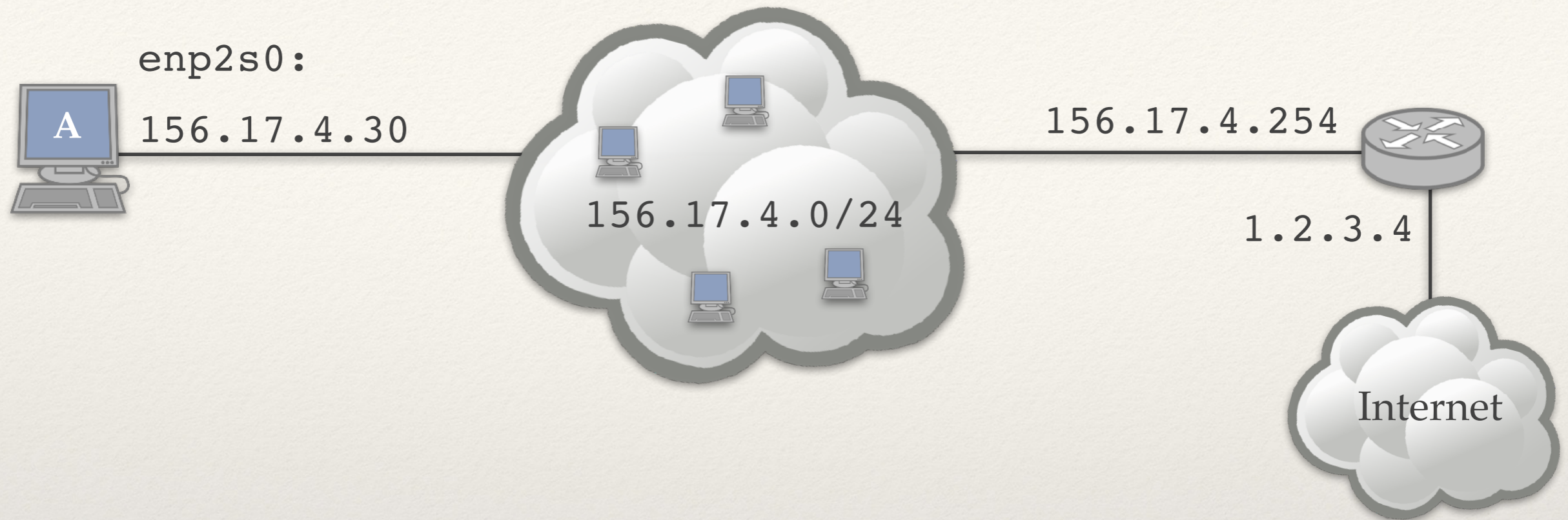

Niższe warstwy

Sieci komputerowe

Wykład 5

Marcin Bieńkowski

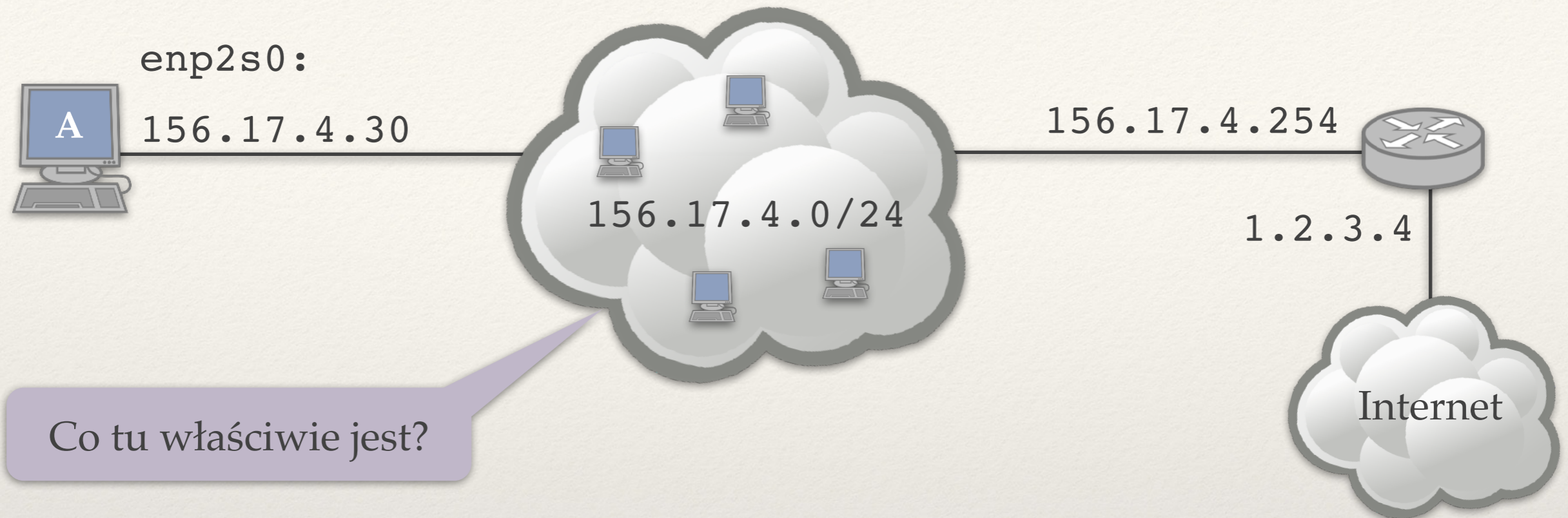
Ponizej warstwy sieciowej



```
$> ip route
```

```
156.17.4.0/24          dev enp2s0  src 156.17.4.30
0.0.0.0/0              via 156.17.4.254 dev enp2s0
```

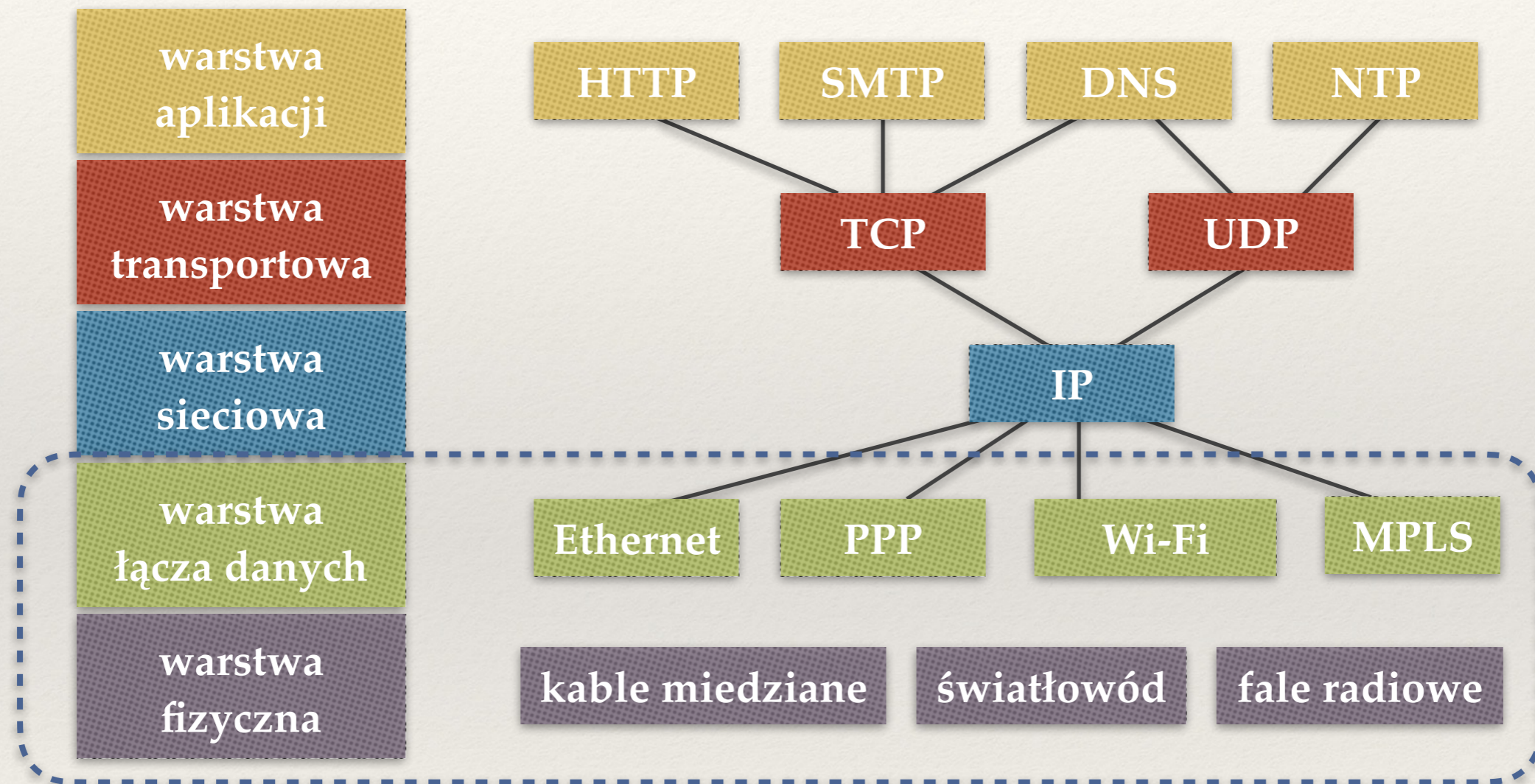
Ponizej warstwy sieciowej



```
$> ip route
```

```
156.17.4.0/24          dev enp2s0  src 156.17.4.30
0.0.0.0/0             via 156.17.4.254 dev enp2s0
```

Internetowy model warstwowy



Dwie warstwy

❖ Warstwa łączy danych.

- ♦ Umożliwia komunikację między dwoma „sąsiadującymi” urządzeniami.
- ♦ Zapewnia zawodną usługę wysyłania **ramek**.
 - ♦ Pakiety IP są danymi w ramkach.
- ♦ Musi wykrywać błędy w transmisji.

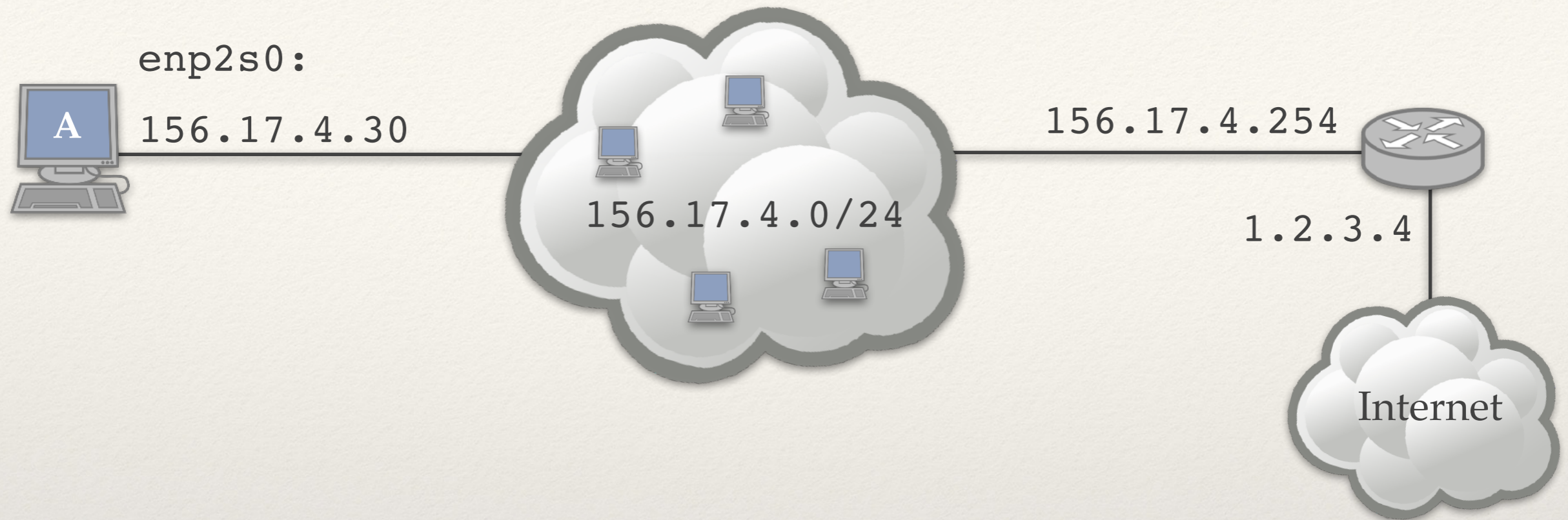
❖ Warstwa fizyczna.

- ♦ Określa szczegóły przesyłania pojedynczych bitów.

❖ Obie warstwy implementowane w kartach sieciowych, najczęściej sprzętowo.

Współczesne sieci przewodowe: Ethernet

Ponizej warstwy sieciowej

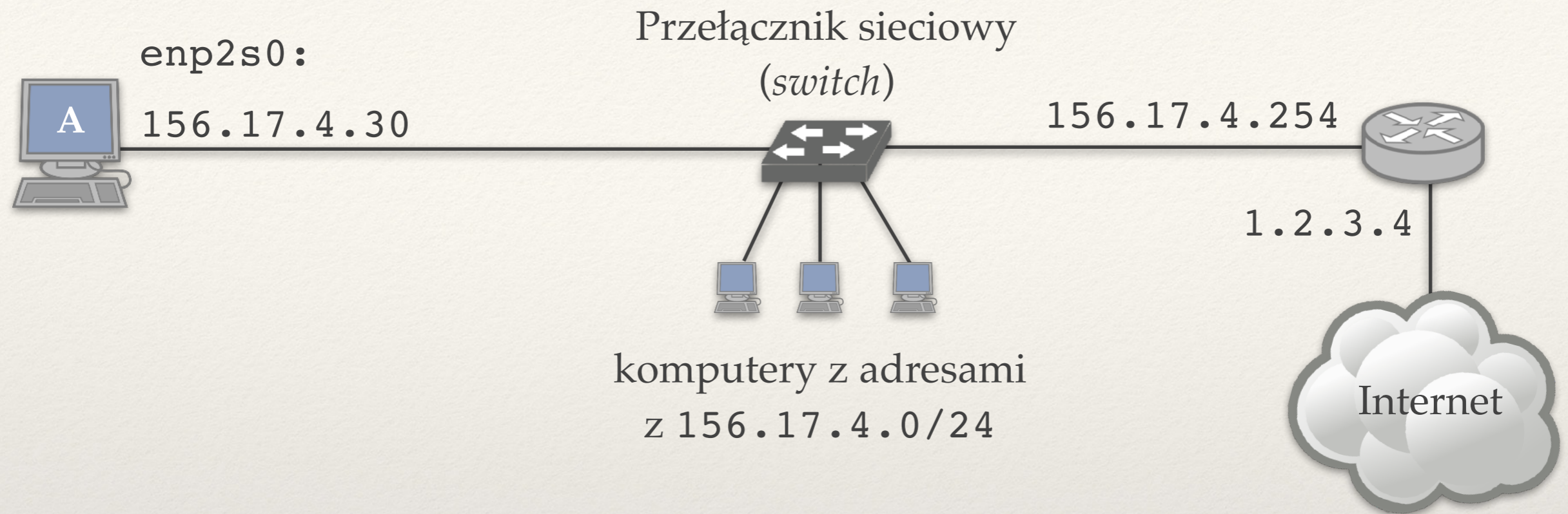


```
$> ip route
```

```
156.17.4.0/24 dev enp2s0 src 156.17.4.30
```

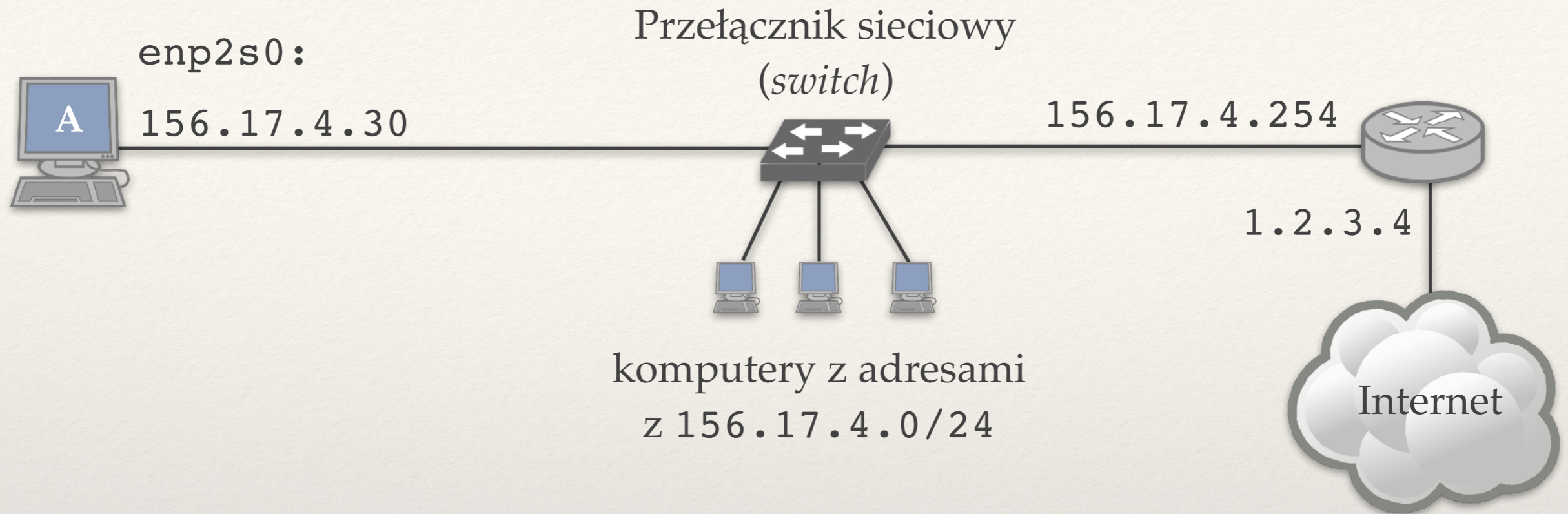
```
0.0.0.0/0 via 156.17.4.254 dev enp2s0
```

Przełącznik sieciowy



- ❖ Przełącznik: urządzenie bez IP, niewidoczne dla warstwy sieciowej.

Przełącznik sieciowy

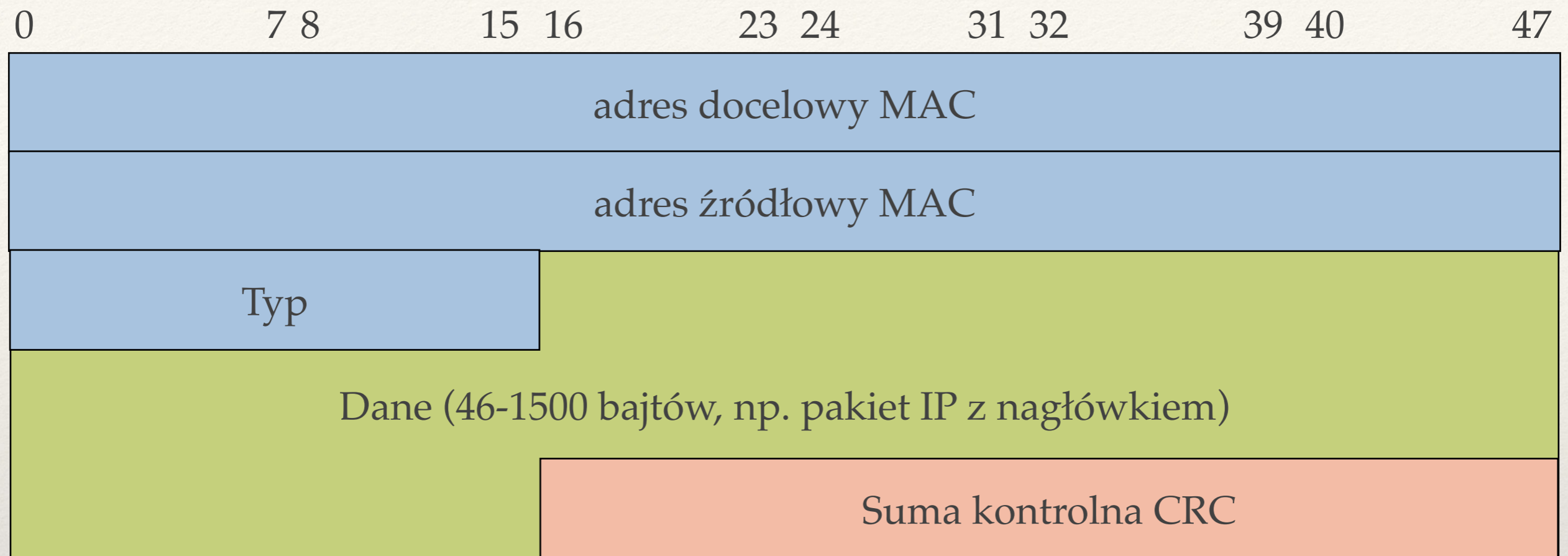


- ❖ Przełącznik: urządzenie bez IP, niewidoczne dla warstwy sieciowej.
- ❖ **Co się dzieje, gdy A wysyła pakiet do 156.17.4.254?**

Adresy ethernetowe

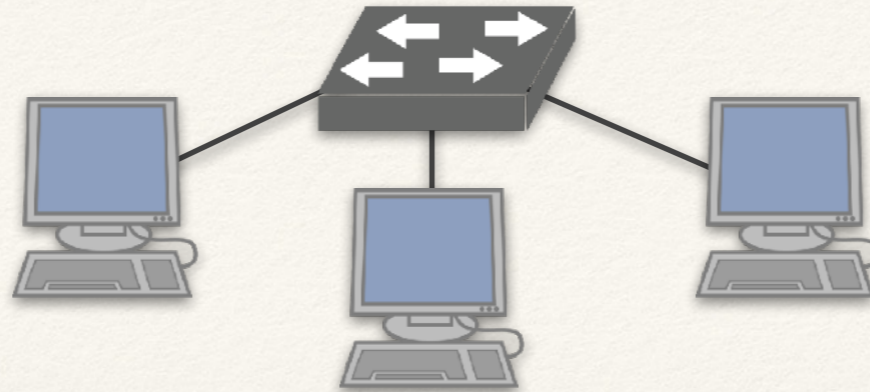
- ❖ Inaczej adresy MAC (*Medium Access Control*).
- ❖ 6-bajtowy unikatowy ciąg, przykładowo 00:14:2A:1F:F3:BA.
- ❖ Przypisany (teoretycznie) na stałe do karty sieciowej; w praktyce można go łatwo zmienić.
- ❖ Pierwsze trzy bajty przyznaje IEEE producentowi kart sieciowych, trzy kolejne nadaje nadaje producent.

Budowa ramki ethernetowej



- ❖ Dane = pakiet (IP) otrzymany z warstwy sieciowej.
- ❖ MTU = maksymalny rozmiar tych danych.
- ❖ Typ = identyfikuje protokół w danych, np. IP = 0x0800.

Przełącznik sieciowy



Przełącznik działa w warstwie łącza danych:

- ❖ Uczy się, jakie adresy MAC są podłączone do danych portów.
- ❖ Ramki ze znanym docelowym adresem MAC wysyłane są do konkretnego portu.
- ❖ Do wszystkich portów wysyłane są ramki z docelowym adresem MAC
 - ♦ nieznanym przełącznikowi lub
 - ♦ równym `FF:FF:FF:FF:FF:FF`.

Odbieranie ramki przez kartę sieciową

- ❖ Adres docelowy równy naszemu adresowi MAC lub równy `FF:FF:FF:FF:FF:FF`?
 - ♦ Tak → dane ramki przekazywane do warstwy sieciowej.
 - ♦ Nie → ramka wyrzucana.
- ❖ Karta sieciowa w trybie nasłuchu (*promiscuous mode*) nie wyrzuca żadnych ramek.
 - ♦ Tryb wykorzystywany przez Wiresharka.

Wysyłanie pakietu IP

Z tablicy routingu odczytujemy X = kolejny adres IP na trasie do celu:

- ❖ X = IP następnego routera na trasie lub
- ❖ X = IP docelowego komputera (jeśli X jest w naszej sieci).



Tworzenie nagłówka ramki.

- ❖ Adres źródłowy ramki = adres MAC naszej karty sieciowej, która wysyła ramkę.
- ❖ Adres docelowy ramki = adres MAC odpowiadający adresowi X .

Wysyłanie pakietu IP

Z tablicy routingu odczytujemy X = kolejny adres IP na trasie do celu:

- ❖ X = IP następnego routera na trasie lub
- ❖ X = IP docelowego komputera (jeśli X jest w naszej sieci).



Tworzenie nagłówka ramki.

- ❖ Adres źródłowy ramki = adres MAC naszej karty sieciowej, która wysyła ramkę.
- ❖ Adres docelowy ramki = adres MAC odpowiadający adresowi X .
- ♦ **Skąd wziąć taki adres MAC?**

ARP (Address Resolution Protocol)

- ❖ Rozgłaszamy pytania „kto ma adres IP ...?” w ramach wysyłanych na adres rozgłoszeniowy `FF:FF:FF:FF:FF:FF`.
- ❖ Jeden komputer odpowiada.
- ❖ Wszyscy słyszący odpowiedź zapisują ją w swojej tablicy ARP (na pewien czas).
- ❖ Tablica wykorzystywana w przekształceniu IP → MAC.

IPv6

- ❖ ICMPv6 wykorzystuje komunikaty *neighbor solicitation* i *neighbor advertisement* zastępujące ARP.

ARP (Address Resolution Protocol)

- ❖ Rozgłaszamy pytania „kto ma adres IP ...?” w ramach wysyłanych na adres rozgłoszeniowy `FF:FF:FF:FF:FF:FF`.
- ❖ Jeden komputer odpowiada.
- ❖ Wszyscy słyszący odpowiedź zapisują ją w swojej tablicy ARP (na pewien czas).
- ❖ Tablica wykorzystywana w przekształceniu IP → MAC.

IPv6

- ❖ ICMPv6 wykorzystuje komunikaty *neighbor solicitation* i *neighbor advertisement* zastępujące ARP.

demonstracja

Wysyłanie pakietu na adres rozgłoszeniowy IP



- ❖ Jeśli docelowy adres IP jest adresem rozgłoszeniowym danej sieci IP, to adres docelowy MAC zostanie ustawiony na `FF:FF:FF:FF:FF:FF`.

Wysyłanie pakietu na adres rozgłoszeniowy IP



- ❖ Jeśli docelowy adres IP jest adresem rozgłoszeniowym danej sieci IP, to adres docelowy MAC zostanie ustawiony na `FF:FF:FF:FF:FF:FF`.
- ❖ Co się wydarzy jeśli umieścimy dwie sieci IP w jednej sieci ethernetowej?

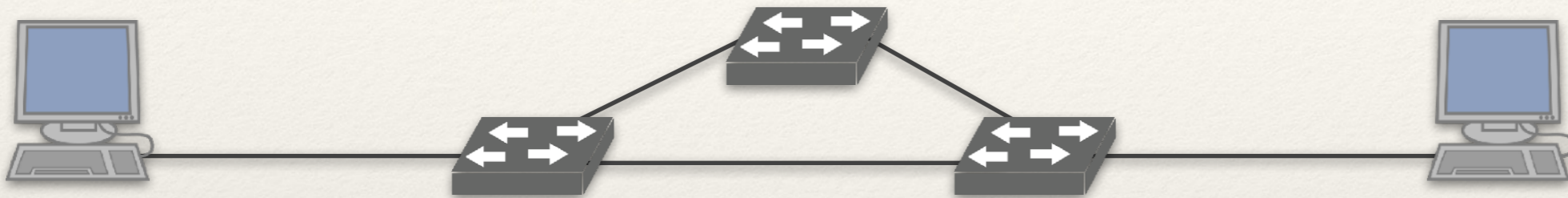
Adresy MAC vs IP

- ❖ **Dlaczego w warstwie sieciowej nie używamy adresów MAC?**
 - ♦ Nie mają hierarchii: tablice routingu byłyby za duże.
- ❖ **Dlaczego w warstwie łącza danych nie używamy adresów IP?**
 - ♦ Brak możliwości obsługi innych protokołów warstwy sieci (kiedyś popularne).

Ethernet: informacje róźne

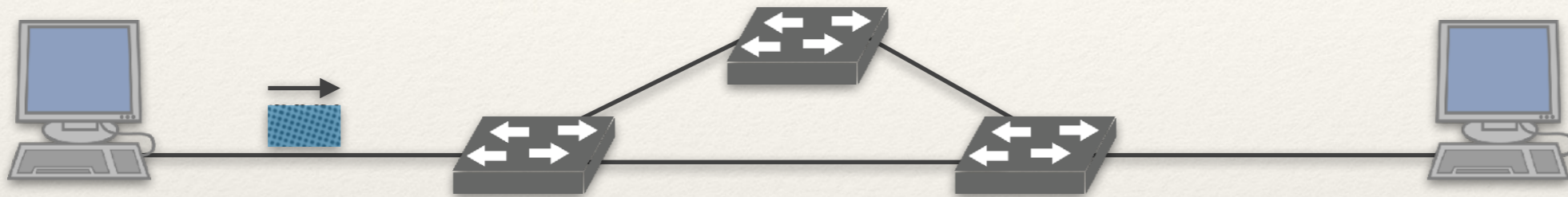
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



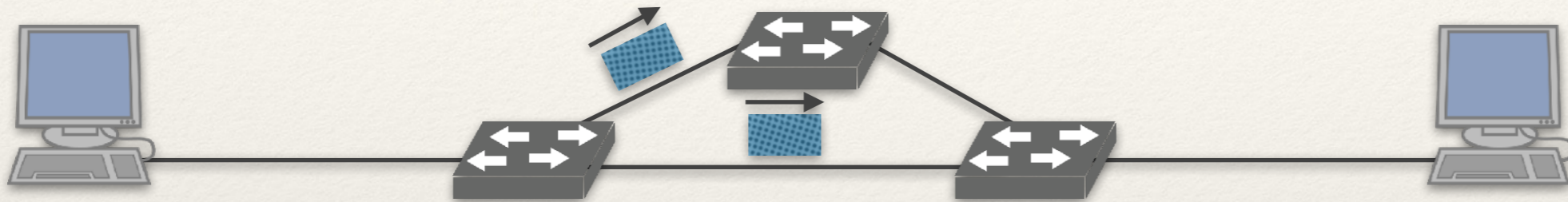
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



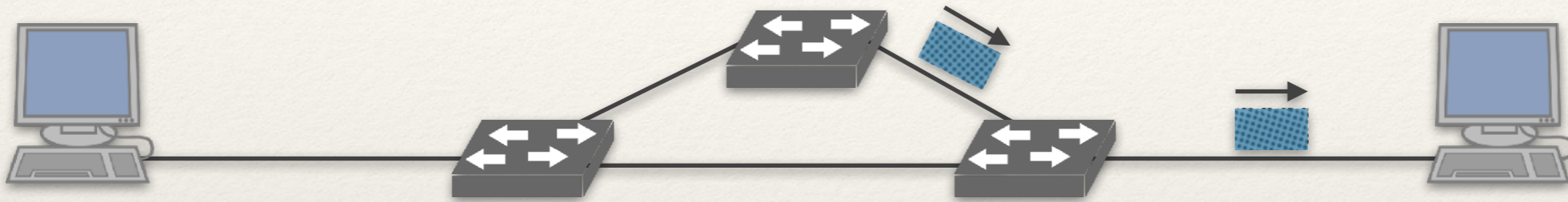
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



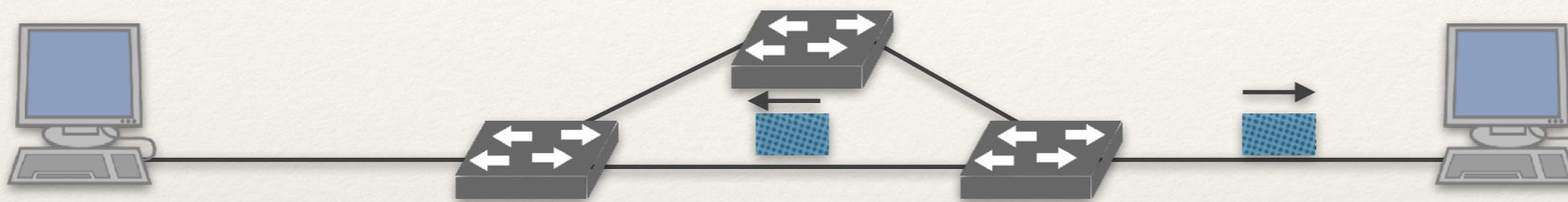
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



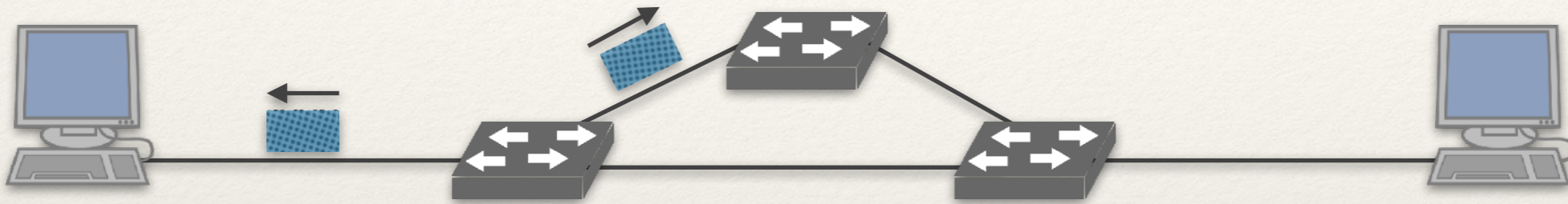
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



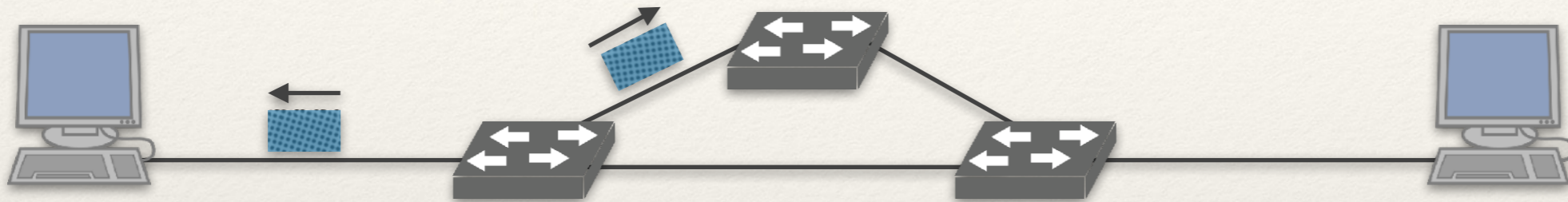
Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



Cykle

Ramki wysłane na adres rozgłoszeniowy są przekazywane do wszystkich portów.



- ❖ Chcemy mieć topologię bez cykli.
 - ♦ Brak TTL → możliwe „burze rozgłoszeniowe”.
- ❖ Przełączniki używają STP (*Spanning Tree Protocol*).
 - ♦ Rozproszony algorytm budowy drzewa spinającego.
 - ♦ Spośród połączeń wybierają drzewo, inne porty wykorzystywane tylko w wypadku awarii.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Protokół umożliwiający pobieranie adresu IP.

- ❖ Umożliwia też wysyłanie bramy domyślnej, maski sieci i adresów serwerów DNS.
- ❖ Zazwyczaj na podstawie adresu MAC dostajemy taki sam adres IP jak poprzednio.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Protokół umożliwiający pobieranie adresu IP.

- ❖ Umożliwia też wysyłanie bramy domyślnej, maski sieci i adresów serwerów DNS.
- ❖ Zazwyczaj na podstawie adresu MAC dostajemy taki sam adres IP jak poprzednio.

IPv6

- ❖ ICMPv6 wykorzystuje komunikaty *router solicitation* i *router advertisement* zastępujące DHCP.
- ❖ Dostajemy tylko adres sieci z prefiksem /64, pozostałe 64 bity adresu generujemy deterministycznie ze swojego adresu MAC.

Konfiguracja automatyczna (bez DHCP)

- ❖ **IPv4:** *Automatic Private IP Addressing.*
 - ◆ Komputer losuje dla siebie adres z sieci 169.254.0.0/16.
- ❖ **IPv6:** adresy *link-local.*
 - ◆ Komputer przydziela sobie adres z sieci fe80::/64.
 - ◆ Ostatnie 64 bity adresu są deterministyczną funkcją adresu MAC.

Przykład konfiguracji karty sieciowej

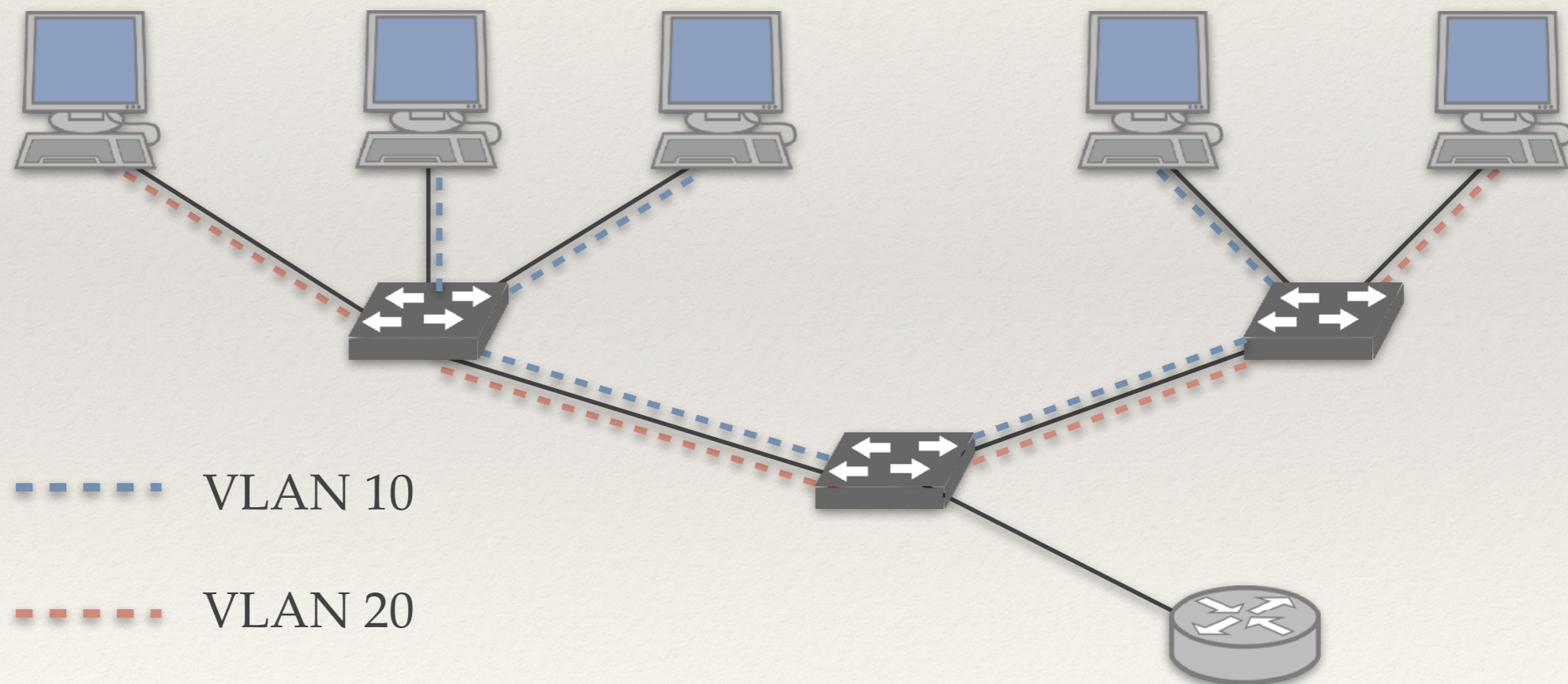
```
$> ip addr show dev eth0
```

```
eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500  
    link/ether dc:a6:32:d9:07:ec brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
    inet 192.168.2.146/24 brd 192.168.2.255 dynamic  
    inet6 fdc6:9dbc:264f:4c00:dea6:32ff:fed9:7ec/64 dynamic  
    inet6 fe80::dea6:32ff:fed9:7ec/64 proto kernel_11
```

- ❖ `dynamic` = adres przypisany przez DHCP lub ICMPv6.
- ❖ `kernel_11` = adres link-local (wygenerowany przez jądro).
- ❖ `dea6:32ff:fed9:7ec` - część wygenerowana na podstawie adresu MAC `dc:a6:32:d9:07:ec`.

VLAN: wirtualne sieci lokalne

- ❖ Fizyczne połączenie \neq logiczna konfiguracja.
- ❖ Dla każdego portu przełącznika ustalamy do jakich VLAN-ów należy.
- ❖ W ramkach jest dodatkowe pole będące numerem VLAN-u
→ ramka przesyłana tylko w obrębie danego VLAN-u.



Adresy multicastowe

- ❖ IP ma zarezerwowany zakres $224.0.0.0/4$ (prefix 1110).
- ❖ Ethernet ma zarezerwowany zakres
 $01:00:5E:00:00:00 - 01:00:5E:7F:FF:FF$.
- ❖ Translacja multicastowy IP \rightarrow MAC to deterministyczne przekształcenie bitów.
 - ♦ Np. $224.0.0.9$ (używany w RIP) $\rightarrow 01:00:5e:00:00:09$.

Adresy multicastowe

- ❖ IP ma zarezerwowany zakres $224.0.0.0/4$ (prefix 1110).
- ❖ Ethernet ma zarezerwowany zakres $01:00:5E:00:00:00 - 01:00:5E:7F:FF:FF$.
- ❖ Translacja multicastowy IP \rightarrow MAC to deterministyczne przekształcenie bitów.
 - ♦ Np. $224.0.0.9$ (używany w RIP) $\rightarrow 01:00:5e:00:00:09$.
- ❖ Protokół IGMP (*Internet Group Management Protocol*).
 - ♦ Obsługiwany przez niektóre przełączniki.
 - ♦ Umożliwia zdefiniowanie do jakich portów mają być wysyłane ramki z konkretnym multicastowym adresem MAC.

Współdzielony kanał

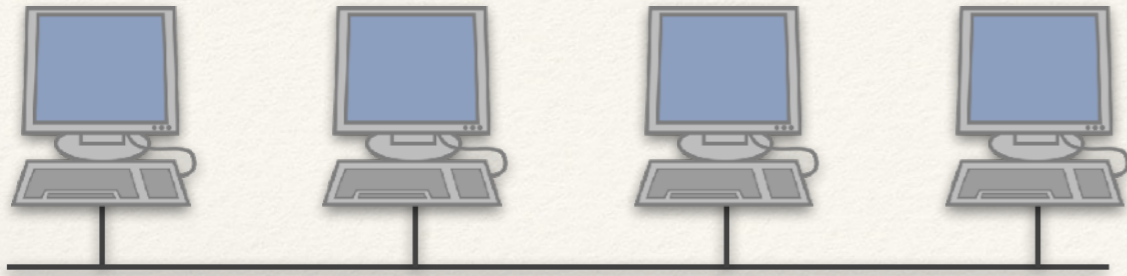
Zadania warstwy łącza danych

- ❖ Umożliwia komunikację między dwoma „sąsiadującymi” urządzeniami.
- ❖ Zapewnia zawodną usługę wysyłania ramek.
- ❖ Musi wykrywać błędy w transmisji.

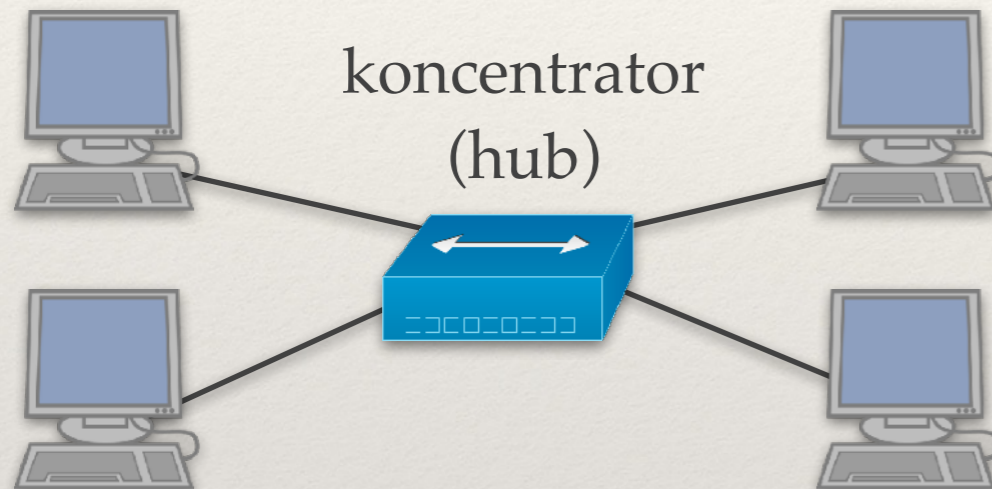
Zadania warstwy łącza danych

- ❖ Umożliwia komunikację między dwoma „sąsiadującymi” urządzeniami.
- ❖ Zapewnia zawodną usługę wysyłania ramek.
- ❖ Musi wykrywać błędy w transmisji.
- ❖ Kanał komunikacyjny może być współdzielony między wieloma urządzeniami.
 - ♦ **Jak zapewnić, że tylko jedno urządzenie nadaje?**

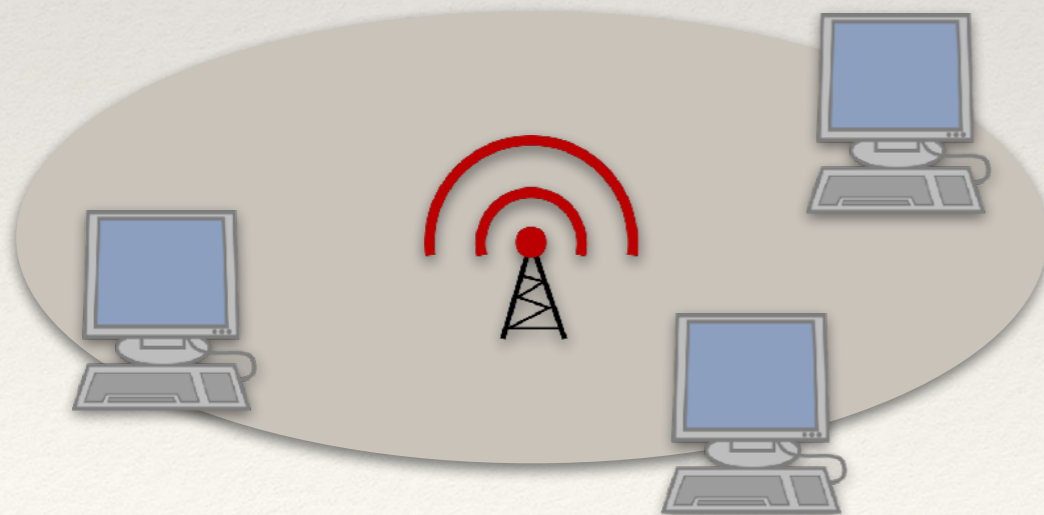
Komunikacja w warstwie drugiej bez przełączników



- ❖ Wszystko wpięte do wspólnego łącza (tak było).

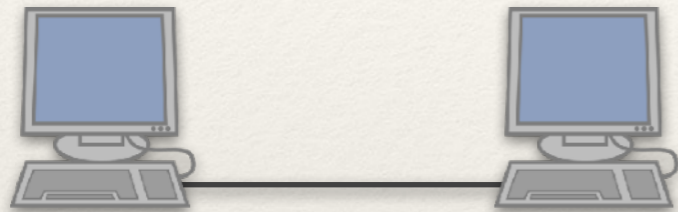


- ❖ Koncentrator replikuje sygnał do wszystkich portów (tak czasem nadal jest).

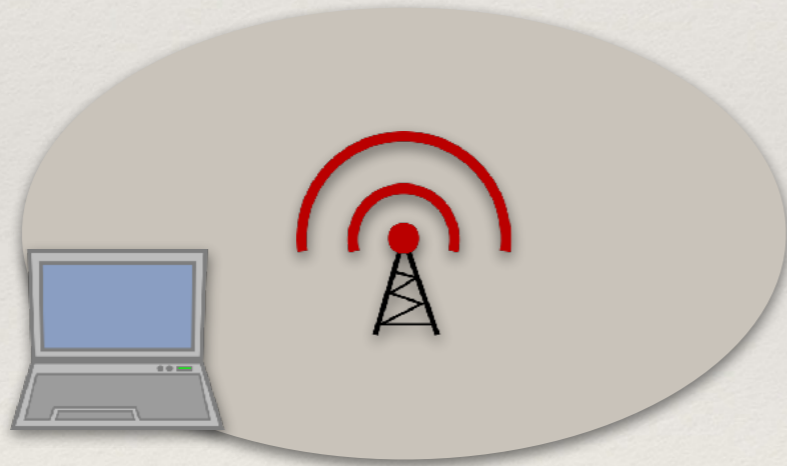


- ❖ Każdy komputer wysyła ramkę do punktu dostępowego, punkt dostępowy wysyła ją do wszystkich (tak jest obecnie).

Nawet w przypadku dwóch urządzeń



❖ Starsze wersje Ethernetu.



❖ Komputer + punkt dostępowy.

Własności współdzielonego kanału

- ❖ 1 komputer nadaje → wszyscy go słyszą.
- ❖ ≥ 2 komputery nadają jednocześnie → zakłócony sygnał.
 - ♦ Kolizje (sieci przewodowe) lub interferencje (sieci bezprzewodowe).
 - ♦ Zazwyczaj nie można wtedy odczytać komunikatu.
- ❖ Brak dodatkowego kanału na komunikaty kontrolne.

Podjęcia deterministyczne

❖ Oparte na wybranym komputerze

- ♦ Jeden komputer odpytuje pozostałe komputery.
- ♦ Decyduje, ile czasu mają nadawać.
- ♦ TDMA (*time division multiple access*): Bluetooth, sieci 2G i 4G.

❖ Oparte na przekazywaniu żetonu

- ♦ Skomplikowane i podatne na błędy implementacyjne.
- ♦ Gubienie żetonu, duplikacja żetonu, ...

Podjęcie losowe 1: rundowy ALOHA

❖ Czas podzielony na rundy.

- ♦ Długość rundy wystarcza do nadania jednej ramki.
- ♦ Jeśli komputer ma ramkę danych do wysłania, wysyła ją z ppb. p .
- ♦ Dla $p = 1/n$, gdzie n = liczba komputerów, które chcą wysłać ramkę, sukces średnio co $e \sim 2,71$ rund dla dużych n (ćwiczenie).

Podjęcie losowe 1: rundowy ALOHA

❖ Czas podzielony na rundy.

- ♦ Długość rundy wystarcza do nadania jednej ramki.
- ♦ Jeśli komputer ma ramkę danych do wysłania, wysyła ją z ppb. p .
- ♦ Dla $p = 1/n$, gdzie n = liczba komputerów, które chcą wysłać ramkę, sukces średnio co $e \sim 2,71$ rund dla dużych n (ćwiczenie).

❖ Problemy:

- ♦ Musimy znać n , żeby wybrać optymalne p .
- ♦ Potrzebujemy synchronizacji rund (globalnego zegara).

Podójście losowe 2: (bezrundowy) ALOHA

- ❖ **Brak synchronizacji** (globalnego zegara): każdy komputer ma swoje rundy.
- ❖ Przy $p = 1/n$, wykorzystanie łączy dwukrotnie niższe (ok. $1/(2e)$).
- ❖ Wciąż musimy znać n , żeby wybrać optymalne p .

Podójście losowe 3: odczekiwanie wykładnicze

- ❖ Brak synchronizacji: każdy komputer ma swoje rundy.
- ❖ **Idea: zmniejszamy ppb. wysłania ramki po nieudanym wysłaniu.**
- ❖ Stosowane w Ethernetie i Wi-Fi.
- ❖ Dla każdej ramki: początkowo $m = 1$. Następnie:
 - ♦ Wylosuj k ze zbioru $\{ 0, \dots, 2^m - 1 \}$, odczekaj k rund i spróbuj wysłać ramkę.
 - ♦ Po nieudanym wysłaniu: $m \leftarrow m + 1$.

Skąd wiemy, że nie udało się wysłać ramki?

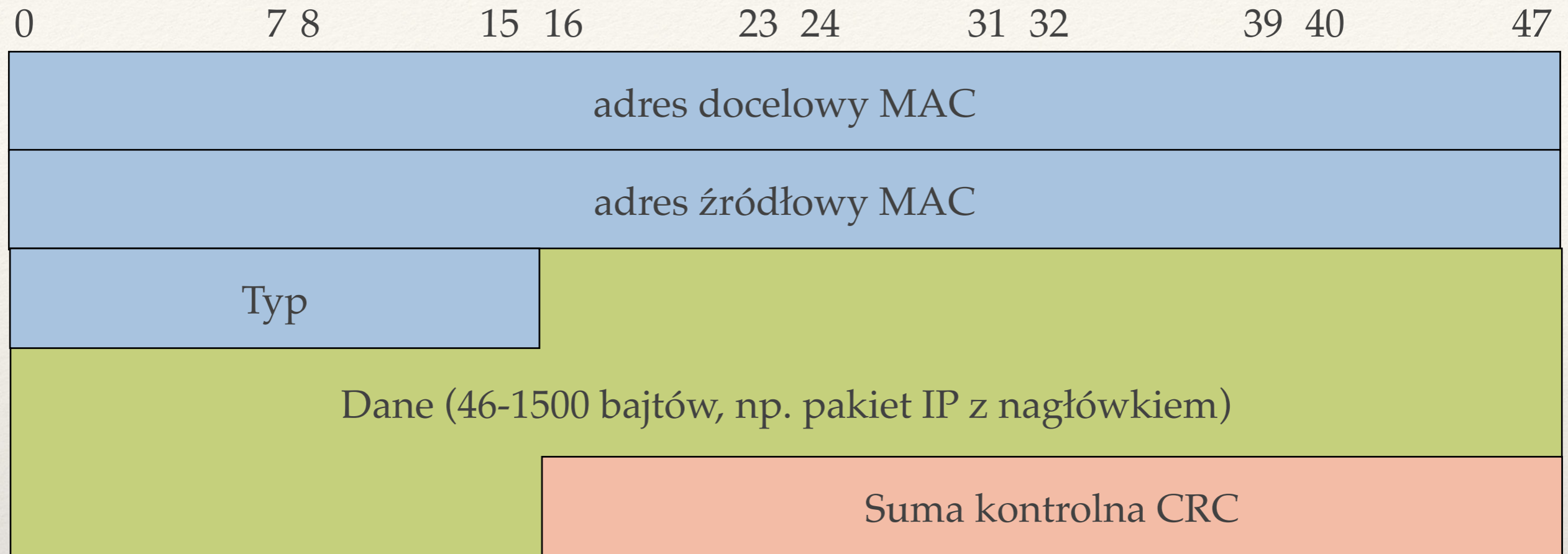
❖ Ethernet:

- ♦ Umiemy wykrywać, że nastąpiła kolizja.
- ♦ Problem: kolizja też potrzebuje czasu na dotarcie do nadawcy.

❖ Wi-Fi:

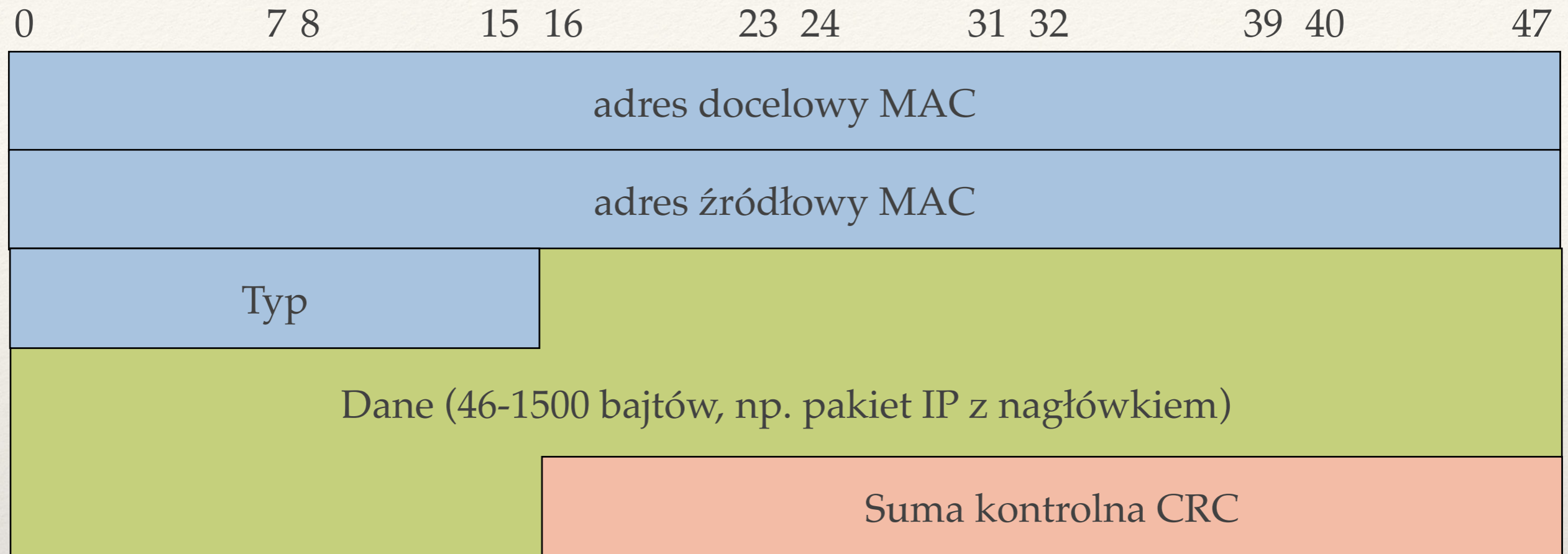
- ♦ Brak możliwości wykrywania kolizji.
- ♦ Potwierdzanie ramek (i retransmisja w przypadku braku potwierdzenia).

Budowa ramki ethernetowej (przypomnienie)



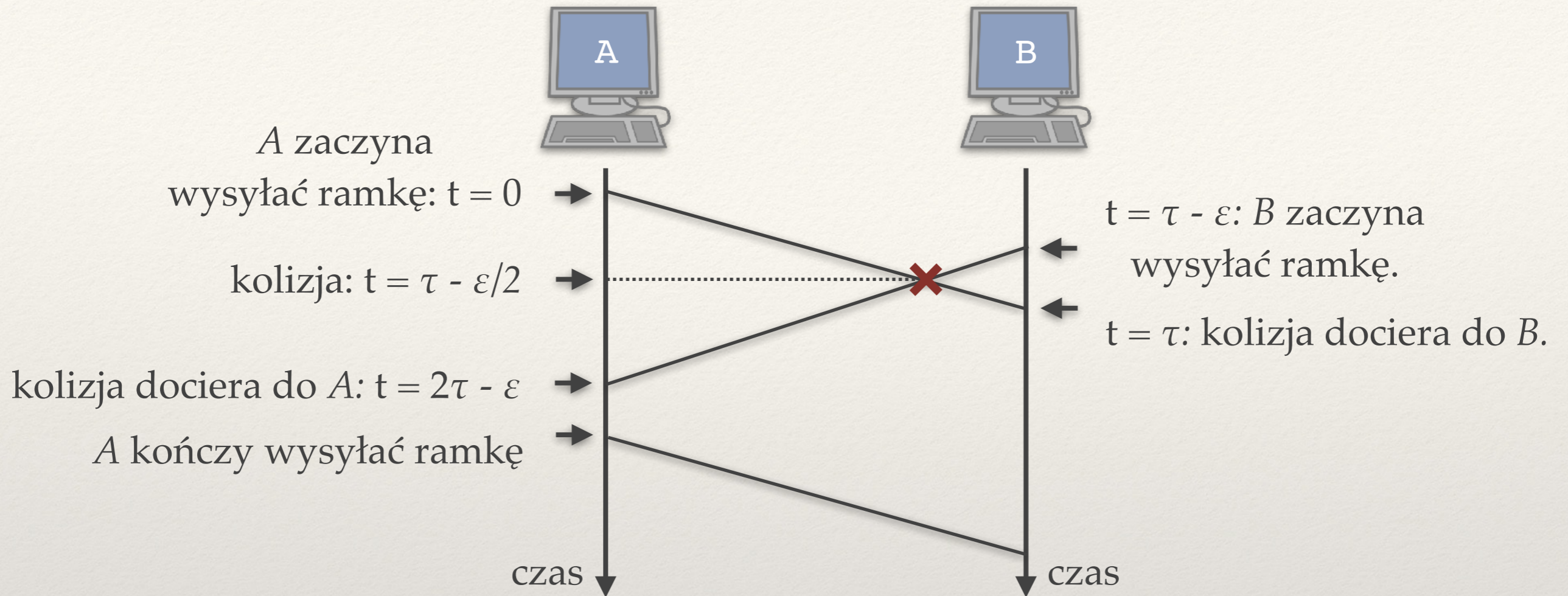
- ❖ Długość danych ≤ 1500 bajtów \rightarrow mniejsze ramki mniej podatne na uszkodzenia.
- ❖ Długość danych ≥ 46 bajtów \rightarrow wypełnienie jeśli za mało danych.

Budowa ramki ethernetowej (przypomnienie)



- ❖ Długość danych ≤ 1500 bajtów \rightarrow mniejsze ramki mniej podatne na uszkodzenia.
- ❖ Długość danych ≥ 46 bajtów \rightarrow wypełnienie jeśli za mało danych.
 - ♦ **Ale po co?**

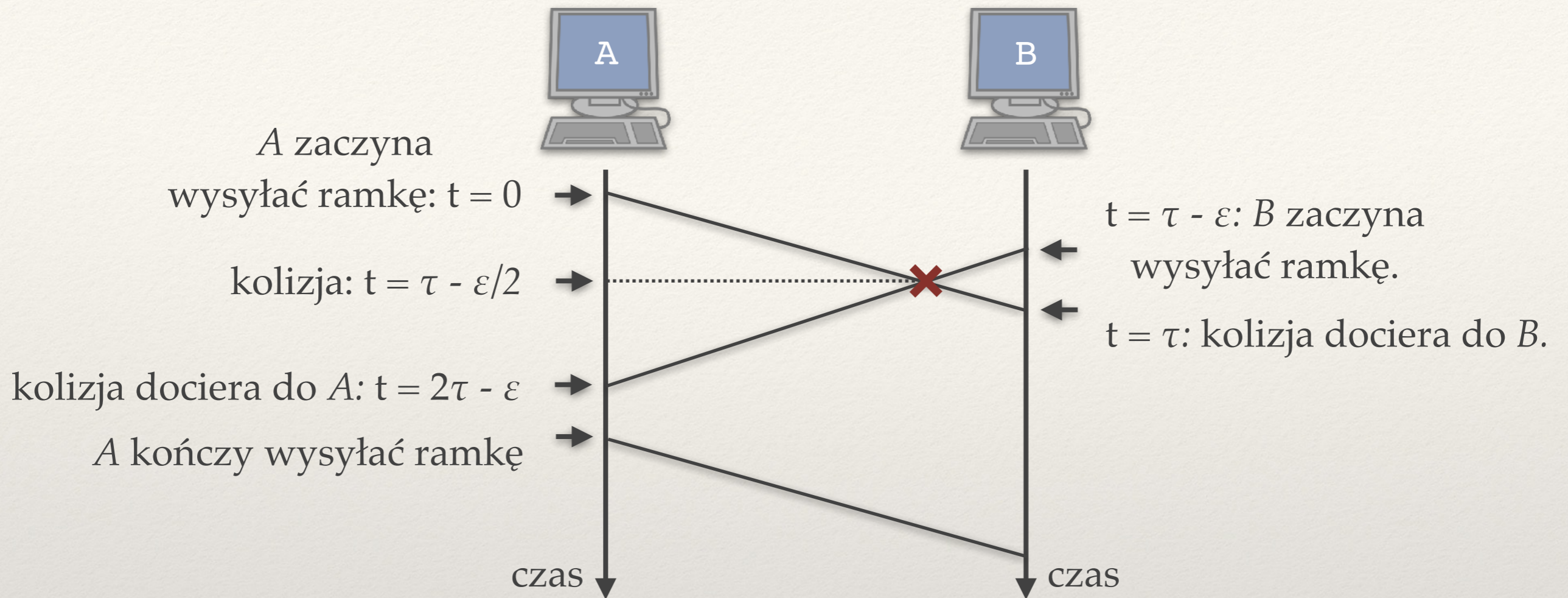
Interpretacja kolizji



- ❖ $\tau =$ czas propagacji.
- ❖ Chcemy, żeby czas wysłania ramki $\geq 2\tau$.

Wtedy jeśli ramka nie dotrze do odbiorcy, to dowiemy się o tym (poprzez kolizję) jeszcze **w trakcie jej nadawania**.

Interpretacja kolizji



❖ $\tau =$ czas propagacji.

❖ Chcemy, żeby czas wysłania ramki $\geq 2\tau$.

Jak to zapewnić?

Wtedy jeśli ramka nie dotrze do odbiorcy, to dowiemy się o tym (poprzez kolizję) jeszcze w trakcie jej nadawania.

Interpretacja kolizji: Ethernet

- ❖ Jak zapewnić, że czas wysłania ramki $\geq 2 \cdot$ czas propagacji?
- ❖ Ethernet definiuje:
 - ♦ max. odległość w sieci oraz min. długość ramki,
 - ♦ np. w wariancie 100 Mbit: 100 m i 64 bajty.
 - ♦ Dlatego długość danych ≥ 46 bajtów.

Usprawnienia

- ❖ Przed rozpoczęciem nadawania sprawdzamy, czy kanał jest wolny.
- ❖ **Ethernet:** CSMA / CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*).
 - ◆ Jeśli zauważymy kolizję, przerywamy nadawanie ramki.
- ❖ **Wi-Fi:** CSMA / CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*).
 - ◆ Brak wykrywania kolizji, ramki zawsze nadawane do końca.
 - ◆ Losowe odczekiwanie również przed pierwszą próbą transmisji ramki.

Przejmowanie łącza

- ❖ Algorytm odczekiwania wykładniczego (przypomnienie)
 - ♦ Początkowo $m = 1$, następnie:
 - ♦ wylosuj k ze zbioru $\{ 0, \dots, 2^m - 1 \}$, odczekaj k rund i spróbuj wysłać ramkę;
 - ♦ po nieudanym wysłaniu: $m \leftarrow m + 1$.
- ❖ Problem: m jest związane z ramką. Jak A może przejąć łącze?
 - ♦ Komputery A i B nadają i powodują kolizje. Oba zwiększają m .
 - ♦ Komputerowi A udaje się nadać.
 - ♦ Kolejna ramka A ma $m = 1$, podczas gdy B nadal usiłuje nadać tę samą ramkę z $m > 1$ (mniejsza szansa powodzenia).

Wi-Fi

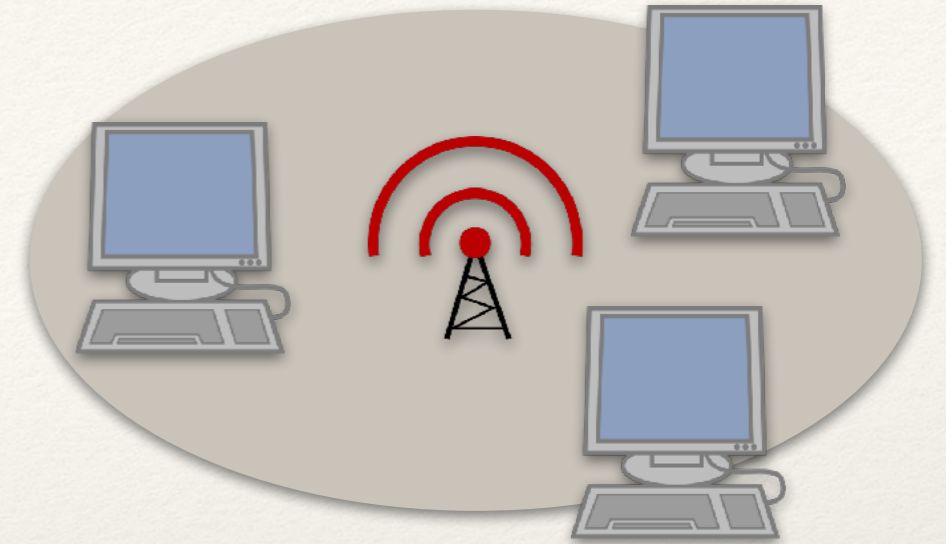
Wi-Fi = 802.11

- ❖ Wi-Fi to nazwa własna standardu IEEE 802.11.
- ❖ Istnieją też inne popularne sieci bezprzewodowe:
 - ◆ komórkowe 2G/3G/4G/5G (wykorzystują IP od 3G);
 - ◆ Bluetooth (zazwyczaj nie wykorzystuje IP);
 - ◆ Zigbee (standard dla IoT, j.w.);
 - ◆ Thread (standard dla IoT, wykorzystuje IPv6).

Sieci Wi-Fi z punktem dostępowym

Punkt dostępowy (*access point*, AP).

- ❖ Każdy musi być w zasięgu AP.
- ❖ AP jest połączony zazwyczaj kablem lub zintegrowany z routerem.
- ❖ AP rozsyła ramki identyfikacyjne (*beacon frames*) zawierające m.in. nazwę sieci SSID.
- ❖ Przed transmisją trzeba się związać z wybranym AP, opcjonalne uwierzytelnianie.



AP vs przełącznik

- ❖ Przełącznik sieciowy jest przezroczysty dla warstwy łącza danych (nie ma adresu MAC).
- ❖ AP ma swój adres MAC.
- ❖ Ramki Wi-Fi mają:
 - ♦ źródłowym adres MAC (komputer),
 - ♦ docelowy adres MAC (komputer),
 - ♦ adres MAC punktu dostępowego.

AP vs przełącznik

- ❖ Przełącznik sieciowy jest przezroczysty dla warstwy łącza danych (nie ma adresu MAC).
- ❖ AP ma swój adres MAC.
- ❖ Ramki Wi-Fi mają:
 - ♦ źródłowym adres MAC (komputer),
 - ♦ docelowy adres MAC (komputer),
 - ♦ adres MAC punktu dostępowego.

Ma, ale tylko na użytek protokołu STP.

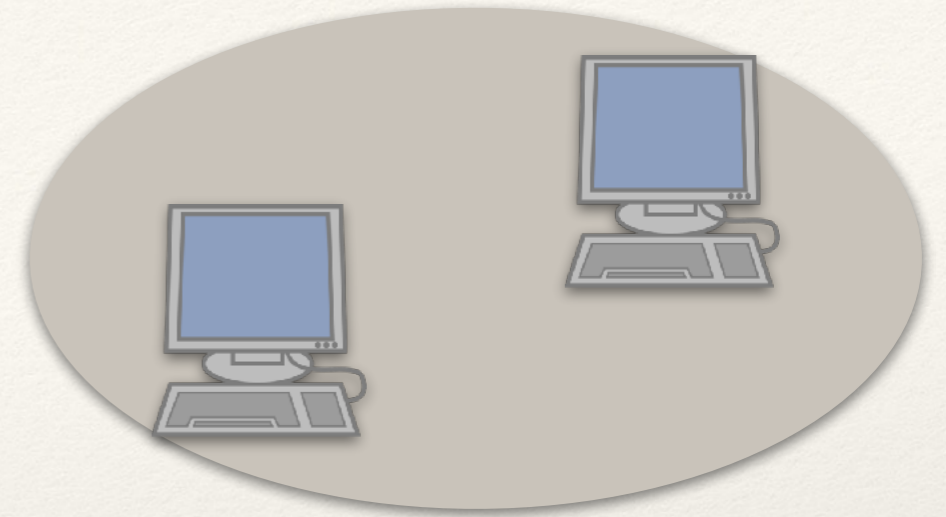
AP vs przełącznik

- ❖ Przełącznik sieciowy jest przezroczysty dla warstwy łącza danych (nie ma adresu MAC).
- ❖ AP ma swój adres MAC.
- ❖ Ramki Wi-Fi mają:
 - ♦ źródłowy adres MAC (komputer),
 - ♦ docelowy adres MAC (komputer),
 - ♦ adres MAC punktu dostępowego.

Ma, ale tylko na użytek protokołu STP.

Konieczne np. jeśli nadawca jest w zasięgu wielu AP.

Sieci ad-hoc

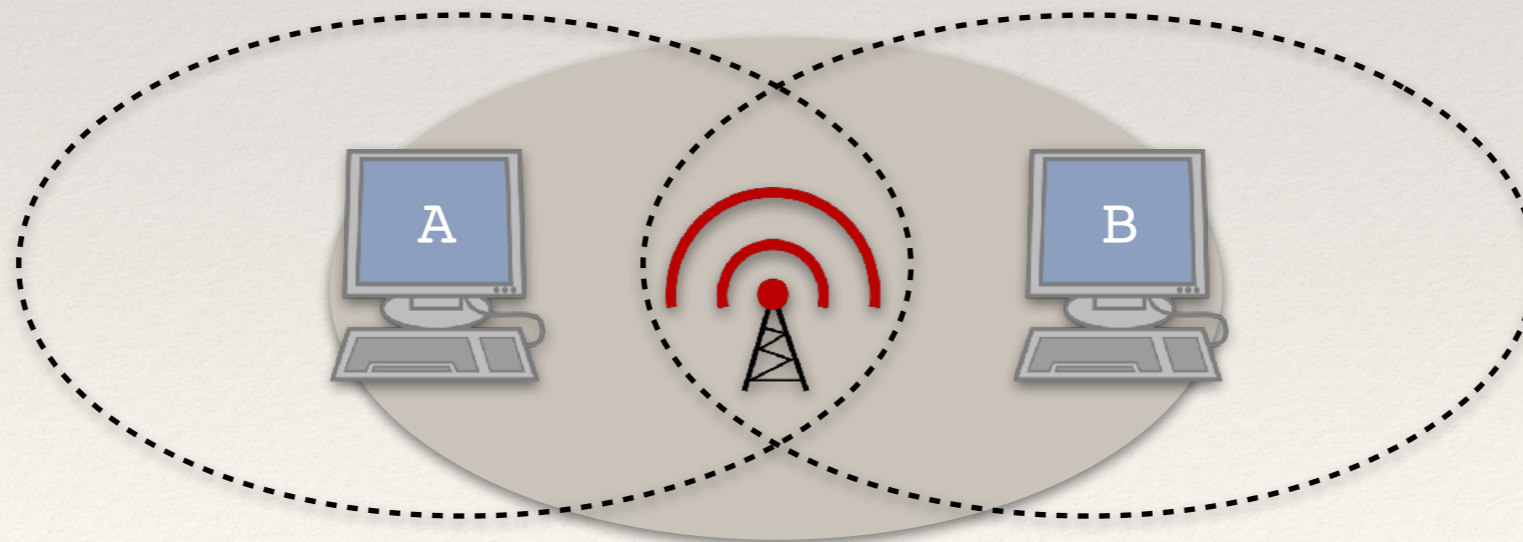


- ❖ Sieci Wi-Fi bez punktu dostępowego.
- ❖ Brak routingu = zakładamy, że każde urządzenie jest w zakresie nadawania każdego innego.

Problem ukrytej stacji

Strategia „nadawaj jeśli nikt nie nadaje” nie zawsze działa

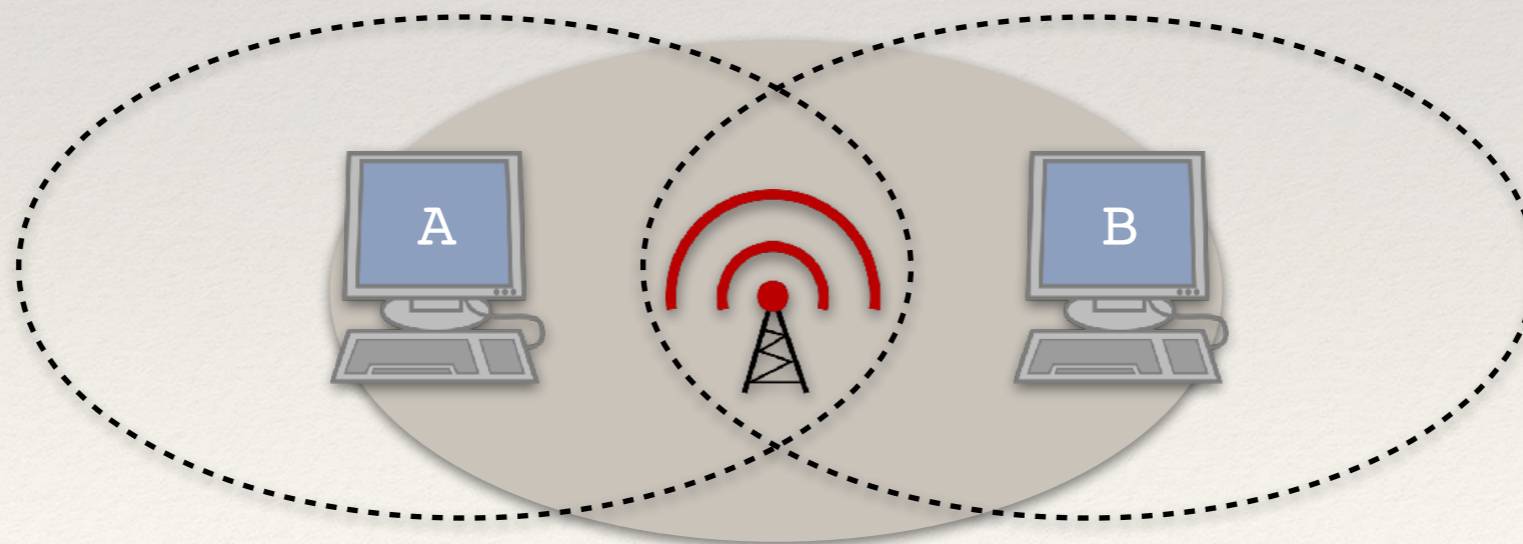
- ❖ *A* nadaje do do AP.
- ❖ *B* chce nadać do AP.
 - ◆ *B* sprawdza stan kanału.
 - ◆ *B* nie słyszy żadnej transmisji, więc nadaje.
- ❖ Sygnał od *A* i *B* interferuje przy AP.



Problem ukrytej stacji: RTS+CTS

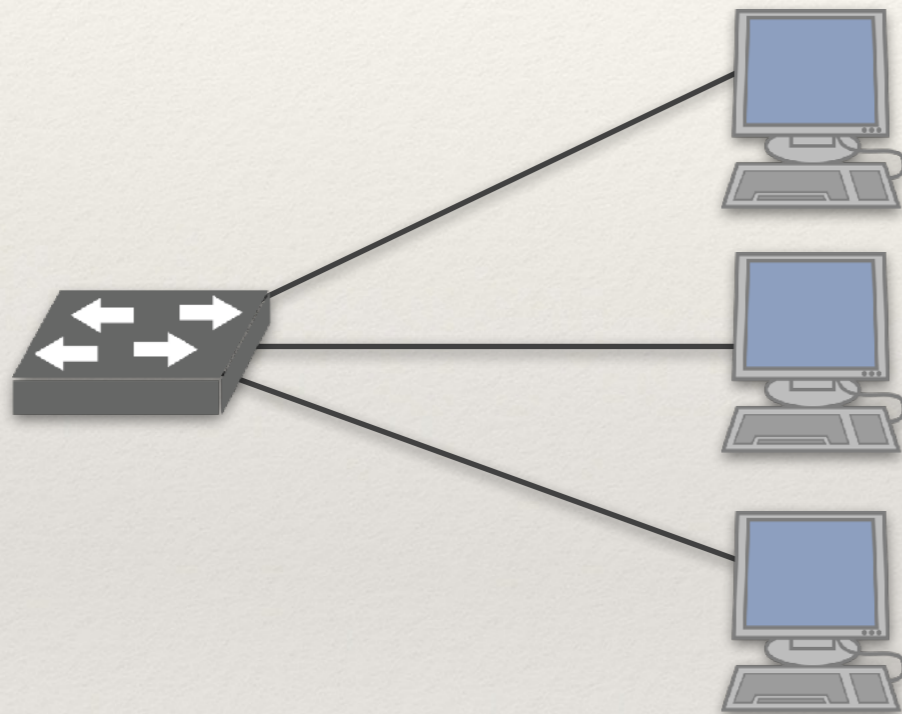
Rozwiązanie wbudowane w CSMA/CA.

- ❖ Zanim *A* nada ramkę do AP, wysyła komunikat RTS (*Request To Send*).
- ❖ AP odsyła CTS (*Clear To Send*),
 - ♦ *B* również słyszy CTS.
 - ♦ *B* będzie milczeć przez czas potrzebny *A* na wysłanie ramki.
- ❖ *A* wysyła ramkę do AP. AP ją potwierdza.



Ethernet + Wi-Fi

Most = przełącznik

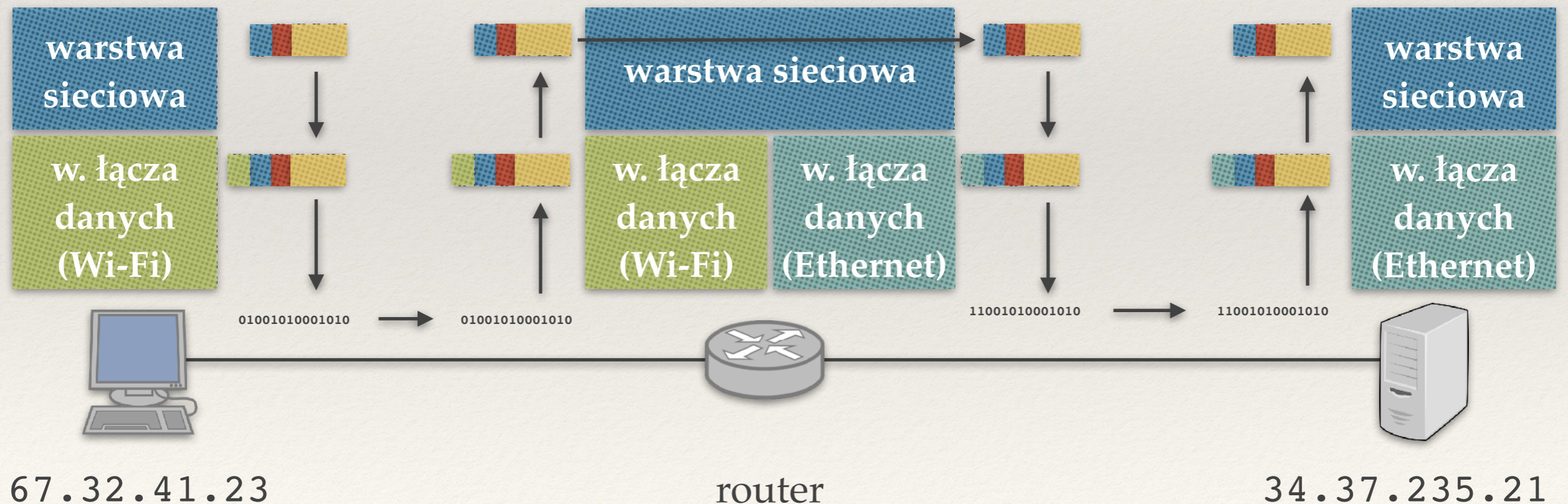


Czasem przełącznik nazywamy mostem (*bridge*).

Zwłaszcza jeśli ma dwa porty łączące dwie sieci różnych technologii (np. Ethernet i Wi-Fi).

Łączenie sieci różnych technologii: router

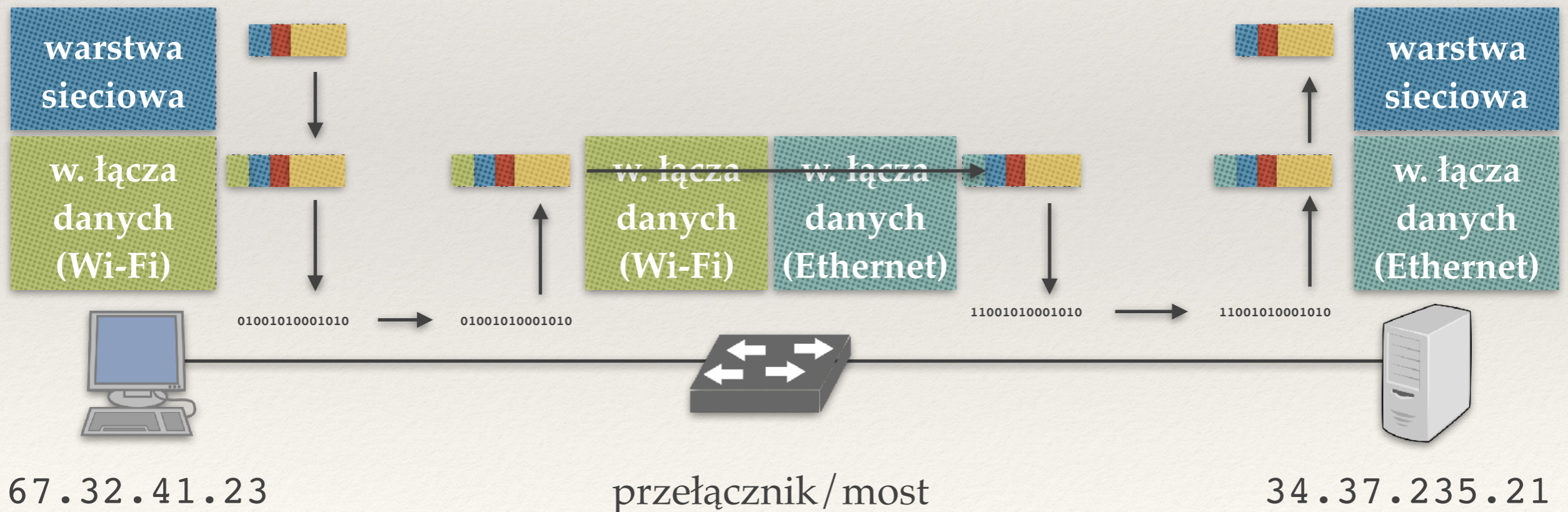
Opcja 1: łączenie za pomocą routera (już poznaliśmy)



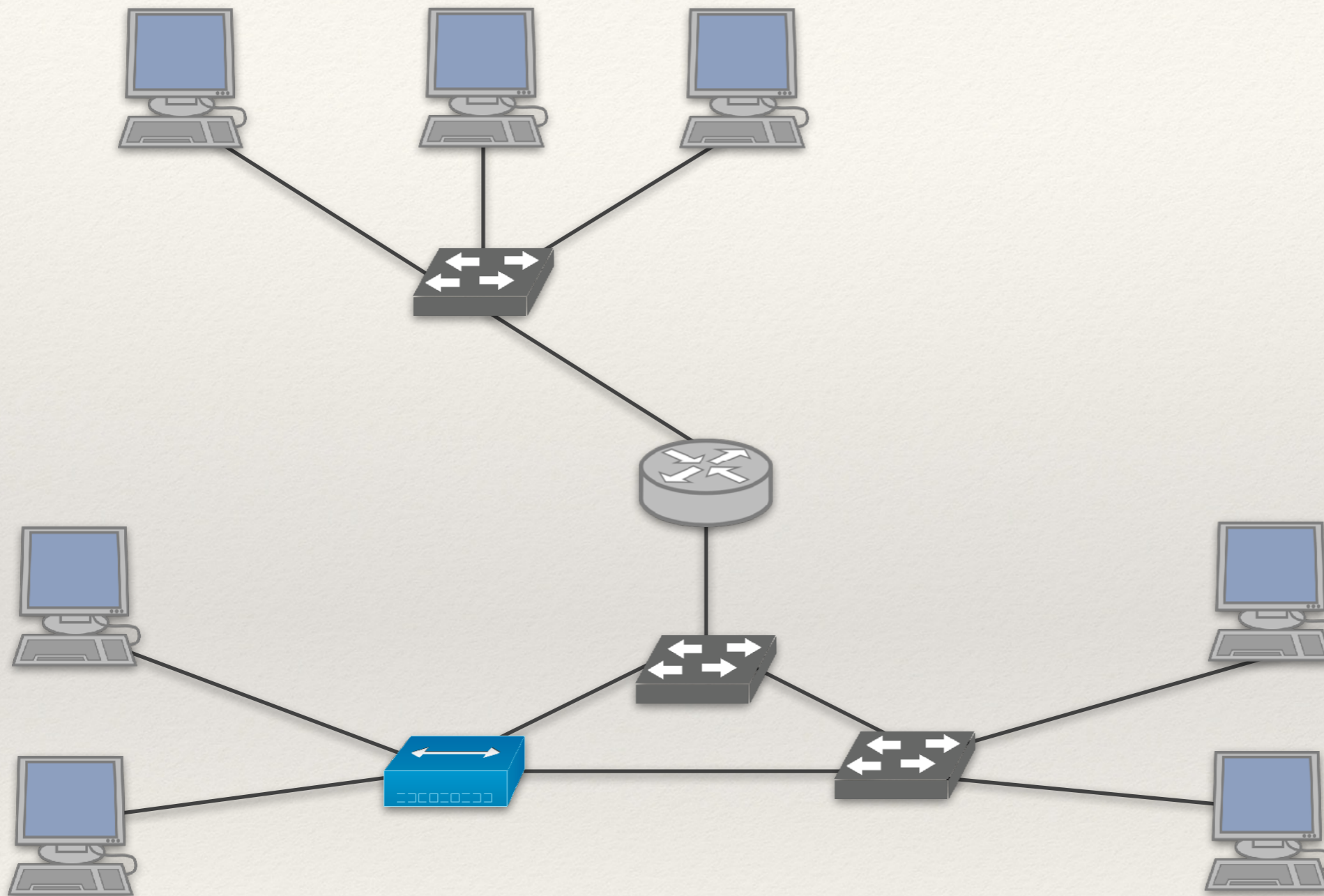
Łączenie sieci różnych technologii: most

Opcja 2: łączenie za pomocą mostu

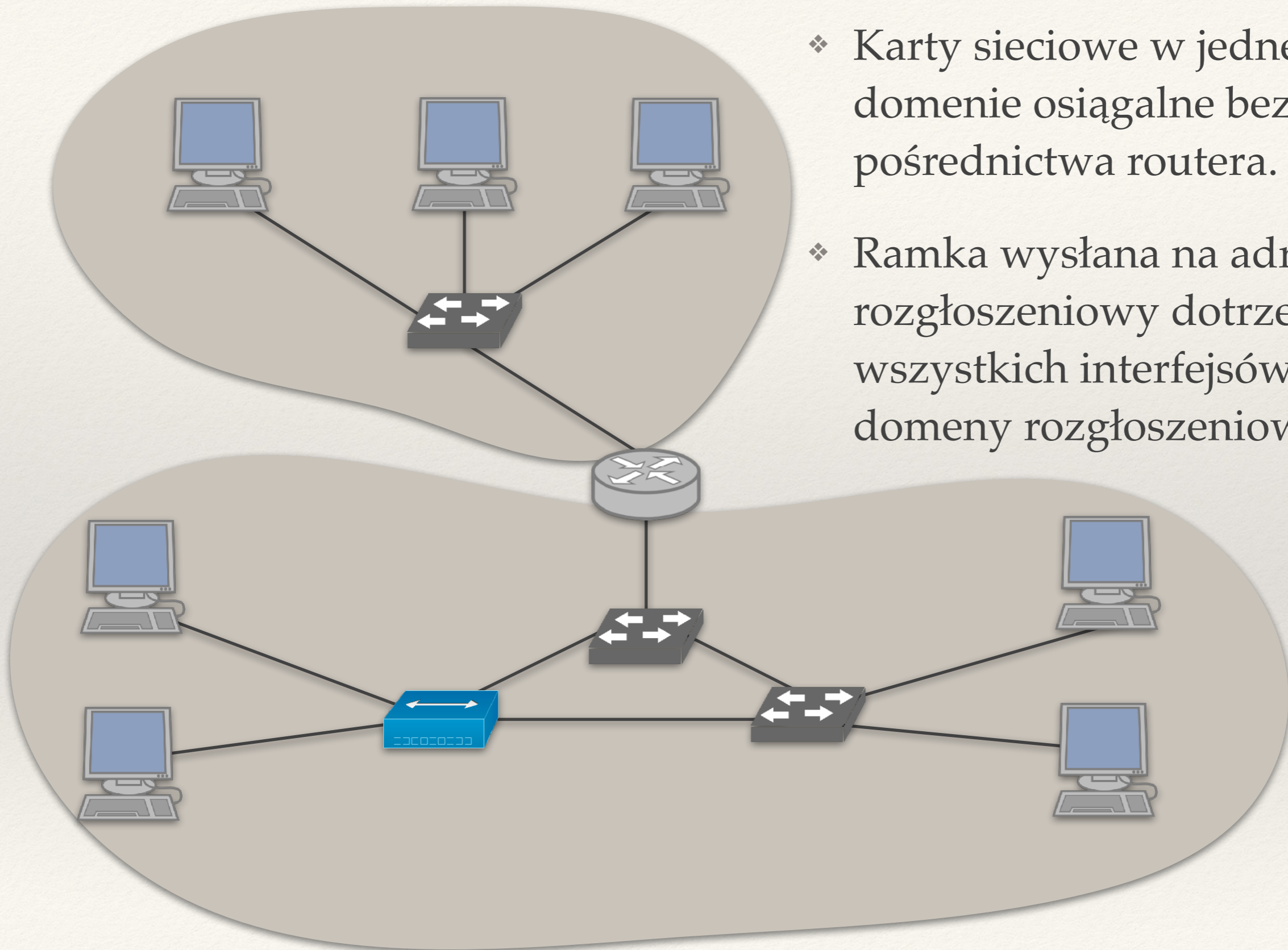
- ❖ Szybsze: nie ma tablicy routingu, tylko podmiana nagłówka + przeliczenie sumy kontrolnej.
- ❖ Ale: nie rozumie IP, fragmentacja IP niemożliwa, nie poradzi sobie, jeśli pakiet jest za duży w stosunku do docelowego MTU.



Domena rozgłoszeniowa

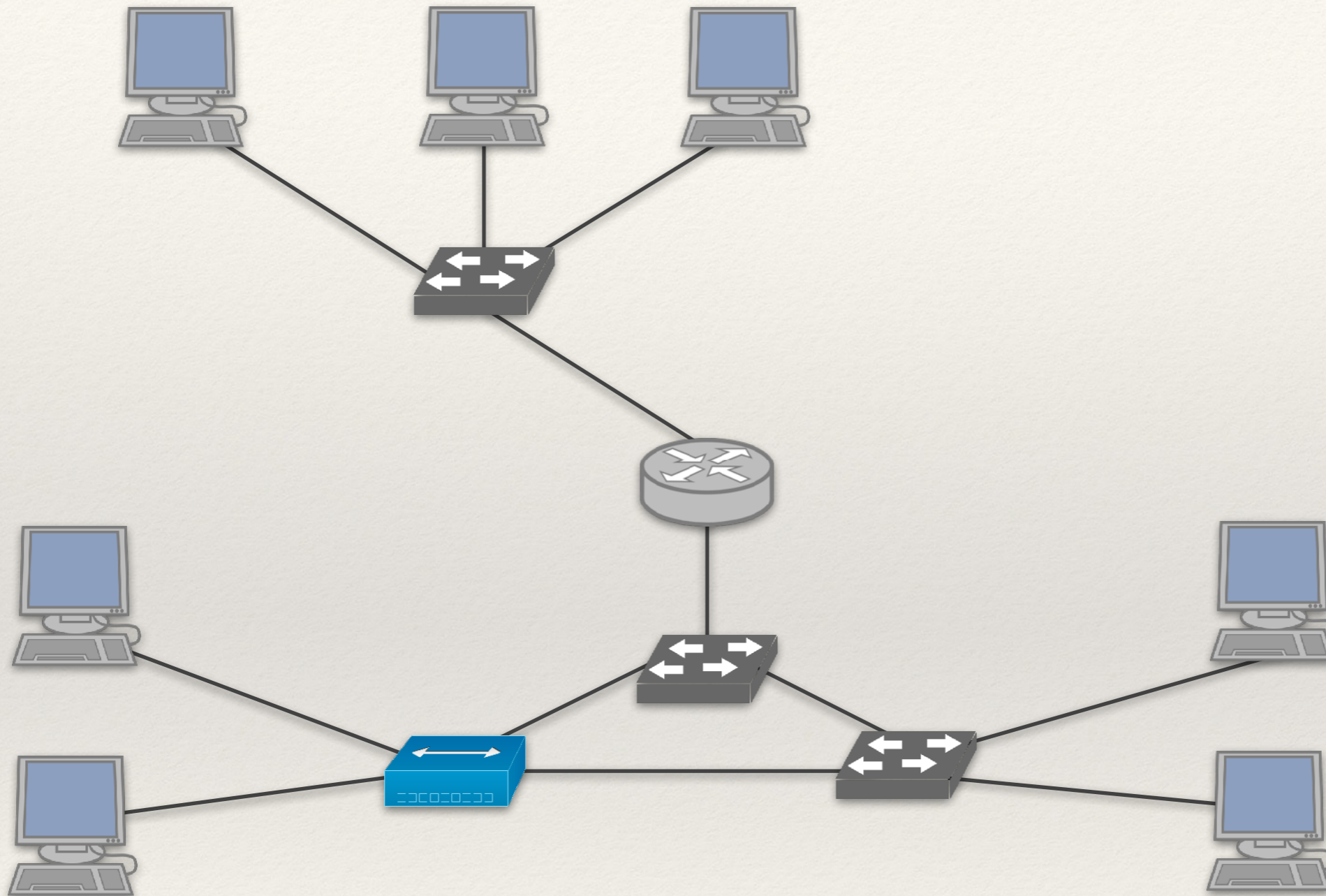


Domena rozgłoszeniowa

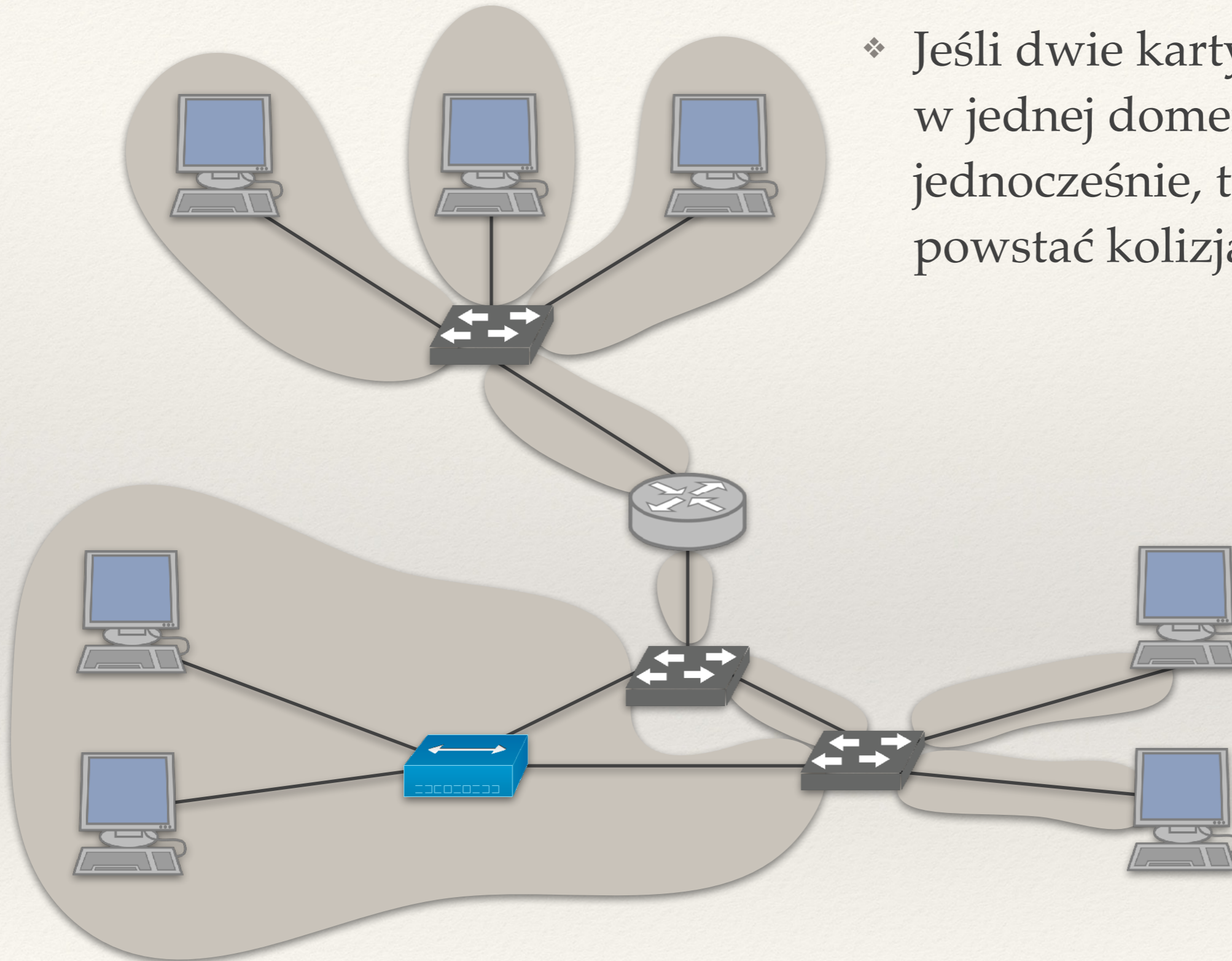


- ❖ Karty sieciowe w jednej domenie osiągalne bez pośrednictwa routera.
- ❖ Ramka wysłana na adres rozgłoszeniowy dotrze do wszystkich interfejsów z danej domeny rozgłoszeniowej.

Domena kolizyjna



Domena kolizyjna

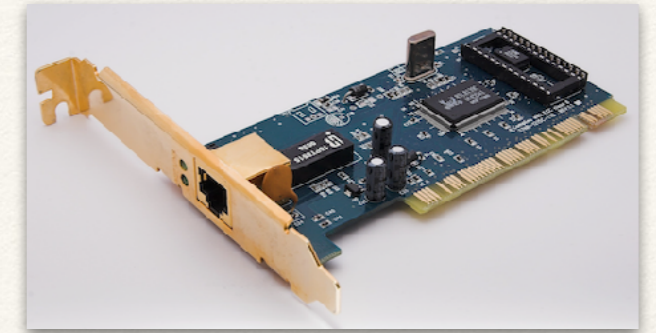


- ❖ Jeśli dwie karty sieciowe w jednej domenie nadają jednocześnie, to może powstać kolizja.

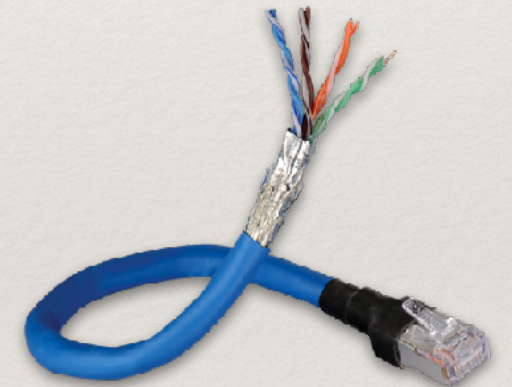
Warstwa fizyczna

Warianty Ethernetu

- ❖ Karta pracuje z określoną częstotliwością nadawania
→ szybkość transmisji (w bit/s).



- ❖ Najczęstsze warianty:
 - ♦ 100 Mbit/s (Fast Ethernet);
 - ♦ **1 Gbit/s (Gigabit Ethernet);**
 - ♦ **2,5 Gbit/s;**
 - ♦ 10 Gbit/sek.

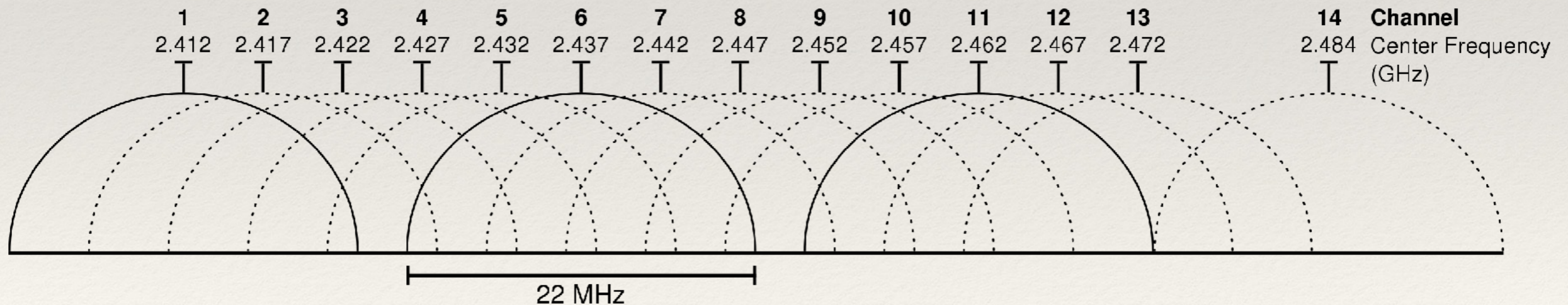


- ❖ Zazwyczaj wykorzystuje **skrętkę niekranowaną (8 żył)**, rzadziej światłowód.
- ❖ Do wyższych prędkości potrzebny kabel konkretnej kategorii:
kat. 5e (lub lepszy) do 2,5 Gbit/s, kat. 6 (lub lepszy) do 10 GBit.

Sieci bezprzewodowe

Wykorzystują fale radiowe o określonej częstotliwości.

- ❖ Nadawca i odbiorca muszą korzystać z tej samej częstotliwości.
- ❖ Trzy pasma (zakresy częstotliwości): 2,4 Ghz, 5 Ghz, 6 Ghz.
- ❖ Dostępne do nadawania bez licencji.
- ❖ Przykładowo w paśmie 2,4 Ghz wyróżniono 14 częstotliwości (tzw. kanałów).
- ❖ Urządzenia nadające w kanale X zakłócają transmisje w sąsiednich.



Obrazek ze strony <http://en.wikipedia.org/wiki/802.11>

Warianty Wi-Fi

Gen. ^[15]	IEEE standard	Adopt.	Link rate (Mbit/s)	RF (GHz)		
				2.4	5	6
Wi-Fi 1	802.11	1997	1–2	✓		
Wi-Fi 2	802.11b	1999	1–11	✓		
Wi-Fi 2G	802.11a		6–54		✓	
Wi-Fi 3	802.11g	2003		✓		
Wi-Fi 4	802.11n	2009	6.5–600	✓	✓	
Wi-Fi 5	802.11ac	2013	6.5–6,933	[a]	✓	
Wi-Fi 6	802.11ax	2021	0.4–9,608	✓	✓	
Wi-Fi 6E				✓	✓	✓
Wi-Fi 7	802.11be	2024	0.4–23,059	✓	✓	✓
Wi-Fi 8 ^{[16][17][18]}	802.11bn	TBA		✓	✓	✓

- ❖ Wi-Fi 4 i późniejsze: większe prędkości wymagają wielu anten.
- ❖ Nagłówek ramki przesyłany jest z minimalną prędkością dopuszczoną dla danego standardu

Tabela ze strony <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>

Problemy z warstwą fizyczną

❖ Malejąca siła sygnału.

- ♦ Zwłaszcza w Wi-Fi: sygnał rozchodzi się wielokierunkowo, słabnie lub zanika przy przechodzeniu przez ściany.
- ♦ Zasięg Wi-Fi: ok. 50 m (2,4 Ghz) i ok. 20 m (5 Ghz).

❖ Interferencje / kolizje.

- ♦ Współcześnie głównie w sieciach bezprzewodowych.
- ♦ Interferencje z kartami sieciowymi, kuchenkami mikrofalowymi, Bluetoothem.
- ♦ Propagacja wielościeżkowa: ten sam sygnał wędruje do celu ścieżkami różnej długości i interferuje ze sobą.

Lektura dodatkowa

- ❖ Kurose & Ross: rozdział 6 i 7.
- ❖ Tanenbaum: rozdział 4.
- ❖ Ethernet: <https://web.archive.org/web/20220303174421/http://www.networksorcery.com/enp/protocol/ethernet.htm>
- ❖ Algorytm STP: <https://www.networkacademy.io/ccna/spanning-tree/the-spanning-tree-algorithm>
- ❖ Wi-Fi: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>

Zagadnienia

- ❖ Jakie są zadania warstwy łącza danych a jakie warstwy fizycznej?
- ❖ Opisz budowę ramki Ethernetowej.
- ❖ Co to jest adres MAC?
- ❖ Jak warstwa łącza danych realizuje rozgłaszanie?
- ❖ Do czego służy tryb nasłuchu (*promiscuous mode*)?
- ❖ Na czym polega tryb uczenia się w przełączniku sieciowym?
- ❖ Po co w przełączanym Ethernetie stosuje się algorytm drzewa spinającego?
- ❖ Co to jest sieć VLAN? Po co się ją stosuje?
- ❖ Do czego służą protokoły ARP i DHCP?
- ❖ Na czym polega automatyczna konfiguracja interfejsów sieciowych w przypadku IPv4 i IPv6?
- ❖ Co to są adresy multicastowe?
- ❖ Czym różni się koncentrator od przełącznika sieciowego?
- ❖ Jak działa algorytm rundowy i bezrundowy ALOHA?
- ❖ Jak działa algorytm odczekiwania wykładniczego?
- ❖ Wyjaśnij skróty CSMA/CD i CSMA/CA.
- ❖ Po co w Ethernetie definiuje się minimalną długość ramki?
- ❖ Wyjaśnij zjawisko ukrytej stacji.
- ❖ Na czym polega rezerwowanie łącza za pomocą RTS i CTS?
- ❖ Czym różni się łączenie dwóch sieci za pomocą mostu od łączenia ich za pomocą routera?
- ❖ Co to jest domena rozgłoszeniowa i domena kolizyjna?