

Piotr Kowalski  
KAITI



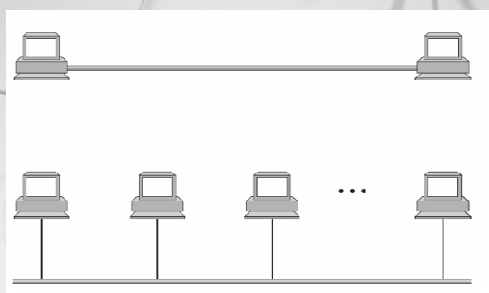
## Sieci komputerowe - podstawowe technologie

### Plan wykładu

1. Wymagania – czyli czego tak naprawdę od sieci komputerowych oczekujemy.
2. Modele warstwowe sieci komputerowych – czyli 40 lat historii pracuje dla nas.
3. Aspekty wydajnościowe – czyli opóźnienie i przepustowość (fakty i mity).
4. Podstawy transmisji danych i media transmisyjne – od kabla koncentrycznego po światłowody.
5. Kodowanie bitów.
6. Wykrywanie i korekcja błędów.

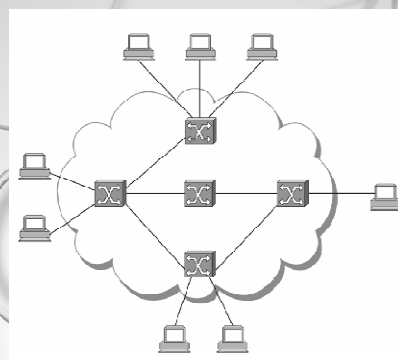
Sieci Komputerowe

### Połączenia – proste sieci



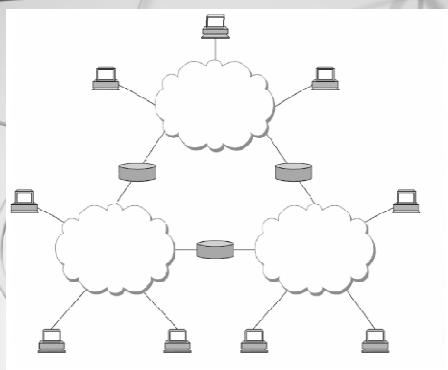
Sieci Komputerowe

### Sieć z przełączaniem pakietów



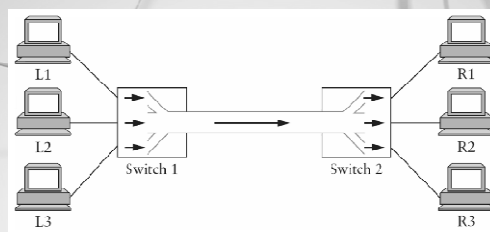
Sieci Komputerowe

### Połączenia sieci – sieć typu internet



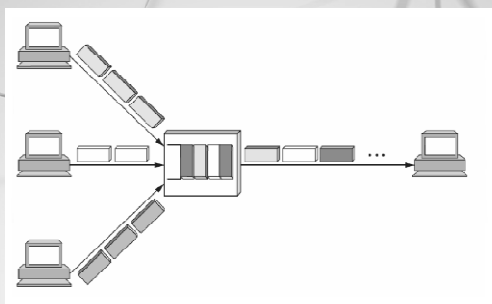
Sieci Komputerowe

### Dzielenie łącza



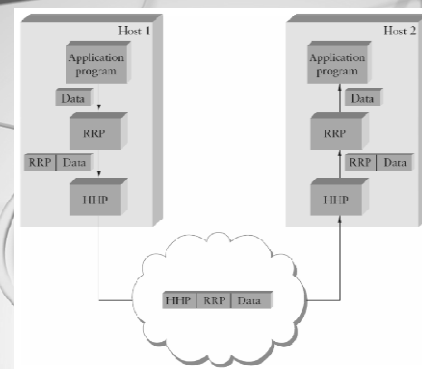
Sieci Komputerowe

## Dzielenie łącza + transparentne przesyłanie



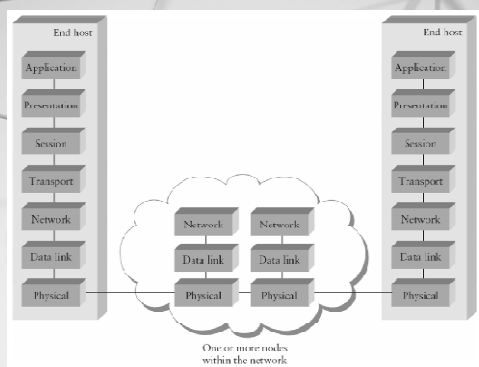
Sieci Komputerowe

## Warstwowy model sieci i kapsułkowanie



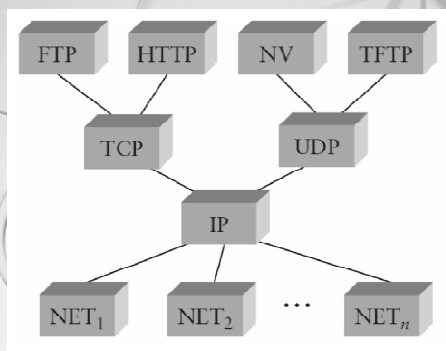
Sieci Komputerowe

## Warstwowy model sieci OSI



Sieci Komputerowe

## Model OSI, a sieci TCP/IP



Sieci Komputerowe

## Przepustowość (ang. bandwidth/throughput)

W komunikacji elektronicznej przepustowość to szerokość pasma częstotliwości która może być wykorzystana do przesyłania danych (liczy się ją jako różnicę min. i max. Użytecznej częstotliwości w Hercach – np. dla linii telefonicznej  $3300\text{Hz} - 300\text{Hz} = 3000\text{Hz}$ ).

W sieciach komputerowych przepustowość jest często utożsamiana z szybkością transferu danych tj. ilością danych jakie można przenieść z jednego punktu do drugiego w danym czasie (zwykle 1s). Jeżeli mówimy o przepustowości teoretycznej to używamy ang. terminu bandwidth, jeśli zaś mierzonej eksperymentalnie – ang. throughput. Te przepustowości nigdy nie tożsame (wbrew rozmaitym reklamom).

Sieci Komputerowe

## Opóźnienie (ang. latency)

Drugą miarą pozwalającą na ocenę sieci jest opóźnienie – czyli czas potrzebny na dotarcie wiadomości z jednego punktu sieci do drugiego. Przykładowo sieć międzykontynentalna może mieć opóźnienie 24ms – tyle czasu potrzeba na przesłanie wiadomości z jednego kontynentu na drugi.

Czasami ważniejsze od czasu przesłania pojedynczej wiadomości jest czas dotarcia informacji zwrotnej (czyli przesłania danych tam i z powrotem). Definiuje się go jako tzw. *round-trip time (RTT)* sieci.

Sieci Komputerowe

## Źródła opóźnień

**Opóźnienie**

= Czas propagacji + Czas transmisji + Czas kolejkowania

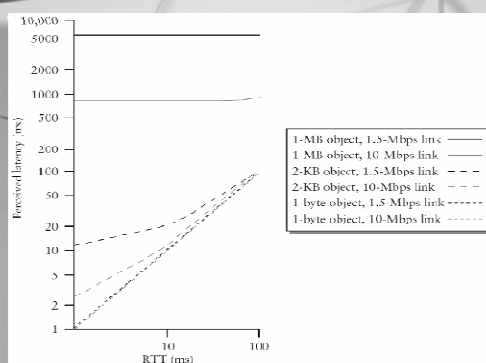
**Czas propagacji** – maksymalna prędkość przesyłu ograniczana przez prędkość światła ( $3,0 \cdot 10^8$  m/s – próżnia,  $2,3 \cdot 10^8$  m/s – przewód),  $t_{propagacji} = \text{odległość}/c$

**Czas transmisji** – związany z przepustowością łącza,  $t_{transmisji} = \text{rozmiar\_pakietu}/\text{przepustowość}$

**Czas kolejkowania** – w sieci przełączanej pakiety muszą być buforowane w pamięci urządzeń przełączających, buforowanie to powoduje dodatkowe opóźnienia

Sieci Komputerowe

## Opóźnienie, a przepustowość



Sieci Komputerowe

## Pułapki Gbps

**Efektywna przepustowość łącza**

= Rozmiar pakietu / Czas transferu

Czas transferu to nie tylko opóźnienie, należy wziąć pod uwagę także nawiązanie połączenia, sprawdzanie poprawności itp., ogólnie:

Czas transferu = RTT + 1/Szerokość pasma x Rozmiar pakietu.

Dla łącza o szerokości pasma 1Gbps i rozmiarze pakietu danych 1MB, sieci o opóźnieniu RTT=100ms mamy:

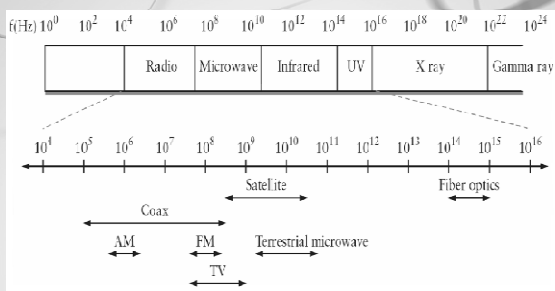
Czas transferu = 108ms

Efektywna przepustowość = 1MB/108 ms = 74,1Mbps

Sieci Komputerowe

## Pasma transmisji

Dane – reprezentowane jako sygnały przesyłane poprzez fale elektromagnetyczne, o różnych częstotliwościach.



Sieci Komputerowe

## Media transmisyjne

Medium	Typowa szerokość pasma	Odległości
Skrętka kat. 5	10–100Mbps	100m
Skrętka kat. 6	10–1000Mbps	100m
Kabel koncentryczny	10–100Mbps	500m
Światłowod wielomodowy SR	10 Gbs	300 m
Światłowod jednomodowy	100–2400 Mbps	40 km
Sieć 802.11n	150Mbps	250m
Bluetooth	1Mbps	10m

Sieci Komputerowe

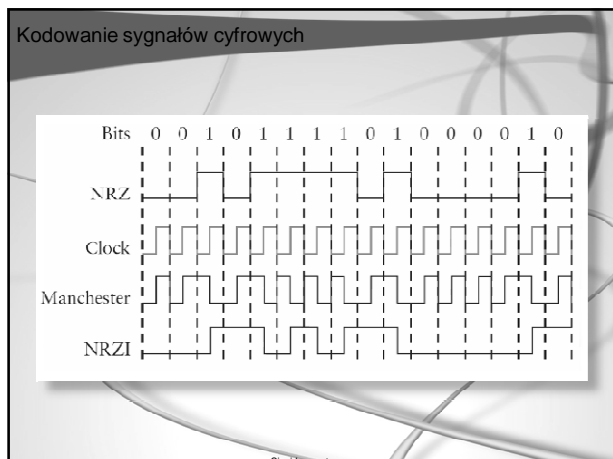
## Połączenia „ostatniej mili”

DSL (ang. Digital Subscriber Line) - cyfrowa linia abonencka umożliwiająca szerokopasmowy dostęp do Internetu.

Technologia DSL wykorzystuje wyższe, nieużywane pasmo przyłącza (>3300Hz) poprzez tworzenie kanałów, o szerokości 4312,5 Hz każdy, zaczynających się pomiędzy 10 a 100 kHz, w zależności od konfiguracji systemu. Przydział kanałów jest kontynuowany na wyższych i wyższych częstotliwościach (dla ADSL do 1,1MHz)

ADSL (Asymetryczne DSL) to obecnie najbardziej rozpowszechniona forma dostępu do Internetu w Polsce. Maksymalna prędkość pobierania danych dla ADSL to 24Mbps.

Sieci Komputerowe



### Internetowa suma kontrolna (16-bitowa, dopełnienie do 1)

```

u_short cksum(u_short *buf, int count)
{
    register u_long sum = 0;
    while (count-->0)
    {
        sum += *buf++;
        if (sum & 0xFFFF0000)
        {
            /*przeniesienie - zawiń */
            sum &= 0xFFFF;
            sum++;
        }
    }
    return ~ (sum & 0xFFFF);
}

```

Sięci Komputerowe

### Cykliczny Kod Nadmiarowy (CRC)

Ciąg bitów reprezentowany przez wielomian, np.  
10011010

$$M(x) = 1 \times x^7 + 0 \times x^6 + 0 \times x^5 + 1 \times x^4 + 1 \times x^3 + 0 \times x^2 + 1 \times x^1 + 0 \times x^0$$

1. Ustalamy wielomian  $C(x)$  o rzędzie  $k$  – dzielnik, o pewnej długości (np. Ethernet – 32bitowy).
2. Jeżeli  $M(x)$  ma długość  $n+1$  dodajemy do niego  $k$  dodatkowych bitów, tworząc wielomian  $P(x)$ .
3. Wielomian ten ma być bez reszty podzielny przez  $C(x)$  – jeśli tak będzie po stronie odbiorcy to wiadomość nie uległa zniszczeniu.

Sięci Komputerowe

### Dzielenie „bitowych” wielomianów

Dowolny wielomian  $B(x)$  może być podzielony raz przez  $C(x)$  gdy  $B(x)$  jest takiego samego rzędu jak  $C(x)$ . Resztę z dzielenia  $B(x)$  przez  $C(x)$  otrzymuje się odejmując  $C(x)$  od  $B(x)$  – operację tą przeprowadza się przez bitowy XOR  $B(x)$  i  $C(x)$ .

Przykład:  
 $B(x) = x^3 + 1$   
 $C(x) = x^3 + x^2 + 1$   
 Podzielne (ten sam rząd).  
 Reszta =  $0x^3 + 1xx^2 + 0xx^1 + 0xx^0 = x^2$

Sięci Komputerowe

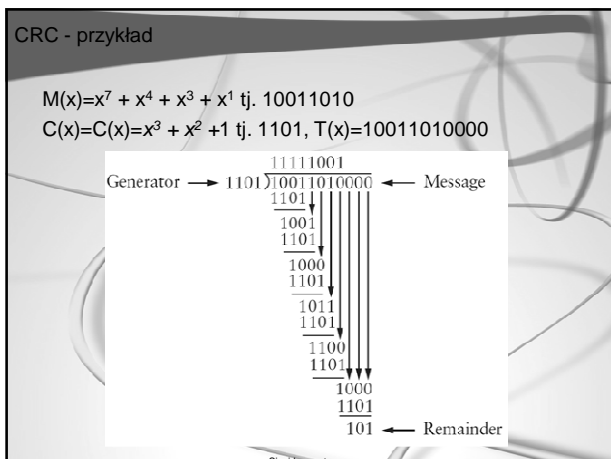
### Realizacja CRC

Jak na podstawie  $M(x)$  stworzyć wielomian podzielny bez reszty przez  $C(x)$ ?

1. Wymnóż  $M(x)$  przez  $x^k$ , tj. dodajemy zera na końcu wiadomości, otrzymując nowy wielomian  $T(x)$ .
2. Podziel  $T(x)$  przez  $C(x)$  i znajdź resztę
3. Odejmij resztę od  $T(x)$

Otrzymany wielomian jest bez reszty podzielny przez  $C(x)$ .

Sięci Komputerowe



### CRC – dzielniki

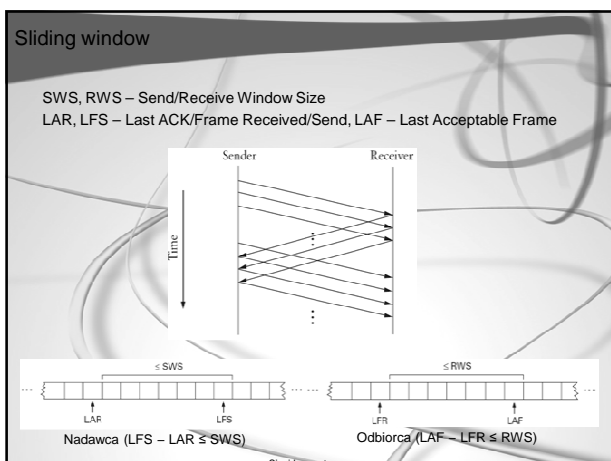
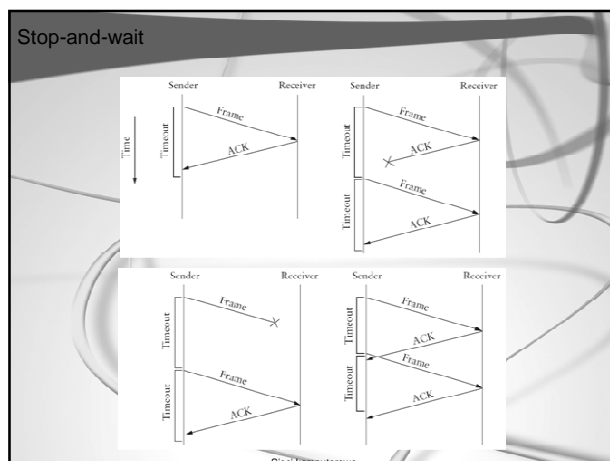
CRC	$C(x)$
CRC-8	$x^8 + x^2 + x^1 + 1$
CRC-10	$x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x^1 + 1$
CRC-12	$x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + 1$
CRC-16	$x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
CRC-CCITT	$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
CRC-32	$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

### Niezawodna transmisja

Aby zapewnić niezawodność transmisji używa się potwierżeń (ang. acknowledgements, ACK) i czasów przekroczenia operacji (ang. timeout).

Algorytmy które wykorzystują te elementy w celu niezawodnego przesyłania komunikatów (tzw. ARQ tj. *automatic repeat request*) to między innymi:

- stop-and-wait
- sliding window



**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!**

NASTĘPNY WYKŁAD:  
**SIECI ETHERNET**