



FIBRAIN®



**PORTY
MONITORINGU
W SIECIACH
ŚWIATŁOWODOWYCH**

klucz do szybkiego uruchomienia i niskich kosztów utrzymania

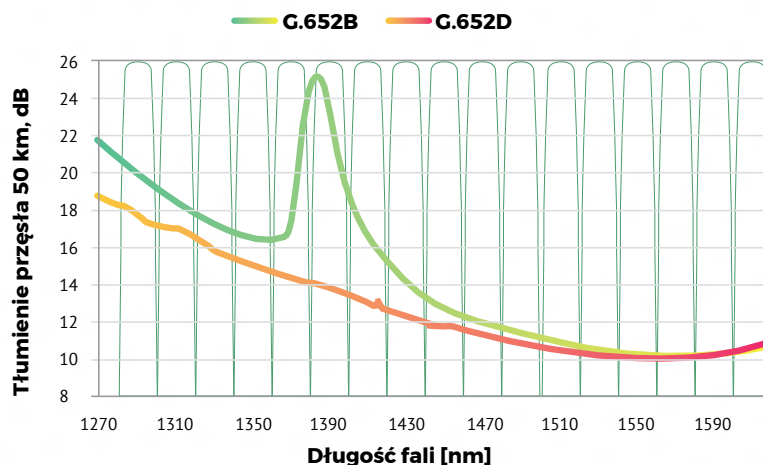
Porty monitoringu w sieciach światłowodowych – klucz do szybkiego uruchomienia i niskich kosztów utrzymania

Nie ma już obecnie operatora telekomunikacyjnego lub kablowego, który nie miałby w swojej sieci przynajmniej kawałka światłowodu. Bezkonkurencyjne przepustowości, bezawaryjność czy niski koszt utrzymania dawno zdecydowały o tym, że konkurencyjne media transmisyjne poszły w odstawkę. Za ogromną przepustowość sieci światłowodowych w dużej mierze odpowiada technologia **WDM** (*Wavelength Division Multiplexing*), pozwalająca w jednym włóknie światłowodowym transmitować kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt kanałów optycznych, różniących się długością fali. W ten sposób gigantyczna całkowita przepustowość medium światłowodowego dzielona jest na mniejsze kawałki spektrum, łatwiejsze do obrobienia dla dużo wolniejszej elektroniki.

Technika WDM dostępna jest w kilku wariantach:

- począwszy od klasycznego WDMa 1310/1550,
- przez osiemnastokanałowy **CWDM** (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*), w których to łączach często obok kanałów czysto CWDM-owych propagują kanały specjalne, takie jak szary kanał 1310 nm, czy szeroki kanał wyodrębniony pod multipleks DWM-owy – więcej na ten temat w naszym artykule technicznym *CWDM bez tajemnic*,
- przez systemy **DWDM** (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) mogące mieć ponad 100 kanałów optycznych (opisane m.in. w naszym artykule *Pasywne systemy DWDM*),
- czy też coraz częściej spotykane sieci **PON** i **NG PON**, gdzie obok GPON-owych długości fal 1490/1310 pojawia się np. tzw. **nakładka RF 1550 nm**, służąca do przesyłania telewizji „analogowej”, lub nowe bloki spektralne zdefiniowane dla różnych wariantów 10G PONa, TDM PONa, czy też WDM PONa.

Wspólnym mianownikiem dla wszystkich rodzajów sieci WDM jest konieczność zastosowania **multiplekserów i demultiplekserów optycznych**, służących do wstrzelenia we wspólne włókno na wejściu do łącza wszystkich kanałów optycznych emitowanych przez osobne nadajniki (multipleksery) i „rozszybia” tych kanałów na wyjściu z łącza (demultipleksery). W wielu przypadkach multipleksery są przygotowane do wprowadzenia większej ilości kanałów, niż uruchamiane początkowo, by zapewnić możliwość wzrostu w przyszłości. Oczywiście marzeniem każdego operatora jest, by dodawanie nowych kanałów w przyszłości nie wpływało w żaden sposób na kanały już uruchomione. W idealnym przypadku oznacza to po prostu podpięcie patchcordem nowego nadajnika do odpowiedniego portu klienckiego na multiplekserze i demultiplekserze. W praktyce zdarza się, że nowy kanał „nie wstaje”, bo np. wkładka (*transceiver*) nie jest wspierana przez urządzenie aktywne, bo złącze na patchcordzie jest brudne i mamy niewystarczający poziom mocy, bo instalator pomylił porty klienckie, itp. Co więcej, zdarza się, że po prostu nowy kanał ma małe szanse zadziałać, bo tłumienie łącza przekracza jego budżet mocy – a o to nietrudno np. w sieciach CWDM, gdzie każdy z kanałów może widzieć bardzo różne tłumienie, w zależności od jakości i typu włókna, jak przedstawiono na **Rys. 1**.

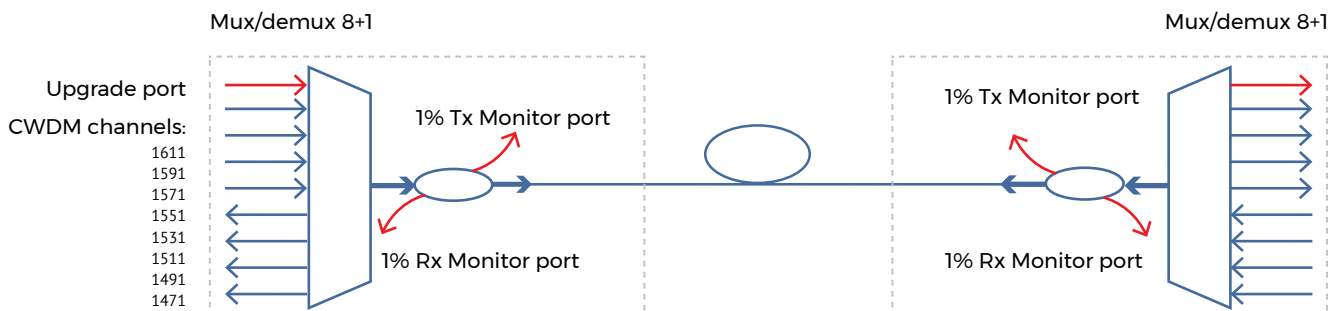


Rysunek 1. Charakterystyka spektralna tłumienia 50 km przęsa dla włókna G.652B i G.652D, ze schematycznie nałożonymi pozycjami kanałów CWDM

W takiej sytuacji niezastąpione jest posiadanie możliwości zdiagnozowania przyczyny problemu, i to oczywiście bez rozłączania działających już produkcyjnie kanałów. Podobnie w okresie pracy łącza zdarza się, że coś się zaczyna dziać i niektóre kanały przestają działać, lub zaczynają pojawiać się na nich błędy, których przyczynę trzeba zdiagnozować. **Tylko możliwość przeprowadzenia skutecznej diagnostyki gwarantuje szybkie i niskokosztowe uruchamianie i utrzymanie łączy światłowodowych.**

Najlepszymi narzędziami do tego typu bezinwazyjnej diagnostyki są porty monitoringu wstawione w sieć, najczęściej w punktach końcowych sieci, a więc na multiplexerach i demultiplexerach. Mogą być to **porty monitoringu OTDR** (które pozwalają na pomiar reflektometrem żywej, działającej sieci, w celu wykrycia np. przerwania kabla lub zagięcia włókna), lub też **porty monitoringu mocy**. W niniejszym artykule skupimy się na tych drugich. Port monitoringu mocy jest to dodatkowy port, który odspręga niewielką ilość całkowitej mocy optycznej i wyprowadza tę moc tak, by można ją było analizować bez konieczności rozłączania głównego kabla liniowego. W przypadku multiplexerów jest to zwykle dodatkowy port, który jest „mniejszym bratem”

Co jest nam w stanie powiedzieć moc dostępna na portach monitoringu? To zależy od łącza i wyposażenia instalatora. W najprostszym przypadku mówi nam o całkowitej mocy optycznej i czy zmieniła się ona np. od ostatniego roku – do tego wystarczy zwykły miernik mocy (np. **FIBRAIN FOPM-250**). Możemy w ten sposób więc monitorować starzenie się łącza (a odczyty DDML na wkładkach nie gwarantują niestety żadnej dokładności i stabilności). Jeśli akurat uruchamiamy nowy kanał, to na porcie monitoringu mocy na multiplexerze powinniśmy zobaczyć wzrost mocy całkowitej, odpowiadający mocy tego kanału. Widzimy więc od razu, czy np. instalator nie pomylił portów klienckich lub czy wkładka CWDM jest faktycznie na kanał 1430 nm, tak jak miała być i czy kanał „wstaje”. Jeśli mamy pod ręką bardziej inteligentny miernik lub analizator widma, to dostępna moc niesie bez porównania więcej przydatnych informacji. W łączy CWDM możemy mieć 18 kanałów i, założymy, że z jakichś powodów tylko jeden z nich nie działa. Jeśli mamy niedrogi, ale bardzo przydatny miernik CWDM typu **FIBRAIN FCPM-18/1310** (pokazany na **Rys. 3**), to mierzy nam on jednocześnie indywidualne moce wszystkich kanałów w tym łączy i jak na dłoni widać,



Rysunek 2. Schemat łącza dwukierunkowego CWDM wraz z monitoringiem

wyjściowego portu liniowego, więc wyprowadza typowo 1% lub 5% mocy całkowitej, wstrzeliwanej w kabel liniowy. W przypadku demultiplexerów jest to podobny port, który wyprowadza niewielką część mocy całkowitej trafiającej na demultiplexer z łącza, do dalszej demultipleksacji i rozprowadzenia indywidualnych kanałów pomiędzy porty klienckie – spektrum dostępne na porcie monitoringu mocy demultipleksera niesie więc informacje o tym, co dzieje się w łączy pomiędzy terminalami. W przypadku transmisji dwukierunkowej po jednym włóknie ten sam terminal jest jednocześnie multiplexerem i demultiplexerem, więc warto mieć zainstalowany w nim dwukierunkowy port monitoringu, który pozwala jednocześnie analizować co wrzucamy w łącze i co z niego przychodzi. **Rys. 2** przedstawia schematycznie takie łącze dwukierunkowe, wraz z dwukierunkowymi portami monitoringu na obydwu końcach łącza.

które są obecne i jakie są ich względne moce, dzięki czemu technik wie, gdzie szukać przyczyny problemu (być może np. nasze włókno światłowodowe zaczyna odtwarzać pik wodny, albo jedna z wkładek nie trzyma długości fali, lub też instalator zagiął zbyt mocno włókno w kasecie, a może optycznie jest wszystko ok, a urządzenie aktywne jest niepoprawnie skonfigurowane). W łączy DWDM monitoring jest jeszcze bardziej krytyczny. W przypadku długich, regenerowanych optycznie łączy poziomy moce sygnałów muszą być wyrównane, w przeciwnym wypadku jeden kanał może np. wysycić wzmacniacz optyczny lub nieliniowo zakłócać inne. Lub też być może to szum optyczny w przypadku kilku kanałów zaczyna degradować transmisję, co łatwo, szybko i bezboleśnie można sprawdzić podłączając analizator widma do portu monitoringu mocy.



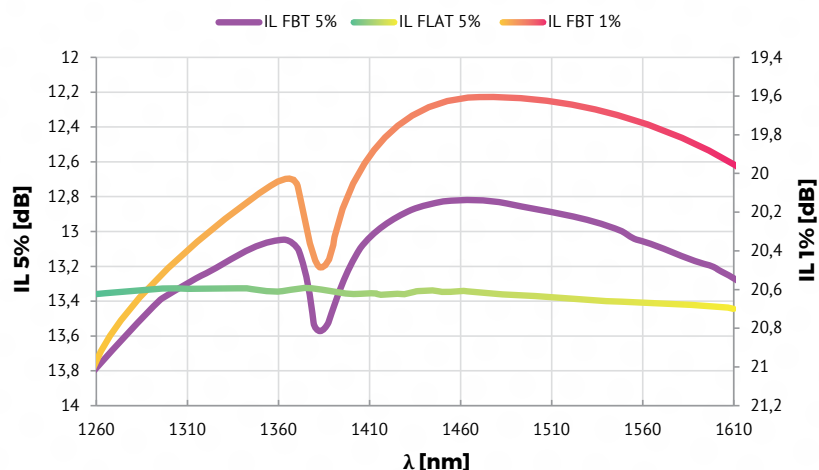
Rysunek 3. FCPM-18/1310

Jak widać, porty monitoringu mocy są niezwykle przydatne i są niezastąpioną pomocą dla każdego technika na etapie zarówno uruchamiania, jak i utrzymania każdego łącza światłowodowego, w którym propaguje więcej niż jedna długość fali. Co więcej, **koszt portu monitoringu to ułamek kosztów całego multipleksera**, więc jest to funkcjonalność, która jest naprawdę niedroga, tak więc jest ona warta posiadania, nawet jeśli w chwili obecnej w danym łączu nie ma dla niej bezpośredniego zastosowania, bo za 3 lata najprawdopodobniej takie zastosowanie będzie.

Jak wspomniano, **typowo port monitoringu wyprowadza 1% lub 5% mocy całkowitej** – chodzi o to, żeby z jednej strony nie wprowadzał dużego dodatkowego tłumienia w łączu, a z drugiej dostępna na nim moc była odpowiednio wyższa od czułości mierników optycznych. Najczęściej stosowanym sposobem uzyskania takiej funkcjonalności jest dodanie niskoprocentowego sprzęgacza FBT (*Fused Biconical Tapering*). Technologia sprzęgacza FBT ma tę zaletę, że pozwala na wytwarzanie sprzęgacza 1x2 o dowolnym podziale mocy, a więc także 1/99% czy też 5/95%. Niestety, posiada ona również wady, z których podstawową jest fakt, że współczynnik podziału ma dużą zależność od długości fali. Oznacza to, że sprzęgacz, który nominalnie ma podział 1/99%

dla długości fal 1310 i 1550 nm, dla innych długości fal może mieć nawet 2 dB wyższe tłumienie na porcie 1% (a więc na naszym porcie monitoringu mocy). Co więcej, z samej zasady wytwarzania sprzęgaczy FBT wynika, że musi się podczas ich produkcji odtwarzać pik wodny w okolicach 1383 nm. Powoduje to nie tylko przekłamanie odczytu mocy kanałów w tym regionie spektralnym na porcie monitoringu, ale też zwiększa tłumienie „produkcyjnej” części mocy, propagowanej na porcie 99% sprzęgacza (a więc na porcie liniowym multipleksera).

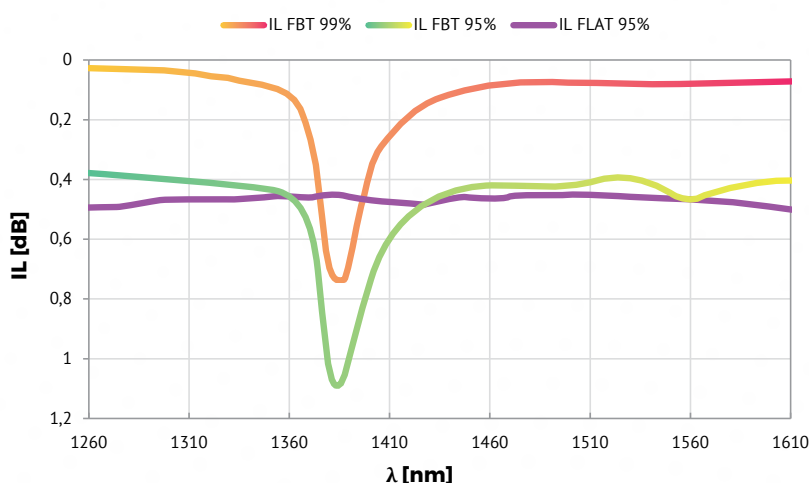
Rys. 4 przedstawia przebiegi spektralne portów niskoprocentowych dla typowych sprzęgaczy FBT 1/99% i 5/95% (trzeci, dużo bardziej płaski przebieg to charakterystyka spektralna portu monitoringu wykonanego w alternatywnej technologii, o której za chwilę). Jak widać port 1%, który nominalnie byłby opisany jako port monitoringu 20 dB ma w praktyce **straty zmieniające się bardzo nieliniowo o niemal 2 dB** w zakresie całego pasma CWDM, natomiast port 5% (nominalnie opisywany jako 13 dB) ma ok. 1 dB wariacji tłumienia. Oznacza to, że aby dokładnie oszacować faktyczną moc w kablu liniowym danego kanału optycznego obserwowanego na porcie monitoringu, technik musiałby znać „krzywą kalibracyjną” tego portu. W praktyce niewykonalne. Jest to przykre tym bardziej, że wiele mierników CWDM i DWDM (w tym FCPM-18/1310) ma możliwość ustawienia offsetu, a więc wykalibrowania wartości tłumienia portu monitoringu tak, aby wyświetlana moc odpowiadała już mocy w kablu liniowym (a więc tej, która ma rzeczywiste znaczenie). Należy przy tym pamiętać, że przykładowe 2 dB przekłamanie mocy dowolnego kanału w łączu DWDM czy CWDM może oznaczać różnicę między stopą błędu BER dla tego kanału od 1e-7 (nieakceptowalną), a 1e-15 (idealną), lub też sugerować istnienie zabrudzenia na którymś złączu, które być może obecnie nie sprawia jeszcze wielkiego problemu, ale które może z czasem zmigrować w kierunku rdzenia, jeśli nasz terminal jest np. umieszczony w szafie obok torów kolejowych.



Rysunek 4. Charakterystyka spektralna portów monitoringu w technologii FBT i wygładzonej

Rys. 5 przedstawia przebiegi spektralne portów wysokoprocentowych 95% i 99% sprzęgaczy FBT (a więc portów liniowych multipleksera). Dodatkowy, płaski przebieg odpowiada sprzęgaczom wykonanym w alternatywnej technologii, do której wrócimy za chwilę. Znowu, zauważalna jest nie tylko nienajlepsza płaskość przebiegu, ale przede wszystkim odtworzony pik wodny, który w ekstremalnych przypadkach może dodać nawet 1.5 dB dodatkowych strat – w przypadku wysiłonych sieci CWDM czy NG PON te dodatkowe 1.5 dB strat mogą oznaczać różnicę między łączem działającym i niedziałającym (a oczywiście taki sam port monitoringu na demultipleksersze może dorzucić przecież drugie tyle strat od siebie).

ścią fali tłumienie (zwłaszcza portów monitoringu). Dlatego też FIBRAIN opracował unikalną technologię wytwarzania wygładzonych portów monitoringu. Występują one standardowo jako nominalne porty 5% i, jak widać na Rys.4, faktycznie tłumienie takiego portu zmienia się o mniej niż 0.1 dB w całym paśmie CWDM (1260-1620 nm. Taki sam zakres spektralny wymagany jest także np. przez multipleksery NG PONowe, typu WDM1r, CEx czy CEMx). Pozwala to na dokładne określenie faktycznych mocy wszystkich kanałów, a więc bez porównania dokładniejszą diagnostykę. Co więcej, port liniowy multipleksera czy też demultipleksera, w których taki port monitoringu mocy jest wbudowany, jest niskostratny i jego charakterystyka tłumienia również nie



Rysunek 5. Charakterystyka spektralna portów liniowych w technologii FBT i wygładzonej

Jak widać, uzyskiwanie funkcjonalności portów monitoringu przy zastosowaniu technologii FBT, pomimo dużych zalet (na pewno zdecydowanie lepiej mieć taki port, niż żaden), ma też swoje ograniczenia, które są nie do zlikwidowania, gdyż wynikają z samej zasady wytwarzania sprzęgaczy FBT – zawsze będzie występował jakiś pik wodny i mocno zmieniające się z długo-

zależy od długości fali (co bardzo ułatwia liczenie budżetów mocy), co widać na Rys.5 (fioletowy przebieg). A najpiękniejsze w tym wszystkim jest to, że koszt wygładzonego portu monitoringu mocy nie odbiega od kosztu tradycyjnych portów w technologii FBT.

Monitorowanie, czy nad tak ważną kwestią można przejść tak gładko? Z wygładzonymi portami monitorowania FIBRAIN nawet ultragładko.