

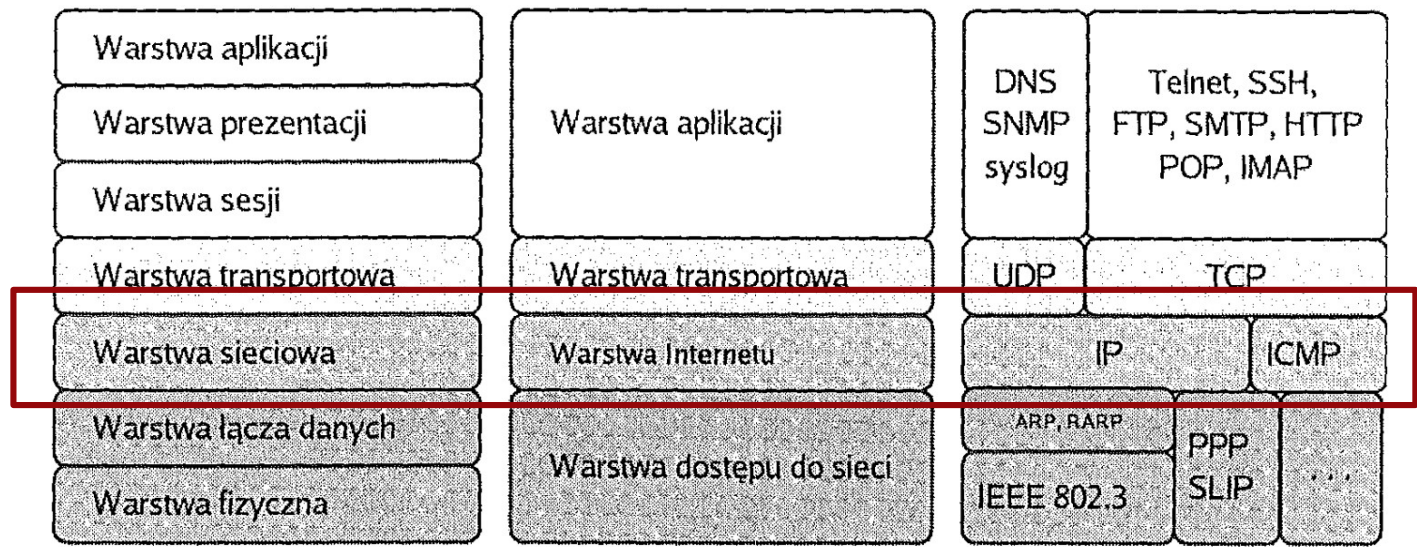
Sieci komputerowe

Wykład 4
27.03.2019

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

Semestr letni 2018/2019

Warstwa Internetu



Model ISO/OSI

Model TCP/IP

Przykładowe protokoły

Krótką (polska) historia Internet

- Swoją cegiełkę do historii rozwoju Internetu dołożył Polak z pochodzenia – Paweł (Paul) Baran
- Urodzony 26.04.1926 r. w Grodnie (teraz Białoruś)
- Wyemigrował do Bostonu w 1928 roku.
- Ukończył Drexel University a następnie UCLA (University of California, Los Angeles)
- Pracował w RAND Corporation – naukowej organizacji non-profit prowadzącej badania w matematyce i informatyce (pierwotnie na potrzeby wojska)
- W czasie gdy pracował w niej Baran, RAND Corporation skupiała się na sprawach związanych z Zimną Wojną



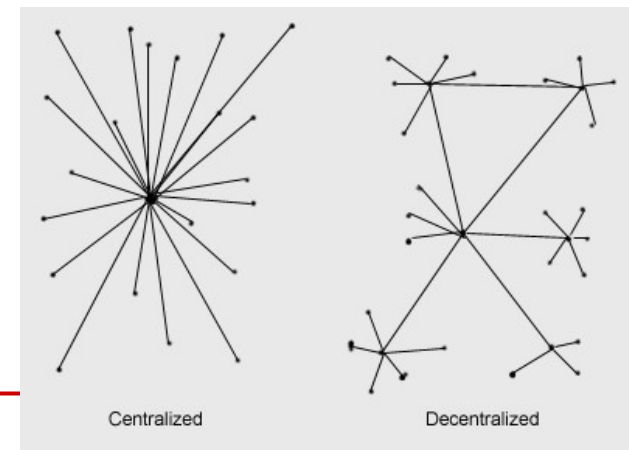
Krótką (polska) historia Internet

- Baran w RAND Corp. prowadził badania nad siecią, komputerową, która przetrwałaby atak nuklearny
- Sieć taka łączyłaby skupiska ludzkie w epoce post-apokaliptycznej



"Both the US and USSR were building hair-trigger nuclear ballistic missile systems. If the strategic weapons command and control systems could be more survivable, then the country's retaliatory capability could better allow it to withstand an attack and still function; a more stable position. But this was not a wholly feasible concept, because long-distance communication networks at that time were extremely vulnerable and not able to survive attack. That was the issue. Here a most dangerous situation was created by the lack of a survivable communication system." (Baran in Abbate, 10).

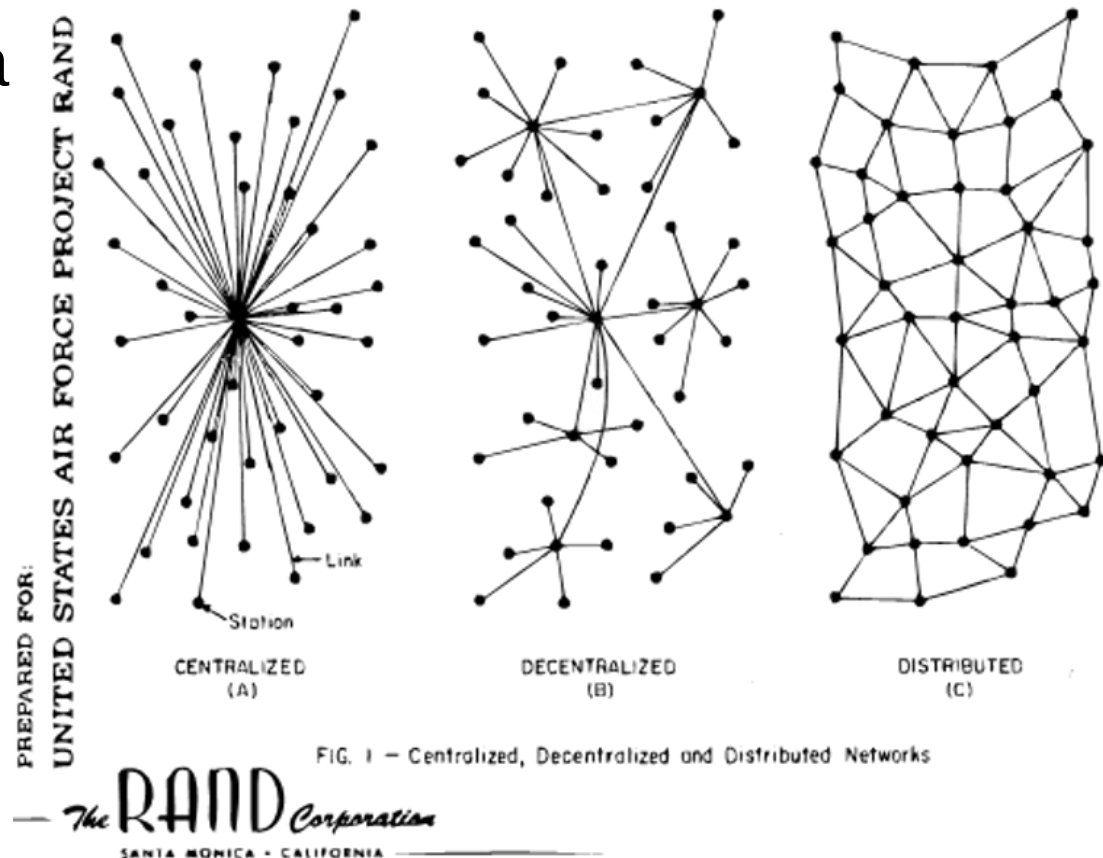
- Idea polegała na stworzeniu bardziej odpornej sieci komunikacyjnej w oparciu o ideę **redundacji** (redundancy)
- W owym czasie – sieci komunikacyjne scentralizowane i zdecentralizowane



<http://ibiblio.org/pioneers/baran>

Krótką (polska) historia Internet

- Baran zaproponował trzeci model – sieci rozproszonej (**distributed network**)
- W sieci rozporoszonej nie ma jednego centralnego węzła i każdy węzeł jest podpięty do kilku innych
- Taka konfiguracja pozwala na wiele możliwych dróg komunikacji
- Zniszczenie jednego węzła nie blokuje całej sieci



Krótką (polska) historia Internet

- Drugą ideą zaproponowaną przez Barana było dzielenie wiadomości na bloki przed wysłaniem ich w sieć
- Bloki byłyby wysyłane osobno i następnie łączone w całość w węźle docelowym – **komutacja pakietów**
- Jeżeli mamy linię telefoniczną i akurat przerwę w rozmowie, nikt inny z tej linii korzystać nie może – tracimy zasoby
- Baran wymyślił sieć węzłów, które by działały na zasadzie przesyłania sobie nawzajem pakietów (**routing**) na trasie do celu (ostateczny węzeł). Węzły mogłyby zbierać dane o ruchu w sieci i wysyłać pakiety najlepszą (najmniej obciążoną drogą) – taka metoda nazywana jest **dynamic routing**
- System został nazwany przez Barana **hot-potato routing**



Krótką (polska) historia Internet

- Paweł Baran opisał wszystkie swoje badania w 12 tomowej monografii

*“On distributed communication networks.”
Rand Corporation Document Series, 1964*

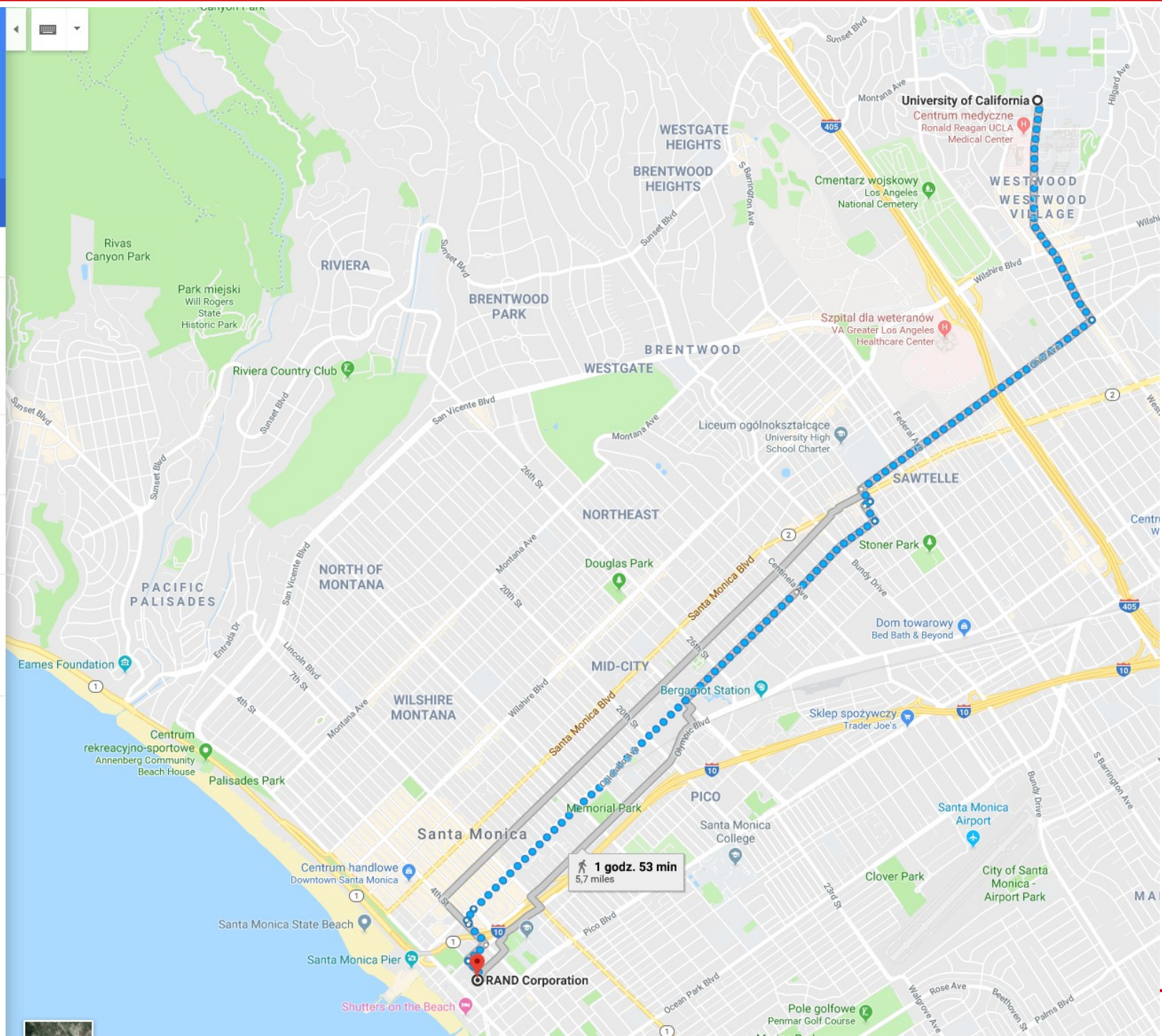


- Początkowo US Army nie było mocno zainteresowane wynikami Barana
- Dopiero w 1969 roku koncepcja została przetestowana na 7 węzłach między UCLA i RAND w Santa Monica
- Na początku lat 70 Larry Roberts, rozpoczynając prace nad ARPANET, usłyszał o ideach Barana
- Idea sieci rozproszonej oraz routingu dynamicznego stały się kluczową częścią ARPANET

Krótką (polska) historia Internet

Navigation and route options sidebar:

- Icons for navigation modes: car, bus, walking, bicycle, airplane.
- Destination: University of California
- Origin: RAND Corporation, 1776 Main St, Santa Monica
- Button: Dodaj miejsce docelowe
- Button: OPCJE
- Button: Wyślij trasę na telefon
- Route 1: **przez Colorado Ave**, 1 godz. 51 min, 5,7 mile. Note: Ta trasa obejmuje drogi prywatne lub o ograniczonym dostępie. [SZCZEGÓŁY](#)
- Route 2: **przez Broadway**, 1 godz. 53 min, 5,7 mile
- Route 3: **przez Olympic Blvd**, 1 godz. 53 min, 5,7 mile
- Altitude: ↑ 16 ft · ↓ 335 ft
- Vertical scale: 377 ft to 56 ft

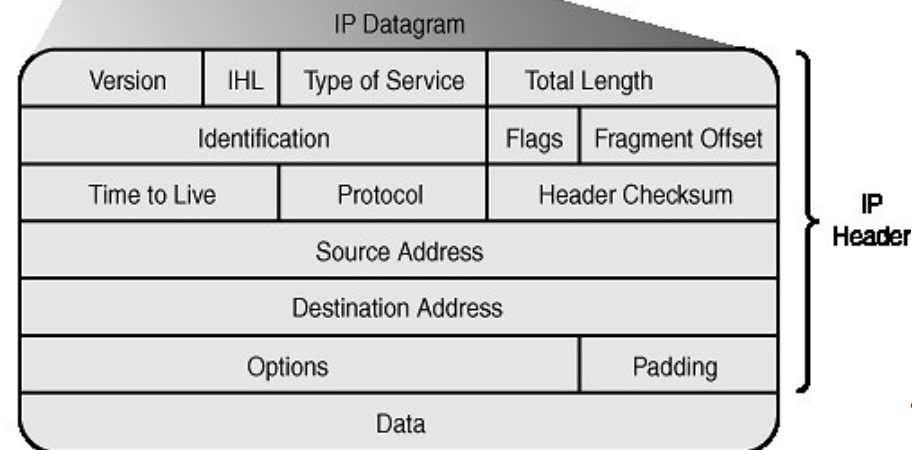
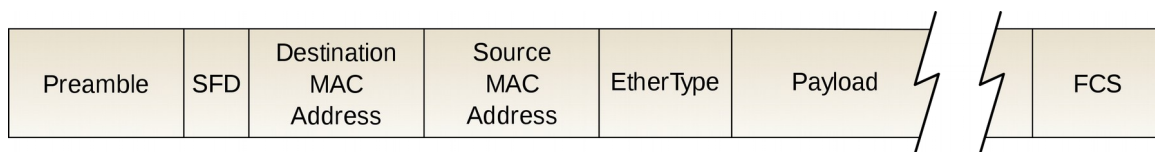


Protokół IP

- Główną częścią warstwy Internetu jest protokół **IP** – *Internet Protocol* (protokół transportowy w Internecie)
- IP zapewnia przenoszenie danych pomiędzy odległymi węzłami
- Jednostką przesyłanej informacji jest **pakiet**, ale formalnie poprawnie (zgodnie ze standardem) powinniśmy mówić o **datagramach** protokołu IP
- Protokół IP:
 - definiuje format i znaczenia pól w datagramach
 - określa schemat adresowania w całym Internecie
 - zapewnia wybór trasy (trasowanie – routing)
 - zapewnia **fragmentację** (podział danych) i **defragmentację** danych (łącznie danych)

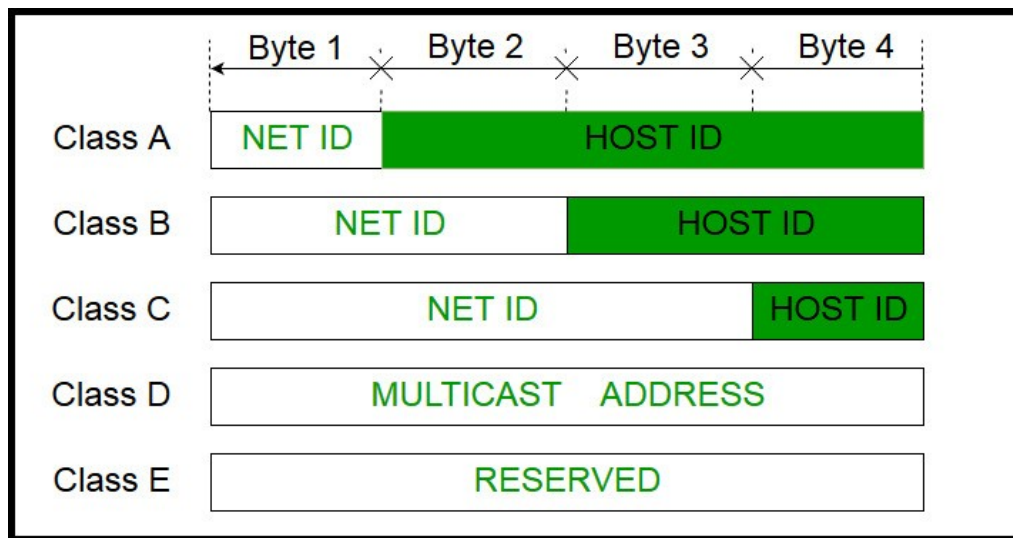
Protokół IP

- Czego IP nie robi:
 - jest **protokołem bezpołączeniowym** – nie nawiązuje połączenia (tj. nie sprawdza gotowości do odbioru)
 - jest **protokołem niepewnym** – nie zapewnia korekcji i wykrywania błędów transmisji
- IP “jedynie” definiuje jednostkę przesyłanej informacji (datagram), sposób adresacji oraz wybór drogi
- Datagram jest oczywiście zawarty jako “payload” ramki (np. ethernet)



Adresowanie w IP

- Stosowane w Internecie adresy IP wynikają z rozmiaru nagłówka datagramu IP – **4 bajty** (w IPv4)
- Najłatwiej zapamiętać liczby, wobec czego adres najczęściej zapisuje się jako 4 liczby od 0 do 255, oddzielone znakiem “.”, np:
 - 194.29.170.123
- Adres można podzielić na dwie części:
 - część identyfikująca daną sieć (np. LAN) w Internecie
 - część definiująca dany komputer wewnątrz sieci LAN



	Range for first byte
Class A	0 - 127
Class B	128 - 191
Class C	192 - 223
Class D	224 - 239
Class E	240 - 255

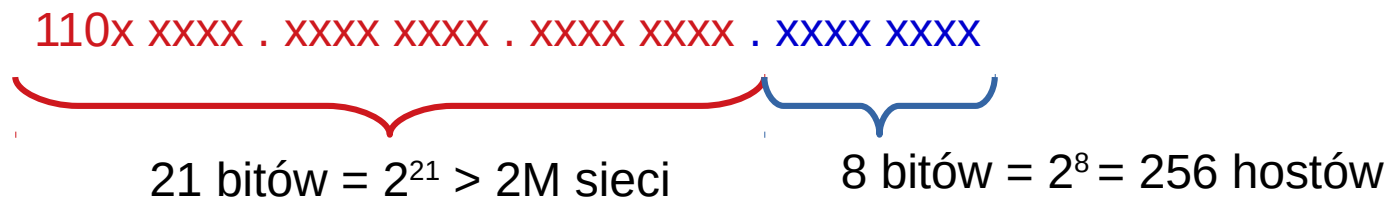
Adresowanie IP

- W każdym numerze IP część cyfr odpowiada za numer sieci, a część za numer hosta

	1st octet	2nd octet	3rd octet	4th octet		IP Address
Class A	Network	Host	Host	Host	Class A	16.1.1.1 └─┬─┘ └─┘ network host
Class B	Network	Network	Host	Host	Class B	172.16.1.1 └─┬─┬─┘ └─┘ network host
Class C	Network	Network	Network	Host	Class C	221.138.62.1 └─┬─┬─┬─┘ └─┘ network host
Class A or /8	11111111	00000000	00000000	00000000		
Class B or /16	11111111	11111111	00000000	00000000		
Class C or /24	11111111	11111111	11111111	00000000		

- Im więcej bitów przeznaczonych na hosty, tym więcej urządzeń możemy podłączyć

Zanalizujmy przykładowy adres klasy C:



Maska podsieci

- Załóżmy, że potrzebujemy w naszej firmie sieć z 500 komputerami – musielibyśmy wykorzystać sieć typu B (C jest zbyt mała)
 - sieć typu B może adresować 65 034 komputery – jeśli tego nie wykorzystamy, to reszta jest nieużywana – bez sensu
- Rozwiązanie – bezklasowe routowanie międzydomenowe (CIDR – *Classless Inter-Domain routing*)
- CIDR wprowadza pojęcie **maski sieci**, które pozwala efektywniej gospodarować adresami
- Maska podsieci to 32-bitowe liczby – podobnie jak adres IP, związane binarną operacją AND z adresem IP (wyznaczają prefiks sieci z adresu IP)

Maska podsieci – przykład

- Zakładamy, że mamy jedną sieć z klasy C
- Ze standardową maską podsieci 255.255.255.0 możemy zaadresować 254 hosty
- Gdybyśmy chcieli efektywniej zarządzać przestrzenią adresową, np. firmie znajduje się kilka działów i w każdym z tych działów chcielibyśmy mieć osobne podsieci → podział na podsieci

192.168.10.0/26

255								255								255								0		0					
2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	

$2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7$ $2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7$ $2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7$ $2^7 + 2^6$

255

255

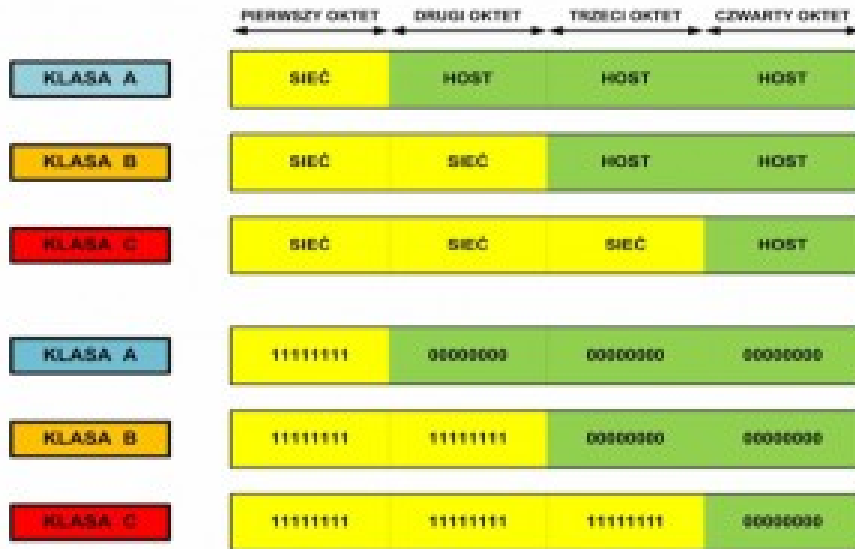
255

192

- Należy pamiętać, że bity z których będziemy wyróżniać sobie podsieci możemy “pożyczać” tylko i wyłącznie z części hostowej.
- Część sieciowa (określająca klasę sieci) administrowana jest odgórnie i niestety zmienić jej nie możemy, natomiast w części hostowej możemy tą przestrzenią dowolnie gospodarować.

Maska podsieci - przykład, sieć typu C

Standardowe maski podsieci w postaci binarnej



Standardowe maski podsieci w notacji dziesiętnej



Podział na podsieci z maską 25-bitową

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ	HOST
	PODSIEĆ			
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	10000000
	255	255	255	128

- Adres sieciowy z klasy C
- Zapożyczony 1 bit
- Maska podsieci o adresie 255.255.255.128
- 2 podsieci po 126 hostów

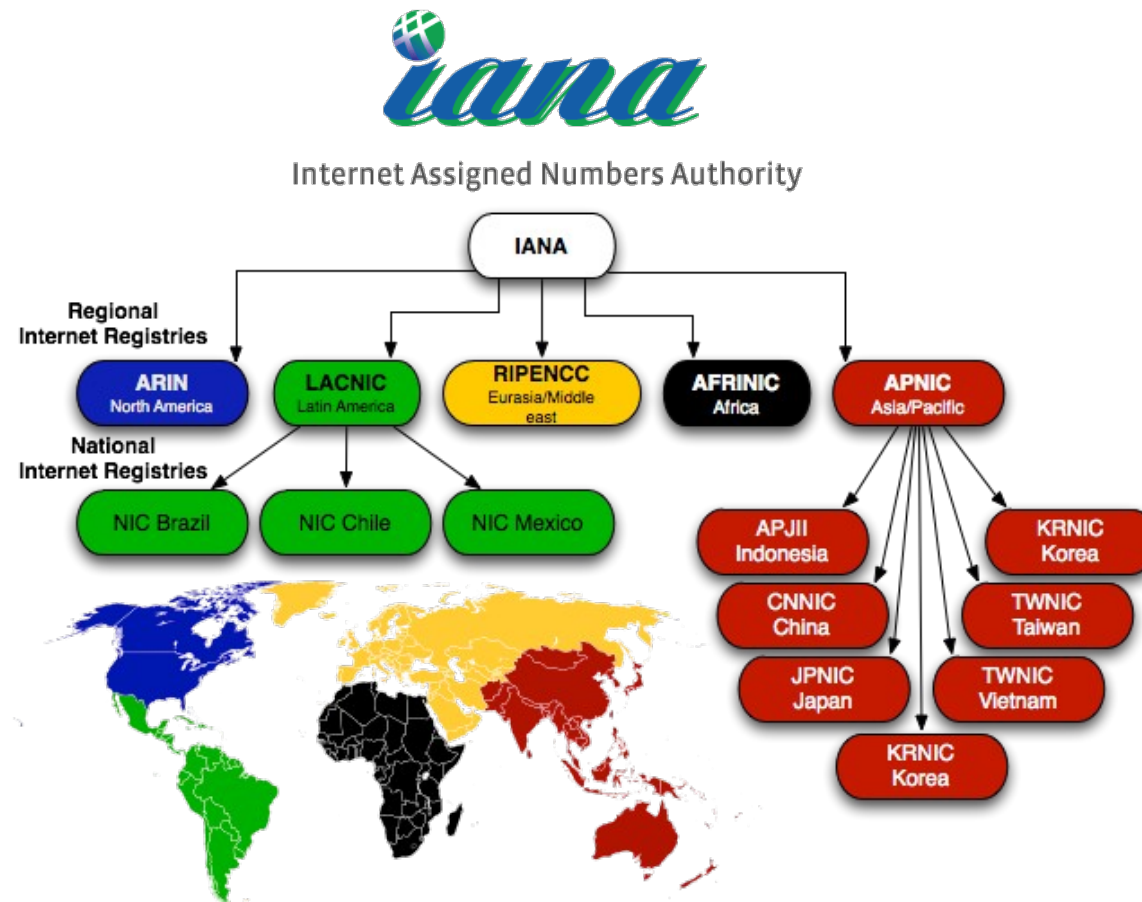
Podział na podsieci z maską 26-bitową

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ	HOST
	PODSIEĆ			
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11000000
	255	255	255	192

- Adres sieciowy z klasy C
- Zapożyczone 2 bity
- Maska podsieci o adresie 255.255.255.192
- 4 podsieci po 62 hosty

Adresowanie w IP

- Dana firma, przydzielająca adresy IP użytkownikom, ma do dyspozycji ograniczoną pulę adresów – **przestrzeń adresową**
- Przydzielaniem puli adresów IP firmom zajmuje się IANA i organizacje regionalne, a następnie krajowe (w Europie **RIPE - Réseaux IP Européens**)



Czy adresy nam się nie skończą?

- Cóż...
- Ostatnia pula adresów IPv4 została rozdzielona przez IANA w dniu 3.02.2011
- Więc co teraz?

32-bit IP addresses
4,294,967,296 IP addresses

4.2 billion IP addresses

7 billion people



Ograniczenia IPv4

- Zapotrzebowanie na adresy IP wzrasta (urządzenia mobilne, itp.)
- Całkowita liczba adresów: $2^{32} = 4,29$ mld
- **Rozwiązanie – IPv6**
 - adres zapisywany na 128 bitach (16 bajtów)
 - $2^{128} = 340$ trylionów adresów
 - 6,7 miliardów adresów na metr kwadratowy Ziemi
- IPv6 upraszcza strukturę datagramu, nie ma defragmentacji, itp.
- Ale: protokół IPv6 nie jest kompatybilny z IPv4

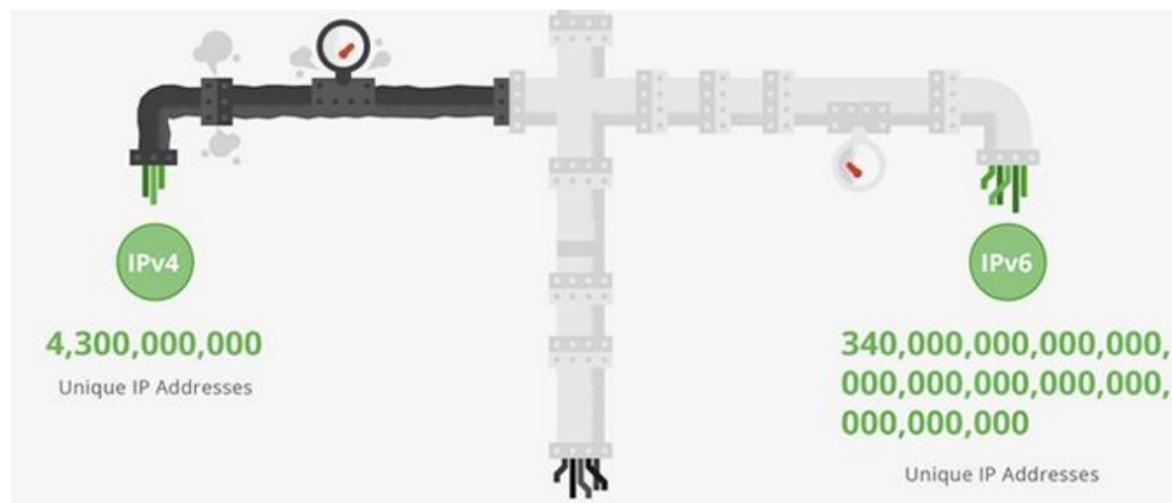
An IPv6 address (in hexadecimal)

2001:0DB8:AC10:FE01:0000:0000:0000:0000

↓ ↓ ↓ ↓

2001:0DB8:AC10:FE01:: Zeroes can be omitted

001000000000000001:0000110110111000:10101110000010000:11111111000000001:
0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000



Czy adresy nam się nie skończą?

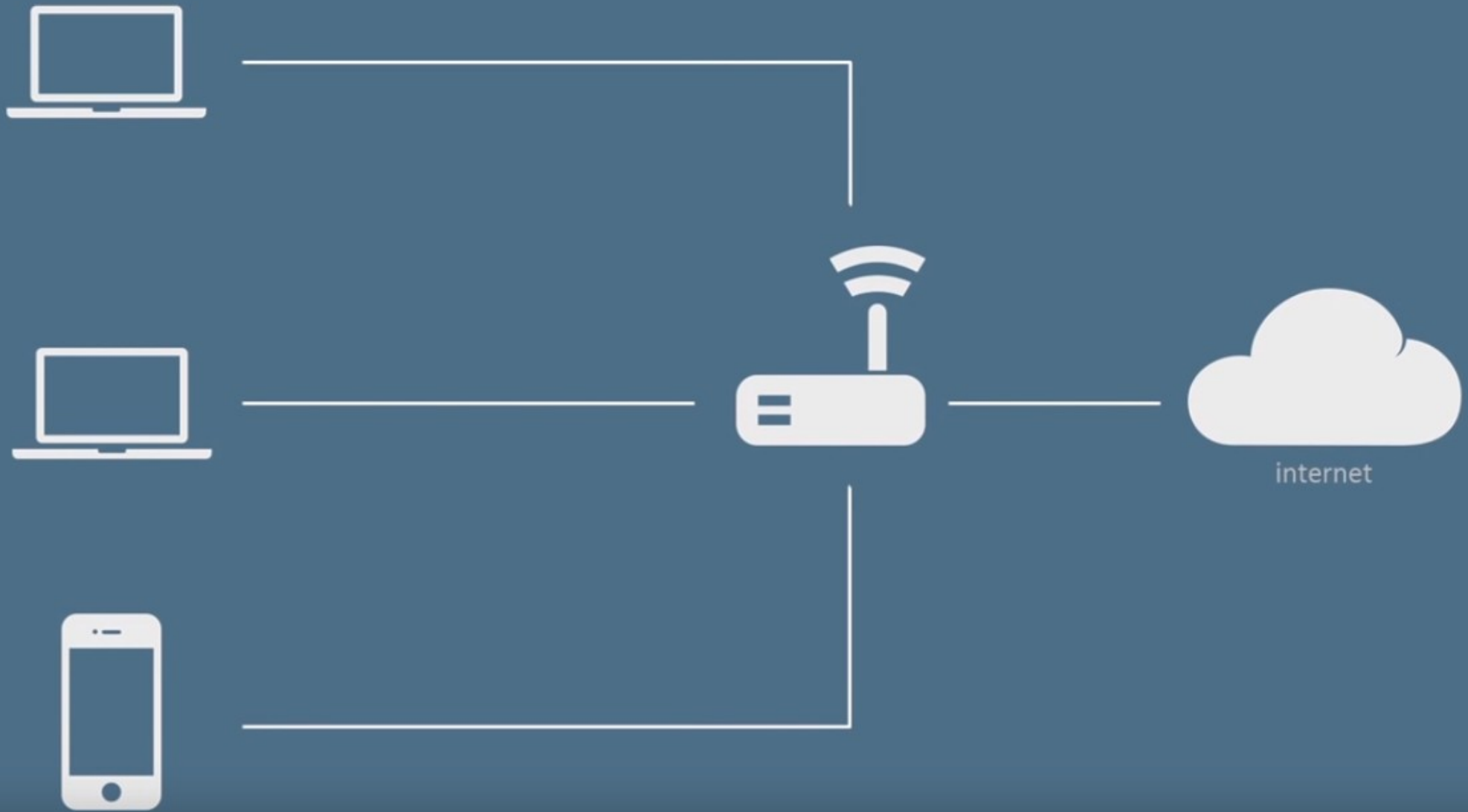
- Inne rozwiązanie (obecne) – wprowadzić powtarzające się podsieci
 - Istnieją specjalne adresy sieci prywatnych – mogą się powtarzać w wielu sieciach (adresy “nieroutowane”):
 - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 – jedna sieć klasy A
 - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 – 16 sieci klasy B
 - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 – 256 sieci klasy C
- technologia NAT (ang. Network Address Translation)

Technologia NAT

- NAT (*Native Address Transmission*) – zwana również **maskaradą sieci/IP**, to technika przesyłu danych przez router, która wiąże się ze zmianą źródłowych lub docelowych adresów IP (również portów TCP/UDP)
- Po co to robić?
 - umożliwiamy wielu urządzeniom dostęp do Internetu po jednym publicznym adresie IP (tzw. brama sieciowa – gateway)
 - kosztem jest brak publicznego IP konkretnego hosta oraz możliwa komplikacja komunikacji (np. zmniejszone prędkości przesyłu danych)
 - użycie NAT pomaga częściowo rozwiązać problem skończonej puli adresów IPv4
- Istnieje kilka rodzajów NAT różniących się implementacją (które adresy zmieniamy,

Polecam: <https://www.youtube.com/watch?v=QBqPzHEDzvo> !

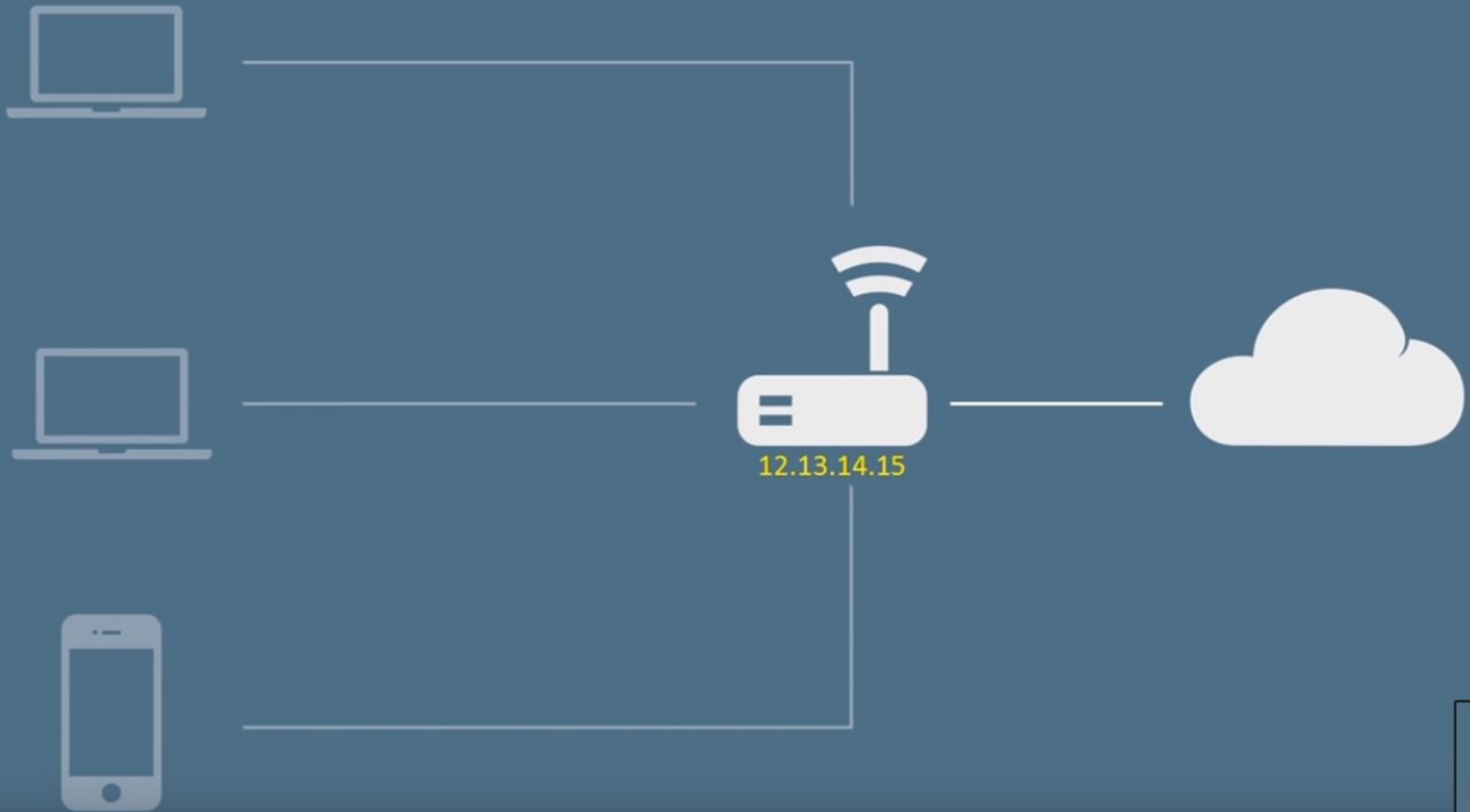
NAT



<https://www.youtube.com/watch?v=QBqPzHEDzvo>

NAT

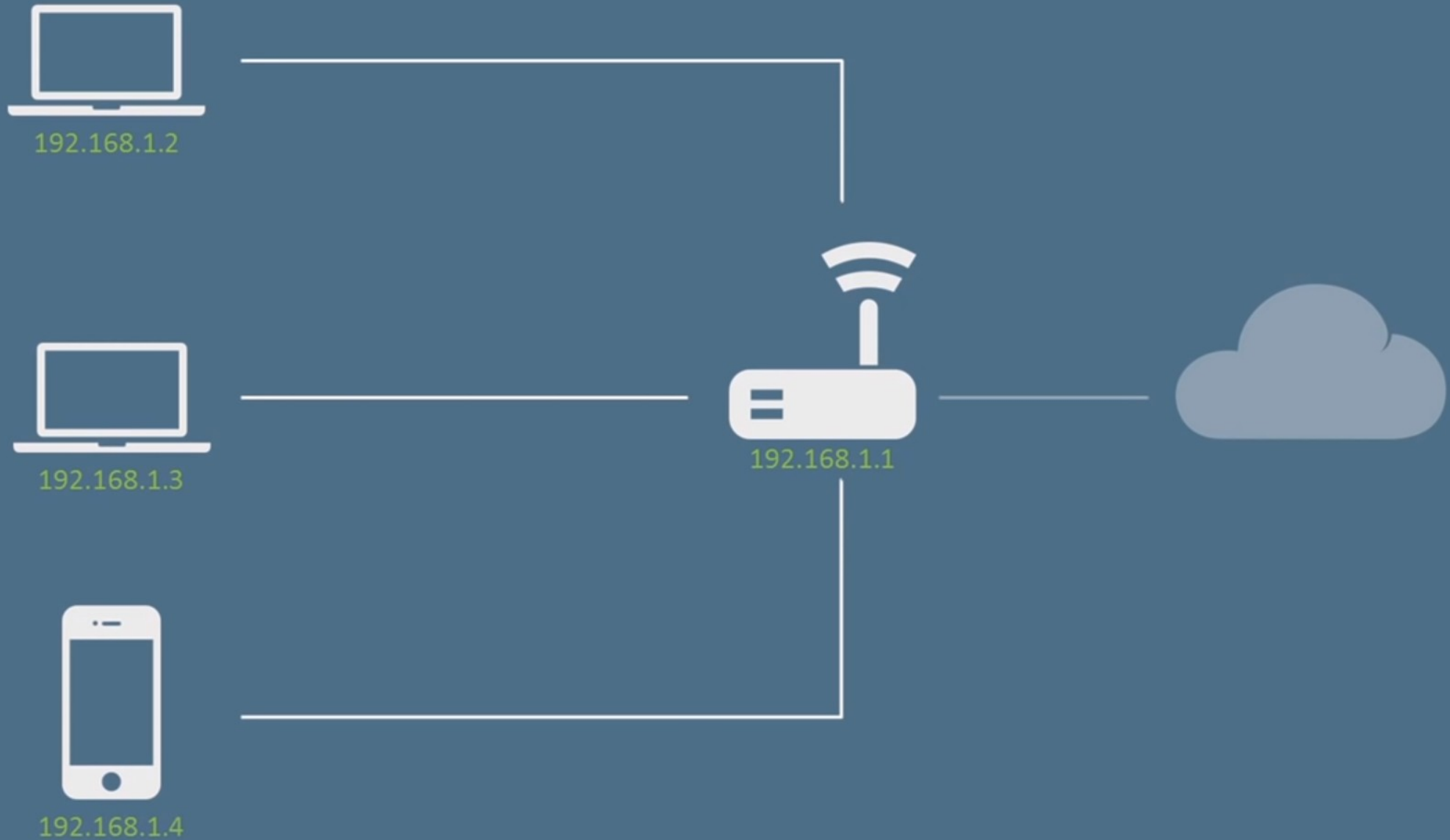
Public IP address



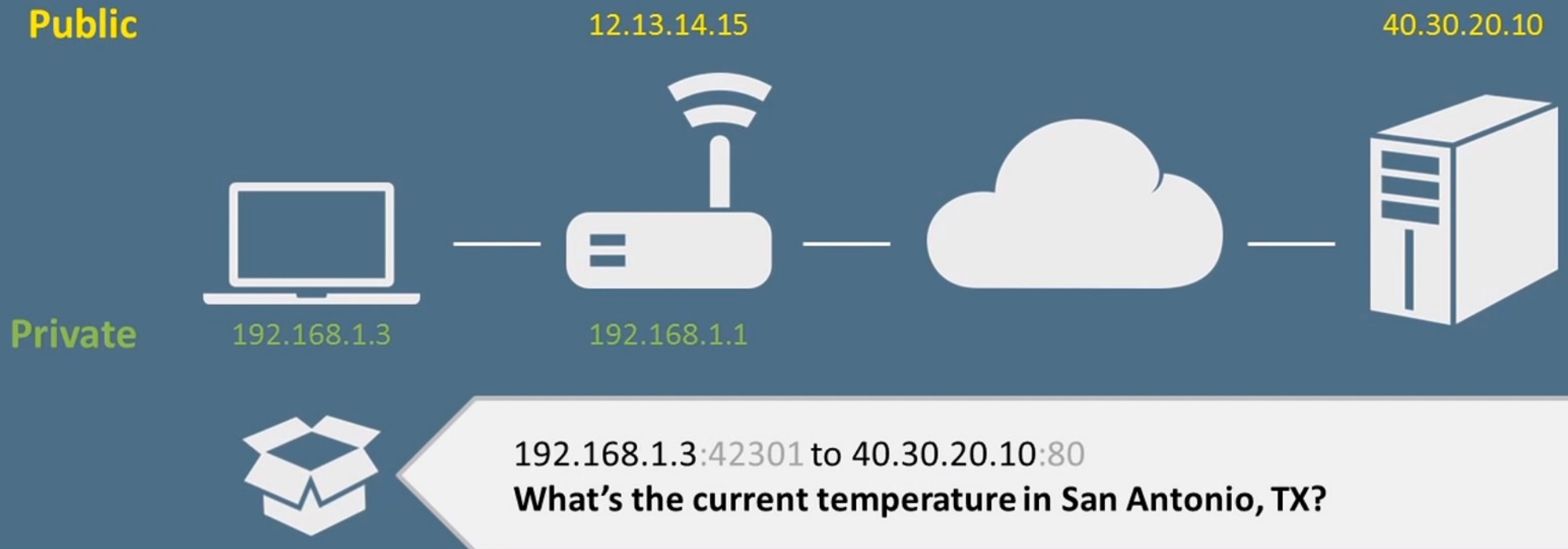
<https://www.youtube.com/watch?v=QBqPzHEDzvo>

NAT

Private IP address



NAT



NAT



12.13.14.15:24604 to 40.30.20.10:80

What's the current temperature in San Antonio, TX?

Public

12.13.14.15

40.30.20.10



NAT forwarding table

Private side	Public side
192.168.1.3:42301	12.13.14.15:24604

NAT

40.30.20.10:80 to 12.13.14.15:24604
64 degrees Fahrenheit, or 18 degrees Celsius.



Public

12.13.14.15

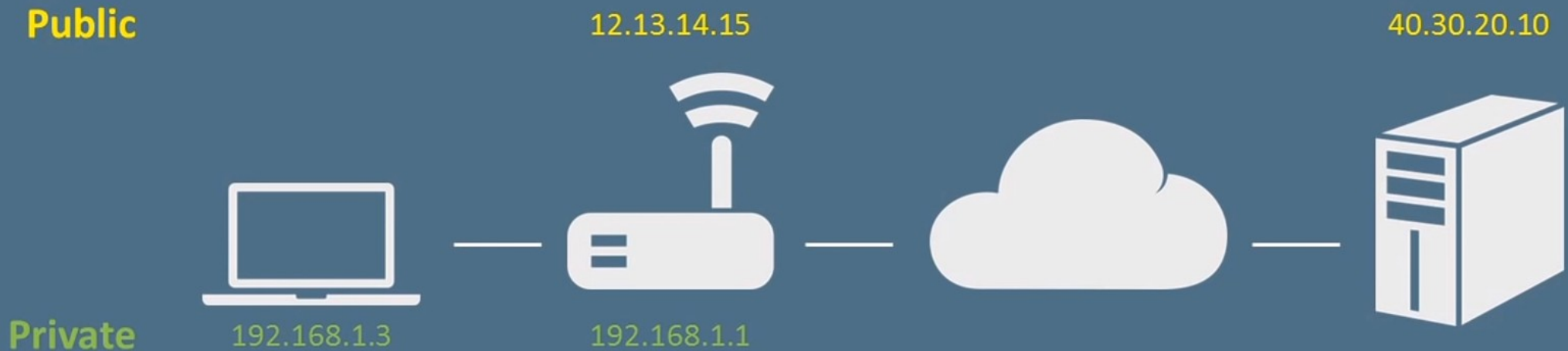
40.30.20.10



NAT

NAT forwarding table

Private side	Public side
192.168.1.3:42301	12.13.14.15:24604



40.30.20.10:80 to 192.168.1.3:42301
64 degrees Fahrenheit, or 18 degrees Celsius.

Adresowanie w IP

- Adres IP nie może kończyć się na 0 lub 255 (adres kończący się na 255 to **broadcast**)
- Adres 127.0.0.1 to “pseudoadres”, tzw. “loopback”, czyli adres własnego komputera – urządzenie widzi na nim samo siebie
- W systemach Linux informację o IP i MAC adresach uzyskamy wpisując polecenie **ifconfig** (w systemach Windows **ipconfig**)
 - każdy komputer może mieć wiele interfejsów (kart) sieciowych, każdy ma swój unikalny adres IP
 - każdy interfejs może mieć jeden **lub więcej** adresów IP

Adresowanie w IP

```
tecmint@tecmint ~ $ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 28:d2:44:eb:bd:98
          inet addr:192.168.0.104  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::2ad2:44ff:feeb:bd98/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:342087 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:233764 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:406375041 (406.3 MB)  TX bytes:25096967 (25.0 MB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:5146 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:5146 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:469809 (469.8 KB)  TX bytes:469809 (469.8 KB)

wlan0     Link encap:Ethernet  HWaddr 38:b1:db:7c:78:c7
          UP BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

tecmint@tecmint ~ $ █
```

Protokół ICMP

- Protokół IP nie sprawdza czy dane dotarły do adresata
 - taka możliwość jest dopiero w wyższych warstwach
- Jedyne co można zrobić, to sprawdzenie dostępności sieci docelowej – protokół ICMP (Internet Control Message Protocol)
- ICMP jest protokołem kontrolnym, do wykrywania sytuacji awaryjnych
- Odbiorca może wysłać do nadawcy kilka różnych komunikatów, np. prosząc o wstrzymanie lub informując, że jest nieosiągalny
- Testowanie osiągalności odbywa się za pomocą polecenia **ping**
- Trasę można testować za pomocą polecenia **tracert**

Protokół ICMP

- ping

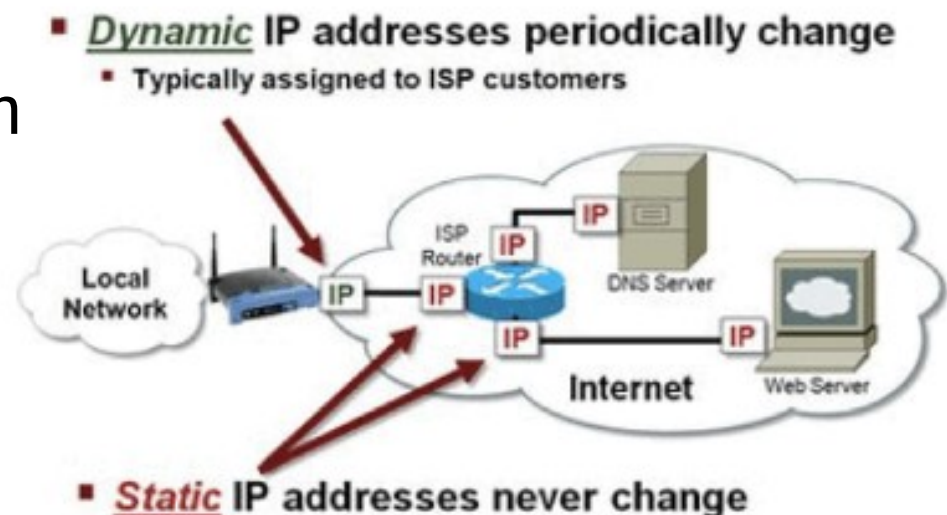
```
wfpw@meyrin:~$ ping google.pl
PING google.pl (216.58.209.35) 56(84) bytes of data.
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=1 ttl=56 time=7.33 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=2 ttl=56 time=9.07 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=3 ttl=56 time=11.4 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=4 ttl=56 time=19.0 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=5 ttl=56 time=31.4 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=6 ttl=56 time=32.1 ms
64 bytes from waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35): icmp_seq=7 ttl=56 time=17.4 ms
^C
--- google.pl ping statistics ---
8 packets transmitted, 7 received, 12% packet loss, time 7010ms
rtt min/avg/max/mdev = 7.332/18.285/32.163/9.404 ms
```

- traceroute

```
wfpw@meyrin:~$ traceroute google.pl
traceroute to google.pl (216.58.209.35), 30 hops max, 60 byte packets
 1 out.if.pw.edu.pl (194.29.174.62)  0.385 ms  0.325 ms  0.357 ms
 2 194.29.132.164 (194.29.132.164)  0.268 ms  0.288 ms  0.301 ms
 3 pw-r1-ge2-0-8-501.warman.nask.pl (148.81.253.69)  0.409 ms  0.402 ms  0.399 ms
 4 z-nask.poznan-gw3.10Gb.rtr.pionier.gov.pl (212.191.224.73)  4.955 ms  4.979 ms  4.969 ms
 5 72.14.203.178 (72.14.203.178)  8.247 ms  8.280 ms  8.270 ms
 6 108.170.250.209 (108.170.250.209)  9.028 ms  108.170.250.193 (108.170.250.193)  8.261 ms  8.248 ms
 7 216.239.40.153 (216.239.40.153)  8.230 ms  216.239.40.155 (216.239.40.155)  8.499 ms  216.239.40.153 (216.239.40.153)  8.479 ms
 8 waw02s05-in-f35.1e100.net (216.58.209.35)  8.164 ms  8.186 ms  8.169 ms
```


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 (system operacyjny notyfikuje administratora)



Inne protokoły

- Dynamiczne uzyskiwanie adresu IP
 - **DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)**
 - ARP (*Address Resolution Protocol*) / RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*)
 - BOOTP (*Bootstrap Protocol*) – nie będziemy omawiać

no nie bardzo, powiem tylko e DHCP pozwala nam przydziela ad

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 często rolę serwera DHCP pełni **router** (router operuje na warstwie sieciowej, w przeciwieństwie do switcha)

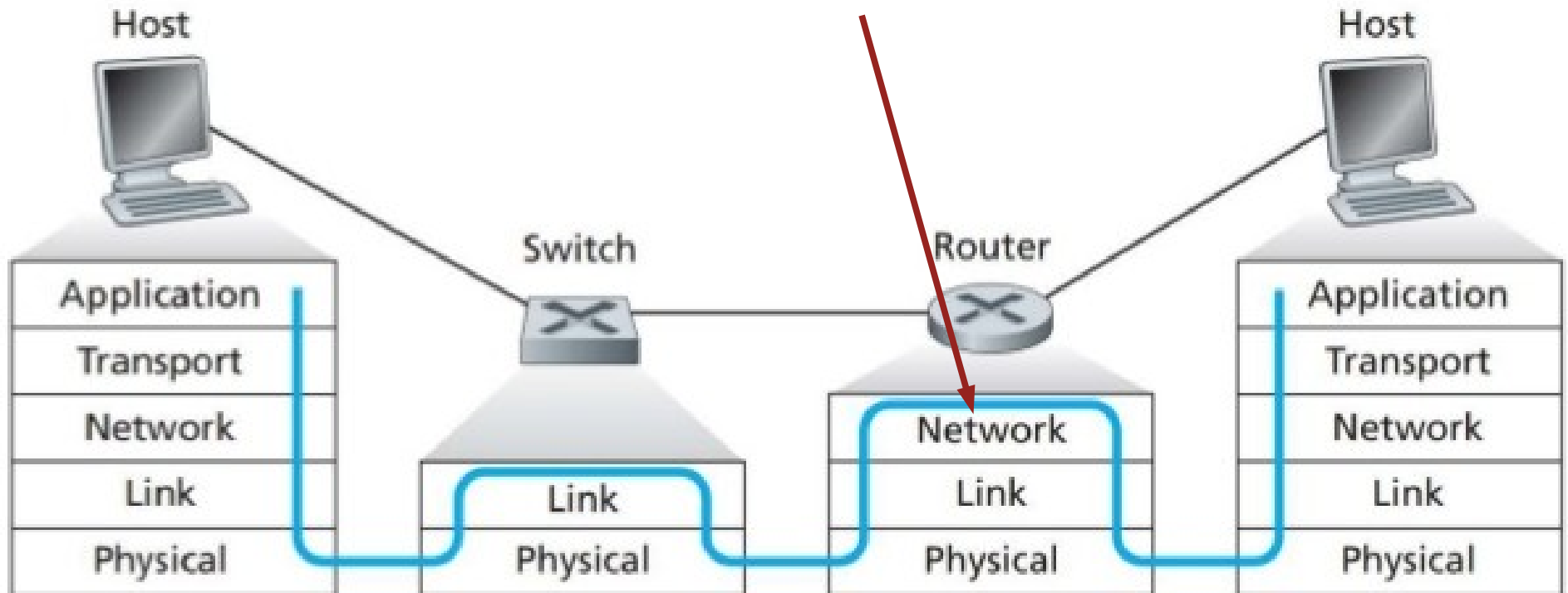
DHCP opowiedziaam w 3 minutki głównie to co jest na slajdzie 42, bo nie miaam szans si wdawa ju w szcz

Router vs switch

A router in that it forwards packets
2) whereas a router is a layer-

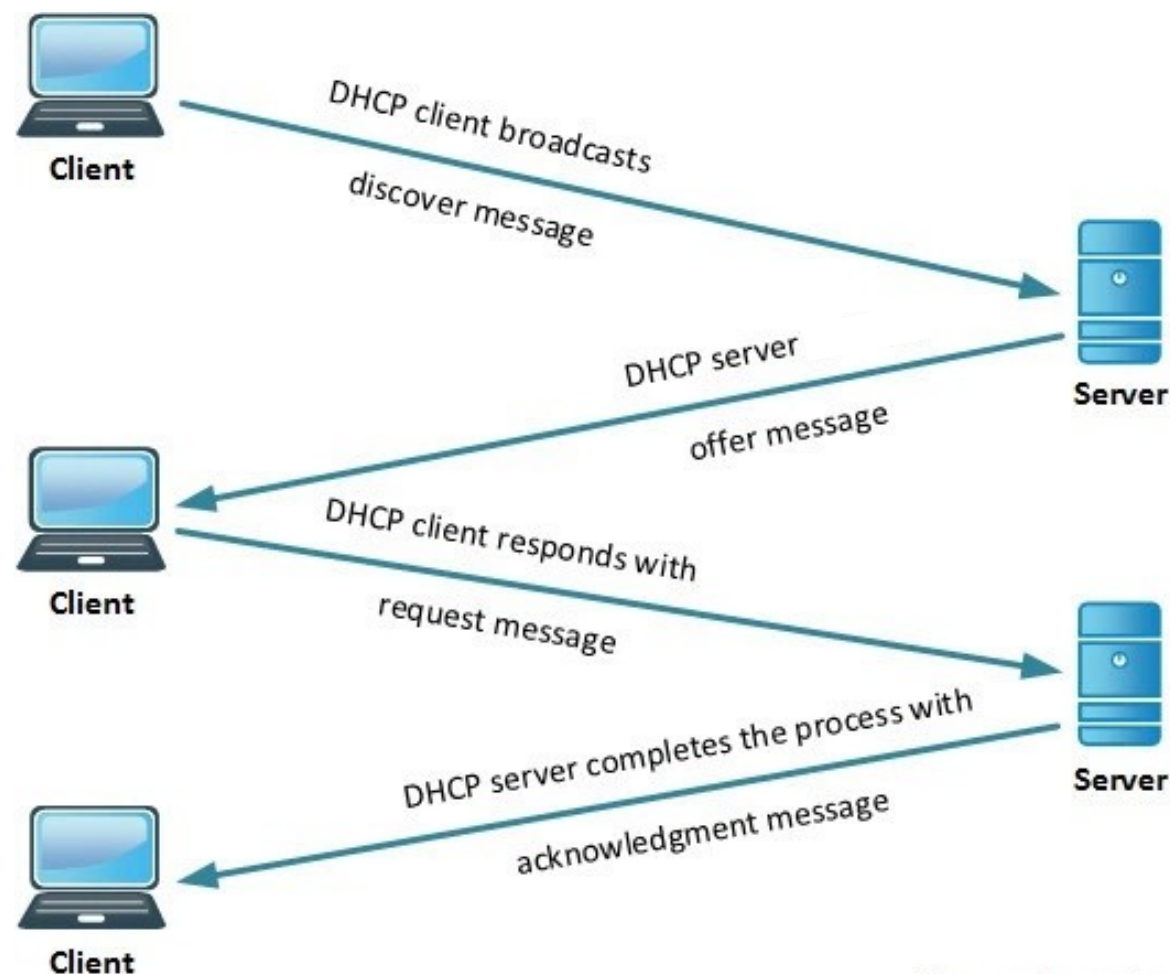
Tego nie zdynam

Warstwa sieciowa - IP



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



Source :- Learnisco

Inne protokoły

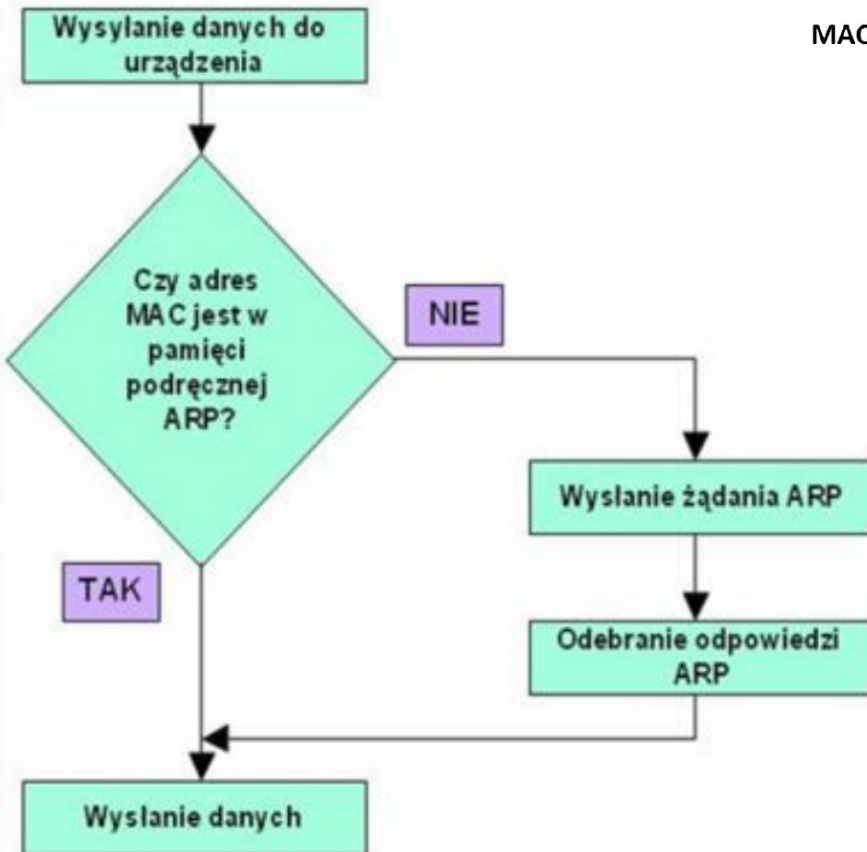
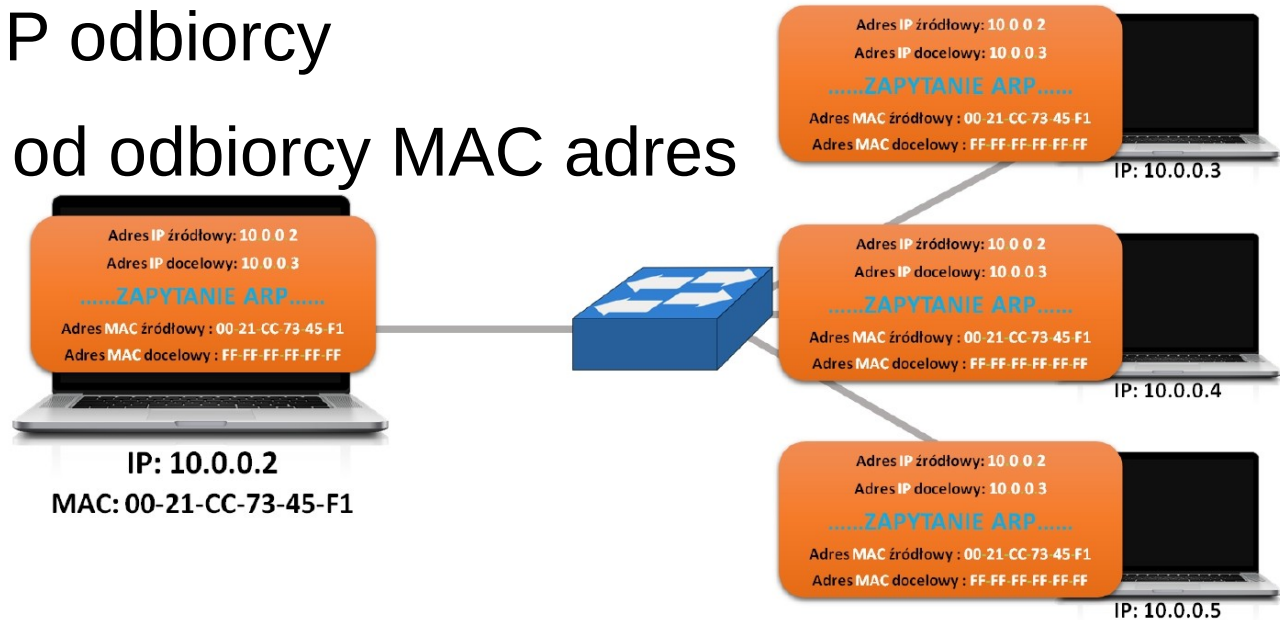
- Jak to działa
- **Protokół**
- MAC

Tego ani nic poniej ju nie mówiam

wy

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



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.

C:\Users\damian>arp -a

Interface: 192.168.0.103 --- 0x12
Internet Address      Physical Address      Type
5.5.5.5               a3-3e-51-45-e1-e2    static
192.168.0.1           64-66-b3-5b-ae-3a    dynamic
192.168.0.100         08-11-96-f7-d3-f0    dynamic
192.168.0.102         e8-5b-5b-3f-fe-24    dynamic
192.168.0.255         ff-ff-ff-ff-ff-ff    static
224.0.0.2             01-00-5e-00-00-02    static
224.0.0.22            01-00-5e-00-00-16    static
224.0.0.251           01-00-5e-00-00-fb    static
224.0.0.252           01-00-5e-00-00-fc    static
224.0.0.253           01-00-5e-00-00-fd    static
239.255.255.250      01-00-5e-7f-ff-fa    static
255.255.255.255      ff-ff-ff-ff-ff-ff    static

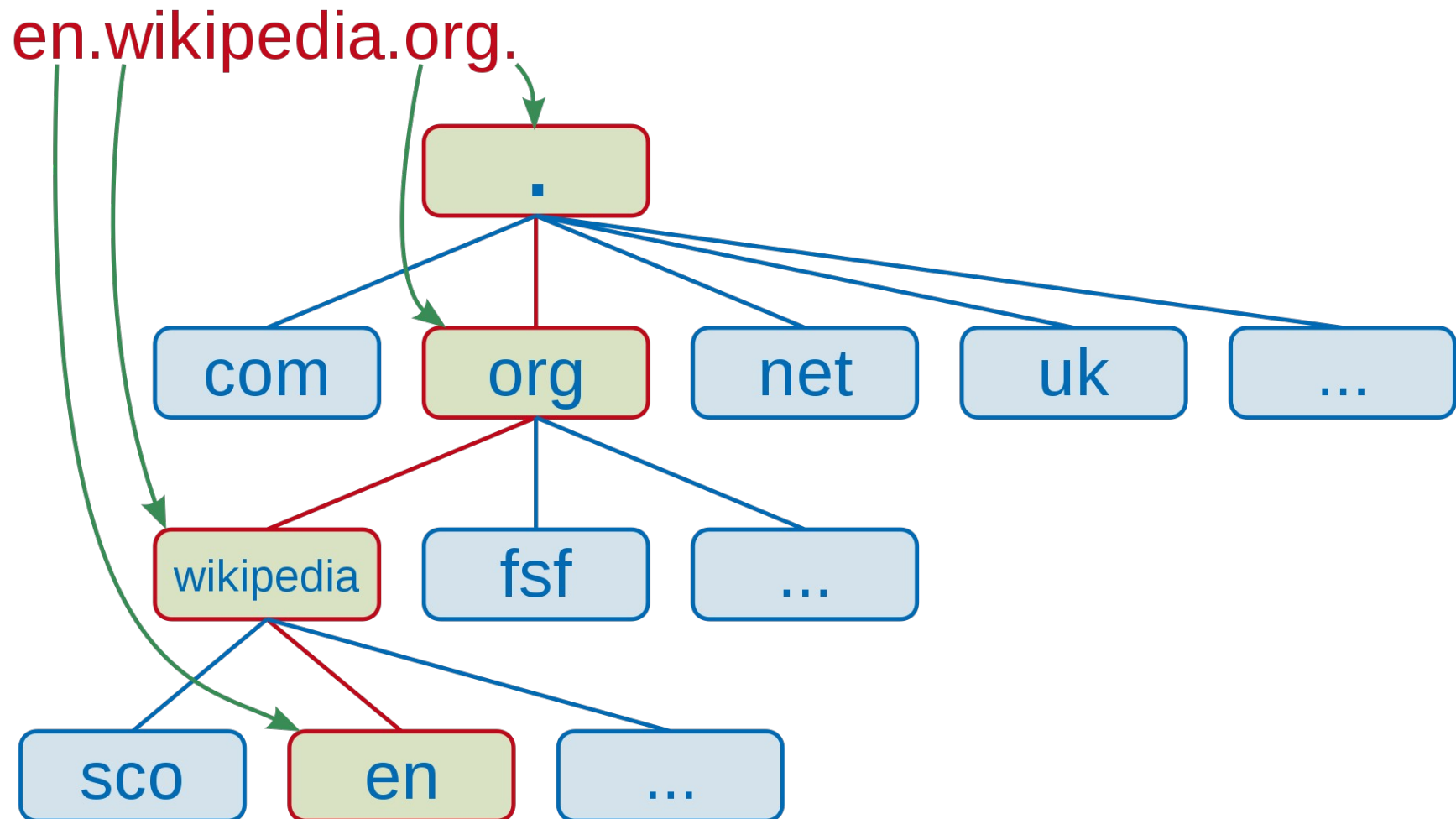
C:\Users\damian>
```

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 też oznaczać cały system (Domain Name System) nazewnictwa urządzeń i usług w sieci (nie tylko adresy IP)

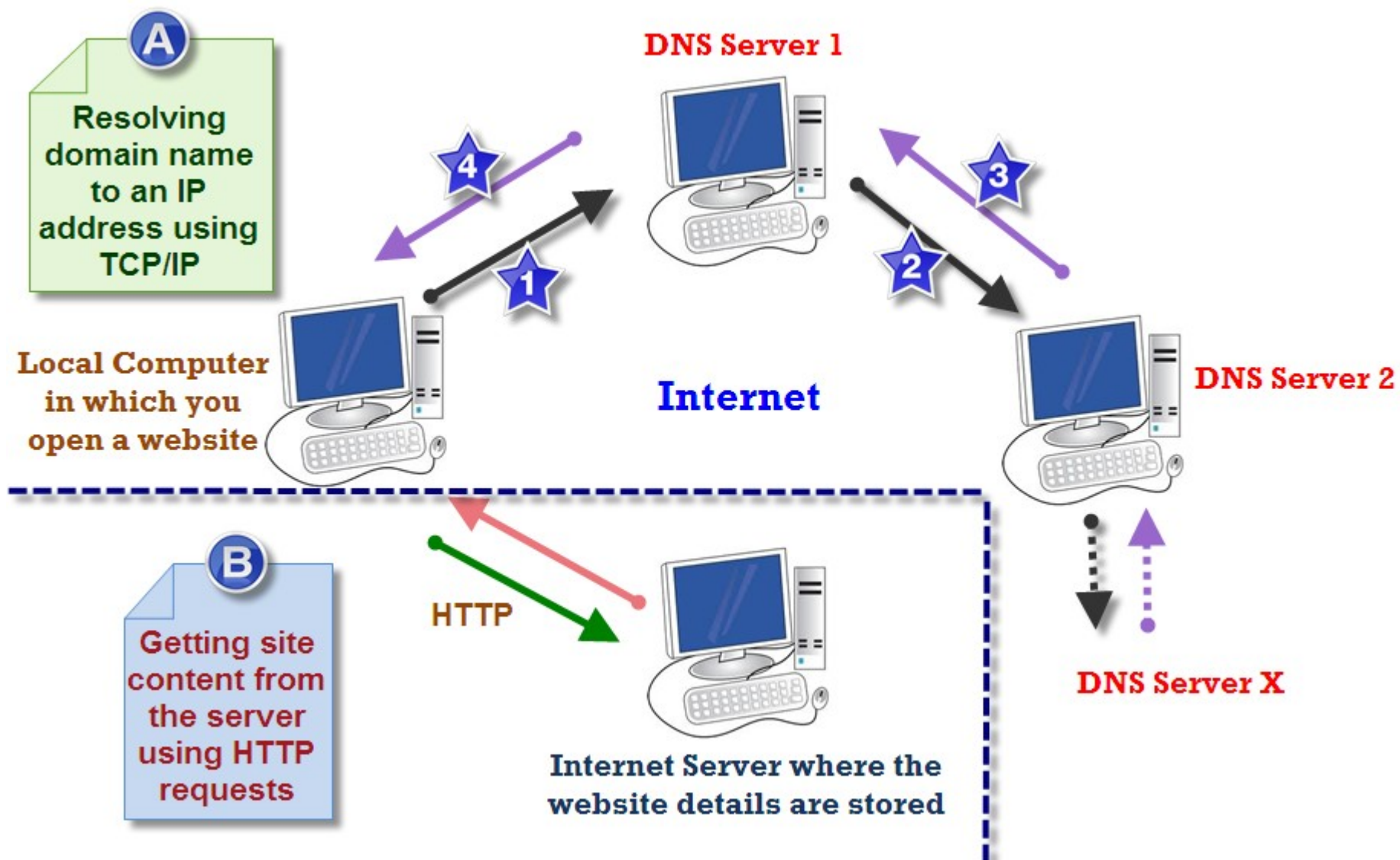
Serwer DNS

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



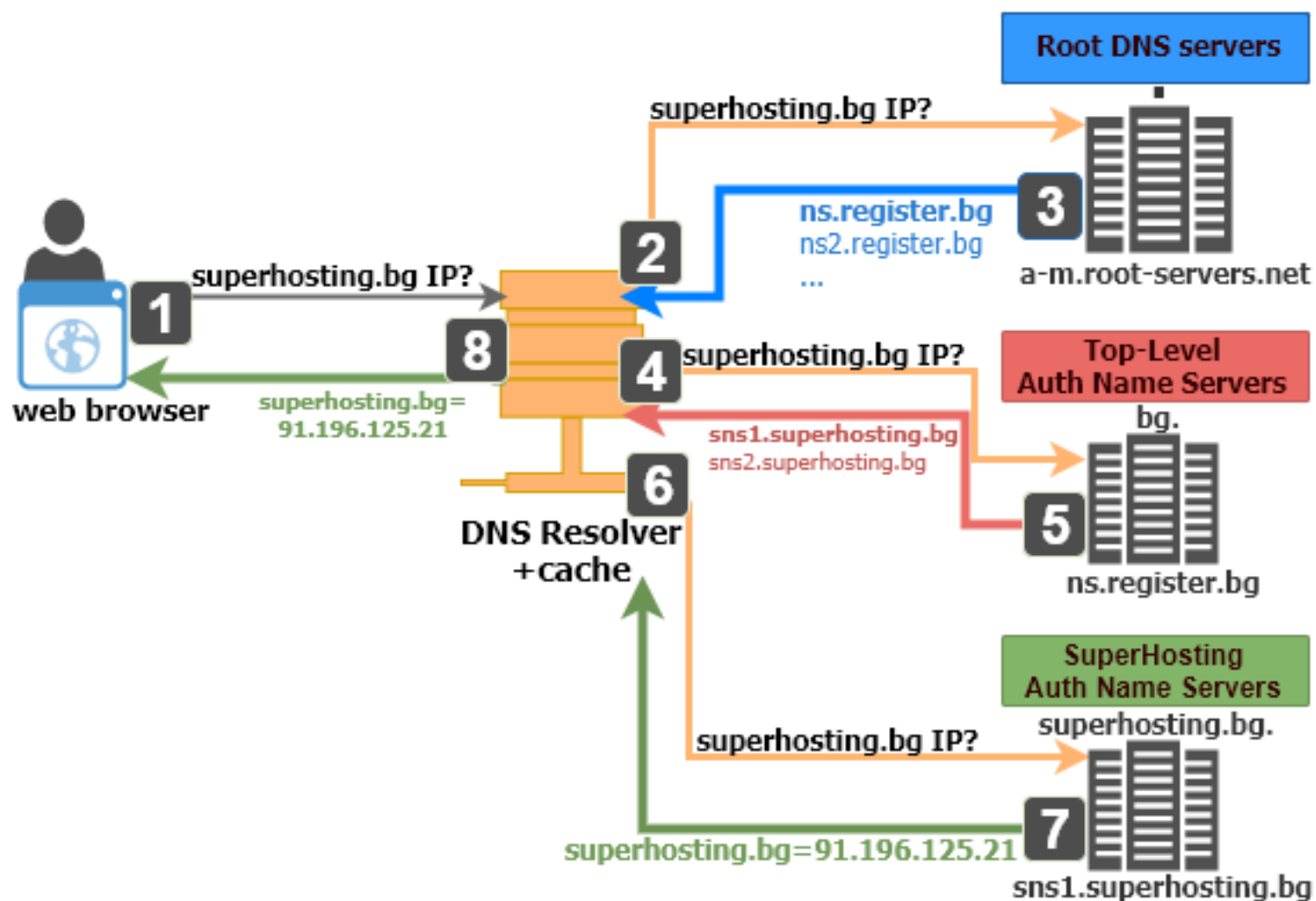
Server DNS

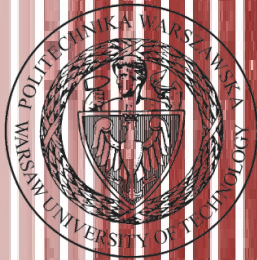
- Przykład – otwarcie strony WWW



Serwer DNS

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





KONIEC