

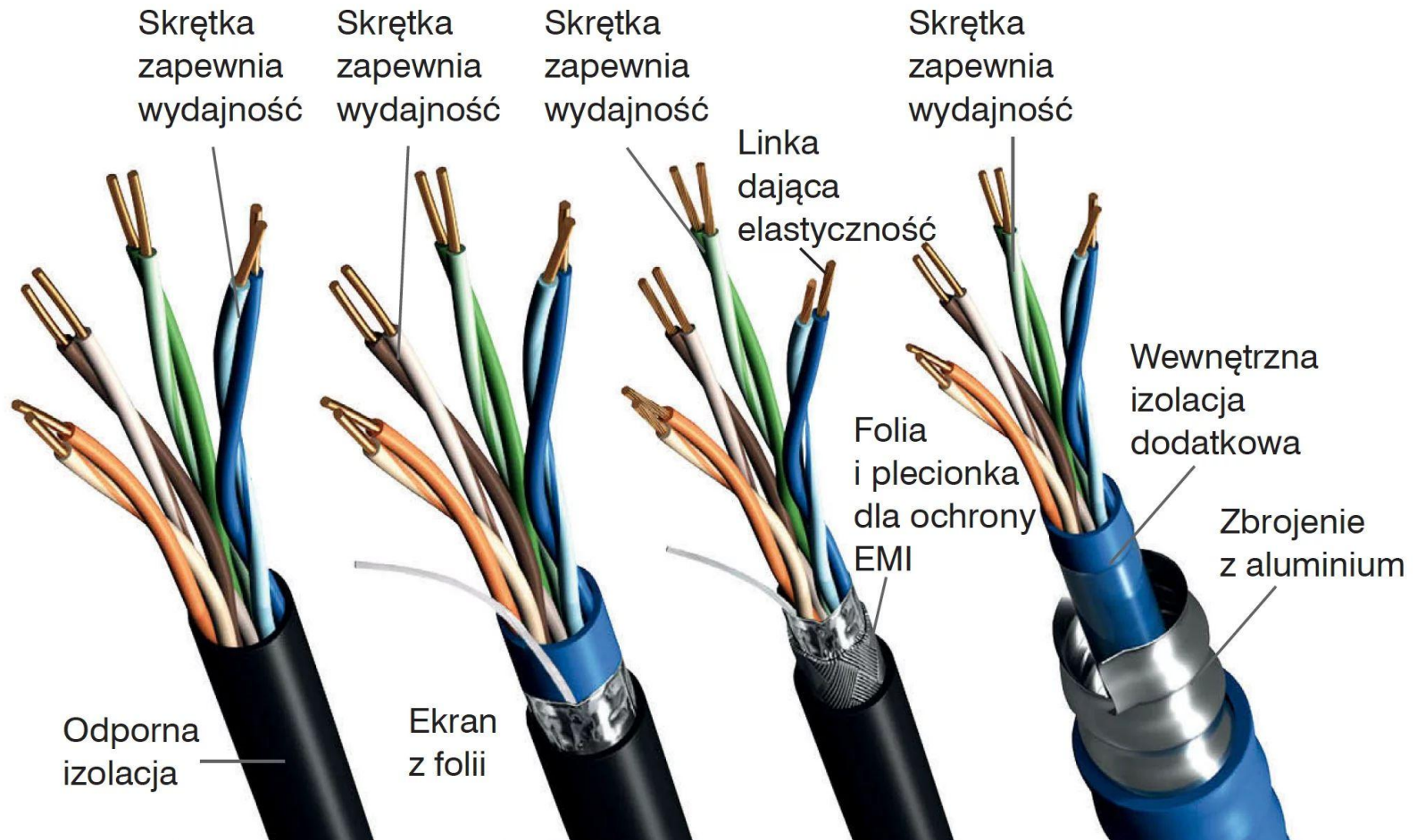
Sieci komputerowe – wykład 2

Jarosław Szkoła

Media komunikacyjne przewodowe

- Rodzaj okablowania sieciowego przewodowego
- Zasady budowy połączeń sieciowych

Okablowanie strukturalne



Rodzaj i oznaczenia skrętki

O sposobie opisu skrętki komputerowej mówi norma **ISO/IEC 11801:2002**. Zgodnie z zawartymi w niej informacjami opis kabla powinien przyjmować składnię *xx/yyTP*, gdzie *yy*-opisuje pojedynczą parę żył w kablu, natomiast oznaczenie *xx* odnosi się do całości kabla.

- Przyjmowane przez *xx* i *yy* oznaczenia to:
 - U – nieekranowane (ang. unshielded)
 - F – ekranowane folią (ang. foiled)
 - S – ekranowane siatką (ang. shielded)
 - SF – ekranowane folią i siatką
- Spotykane skrętki komputerowe
 - U/UTP – skrętka nieekranowana
 - F/UTP – skrętka foliowana
 - U/FTP – skrętka z każdą parą w osobnym ekranie z folii.
 - F/FTP – skrętka z każdą parą w osobnym ekranie z folii dodatkowo w ekranie z folii
 - SF/UTP – skrętka ekranowana folią i siatką
 - S/FTP – skrętka z każdą parą foliowaną dodatkowo w ekranie z siatki
 - SF/FTP – skrętka z każdą parą foliowaną dodatkowo w ekranie z folii i siatki

Normy i zalecenia dla okablowania strukturalnego

Kraj	Polska	Europa	USA	Świat
Norma	PN-EN 50173	EN 50173	TIA/EIA 568A	ISO/IEC 11801

Kategorie i klasy skrętki komputerowej

Standard TIA/ EIA 568A	ISO 11801 EN50173	Rodzaj złącza	Zastosowanie	Pasma
kat. 1	Klasa A		Realizacja usług telefonicznych	do 100 kHz
kat. 2	Klasa B		Okablowanie dla aplikacji głosowych i usług terminalowych	do 1 MHz
kat. 3	Klasa C	RJ11 RJ12 RJ45	Protokoły ze średnią szybkością bitową, Ethernet 10Base-T	do 16 MHz
kat. 4	brak	RJ45	Protokoły ze średnią szybkością bitową, Ethernet do 16 Mbit/s	do 20 MHz
kat. 5/5e	Klasa D	RJ45	Protokoły z dużą szybkością bitową np. FastEthernet 100Base-TX, GigabitEthernet 1000Base-T	do 100 MHz

Kategorie i klasy skrętki komputerowej

Standard TIA/ EIA 568A	ISO 11801 EN50173	Rodzaj złącza	Zastosowanie	Pasma
kat.6	Klasa E	RJ45	Protokoły z bardzo dużą szybkością bitową, np. ATM622, GigabitEthernet 1000Base-T	do 250 MHz
kat. 6A	Klasa E _A	RJ45	Protokoły z bardzo dużą szybkością bitową, GigabitEthernet, 10-GigabitEthernet 10GBase-T	do 500 MHz
kat. 7	F	GG45, TERA	Protokoły przyszłościowe, 10GBase-T, transmisja wideo wysokiej jakości, współdzielenie aplikacyjne kabla (3-play)	do 600 MHz
kat. 7A	F _A	GG45, TERA	Protokoły przyszłościowe, 10GBase-T, pełne pasmo CATV (862 MHz), współdzielenie aplikacyjne kabla (3-play), ready for 40G, ready for 100G	do 1GHz

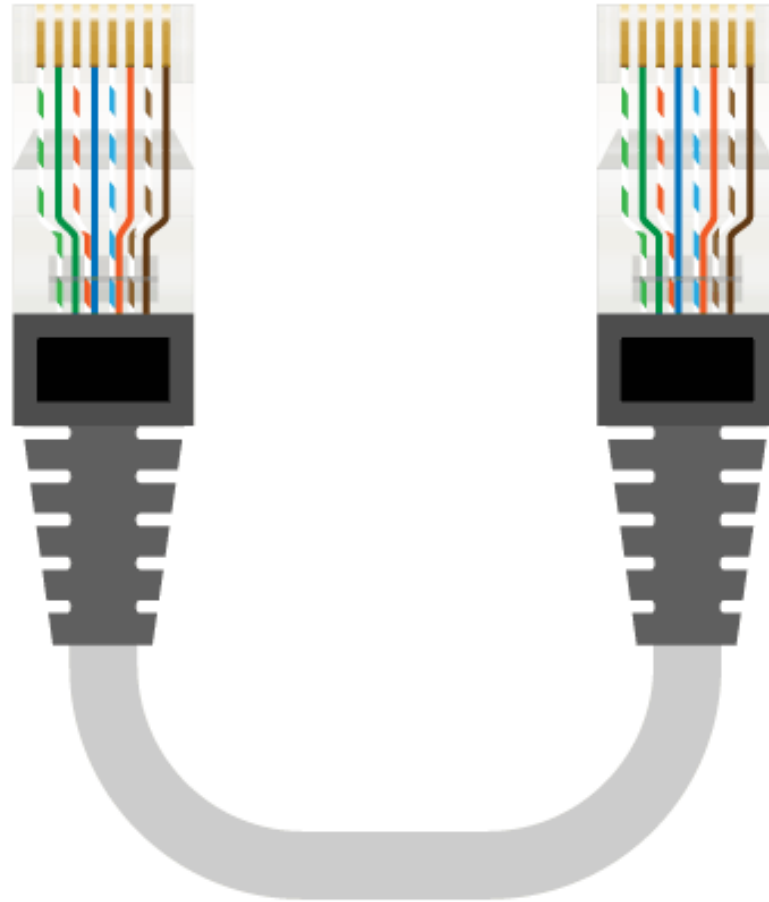
Specyfikacja połączeń żył we wtykach RJ-45

Wyróżnia się dwa podstawowe standardy połączeń żył dla sieci 100Base-T:

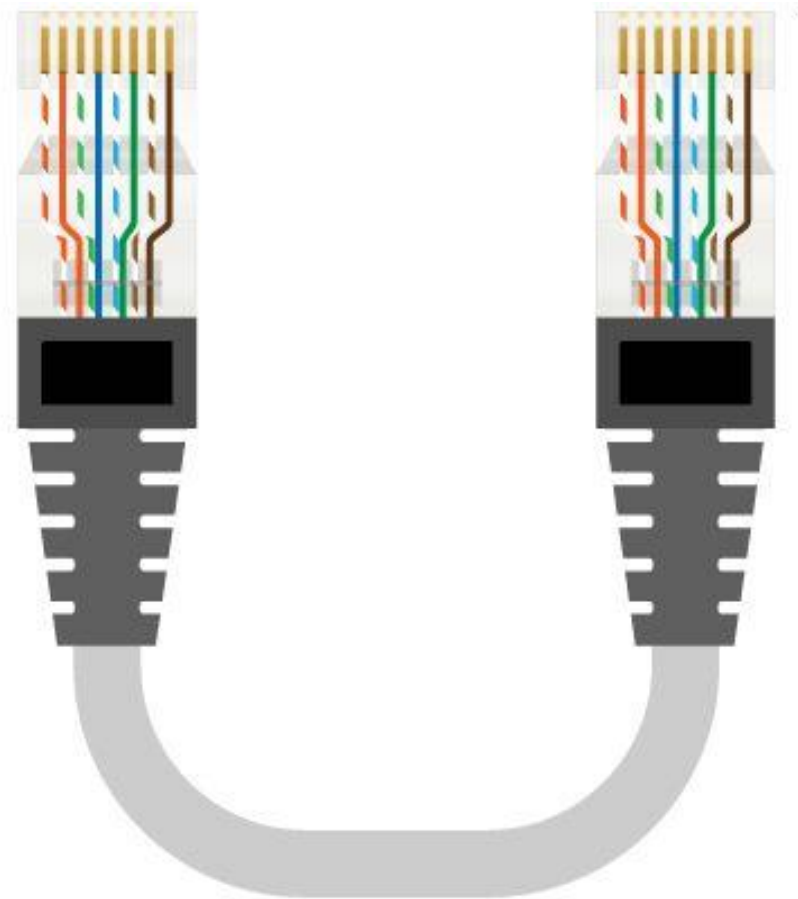
- T568B (częściej stosowany)
- T568A

Jeżeli z dwóch stron zostanie zastosowany jeden standard zaciskania złącza, uzyska się tzw. kabel "prosty". W przypadku zastosowania dwóch różnych standardów, uzyska się tzw. kabel "krosowany". Do połączeń komputer - switch (hub, router) używamy kabla „prostego”, natomiast do połączenia komputer - komputer potrzebny będzie kabel „krosowany”.

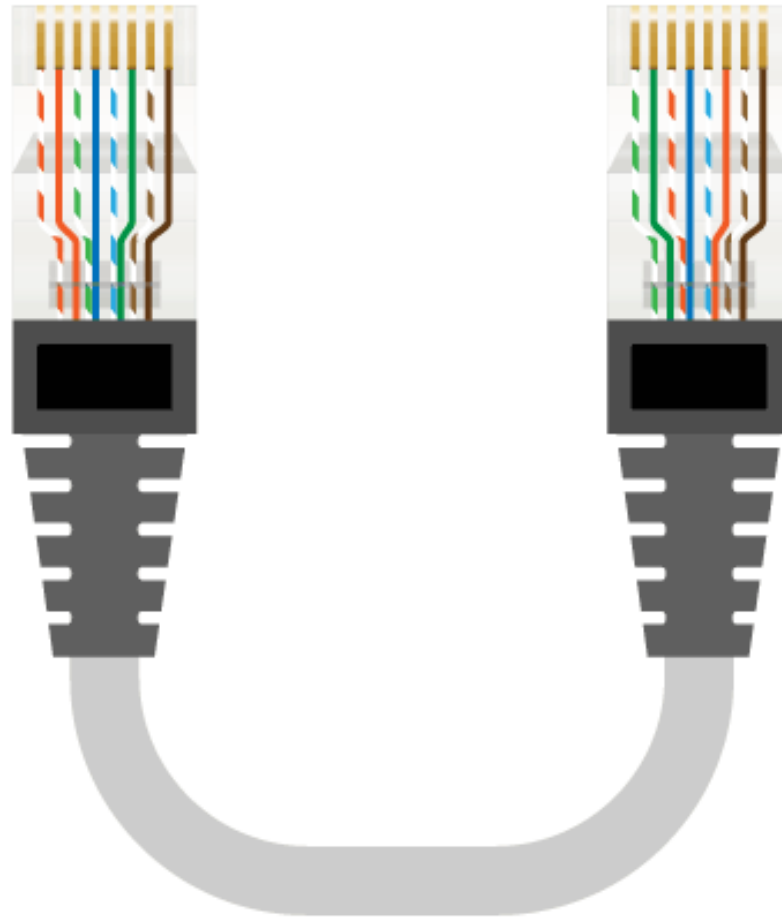
Kabel "prosty,, – standard T568A



Kabel "prosty,, - standard T568B

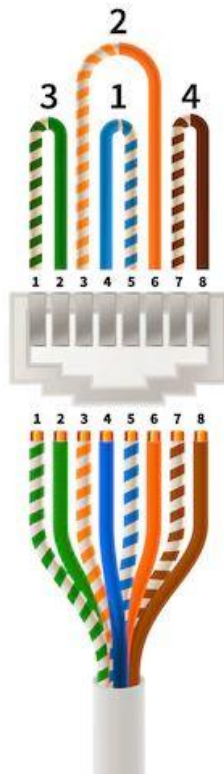


Kabel typu „Cross” – połączenie standardu T568A i T568B

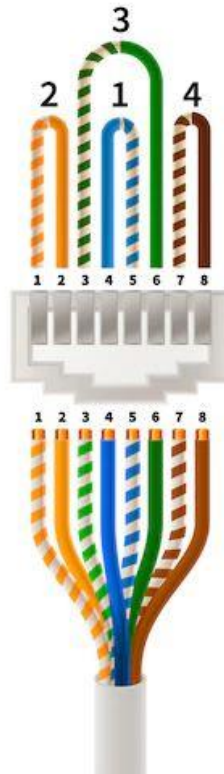


Połączenia krzyżowe (cross) dla tego samego standardu

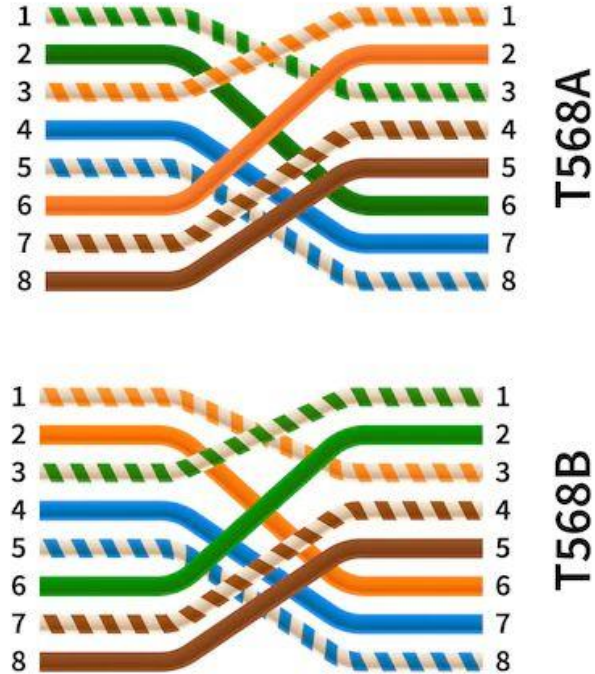
T568A



T568B



TIA/EIA CROSSED WIRING



Zasada łączenia kabli w układzie prostym

Wtyczka 1	Nr końcówki	Kolory	Nr końcówki	Wtyczka 2
Odbiór +	1	Biało-pomarańczowy	1	Transmisja+
Odbiór -	2	Pomarańczowy	2	Transmisja -
Transmisja +	3	Biało-Zielony	3	Odbiór+
Nie używane	4	Niebieski	4	Nie używane
Nie używane	5	Biało-Niebieski	5	Nie używane
Transmisja -	6	Zielony	6	Odbiór -
Nie używane	7	Biało-Brązowy	7	Nie używane
Nie używane	8	Brązowy	8	Nie używane

Zasada łączenia kabli w układzie krzyżowym (cross)

Wtyczka 1	Nr końcówki	Kolory	Nr końcówki	Wtyczka 2
Odbiór +	1	Biało-pomarańczowy	3	Transmisja+
Odbiór -	2	Pomarańczowy	6	Transmisja -
Transmisja +	3	Biało-Zielony	1	Odbiór+
Nie używane	4*	Niebieski	7*	Nie używane
Nie używane	5*	Biało-Niebieski	8*	Nie używane
Transmisja -	6	Zielony	2	Odbiór -
Nie używane	7*	Biało-Brązowy	4*	Nie używane
Nie używane	8*	Brązowy	5*	Nie używane

- połączenia mogą się różnić, w zależności od standardu przewodów na poszczególnych końcówkach wtyczek.

Parametry skrętki komputerowej

- **Tłumienie skrętki**

- Tłumienie jest to stosunek napięcia wyjściowego do napięcia wejściowego sygnału transmitowanego w przewodzie, wyrażany w decybelach na jednostkę długości.
- Na całkowitą tłumienność skrętki mają wpływ następujące czynniki:
 - Częstotliwość - im wyższa częstotliwość, tym większa tłumienność,
 - Długość kabla - dłuższy przewód wprowadza większą tłumienność,
 - Wiek kabla i jego jakość (materiał) - przewód ulega starzeniu co pogarsza jego parametry,
 - Wilgotność.

Parametry skrętki komputerowej

- **Przesłuch zbliżny (NEXT Near-End Crosstalk)**
 - NEXT jest to zakłócenie generowane w parze na skutek transmisji sygnału w sąsiedniej parze. Współczynnik NEXT mierzony jest jako stosunek amplitudy napięcia testowego do napięcia wyindukowanego w sąsiedniej parze.

Parametry skrętki komputerowej

- **Sumaryczny przesłuch zbliżony (PSNEXT - PowerSum NEXT)**
 - Parametr PowerSum NEXT jest rozwinięciem parametru NEXT. Uwzględnia on wzajemne zakłócanie się par w kablu czteroparowym. W systemach wykorzystujących więcej niż dwie pary kabli w czasie transmisji występuje zjawisko sumowania się zakłóceń od wielu par.

Parametry skrętki komputerowej

- **Przesłuch zdalny (FEXT)**
 - FEXT, czyli przesłuch zdalny (w przeciwieństwie do przesłuchu zbliżonego NEXT), mierzony jest na przeciwnym końcu kabla niż sygnał wywołujący zakłócenie. Wartość tego parametru jest zależna od długości (a więc tłumienia) kanału transmisji.

Parametry skrętki komputerowej

- **ELFEXT**

- W odróżnieniu od FEXT jest niezależny od długości badanego toru, gdyż uwzględnia tłumienie wnoszone przez tor transmisyjny.

Parametry skrętki komputerowej

- **Sumaryczny przesłuch zdalny PSACR-F (PSELFEXT Power Sum Equal Level Far End Cross Talk)**
 - Parametr wyraża jak dużo sygnału dostaje się od trzech par do pozostałej czwartej pary. Źródło sygnału znajduje się na przeciwległym końcu przewodu niż ma miejsce pomiar.

Parametry skrętki komputerowej

- **Współczynnik ACR (attenuation to crosstalk ratio)**
 - Parametr ten mówi o różnicy pomiędzy NEXT i tłumieniem w dB. Wartość ACR wskazuje, jak amplituda sygnału odbieranego z odległego końca toru będzie zakłócana przez przesłuchy bliskie. Duża wartość ACR oznacza, że odbierany sygnał jest znacznie większy od zakłóceń.

Parametry skrętki komputerowej

- **Straty odbiciowe (Return Loss)**

- Parametr ten uwzględnia niedopasowanie impedancyjne i niejednorodności toru. Straty odbiciowe mówią, ile razy sygnał na wejściu do toru jest większy od sygnału odbitego od wejścia i niejednorodności toru.

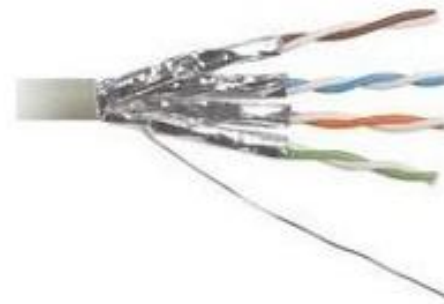
Parametry skrętki komputerowej

- **Rozrzut opóźnienia (delay skew)**
 - Parametr ten mówi o różnicy pomiędzy najmniejszym i największym opóźnieniem. Parametr jest wyliczany na podstawie zmierzonych opóźnień dla każdej z par. Rozrzut opóźnienia wynika z różnic w długościach poszczególnych par. Parametr ten jest krytyczny dla systemów wykorzystujących wszystkie pary do jednoczesnej transmisji.

Rodzaje kabli sieciowych typu skrętka



UTP



STP

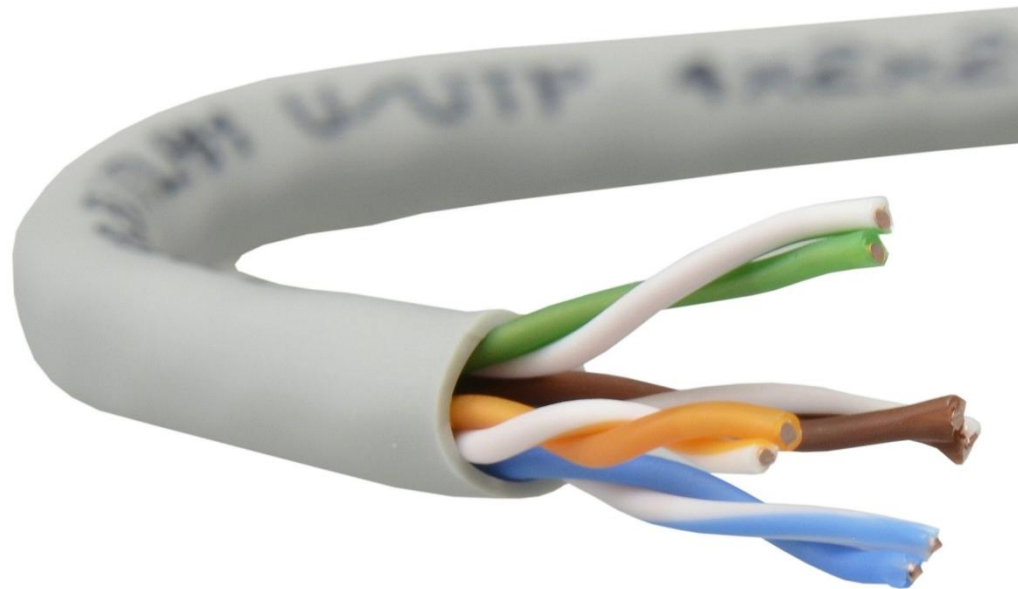


FTP



S-FTP

Kabel UTP – skrętka nieekranowana



Kabel UTP

- UTP (ang. Unshielded Twisted Pair) – skrętka nieekranowana skrętka wykonana z dwóch przewodów, ze zmiennym splotem (zwykle 1 zwój na 6-10 cm), co chroni transmisję przed zakłóceniami z otoczenia.
- Skrętka nieekranowana UTP jest powszechnie stosowana w sieciach telefonicznych (jedna, dwie lub cztery pary) i w kablach komputerowych (cztery skrętki w kablu). Zwykle poszczególne skrętki w kablu mają odmienny skręt w celu minimalizacji przesłuchów zbliżonych NEXT i zdalnych FEXT. Ich przydatność do transmisji cyfrowych określają kategorie, a przydatność do aplikacji - klasy kabli miedzianych. Przy przesyłaniu sygnałów cyfrowych za pomocą skrętek UTP (cztery pary) uzyskuje się standardową przepływność do 100 Mb/s (kat. 5), oraz 1 Gb/s w technologii Gigabit Ethernet.
- Dla przesyłania sygnałów w sieciach komputerowych konieczne są skrętki kategorii 3 (10 Mb/s) i kategorii 5 (100 Mb/s), przy czym powszechnie stosuje się tylko ta ostatnia.

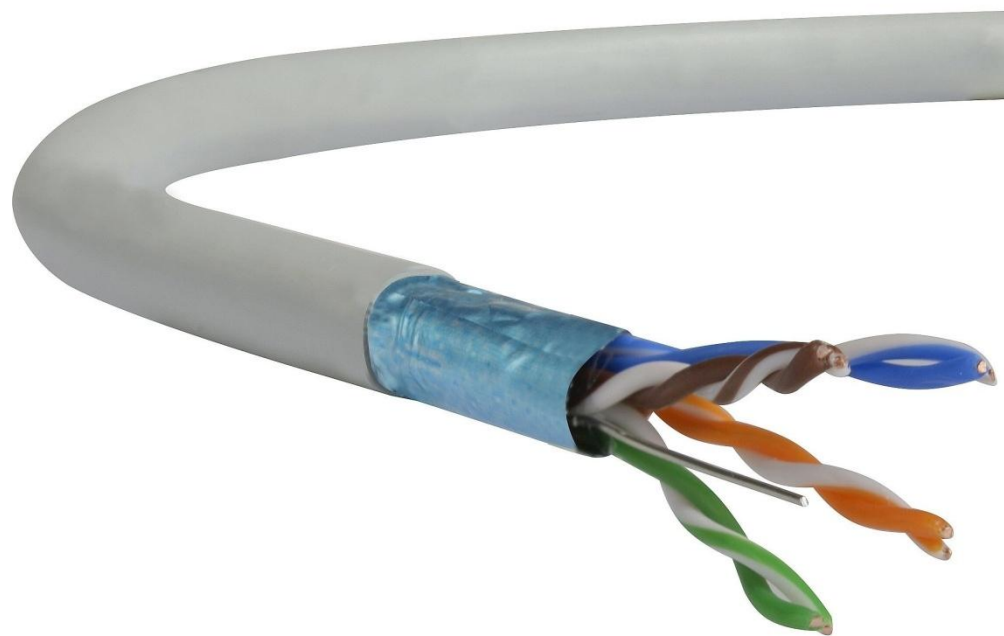
Kabel STP – skrętka ekranowana



Kabel STP

- STP (ang. Shielded Twisted Pair) – skrętka ekranowana – klasyczne miedziane medium transportowe sieci komputerowej, wykonane z dwóch skręconych przewodów wraz z ekranem w postaci oplotu. Para ekranowana jest bardziej odporna na zakłócenia impulsowe oraz szkodliwe przesłuchy niż skrętka UTP.

Kabel FTP – skrętka ekranowana folią



Kabel FTP

- FTP (ang. Foiled Twisted Pair) – skrętka foliowana – skrętka miedziana ekranowana za pomocą folii wraz z przewodem uziemiającym. Przeznaczona jest głównie do budowy sieci komputerowych (Ethernet, Token Ring) o długości nawet kilku kilometrów. Stosowana ostatnio również na krótszych dystansach w sieciach standardu Gigabit Ethernet (1 Gb/s) z wykorzystaniem wszystkich czterech par okablowania miedzianego kat. 5.

Kabel S-FTP – skrętka ekranowana folią i siatką



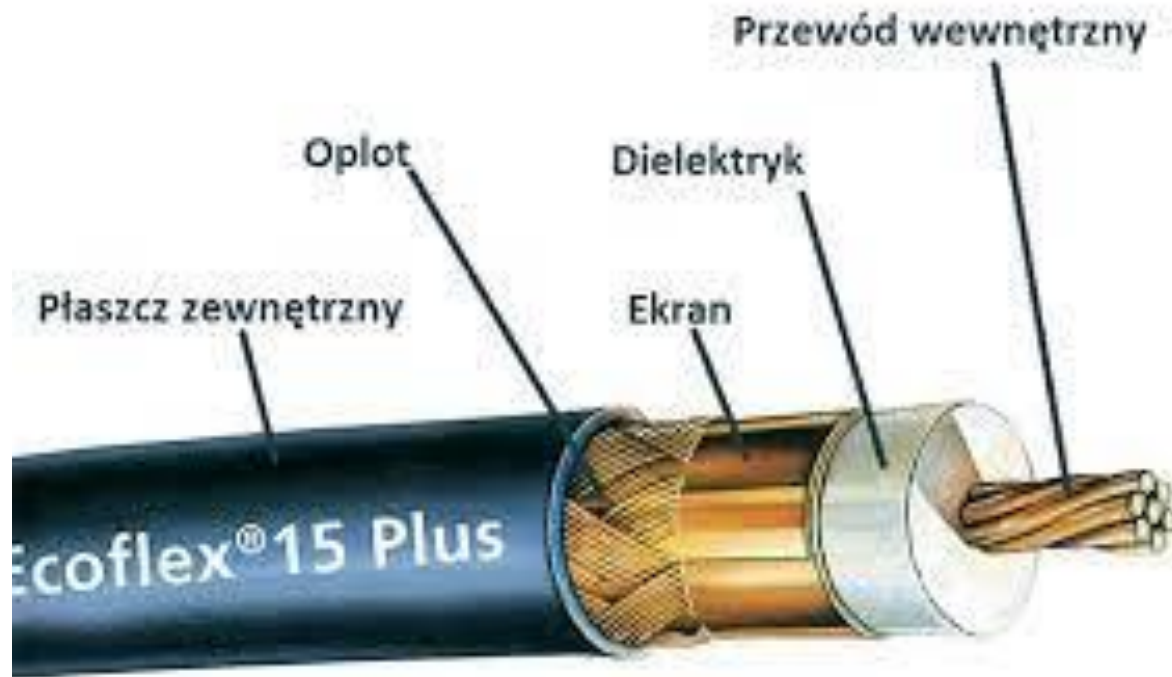
Kabel S-FTP

- S-FTP – każda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem z folii, cały kabel pokryty jest oplotem

Kable ekranowane - inne

- Poza wyżej wymienionymi rodzajami skrętek można spotkać także hybrydy tych rozwiązań:
 - F-FTP – każda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem z folii, cały kabel jest również pokryty folią,
 - S-FTP – każda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem z folii, cały kabel pokryty jest oplotem,
 - S-STP – każda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem (oplotem), cały kabel pokryty jest oplotem.

Kabel koncentryczny współosiowy



Składa się z dwóch przewodów koncentrycznie umieszczonych jeden wewnątrz drugiego, co zapewnia większą odporność na zakłócenia a tym samym wyższą jakość transmisji. Jeden z nich wykonany jest w postaci drutu lub linki miedzianej i umieszczony w osi kabla (czasami zwany jest przewodem gorącym), zaś drugi (ekran) stanowi oplot.

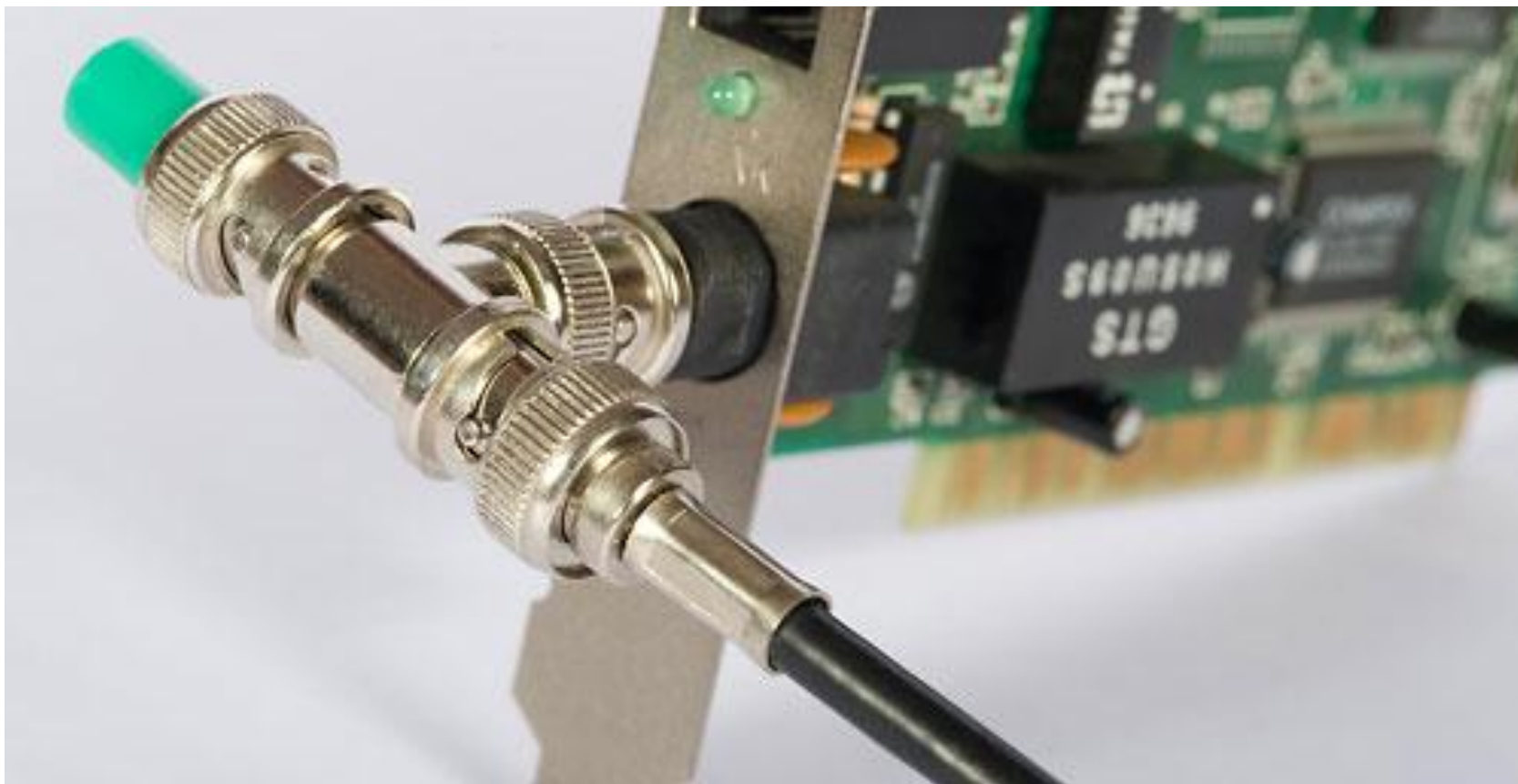
Kabel koncentryczny współosiowy

- Powszechnie stosuje się dwa rodzaje kabli koncentrycznych
 - o impedancji falowej 50 i 75 Ohm, przy czym te pierwsze stosuje się m.in. w sieciach komputerowych. Zastosowanie znalazły dwa rodzaje kabli koncentrycznych:
 - Cienki Ethernet (Thin Ethernet) – (sieć typu 10Base-2) – kabel RG-58 o średnicy $\frac{1}{4}$ " i dopuszczalnej długości segmentu sieci wynoszącej 185 m. Stosowany nadal zwłaszcza tam, gdzie istnieje potrzeba połączenia na odległość większą niż 100 m.
 - Gruby Ethernet (Thick Ethernet) – (sieć typu 10Base-5) – kable RG-8 i RG-11 o średnicy $\frac{1}{2}$ " i dopuszczalnej długości segmentu wynoszącej 500 m. Nie stosowany obecnie, lecz można go spotkać jeszcze w bardzo starych sieciach. Oba kable mają impedancję falową 50 Ohm.
 - Należy dodać, że impedancja kabla jest ściśle związana z impedancją urządzeń do niego podłączonych. Nie można więc bezkarnie stosować w sieciach komputerowych np. telewizyjnego kabla antenowego (o impedancji falowej 75 Ohm), gdyż wykonana w ten sposób sieć najprawdopodobniej nie będzie po prostu działać.

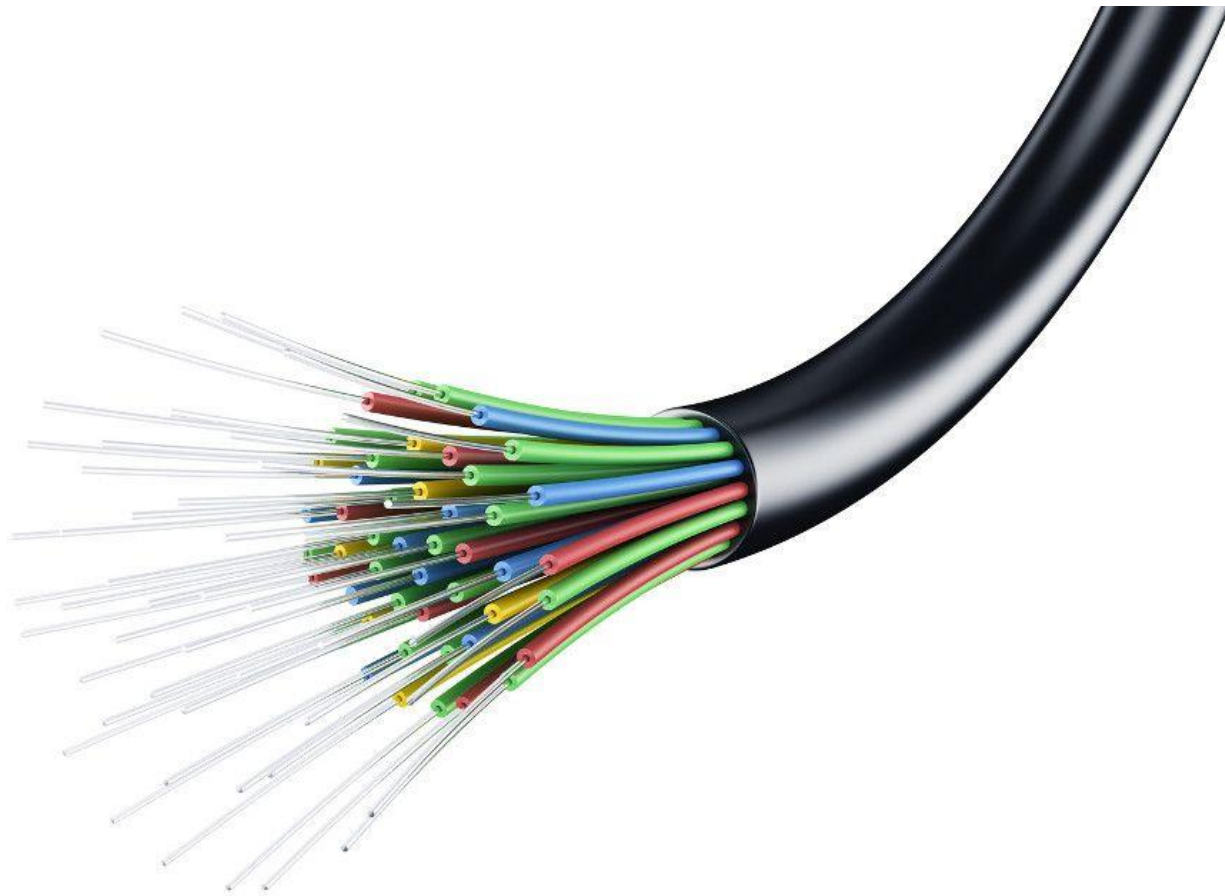
Kabel koncentryczny współosiowy

- Zalety:
 - jest mało wrażliwy na zakłócenia i szумы; nadaje się do sieci z przesyłaniem modulowanym (szerokopasmowym) jest tańszy niż ekranowany kabel skręcany Obecnie kabel współosiowy jest stosowany tylko w bardzo małych sieciach (do 3-4 komputerów) stawianych możliwie najniższym kosztem.
- Wadą tego rozwiązania jest dosyć duża (w porównaniu z siecią na skrętce) awaryjność instalacji.
 - Wykorzystywany jest również czasem do łączenia ze sobą skupisk stacji roboczych okablowanych w technologii gwiazdy zwłaszcza tam, gdzie odległość koncentratorów od siebie przekracza 100 m i nie jest wymagane stosowanie prędkości wyższych niż 10 Mb/s.
 - Rozwiązanie to jest jednak spotykane prawie wyłącznie w sieciach amatorskich.
 - W sieciach profesjonalnych zaś (gdzie liczy się szybkość i niezawodność, a koszt instalacji jest sprawą drugorzędną) praktycznie nie stosuje się już kabla koncentrycznego, a zamiast niego wykorzystuje się światłowody.

Karta sieciowa z kablem koncentrycznym i terminatorem



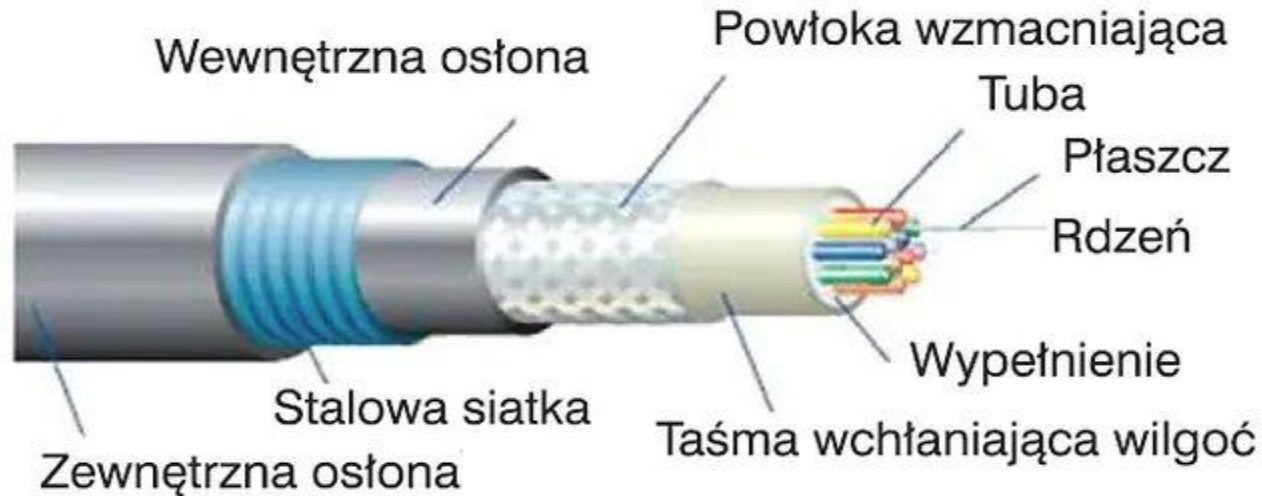
Kabel światłowodowy



Kabel światłowodowy

- Światłowód to falowód służący do przesyłania promieniowania świetlnego. Jest w formie włókien dielektrycznych - najczęściej szklanych, z otuliną z tworzywa sztucznego, charakteryzującego się mniejszym współczynnikiem załamania światła niż wartość tego współczynnika dla szkła.
- Promień światła rozchodzi się w światłowodzie po drodze będącej łamaną tzn. ulegając kolejnym odbiciom (w przypadku światłowodu z włókien są, to odbicia całkowite wewnętrzne).
- Transmisja światłowodowa polega na przesyłaniu sygnału optycznego wewnątrz włókna szklanego.
- Podstawowym składnikiem do budowy światłowodu jest dwutlenek krzemu, ale nie w formie czynnej - SiO_2

Kabel światłowodowy - budowa



Włókno optyczne, złożone z dwóch rodzajów szkła o różnych współczynnikach załamania (Refraction Index):

- część środkowa,
- rdzeń (Core), najczęściej o średnicy 62,5 um (rzadziej 50um)
- część zewnętrzną,
- płaszcz zewnętrzny (Cladding), o średnicy 125 um;

Warstwa akrylowa Tuba:

- izolacja o średnicy 900 um
- powłoka wzmacniająca – często oplót kevlarowy
- dodatkowe warstwy zabezpieczające zewnętrzne

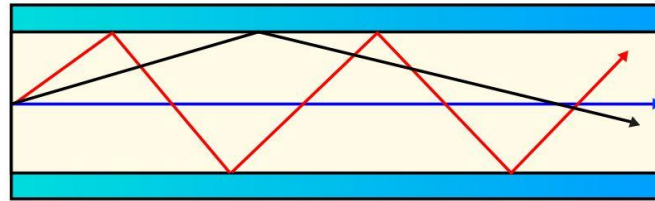
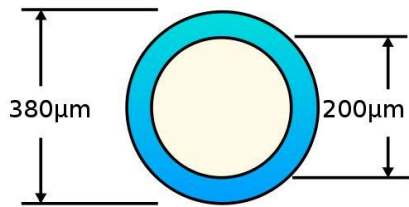
Kabel światłowodowy

- Transmisja światłowodowa polega na prowadzeniu przez włókno szklane promieni optycznych generowanych przez laserowe źródło światła. Ze względu na znikome zjawisko tłumienia, a także odporność na zewnętrzne pola elektromagnetyczne, przy braku emisji energii poza tor światłowodowy, światłowód stanowi obecnie najlepsze medium transmisyjne.
- Kabel światłowodowy składa się z jednego do kilkudziesięciu włókien światłowodowych.
- Medium transmisyjne światłowodu stanowi szklane włókno wykonane najczęściej z domieszkowanego dwutlenku krzemu (o przekroju kołowym) otoczone płaszczem wykonanym z czystego szkła (SiO_2), który pokryty jest osłoną (buforem).
- Dla promieni świetlnych o częstotliwości w zakresie bliskim podczerwieni współczynnik załamania światła w płaszczu jest mniejszy niż w rdzeniu, co powoduje całkowite wewnętrzne odbicie promienia i prowadzenie go wzdłuż osi włókna.
- Zewnętrzną warstwę światłowodu stanowi tzw. bufor wykonany zazwyczaj z akrylonu poprawiający elastyczność światłowodu i zabezpieczający go przed uszkodzeniami. Jest on tylko osłoną i nie ma wpływu na właściwości transmisyjne światłowodu.

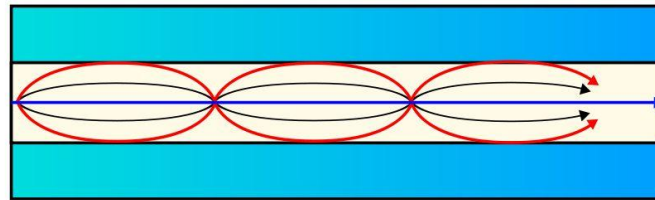
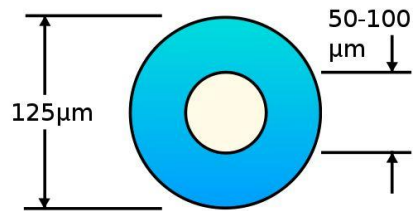
Kabel światłowodowy

- Wyróżnia się światłowody jednomodowe oraz wielomodowe.
- Światłowody jednomodowe oferują większe pasmo przenoszenia oraz transmisję na większe odległości niż światłowody wielomodowe.
- Niestety koszt światłowodu jednomodowego jest wyższy.
- Zazwyczaj przy transmisji typu full-duplex stosuje się dwa włókna światłowodowe do oddzielnej transmisji w każdą stronę, choć spotykane są rozwiązania umożliwiające taką transmisję przy wykorzystaniu tylko jednego włókna.
 - Zalety: większa przepustowość w porównaniu z kablem miedzianym, a więc możliwość sprostaną przyszłym wymaganiom co do wydajności transmisji,
 - małe straty, a więc zdolność przesyłania informacji na znaczne odległości,
 - niewrażliwość na zakłócenia i przesłuchy elektromagnetyczne, wyeliminowanie przesłuchów międzykablowych,
 - mała masa i wymiary,
 - duża niezawodność poprawnie zainstalowanego łącza i względnie niski koszt

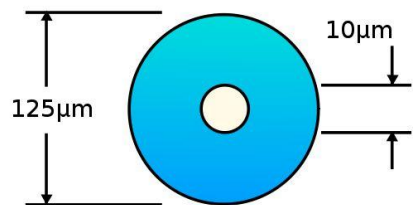
Rodzaje kabli światłowodowych



ŚWIATŁOWÓD WIELOMODOWY SKOKOWY



ŚWIATŁOWÓD WIELOMODOWY GRADIENTOWY



ŚWIATŁOWÓD JEDNOMODOWY

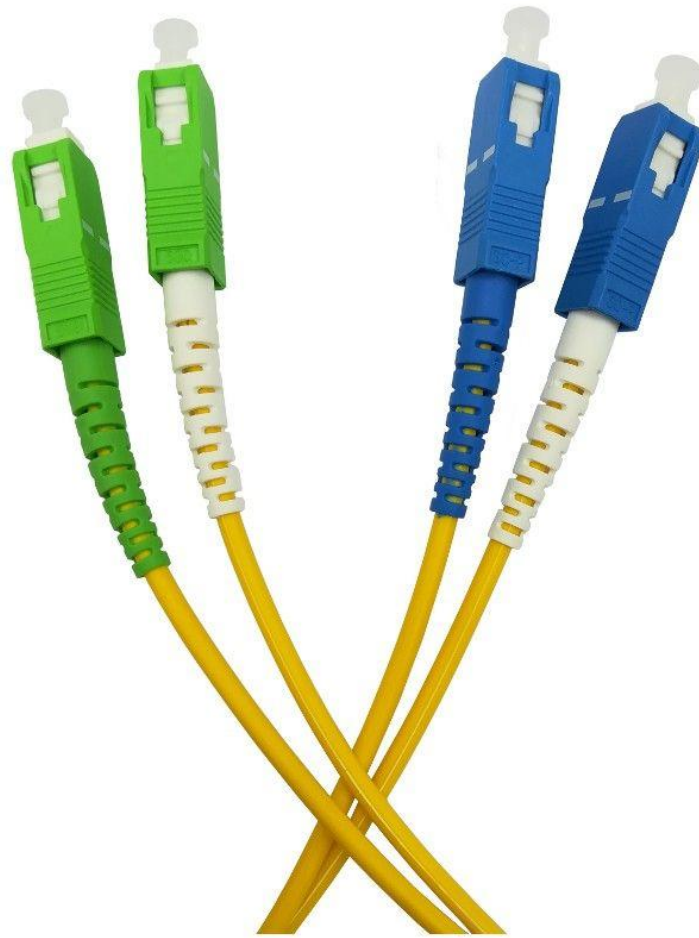
Kabel światłowodowy – budowa i zasada działania

- Rdzeń telekomunikacyjnego światłowodu wielomodowego składa się z setek (a nawet kilku tysięcy) warstw szkła kwarcowego (SiO_2) domieszkowanego dwutlenkiem germanu (GeO_2), przy czym najwięcej domieszki jest w osi rdzenia.
- Warstwowe domieszkowanie rdzenia powoduje powstanie gradientowego profilu współczynnika załamania.
- Światłowód wielomodowy charakteryzuje się tym, że promień światła może być wprowadzony do niego pod różnymi kątami - modami. Indeks kroku jest długością światłowodu, jaką przebywa promień bez odbić wewnętrznych.
- Najważniejszym problemem w przypadku tego rodzaju światłowodów jest zjawisko dyspersji, polegające na "poszerzaniu" się promienia świetlnego wraz z drogą przebytą wewnątrz światłowodu.
- Ponieważ dyspersja powiększa się wraz z drogą promienia świetlnego, więc kable wielomodowe stosowane są maksymalnie na długościach do 5 km.

Kabel światłowodowy – budowa i zasada działania

- Występują dwa rodzaje dyspersji:
 - - Dyspersja modalna - wynikające z różnic w kątach (modach) wprowadzenia światła do rdzenia. W zależności od kąta, światło przebywa różną drogą wewnątrz rdzenia, co zmienia czas przejścia światła przez światłowód i powoduje poszerzenie sygnału,
 - - Dyspersja chromatyczna - wynika z tego, że promień świetlny nie jest monochromatyczny (źródłem światła są diody LED), a światło o różnej długości fali przebiega światłowód z różnymi szybkościami.
- Transmisja wielomodowa jest sterowana za pomocą diody LED.
- Diody LED są źródłem światła nieskoncentrowanego. Ponieważ dioda nie jest zdolna do wysyłania skoncentrowanego światła, zatem wiązka ulega rozproszeniu. Nakłada to ograniczenia na długość okablowania światłowodowego sterowanego za pomocą diody LED.
- Obecnie stosowane są w telekomunikacji następujące rodzaje włókien:
 - włókna jednomodowe (J),
 - włókna jednomodowe z przesuniętą dyspersją, (Jp), -
 - włókna jednomodowe o niezerowej dyspersji (Jn),
 - włókna wielomodowe - gradientowe (G 50/125),
 - włókna wielomodowe - gradientowe (G 62,5/125)
- Przy wyborze włókna należy zwrócić uwagę na wielkość straty sygnału w światłowodzie, szerokość pasma oraz łatwość uzyskania sprzężenia źródeł i odbiorników światła.

Światłowód jednomodowy



Właściwości światłowodu jednomodowego

- Rdzeń włókna światłowodowego jednomodowego wykonany jest ze szkła kwarcowego (SiO_2) domieszkowanego kilkuprocentową domieszką dwutlenku germanu (GeO_2).
- Płaszcz wykonany jest z czystego szkła kwarcowego (SiO_2). Domieszkowanie rdzenia powoduje, że jego współczynnik załamania światła jest około 1% większy niż współczynnik załamania płaszcza.
- Pokrycie pierwotne (warstwa ochronna) jest wykonane zazwyczaj z dwóch warstw gumy silnikowej utwardzonej termicznie i ultrafioletem, już w fazie produkcji (ciągnięcia) włókna.
- Warstwa wewnętrzna jest miękka, warstwa zewnętrzna jest twarda. Taki układ warstw pokrycia pierwotnego daje optymalną ochronę mechaniczną szkła kwarcowemu podczas zginania włókna.
- Ośrodkiem transmisji sygnału optycznego jest rdzeń.
- Jego średnica wynosi ok. 8-10 μm .
- Część strumienia światła, padająca na czoło włókna pod kątem większym od kąta pełnego odbicia, zostaje "uwięziona" w rdzeniu włókna i ulega przemieszczaniu po jego torze. Strumień świetlny ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu na granicy rdzeń - płaszcz.

Właściwości światłowodu jednomodowego

- W światłowodzie jednomodowym tak jest dobrana średnica rdzenia i długość fali strumienia świetlnego, że możliwe jest jedynie rozprzestrzenianie się modu podstawowego wzdłuż osi włókna.
- Światłowody jednomodowe, których rdzenie są dodatkowo domieszkowane erbem, są obecnie najlepszym medium transmisji sygnałów na odległość.
- Światłowody jednomodowe są, efektywniejsze i pozwalają, transmitować dane na odległość 100 [km] bez wzmacniacza.
- Włókna jednomodowych kabli światłowodowych mają zwykle od 5 do 10 mikronów średnicy i otoczone są ochronnym wypełnieniem o średnicy 125 mikronów.

Właściwości światłowodu jednomodowego

- Ponieważ instalacja oparta na światłowodach jednomodowych jest bardzo droga i cechuje się dużą szerokością udostępnianego pasma, dlatego stosuje się ją przy budowie wysokiej jakości infrastruktury informatycznych i w sieciach telekomunikacyjnych.
- Wadą światłowódów jednomodowych jest to, że w związku z bardzo małym rdzeniem, trudniej jest je zakończyć, wszelkie elementy wymagają większej dokładności, znacznie droższe są też obecne urządzenia (karty sieciowe, koncentratory itp.) współpracujące z takimi światłowodami.
- Generalnie wydajność systemu wzrasta ze wzrostem długości fali świetlnej, wzrastają także koszty.
- Systemy wielomodowe dla zastosowań LAN pracują albo na 850 nm lub 1300 nm używając źródeł LED, podczas gdy systemy jednomodowe stosuje 1300 nm ze źródłami laserowymi.

Właściwości światłowodu jednomodowego

- Im większa długość fali tym mniejsze tłumienie i szersze pasmo.
- Zauważamy także znaczący wzrost wydajności systemu przy przejściu z 850 do 1300 nm.
- Im mniejszy jest rdzeń światłowodu tym mniejsze tłumienie sygnału i szersze pasmo.
- Włókno jednomodowe tłumienie ok. 0.4 dB/km.
- Włókno wielomodowe tłumienie ok. 4.0 dB/km.
- Tłumienie nie powoduje zmiany kształtu sygnału, zmniejsza jedynie jego moc.
- Tłumienie światłowodów kwarcowych zależy od długości fali światła, rodzaju i czystości szkła kwarcowego, z którego zbudowany jest rdzeń.
- Tłumienie rośnie wraz ze wzrostem długości łącza - ma więc bezpośredni wpływ na zasięg łącza.
- Do transmisji sygnałów na małe odległości (sieci lokalne) służą włókna światłowodowe wielomodowe.

Porównanie sieci kablowych

Implementation Issues	Copper Media	Fibre Optic
Bandwidth Supported	10 Mbps – 10 Gbps	10 Mbps – 100 Gbps
Distance	Relatively short (1 – 100 meters)	Relatively High (1 – 100,000 meters)
Immunity To EMI And RFI	Low	High (Completely immune)
Immunity To Electrical Hazards	Low	High (Completely immune)
Media And Connector Costs	Lowest	Highest
Installation Skills Required	Lowest	Highest
Safety Precautions	Lowest	Highest

Dziękuję za uwagę