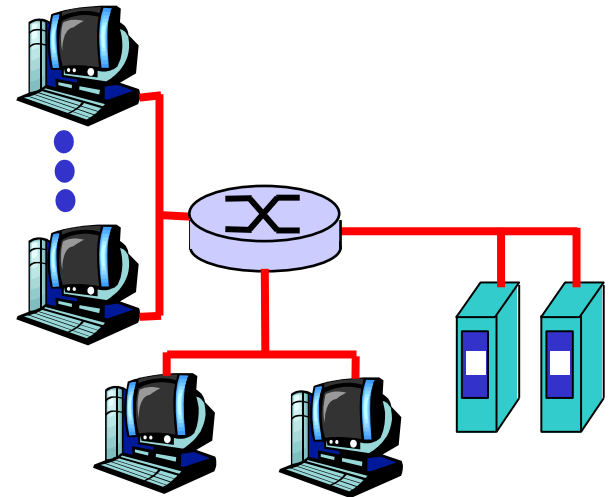


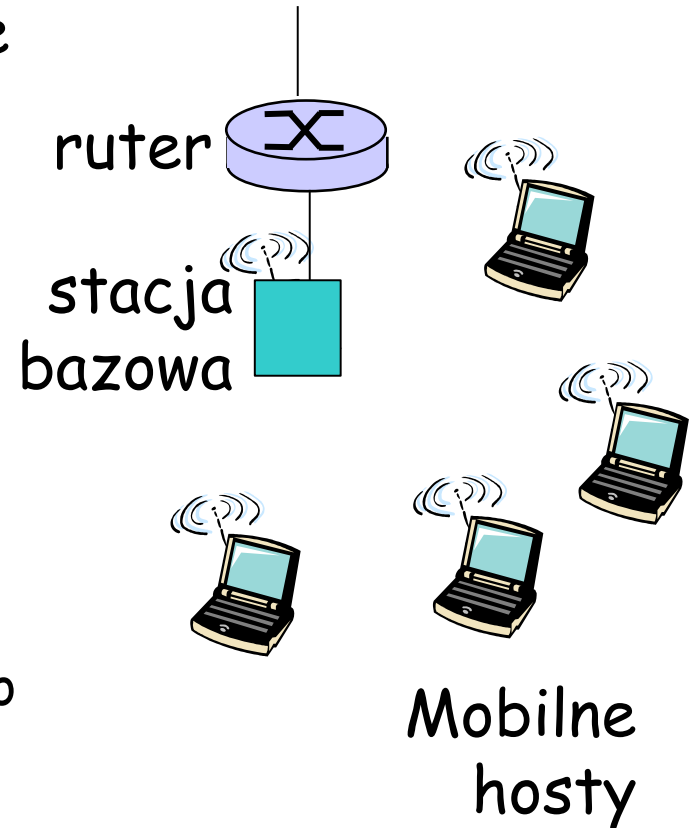
# Instytucjonalne sieci dostępowe: sieci lokalne (LAN)

- ❑ Firmowa/universytecka **sieć lokalna** (LAN) łączy systemy końcowe z ruterem
- ❑ **Ethernet:**
  - Współdzielone lub dedykowane łącze
  - 10 Mb/s, 100Mb/s, Gigabit Ethernet
- ❑ **instalacja:** w instytucjach; domowe sieci lokalne są coraz częściej spotykane
- ❑ Sieci lokalne: oddzielna część wykładu



# Bezprzewodowe sieci dostępne

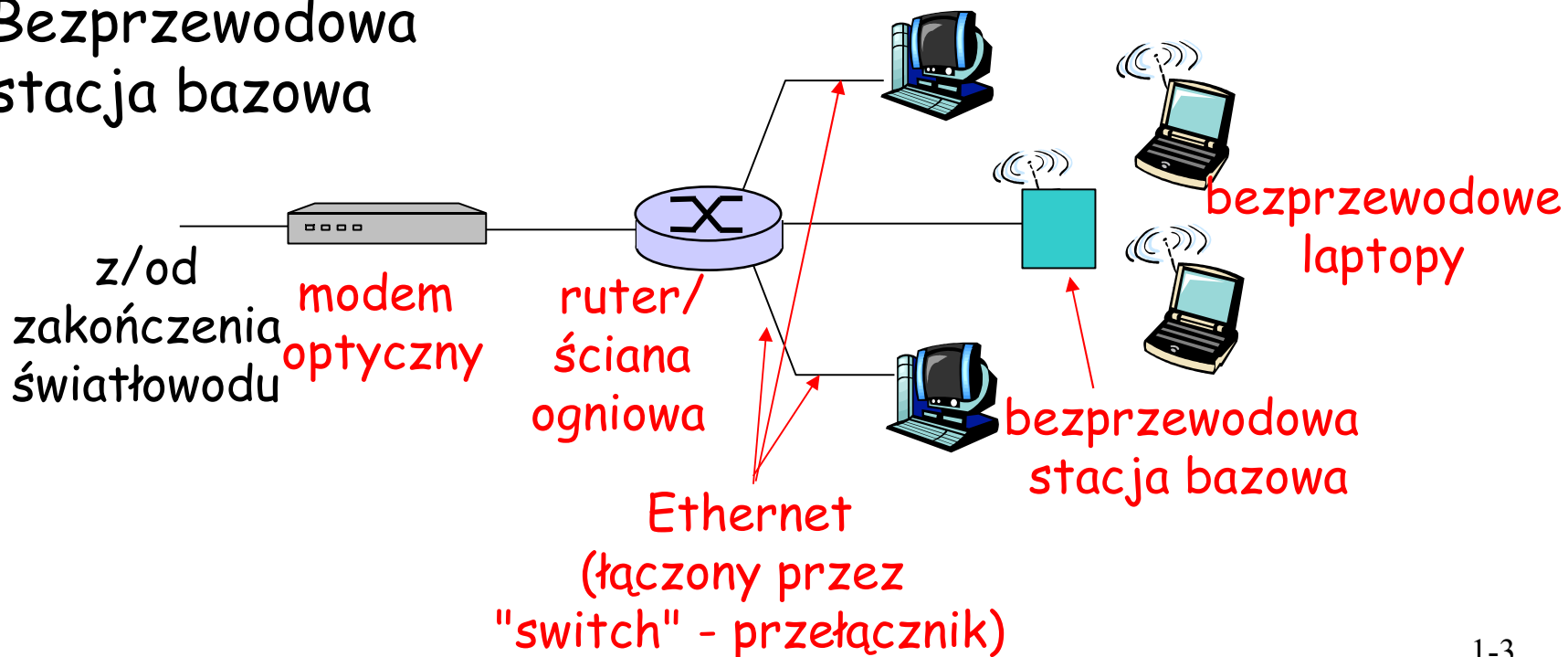
- współdzielona *bezprzewodowa sieć* dostępowa łączy systemy końcowe z ruterem
  - Przez stację bazową, czyli "access point"
- **Bezprzewodowe sieci lokalne:**
  - 802.11b (WiFi): do 11 Mb/s
  - 802.11g: do 54 Mb/s
- **Dostęp bezprzewodowy o większym zasięgu**
  - Przez operatora telekomunikacyjnego
  - WAP/GPRS w Europie
  - UMTS? Kolejne generacje?



# Sieci domowe

## Typowe składniki sieci domowej:

- ❑ Modem ADSL lub optyczny
- ❑ ruter/ściana ogniowa/translacja adresów (NAT)
- ❑ Ethernet
- ❑ Bezprzewodowa stacja bazowa



# Media fizyczne

- ❑ **Bit:** propagowany pomiędzy parami nadawca/odbiorca
- ❑ **Łącze fizyczne:** pomiędzy parą nadawca/odbiorca
- ❑ **Media przewodowe:**
  - Sygnały propagowane w solidnym medium: miedź, światłowód, koncentryk
- ❑ **Media bezprzewodowe:**
  - Sygnały propagowane bez przeszkód: radio

## Skretka

- ❑ Dwa izolowane druty miedziane
  - Kategoria 3: tradycyjne druty telefoniczne, Ethernet 10 Mb/s
  - Kategoria 5 TP: Ethernet 100Mb/s
  - Różne rodzaje kabli: UTP, FTP, S-FTP, STP



# Media fizyczne: koncentryk, światłowód

## Kabel koncentryczny:

- ❑ Dwa koncentryczne przewodniki miedziane
- ❑ dwukierunkowy
- ❑ pasmo podstawowe:
  - jeden kanał na kablu
  - stary Ethernet
- ❑ pasmo rozszerzone:
  - wiele kanałów na kablu
  - HFC (Hybrid Fiber Cable)



## Światłowód:

- ❑ Szklane włókno przekazujące impulsy światła, każdy impuls to bit
- ❑ Wysoka szybkość:
  - szybka transmisja punkt-punkt (n.p., 5 Gb/s)
- ❑ mała stopa błędów: wzmacniacze daleko od siebie; odporność na zakłócenia



# Media fizyczne: radio

- ❑ całe spektrum radiowe
- ❑ brak "kabla"
- ❑ dwukierunkowe
- ❑ wpływ środowiska na propagację sygnału:
  - odbicie
  - zasłonięcie
  - interferencja (zakłócenia sygnału)

## Rodzaje łącz radiowych:

- ❑ **mikrofale**
  - n.p. do 45 Mb/s
- ❑ **sieć lokalna LAN**
  - 2Mb/s, 11Mb/s, 54Mb/s
- ❑ **sieć rozległa (komórkowa)**
  - n.p. 3G: rzędu 100 kb/s
- ❑ **satelitarne**
  - kanał do 50Mb/s (lub wiele mniejszych)
  - opóźnienie koniec-koniec około 270 ms
  - geosynchroniczne lub na niskich orbitach (LEOs)

# Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępowa i media fizyczne

1.5 Struktura Internetu / dostawcy Internetu (DI)

1.6 Opóźnienia i straty w sieciach z komutacją pakietów

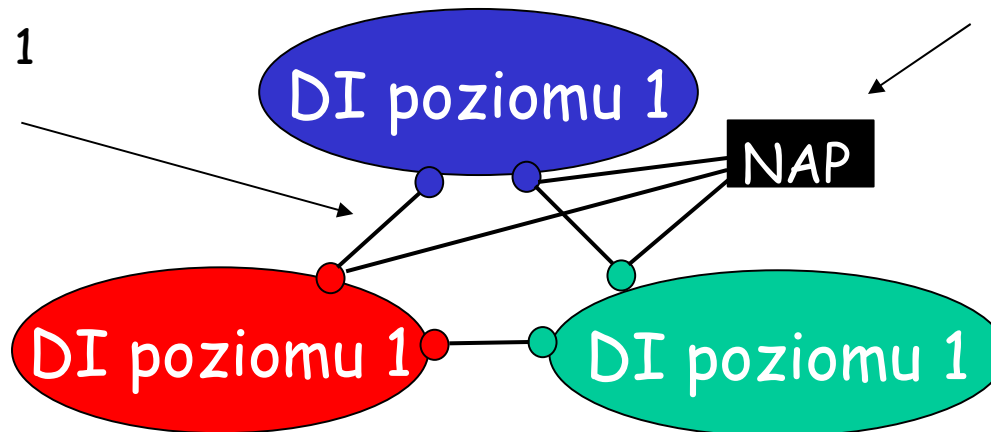
1.7 Warstwy sieci, modele usług

1.8 Historia

# Struktura Internetu: sieć sieci

- z grubsza hierarchiczna
- w centrum: dostawcy "poziomu 1" (TP S.A., Sprint, AT&T), zasięg narodowy lub międzynarodowy
  - traktują się równorzędnie

Dostawcy poziomu 1 łączą się ze sobą prywatnie (tzw. "peering relationship")

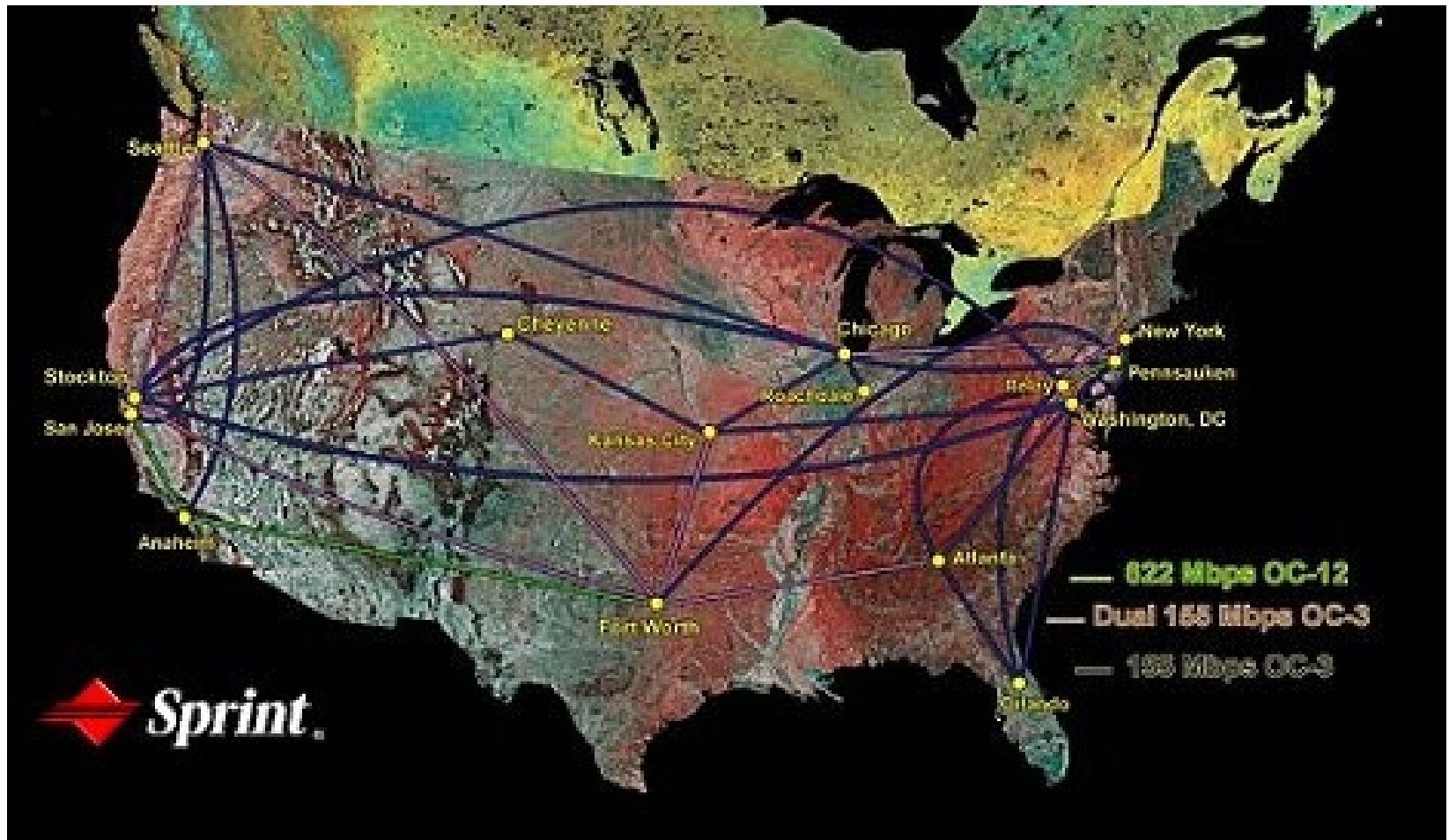


Dostawcy poziomu 1 łączą się ze sobą przez publiczne punkty dostępu do sieci (ang. network access points, NAPs)



# Dostawca poziomu 1: n.p., Sprint

## Sieć szkieletowa Sprint w USA

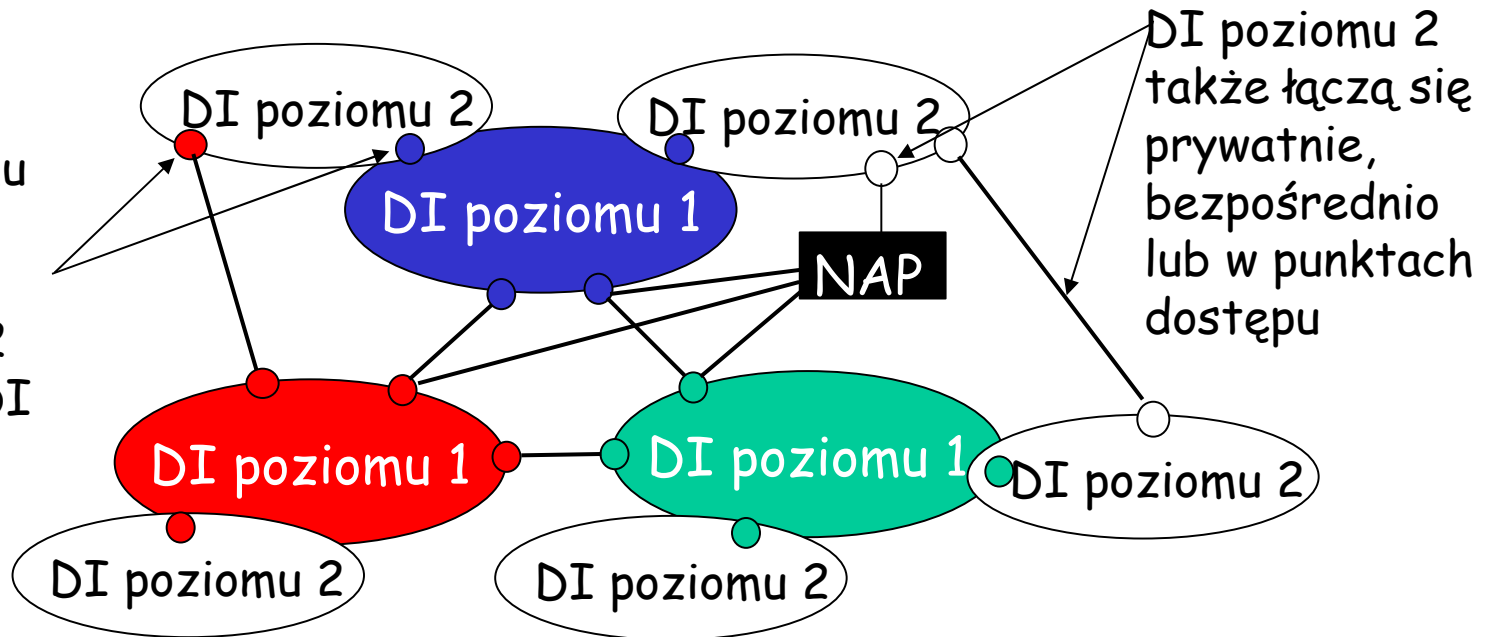


# Struktura Internetu: sieć sieci

## □ Dostawcy poziomu 2: mali (często regionalni) DI

- łączą się z jednym lub więcej DI poziomu 1, mogą także łączyć się z innymi dostawcami "poziomu 2"

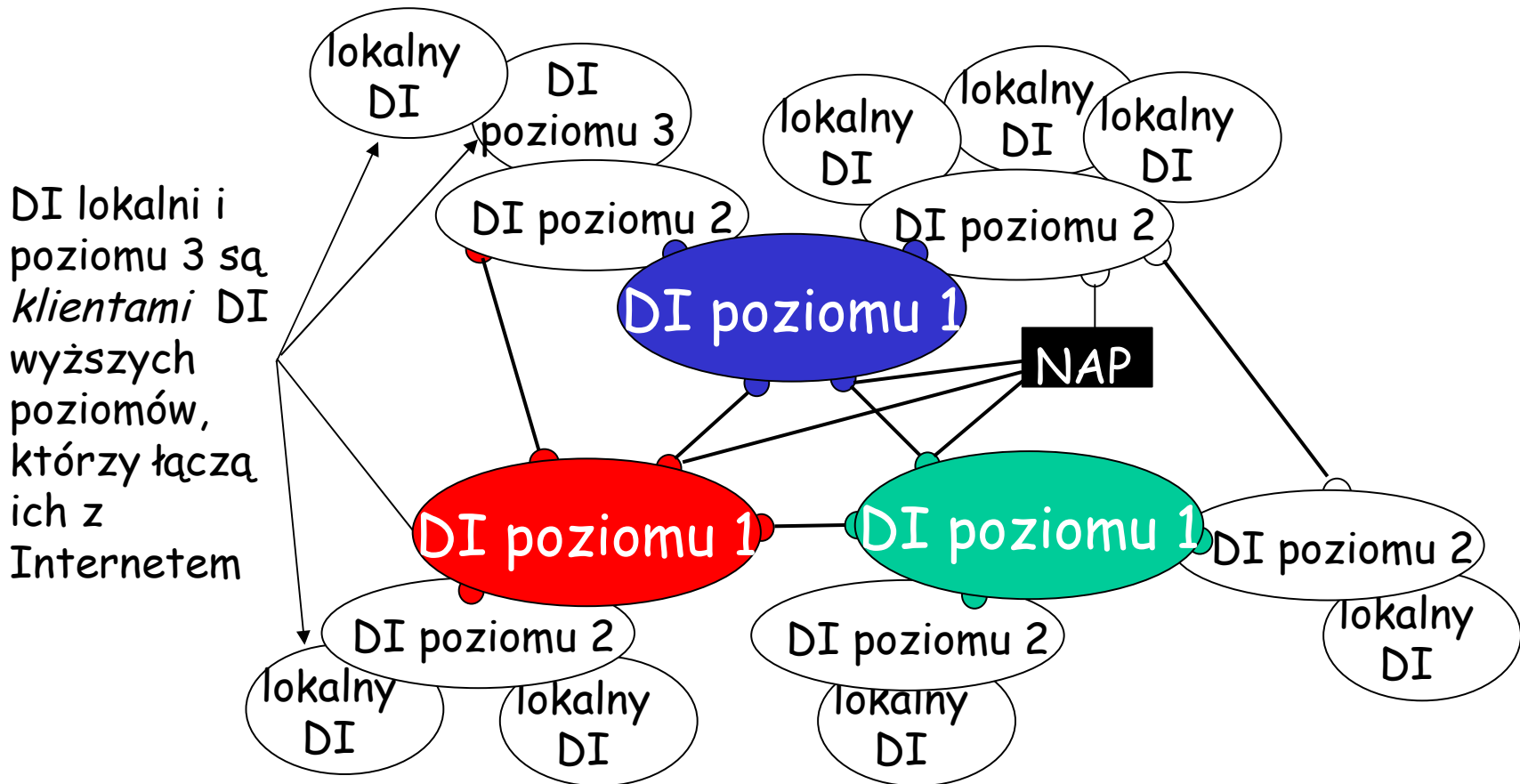
DI poziomu 2  
płaci DI poziomu  
1 za łączność z  
Internetem  
□ DI poziomu 2  
jest *klientem* DI  
poziomu 1



# Struktura Internetu: sieć sieci

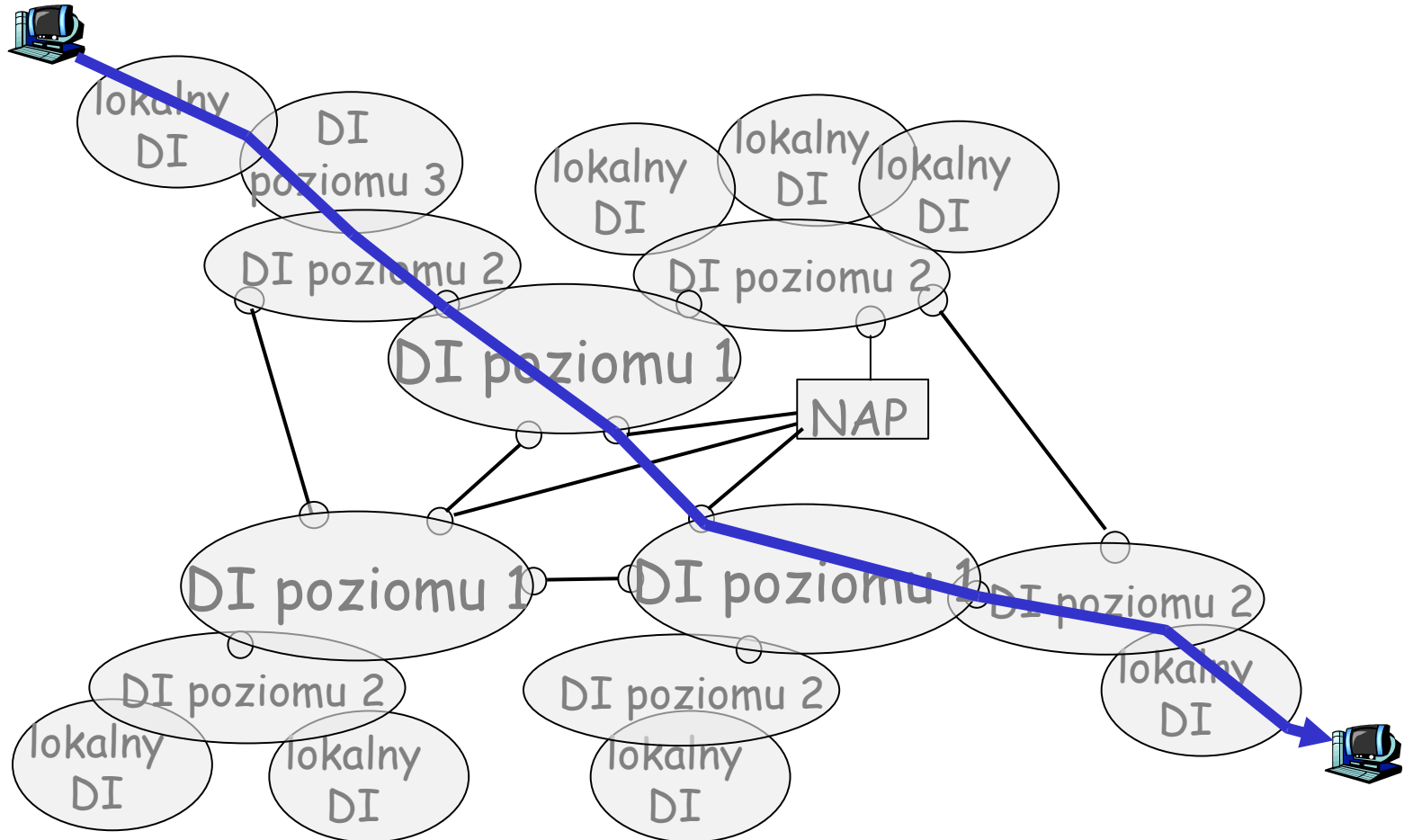
## □ DI poziomu 3 i lokalni DI

- sieci dostępne (najbliższe systemów końcowych)



# Struktura Internetu: sieć sieci

- pakiet musi przejść przez wiele sieci!



# Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępowa i media fizyczne

1.5 Struktura Internetu / dostawcy Internetu (DI)

1.6 Opóźnienia i straty w sieciach z komutacją pakietów

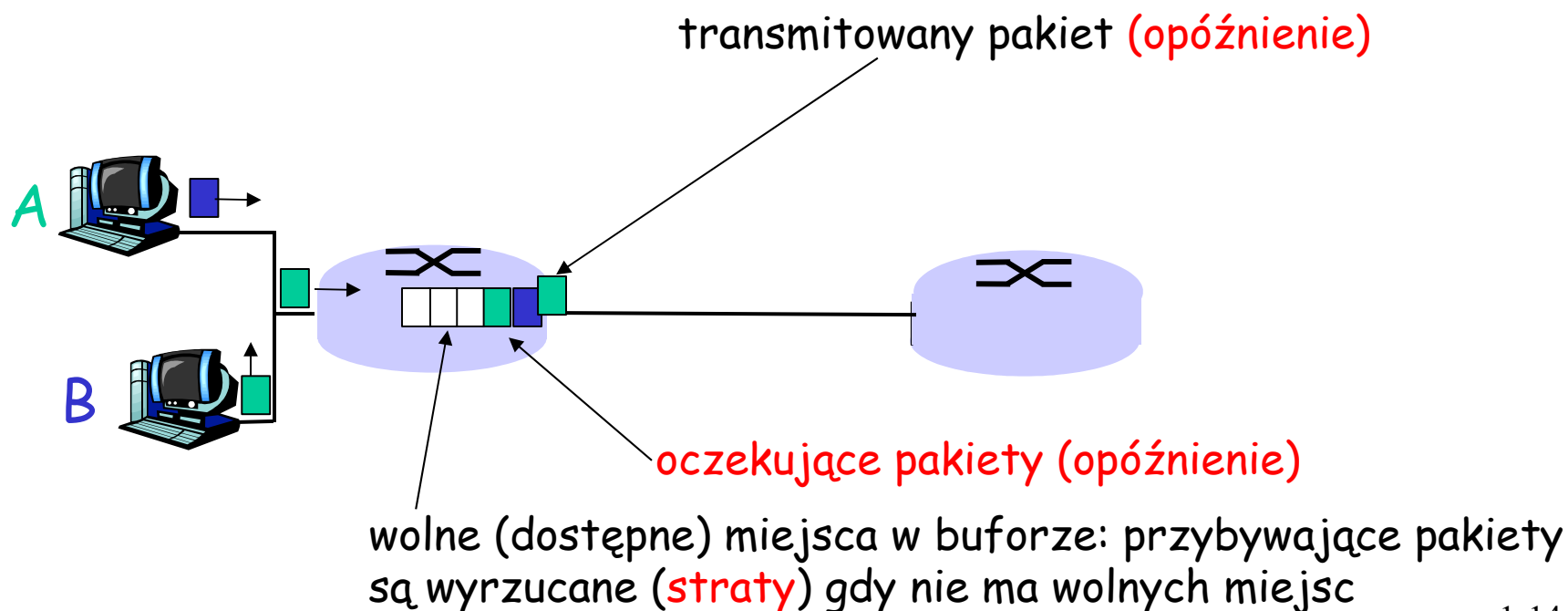
1.7 Warstwy sieci, modele usług

1.8 Historia

# Jak dochodzi do opóźnień i strat?

pakiety oczekują w buforach ruterów

- szybkość przybywania pakietów przekracza przepustowość łącza wyjściowego
- pakiety czekają na swoją kolej



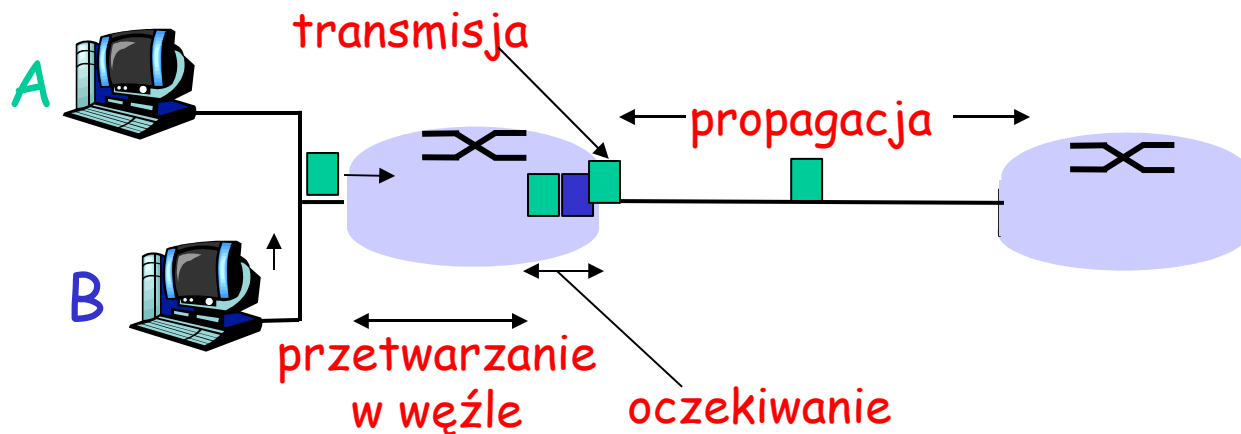
# Cztery źródła opóźnienia pakietów

## ❑ 1. przetwarzanie w węzłach:

- sprawdzenie błędów bitowych
- określenie interfejsu (łącza) wyjściowego

## ❑ 2. oczekiwanie w kolejce

- czas oczekiwania na transmisję na łączu wyjściowym
- zależy od przeciążenia w routerze



# Opóźnienie w sieciach z komutacją pakietów

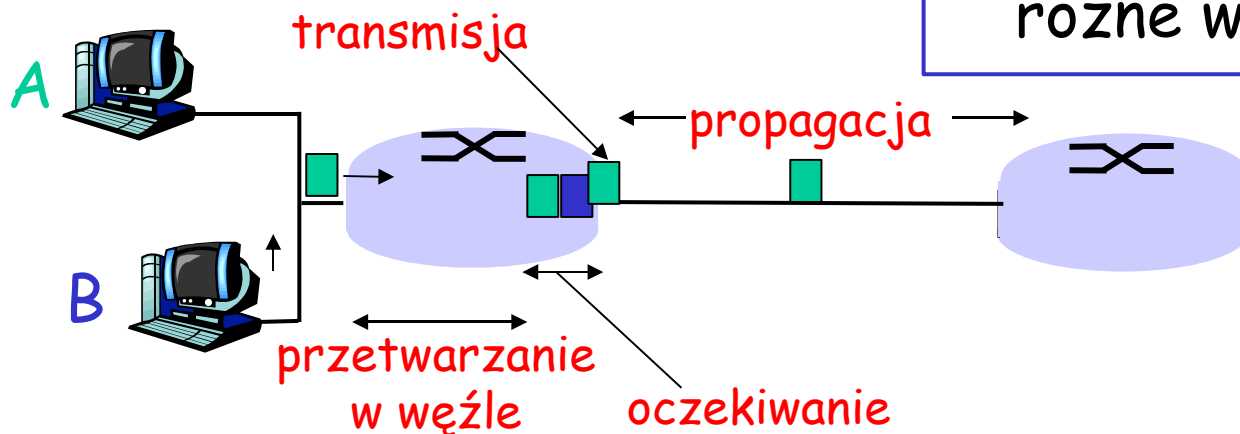
## 3. Opóźnienie transmisji:

- $R$  = przepustowość łącza (b/s)
- $L$  = długość pakietu (bity)
- czas na wystąpienie bitów na łączu =  $L/R$

## 4. Opóźnienie propagacji:

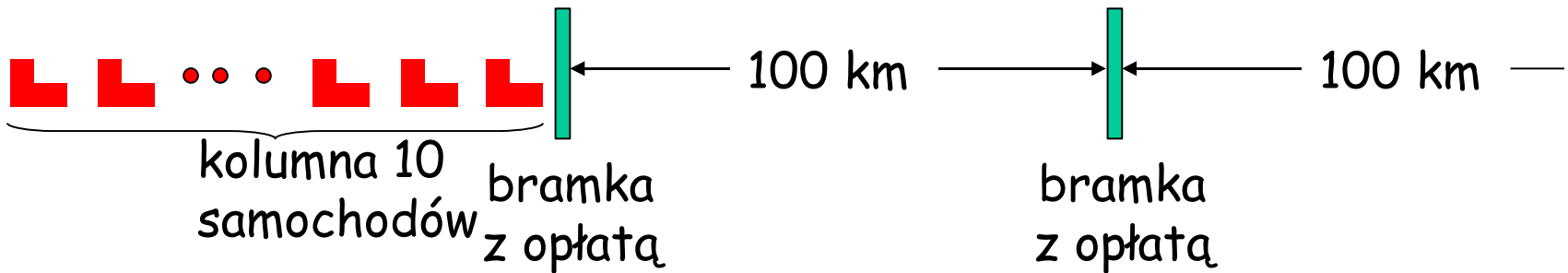
- $d$  = długość fizycznego łącza
- $s$  = czas propagacji w medium ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- opóźnienie propagacji =  $d/s$

**Uwaga:**  $s$  i  $R$  to zupełnie różne wielkości!



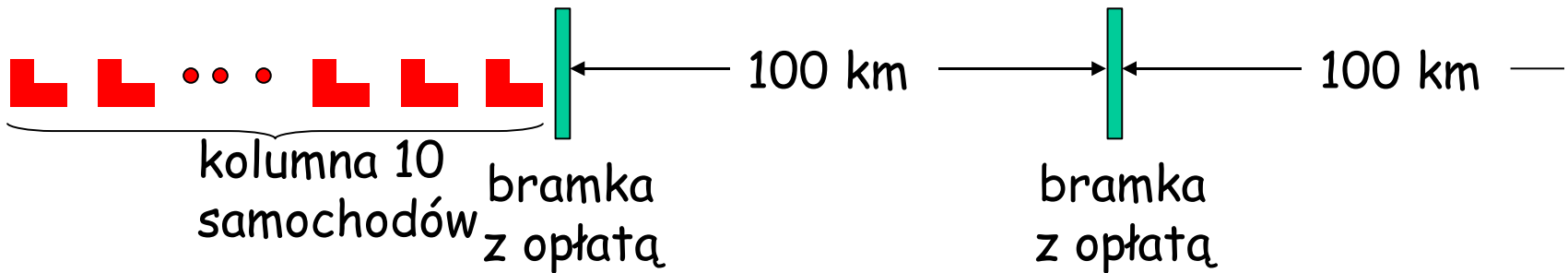


# Analogia samochodowa



- ❑ Samochody "propagują" się z prędkością 100 km/h
- ❑ Bramka obsługuje samochód przez 12 sec (czas transmisji)
- ❑ samochód ~ bit;  
kolumna ~ pakiet
- ❑ Pytanie: Kiedy kolumna dotrze do drugiej bramki?
- ❑ Czas na przepuszczenie całej kolumny przez bramkę =  $12 \cdot 10 = 120$  s
- ❑ Czas na przejazd ostatniego samochodu do drugiej bramki:  
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$  h
- ❑ **Odpowiedź: 62 minuty**

# Analogia samochodowa (część 2)



- ❑ Teraz samochody "propagują" się z prędkością 1000 km/h
- ❑ Bramka obsługuje samochód przez 1 min
- ❑ **Pytanie: Czy samochody dotrą do 2 bramki, zanim ostatni samochód kolumny zostanie obsłużony w pierwszej?**
- ❑ **Tak!** Po 7 min, 1szy samochód w 2 bramce i 3 samochody ciągle w 1.
- ❑ 1szy bit pakietu może dotrzeć do 2giego rutera zanim pakiet będzie w pełni transmitowany przez 1 rutera!
  - Zobacz aplet Ethernet na stronie [http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_3](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_3)

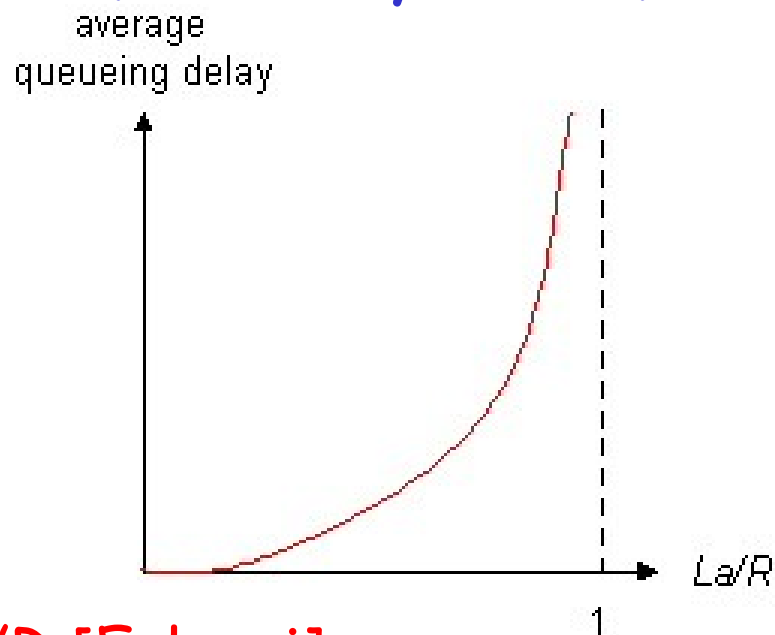
# Opóźnienie w węźle

$$d_{\text{wezel}} = d_{\text{obsługa}} + d_{\text{kolejka}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑  $d_{\text{obsługa}}$  = opóźnienie na przetwarzanie
  - typowo kilka mikrosekund lub mniej
- ❑  $d_{\text{kolejka}}$  = oczekiwanie w kolejce
  - zależy od przeciążenia
- ❑  $d_{\text{trans}}$  = opóźnienie transmisji
  - =  $L/R$ , znaczne na wolnych łączach
- ❑  $d_{\text{prop}}$  = opóźnienie propagacji
  - od kilku mikrosekund do setek milisekund

# Oczekiwanie w kolejce (teoretycznie)

- $R$  = przepustowość łącza (b/s)
- $L$  = długość pakietu (bity)
- $a$  = średnia szybkość przybywania pakietów

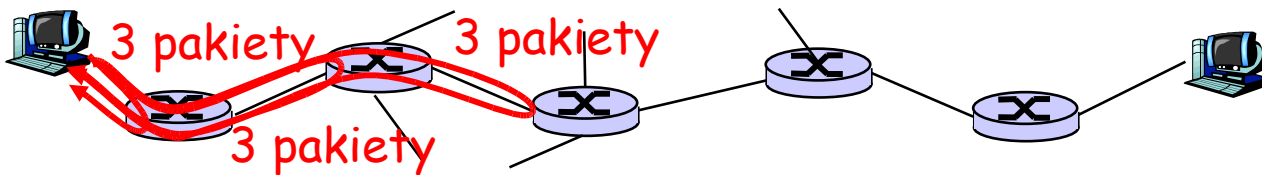


**intensywność ruchu =  $La/R$  [Erlangi]**

- $La/R \sim 0$ : małe średnie oczekiwanie w kolejce
- $La/R \rightarrow 1$ : oczekiwanie bardzo długie
- $La/R > 1$ : więcej pracy niż można obsłużyć, średnie opóźnienie i kolejka nieskończone! W buforze kończą się miejsca, następują straty

# Prawdziwe opóźnienia i straty w Internecie


- ❑ Jak wyglądają "prawdziwe" opóźnienia i straty?
- ❑ program traceroute: mierzy opóźnienie od źródła do rutera na ścieżce koniec-koniec przez Internet do celu. Dla wszystkich  $i$ :
  - wysyła trzy pakiety do rutera  $i$  na ścieżce do celu
  - ruter  $i$  zwraca pakiety do nadawcy
  - nadawca mierzy czas między wysłaniem pakietu i odpowiedzią.



# Prawdziwe opóźnienia i straty w Internecie

**traceroute:** gaia.cs.umass.edu do www.eurecom.fr

Trzy pomiary opóźnień od  
gaia.cs.umass.edu do cs-gw.cs.umass.edu



```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

łącze  
transoceaniczne

\* brak odpowiedzi (zgubiony pakiet, ruter nie odpowiada)

# Straty pakietów

- ❑ kolejka (inaczej bufor) ma skończoną wielkość
- ❑ gdy pakiet przybywa do pełnego bufora, jest wyrzucany (czyli tracony)
- ❑ stracone pakiety mogą być retransmitowane przez poprzedni węzeł, przez system końcowy źródła, lub wcale

# Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępowa i media fizyczne

1.5 Struktura Internetu / dostawcy Internetu (DI)

1.6 Opóźnienia i straty w sieciach z komutacją pakietów

1.7 Warstwy sieci, modele usług

1.8 Historia



# "Warstwy" protokołów

## Sieci są złożone!

- wiele "składników":
  - hosty
  - rutery
  - łącza różnych mediów
  - aplikacje
  - protokoły
  - sprzęt, oprogramowanie

## Pytanie:

*Czy można zorganizować strukturę sieci?*

*Lub przynajmniej nasze rozważania o sieciach?*

# Organizacja podróży lotniczych



□ kolejne kroki

# Organizacja podróży lotniczej: inny punkt widzenia

bilet (zakup)	bilet (skarga)
bagaż (oddanie)	bagaż (odbiór)
bramka (załadowanie)	bramka (rozładowanie)
start z pasa	lądowanie na pasie
ustalanie trasy samolotu ustalanie trasy samolotu ustalanie trasy samolotu	

**Warstwy:** każda warstwa implementuje usługę

- poprzez czynności wewnątrz warstwy
- w oparciu o usługi udostępniane przez niższą warstwę

# Warstwowe podróże lotnicze: usługi

Dostarczanie osób i bagażu od stanowiska do stanowiska

Dostarczanie bagażu pomiędzy punktami odbioru bagażu

Dostarczanie osób od bramki odlotu do bramki przylotu

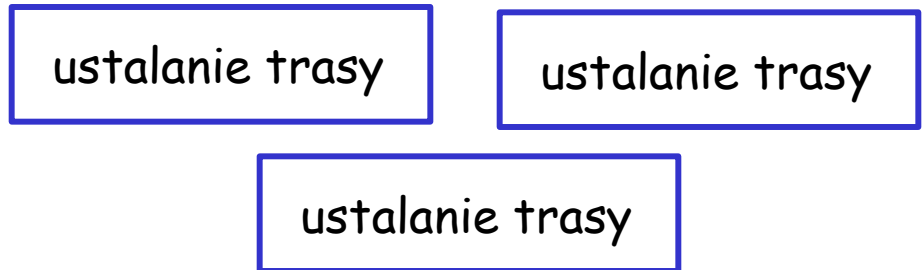
Dostarczenie samolotu od pasa do pasa

ustalanie trasy samolotu od początku do celu podróży

# Rozproszona implementacja funkcjonalności warstw



## pośrednie punkty kontroli lotów



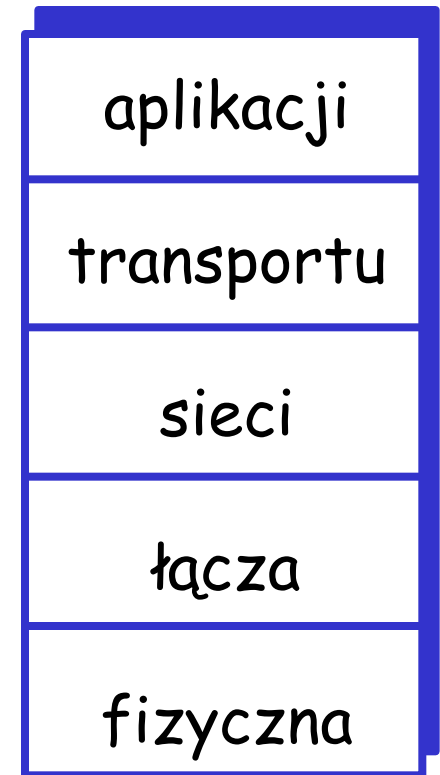
# Dlaczego warstwy?

Radzenie sobie ze złożonymi systemami:

- ❑ wyraźna struktura pozwala na identyfikację, ustalenie zależności składników złożonego systemu
  - warstwowy **model odniesienia** dla rozważań
- ❑ modularyzacja ułatwia utrzymanie, aktualizację systemu
  - zmiana implementacji usług warstwy jest przezroczysta dla reszty systemu
  - n.p., zmiana procedury w bramkach nie wpływa na resztę systemu
- ❑ niekiedy dzielenie na warstwy może być szkodliwe?

# Stos protokołów Internetu

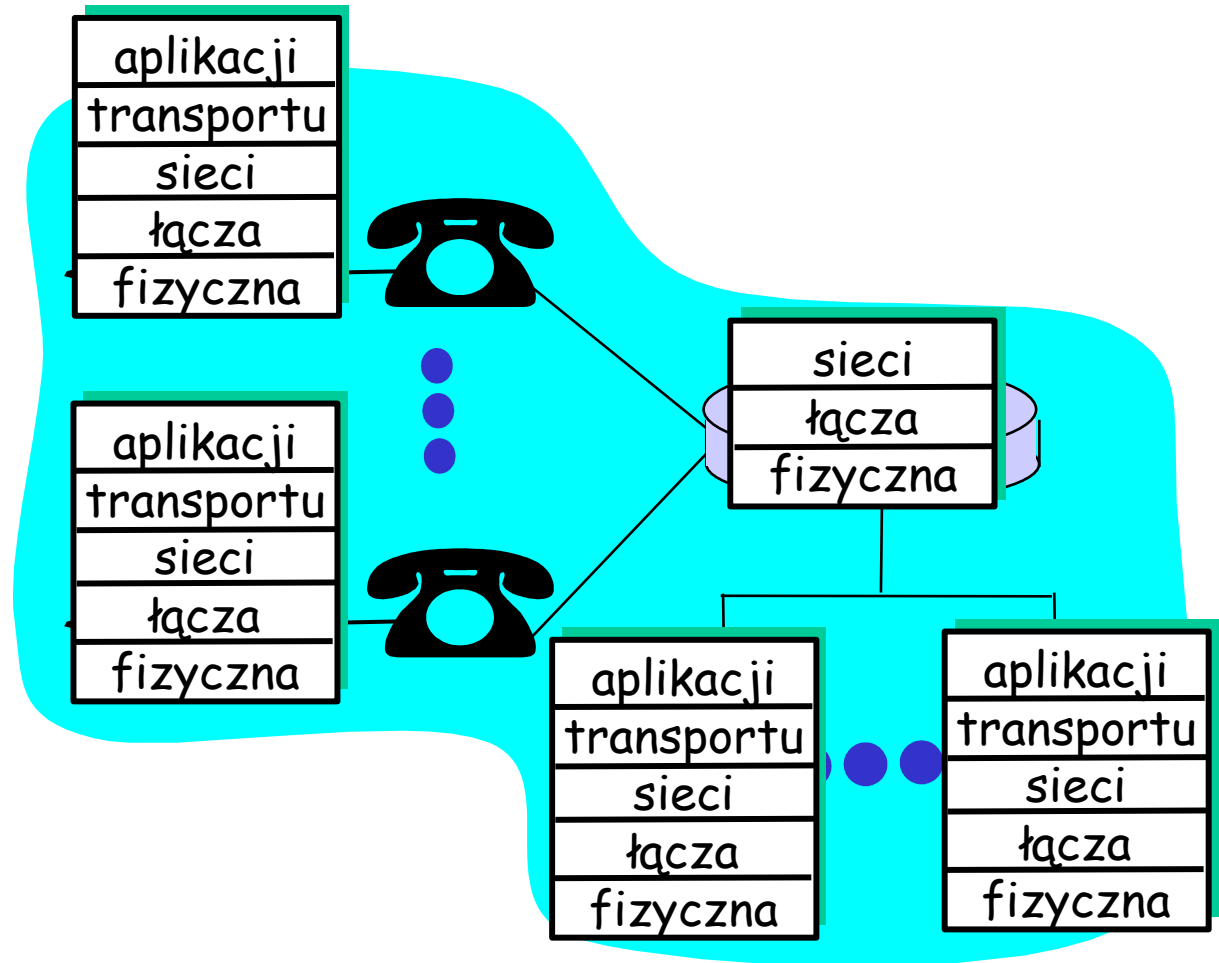
- **aplikacji:** obsługuje aplikacje sieciowe
  - FTP, SMTP, STTP
- **transportu:** komunikacja od hosta do hosta (koniec-koniec)
  - TCP, UDP
- **sieci:** ruting pakietów od nadawcy do odbiorcy
  - IP, protokoły rutingu
- **łącza:** komunikacja pomiędzy sąsiednimi urządzeniami w sieci
  - PPP, Ethernet
- **fizyczna:** bity "w kablu"



# Warstwy: komunikacja logiczna

każda warstwa:

- rozproszona
- "jednostki" implementują funkcje warstwy w każdym węźle
- jednostki wykonują czynności, komunikują się z sąsiadami

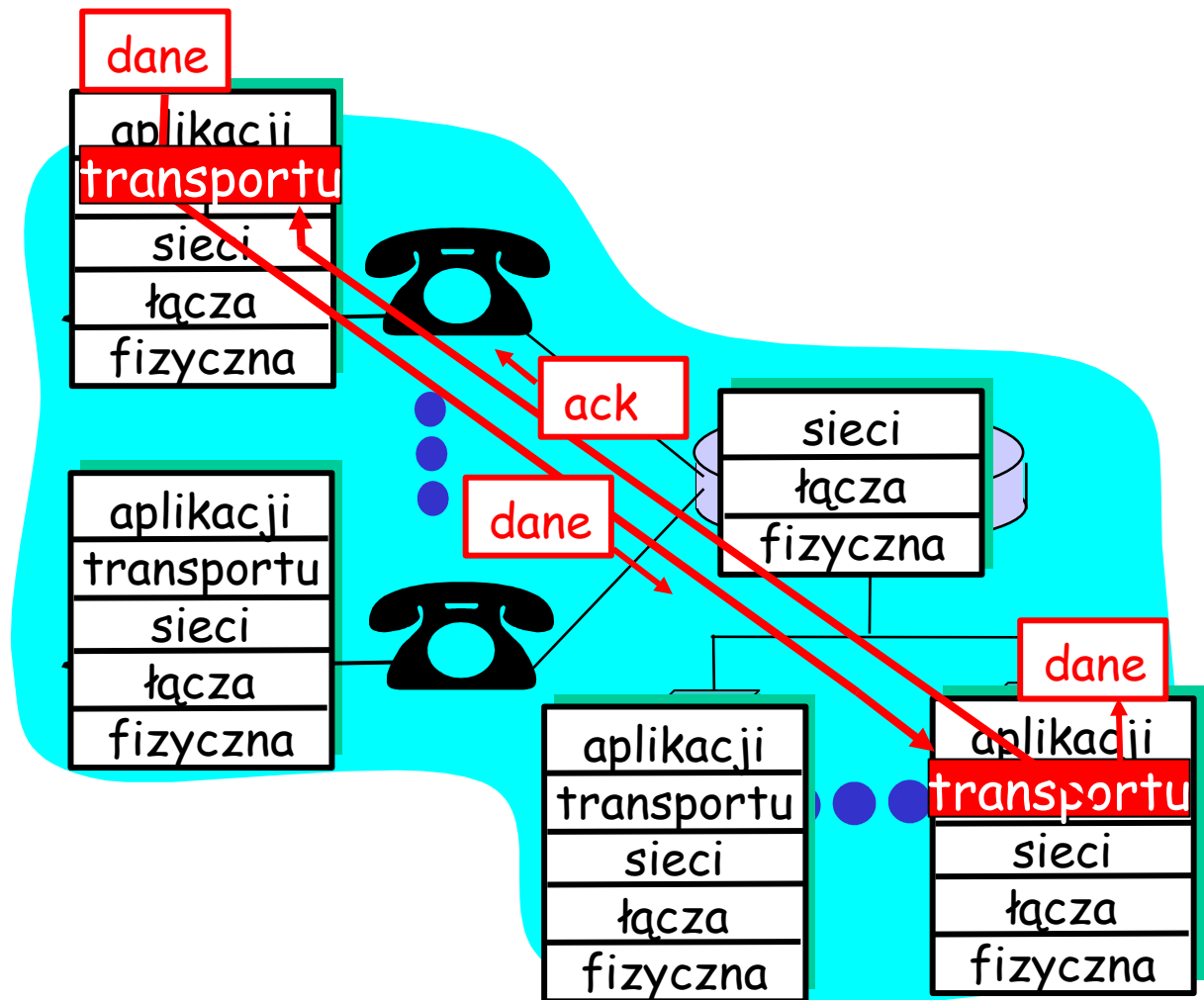




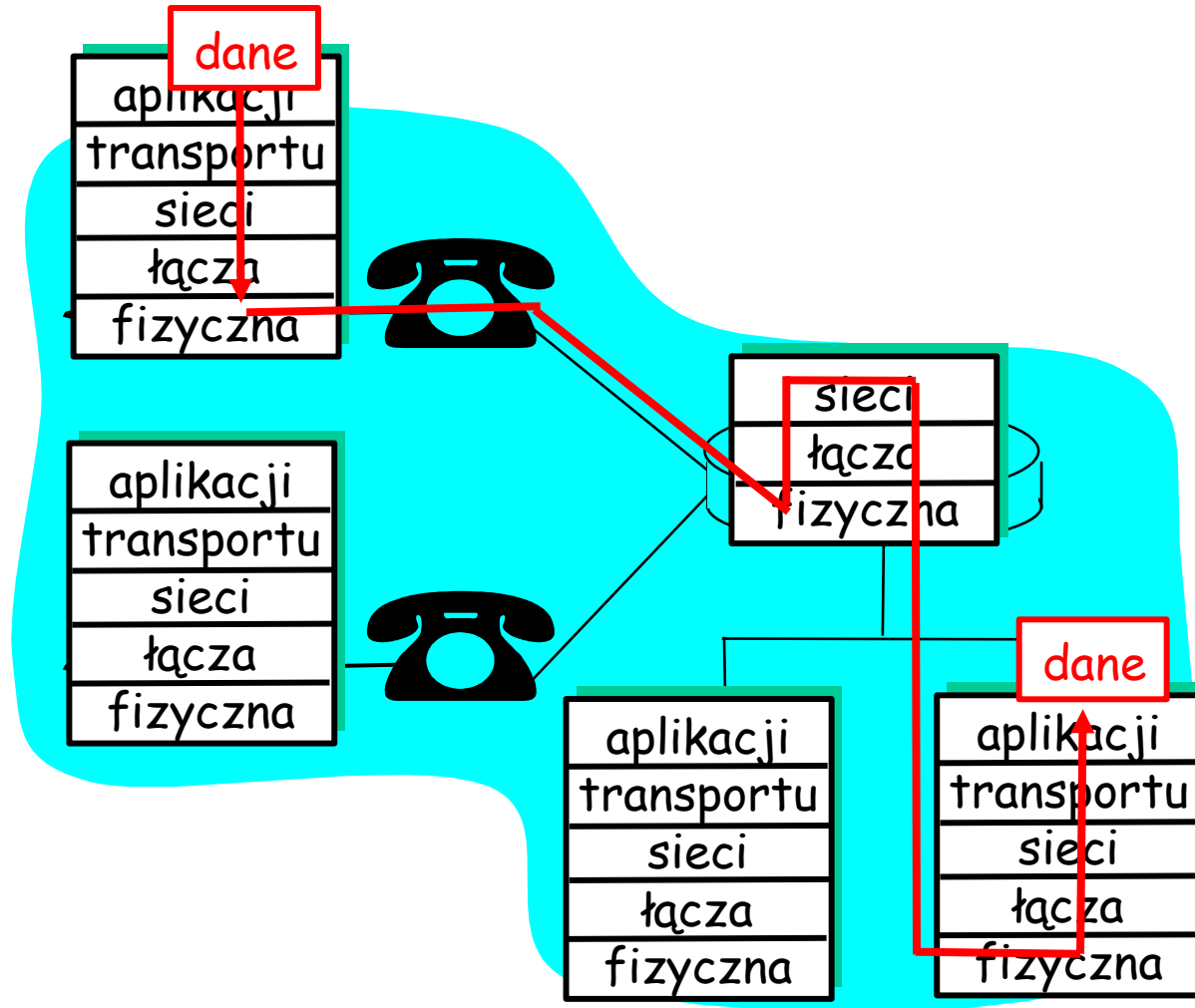
# Warstwy: komunikacja logiczna

## N.p.: transportu

- ❑ weź dane od aplikacji
- ❑ dodaj adres, informację sprawdzającą niezawodność i utwórz "datagram"
- ❑ wyślij datagram do sąsiada
- ❑ zaczekaj aż sąsiad potwierdzi odbiór
- ❑ analogia: poczta



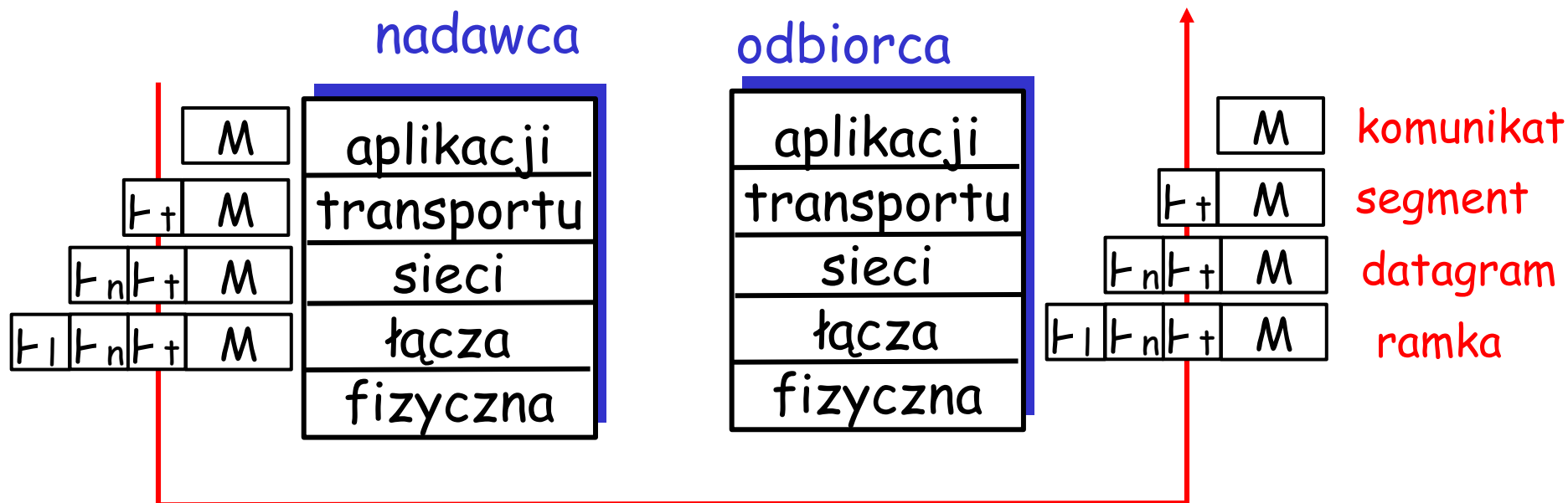
# Warstwy: komunikacja fizyczna



# Warstwy protokołów i informacja

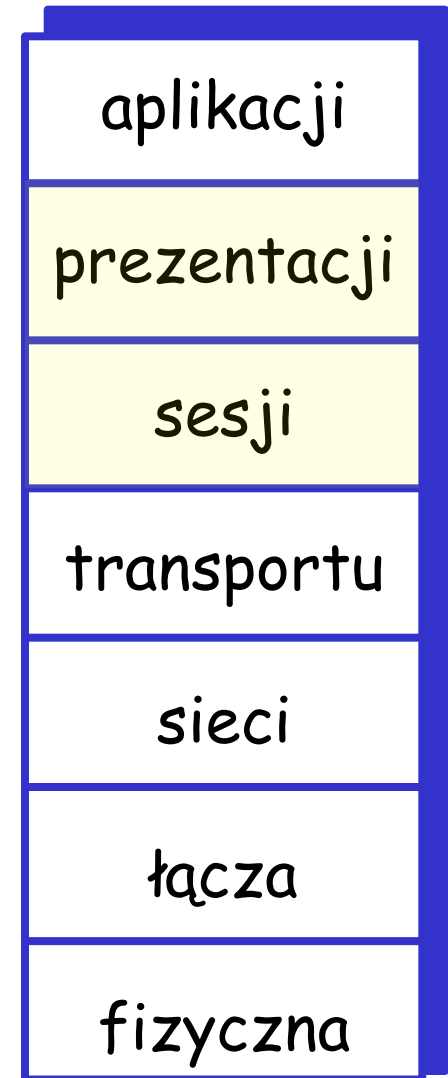
Każda warstwa bierze informację od górnej warstwy

- ❑ dodaje informację nagłówkową i tworzy nową jednostkę informacji
- ❑ przekazuje informacją do niższej warstwy



# Stos protokołów OSI

- ❑ model wprowadzony przez organizację ISO
- ❑ **warstwa prezentacji**: obsługuje konwersje danych dla aplikacji (np. szyfrowanie, adaptacja zawartości, tłumaczenie, zmiana kodowania)
- ❑ **warstwa sesji**: obsługuje stan związany z komunikacją (np. transakcje)
- ❑ **sieci o innych stosach niż TCP/IP**
  - Netware (Novell)                      DECNET (DEC)
  - VINES (Banyan)                      SNA (IBM)
  - Apple Talk (Apple)                      XNS (Xerox)
  - ATM



# Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępowa i media fizyczne

1.5 Struktura Internetu / dostawcy Internetu (DI)

1.6 Opóźnienia i straty w sieciach z komutacją pakietów

1.7 Warstwy sieci, modele usług

1.8 Historia

# Historia Internetu

## *1961-1972: Wczesne badania nad komutacją pakietów*

- 1961: Kleinrock - teoria kolejek pokazuje wydajność komutacji pakietów
- 1964: Baran - komutacja pakietów w sieciach wojskowych
- 1967: ARPAnet stworzona przez Advanced Research Projects Agency
- 1969: pierwszy węzeł ARPAnet rozpoczyna działanie
- 1972:
  - publiczna demonstracja ARPAnet
  - Pierwszy protokół koniec-koniec: NCP (Network Control Protocol)
  - pierwszy program e-mail
  - ARPAnet ma 15 węzłów

# Historia Internetu

## *1972-1980: intersieci, nowe i prywatne sieci*

- ❑ 1970: satelitarna sieć ALOHAnet na Hawajach
- ❑ 1973: praca doktorska Metcalfe'a proponuje Ethernet
- ❑ 1974: Cerf and Kahn - architektura dla intersieci
- ❑ późne 70te: prywatne architektury: DECnet, SNA, XNA
- ❑ późne 70te: komutacja pakietów o ustalonej długości (prekursor ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet ma 200 węzłów

### Zasady intersieci Cerfa and Kahna:

- minimalizm, autonomia - wewnętrzne zmiany nie są potrzebne żeby łączyć sieci
- model usług best-effort
- routery bezstanowe
- rozproszone sterowanie

określają dzisiejszą architekturę Internetu

# Historia Internetu

*1980-1990: nowe protokoły, upowszechnienie sieci*

- ❑ 1983: wdrożenie TCP/IP
- ❑ 1982: definicja protokołu poczty elektronicznej SMTP
- ❑ 1983: definicja DNS dla tłumaczenia nazwa-adres IP
- ❑ 1985: definicja protokołu FTP
- ❑ 1988: kontrola przeciążenia w TCP
- ❑ nowe sieci narodowe: Cernet, BITnet, NSFnet, Minitel (Francja)
- ❑ 100,000 hostów połączonych do konfederacji sieci



# Historia Internetu

## *1990, 2000's: WWW, komercjalizacja, nowe aplikacje*

- ❑ **Wczesne 1990te:** ARPAnet wychodzi z użytku
- ❑ **1991:** NSF znosi ograniczenia na komercyjne wykorzystanie NSFnet (wychodzi z użytku w 1995)
- ❑ **wczesne 1990te:** WWW
  - hipertekst [Bush 1945, Nelson 1960te]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, później Netscape
  - późne 1990te: komercjalizacja WWW

## **Późne 1990te - 2000czne:**

- ❑ nowe aplikacje: instant messaging, partnerskie dzielenie plików (n.p., Napster)
- ❑ bezpieczeństwo sieci staje się najważniejsze
- ❑ około 50 milionów hostów, ponad 100 milionów użytkowników
- ❑ łącza szkieletowe mają przepustowości rzędu Gb/s

# Podsumowanie Wprowadzenia

## Przerobiliśmy "górze" materiału!

- ❑ Przegląd Internetu
- ❑ co to jest protokół?
- ❑ brzeg i szkielet sieci, sieć dostępowa
  - komutacja pakietów a komutacja kanałów
- ❑ struktura Internetu/DI
- ❑ wydajność: straty, opóźnienia
- ❑ modele warstwowe i usług
- ❑ historia

## Macie teraz:

- ❑ kontekst, tło, "czucie" sieci
- ❑ więcej szczegółów, głębsza analiza *nastąpią dalej!*