

## **Sieci komputerowe**

### **Część I**

Wprowadzenie  
Modele OSI/ISO i TCP/IP  
Podstawowe pojęcia

### Potrzeba standaryzacji

- DZIŚ: ogromne zapotrzebowanie na globalną komunikację między komputerami, wolno stojący komputer to już rzadkość
- DAWNIEJ: **systemy zamknięte** - programy do obsługi sieci, często assemblerowe, pisane na lokalne potrzeby trudne do testowania i nieprzenośne
- Rozwiązanie: opracowanie i przestrzeganie zespołu norm pozwalających na wzajemne porozumiewanie się komputerów
- Koniec lat siedemdziesiątych: powstanie standardu ISO: **ISO Reference Model for Open Systems Interconnections** - ramy dla koordynacji nowych standardów
- **Systemy otwarte**: pozwalające na współpracę sprzętu i oprogramowania różnych producentów, zbudowane zgodnie z pewną normą, zdolne do wymiany informacji z innymi systemami otwartymi

### Ważniejsze organizacje

- ISO – International Standards Organization
- IEEE – Institute of Electronics and Electrical Engineers
  - forum standaryzacyjne. Grupa 802 zajmuje się standaryzacją sieci lokalnych
- IETF – Internet Engineering Task Force
  - grupa opracowująca standardy na poziomie TCP/IP
- ITU-T – International Telecommunication Union - Telecommunications Sector
- TIA/EIA – Telecommunications Industry Associations/ Electronics Industry Association
  - organizacja zajmująca się m.in. określaniem norm dotyczących okablowania

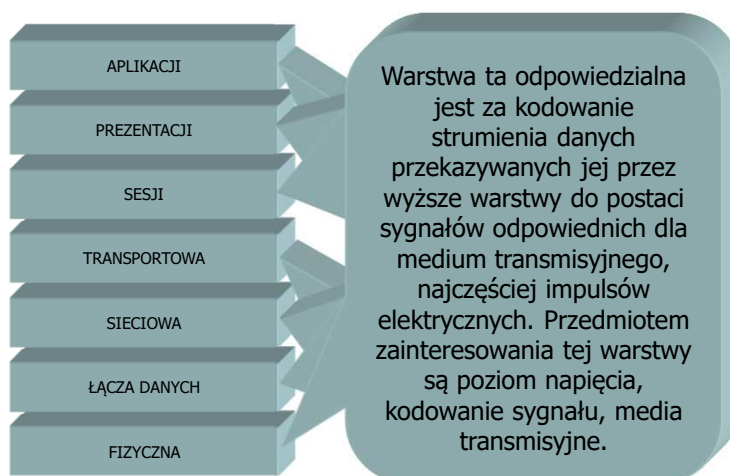
## Dokumenty **RFC** (Request for Comments)

- Oficjalne dokumenty opisujące standardy sieciowe
  - proces publikowania nadzorowany przez IETF
  - podstawowe dokumenty specjalistów
  - numerowane, np. RFC 3550
    - najstarszy: RFC 1 (7 kwietnia 1969) – Host Software
    - jeden z najnowszych: RFC 7465 – Prohibiting RC4 Cipher Suites (luty 2015)
  - kolejne wersje unieważniają poprzednie
  - dostępne darmowo, np. [www.rfc-editor.org](http://www.rfc-editor.org) lub [rfc-ref.org](http://rfc-ref.org)

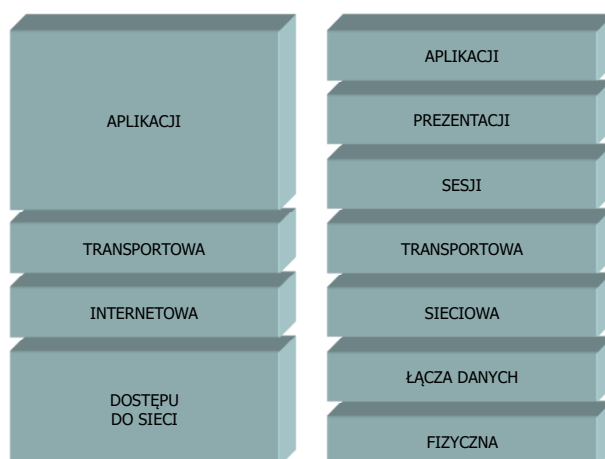
*Zadanie:*

*Przejrzeć kilka dokumentów RFC i zapoznać się z ich konstrukcją*

## Warstwy modelu OSI/ISO



## Model TCP/IP a OSI/ISO



## Protokół komunikacyjny

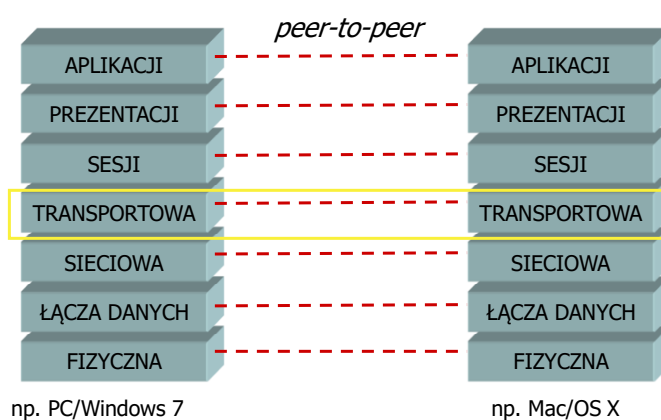
Zestaw reguł wymiany informacji  
zarówno danych użytkownika  
jak i informacji kontrolnej  
z odpowiadającą warstwą w innym systemie

Protokół = {składnia wiadomości, reguły wymiany}

### Komunikacja w modelu warstwowym

- W obrębie obu komunikujących się systemów:
  - każda z implementacji warstw modelu OSI/ISO w jednym systemie komunikuje się z implementacją **tej samej** warstwy w drugim systemie: komunikacja typu *peer-to-peer*
  - **implementacja** innego systemu może być zupełnie inna pod warunkiem zachowania wymagań protokołu (**interfejsu**)
- W obrębie jednego systemu:
  - implementacja każdej warstwy jest niezależna od innej
  - pomiędzy bezpośrednio położonymi warstwami istnieje dobrze zdefiniowany interfejs

### Komunikacja w modelu warstwowym, cd.



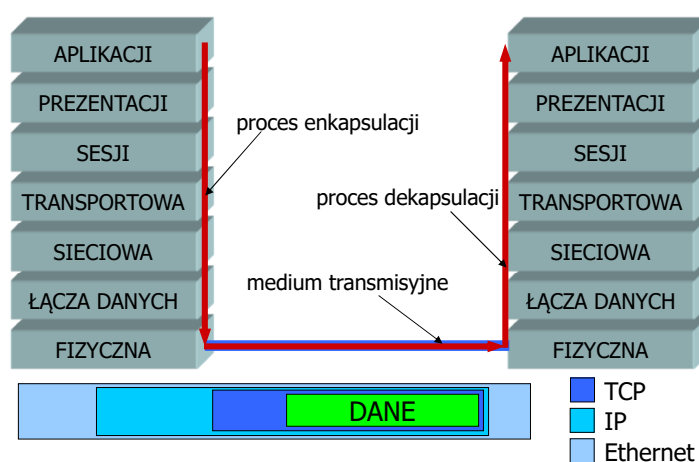
### Komunikacja w modelu warstwowym, cd.

- Porcja danych na poziomie warstwy N nosi nazwę **N-PDU** (protocol data unit) i składa się z trzech podstawowych części:
  - nagłówek (ang. *header*)
  - pole danych (ang. *payload*)
  - zakończenie ramki (ang. *trailer*)
- PDU z poziomu warstwy N+1 jest **enkapsulowane** w PDU warstwy N tzn. ramka poziomu N+1 jest zawarta w polu danych ramki poziomu N

*Uwaga odnośnie nazewnictwa PDU:*

*ramka Ethernet (warstwa II), pakiet lub datagram IP (warstwa III), datagram UDP (warstwa IV), segment TCP (warstwa IV)*

### Przepływ danych w modelu warstwowym, cd.



### Proces dekapulacji

- Strona nadawcza dokonuje procesu enkapsulacji
- Strona odbiorcza musi wiedzieć jak interpretować pole danych poszczególnych warstw
  - pole „typ” w ramce Ethernet
  - pole „protokół” w datagramie IP
  - numer portu w datagramie UDP lub segmencie TCP



### Zalety modelu warstwowego

- Umożliwia niezależny rozwój warstw
- Zmniejsza złożoność systemów
- Standaryzuje interfejsy
- Zapewnia współpracę pomiędzy urządzeniami pochodzącymi od różnych producentów
- Przyspiesza rozwój
- Ułatwia uczenie (się)

### Pytania kontrolne






- ? Czy rozumiem koncepcję modelu warstwowego?
- ? Czy rozumiem zalety modelu warstwowego?
- ? Czy znam dwa podstawowe modele warstwowe?
- ? Czy znam podstawowe zadania poszczególnych warstw?
- ? Czy rozumiem proces enkapsulacji i dekapulacji?

### Sieci komputerowe - podział

- Sieci rozległe **WAN** (Wide Area Network)
  - łączą sieci lokalne, przykładem jest globalna sieć Internet
- Sieci miejskie **MAN** (Metropolitan Area Network)
- Sieci lokalne **LAN** (Local Area Network)
  - biura, uczelnie, fabryki
- Sieci personalne **PAN** (Personal Area Network), **BAN** (Body Area Network)



## Symbole oznaczające sprzęt sieciowy

		warstwa
	router	3
	przełącznica (switch)	2
	mostek (bridge)	
	hub	1
	regenerator sygnału (repeater)	

## Symbole oznaczające sprzęt sieciowy, cd.



dowolna sieć

### Typy sieci wg rodzaju komutacji

- Komutacja – co to?
- Sieci z komutacją łączy (*circuit switching*)
  - tradycyjna telefonia, POTS (Plain Old Telephone Service)
  - ISDN
  - telefonia komórkowa 2G
- Sieci z komutacją pakietów (*packet switching*)
  - IP
  - X.25, Frame Relay
  - technologie komórkowe 2.5 G, 3G i 4G

### Tryby transmisji

- *simplex* - transmisja jest możliwa tylko w jedną stronę (*ulica jednokierunkowa*)
- *half-duplex* - transmisja możliwa jest w obie strony, ale w danym czasie tylko w jedną (*mijanka na remontowanym moście*)
- *duplex* - równoczesna transmisja w obie strony (*ulica dwukierunkowa*)

### DTE a DCE

- DTE – Data Terminal Equipment
  - urządzenia końcowe
  - komputery, routery
- DCE – Data Communication Equipment (też: Data Circuit Terminating Equipment)
  - urządzenia pośredniczące w transmisji
  - regeneratory sygnału, mostki, przełącznice, modemy, serwery komunikacyjne

### **Bandwidth i throughput**

- Szerokość pasma (ang. **bandwidth**)
  - wyraża maksymalną **teoretyczną** przepustowość sieci
  - podstawową jednostką jest bit/s
- Przepływność (ang. **throughput**)
  - wyraża **aktualne** możliwości sieci w zakresie przesyłania danych sieci; jest mniejsza lub równa od teoretycznej
  - jednostką jest bit/s
  - wielkość ta zależy m.in. od:
    - wydajności sprzętu – zarówno komputerów końcowych jak i elementów pośredniczących
    - obciążenia sieci, a więc od aktywności innych użytkowników
    - typu danych (przede wszystkim narzutu na pola kontrolne)

*Nawet w bardzo mało obciążonej sieci Ethernet 10 Mb/s nie da się przesyłać więcej niż 6-7 Mb/s danych użytkownika*

## **Część II**

### **Warstwa fizyczna sieci**

Problemy w transmisji danych  
Media transmisyjne  
Kodowanie informacji  
Urządzenia warstwy fizycznej

### **Zadania warstwy fizycznej**

- Przesłanie danych między nadawcą a odbiorcą
- Zapewnienie medium transmisyjnego
- Określenie mechanicznej i elektrycznej specyfikacji połączenia
- Kodowanie strumienia danych kierowanego z warstw wyższych do postaci odpowiedniej dla medium

## Problemy w transmisji danych

### Prędkość i czas propagacji

- Wielkość skończona
- Przyjmuje się wartość ok.  $\frac{2}{3} c$
- RTT – round-trip-time
- 1 km – ile wędruje sygnał?
- Polska-USA (Kraków – Nowy Jork) – ile wędruje sygnał?

**Tłumienność (ang. *attenuation*)**

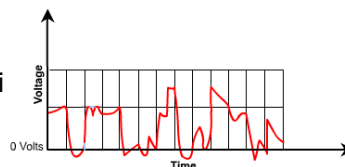
- Wynika z osłabienia amplitudy sygnału w czasie transmisji
- Narzuca ograniczenia na długość medium
- Zależy od wielu czynników
  - rodzaju przewodnika
  - częstotliwości
  - innych – np. temperatury

**Tłumienność, cd.**

- Wyrażana w decybelach/km
  - $10\log(P1/P2)$  [dB];  $P1, P2$  [W]
  - $20\log(V1/V2)$  [dB];  $V1, V2$  [V]
- Przykładowo:
  - dwukrotny spadek mocy to spadek o 3dB
  - dziesięciokrotny spadek to spadek o 10dB
  - stukrotny spadek to spadek o 20dB

## Zniekształcenia sygnału (ang. distortion)

- Zewnętrzne
  - EMI, RFI, m.in. inni nadawcy w sieci bezprzewodowej
- Wewnętrzne
  - od innych kabli w skrócie (ang. crosstalk)
    - NEXT: Near End Crosstalk: zakłócenie na innych parach mierzone po stronie nadajnika
    - FEXT: Far End Crosstalk: zakłócenie na innych parach mierzone po drugiej stronie kabla, mniejsze znaczenie niż NEXT
- Zmniejszanie przez
  - ekranowanie medium – podnosi koszt
  - wzajemne znoszenie zakłóceń
  - właściwy sposób prowadzenia okablowania



Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## Podsumowanie

- Wspomniane czynniki powinny być uwzględnione przy projektowaniu sieci!
  - właściwy typ medium
  - odpowiednie długości medium
  - odpowiednie zrealizowane okablowanie
- Stopa błędów (ang. **BER**, bit error rate)
  - w sieciach przewodowych – nawet tylko  $10^{-10}$
  - w sieciach bezprzewodowych – nawet aż  $10^{-4}$

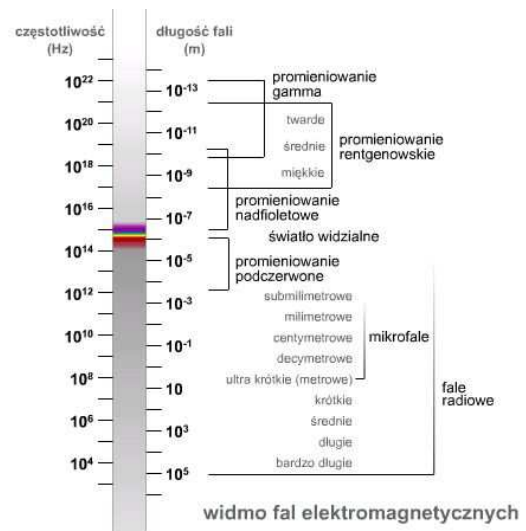
## **Media komunikacyjne**

### **Media komunikacyjne**

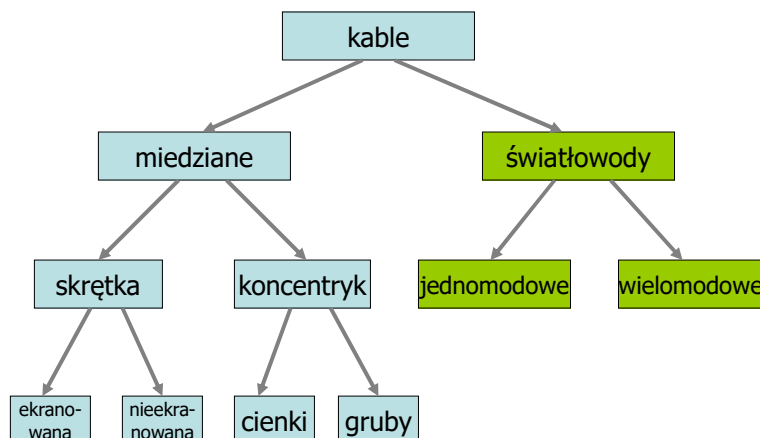
- Przewodowe
  - kable
  - światłowody
- Bezprzewodowe
  - radiowe (np. 802.11, Bluetooth)
  - podczerwień (np. IrDA)



## Widmo fal elektromagnetycznych

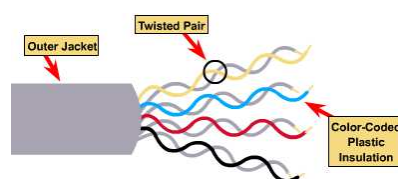


## Kable



## Skrętka

- Kable miedziane skręcone w przewodzie parami
- Dwa kable w parze służą do transmisji tego samego sygnału
- Samoredukcja zakłóceń (*cancellation*)

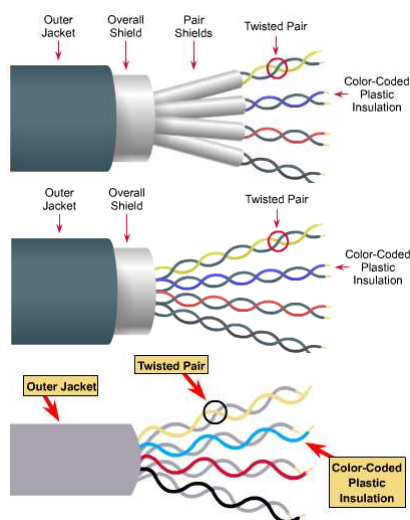


Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## Skrętka – rodzaje

- **Ekranowana** (STP - shielded twisted pair)
  - ekran nie będący częścią obwodu
  - większa odporność na zakłócenia zewnętrzne (EMI/RFI)
  - dość droga, znowu coraz bardziej popularna
  - odmiana: FTP/ScTP (Foiled/Screened Twisted Pair)
- **Nieekranowana** (UTP - unshielded twisted pair)
  - łatwiejsza w instalacji
  - tańsza

### Skrętka – rodzaje, cd.



- STP - Shielded Twisted Pair

- FTP - Foiled Twisted Pair

- UTP - Unshielded Twisted Pair

Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

### Skrętka – kategorie

- Kategorie
  - **kategoria 5, kategoria 5e** – 4 pary, do 100 MHz do 100m (1000BASE-T, 5e -> 2.5GBASE-T)
  - kategoria 6 – do 250 MHz (5GBASE-T, 10GBASE-T do 55m)
  - kategoria 6a – do 500 MHz (5GBASE-T, 10GBASE-T)
  - kategoria 7 – do 600 MHz (5GBASE-T, 10GBASE-T)
  - kategoria 7a – do 1000 MHz (5GBASE-T, 10GBASE-T)
  - kategoria 8/8.1 – do 2000 MHz (25GBASE-T, 40GBASE-T)
  - kategoria 8.2 – do 2000 MHz (25GBASE-T, 40GBASE-T)
- Tłumienność (zależna od kategorii i częstotliwości):
  - 10 MHz, kategoria 3 – 9,8 dB/100 m
  - 10 MHz, kategoria 5 – 6,6 dB/100 m
  - 100 MHz, kategoria 5 – 22 dB/100 m

### Kabel koncentryczny

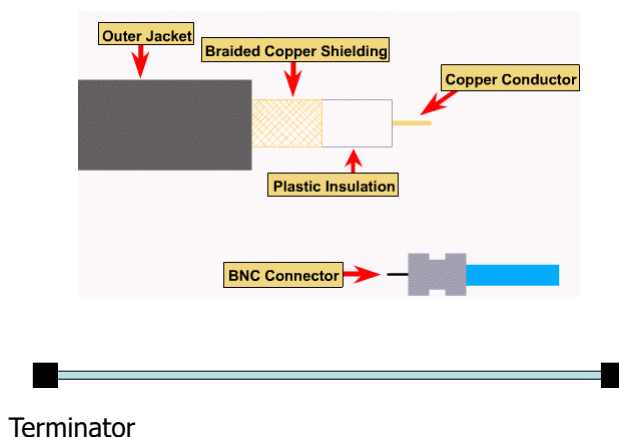
- Dwa współosiowo ułożone kable rozdzielone warstwą izolatora
- Zewnętrzny przewód pełni rolę ekranu zmniejszając zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne
- Dwa rodzaje:
  - „cienki”, o średnicy 0,25”, maksymalna długość segmentu (w standardzie Ethernet) 185 metrów
  - „gruby”, o średnicy 0,5”, maksymalna długość segmentu (w standardzie Ethernet) 500 metrów

### Kabel koncentryczny

- Pozwala na budowanie dłuższych segmentów niż skrętka
- Lepsza niż w skrętce odporność na zakłócenia
- Niewygodny w instalacji i eksploatacji
- **Praktycznie wyszedł z użytku**, nie jest polecany w nowych instalacjach
- Kabel podobny do koncentrycznego - Twinaxial cabling (Twinax) – 10G Ethernet (10m), 100G Ethernet (7m)
- Reszta na laboratorium



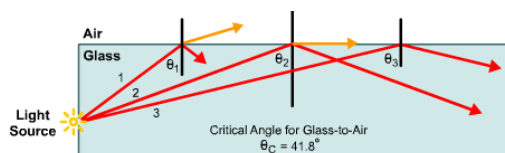
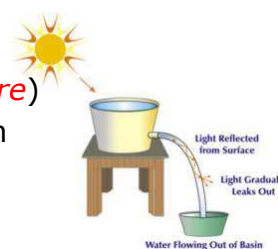
## „Cienki” kabel koncentryczny



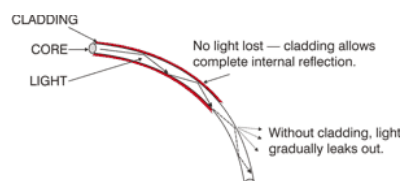
Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## Światłowód

- Informacja niesiona przez wiązkę światła prowadzoną w szklanym przewodzie (*core*)
- Przewód otoczony jest nieprzeźroczystym płaszczem (*cladding*)
- Wykorzystywane zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia



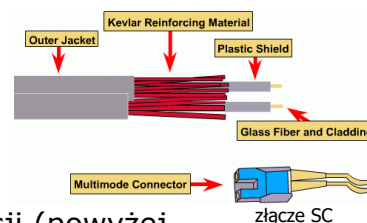
Ray 1:  $\theta_1 < \theta_C$ , so ray reflects and refracts  
 Ray 2:  $\theta_2 = \theta_C$ , so ray reflects and refracts  
 Ray 3:  $\theta_3 > \theta_C$ , so ray is totally internally reflected



Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com),  
[www.fiber-optics.info/fiber-history.htm](http://www.fiber-optics.info/fiber-history.htm)

## Światłowód, cd.

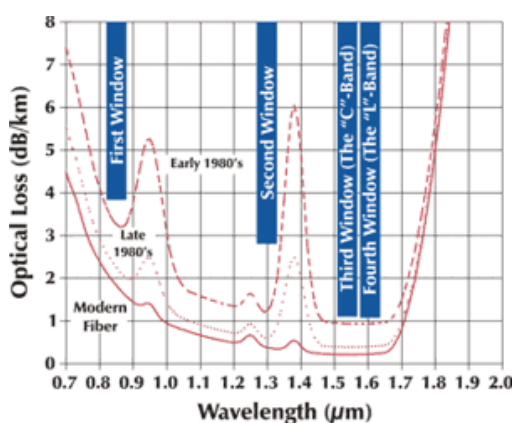
- Nadajnik: LED lub dioda laserowa
- Odbiornik: fotodioda
- Odporny na zakłócenia elektromagnetyczne, nie emituje ich także na zewnątrz
- Bardzo wysoka szybkość transmisji (powyżej 100 Mb/s)
- Zwielokrotnienie falowe (D)WDM ((Dense) Wavelength Division Multiplexing)
- Niska tłumienność (ok. 0,5-1,5 dB/km)
- Droższy w porównaniu z innymi typami mediów
- Trudny w instalacji



Grafika: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## Światłowód – okna transmisji

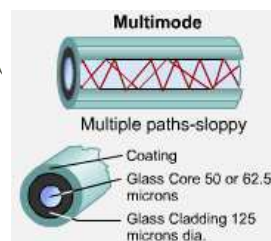
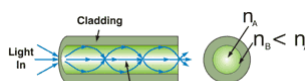
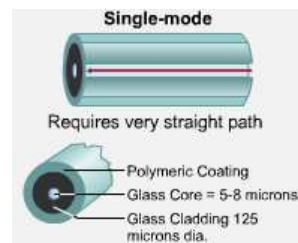
- 850 nm
- 1310 nm
- 1550 nm



Grafika: [www.fiber-optics.info/fiber-history.htm](http://www.fiber-optics.info/fiber-history.htm)

## Światłowód – propagacja sygnału

- Jednomodowe (SMF)
  - jedna wiązka światła
  - wymiary: 9/125  $\mu\text{m}$
  - nadajnik: dioda laserowa
  - zasięg: do ok. 120 km
  - droższe układy nadawcze i medium
  - zastosowanie: głównie WAN
- Wielomodowe (MMF)
  - wiele wiązek, większa dyspersja
  - większa tłumienność
  - wymiary: 62,5/125  $\mu\text{m}$
  - nadajnik: dioda luminescencyjna
  - zasięg: do ok. 2 km
  - zastosowanie: głównie LAN
- UWAGA: długość\*przepustowość=const



Grafika: [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)

## Media bezprzewodowe

- Zakres podczerwieni
  - niewielki zasięg
    - brak przenikalności przez ściany budynku
    - możliwość wielokrotnego wykorzystania
  - duża odporność na interferencje magnetyczne, mała na promieniowanie widzialne
  - diody LED lub diody laserowe
  - pasmo nielicencjonowane
- Zakres częstotliwości radiowych (2,4 GHz), ISM
  - większy zasięg
  - bezprzewodowa sieć lokalna

## Reprezentacja kodów

- Doprowadzenie informacji do postaci **możliwej** do przesłania w konkretnym medium
  - w przewodzie miedzianym: zmiana napięcia
  - w światłowodzie: zmiana natężenia światła
  - w transmisji bezprzewodowej lub analogowej (modem): modulacja fali nośnej: AM, FM, PM

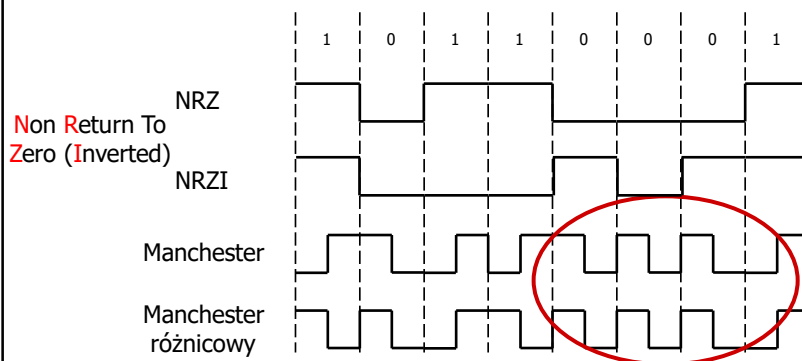
## Kodowanie informacji

- Doprowadzenie informacji do postaci **odpowiedniej** do przesłania w konkretnych warunkach
  - nie zawsze postać binarna, np. kodowanie 8B/6T (trójwartościowe)
  - zapewnienie samosynchronizacji sygnału, np. kodowanie Manchester
  - obniżenie częstotliwości, np. kodowanie 8B/6T

*Zapis  $xB/yQ$  oznacza, że  $x$  bitów jest reprezentowanych w postaci  $y$  sygnałów o wartościowości  $Q$  ( $B$  – binarnych,  $T$  – trójwartościowych)*

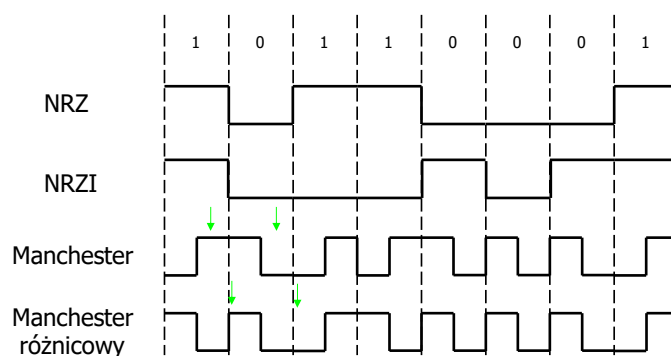


### Przykłady kodów



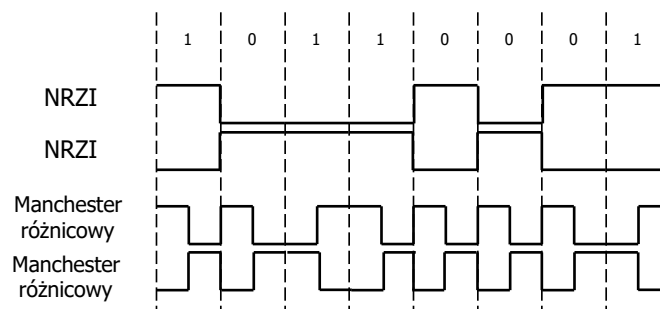
- NRZ i NRZI – szybkość sygnalizacji = szybkość transmisji
- kody Manchester – szybkość sygnalizacji jest dwa razy większa niż szybkość transmisji i są **samosynchronizujące** – łatwość synchronizacji strony odbiorczej

### Przykłady kodów, cd.



- w NRZ i Manchester ważny jest **poziom** sygnału
- NRZI i Manchester różnicowy są kodami **różnicowymi** – informację niesie **zmiana poziomu** sygnału

### Przykłady kodów – kody różnicowe



- „0” to zmiana poziomu sygnału na początku okresu, „1” - brak zmiany
- nieważna jest polaryzacja sygnału

### Kodowanie blokowe xB/yB

- Dane dzielone na bloki po  $x$  bitów i zamieniane na  $y$ -bitowe symbole kodowe,  $x < y$
- Nadmiarowość – po co?
  - część symboli może być użyta do funkcji kontrolnych
  - wybierane są symbole o dużej zmienności
- W światłowodach używany wraz z fizycznym kodowaniem NRZ
- Stosowane kody:
  - 4B/5B, stosowane m.in. w
    - FDDI
    - Fast Ethernet 100Base-X, (skrętka i światłowód)
  - 8B/10B, stosowane m.in. w Gigabit Ethernet 1000Base-X (skrętka i światłowód)
- Wymaga większej częstotliwości: np. aby w 4B/5B uzyskać 100 Mb/s trzeba osiągnąć częstotliwość 125 MHz

**Tabela kodów 4B/5B**

<i>wartość</i>	<i>kod</i>	<i>wartość</i>	<i>kod</i>
0 (0000)	11110	8 (1000)	10010
1 (0001)	01001	9 (1001)	10011
2 (0010)	10100	A (1010)	10110
3 (0011)	10101	B (1011)	10111
4 (0100)	01010	C (1100)	11010
5 (0101)	01011	D (1101)	11011
6 (0110)	01110	E (1110)	11100
7 (0111)	01111	F (1111)	11101

### Kodowanie symbolami o większej ilości poziomów

- Kodowanie 8B/6T
  - używane są **symbole trójwartościowe**
  - 8 bitów na 6 symbolach
  - potrzebujemy 256 ( $2^8$ ), mamy 729 ( $3^6$ )
  - używa się tylko tych, które mają odpowiednią zmienność (co najmniej 2 zmiany) i zrównoważone sumaryczne napięcie (np. 00:-+00-+, 14:0--+0)
  - pozwala obniżyć częstotliwość wysyłania (np. zamiast 100 MHz 75 MHz)
  - używane w Fast Ethernet na skrętce kategorii 3

**Aktywne urządzenia  
warstwy pierwszej**

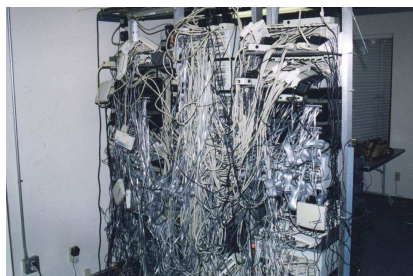
- Układ nadawczo-odbiorczy (*transceiver*)
  - zewnętrzny
  - zintegrowany z interfejsem sieciowym
- Regenerator sygnału (*repeater*)
  - zapewnia odtworzenie charakterystyki sygnału
  - pozwala zwiększyć rozmiar segmentu sieci
- Hub (wieloportowy regenerator sygnału)
  - używany w topologii gwiazdистой (może być centralnym punktem sieci)
  - regeneruje sygnał i przesyła na wszystkie pozostałe porty

**Nieaktywne urządzenia  
warstwy pierwszej**

- Kable
- Wtyczki
- Gniazdka
- Krosownice (*patch-panel*)

## Okablowanie strukturalne

- Standard TIA/EIA 569
- Topologia (rozszerzonej) gwiazdy
- Pomieszczenia sieciowe, tzw. punkty dystrybucyjne (ang. WC – *wiring closet*)
- Okablowanie
  - horyzontalne (6+90+3 m)
    - UTP kategorii 5/5e
    - STP
    - światłowód MMF
  - szkieletowe
    - MCC, Main Cross Connect
    - ICC, Intermediate Cross Connect
- Dokumentacja sieci



**KONIEC**