowe

Architektura nowoczesnej sieci teletransmisyjnej powinna się charakteryzować:

– prostą strukturą hierarchiczną (zaleca się model co najwyżej trójwarstwowy- sieci lokalne, regionalne, szkieletowe)

- możliwościami rozbudowy zarówno elementów sieciowych jak i całych struktur (pierścienie itp.)
- otwartością na nowe technologie wysoką całkowitą przepływnością.

Sieć szerokopasmowa składa się z następujących elementów:

Warstwa dostępu optycznego

- przełącznica optyczna OXCN
- optyczna krotnica transferowa OADM
- obsługa półstałych kanałów falowych

Warstwa transportowa SDH

- przełącznice cyfrowe DXC
- krotnice transferowe ADM
- obsługa półstałych strumieni cyfrowych

Warstwa transportowa ATM

- przełączniki ATM
- obsługa kanałów / ścieżek
- kanały i ścieżki (komutowane, półstałe i wirtualne)

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.

Sieci teleinformatyczne

Ustabilizowany rynek publicznej sieci telefonii przewodowej wymagał najmniejszych nakładów związanych z rozwojem technologii wynikających głównie z adaptacji istniejącej sieci przewodowej i systemów komutacji do dodatkowych wymagań narzucanych przez telefonię komórkową, a także wzrostu nakładów na przekazy multimedialne, sieci inteligentne i zwiększanie przepływności dalekosiężnych traktów światłowodowych.

Elementy sieci transmisyjnej

Wzmacniacze sygnału

Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych podlega tłumieniu zarówno w przestrzeni otwartej, jak też w przewodach miedzianych. Aby przeciwdziałać zjawisku tłumienia sygnałów przez medium transmisyjne w celu zwiększenia zasięgu transmisji, używa się aktywnych urządzeń wzmacniających sygnały i rozmieszczanych w regularnych odstępach w torze telekomunikacyjnym jako:

– **wzmacniacze** – stosowane w sieciach analogowych, a powodujące wzmacnianie zarówno sygnału analogowego jak i szumów występujących kanale. W telekomunikacji są to dwukierunkowe wzmacniaki telekomunikacyjne rozmieszczane co kilkanaście km, obecnie wychodzące z użycia

– **regeneratory** (*repeaters*) – odtwarzające wyłącznie sygnały cyfrowe i przywracające zniekształconym impulsom ich pierwotną formę. Sposób regeneracji jest zdefiniowany w warstwie fizycznej modelu OSI, nie powodując żadnej modyfikacji informacyjnej sygnałów cyfrowych. Dla torów światłowodowych stosuje się regeneratory optyczne wtrącane w tor co kilkadziesiąt kilometrów, przy czym największym zainteresowaniem cieszą się wzmacniacze optyczne EDFA.

Wzmacniacz światłowodowy

Aktywne wzmacniacze do regeneracji sygnałów optycznych stosuje się w przypadku, gdy długość łącza przekracza odległość regeneracyjną światłowodu i wymagane jest wzmocnienie G (*Gain*) sygnału, kompensujące wrażliwą tłumienność toru $1/G$. Z wielu istniejących składników tłumienności największe straty mocy optycznej wnosi absorpcja materiałowa i rozpraszanie Rayleigha. Wzmacniacz optyczny rekompensuje wprawdzie straty mocy (maks. 30 dB) na odcinku kabla światłowodowego, zwiększając w ten sposób kilkakrotnie długość odcinka międzyregeneracyjnego, nie stanowi jednak antidotum na występujące zjawisko dyspersji chromatycznej w medium transmisyjnym światłowodu, powodujące zmianę kształtu impulsu w miarę zwiększania odległości od źródła.

Największe zastosowanie wzmacniacze optyczne znalazły w transmisyjnych liniach długodystansowych i podmorskich. Systemy transmisyjne najnowszej generacji ze wzmacniaczami EDFA rozmieszczonymi co ok. 80 km i włóknami światłowodowymi o przesuniętej dyspersji umożliwiają transmisję bezpośrednią na odległość do 9000 km.

Rodzaje wzmacniaczy optycznych

Łatwość konfigurowania struktury wzmacniaczy optycznych umożliwia włączenie ich w różnych konfiguracjach w tor światłowodowy, gdzie spełniają odrębne funkcje jako:

- wzmacniacz mocy optycznej lasera nadawczego,
- wzmacniacz liniowy lawinowy, rozmieszczany okresowo w torze światłowodowym dla kompensacji tłumienności toru, co umożliwia tworzenie sieci przezroczystej,
- przedwzmacniacz odbiorczy, zapewniający obniżenie minimalnej mocy, wykrywanej przez fotodetektor odbiornika.

a) schemat łącza światłowodowego

Źródło światła **Detektor świetlny**

0 / EE / 0

Światłowód

b) tor światłowodowy ze wzmacniaczem

Złącza

WDM

Pompa laserowa

Filtr optyczny **EDF**

1/G

Detektor **Źródło**

EEEE

Przedwzmacniacz **Wzmacniacz mocy optycznej**

Odbiornik **Wzmacniacz EDF** **Nadajnik**

Rysunek 1. Schemat toru światłowodowego oraz toru ze wzmacniaczem

Wzmacniacz EDFA

Pomimo opracowania wielu typów optoelektronicznych (półprzewodnikowych, laserowych) regeneratorów sygnału w praktyce największe nadzieje są związane z wzmacniaczem optycznym EDFA, wzmacniającym bezpośrednio sygnał optyczny, bez potrzeby jego konwersji na postać elektryczną. Szerokie pasmo przenoszenia wzmacniaczy EDFA (od 30 do 50 nm), co odpowiada zakresom częstotliwości od 4 THz do 7 THz,

umożliwia równoczesną transmisję na kilkunastu różnych długościach fali świetlnej, zwielokrotniając przepływność łącz w systemach ze zwielokrotnieniem długości fali WDM. Uzyskane szybkości transmisji (1991 r.) z zastosowaniem wzmacniaczy optycznych EDFA – bez kompensacji dyspersji chromatycznej – potwierdziły możliwość budowy łącz o pojemności transmisyjnej BL-15 (Tb/s)km:

- na odległość 4500 km przy przepływności 2,5 Gb/s (STM-16),
- na odległość 1500 km przy przepływności 10 Gb/s (STM-64).

Zastosowanie układów korekcyjnych, minimalizujących wpływ dyspersji światłowodu, pozwoliło uzyskać większą pojemność transmisyjną:

- BL-25 (Tb/s)km przy zasięgu 10 000 km i przepływności 2,5 Gb/s
- BL-70 (Tb/s)km przy zasięgu 21000 km i przepływności 2,5 Gb/s

Działanie wzmacniacza EDFA

Nowoczesny typ wzmacniacza optycznego EDFA, opartego na światłowodzie z domieszką erbu, pracuje na fali o długości 1550 nm. Działanie wzmacniacza polega na wtrąceniu w tor światłowodowy kilkumetrowego włókna domieszkowanego erbem (równie innymi pierwiastkami ziem rzadkich, takimi jak neodym, praseodym) zmieniającego charakterystykę absorpcyjną włókna krzemowego. Pompa laserowa (980-1480nm) przez sprzęgacz optyczny energetyzuje jony erbu, które powracając do stanu podstawowego w fazie zgodnej z transmitowanym sygnałem dają efekt wzmocnienia promieniowania w zakresie 20-35 dB.

Zasadniczą zaletą wzmacniaczy EDFA są ich małe straty przy sprzęganiu ze światłowodowym torem transmisyjnym, gdyż opierają się na tej samej geometrii włókna i materiale rdzenia (domieszkowanego erbem) co jednomodowe włókna kwarcowe.

Niewrażliwość na polaryzację sygnału oraz duża tolerancja na zmianę długości fali, w połączeniu z prostotą działania i niewielkim poborem mocy (5 mW przy wzmacnieniu od 24 dB), dowodzą celowości stosowania wzmacniaczy EDFA w dalekosiężnych łączach transmisyjnych, zwłaszcza przy budowie kabli podmorskich i pojemności transmisyjnej BL. Realizację pierwszych kabli podmorskich opartych na wzmacniaczach optycznych EDFA rozpoczęto w 1995 r.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.