# Sieci komputerowe

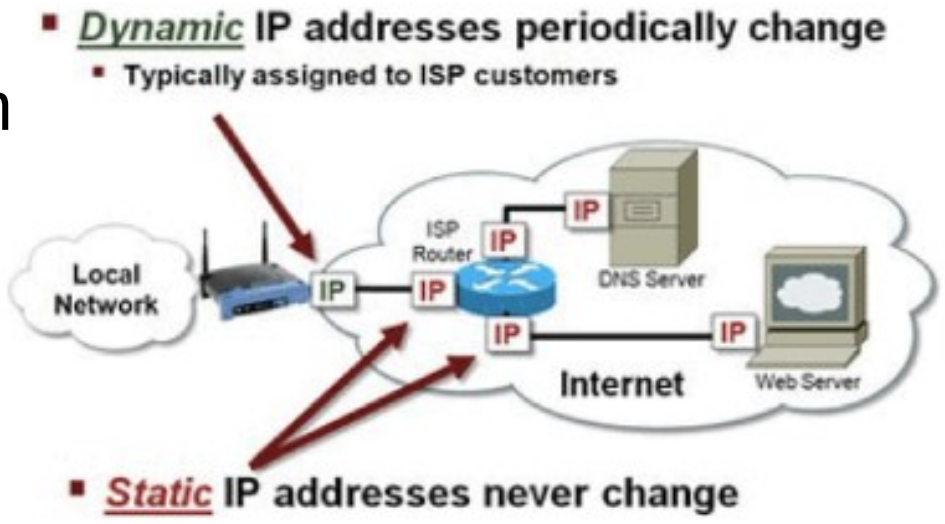
Wykład 5
3.04.2019

dr inż. Łukasz Graczykowski
lukasz.graczykowski@pw.edu.pl

*Semestr letni 2018/2019*

# Uzyskiwanie adresu IP

- Do tej pory zajmowaliśmy się adresami IP oraz przepływem informacji między węzłami w Internecie
- Jak natomiast wygląda samo uzyskiwanie adresu IP po przyłączeniu komputera do sieci?
- Adres IP możemy uzyskać na dwa sposoby:
  - **statycznie** – zachowane w konfiguracji sieci
  - **dynamicznie** – przyporządkowywane za każdym razem gdy się łączymy z siecią
- Może wystąpić **konflikt** gdy dwa urządzenia mają ten sam adres IP

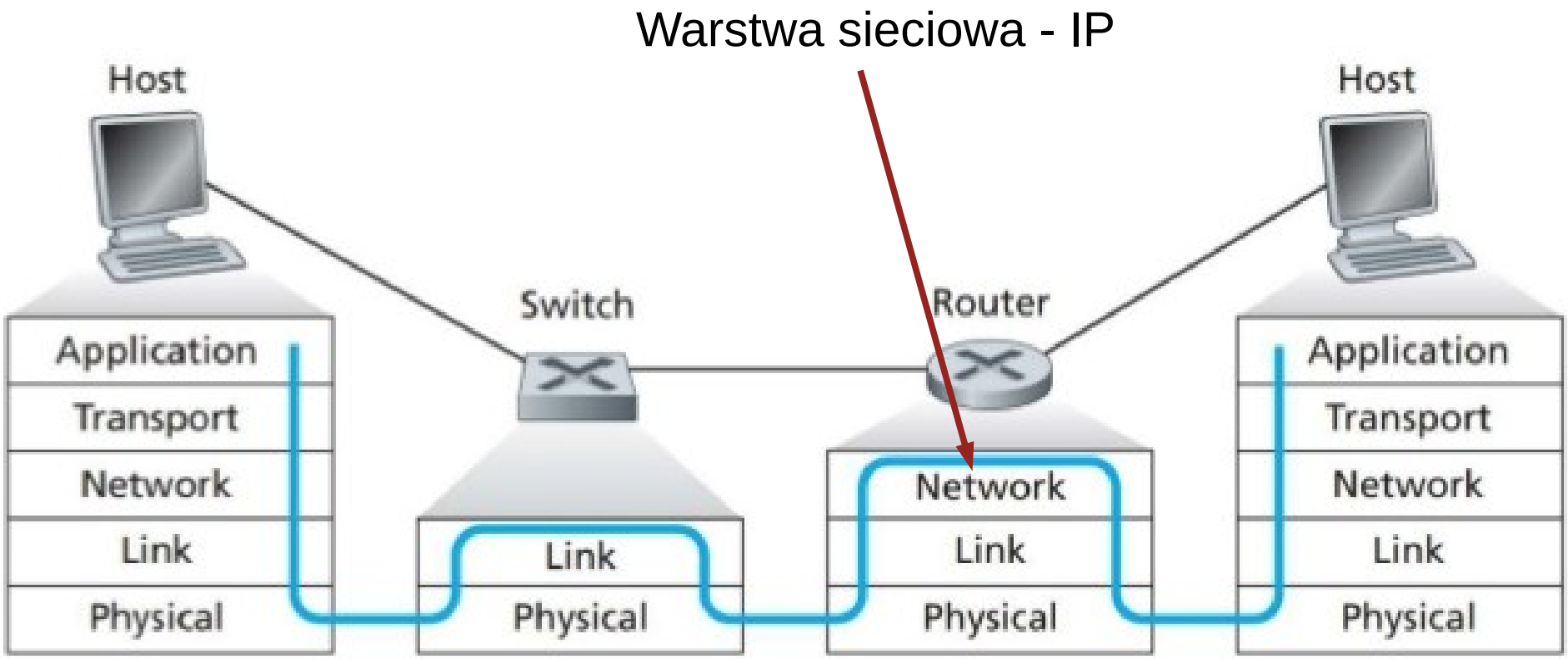


# Protokół DHCP

- Najpopularniejszym protokołem automatycznego przydzielania IP jest DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
- Protokół działa w architekturze klient-serwer
- Serwer DHCP odpowiada za przydzielanie adresów, tworzy maskę podsieci, oraz wyznacza czas jaki dany adres może być przypisany do jednego klienta
- Po podłączeniu do sieci to klient prosi serwer DHCP o przydzielenie jednego z wolnych adresów
- Bardzo czesto rolę serwera DHCP pełni **router** (router operuje na warstwie sieciowej, w przeciwieństwie do switcha)
- Protokół DHCP jest **protokołem warstwy aplikacj**i (w warstwie Internetu nie ma znaczenia jak przydzielimy IP)

# Router vs switch

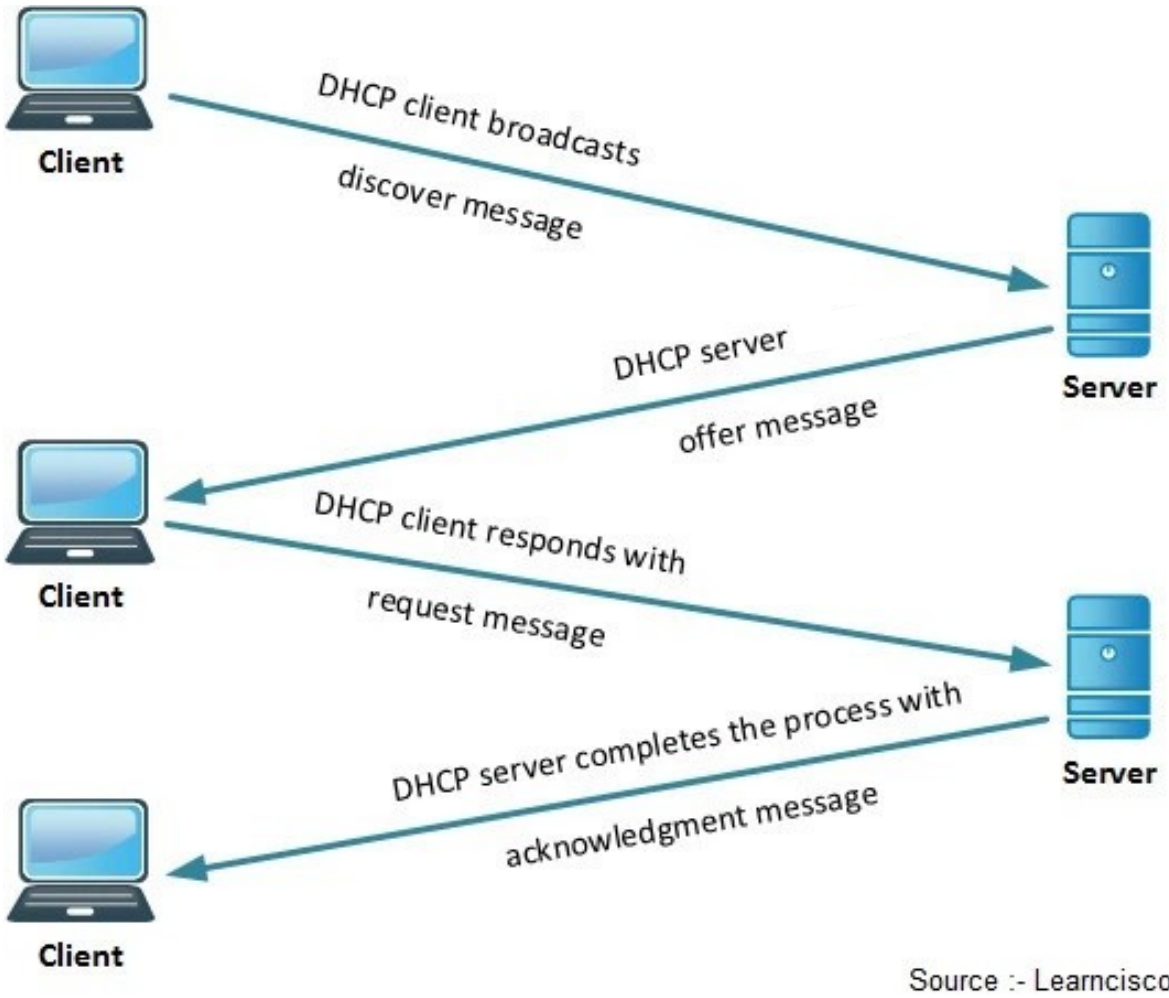
A router in that it forwards packets using MAC addresses (layer-2) whereas a router is a layer-3 packet switch.



# Protokół DHCP

- Otrzymanie adresu IP jest wysłania odpowiedniego zapytania do serwera DHCP i otrzymania potwierdzenia
- Serwer DHCP przydziela adres z dostępnej wolnej puli adresów dla danej podsieci
- Serwer DHCP utrzymuje tablicę wcześniejszych przypisań

  → urządzenie może dostać poprzednio otrzymany adres IP

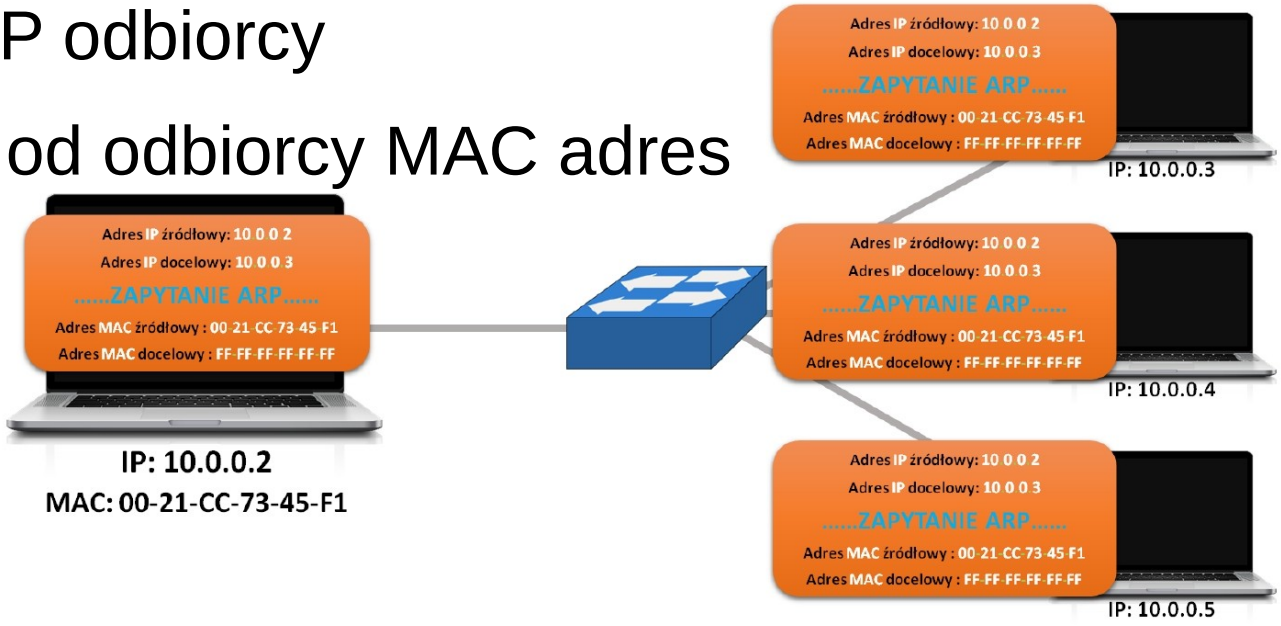


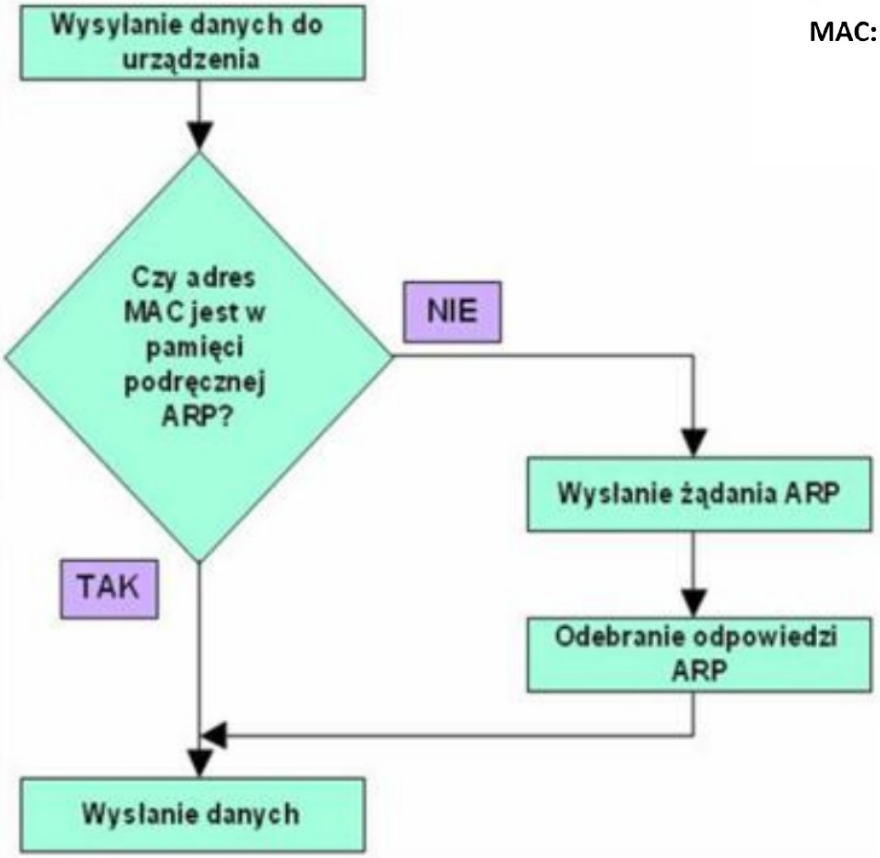
# Inne protokoły

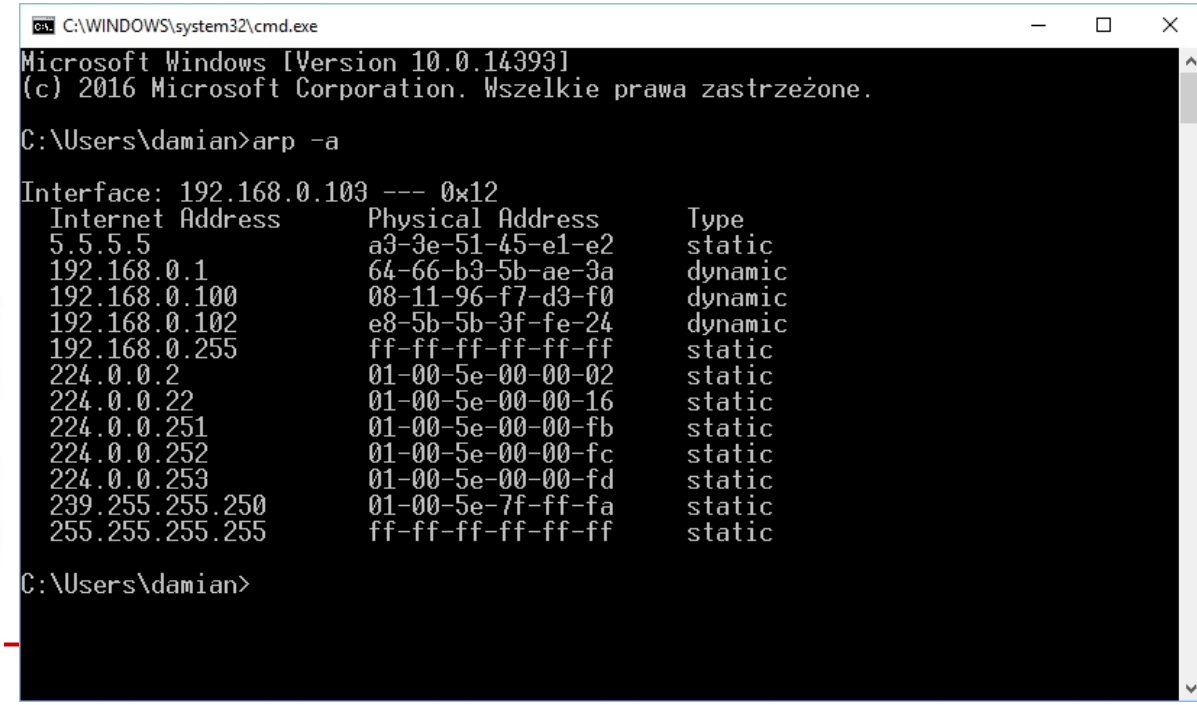
- Jak to adresowanie po IP ma się do ramek ethernetu?
  - **protokół ARP** odzworowuje znany adres IP na adres sprzętowy MAC

# Protokół ARP

- Komputer nadawca najpierw wysyła zapytanie ARP na broadcast z adresem IP odbiorcy
- W odpowiedzi dostaje od odbiorcy MAC adres
- MAC jest dodawany do tablicy ARP na komputerze nadawcy



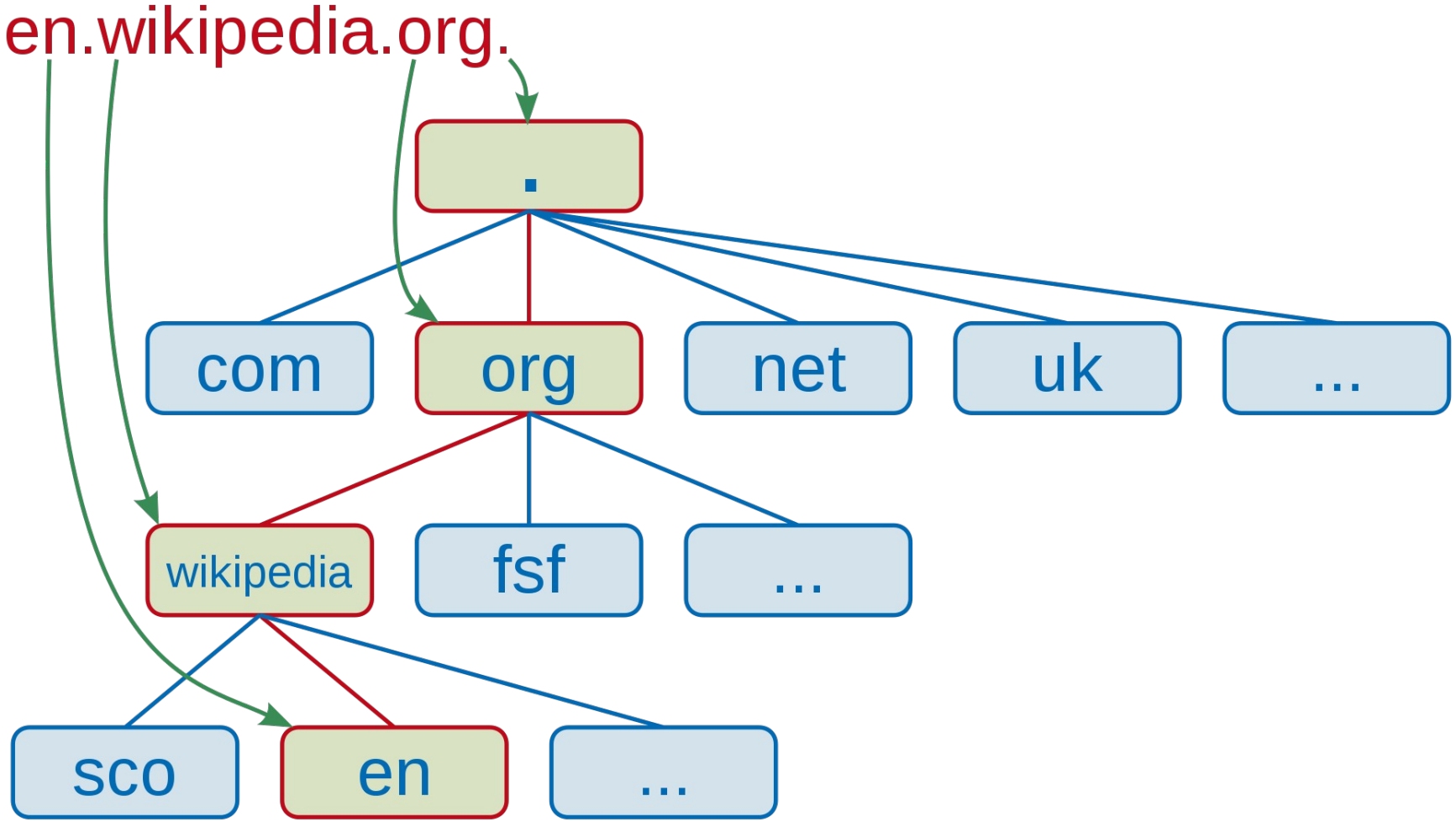



# Serwer DNS

- **DNS** (*Domain Name Server*) – to serwer, na którym przechowywana jest tablica publicznych adresów IP, którym przypisane są nazwy hostów (hostnames) i domen
  - ***hostname*** to nazwa konkretnego urządzenia zapisana zrozumiałym dla człowieka tekstem
  - ***domena*** to grupa hostów w obrębie jednej administracji, wspólnie zarządzana
- Zadaniem DNS jest translacja tekstu zrozumiałego dla człowieka (nazwy) na adres liczbowy
- Nazwa DNS może tez oznaczać cały system (Domain Name System) nazewnictwa urządzeń i usług w sieci (nie tylko adresy IP)

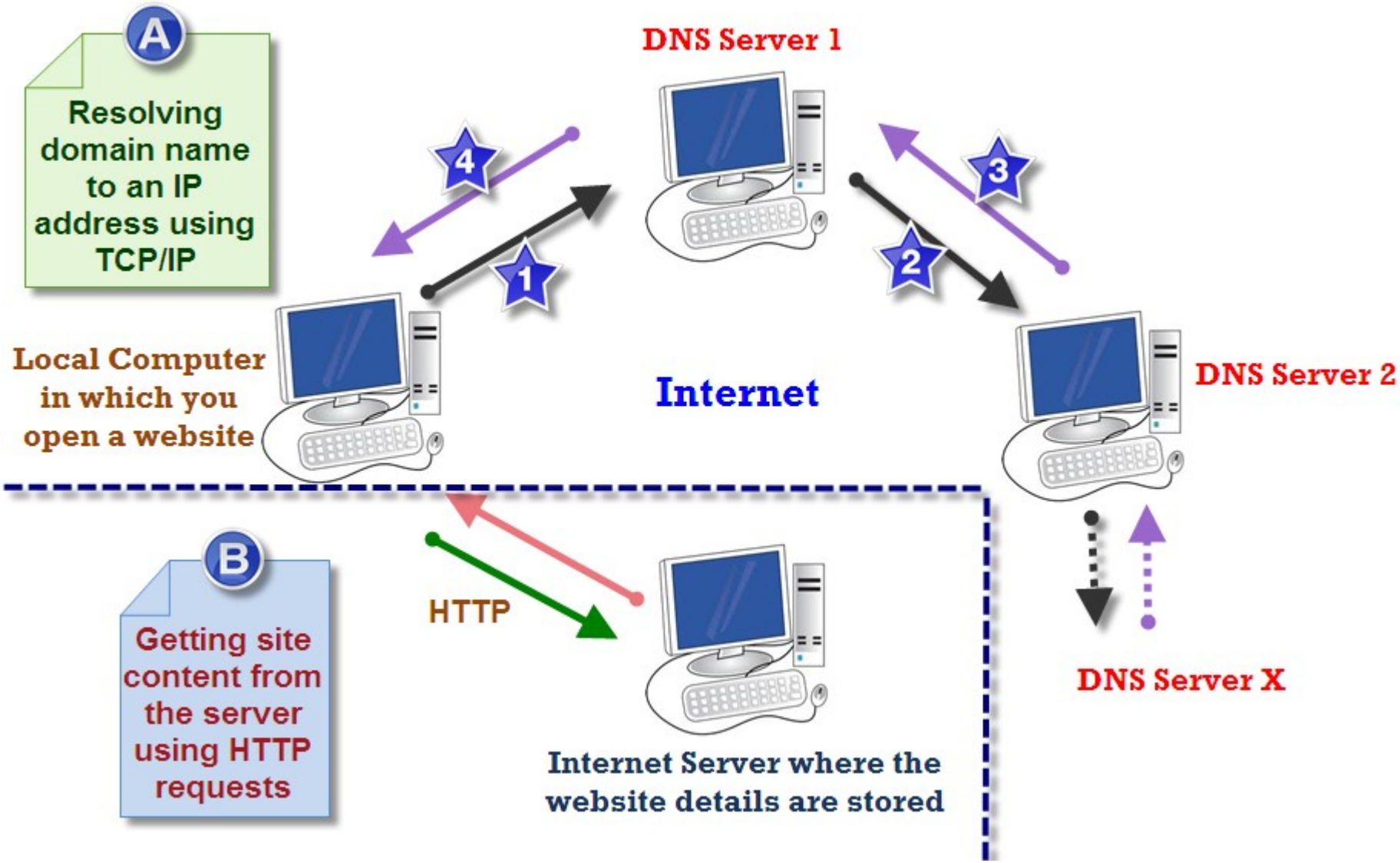
# Serwer DNS

- Domeny dzielą się na strefy ustawione hierarchicznie
- Każda domena zaczyna się od strefy root (top-level domain)



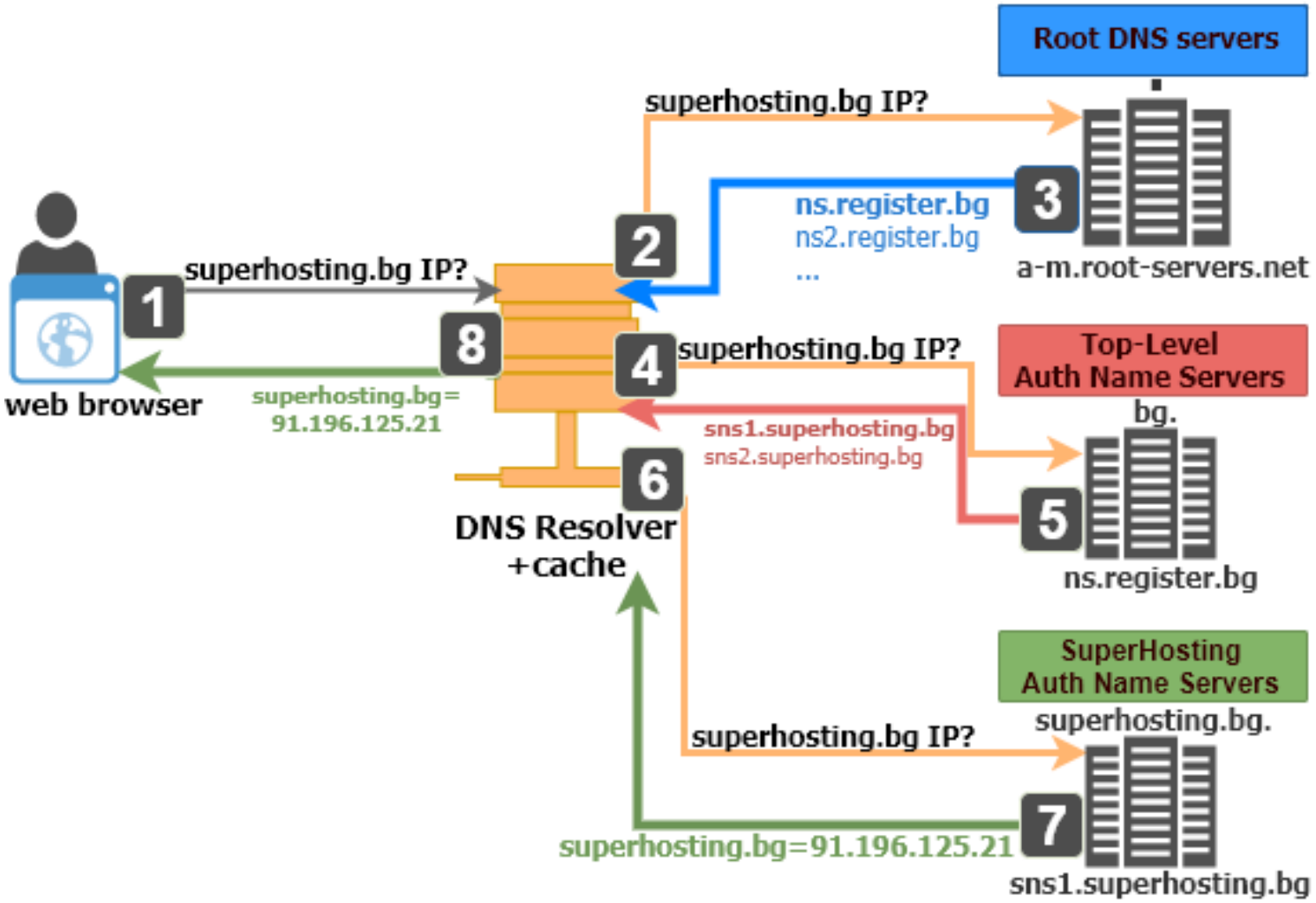
# Serwer DNS

- Przykład – otwarcie strony WWW



# Serwer DNS

- Przykład – otwarcie strony WWW
- Odpytujemy po kolei kolejne serwery DNS, zaczynając od poziomu (strefy) root



# Jak zbudowany jest Internet?

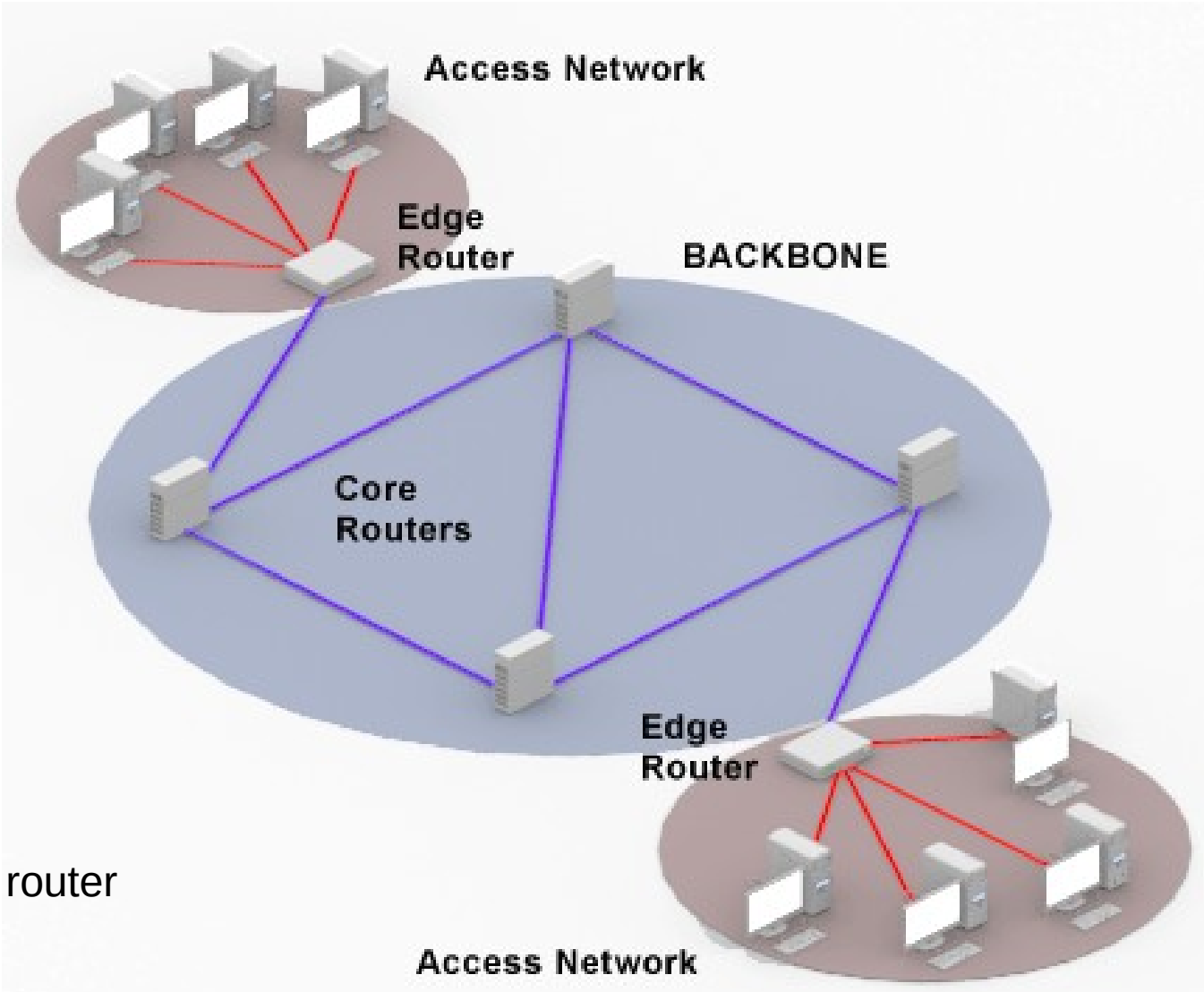
- Internet jest siecią rozproszoną wykorzystującą protokół IP (oraz TPC i UDP – o nich za chwilę) oraz DNS do przydzielania nazw
- Jest niezależna od fizycznego sposobu realizacji łącza (użytych kabli, sieci radiowych, etc.)
- Najważniejszym urządzeniem w Internecie (obok komputerów-klientów :) ) jest router
  - jak już wiemy – router to urządzenie w warstwie Internetu, działające na protokole IP, przekazujące ruch pomiędzy dwoma sieciami
  - routery dzielimy na
    - routery na brzegach (**edge routers**) – bezpośrednio połączone z sieciami (klientami) docelowymi oraz jednym routerem rdzenia
    - routery rdzenia (**core routers**) – połączone ze sobą oraz z core routers, tworzą szkielet sieci (**backbone**)

# Jak zbudowany jest Internet?

- Coure routers to urządzenia bardzo drogie, działające z maksymalną możliwą prędkością przesyłania pakietów
- Kilku producentów
  np. CISCO, HUAWEI

core router

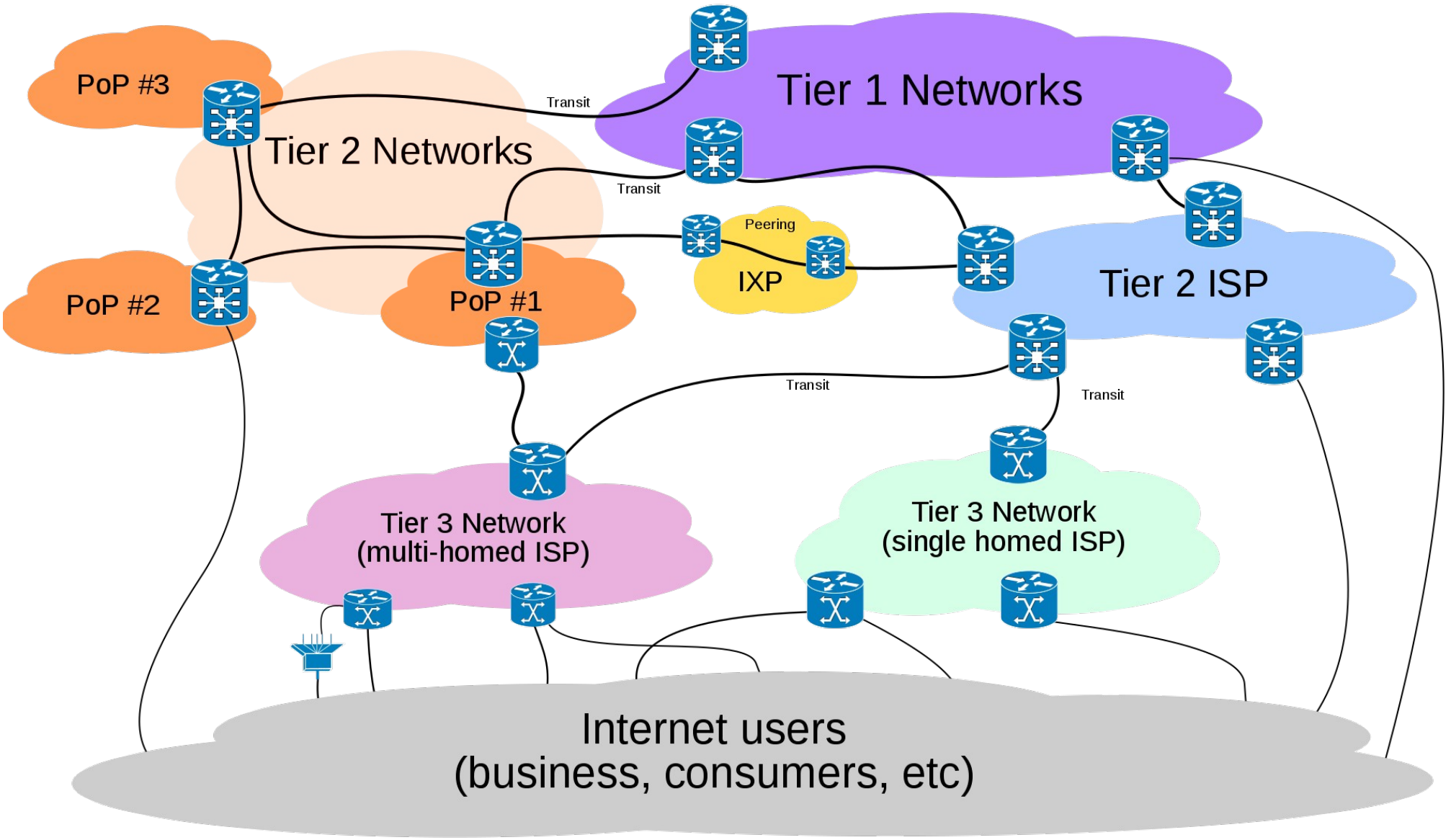

edge router



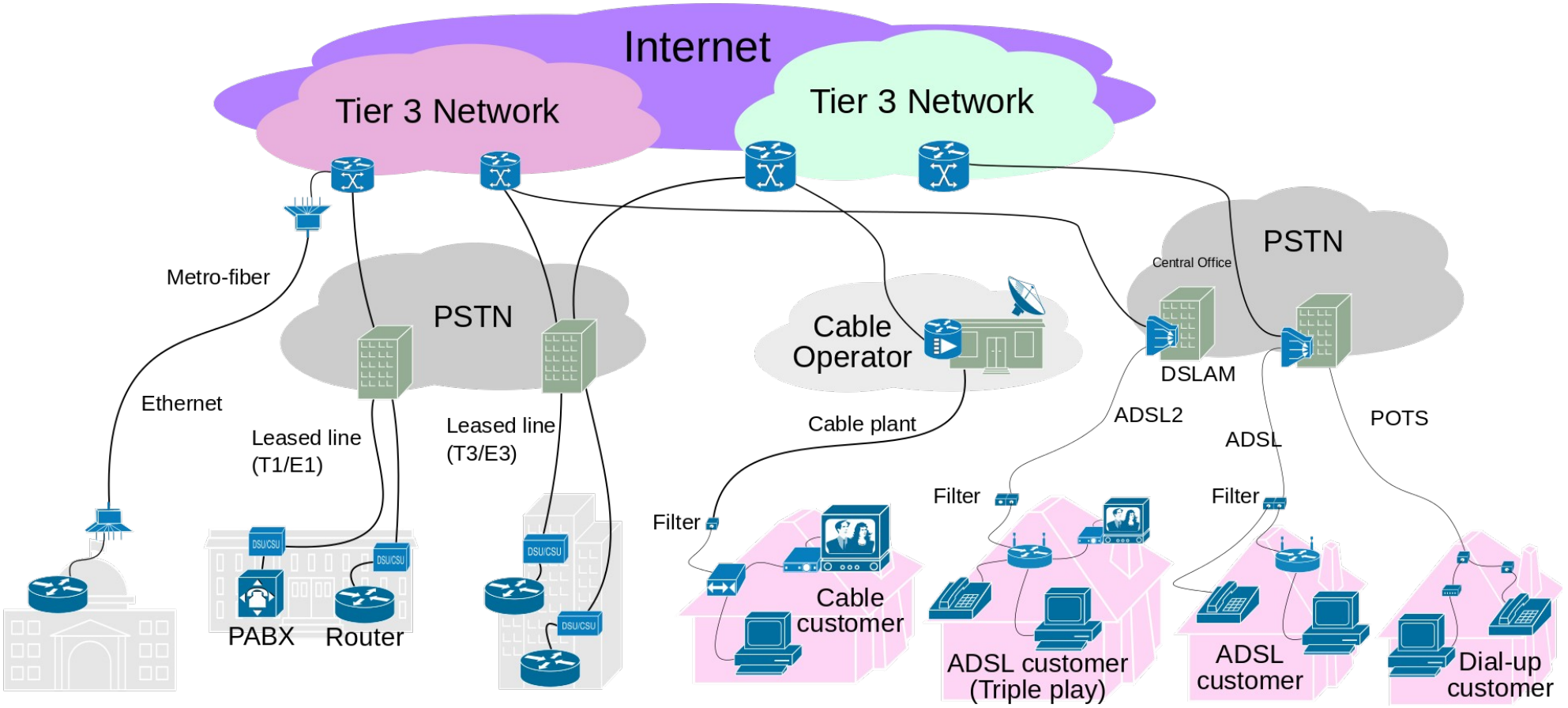
# Jak zbudowany jest Internet?

- Internet tworzą tzw. **Systemy Autonomiczne** (AS)
  - zwykle zarządzane przez jedną organizację
  - mającą własną sieć szkieletową (wiele routerów) i systemy klienckie
- Dostawca Internetu (**ISP** – ***Internet Service Provider***) to taki AS, który jest podłączony do innych sieci i może pełnić rónież rolę tranzytową (połączony jest z wieloma sieciami klientów oraz z innymi ISP, umożliwia pełną komunikację w Internecie)
- ISP grupuje się w kategorie (**tiers**):
  - np. Tier 1 – połączone każda ze sobą (za pomocą odpowiednich umów), główny szkielet Internetu
  - Tier 2 – musi wykupywać dostęp do części (np. aby dostać się do innego Tier 2 przez kilka Tier 1)
  - Tier 3 – z reguły to z czym komunikujemy się z domu (nasz dostawca Internetu)
  - najlepiej to zobrazować na obrazkach (następne dwa slajdy)

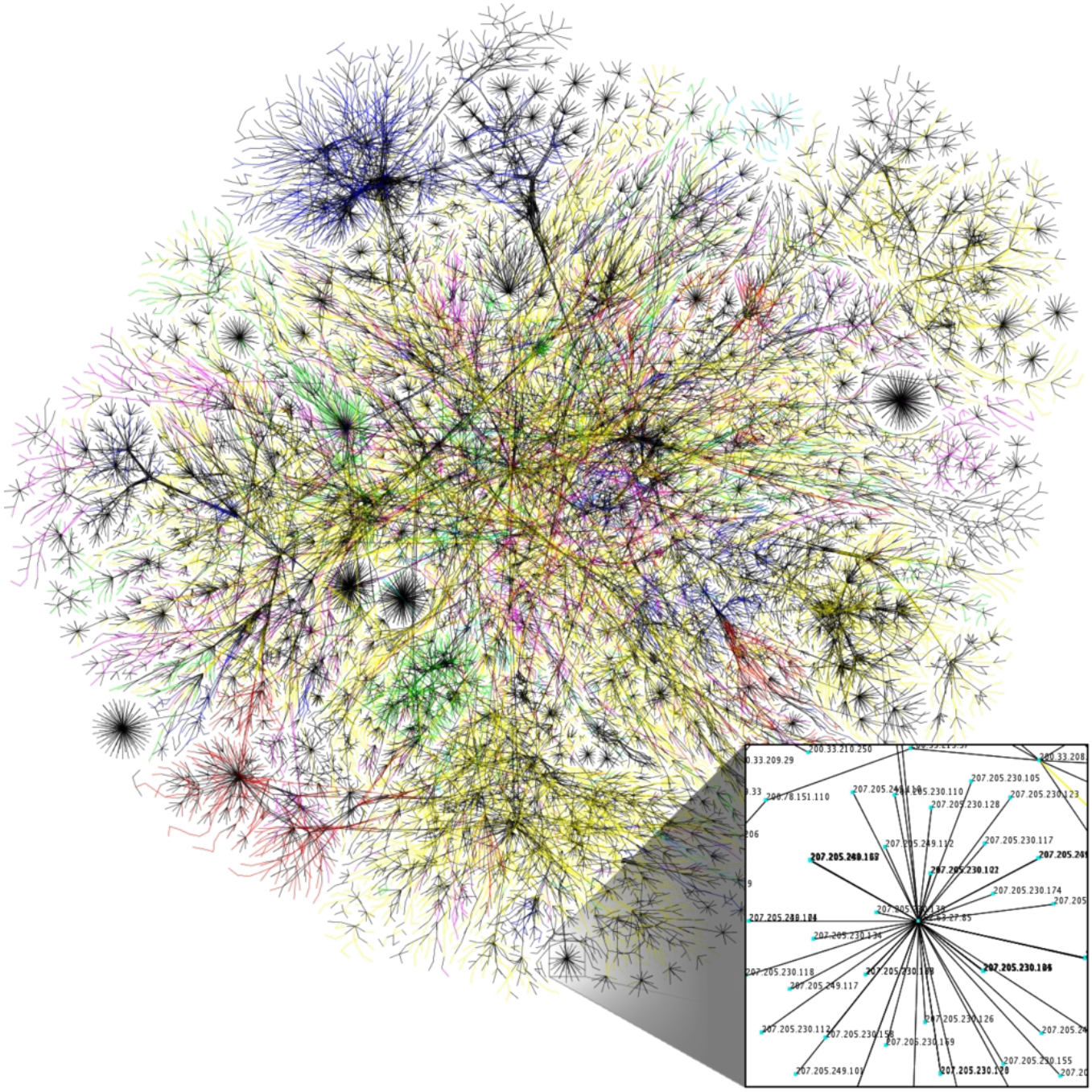
# Jak zbudowany jest Internet?



# Jak zbudowany jest Internet?



# Jak zbudowany jest Internet?



# Jak zbudowany jest Internet?

- Tier 1 ISP (oraz czasami Tier 2) komunikują się za pomocą **Internet exchange points** (**IX**, albo **IXP**)
- Są to dedykowane urządzenia (switche), które umożliwiają połączenia pomiędzy różnymi ISP
- Pierwszym w Europie IXP był **CERN Internet Exchange Point** (zlokalizowany w CERN w Genewie) – działający do dzisiaj

https://cixp.net/








Members Of CIXP

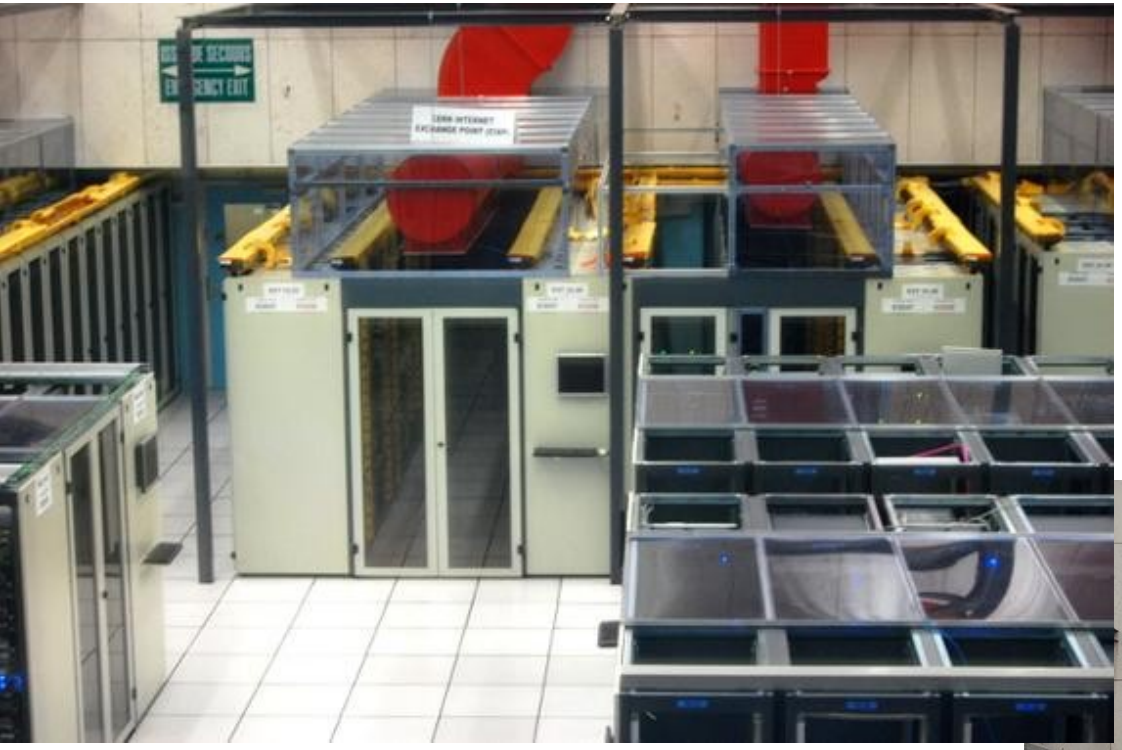
Internet Service Providers

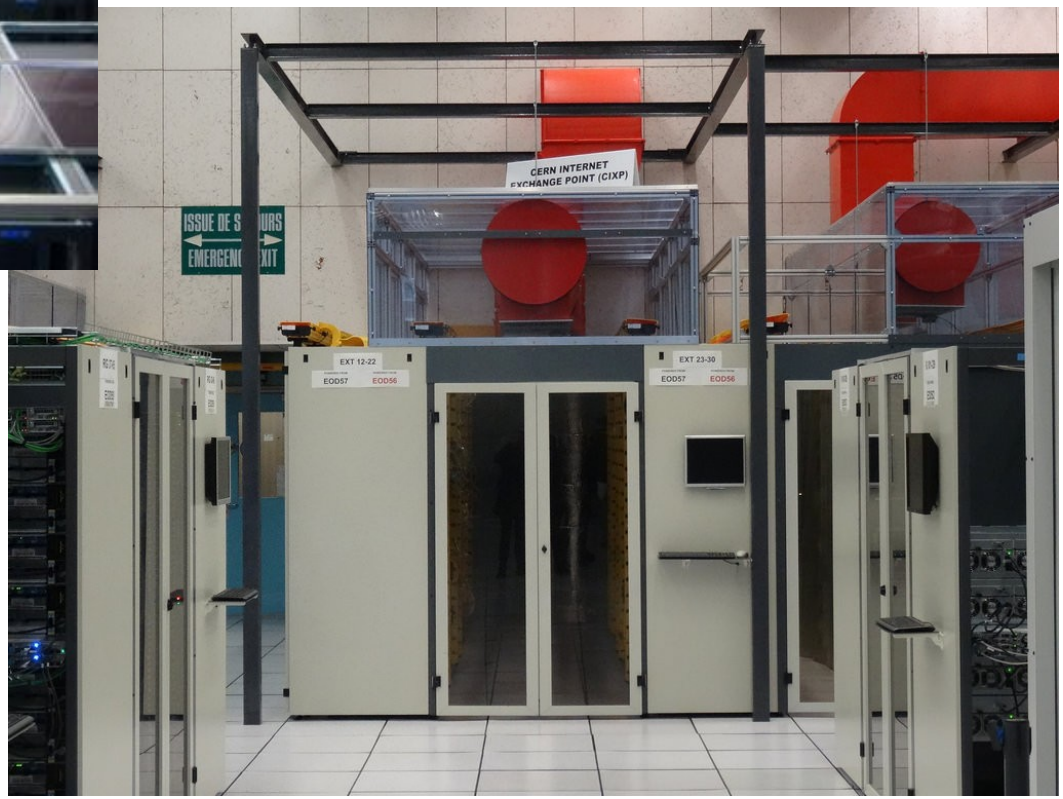
| Participant | Located at |
|---|---|
| Adeli | CERN Geneva |
| Akenes | Equinix Geneva (GV2) |
| BIT (Swiss Confederation) | CERN Geneva |
| Briod SA | Equinix Geneva (GV1) |
| CERN | CERN Geneva |
| Cogent | Equinix Geneva (GV1) |
| COLT | CERN Geneva |
| CTI | CERN Geneva |
| DFI Services | Equinix Geneva (GV1) |
| Equinix | Equinix Geneva (GV1) |
| euNetworks (was Fibrelac) | CERN Geneva |
| Forcepoint | Equinix Geneva (GV1) |
| Hurricane Electric | Equinix Geneva (GV1) |
| I-root | Equinix Geneva (GV1) |
| Infomaniak Network SA | CERN Geneva |
| Infomaniak Network SA | Equinix Geneva (GV1) |
| Init7 | CERN Geneva |
| IP-MAN (SIG) | Equinix Geneva (GV1) |
| IP-Max | CERN Geneva |
| IP-Max | Equinix Geneva (GV1) |
| IP-Max (route collector) | Equinix Geneva (GV1) |
| IXreach | Equinix Geneva (GV1) |
| Jaguar Network | Equinix Geneva (GV1) |
| K-Net / K-Sys | CERN Geneva |
| K-root (RIPE) | CERN Geneva |
| KPN Eurorings BV | CERN Geneva |
| Media-Lite SA | CERN Geneva |
| Netplus | Equinix Geneva (GV1) |
| Orange Business Services - GIBN | CERN Geneva |
| RIPE-RIS | CERN Geneva |
| SIMA Lausanne | Equinix Geneva (GV1) |
| Sunrise (TDC Switzerland AG) | CERN Geneva |
| Swisscom / IP-Plus | CERN Geneva |
| T-Systems Schweiz AG (Deutsche Telekom) | CERN Geneva |
| The Net | Equinix Geneva (GV1) |
| UPC Cablecom | CERN Geneva |
| VTX Services SA | CERN Geneva |
| Zscaler | Equinix Geneva (GV1) |

# CERN Internet Exchange Point

- Poziom 0 (parter) CERN Data Center
- Szafy z czerwonymi kablami - CIXP

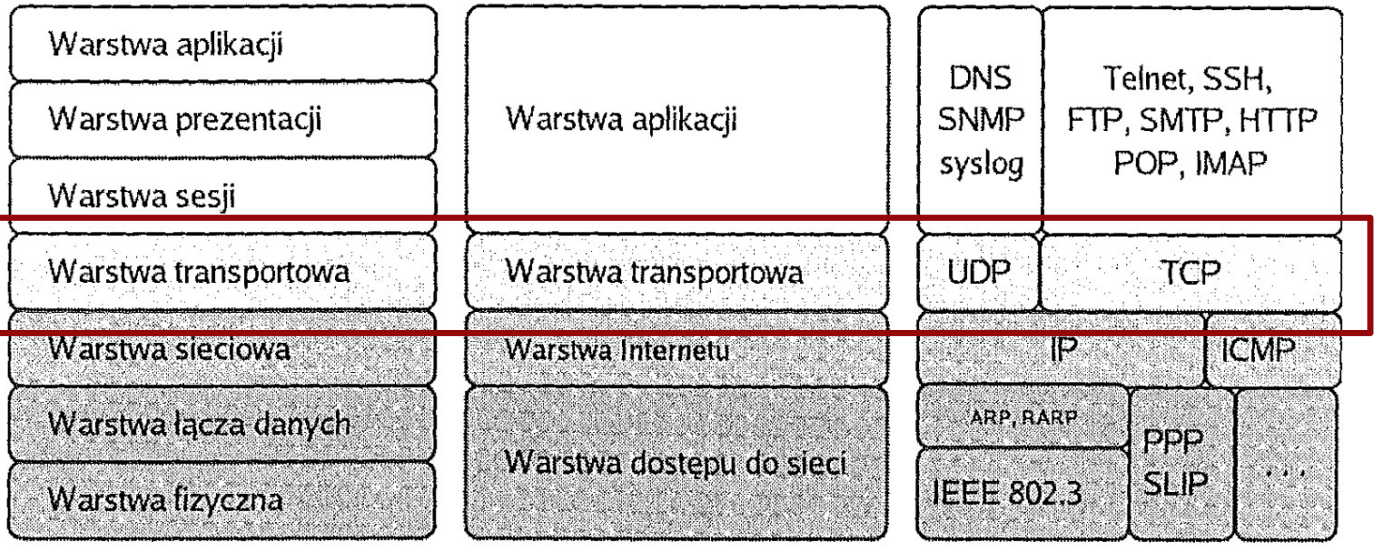
# CERN Internet Exchange Point





# Warstwa transportowa

# Protokoły TCP i UDP




źródło: Helion

# Warstwa transportowa

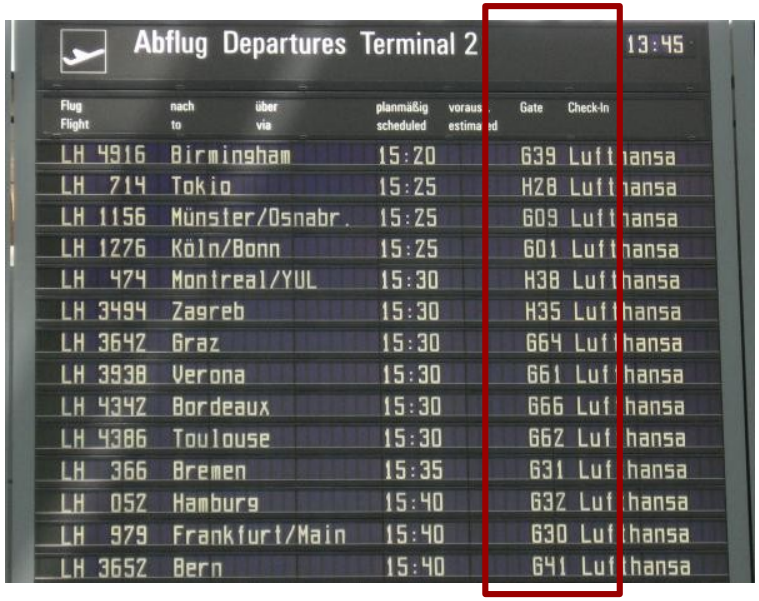
- Zadaniem wartstwy transportowej jest niezawodne przesyłanie danych między urządzeniami
- Protokoły warstwy transportowej otrzymują dane z warstwy Internetu i rozdzielają je na poszczególne procesy w warstwie aplikacji (“ten fragment danych idzie do komunikatora, ten do e-mail’a a ten do przeglądarki”)
- Zawiera mechanizmy:
  - inicjalizowania, utrzymania, zamykania połączenia
  - sterowania przepływem danych
  - wykrywania błędów transmisji
- Istnieje wiele protokołów warstwy transportowej, ale najważniejsze sa dwa:
  - TCP
  - UDP

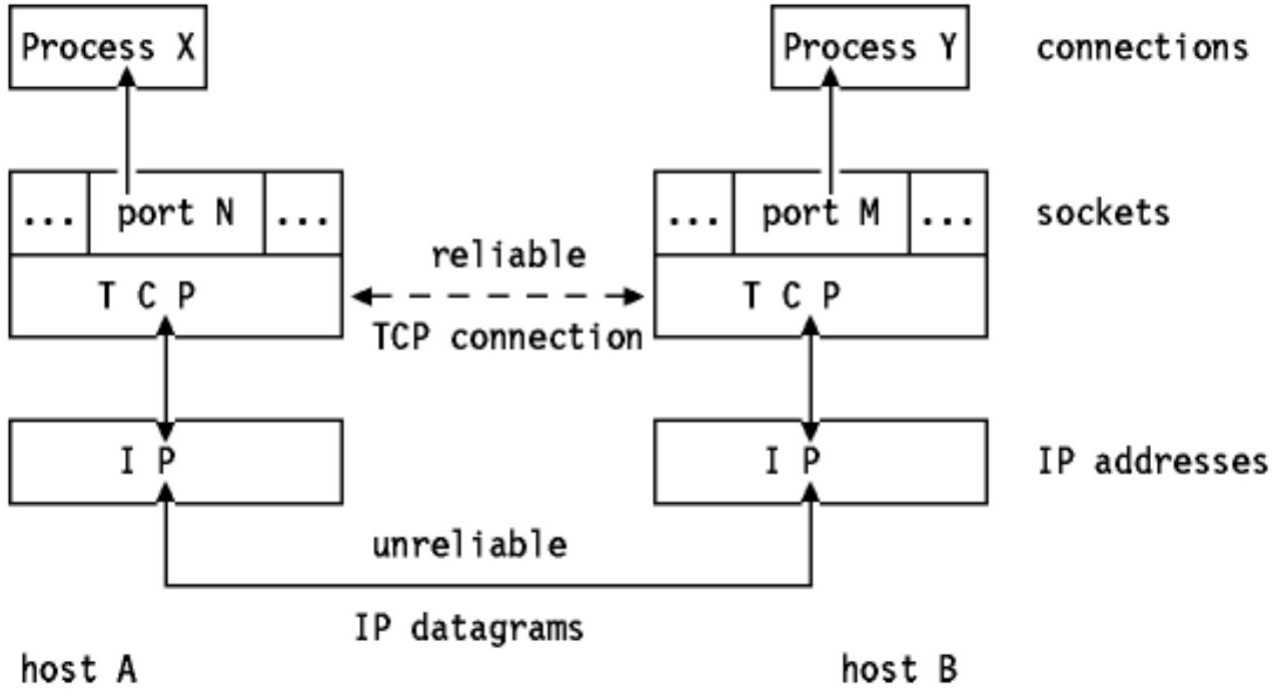
# Warstwa transportowa

- Typy komunikacji możemy klasyfikować następująco:
  - **połączeniowa** (*connection-oriented*) – nawiązanie połączenia przed wysłaniem właściwych danych
  - **bezpołączeniowa** (*connectionless*) – bez sprawdzania, czy dane dotarły do odbiorcy (od razu wysyłamy właściwe dane)
  - **niezawodna** (*reliable*) – kontrola procesu przesyłania, retransmisja w przypadku niedostarczenia pakietu danych
  - **zawodna** (*unreliable*) – brak kontroli i retransmisji
  - **stanowa** (*stateful*) – sesja pomiędzy serwerem i klientem monitorowana przez serwer
  - **bezstanowa** (*stateless*) – brak monitorowania stanu sesji

# Gniazdo sieciowe

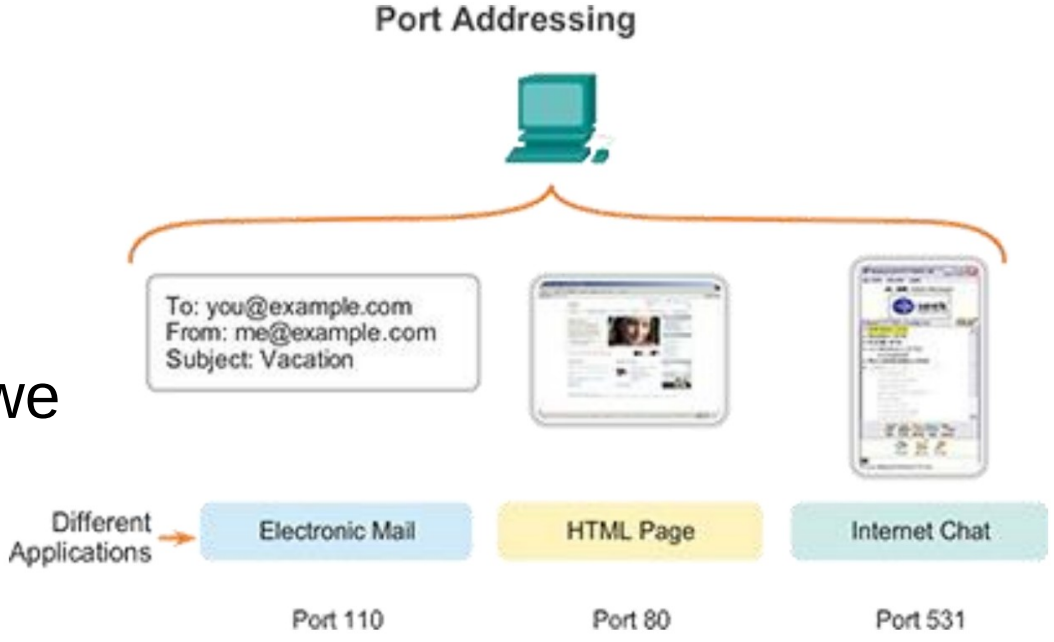
- Identyfikacja procesu, który ma odebrać daną porcję danych, odbywa się na podstawie numeru portu
  - **numer portu** jest 16-bitową liczbą związaną z danym typem komunikacji w sieci – przykładowo, serwer WWW odbierając zapytanie i następnie przesyłając stronę odbiorcy działa na porcie 80



# Gniazdo sieciowe

- Identyfikacja procesu, który ma odebrać daną porcję danych, odbywa się na podstawie numeru portu
  - **numer portu** jest 16-bitową liczbą związaną z danym typem komunikacji w sieci – przykładowo, serwer WWW odbierając zapytanie i następnie przesyłając stronę odbiorcy działa na porcie 80
- **Gniazdo sieciowe** (*network socket*) to para liczb (numer IP oraz numer portu), które identyfikują zarówno odbiorcę jak i dany proces (aplikację)
  - zapis: 62.211.243.226:80 (IP:port)
  - zakres portów: 0 - 65 535
  - (opcjonalnie) gniazdo sieciowe może zawierać informację o protokole (np. TCP)



# “Well-known ports”

- Istnieje lista zarezerwowanych portów (*well-known ports*), które są przypisane do różnych aplikacji (usług)
- Organizacja IANA prowadzi rejestr zarezerwowanych portów:

  https://www.iana.org/assignments/service-names-port-numbers/service-names-port-numbers.xhtml

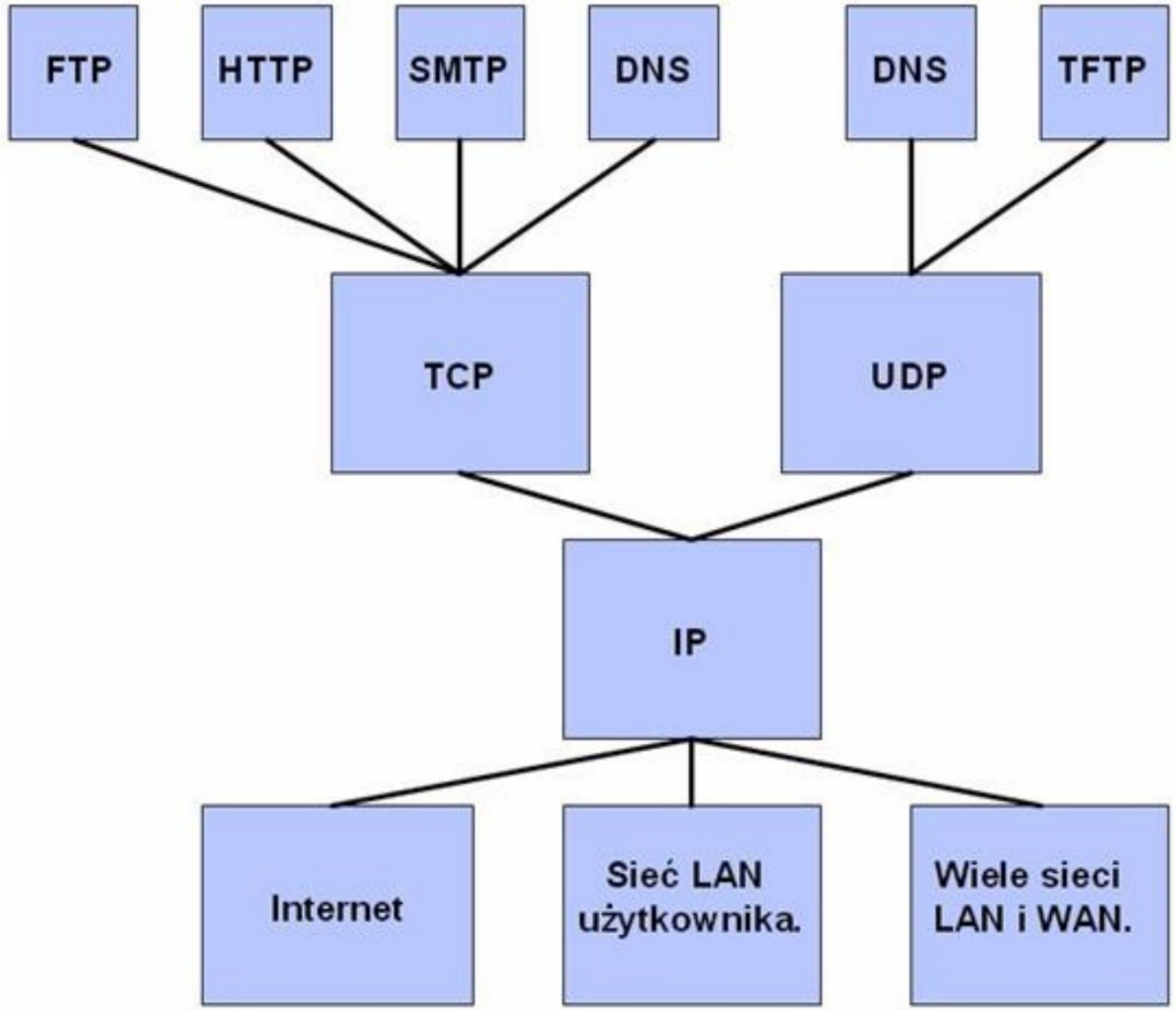
- Obecnie otwarte porty możemy sprawdzić poleceniem **netstat** (zarówno Windows i Linux)

```
C:\Users\opal>netstat -o

Active Connections

  Proto  Local Address          Foreign Address        State           PID
  TCP    127.0.0.1:1028         raft:5905              ESTABLISHED     1424
  TCP    127.0.0.1:1029         raft:5905              ESTABLISHED     1424
  TCP    127.0.0.1:5905         raft:1032              ESTABLISHED     1424
  TCP    127.0.0.1:5905         raft:1033              ESTABLISHED     1424
  TCP    192.168.1.101:1344     poczta:imaps           ESTABLISHED     5876
  TCP    192.168.1.101:1421     poczta:imaps           ESTABLISHED     5876
  TCP    192.168.1.101:1422     poczta:imaps           ESTABLISHED     5876
  TCP    192.168.1.101:1423     poczta:imaps           ESTABLISHED     5876
  TCP    192.168.1.101:3027     rmfstream3:8009        ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3116     wg-in-f189:https       ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3286     www:http               ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3306     poczta:imaps           ESTABLISHED     5876
  TCP    192.168.1.101:3327     74.125.133.106:https   ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3332     host-213:https         ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3349     74.125.133.95:http     ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3351     74.125.206.95:http     ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3352     74.125.206.95:http     ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3359     wg-in-f94:http         ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3360     wg-in-f94:http         ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3361     wg-in-f101:https       ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3362     wg-in-f94:http         ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3363     wg-in-f94:http         ESTABLISHED     5372
  TCP    192.168.1.101:3376     wj-in-f84:https        ESTABLISHED     5372
```

| Protocol | Port | Protocol | Purpose |
|---|---|---|---|
| echo | 7 | TCP/UDP | Echo is a test protocol used to verify that two machines are able to connect by having one echo back the other's input. |
| discard | 9 | TCP/UDP | Discard is a less useful test protocol in which all data received by the server is ignored. |
| daytime | 13 | TCP/UDP | Provides an ASCII representation of the current time on the server. |
| FTP data | 20 | TCP | FTP uses two well-known ports. This port is used to transfer files. |
| FTP | 21 | TCP | This port is used to send FTP commands like put and get. |
| SSH | 22 | TCP | Used for encrypted, remote logins. |
| telnet | 23 | TCP | Used for interactive, remote command-line sessions. |
| smtp | 25 | TCP | The Simple Mail Transfer Protocol is used to send email between machines. |
| time | 37 | TCP/UDP | A time server returns the number of seconds that have elapsed on the server since midnight, January 1, 1900, as a four-byte, signed, big-endian integer. |
| whois | 43 | TCP | A simple directory service for Internet network administrators. |
| finger | 79 | TCP | A service that returns information about a user or users on the local system. |
| HTTP | 80 | TCP | The underlying protocol of the World Wide Web. |
| POP3 | 110 | TCP | Post Office Protocol Version 3 is a protocol for the transfer of accumulated email from the host to sporadically connected clients. |

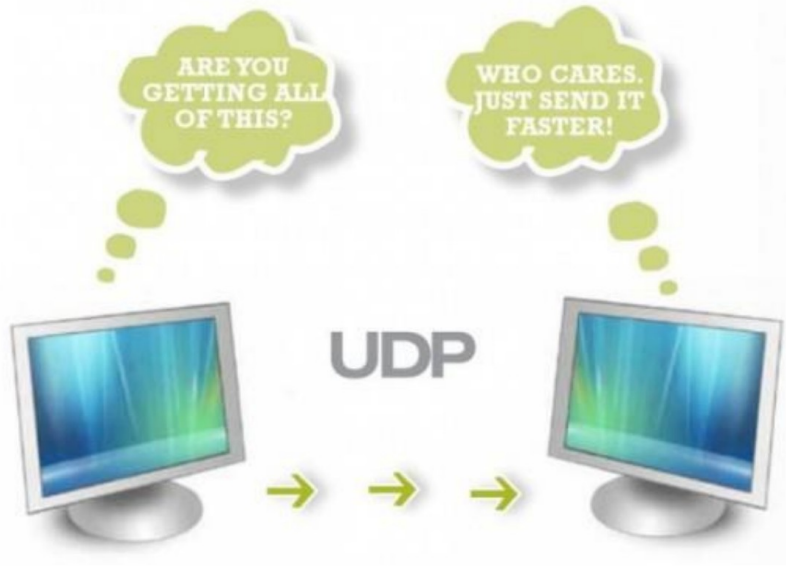
# Protokoły TCP i UDP

- Zadaniem protokołów TCP I UDP jest dzielenie (łączenie) danych z warstw wyższych na segmenty oraz przekazywanie (odbieranie) ich z warstwy Internetu (protokołu IP)



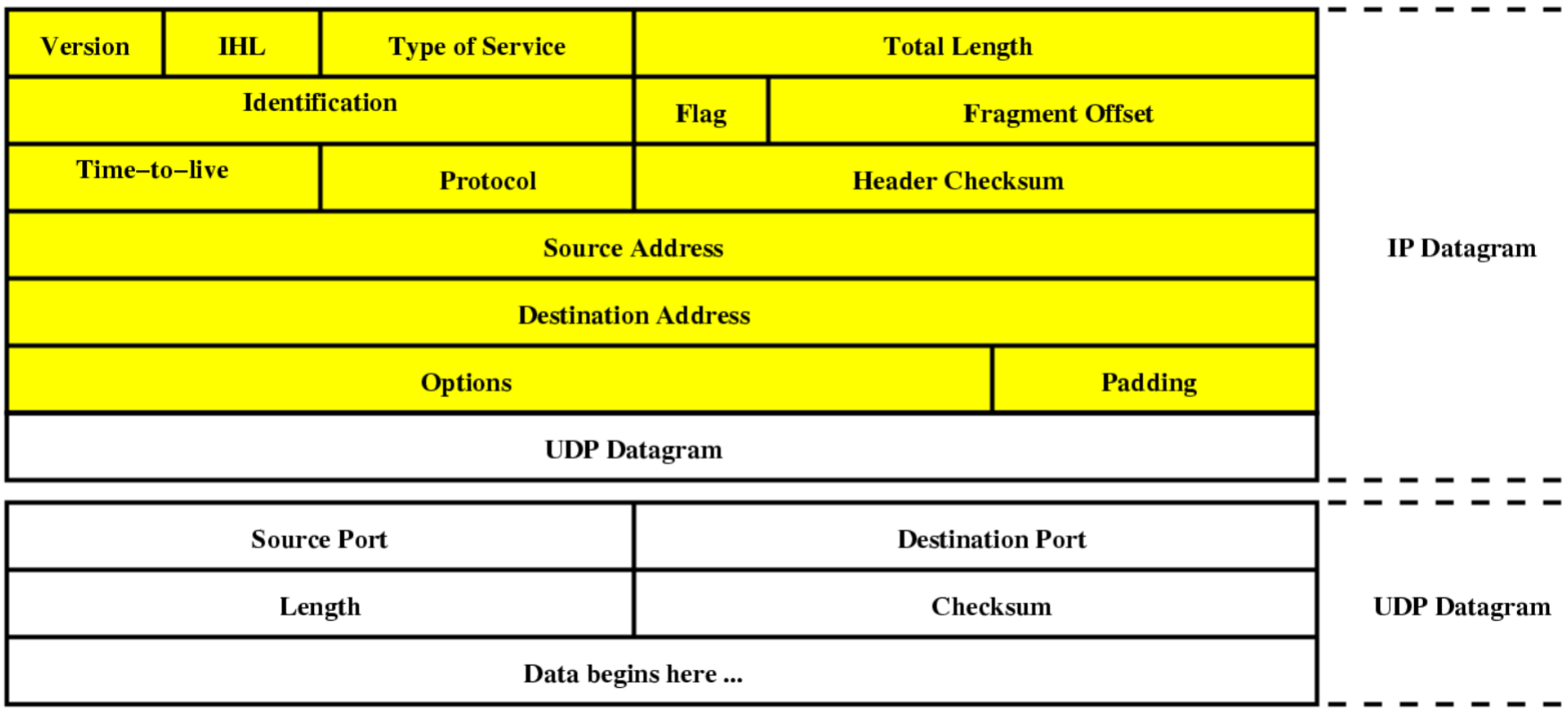
# Protokół UDP

- **UDP** (*User Datagram Protocol*)
  - **bezpołączeniowy** – nie sprawdza gotowości odbiorcy do odbioru oraz tego, czy odbiorca faktycznie wiadomość odebrał
  - **brak kontroli przepływu informacji** (to mogą obsługiwać programy w warstwie aplikacji)
  - **datagram z krótkim nagłówkiem**
- **Po co go używać?**
  - większa szybkość
  - brak dodatkowych zadań adresata
  - obsługa multicast/broadcast



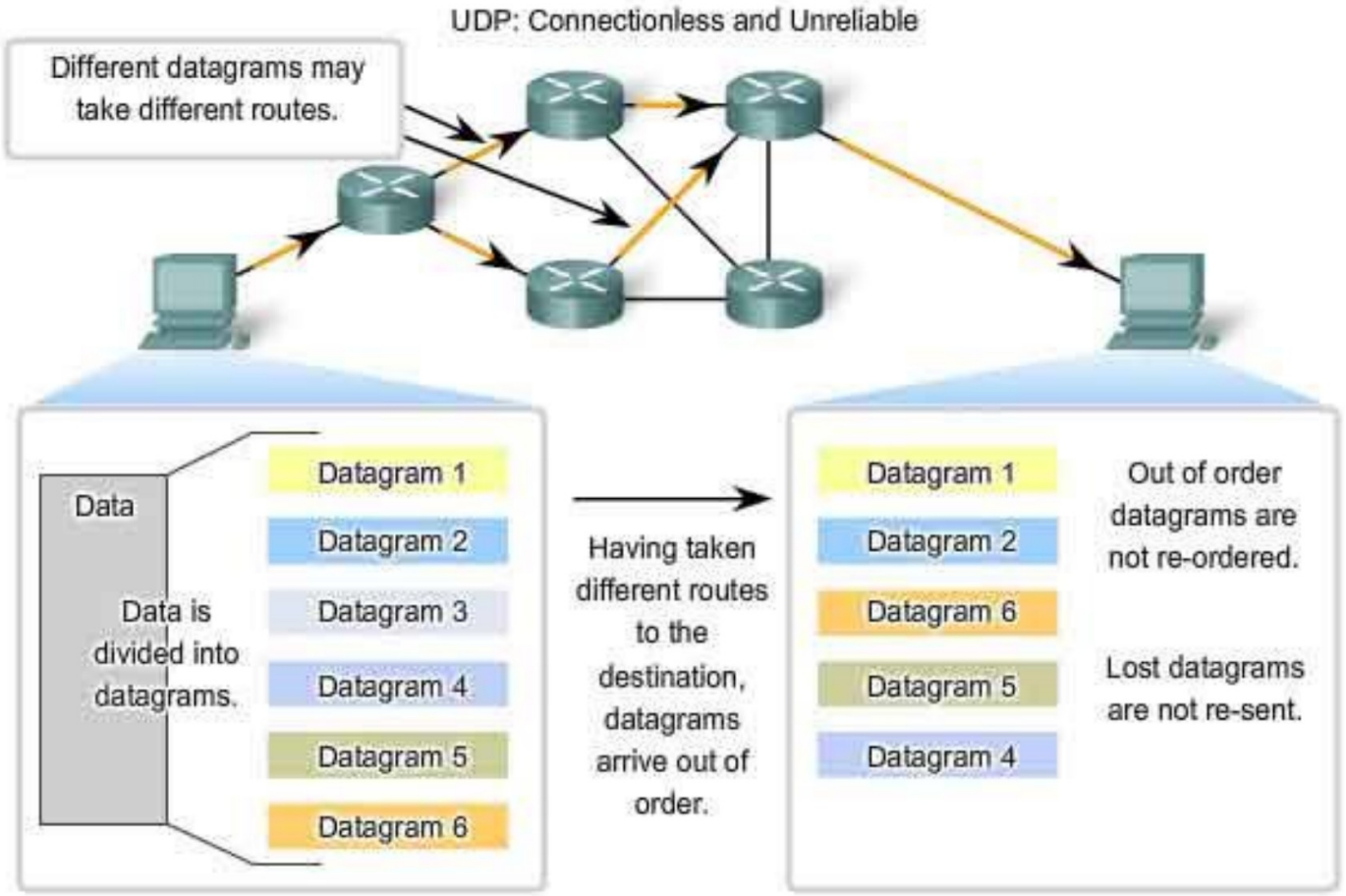
# Protokół UDP

- Datagram UDP (jako część składowa datagramu IP)



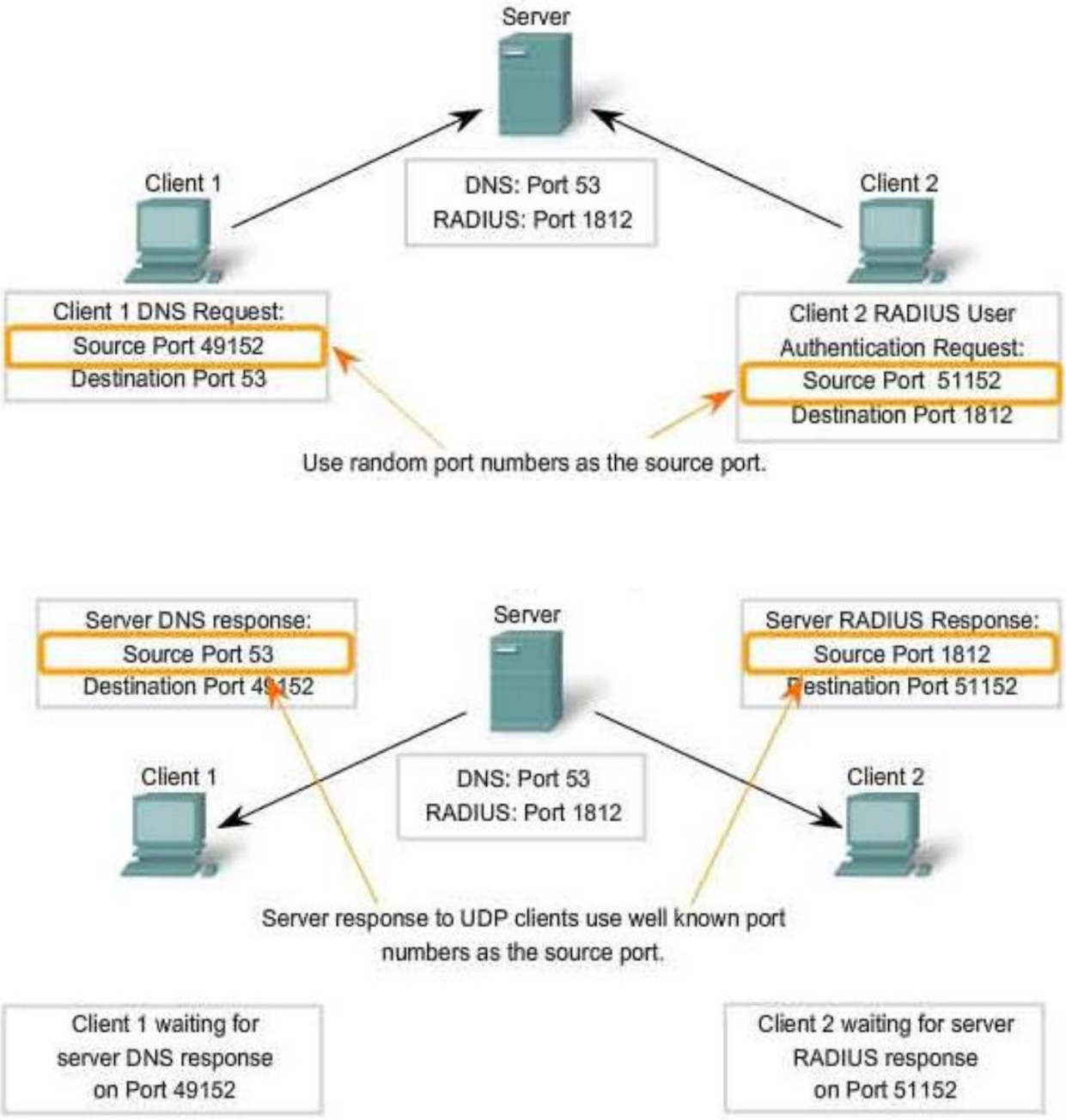
# Protokół UDP

- Dane dzielone są na datagramy (“pakiety”)
- Datagramy docierają do adresata różną drogą (trasą) i mogą dotrzeć w różnej kolejności
- Brak możliwości retransmisji zgubionych datagramów



# Protokół UDP

- W komunikacji klient-serwer używane są losowe porty nadawcy (source port) – ustalane dynamicznie
- Port serwera usługi UDP zawsze z puli “well-known ports”
- Losowe wybieranie portów zwiększa bezpieczeństwo



# Protokół UDP

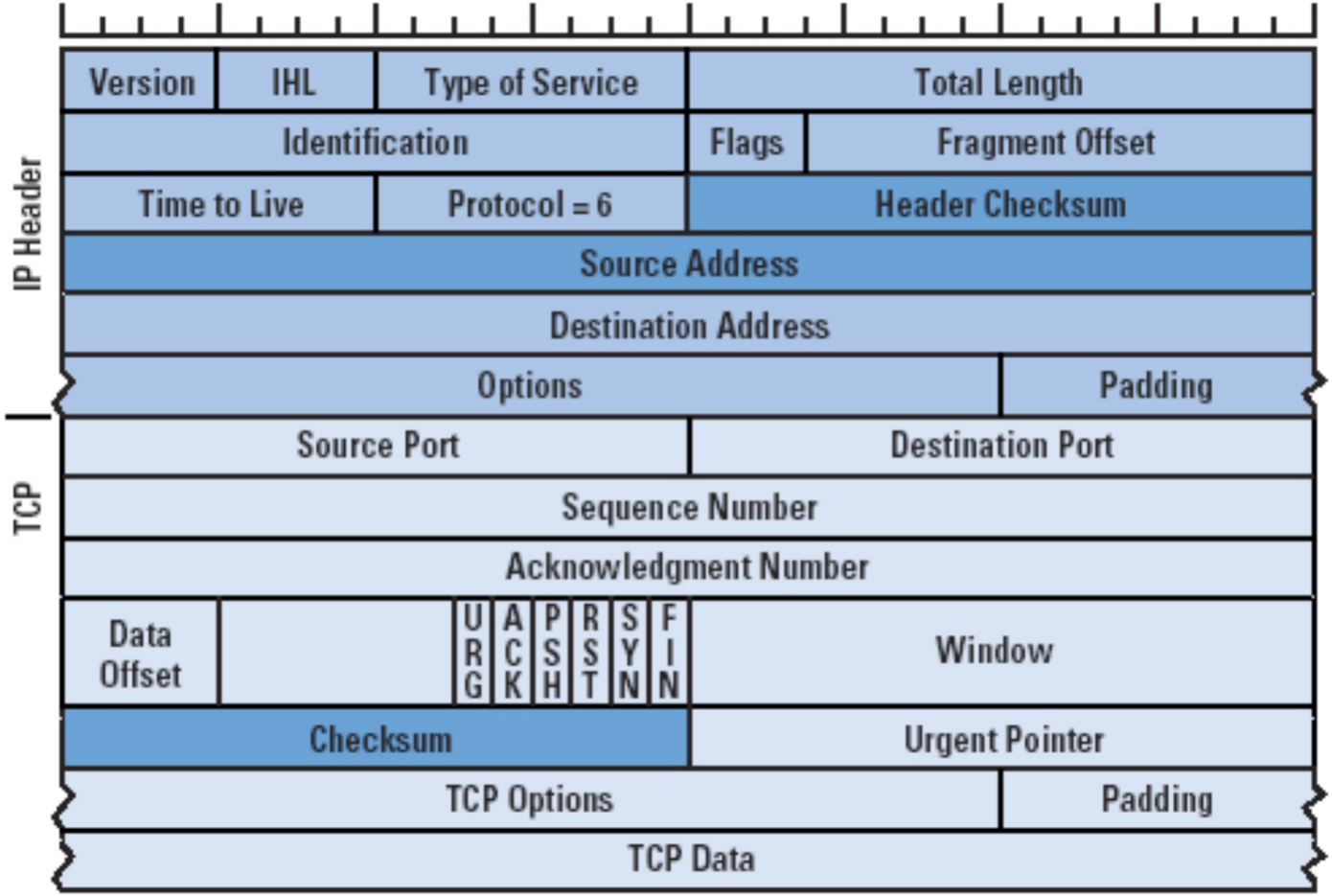
- Zastosowania UDP:
  - komunikacja multimedialna
  - strumieniowe przesyłanie dźwięku i obrazu
  - gry sieciowe (możemy stracić pojedyncze klatki)
- … ale!!!
  - np. YouTube używa TCP (bezpieczeństwo)
  - Google wdraża też własne protokoły na potrzeby swoich usług

# Protokół TCP

- **TCP** (*Transmission Control Protocol*)
  - **połączeniowy** – następuje nawiązanie połączenia i potwierdzanie gotowości do odbioru
  - **wiarygodny** – dostarczane są wszystkie dane, w odpowiedniej kolejności
  - mozliwość **sterowania przepływem danych** (np. podział jednego datagramu na mniejsze lub łączenie kilku w jeden)
  - **kontrola przeciążeń**
- Datagramy TCP, tak samo jak w UDP, docierają w różnej kolejności, działa natomiast **mechanizm porządkowania danych**
- Większy rozmiar nagłówka TCP oraz narzuty na nawiązywanie połączenia – większe obciążenie sieci i wolniejszy niż UDP

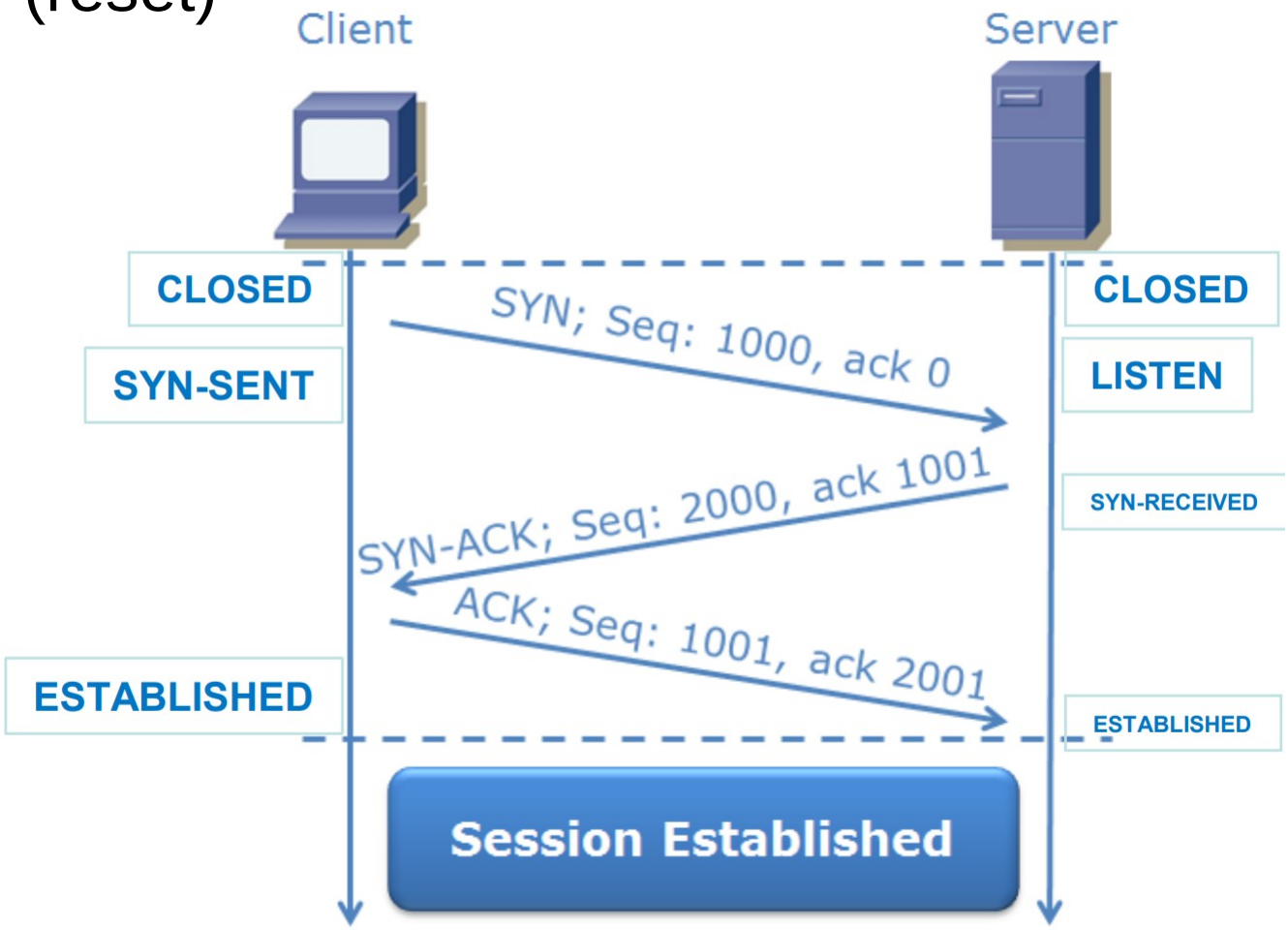
# Protokół TCP

- Segment TCP (jako część składowa datagramu IP)
- Od razu widać różnicę w stosunku do UDP jeśli chodzi o jego wielkość...



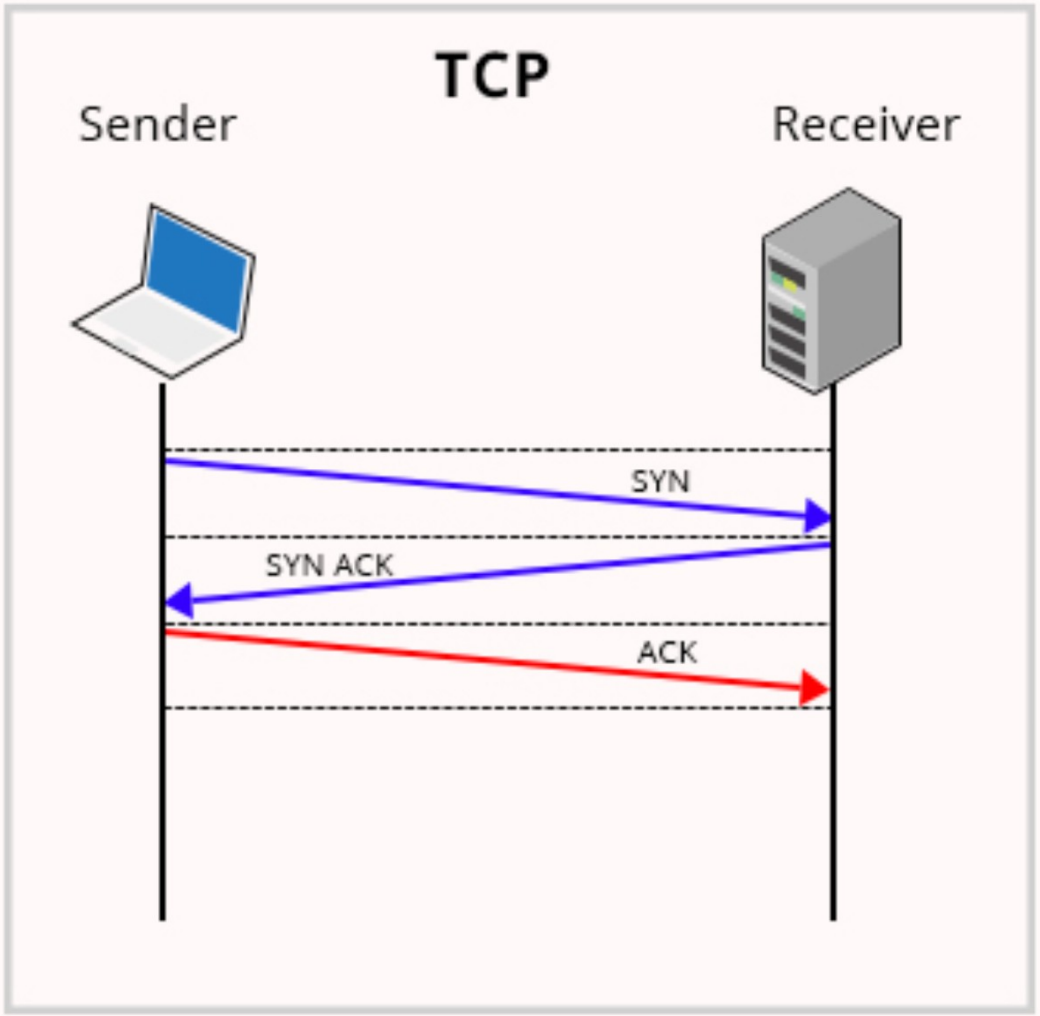
# Protokół TCP

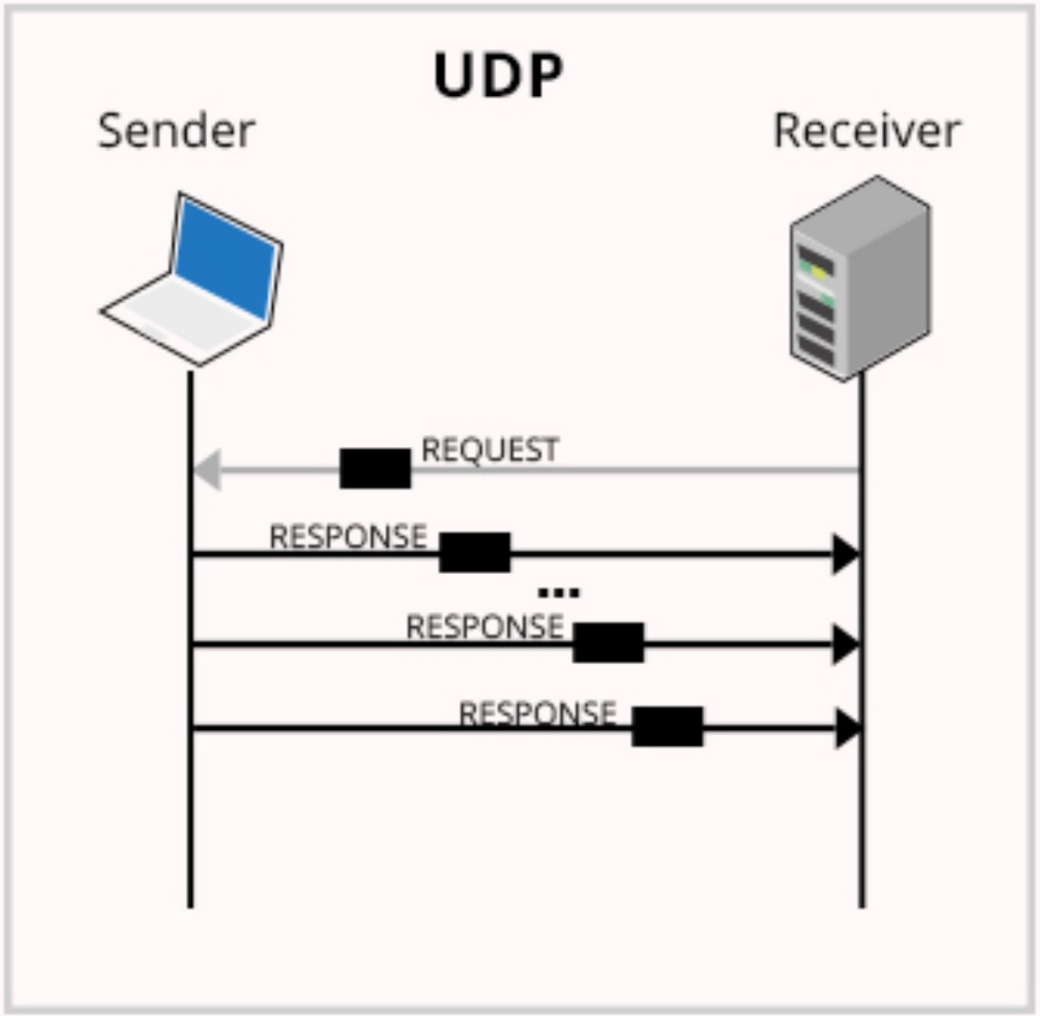
- Nawiązywanie połączenia w TCP następuje za pomocą mechanizmu “**three-way handshake**”
- Jeśli serwer nie chce (albo nie może) ustanowić połączenia, odsyła RST (reset)



# Protokół UDP

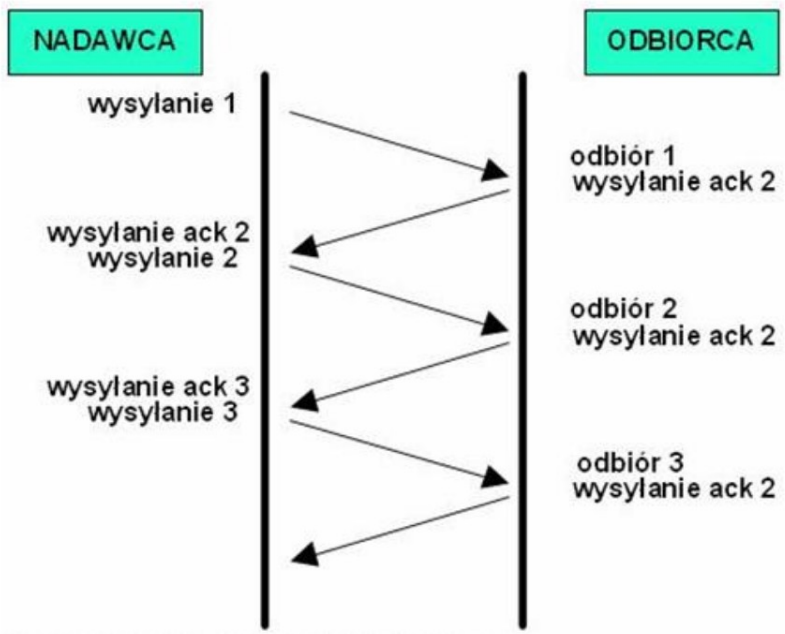
- Porównanie połączenia w TCP i “połączenia” w UDP

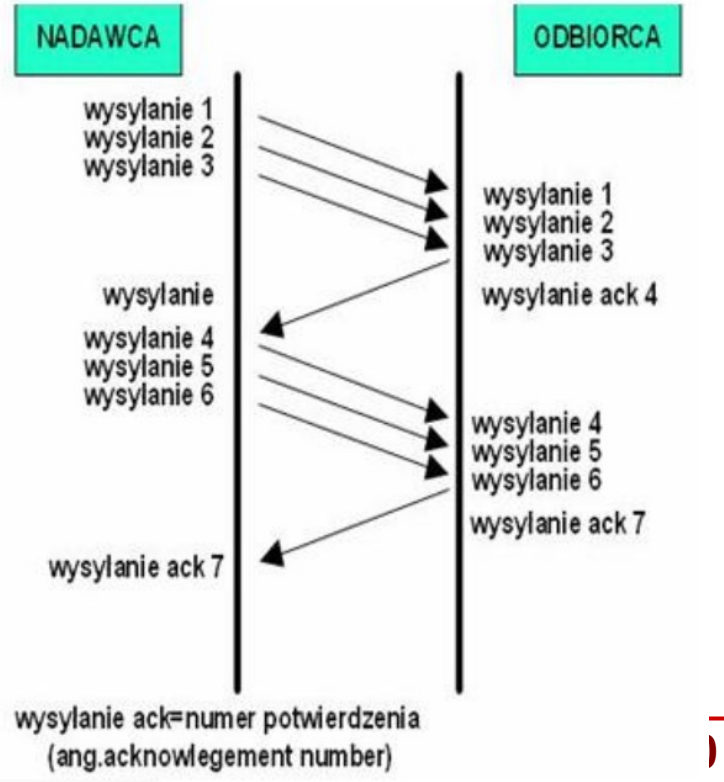


# Przesyłanie danych w TCP

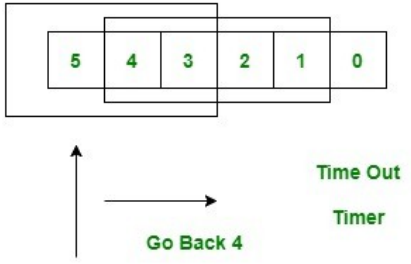
- Teoretycznie możemy sobie wyobrazić następujący scenariusz:
  - po każdym wysłaniu jednego segmentu danych odbiorca potwierdza otrzymanie danych
  - jest to jednak **mało efektywne**
- Rozwiązanie – **buforowanie** danych (przechowywanie danych po stronie klienta i serwera)

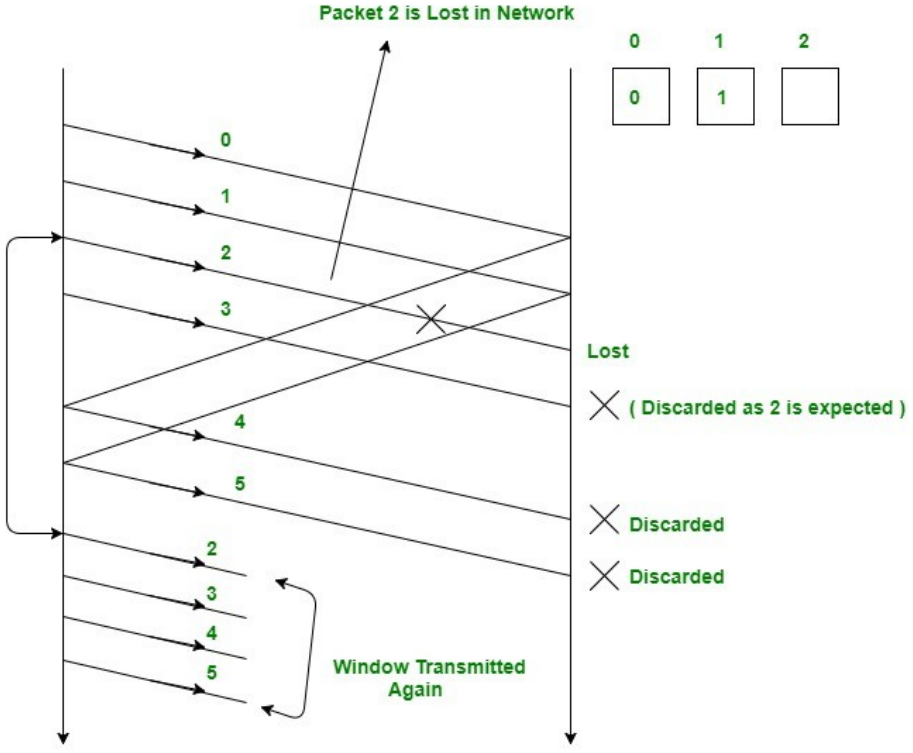


# Przesyłanie danych w TCP

- Mechanizm **przesuwnego okna** (*sliding window*), wysyłanie okna zawierającego konkretne segmenty
- Wysyłamy segmenty odpowiadające rozmiarowi okna bez potwierdzania każdego z nich przed wysłaniem kolejnego
- Powtarzamy wysłanie okna, gdy nie któryś segment nie dojdzie w założonym czasie (**timeout**)
- **Kontrola przepływu**:
  - zmienny rozmiar okna
  - blokowanie nadawcy by nie przeciążyć bufora



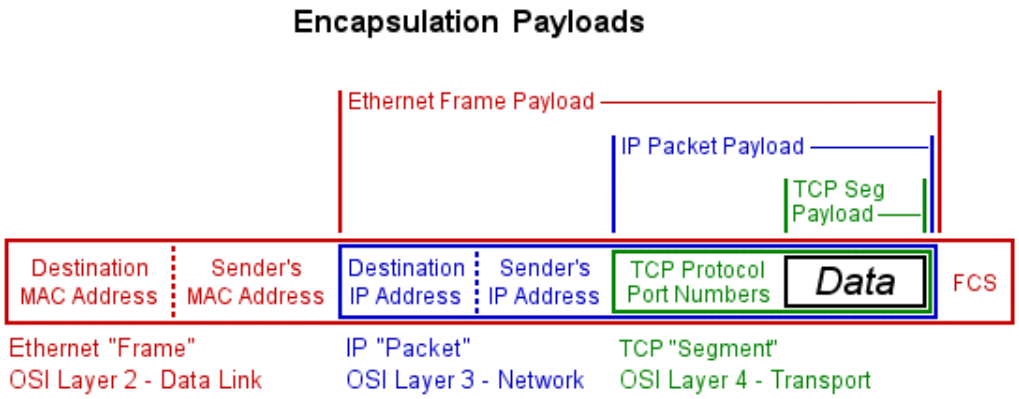



# Porównanie UDP i TCP

| Cecha | UDP | TCP |
|---|---|---|
| Opis | Prosty protokół dużych przepustowości (przeniesienie funkcjonalności na warstwy wyższe) | W pełni funkcjonalny, niezawodny protokół komunikacyjny z mechanizmami obsługi błędów warstwy sieciowej |
| Ustanawianie połączenia | bezpołączeniowy | Połączeniowy, faza nawiązania połączenia |
| Interfejs danych dla aplikacji | Zorientowany na wiadomości | Zorientowany strumieniowo |
| Wiarygodność i potwierdzenia | Zawodny, bez potwierdzeń | Niezawodny, wymaga potwierdzeń dostarczenia datagramów |
| Retransmisje | Nie obsługiwane (przeniesione do warstw wyższych) | Obsługiwane automatycznie |
| Kontrola przepływu | Brak | Okno przesuwne zmiennych rozmiarów, mechanizmy zapobiegania przeciążeniom |
| Narzut | Bardzo mały | Mały |
| Prędkość transmisji | Bardzo duża | Duża |
| Typ danych (wielkość, rozmiar) | od małych do średnich | Od małych do bardzo dużych |

# Enkapsulacja danych

- Przykład enkapsulacji danych
- ramka Ethernet → datagramIPv4 → segment TCP




TCP segment in IPv4 packet in Ethernet frame

| Ethernet | Octets | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Preamble | 7 | | | | |
| Start of frame delimiter | 1 | | | | |
| MAC destination | 6 | | | | |
| MAC source | 6 | | | | |
| 802.1Q tag (opt.) | 4 | | | | |
| Ethertype or length | 2 | IPv4 | Bits | | |
| Payload | 46 -1500 | Version | 4 | | |
| | | Header Length | 4 | | |
| | | Differentiated Services Code Point | 6 | | |
| | | Explicit Congestion Notification | 2 | | |
| | | Total Length | 16 | | |
| | | Identification | 16 | | |
| | | Flags | 3 | | |
| | | Fragment Offset | 13 | | |
| | | Time to Live | 8 | | |
| | | Protocol | 8 | | |
| | | Header Checksum | 16 | | |
| | | Source IP Address | 32 | | |
| | | Destination IP Address | 32 | | |
| | | Options ( if Header Length > 5 ) | ? | | |
| | | Payload | 1440-1480 Bytes | TCP | Bits |
| | | | | Source Port | 16 |
| | | | | Destination Port | 16 |
| | | | | Sequence number | 32 |
| | | | | Acknowledgment number | 32 |
| | | | | Data offset | 4 |
| | | | | Reserved | 4 |
| | | | | Flag | 8 |
| | | | | Window Size | 16 |
| | | | | Checksum | 16 |
| | | | | Urgent pointer | 16 |
| | | | | Options (if Data Offset > 5) | varies |
| | | | | padding | 8 |
| | | | | Payload | Payload |
| CRC | 4 | | | | |
| Interframe gap | 12 | | | | |


WYDZIAŁ FIZYKI
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# KONIEC