



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

# Sieci komputerowe

Media

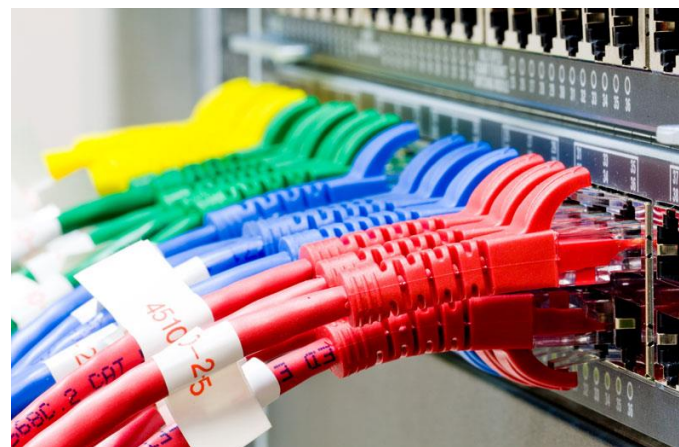
dr inż. Andrzej Opaliński  
andrzej.opalinski@agh.edu.pl

# Plan wykładu

- Okablowanie strukturalne
- Skrętka
- Kable koncentryczne
- Światłowody
- Podstawy fizyczne
- Modulacja

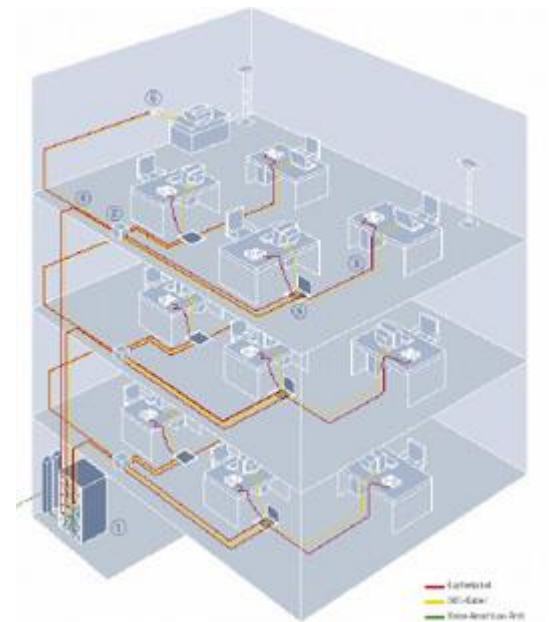
# Okablowanie strukturalne

- „zestaw standardów określających sposoby realizacji połączeń przewodowych służących do budowy sieci teleinformatycznych”
- „system uniwersalnego okablowania telekomunikacyjnego przewidziany do szerokiej gamy zastosowań. Umożliwia on tworzenie sieci komputerowych lub dołączanie telefonów i innych urządzeń pracujących w sieci”
- obejmują pojedyncze budynki i połączenia między nimi
- Określają:
  - zasady projektowania i budowania systemów transmisji
  - parametry fizyczne i mechaniczne:
    - kabli,
    - złączy,
    - paneli krosowniczych.



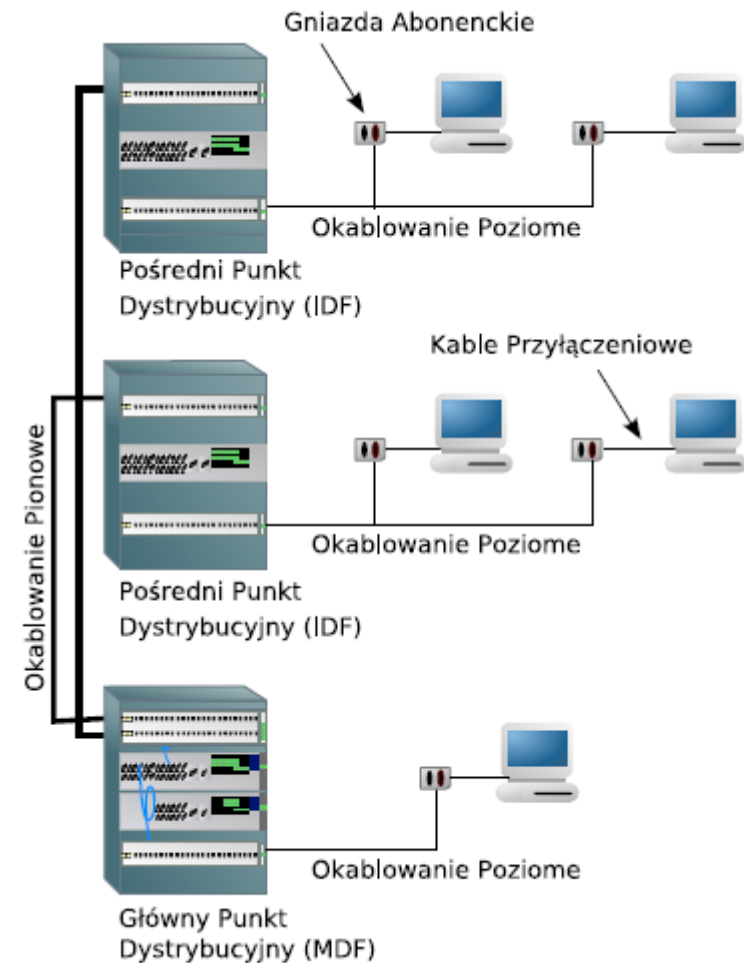
# Okablowanie strukturalne

- Podział dużych systemów okablowania strukturalnego (budynki/biura)
  - część dostępową – 100Mb/s – 10Gb/s
  - część dystrybucyjną – 1Gb/s – 10Gb/s
  - część szkieletową – 1Gb/s – 40Gb/s
- rodzaj okablowania
  - homogeniczny
  - heterogeniczny
- Zastosowanie
  - Sieci komputerowe
  - Sieci telefoniczne
  - Telewizja przemysłowa
  - Instalacje alarmowe
  - Inteligentne budynki (sterowanie)



# Okablowanie strukturalne

- Budowane w topologii gwiazdy rozszerzonej
- Elementy okablowania strukturalnego
  - okablowanie pionowe
  - punkty dystrybucyjne
  - okablowanie poziome
  - gniazda dystrybucyjne
  - połączenia systemowe i telekomunikacyjne



# Ogólne zalecenia

- Umieszczanie kabli w rynnach, korytkach, mocowanie co 1,5m
- Minimalna odległość od źródeł zakłóceń:
  - Oświetlenie wysokonapięciowe – 30cm
  - Przewody elektryczne >5kVA – 90cm
  - Transformatory i silniki – 100cm
- Rozploty na złączach kabla (kat 5) max 12,5mm
- Rozkład elementów w szafach punktów rozdzielczych
- Maksymalne promienie zgięcia kabli
  - 4 x Ø dla UTP
  - 6 x Ø dla FTP i STP
  - 10 x Ø dla FO
- Kable ekranowane STP/FTP należy uziemiać do dedykowanej szczeliny uziemiającej
- Umieszczenie panelu z wieszakiem/patchpanelu co każde 48 portów dystrybucyjnych

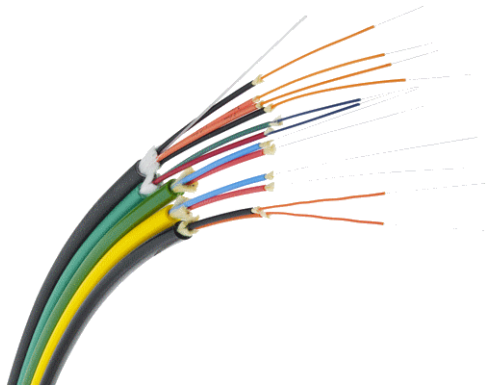


# Maksymalne długości odcinków kablowych

Odcinek kablowy	Długość
Kabel pionowy :: 100 $\Omega$ UTP/STP	90 m
Kabel pionowy :: 150 $\Omega$ STP	90 m
Światłowód w okablowaniu pionowym :: MM	2000 m
Światłowód w okablowaniu pionowym :: SM	3000 m
Kabel poziomy (pomiędzy panelem a gniazdem) – dotyczy także światłowodu	90 m
Kabel przyłączeniowy (pomiędzy gniazdem a stacją roboczą)	nie więcej niż 3 m
Kabel krosowy i kabel przyłączeniowy (łącznie)	10 m

# Rodzaje okablowania

- Kable koncentryczne
- Skrętka
- Światłowody



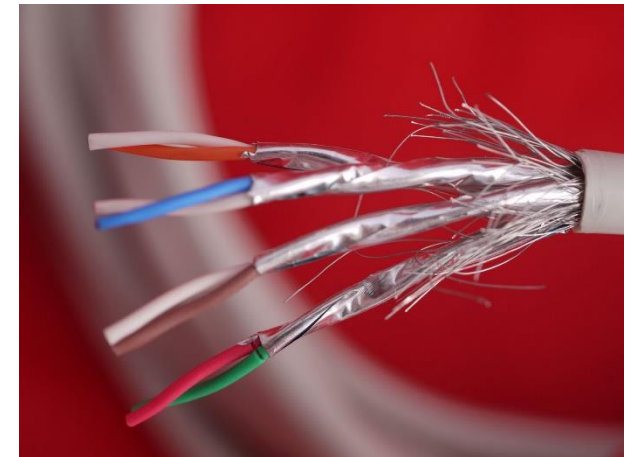


## Rodzaje skřętki:

- UTP (U/UTP) – skřętka nieekranowana (unshielded twisted pair)  
4 pary skřęconych, zaizolowanych przewodów we wspólnej izolacji
- FTP (F/UTP) – skřętka foliowana (foiled twisted pair) - dodatkowo ekranowana foliowym płaszczem z przewodem uziemiającym
- STP (S/UTP) – skřętka ekranowana (shielded twisted pair)  
ekran wykonany w postaci opłotu i zewnętrznej koszulki ochronnej
- SFTP (S/FTP) – skřętka foliowana ekranowana (shielded foiled twisted pair)  
każda para przewodów otoczona osobnym ekranem z folii, cały kabel pokryty opłotem

## Parametry skřętki:

- Maksymalna długość kabla – 100m, minimalna – 0,5m;
- Maksymalna średnica sieci (zasięg):
  - dla 100Mb/s – 205m,
  - dla 10Mb/s – ok. 2000m
- Maksymalna całkowita długość segmentu - 100m



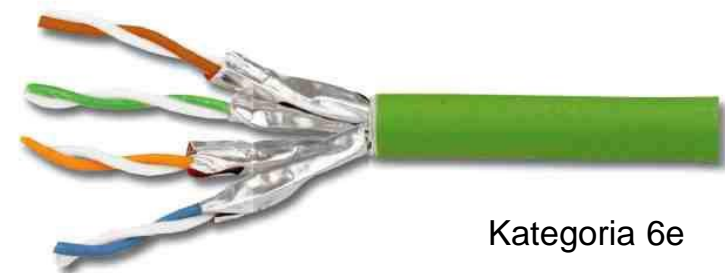
# Klasy i kategorie skrętki

- Klasa – parametry/przydatność transmisji
- Kategoria – przydatność do aplikacji
- Normy
  - Amerykańskie – EIA /TIA
  - Europejskie – CENE-LEC
  - Międzynarodowe – ISO, IEC
- Klasa C (kategoria 3) do 16 MHz,  
max 4 Mb/s, (10BaseT, RS 232)
- Klasa D (kat. 5 / 5e) do 100 MHz  
max 1Gb/s, (100BaseT, ATM 155)
- Klasa E (kategoria 6) do 250 MHz  
max 10Gb/s, (10GBASE-T do 55m)
- Klasa EA(kategoria 6a) do 500 MHz (zdef. 2009r)  
max 10Gb/s, (10GBASE-T do 100m)
- Klasa F (kategoria 7) do 600 MHz  
max 10Gb/s, (1000BASE-TX, 10GBASE-T)
- Klasa FA (kategoria 7A) do 1000 MHz,  
max 40Gb/s(100m), 100Gb/s (15m)
- Klasa I (kategoria 8.1) i klasa II (kategoria 8.2)  
1600-2000MHz, >40Gb/s, do 30m (centra danych)

Kategoria 3



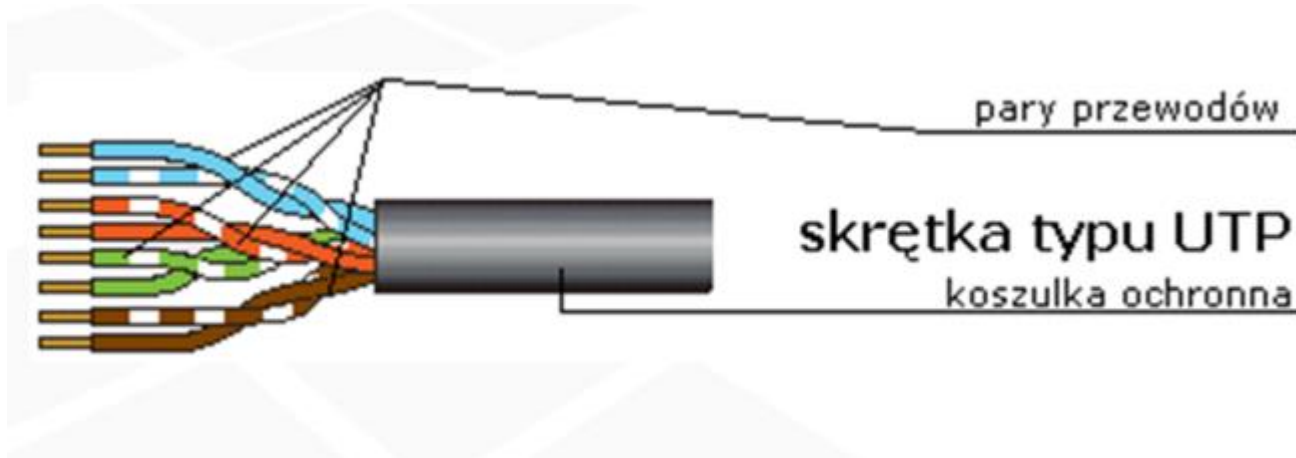
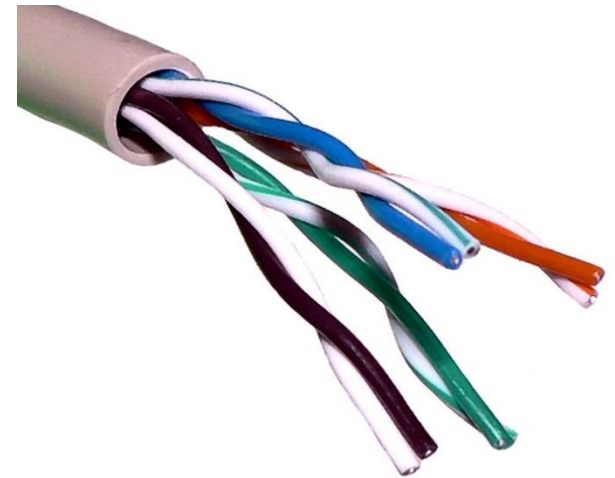
Kategoria 5e



Kategoria 6e

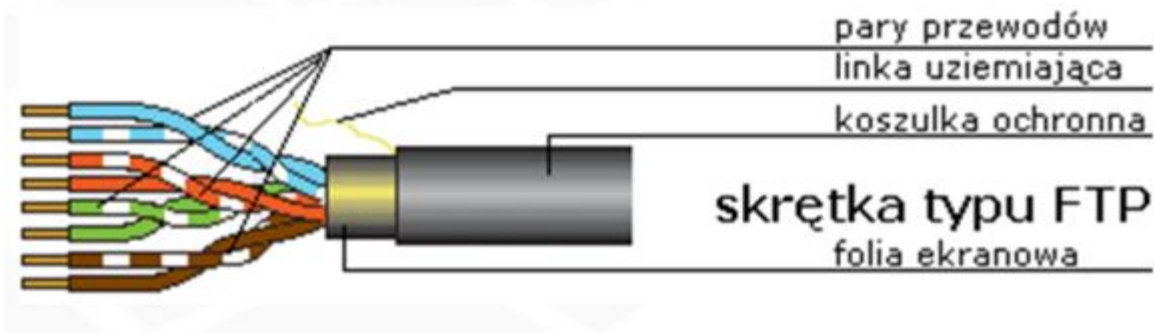
# UTP

- Skrętka nieekranowana (Unshielded twisted pair)
  - Dwa przewody ze zmiennym splotem (1 zwój na 6-10mm)  
Ochrona przed oddziaływaniem otoczenia
  - Sieci telefoniczne -1,2,4 pary
  - Sieci komputerowe – 4 pary
  - Odmienny skręt poszczególnych par (minimalizacja przesłuchów NEXT, FEXT)

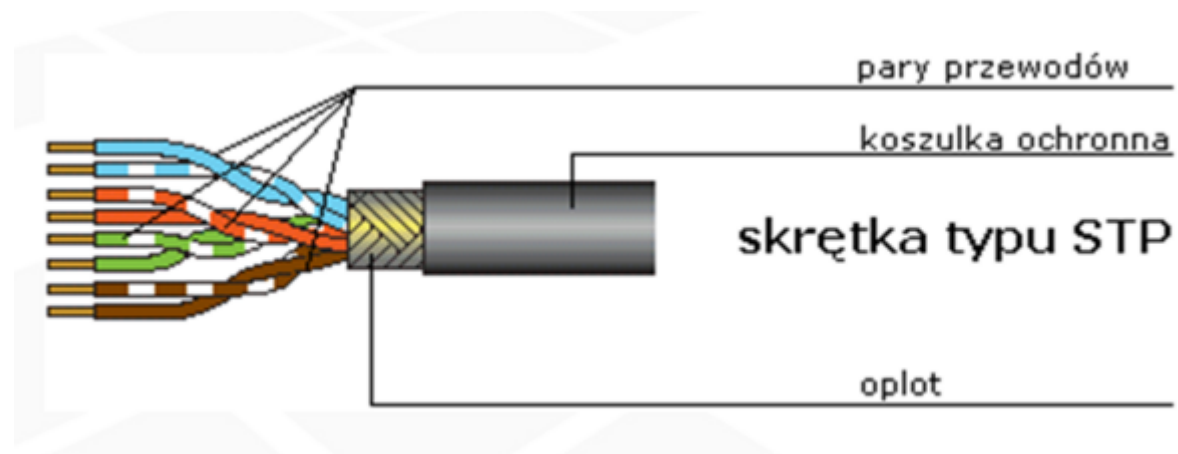
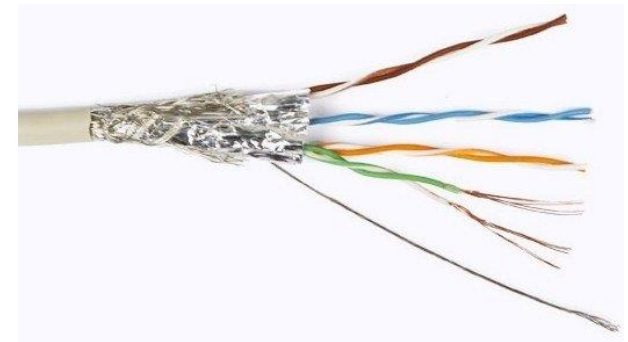


# FTP

- Skrętka foliowana (Folied twisted pair)
  - Przewody miedziane
  - Ekranowana za pomocą folii
  - Przewód uziemiający



- Skrętka ekranowana (Shielded twisted pair)
  - Miedziane przewody
  - Skręcone pary (4)
  - Ekran w postaci oplotu
- Ekran
  - Odporność na zakłócenia impulsowe
  - Odporność na przesłuchy

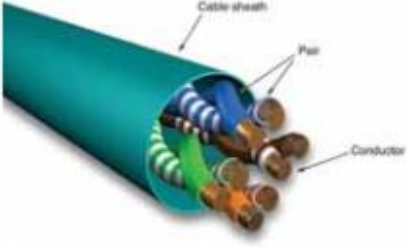



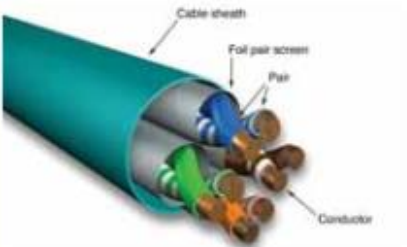
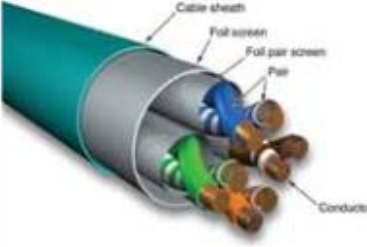
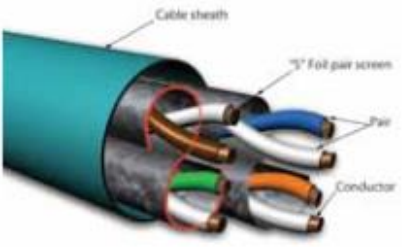
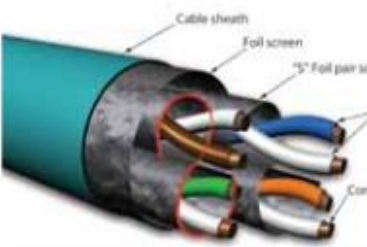


# Wariacje odmian podstawowych

The following are the types of cable recognised in the ISO/IEC 11801 standard.

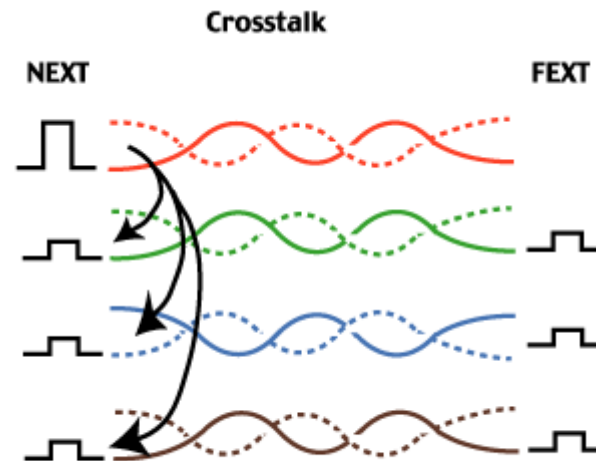
X/Y

- X – całość
- Y – para
- U – unshielded
- S – shielded
- F - folied

<p><b>U/UTP</b> Unscreened outer with unscreened twisted pairs</p>		<p><b>SF/UTP</b> Screened braid and foil outer with unscreened twisted pairs</p>	
<p><b>F/UTP</b> Screened foil outer with unscreened twisted pairs</p>		<p><b>S/FTP</b> Screened braid outer with individual screened foil twisted pairs</p>	
<p><b>U/FTP</b> Unscreened outer with individual screened foil twisted pairs</p>		<p><b>F/FTP</b> Screened foil outer with individual screened foil twisted pairs</p>	
<p><b>U/FTP</b> Unscreened outer with two sets of two pairs foil screened in "S" configuration</p>		<p><b>F/FTP</b> Screened foil outer with two sets of two pairs foil screened in "S" configuration</p>	

# Przesłuchy (Crosstalks)

- Parametry służące określeniu jakości okablowania
- NEXT - (Near End Crosstalk) – przesłuch zbliżony
  - Stosunek mocy podawanej na jednej parze kabla UTP, do mocy mierzonej (zaindukowanej) w sąsiedniej parze tego kabla (pomiar po tej samej stronie)
- FEXT – (Far End Crosstalk) – przesłuch na odległym końcu
  - Zakłócenie NEXT mierzone na przeciwległym końcu niż sygnał podawany



# Złącze 8P8C (alias RJ45)

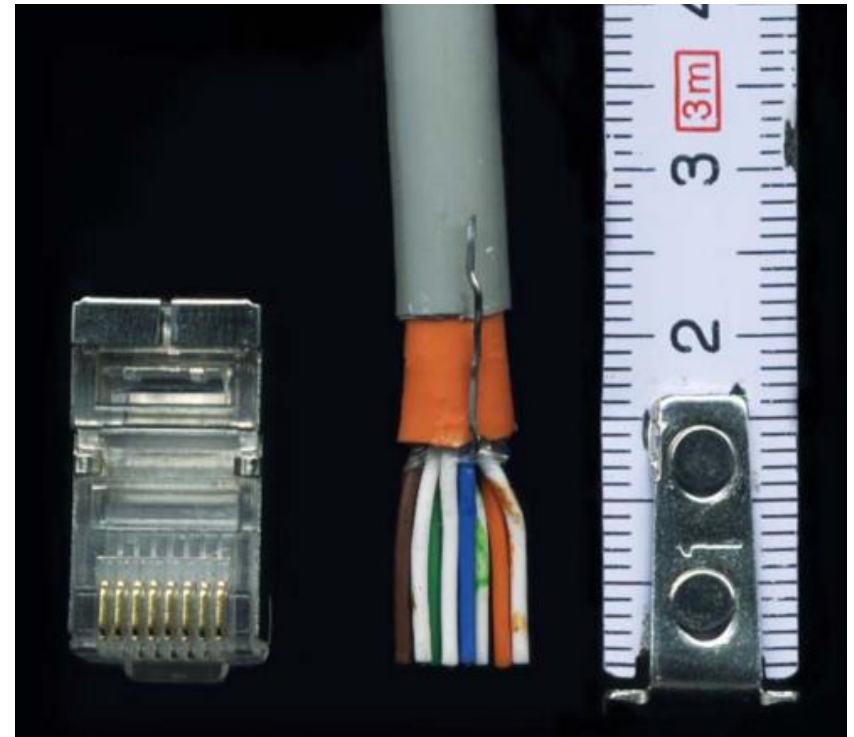
- Poprawna nazwa standardu: 8P8C (8 position 8 contact)
- Zakończenie 8 żyłowej skrętki
- Kolory żył
  - Białopomarańczowy
  - Pomarańczowy
  - Białozielony
  - Niebieski
  - Biało-niebieski
  - Zielony
  - Biało-brązowy
  - Brązowy



8P8C  
"RJ45"



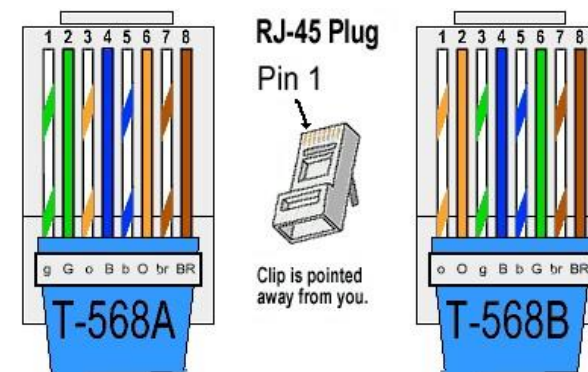
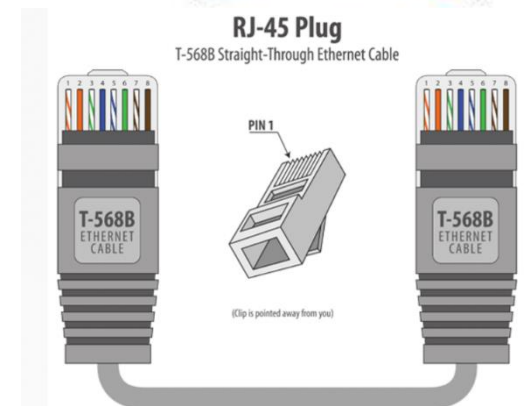
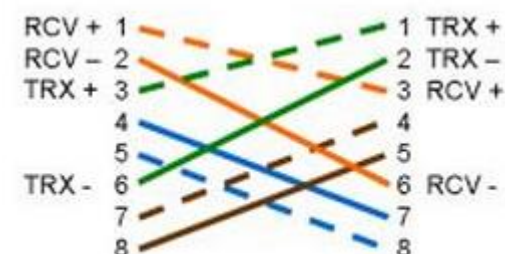
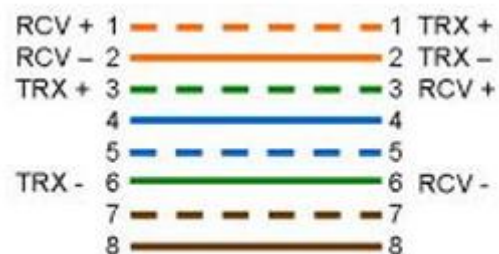
Keyed 8P8C  
True RJ45



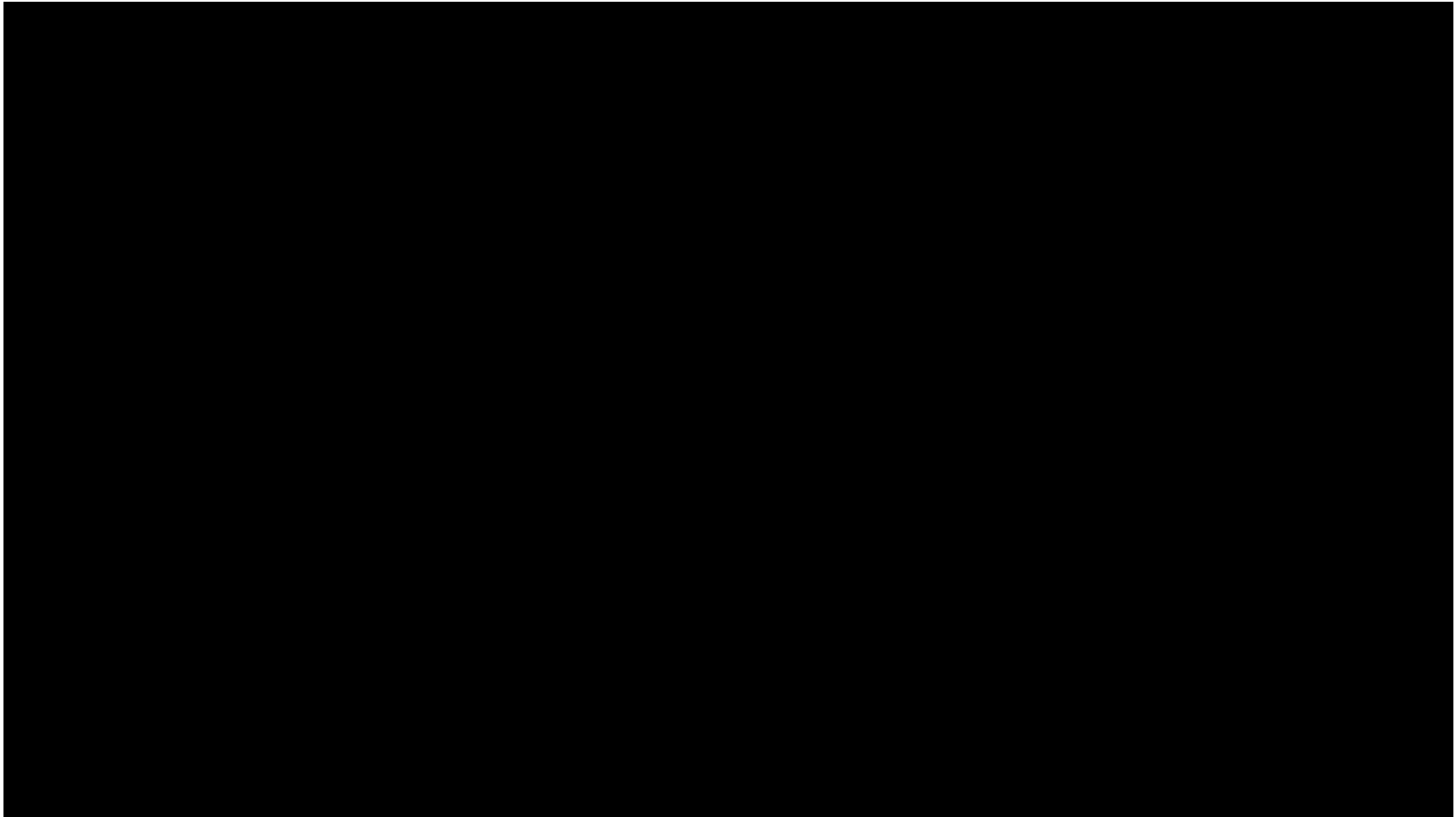


# Typy połączeń przewodów

- Wg EIA/TIA 568B
- 10Base-T i 100Base-Tx
- Połączenie proste,
  - PC do switcha/huba
  - PC do modemu
  - Router do modemu
- Połączenie krosowe (crossover)
  - Bezpośrednio 2 komputery PC
  - Port LAN routera do switcha/huba
  - 2 switche (zwykłe porty)
  - Dwa porty tego samego typu (WAN-WAN, LAN-LAN, uplink-uplink)
- Autorozpoznawanie interfejsów sieciowych
- Standard 568A (kolorowanie)
- Film\_1



# Zaciskanie wtyczki RJ45



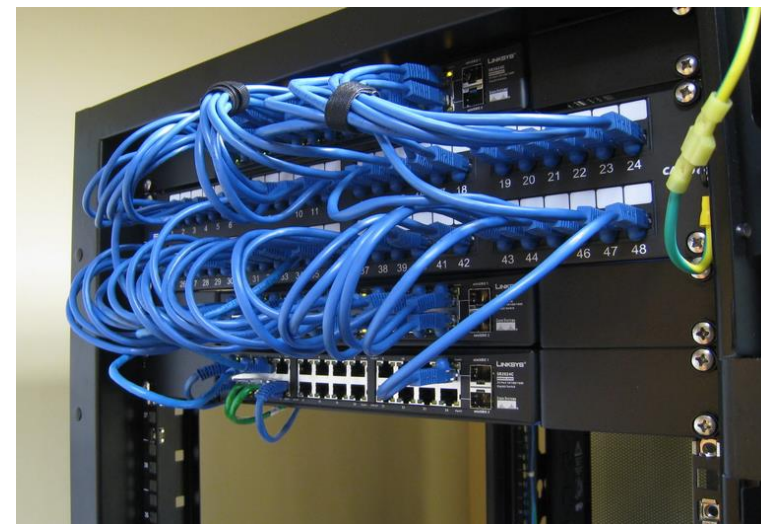
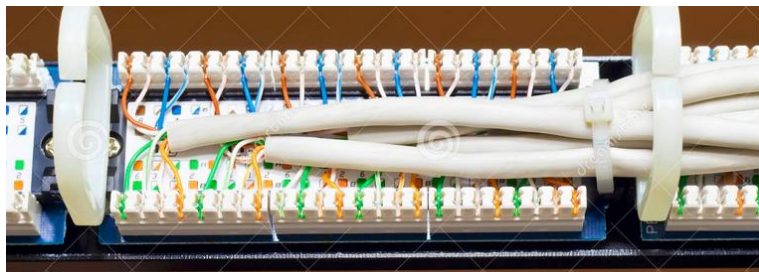
# Sieci oparte na skrętce

- Najczęściej stosowane medium transmisji
  - Modułarna budowa
  - Niska awaryjność
  - Korzystny współczynnik możliwości do ceny
- Zalety
  - Przepustowość do 1Gb/s
  - Łatwa diagnoza usterki
  - Modułarna budowa
  - Topologia gwiazdy
  - Awaria nie unieruchamia całej sieci
- Wady
  - Zakłócenia (nie dot. STP/FTP)
  - Niska odporność na uszk. Mech.
  - Maksymalna odległość od koncentratora - 100m
- Przepustowość zależna od kategorii okablowania



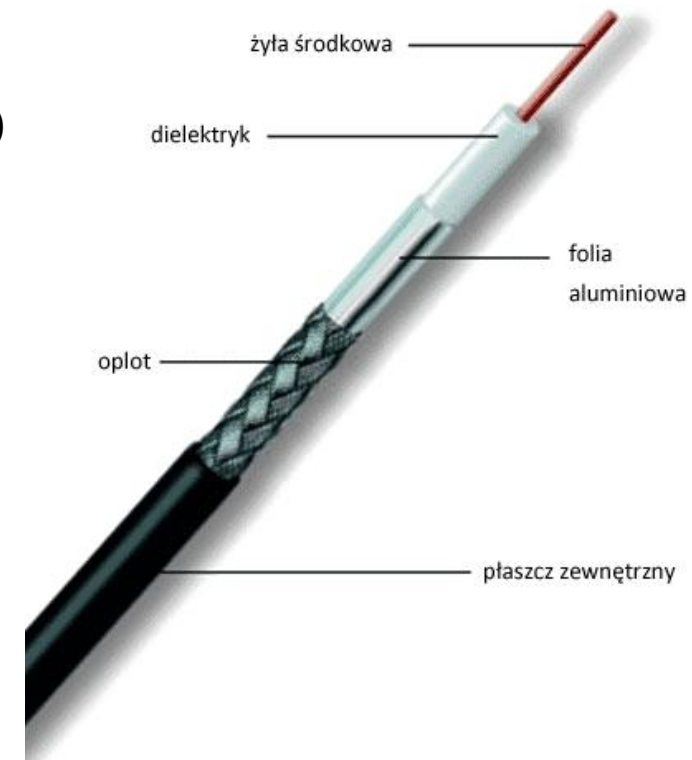
# Elementy montażowe

- Pasywne elementy sieci komputerowych
- Patchcord
  - Kabel służący do przesyłania sygnałów
  - Wg schematu prostego
  - Używany do łączenia elementów aktywnych i pasywnych
- Panel krosowniczy (patch panel)
  - Montowany w szafach krosowniczych
  - Z tyłu – przewody skrętki
  - Z przodu – gniazda RJ45
  - przez patchcord - podłączanie urządzeń znajdujących się na drugim końcu kabla do innych urządzeń sieciowych
  - Ułatwia/porządkuje zarządzanie infrastrukturą



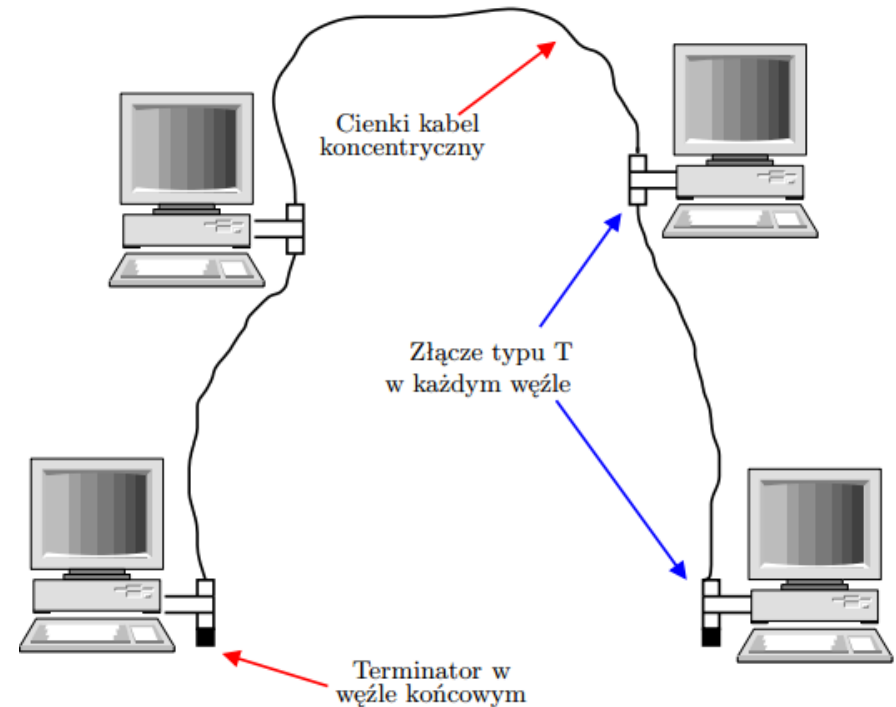
# Kable koncentryczne

- Dwa przewody, koncentrycznie umieszczone jeden wewnątrz drugiego  
(wyższa odporność na zakłócenia / jakość transmisji)
  - w osi kabla – drut lub linka miedziana
  - ekran – oplot
- Cieńki Ethernet (Thin Ethernet) – (10Base-2)
  - Średnica  $\sim 1/4$  cala (5mm), RG-58/U
  - Max długość segmentu 185m
  - Rzadko stosowany (dł. segm.  $> 100$ m)
- Gruby Ethernet (Thick Ethernet) – (10Base-5)
  - Średnica kabla  $\sim 1/2$  cala (10mm), RG-8U
  - Max długość segmentu – 500m
  - Spotykany w bardzo starych sieciach
- Impedancja falowa
  - 50 Ohm – sieci komputerowe
  - 75 Ohm – kable antenowe



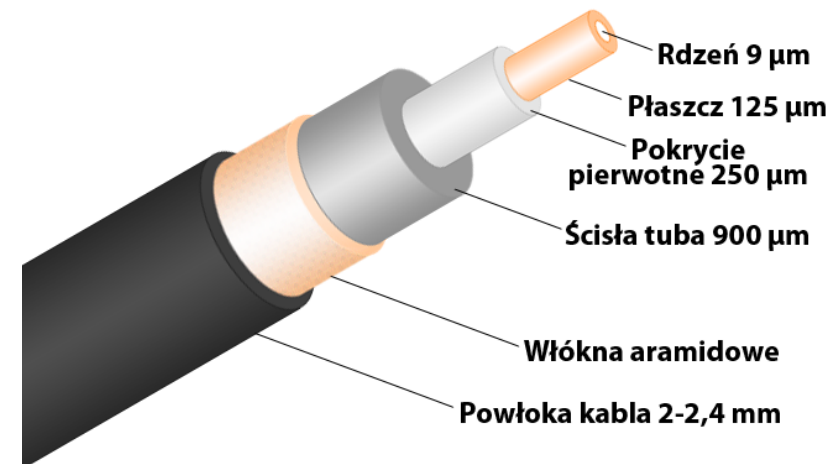
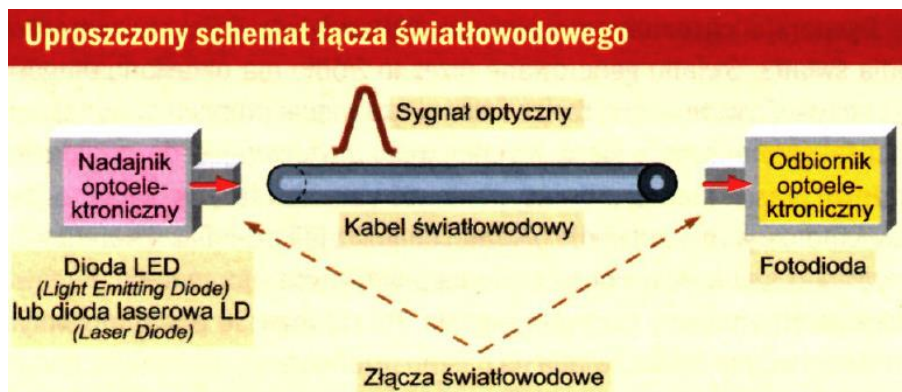
# Kable koncentryczne

- Topologia magistrali
- Zalety
  - Duża odporność na zakłócenia i szумы
  - Tańszy niż ekranowana skrętka
  - Duża odporność na uszkodzenia fizyczne
- Wady
  - Niewygodny sposób instalacji złączy BNC
  - Ograniczenie przepustowości do 10 Mbit/s
  - Duża awaryjność połączeń
  - Problemy z lokalizacją usterki

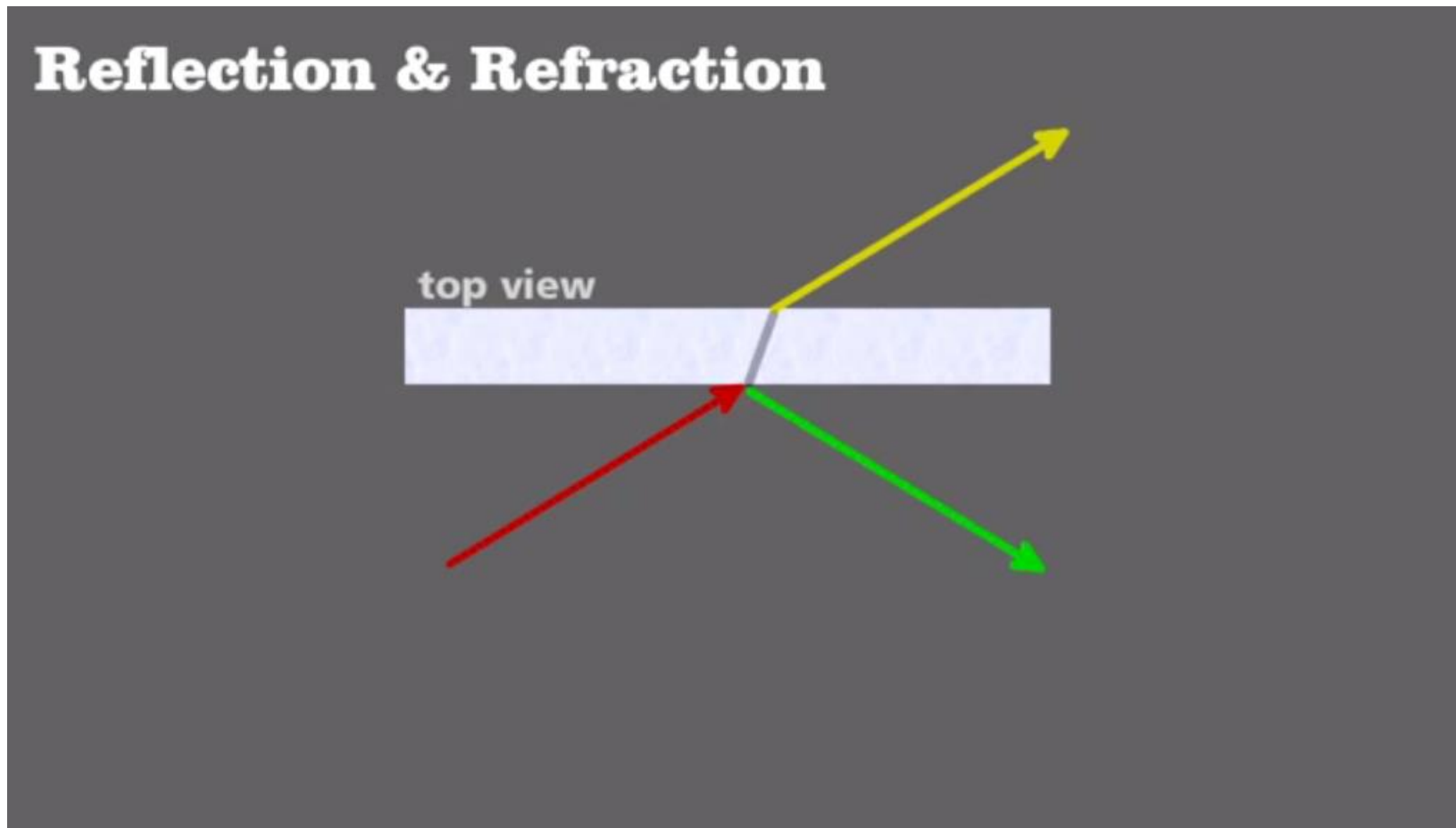


# Światłowody

- Światłowód
  - Falowód służący do przesyłania promieniowania świetlnego
  - W formie włókien dielektrycznych (najczęściej szklanych) z otuliną z tworzywa sztucznego (z mniejszym współcz. załamania światła)
  - Rozchodzenie światła w oparciu o odbicia całkowite
- Budowa
  - Włókno optyczne
    - Rdzeń – szkło kwarcowe ( $\text{SiO}_2$ ) + dwutlenek germanu ( $\text{GeO}_2$ )
    - Płaszcz zewnętrzny
  - Tuba – warstwa akrylowa - izolacja
  - Oplot kewlarowy / włókna aramidowe
  - Izolacja zewnętrzna



# Światłowody – zasada działania

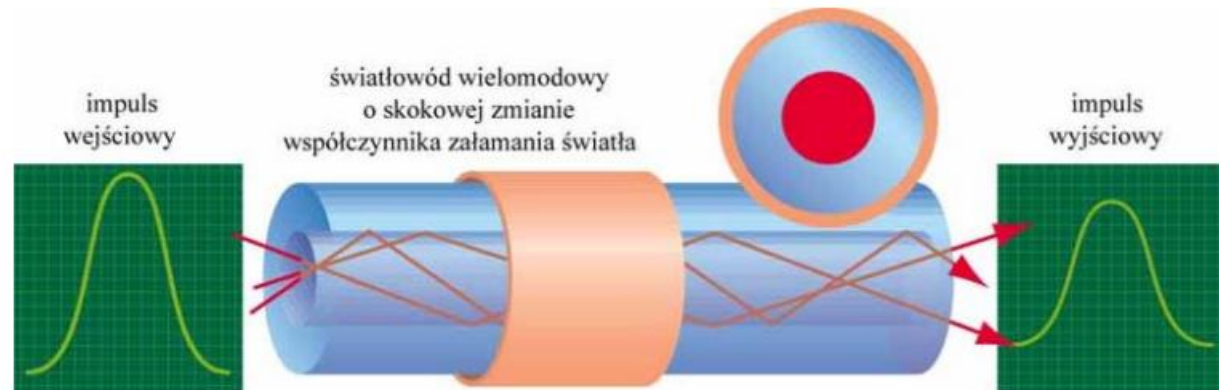
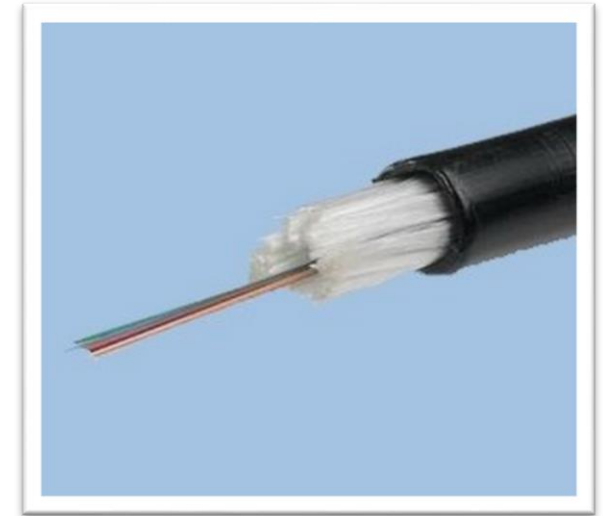


film



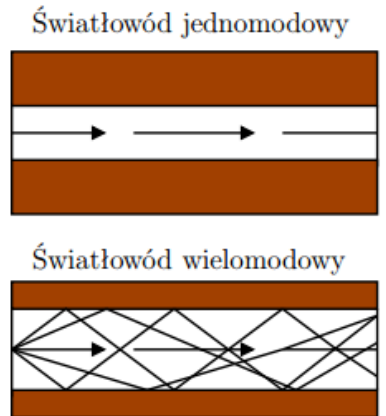
# Światłowody - charakterystyka

- Zalety:
  - Duża przepustowość
  - Małe straty (duże odległości)
  - Nie generują zakłóceń elektrycznych
  - Niewrażliwość na zakłócenia i przesłuchy (bezpieczeństwo)
  - Mała masa i wymiary
  - Duża niezawodność
- Wady
  - Możliwość zaszumienia sygnału poprzez vibracje przewodu
  - Stosunkowo mało odporne na uszkodzenia (zgięcia)
  - Bardziej skomplikowany proces łączenia
  - Stosunkowo wysoka cena

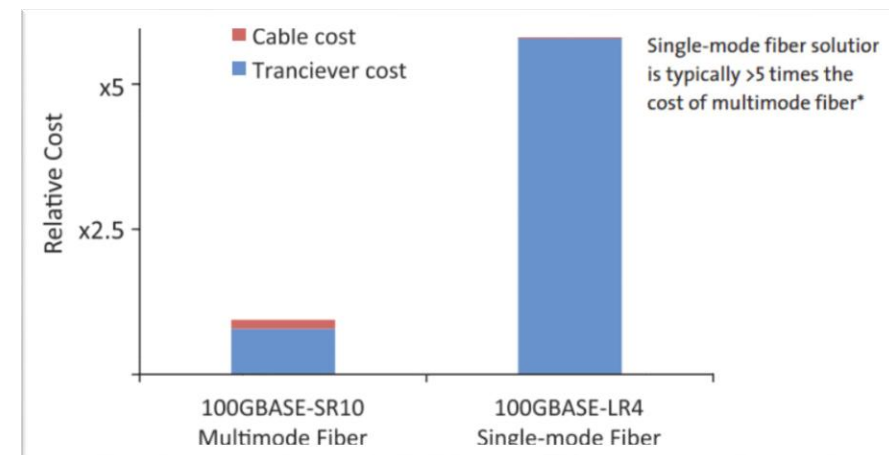
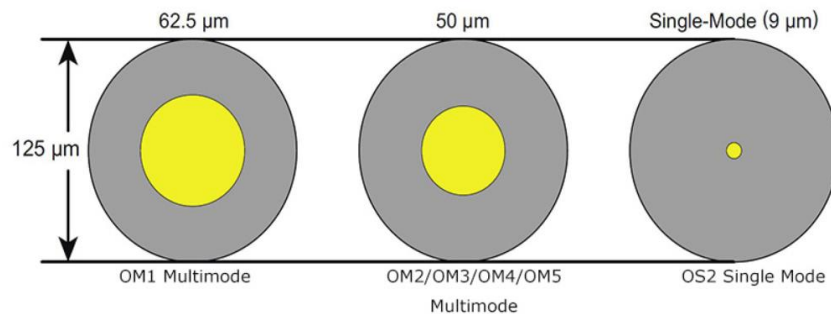


# Światłowody - rodzaje

- Jednomodowy
  - Średnica włókna – 9  $\mu\text{m}$ ,
  - Źródło światła – laser. Długość fali – 1310nm, 1550nm
  - LAN o średnicy większej niż 500 m (do 100km bez wzmacniacza)
  - Większe pasmo przenoszenia (laser)
  - Odległość między regeneratorami – od 10km do tys. km (sieci rozległe)

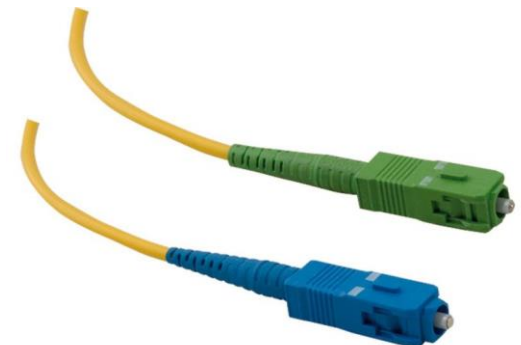
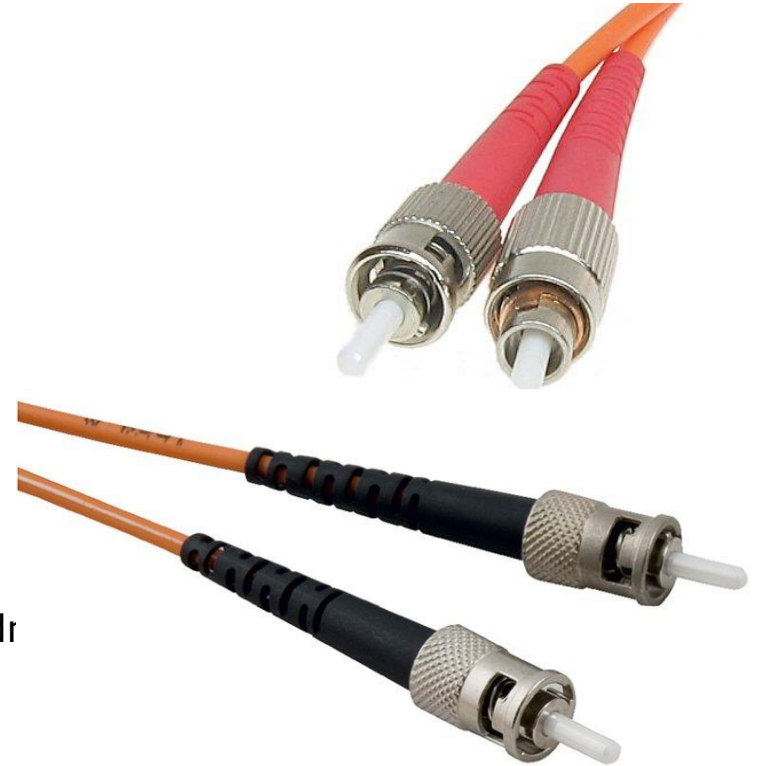


- Wielomodowy
  - Średnica włókna – 50  $\mu\text{m}$  lub 62,5  $\mu\text{m}$ ,
  - Źródło światła – dioda LED (light emitting diode). Długość fali 850nm, 1310nm
  - LAN o średnicy do 550m (odl. między regeneratorami – do 10km)
  - Promień światła (źródło LED) może być wprowadzany pod różnymi kątami
  - Wiele modów światła w ramach włókna
  - Niższy koszt, łatwiejsze prace konserwacyjne



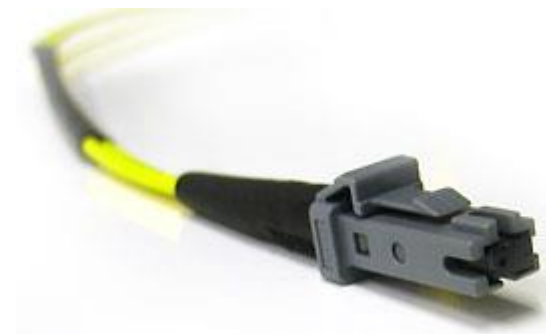
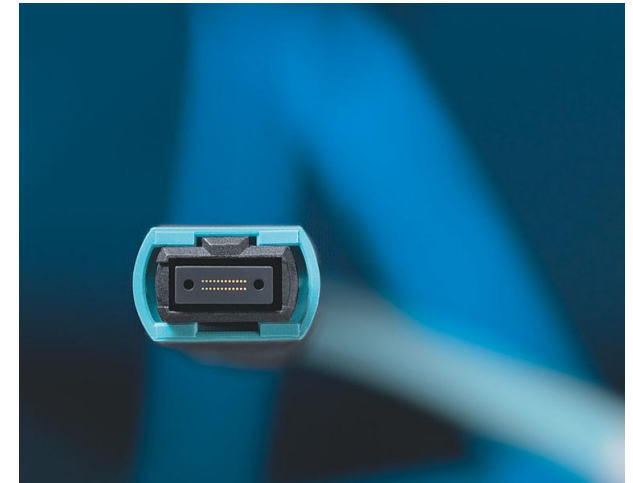
# Złącza światłowodowe

- FC/PC (ferrule connector, physical contact)
  - Skręcane, gwintowane zakończenie
  - Kontakt fizyczny, bez przerwy powietrznej (zmniejszone odbicie wsteczne)
- ST
  - Bagnetowy zatrzask obrotowy
  - Ferrula o średnicy 2,5mm
  - najstarsze
- SC
  - Najpopularniejsze
  - Zatrzaskowe, z ferrulą samocentrującą o średnicy 2,5mm
  - Minimalizują odbicie wsteczne
  - Zalecane do łączy jednomodowych
- SC mini
  - Ferrula 1,25mm



# Złącza światłowodowe c.d.

- MTP
  - Mały rozmiar
  - Wielowłóknowe
  - Połączenia wewnątrz budynków
- MTRJ (mechanical transfer – registered jack)
  - Mały rozmiar
  - Podwójne zagęszczenie portów (w por. do SC)
  - Mechanizm zatrzaskowy typu RJ45
- Escon
  - 2,5 mm ferrula
  - Stosowany w serwerach IBM



# Światłowody - przepustowości

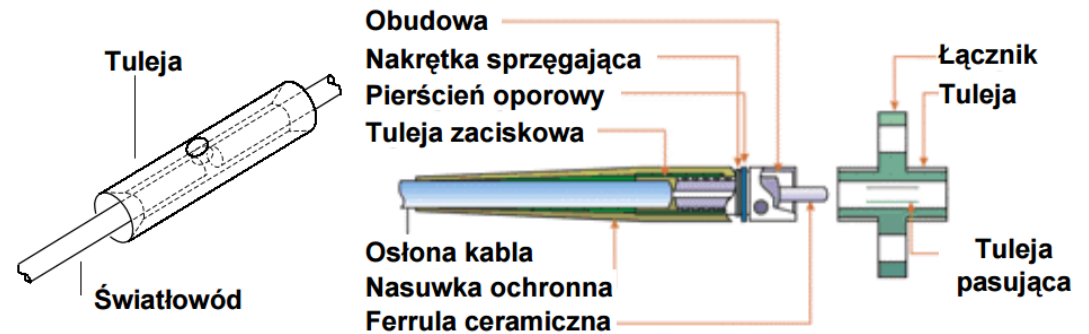
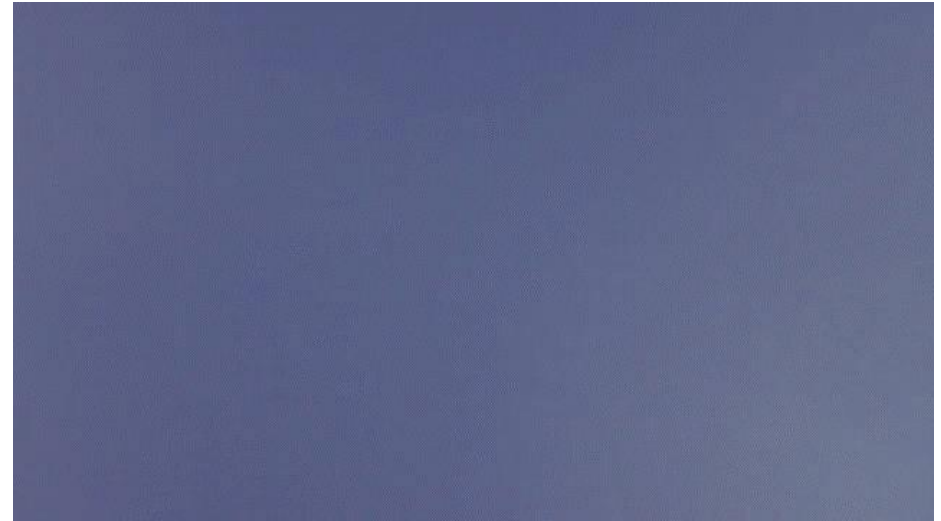
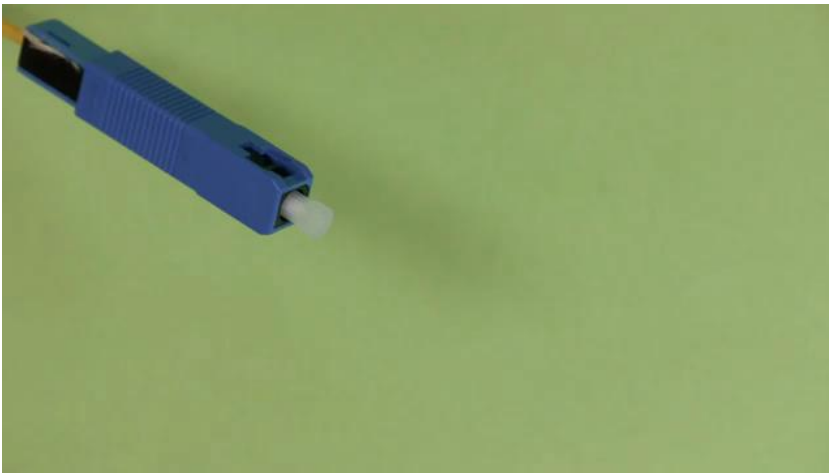
- Standardowa przepustowość włókna światłowodowego jednomodowego
  - Długość fali 1310nm lub 1500nm
  - Częstotliwość 20 GHz
  - Przepustowość 10 Gbps
- WDM (wavelength division multiplexing)
  - Dense – 80 kanałów – 80 x 10 Gbps
- Modulacje QPSK, 4QAM, 16QAM

Year	Organization	Effective speed	WDM channels	Per channel speed	Distance
2009	Alcatel-Lucent	15.5 Tbit/s	155	100 Gbit/s	7000 km
2010	NTT	69.1 Tbit/s	<b>432</b>	171 Gbit/s	240 km
2011	NEC	<b>101.7 Tbit/s</b>	370	273 Gbit/s	165 km
2011	KIT	26 Tbit/s	>300		50 km
2016	BT & Huawei	5.6 Tbit/s	28	200Gb/s	140 km
2016	Nokia Bell Labs, Deutsche Telekom T-Labs & Technical University of Munich	1 Tbit/s	1	<b>1Tb/s</b>	
2016	Nokia-Alcatel-Lucent	65 Tbit/s			6600 Km
2017	BT & Huawei	11.2 Tbit/s	28	400 Gb/s	250 Km

# Techniki połączeń światłowodów

## Złącza mechaniczne

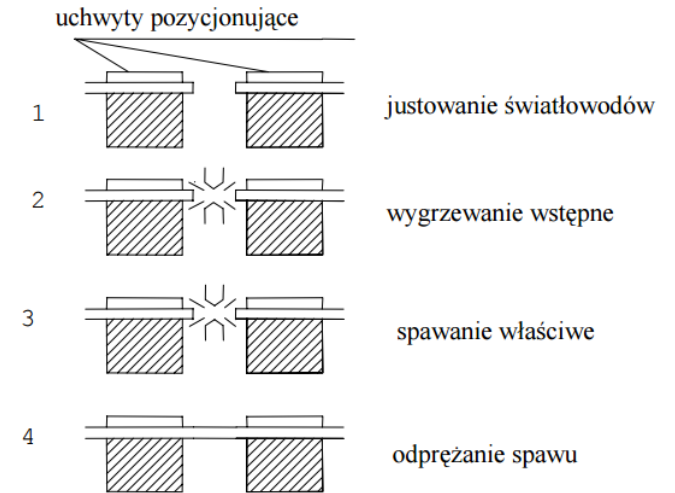
- Niski koszt narzędzi
- większa tłumienność połączenia ok. 0,2-1 dB na złącze



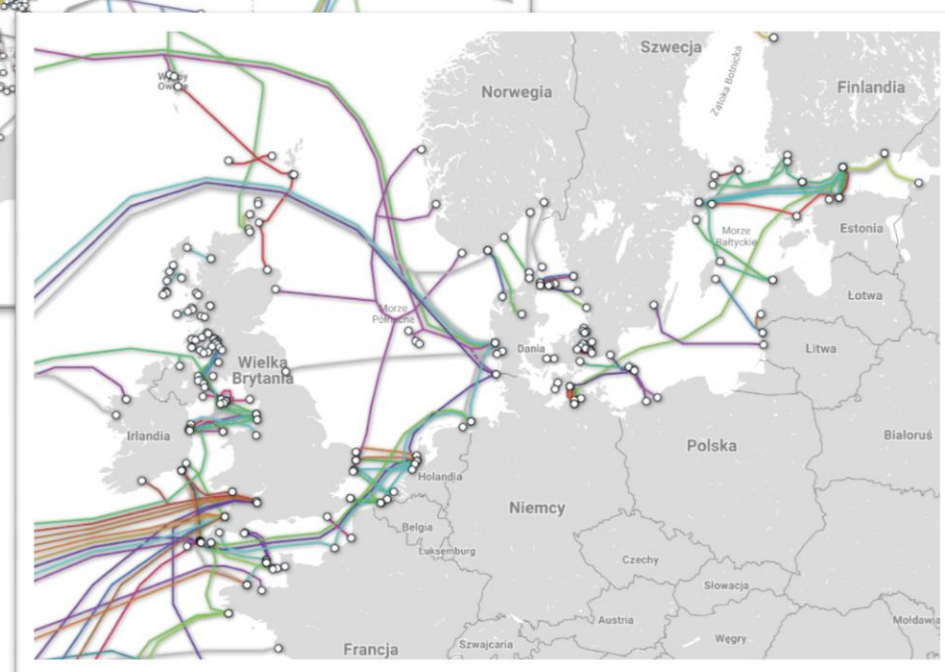
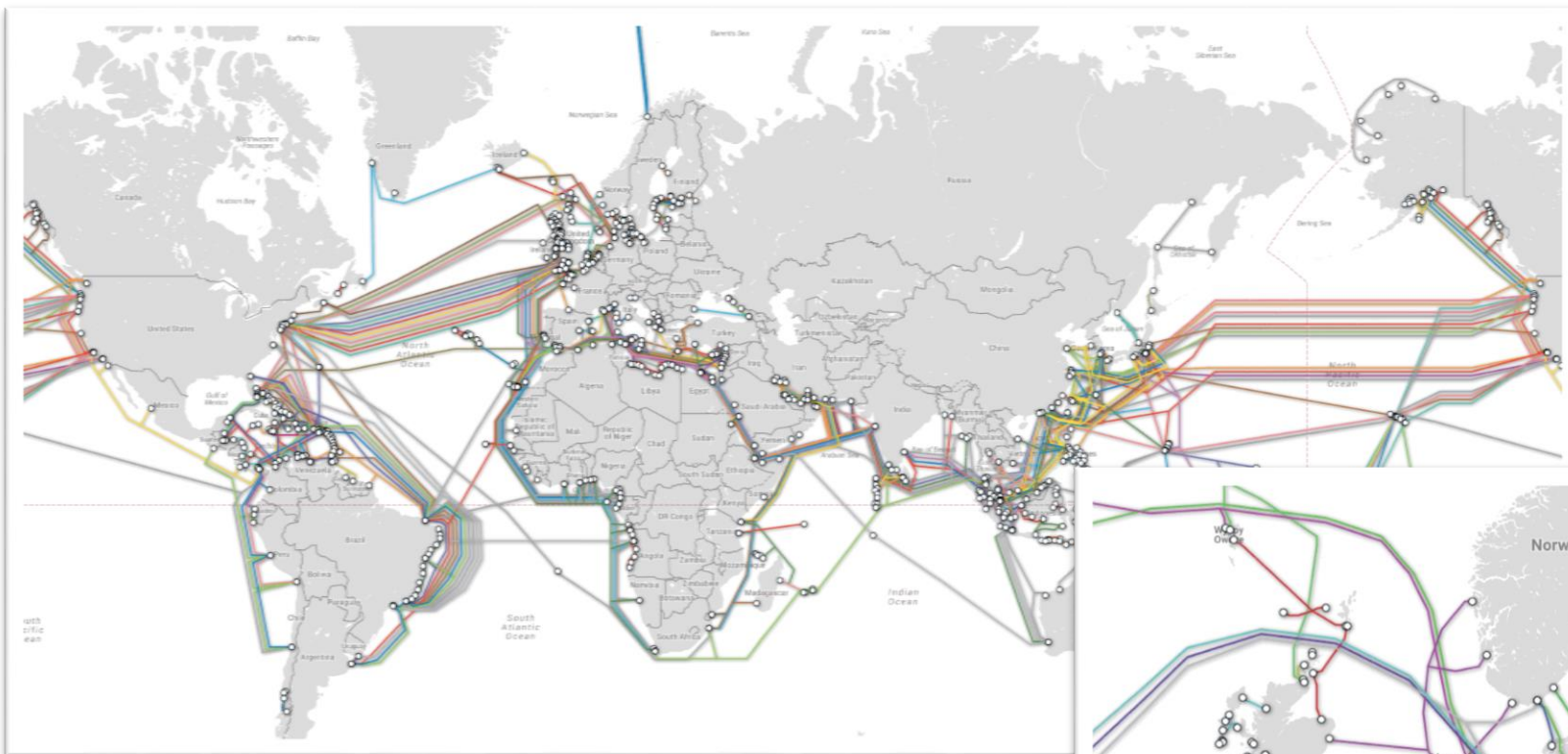
# Techniki połączeń światłowodów

## Spawanie światłowodów

- łuk elektryczny
- mała tłumienność połączeń – 0,01-0,1 dB na złącze
- Drogi sprzęt
- Wymaga wprawy



# Światłowody międzykontynentalne



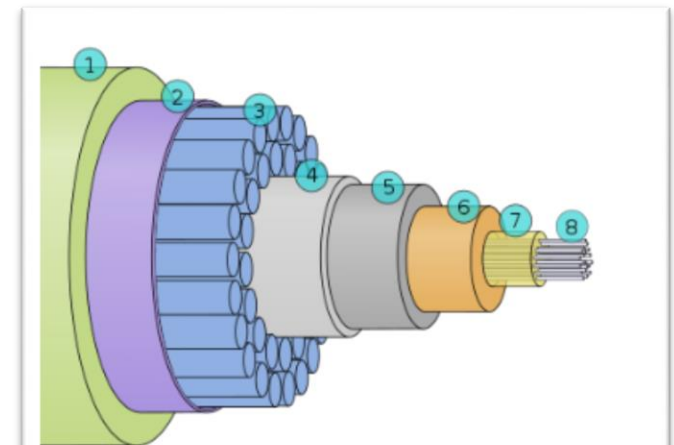
## Światłowody morskie wychodzące z Polski:

- Denmark-Poland 2 (Bornholm-Mielno, 1991r)  
Orange Polska, TDC, Telia Carrier, Telenor
- Baltica (Kołobrzeg-Bornholm) – 1997r  
Telia Carrier, Orange Polska, TDC, Telenor, Slovak Telekom, Ukrtelecom



# Światłowody oceaniczne

- Pierwszy podwodny kabel telegraficzny – 1850r (LaManche) (1858 transAtlantic) (kilkanaście słów na minutę, brak wzmacniaczy, duże napięcia)
- Pierwszy podwodny światłowód – TAT-8 – 1988r – USA-W.Brytania (Dwie pary kabli, 280Mb/s, Regeneratory co 40km)
- Standardowy rozmiar kabli głębinowych – około 1 cal średnicy (1,5 tony/km)
- W płytszych wodach kable do 4 cali
- Wykorzystanie półprzewodnikowych wzmacniaczy optycznych (zasilane z kabla) (do 100km)
- Opóźnienie transatlantyckie – poniżej 60ms



A cross section of the shore-end of a modern submarine communications cable.

- 1 – Polyethylene
- 2 – Mylar tape
- 3 – Stranded steel wires
- 4 – Aluminium water barrier
- 5 – Polycarbonate
- 6 – Copper or aluminium tube
- 7 – Petroleum jelly
- 8 – Optical fibers



# Światłowody międzykontynentalne



# Transmisja elektryczna vs światłowody

## Kable elektryczne

- Niższe koszty okablowania przy stosunkowo małych odległościach
- Znacznie niższe koszty nadajników i odbiorników
- Możliwość dodatkowego przenoszenia zasilania w kablu z danymi (np. PoE)
- Łatwiejsze działanie przetworników w trybie liniowym
- Łatwiejszy proces łączenia okablowania

## Światłowody

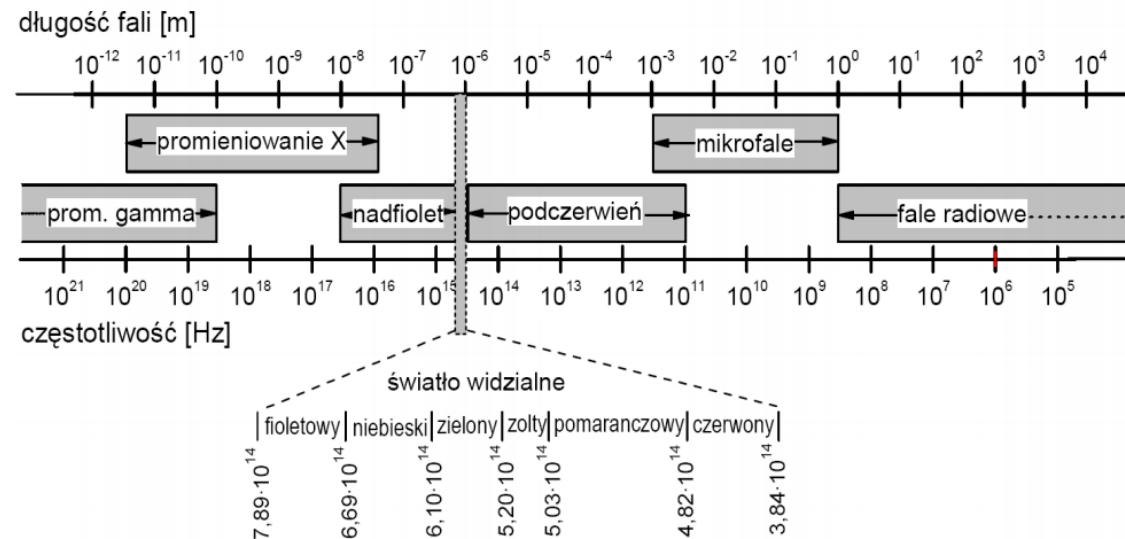
- Dużo większa przepustowość
- Dużo większy zasięg
- Mniejsze straty – dużo większe odległości między wzmacniaczami
- Brak problemów napięciowych (zakłócenia zewnętrzne, równoległe-własne)
- Mniejsze rozmiary

## Podsumowanie:

- Światłowody: do instalacji o dużym zasięgu i dużych przepustowościach
- Transmisja elektryczna: tańsze instalacje o ograniczonym zasięgu i „średnich” przepustowościach

# Komunikacja bezprzewodowa

- Medium transmisyjne
  - Próżnia
  - Atmosfera
- Nośnik informacji
  - Fale dźwiękowe
  - Fale świetlne
  - Fale elektromagnetyczne
- Osobny wykład



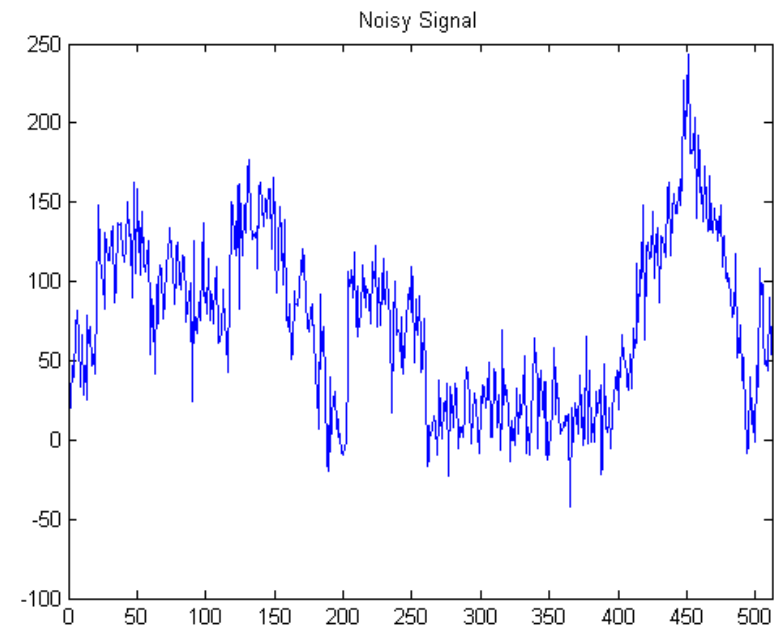
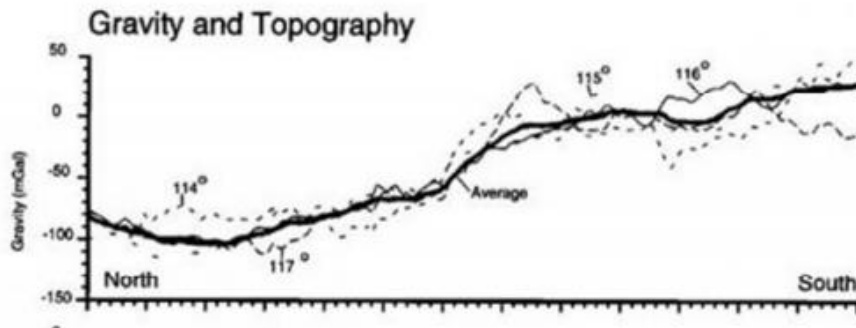
# Fizyczne podstawy przesyłania informacji

- Sygnały
- Rodzaje transmisji
- Kierunki transmisji
- Pasmo przenoszenia
- Przepływowość
- Przepustowość
- Modulacja
- Kanały fizyczne



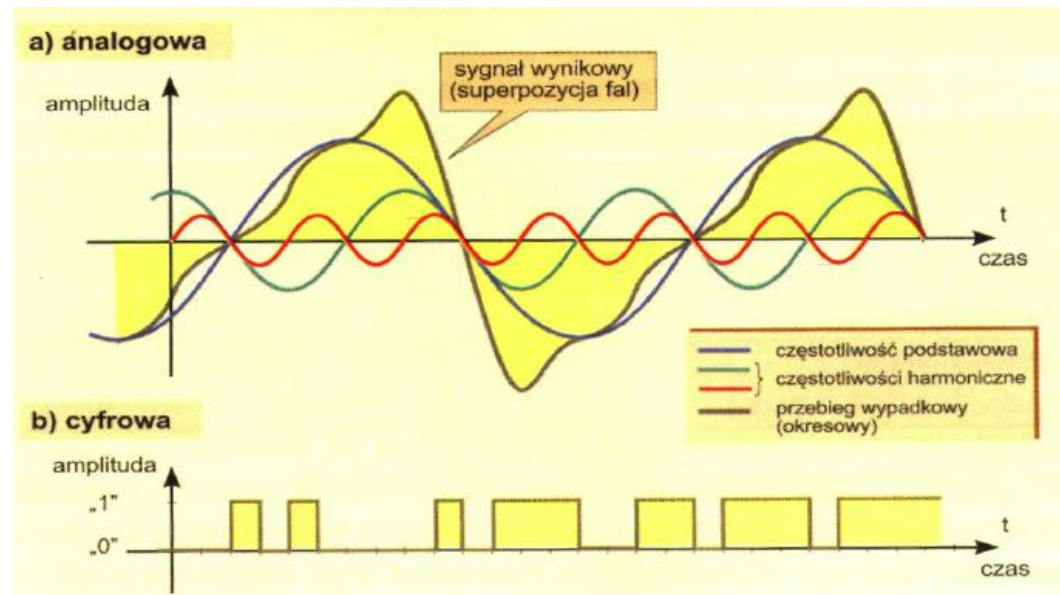
# Sygnały

- Sygnał
  - Proces zmian pewnej wielkości fizycznej w czasie lub przestrzeni
  - Jest nośnikiem informacji
  - Może być syntetyzowany do celów komunikacji
- Modele matematyczne sygnałów
  - Funkcje rzeczywiste jedno lub wielowymiarowe
  - Funkcje zespolone
  - Dystrybucje



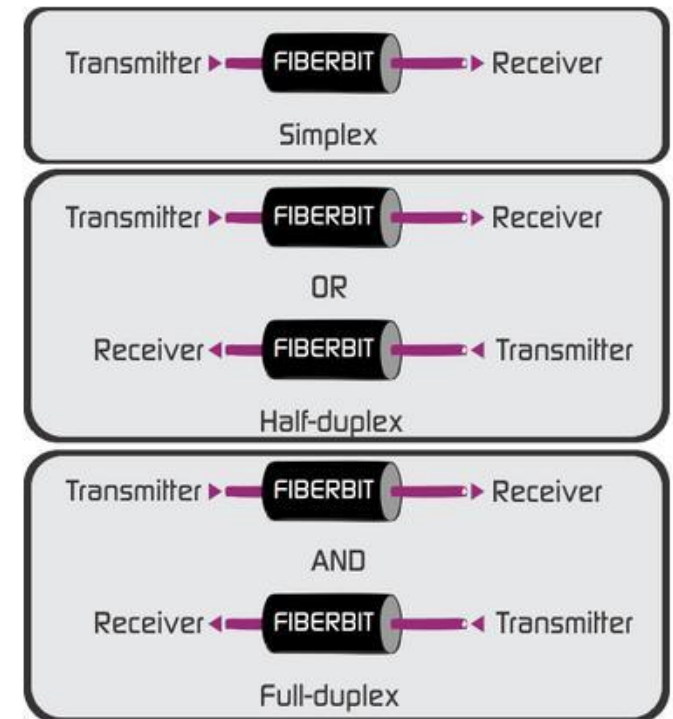
# Rodzaje transmisji danych

- Transmisja cyfrowa
  - Przesyłany jest ciąg sygnałów dwustanowych
  - 0/1, tak/nie
- Transmisja analogowa
  - Przesyłane są sygnały o widmie ciągłym, np:
    - dźwięk
    - światło



# Kierunki transmisji

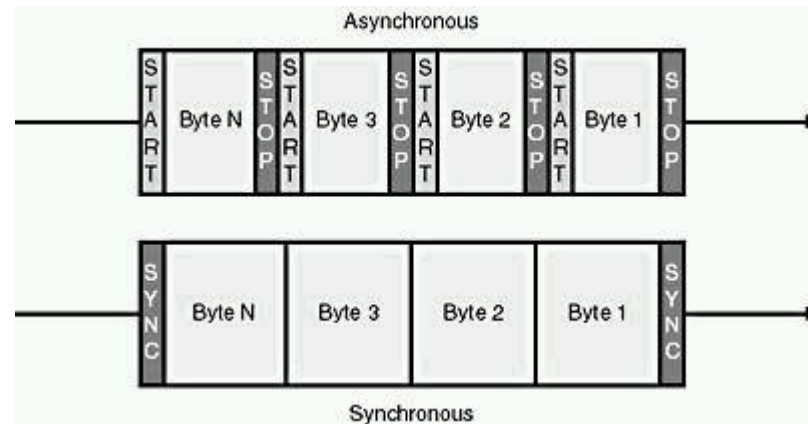
- Simpleks - [Simplex (SX)]
  - Transmisja jednokierunkowa
  - Odbiornik nie przesyła odpowiedzi ani potwierdzenia
- Półdupleks - [Half duplex (HDX)]
  - Transmisja dwukierunkowa, niejednoczesna
  - Naprzemienna (w danym momencie jeden kierunek)
  - System sygnalizacji zmiany kierunku
- Dupleks - [Full duplex (FDX)]
  - Jednoczesna transmisja w obydwu kierunkach
  - Sieci cyfrowe - dwie pary przewodów
  - Sieci analogowe
    - Jedna para przewodów
    - Podział pasma transmisji na dwie części





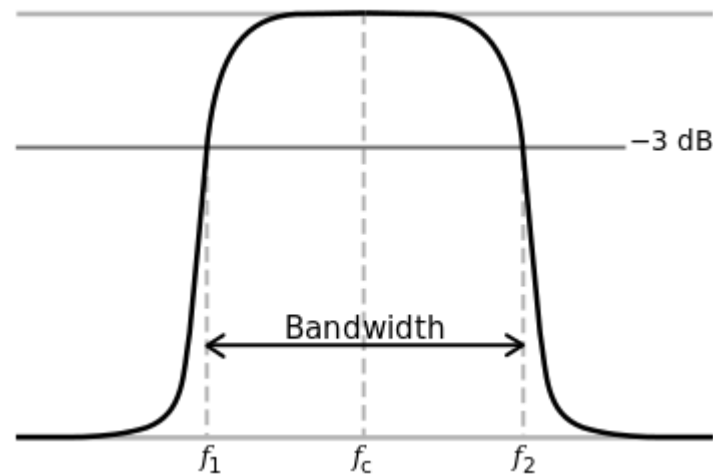
# Transmisja cyfrowa

- Transmisja asynchroniczna
  - Znak – ciąg bitów ograniczony bitem startu i stopu
  - Nie ma mechanizmu odmierzania czasu (synchronizacji zdarzeń wys/odb)
- Transmisja synchroniczna
  - Zegary w nadajniku i odbiorniku
    - Dodatkowy przewód do przesyłu sygnału synchronizującego pracę wszystkich stacji w sieci
    - Specjalny sposób kodowania



# Pasmo przenoszenia

- Zakres częstotliwości, w którym sygnał ma akceptowalne parametry
- Szerokość pasma (częstotliwości) [Hz]
  - $W = f_2 - f_1$
- Dla filtru dolnoprzepustowego:
  - Zakres częstotliwości, w którym tłumienie sygnału jest nie większe niż 3dB
  - Amplituda osiąga wartość min. 70% wartości nominalnej



# Przepływowość

- Ilość jednostek informacji przenoszonej w jednostce czasu
- Miara natężenia strumienia danych
- Przykładowe jednostki: bity na sekundę [b/s] lub [bps]
- Przepływowość stała – constant bit rate
- Przepływowość zmienna – variable bit rate

$$K = V \log_2(n)$$

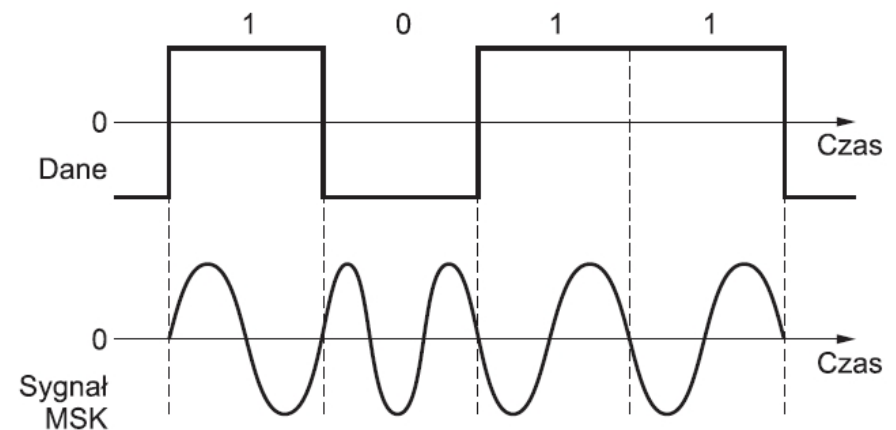
- Gdzie:
  - $V$  – szybkość generowania znaków w baudach (bodach)
  - $n$  – wartościowość sygnału (2 – binarny, 10 – dziesiętny, itp.)
- Bod (ang. Baud) – miara prędkości transmisji sygnału (liczby zmian medium transmisyjnego na sekundę) w zmodulowanym sygnale
- Gdy jedna zmiana sygnału niesie informację o jednym bicie to prędkość transmisji sygnału jest równa przepustowości kanału

# Przepustowość

- Przepustowość (pojemność kanału) – ang. Channel capacity  $C$
- Cecha kanału/toru telekomunikacyjnego
- Maksymalna ilość jednostek informacji przenoszonej w jednostce czasu
- Jednostki – bity na sekundę [b/s] lub [bps] (jak w przepływowości)
- Moc sygnału – (wzmocnienie/tłumienie) wyrażana jest w decybelach [dB]
- Jakość łącza (Signal/Noise  $S/N$ ) - stosunek sygnału użytecznego do szumu [dB]
- Przepustowość łącza związana jest z szerokością pasma oraz jakością łącza
  
- gdzie
$$C = W \log_2(1 + S/N)$$
  - $W$  – szerokość pasma
  - $S/N$  (Signal/Noise)

# Modulacja

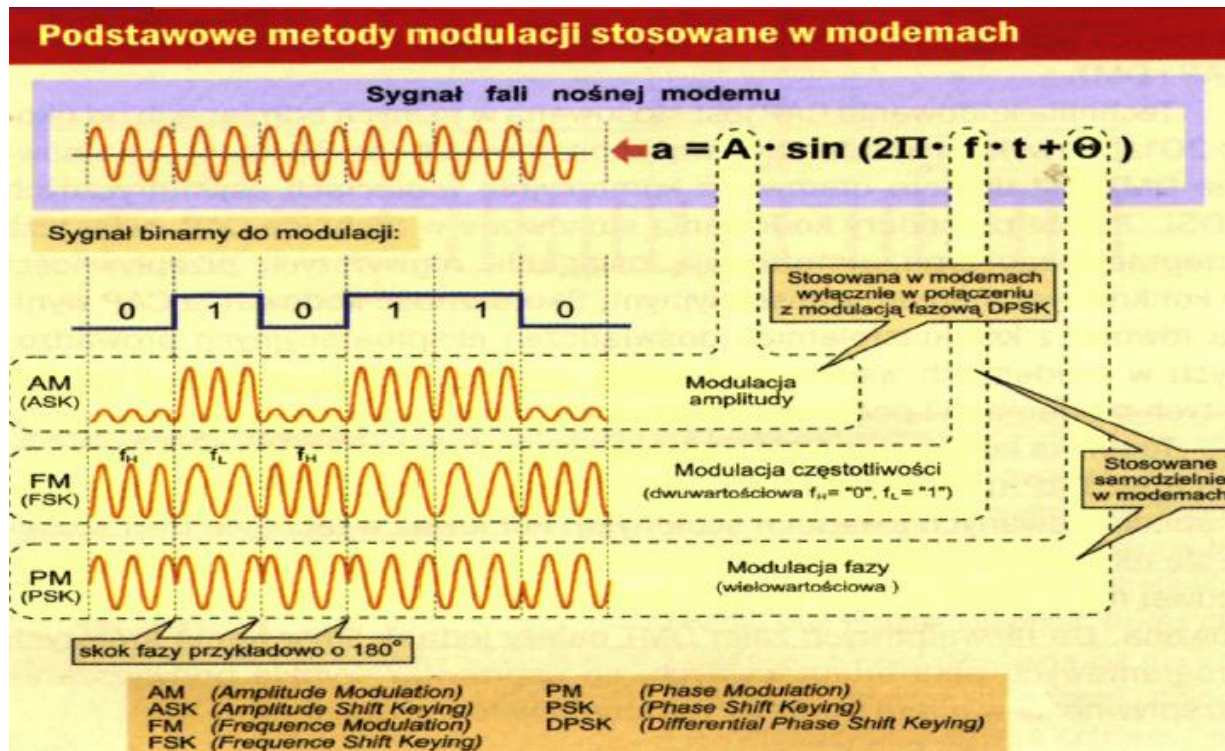
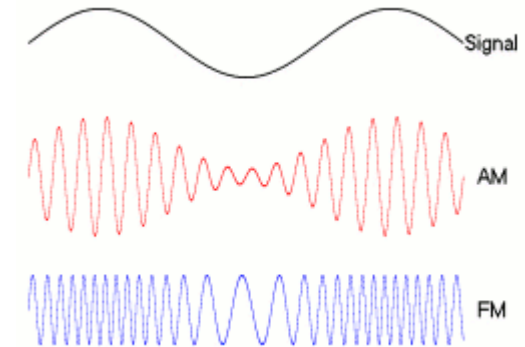
- Konwersja (przekształcanie)
  - wykorzystywana do przesyłania sygnałów cyfrowych za pomocą analogowych mediów transmisyjnych (sieć telefoniczna)
- Modemy – przekształcają sygnał z postaci analogowej na cyfrową i odwrotnie
- Techniki modulacji
  - Klasyczne
    - Modulacja amplitudy (AM)
    - Modulacja częstotliwości (FM)
    - Modulacja fazy
  - Szybkie
    - Modulacja kwadraturowa (QAM)
    - Modulacja kratowo-kodowa (TCM)
    - Modulacja Delta
- Szybkość modulacji (R)
  - Dla transmisji asynchronicznej
  - Ilość jednostek informacji transmitowanej w jednostce czasu



$$R = \frac{1}{\Delta} [\text{baud}]$$

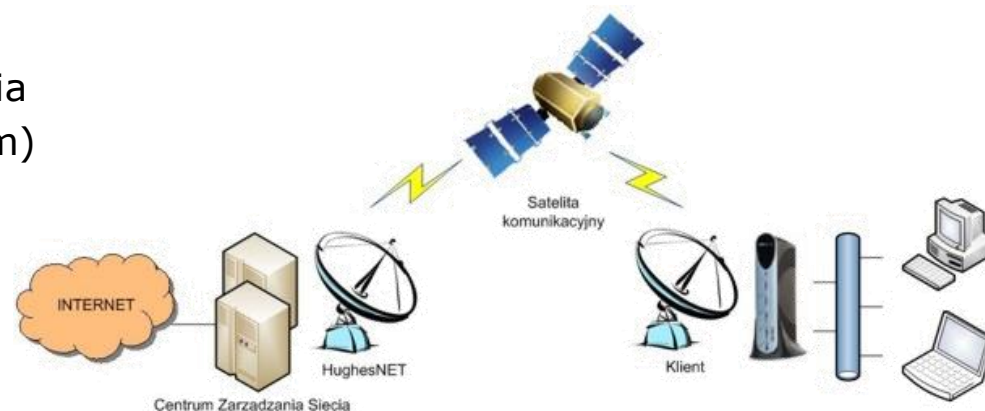
# Klasyczne metody modulacji

- Modulacja amplitudy (AM)
- Modulacja częstotliwości (FM)
- Modulacja fazy (PM)



# Fizyczne kanały transmisji

- Klasyczny kanał telefoniczny
  - Maksymalne osiągi – 20kb/s
- Specjalny kanał telefoniczny
  - Podwyższona jakość okablowania
  - Szersze pasmo (70-80 kHz /4km)
  - Do 5x wyższe przepustowości
- Kanał radioliniowy
  - Częstotliwości 20,30,40 MHz
  - Modulacje wielowartościowe
  - Przepustowości do 280 Mb/s
  - Wysokie koszty
- Kanał satelitarny
  - Satelitarna stacja retransmitująca
    - 35 800 km nad równikiem
    - Odbiornik – 4GHz, nadajnik 6 Ghz
  - Szeroki obszar pokrycia bez infrastruktury naziemnej
- Radiowy kanał łączności ruchomej
  - Sieci telefonii komórkowej



- V.Amato, W.Lewis „Akademia sieci CISCO”, Mikom, Warszawa 2001
- D.E.Comer, „Sieci i intersieci”, WNT, Warszawa 2001
- Studia Informatyczne, Sieci Komputerowe,
- J.Durak – Wprowadzenie do sieci komputerowych – ZIP 2008.
- Mark Sportack, Sieci komputerowe, Księga Eksperta, Helion, Warszawa 1999
- L.L.Peterson, B.S.Davie – Sieci komputerowe – podejście systemowe”, Nakom, Poznań 2000
- M.Kalewski, „Okablowanie strukturalne”, v1.3 2004/09/16,
- T. P. Zieliński „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań”, WKŁ, 2009
- A. Leśniak, „Teoria Sygnałów”, Dep.ofG&ACS, AGH
- R. G. Lyons, „Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów” WKŁ, 2010 (wyd. 2 rozszerzone)
- A. Simmonds, Wprowadzenie do transmisji danych, WKŁ, Warszawa 1999.
- W. Lipiński, Modulacja, kodowanie i transmisja w systemach telekomunikacyjnych, Seria Tempus, Szczecin, 2001
- M.Lipiński, „Wprowadzenie do transmisji cyfrowej”, KT, AGH
- M.Żak, A.Kidacki, „Charakterystyka przewodowych mediów transmisyjnych”. IV FDS Pol.Rzesz.  
TeleGeography - The Submarine Cable Map- <https://www.submarinecablemap.com/>