

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 plezjochrońniczych 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 wyodrębnić następujące rodzaje krotnic:

- końcowe TMX umożliwiające zwielokrotnienie sygnałów plezjochrońniczych 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 BISDN 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 multipleksersach 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) multipleksers 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 multipleksersów 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 multipleksów końcowych bezpośrednio z optycznej karty tributary. Obecność matrycy komutacyjnej w multipleksie umożliwia dowolne budowanie i konfigurowanie przepływności liniowego sygnału zbiorczego z ruchu pochodzącego z wielu częściowo wypełnionych łączy tributary,
- **cross-connect** architektura multipleksów 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 (torów) 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 strumienie 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 łączy, 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 łączy, 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 łączy 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 światłowodowym 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 multipleksora inwersyjnego lub odwrotnego. Spopularyzowane w ostatnich trzech latach multipleksery inwersyjne ATM występują pod nazwą AIMUX (*ATM IMUX*). Dzięki tym urządzeniom operatorzy mogą zaoferować pasmo od kilku do kilkudziesięciu Mb/s.

Multipleksery 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.

Multipleksowanie 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 multiplekserów cyfrowych, ich oferta rynkowa prezentuje się niezwykle okazale. Można więc wybrać urządzenia dla każdej konfiguracji:

– **multipleksery dla sieci rozległych**, charakteryzujące się największą liczbą linii telekomunikacyjnych, setkami kanałów dla głosu i danych oraz niezawodnym oprogramowaniem

zarządzania sieciami,

- **multipleksery dostępu**, o niewielkiej liczbie połączeń z sieciami publicznymi (1–4) i przepływności do 2,048 Mb/s, przyłączane do odległych punktów multipleksowanych sieci LAN,
- **multipleksery ze skalowalnym wejściem**, ułatwiające wybór optymalnej konfiguracji dla ruchu telefonicznego, telefaksowego 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 odpowiada za ponowne dostarczenie bezbłędnej komórki, gdyż technika ta zakłada, że wykorzystywane będą wysokiej jakości, niepodatne na błędy, urządzenia transmisyjne.

ATM jest protokołem transportowym umiejscowionym mniej więcej w części MAC warstwy łącza danych w odniesieniu do OSI. Dzięki temu może być używany z wieloma różnymi topologiami warstwy łącza fizycznego i jest w stanie przesłać w sieci szkieletowej albo WAN pakiety dowolnego rodzaju po uprzednim ich przekształceniu do obowiązującego formatu 53- bajtowych komórek. Szybkości przesyłania danych w ATM są *skalowalne* tzn. zależą od możliwości warstwy łącza fizycznego. W ramach ATM nie istnieje żaden standard z góry narzucający szybkość transmisji, jak ma to miejsce np. w FDDI.

Urządzenia systemu WDM.

WDM ma zdefiniowany zakres wyboru długości fali i odstępu między falami. Tymczasem w istniejących urządzeniach nadawczych pracują lasery na przypadkowych długościach fal względem dozwolonego pasma WDM z wzmocnieniem. Zmiana laserów w systemie transmisji na 2,5 Gbit/s nie jest łatwa. Sensowne rozwiązania techniczne oferują transpondery czyli półprzewodnikowe konwertery długości fali przedstawione na rysunku 9.

DEMUX2.5-Gb/sodbiornik2.5-Gb/sodbiornik2.5-Gb/sodbiornik2.5-
Gb/sodbiornikMUX2.5-Gb/stransponder2.5-Gb/stransponder2.5-
Gb/stransponder2.5-
Gb/stransponderSTM-16nadajnikSTM-16nadajnikSTM-16nadajnikSTM-1
6nadajnikSTM-16nadajnikSTM-16nadajnikSTM-16nadajnikSTM-16nadaj

nik4 x 16 x STM -14 x 16 x STM -1Rysunek 9. Stosowanie WDM z konwersją długości fali pozwala zachować istniejące terminale

Konwertery długości fali to inaczej przełączniki widmowe, które odpowiednio dostrojone transponują roboczą długość fali urządzenia STM-16 na długość fali leżącą w paśmie WDM ze wzmocnieniem. Dzięki takim zabiegom można bez uszczerbku dla realizacji zwielokrotnienia falowego wykorzystać istniejące urządzenia optoelektroniczne. Po stronie odbiorczej przed odbiornikami optoelektronicznymi występuje demultiplexer. Możliwe są dwa warianty demultipleksowania:

1. Zastosowanie tzw. dynamicznej demultipleksji (rysunek 10a) gdzie jako demultiplexer 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 demultiplexer 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) demultiplexer dynamiczny b) demultiplexer statyczny

Rysunek 10. Rodzaje stosowanych demultiplexerów 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 skręcanych 4 (8) włókien, następnie miejsce zgrzania rozciąga się, pocienia, przełamuje w przewężeniu i spawa do pojedynczego światłowodu. (rysunek 10a).

2. Demultipleksera, który separuje poszczególne długości fal. Demultiplekser optyczny może być wykonany jako urządzenie złożone z rozgałęziacza optycznego i selektywnego filtra optycznego środkowopasmowego dostrajanego na zdanej 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)

a)

16 x STM 116 x STM
1STM-16odbiornikSTM-16regeneratorSTM-16nadajnik

STM-16regenerator16 x STM 116 x STM
 1STM-16odbiornikSTM-16nadajnik

STM-16odbiornikSTM-16regeneratorSTM-16nadajnik

16 x STM 116 x STM
 1STM-16odbiornikSTM-16regeneratorSTM-16nadajnik

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 szerokopasmowym, 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 OXC
- 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.