

# Sieci Komputerowe

Wykład 4.  
Warstwa sieciowa. Adresacja IP.

# Zadania warstwy sieciowej

- Adresacja logiczna
- Trasowanie (ang. routing)
  - Urządzenia pracujące w warstwie trzeciej nazywają się ruterami.
- Fragmentacja i defragmentacja danych (w razie potrzeby)

# Adres IP

- Adres IPv4 składa się z czterech oktetów
- Dla wygody stosuje się zapis dziesiętny, oktety oddziela się kropkami:
  - 193.0.96.129
  - 10.2.6.1
- Adres IP jest przypisany do interfejsu sieciowego komputera, można to zrobić np. poleceniem:
  - `ifconfig eth1 10.2.6.1 netmask 255.255.255.0`

# Przydzielanie adresów IP

- Alokacją adresów zajmuje się IANA (Internet Assigned Number Authority)
- IANA przydziela adresy dla RIR (Regional Internet Registry)
- Dla Europy RIR to RIPE NCC ([www.ripe.net](http://www.ripe.net))

# Klasy adresów IP

*List of All Possible Valid Network Numbers*

	Class A	Class B	Class C
First Octet Range	1 to 126	128 to 191	192 to 223
Valid Network Numbers	1.0.0.0 to 126.0.0.0	128.1.0.0 to 191.254.0.0	192.0.1.0 to 223.255.254.0
Number of Networks in This Class	$2^7 - 2$	$2^{14} - 2$	$2^{21} - 2$
Number of Hosts Per Network	$2^{24} - 2$	$2^{16} - 2$	$2^8 - 2$
Size of Network Part of Address (bytes)	1	2	3
Size of Host Part of Address (bytes)	3	2	1

- Dodatkowo istnieją klasy D (224.0.0.0 do 239.255.255.255) oraz E (240.0.0.0 do 254.255.255.255)
- Zarezerwowane: 127.0.0.0, 128.0.0.0, 191.255.0.0, 192.0.0.0, 223.255.255.0

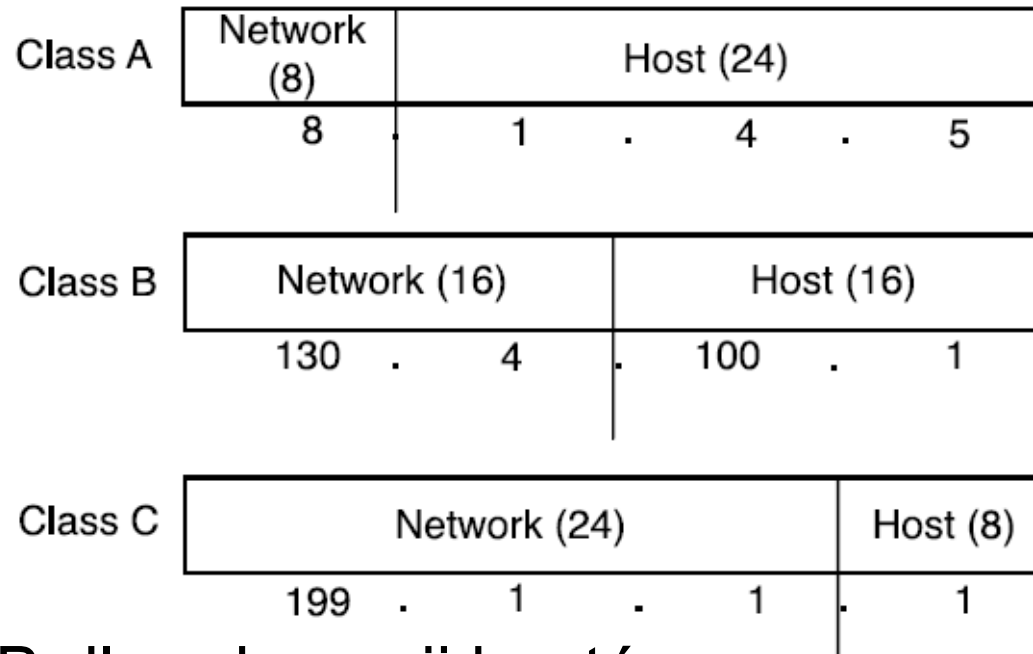
# Klasy prywatne

Class	Range of Addresses
A	10.0.0.0–10.255.255.255
B	172.16.0.0–172.31.255.255
C	192.168.0.0–192.168.255.255

- Ww. adresy są nierutowane w Internecie
- Przeznaczone do wykorzystania np. w sieciach, gdzie stosuje się translację adresów (NAT)

# Formaty adresów

*Class A, B, and C IP Addresses and Their Formats*



- Np. klasa B dla adresacji hostów przeznaczona 16 bitów
- Dla sieci 130.4.0.0:
  - Adres 130.4.0.0 jest adresem sieci, a 130.4.255.255 dla tej sieci to adres rozgłoszeniowy (ang. broadcast).
  - Można zaadresować  $2^{16}-2$  hostów.

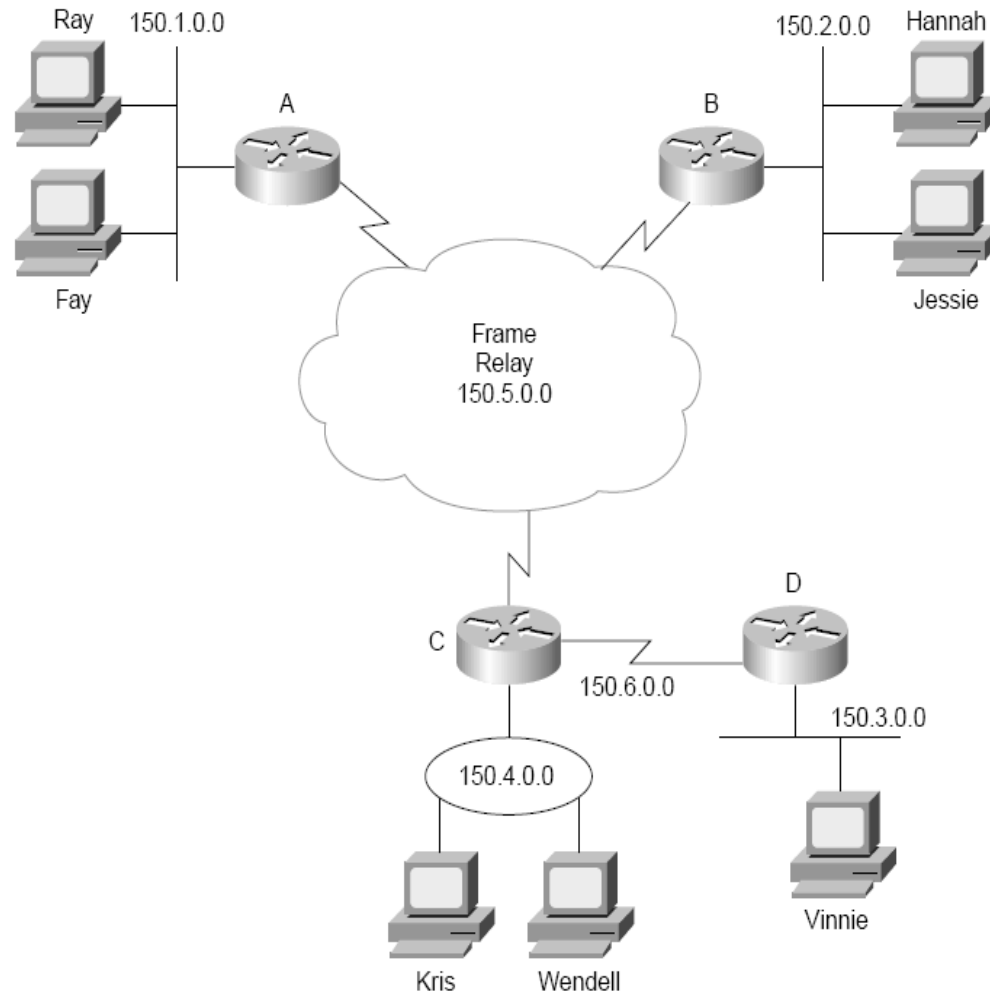
# Komunikacja w ramach tej samej sieci

- Komunikacja w ramach tej samej sieci (między adresami IP należącymi do tej samej sieci, np. 128.1.2.3 i 128.1.4.5) odbywa się bezpośrednio
- Komunikacji między hostami o adresach należących do innych sieci (np. 128.1.2.3 i 128.2.1.2) następuje za pośrednictwem routera



# Sieć IP

Figure 12-2 Network Topology Using Six IP Networks



- Przykład adresacji

# Maska podsieci

- Maska została wprowadzona ze względu na mało efektywny „sztywny” podział adresów na klasy
- Służy do określenia dla danego adresu IP adresu podsieci (umożliwia elastyczny podział adresacji na podsieci)
- Maski odpowiadające klasom adresów
  - Klasa A – maska 255.0.0.0
  - Klasa B – maska 255.255.0.0
  - Klasa C – maska 255.255.255.0

# Wyznaczanie adresu podsieci

## Iloczyn logiczny

0	AND	0	0
0	AND	1	0
1	AND	0	0
1	AND	1	1

## *Bitwise Boolean AND Example*

	Decimal	Binary
Address	150.150.2.1	1001 0110 1001 0110 0000 0010 0000 0001
Mask	255.255.255.0	1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
Result of AND	150.150.2.0	1001 0110 1001 0110 0000 0010 0000 0000

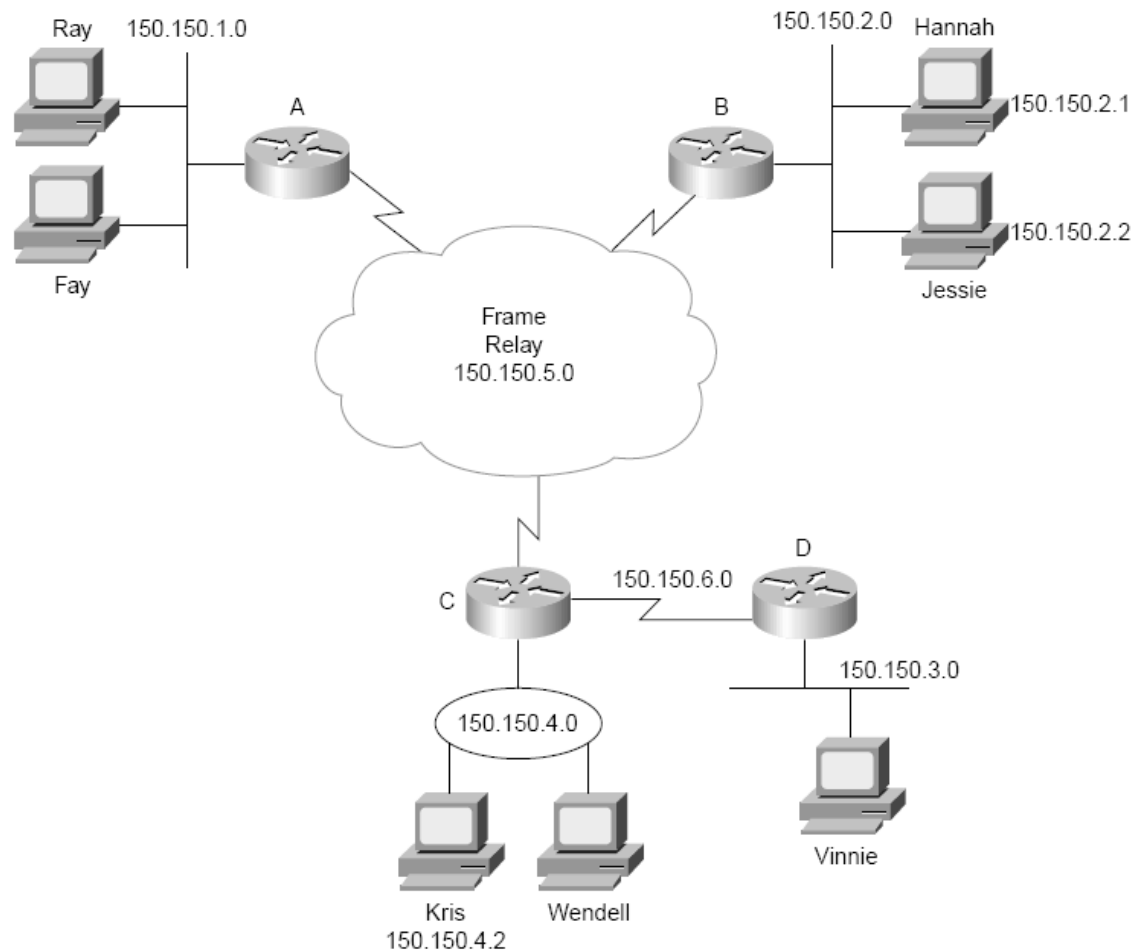
- Wynikiem iloczynu jest adres podsieci

# Przykład maskowania

- Zastosowanie maski 255.255.255.0 dla adresu klasy B:
  - NNNNNNNN.NNNNNNNN.SSSSSSSSS.HHHHHHHH
  - N – network, S – subnet, H - host
- Spowodowało to powstanie  $2^8$  podsieci
- Np. dla sieci 150.150.0.0 i maski 255.255.255.0, powstaną następujące podsieci:
  - 150.150.0.0, 150.150.1.0, 150.150.2.0 itd. aż do 150.150.255.0
  - w każdej z powyższych podsieci można zaadresować  $2^8-2$  hostów

# Sieć IP - adresowanie z użyciem maski

Figure 12-3 Same Network Topology, Using One IP Network, with Six Subnets



- Można uzyskać bardziej efektywne wykorzystanie adresów

# Zapis maski w postaci prefiksowej

- 150.150.2.1/24 odpowiada zapisowi  
150.150.2.1 255.255.255.0
- 255.255.255.0 binarnie: 11111111 11111111  
11111111 00000000
- /24 (czyt. slash 24) – ilość cyfr 1 w masce, dla maski np. 255.255.255.0 wynosi 24

# Adres rozgłoszeniowy

**Table 4-16** *Calculating the Broadcast Address: Address 130.4.102.1, Mask 255.255.255.0*

Address	130.4.102.1	1000 0010 0000 0100 0110 0110 0000 0001
Mask	255.255.255.0	1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
AND Result	130.4.102.0	1000 0010 0000 0100 0110 0110 0000 0000
Broadcast	130.4.102.255	1000 0010 0000 0100 0110 0110 1111 1111

**Table 4-17** *Calculating the Broadcast Address: Address 199.1.1.100, Mask 255.255.255.0*

Address	199.1.1.100	1100 0111 0000 0001 0000 0001 0110 0100
Mask	255.255.255.0	1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
AND Result	199.1.1.0	1100 0111 0000 0001 0000 0001 0000 0000
Broadcast	199.1.1.255	1100 0111 0000 0001 0000 0001 1111 1111

- Adres rozgłoszeniowy (ang. broadcast) służy do wykonywania transmisji do wszystkich hostów w danej podsieci
- Aby określić adres broadcast należy zamienić bity określające adresy hostów na

# Trudniejsze maski

*Decimal and Binary Values in a Single Octet of a Valid Subnet Mask*

Decimal	Binary
0	0000 0000
128	1000 0000
192	1100 0000
224	1110 0000
240	1111 0000
248	1111 1000
252	1111 1100
254	1111 1110
255	1111 1111

- Nie składają się z oktetów będących samymi jedynekami oraz zerami
- Maska ma np. postać: 255.255.255.192



# Przykład maskowania

- Zastosujemy maskę 255.255.255.192 (/26) dla adresu klasy C:
  - NNNNNNNN.NNNNNNNN.NNNNNNNN.SSHHHHHH
  - Uzyskaliśmy  $2^2$  podsieci
  - Np. dla 193.0.96.0/26 uzyskamy podsieci:  
193.0.96.0, 193.0.96.64, 193.0.96.128, 193.0.96.192
  - W każdej podsieci można zaadresować  $2^6 - 2$  hostów

# Adres rozgłoszeniowy dla maski /22

**Table 12-18** *Calculating Broadcast Address, Address 130.4.102.1, Mask 255.255.252.0*

Address	130.4.102.1	1000 0010 0000 0100 0110 0110 0000 0001
Mask	255.255.252.0	1111 1111 1111 1111 1111 1100 0000 0000
AND result	130.4.100.0	1000 0010 0000 0100 0110 0100 0000 0000
Broadcast	130.4.103.255	1000 0010 0000 0100 0110 0111 1111 1111

- Jest to przykład wyznaczania adresu podsieci i adresu rozgłoszeniowego dla „trudniejszej” maski

# Maski - ćwiczenie

**TABLE 3-5**

Binary to decimal conversion for byte values.

Bit Position	8	7	6	5	4	3	2	1
Decimal Value	128	64	32	16	8	4	2	1

- Dla ułatwienia: aby zamienić liczbę 0010 1011 na postać dziesiętną należy zsumować:  
 $32+8+2+1=43$
- Jaki będzie adres podsieci, oraz adres rozgłoszeniowy dla
  - adresu 167.88.99.5/27
  - adresu 167.88.99.70/27
- Ile hostów można zaadresować w każdej z ww. podsieci ?

# Kalkulator podsieci

- Ipcalc dla linuxa ułatwia obliczenia:

```
ipcalc 167.88.99.5/27
```

```
Address: 167.88.99.5      10100111.01011000.01100011.000 00101
```

```
Netmask: 255.255.255.224 = 27 11111111.11111111.11111111.111 00000
```

```
Network: 167.88.99.0/27    10100111.01011000.01100011.000 00000
```

```
HostMin: 167.88.99.1      10100111.01011000.01100011.000 00001
```

```
HostMax: 167.88.99.30     10100111.01011000.01100011.000 11110
```

```
Broadcast:167.88.99.31    10100111.01011000.01100011.000 11111
```

# Routing IP

- Routing (rutowanie, trasowanie) to decyzja dotycząca skierowania pakietu IP do routera lub komputera podejmowana zazwyczaj w oparciu o docelowy adres IP
- Jądro systemu operacyjnego podejmuje ww. decyzję na podstawie wpisu do tablicy FIB (ang. Forwarding Information Base)
- Można także wpływać na trasy uwzględniając m.in. źródłowy adres IP (tzw. policy routing)
  - W linuxie - pakiet iproute2 (polecenie ip)

# Ruting statyczny

- Ruter podejmuje decyzję o skierowaniu pakietu na podstawie ręcznego (statycznego) wpisu do tablicy routingu
- Dodawanie statyczne wpisu do tablicy routingu:
  - `route add -net 192.168.0.0/24 gw cob.mimuw.edu.pl`
- Wynik polecenia `route`:

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.0.0	cob.mimuw.edu.p	255.255.255.0	UG	0	0	0	eth0
10.1.20.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth1
localnet	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
default	spider1.mimuw.e	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

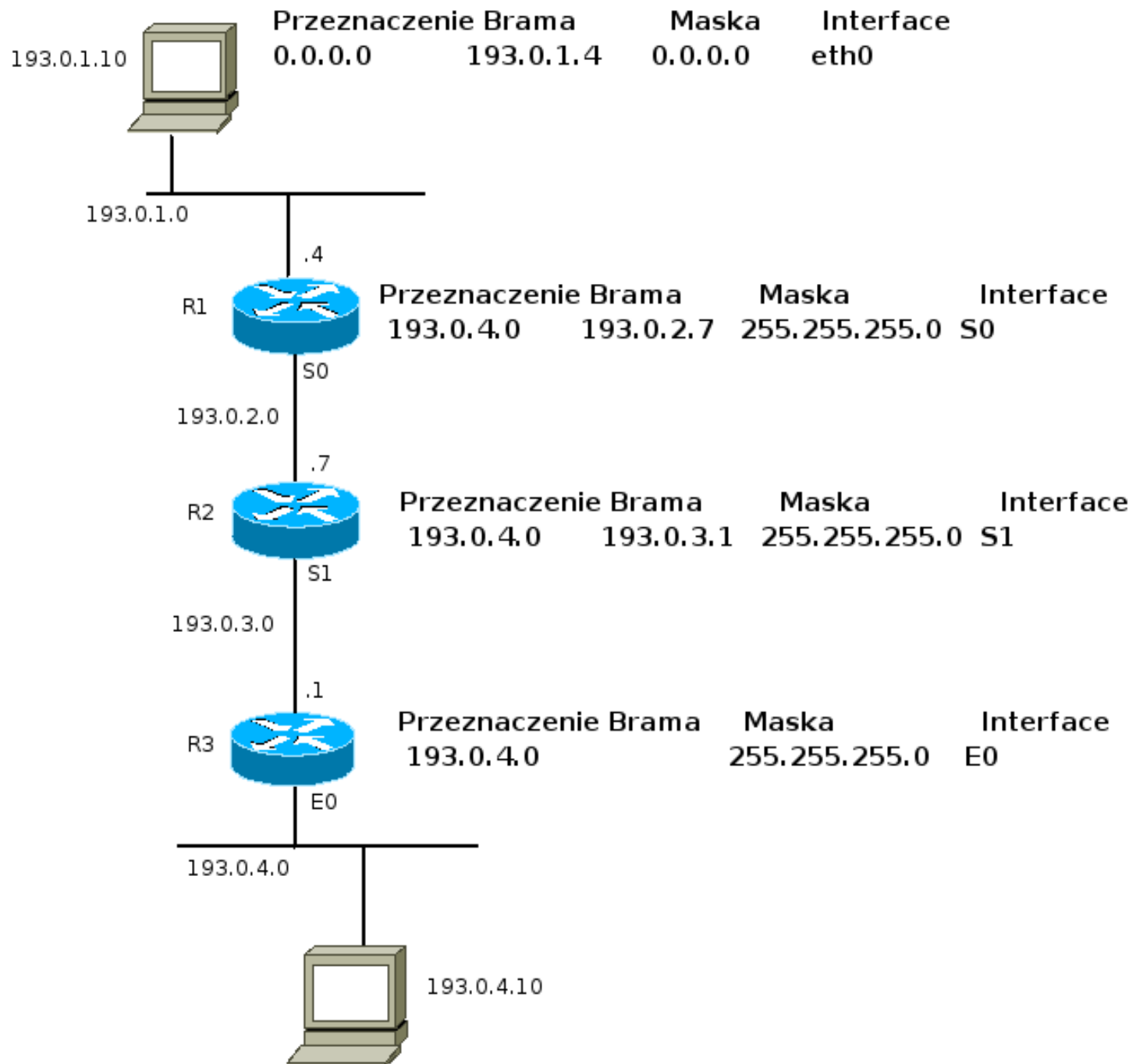
# Adres 0.0.0.0/0

- Wynik polecenia route -n (netstat -rn):

kernel IP routing table

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.0.0	10.1.1.9	255.255.255.0	UG	0	0	0	eth0
10.1.20.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth1
10.1.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
0.0.0.0	10.1.1.31	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

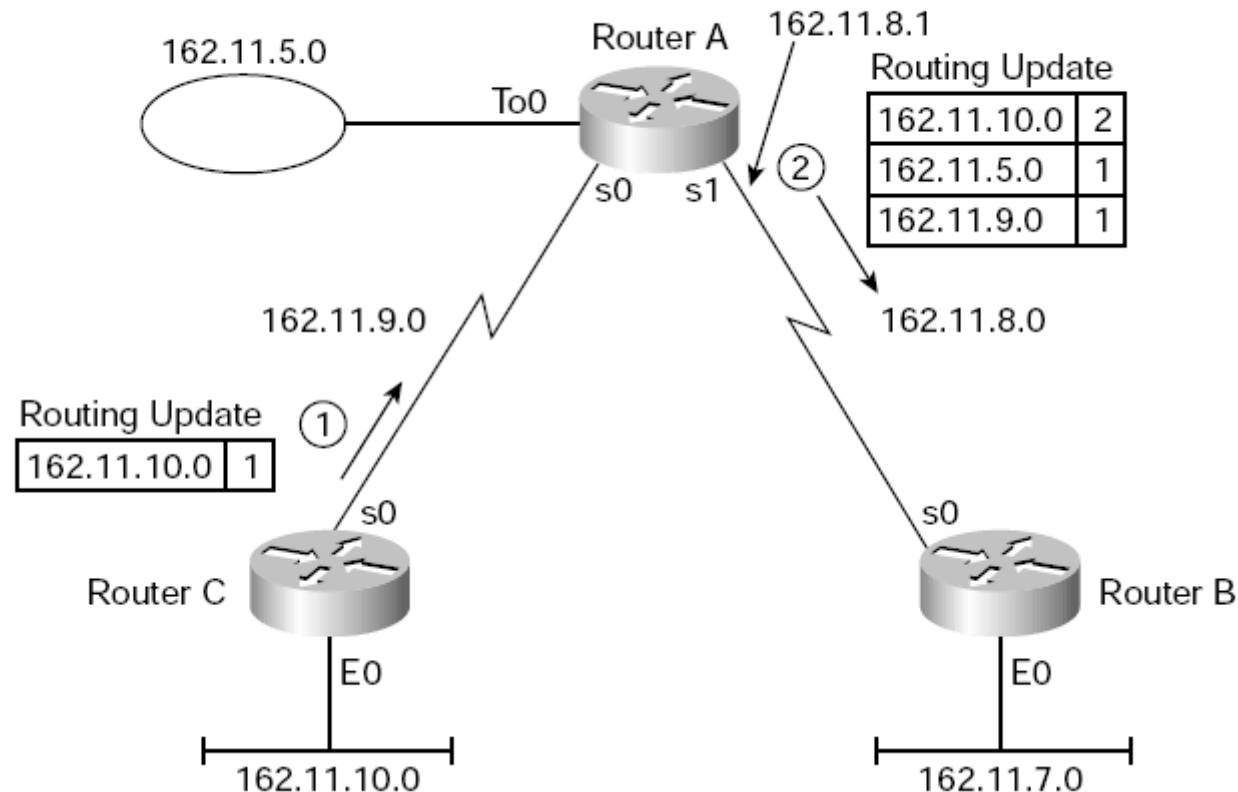
# Routing - przykład





# Routing dynamiczny

*Router A Advertising Routes Learned from Router C*



- Nie trzeba dodawać wpisów ręcznie
- Informacje o dostępnych podsieciach są rozgłaszane (służą do tego odpowiednie protokoły)

# Tablica routingu rutera B

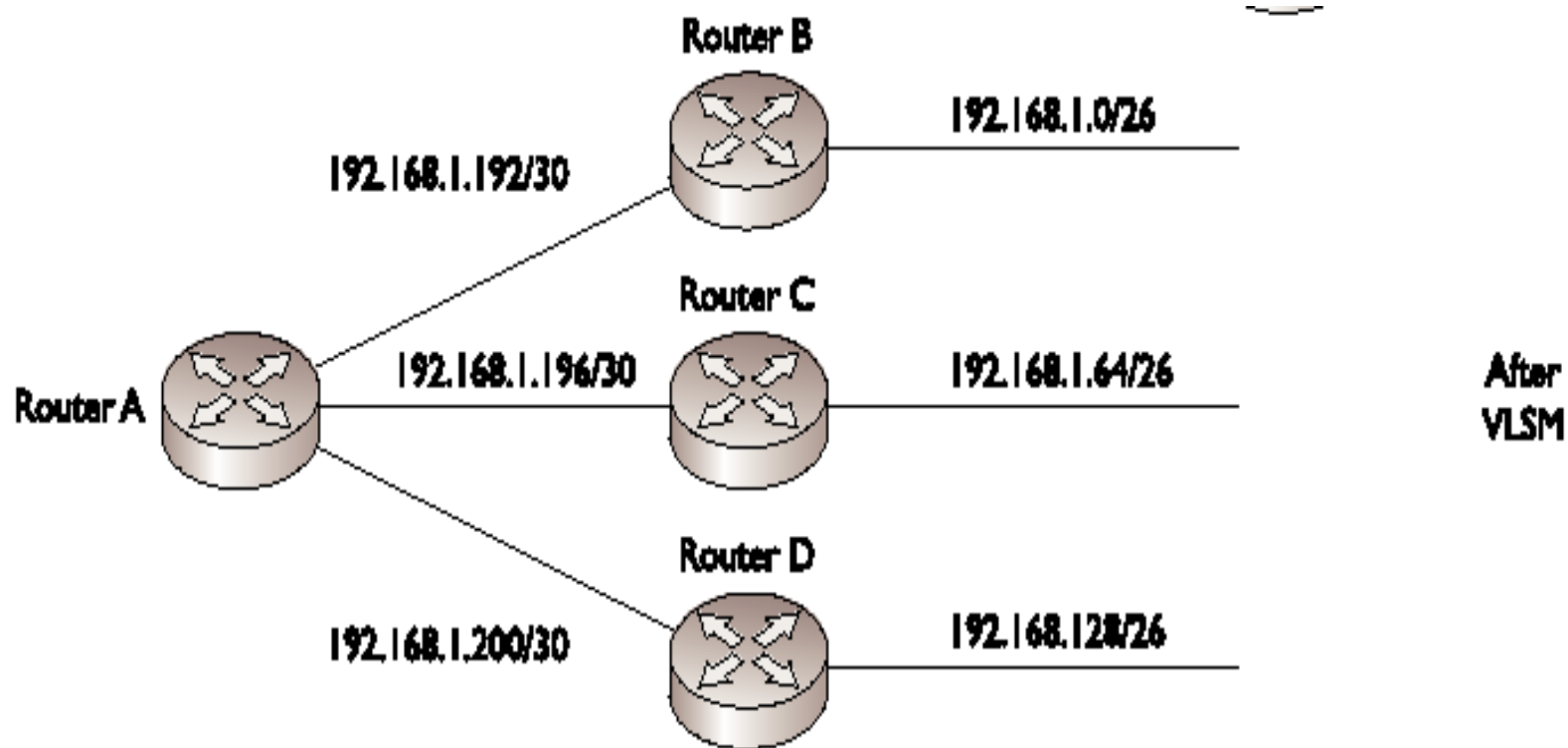
*Router B Routing Table Before Receiving the Update Shown in Figure 5-14*

Group	Outgoing Interface	Next-Hop Router	Metric	Comments
162.11.7.0	E0	—	0	This is a directly connected route.
162.11.8.0	S0	—	0	This is a directly connected route.

*Router B Routing Table After Receiving the Update Shown in Figure 5-14*

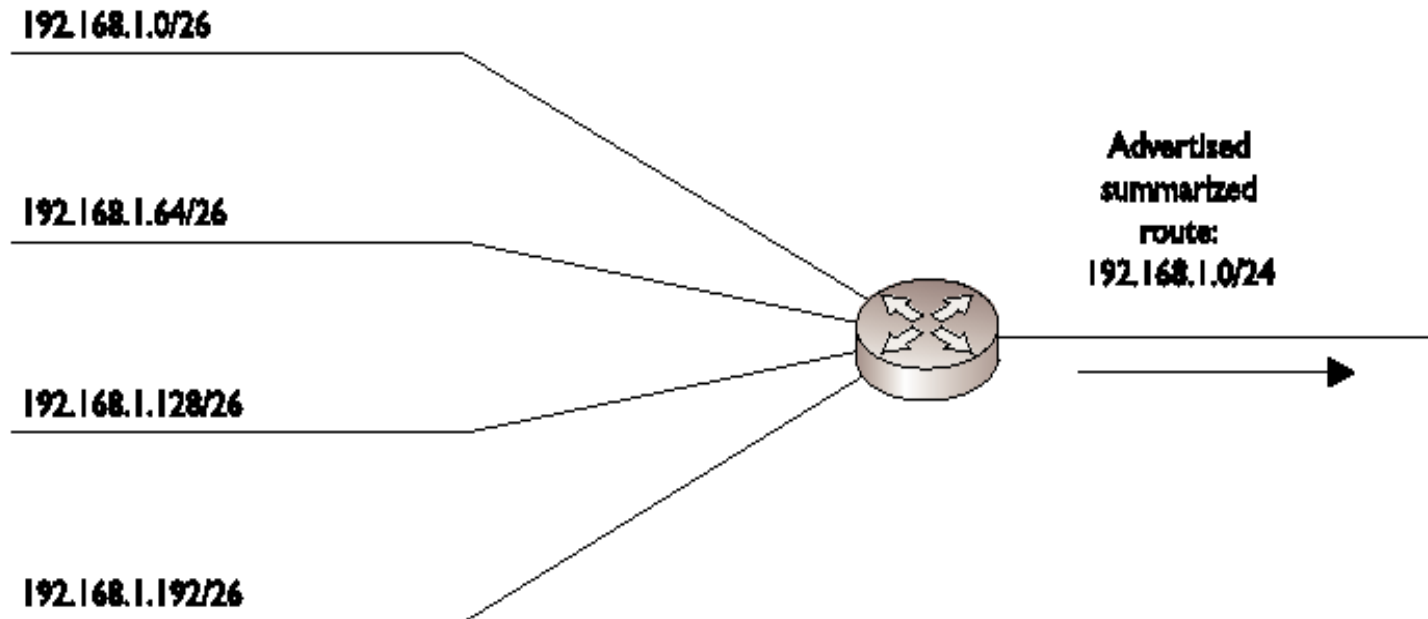
Group	Outgoing Interface	Next-Hop Router	Metric	Comments
162.11.5.0	S0	162.11.8.1	1	Learned from Router A, so next-hop is Router A.
162.11.7.0	E0	—	0	This is a directly connected route.
162.11.8.0	S0	—	0	This is a directly connected route.
162.11.9.0	S0	162.11.8.1	1	Learned from Router A, so next-hop is Router A.
162.11.10.0	S0	162.11.8.1	2	This one was learned from Router A, which learned it from Router C.

# VLSM (Variable Length Subnet Masking)



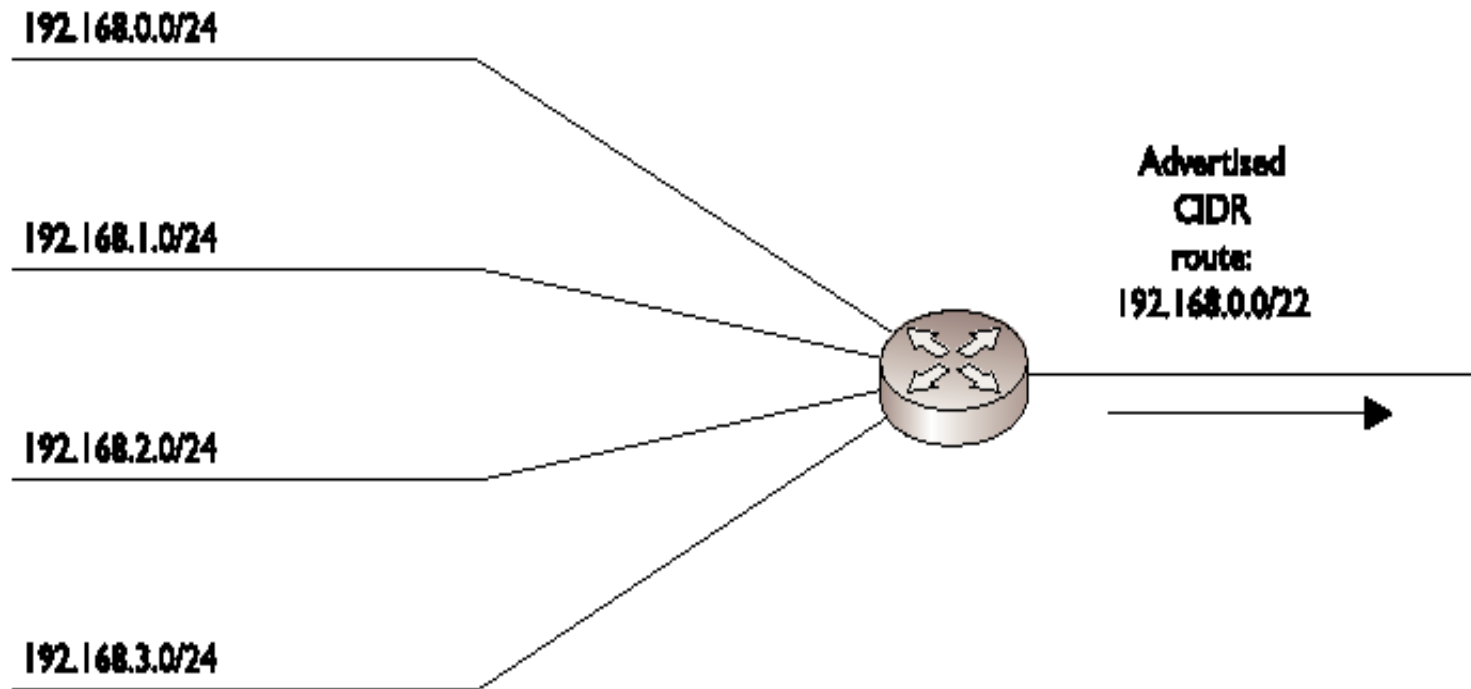
- Można stosować różne maski dla danej klasy adresu
- Umożliwia lepsze wykorzystanie adresów

# Sumaryzacja rozgłaszanych podsieci



- Można rozgłaszać wiele podsieci rozgłaszając tylko jedną sieć „klasową”

# CIDR (Classless Interdomain Routing)



- CIDR jest uogólnieniem VLSM, rozgłaszana sieć nie musi uwzględniać klas (maska /22)