

Moduł 3: Media transmisyjne używane w sieciach. Wprowadzenie

Kable miedziane są wykorzystywane praktycznie w każdej sieci LAN. Dostępne są różne typy kabli miedzianych, z których każdy ma swoje wady i zalety. Prawidłowy wybór okablowania ma istotne znaczenie dla efektywnej pracy sieci. Ponieważ informacje są przenoszone w miedzi za pośrednictwem prądu elektrycznego, podczas planowania i instalowania sieci ważne jest poznanie niektórych zasad rządzących elektrycznością. Światłowód jest medium najczęściej wykorzystywanym na długich odcinkach szerokopasmowej transmisji danych punkt-punkt, stosowanych w szkieletowych sieciach LAN i w sieciach WAN. W mediach optycznych do transmisji danych poprzez włókno szklane lub plastikowe wykorzystywane jest światło. Sygnały elektryczne powodują generowanie przez nadajnik światłowodowy sygnałów świetlnych wysyłanych przez światłowód. Host odbiorczy otrzymuje sygnały świetlne i przekształca je na sygnały elektryczne na odległym końcu światłowodu. Przez sam kabel światłowodowy nie przepływa jednak prąd elektryczny. W rzeczywistości użyte w kablu światłowodowym szkło jest bardzo dobrym izolatorem elektryczności. Fizyczne połączenie urządzeń umożliwia zwiększenie produktywności dzięki temu, że pozwala na udostępnianie drukarek, serwerów i oprogramowania. Tradycyjne systemy sieciowe wymagają, aby stacja robocza cały czas pozostawała w tym samym miejscu, zezwalając na ruch jedynie w granicach narzuconych przez długość kabla przyłączeniowego. Wprowadzenie technologii bezprzewodowych usuwa te ograniczenia i umożliwia prawdziwą mobilność w świecie komputerów. Obecnie technika bezprzewodowa nie oferuje szybkiej transmisji danych ani takich zabezpieczeń czy niezawodności pracy jak w przypadku sieci kablowych. Jednak elastyczność techniki bezprzewodowej stanowi wystarczającą rekompensatę. Podczas instalowania nowej sieci lub modernizacji istniejącej administratorzy często biorą pod uwagę technikę bezprzewodową. Prosta sieć bezprzewodowa może działać już w kilka minut po włączeniu stacji roboczych. Łączność z Internetem następuje poprzez połączenie kablowe, router, modem kablowy lub DSL i bezprzewodowy punkt dostępu, który pełni rolę koncentratora węzłów bezprzewodowych. W zastosowaniach domowych lub biurowych te wszystkie funkcje są często spełniane przez jedno urządzenie.

3.1 Media miedziane

3.1.1 Atomy i elektrony

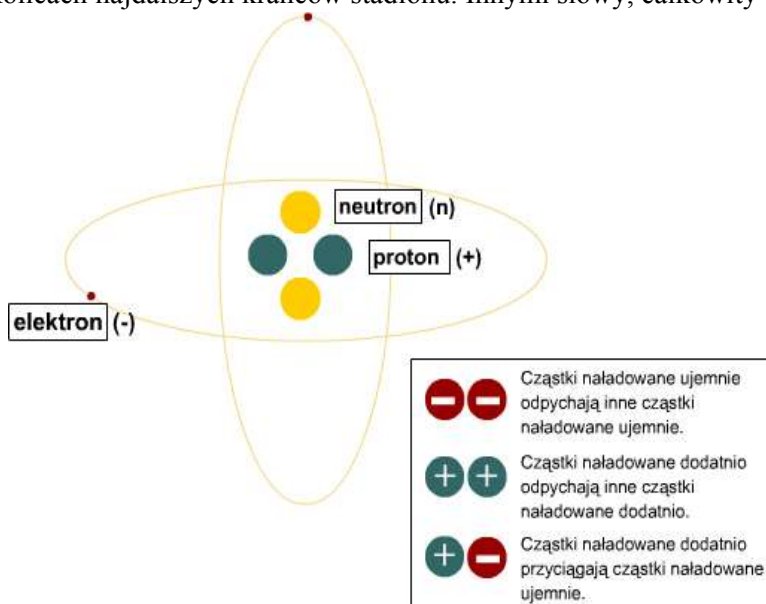
Cała materia złożona jest z atomów. Układ okresowy pierwiastków obejmuje wszystkie znane typy atomów i ich własności. Na atom składają się następujące elementy:

elektrony – cząstki naładowane ujemnie, które poruszają się po orbitach wokół jądra,

protony – cząstki naładowane dodatnio,

neutrony – cząstki bez ładunku (obojętne).

Protony i neutrony tworzą centralną część atomu zwaną jądrem. Aby lepiej zrozumieć elektryczne właściwości pierwiastków/substancji, należy odnaleźć hel (He) w układzie okresowym pierwiastków. Liczba atomowa helu to 2, co oznacza, że składa się on z 2 protonów i 2 elektronów. Jego masa atomowa to 4. Odejmując liczbę atomową (2) od masy atomowej (4), można się przekonać, że hel ma również 2 neutrony. Duński fizyk Niels Bohr opracował uproszczony model atomu. Ilustracja przedstawia model atomu helu. Gdyby protony i neutrony w atomie miały takie rozmiary, że razem tworzyłyby bryłę o wielkości piłki futbolowej znajdującej się na środku boiska, jedynymi mniejszymi elementami byłyby elektrony. Miałyby one rozmiar wiśni i orbitowałyby w okolicach najdalszych krańców stadionu. Innymi słowy, całkowity rozmiar tego atomu, z uwzględnieniem orbit elektronów, byłby zbliżony do rozmiaru stadionu. Natomiast samo jądro atomu, w którym znajdują się protony i neutrony, miałoby rozmiar piłki. Jedno z praw przyrody, zwane prawem Coulomba, mówi, że ładunki różnoimienne (przeciwnie) oddziałują na siebie siłą, która powoduje, że wzajemnie się przyciągają. Ładunki jednoimienne (podobne) oddziałują na siebie siłą, która powoduje, że się odpychają. Zarówno w przypadku ładunków różnoimiennych, jak i jednoimiennych, siła zwiększa się w miarę zbliżania się ładunków do siebie i jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Gdy cząsteczki znajdują się bardzo blisko siebie, siły jądrowe równoważą odpychającą siłę elektrostatyczną, sprawiając, że nukleony w jądrze utrzymują się razem. Właśnie dlatego jądra nie rozpadają się. Przyjrzyjmy się modelowi atomu helu proponowanemu przez Bohra. Jeśli prawo Coulomba jest prawdziwe, a model Bohra opisuje atomy helu jako stabilne, to działać muszą jeszcze jakieś inne prawa przyrody. W jaki sposób zarówno prawo Coulomba, jak i model Bohra mogą być jednocześnie prawdziwe?



Prawo Coulomba – ładunki jednoimienne odpychają się, a różnoimienne przyciągają.

Model Bohra – protony mają ładunki dodatnie, a elektrony ładunki ujemne. W jądrze znajduje się kilka protonów.

Elektrony pozostają na orbitach, mimo iż protony je przyciągają. Elektrony mają wystarczającą prędkość, aby utrzymać się na orbicie i nie zostać wciągnięte na jądro, podobnie jak dzieje się to w wypadku Księżyca krążącego wokół Ziemi.

Protony nie oddalają od siebie z powodu sił jądrowych, które związane są z neutronami. Siły jądrowe to niewiarygodnie duże siły, które działają jak klej, utrzymując protony blisko siebie. **Protony i neutrony** są ze sobą związane bardzo wielką siłą, natomiast elektrony są utrzymywane na orbicie wokół jądra przez siłę znacznie mniejszą. Tak więc elektrony niektórych atomów, na przykład atomów metali, mogą zostać odciągnięte od atomu i zmuszone do przepływu. Właśnie dzięki temu morzu elektronów, w niewielkim stopniu związanych z atomami, możliwa jest elektryczność. Elektryczność to swobodny przepływ elektronów. **Uwolnione elektrony**, które pozostają w jednym miejscu bez ruchu i mają ładunek ujemny, nazywane są elektrycznością statyczną. Jeśli te statyczne elektrony będą miały możliwość przeskoczenia na przewodnik, może dojść do wyładowania elektrostatycznego (ESD). Przewodniki zostaną omówione w dalszej części tego rozdziału. **Wyładowanie elektrostatyczne**, które jest zazwyczaj bezpieczne dla ludzi, może być niebezpieczne dla wrażliwego sprzętu elektronicznego. Wyładowanie statyczne może uszkodzić układy scalone komputera, przechowywane na nim dane lub jedno i drugie. Obwody logiczne układów scalonych komputera są bardzo wrażliwe na wyładowania elektrostatyczne. Podczas wykonywania czynności wewnątrz komputera, routera lub innych urządzeń należy zachować w związku z tym ostrożność. Substancje zbudowane z atomów lub grup atomów, zwane cząsteczkami, często określa się terminem „materiały”. Materiały klasyfikuje się pod względem przynależności do jednej z trzech grup w zależności od tego, z jaką łatwością może przez nie przepływać prąd elektryczny, czyli wolne elektrony. Wiedza, w jaki sposób izolatory, przewodniki i półprzewodniki kontrolują przepływ elektronów i pracują ze sobą w różnych kombinacjach, ma zasadnicze znaczenie, jeżeli chodzi o wszystkie urządzenia elektroniczne.

3.1.2 Napięcie

Napięcie jest czasami nazywane siłą elektromotoryczną (EMF, ang. electromotive force; w języku polskim stosowany jest też skrót SEM). Siła elektromotoryczna jest siłą elektryczną lub ciśnieniem, które ujawnia się, gdy elektrony i protony zostaną rozdzielone. Wytworzona siła przyciąga ładunki przeciwne i odpycha ładunki podobne. Proces taki zachodzi w baterii, w której reakcje chemiczne doprowadzają do uwolnienia elektronów z ujemnego bieguna baterii. Elektrony wędrują następnie przez obwód ZEWNĘTRZNY w kierunku przeciwnego, czyli dodatniego, bieguna. Elektrony nie przemieszczają się przez samą baterię. Należy pamiętać, że przepływ prądu elektrycznego jest w rzeczywistości przepływem elektronów. Napięcie może być również wytworzone na trzy inne sposoby. Po pierwsze, przez tarcie (elektryczność statyczna). Po drugie, przez magnetyzm (generator elektryczny). I wreszcie napięcie można wytworzyć za pomocą światła (ogniwo słoneczne). Napięcie oznacza się literą U lub literą E, jeśli mowa jest o sile elektromotorycznej. Jednostką pomiaru napięcia jest wolt (V) Wolt jest definiowany jako ilość pracy wykonanej nad ładunkiem jednostkowym, potrzebna do rozdzielenia ładunków.

3.1.3 Opór i impedancja

Materiały, przez które przepływa prąd, stawiają różny opór (rezystancję) przepływającym elektronom.

Materiały, które mają bardzo małą rezystancję lub nie mają jej wcale, są nazywane przewodnikami. Te materiały, które nie przewodzą prądu lub przewodzą go w bardzo małym stopniu, nazywane są izolatorami.

Wielkość rezystancji zależy od chemicznego składu

materiału. Wszystkie materiały przewodzące prąd elektryczny charakteryzują się mierzalną wielkością opisującą rezystancję dla przepływających przez nie elektronów. Materiały te charakteryzują się również pojemnością i indukcyjnością, które związane są z przepływem elektronów. Te trzy charakterystyki składają się na impedancję, która jest podobna do rezystancji i stanowi jej uogólnienie. **Tłumienność** jest ważnym pojęciem w nauce o sieciach. Odnosi się do oporu stawianego przepływowi elektronów, który powoduje pogorszenie sygnału podczas przechodzenia przez przewodnik. Litera R oznacza rezystancję. Jednostką pomiaru rezystancji jest om (Ω). Symbol pochodzi od greckiej litery omega, Ω .

Izolatory elektryczne, nazywane zazwyczaj izolatorami, to materiały, przez które elektrony przepływają z trudem lub w ogóle nie przepływają. Przykładami izolatorów elektrycznych jest plastik, szkło, powietrze, suche drewno, papier, guma i hel. Materiały te mają bardzo stabilną strukturę chemiczną, a orbitujące elektrony są silnie związane z atomami.

Przewodniki elektryczne, nazywane zazwyczaj przewodnikami, to materiały, przez które elektrony przepływają z dużą łatwością. Płyną one bez przeszkód, ponieważ elektrony zewnętrzne są bardzo słabo związane z jądrem i łatwo można je uwolnić. W temperaturze pokojowej materiały te mają bardzo dużą liczbę wolnych elektronów, które mogą umożliwić przewodzenie. Przyłożenie napięcia powoduje przemieszczanie się wolnych elektronów, co z kolei wywołuje przepływ prądu. W układzie okresowym niektóre grupy atomów są łączone w kategorie rozmieszczone w kolumnach. Atomy każdej kolumny należą do określonej rodziny chemicznej. Mimo iż mogą mieć one różną liczbę protonów, neutronów i elektronów, ich elektrony zewnętrzne mają podobne orbity i zachowują się w podobny sposób podczas oddziaływania z innymi atomami i cząsteczkami. Najlepszymi przewodnikami są metale takie jak miedź (Cu), srebro (Ag) i złoto (Au), ponieważ ich elektrony mogą zostać łatwo uwolnione. Inne przewodniki to stop lutowniczy, będący mieszaniną ołowiu (Pb) i cyny (Sn), oraz woda zawierająca jony. Jon to atom mający więcej lub mniej elektronów niż protonów w jądrze atomu. Ludzkie ciało składa się w około 70% z wody zawierającej jony, co oznacza, że ludzkie ciało jest przewodnikiem.

Półprzewodniki to materiały, w których można precyzyjnie kontrolować wielkość przewodzonego prądu elektrycznego. Materiały te są umieszczone w tej samej kolumnie układu okresowego. Przykładem jest węgiel (C), german (Ge) oraz arsenek galu (GaAs). Najważniejszym półprzewodnikiem, z którego wykonuje się najlepsze miniaturowe obwody elektroniczne, jest krzem (Si). Krzem występuje powszechnie i można go znaleźć w piasku, szkle i w wielu typach skał.

Izolatory	Przewodniki	Półprzewodniki
Elektrony przepływają z trudem	Elektrony przepływają z łatwością	Przepływ elektronów może być precyzyjnie kontrolowany
Plastik	Miedź (Cu)	Węgiel (C)
Guma	Srebro (Ag)	German (Ge)
Powietrze	Złoto (Au)	Arsenek galu (GaAs)
Papier	Stop lutowniczy	Krzem (Si)
Suche drewno	Woda z jonami	
Szkło	Ludzie	

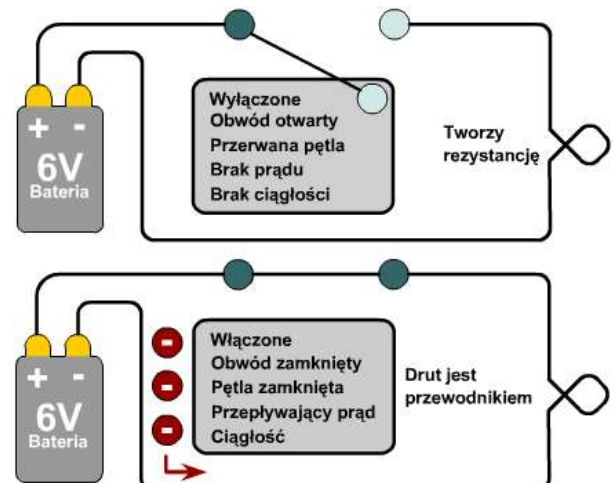
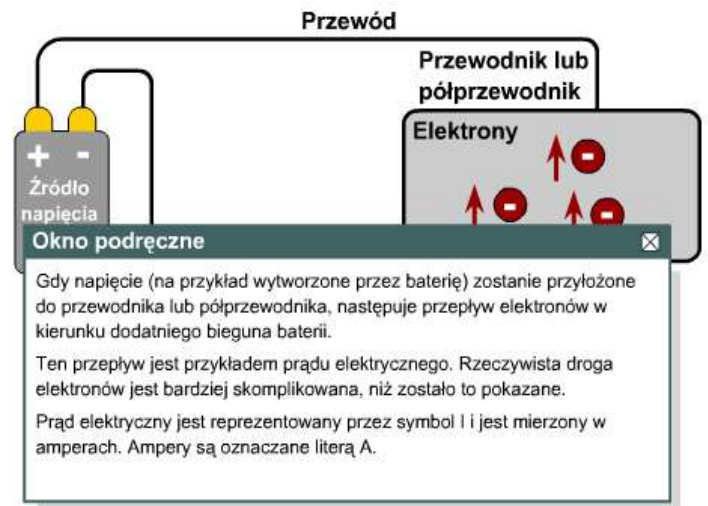
Obszar wokół San Jose w Kalifornii jest znany jako Dolina Krzemowa, ponieważ powstał tam przemysł komputerowy, który opiera się na krzemowych układach scalonych

3.1.4 Prąd

Prąd elektryczny to przepływ ładunków wywołany ruchem elektronów. W obwodach elektrycznych prąd jest wywołany przepływem swobodnych elektronów. Gdy przyłożone zostanie napięcie (ciśnienie elektryczne) i powstanie ścieżka dla prądu, elektrony będą się poruszać od ujemnego bieguna do bieguna dodatniego. Biegun ujemny odpycha elektrony, a biegun dodatni przyciąga je. Prąd jest oznaczany literą „I”. Jednostką pomiaru prądu jest amper (A). Definiowany jest on jako liczba ładunków przepływających w ciągu sekundy przez punkt wzdłuż ścieżki. Jeśli przyjmujemy, że natężenie lub prąd to ilość lub objętość ruchu elektronów, to napięcie będzie szybkością, z jaką przepływają elektrony. Z połączenia natężenia i napięcia powstaje moc elektryczna. Moc urządzeń elektrycznych, takich jak żarówki, silniki i zasilacze komputerowe, jest podawana w watach. Liczba watów określa, ile mocy dane urządzenie zużywa lub wytwarza. Całą pracę w obwodzie elektrycznym wykonuje prąd lub natężenie. Przykładowo, elektryczność statyczna charakteryzuje się bardzo wysokim napięciem, tak wysokim, że może spowodować przeskok iskry przez lukę wielkości kilku centymetrów. Jednak ma ona bardzo małe natężenie i może wywołać szok, ale nie trwałe obrażenia. Rozrusznik w samochodzie pracuje z bardzo niskim napięciem rzędu 12 woltów, ale wymaga bardzo dużego natężenia do wytworzenia energii, która wystarczyłaby do obrócenia wału silnika. Piorun ma zarówno bardzo wysokie napięcie, jak i natężenie, w wyniku czego może spowodować poważne uszkodzenia lub obrażenia.

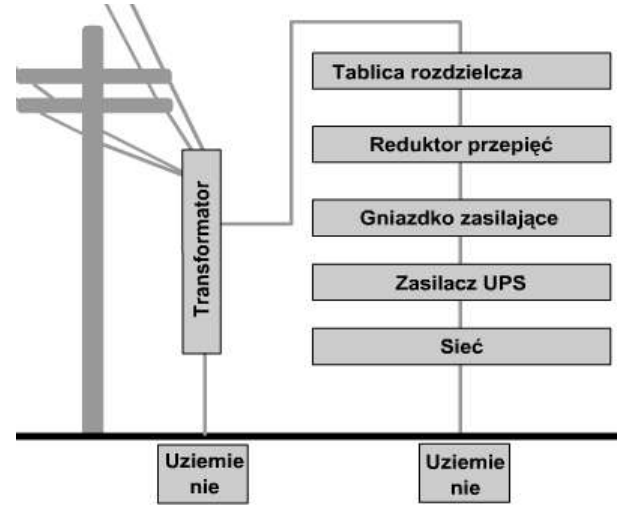
3.1.5 Obwody

Prąd przepływa w zamkniętych pętlach zwanych obwodami. Obwody te muszą składać się z przewodników i muszą zawierać źródła napięcia. Napięcie powoduje przepływ prądu, natomiast rezystancja i impedancja utrudniają ten przepływ. Prąd złożony jest z elektronów przepływających od biegunów ujemnych w kierunku biegunów dodatnich. Znajomość tych faktów umożliwi ludziom kontrolowanie przepływu prądu. W najczęstszym przypadku prąd elektryczny będzie się starał popłynąć ku ziemi, jeśli tylko znajdzie do niej ścieżkę. Prąd również płynie ścieżką o najmniejszej rezystancji. Tak więc, jeśli ludzkie ciało stanowić będzie ścieżkę o najmniejszej rezystancji, prąd popłynie przez nie. W gniazdku elektrycznym z wystającym bolcem, bolec ten działa jako uziemienie o napięciu zero woltów. Uziemienie tworzy dla elektronów ścieżkę przewodzenia do ziemi, ponieważ rezystancja ścieżki przechodzącej przez ludzkie ciało jest większa niż rezystancja ścieżki prowadzącej bezpośrednio do ziemi. Podczas wykonywania pomiarów elektrycznych uziemienie oznacza zazwyczaj poziom zera woltów. Napięcie jest wytwarzane przez rozdzielenie ładunków, co oznacza, że pomiar napięcia musi być wykonany pomiędzy dwoma punktami. Analogia z przepływem wody pomaga wyjaśnić pojęcie elektryczności. Im wyższe są poziom wody i ciśnienie, tym więcej wody popłynie. Strumień wody zależy również od rozmiaru przestrzeni, przez którą musi on płynąć. Podobnie, im wyższe jest napięcie i ciśnienie elektryczne, tym większy prąd zostanie wytworzony. Prąd elektryczny napotyka rezystancję, która podobnie jak zawór wodny, zmniejsza przepływ. Jeśli prąd elektryczny znajduje się w obwodzie prądu zmiennego, to ilość prądu będzie zależeć od wielkości impedancji. Jeśli prąd elektryczny znajduje się w obwodzie prądu stałego, to ilość prądu będzie zależeć od wielkości rezystancji. Pompa pełni rolę baterii. Wytwarza ona ciśnienie umożliwiające przepływ. **Zależność pomiędzy napięciem, rezystancją a prądem jest następująca: napięcie (U) = prąd (I) pomnożony przez rezystancję (R). Innymi słowy, $U=I \cdot R$. Jest to prawo Ohma, nazwane tak od nazwiska naukowca badającego te zagadnienia.** Prąd może płynąć na dwa sposoby, jako prąd zmienny (AC) i jako prąd stały (DC). Prąd zmienny (AC) i napięcie zmieniają się w czasie, jednocześnie zmieniając swój kierunek (polaryzację). Prąd zmienny płynie w jednym kierunku, po czym zmienia go na przeciwny i płynie tak do momentu kolejnej zmiany. Proces się powtarza. Napięcie zmienne jest dodatnie na jednym biegunie i ujemne na drugim. Napięcie zmienne zmienia polaryzację, więc biegun dodatni staje się ujemnym, a biegun ujemny staje się dodatnim. Ten proces powtarza się ciągle. Prąd stały zawsze płynie w tym samym kierunku, a napięcie stałe ma zawsze tę samą polaryzację. Jeden biegun jest zawsze dodatni, a drugi jest zawsze ujemny. Nie zmieniają się one ani nie zamieniają miejscami. **Oscyloskop** to urządzenie elektroniczne używane do badania przebiegu sygnałów elektrycznych w czasie. Wyświetla on wykresy fal i impulsów, umożliwiając obserwowanie ich zależności w czasie. Na ekranie oscyloskopu widoczna jest oś x oznaczająca czas oraz oś y oznaczająca napięcie. Zazwyczaj oś y umożliwia wyświetlanie dwóch kanałów wejściowych, można więc obserwować dwa przebiegi elektryczne jednocześnie. **Linie elektryczne** przenoszą elektryczność w postaci prądu zmiennego, ponieważ w ten sposób można ją efektywnie dostarczać na duże odległości. Prąd stały znajduje



zastosowanie w bateriach latarek, akumulatorach samochodowych i w zasilaniu układów scalonych na płycie głównej komputera, gdy wymagane jest dostarczenie prądu na krótkich odcinkach.

Elektrony przepływają w obwodach zamkniętych lub pętłach zamkniętych. **Rysunek (poprzednia strona)** przedstawia prosty obwód. Procesy chemiczne zachodzące w baterii powodują wytworzenie ładunków. One z kolei dostarczają napięcia lub ciśnienia elektrycznego, które umożliwia przepływ elektronów przez różne urządzenia. Linie oznaczają przewodnik, który jest zazwyczaj przewodem miedzianym. Włącznik można sobie wyobrazić jako pojedynczy przewód, który może być otwarty (przerwany) w celu uniemożliwienia przepływu elektronów. Gdy dwa jego końce zostaną zwarte (zamkną obwód), elektrony będą mogły płynąć. Na koniec, żarówka stanowi rezystancję dla przepływu elektronów, co powoduje, że elektrony uwalniają energię w postaci światła. Obwody spotykane w sieciach komputerowych wykorzystują znacznie bardziej skomplikowane warianty tego bardzo prostego obwodu. W przypadku systemów elektrycznych AC i DC przepływ elektronów następuje zawsze od źródła naładowanego ujemnie w kierunku źródła naładowanego dodatnio. Jednak aby mógł nastąpić kontrolowany przepływ elektronów, wymagany jest obwód zamknięty. **Rysunek (obok)** przedstawia część obwodu elektrycznego, za pomocą którego zasilanie dostarczane jest do domu lub biura.



3.1.6 Specyfikacja kabla

Z kablami związane są różne specyfikacje oraz oczekiwania dotyczące wydajności.

Jakie szybkości transmisji można uzyskać dla różnych typów kabli? Szybkość transmisji bitowej w kablu jest bardzo istotna. Ma na nią wpływ rodzaj użytego przewodnika.

Jakiego typu transmisja brana jest pod uwagę? Czy transmisja będzie cyfrowa, czy analogowa? Użytkownik może wybrać transmisję cyfrową, czyli transmisję w paśmie podstawowym, albo transmisję analogową, czyli szerokopasmową.

Jaką odległość może pokonać sygnał przez określony typ kabla, zanim tłumienie sygnału stanie się znaczące? Innymi słowy, czy sygnał ulegnie takiemu osłabieniu, że gdy dotrze do urządzenia odbiorczego, nie będzie ono w stanie poprawnie go odebrać i zinterpretować? Odległość, którą sygnał pokonuje poprzez kabel, ma bezpośredni wpływ na tłumienie sygnału. Osłabienie sygnału jest więc bezpośrednio związane z odległością, która jest przezeń pokonywana oraz z typem użytego kabla.

Niektóre przykłady specyfikacji sieci Ethernet, które odnoszą się do typu kabla, są następujące:

10BASE-T

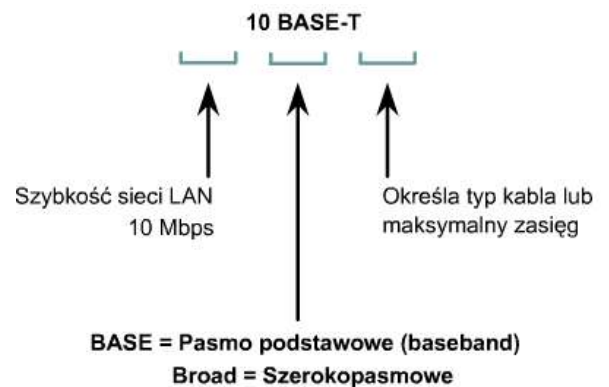
Specyfikacja 10BASE-T dotyczy transmisji o szybkości równej 10 Mb/s. Transmisja jest dokonywana w paśmie podstawowym (baseband), stąd skrót „Base”. Oznaczenie „T” dotyczy skrętki.

Specyfikacja 10BASE5 dotyczy transmisji o szybkości równej 10 Mb/s. Transmisja jest dokonywana w paśmie podstawowym, czyli jest interpretowana cyfrowo. Oznaczenie „5” dotyczy możliwości przesyłania przez kabel sygnału na odległość około 500 metrów, zanim tłumienność wpłynie na możliwość odebrania i odpowiedniego zinterpretowania odbieranego sygnału. Specyfikacja 10BASE5 jest często określana jako Thicknet. Jednak w rzeczywistości Thicknet to typ sieci, podczas gdy 10BASE5 oznacza specyfikację Ethernet używaną w tej sieci.

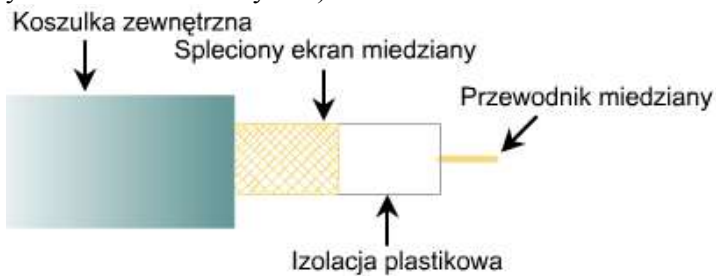
Specyfikacja 10BASE2 dotyczy transmisji o szybkości równej 10 Mb/s. Transmisja jest dokonywana w paśmie podstawowym, czyli jest interpretowana cyfrowo. Oznaczenie „2” w nazwie 10BASE2 odnosi się do maksymalnej długości segmentu – około 200 metrów, zanim tłumienność wpłynie na możliwość odebrania i odpowiedniego zinterpretowania odbieranego sygnału. Faktycznie maksymalna długość segmentu wynosi 185 metrów. Specyfikacja 10BASE2 jest często określana jako Thinnet. Jednak w rzeczywistości Thinnet to typ sieci, podczas gdy 10BASE2 oznacza specyfikację Ethernet używaną w tej sieci.

3.1.7 Kabel koncentryczny

Kabel koncentryczny składa się z miedzianego przewodnika otoczonego warstwą elastycznej izolacji. Z kolei izolacja ta, jest otoczona splecioną miedzianą taśmą lub folią metalową działającą jak drugi przewód w obwodzie oraz ekran dla znajdującego się wewnątrz przewodnika. Ta druga warstwa lub ekran zmniejsza także ilość zewnętrznych zakłóceń elektromagnetycznych. Ekran pokryty jest koszulką izolacyjną. Przewód centralny może być także wykonany, dla zmniejszenia kosztów, z cyny pokrytej aluminium. Kabel koncentryczny używany w sieci LAN zapewnia kilka korzyści. Może być kładziony na większych odległościach niż skrętka ekranowana (STP), nieekranowana (UTP) oraz kabel ScTP, bez stosowania wtórników. Wtórniki regenerują sygnał w sieci, aby mogła ona objąć większy obszar. Kabel koncentryczny jest tańszy niż kabel światłowodowy, a technologia została dobrze poznana. Była ona używana przez wiele lat do transmisji



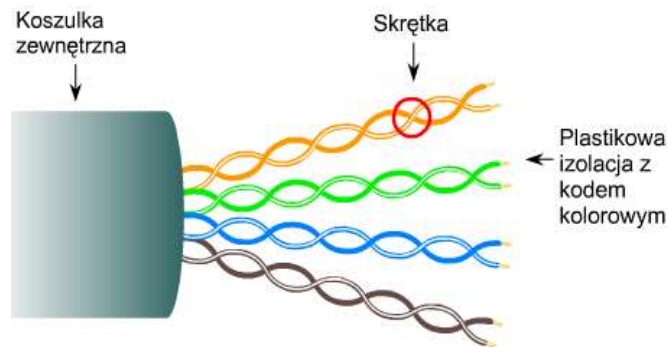
danych różnych typów, w tym sygnałów telewizji kablowej. Pracując z kablem, należy koniecznie wziąć pod uwagę jego rozmiar. W miarę zwiększania grubości kabla trudniej jest z nim pracować. Należy pamiętać, że kabel musi być przeprowadzony przez istniejące przewody i korytka, które mają ograniczony rozmiar. Kabel koncentryczny jest dostępny w wielu rozmiarach. Kabel o największej średnicy znalazł zastosowanie jako kabel sieci szkieletowych Ethernet, ponieważ umożliwia transmisję sygnału na większe odległości i ma lepsze charakterystyki tłumienia szumów. Ten typ kabla koncentrycznego jest często zwany Thicknet. Jak sugeruje nazwa potoczna („gruba sieć”), ten typ kabla może okazać się w pewnych sytuacjach trudny w montażu. Ogólnie, im trudniejszy w montażu jest medium sieciowe, tym droższa jest jego instalacja. Kabel koncentryczny jest droższy w instalacji niż skrętka. Dlatego kabel Thicknet praktycznie nie jest już używany poza instalacjami do specjalnych zastosowań. W przeszłości kabel koncentryczny Thinnet o średnicy zewnętrznej wynoszącej zaledwie 0,35 cm był używany w sieciach Ethernet. Był on szczególnie przydatny w tych instalacjach kablowych, które wymagały wielu zawinięć i skręceń kabla. Ponieważ sieć Thinnet była łatwa w montażu, była również tańsza. Z tego też powodu określano ją niekiedy mianem Cheapernet. Zewnętrzna warstwa miedziana lub metalowa siatka w kablu koncentrycznym stanowi połowę obwodu elektrycznego. Dlatego też należy szczególnie zatroszczyć się o zapewnienie dobrego połączenia elektrycznego na obu jego końcach, aby możliwe było jego prawidłowe uziemienie. Nieprawidłowe połączenie przewodu ekranującego jest jednym z najczęstszych źródeł problemów z połączeniami, które pojawiają się w instalacjach z użyciem kabla koncentrycznego. Nieprawidłowe połączenie przewodów skutkuje wystąpieniem szumów elektrycznych zakłócających transmisję sygnału w medium sieciowym. Właśnie z tego względu sieć Thinnet nie jest już tak często używana, nie jest również uwzględniana w najnowszych standardach sieci Ethernet (szybkość 100 Mb/s i wyższa).



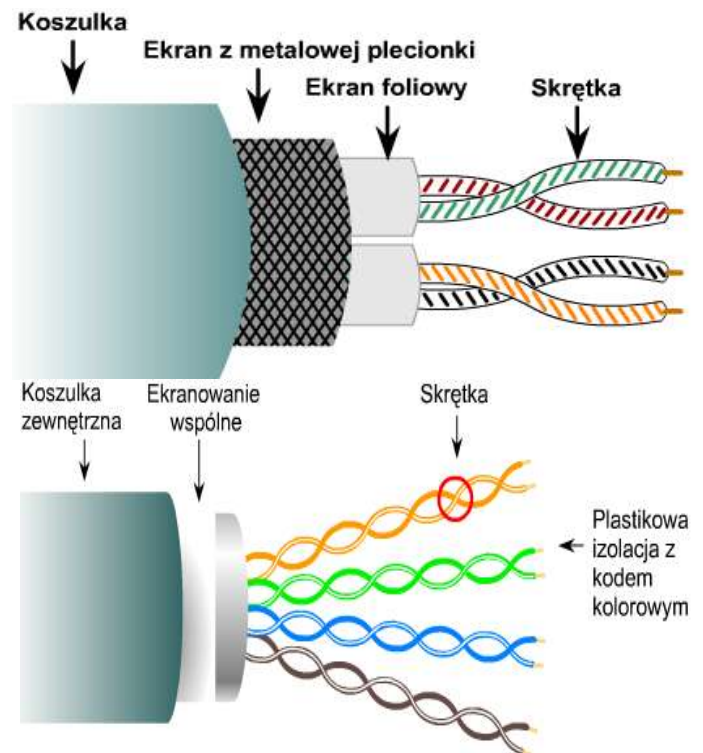
- Szybkość i przepustowość: 10 - 100 Mb/s
- Średni koszt węzła: tani
- Rozmiar medium i złącza: średni
- Maksymalna długość kabla: 500 m



3.1.8 Kabel STP



Skrętka ekranowana (STP) łączy w sobie techniki ekranowania, znoszenia i skręcania przewodów. Każda para przewodów jest owinięta metalową folią. Dwie pary przewodów są owinięte metalową siatką lub folią. Jest to zazwyczaj kabel 150-omowy. Kabel STP przeznaczony do zastosowań w instalacjach sieci Token Ring redukuje szumy elektryczne w kablu, takie jak sprzęganie i przesłuch pomiędzy parami żył. Kabel STP redukuje również szum elektroniczny pochodzący z zewnątrz, na przykład interferencję elektromagnetyczną (EMI) i zakłócenia radiowe (RFI). Skrętka ekranowana ma podobne wady i zalety co skrętka nieekranowana (UTP). Kabel STP zapewnia lepszą ochronę przed wszelkiego rodzaju zewnętrznymi zakłóceniami, ale jest droższy i trudniejszy w montażu niż kabel UTP. Rozwiązaniem hybrydowym, powstałym z połączenia kabla UTP i STP, jest ekranowany kabel UTP (ScTP), znany również jako skrętka foliowana (FTP). ScTP to kabel UTP owinięty ekranem z metalowej folii lub siatki. ScTP, tak jak UTP, jest kablem 100-omowym. Wielu instalatorów i producentów kabli może używać terminu STP do opisanie kabla ScTP. Należy pamiętać, że dzisiejsze określenie STP odnosi się do czteroparowego ekranowanego kabla. Mało prawdopodobne by prawdziwy kabel STP był używany w jakiegokolwiek instalacji sieciowej. Metalowy materiał ekranujący w kablu STP i ScTP musi być uziemiony po obu końcach. Jeśli uziemienie nie będzie właściwe lub jeśli wystąpią jakiegokolwiek nieciągłości ekranu, kabel STP i ScTP może stać się bardzo



podatny na zakłócenia związane z szumem. Dzieje się tak dlatego, że ekran zachowuje się wówczas jak antena odbierająca niepożądane sygnały. Działa to jednak w obie strony. Nie tylko uniemożliwia zewnętrznym falom elektromagnetycznym tworzenie szumów w przewodach transmisji danych, ale także minimalizuje emisję fal elektromagnetycznych. Fale te mogą powodować szum w innych urządzeniach. Kabla STP i ScTP nie można kłaść bez użycia wtórników sygnału na tak długich odcinkach jak innych mediach sieciowych, takich jak kabel koncentryczny czy kabel światłowodowy. Większa izolacja i ekranowanie powoduje znaczne zwiększenie rozmiaru, wagi i kosztów kabla. Materiały ekranujące sprawiają, że wykonanie zakończeń kabla jest trudniejsze i łatwiej o słabe jakościowo wykonanie. Mimo to kable STP i ScTP wciąż odgrywają ważną rolę, zwłaszcza w Europie, a także w instalacjach gdzie w pobliżu kabli występują silne zakłócenia radiowe lub interferencje elektromagnetyczne.

3.1.9 Kabel UTP

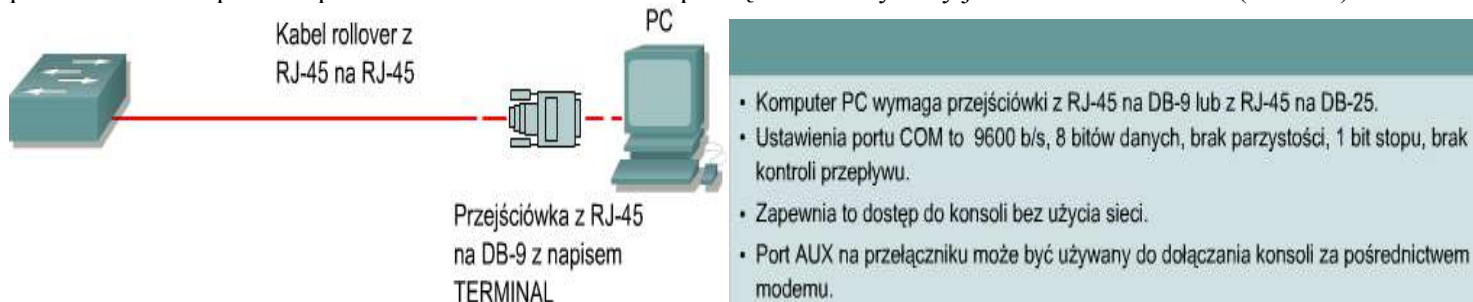
Skrętka nieekranowana (UTP) (**OBOK**) to stosowany w wielu sieciach medium składające się z czterech par przewodów. Każdy z ośmiu miedzianych przewodów w kablu UTP jest pokryty materiałem izolacyjnym. Ponadto każda para przewodów jest ze sobą skręcona. Ten typ kabla bazuje wyłącznie na efekcie znoszenia w skręconej parze przewodów, co ogranicza pogorszenie sygnału spowodowane zakłóceniami EMI i RFI. Aby jeszcze bardziej zmniejszyć przesłuch pomiędzy parami żył w kablu UTP, liczba skręceń poszczególnych par przewodów jest różna. Podobnie jak w wypadku kabla STP, kabel UTP musi spełniać ściśle wymagania opisujące liczbę skręceń lub spleceń dozwolonych na jednostkowym odcinku kabla. Standard TIA/EIA-568-B.2 zawiera wymagania dotyczące jakości kabla. Mówią one o doprowadzeniu do każdego gniazdka dwóch kabli, jednego przeznaczonego do transmisji głosu, a drugiego do transmisji danych. Jeden z tych dwóch kabli, służący do transmisji głosu, musi być czterożyłową skrętką UTP. Kable kategorii 5e są obecnie najczęściej zalecane i stosowane w instalacjach. Jednakże przewidywania analityków i niezależne badania wskazują, że kable kategorii 6 zajmą miejsce kabli kategorii 5e w instalacjach sieciowych. Fakt, że połączenie w kategorii 6 oraz wymagania kanałowe są wstecz kompatybilne do kategorii 5e sprawia, że klientom bardzo łatwo jest wybrać kategorię 6 i zastąpić kategorię 5e w swych sieciach. Zastosowania, które działają na kategorii 5e, będą działać na kategorii 6.

Skrętka nieekranowana ma wiele zalet. Łatwo jest ją instalować i jest tańsza niż inne typy mediów sieciowych. W rzeczywistości cena metra kabla UTP jest niższa niż innych typów kabli używanych w sieciach LAN. Prawdziwą zaletą jest jednak jej rozmiar. Ponieważ średnica zewnętrzna jest niewielka, kabel UTP nie wypełnia korytek tak szybko, jak inne typy kabli. Jest to bardzo istotny czynnik, który powinien zostać wzięty pod uwagę, szczególnie w przypadku instalowania sieci w starszych budynkach. Ponadto, jeśli kabel UTP jest instalowany ze złączami RJ-45, potencjalne źródła szumów sieciowych zostają znacznie zredukowane, a dobre i trwałe połączenie jest praktycznie gwarantowane. Użycie skrętki nie jest jednak pozbawione wad. Kabel UTP jest bardziej podatny na szum elektryczny i zakłócenia niż inne typy mediów sieciowych, a odległość pomiędzy wzmacniaczami sygnału jest znacznie mniejsza w przypadku kabla UTP niż w przypadku kabla koncentrycznego i kabli światłowodowych. Kabel ze skręconymi parami był kiedyś uważany za wolniejszy, jeśli chodzi o transmisję danych niż inne typy kabli. Dziś już się tak nie uważa. Kabel ze skręconymi parami jest obecnie uważany za najszybsze medium miedziane. Aby komunikacja mogła mieć miejsce, sygnał wysyłany przez źródło musi być interpretowany przez odbiornik. Jest to prawdziwe zarówno z perspektywy oprogramowania, jak i perspektywy fizycznej. Transmitowany sygnał musi być prawidłowo odebrany przez obwód przeznaczony do odbioru sygnałów. Styk nadawczy w punkcie źródłowym musi mieć dobre połączenie ze stykiem odbiorczym w punkcie docelowym. Poniżej opisano typy połączeń kablowych używanych pomiędzy urządzeniami intersieci.

Na rysunku przełącznik sieci LAN jest podłączony do komputera. Kabel łączący port przełącznika z portem interfejsu sieciowego komputera jest nazywany **kablem prostym**.

Na rysunku dwa przełączniki są ze sobą połączone. Kabel łączący port jednego przełącznika z portem drugiego przełącznika jest **nazywany kablem z przeplotem**.

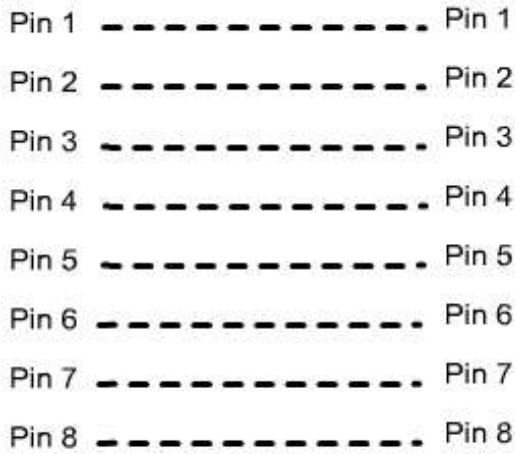
Przedstawiony na rysunku (dolnym) kabel łączący przejściówkę RJ-45 w porcie COM komputera z portem konsoli w routerze lub przełączniku nazywany jest kablem do konsoli (rollover).



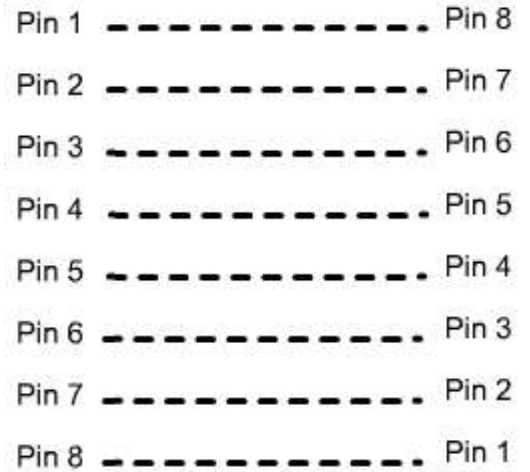
- Komputer PC wymaga przejściówki z RJ-45 na DB-9 lub z RJ-45 na DB-25.
- Ustawienia portu COM to 9600 b/s, 8 bitów danych, brak parzystości, 1 bit stopu, brak kontroli przepływu.
- Zapewnia to dostęp do konsoli bez użycia sieci.
- Port AUX na przełączniku może być używany do dołączania konsoli za pośrednictwem modemu.

Kable określa się na podstawie typu połączeń (wyprowadzeń) prowadzących z jednego jego końca na drugi. Jeśli kabel nie został jeszcze poprowadzony w ścianie, technik może porównać dwa końce tego samego kabla, umieszczając je obok siebie. Technik porównuje kolory połączeń RJ-45 po umieszczeniu obu końcówek zaczepek skierowanym w kierunku dłoni, a końcówkami kabli skierowanymi od siebie. Kabel prosty powinien mieć taki sam wzór kolorów na obu końcach. W przypadku kabla z przeplotem kolory styków 1 i 2 na drugim końcu pojawią się w stykach 3 i 6 i na odwrót. Dzieje się tak dlatego, że styki transmitujące i odbierające są ze sobą zamienione. W przypadku kabla do konsoli (rollover) kombinacja kolorów od strony lewej do prawej na jednym końcu powinna być odwrotna niż kombinacja kolorów na drugim końcu.

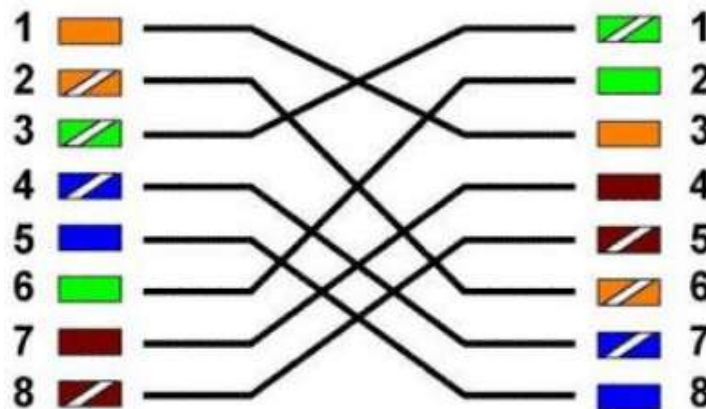
1. Schemat kabla prostego



2. Schemat kabla rolloer



3. Schemat kabla krosowego EIA/TIA T568B Crossover Diagram



3.2 Media optyczne

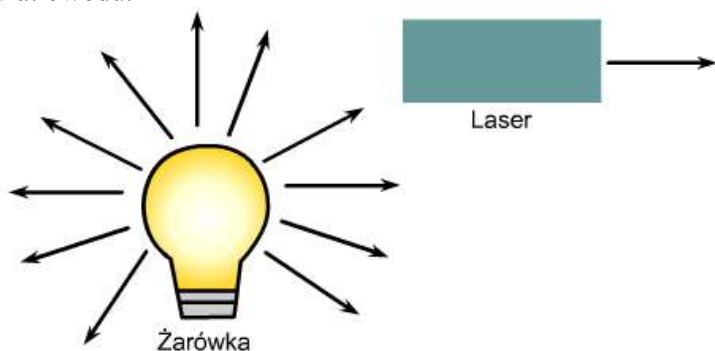
3.2.1 Widmo elektromagnetyczne

Światło używane w sieciach światłowodowych stanowi jeden z rodzajów energii elektromagnetycznej. Gdy ładunek elektryczny porusza się, zmieniając cyklicznie swój kierunek, tworzony jest rodzaj energii zwany energią elektromagnetyczną. Energia ta może w postaci fal przemieszczać się przez próżnię, powietrze i inne materiały, takie jak szkło. Istotną właściwością fali energii jest jej długość. Fale radiowe, mikrofałe, fale radarowe, światło widzialne, promieniowanie X i promieniowanie gamma pozornie znacznie różnią się od siebie. Jednak wszystkie są rodzajami energii elektromagnetycznej. Jeśli wszystkie typy fal elektromagnetycznych ułoży się w kolejności od największej do najmniejszej długości fali, powstanie ciąg zwany widmem elektromagnetycznym. Długość fali elektromagnetycznej jest określona przez częstotliwość, z jaką ładunek wytwarzający falę porusza się w jedną i drugą stronę. Jeśli ładunek porusza się w jedną i drugą stronę powoli, długość generowanej fali jest duża. Ruch ładunku elektrycznego można sobie przedstawić jako ruch patyka zanurzonego jednym końcem w basenie. Jeśli patyk porusza się w jedną i drugą stronę powoli, generuje fale na wodzie o dużej odległości pomiędzy szczytami fal. Jeśli patyk porusza się w obie strony szybciej, odległość pomiędzy szczytami fal będzie mniejsza. Ponieważ fale elektromagnetyczne generowane są w ten sam sposób, mają wiele wspólnych właściwości. Wszystkie fale poruszają się w próżni z tą samą prędkością. Wynosi ona około 300 000 kilometrów na sekundę lub inaczej 186283 mil na sekundę. Jest to także prędkość światła. Ludzkie oko może odbierać energię elektromagnetyczną o długości fali pomiędzy 700 a 400 nanometrów (nm). Nanometr to jedna miliardowa metra (0,000 000 001 metra). Energia elektromagnetyczna o długości fali pomiędzy 700 a 400 nm jest nazywana światłem widzialnym. Światło o długości fali około 700 nm jest widziane jako kolor czerwony. Najkrótsze fale, widziane jako kolor fioletowy, mają długość około 400 nm. Ta część widma elektromagnetycznego jest widoczna jako kolory tęczy. Fale o długościach niewidocznych dla ludzkiego oka są używane do transmisji danych przez światłowód. Są to fale nieznacznie dłuższe niż światło czerwone i dlatego są nazywane światłem podczerwonym. Światło podczerwone jest używane w pilotach do telewizorów. Długość fali światła w światłowodzie wynosi 850 nm, 1310 nm lub 1550 nm. Wybrano fale o tych właśnie długościach, ponieważ lepiej od innych przemieszczają się one przez światłowód.

3.2.2 Promieniowy model światła

Fale elektromagnetyczne wychodzące ze źródła poruszają się po liniach prostych. Te linie proste wychodzące ze źródła są nazywane promieniami. O promieniach światła można myśleć jako o wąskich wiązках światła podobnych do wytwarzanych przez lasery. W próżni światło porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością 300 000 kilometrów na sekundę. Światło porusza się jednak wolniej w innych ośrodkach, takich jak powietrze, woda i szkło. Gdy promień światła, nazywany promieniem padającym, przekracza granicę dwóch ośrodków, pewna część energii światła przenoszonej przez promień zostaje odbita. Dlatego możemy przeglądać się w lustrze. Światło, które zostało odbite, jest

nazywane promieniem odbitym. Energia światła w promieniu padającym, która nie została odbita, wnika w szkło. Promień wchodzący zostanie odchyłony o pewien kąt od pierwotnej ścieżki. Ten promień jest nazywany promieniem załamany. To, w jakim stopniu promień padający zostanie załamany, zależy od kąta, pod jakim promień pada na powierzchnię szkła, i od stosunku prędkości, z jakimi światło porusza się w tych dwóch ośrodkach. Załamanie promienia świetlnego na granicy dwóch substancji stanowi powód, dla którego promień światła jest w stanie podróżować poprzez światłowód, nawet jeśli światłowód zostanie wygięty w pętlę. Gęstość optyczna szkła wpływa na stopień załamania promienia światła w szkło. Gęstość optyczna określa, jak bardzo promień światła zmniejsza szybkość przy przechodzeniu przez daną substancję. Im większa jest gęstość optyczna materiału, tym bardziej światło zwalnia w porównaniu z prędkością w próżni. Stosunek szybkości światła w próżni do szybkości światła w ośrodku jest nazywany współczynnikiem załamania (IR). Stąd też miarą gęstości optycznej ośrodka jest współczynnik załamania tego ośrodka. Ośrodek o dużym współczynniku załamania jest gęstszy optycznie i bardziej spowalnia światło niż ośrodek o mniejszym współczynniku załamania. W przypadku substancji takiej jak szkło, współczynnik załamania (gęstość optyczna) może zostać zwiększony poprzez dodanie do szkła związków chemicznych. Poprzez oczyszczenie szkła można zmniejszyć współczynnik załamania. Kolejne lekcje dostarczą dalszych informacji na temat odbicia i załamania oraz ich związku z konstrukcją i działaniem światłowodu.



Substancja	Współczynnik załamania
Powietrze	1.000
Szkło	1.523
Diament	2.419
Woda	1.333

$$\text{Współczynnik załamania} = n = \frac{\text{Szybkość światła w próżni}}{\text{Szybkość światła w materiale}}$$

3.2.3 Do przemysłenia

Gdy promień światła (promień padający) uderza w lśniąca powierzchnię płaskiego kawałka szkła, część energii światła w promieniu jest odbijana. Kąt pomiędzy promieniem padającym a prostą prostopadłą do powierzchni szkła przechodzącą przez punkt padania promienia padającego jest nazywany kątem padania. Prosta prostopadła jest nazywana normalną. Nie jest to promień światła, ale narzędzie umożliwiające pomiar kątów. Kąt pomiędzy promieniem odbitym a normalną jest nazywany kątem odbicia. Prawo odbicia mówi, że kąt odbicia promienia światła jest równy kątowi padania. Innymi słowy, kąt, pod jakim promień światła uderza w powierzchnię odbijającą, określa kąt, pod jakim promień zostanie odbity od tej powierzchni.

3.2.4 Załamanie

Gdy światło trafia na granicę pomiędzy dwoma ośrodkami przezroczystymi, dzieli się na dwie części. Część promienia światła jest odbijana z powrotem do pierwszego ośrodka, pod kątem odbicia równym kątowi padania. Energia pozostała w promieniu światła przekracza granicę i dostaje się do drugiego ośrodka. Jeśli promień padający uderzy w powierzchnię szklaną dokładnie pod kątem 90 stopni, to wejdzie prosto w szkło. Promień nie zostanie załamany. Jeśli jednak promień padający nie pada dokładnie pod kątem 90 stopni w stosunku do powierzchni, promień wchodzący w szkło zostanie załamany. Zakrzywienie wchodzącego promienia jest nazywane załamaniem. Stopień załamania promienia uzależniony jest od współczynnika załamania obu przezroczystych ośrodków. Jeśli światło przechodzi z ośrodka o mniejszym współczynniku załamania do ośrodka o większym współczynniku załamania, promień jest załamany w kierunku normalnej. Jeśli światło przechodzi z substancji o większym współczynniku załamania do substancji o mniejszym współczynniku załamania, promień jest załamany w kierunku przeciwnym do normalnej. Wyobraźmy sobie promień światła poruszający się pod kątem różnym od 90 stopni przez granicę pomiędzy szkłem a diamentem. Współczynnik załamania światła dla szkła wynosi około 1,523. Współczynnik załamania dla diamentu wynosi około 2,419. Dlatego promień po wejściu w diament zostanie zakrzywiony w kierunku normalnej. Gdy światło przekroczy granicę pomiędzy diamentem a powietrzem pod kątem innym niż 90 stopni, promień zostanie zakrzywiony w kierunku przeciwnym do normalnej. Powodem tego jest fakt, że powietrze ma współczynnik załamania światła bliski 1, czyli niższy niż współczynnik załamania diamentu.

3.2.5 Całkowite odbicie wewnętrzne

Promień światła, który jest włączany i wyłączany w celu przesłania danych (jedynek i zer) w światłowodzie, musi w nim pozostać aż do momentu dotarcia do odległego końca. Promień nie może zostać załamany i przedostać się do materiału otaczającego światłowód. Załamanie spowodowałoby utratę części energii światła zawartej w promieniu. Światłowód musi być zaprojektowany w taki sposób, aby jego powierzchnia zewnętrzna działała jak lustro dla poruszającego się w nim promienia światła. **Jeśli promień światła próbujący wydostać się przez ścianę światłowodu zostanie odbity do wnętrza światłowodu pod kątem kierującym go w stronę odległego końca światłowodu, będzie to dobry „tunel” lub**

„**rurociąg**” dla fal świetlnych. Dzięki znajomości praw odbicia i załamania można zaprojektować taki światłowód, który będzie przynosił fale świetlne z minimalną utratą energii. Aby promień świetlny w światłowodzie był odbijany z powrotem do światłowodu bez straty energii spowodowanej załamaniem, muszą zostać spełnione następujące dwa warunki:

Rdzeń światłowodu musi mieć większy współczynnik załamania (n), niż otaczający go materiał. Materiał otaczający rdzeń światłowodu jest nazywany płaszczem.

Kąt padania promienia świetlnego musi być większy niż kąt krytyczny dla rdzenia i płaszcza.

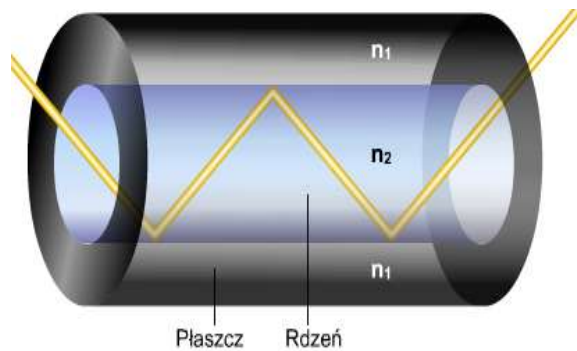
Gdy spełnione są oba te warunki, całe światło wpadające do światłowodu jest odbijane z powrotem do jego wnętrza. Zjawisko to jest nazywane całkowitym odbiciem wewnętrznym i stanowi fundamentalną zasadę projektowania światłowodów. Całkowite odbicie wewnętrzne powoduje, że promienie świetlne w światłowodzie odbijają się od granicy rdzenia z płaszczem i kontynuują podróż w kierunku odległego końca światłowodu. Światło będzie poruszać się poprzez rdzeń światłowodu wielokrotnie załamana ścieżką.

Światłowód spełniający pierwszy warunek można utworzyć z łatwością. Ponadto można kontrolować kąt padania promieni świetlnych wchodzących do rdzenia. Wprowadzenie ograniczeń dwóch wymienionych poniżej czynników umożliwia kontrolowanie kąta padania:

Apertura numeryczna światłowodu – apertura numeryczna rdzenia to zakres kątów padania, pod którymi promienie światła mogą wejść w światłowód, aby zostać całkowicie odbite.

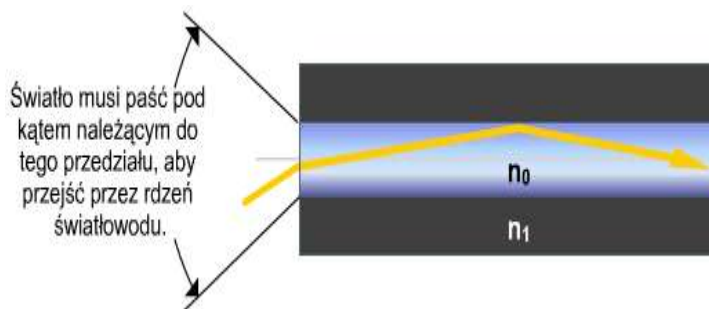
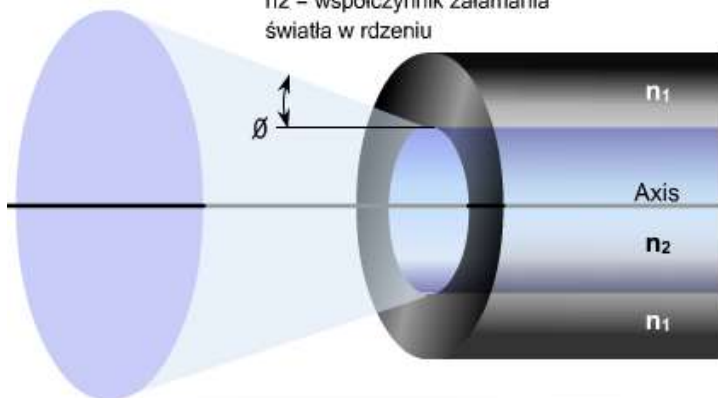
Mody – ścieżki, którymi promień światła może się poruszać podczas przechodzenia przez światłowód.

Kontrolując oba te warunki, można uzyskać całkowite odbicie wewnętrzne w światłowodzie. Dzięki temu można utworzyć przewodnik fal świetlnych znajdujący zastosowanie w transmisji danych.



n_1 = współczynnik załamania światła w płaszczu

n_2 = współczynnik załamania światła w rdzeniu

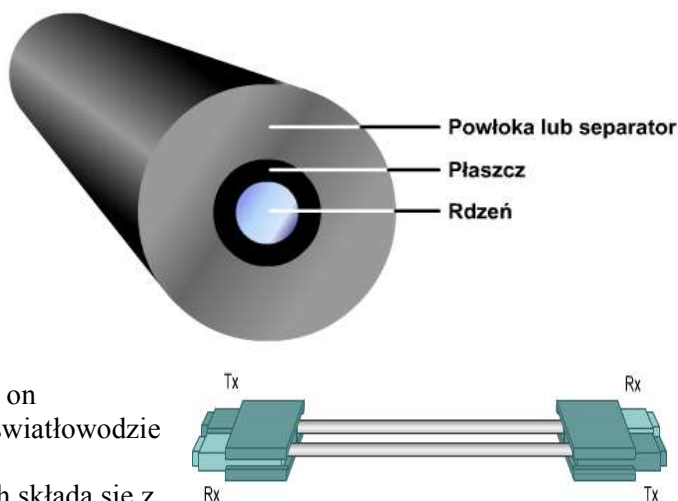


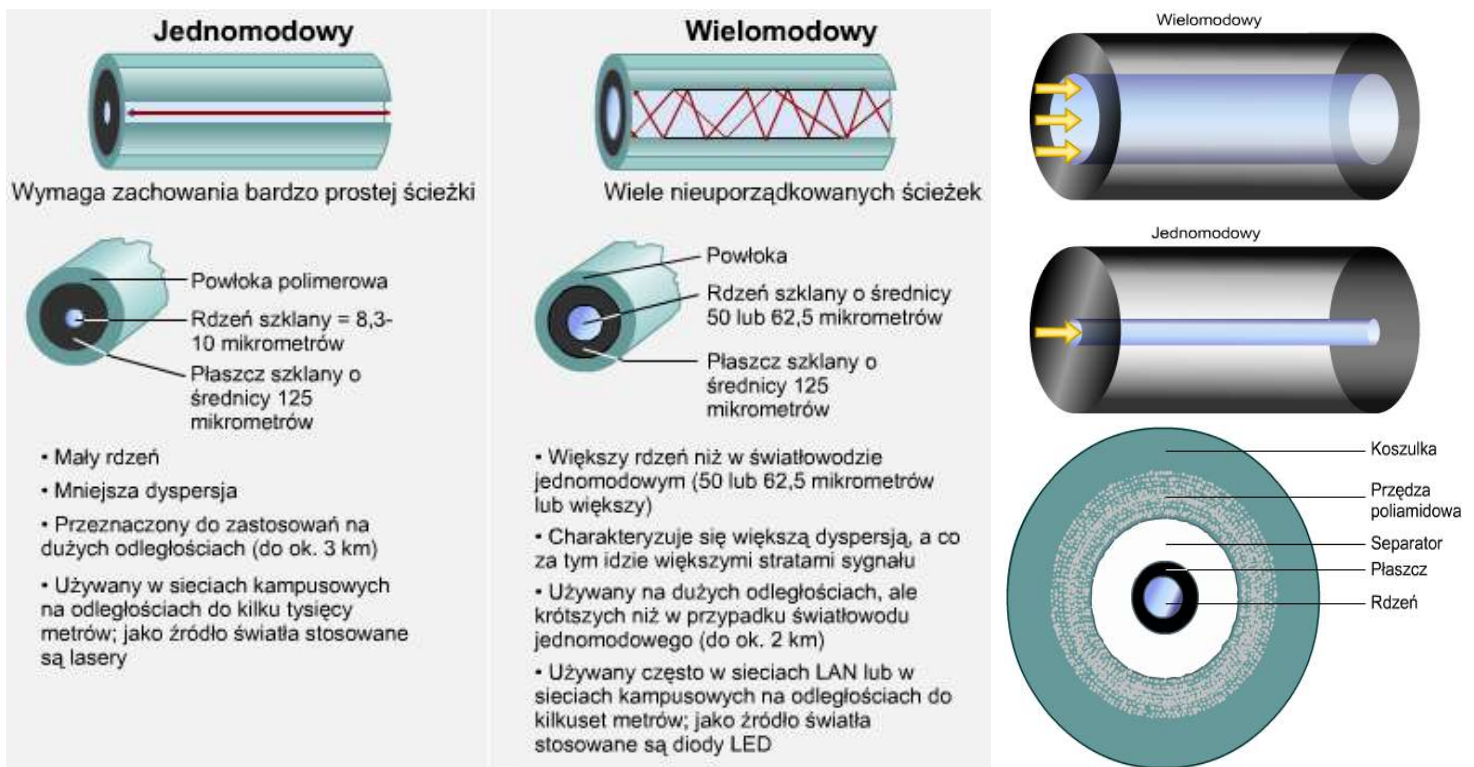
Apertura numeryczna (NA) określa przedział kątów, w którym następuje całkowite odbicie wewnętrzne.

3.2.6 Światłowód wielodomowy

Część światłowodu, przez którą przepływa promień światła, jest nazywana rdzeniem światłowodu. Promienie światła mogą wejść w światłowód tylko wtedy, gdy ich kąt padania znajduje się w przedziale apertury numerycznej światłowodu. Podobnie po wejściu promieni w rdzeń światłowodu istnieje ograniczona liczba ścieżek optycznych, którymi światło może przemieszczać się w światłowodzie. Te ścieżki optyczne są nazywane modami. Jeśli średnica rdzenia jest wystarczająco duża, aby światło mogło przepływać wieloma ścieżkami, światłowód jest nazywany światłowodem „wielodomowym”. Światłowód jednomodowy ma rdzeń o znacznie mniejszej średnicy. Umożliwia on promieniom światła poruszanie się tylko wzdłuż jednego modu w światłowodzie (Z dołu światłowód).

Każdy kabel światłowodowy używany w sieciach komputerowych składa się z dwóch szklanych światłowodów umieszczonych w oddzielnych osłonach. Jeden światłowód transmituje dane z urządzenia A do urządzenia B. Drugi światłowód transmituje dane z urządzenia B do urządzenia A. Światłowody te są podobne do dwóch jezdni drogi dwupasmowej lub autostrady, po których jeździ się w przeciwnych kierunkach. Dzięki temu możliwe jest połączenie pełnodupleksowe. Skrętka miedziana zawiera osobną parę





przewodów do wysyłania i osobną do odbierania. Obwody światłowodowe używają jednego włókna światłowodu do wysyłania, a drugiego do odbierania.

Zazwyczaj te dwa kable światłowodowe znajdują się w jednej koszulce zewnętrznej aż do miejsca, w którym zostają podłączone złącza. Do momentu podłączenia złącza nie ma konieczności ekranowania światłowodu, ponieważ znajdujące się wewnątrz światło nie może się z niego wydostać. Oznacza to, że w wypadku światłowodów nie zachodzi zjawisko przesłuchu. Bardzo często spotyka się wiele par światłowodów umieszczonych w tym samym kablu. Umożliwia to poprowadzenie pojedynczego kabla pomiędzy węzłami dystrybucji, piętrami lub budynkami. Jeden kabel może zawierać od 2 do 48 oddzielnych światłowodów. W wypadku kabla miedzianego dla każdego obwodu musiałyby być poprowadzone oddzielne kable UTP. Światłowód może przesłać większą ilość bitów w ciągu sekundy na większe odległości, niż jest to możliwe w przypadku kabla miedzianego. Każdy kabel światłowodowy składa się zazwyczaj z pięciu części. Te części to rdzeń, płaszcz, bufor (separator), element wzmacniający i koszulka zewnętrzna. **Rdzeń** jest elementem transmitującym światło, znajdującym się w samym środku światłowodu. Wszystkie sygnały świetlne przesyłane są przez rdzeń. Rdzeń jest zazwyczaj wykonany ze szkła powstałego z połączenia dwutlenku krzemu (krzemionki) z innymi składnikami. W światłowodach wielomodowych jako rdzeń wykorzystywany jest typ szkła zwany szkłem o gradientowym współczynniku załamania. W szkłe tego rodzaju współczynnik załamania maleje w kierunku zewnętrznej krawędzi rdzenia. Z tego względu obszar zewnętrzny rdzenia ma mniejszą gęstość optyczną niż środek i światło porusza się szybciej w zewnętrznej części rdzenia. Przy takiej konstrukcji promień światła poruszający się modem biegnącym przez środek rdzenia, nie musi przebywać tak długiej drogi jak promień poruszający się modem, który odbija się wewnątrz światłowodu. Wszystkie promienie powinny dotrzeć do końca światłowodu w tej samej chwili. Dzięki temu odbiornik na końcu światłowodu odbiera silny błysk światła, a nie długi, przytłumiony impuls. **Rdzeń** jest otoczony przez płaszcz. Płaszcz jest wykonany z tlenków krzemu o mniejszym współczynniku załamania niż rdzeń. Poruszające się w rdzeniu światło odbijane od granicy między rdzeniem a płaszczem, ulegając całkowitemu odbiciu wewnętrznemu. Standardowy wielomodowy kabel światłowodowy jest powszechnie stosowanym w sieciach LAN kablem światłowodowym. W standardowym wielomodowym kablu światłowodowym stosowany jest światłowód z rdzeniem o średnicy 62,5 lub 50 mikrometrów i płaszczu o rozmiarze 125 mikrometrów. Zazwyczaj używane jest oznaczenie 62,5/125 lub 50/125. Mikrometr to jedna milionowa metra (1 μm). **Płaszcz** jest otoczony przez materiał separujący (bufor), którym zazwyczaj jest plastik. Bufor chroni rdzeń i płaszcz przed uszkodzeniem. Istnieją dwa podstawowe typy kabli: konstrukcje z luźną tubą i konstrukcje z pokryciem ścisłym. Większość światłowodów używanych w sieciach LAN to kable wielomodowe z pokryciem ścisłym. W przypadku kabli z pokryciem ścisłym bufor otaczający płaszcz ma z nim bezpośredni kontakt. Najważniejsza praktyczna różnica pomiędzy tymi dwoma typami wiąże się z ich zastosowaniem. Kable z luźną tubą są głównie używane w instalacjach na zewnątrz budynków, a instalacje z pokryciem ścisłym są używane wewnątrz budynków. **Element wzmacniający** otaczający bufor zapobiega rozciągnięciu światłowodu przez instalatorów podczas przeciągania. Często stosowanym do tego celu materiałem jest Kevlar, który używany jest również do produkcji kamizelek kuloodpornych. Ostatnim elementem jest **koszulka zewnętrzna**. Koszulka zewnętrzna otaczająca kabel chroni światłowód przed wytarciem, rozpuszczalnikami i innymi zanieczyszczeniami. Koszulka zewnętrzna światłowodu wielomodowego jest zazwyczaj pomarańczowa, ale używane są również inne kolory. Podczerwone diody LED lub lasery VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers) to dwa typy źródeł światła używanych zazwyczaj razem ze światłowodem wielomodowym. Obu tych źródeł nie można używać jednocześnie. Diody LED są nieznacznie tańsze w produkcji i nie wymagają zachowania tak dużej ostrożności jak lasery. Jednak nie mogą one transmitować światła przez światłowód tak daleko jak



- Włókno może przesuwać się w kablu
- Eliminuje lokalne naprężenia
- Zapobiega mikrozgięciom
- Niższa tłumienność

- Włókno jest usytuowane trwale w kablu
- Wysoka odporność na uszkodzenia
- Odporność na ścieranie
- Mały rozmiar

lasery. Światłowód wielomodowy (62,5/125) może przysłać dane na odległość do 2000 metrów.

3.2.7 Światłowód jednodomowy

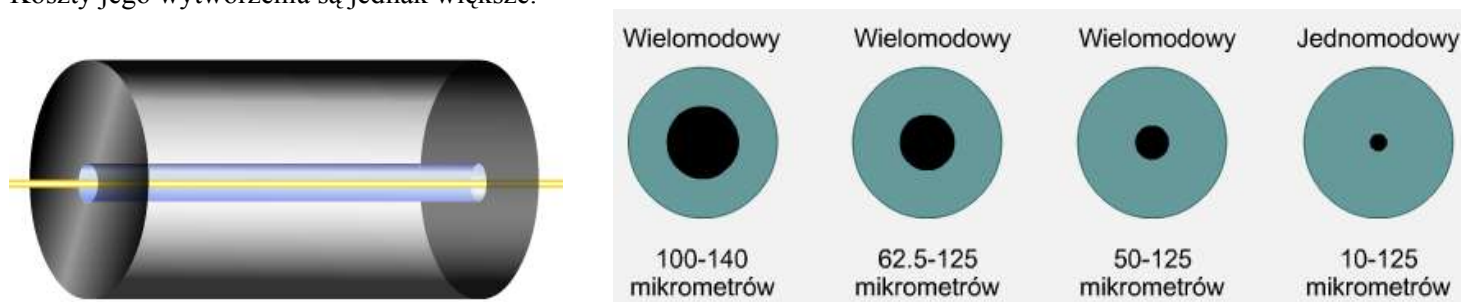
Światłowód jednodomowy składa się z tych samych części co wielomodowy. Koszulka zewnętrzna światłowodu jednodomowego jest zazwyczaj żółta. Główna różnica pomiędzy światłowodem wielomodowym a jednodomowym polega na tym, że światłowód jednodomowy umożliwia przesłanie tylko jednego modu światła przez kabel światłowodowy o mniejszej średnicy. Rdzeń światłowodu jednodomowego ma średnicę od ośmiu do dziesięciu mikrometrów. Najczęściej spotykane są rdzenie o średnicy dziewięciu mikrometrów. Oznaczenie 9/125 na koszulce izolacyjnej światłowodu jednodomowego wskazuje, że rdzeń ma średnicę 9 mikrometrów, a otaczający go płaszcz — 125 mikrometrów. Jako źródło światła w światłowodzie jednodomowym używany jest laser pracujący w podczerwieni. Generowany przez niego promień światła dostaje się do rdzenia pod kątem 90 stopni. W wyniku tego dane

przenoszone przez impulsy promienia świetlnego w światłowodzie jednodomowym są transmitowane w linii prostej przez środek rdzenia. Zwiększa to zarówno szybkość przesyłania danych, jak i odległość, na jaką mogą zostać przesłane. Dzięki swojej konstrukcji światłowód jednodomowy może osiągnąć wyższe szybkości transmisji danych (szerokość pasma) i większe odległości w porównaniu ze światłowodem wielomodowym. W światłowodzie jednodomowym można przysłać dane w sieci LAN na odległość do 3000 metrów. Aczkolwiek dystans ten jest uznawany jako standard, nowsze technologie zwiększyły tę odległość i będą omawiane w następnych modułach. W światłowodzie wielomodowym można przysłać dane na odległość do 2000 metrów. Lasery i światłowody jednodomowe są droższe niż diody LED i światłowody wielomodowe. W związku z powyższymi cechami światłowód jednodomowy jest często używany w połączeniach między budynkami.

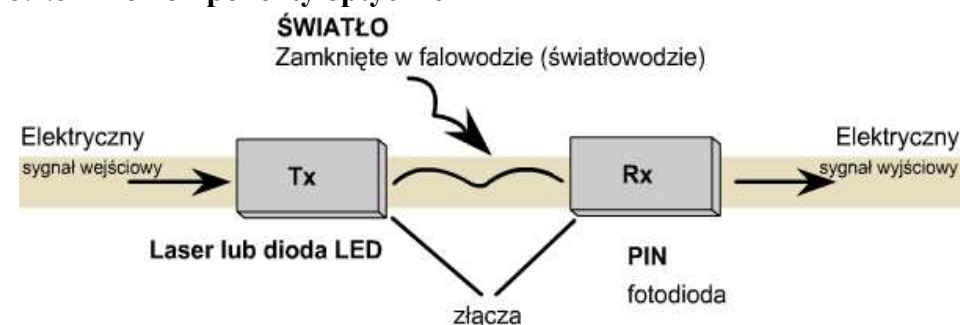
OSTRZEŻENIE::

W światłowodzie jednodomowym stosuje się światło lasera o długości fali większej niż długość fal światła widzialnego. Laser jest tak silny, że może spowodować poważne uszkodzenie oczu. Nie należy zatem nigdy patrzeć na końcówkę światłowodu, którego odległy koniec jest podłączony do urządzenia. Nigdy też nie należy patrzeć w port transmisyjny w karcie sieciowej, przełączniku lub routerze. Należy pamiętać o zakładaniu zaślepek ochronnych na końcówki światłowodu i na porty światłowodowe w przełącznikach lub routerach. Konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności.

Rysunek przedstawia porównanie rozmiarów rdzenia i płaszczka dla obu typów światłowodów o różnych średnicach rdzenia. Mniejsza średnica i bardziej złożona struktura rdzenia w światłowodzie jednodomowym sprawia, że światłowód jednodomowy ma większą szerokość pasma i może być prowadzony na większe odległości niż światłowód wielomodowy. Koszty jego wytworzenia są jednak większe.



3.2.8 Inne komponenty optyczne



Większość danych przesyłanych w sieciach LAN ma postać sygnałów elektrycznych. Jednak do przesyłania danych w światłowodach wykorzystywane jest światło. Potrzebny jest więc element, który na jednym końcu światłowodu przetworzy prąd elektryczny w światło, na drugim zaś przetworzy światło ponownie w prąd elektryczny. Oznacza to, że potrzebny

jest nadajnik i odbiornik.

Nadajnik odbiera od przełączników i routerów dane, które muszą zostać przesłane. Dane mają postać sygnałów elektrycznych. Nadajnik konwertuje sygnały elektroniczne w odpowiadające im impulsy światła. Istnieją dwa typy źródeł światła używanych do kodowania i wysyłania danych za pośrednictwem kabla:

Diody świecące (LED) wytwarzające światło podczerwone o długości fali równej 850 nm lub 1310 nm. Są one używane w światłowodach wielomodowych w sieciach LAN. Do skupienia wiązki światła podczerwonego na końcu światłowodu wykorzystywane są soczewki

Lasery to źródła tworzące ciekłą wiązkę intensywnego podczerwonego światła o długości fali wynoszącej zazwyczaj 1310 nm lub 1550 nm. Lasery są używane w światłowodach jednomodowych na dużych dystansach, z którymi mamy do czynienia w sieciach WAN lub szkieletach sieci kampusowych. Konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności, aby zapobiec uszkodzeniu oka

Każde źródło światła można bardzo szybko zapalić i zgasić w celu wysłania danych (jedynek i zer) z szybkością wielu bitów na sekundę. Na drugim końcu światłowodu znajduje się odbiornik. Odbiornik działa w podobny sposób jak ogniwo fotoelektryczne w kalkulatorze zasilanym energią słoneczną. Gdy światło padnie na odbiornik, wytwarzana jest elektryczność. Pierwszym zadaniem odbiornika jest wykrycie impulsu światła przychodzącego ze światłowodu. Następnie odbiornik konwertuje impuls światła z powrotem na taki sam sygnał elektryczny, jaki dotarł do nadajnika na odległym końcu światłowodu. Teraz sygnał ma ponownie postać zmian napięcia. Sygnał jest gotowy do wysłania przez przewód miedziany i odebrania przez urządzenie elektroniczne, takie jak komputer, przełącznik lub router. Urządzenia półprzewodnikowe, które są zazwyczaj używane jako odbiorniki w łączach światłowodowych, są nazywane fotodiodami PIN (ang. p-intrinsic-n diodes). **Fotodiody PIN** są tak skonstruowane, aby były wrażliwe na światło o długości fali 850, 1310 lub 1550 nm, które jest generowane przez nadajnik na odległym końcu światłowodu. Gdy na fotodiode PIN padnie impuls światła o odpowiedniej długości fali, wytworzy ona szybko prąd elektryczny o napięciu odpowiednim dla sieci. Gdy tylko światło przestaje padać na fotodiode PIN, ustaje wytwarzanie napięcia. Powoduje to zmiany napięcia w kablu miedzianym; zmiany te odpowiadają jedynkom i zerom, za pomocą których zapisano dane. **Do końców światłowodu podłączone są złącza, dzięki czemu światłowód może być podłączony jedynie do portów w nadajniku lub odbiorniku. Najczęściej stosowanym typem złącza w światłowodach wielomodowych jest złącze SC (Subscriber Connector). W światłowodzie jednomodowym najczęściej stosowane jest złącze ST (Straight Tip).**



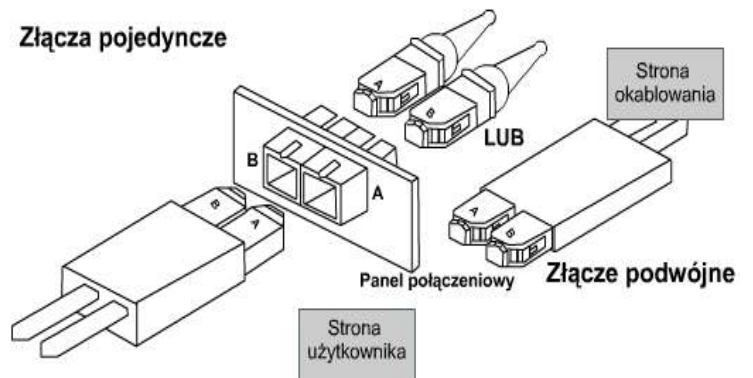
Złącze ST



Złącze SC



W sieciach optycznych oprócz niezbędnych urządzeń, takich jak nadajniki, odbiorniki, złącza i światłowody, często spotkać można wtórnik i panele połączeniowe światłowodów. **Wtórnik** są optycznymi wzmacniaczami, które odbierają osłabione impulsy światła poruszającego się na dużych odcinkach i przywracają im pierwotny kształt, natężenie i czas trwania. Te zregenerowane sygnały mogą być następnie przesłane w dalszą drogę do odbiornika znajdującego się na odległym końcu światłowodu. **Panele połączeniowe** światłowodów są podobne do paneli połączeniowych używanych w przypadku kabli miedzianych. Panele te zwiększają elastyczność sieci optycznych, umożliwiając szybkie zmiany połączeń między urządzeniami, takimi jak przełączniki i routery, a różnymi dostępnymi wiązkami światłowodów lub połączeniami kablowymi.

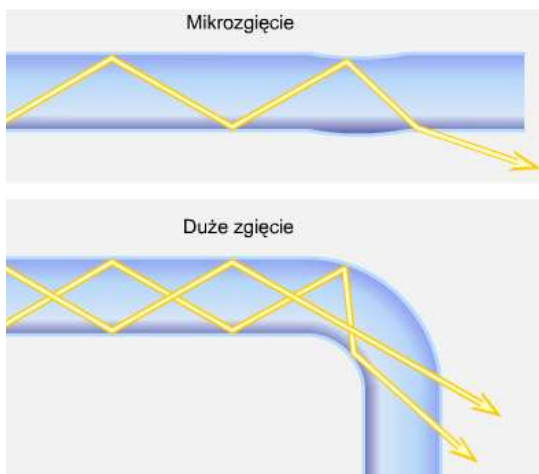


3.2.9 Sygnały i szumy w światłowodach

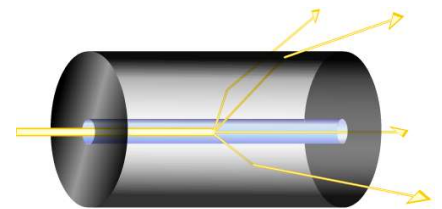
Na kabel światłowodowy nie wywierają wpływu zewnętrzne źródła szumu, stanowiące problem w przypadku mediów miedzianych, ponieważ światło zewnętrzne nie może dostać się do światłowodu, z wyjątkiem punktu po stronie nadajnika. Płaszcz okrywają bufor i koszulka zewnętrzna, uniemożliwiająca światłu przedostanie się do środka lub wydostanie się z kabla. Co więcej, transmisja światła w jednym ze znajdujących się w kablu światłowodów nie powoduje zakłóceń transmisji w żadnym innym światłowodzie. Oznacza to, że w światłowodzie nie występują problemy z przesłuchem, spotykane w mediach miedzianych. W rzeczywistości jakość łączy światłowodowych jest tak dobra, że najnowsze standardy dotyczące sieci Ethernet o prędkości jednego gigabita i dziesięciu gigabitów na sekundę określają zasięg transmisji, który dalece przekracza tradycyjny dwukilometrowy zasięg pierwszych sieci Ethernet. Transmisja światłowodowa umożliwia używanie protokołu sieci Ethernet w sieciach miejskich (MAN) i rozległych (WAN). Mimo iż

światłowód jest najlepszym z mediów transmisyjnych, przenoszącym duże ilości danych na znaczne odległości, nie jest on pozbawiony wad. Gdy światło przesyłane jest światłowodem, część jego energii jest tracona. Wraz ze wzrostem odległości, na którą jest przesyłany sygnał świetlny w sieci, maleje jego moc. Tłumienie sygnału spowodowane jest wieloma czynnikami, w tym naturą samego światłowodu. Najbardziej istotnym czynnikiem jest rozpraszanie. Rozpraszanie światła w światłowodzie jest spowodowane przez mikroskopijne niejednorodności (zniekształcenia) w jego strukturze, które odbijają i rozpraszają część energii świetlnej. Kolejną przyczyną utraty energii świetlnej jest pochłanianie. Kiedy promień światła pada na pewne typy zanieczyszczeń chemicznych, traci część swojej energii. Energia świetlna jest wtedy przekształcana w małe ilości energii cieplnej. Pochłanianie sprawia, że sygnał świetlny staje się przytłumiony. Innymi czynnikami powodującymi tłumienność sygnału świetlnego są nieregularności powstałe podczas produkowania rdzenia lub chropowatości występujące na granicy między rdzeniem a płaszczem. Sygnał świetlny traci moc z powodu nieidealnego całkowitego odbicia wewnętrznego w nierównym obszarze światłowodu. Każda mikroskopijna niedoskonałość w grubości lub symetrii światłowodu będzie miała wpływ na całkowite odbicie wewnętrzne, zaś płaszcz pochłonie część energii świetlnej. Dyspersja impulsu światła również ogranicza odległość transmisji w światłowodzie. Dyspersja to termin techniczny dotyczący rozprzestrzeniania się impulsów świetlnych podczas ich drogi w światłowodzie. Światłowód wielomodowy o gradientowym współczynniku załamania został zaprojektowany w celu kompensacji różnicy długości różnych modów, przez które przechodzi światło w rdzeniu o dużej średnicy. W światłowodzie jednomodowym nie występuje problem wielu ścieżek, którymi światło może się przemieszczać. Jednakże dyspersja chromatyczna występuje zarówno w światłowodzie wielomodowym jak i jednomodowym. Powodem występowania dyspersji chromatycznej jest różna prędkość przechodzących przez szkło fal świetlnych o różnych długościach. Na tej samej zasadzie światło jest rozszczepiane przez pryzmat. W idealnym przypadku dioda LED lub laser powinny emitować światło o tylko jednej częstotliwości. Wtedy dyspersja chromatyczna nie stanowiłaby problemu. Niestety, lasery, a w jeszcze większym stopniu diody LED, generują szereg fal o różnych długościach, więc dyspersja chromatyczna ogranicza odległość, na którą sygnał może być transmitowany w światłowodzie. Jeśli sygnał zostanie przesłany na zbyt dużą odległość to to, co było na początku jasnym impulsem energii świetlnej, dotrze do odbiornika rozmyte, rozszczepione i przyciemnione. Odbiornik nie będzie w stanie odróżnić jedynki od zera.

3.2.10 Instalowanie, konserwacja i testowanie światłowodu



Główną przyczyną zbyt dużej tłumienności światłowodu jest niewłaściwa instalacja. Jeśli światłowód zostanie rozciągnięty lub zbyt mocno wygięty, w jego rdzeniu mogą powstać mikroskopijne



pęknięcia, które będą rozpraszać promienie światła. Zbyt mocne zgięcie światłowodu może zmienić kąt padania promienia padającego na granicę między rdzeniem a płaszczem. W takim wypadku kąt padania może stać się mniejszy niż kąt krytyczny dla całkowitego odbicia wewnętrznego. Zamiast odbić się od zgięcia, niektóre promienie światła przedostaną się do płaszcza i zostaną utracone. Aby zapobiec zbyt mocnemu zgięciu światłowodu, jest on zazwyczaj prowadzony przez pewien typ zainstalowanej rury zwanej rurą przelotową. Rura przelotowa jest znacznie sztywniejsza od światłowodu i nie może zostać wygięta tak mocno, aby światłowód

znajdujący się w niej został zbyt mocno zakrzywiony. Rura przelotowa zabezpiecza światłowód, ułatwia jego przeciąganie i gwarantuje, że kąt zgięcia (granica krzywizny) światłowodu nie zostanie przekroczony. Kiedy światłowód zostanie przeciągnięty, jego końcówki muszą zostać odpowiednio przycięte i wypolerowane, aby uzyskać gładkie zakończenie. Do badania gładkości i kształtu końcówek światłowodu używany jest mikroskop lub przyrząd testowy z wbudowaną lupą. Następnie na końcówkę światłowodu starannie nakładane jest złącze. Nieprawidłowo zainstalowane złącza, nieprawidłowe połączenie lub połączenie dwóch kabli o różnej średnicy rdzenia powodują znaczne osłabienie sygnału świetlnego.

Kiedy światłowód i złącza zostaną zainstalowane, złącza i końcówki światłowodów muszą być utrzymywane w nieskazitelnej czystości. Na końcówkach światłowodu powinny być założone zaślepki ochronne, które zapobiegają ich uszkodzeniu. Przed podłączeniem światłowodu do portu w przełączniku lub routerze należy zdjąć zaślepki, a końcówki światłowodu muszą zostać oczyszczone. Końcówki światłowodu należy czyścić pozbawioną włókien szmatką do soczewek i czystym alkoholem izopropylowym. Porty światłowodu w przełączniku lub routerze również powinny być zakryte, gdy nie są używane, i czyszczone ściereczką do soczewek oraz alkoholem izopropylowym przed wykonaniem połączenia.

Zabrudzone końcówki światłowodu powodują znaczny spadek ilości światła docierającego do odbiornika.

Rozpraszanie, pochłanianie, dyspersja, nieprawidłowa instalacja i zabrudzone końcówki światłowodu zmniejszają siłę sygnału świetlnego i określane są jako szum światłowodowy. Przed użyciem kabla światłowodowego należy go przetestować, aby upewnić się, że do odbiornika dociera wystarczająca ilość światła umożliwiająca wykrycie zer i jedynek w sygnale. Podczas planowania łącza światłowodowego należy obliczyć możliwą do tolerowania wielkość utraty mocy. Określa się to jako budżet tłumienności optycznej. Tak jak budżet domowy. Gdy wszystkie stałe wydatki zostaną odjęte od przychodu, pozostać musi wystarczająca ilość pieniędzy na przetrwanie miesiąca.

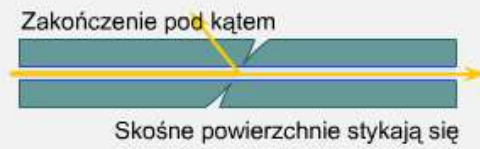
Decybel (dB) jest jednostką używaną do pomiaru wielkości utraty sygnału. Mówi ona, jaka część mocy wysyłanej przez nadajnik w rzeczywistości dociera do odbiornika.

Wykończenia powierzchni zakończenia włókna

Płaskie: Zakończenie powoduje odbicie światła z powrotem do włókna w wyniku skokowej zmiany współczynnika załamania spowodowanej połączeniem szkło-powietrze-szkło.



Pod kątem: Wypolerowane złącza powodują wydostanie się odbitego światła poza rdzeń i rozproszenie w płaszczu.



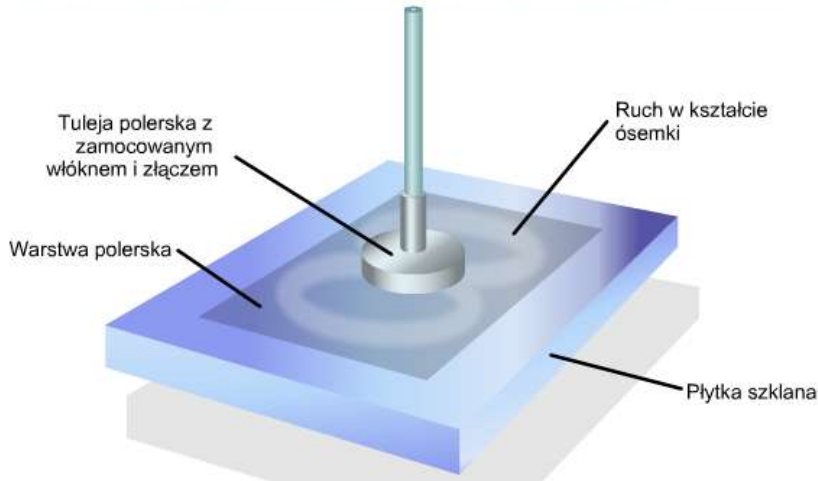
Kontakt fizyczny: Zakończenie zmniejsza odbicie z powrotem do włókna dzięki temu, że nieciągłość współczynnika załamania jest bardzo mała.



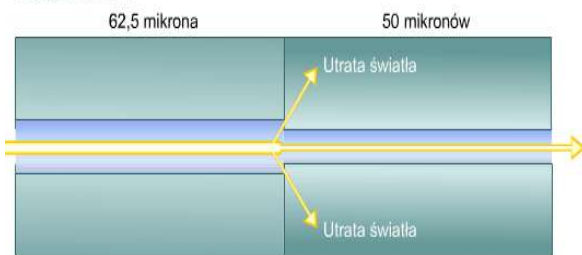
Ultragładkie: Do polerowania zakończeń złączy używane są różne rodzaje warstw polerskich, co zapewnia wyjątkowo gładką powierzchnię.



Techniki polerowania powierzchni zakończenia włókna



Spawanie



utworzenie standardu, który odpowiadałby rozwiązaniom producentów. **Standard 802.11b** jest nazywany również standardem Wi-Fi™ lub standardem dla sieci bezprzewodowych o dużej szybkości i dotyczy systemów DSSS, które pracują z szybkością 1, 2, 5,5 i 11 Mb/s. Wszystkie systemy 802.11b są zgodne wstecz, gdyż obsługują również system 802.11 dla szybkości 1 i 2 Mb/s, lecz tylko w przypadku technologii DSSS. Zgodność z poprzednimi wersjami jest szczególnie ważna, ponieważ umożliwia modernizację sieci bezprzewodowej bez potrzeby wymiany kart sieciowych lub punktów dostępu. **Urządzenia 802.11b** uzyskują wyższe szybkości przesyłania danych dzięki zastosowaniu innej techniki kodowania niż w przypadku 802.11, umożliwiając przesłanie większej ilości danych w tej samej ramce czasowej. Większość urządzeń 802.11b wciąż nie osiąga pasma 11 Mb/s i pracuje głównie z szybkością od 2 do 4 Mb/s. **Standard 802.11a** dotyczy urządzeń sieci WLAN pracujących w paśmie transmisyjnym 5 GHz. Użycie pasma 5 GHz uniemożliwia współdziałanie z urządzeniami standardu 802.11b, ponieważ pracują one w paśmie 2,4 GHz. Urządzenia 802.11a są w stanie dostarczyć dane z szybkością 54 Mb/s, a przy zastosowaniu technologii zwanej „podwajanie szybkości”, uzyskano szybkość 108 Mb/s. W środowisku produkcyjnym bardziej typową szybkością jest 20–26 Mb/s. **Standard 802.11g** zapewnia takie samo pasmo jak 802.11a, ale jest zgodny wstecz z urządzeniami 802.11b, używając technologii modulacji OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) oraz korzystając z pasma 2,4 GHz. Firma Cisco opracowała punkt dostępu pozwalający na jednoczesne zastosowanie urządzeń zgodnych ze standardami 802.11b i 802.11a w tej samej sieci WLAN. Punkt dostępu oferuje usługi „bramy”, umożliwiając komunikację pomiędzy urządzeniami, które inaczej nie mogłyby się komunikować.

Testowanie łączy światłowodowych jest bardzo istotne i należy przechowywać wyniki tych testów. Używanych jest kilka rodzajów sprzętu do testowania światłowodów. Dwa najważniejsze przyrządy to miernik utraty mocy optycznej i optyczny reflektometr (OTDR).

Oba te mierniki służą do testowania kabla optycznego i sprawdzania, czy kabel spełnia standardy TIA dotyczące światłowodu. Za ich pomocą można także sprawdzić, czy utrata mocy łączy nie spada poniżej budżetu tłumienności optycznej. Mierniki OTDR mogą dostarczyć dodatkowych szczegółowych informacji diagnostycznych na temat łączy światłowodowych. Mogą w ten sposób zostać użyte do rozwiązywania ewentualnych problemów z łączy.

3.3 Media bezprzewodowe

3.3.1. Organizacje i standardy dotyczące bezprzewodowej sieci

LAN

Zrozumienie przepisów i standardów dotyczących technologii bezprzewodowych sprawi, że wdrażane sieci będą współpracowały ze sobą i będą zgodne z tymi standardami. Podobnie jak w wypadku sieci kablowych, głównym twórcą standardów obowiązujących w sieciach bezprzewodowych jest organizacja IEEE. Standardy te zostały utworzone na kanwie przepisów podstawowych wydanych przez komisję FCC (Federal Communications Commission).

Podstawową technologią opisaną w standardzie 802.11 jest DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Technologia DSSS dotyczy urządzeń bezprzewodowych pracujących w zakresie szybkości od 1 do 2 Mb/s. System używający technologii DSSS może pracować z szybkością do 11 Mb/s, nie będzie jednak uważany za zgodny ze standardem, jeśli szybkość przekracza 2 Mb/s. Kolejnym zatwierdzonym standardem był standard 802.11b, w którym prędkość transmisji zwiększono do 11 Mb/s. Chociaż sieci WLAN DSSS były w stanie współpracować z sieciami WLAN FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), występowały problemy, które zmusiły producentów do zmian w projekcie. W tym wypadku zadaniem IEEE stało się

3.3.2 Urządzenia bezprzewodowe i topologie sieci bezprzewodowych

Sieć bezprzewodową mogą stanowić już dwa urządzenia. – Węzłami mogą być komputery osobiste lub komputery przenośne. Dzięki bezprzewodowym kartom sieciowym można łatwo utworzyć sieć „ad hoc” porównywalną z przewodową siecią równorzędną. Oba urządzenia pracują w tym środowisku jako serwery i klienci. Mimo iż łączność jest zapewniona, zabezpieczenia są minimalne, podobnie jak przepustowość. Innym problemem w tego typu sieci jest zgodność. Często zdarza się, że bezprzewodowe karty sieciowe pochodzące od różnych producentów nie chcą ze sobą współpracować. Aby rozwiązać problem zgodności, często instalowany jest punkt dostępu (access point – AP), który działa jak centralny hub pracujący w trybie infrastruktury sieci WLAN. Punkt dostępu jest wpinany do kablowej sieci LAN w celu umożliwienia dostępu do Internetu i łączności z siecią przewodową. Punkt dostępu jest wyposażony w antenę i zapewnia łączność bezprzewodową na określonym obszarze zwanym komórką. W zależności od infrastruktury lokalizacji, w której zainstalowany jest punkt dostępu, oraz rozmiaru i wzmocnienia anteny, rozmiary komórek mogą się znacznie różnić. Najczęściej przedział wielkości będzie wynosił od 90 do 150 metrów. Aby obsłużyć większe obszary, można zainstalować wiele punktów dostępu, których zasięgi będą się częściowo pokrywać. Pokrywanie umożliwia „roaming” pomiędzy komórkami. Przypomina to usługi oferowane przez dostawców usług telefonii komórkowej. Pokrywanie się zasięgów w sieciach złożonych z wielu punktów dostępu ma zasadnicze znaczenie, jeśli chodzi o zapewnienie mobilności urządzeń wewnątrz sieci WLAN. Mimo iż nie jest to określone w standardach IEEE, pożądane jest pokrywanie się rzędu 20–30%. Taki stopień pokrywania ułatwia przechodzenie pomiędzy komórkami, umożliwiając płynne podłączanie i rozłączanie, bez przerywania dostępu do usług. Po aktywizacji klienta sieci WLAN zaczyna on „nasłuchiwać” zgodnego urządzenia, z którym zostanie „skojarzony”. Operacja ta jest nazywana „skanowaniem” i może być aktywna lub pasywna. **Skanowanie aktywne** polega na wysyłaniu ramki próbkującej z węzła, który chce się dołączyć do sieci. Ramka ta będzie zawierać identyfikator SSID (Service Set Identifier) sieci, z którą urządzenie chce się połączyć. Gdy zostanie odnaleziony punkt dostępu o takim samym identyfikatorze SSID, punkt ten wyśle ramkę z odpowiedzią. W ten sposób kończy się etap uwierzytelniania i przypisania. **Węzły** skanowania pasywnego nasłuchują ramek zarządzających (sygnałów nawigacyjnych) wysyłanych przez punkty dostępu (tryb infrastruktury) i przez równorzędne węzły klienckie (tryb ad hoc). Po odebraniu przez węzeł sygnału nawigacyjnego zawierającego identyfikator SSID sieci, z którą ma nastąpić połączenie, następuje próba połączenia z tą siecią. Skanowanie pasywne jest procesem ciągłym, a węzły mogą tworzyć lub usuwać przypisanie z punktami dostępu w zależności od siły sygnału.

3.3.3 W jaki sposób następuje komunikacja w bezprzewodowej sieci LAN

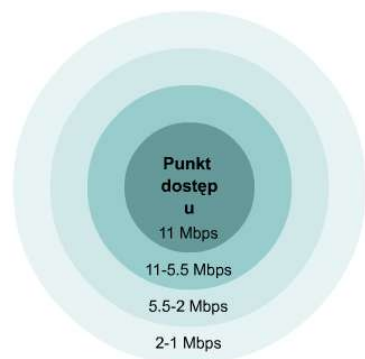
Po ustanowieniu połączenia z siecią WLAN, węzeł przesyła ramki w taki sam sposób, jak w każdej innej sieci 802.x. Jednakże sieci WLAN nie używa się ramek standardu 802.3. Z tego względu określenie bezprzewodowa sieć Ethernet jest mylące. Istnieją trzy typy ramek: sterujące, zarządzające i danych. Tylko ramki danych są podobne do ramek 802.3. Rozmiar danych użytecznych w ramach bezprzewodowych i ramach 802.3 wynosi 1500 bajtów, jednakże ramka sieci Ethernet nie może przekroczyć rozmiaru 1518 bajtów, podczas gdy ramki sieci bezprzewodowej mogą mieć rozmiar do 2346 bajtów. Zazwyczaj rozmiar ramki WLAN będzie ograniczony do 1518 bajtów, ponieważ sieć bezprzewodowa jest najczęściej podłączona do kablowej sieci Ethernet. Ponieważ częstotliwości radiowe (RF) to medium dzielone, może wystąpić kolizja, podobnie jak to się zdarza w dzielonych mediach przewodowych. Główna różnica jest taka, że nie istnieje metoda, dzięki której węzeł źródłowy mógłby wykryć

wystąpienie kolizji. Z tego względu w sieciach WLAN używana jest metoda CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). Jest ona podobna do metody CSMA/CD stosowanej w sieciach Ethernet. Po wysłaniu ramki przez węzeł źródłowy, węzeł odbiorczy zwraca potwierdzenie (ACK). Może to spowodować zużycie 50% dostępnego pasma. Ten narzut w porównaniu z narzutem protokołu unikania kolizji zmniejsza rzeczywistą przepustowość maksymalnie do 5,0–5,5 Mb/s w bezprzewodowej sieci LAN 802.11b o przepustowości 11 Mb/s. Na wydajność sieci ma również wpływ siła sygnału i pogorszenie jakości sygnału spowodowane odległością lub zakłóceniami. W miarę pogarszania sygnału może zostać zastosowana metoda adaptacyjnego wyboru szybkości ARS (Adaptive Rate Selection). Powoduje to spadek szybkości transmisji z 11 Mb/s do 5,5 Mb/s, z 5,5 Mb/s do 2 Mb/s lub z 2 Mb/s do

1 Mb/s.

3.3.4 Uwierzytelnianie i przypisanie

Uwierzytelnianie w sieci WLAN następuje w warstwie 2. Jest to proces uwierzytelniania urządzenia, a nie użytkownika. To bardzo ważne zagadnienie, o którym należy pamiętać podczas rozpatrywania bezpieczeństwa sieci WLAN, rozwiązywania problemów oraz ogólnego zarządzania. Uwierzytelnianie może być wyłączone, tak jak w przypadku nowego punktu dostępu i karty sieciowej używających domyślnych konfiguracji. Klient wysyła ramkę żądania uwierzytelnienia do punktu dostępu, gdzie ramka zostaje zaakceptowana lub odrzucona. Klient jest powiadamiany o wyniku za pomocą ramki odpowiedzi uwierzytelniania. Punkt dostępu może być również skonfigurowany do przekazywania zadania uwierzytelniania do specjalnego serwera, który w tym celu może przeprowadzać bardziej złożone procesy. Przypisanie wykonywane po uwierzytelnieniu jest stanem, który umożliwia klientowi korzystanie z usług punktu dostępu przy transmisji danych.



Ramki zarządzania

- Ramka żądania przypisania
- Ramka odpowiedzi przypisania
- Ramka żądania próbkowania
- Ramka odpowiedzi próbkowania
- Ramka sygnału nawigacyjnego
- Ramka uwierzytelniania

Ramki sterujące

- Żądanie wysłania (RTS)
- Gotowość do nadawania (CTS)
- Potwierdzenie

Ramki danych

Typy uwierzytelniania i przypisania

Nieuwierzytelnione i nieprzypisane

Węzeł jest odłączony od sieci i nie jest przypisany do punktu dostępu.

Uwierzytelnione i nieprzypisane

Węzeł został uwierzytelniony w sieci, ale nie jest jeszcze przypisany do punktu dostępu. Uwierzytelnione i przypisane

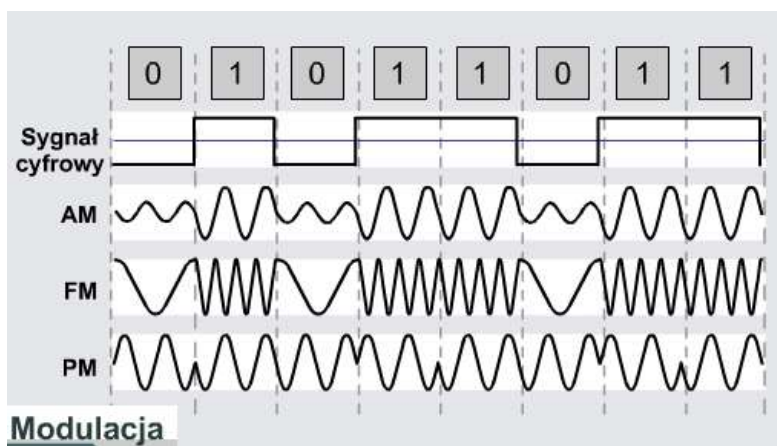
Węzeł jest podłączony do sieci i może nadawać i odbierać dane poprzez punkt dostępu.

Metody uwierzytelniania W zaleceniu IEEE 802.11 wymieniono dwa typy procesu uwierzytelniania. Pierwszym procesem uwierzytelniania jest system otwarty. Jest to standard otwartej łączności, w której jedynie identyfikator SSID musi być zgodny. Może on być używany w środowisku zabezpieczonym lub niezabezpieczonym, ale ryzyko podsłuchu na niskim poziomie w celu odkrycia identyfikatora SSID sieci WLAN jest wysokie.

Drugim procesem jest współdzielony klucz. Proces ten wymaga użycia szyfrowania WEP (Wired Equivalent Privacy). WEP to prosty algorytm używający kluczy 64- i 128-bitowych. Punkt dostępu jest skonfigurowany z kluczem szyfrującym, a węzły próbujące uzyskać dostęp do sieci poprzez ten punkt dostępu muszą mieć odpowiadający mu klucz. Statycznie przypisane klucze WEP zapewniają wyższy poziom bezpieczeństwa niż system otwarty, ale na pewno nie są odporne na włamania. **Problem** nieuprawnionego dostępu do sieci WLAN znalazł rozwiązanie w wielu nowych technologiach zabezpieczeń.

3.3.5 Widmo fal radiowych i mikrofal

Komputery wysyłają i odbierają sygnały danych w postaci elektronicznej. Nadajniki radiowe konwertują te sygnały elektryczne na fale radiowe. Zmiana prądu elektrycznego w antenie nadajnika powoduje wygenerowanie fali radiowej. Te fale radiowe rozchodzą się z anteny po liniach prostych. Fale radiowe są jednak tłumione w miarę oddalania się od anteny nadawczej. W sieci WLAN sygnał radiowy mierzony w odległości 10 metrów od anteny nadawczej będzie miał tylko 1/100 oryginalnej mocy. Podobnie jak światło, fale radiowe mogą być pochłaniane przez niektóre ośrodki i odbijane przez inne. Przy przechodzeniu z jednego ośrodka, jak na przykład



powietrze, do innego ośrodka, jak na przykład gipsowa ściana, fale radiowe ulegają załamaniu. Fale radiowe są również rozpraszane i pochłaniane przez krople wody w powietrzu. Te właściwości fal radiowych należy brać pod uwagę podczas planowania sieci WLAN w budynku lub kampusie. Proces oceny lokalizacji przeznaczonej na instalację sieci WLAN jest określany jako „wywiad techniczny”. Ponieważ sygnały radiowe słabną w miarę oddalania się od nadajnika, odbiornik musi być również wyposażony w antenę. Gdy fale radiowe dotrą do anteny, w antenie zostaną wygenerowane słabe prądy elektryczne. Prądy elektryczne wywołane odebranymi falami radiowymi odpowiadają prądom, które pierwotnie wygenerowały fale radiowe w antenie nadajnika. Odbiornik wzmacnia te słabe sygnały elektryczne. W nadajniku sygnały elektryczne (dane) pochodzące z komputera lub sieci LAN nie są bezpośrednio wysyłane do anteny nadajnika. Sygnały te są używane do zmiany drugiego, silniejszego sygnału zwanego nośną. Proces zmiany sygnału nośnej, która jest przesyłana do anteny, jest nazywany modulacją. Istnieją trzy podstawowe sposoby modulacji sygnału nośnej. Na przykład, stacje radiowe stosujące modulację amplitudową (AM) modulują wysokość (amplitudę) sygnału nośnej. Stacje radiowe stosujące modulację częstotliwościową (FM) modulują częstotliwość sygnału nośnej za pomocą sygnału elektrycznego z mikrofonu. W sieciach WLAN stosowany jest trzeci typ modulacji nazywany modulacją fazową (PM), który jest używany do nałożenia sygnału danych na sygnał nośnej emitowany przez nadajnik. W tym typie modulacji bity danych w sygnale elektrycznym zmieniają fazę sygnału nośnej. Odbiornik demoduluje sygnał nośnej, który dociera do jego anteny. Następnie interpretuje sygnały zmiany fazy sygnału nośnej i odtwarza z nich oryginalny elektryczny sygnał danych.

3.3.6 Sygnały i szumy w sieci WLAN

W kablowej sieci Ethernet proces diagnozowania przyczyny zakłóceń jest bardzo prosty. W przypadku użycia technologii RF należy wziąć pod uwagę wiele rodzajów zakłóceń. **Technologia wąskopasmowa** jest przeciwieństwem technologii szerokopasmowej. Jak sugeruje nazwa, wąskie pasmo nie wywiera wpływu na całe pasmo częstotliwości w sygnale bezprzewodowym. Jednym z rozwiązań problemów z zakłóceniami wąskopasmowymi może być po prostu zmiana kanału, którego używa punkt dostępu. W rzeczywistości diagnozowanie przyczyny zakłóceń wąskopasmowych może być kosztowne i czasochłonne. Identyfikacja źródła zakłóceń wymaga użycia analizatora widma, a nawet proste modele takich urządzeń są bardzo kosztowne. Wszystkie zakłócenia interferencyjne pasma mają wpływ na cały zakres pasma. Technologia Bluetooth™, której działanie polega na przeskakiwaniu wiele razy na sekundę przez całe pasmo 2,4 GHz, może spowodować znaczne zakłócenia w sieci 802.11b. Nie jest niczym niezwykłym napotkanie w niektórych instytucjach korzystających z sieci bezprzewodowej znaku nakazującego wyłączenie przed wejściem do budynku wszystkich urządzeń korzystających z technologii Bluetooth™. Urządzeniem, które często umyka uwadze jako źródło zakłóceń, jest powszechnie używana w domach i biurach kuchenka mikrofalowa. Wyciek z kuchenki mikrofalowej energii, nawet tak niewielkiej jak jeden wat, do pasma RF może spowodować poważne zakłócenia w sieci. Telefony bezprzewodowe pracujące w paśmie 2,4 GHz mogą również powodować zakłócenia w sieci. Ogólnie rzecz biorąc, nawet najbardziej

ekstremalna pogoda nie spowoduje zakłócenia sygnału RF. Jednak mgła lub bardzo duża wilgotność może mieć wpływ na sieci bezprzewodowe. Wyładowania atmosferyczne mogą również wprowadzić do atmosfery ładunek elektryczny i zmienić drogę transmitowanego sygnału. Pierwszym i najbardziej oczywistym źródłem problemów z sygnałami jest stacja nadawcza i typ anteny. Stacja o większej mocy będzie wysyłać sygnał dalej, a antena paraboliczna, która skupia sygnał, zwiększy zasięg transmisji. W środowisku małego biura czy domu większość punktów dostępu korzysta z dwóch anten dookólnych, które transmitują sygnał we wszystkich kierunkach, kosztem zmniejszonego zasięgu.

3.3.7 Bezpieczeństwo w sieciach bezprzewodowych

W poprzednim rozdziale przedstawiono trudności związane z zapewnieniem bezpieczeństwa w sieci bezprzewodowej. Wszędzie tam, gdzie istnieją sieci bezprzewodowe, bezpieczeństwo jest zagrożone. Stanowiło to problem w początkowym okresie istnienia sieci WLAN. Wielu administratorów nadal nie potrafi zaimplementować efektywnej strategii zabezpieczeń. Powstało wiele nowych rozwiązań zabezpieczeń, takich jak wirtualne sieci prywatne VPN (Virtual Private Networking) i protokół EAP (Extensible Authentication Protocol). W protokole EAP punkt dostępu nie dokonuje uwierzytelniania klienta, ale przekazuje te obowiązki bardziej wyspecjalizowanemu urządzeniu, najczęściej wydzielonemu serwerowi zaprojektowanemu do tego celu. Użycie technologii zintegrowanego serwera VPN powoduje utworzenie tunelu na istniejącym protokole, takim jak IP. Jest to połączenie warstwy 3, w przeciwieństwie do połączenia warstwy 2, które istnieje pomiędzy punktem dostępu a węzłem nadawczym.

- **EAP-MD5 Challenge** – protokół EAP to najwcześniejszy typ uwierzytelniania, który jest bardzo podobny do protokołu ochrony hasła CHAP stosowanego w sieciach przewodowych.
- **LEAP (Cisco)** – protokół LEAP (Lightweight Extensible Authentication Protocol) jest głównie używany przez bezprzewodowe punkty dostępu firmy Cisco w sieciach WLAN. Protokół LEAP zapewnia bezpieczeństwo podczas wymiany poświadczeń, dokonuje szyfrowania przy użyciu dynamicznych kluczy WEP i obsługuje uwierzytelnianie wzajemne.
- **Uwierzytelnianie użytkownika** – umożliwia nawiązywanie połączeń oraz wysyłanie i odbieranie danych w sieci bezprzewodowej wyłącznie uwierzytelnionym użytkownikom.
- **Szyfrowanie** – zapewnia usługi szyfrowania chroniące dane przed intruzami.
- **Uwierzytelnianie danych** – zapewnia integralność danych dzięki uwierzytelnianiu urządzenia źródłowego i docelowego.

Technologia VPN chroni skutecznie sieć bezprzewodową przed nieautoryzowanym dostępem, podczas gdy sieć WLAN, na którą nie narzucono żadnych ograniczeń, przekierowuje ruch pomiędzy wszystkimi węzłami, bez względu na to czy powinny one należeć do tej sieci czy nie. Fale radiowe często wykraczają poza obszar domu lub biura, w którym sieci są zainstalowane, zatem bez zastosowania zabezpieczeń intruzi mogą infiltrować sieć przy odrobinie wysiłku. Z drugiej strony wprowadzenie zabezpieczenia niskiego poziomu w sieci WLAN stanowi minimalny wysiłek dla administratora sieci.

Media transmisyjne używane w sieciach

- Kabel koncentryczny
- Skrętka ekranowana
- Skrętka nieekranowana
- Łączność bezprzewodowa