

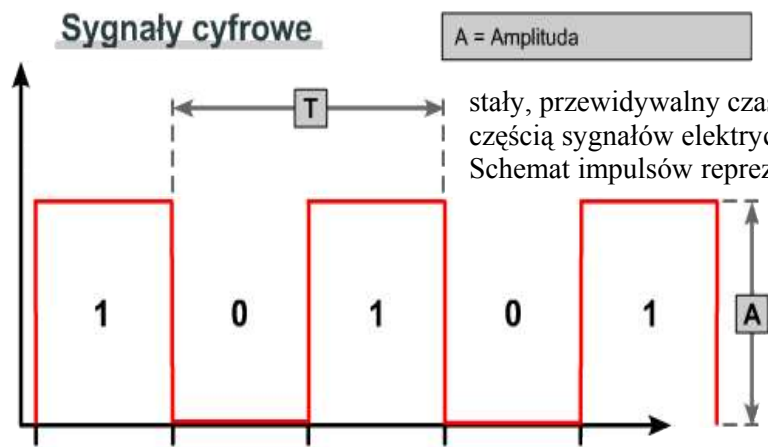
Moduł 4: Testowanie kabli Wprowadzenie

Medium sieciowe w sensie dosłownym stanowi fizyczny szkielet sieci. Zła jakość okablowania sieciowego powoduje awarie sieci i spadek wydajności. Wszystkie media, takie jak przewody miedziane, światłowody oraz media bezprzewodowe, wymagają testowania w celu określenia ich zgodności ze ściśle określonymi normami. Z testowaniem okablowania wiążą się pewne pojęcia matematyczne i elektroniczne, takie jak sygnał, fala, częstotliwość i szum. Znajomość tych pojęć pomaga w opanowaniu wiedzy o sieciach, instalacji i testowaniu okablowania. Aby sieć lokalna funkcjonowała prawidłowo, media warstwy fizycznej powinny być zgodne ze specyfikacjami określonymi w standardach branżowych. Tłumienie czyli słabnięcie sygnału oraz szum czyli interferencja sygnałów mogą powodować problemy w sieciach, ponieważ przesyłane dane mogą zostać zniekształcone do tego stopnia, że po odebraniu zostaną źle zinterpretowane lub staną się zupełnie nieczytelne. Prawidłowe wykonanie złączy i właściwa instalacja okablowania są w związku z tym bardzo istotne. Jeśli instalacja, naprawa czy dokonywane zmiany będą zgodne ze standardami, to tłumienie i poziomy szumu powinny zostać znacznie zminimalizowane. Po zainstalowaniu kabla można użyć urządzenia certyfikującego, które sprawdzi czy zostały spełnione wymagania standardów TIA/EIA.

4.1 Wprowadzenie do testowania kabli opartego na częstotliwości 4.1.1 Fale

Fala stanowi sposób przenoszenia energii z miejsca na miejsce. Istnieje wiele rodzajów fal, ale wszystkie można opisać za pomocą podobnej terminologii. Fale można wyobrazić sobie jako zaburzenia. W całkowicie nieruchomym wiadrze z wodą nie ma fal, ponieważ nie ma zaburzeń. Natomiast w morzu zawsze istnieją wykrywalne fale wynikające z takich zaburzeń, jak wiatr i pływy. Możliwe jest podanie w metrach wysokości, czyli amplitudy fal morskich. Fala może zostać opisana również ze względu na to, jak często uderza w brzeg. Tę cechę określa się za pomocą okresu i częstotliwości. Okres fali to mierzona w sekundach ilość czasu, jaka upływa między uderzeniem dwóch kolejnych fal o brzeg. Częstotliwość to liczba fal, które uderzają w brzeg w ciągu jednej sekundy; mierzy się ją w hercach (Hz). Jeden hertz odpowiada jednej fali na sekundę, czyli jednemu cyklowi na sekundę. Aby lepiej zapoznać się z tymi pojęciami, należy poeksperymentować, zmieniając amplitudę i częstotliwość fali na ilustracji. Specjalistów w dziedzinie sieci zazwyczaj interesują fale napięcia w medium miedzianym, fale świetlne w światłowodzie i rozchodzące się w przestrzeni zaburzenia pól elektrycznych i magnetycznych, zwane falami elektromagnetycznymi. Amplituda sygnału elektrycznego nadal odpowiada wysokości fali, ale mierzona jest w woltach (V), a nie w metrach (m). Okres fali to mierzona w sekundach ilość czasu potrzebna na

przejście pełnego cyklu zmian napięcia. Częstotliwość jest to mierzona w hercach (Hz) liczba pełnych cykli na sekundę. Jeśli zaburzenie zostało wywołane celowo i ma

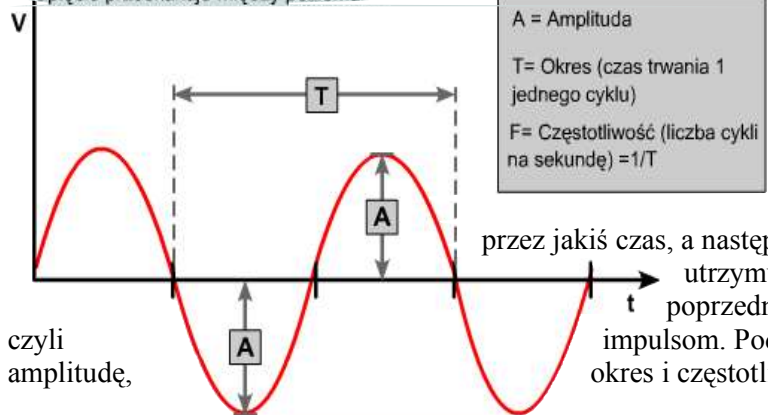


stały, przewidywalny czas trwania, nazywane jest impulsem. Impulsy są ważną częścią sygnałów elektrycznych, ponieważ stanowią podstawę transmisji cyfrowej. Schemat impulsów reprezentuje tu wartości transmitowanych danych.

4.1.2 Fale sinusoidalne i prostokątne

Reprezentację graficzną fal sinusoidalnych stanowią krzywe zwane sinusoidami, będące wykresami pewnych funkcji matematycznych. Mają one określone cechy charakterystyczne. Funkcje te są okresowe, co oznacza, że w regularnych odstępach czasu powtarza się ten sam wzorec. Fale sinusoidalne cechują się ciągłą zmiennością, co oznacza, że nie istnieją dwa sąsiadujące ze sobą punkty na wykresie, dla których funkcja miałaby

- Impulsy dyskretne (nieciągłe)
- Możliwe są tylko dwa stany (1/0, włączony/wyłączony)
- Napięcie przeskakuje między poziomami



czyli amplitudę,

tę samą wartość. **Sinusoidy** są graficznym odwzorowaniem wielu naturalnych zdarzeń, które zmieniają się równomiernie w czasie. Przykładami takich zdarzeń mogą być: zmiana odległości między Ziemią i Słońcem, zmiana wysokości podczas jazdy na diabelskim młynie czy zmiana pory wschodu słońca. Fale sinusoidalne zmieniają się w sposób ciągły, czyli stanowią przykład fal analogowych. **Fale prostokątne**, podobnie jak sinusoidalne, są okresowe. Ich wykresy jednak nie zmieniają się w sposób ciągły. Fala ma określoną wartość przez jakiś czas, a następnie wartość ta ulega naglej zmianie na inną. Druga wartość utrzymuje się przez jakiś czas i równie nagle powraca do poprzedniej. Fale prostokątne odpowiadają sygnałom cyfrowym, impulsom. Podobnie jak inne fale, fale prostokątne mają określoną okres i częstotliwość.

4.1.3 Wykładniki i logarytmy

- Ciągły przebieg napięcia
- Napięcie zmienia się w czasie
- Możliwe różne rodzaje kodowania

Najważniejsze trzy systemy liczbowe stosowane w sieciach to:

Dwójkowy: o podstawie 2

Dziesiętny: o podstawie 10

Szesnastkowy: o podstawie 16

Przypomnijmy, że podstawa systemu liczbowego informuje, za pomocą ilu symboli zapisuje się liczby, czyli ile symboli może znaleźć się na danej pozycji. Na przykład liczby w systemie dwójkowym są zapisywane za pomocą tylko dwóch cyfr: 0 i 1. W układzie dziesiętnym istnieje dziesięć możliwych cyfr: od 0 do 9. W układzie szesnastkowym istnieje szesnaście możliwych symboli: cyfry od 0 do 9 i litery od A do F. Jak wiadomo, wartość 10×10 można zapisać w następujący sposób: 10^2 . Zapis 10^2 oznacza dziesięć do kwadratu, czyli do potęgi drugiej. W takim zapisie 10 stanowi podstawę, a 2 — wykładnik potęgi. Wartość $10 \times 10 \times 10$ można zapisać w następujący sposób: 10^3 . Zapis 10^3 oznacza dziesięć do sześciastku, czyli do potęgi trzeciej. Podstawą nadal jest 10, ale wykładnikiem — 3. Zamieszczone poniżej ćwiczenie multimedialne umożliwi nabranie wprawy w obliczaniu potęg. Po wpisaniu wartości x obliczana jest wartość y , a po wpisaniu wartości y — wartość x . Podstawa systemu liczbowego określa także wartość cyfr na poszczególnych pozycjach. Najmniej znacząca cyfra ma wartość równą podstawie⁰, czyli jeden. Następna cyfra ma wartość równą podstawie¹. W przypadku liczb dwójkowych wartość ta wynosi 2, dziesiętnych — 10, a szesnastkowych — 16. Zapis wykładniczy ułatwia zapisywanie bardzo dużych lub bardzo małych liczb. Znacznie łatwiej jest zapisać miliard w postaci 10^9 niż jako 1000000000. Zapis taki zmniejsza również ryzyko błędów. Wiele obliczeń związanych z testowaniem kabli wykonywanych jest na bardzo dużych liczbach, dlatego najczęściej używany jest zapis wykładniczy. Z zapisem wykładniczym można się zapoznać, wykonując odpowiednie ćwiczenie interaktywne. Jednym ze sposobów operowania bardzo dużymi lub bardzo małymi liczbami, które występują w sieciach, jest ich przekształcenie zgodnie z odpowiednią regułą, czyli funkcją matematyczną, zwaną logarytmem. Symbolem logarytmu jest „log”, a dowolna liczba może zostać użyta jako podstawa systemu logarytmów. Jednakże, podstawa 10 ma wiele atutów, nieosiągalnych dla typowych obliczeń, przez inne liczby będące podstawami. Można powiedzieć, że podstawa 10 jest wręcz przeznaczona do typowych obliczeń. Jednakże, podstawa 10 ma wiele atutów, nieosiągalnych dla typowych obliczeń w przypadku innych liczb będących podstawami. Aby obliczyć logarytm dziesiętny liczby, należy użyć kalkulatora lub skorzystać z ćwiczenia interaktywnego. Można także obliczać logarytmy liczb niebędących potęgami 10, ale nie można obliczyć logarytmu liczby ujemnej. Nauka obliczania logarytmów wykracza poza zakres tematyczny tego kursu, jednak terminologia związana z logarytmami jest powszechnie używana przy wyrażaniu wartości w decybelach oraz pomiaru intensywności sygnałów w mediach miedzianych, światłowodach i w sieciach bezprzewodowych.

4.1.4 Decybele

Decybele (dB) są jednostką miary używaną do opisywania sygnałów w sieci. Pojęcie decybela wiąże się z omówionymi już pojęciami wykładnika i logarytmu opisanymi w poprzednich częściach. Istnieją dwa wzory służące do obliczania wartości wyrażonych w decybelach:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (P_{\text{końcowa}} / P_{\text{odniesienia}})$$

$$\text{dB} = 20 \log_{10} (V_{\text{końcowa}} / V_{\text{odniesienia}})$$

We wzorach zastosowano następujące oznaczenia:

dB oznacza spadek lub wzmocnienie mocy fali. Wartości wyrażane w dB (decybelach) mogą być liczbami ujemnymi co wskazuje na spadek mocy w miarę przemieszczania się fali, ale mogą także być dodatnie, wskazując na przyrost mocy po wzmocnieniu sygnału.

\log_{10} oznacza, że dla liczby w nawiasie ma zostać obliczony jej logarytm dziesiętny.

$P_{\text{końcowa}}$ jest to moc dostarczona na wyjściu wyrażona w watach (W).

$P_{\text{odniesienia}}$ jest to moc początkowa wyrażona w watach (W).

$V_{\text{końcowa}}$ jest to napięcie dostarczone na wyjściu wyrażone w woltach (V)

$V_{\text{odniesienia}}$ jest to napięcie początkowe wyrażone w woltach (V).

Pierwsze równanie służy do porównywania mocy (P), a drugie — napięcia (V). Równanie mocy stosuje się zazwyczaj do fal świetlnych płynących przez światłowód oraz do fal radiowych w powietrzu. Do fal elektromagnetycznych w kablach miedzianych stosuje się równanie napięcia. Powyższe równania mają kilka wspólnych cech. Aby obliczyć moc końcową, do wzoru $\text{dB} = 10 \log_{10} (P_{\text{końcowa}} / P_{\text{odniesienia}})$ należy podstawić odpowiednie wartości dB i $P_{\text{odniesienia}}$. To równanie można zastosować, aby dowiedzieć się, ile mocy pozostaje w fali radiowej po przebyciu określonej drogi przez różne materiały. Aby bliżej zapoznać się z pojęciem decybela, w ćwiczeniu interaktywnym wykonaj opisane poniżej przykładowe obliczenia:

Jeśli moc źródła lasera czyli $P_{\text{odniesienia}}$ wynosi siedem mikrowatów (7×10^{-6} W), a całkowita utrata mocy w łączy światłowodowym wynosi 13 dB, to jaka jest wartość mocy, która dotarła do celu?

Jeśli łączny spadek mocy w światłowodzie wynosi 84 dB, a moc źródłowego lasera ($P_{\text{odniesienia}}$) wynosi jeden miliwat (1×10^{-3} W), jaka jest moc dostarczanego sygnału?

Jeśli napięcie zmierzone na końcu kabla wynosi dwa mikrowolty (2×10^{-6} V), a napięcie źródłowe wynosi jeden wolt, jaki jest przyrost lub utrata napięcia wyrażona w decybelach? Czy ta wartość jest dodatnia, czy ujemna? Czy oznacza ona przyrost, czy spadek napięcia?

4.1.5 Przedstawianie sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości Jednym z najważniejszych faktów ery informacji jest możliwość przedstawiania danych oznaczających słowa, obrazy, filmy czy muzykę za pomocą zmian napięcia w przewodach i urządzeniach elektronicznych. Dane przedstawione za pomocą zmian napięcia można przekształcić w fale świetlne lub radiowe, a następnie ponownie w fale napięcia. Jako przykład rozważmy telefon analogowy. Fale dźwiękowe wytwarzane przez głos osoby dzwoniącej docierają do mikrofonu w słuchawce. Mikrofon przekształca energię dźwięku w odpowiadające głosowi zmiany napięcia elektrycznego. Gdyby wykreślić zmiany napięcia w czasie, mielibyśmy charakterystykę danego głosu. Oscyloskop stanowi ważne urządzenie elektroniczne służące do śledzenia przebiegu sygnałów elektrycznych, takich jak fale i impulsy napięcia. Oś x na

ekranie oscyloskopu oznacza czas, a oś y — napięcie lub natężenie prądu. Zazwyczaj oś y umożliwia wyświetlanie dwóch kanałów wejściowych, można więc obserwować przebiegi dwóch fal jednocześnie.

Analizowanie sygnałów za pomocą oscyloskopu nosi nazwę analizy w dziedzinie czasu, ponieważ na osi x, która odpowiada dziedzinie funkcji matematycznej, odkładany jest czas. Sygnały bada się także, analizując ich częstotliwość. W tej analizie na osi x odkładane są częstotliwości. Przebiegi na potrzeby analizy częstotliwości wykreśla urządzenie nazywane analizatorem widma. Do przesyłania sygnałów elektromagnetycznych używane są różne częstotliwości, dzięki czemu sygnały nie interferują ze sobą. Przy przesyłaniu sygnałów radiowych z modulacją częstotliwości (FM, Frequency Modulation) używane są inne częstotliwości niż przy sygnałach telewizyjnych lub satelitarnych. Nastrojenie radiodbiornika na inną stację radiową polega na zmianie częstotliwości odbieranej przez radio.

4.1.6 Sygnały analogowe i cyfrowe w dziedzinie czasu i częstotliwości

Aby zrozumieć złożoność problemów związanych z sygnałami w sieciach i testowaniem instalacji kablowych, zobaczmy, jak sygnały analogowe zmieniają się w zależności od czasu i częstotliwości. Rozważmy najpierw elektryczną falę sinusoidalną o pojedynczej częstotliwości w zakresie słyszalnym. Jeśli taki sygnał zostanie wysłany do głośnika, będzie można usłyszeć dźwięk.

Następnie wyobraźmy sobie kombinację kilku fal sinusoidalnych. W jej wyniku powstaje fala znacznie bardziej złożona niż fala sinusoidalna. Słysząc byłoby kilka dźwięków. Wykres kilku dźwięków składa się z pojedynczych linii odpowiadających częstotliwości każdego z nich. Wreszcie wyobraźmy sobie złożony sygnał, taki jak ludzki głos lub dźwięk instrumentu muzycznego. Sygnałowi składającemu się z wielu różnych dźwięków odpowiada widmo ciągłe.

4.1.7 Szum w dziedzinie czasu i częstotliwości

Szum jest ważnym pojęciem używanym w systemach komunikacyjnych, w tym również w sieciach lokalnych. Potocznie szum oznacza niepożądane dźwięki, natomiast w terminologii telekomunikacyjnej są to niepożądane sygnały. Szum pochodzący ze źródeł naturalnych lub technologicznych dołącza się do sygnałów przynoszących dane. W każdym systemie komunikacyjnym istnieje pewna ilość szumu. Nie można go wyeliminować, niemniej jednak dobra znajomość źródeł szumu umożliwia pewne zniwelowanie jego skutków. Istnieje wiele źródeł szumu:

- pobliskie kable przesyłające sygnały z danymi;
- interferencja radiowa (RFI, radio frequency interference), czyli szum pochodzący z innych sygnałów, które są przesyłane w niedalekiej odległości;
- interferencja elektromagnetyczna (EMI, electromagnetic interference), czyli szum pochodzący z pobliskich źródeł promieniowania elektromagnetycznego, takich jak silniki i światła;
- szum laserowy w nadajniku lub odbiorniku sygnału optycznego.

Szum, który jednakowo zakłóca wszystkie częstotliwości transmisji, nazywany jest szumem białym. Szum, który wpływa tylko na wąski zakres częstotliwości, nosi nazwę szumu wąskopasmowego. Gdy biały szum zostaje wykryty przez radiodbiornik, szum ten może zakłócać wszystkie stacje radiowe. Szum wąskopasmowy zakłóca natomiast tylko transmisje kilku stacji, które nadają na podobnych częstotliwościach.

4.1.8 Szerokość pasma

Szerokość pasma jest ważnym pojęciem używanym w systemach telekomunikacyjnych. Pojęcie to rozpatrywane inaczej w przypadku transmisji analogowej oraz cyfrowej. **Szerokość pasma**

w transmisji analogowej zazwyczaj odnosi się do zakresu częstotliwości analogowego systemu elektronicznego. Określa ona zakres częstotliwości wysyłanych przez stację radiową lub wzmacniacz elektroniczny. Jednostką przepustowości w paśmie analogowym (podobnie jak częstotliwości) jest herc. **Szerokość pasma w transmisji cyfrowej** jest rozumiana najczęściej jako przepustowość i określa, jaką ilość informacji można przesłać z jednego miejsca do drugiego w danym przedziale czasu. Podstawową jednostką przepustowości w paśmie cyfrowym są bity na sekundę (b/s). Ponieważ w sieciach lokalnych można przysyłać dane z szybkością tysięcy milionów bitów na sekundę, przepustowość podaje się w kilobitach na sekundę (kb/s) lub megabitach na sekundę (Mb/s). Szerokość pasma jest ograniczona przez rodzaj medium fizycznego, zaawansowanie poszczególnych technologii oraz prawa fizyki. Podczas testowania kabli w celu określenia szerokości pasma kabla miedzianego w paśmie cyfrowym używa się pomiaru szerokości pasma w paśmie analogowym. **Sygnały cyfrowe są złożone z wielu sinusoidalnych fal analogowych.** Częstotliwości analogowe są emitowane z jednego końca kabla i odbierane na drugim. Podczas pomiaru porównuje się sygnał na obu jego końcach i na tej podstawie oblicza tłumienie sygnału. Ogólnie rzecz biorąc, media obsługujące szersze pasmo analogowe przy niewielkim stopniu tłumienia mają większą przepustowość w paśmie cyfrowym.

4.2 Sygnały i szumy

4.2.1 Przesyłanie sygnałów przez kable miedziane i światłowodowy

W przewodzie miedzianym sygnałami przesyłającymi dane są poziomy napięcia odpowiadające zerom i jedynkom w systemie dwójkowym. Poziomy napięcia mierzy się względem napięcia zerowego zarówno w nadajniku, jak i odbiorniku. Ten poziom odniesienia nosi nazwę ziemi sygnałowej. Ważne jest, aby zarówno urządzenie nadawcze, jak i odbiorcze odwoływało się do tego samego punktu odniesienia o napięciu zero woltów. Jeśli tak jest, mówi się, że oba urządzenia są prawidłowo uziemione. Aby sieć lokalna działała prawidłowo, urządzenie odbiorcze musi właściwie interpretować zera i jedynki transmitowane jako poziomy napięcia. Ponieważ współczesne technologie sieci Ethernet zapewniają szybkości

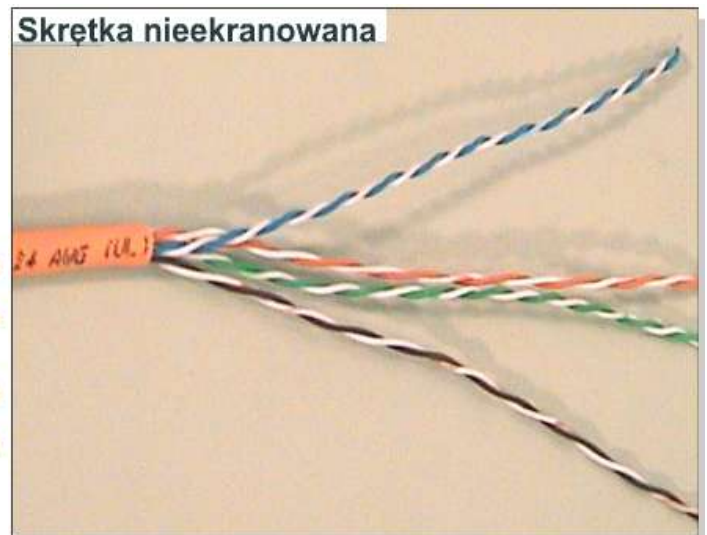
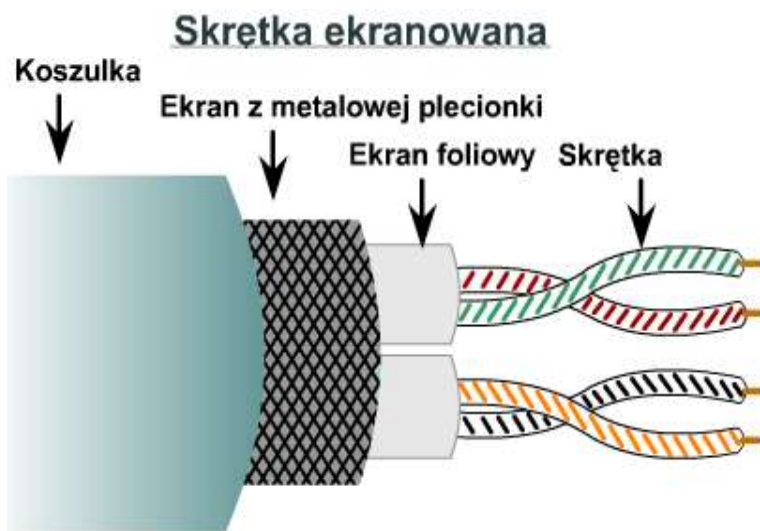
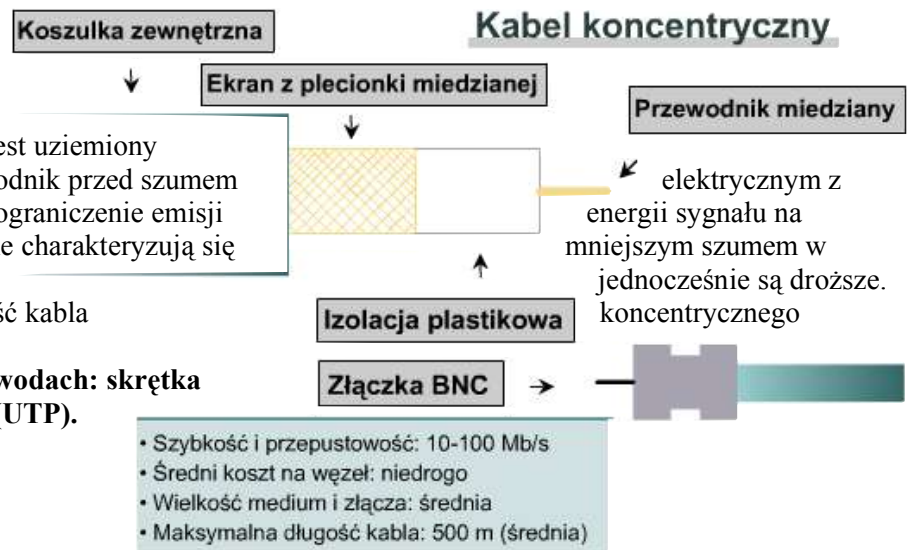
Jednostka szerokości pasma w (transmisji cyfrowej)	Skrót	Przeliczniki
Bity na sekundę	b/s	1 kb/s = 1000 b/s
Kilobity na sekundę	kb/s	1 kb/s = 1000 b/s jest
Megabity na sekundę	Mb/s	1 Mb/s = 1 000 000 b/s = 1000 kb/s
Gigabity na sekundę	Gb/s	1 Gb/s = 1 000 000 000 b/s = 1000 Mb/s

przesyłania danych rzędu miliardów bitów na sekundę, każdy bit musi zostać zinterpretowany prawidłowo, mimo że czas jego trwania jest bardzo krótki. Oznacza to, że sygnał po przejściu przez kabel i złącza musi zachować jak najwięcej ze swojej początkowej mocy. Ponieważ pojawiać się będą coraz szybsze protokoły Ethernet, nowe instalacje należy wykonywać przy użyciu jak najlepszych kabli, złączy i urządzeń sprzęgających, takich jak bloki zaciskowe i panele połączeniowe.

Istnieją dwa podstawowe rodzaje kabli miedzianych: ekranowane i nieekranowane. W kablu ekranowanym materiał ekranujący ma za zadanie zabezpieczenie sygnału przenoszącego dane przed szumem pochodzącym ze źródeł zewnętrznych oraz przed szumem generowanym przez sygnały elektryczne w kablu.

Przykładem takiego kabla jest kabel koncentryczny. Składa się on ze litego przewodu miedzianego otoczonego materiałem izolacyjnym, a następnie ekranem plecionym z drugiego przewodnika. W sieciach LAN ekran jest uziemiony elektrycznie, co zabezpiecza wewnętrzny przewód przed szumem zewnątrz. Ekran zmniejsza także straty poprzez ograniczenie emisji zewnątrz kabla. Dzięki temu kable koncentryczne charakteryzują się porównaniu z innymi kablami miedzianymi, ale Ponadto konieczność uziemienia ekranu i grubość kabla utrudnia jego instalację.

Istnieją dwa rodzaje kabli o skręconych przewodach: skrętka ekranowana (STP) i skrętka nieekranowana (UTP).



Skrętka ekranowana jest wyposażona w uziemiony zewnętrzny ekran przewodzący prąd, który izoluje sygnały od zewnętrznego szumu elektrycznego. W skrętce ekranowanej stosuje się także wewnętrzne ekrany foliowe zabezpieczające każdą z par przewodów przed szumem generowanym przez pozostałe pary. Kabel STP jest czasami błędnie nazwany ScTP (Screened Twisted Pair). ScTP odnosi się jednak do skręconych i ekranowanych kabli kategorii 5 lub 5e, natomiast terminem STP określa się specyficzny kabel IBM, który posiada jedynie dwie pary przewodów. **Skrętka ekranowana ScTP** jest droższa, trudniejsza w instalacji i rzadziej używana niż skrętka nieekranowana. **Skrętka nieekranowana** jest bardziej narażona na szum zewnętrzny z powodu braku ekranu, ale jest ona używana częściej ze względu na niższą cenę i łatwość instalacji. W kablach światłowodowych dane są przenoszone w postaci sygnałów polegających na zmianach intensywności światła odpowiadających zerom i jedynkom systemu dwójkowego. W kablu o tej samej długości natężenie sygnału świetlnego nie spada w takim stopniu jak moc sygnału elektrycznego. Sygnałów optycznych nie zakłóca szum elektryczny, a światłowodów nie trzeba uziemiać, chyba że koszulka zawiera metal lub linkę wzmacniającą. Dlatego używane są one do połączeń między piętrami i budynkami. Coraz niższe koszty i coraz większe wymagania co do szybkości sprawiają, że światłowody mogą stać się powszechniejszym medium w sieciach lokalnych.

4.2.2 Tłumienność i tłumienność przejścia w kablu miedzianym

Kabel światłowodowy

Tłumienność jest to spadek amplitudy sygnału na całej długości łącza. Długie kable i wysokie częstotliwości sygnału zwiększają tłumienność. Z tego względu testery

częstotliwości, decybelach (dB)

Koszulka (zazwyczaj z PCW)

przy użyciu wartości ujemnych. Mniejsza wartość bezwzględna tłumienności oznacza lepszą

Element wzmacniający (włókno aramidowe)

Bufor

przewodu miedzianego powoduje utratę części energii elektrycznej sygnału w postaci ciepła. Energia sygnału jest także tracona poprzez izolację kabla oraz z powodu impedancji wywołanej niesprawnością złączy.

Płaszcz

Rdzeń

Impedancja jest miarą oporu przewodnika względem zmiennego; jej jednostką jest om. Określona standardem kategorii 5 wynosi 100 omów. Nieprawidłowe kategorii 5 powoduje, że złącze ma inną impedancję niż lub niedopasowania impedancji.

prądu impedancja kabla

podłączenie złącza do kabla

sam kabel. Taka sytuacja nosi nazwę nieciągłości

Nieciągłość impedancji zwiększa tłumienność, ponieważ część wysyłanego sygnału — zamiast zostać przesłana do odbiornika — zostanie odbita z powrotem do urządzenia wysyłającego, podobnie jak ma to miejsce w przypadku echa.

Efekt ten potęguje się, gdy istnieje wiele nieciągłości powodujących odbicie kolejnych części pozostałego sygnału z powrotem do nadajnika. Gdy z kolei odbicie napotka

kierunku pierwotnego sygnału, tworząc efekt echa. Echo dociera do odbiornika w różnych odstępach czasu, określenie wartości właściwego sygnału. Proces ten nosi nazwę rozsynchronizowania i jest przyczyną błędów w transmisji danych.

Połączone skutki tłumienia sygnału i nieciągłości impedancji na linii komunikacyjnej noszą nazwę tłumienności przejścia. Prawidłowe funkcjonowanie sieci wymaga, aby wszystkie kable i złącza miały jednakową impedancję, bez jakichkolwiek nieciągłości w

4.2.3 Źródła szumu w kablach miedzianych

Na szum składa się wszelka energia elektryczna w transmisyjnym, która utrudnia zinterpretowanie przez odbiornik danych wysyłanych z nadajnika.

Procedura certyfikacji TIA/EIA-568-B wymaga obecnie testowania kabli pod kątem różnego rodzaju szumów. **Przesłuch** polega na przeniesieniu sygnału z jednego przewodu do drugiego znajdującego się w pobliżu. Zmiana napięcia w przewodzie generuje energię elektromagnetyczną. Energia ta promieniuje z przewodu, podobnie jak sygnał radiowy z nadajnika. Sąsiednie przewody w kablu działają jak anteny, odbierając wygenerowaną energię, która zakłóca przesyłanie danych w tych przewodach.

Przesłuch może także pochodzić od sygnałów z innych kabli leżących w pobliżu. Nazywa się on wtedy przesłuchem obcym (ang. alien crosstalk). Przesłuch stanowi większy problem przy wyższych częstotliwościach transmisji. **Urządzenie testujące** kable mierzy przesłuch, wysyłając sygnał testowy do jednej pary przewodów. Następnie tester mierzy amplitudę niepożądanego sygnału (przesłuchu) indukowanego w innych parach przewodów w tym kablu. **Efekt przesłuchu** wykorzystuje się w skrętkach w celu zmniejszenia szumu. W skrętce para przewodów służy do transmisji jednego sygnału. Para ta jest skręcona w taki sposób, aby każdy przewód doświadczał podobnego przesłuchu. Ponieważ szum będzie identyczny w obu przewodach, łatwiejsze będzie jego wykrycie i odfiltrowanie w urządzeniu odbiorczym. Skręcenie pary przewodów pomaga także zredukować przesłuch danych i szum pochodzący z sąsiedniej pary. Skrętka nieekranowana wyższych kategorii wymaga gęstszego skręcenia każdej pary przewodów w kablu, aby umożliwić zmniejszenie przesłuchu na wyższych częstotliwościach transmisji. Aby zapewnić niezawodną komunikację w sieci lokalnej, przy zakładaniu złączy na końcach skrętki nieekranowanej przewody należy rozkręcać na jak najkrótszym odcinku.

4.2.4 Rodzaje przesłuchu

Tłumienie

Kabel sieciowy między komputerami

wielokrotnego utrudniając



Nadajnik



Odbiornik

całej instalacji.

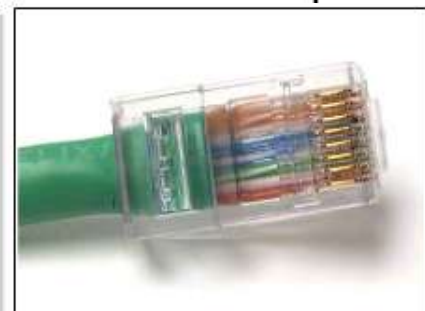
Łączenie przewodów

Sygnał cyfrowy ulega tłumieniu podczas

kablu



Złącze niesprawne przewody nie są skręcone na zbyt długim odcinku.



Złącze sprawne przewody są nieskręcone tylko na tyle, na ile jest to niezbędne w celu założenia złącza.

Wyróżniamy trzy rodzaje przesłuchu:

przesłuch zbliżny (NEXT, Near-end Crosstalk),
przesłuch zdalny (FEXT, Far-end Crosstalk),
przesłuch zbliżny skumulowany w jednej parze (PSNEXT, Power Sum Near-end Crosstalk).

Przesłuch zbliżny (NEXT) jest to stosunek amplitud napięcia sygnału testowego i sygnału przesłuchu mierzonych na tym samym końcu połączenia. Przesłuch zbliżny jest wyrażany w decybelach (dB) wartości ujemnych. Im większa liczba (mniejsza wartość bezwzględna), tym większy szum: tak samo temperatury ujemne bliskie zera oznaczają, że jest cieplej. Zazwyczaj testery okablowania nie wyświetlają znaku minus oznaczającego ujemne wartości **przesłuchu zbliżnego**. Odczyt NEXT o wartości 30 dB (co faktycznie ma znaczyć -30 dB) oznacza mniejszy przesłuch zbliżny i bardziej czysty sygnał niż NEXT o wartości 10 dB.

Wartość NEXT należy zmierzyć na obu końcach linii dla każdej pary względem każdej innej pary w skrętce nieekranowanej. Aby skrócić czas testowania, niektóre urządzenia umożliwiają przesłuchów NEXT przy większych odstępach między zostało to określone w standardzie TIA/EIA. W wyniku tego pomiary mogą nie być zgodne ze standardem TIA/EIA-568-B i stwarzają ryzyko przeoczenia wydajność połączenia kablowego, przesłuch zbliżny należy okablowania na obu końcach linii. Taki sposób pomiaru jest celu zapewnienia pełnej zgodności ze specyfikacją kabla o wysokiej przepustowości.

Ze względu na tłumienność przesłuch pojawiający się dalej od nadajnika powoduje mniejszy szum w kablu niż przesłuch zbliżny. Ten przesłuch nosi nazwę **przesłuchu zdalnego, czyli FEXT**. Szum powodowany przez przesłuch zdalny nadal powraca do źródła, ale jest tłumiony podczas powrotu. Dlatego nie stanowi on takiego problemu jak przesłuch zbliżny.

Przesłuch zbliżny skumulowany w jednej parze

przesłuchów zbliżnych pochodzących ze wszystkich par przewodów w kablu. Przesłuch PSNEXT jest obliczany dla każdej pary przewodów na podstawie przesłuchu zbliżnego pochodzącego od pozostałych trzech par. Połączony przesłuch z wielu równoległych źródeł transmisji może w znacznym stopniu pogorszyć jakość sygnału. Certyfikaty TIA/EIA-568-B wymagają obecnie testów sprawdzających wielkość przesłuchu PSNEXT.

W niektórych sieciach opartych na specyfikacji Ethernet, na przykład 10BASE-T i 100BASE-TX, dane są odbierane w danym kierunku tylko z jednej pary przewodów. Jednakże w wypadku nowszych technologii, takich jak 1000BASE-T, w których dane są odbierane w tym samym kierunku z wielu par, pomiary przesłuchu PSNEXT są bardzo istotne.

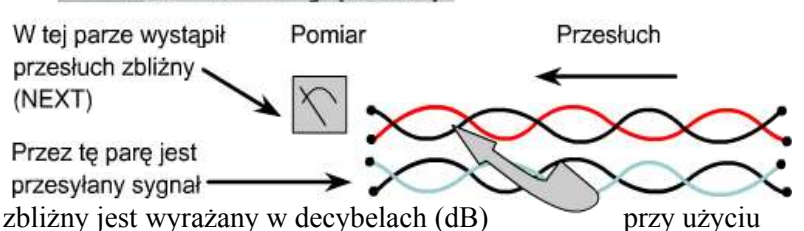
4.2.5 Standardy testowania kabli

Standard TIA/EIA-568-B określa dziesięć testów, które musi przejść kabel miedziany, aby mógł zostać użyty w nowoczesnych, szybkich sieciach Ethernet. Wszystkie połączenia kablowe należy testować z zastosowaniem maksymalnych wartości znamionowych wskazanych dla testowanej kategorii kabli.

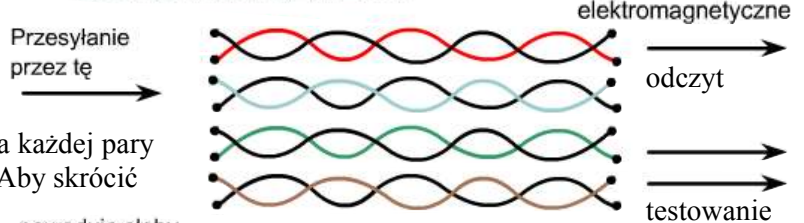
Dziesięć podstawowych parametrów, które muszą być przetestowane dla połączenia kablowego, aby spełniało standardy TIA/EIA:

- mapa połączeń,
- tłumienność przejścia,
- przesłuch zbliżny (NEXT),

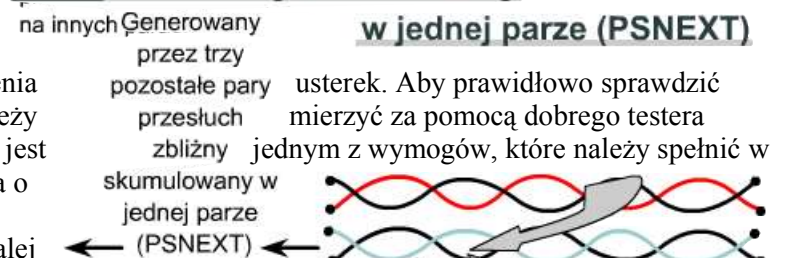
Przesłuch zbliżny (NEXT)



Przesłuch zdalny (FEXT)



Przesłuch zbliżny skumulowany w jednej parze (PSNEXT)



Przesyłanie przez te pary

(PSNEXT) jest wynikiem kumulacji

usterek. Aby prawidłowo sprawdzić mierzyć za pomocą dobrego testera jednym z wymogów, które należy spełnić w

przesłuch zbliżny skumulowany w jednej parze (PSNEXT),
 wyrównany współczynnik przesłuchu zdalnego (ELFEXT),
 skumulowany współczynnik przesłuchu zdalnego (PS ELFEXT),
 straty odbiciowe,
 opóźnienie propagacji,
 długość kabla,
 różnica opóźnień (delay skew).

Standard Ethernet określa, że każdy ze styków złącza RJ-45 ma specyficzne zadanie. Karta sieciowa wysyła sygnały przez styki 1 i 2, a odbiera na stykach 3 i 6. Przewody w skrętkie nieekranowanej muszą być podłączone do odpowiednich styków na obu końcach kabla. Test mapy połączeń polega na sprawdzeniu, czy w kablu nie ma przewodów rozwartych ani zwartych. Przewód rozwarty to taki, który nie jest prawidłowo podłączony do złączki. Przewód zwarty to przewód połączony z drugim przewodem.



Poprawne podłączenie (standard T568B)

Mapa połączeń umożliwia również sprawdzenie, czy wszystkie osiem przewodów podłączono do odpowiednich styków na obu końcach

Mapa przewodów umożliwia wykrywanie różnych błędów podłączenia. Błąd podłączenia polegający na odwróceniu pary

wtedy, gdy para przewodów jest prawidłowo podłączona do jednej złączki, a odwrotnie do

Ma to miejsce na przykład wtedy, gdy na jednym końcu przewód biało/pomarańczowy jest podłączony do styku 1, a przewód pomarańczowy — do styku 2, natomiast na drugim końcu odwrotnie. Przykład takiego podłączenia przedstawiono na ilustracji.

Błąd polegający na rozdzieleniu par ma miejsce wtedy, gdy pojedynczy przewód z jednej pary został zamieniony z pojedynczym przewodem z innej pary. Takie połączenie powoduje zmniejszenie efektu znoszenia i sprawia, że kabel jest bardziej podatny na przesłuchy i interferencje. Aby zobaczyć, na czym polega błąd tego typu, należy przyjrzeć się dokładnie numerom styków na ilustracji. Rozdzielenie par powoduje, że dwie pary przewodów nadawczych lub odbiorczych nie są ze sobą skręcone.

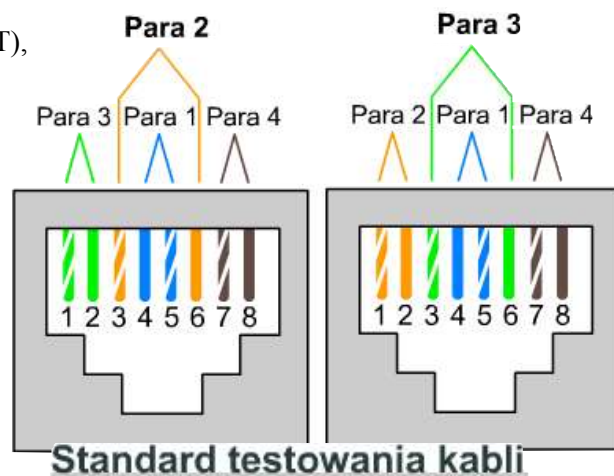
Błąd polegający na zamianie par miejscami występuje wtedy, gdy jakaś para przewodów jest podłączona do różnych styków na obu końcach. Błąd ten różni się od odwrócenia pary, ponieważ w wypadku odwrócenia pary przewody na obu końcach podłączone są do tej samej pary styków, tylko odwrotnie.

4.2.6 Inne parametry testowe

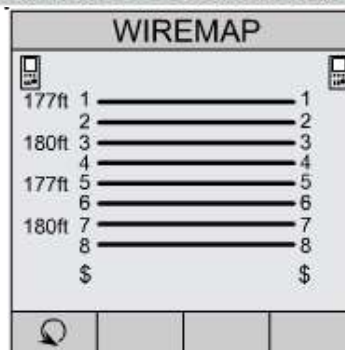
Połączone skutki tłumienia sygnału i nieciągłości impedancji na linii komunikacyjnej noszą nazwę tłumienności przejścia. Tłumienność przejścia mierzy się na zdalnym końcu kabla i wyraża w decybelach. Standard TIA/EIA wymaga, żeby kabel i jego złącza obowiązkowo zostały przetestowane pod względem tłumienności przejścia przed zastosowaniem w sieci LAN. **Pomiar przesłuchu** odbywa się w trakcie czterech odrębnych testów Tester okablowania mierzy przesłuch zbliżny, wysyłając sygnał testowy do jednej z par i mierząc amplitudę przesłuchu odebranego przez inne pary przewodów. Przesłuch zbliżny jest to wyrażony w decybelach stosunek amplitud napięcia sygnału testowego i sygnału przesłuchu mierzonych na tym samym końcu kabla. Należy pamiętać, że tester wyświetla wartość bezwzględną przesłuchu. Liczba określająca przesłuch jest ujemna, czyli większa liczba na wyświetlaczu oznacza mniejszy przesłuch. Jak wspomniano wyżej, test PSNEXT jest w istocie rezultatem obliczeń opartych na połączeniu efektów przesłuchu zbliżnego. **Test ELFEXT** (wyrównanego współczynnika przesłuchu zdalnego między dwoma parami mierzonego w odniesieniu do sygnału źródłowego) opiera się na pomiarze przesłuchu zdalnego. Przesłuch ELFEXT para-para jest wyrażony w dB stosunkiem zmierzonego przesłuchu zdalnego do tłumienności przejścia pary przewodów, której sygnał jest zakłócany przez przesłuch zdalny. Wartość ELFEXT jest ważnym parametrem w sieciach Ethernet działających w technologii 1000BASE-T. Parametr PS ELFEXT stanowi skumulowany efekt przesłuchów ELFEXT pochodzących ze wszystkich par przewodów. **Straty odbiciowe** to wyrażona w decybelach miara liczby odbić spowodowanych wszystkimi nieciągłościami impedancji na całej długości linii. Warto przypomnieć, że głównego problemu związanego ze stratami odbiciowymi nie stanowi utrata pierwotnej mocy sygnału. Istotne jest natomiast to, że echa sygnału spowodowane nieciągłościami docierają do odbiornika w różnych odstępach czasu, powodując rozsynchronizowanie sygnału.

4.2.7 Parametry czasowe

Standardy Ethernet



Standard testowania kabli

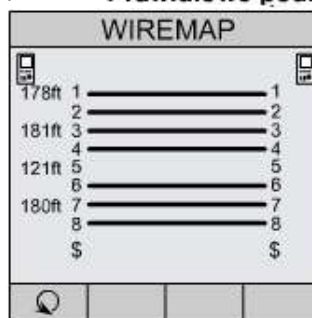


kabla.

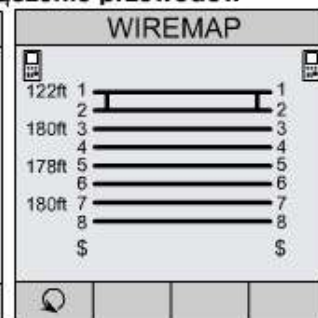
występuje

drugiej.

Prawidłowe podłączenie przewodów



Przewody rozwarte



Przewody zwarte

Opóźnienie propagacji to parametr badany poprzez prosty pomiar czasu przesyłania sygnału testowanym kablem. Opóźnienie sygnału w parze przewodów zależy od ich długości, stopnia skręcenia i właściwości elektrycznych. Opóźnienia są mierzone w setnych częściach nanosekundy. Jedna nanosekunda to jedna miliardowa, czyli 0,000000001 sekundy. Standard TIA/EIA-568-B określa limit opóźnienia propagacji dla różnych kategorii skrętki nieekranowanej. **Obliczenia długości kabli** opierają się na pomiarach opóźnienia propagacji. Standard TIA/EIA-568-B.1 stanowi, że fizyczną długość linii oblicza się według pary przewodów o najkrótszym opóźnieniu sygnału elektrycznego. Testery mierzą długość przewodu na podstawie opóźnienia sygnału elektrycznego w teście TDR, nie zaś opierając się na fizycznej długości koszulki kabla. Ponieważ przewody w kablu są skręcone, sygnały przebywają większy dystans, niż wynikałoby to z fizycznej długości kabla. Pomiar TDR polega na wysłaniu impulsu przez parę przewodów i zmierzeniu czasu, jaki upłynie do momentu powrotu tego impulsu przez tę samą parę. **Test TDR** nie tylko pozwala określić długość kabla, ale także odległość do takich uszkodzeń, jak przewody zwarte i rozwarne. Kiedy impuls napotka przewody zwarte lub rozwarne albo podłączenie niskiej jakości, całość lub część jego energii powróci do testera okablowania. Może to zostać użyte do obliczenia przybliżonej odległości od uszkodzenia. Jest to przydatne przy szukaniu na linii niesprawnego punktu połączenia, którym może być np. gniazdko ścienne. W różnych parach przewodów w jednym kablu opóźnienia propagacji mogą się nieco różnić od siebie ze względu na liczbę skrętów i właściwości elektryczne poszczególnych par. Różnica między parami w opóźnieniu nosi nazwę różnicy opóźnień. Różnica opóźnień jest nieważnym parametrem w sieciach o dużej prędkości, w których dane są jednocześnie przesyłane przez kilka par przewodów, na przykład Ethernet 100BASE-T. Jeśli różnica opóźnień między parami jest za duża, bity nie docierają jednocześnie i nie jest możliwe ponowne złożenie danych. Nawet jeśli łącze nie jest przeznaczone do tego typu transmisji danych, testowanie błędów opóźnienia umożliwi jego modernizację w kierunku sieci o większej przepustowości. Wszystkie połączenia kablowe w sieci lokalnej muszą przejść każdy z opisanych wyżej testów, w sposób określony w standardzie TIA/EIA-568-B, aby można było mówić o zgodności ze standardem. Zgodność ze standardem musi być potwierdzona przez urządzenie certyfikacyjne, które zapewnia, że wszystkie konieczne testy zakończyły się powodzeniem. Testy te dają pewność, że połączenia kablowe będą działały niezawodnie przy wysokich częstotliwościach i szybkościach. Testy kabli należy wykonywać podczas ich instalowania, a następnie regularnie ponawiać, aby mieć pewność, że instalacje sieci LAN spełniają standardy branżowe. Aby zyskać pewność, że testy są dokładne, należy prawidłowo korzystać z wysokiej jakości urządzeń testujących. Wyniki testów trzeba również dokładnie udokumentować.

4.2.8 Testowanie światłowodów

Łącze światłowodowe składa się z dwóch oddzielnych włókien szklanych działających jako niezależne ścieżki danych. Jedno włókno przesyła sygnały w jedną stronę, a drugie w przeciwną. Każde włókno jest otoczone nieprzepuszczalną dla światła powłoką, dlatego w światłowodach nie występuje przesłuch. W światłowodach nie występują również problemy z interferencją elektromagnetyczną ani z szumem. Pojawia się tłumienie, ale w znacznie mniejszym stopniu niż w kablach miedzianych. **W łączach światłowodowych** występuje optyczny odpowiednik nieciągłości impedancji znanej ze skrętki nieekranowanej. Kiedy światło napotka nieciągłość optyczną, taką jak zanieczyszczenie szkła bądź mikrorysę, jego część jest odbijana w przeciwną stronę. Oznacza to, że tylko ułamek pierwotnego sygnału przechodzi dalej w kierunku odbiornika. W rezultacie do odbiornika dociera mniej światła, co utrudnia rozpoznanie sygnału. Podobnie jak w wypadku skrętki nieekranowanej, nieprawidłowo zainstalowane złącza są główną przyczyną odbić światła i strat mocy sygnału. Ponieważ w wypadku światłowodów nie ma problemów z szumem, podstawową kwestią jest moc sygnału świetlnego docierającego do odbiornika. Jeśli tłumienie spowoduje osłabienie odbieranego sygnału świetlnego, mogą wystąpić błędy w interpretacji danych. Testowanie światłowodów polega przede wszystkim na wysłaniu światła i sprawdzaniu, czy odpowiednia jego ilość dociera do odbiornika. **Konieczne jest obliczenie akceptowalnego stopnia utraty mocy sygnału**, tak aby nie była ona niższa od wymaganej przez odbiornik. Rachunek taki nazywa się budżetem optycznym połączenia światłowodowego. Urządzenie do testowania światłowodów, składające się ze źródła światła i miernika mocy sprawdza, czy budżet ten nie został przekroczony. Jeśli włókno nie przejdzie tego testu, inne urządzenie testowe może zostać użyte do wskazania, w którym miejscu połączenia wystąpiła nieciągłość. Optyczne urządzenie TDR znane jako OTDR może posłużyć do lokalizacji takich nieciągłości. Zazwyczaj problem powstaje w wyniku nieprawidłowego podłączenia jednego lub wielu złączy. Urządzenie OTDR odnajdzie miejsce, w którym znajduje się wadliwe połączenie wymagające wymiany. Po usunięciu usterek konieczne jest ponowne przetestowanie kabla.

4.2.9 Nowy standard

W czerwcu 2002 roku opublikowano uzupełnienie standardu TIA-568 dotyczące okablowania kategorii 6 (czyli Cat 6). Oficjalną nazwą standardu jest ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1. Nowy standard opisuje zestaw parametrów wydajnościowych, które należy testować w instalacjach sieci Ethernet, a także określa liczby punktów wymagane do pomyślnego zaliczenia każdego z testów. Kable kategorii 6 muszą pomyślnie przejść wszystkie testy. Mimo iż testy kategorii 6 są w zasadzie takie same, jak w standardzie Cat 5, nowy certyfikat wymaga większej liczby punktów. Kabel kategorii 6 musi przenosić częstotliwości do 250 MHz oraz wykazywać niższe poziomy przesłuchu i strat odbiciowych. Wszystkie pomiary wymagane przez certyfikaty Cat 5, Cat 5e i Cat 6 dla połączeń stałych i połączeń kanałowych można wykonać za pomocą testera okablowania z serii Fluke DSP-4000 lub Fluke OMNIScanner2 lub podobnych urządzeń. Na rysunku przedstawiono analizator okablowania Fluke DSP-4100 z adapterem DSP-LIA013 do testowania okablowania kategorii 5e.

Podsumowanie

- Z testowaniem okablowania wiążą się następujące pojęcia matematyczne i elektroniczne: sygnał, fala, częstotliwość i szum. Znajomość tych pojęć pomaga w opanowaniu wiadomości o sieciach, instalacji i testowaniu okablowania.
- Tłumienie (słabnięcie sygnału) i szum (interferencja sygnałów) powodują problemy z sieciami, ponieważ dane mogą zostać zniekształcone do tego stopnia, że po odebraniu będą nieczytelne. Prawidłowe podłączenie złączy i właściwa instalacja okablowania są w związku z tym bardzo istotne.