

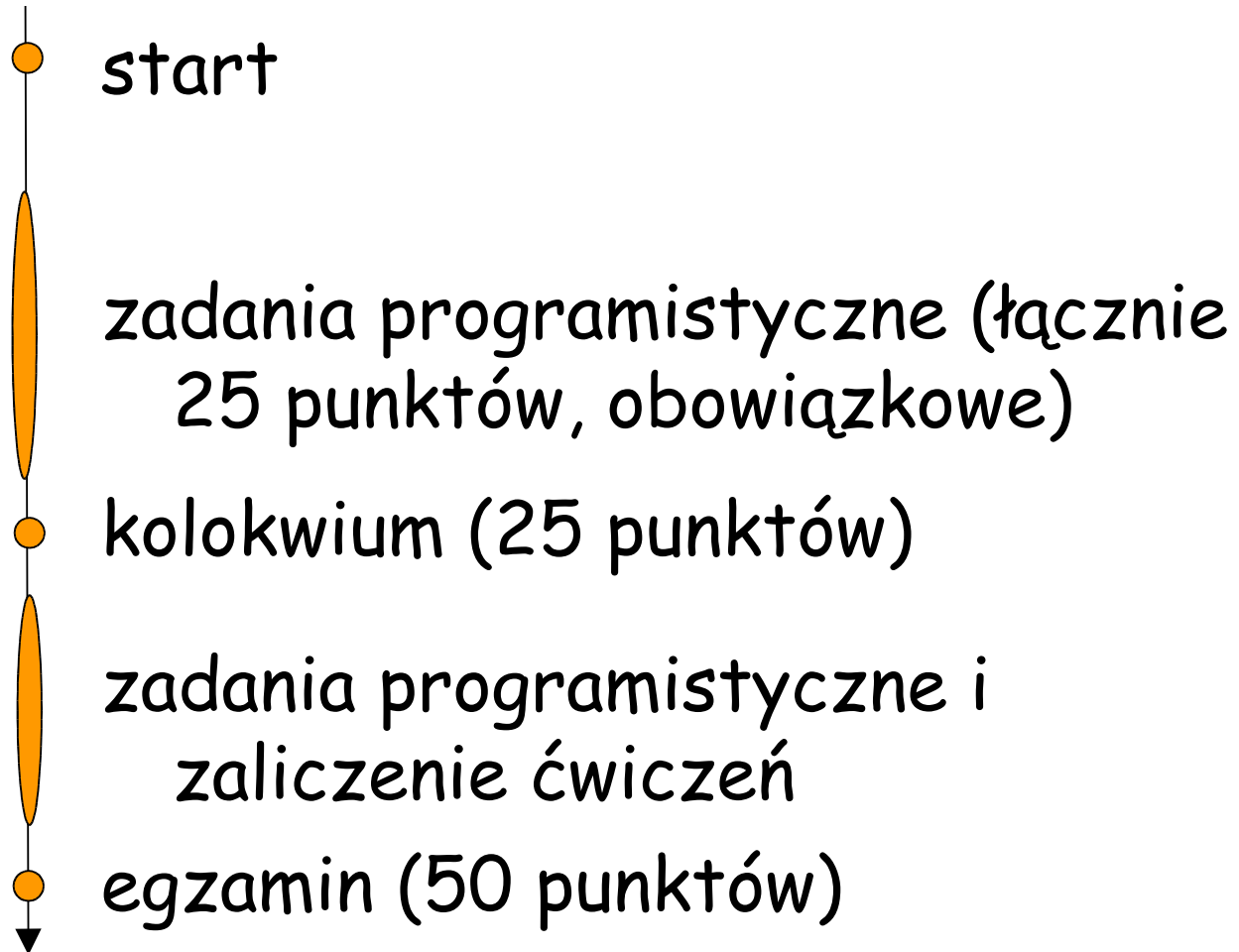
Sieci komputerowe 1

<http://www.sko.pjwstk.edu.pl>

Plan całości wykładu

- ❑ Wprowadzenie (2 wykłady)
- ❑ Warstwa aplikacji (2 wykłady)
- ❑ Warstwa transportu (2-3 wykłady)
- ❑ Warstwa sieci (2-3 wykłady)
- ❑ Warstwa łącza i sieci lokalne (3 wykłady)
- ❑ Podstawy ochrony informacji (2-3 wykłady)
- ❑ jeśli zostanie czasu...
 - sieci radiowe
 - komunikacja audio/wideo
 - zarządzanie sieciami

Plan czasowy wykładu i ćwiczeń



Literatura do wprowadzenia

Rozdział 1, Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, wydanie 2 lub 3

J. Kurose, K. Ross
Addison-Wesley, 2004

Rozdział 1, Programowanie zastosowań sieciowych w systemie Unix,

W. R. Stevens
Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1995

Rozdział 2.2, Sieci komputerowe TCP/IP,
D.E. Comer,
WNT, 1997

Terminologia angielsko/polska

Zasady SKO1:

- ❑ używamy terminologii stosowanej ("uzusu")
- ❑ nie tłumaczymy "na siłę" z angielskiego na polski
- ❑ ważne jest właściwe użycie terminu angielskiego lub polskiego, a nie jego pisownia czy poprawność tłumaczenia
- ❑ na stronach wykładu podamy krótki słownik podstawowych pojęć
- ❑ Polecany słownik:
 - <http://venus.ci.uw.edu.pl/~milek/slowniki/slow.htm>

Wprowadzenie

Cel:

- ❑ przegląd zagadnień sieci komputerowych, rozwinięcie intuicji
- ❑ głębsze i bardziej szczegółowe omówienie będzie później
- ❑ podejście:
 - opisowe
 - Internet jako przykład

Tematy:

- ❑ co to jest Internet
- ❑ co to jest protokół?
- ❑ brzeg sieci
- ❑ szkielet sieci
- ❑ sieć dostępową, media fizyczne
- ❑ struktura Internetu / Dostawcy Internetu (DI, ISP)
- ❑ wydajność: straty, opóźnienie
- ❑ warstwy protokołów, modele usług
- ❑ historia

Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępową 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

Co to jest Internet: spojrzenie "pod maskę"

- miliony połączonych urządzeń obliczeniowych: **hosty, systemy końcowe**

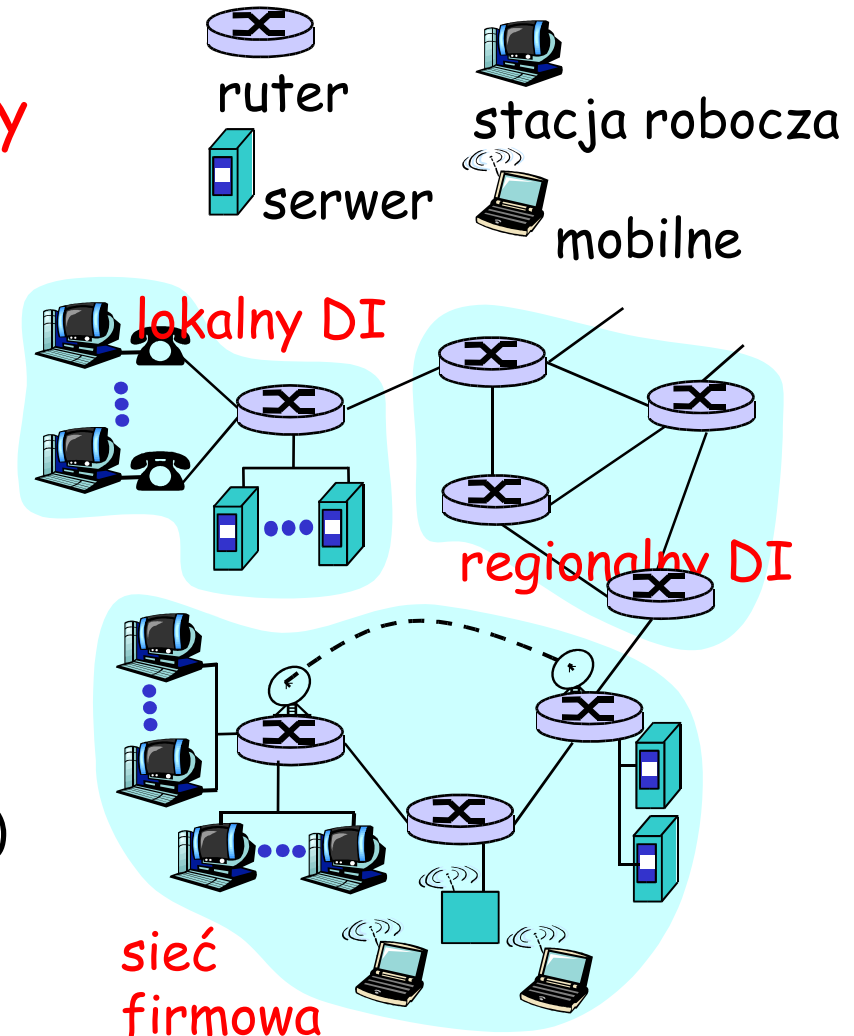
- komputery PC, serwery
- urządzenia PDA, telefony

na których działają **aplikacje sieciowe**

- łącza komunikacyjne**

- optyczne, miedziane, radiowe, satelitarne
- prędkość przesyłania (transmisji) informacji = **przepustowość**

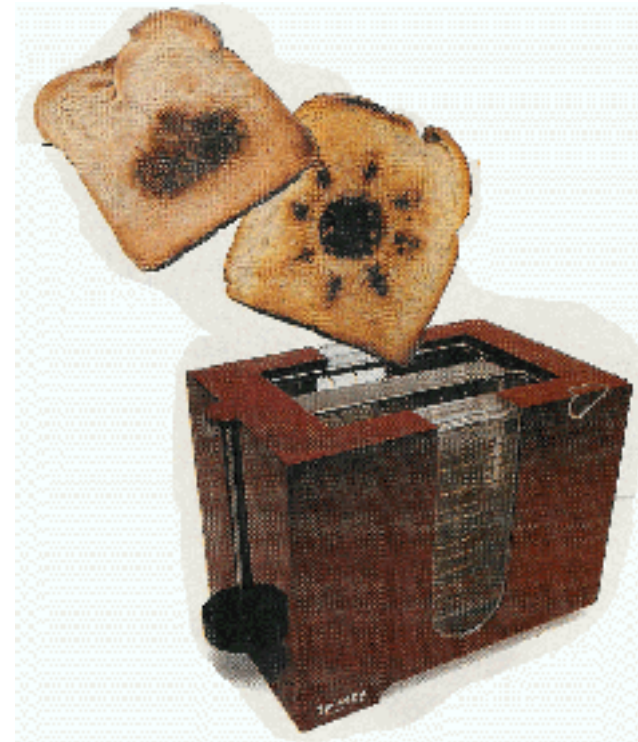
- rutery:** przesyłają pakiety (kawałki informacji)



Urządzenie Internetowe "na topie"



Ramka na zdjęcia IP
<http://www.ceiva.com/>



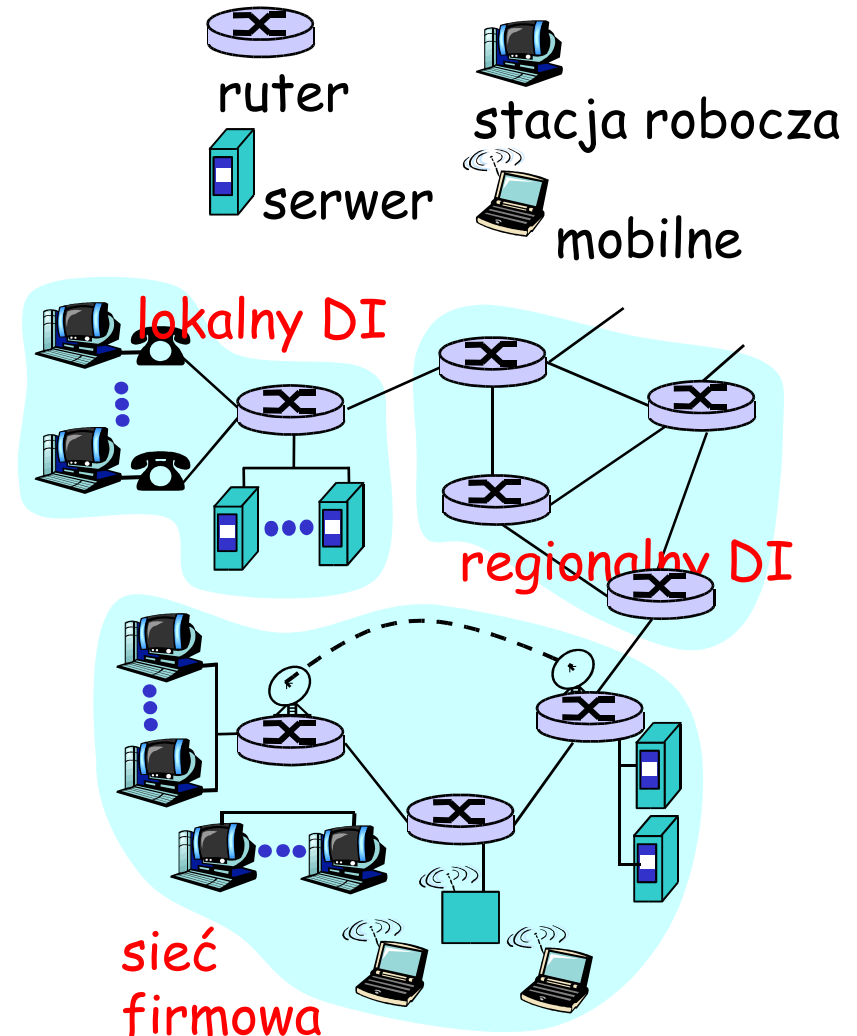
Toster WWW z prognozą pogody



Najmniejszy serwer WWW na świecie
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>

Co to jest Internet: spojrzenie "pod maskę"

- ❑ **protokoły** kontrolują wysyłanie, odbieranie informacji
 - n.p., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- ❑ **Internet: "sieć sieci"**
 - luźno hierarchiczna
 - publiczny Internet i prywatny intranet
- ❑ **standardy Internetowe**
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



Co to jest Internet: spojrzenie na usługi

- **infrastruktura komunikacyjna** umożliwia rozproszone aplikacje:

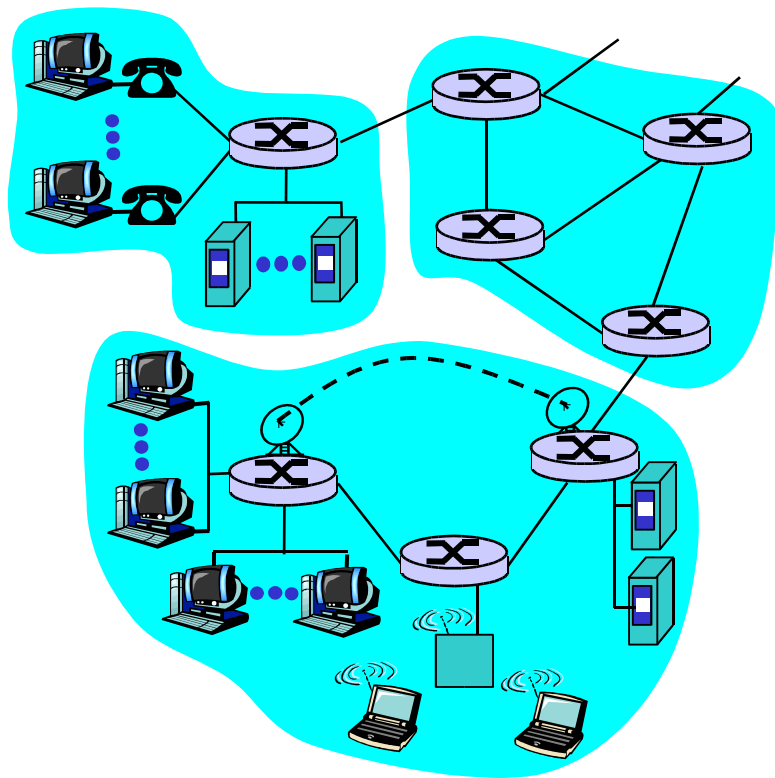
- WWW, email, gry, e-commerce, bazy danych, głosowanie, dzielenie plików (MP3)

- **usługi komunikacyjne** udostępniane aplikacjom:

- bezpołączeniowe
- połączeniowe

- **przestrzeń elektroniczna (cyberspace)** [Gibson]:

"dobrowolna halucynacja doświadczana codziennie przez miliardy użytkowników, w każdym narodzie,"



Co to jest protokół?

protokoły ludzkie:

- ❑ "która godzina?"
- ❑ "Czy mogę prosić.."
- ❑ przedstawianie

... określone komunikaty

... określone czynności
lub zdarzenia po
odebraniu
komunikatu

protokoły sieciowe:

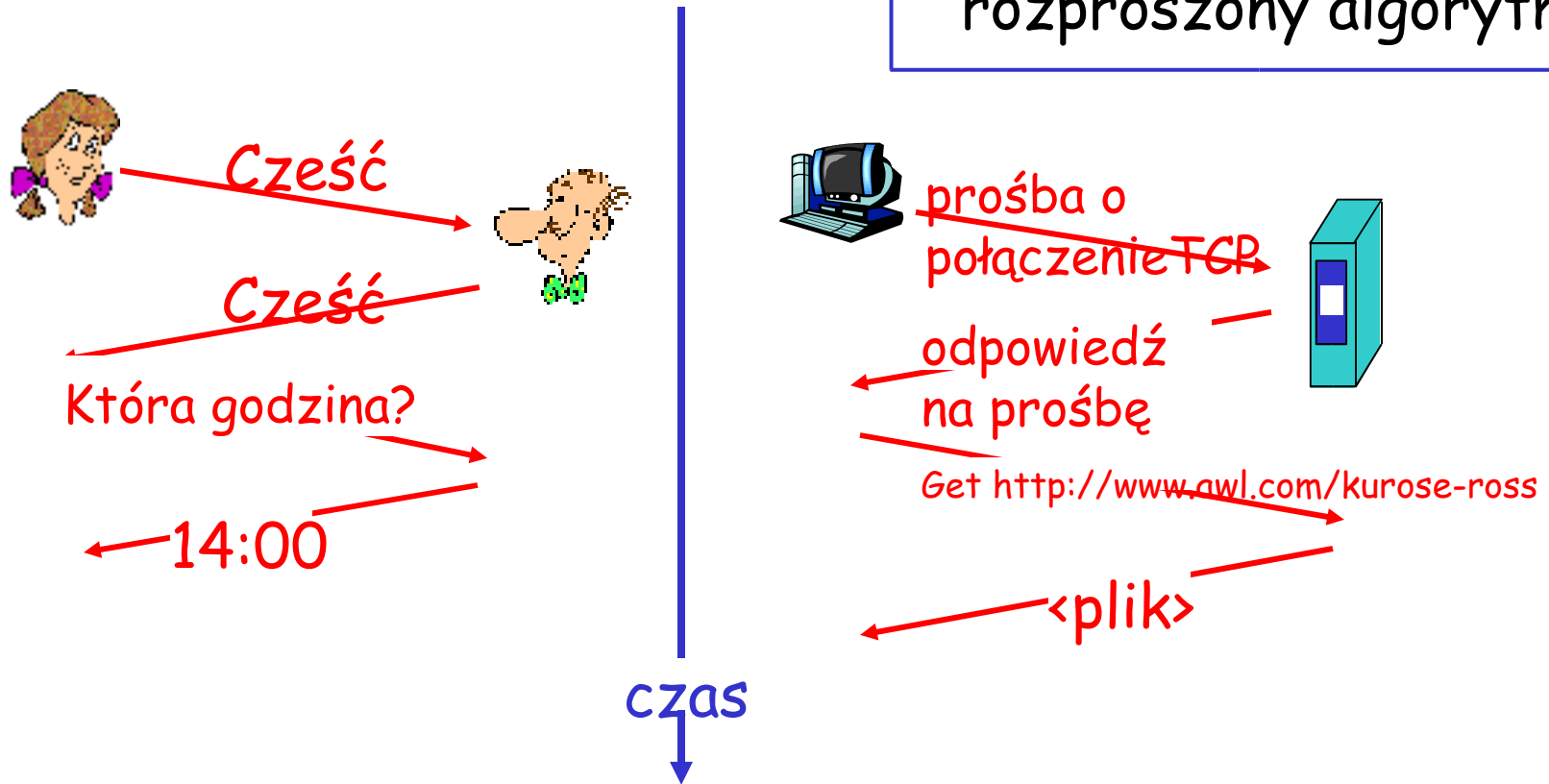
- ❑ maszyny zamiast ludzi
- ❑ wszelka komunikacja w Internecie jest sterowana przez protokoły

protokoły definiują format, kolejność komunikatów wysyłanych i odbieranych przez agentów, oraz czynności wykonywane po wysłaniu lub odebraniu komunikatu

Co to jest protokół?

protokół ludzki i sieciowy:

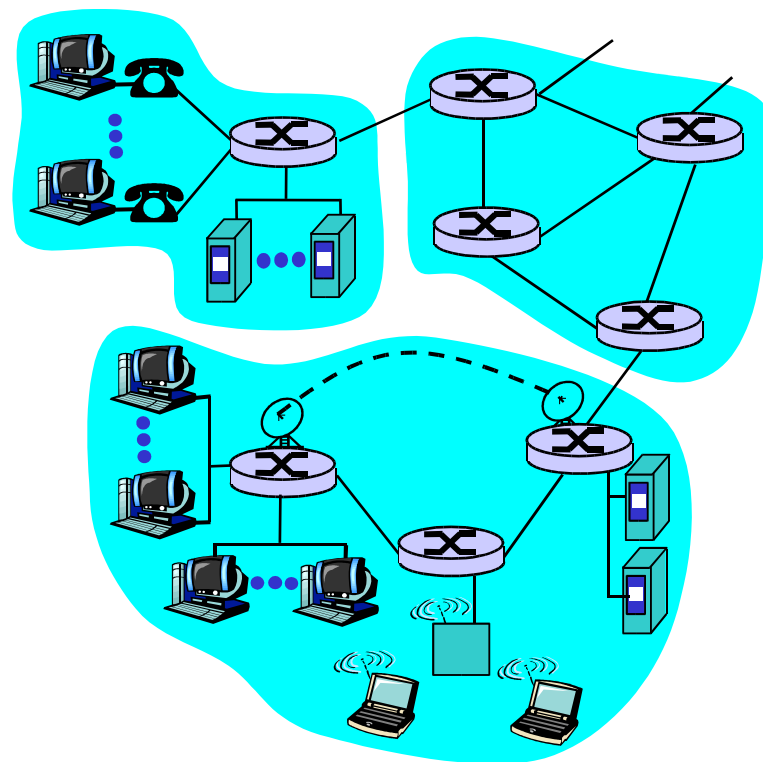
protokół jest to rozproszony algorytm



Pytanie: Inne protokoły ludzkie?

Blizsze spojrzenie na strukturę sieci:

- **brzeg sieci:**
aplikacje i hosty
- **szkielet sieci:**
 - rutery
 - sieć sieci
- **sieci dostępowe,**
media fizyczne:
łącza komunikacyjne



Mapa wykładu

1.1 Co to jest Internet?

1.2 Brzeg sieci

1.3 Szkielet sieci

1.4 Sieć dostępową 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

Brzeg sieci:

□ systemy końcowe (hosty):

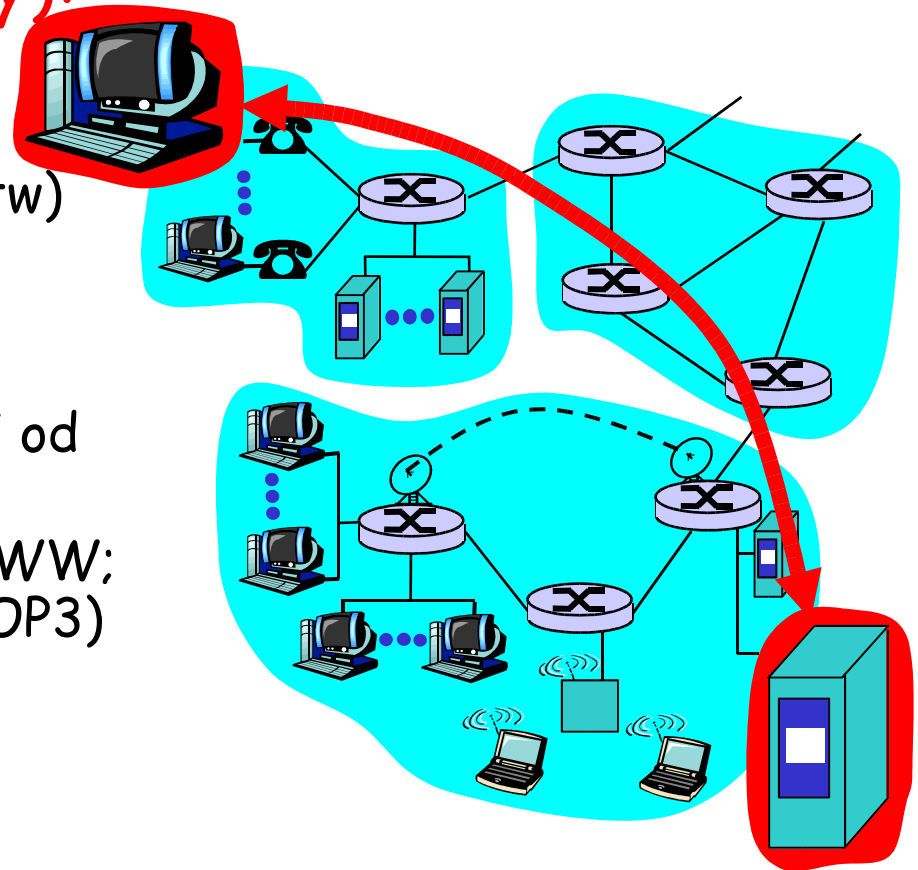
- uruchamiają aplikacje (n.p. przeglądarki, email)
- złożone działanie (wiele warstw)
- "na brzegu sieci"

□ model klient-serwer

- klient żąda i otrzymuje usługi od zawsze dostępnego serwera
- n.p. przeglądarka i serwer WWW; klient i serwer poczty (n.p. POP3)

□ model partnerski (peer-to-peer, P2P)

- minimalne wykorzystanie centralnych zasobów
- n.p. Gnutella, KaZaA



Brzeg sieci: usługi połączeniowe

Cel: komunikacja danych pomiędzy hostami

- handshaking: inicjalizacja komunikacji danych
 - ludzki protokół przywitania
 - "stan inicjalizujący" na dwóch komunikujących hostach
- TCP - Transmission Control Protocol
 - połączeniowa usługa Internetu

funkcje TCP [RFC 793]

- niezawodny, uporządkowany strumień danych
 - straty: potwierdzenia i retransmisje
- kontrola przepływu:
 - nadawca nie przeciąży odbiorcy
- kontrola przeciążenia:
 - nadawca "zwalnia" gdy w sieci wystąpi przeciążenie

Brzeg sieci: usługi bezpołączeniowe

Cel: komunikacja hostów

- ❑ **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]:
bezpołączeniowa usługa Internetu
 - zawodna komunikacja
 - brak kontroli przepływu
 - brak kontroli przeciążenia

Aplikacje używające TCP:

- ❑ HTTP (WWW), FTP (transfer plików), Telnet (zdalny login), SMTP (poczta)

Aplikacje używające UDP:

- ❑ audio/video (strumieniowe), telekonferencje, DNS, telefonia Internetowa

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)

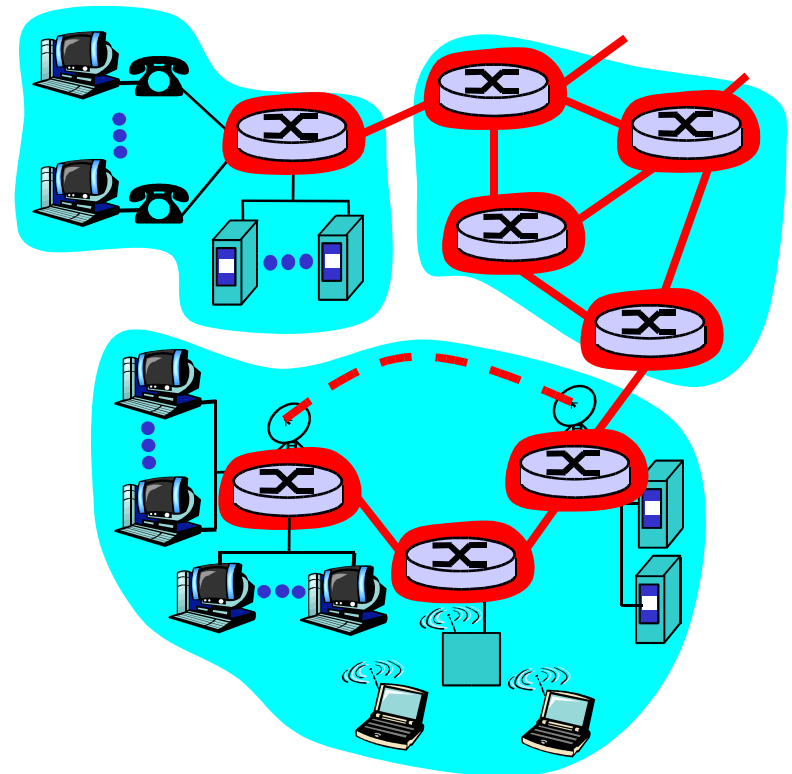
1.6 Opóźnienia i straty w sieciach z komutacją pakietów

1.7 Warstwy sieci, modele usług

1.8 Historia

Szkielet sieci

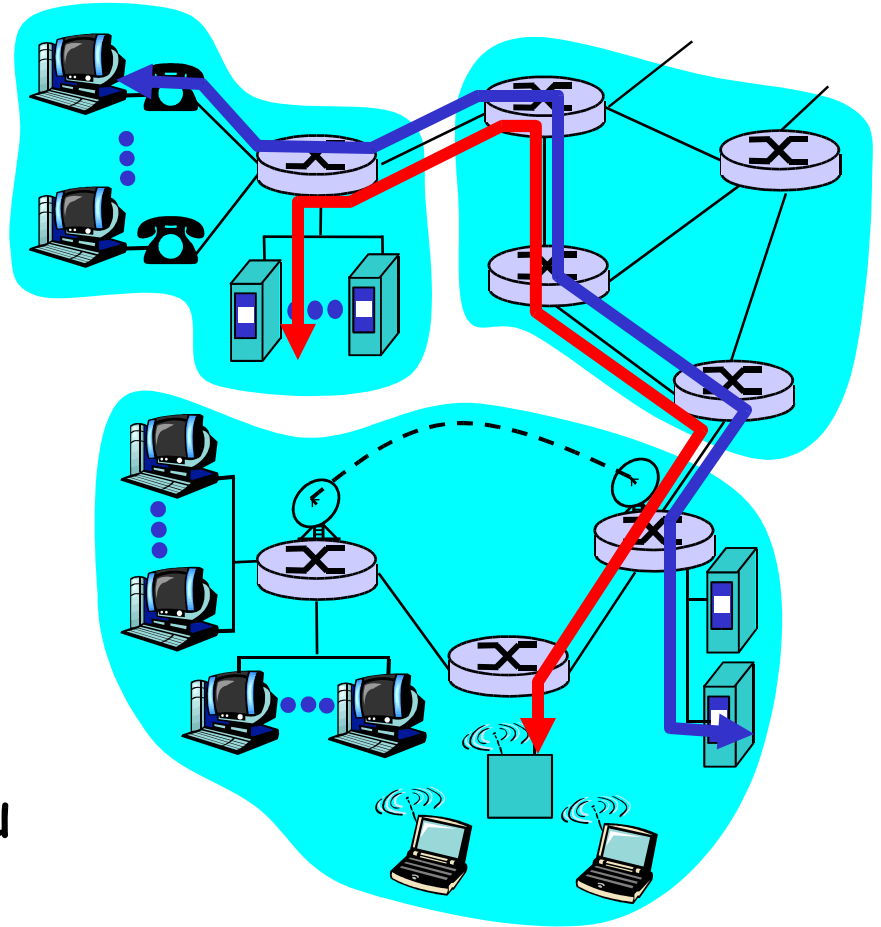
- siatka połączonych ruterów
- podstawowe pytanie: jak informacja jest komunikowana przez sieć?
 - **komutacja kanałów**: kanał poświęcony na rozmowę: sieć telefoniczna
 - **komutacja pakietów**: informacje komunikowane przez sieć w "kawałkach"



Szkielet sieci: Komutacja Kanatów

Zasoby od końca do końca
rezerwowane dla
"rozmowy"

- przepustowość łącz,
moc obliczeniowa węzłów
- rezerwacja zasobów:
nie ma podziału
- gwarantowana przepływność
(jak w kanale)
- wymagane utworzenie kanału



Szkielet sieci: Komutacja Kanałów

zasoby sieci (n.p.
przepustowość)
podzielone na
"części"

- części przydzielone do rozmów
- część jest niewykorzystana jeśli nie używa jej rozmowa (nie ma współdzielenia)

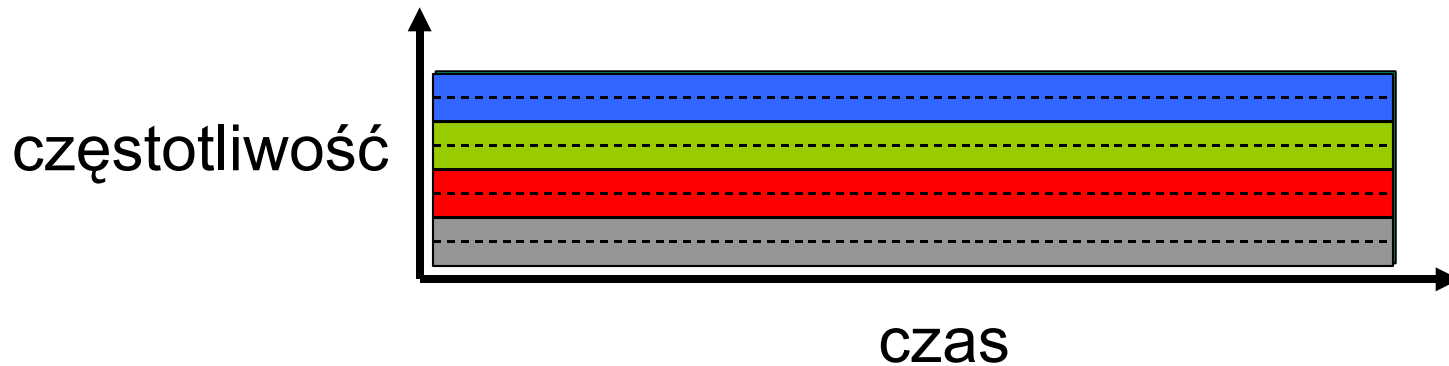
- wymaga podziału przepustowości łącz na "części"
 - podział według częstotliwości
 - podział według czasu
 - podział przepustowości łącz = **multipleksacja**

Komutacja kanałów z FDM oraz STDM

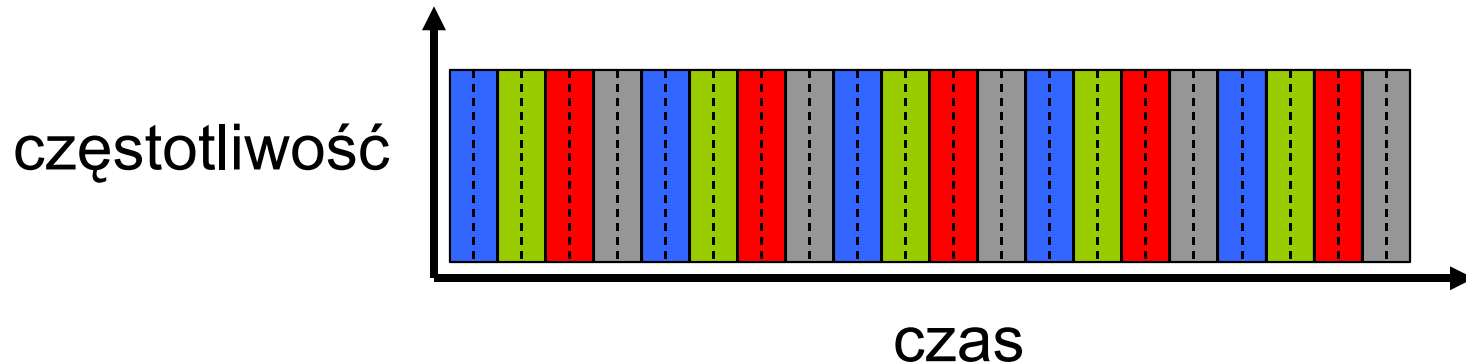
Przykład:

4 użytkowników ■ ■ ■ ■

FDMA



TDMA



Szkielet sieci: Komutacja pakietów

Informacja komunikowana od końca do końca jest dzielona na pakiety

- pakiety użytkowników A, B dzielą zasoby sieci
- każdy pakiet używa pełnej przepustowości łącza
- zasoby są używane w miarę potrzeb

Podział przepustowości na "części"

Rezerwacja zasobów

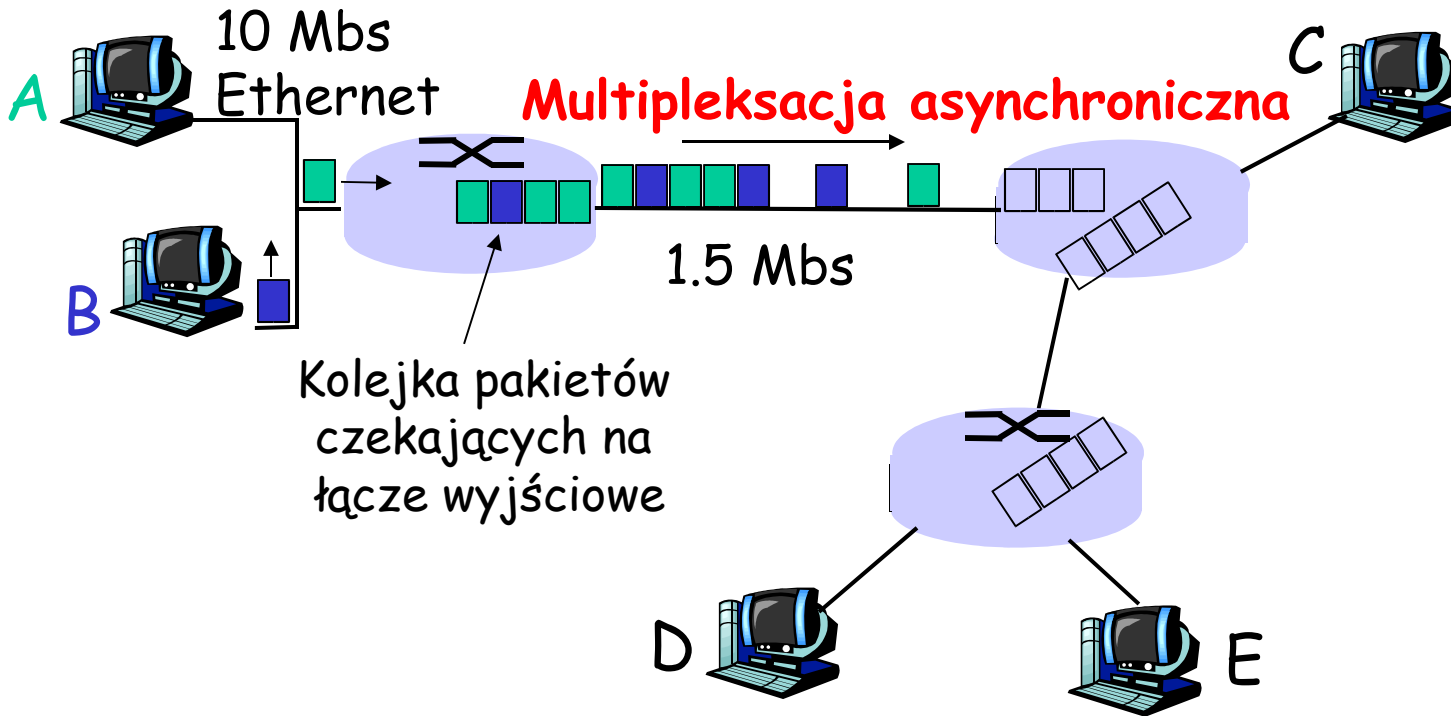
Przydział "części"

przepustowości łącza

Konkurencja o zasoby:

- całkowite zapotrzebowanie może przewyższyć dostępne zasoby
- przeciążenie: pakiety czekają w kolejce na dostępność łącza
- zachowywanie i przekazywanie: pakiety poruszają się o jedno łącze
 - transmisja na łączu
 - oczekiwanie przed następnym łączem

Komutacja pakietów: Multipleksacja asynchroniczna



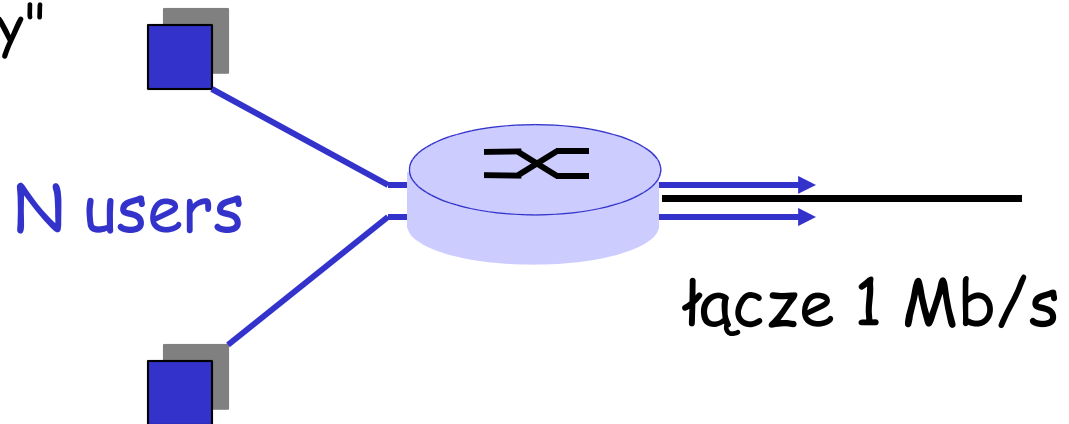
Wykorzystanie łącza przez pakiety od A i B nie ma ustalonego wzorca czasowego ➔ **multipleksacja asynchroniczna**.

W STDM każdy host otrzymuje ten sam przedział w powtarzającej się ramce czasowej.

Komutacja pakietów a komutacja kanałów

Komutacja pakietów pozwala na zwiększenie liczby użytkowników sieci

- ❑ łącze 1 Mbit
- ❑ Każdy użytkownik:
 - 100 kb/s gdy "aktywny"
 - Aktywny przez 10% czasu
- ❑ Komutacja kanałów:
 - 10 użytkowników
- ❑ Komutacja pakietów:
 - Przy 35 użytkownikach, prawdopodobieństwo że > 10 aktywnych na raz mniejsze niż .0004

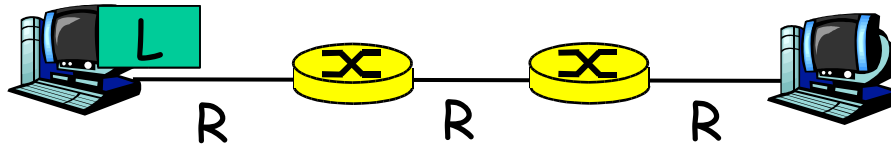


Komutacja pakietów a komutacja kanałów

Czy komutacja pakietów jest bezkonkurencyjna?

- ❑ Świetna dla komunikacji danych
 - Współdzielenie zasobów
 - Prostsza, bez tworzenia kanału
- ❑ **Za duże przeciążenie:** opóźnienie i straty pakietów
 - Potrzebne protokoły do niezawodnej komunikacji danych, kontroli przeciążenia
- ❑ **Pytanie: Jak zapewnić zachowanie podobne do kanału?**
 - Gwarancje przepustowości potrzebne dla komunikacji audio/wideo
 - Problem nie jest rozwiązany (będzie o nim jeszcze mowa), choć istnieją sieci inne niż IP, które mają rozwiązania (n.p. ATM)

Komutacja pakietów: zachowaj i przekaz

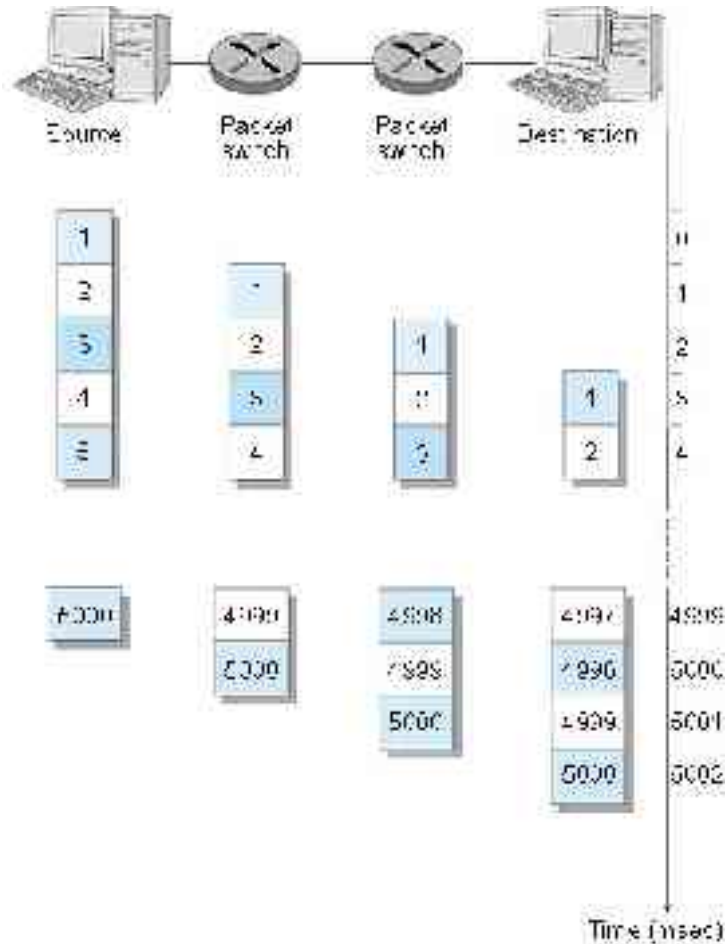


- Potrzeba L/R sekund na transmisję pakietu L bitów na łączu R b/s
- Cały pakiet musi dotrzeć do rutera, zanim będzie transmitowany na następnym łączu:
zachowaj i przekaz
- opóźnienie = $3L/R$

Przykład:

- $L = 7.5$ Mbit
- $R = 1.5$ Mb/s
- opóźnienie = 15 sec

Komutacja pakietów: podział wiadomości



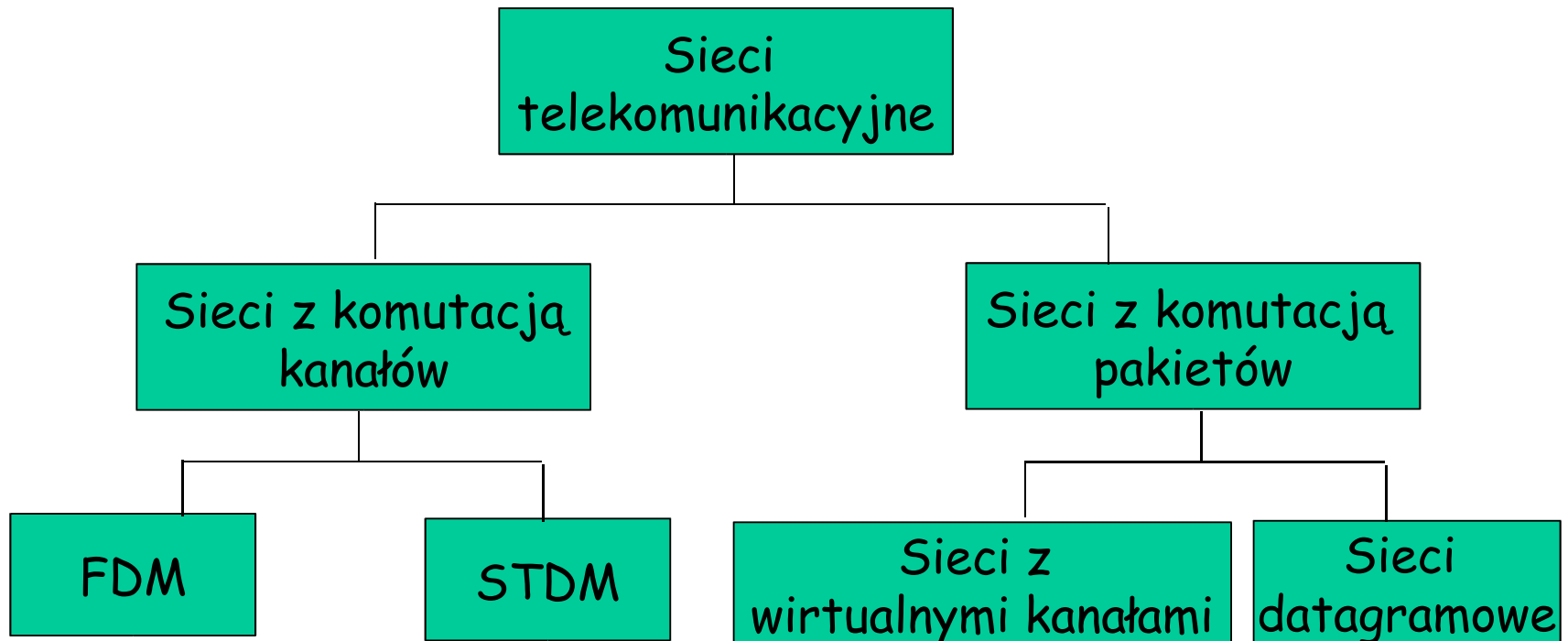
Podziel komunikat (7.5 Mbit)
na 5000 pakietów

- Każdy pakiet ma 1500 bitów
- transmisja pakietu na jednym łączu trwa 1 ms
- **pipelining**: każde łącze działa równolegle
- Opóźnienie zmniejsza się z 15 s do 5.002 s

Sieci pakietowe: przekazywanie

- **Cel:** prześlij pakiety przez rutery od nadawcy do odbiorcy
 - Będziemy studiowali wiele algorytmów wyboru ścieżki (czyli routingu=komutacji pakietów IP)
- **Sieć datagramowa:**
 - Adres odbiorcy w pakiecie określa następny krok
 - Ścieżki mogą się zmieniać w trakcie sesji
 - Analogia: jazda samochodem, pytanie o drogę
- **Sieć z wirtualnymi kanałami:**
 - Każdy pakiet zawiera etykietę (identyfikator wirtualnego kanału), etykieta określa następny krok
 - Stała ścieżka jest ustalana przy tworzeniu połączenia, nie zmienia się podczas połączenia
 - **Rutery utrzymują stan dla każdego połączenia**

Rodzaje sieci



- Sieć datagramowa nie jest połączeniowa albo bezpołączeniowa.
- Internet udostępnia aplikacjom zarówno usługi połączeniowe (TCP) jak i bezpołączeniowe (UDP).

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

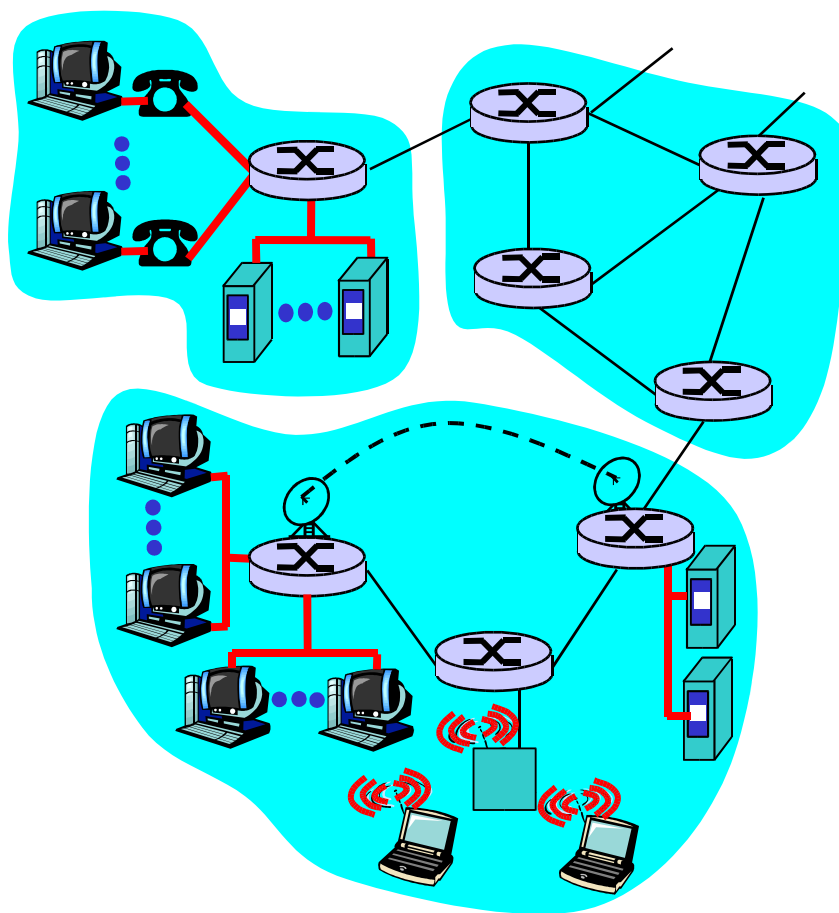
Sieć dostępową i media fizyczne

Pytanie: Jak podłączyć systemy końcowe do rutera brzegowego?

- ❑ domowe sieci dostępowe
- ❑ instytucjonalne sieci dostępowe (szkoła, firma)
- ❑ mobilne sieci dostępowe

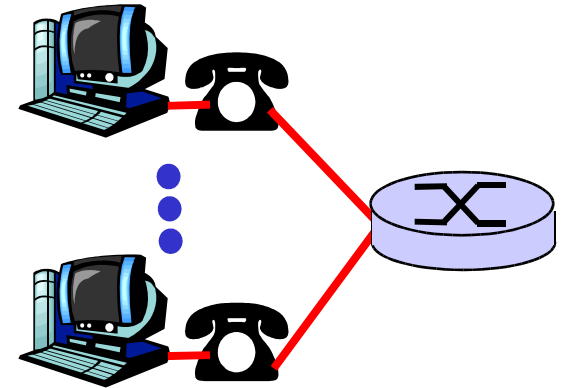
Jaka ma być:

- ❑ przepustowość (bity na sekundę) sieci dostępowej?
- ❑ współdzielona czy nie?



Domowa sieć dostępową: połączenie punkt-punkt

- Połączenie przez modem
 - do 56Kb/s bezpośredniego dostępu do rutera (często mniej)
 - Nie można być w sieci i dzwonić jednocześnie

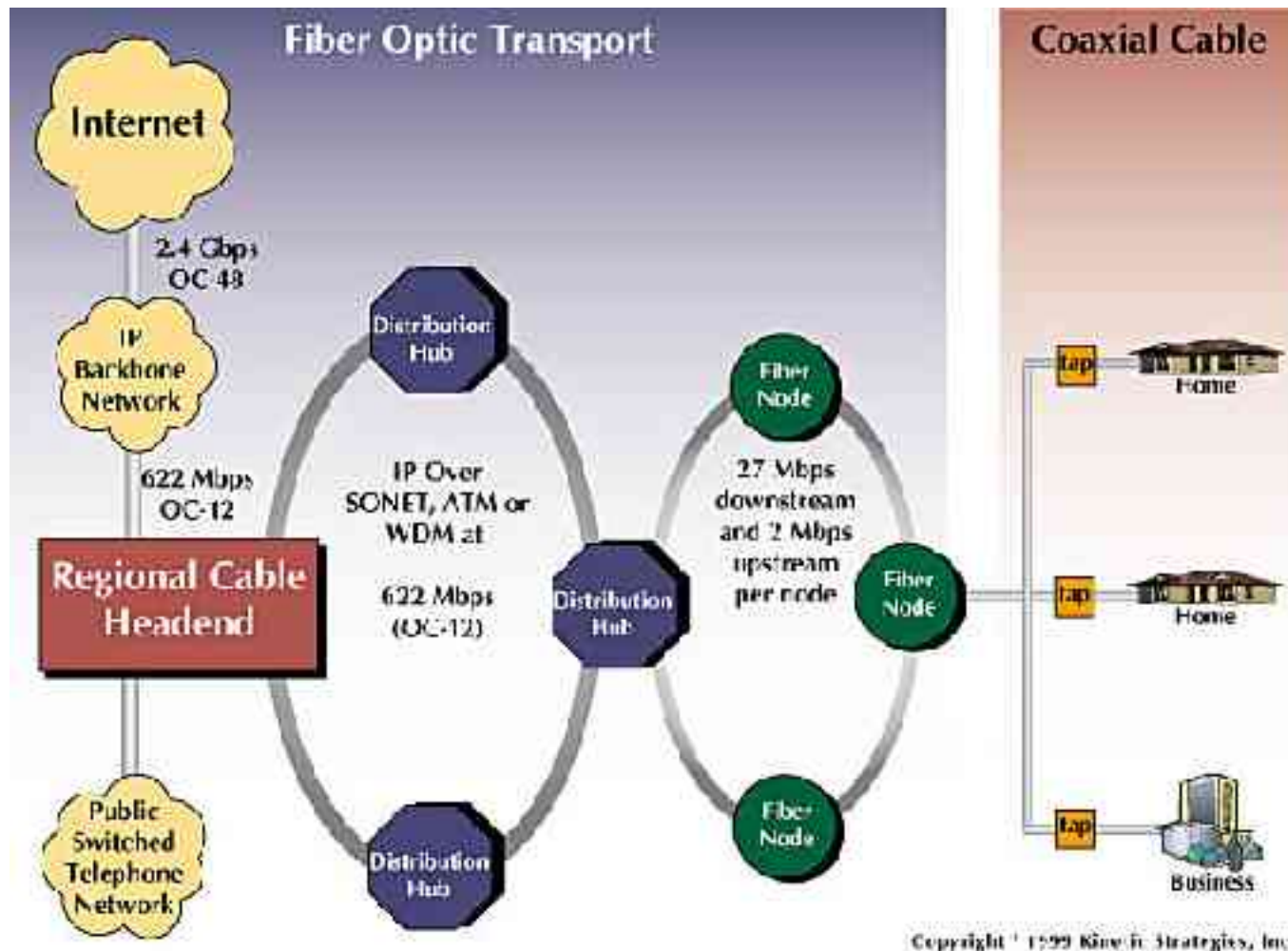


- ADSL: asymmetric digital subscriber line
 - do 1 Mb/s do sieci (dziś typowo < 256 kb/s)
 - do 8 Mb/s z sieci (dziś typowo < 1 Mb/s)
 - FDM: 50 kHz - 1 MHz z sieci
 - 4 kHz - 50 kHz do sieci
 - 0 kHz - 4 kHz dla zwykłego telefonu

Domowa sieć dostępową: modemy optyczne

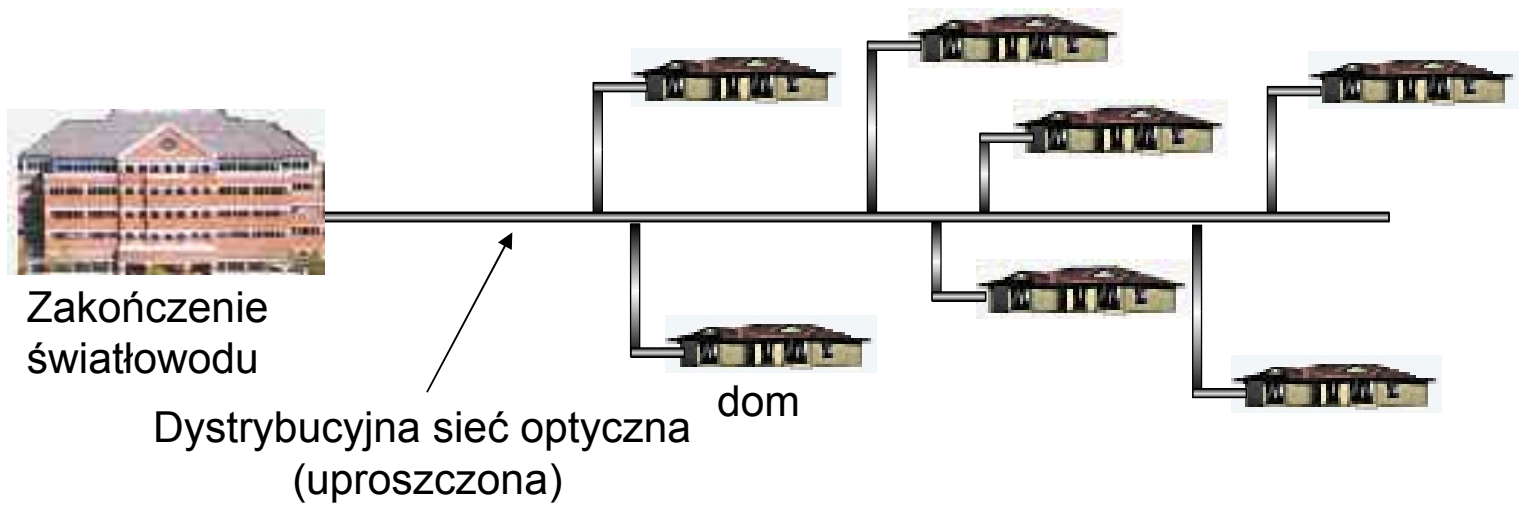
- ❑ **HFC: hybrid fiber coax**
 - Połączenie asymetryczne: do 10Mb/s do sieci, 1 Mb/s z sieci
- ❑ sieć miedziana i światłowodowa łączy domy z ruterem DI
 - dostęp do rutera współdzielony przez domy
 - problemy: przeciążenie, dopasowanie zasobów rutera
- ❑ instalacja: udostępniany przez operatorów telewizji kablowej

Domowa sieć dostępową: modemy optyczne

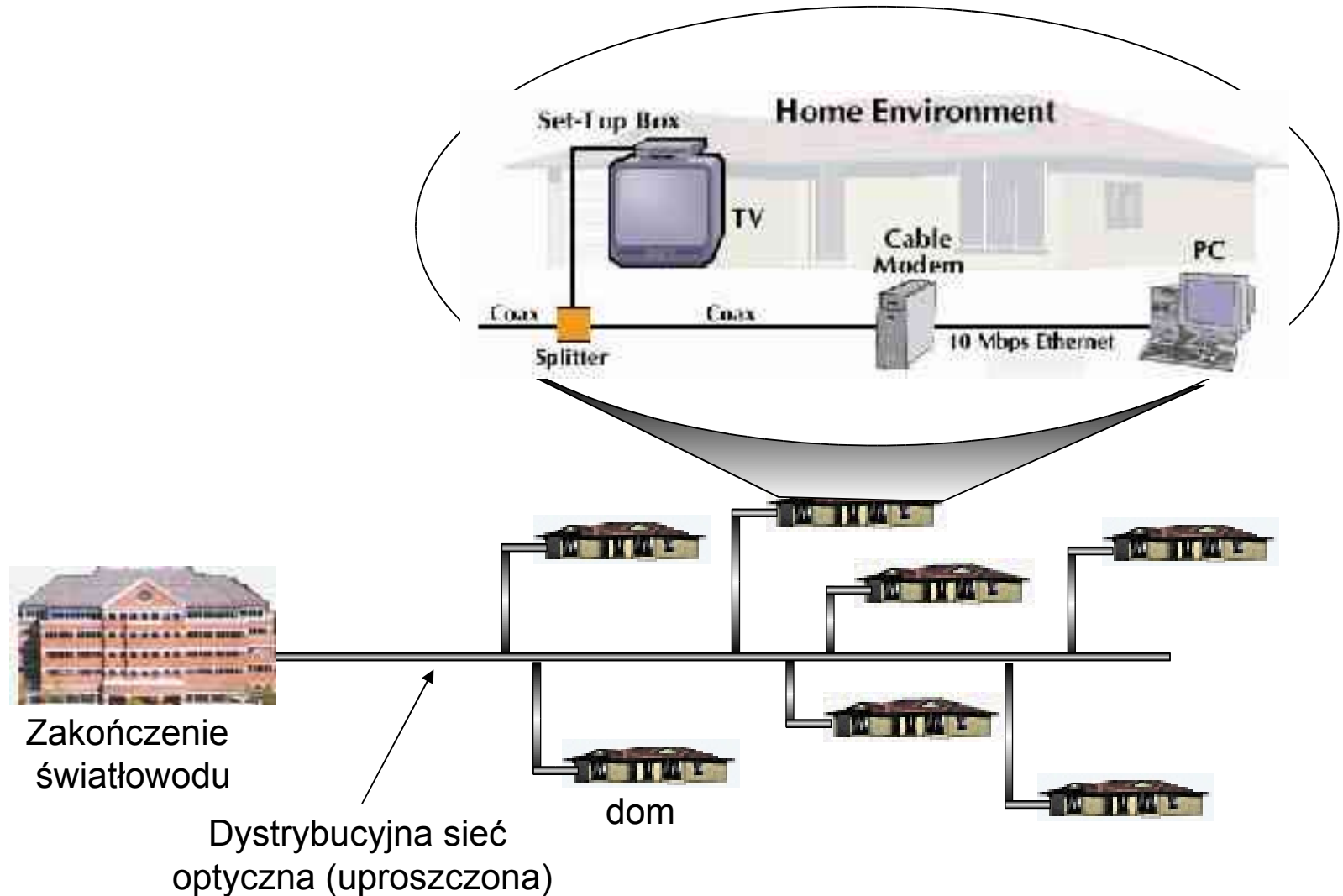


Przegląd architektury sieci kablowej

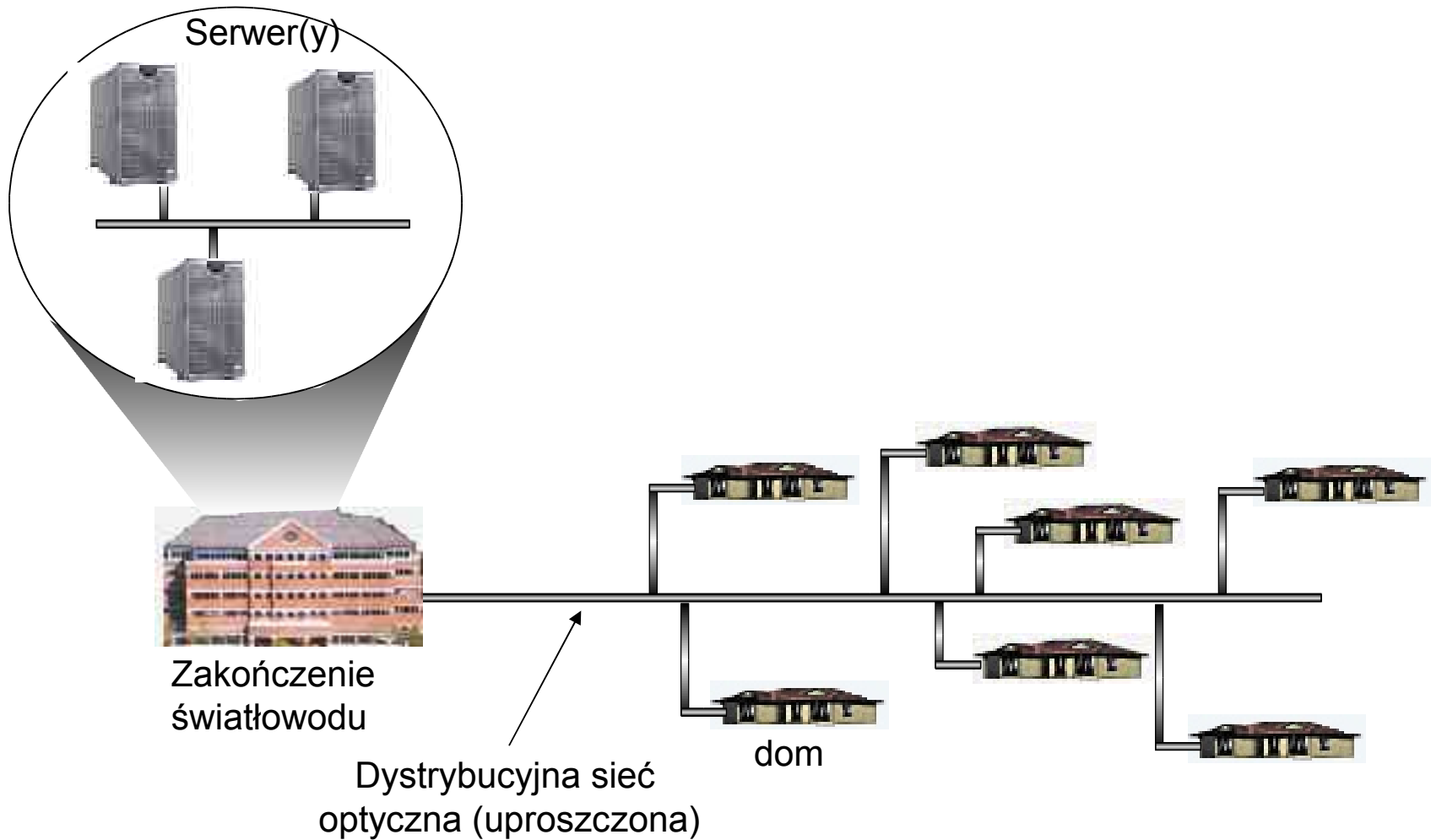
Typowo 500 to 5,000 domów



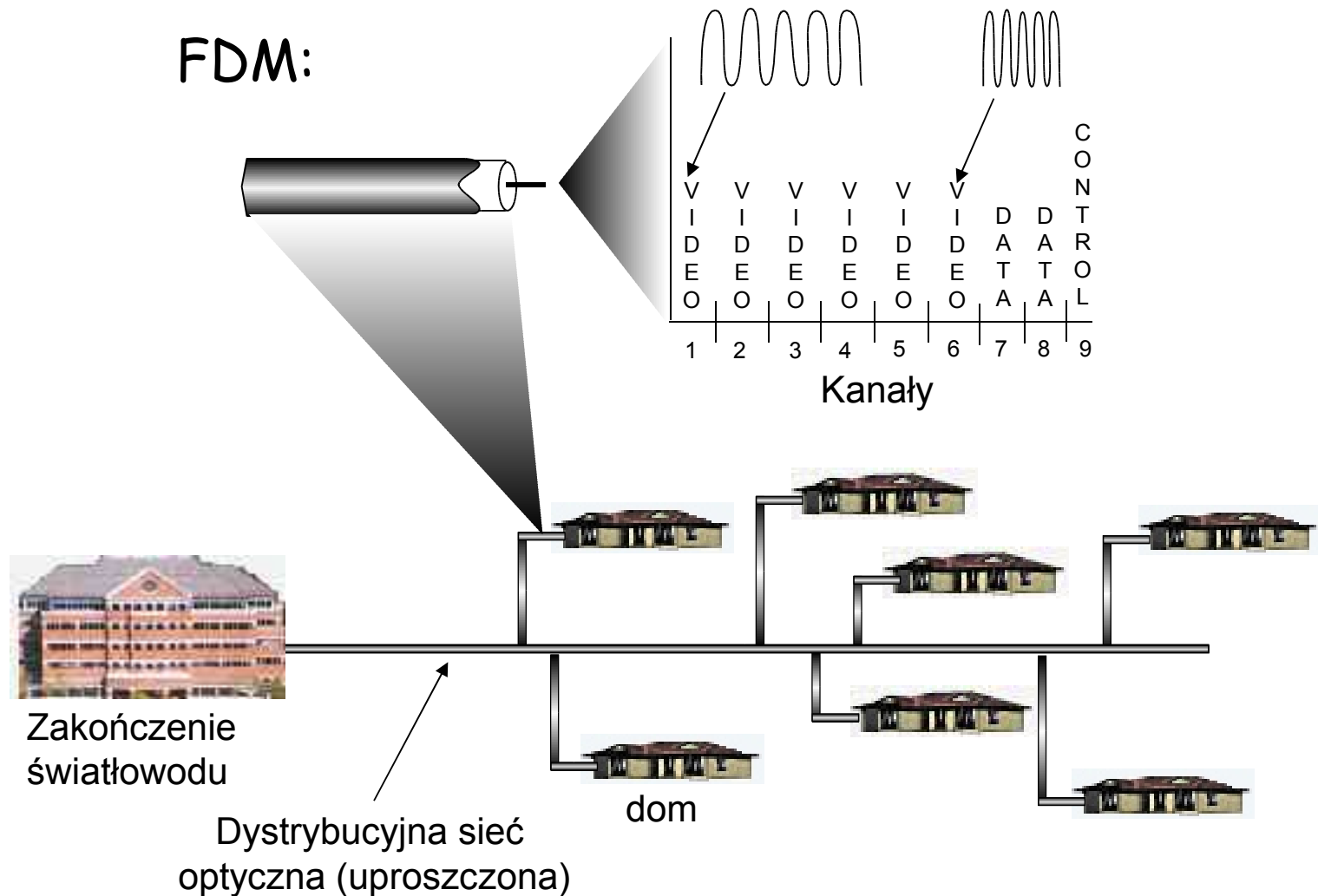
Przegląd architektury sieci kablowej



Przegląd architektury sieci kablowej

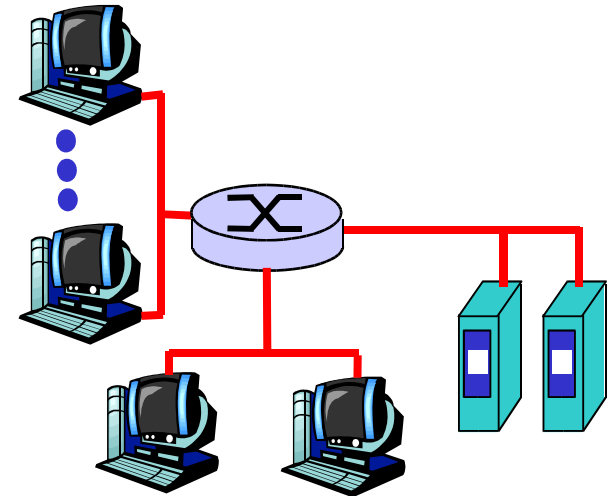


Przegląd architektury sieci kablowej



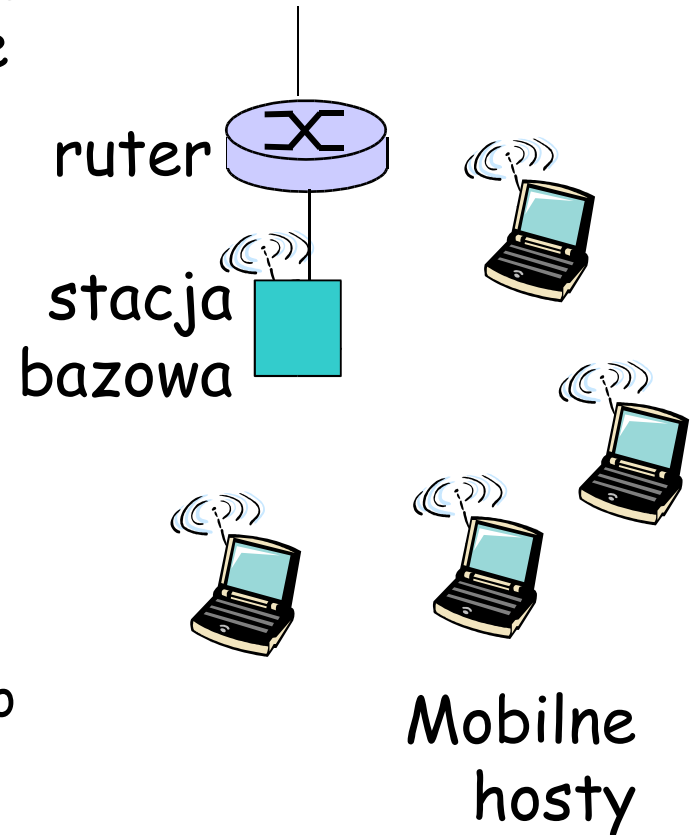
Instytucjonalne sieci dostępowe: sieci lokalne (LAN)

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



Bezprzewodowe sieci dostępne

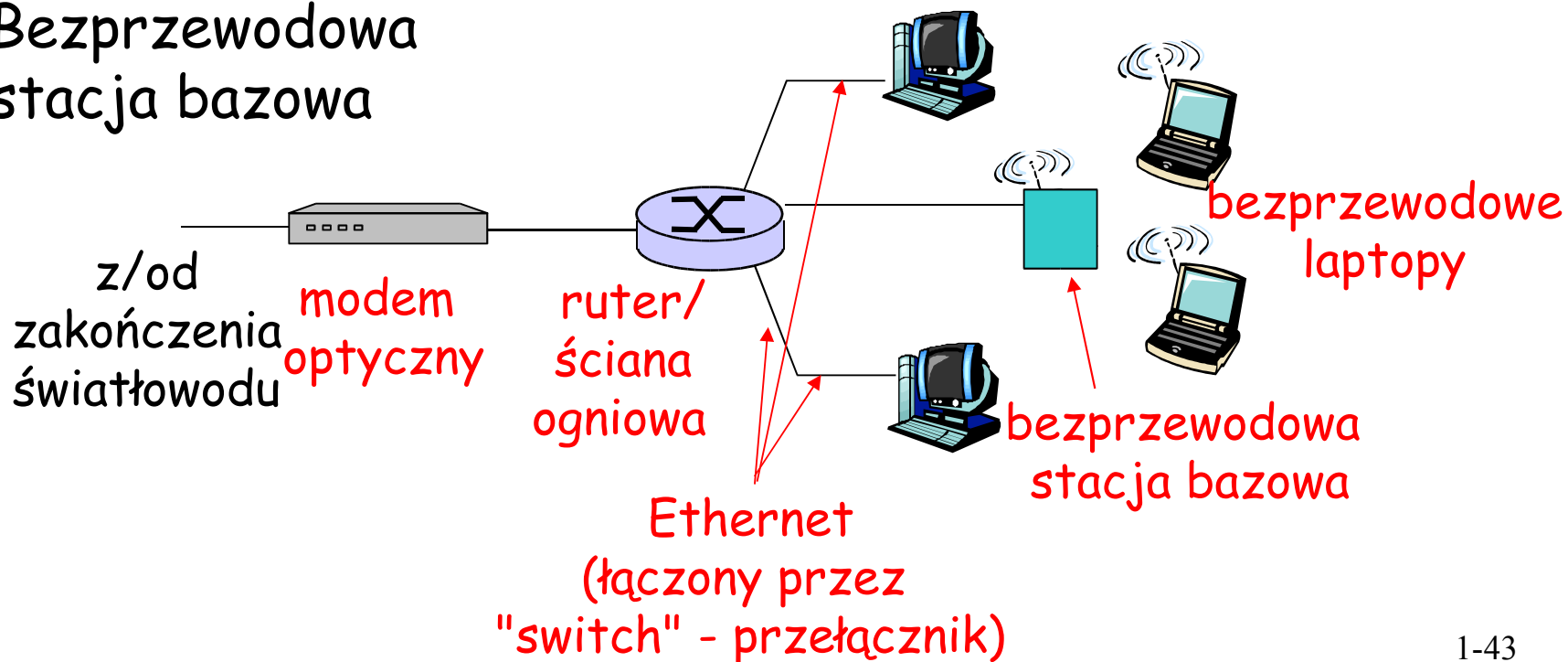
- współdzielona bezprzewodowa sieć dostępowa łączy systemy końcowe z ruterem
 - Przez stację bazową, czyli "access point"
- **Bezprzewodowe sieci lokalne:**
 - 802.11b (WiFi): do 11 Mb/s
 - 802.11g: do 54 Mb/s
- **Dostęp bezprzewodowy o większym zasięgu**
 - Przez operatora telekomunikacyjnego
 - WAP/GPRS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

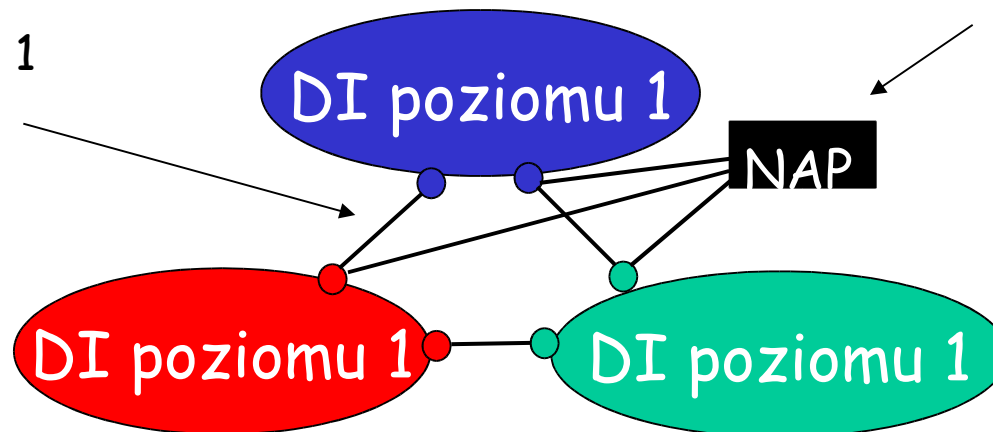
Mapa wykładu

- 1.1 Co to jest Internet?
- 1.2 Brzeg sieci
- 1.3 Szkielet sieci
- 1.4 Sieć dostępową 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

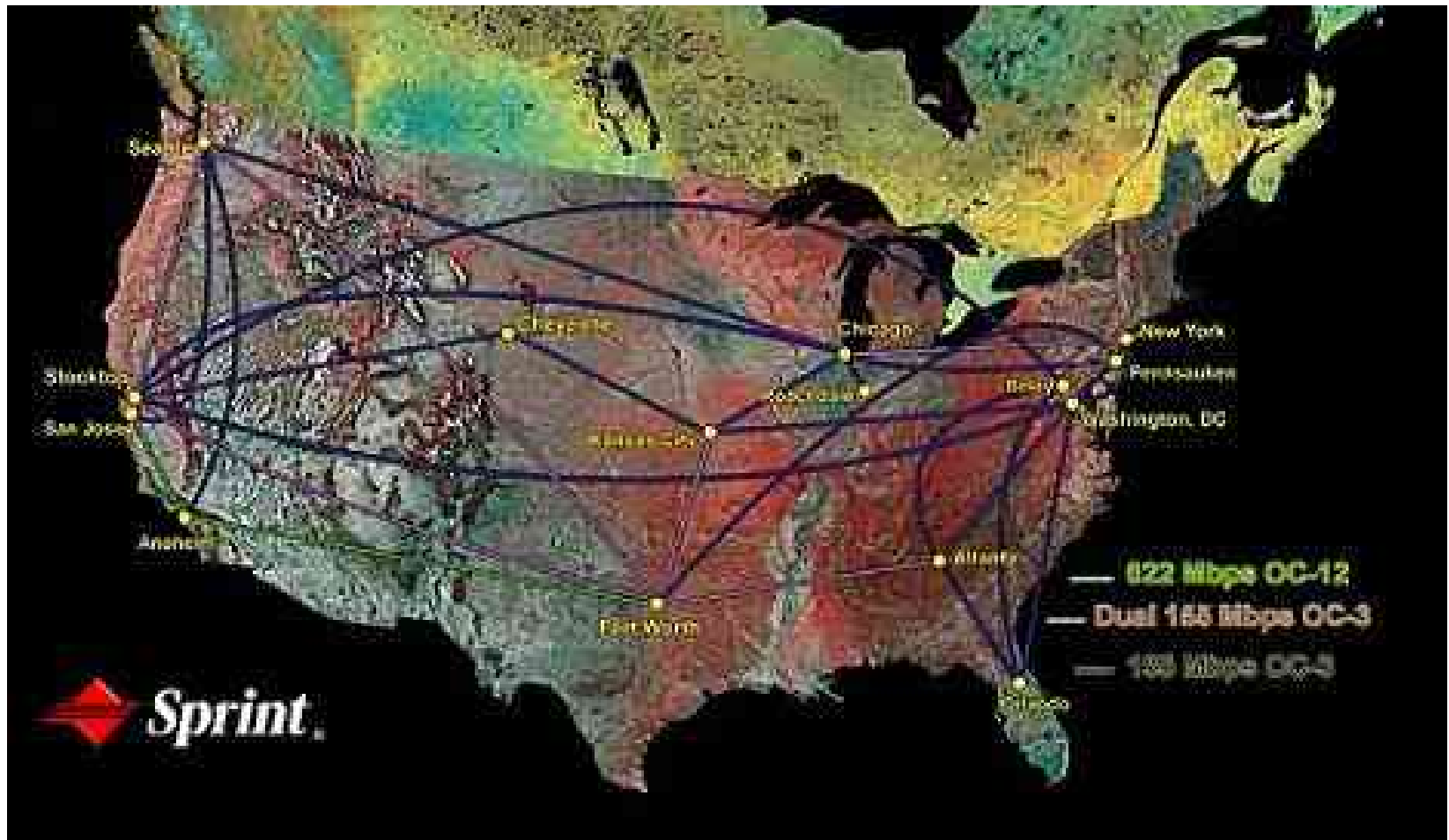
Dostawcy poziomu 1 łączą się ze sobą prywatnie (tzw. "peering relationship")



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

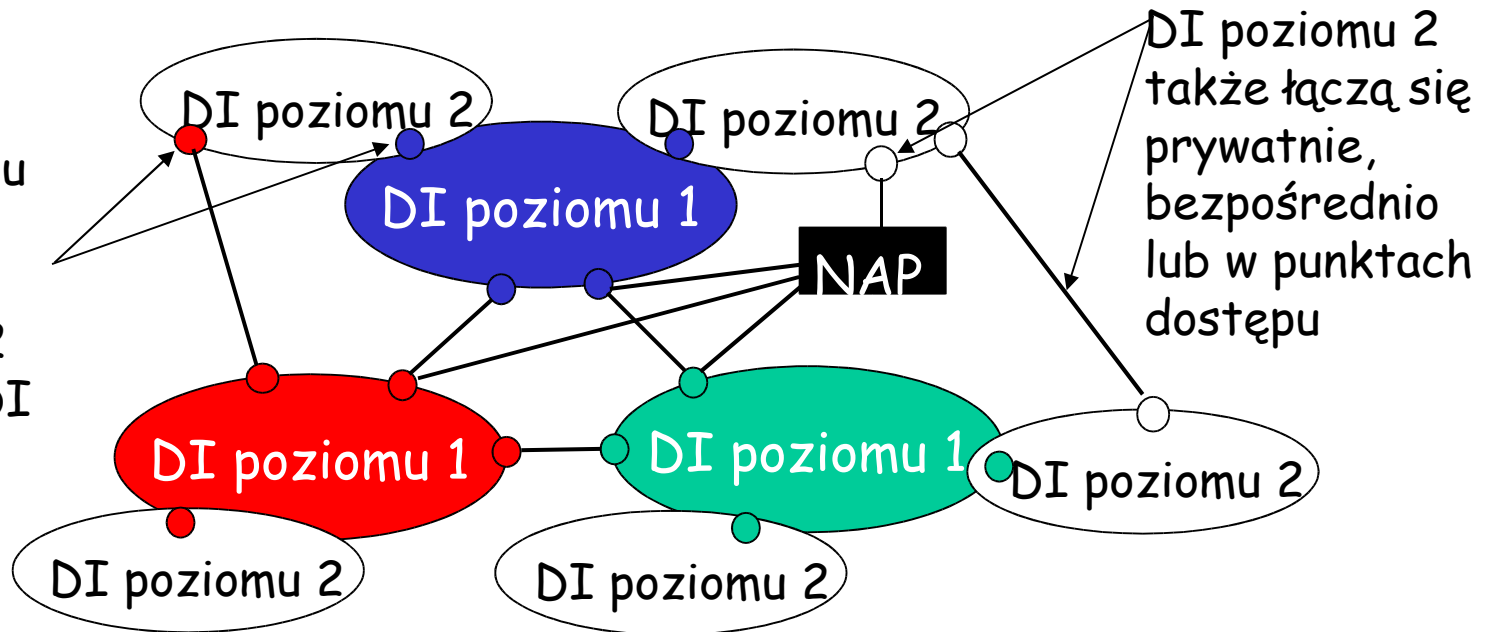


Struktura Internetu: sieć sieci

- **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

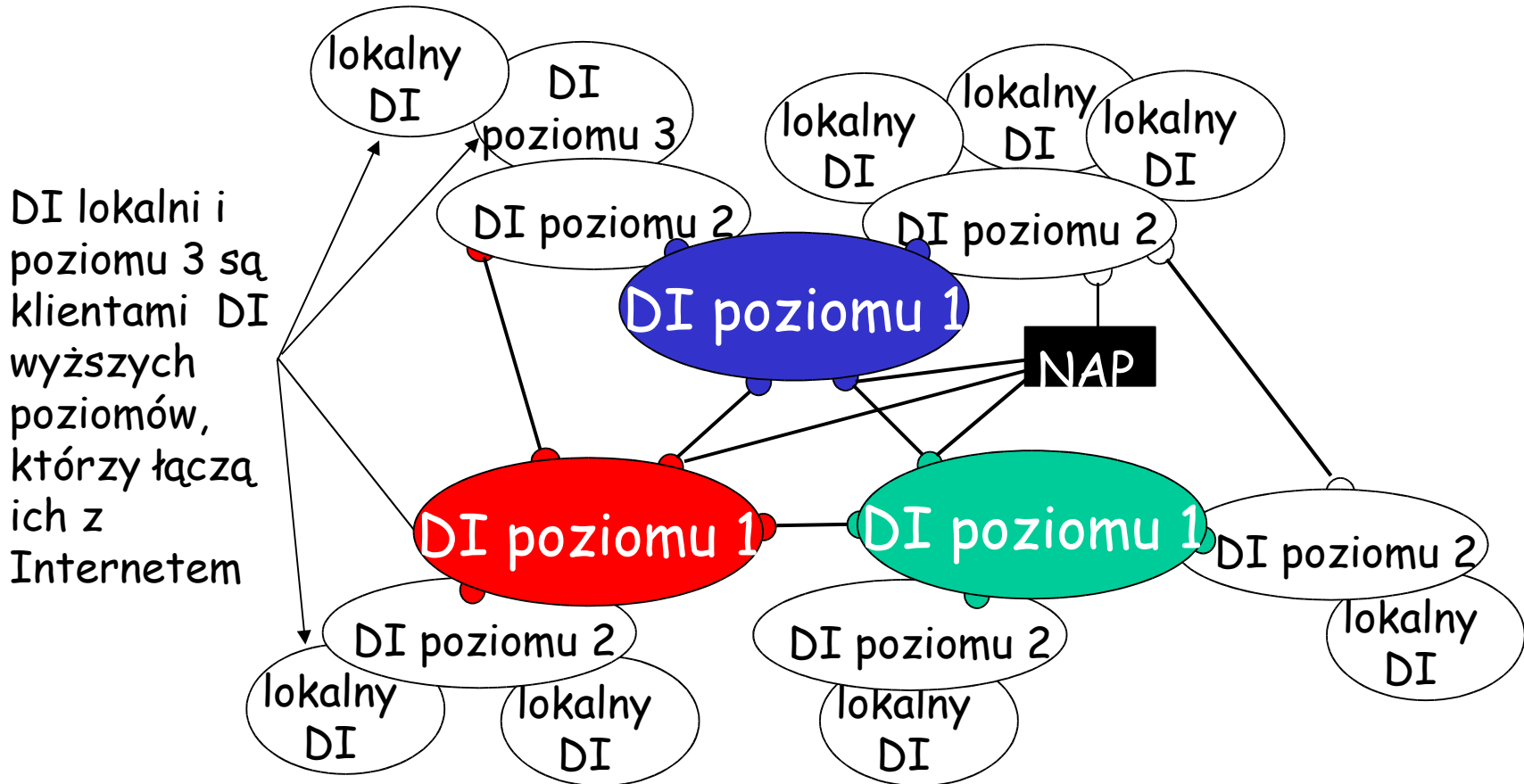
- DI poziomu 2
jest klientem DI
poziomu 1



Struktura Internetu: sieć sieci

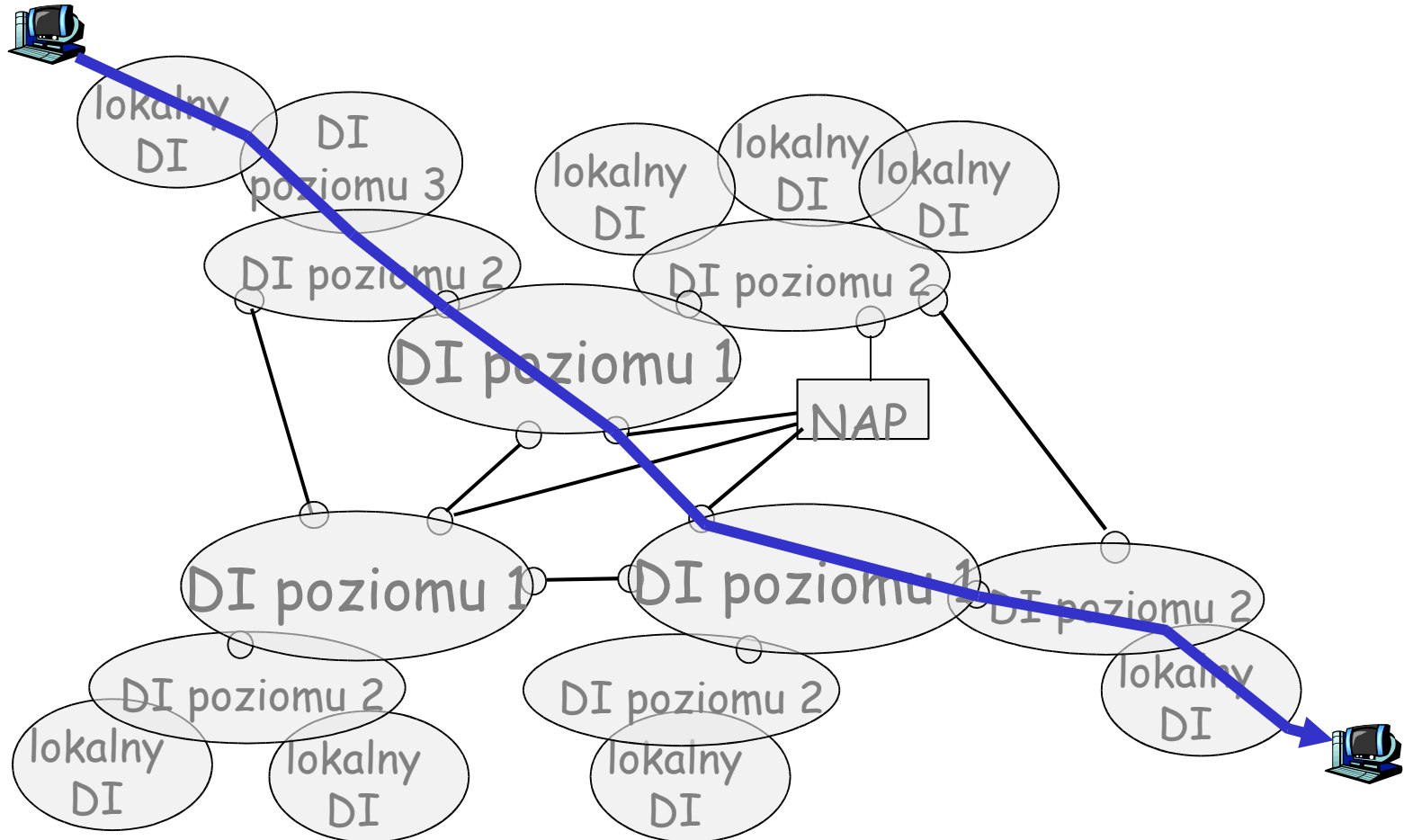
□ DI poziomu 3 i lokalni DI

- sieci dostępne (najbliższe systemów końcowych)



Struktura Internetu: sieć sieci

- pakiet musi przejść przez wiele sieci!



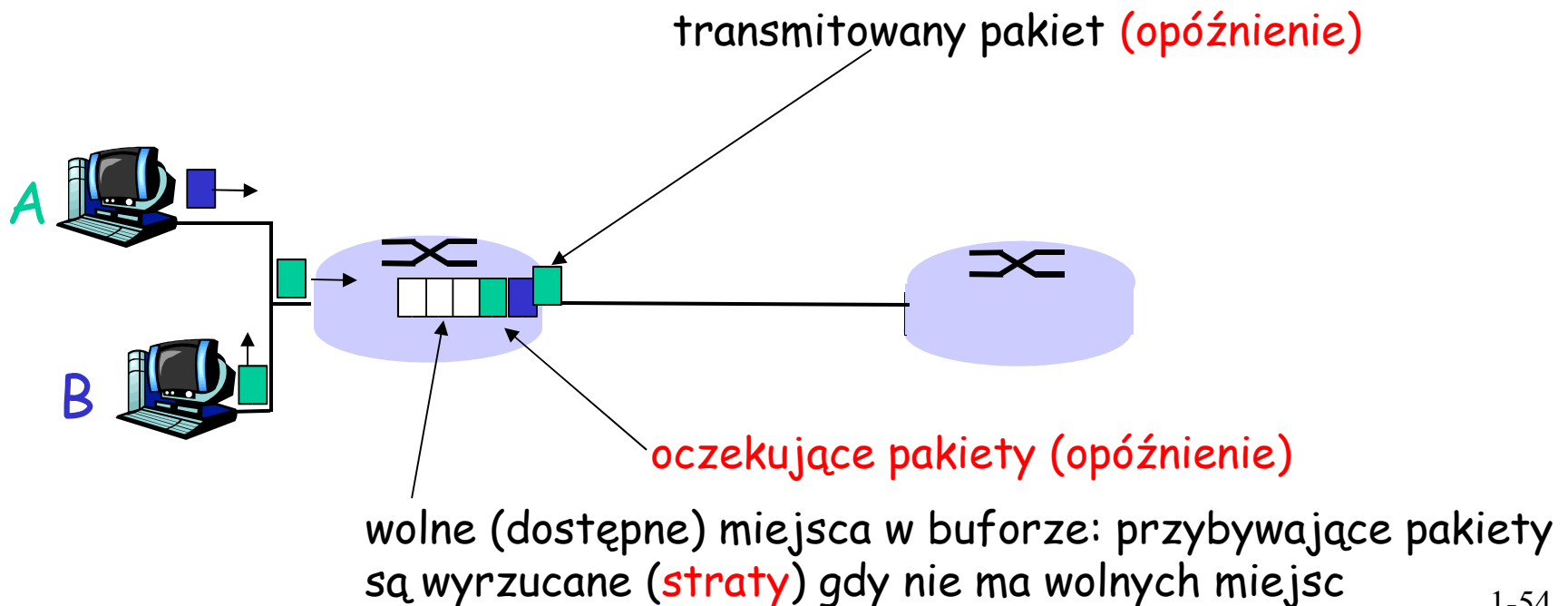
Mapa wykładu

- 1.1 Co to jest Internet?
- 1.2 Brzeg sieci
- 1.3 Szkielet sieci
- 1.4 Sieć dostępową 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



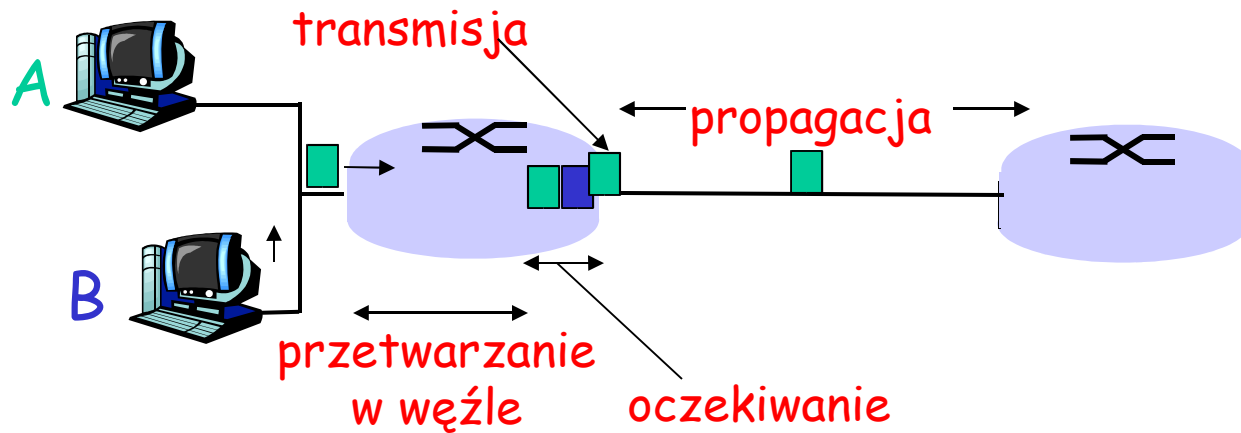
Cztery źródła opóźnienia pakietów

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

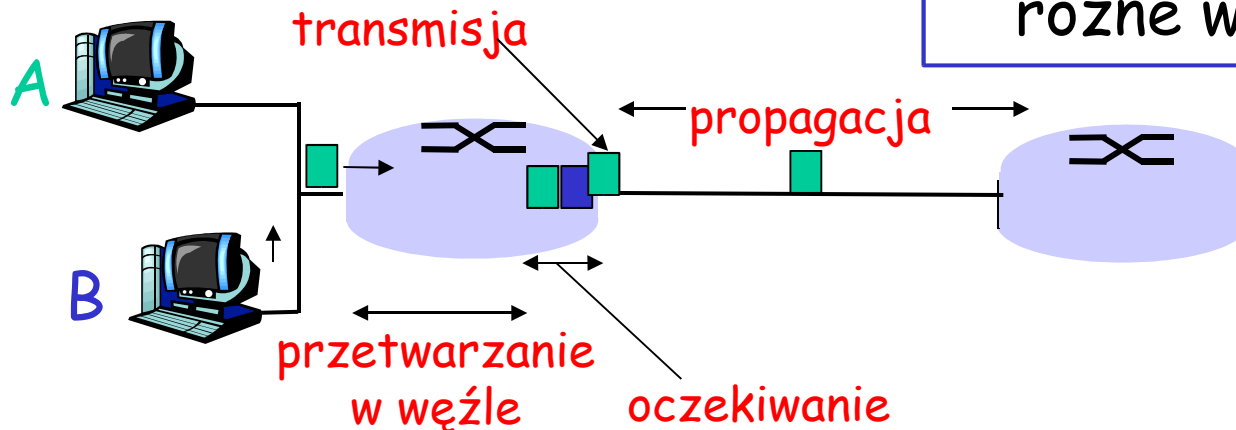
3. Opóźnienie transmisji:

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

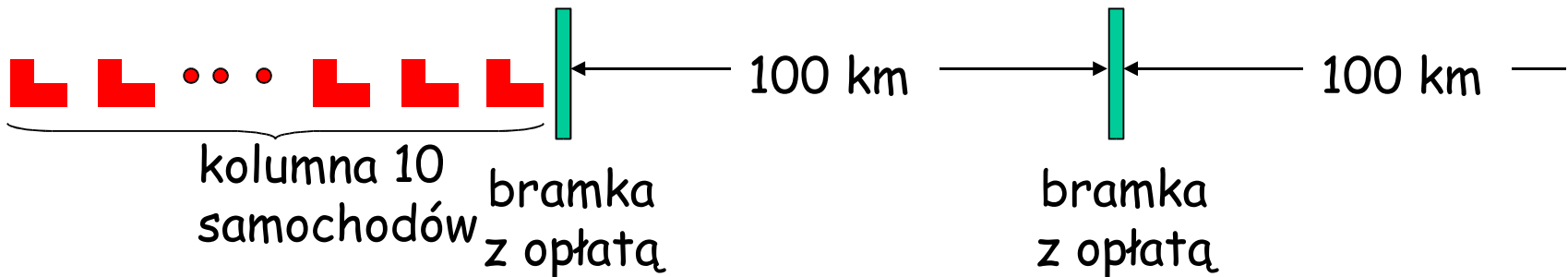
4. Opóźnienie propagacji:

- ❑ 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!

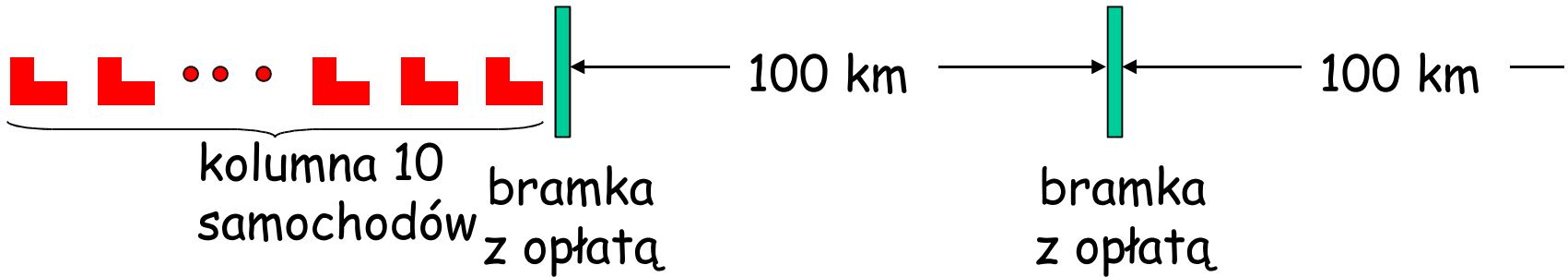


Analogia samochodowa



- ❑ 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 ruter!
 - Zobacz aplet Ethernet na stronie wykładu

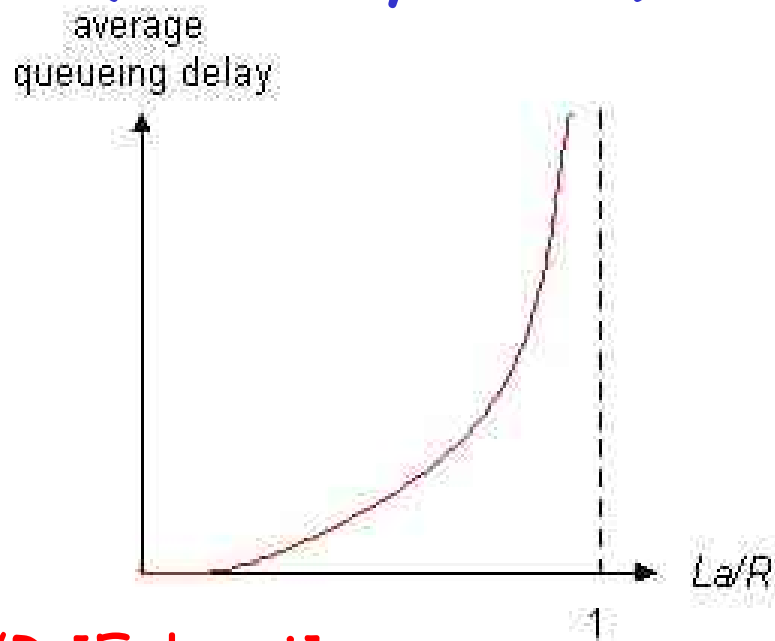
Opóźnienie w węźle

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

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

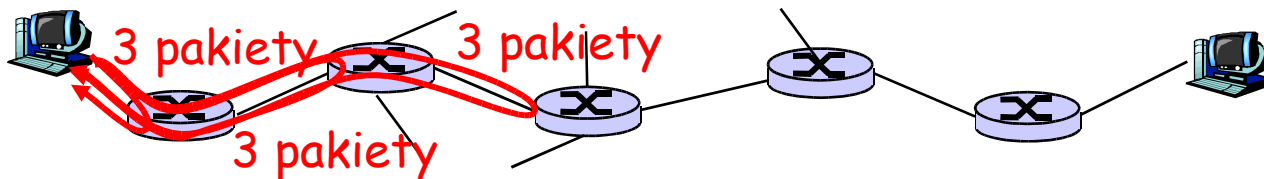


intensywność ruchu = La/R [Erlangi]

- $La/R \sim 0$: 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 dostępową 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
- routery
- 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 | |

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

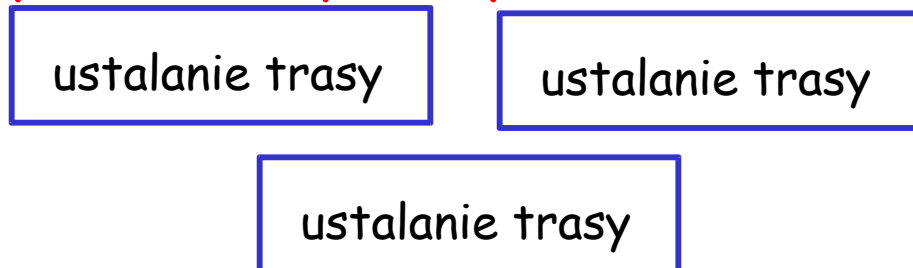
Dostarczenie samolotu od pasa do pasa

ustalanie trasy samolotu od początku do celu podróży

Rozproszona implementacja funkcjonalności warstw



pośrednie punkty kontroli lotów



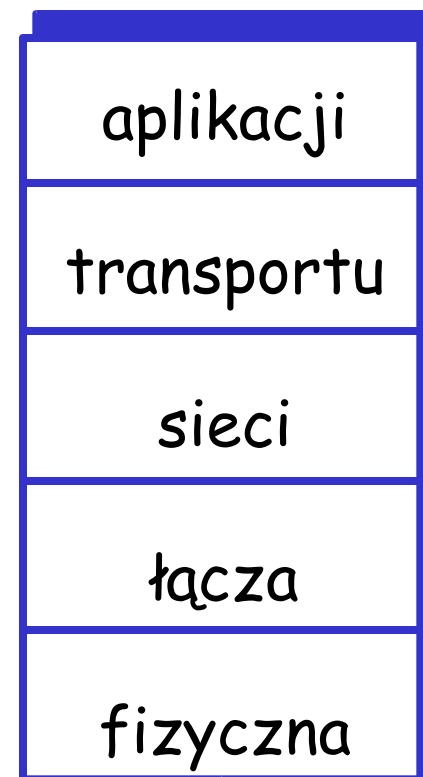
Dlaczego warstwy?

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

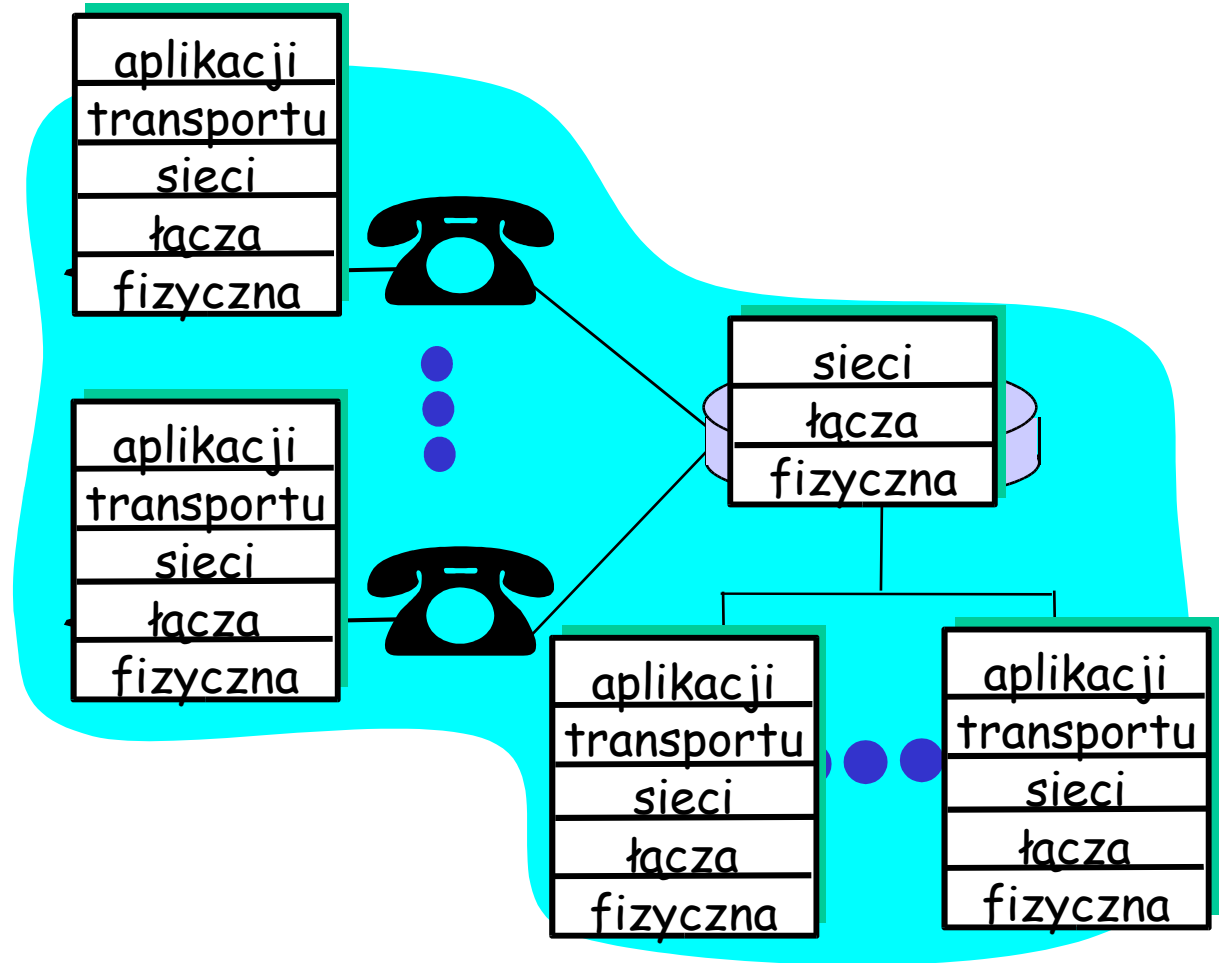
- **aplikacji:** obsługuje aplikacje sieciowe
 - FTP, SMTP, STTP
- **transportu:** komunikacja od hosta do hosta (koniec-koniec)
 - TCP, UDP
- **sieci:** ruting pakietów od nadawcy do odbiorcy
 - IP, protokoły rutingu
- **łącza:** komunikacja pomiędzy sąsiednimi urządzeniami w sieci
 - PPP, Ethernet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



Warstwy: komunikacja logiczna

każda warstwa:

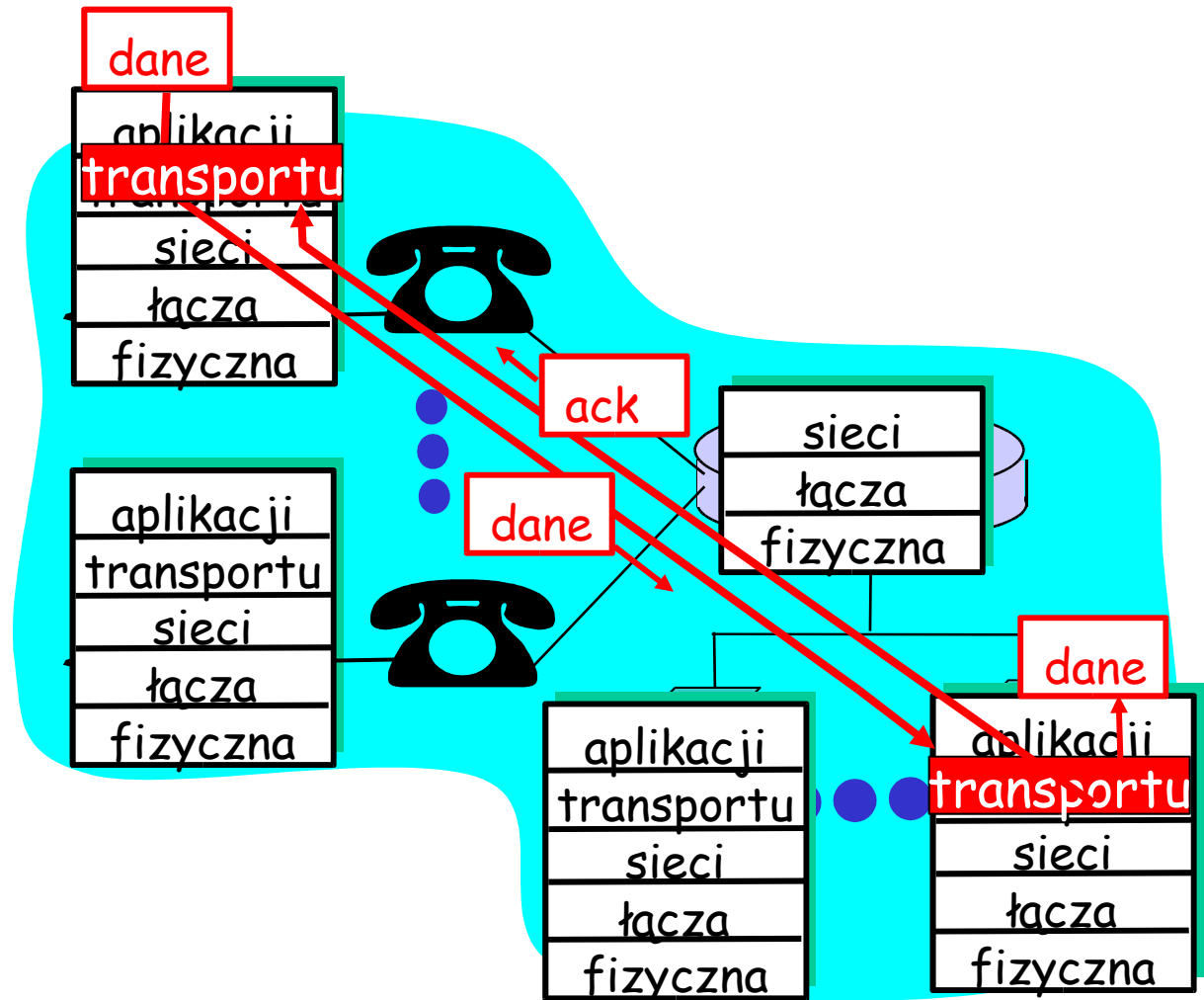
- rozproszona
- "jednostki" implementują funkcje warstwy w każdym węźle
- jednostki wykonują czynności, komunikują się z sąsiadami



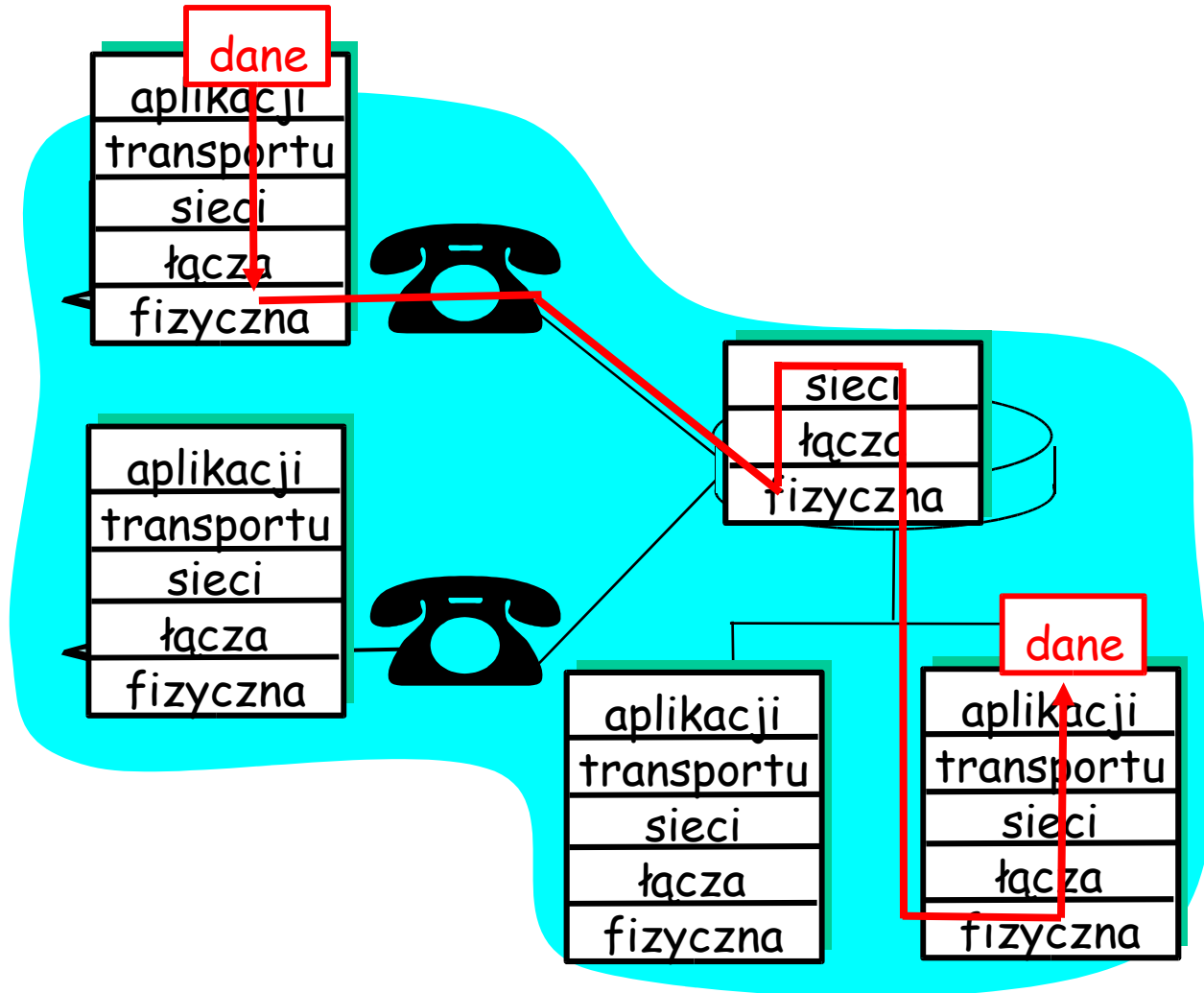
Warstwy: komunikacja logiczna

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



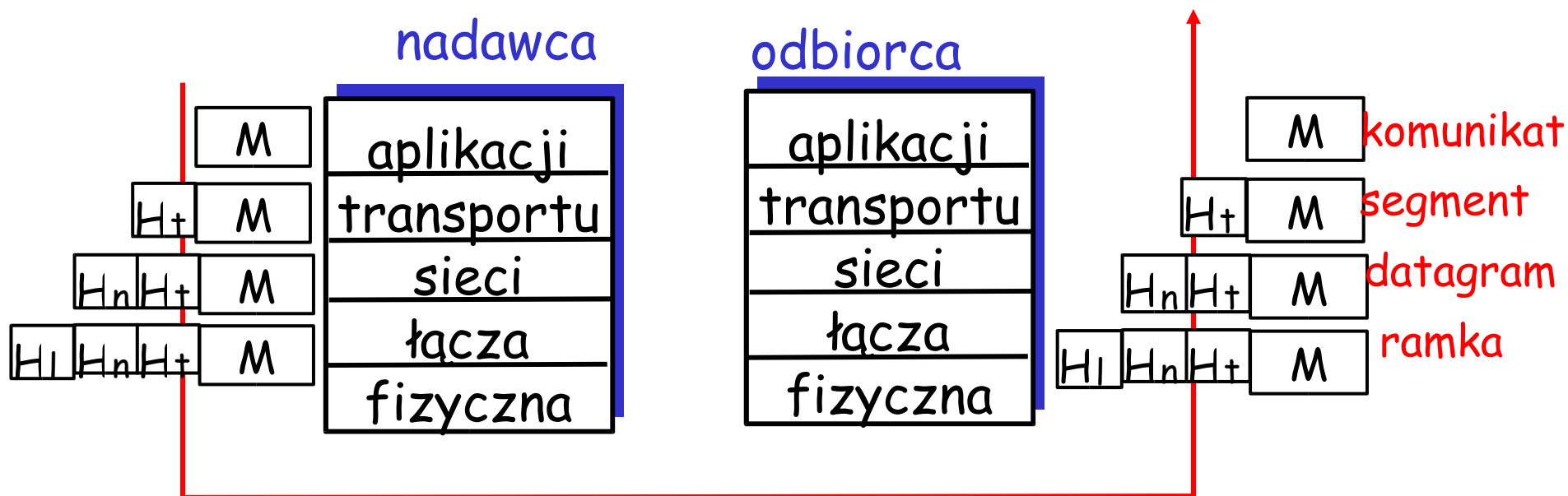
Warstwy protokołów i informacja

Każda warstwa bierze informację od górnej warstwy

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

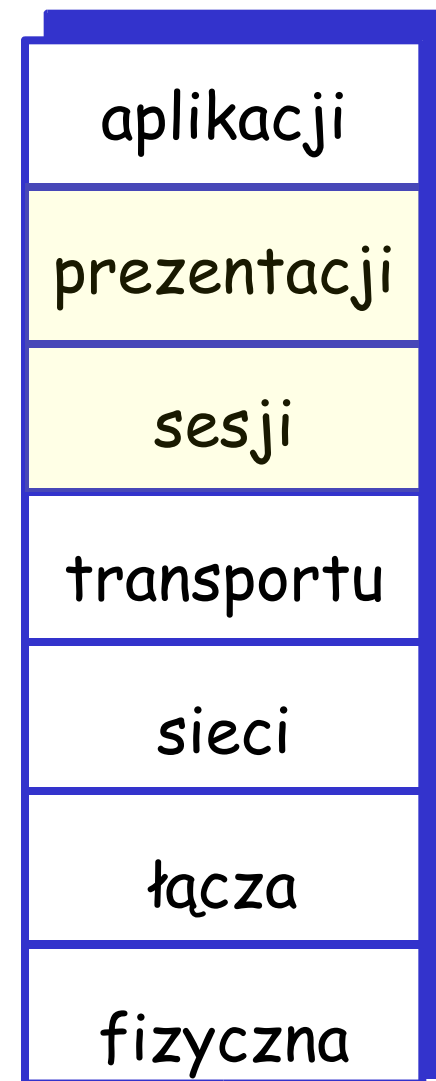
nadawca

odbiorca



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 dostępową 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: Csnet, 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!