

Sieci komputerowe

Wykład 5: Pomiary instalacji sieciowych

Media optyczne

Wykład prowadzony przez dr inż. Mirosława Hajdera dla studentów 3 roku informatyki, opracowany przez Joannę Pliś i Piotra Lasotę, 3 FD.

1. Pomiary w instalacjach sieciowych

a) kabel koncentryczny

Najczęściej spotykane uszkodzenia kabla grubego ethernetu to:

- zwarcie ekranu i kabla sygnałowego (zdarza się to podczas montażu, urządzenia nie zostają uszkodzone, ale sieć przestaje działać);
- uszkodzenie terminatora – jest on bardzo delikatny i wrażliwy na uszkodzenia. Zerwanie terminatora powoduje, że ramki nie zostają wygaszone, ale “odbijają” się od końca kabla, dochodzi do interferencji fali, przez co sieć nie funkcjonuje.

Wykrycie takich uszkodzeń jest bardzo proste – wystarczy do tego zwykły omomierz. Podczas poprawnej pracy sieci, rezystancja 500 metrowego przewodu grubego ethernetu wynosi około 25,5 Ω . W przypadku zwarcia kabla sygnałowego i ekranu, rezystancja ta znacznie spada (0 – 1 Ω), natomiast gdy zostanie zerwany terminator – rośnie do około 51 Ω . Znacznie bardziej problematyczne jest zlokalizowanie zwarcia, gdy już wiemy, że ono wystąpiło.

Bardzo użytecznym przyrządem przy pomiarach sieciowych jest reflektometr – dzięki niemu otrzymujemy wykres tłumienności kabla w funkcji odległości od przyrządu, co umożliwia łatwe zlokalizowanie zwarcia, oraz zakłóceń falowych wynikających np. ze zbyt małego promienia zagięcia kabla. Jednakże ze względu na cenę (kilkanaście tysięcy dolarów), urządzenia takie są rzadko stosowane.

W przypadku kabla cienkiego ethernetu, opisane wyżej przyczyny uszkodzeń są również bardzo istotne. Kabel ten powstał na podstawie analiz grubego ethernetu. Ma trochę gorsze właściwości, jednakże jest wygodniejszy podczas instalacji (nie trzeba przykładać takiej uwagi do zachowania promienia skrętu), a w większości zastosowań parametry tego kabla są wystarczające.

Przy złych połączeniach, bez bypassów i transceiverów łatwo może dojść do obluźnienia połączenia, co jest trudne do zlokalizowania.

b) kabel skrętkowy

Kabel ten jest znacznie mniej wytrzymały mechanicznie niż koncentryk. Podczas instalacji trzeba obchodzić się z nim bardzo delikatnie – maksymalna siła z jaką można przeciągać kabel to 80 N. Gdy na kabel podda się zbyt dużym naprężeniom – może dojść do sytuacji, gdy pozornie kabel nie został uszkodzony – przewody nie zostały przerwane – jednakże doszło do znacznego pogorszenia własności falowych kabla. To uniemożliwia działanie sieci lub znacznie obniża przepustowość. Także tutaj zastosowanie ma reflektometr.

W przypadku, gdy instalacje sieciowe zakłada autoryzowany instalator, a okablowanie oraz wszystkie urządzenia sieciowe pochodzące z jednego źródła, można uzyskać wieloletnią gwarancję producenta na funkcjonowanie sieci.

c) wielkości mierzone

Podczas instalacji sieci skrętkowej najczęściej mierzy się:

- **Prawidłowość połączeń** – służy do tego miernik prawidłowości połączeń (koszt około 100 zł). Pokazuje on, czy pary przewodów zostały połączone z odpowiednimi portami.

- **Pojemność** – mierzy ją się dla długości 1000 stóp. Standardowo jest to 17 pF. Należy dążyć, aby była jak najmniejsza, ponieważ ogranicza szybkość przesyłu danych.
- **Rezystancję**
- **Impedancję** – w kablach kategorii 5 impedancja jest rzędu 100 Ω , zaś kategorie 6 i 7 to 120 Ω na 100 MHz
- **Współczynnik przenikania** – wzajemne oddziaływanie par przewodów
- **Stosunek sygnału do szumu**

Głównym źródłem zakłóceń jest sieć energetyczna. Dlatego wymaga się, aby kabel skrętkowy nieekranowany był umieszczony w odległości co najmniej 30 cm od przewodów sieciowych. Dla skrętki ekranowanej wymóg ten nie obowiązuje.

2. Media optyczne

2.1 Budowa światłowodu

W obecnych czasach, kiedy nacisk kładziony jest na przepustowość, żadna inna technologia poza optyczną, nie zapewnia długodystansowej i szybkiej transmisji. W przypadku skrętki FFTP (czyli podwójnie foliowanej) dobra prędkość przesyłu może być zapewniona do 300 metrów, dla FTP jest to tylko 230 m.

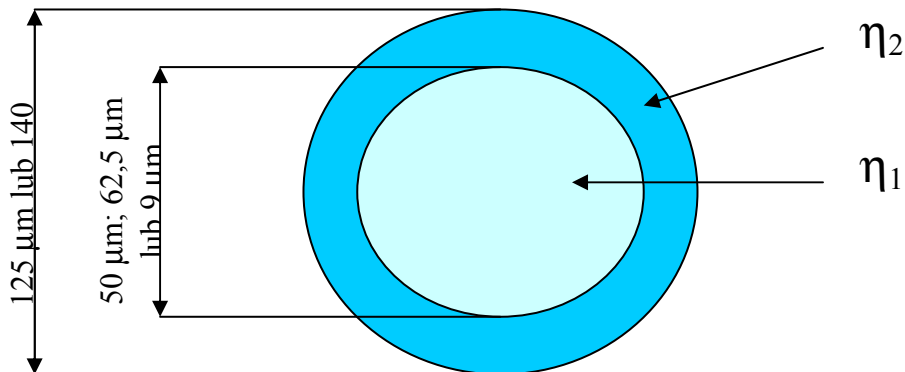
W chwili obecnej do realizacji światłowodu stosuje się wyłącznie szkło kwarcowe. Materiał powinien charakteryzować się niezwykłą czystością. Dzięki temu absorpcja materiałowa, będąca główną przyczyną tłumienia, jest minimalna.

Dla przykładu – tłumienność pojedynczej szyby 4mm jest taka sama, jak 15m światłowodu. Im większa czystość stosowanego materiału, tym większe odległości na jakie można transmitować dane.

Światłowód w całości zbudowany jest ze szkła, i składa się z dwóch warstw:

- wewnętrznej, zwanej rdzeniem,
- zewnętrznej – płaszczą ochronnego.

Aby światłowód działał poprawnie, współczynnik załamania światła w rdzeniu powinien być większy niż w płaszczu (tzn. światło musi odbijać się od płaszczu).



Rys 5.1 Przekrój światłowodu; $\eta_1 > \eta_2$

Szerokości poszczególnych warstw zależą od typu światłowodu. Typowa średnica płaszczki ochronnej to 125 – 140 mikrometrów, natomiast rdzenia:

I) 4 do 9 mikrometrów – zastosowania telekomunikacyjne, w Polsce stosuje się 9 μm ;

II) 62,5 lub 50 mikrometrów – stosowane w sieciach teleinformatycznych.

2.2 Podstawowe typy światłowodów

Podstawowa klasyfikacja dzieli światłowody na:

- a) jednomodowe
- b) wielomodowe

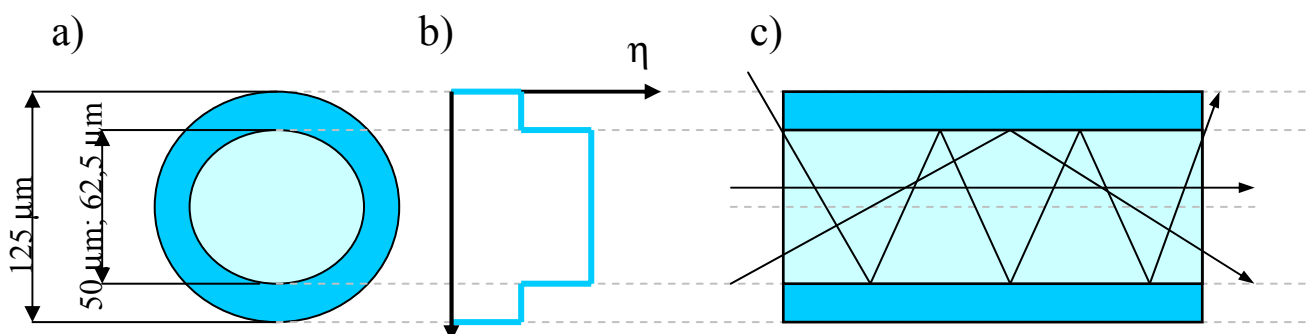
Światło rozchodzi się w wiązkach zwanych modami. W światłowodach jednomodowych wykorzystywana jest transmisja jedną, lub maksymalnie kilkoma wiązkami światła. Natomiast w wielomodowych transmitowane jest ich jednocześnie 640 – 650 modów.

Problemy transmisji optycznej to głównie problem dyspersji. Dyspersja jest to przesunięcie w czasie poszczególnych promieni, które muszą pokonać różną trasę (różne kąty padania patrz rys. 5.2c). Sygnał więc przychodzi do odbiorcy rozmyty. Dyspersja ma większe znaczenie w przypadku przesyłania większej ilości modów.

Dyspersja – jest to zjawisko rozmywania fali świetlnej na wyjściu systemu optycznego. Jej wartość zależy od długości łącza.

- **dyspersja modalna** – mody wpadają do światłowodu pod różnym kątem, skutkiem czego pokonują różne odległości
- **dyspersja chromatyczna** – jest spowodowana tym, że różne fale rozchodzą się w materiale z różnymi prędkościami

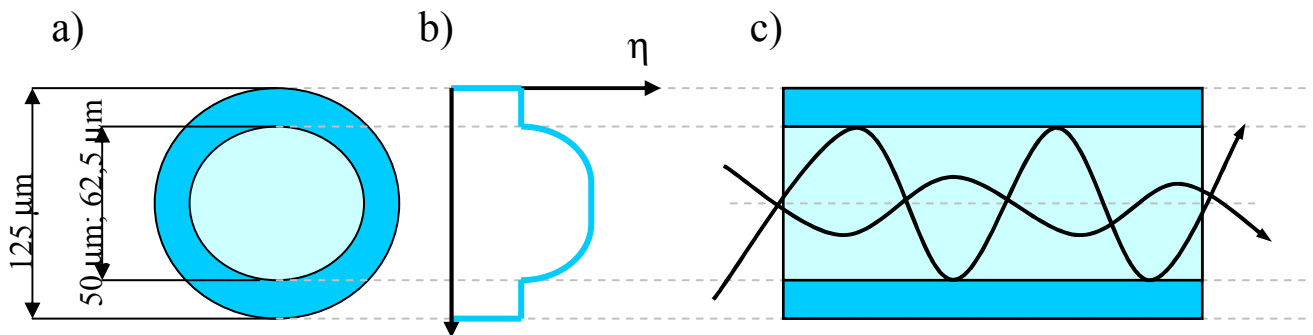
Światłowód wielomodowy skokowy



Rys 5.2 Kabel wielomodowy skokowy a) przekrój b) współczynnik załamania światła c) przechodzący promień

Dyspersja tego światłowodu wynosi jest dosyć duża - 30 do 50 ns/km, z tego względu stosuje się go na niewielkie odległości.

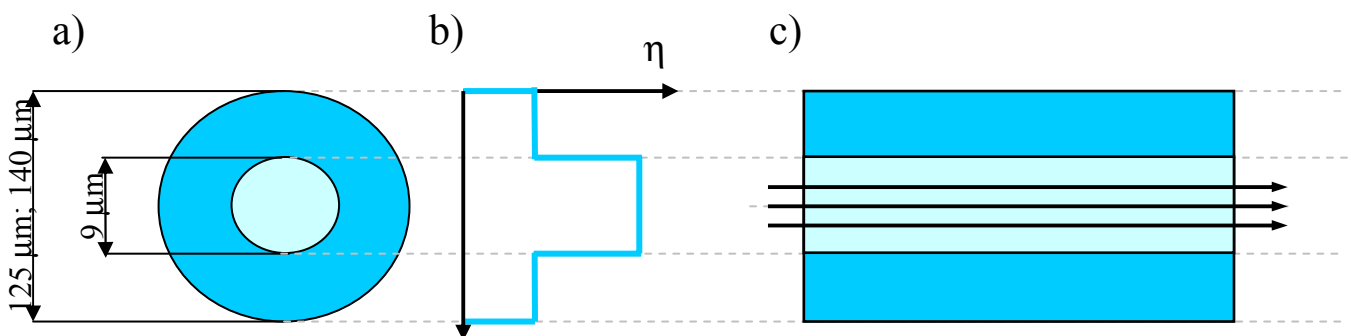
Światłowód wielomodowy gradientowy



Rys 5.3 Światłowód wielomodowy gradientowy a) przekrój b) współczynnik załamania światła c) przechodzący promień

W światłowodzie gradientowym współczynnik załamania światła w rdzeniu nie jest taki sam wszędzie, a zwiększa się wraz ze zbliżaniem się do płaszczu. Dzięki temu promienie świetlne pokonują drogę jak na powyższym rysunku, i dyspersja jest mniejsza – około 1ns/km. Światłowody te stosuje się na odległości do 2 km.

Światłowód jednomodowy



Rys 5.4 Kabel jednomodowy a) przekrój b) współczynnik załamania światła c) przechodzący promień

Kabel ten jest bardzo szeroko wykorzystywany przez firmy telekomunikacyjne. Ze względu na mniejszy przekrój rdzenia niż w światłowodach opisanych poprzednio, posiada lepsze parametry tłumiennościowe, i można stosować większe długości fal. Wadą tego kabla jest konieczność używania źródeł światła spójnego (lasery). Sam przewód jest stosunkowo tani, jednak lasery znacznie podnoszą koszt sieci. Światłowód tego typu stosuje się na długie dystanse.

2.3 Okna transmisyjne

- Okno transmisyjne o długości fali 850 nm – jest najstarsze historycznie. Charakteryzuje go umiarkowana pojemność transmisyjna, oraz wysoka tłumienność (4dB/km). Jest ono wykorzystywane do transmisji opartej o kabel gradientowy.

Stosuje się tutaj sygnał modulowany, typowe odległości to ponad 2km. Wadą jest bardzo niska graniczna szybkość transmisji – 1Gb/s. Wykorzystywane jest światło o kolorze czerwonym (bardzo jaskrawym), emitowane przez zwykłą diodę półprzewodnikową. Z tego powodu koszt takiego połączenia jest stosunkowo niski. Cena urządzenia zamieniającego sygnał ethernetowy na światłowodowy to obecnie około 500 zł. Granica szybkości tego okna to 1 Gb/s.

- Okno transmisyjne o długości fali 1300 nm – zostało wprowadzone w roku 1987. Przeznaczone do współpracy z kablami jednomodowymi i wielomodowymi gradientowymi. Tłumienność – około 0,4 dB/km. Przy transmisji wielomodowej transfer bez regeneracji może odbywać się na odległości do kilkudziesięciu kilometrów.

Jako źródło światła wykorzystuje się najczęściej laser półprzewodnikowy. Cena takiego urządzenia to kilka tysięcy złotych. Maksymalna prędkość transmisji danych to 80 – 100 Gb/s

Zakres pomiędzy oknami 1300 i 1550 nie jest wykorzystywany, ze względu na dużą tłumienność spowodowaną absorpcją jonów OH-

- Okno transmisyjne o długości fali 1550 nm – wprowadzone w roku 1989. Nie znajdują tutaj zastosowania zwykłe światłowody SMF, muszą być wykorzystywane specjalne kable. Tłumienność – około 0,16 dB/km. Okno to jest preferowane przy transmisjach na długie odległości.

2.4 Wzmacniacze transmisji światłowodowej

Podstawowym problemem występującym przy eksploatacji światłowodów długodystansowych jest tłumienność. Ponieważ fala świetlna może być absorbowana lub rozpraszana, do transmisji na odległości rzędu kilkuset kilometrów konieczne jest zastosowanie urządzeń wzmacniających. Ponieważ klasyczne wzmacnianie wymaga konwersji sygnałów w przypadku rozwiązań długodystansowych, stosuje się wzmacniacze EDFA oraz PDFA.

Są to zwykłe światłowody z wprowadzonymi domieszkami.

EDFA - erbium doped fiber amplifier – światłowody domieszkowane erbem. Są stosowane dla okna 1550 nm, szerokość pasma to 35 nm. Bardzo duża sprawność – rzędu 90 %.

PDFA – światłowody domieszkowane prazeodymem, stosowane dla okna 1300 nm.

Inną przyczyną ograniczeń w odległościach transmisji są zniekształcenia nieliniowe, skutek dyfrakcji fal świetlnych.

Powyższy problem można rozwiązać poprzez zastosowanie fali o odpowiedniej formie – solitonu.

Soliton to odosobniona fala, której kształt i prędkość nie zmienia się wraz z przebywaną drogą i zderzeniami z innymi solitonami.

Zastosowanie wzmacniaczy EDFA i PDFA bądź solitonów pozwala na realizację przezroczystych sieci optycznych. W sieciach tych transfer informacji pomiędzy użytkownikami końcowymi w całości odbywa się drogą optyczną.

2.5 Technologia WDM

Technologia WDM przeznaczona jest do zwielokrotniania przepustowości łącza poprzez przesyłanie w jednym i tym samym kanale fizycznym od kilku do kilkuset kanałów logicznych. Każdy z tych kanałów jest wydzielony poprzez różne długości fali. W zależności od odstępów między kanałami (odstęp międzyfalowy) technologia WDM posiada następujące implementacje:

- CWDM – 6 nm
- WDM – 2 nm
- DWDM – 0,8 nm
- UWDM – 0,4 nm

Zastosowanie technologii z rodziny WDM jest szczególnie korzystne ze względu na:

- a) wysoką przepustowość
- b) skalowalność
- c) brak konieczności synchronizacji kanałów
- d) poprawę bezpieczeństwa

Podstawową wadą jest konieczność zastosowania niestandardowych kabli światłowodowych, w szczególności kabli jednomodowych z przesuniętą niezerową dyspersją. Pojawiły się one po roku 1984. Ich głównymi producentami są Alcatel i Lucent.

Literatura

- [1] "Vademecum teleinformatyka" IDG Poland S.A. 2000 r.
- [2] L. Petersen, B. Davie "Sieci komputerowe – podejście systemowe" Nakom 2000 r.
- [3] Tom Sheldon, "Wielka encyklopedia sieci komputerowych" Robomatic 1999 r.