

Media transmisyjne

Instytut Informatyki

Urządzenia Techniki Komputerowej

Zawartość prezentacji

- Oznaczenia standardów
- Skrętka
 - Budowa skrętki
 - Podział skrętki
 - UTP
 - STP
 - FTP
 - Oznaczenia kabli
 - Kategorie skrętki
 - Wtyczka RJ-45
 - Połączenia proste i krosowe
 - Zagniatanie kabli
- Koncentryk
 - Budowa kabla
 - Cienki koncentryk
 - Gruby koncentryk
- Światłowód
 - Budowa
 - Nadajniki i odbiorniki sygnału
 - Pasma elektromagnetyczne
 - Standardy przesyłu światłowodów
 - Jedno i wielomodowa transmisja
 - Złącza i kable
 - Narzędzia do światłowodów

Media transmisyjne

- **Ponieważ komputery są obiektami fizycznymi, należy je połączyć przewodami w celu wymiany sygnałów.**
- Rodzaje przewodów:
 - Skrętka,
 - Kabel koncentryczny
 - Światłowody.

Przewodowe media transmisyjne

```
graph TD; A[Przewodowe media transmisyjne] --> B[Kable miedziane]; A --> C[Światłowody]; B --> D[Koncentryk]; B --> E[Skrętka];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a light blue box labeled 'Przewodowe media transmisyjne'. Two arrows point downwards from this box to 'Kable miedziane' (orange box) and 'Światłowody' (yellow box). From 'Kable miedziane', two arrows point downwards to 'Koncentryk' and 'Skrętka' (both orange boxes).

Kable miedziane

Światłowody

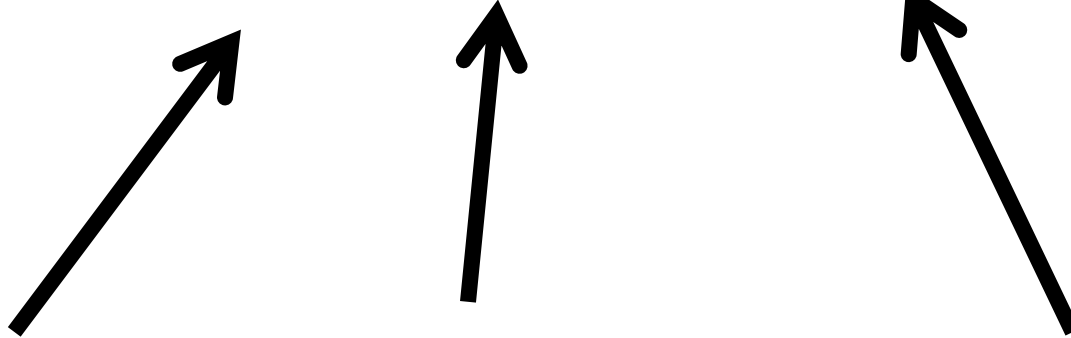
Koncentryk

Skrętka

OZNACZENIA STANDARDÓW

Oznaczenia standardów

10BASE-T



Szybkość sieci w
Mb/s

Metoda transmisji:
BASE – pasmo podstawowe
BROAD – Szerokopasmowe
NARROW - wąskopasmowe

Typ kabla lub
maksymalny zasięg

Szybkość transmisji

Oznaczenie	Szybkość transmisji
1	1 Mb/s
10	10 Mb/s
100	100 Mb/s
1000 / 1G	1 Gb/s
2,5G	2,5Gb/s
10G	10 Gb/s
25G	25 Gb/s
40G	40 Gb/s
50G	50 Gb/s
100G	100 Gb/s

Zasięg

Oznaczenie	Zasięg
2	185 m
5	500 m

Metoda obliczania oznaczenia:

- Zasięg zaokrąglamy do pełnych setek.
- Następnie dzielimy przez 100.
- Otrzymana liczba całkowita to część oznaczenia.

$$185 \rightarrow 200$$
$$200/100 = 2$$

$$\mathbf{185 \rightarrow 2}$$

Medium transmisyjne

Oznaczenie	Rodzaj
2	Cienki koncentryk (zasięg 185 m)
5	Gruby koncentryk (zasięg 500 m)
F	Światłowód
T	Skrętka 4-parowa
K	Obwody drukowane
C	Aktywne przewody miedziane (koncentryk)
H	H – POF (plastic optical fiber) – światłowód wykonany z polimeru

Inne oznaczenia

X	transmisja po jednej parze w każdą stronę
S	długość fali (850 nm) w światłowodzie wielomodowym
L	długość fali (1310 nm) w światłowodzie jednomodowym lub/i wielomodowym zwiększona długość segmentu do 2000 m (dla 10Base-F)
E	długość fali (1550 nm) w światłowodzie jednomodowym
4	transmisja w technice WDM na czterech długościach fali w pojedynczej parze kabli światłowodowych transmisja przy wykorzystaniu 4 par na raz oraz kabla miedzianego kat. 3, 4 lub 5 (dla 100Base-T)
LR	LR – long range – daleki zasięg
R	kodowanie 64b/66b w technice 10 Gb/s
X	Kodowanie 8b/10b

Oznaczenia przewodów - przykłady

10BASE5

100BASE-FL

Oznaczenia przewodów - przykłady

10BASE5

10 Mb/s

pasmo podstawowe

Zasięg 500 m

100BASE-FL

100 Mb/s

pasmo podstawowe

F - światłowód

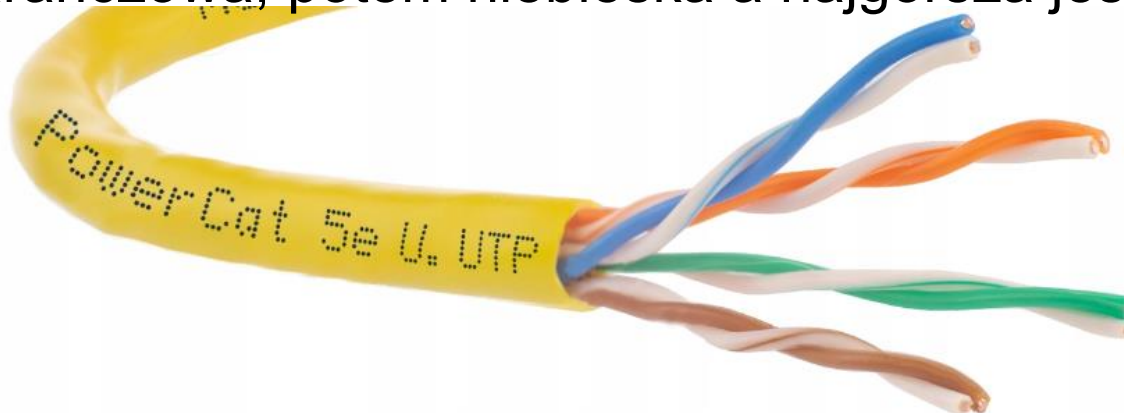
SKRĘTKA

Skrętka

- Skrętka (od ang. **twisted-pair wire**) to rodzaj kabla sygnałowego zbudowanego z jednej lub więcej par skręconych z sobą przewodów miedzianych.
- Skrętka ma impedancję falową 150 omów

Splot norweski

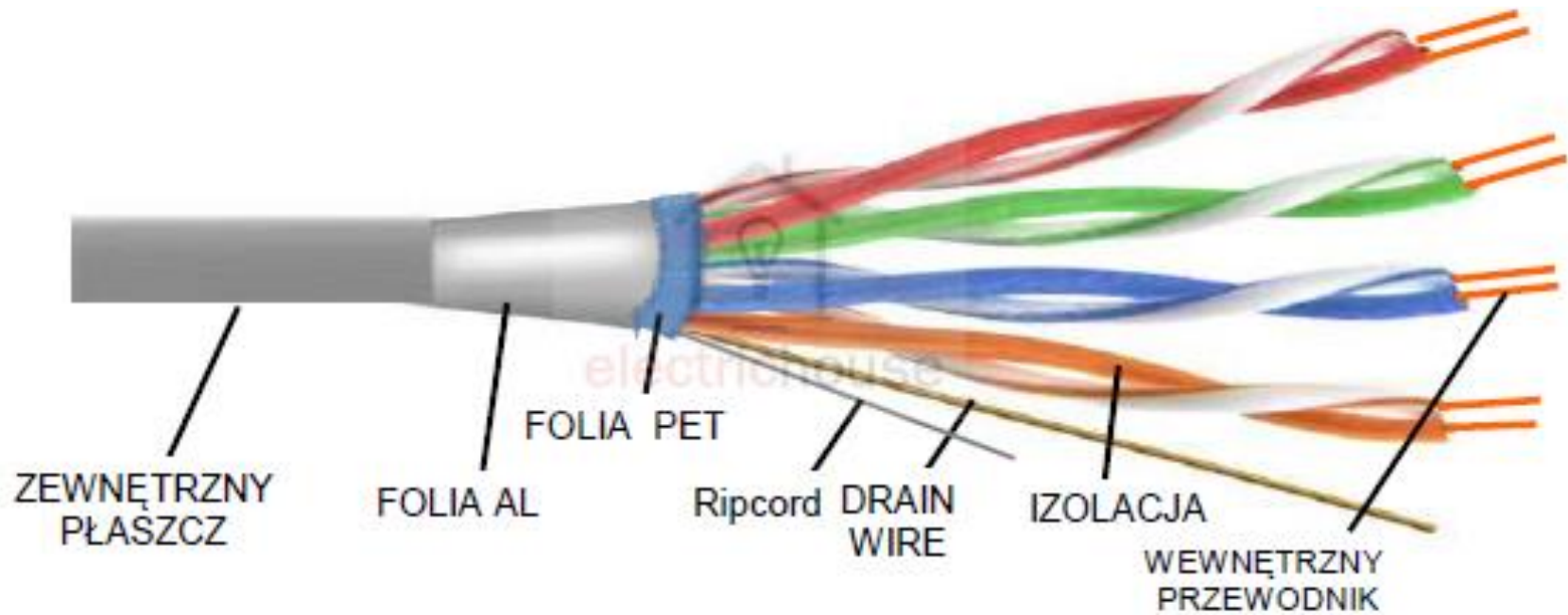
- Każda z par posiada inną długość skręcenia (1 zwój na 6-10 cm).
 - *Splot* każdej pary o innym skoku to tzw. „*splot norweski*”
 - Zmniejsza to powierzchnię pętli obwodu i zwiększa odporność na zakłócenia wzajemne (przesłuchy).
 - Niestety skręcenie powoduje zawężenie pasma transmisyjnego.
- Skręty poszczególnych par trzeba tak dobrać, by zachować jednakową pojemność wzdłuż toru względem pozostałych par.
 - Wzrost pojemności prowadzi do wzrostu przesłuchów a te rosną wraz z częstotliwością.
- W kablach UTP najmniejsze tłumienie ma para zielona, potem pomarańczowa, potem niebieska a najgorsza jest para brązowa.



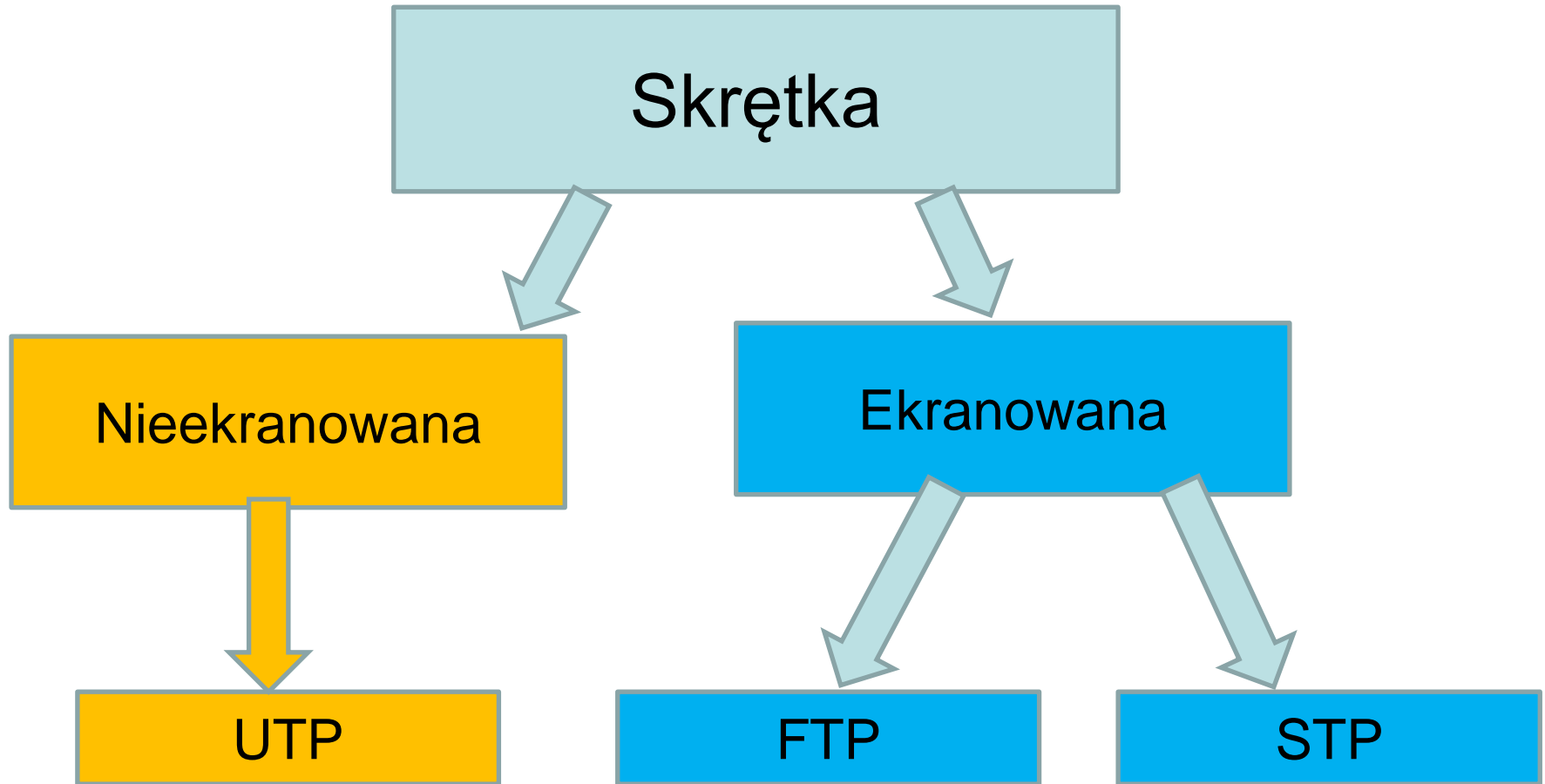
Zastosowanie skrętki

- łączy telekomunikacyjne (np. telefonia analogowa i cyfrowa)
- sieci komputerowe, (najczęściej sieci Ethernet).
- Nadaje się zarówno do przesyłania danych w postaci analogowej jak i cyfrowej.

Budowa skrętki



Podział skrętki



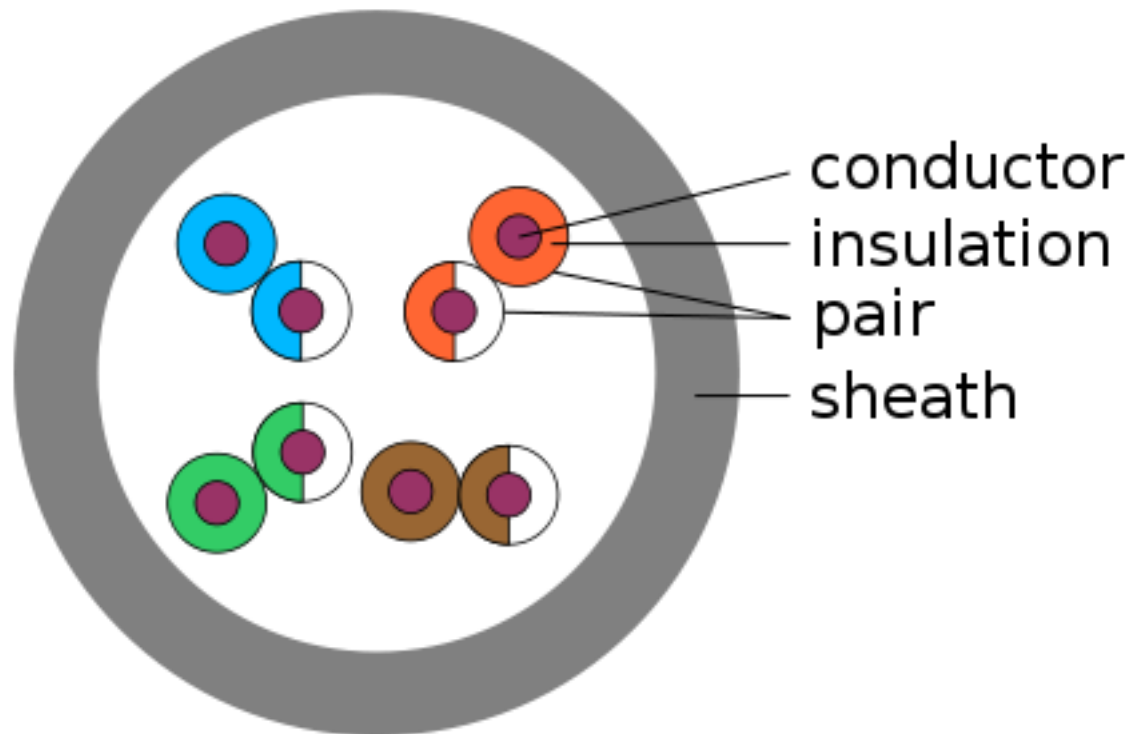
Skrętka nieekranowana (UTP – Unshielded Twisted Pair)

- Kabel typu UTP jest zbudowany ze skręconych ze sobą par przewodów nieekranowanych i tworzy linię symetryczną.
- Powszechnie stosowany w sieciach informatycznych i telefonicznych.
- W sieciach komputerowych stosuje się skrętki **kategorii 5** (100 Mb/s) i **5e** (1000 Mb/s).



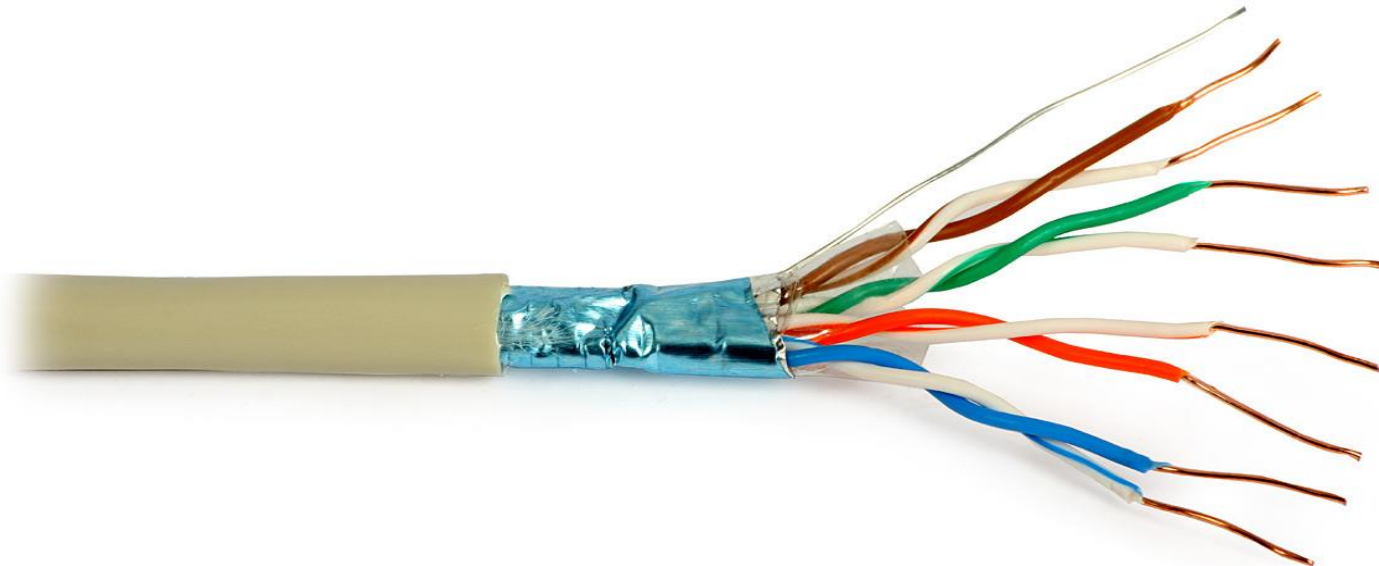
Przekrój skrętki UTP

UTP



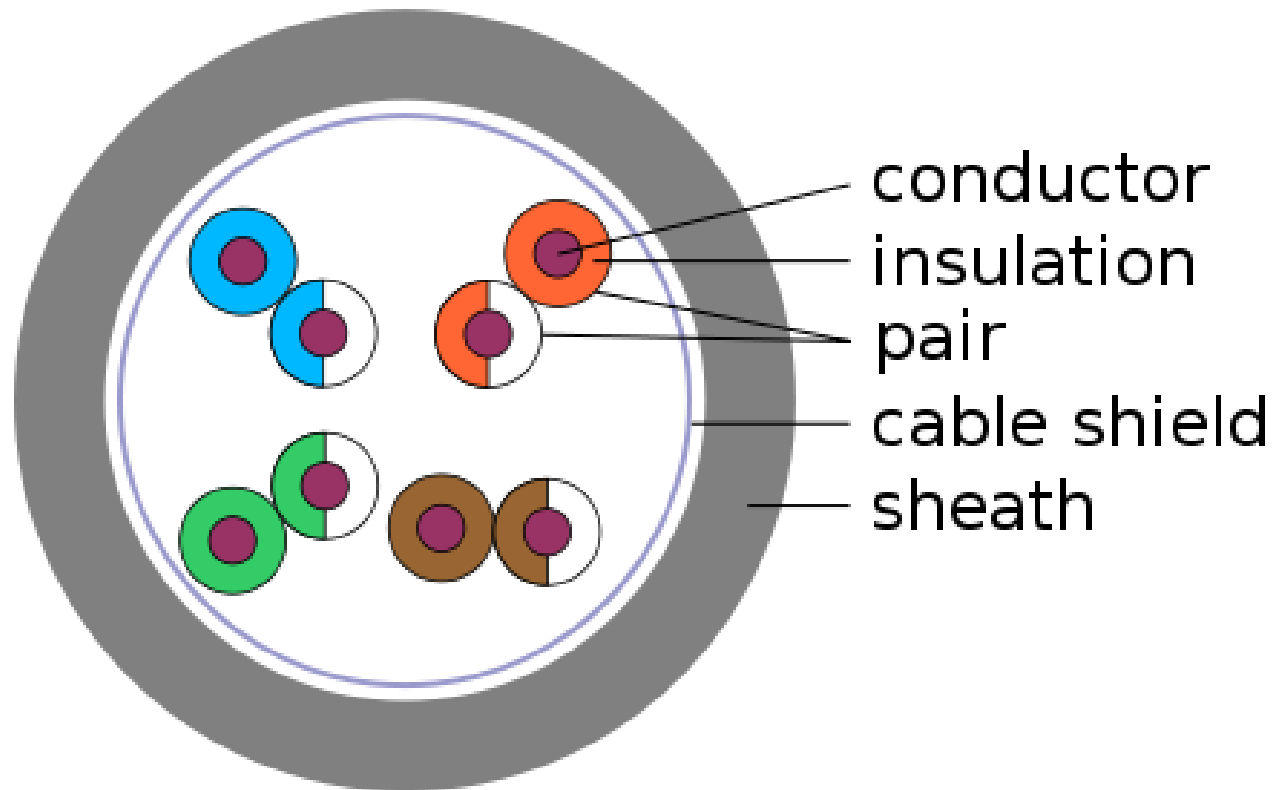
Skrętka foliowana (FTP – Foiled Twisted Pair)

- Skrętka ekranowana za pomocą folii z przewodem uziemiającym.
- Przeznaczona jest głównie do budowy sieci komputerowych umiejscowionych w ośrodkach o dużych zakłóceniach elektromagnetycznych, lub miejscach wrażliwych na błędy w transmisji.
- Stosowana jest również w sieciach **Gigabit Ethernet** (1 Gb/s) przy wykorzystaniu wszystkich czterech par przewodów.



Przekrój skrętki FTP

FTP



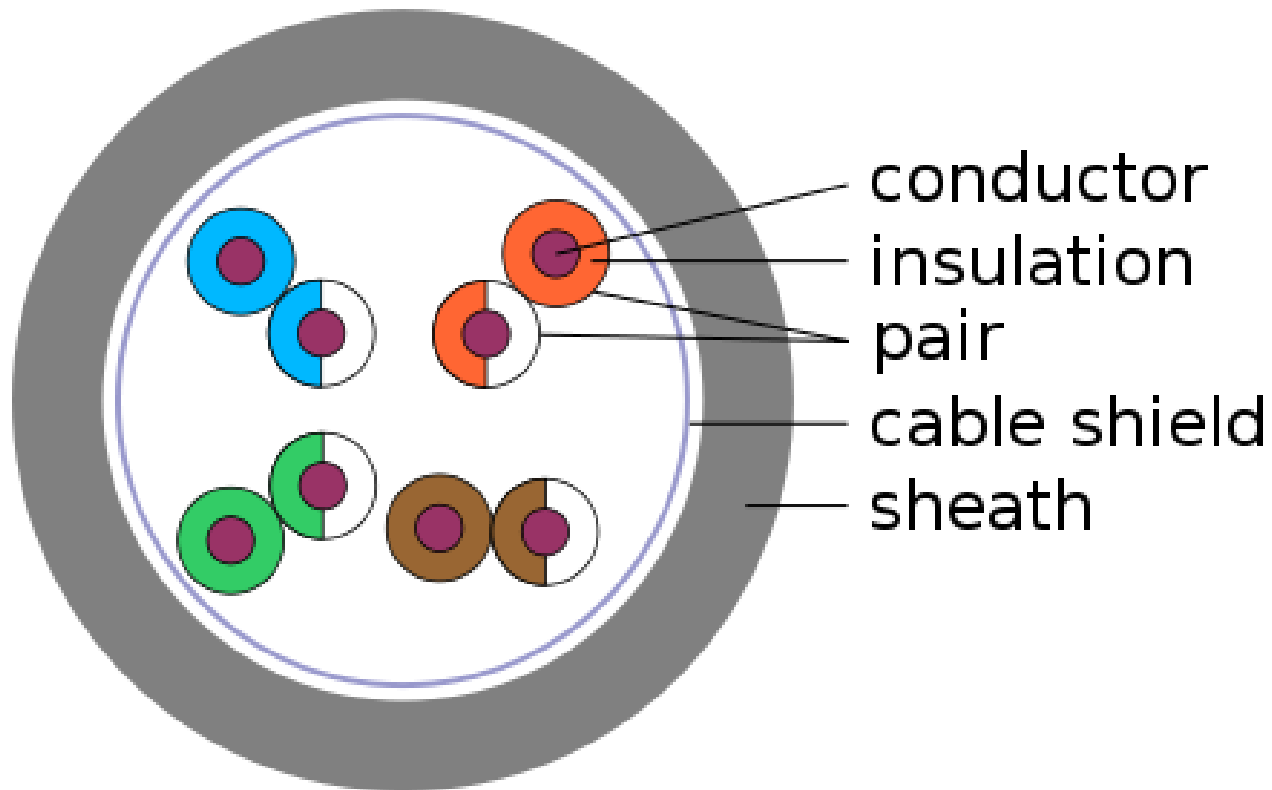
Skłętka ekranowana (STP – Shielded Twisted Pair)

- Ekran jest wykonany w postaci oplotu i zewnętrznej koszulki ochronnej.



Przekrój skrętki STP

S/UTP



Skřęćka S/SSTP

SSTP Cat7 Patch Cord



kaŹda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem - oplotem, cały kabel teŹ pokryty jest oplotem.



Skęćka wieloparowa

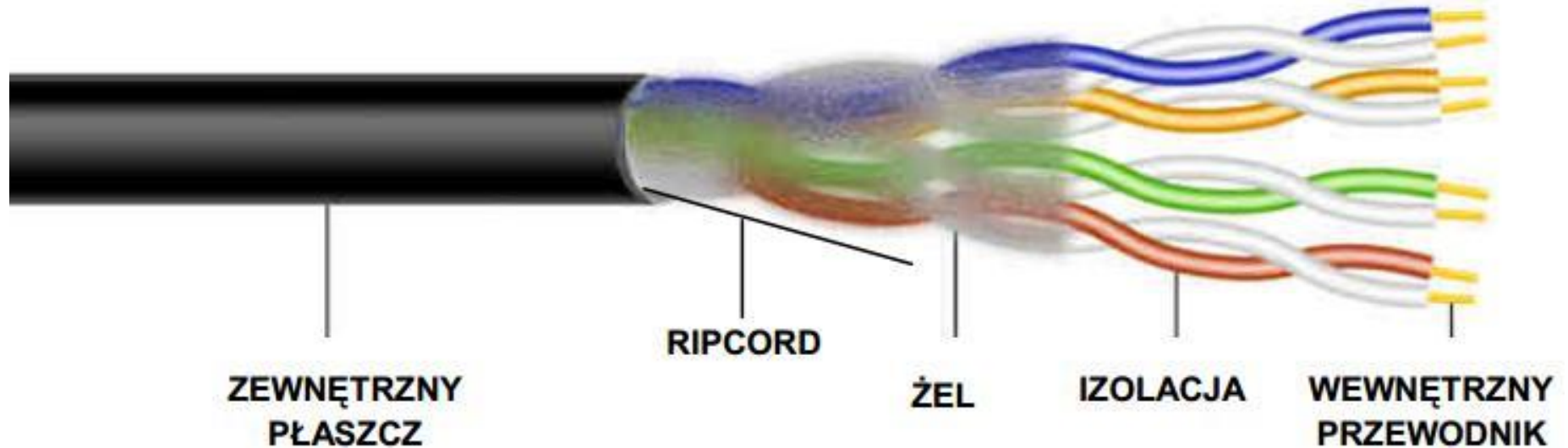


Skrętka wieloparowa

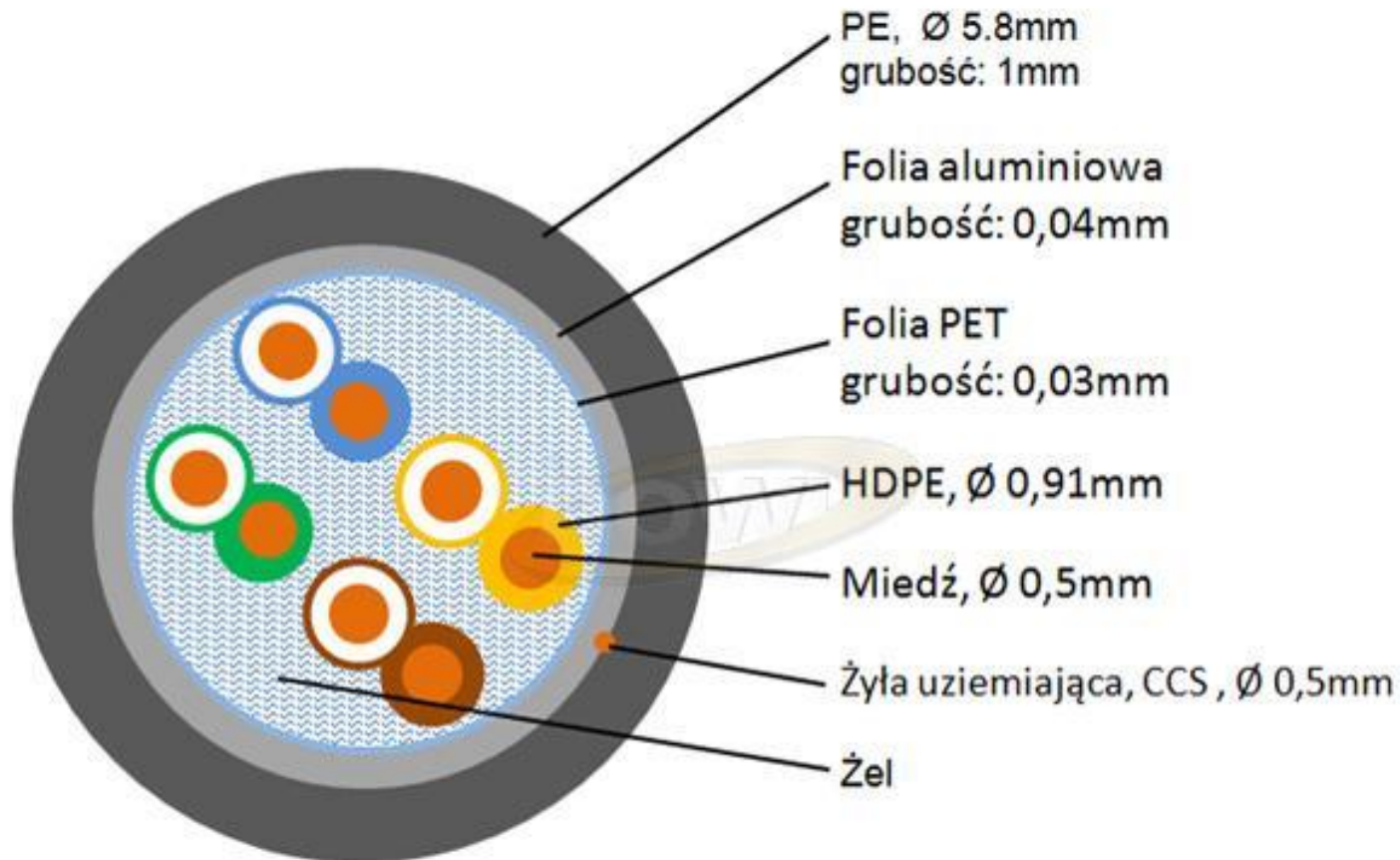


Kabel żelowany

- Wszystkie żyły oblane są żelem dielektrycznym.
- Kabel stosuje się w miejscach gdzie występuje zwiększona wilgoć, np. w ziemi.



Przekrój kabla żelowanego



Sposób oznaczania kabli

- Składnia opisu $xx/yyTP$,
 - **xx** odnosi się do całości kabla (np. F – kabel foliowany)
 - **yy** opisuje pojedynczą parę kabla (np. UTP – para nieekranowana).

Oznaczenie	Nazwa polska	Nazwa angielska
U	nieekranowane	unshielded
F	ekranowane folią	foiled
S	ekranowane siatką	shielded
SF	ekranowane folią i siatką	shielded and foiled

Spotykane konstrukcje kabli

Oznaczenie	Nazwa polska
U/UTP (dawniej UTP)	skrętka nieekranowana
F/UTP (dawniej FTP)	skrętka foliowana
U/FTP	skrętka z każdą parą w osobnym ekranie z folii.
F/FTP	skrętka w ekranie z folii i dodatkowo z każdą parą w osobnym ekranie z folii
SF/UTP (dawniej STP)	skrętka ekranowana folią i siatką
S/FTP (dawniej SFTP)	skrętka w ekranie z siatki z każdą parą foliowaną dodatkowo
SF/FTP (dawniej S-STP)	skrętka w ekranie z folii i siatki z każdą parą foliowaną dodatkowo

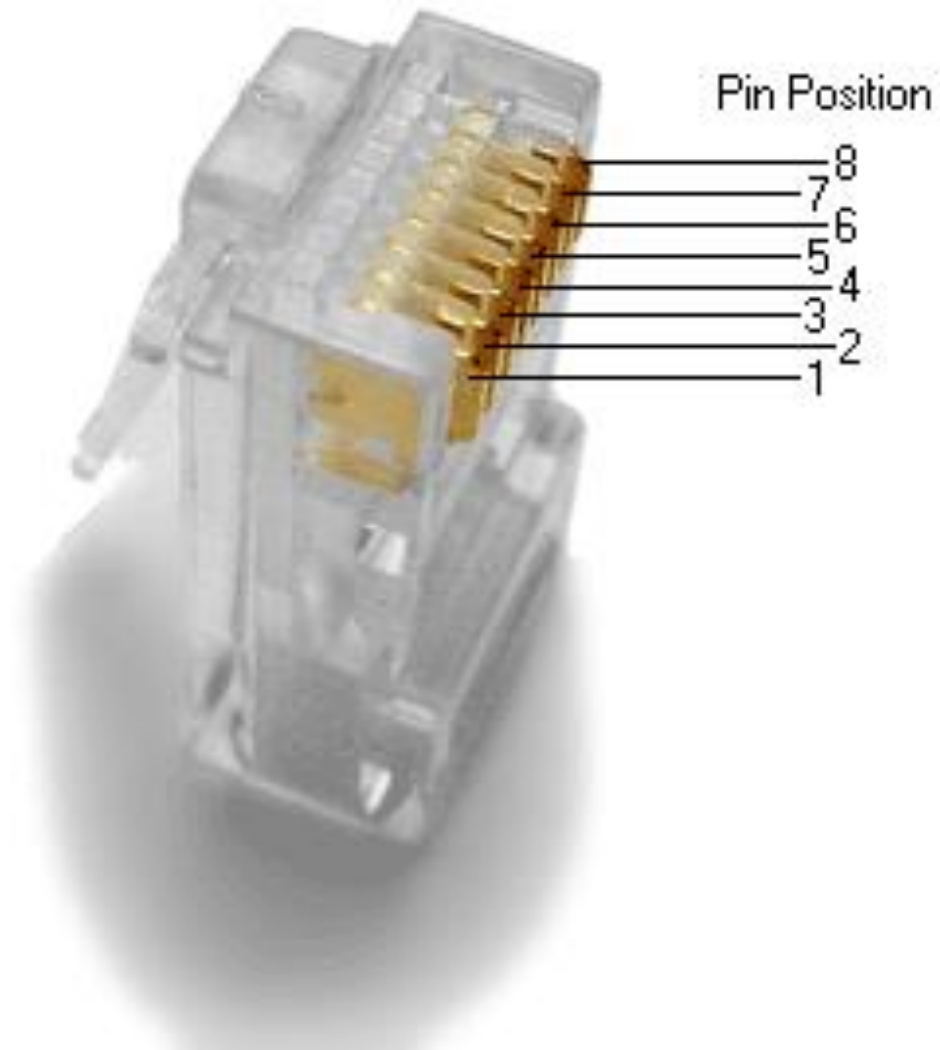
Kategoria	Typ kabla	Pasmo	Prędkość
CAT1 (klasa A)	UTP	750 kHz	Głos analogowy
CAT2 (klasa B)	UTP	4 MHz	do 1 Mbit/s
CAT3 (klasa C)	UTP, SFTP, STP	16 MHz	4 lub 10 Mbit/s
CAT4 (klasa C)	UTP, SFTP, STP	20 MHz	16 Mbit/s
CAT5 (klasa D)	UTP, SFTP, STP	100 MHz	100 Mbit/s
CAT5e (klasa D _A)	UTP, SFTP, STP	100 MHz	1 Gbit/s
CAT6 (klasa E)	SFTP, STP	250 MHz	10 Gbit/s
CAT6e (klasa E _A)	SFTP, STP	500 MHz	10 Gbit/s
CAT7 (klasa F)	SFTP, STP	600 MHz	40 Gbit/s
CAT7e (klasa F _A)	SFTP, STP	1000 MHz	40-100 Gbit/s
CAT8	SFTP	2000 MHz	25-40 Gbit/s
CAT8.1 (Klasa I)			
CAT8.2 (Klasa II)			

- Kategoria 1 i 2 to kable o 2 parach przewodów
- Kategorie 3 – 8 mają 4 pary przewodów

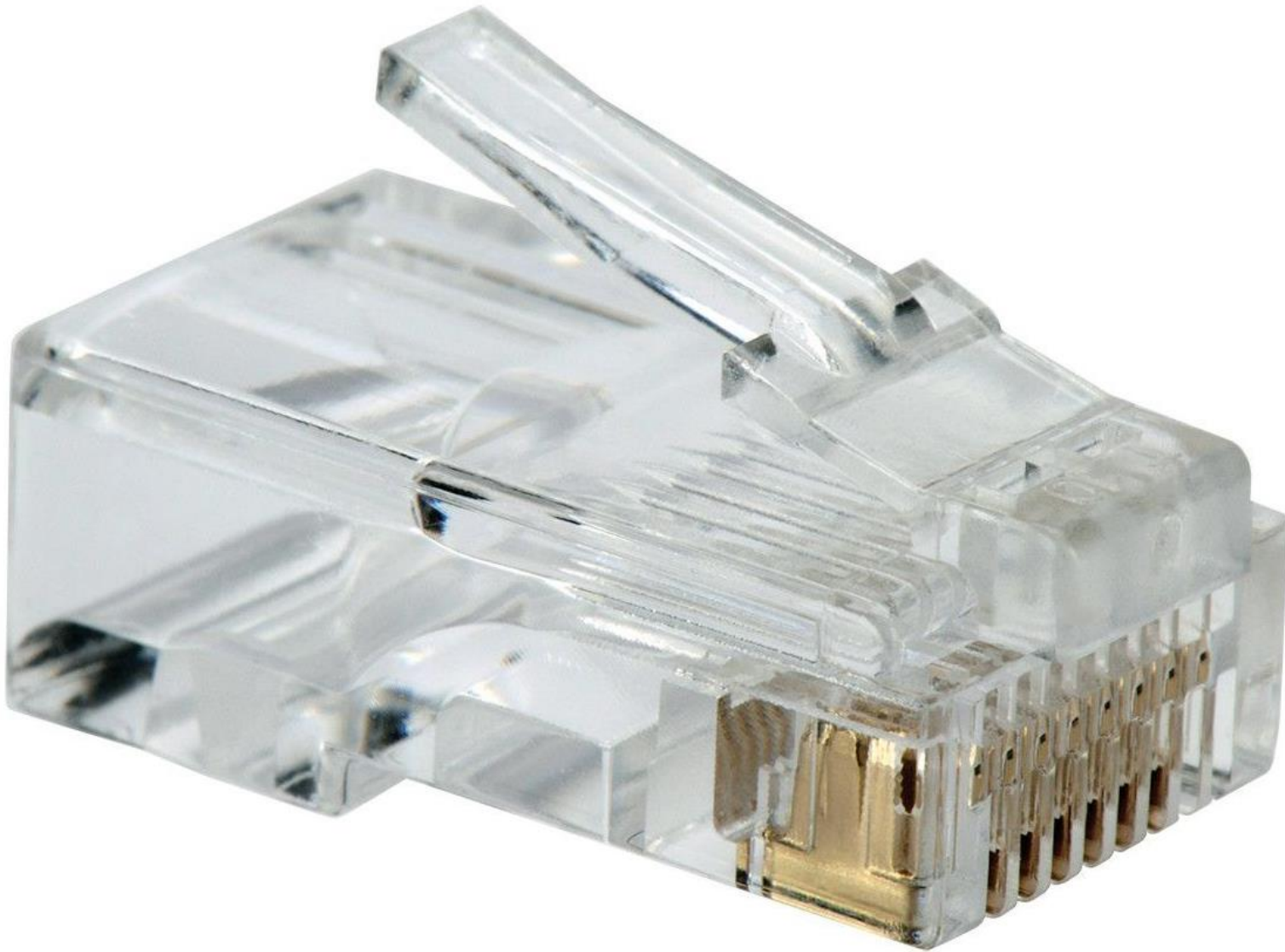
kategoria 1	tradycyjna nieekranowana skrętka telefoniczna przeznaczona do przesyłania głosu, nie przystosowana do transmisji danych
kategoria 2	nieekranowana skrętka, szybkość transmisji do 4 MHz . Kabel ma 2 pary skręconych przewodów. Do przesyłu cyfrowego głosu.
kategoria 3	skrętka o szybkości transmisji do 10 MHz , stosowana w sieciach Token Ring (4 Mb/s) oraz Ethernet 10Base-T (10 Mb/s). Kabel zawiera 4 pary skręconych przewodów
kategoria 4	skrętka działająca z szybkością do 16 MHz . Stosowana w sieciach Token Ring (16 Mb/s). Kabel zbudowany jest z czterech par przewodów
kategoria 5	skrętka z dopasowaniem rezystancyjnym pozwalająca na transmisję danych z szybkością 100 MHz pod warunkiem poprawnej instalacji kabla (zgodnie z wymaganiami okablowania strukturalnego) na odległość do 100 m. Stosowana w sieciach half-duplex Fast Ethernet 100 Mbit/s ,
kategoria 5e (enchanced)	ulepszona wersja kabla kategorii 5 - zalecana do nowych instalacji. Stosowana w sieciach full-duplex Fast Ethernet 100 Mbit/s oraz 1 Gbit/s .
kategoria 6	skrętka umożliwiająca transmisję z częstotliwością do 200 MHz . Kategoria ta obecnie nie jest zatwierdzona jako standard, ale prace nad nią trwają
kategoria 6e	klasa EA (kategoria 6A) – wprowadzona wraz z klasą FA przez ISO/IEC 11801 2002:2 Poprawka 1. Obejmuje pasmo do częstotliwości 500 MHz;
kategoria 7	kabel o przepływności do 600 MHz . Wymaga nowego typu złączy (TERA) w miejsce RJ-45 oraz kabli każdą parą ekranowaną oddzielnie.
kategoria 7e	Obejmuje pasmo do 1000 MHz
kategoria 8	Obejmuje 1600 – 2000 MHz. Dzieli się na podkategorie 8.1 (używa wtyczek RJ-45 i 8P8C) i 8.2 (wtyczki ekranowane TERA i GG45)

MONTAŻ KABLI SIECIOWYCH

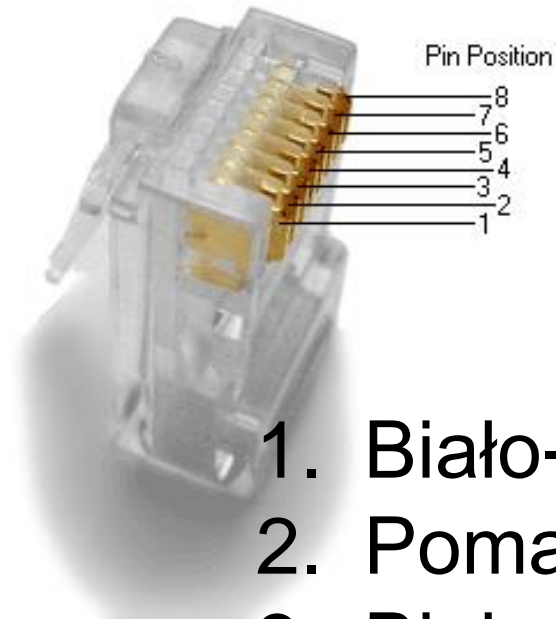
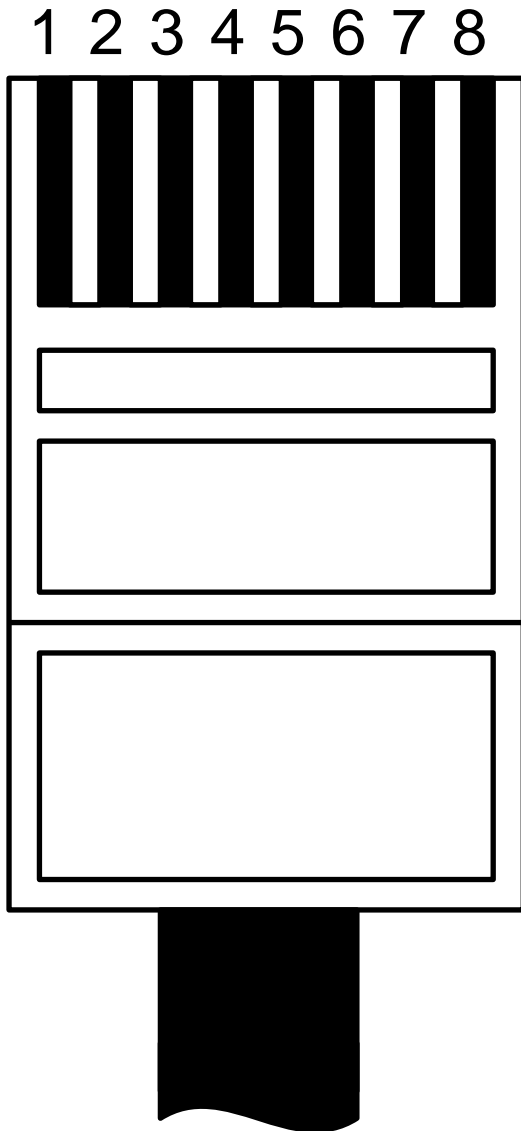
Wtyczka RJ-45



Wtyczka RJ-45



Kolor kabelków



1. Biało- pomarańczowy
2. Pomarańczowy
3. Biało – zielony
4. Niebieski
5. Biało – niebieski
6. Zielony
7. Biało – brązowy
8. Brązowy

Sposoby podpięcia

- normalna,
 - Służy do łączenia urządzenia końcowego (np. komputera, drukarki, itp.) z koncentratorom (hubem) bądź switchem.
- krosowana,
 - służy do łączenia komputerów bez pośrednictwa koncentratora, bądź do łączenia koncentratorów.
- odwrócona (roll back).
 - służy między innymi do podłączania routera Cisco do komputera przez łącze konsolowe.

Kabel prosty



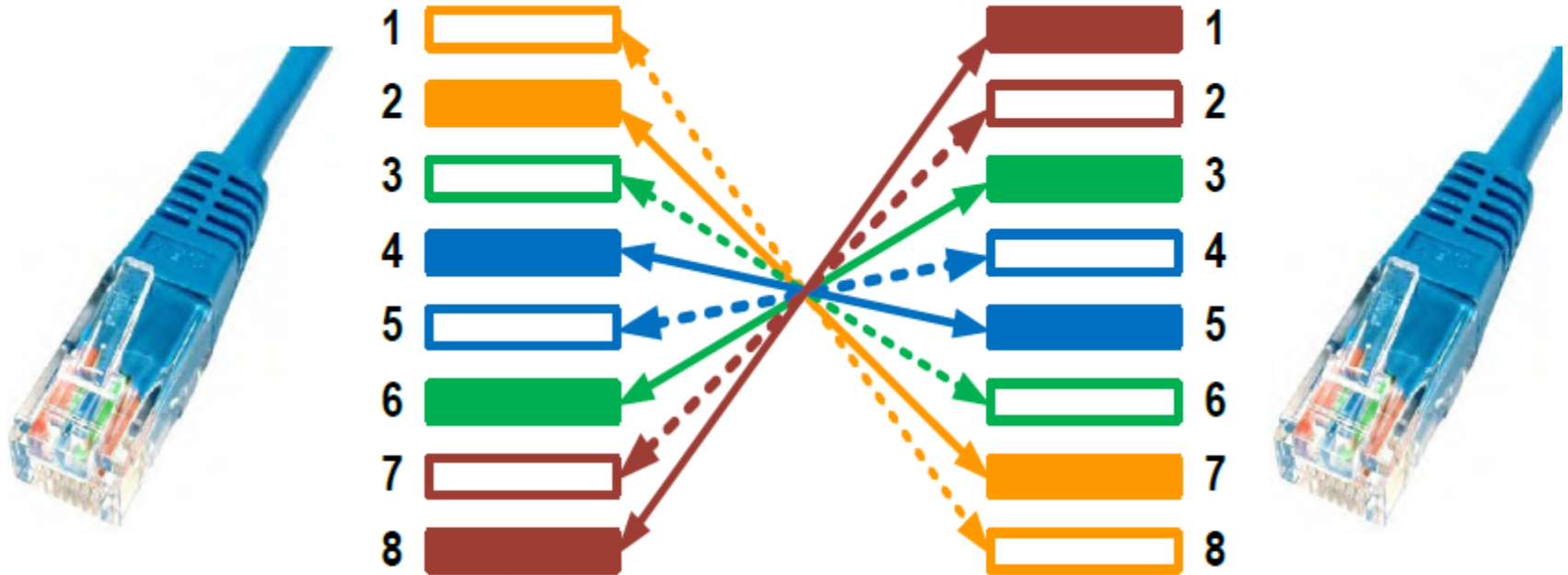
- **Wykorzystywany w połączeniach:**
 - przełącznik – router
 - przełącznik – komputer PC

Kabel krosowy



- **Wykorzystywany w połączeniach:**
 - przełącznik – przełącznik
 - router – router
 - komputer PC – komputer PC

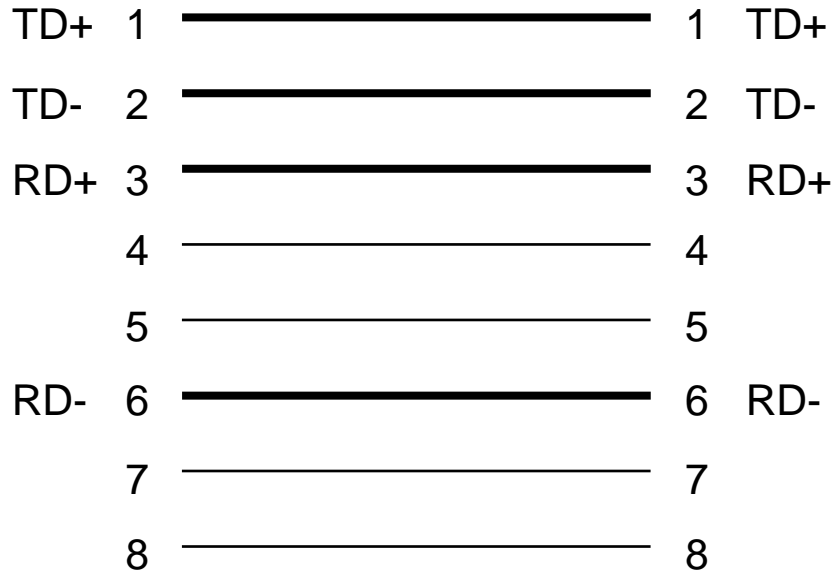
Kabel konsolowy



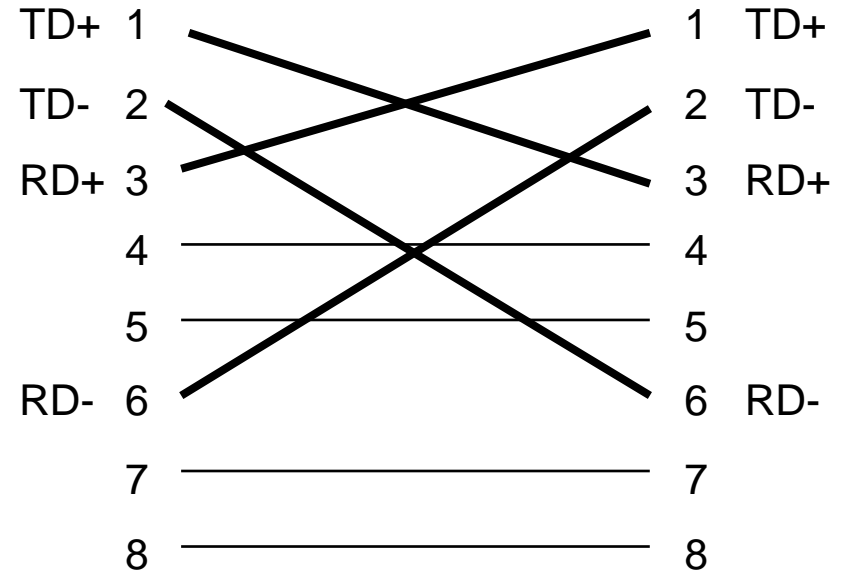
- **Wykorzystywany w połączeniach:**
 - komputer PC – router (port konsoli)
 - komputer PC – przełącznik (port konsoli)

Sposoby połączenia kabli sieciowych

Połączenie proste



Połączenie krosowe



Normy kabli skrętkowych

STANDARD EIA/TIA 568B



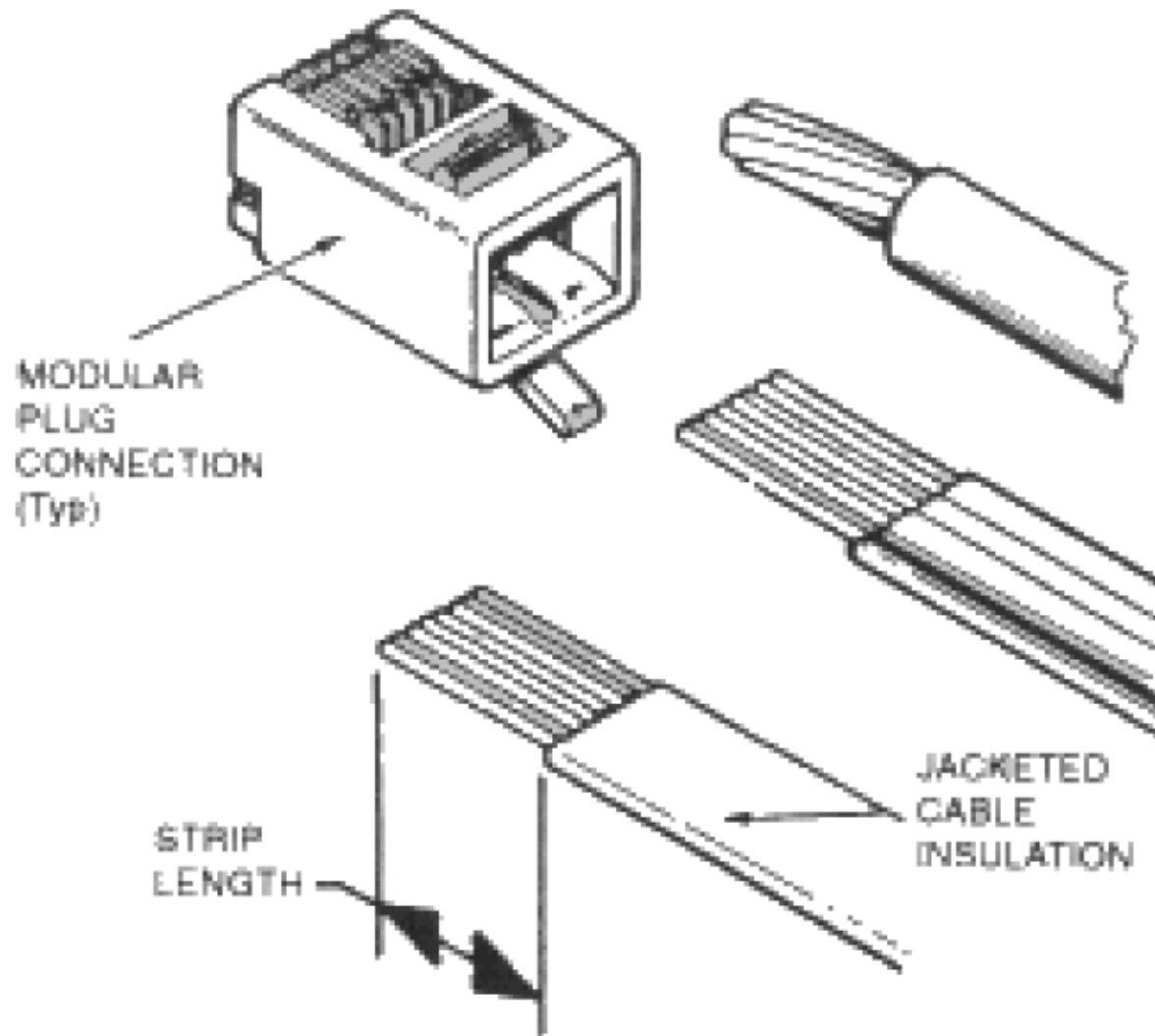
STANDARD EIA/TIA 568A



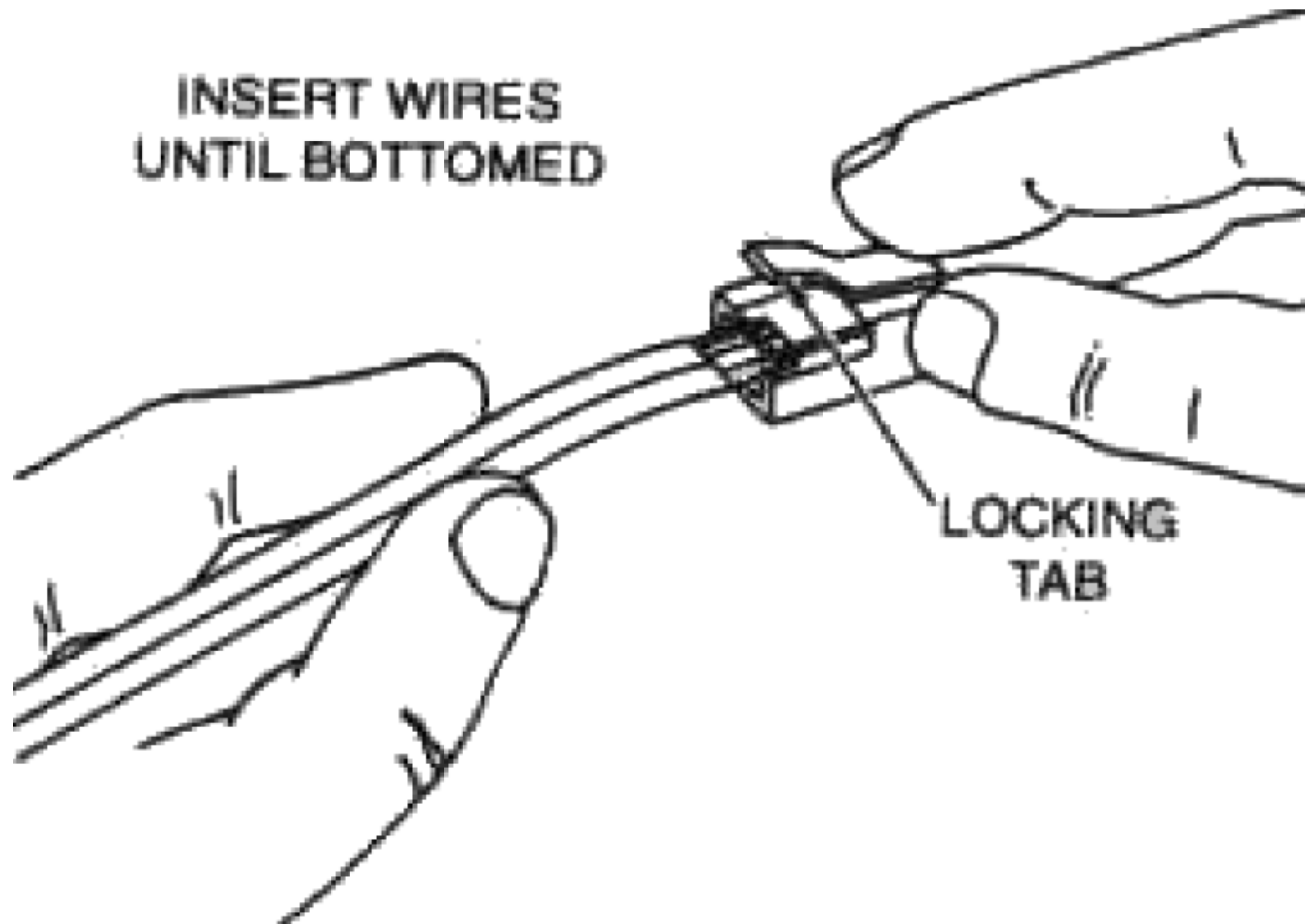
Zaciskarka



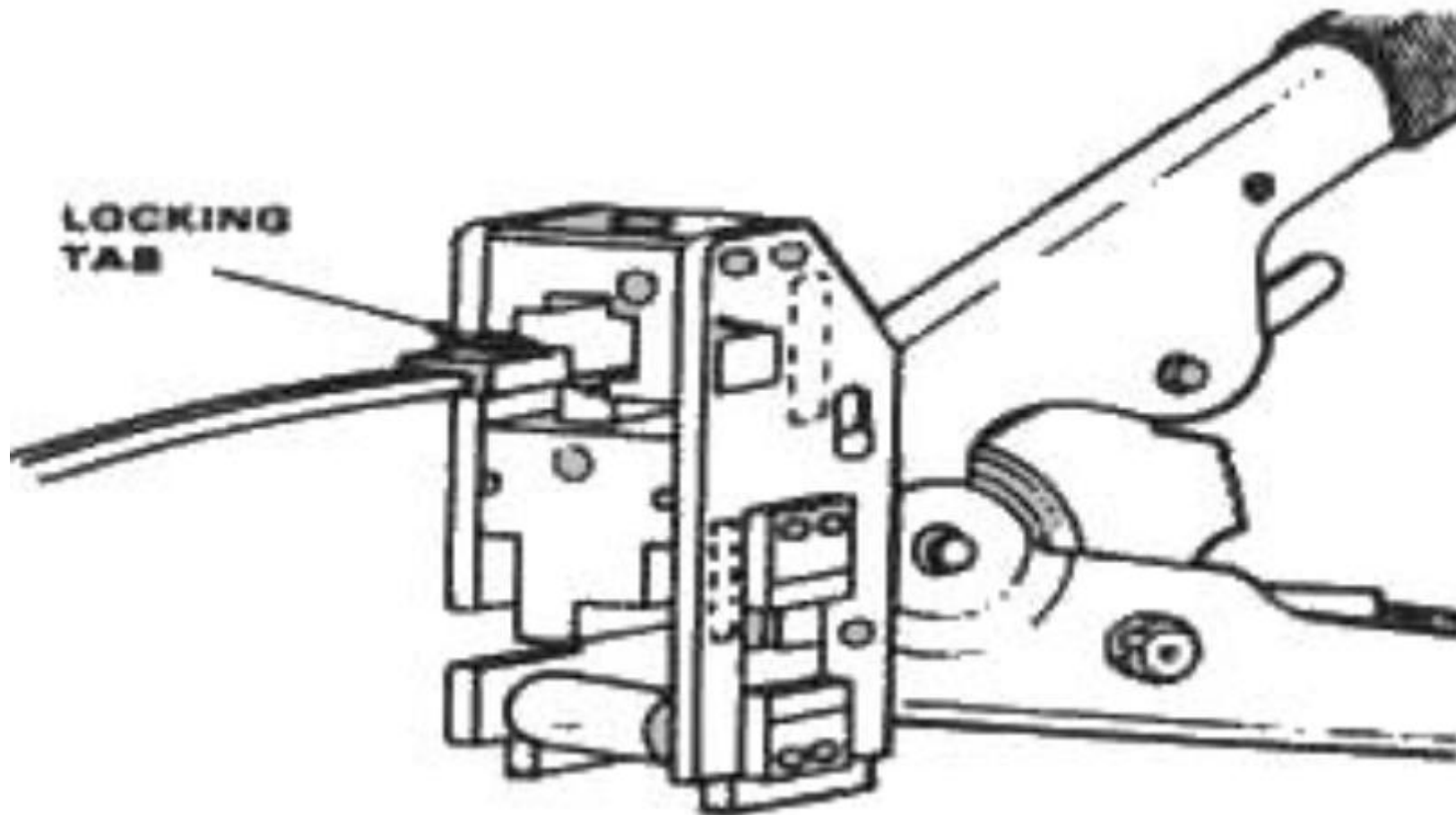
Przycięcie kabla



Włożenie przewodu do wtyczki



Tak przygotowaną wtyczkę wkładamy do zaciskarki



Gotowa wtyczka



Tester kabli sieciowych



Wciskarka



Wtyczka ARJ45

- ARJ45 to skrót od (Augmented Registered Jack 45)
- Jest to złącze sieciowe dla dużych szybkości połączeń. Stosowany w klasie F_A .
- Umożliwia transmisję o przepustowościach 10, 40 i 100 Gigabit Ethernet.
- Sygnały mogą mieć częstotliwość pomiędzy 600 MHz a 5 GHz (przy ekranowanej skrętce).
- Warianty ARJ45
 - ARJ45 HS, złącze 8-pinowe
 - ARJ45 HD, złącze 12-pinowe

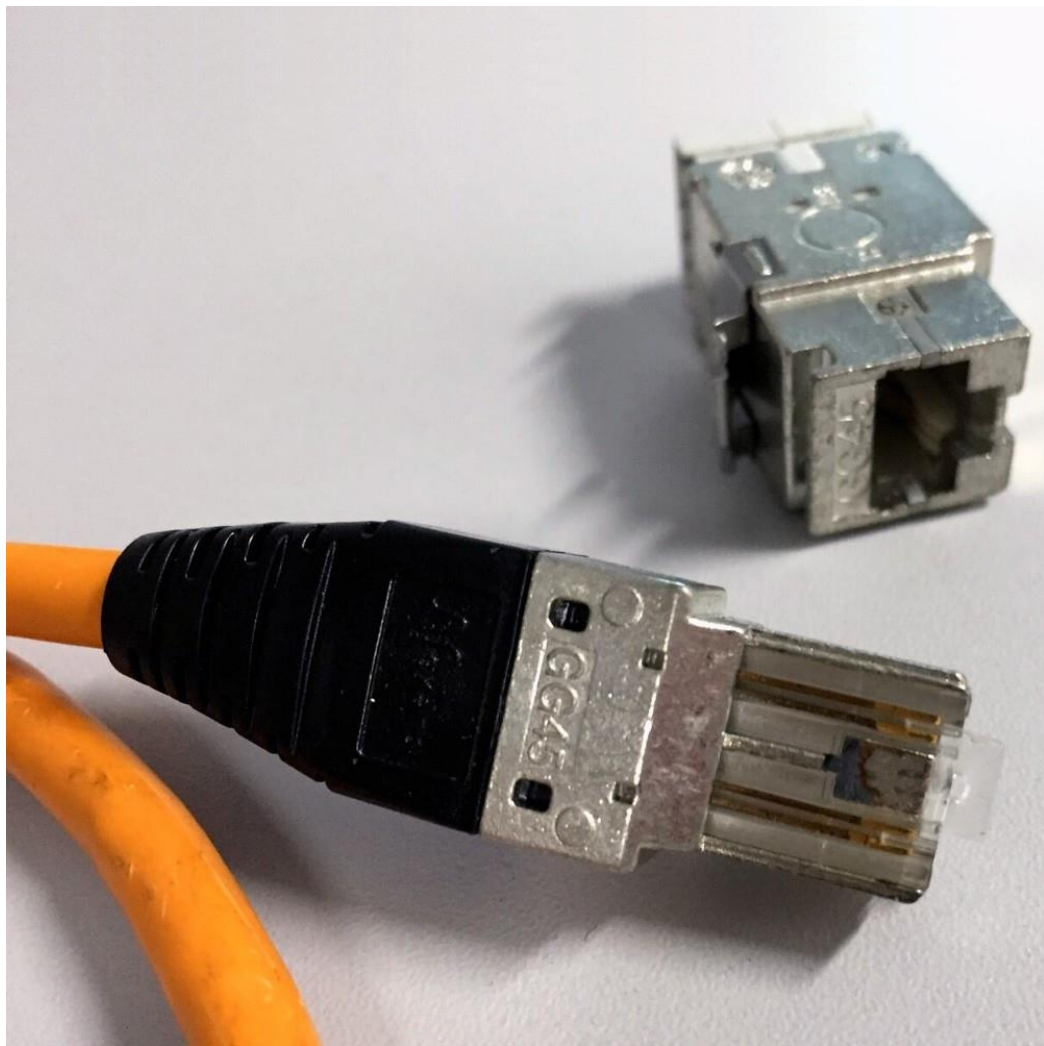
Wtyczka ARJ45



Wtyczka GG45

- GG45 to skrót od **GG** oznaczającego **GigaGate**, a **45** pochodzi od **RJ-45**.
- Ekranowana wtyczka kabli kategorii 7 i 8.
- Kształtem podobna do RJ-45 i 8P8C z którymi jest zgodna wstecznie (jeśli chodzi o wymiary fizyczne).
- GG45 umożliwia przesył sygnałów o częstotliwości 600 – 1000 MHz.
- Wtyczka ma 4 dodatkowe kontakty w porównaniu do 8P8C.

Wtyczka GG45



Wtyczka TERA

- TERA to ekranowana wtyczka do skrętki. Używa się jej w przewodach kategorii 7 i 8.
- Umożliwia przesył sygnałów do 1000 MHz. Stosowana jest w okablowaniu sieciowym, multimedialnym i usługach bazodanowych.

Wtyczka TERA



Wtyczka TERA



Ćwiczenie praktyczne 1

1. Zbudowanie kabla połączeniowego sieci Ethernet ze skrętki nieekranowanej (UTP) kategorii 5 lub 5e (CAT 5 lub 5e).
 - a) Przetestowanie ciągłości kabla i poprawności wyprowadzenia styków.
 - b) Sprawdź zgodność ze standardami T568B i T568A.
2. Zbudowanie kabla skrosowanego.
 - a) Przetestowanie ciągłości kabla i poprawności wyprowadzenia styków oraz poprawności doprowadzenia przewodu do właściwego styku.
3. Zbudowanie kabla do konsoli (rollover).
 - a) Przetestowanie ciągłości kabla i poprawności wyprowadzenia styków oraz poprawności doprowadzenia przewodu do właściwego styku.

Ćwiczenie praktyczne 2

- Wykonane kable przetestuj.
 1. Sprawdź poprawność zestawionych końcówek.
 2. Przetestuj ciągłość połączeń
 3. Zbadaj staranność i wytrzymałość mechaniczną.

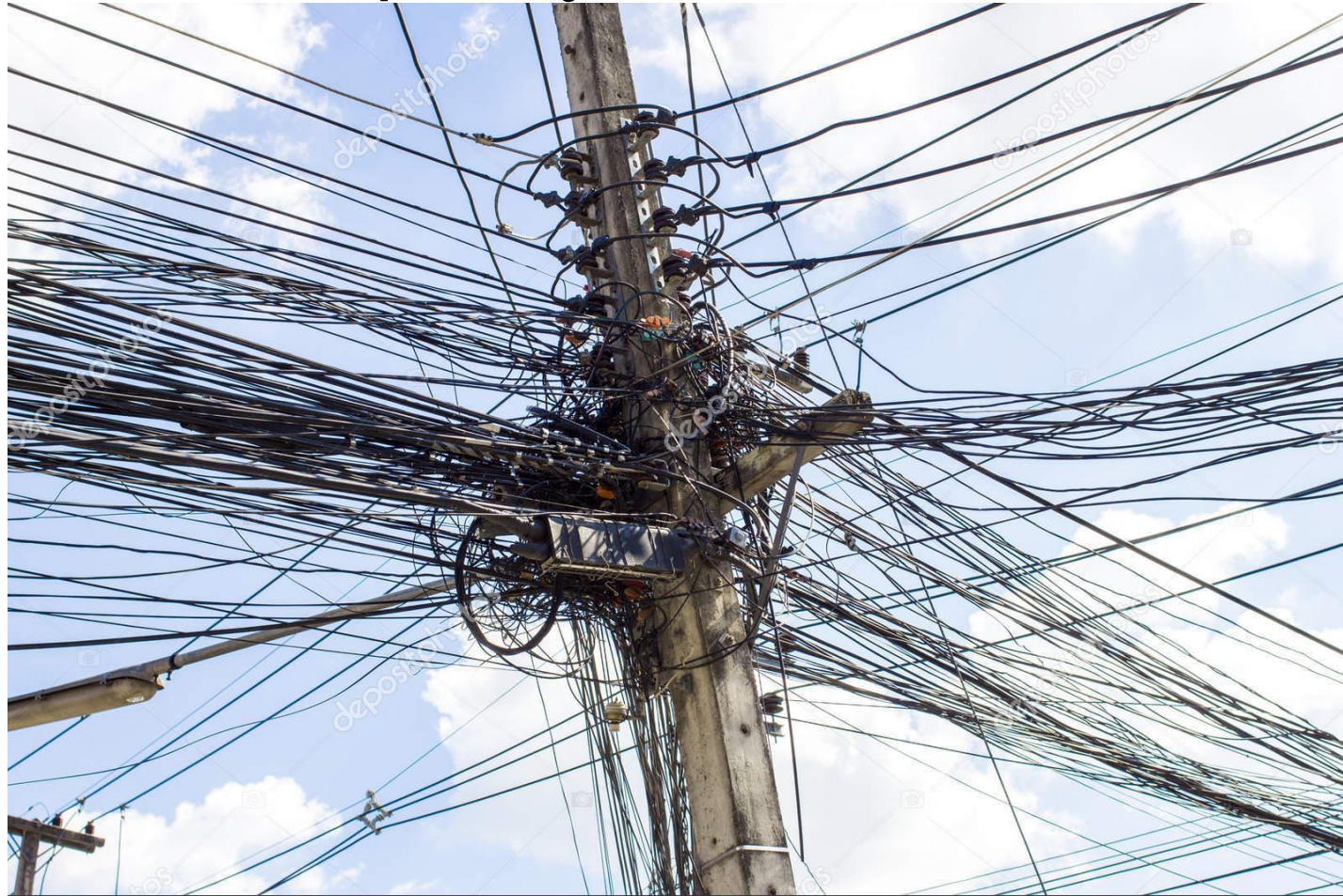
Ćwiczenie praktyczne 3

- Zapoznanie się z różnorodnością cen dostępnego okablowania sieciowego .
- Zbierz listę cen dla przygotowywanego projektu okablowania. Zbierz informacje o cenach okablowania poziomego (UTP). Jeśli kable UTP nie są używane na danym obszarze, należy zastąpić je kablami ekranowanymi. Elementy obejmują:
 - 24 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 1 m
 - 24 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 3 m
 - 2 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 15 m
 - Linka UTP o długości 100 m,
 - Drut UTP o długości 100 m
- Sprawdź ceny w co najmniej trzech sklepach. Zebrane informacje wpisz do tabeli.

Witryna, katalog lub sklep	1	2	3
24 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 1 m			
24 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 3 m			
2 kable połączeniowe UTP kategorii 5 lub wyższej o długości 15 m			
Linka UTP o długości 100 m,			
Linka ekranowana o długości 100 m			
Drut UTP o długości 100 m			60

Ćwiczenie praktyczne 4

- Pomóc monterowi uporządkować kable sieciowe



Zalety i wady skrętki

- **Zalety:**

- nadaje się do sieci z przesyłaniem modulowanym (szerokopasmowym)
- Niedroga
- Umożliwia transmisje na duże odległości
- Łatwy montaż i instalacja
- Szybkie diagnozowanie uszkodzeń
- Odporność na awarie

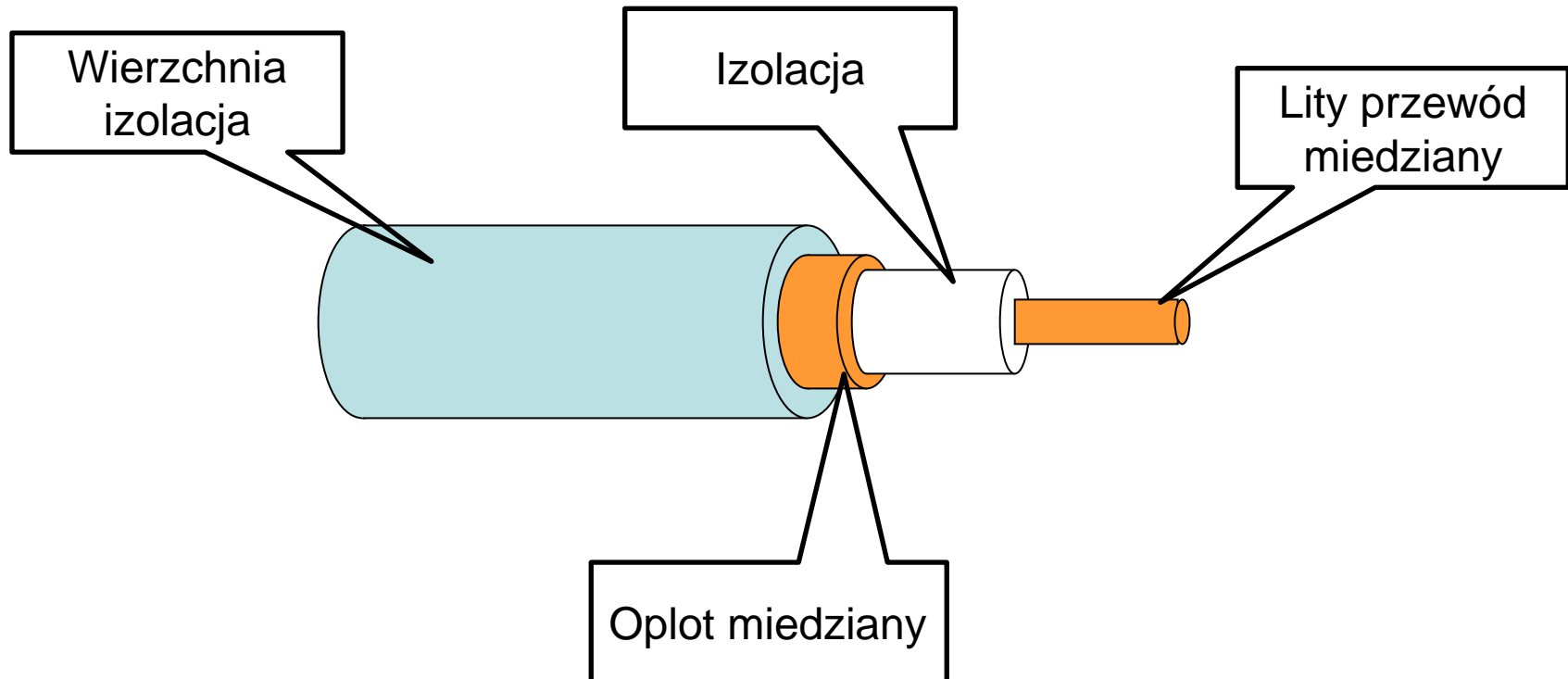
- **Wady:**

- Niektóre rodzaje wrażliwe na zakłócenia i szумы
- Maksymalna długość segmentu sieci (dla skrętki UTP) wynosi 100 metrów
- Dość duże straty energii w trakcie przesyłu
- Nieodporny na uszkodzenia mechaniczne

KONCENTRYK

Kabel współosiowy (koncentryczny)

- Składa się z dwóch przewodów koncentrycznie umieszczonych jeden wewnątrz drugiego.
 - Jeden wykonany jest w postaci drutu lub linki miedzianej w osi kabla (zwany też **przewodem gorącym**)
 - drugi (**ekran**) stanowi oplot.

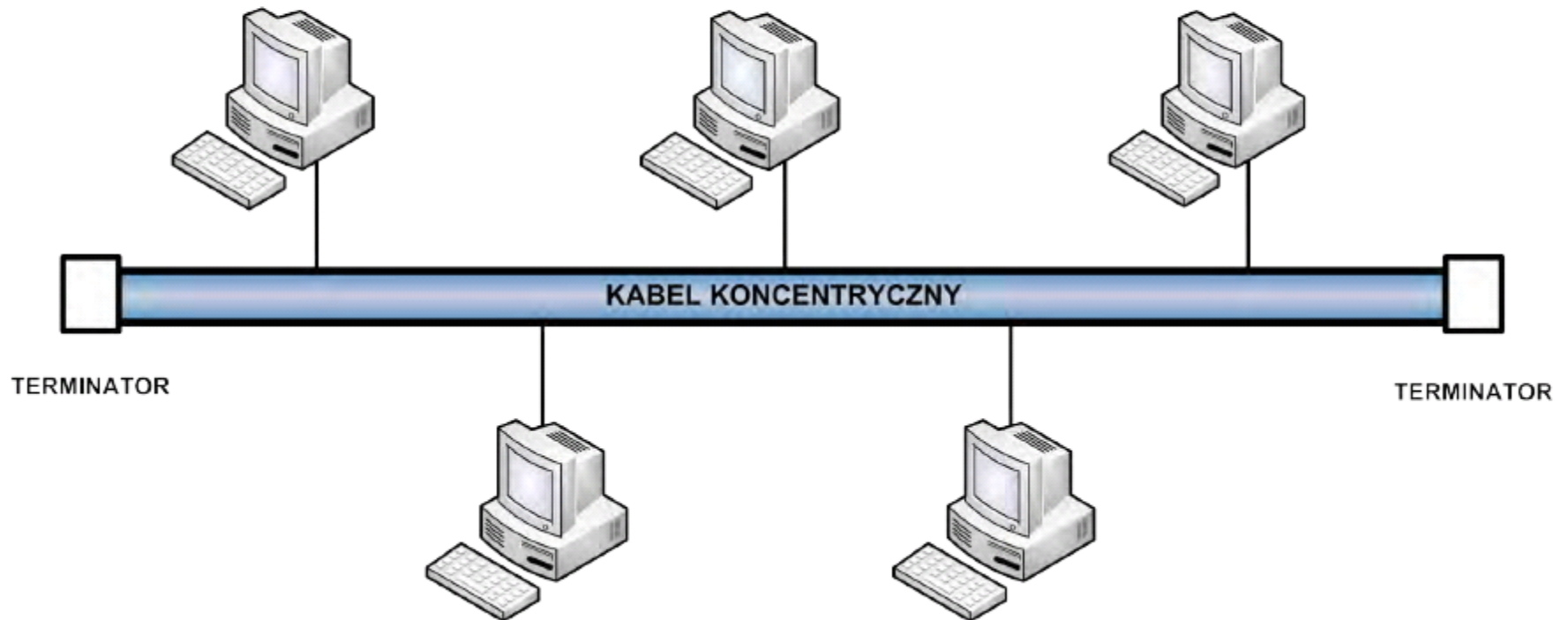


Kabel współosiowy

- Kabel koncentryczny jest tradycyjnie stosowany do przesyłania przebiegów o wysokiej częstotliwości (aparatura elektroniczna, radiofonia i telewizja kablowa). Jest pojedynczym ekranowanym przewodem.
 - Oplot miedziany stanowi zaporę dla pola elektromagnetycznego.

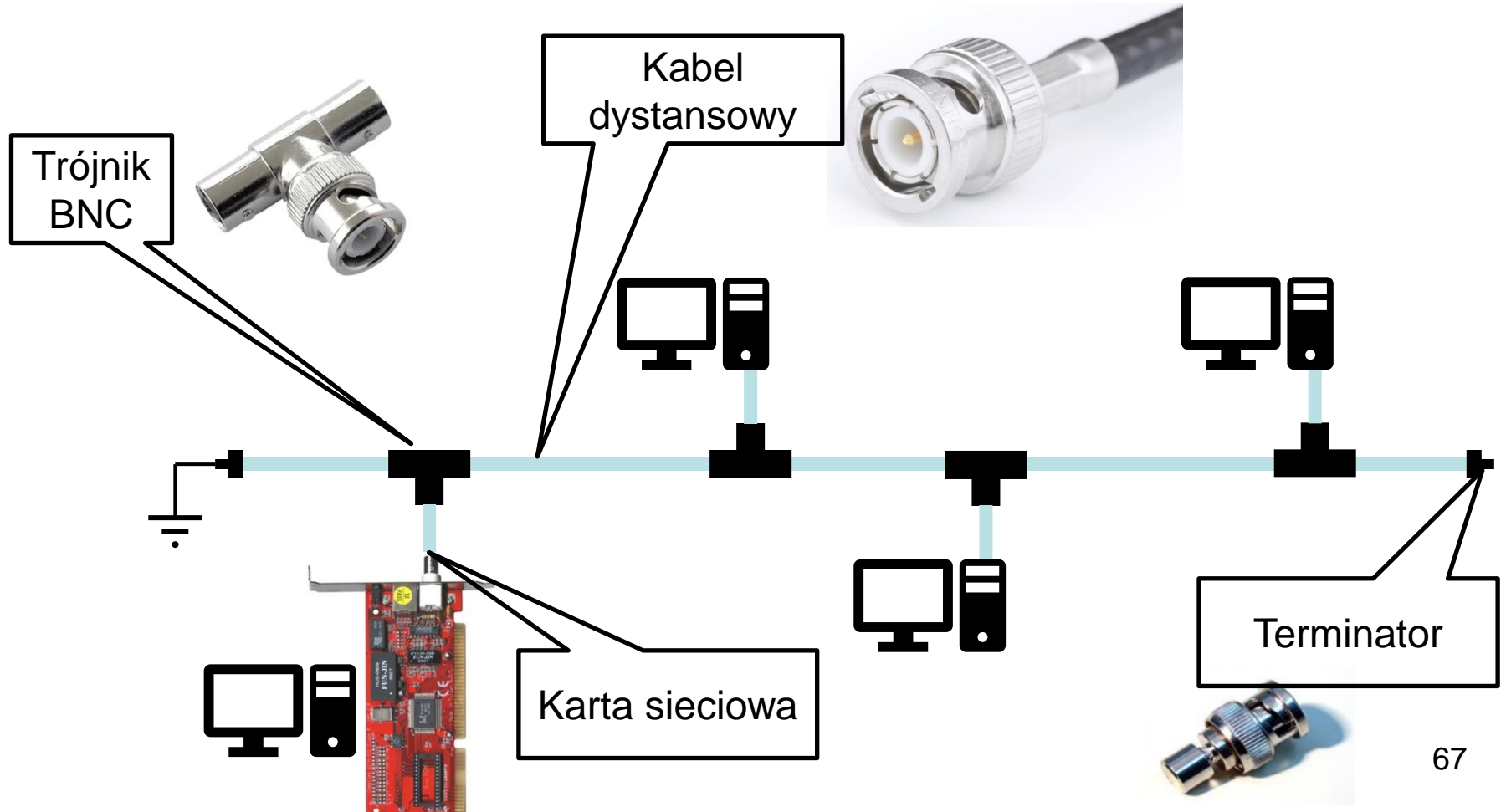


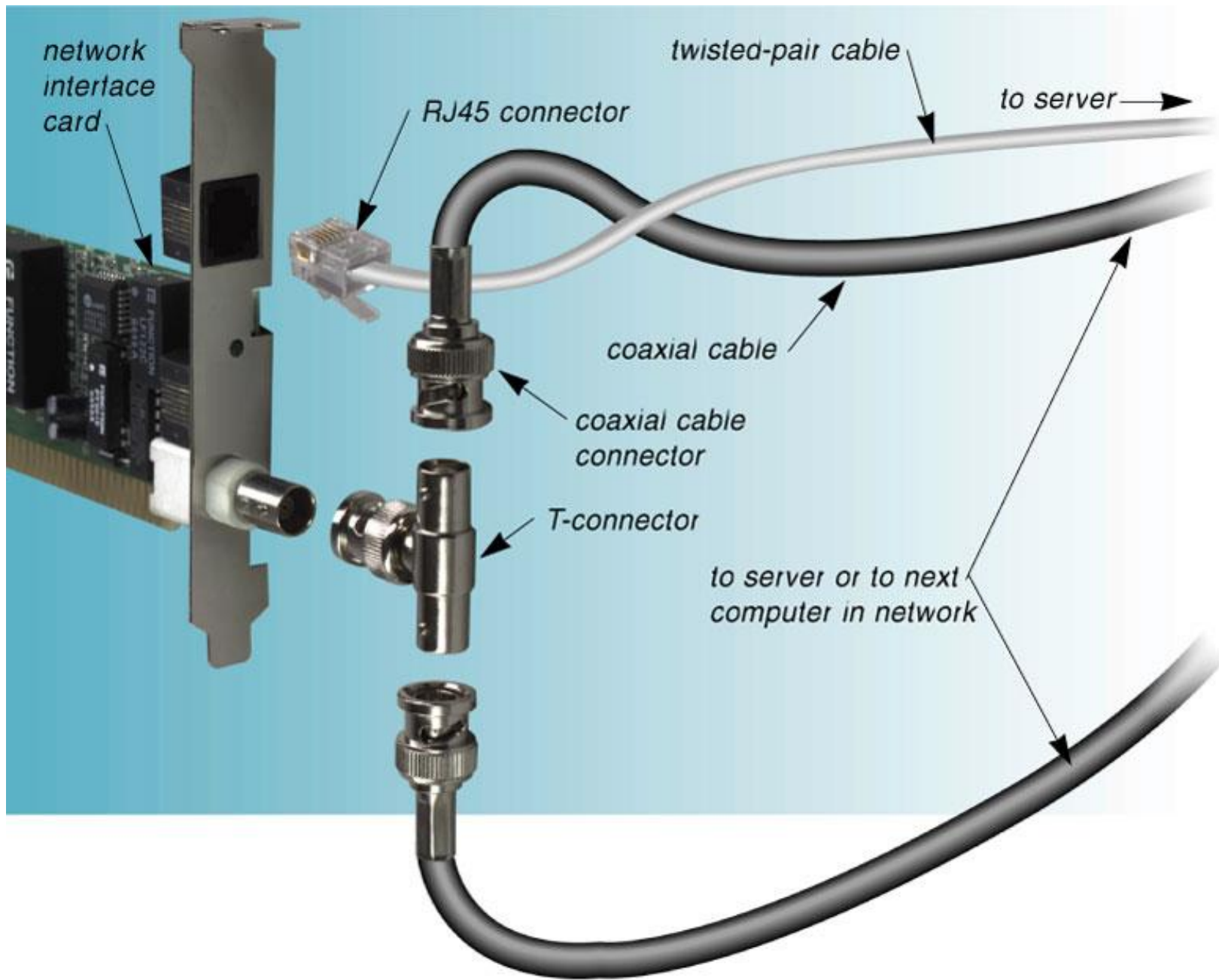
Topologia magistrali



Segmenty sieci

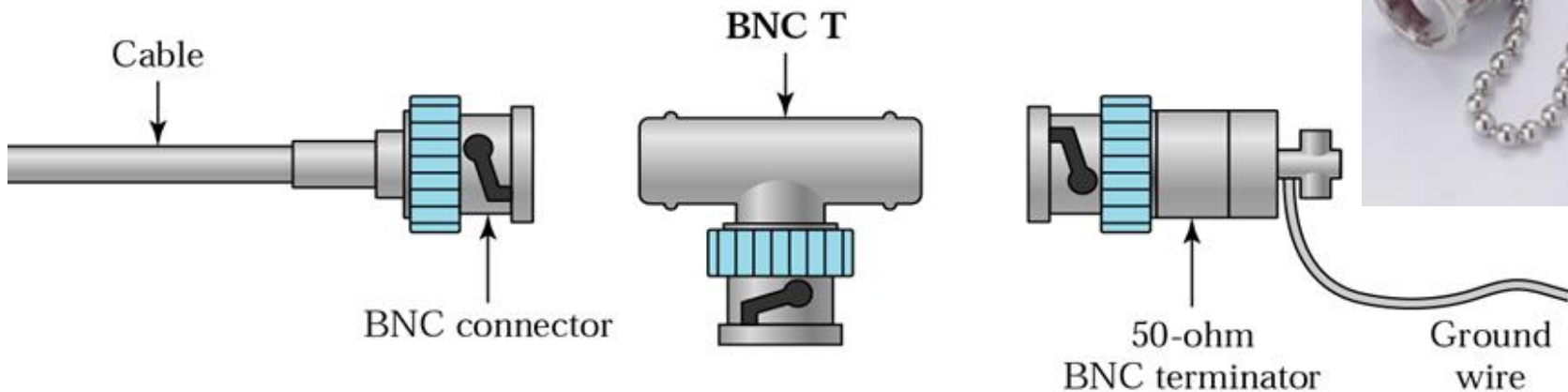
- BNC służą do tworzenia sieci komputerowej za pomocą trójników BNC łączących segmenty.



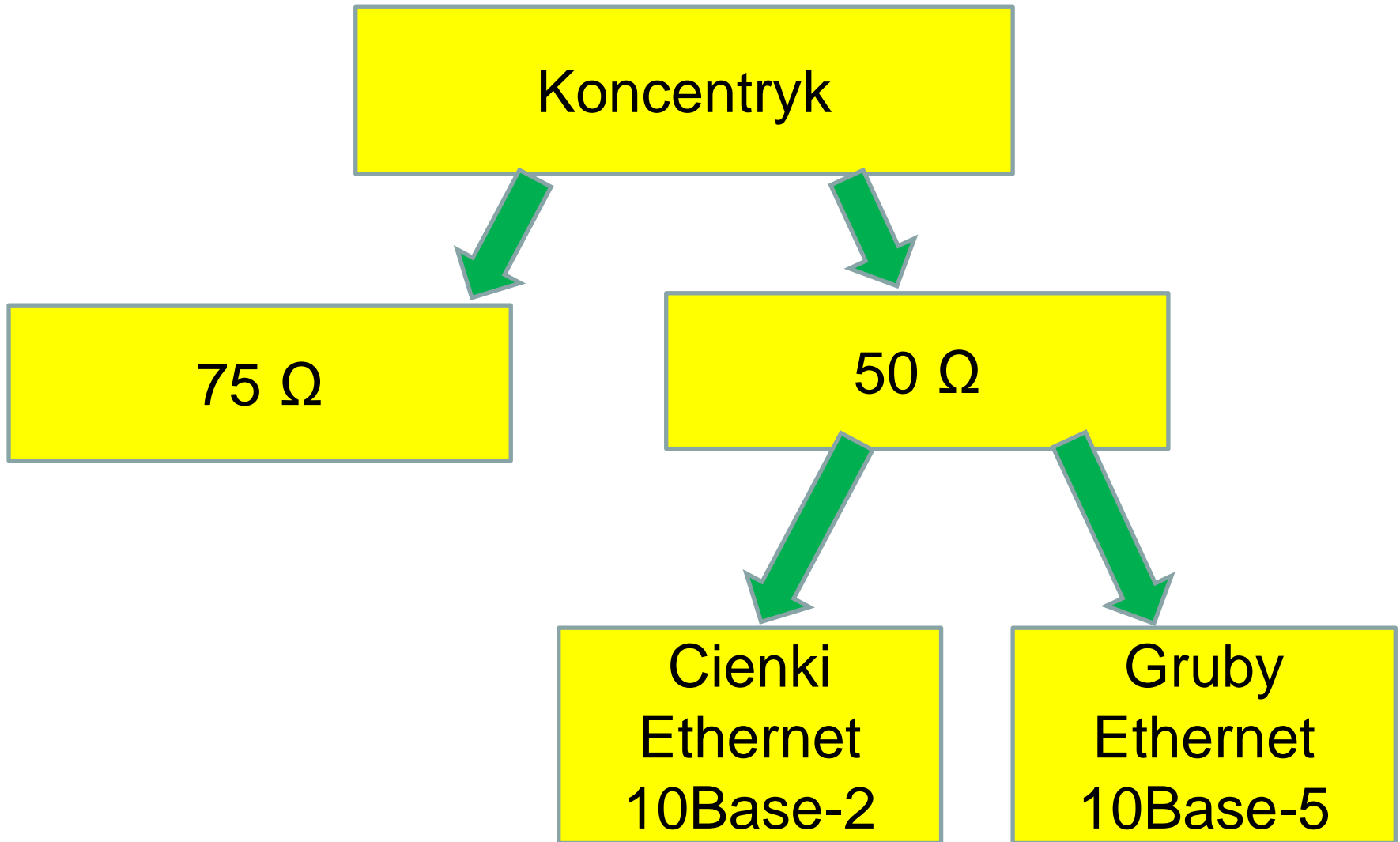


Terminator

- Rezystor końcowy, którego zadaniem jest tłumienie odbić sygnału.



Podział koncentryka



Cienki Ethernet

- Cienki Ethernet (*Thin Ethernet*) – (sieć typu 10Base-2)
- kabel **RG-58** o średnicy $\frac{1}{4}$ cala i dopuszczalnej długości segmentu sieci wynoszącej 185 m.
- Stosowany nadal tam, gdzie potrzeba połączenia na odległość większą niż 100 m.



Cienki Ethernet

- 10Base2 opisuje protokół sieciowy dla pasma podstawowego i prędkości 10 Mbps.
 - Stosowany jest 50-omowy kabel koncentryczny o maksymalnej długości 185 metrów zaokrąglone do 200m.
 - Przewód do karty sieciowej przyłącza się za pomocą rozgałęźnika (T-connector).
 - Można połączyć do pięciu segmentów magistrali, używając czterech repeaterów, przy czym stacje robocze mogą być włączone do trzech segmentów, pozostałe służą do przedłużenia sieci.
 - Maksymalna długość magistrali wynosi 910 m.
- Do jednej magistrali można dołączyć najwyżej 30 odgałęzień (również: repeatery, mosty, routery i serwery). Całkowita liczba odgałęzień we wszystkich segmentach sieci nie może przekroczyć 1024. Na każdym końcu magistrali należy przyłączyć terminator.

Gruby Ethernet

- Gruby Ethernet (*Thick Ethernet*) – (sieć typu 10Base-5)
- kable RG-8 i RG-11 o średnicy 1/2 cala i dopuszczalnej długości segmentu wynoszącej 500 m.
- Nie stosowany obecnie. Można go spotkać w bardzo starych sieciach.



Gruby Ethernet

- Standard z 1980 używający **grubego** (12 mm) kabla koncentrycznego o impedancji 50Ω .
 - Umożliwiał budowę maksymalnie 5 segmentów segmentów o długości każdego do 500 m.
 - Pracował z szybkością 10 Mb/s.
 - Kable były zakończone terminatorami 50Ω , a komputery były podłączone trójnikiem BNC wpiętym do kabla koncentrycznego.
- Było to pierwsze medium używane przez sieci Ethernet. Technologia ta stanowiła część oryginalnego standardu IEEE 802.3. Podstawową zaletą technologii 10BASE5 był jej zasięg.
- Systemy zbudowane w technologii 10BASE5 były niedrogie i nie wymagały konfiguracji, ale sama technologia nie jest odporna na odbicia sygnału w kablu. Systemy te cechują się pojedynczym punktem awarii.
- W kablu znajduje się jednolity centralny przewodnik. Okablowanie jest duże, ciężkie i trudne w instalacji. Jednak stosunkowo spora dopuszczalna długość segmentu stanowiła zaletę, co przedłużyło korzystanie z tej technologii w pewnych zastosowaniach.
- Ponieważ medium jest pojedynczy kabel koncentryczny, tylko jedna stacja może transmitować pakiety w danej chwili, gdyż w przeciwnym wypadku nastąpi kolizja. Z tego powodu sieci 10BASE5 działały tylko w trybie półdupleks, przez co maksymalna prędkość przesyłania danych wynosi 10 Mb/s.

Stosowanie kabla koncentrycznego

- Obecnie kabel współosiowy nie jest stosowany w sieciach komputerowych.
 - Można go znaleźć w starych sieciach, które jeszcze chodzą.
 - Nie można kupić kart sieciowych obsługujących tę technologię.
- Kabel o impedancji 75Ω stosowany jest w telewizji kablowej, satelitarnej, naziemnej.

Zalety i wady kabla koncentrycznego

- **Zalety:**

- jest mało wrażliwy na zakłócenia i szумы;
- nie emituje zakłóceń
- nadaje się do sieci z przesyłaniem modulowanym (szerokopasmowym)
- jest tańszy niż ekranowany kabel skręcany
- Umożliwia transmisje na duże odległości
- Ma dobre charakterystyki tłumienia szumów
- Do jednego kabla może być przypiętych wiele stacji końcowych
- Trudniejsze niż dla skrętki założenie podsłuchu
- Odporny na uszkodzenia fizyczne

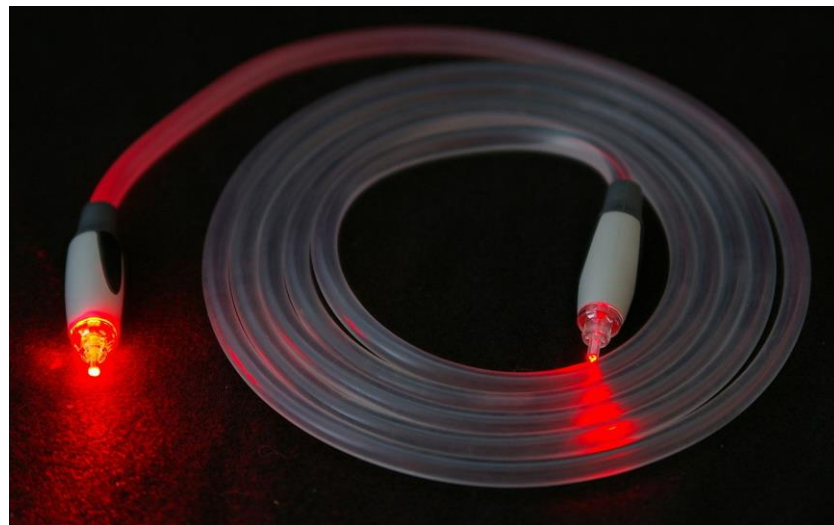
- **Wady:**

- Niska przepustowość
- Duża awaryjność
- Problemy ze znalezieniem miejsca awarii
- Coraz mniej popularny
- Problemy z rozbudową sieci
- Kabel jest sztywniejszy od skrętki i trudniejszy w instalacji

ŚWIATŁOWODY

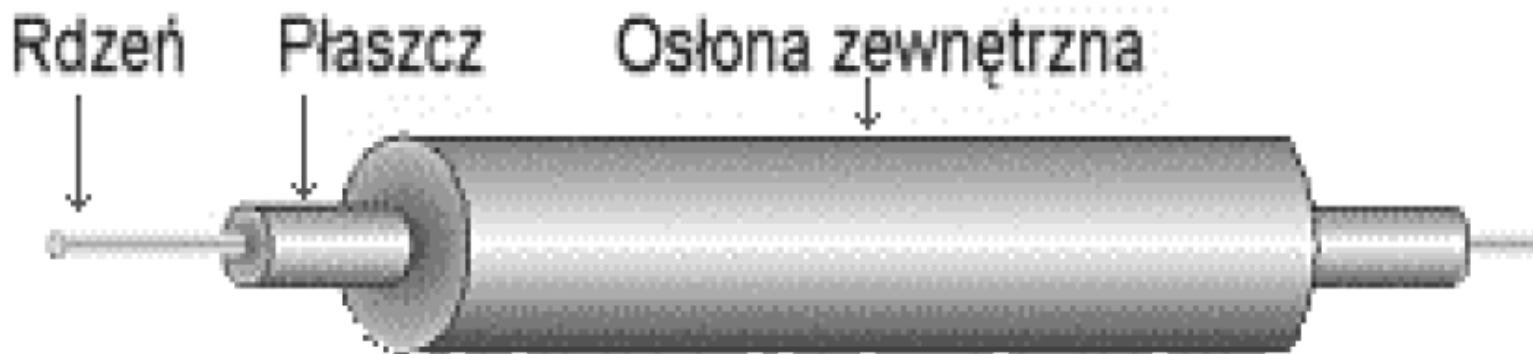
Światłowód

- Medium transmisyjne wykorzystujące przesył przez włókno szklane, promieni optycznych generowanych przez laserowe źródło światła.
- Światłowód stanowi obecnie najlepsze medium transmisyjne.
- Posiada znikome zjawisko tłumienia, dużą odporność na pola elektromagnetyczne, dużą szybkość przesyłu danych.

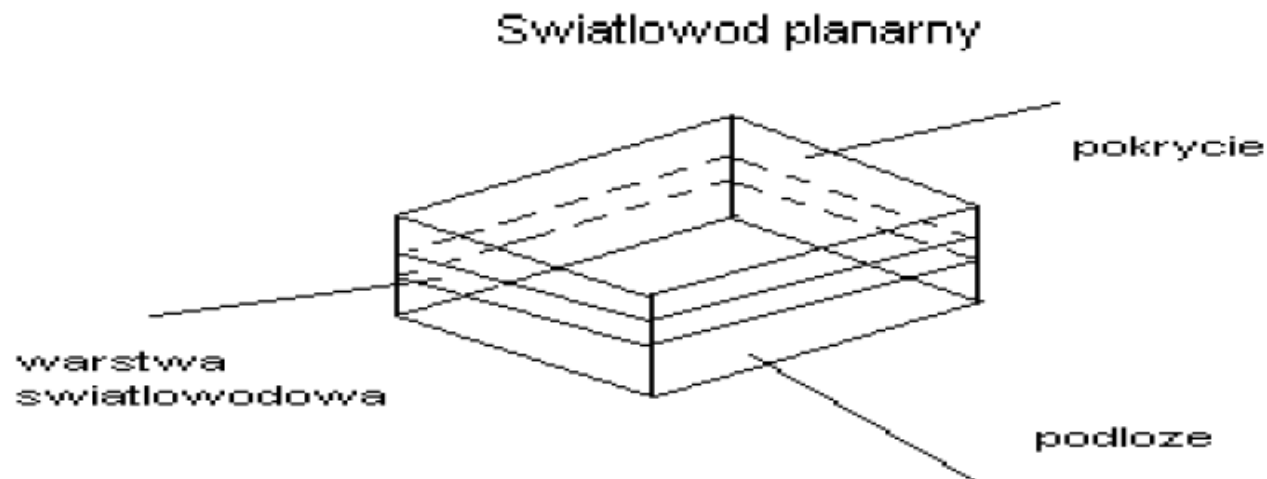


Przekroje konstrukcji światłowodów

- światłowod włóknisty

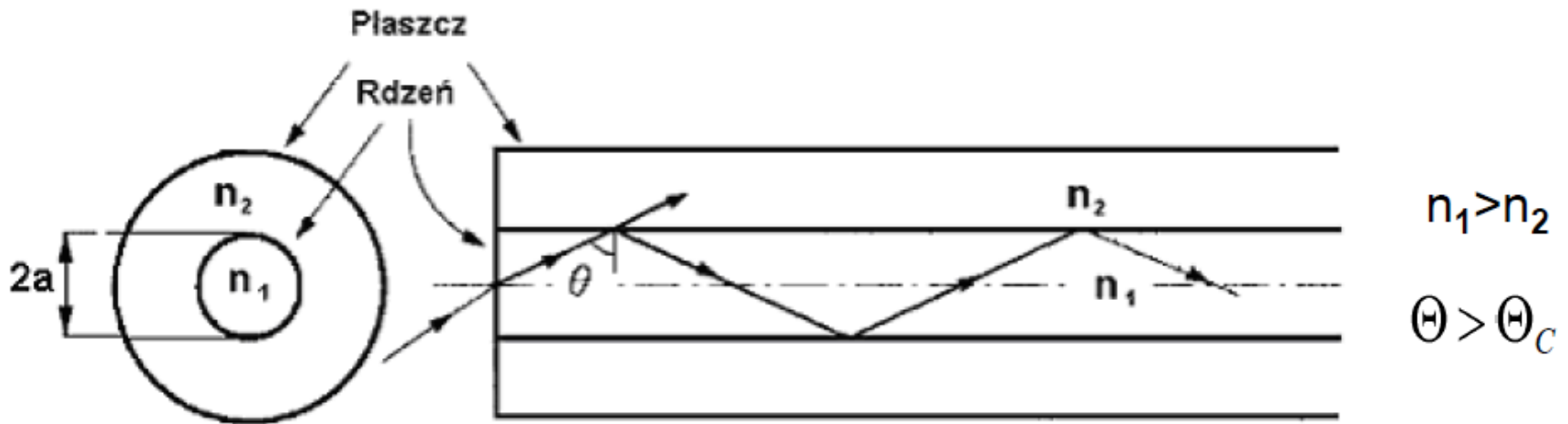


- światłowod planarny



Światłowody włókniste

Propagacja wiązki światła w światłowodzie włóknistym.



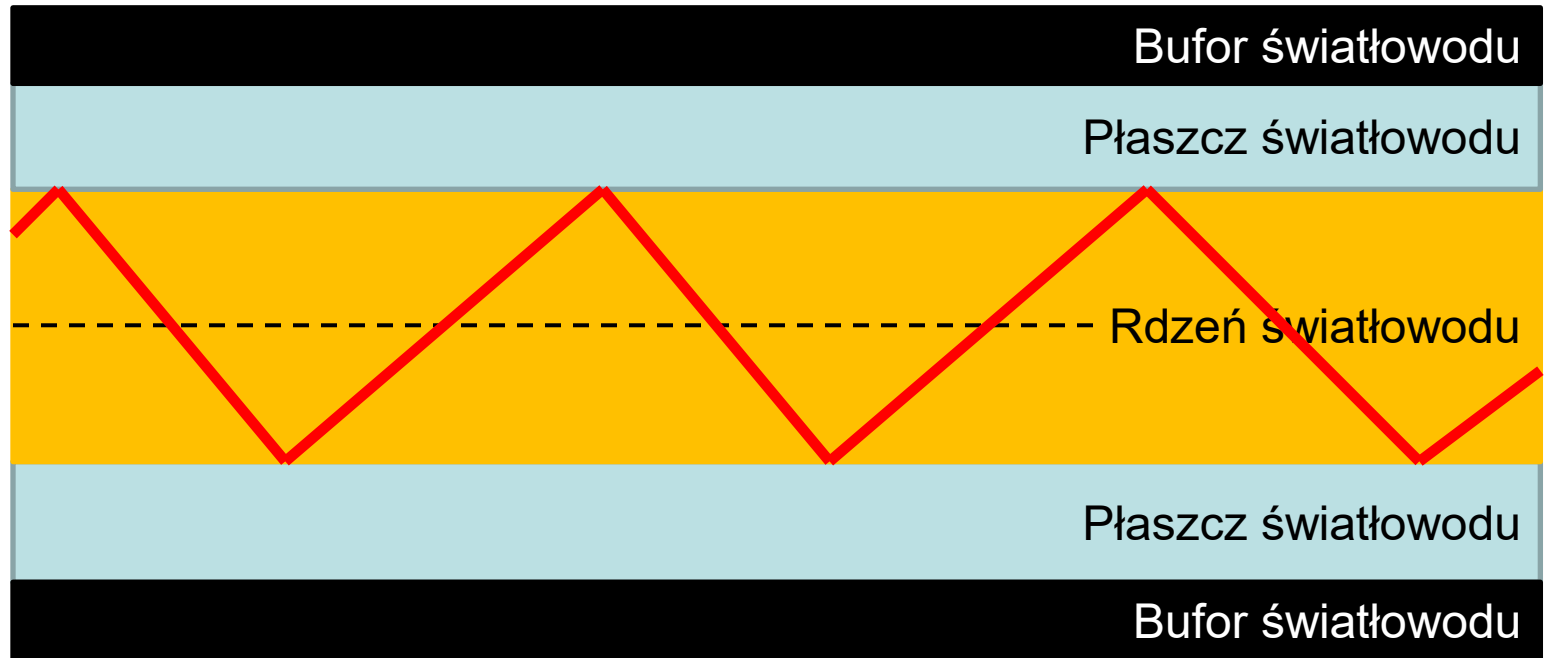
Wartość kąta całkowitego wewnętrznego odbicia wynosi:

$$\sin \Theta_C = \frac{n_2}{n_1}$$

gdzie: n_1 – współczynnik załamania w rdzeniu

n_2 – współczynnik załamania w płaszczu

Budowa światłowodu

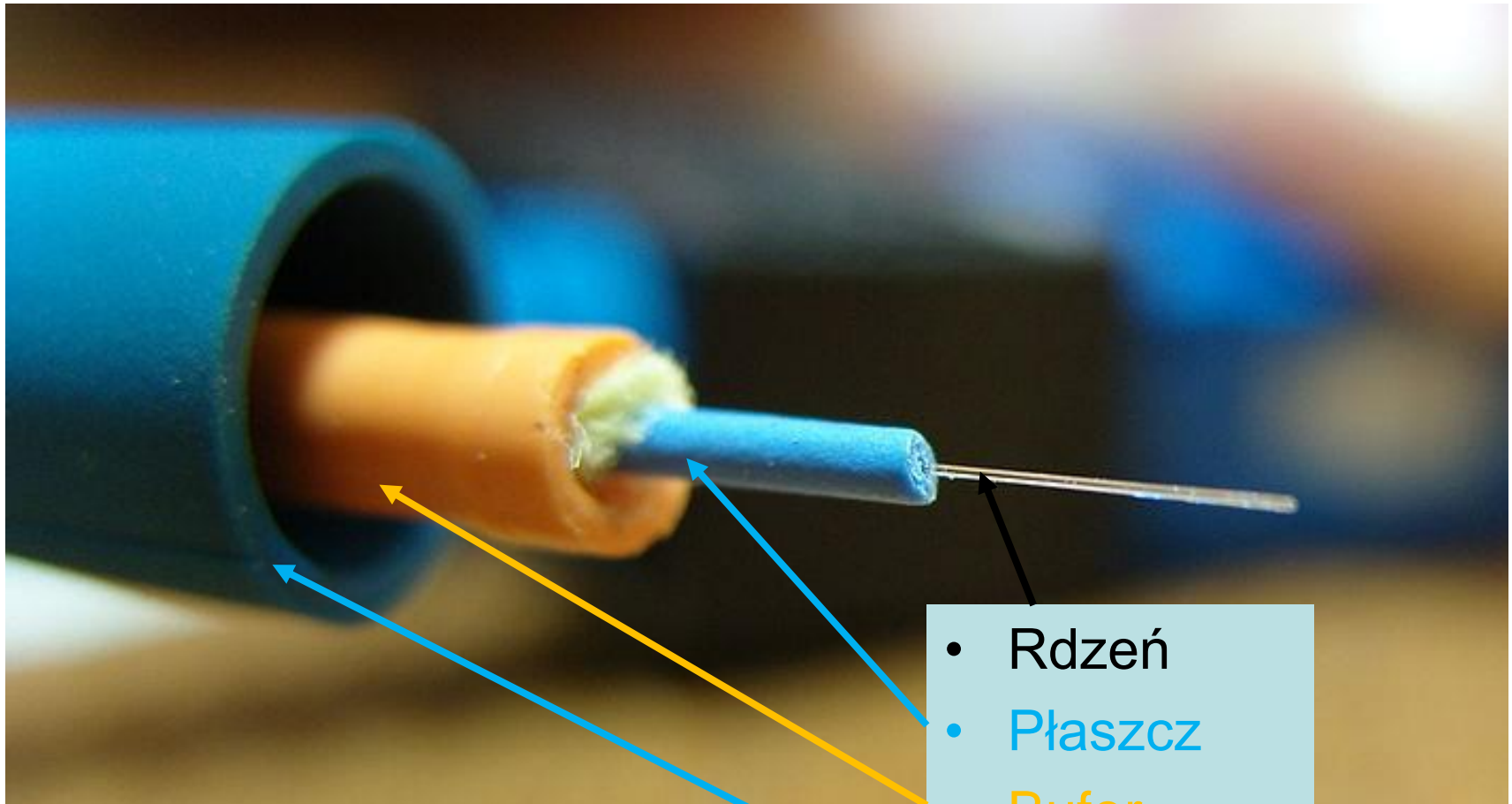


Bufor światłowodu

Płaszcz światłowodu

Rdzeń światłowodu

Schemat przewodu światłowodowego

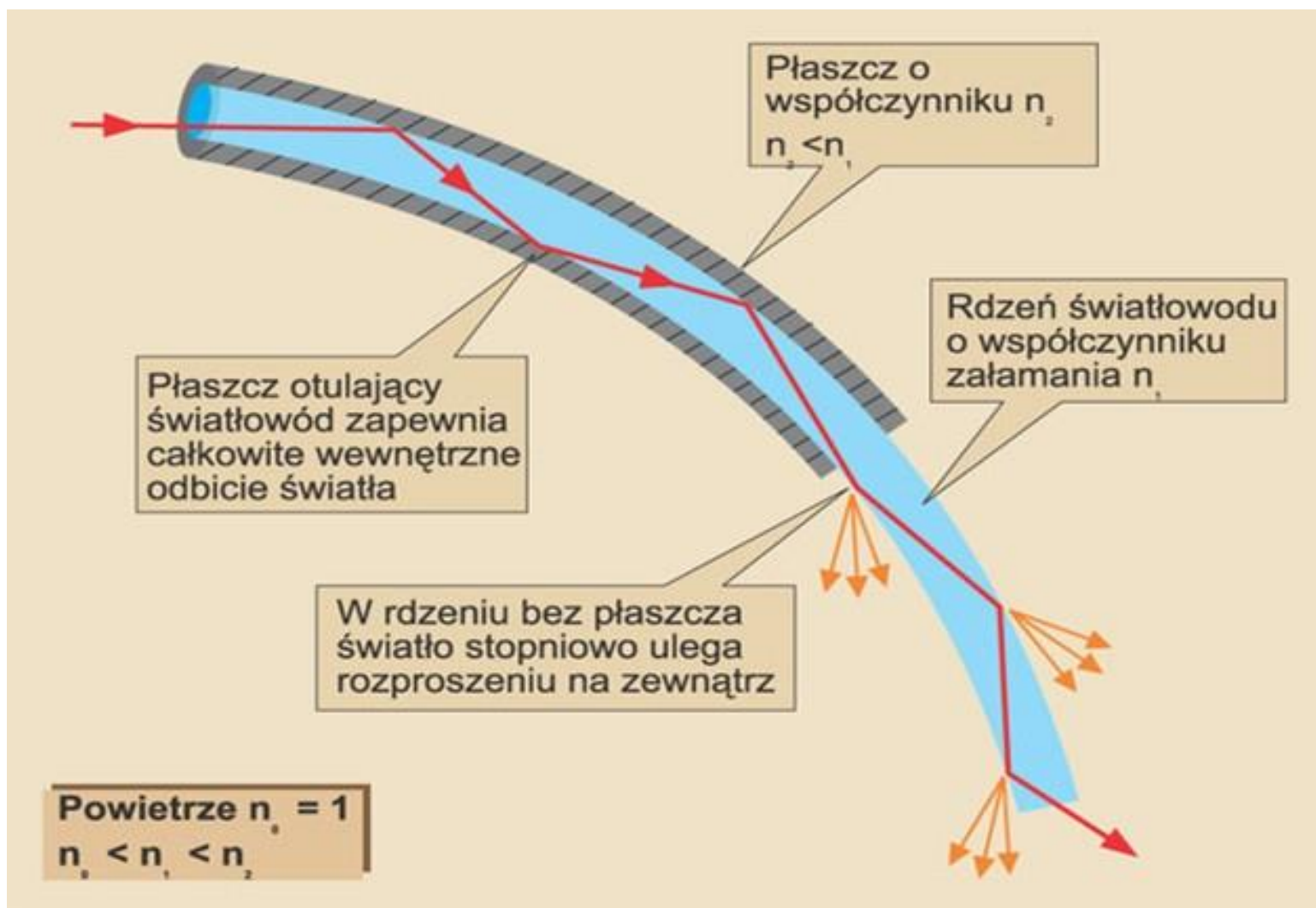


- Rdzeń
- Płaszcz
- Bufor
- Osłona

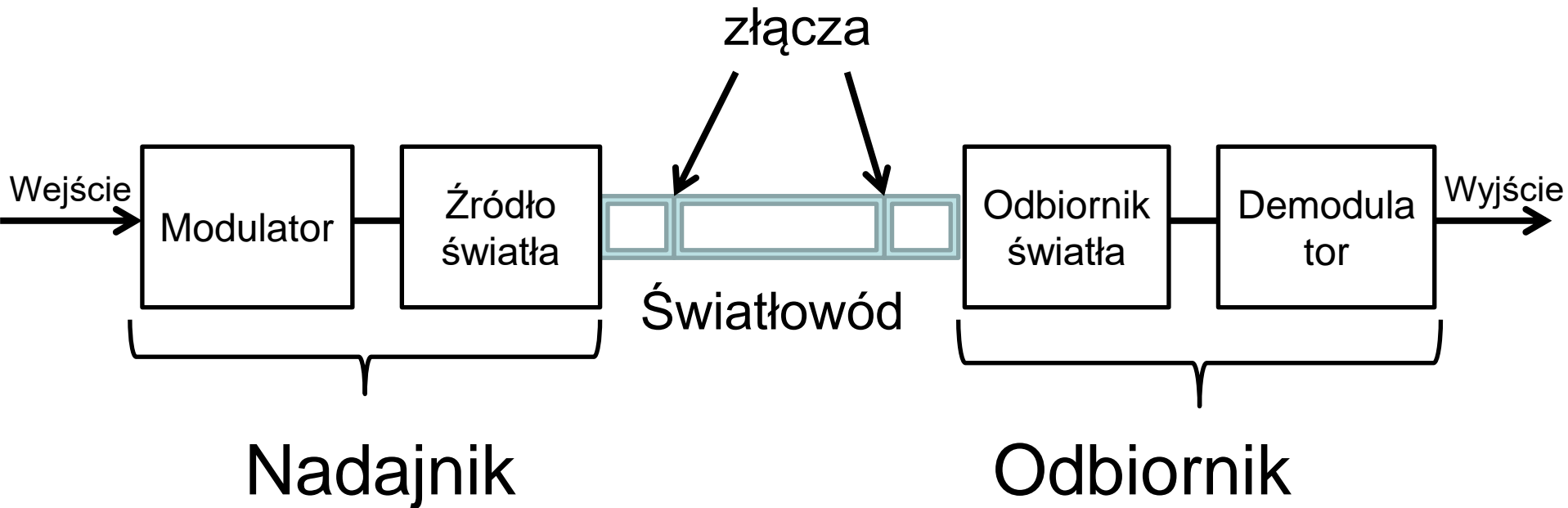
Światłowód

- Kabel światłowodowy składa się z jednego do kilkudziesięciu włókien światłowodowych.
 - Rdzeń stanowi szklane włókno wykonane z domieszkowanego dwutlenku krzemu.
 - Płaszcz jest wykonany z tlenków krzemu o mniejszym współczynniku załamania niż rdzeń. Poruszające się w rdzeniu światłowodu promienie światła są odbijane od granicy między rdzeniem a płaszczem, ulegając całkowitemu odbiciu wewnętrznemu.
 - Buforem jest zazwyczaj plastik. Bufor chroni rdzeń i płaszcz przed uszkodzeniem.
 - Element wzmacniający otaczający bufor zapobiega rozciągnięciu światłowodu przez instalatorów podczas przeciągania.
 - Często stosowanym do tego celu materiałem jest **Kevlar**.
 - Koszulka zewnętrzna. otaczająca kabel chroni światłowód przed wytarciem, rozpuszczalnikami i innymi zanieczyszczeniami. Koszulka zewnętrzna światłowodu wielodomowego jest zazwyczaj pomarańczowa, ale używane są również inne kolory

Rola płaszcza światłowodu

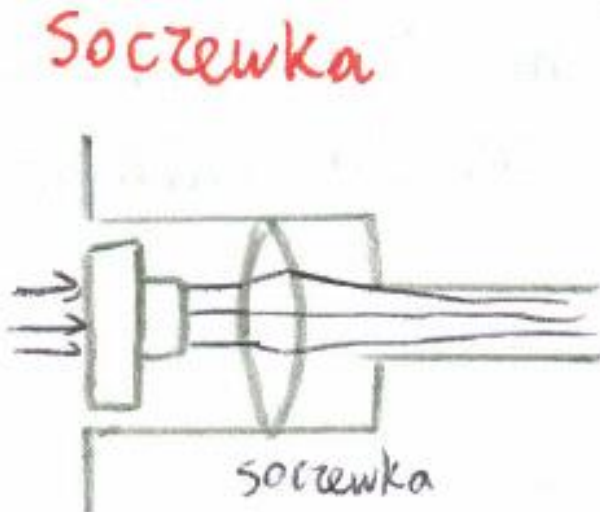


Tor przesyłowy światłowodu



Źródła światła

- **Dioda LED**
- Moc 10 μ W
- Gorsze parametry
- Żywotność 20-100 lat
- **Laser**
- Moc 2 μ W
- Lepsze parametry
- Żywotność 5 lat

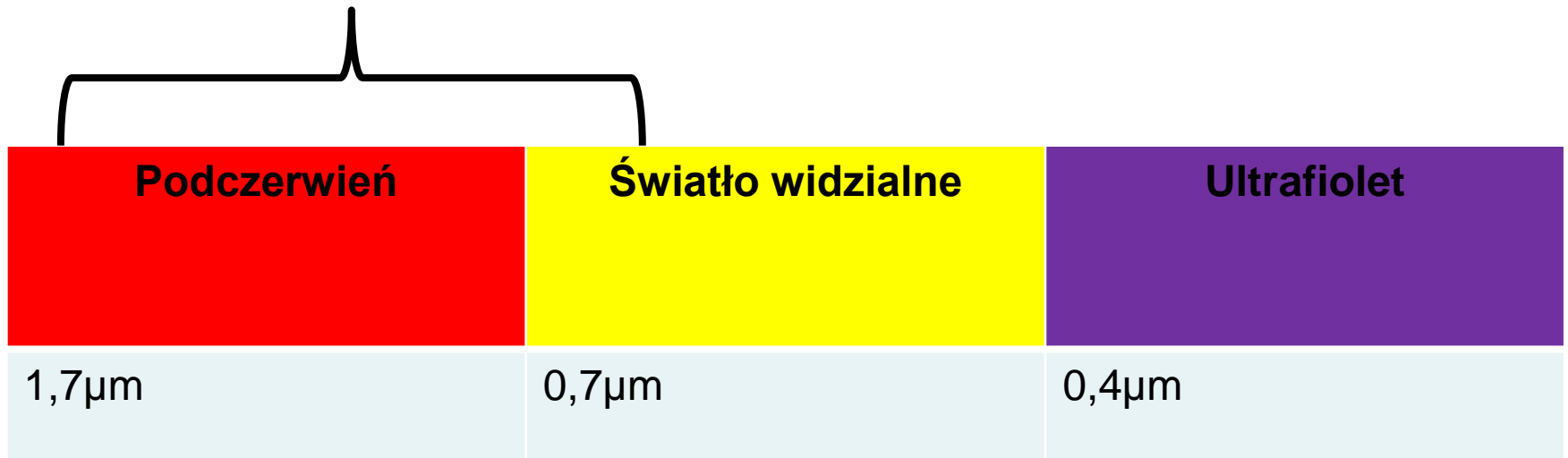


Odbiorniki światła

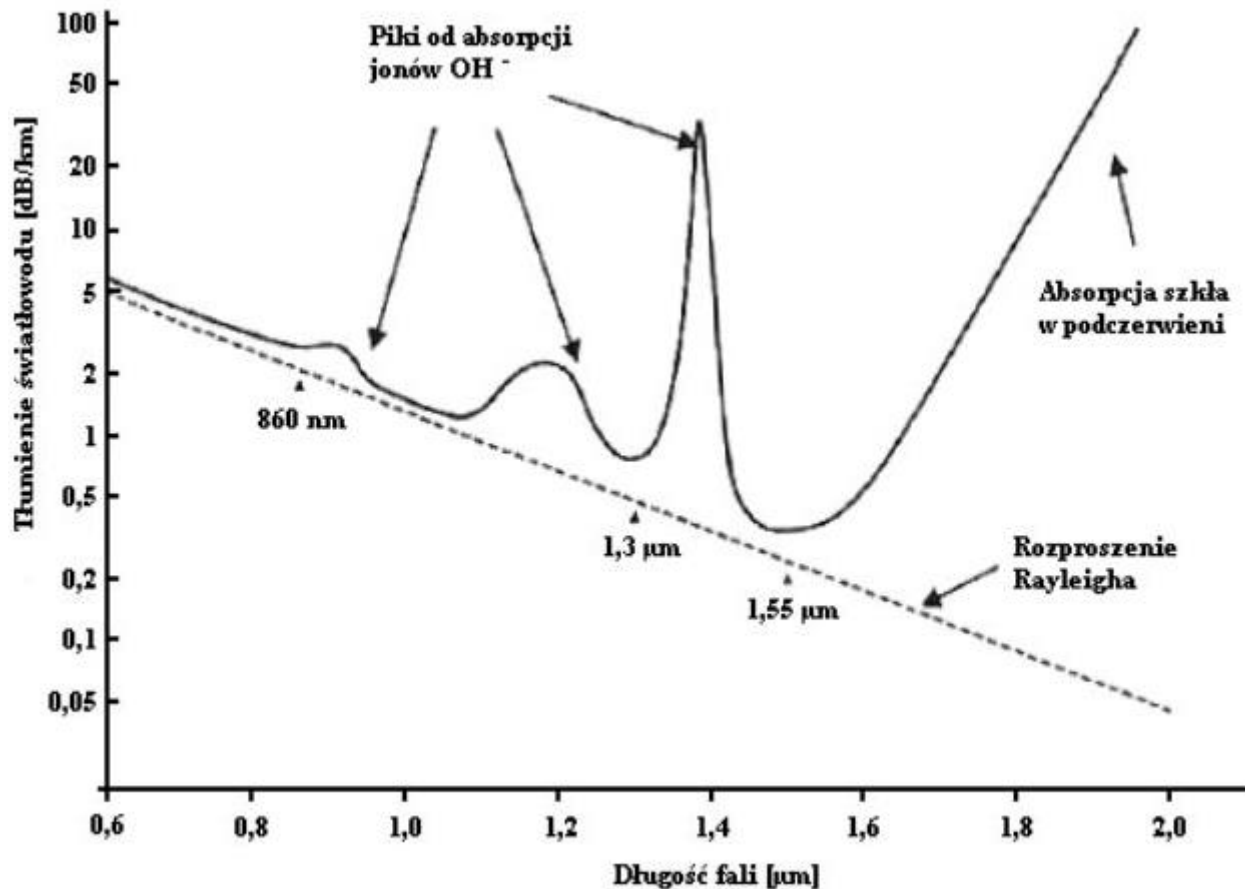
- **Dioda PIN** (dioda o przewodnictwie samoistnym)
- Czuła
- Odporna na zmiany parametrów elektrycznych otoczenia
- **Dioda APD** (lawinowa)
- Bardzo czuła – wykrywa nawet pojedyncze fotony
- Wrażliwa na zmiany temperatury i napięcia

Widmo fal wykorzystywanych w światłowodach

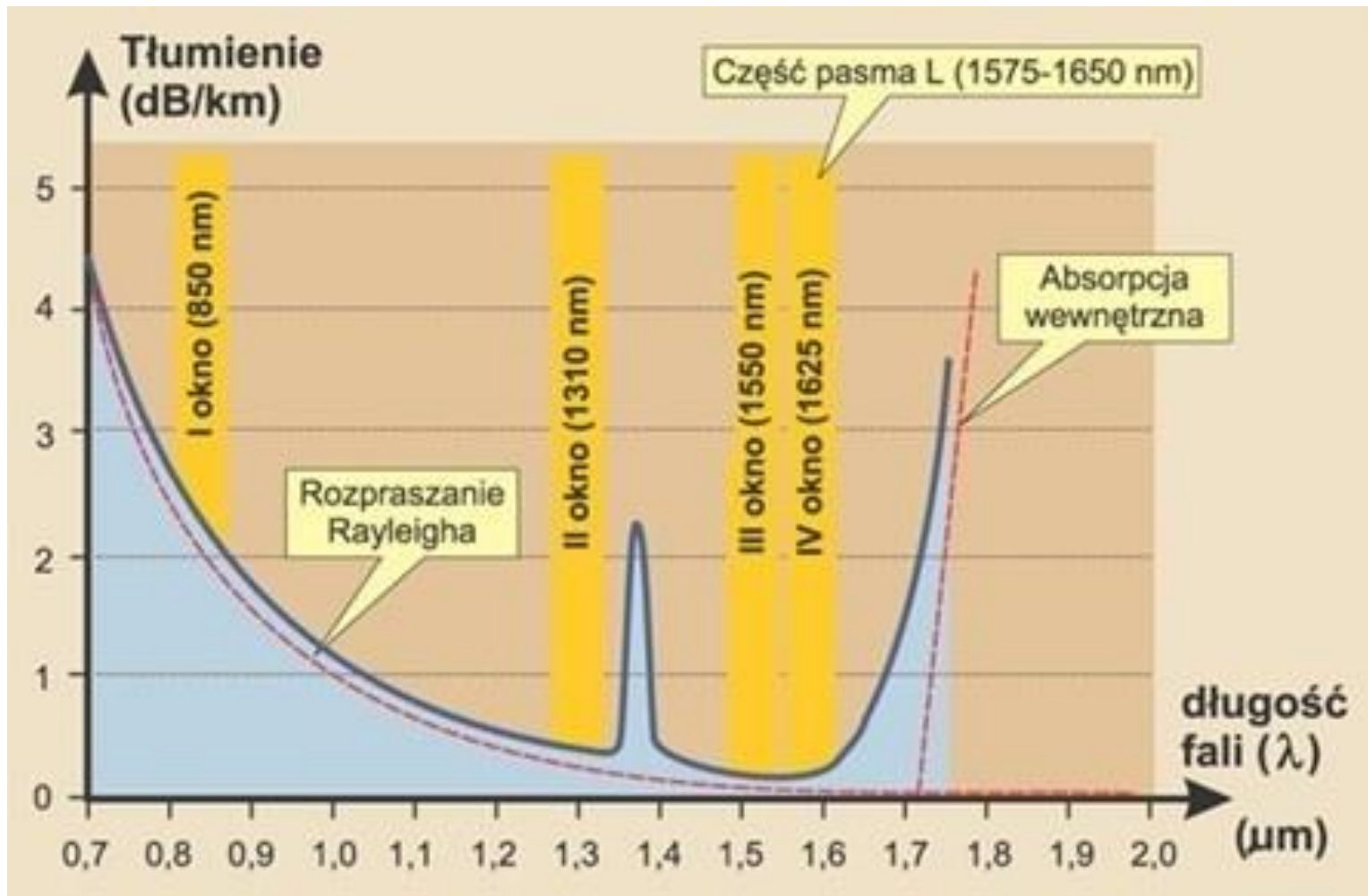
Światłowody



Tłumienie światłowodów w funkcji długości fali optycznej



Okna transmisyjne światłowodów



Oznaczenia

F	światłowód
S	długość fali (850 nm) w światłowodzie wielomodowym
L	długość fali (1310 nm) w światłowodzie jednomodowym lub/i wielomodowym
E	długość fali (1550 nm) w światłowodzie jednomodowym
4	transmisja w technice WDM na czterech długościach fali w pojedynczej parze kabli światłowodowych
R	kodowanie 66B w technice 10 Gb/s

Standardy transmisji światłowodowej

Nazwa wersji Ethernet	Szybkość transmisji	Typ włókna	Typowy zasięg
10 Base-FL	10 Mb/s	Jednomodowy	Do 2 km
100 Base-FX	100 Mb/s	Jednomodowy	Do 2 km
100 Base-SX	100 Mb/s	Wielomodowy	Do 460 km
100 Base-LX10	100 Mb/s	Jednomodowy	Do 10 km
100 Base-LX10	100 Mb/s	Wielomodowy	Do 500 m
1000 Base-SX	1 Gb/s	Wielomodowy	Do 550 m
1000 Base-LX	1 Gb/s	Jednomodowy	Do 10 km
1000 Base-LH	1 Gb/s	Jednomodowy	Do 100 km
10GBASE-SR	10 Gb/s	Wielomodowy	Do 300 m
10GBASE-LX4	10 Gb/s	Wielomodowy	Do 300 m
10GBASE-ER	10 Gb/s	Jednomodowy	Do 30 km

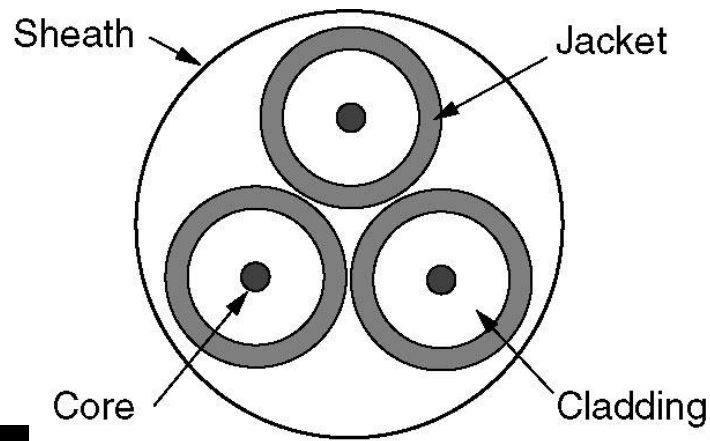
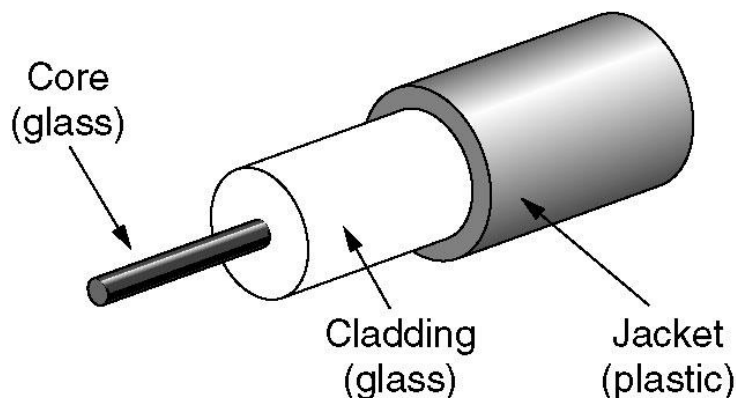
Złącza światłowodowe

Najpopularniejsze rodzaje złączek światłowodowych to:

- złączki typu *PC*
- złączki typu *ST* i *SC*
- złączki duplexowe *MT-RJ*

Złącza kątowe ze szczeliną powietrzną			Złącza stykowe PC (Physical Contact)									Złącza kątowo-stykowe APC (Angled Physical Contact)																										
WAN CATV			LAN WAN									WAN CATV																										
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Tłumienie złącza</td> <td>Tłumienie wsteczne</td> </tr> <tr> <td>Szczelina powietrzna</td> <td>od 0,4 do 0,8 dB</td> <td>> 60 dB</td> </tr> </table>				Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne	Szczelina powietrzna	od 0,4 do 0,8 dB	> 60 dB	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Tłumienie złącza</td> <td>Tłumienie wsteczne</td> </tr> <tr> <td>PC (Physical Contact)</td> <td>< 0,5 dB</td> <td>> 30 dB</td> </tr> <tr> <td>Super</td> <td>< 0,5 dB</td> <td>> 40 dB</td> </tr> <tr> <td>Ultra</td> <td>< 0,5 dB</td> <td>> 50 dB</td> </tr> </table>										Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne	PC (Physical Contact)	< 0,5 dB	> 30 dB	Super	< 0,5 dB	> 40 dB	Ultra	< 0,5 dB	> 50 dB	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Tłumienie złącza</td> <td>Tłumienie wsteczne</td> </tr> <tr> <td>Kątowe (8° APC)</td> <td>< 0,5 dB</td> <td>> 60 dB</td> </tr> </table>				Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne	Kątowe (8° APC)	< 0,5 dB	> 60 dB
	Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne																																				
Szczelina powietrzna	od 0,4 do 0,8 dB	> 60 dB																																				
	Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne																																				
PC (Physical Contact)	< 0,5 dB	> 30 dB																																				
Super	< 0,5 dB	> 40 dB																																				
Ultra	< 0,5 dB	> 50 dB																																				
	Tłumienie złącza	Tłumienie wsteczne																																				
Kątowe (8° APC)	< 0,5 dB	> 60 dB																																				
			SIMPLEX									DUPLEX																										
VFO	EC/RACE	HRL-11	FC	ST	SC	D4	Biconic	DIN-LSA	E2000	Mini-BNC	F-SMA	Escon	SC Duplex	Duplex-MIC FDDI																								
			.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC	.../PC																								
			.../APC	.../APC	.../APC			HRL-10	.../APC				.../APC																									

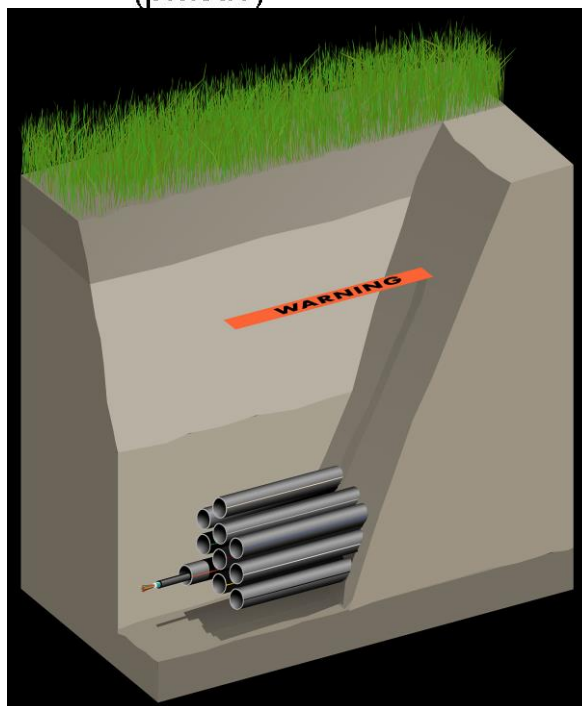
Włókno optyczne



(b)

- Pojedyncze włókno
- Rdzeń 8-100 μm

Typowo, instaluje się pęczki od 10 do 100 włókien



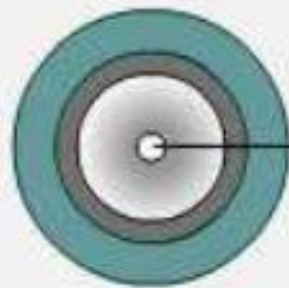
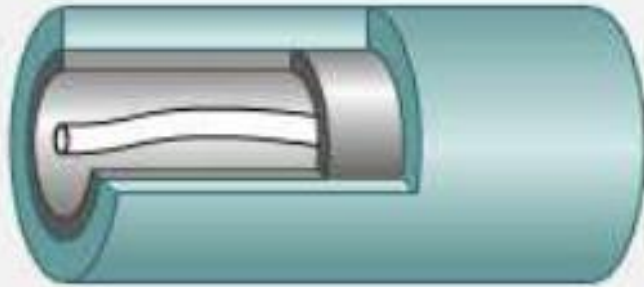
- Kabel z trzema włóknami

W przypadku włókien kładzionych pod ziemią stosuje się dodatkowe zabezpieczenia

Konstrukcje kabli

- Istnieją dwa podstawowe typy kabli:
 - konstrukcje z luźną tubą
 - 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.

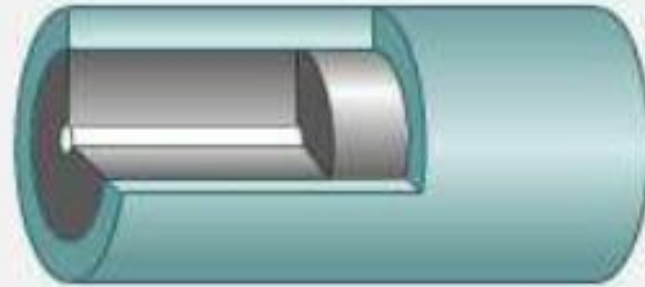
Konstrukcja z luźną tubą



Włókno optyczne

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

Konstrukcja z ciasnym separatorem

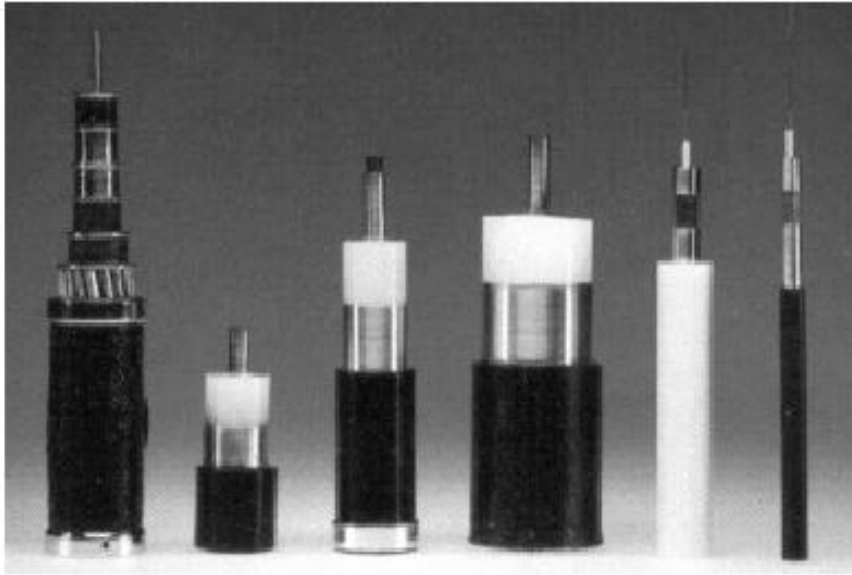


Warstwy separatora są nałożone bezpośrednio na włókno światłowodowe

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

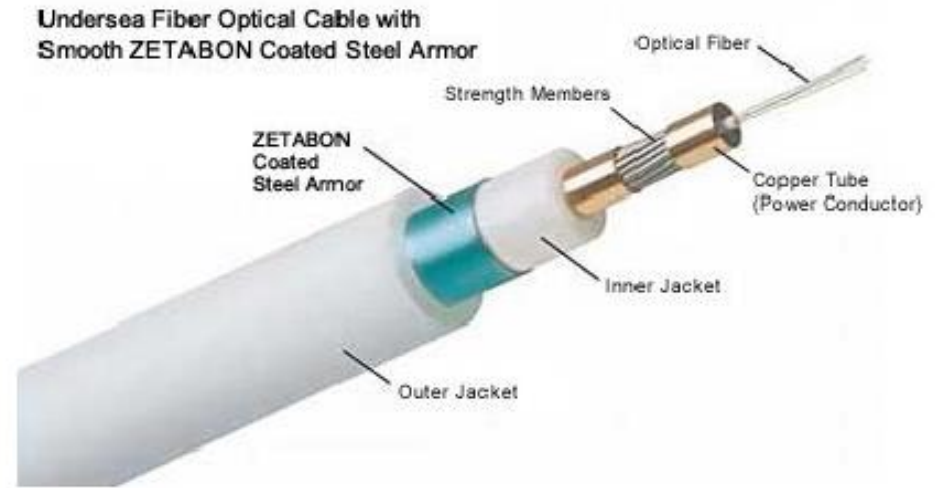
Włókno optyczne

Generations of transatlantic cables:

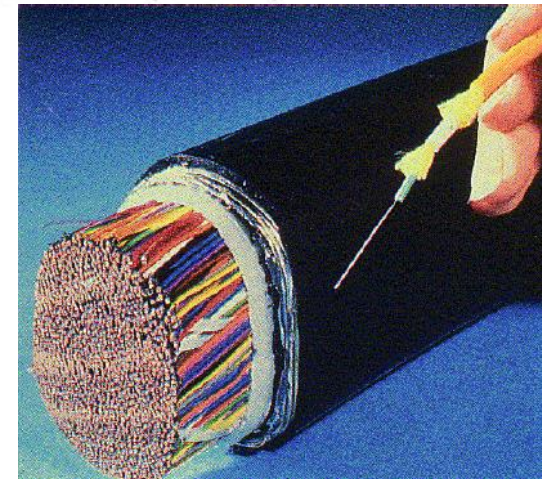


Coax 1950
(30 Voice-Ch.)

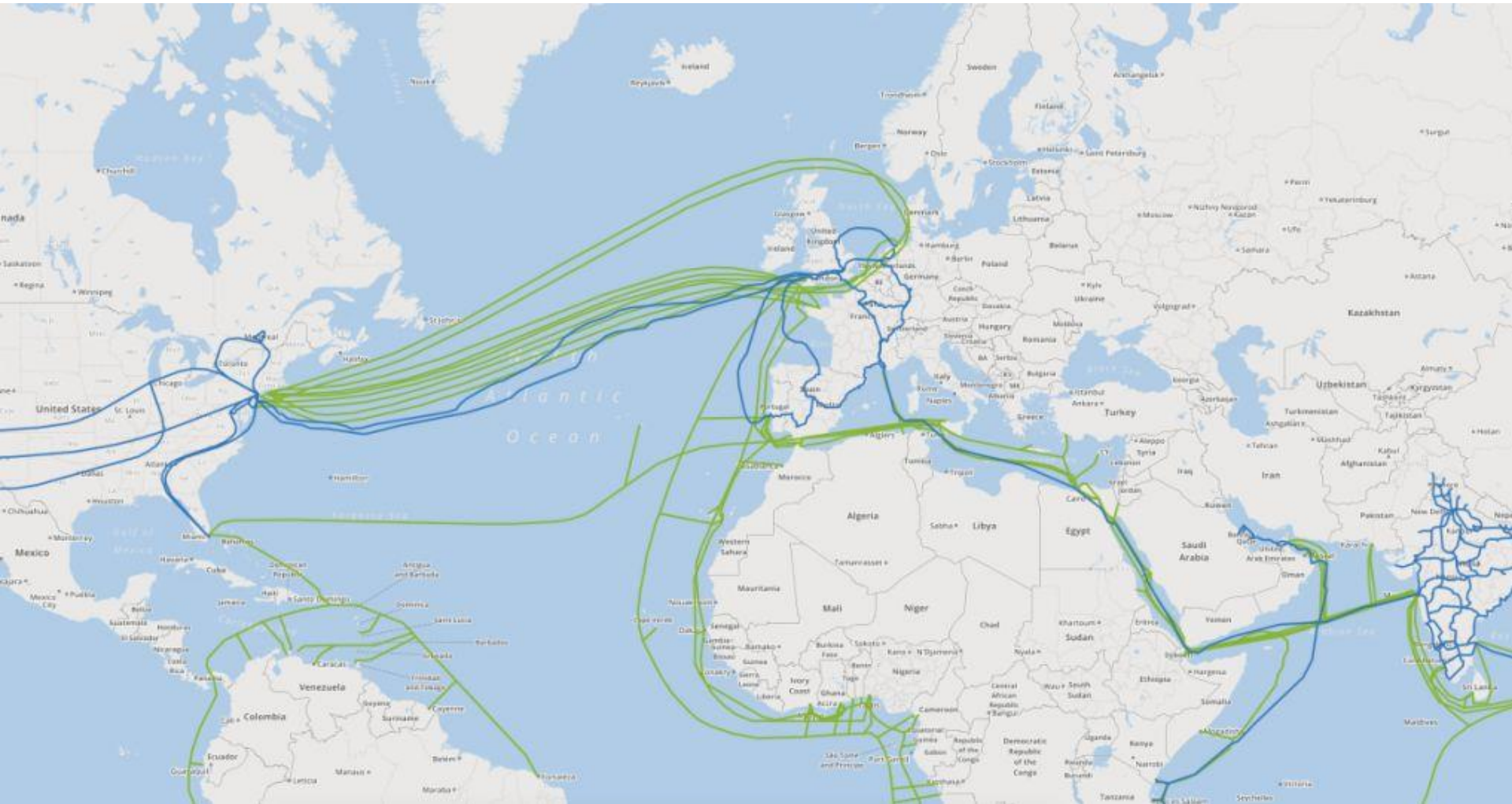
Fiber 1980
(30'000-300'000 Voice-Ch.)



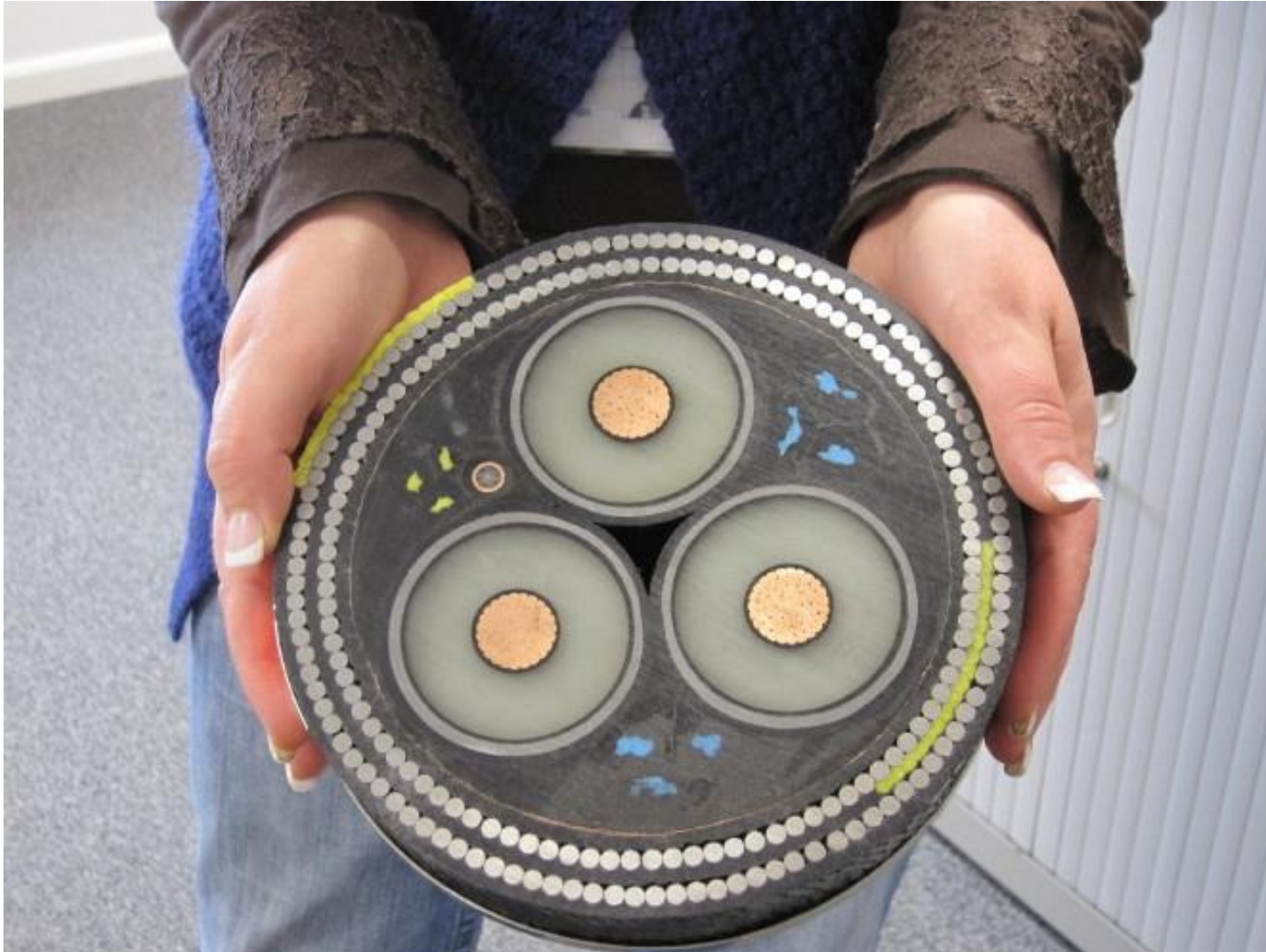
Fiber cable (aktuell)



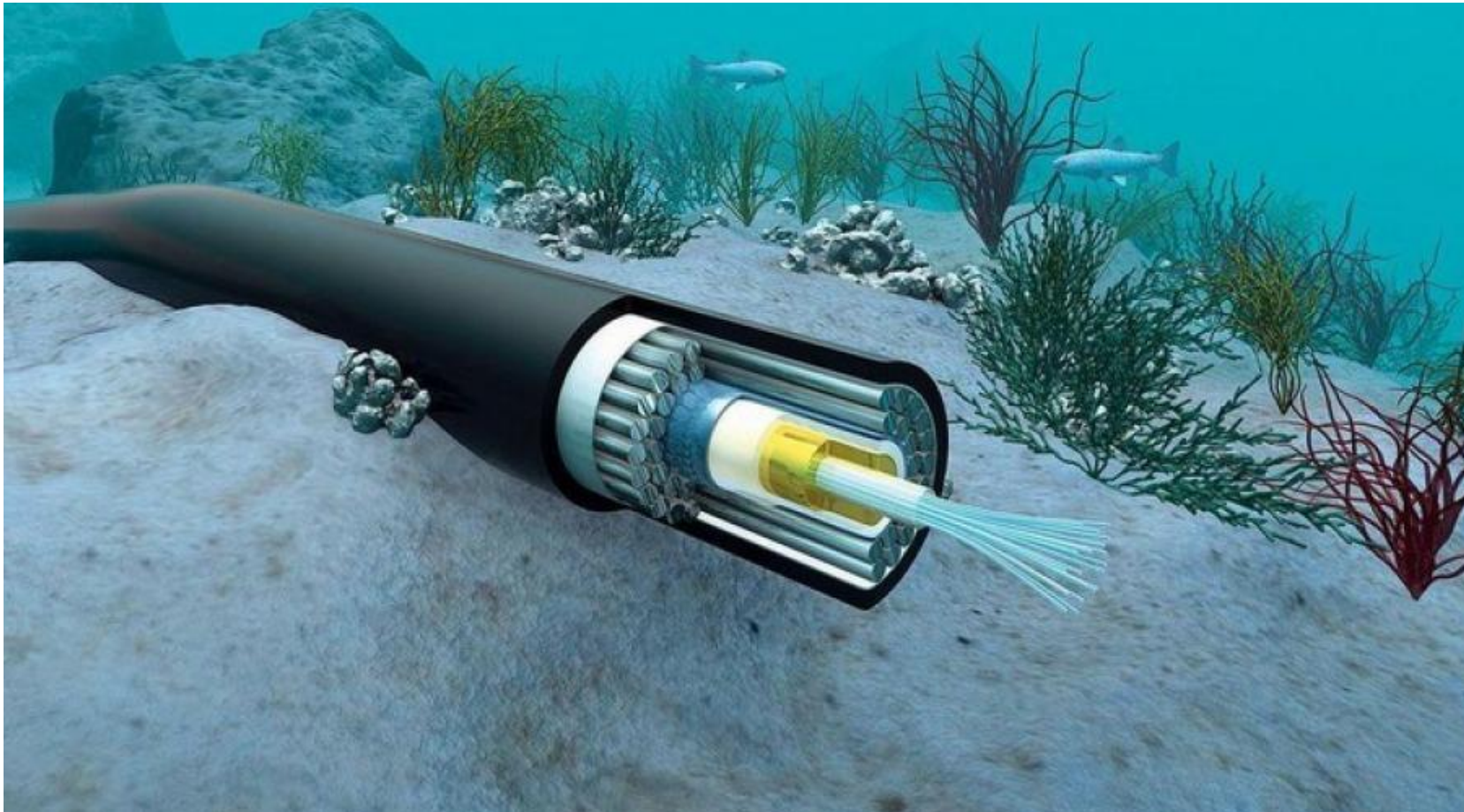
Światłowody podmorskie



Przekrój podmorskiego światłowodu



Światłowód na dnie morza



MODY

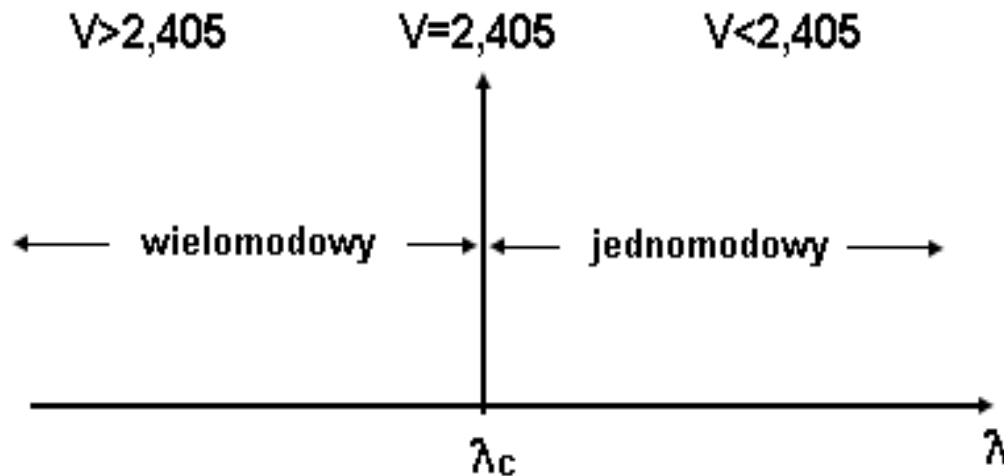
Światłowody jedno i wielomodowe

- W światłowodzie istnieje ograniczona liczba ścieżek optycznych, którymi może się przemieszczać światło.
- **Te ścieżki optyczne są nazywane modami.**
- Mod – pojedynczy promień światła niosący informację.
- Jeśli średnica rdzenia jest wystarczająco duża, aby światło mogło przepływać wieloma ścieżkami, jest to światłowód „wielomodowy”.

Zależność liczby modów od długości fali λ

- Modowość światłowodu jest określona przez częstotliwość znormalizowaną.

r_f - promień rdzenia,
 λ - długość fali w próżni

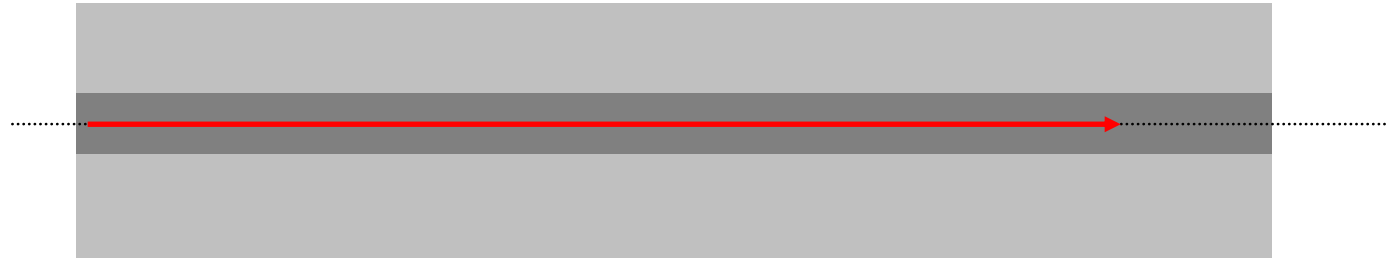


λ_c - długość fali odcięcia drugiego modu

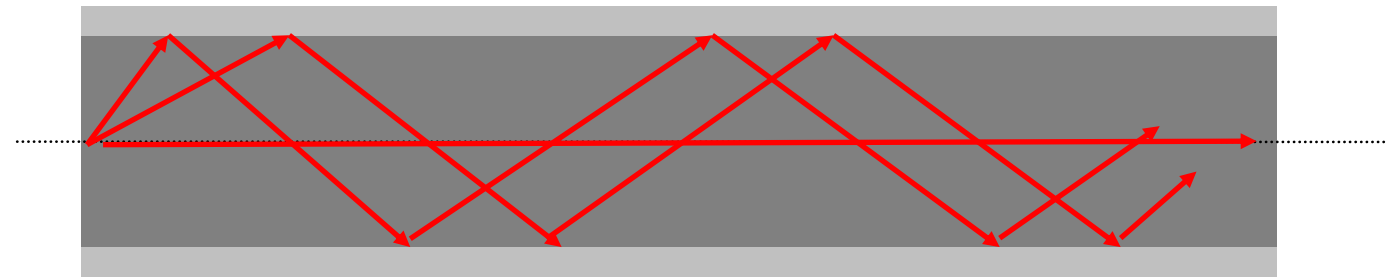
Im większa jest długość fali λ tym mniejsza wartość V , co oznacza mniejszą liczbę propagowanych modów.

Rodzaje włókien światłowodowych

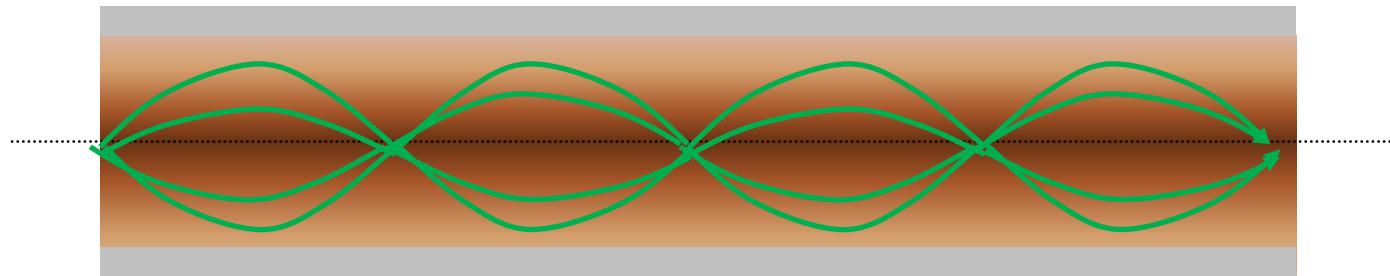
skokowy-
jednomodowy



skokowy-
wielomodowy



gradientowy
GRIN



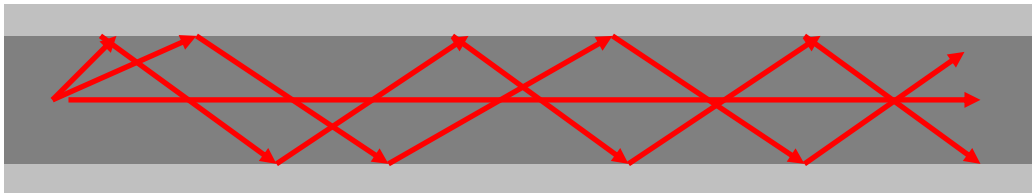
Światłowód jednomodowy

- W światłowodzie jednomodowym, przenosi się tylko jeden mod.
 - Wszystkie promienie odbijane są pod tym samym kątem do powierzchni płaszcza.
 - Wszystkie promienie mają jednakową drogę do przebycia i zajmuje to taki sam czas.
 - Nie powstaje dyspersja.
 - Dane nie są przekłamywane.
- Światłowód taki nie wykorzystuje w pełni całego pasma i ma najmniejszą przepustowość.



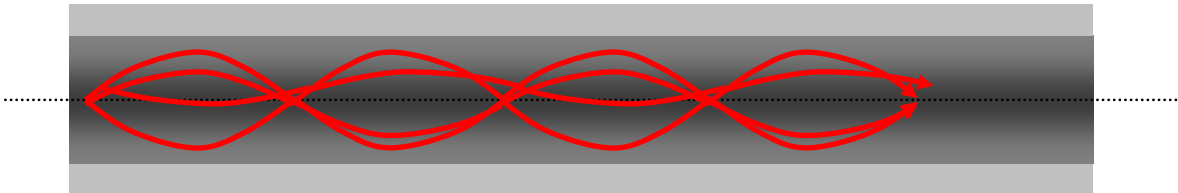
Światłowód wielomodowy

- W światłowodzie wielomodowym przesyła się kilka modów.
 - Promienie odbijane są pod różnymi kątami do powierzchni płaszcza.
 - Promienie mogą się różnić drogą do przebycia i zajmuje im to różną ilość czasu.
 - Przy skrzyżowaniu strumieni fotonów powstaje rozmycie krawędzi przesyłanego sygnału, czyli dyspersja.
 - Dane mogą być zniekształcone.
- Światłowód taki wykorzystuje w pełni całe pasmo i ma największą przepustowość.
- Ma on największą grubość.



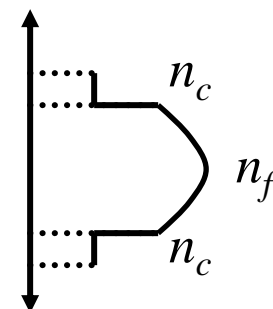
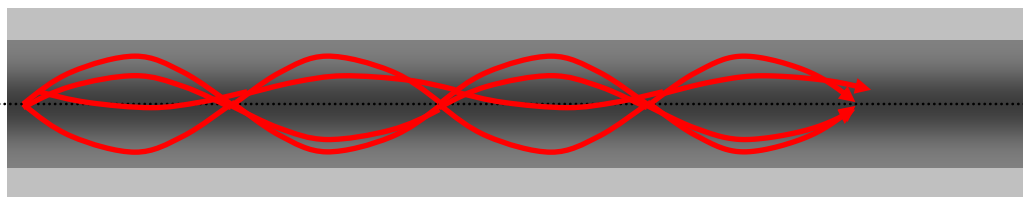
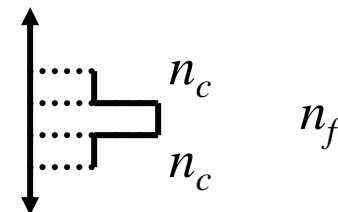
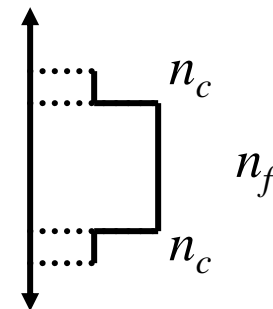
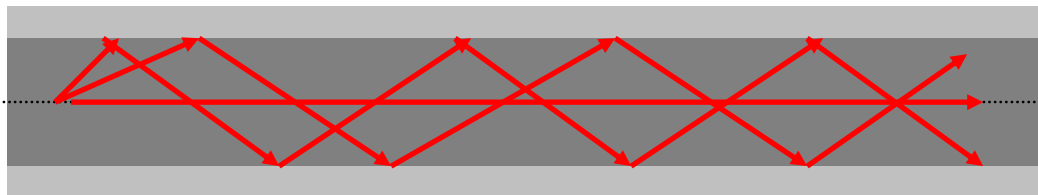
Światłowód gradientowy

- W światłowodach gradientowych wykorzystywane jest szkło o gradientowym współczynniku załamania.
 - 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.
 - 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.
- W światłowodzie gradientowym przesyła się kilka modów.
 - Promień świetlny, który ukośnie chce wydostać się z centrum kabla jest uginany w sposób ciągły i kierowany z powrotem w stronę środka kabla.
 - Rdzeń w światłowodzie gradientowym jest tak gruby, że jednocześnie może on przenosić wiele modów światła.
 - Promienie nieznacznie różnią się drogą do przebycia i przychodzą praktycznie w tym samym momencie.
 - Ryzyko dyspersji jest niewielkie (promienie są praktycznie równoległe)
- Światłowód taki wykorzystuje większą część pasma i ma dużą przepustowość.



Rodzaje włókien światłowodowych

skokowy-
skokowy-
skokowy-
jednomodowy
wielomodowy
GRIN
gradientowy



Dyspersja

- **Dyspersja** to rozmycie krawędzi przesyłanego sygnału.
 - Poszczególne promienie światła mają różny czas przebiegu przez światłowód.
 - Impuls świetlny ulega poszerzeniu (rozmyciu), co ogranicza częstotliwość maksymalną powtarzania impulsów, czyli szerokość pasma przenoszenia.
 - Jest to istotne przy światłowodach wielomodowych, ponieważ różne mody mają różne czasy przebiegu, a to ogranicza szerokość pasma.
 - Zjawiska te nie występują w światłowodzie jednomodowym.
- **Naturalna dyspersja materiału** wynika ze zmian współczynnika załamania światła w szkle.
 - Powodowana jest przez niejednorodności struktury materiału.
 - Zależy też od długości fali.
 - Występuje zarówno w światłowodach jedno i wielomodowych.
- Długość kabla światłowodowego jest ograniczona przez jego dyspersję i tłumienie.

OAM (Orbital Angular Momentum)

- OAM (Orbital Angular Momentum) czyli orbitalny moment pędu.
- Wiązka światła przebiega przez światłowód nie po linii prostej, ale spiralnie (korkociągiem).
- Spiralny tor transmisji pozwala multipleksować sygnały i dzięki temu znacznie zwiększyć przepustowość połączenia.

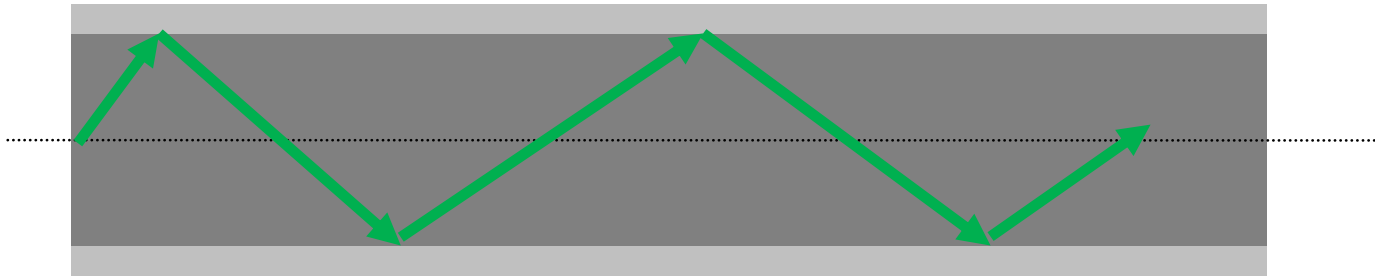


- Na czym polega metoda WDM
(*Wavelength Division Multiplexing*)?

Testowanie trzęsień ziemi za pomocą światłowodów

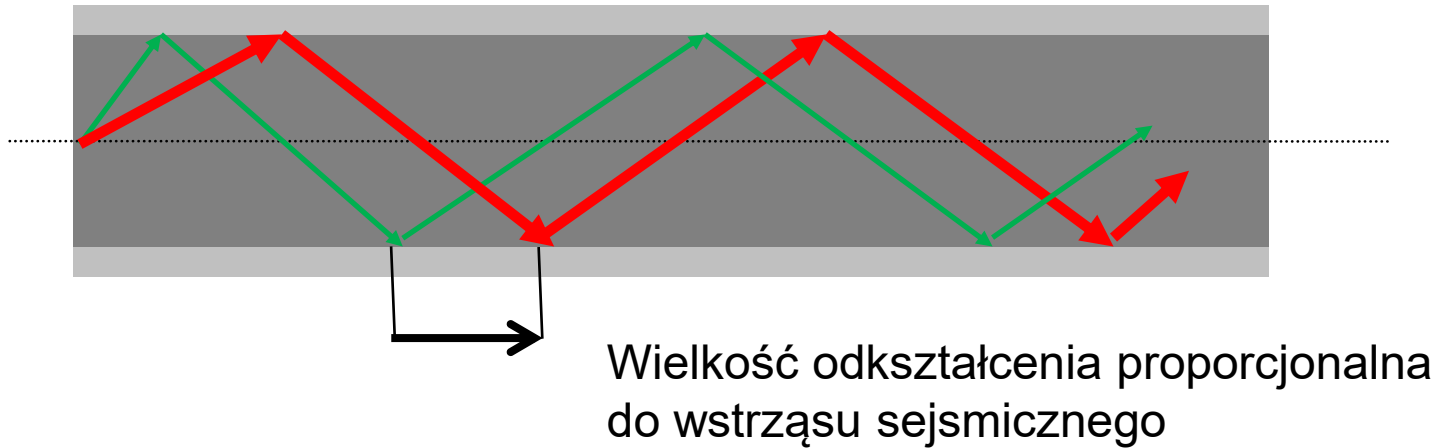
- Ideą tego sposobu pomiaru jest mierzenie zakłóceń w przebiegu sygnału świetlnego.
- Pod wpływem zewnętrznych wibracji i wstrząsów bieg fotonu z informacją odbiega od typowej trasy.
- Można w ten sposób wykorzystać już istniejące kable, oddając na rzecz pomiarów kilka nitek.

Testowanie trzęsień ziemi za pomocą światłowodów



Brak wstrząsów sejsmicznych
Sygnał biegnie prawidłowym modelem.

Testowanie trzęsień ziemi za pomocą światłowodów



Wstrząsy sejsmiczne

Normalny bieg sygnału zostaje zakłócony.

PRZYGOTOWANIE PRZEWODÓW ŚWIATŁOWODOWYCH

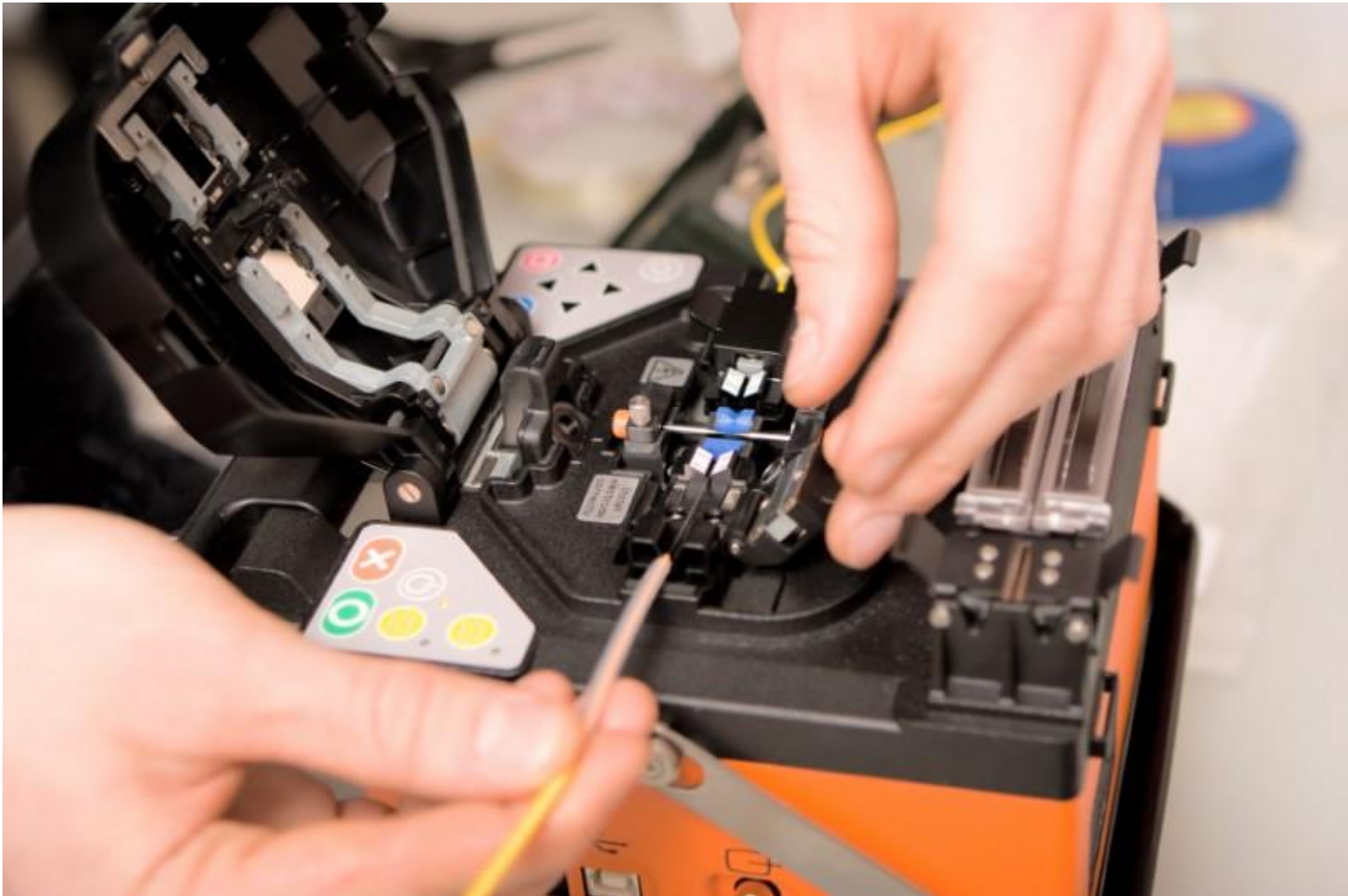
Ucinarka światłowodowa



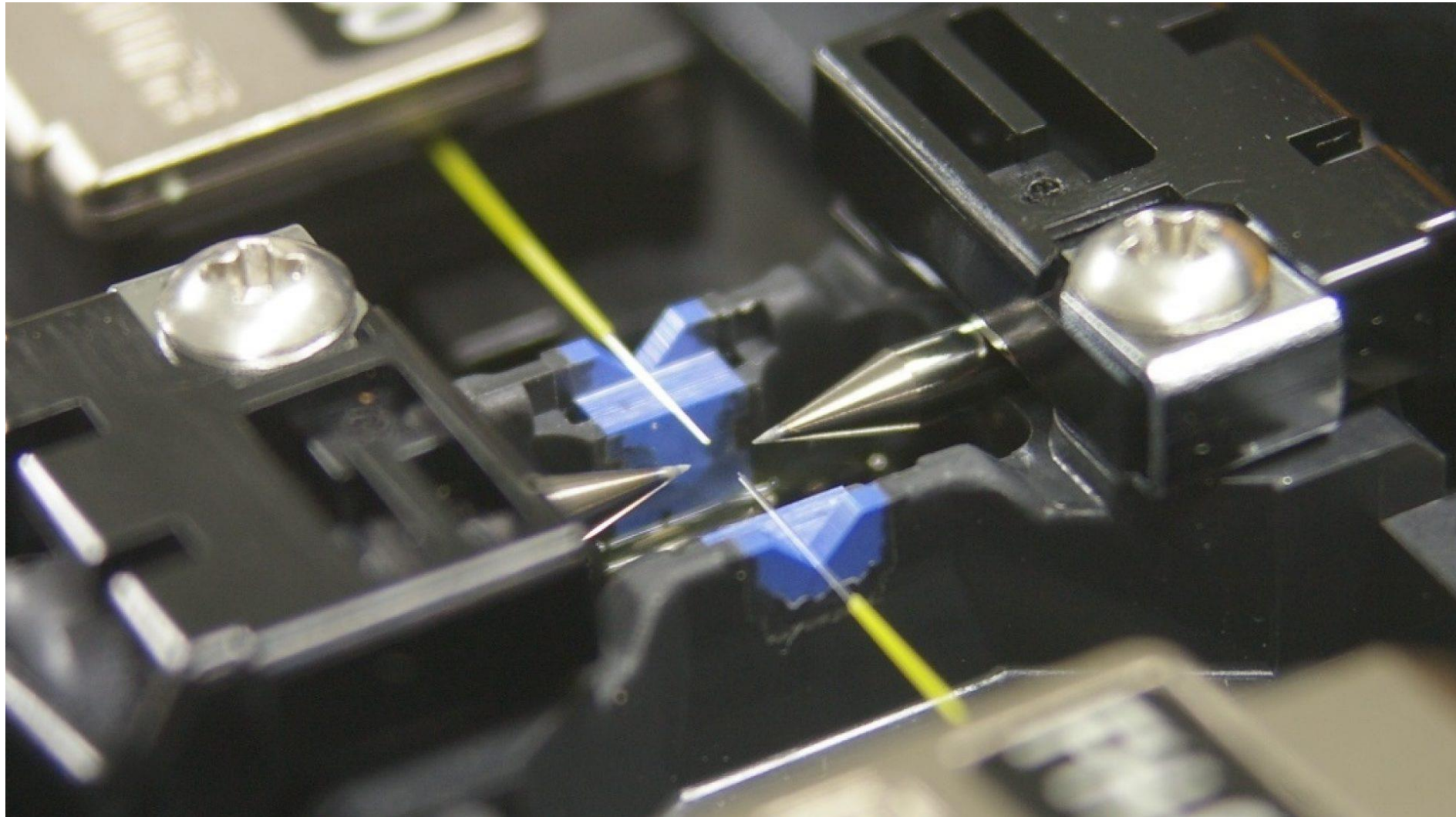
Ręczna spawarka



Założenie kabli do spawarki



Połączenie kabli

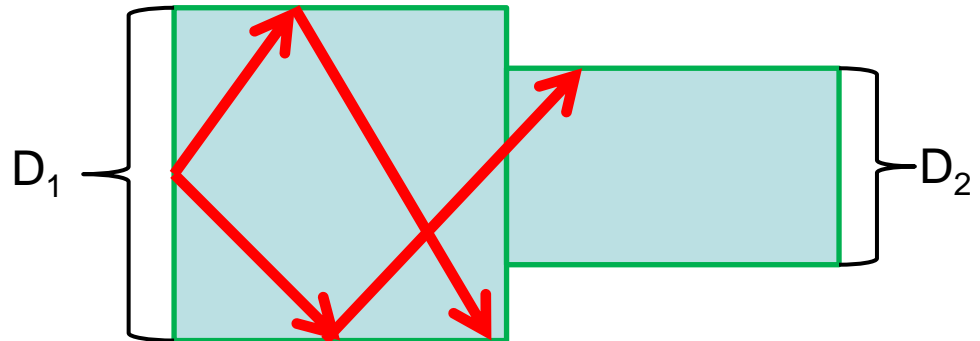
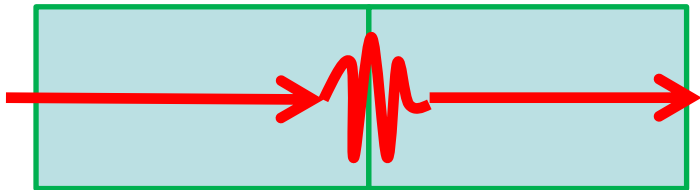


Reflektometr



Tłumienie na złączach

1. Spawane nitki światłowodu (straty 0,5 dB)
2. Wtyk – gniazdo (straty 2 dB)



Konserwacja światłowodu

- Zbyt mocne zagięcie światłowodu może zmienić kąt padania promienia padającego na granicę między rdzeniem a płaszczem. 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.
- Kiedy światłowód zostanie przeciągnięty, jego końcówki muszą zostać odpowiednio przycięte i wypolerowane, aby uzyskać gładkie zakończenie

Ćwiczenie praktyczne 1

- Zapoznanie się z różnorodnością cen okablowania sieciowego dostępnego na rynku.
- okablowania pionowego lub światłowodowego. Użyj światłowodu wielomodowego (MM).
Elementy obejmują:
 - 24 kable połączeniowe MM o długości 2 m
 - 24 kable połączeniowe o długości 5 m
 - 2 kable połączeniowe MM o długości 15 m
 - Kabel światłowodowy MM o długości 304,8 m.
- Sprawdź ceny w co najmniej trzech sklepach. Zebrane informacje wpisz do tabeli.

Witryna, katalog lub sklep	1	2	3
24 kable połączeniowe MM o długości 2 m			
24 kable połączeniowe o długości 5 m			
2 kable połączeniowe MM o długości 15 m			
Kabel światłowodowy MM o długości 304,8 m.			

Ćwiczenie praktyczne 2

- Sprawdź, czy światłowody przesyłają sygnały świetlne.
- Do ćwiczenia użyj latarki lub telefonu komórkowego (najlepiej wbudowanej lampki).
- Sprawdź jak wygląda przesył różnokolorowych impulsów świetlnych.

- Jaki jest rekord prędkości przesyłu danych za pomocą światłowodu?

Aktualny rekord – kto da więcej?

- 11 luty 2022 – 319 Tb/s (Terabity)
- Naukowcy z *Japan's National Institute of Information and Communications Technology* osiągnęli taki transfer na dystansie 1800 mil.

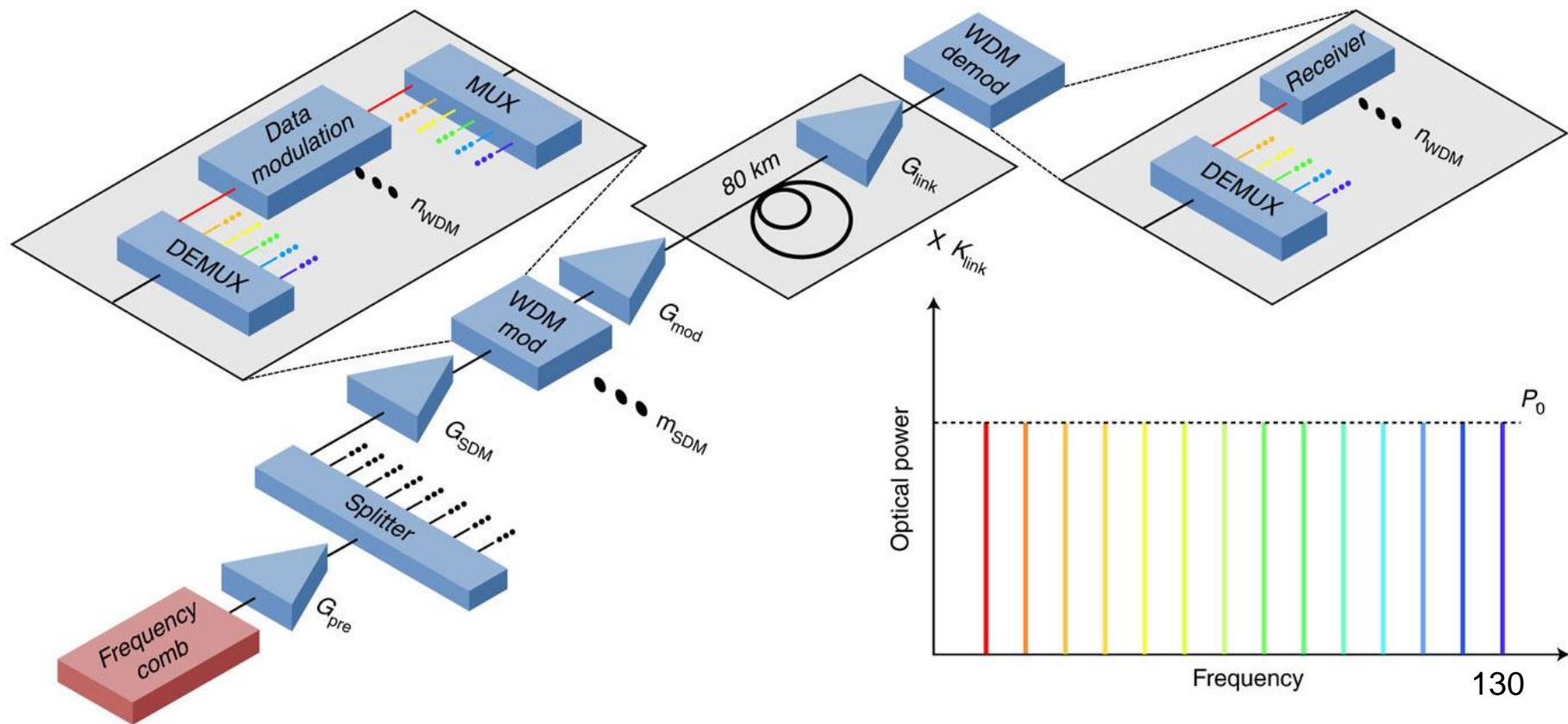


Rekord z 11 stycznia 2021

- 1 petabit na sekundę(125 000 Gbit/sek)
- Osiągnęli go naukowcy z Instytutu Badań Systemów Sieciowych Narodowego Instytutu Technologii Informacyjno-Komunikacyjnych w Japonii
- Wykorzystali jednorodzeniowe, wielomodowe włókno światłowodowe.
 - Kabel 15 modowy
- Naukowcy opracowali szerokopasmowy podsystem nadawczo odbiorczy do wysyłania oraz odbierania danych z kanałów WDM. Wraz ze zwiększeniem liczby trybów działania w systemie transmisji światłowodowej wzrastała także złożoność obliczeniowo sygnału cyfrowego typu MIMO. Zastosowane włókno światłowodowe **posiadało jednak małe opóźnienie**, co przełożyło się na działanie 382 kanałów modulowanych przez kilka sygnałów.

Rekord z 21 października 2022

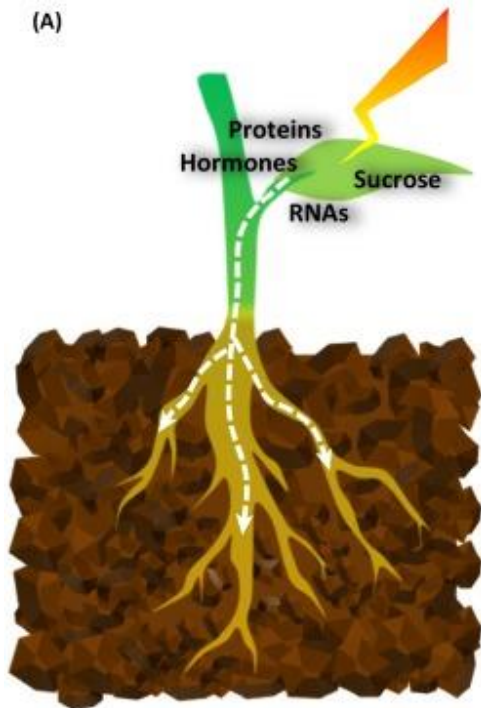
- Naukowcy z Danii ustanowili rekord świata, przesyłając światłowodem 1,8 petabitów na sekundę przy użyciu tylko jednego lasera. Petabit to milion gigabitów. Wszystko dzięki nowemu chipowi, który umożliwia niemal tysiąckrotne podkręcenie prędkości przesyłu danych.
- Jak sobie wyobrazić prędkość przesyłu 1,8 petabita na sekundę? Naukowcy porównali ją z całym światowym ruchem internetowym: ilość danych przesyłanych w ciągu sekundy przez wszystkie internetowe łącza na świecie jest... dwa razy mniejsza
- Zespół naukowców z Duńskiego Uniwersytetu Technicznego oraz Uniwersytetu Technicznego Chalmersa w Goteborgu chyba znalazł na to sposób. Opisują go w [ostatnim numerze "Nature Photonics"](#).
- Naukowcy pod kierunkiem Victora Torres-Company z Uniwersytetu Technicznego Chalmersa w Goteborgu opracowali chip optyczny, który zamienia światło lasera podczerwonego na optyczny grzebień częstości, czyli - w uproszczeniu - na ciąg impulsów o różnej częstotliwości.
- Każda z tych częstotliwości - barw - może być potem osobno modulowana, więc można zapisać w nich bity informacji. Wszystko odbywa się więc podobnie jak dotychczas - w jednym światłowodzie mieszamy strumienie bitów zapisanych w różnych częstotliwościach. Tyle że ta technologia wymaga tylko jednego lasera i jest skalowalna - tj. światło można dzielić na coraz większą liczbę częstotliwości, nie zwiększając znacząco rozmiaru urządzenia ani poboru mocy.
- - Ten chip wytwarza grzebień częstości o idealnych właściwościach do komunikacji światłowodowej - dodaje prof. Torres-Company.



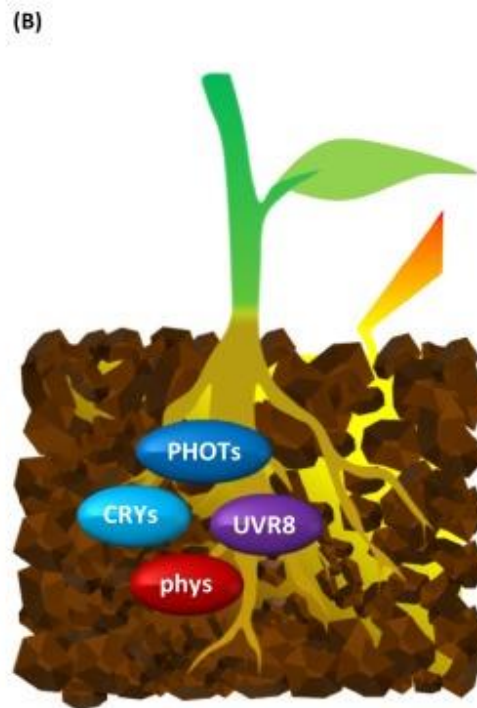
Naturalne światłowody

- Ciekawe zjawisko zaobserwowano u roślin z rodziny gorczycy (*Arabidopsis thaliana*).
- Do wzrostu korzeni wykorzystywane jest białko HY5. Do jego wytwarzania jest niezbędne światło. Co ciekawe w korzeniach znaleziono receptory zwane fitochromami wyczuwającymi światło lub jego określone barwy.
- Zachodzi więc zagadka: jak korzenie otrzymują światło?
 - Badania wykazały, że światło przewodzi łodyga. Zachowuje się jak naturalny światłowód.
 - Najlepsze do tego jest światło czerwone, które porusza się najefektywniej przez roślinę. Jest ono najdłuższe więc może podróżować dalej niż barwy zielona czy niebieska.
- Ilość światła jest niewielka więc wykorzysta je tylko roślina, a już bakterie czy pasożyty nie skorzystają.
- Naukowcy obliczyli, że roślinie zajęło około dwóch godzin od momentu oświetlenia, by aktywować fitochromy w korzeniach.
- Co ciekawe większość roślin posiada fitochromy, co sugeruje, że praktyka pompowania promieni słonecznych w dół łodygi jest częstym mechanizmem stosowanym w celu optymalizacji wzrostu korzeni.

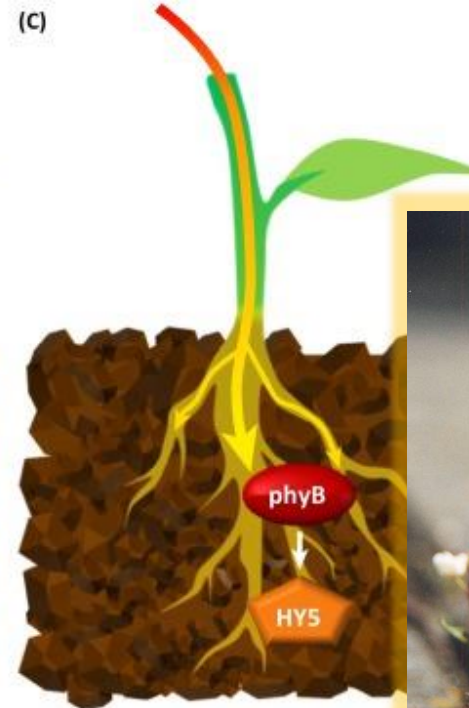
Naturalne światłowodory



- Primary root growth
- Root nodule formation
- Lateral root emergence



- Primary root growth
- Root gravitropism
- Root phototropism
- Root greening



- Root gravitropism



Arabidopsis
thaliana

Zalety i wady kabla światłowodowego

- **Zalety:**

- Większa przepustowość w porównaniu z kablem miedzianym
- Znikome zjawisko tłumienia sygnału;
- Zużywa bardzo mało energii
- Umożliwia transmisje na duże odległości
- niewrażliwość na zakłócenia i przesłuchy elektromagnetyczne
- mała masa i wymiary
- duża niezawodność poprawnie zainstalowanego łącza
- względnie niski koszt, który ciągle maleje
- Nie korodują
- Bezpieczeństwo pracy (nie iskrzą)
- Nie ukradną go złomiarze

- **Wady:**

- Problemy z rozdzielaniem sygnału
- Narzędzia droższe niż dla innych mediów sieciowych
- W razie uszkodzenia konieczność wymiany całego odcinka przewodu.
- Skomplikowana i kosztowna instalacja
- Możliwość wykorzystania wyłącznie jako łącza punkt-punkt

Pytania powtórkowe cz.1

1. Co znaczą pojęcia dotyczące szerokości pasma:
 - a) BASE
 - b) BROAD
 - c) NARROW?
2. Dlaczego kable skrętki mają różną długość skręcenia?
3. Jak jest zbudowana skrętka?
4. Omów cechy skrętki.
5. Jakie mamy kategorie skrętki?
6. Opisz skrętkę UTP.
7. Opisz skrętkę STP.
8. Opisz skrętkę FTP.
9. Czym się charakteryzuje kabel żelowany?
10. Opisz podpięcie kabli normalne.
11. Opisz podpięcie kabli krosowane.
12. Opisz podpięcie kabli konsolowe.
13. Jakie narzędzia są używane do zagniatania kabli UTP?
14. Omów cechy kabla koncentrycznego
15. Opisz Cienki kabel Koncentryczny.
16. Opisz Gruby kabel Koncentryczny.

Pytania powtórkowe cz.2

21. Co to jest przewód gorący?
22. Do czego służy ekran? Przed czym chroni?
23. Jak jest zbudowany światłowód?
24. Opisz źródła i odbiorniki światła stosowane w światłowodach
25. Jakie częstotliwości pasma elektromagnetycznego stosuje się w światłowodach?
26. Czym się różni konstrukcja z luźną tubą od konstrukcji z pokryciem ścisłym?
27. Co to jest Mod?
28. Scharakteryzuj światłowód jednomodowy.
29. Scharakteryzuj światłowód wielomodowy.
30. Scharakteryzuj światłowód gradientowy.
31. Co to jest dyspersja w światłowodzie?
32. Jakie narzędzia są używane do zagniatania kabli światłowodowych?

- Dziękuję za uwagę!