

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 stanowi 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 starannie 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.