

TECHNIKI ROUTINGU W SIECIACH KOMPUTEROWYCH

Tablica routingu

opracowanie na podstawie materiałów Cisco

Marcin Raniszewski

Roman Krzeszewski

Łukasz Sturgulewski

Grzegorz Nowak

Plan wykładu

- ▣ Struktura tablicy routingu
- ▣ Trasy 1. i 2. poziomu
- ▣ Trasy nadrzędne i podrzędne
 - sieci klasowe
 - sieci bezklasowe
- ▣ Proces wyszukiwania trasy
- ▣ Najdłuższe dopasowanie
- ▣ Przykłady
- ▣ Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Struktura tablicy routingu

```
R2#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2  
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP  
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area  
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR  
P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
R    172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:12, Serial0/0/0  
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0  
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0  
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

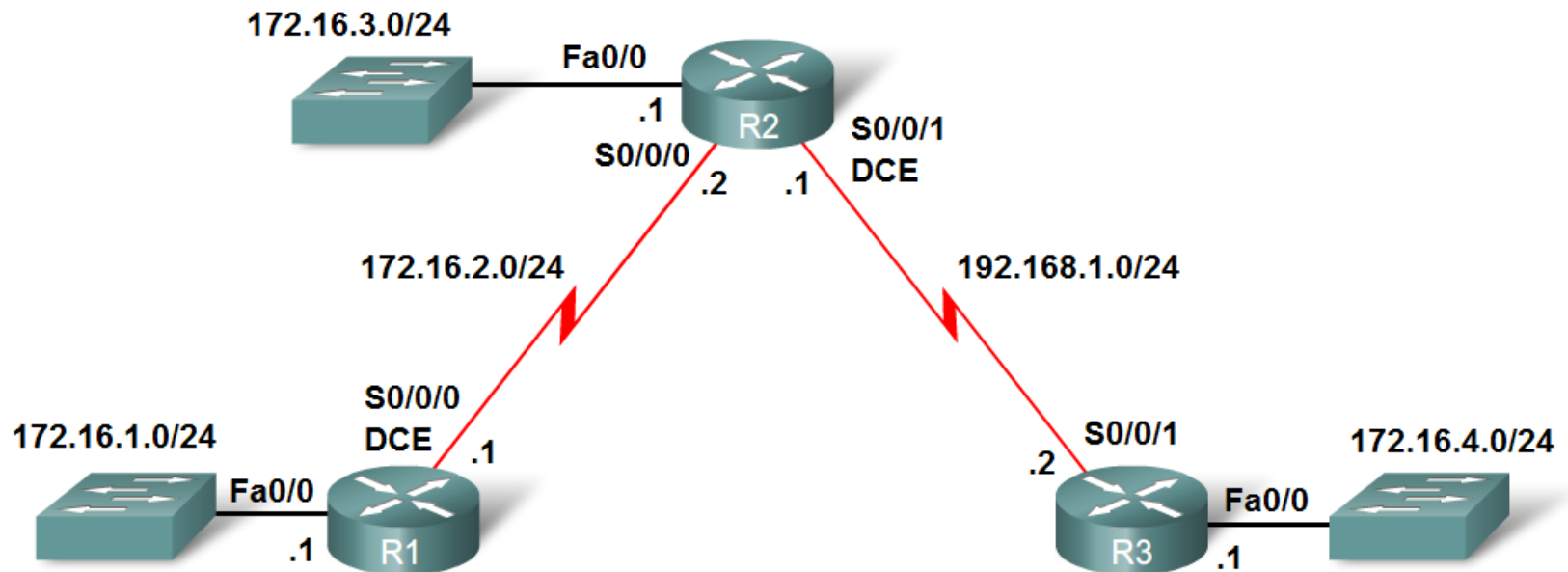


Tablica routingu może zawierać:

- sieci **bezpośrednio połączone**,
- trasy **statyczne**,
- trasy otrzymane z protokołu **routingu dynamicznego** .

Struktura tablicy routingu **oparta** jest na **klasowym wariancie sieci** (choć tablica może zawierać klasowe i bezklasowe wpisy).

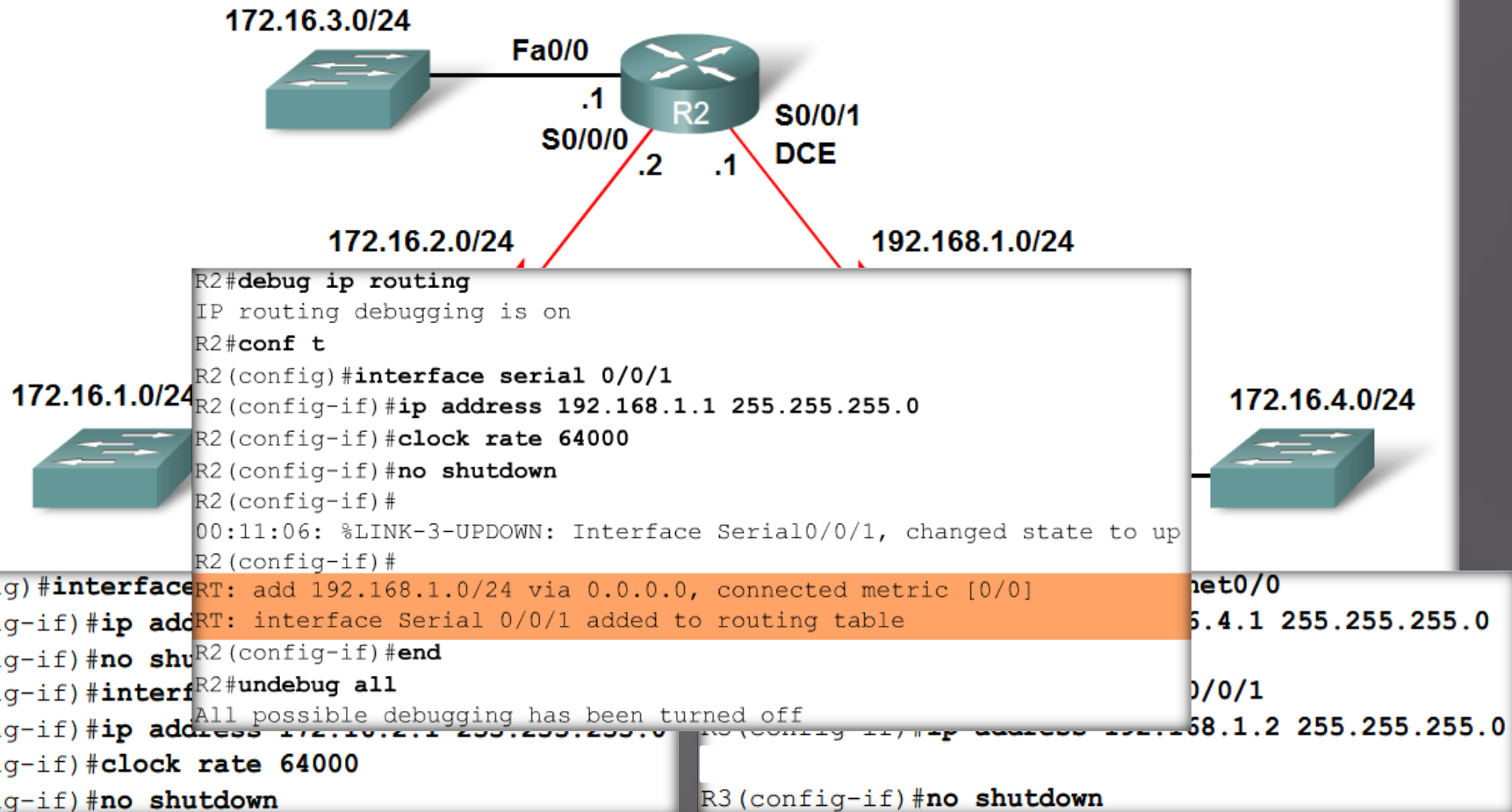
Struktura tablicy routingu



```
R1 (config)#interface FastEthernet0/0
R1 (config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
R1 (config-if)#no shutdown
R1 (config-if)#interface Serial0/0/0
R1 (config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
R1 (config-if)#clock rate 64000
R1 (config-if)#no shutdown
```

```
R3 (config)#interface FastEthernet0/0
R3 (config-if)#ip address 172.16.4.1 255.255.255.0
R3 (config-if)#no shutdown
R3 (config-if)#interface Serial0/0/1
R3 (config-if)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
R3 (config-if)#no shutdown
```

Struktura tablicy routingu



Struktura tablicy routingu

```
R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<text omitted>

Gateway of last resort is not set

  172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
```

Co to za trasa?

Struktura tablicy routingu

Struktura tablicy routingu jest **hierarchiczna**.

Dla uproszczenia przyjmiemy, że jest ona **2-poziomowa**.

Trasy **ostateczne**: to trasy, które zawierają adres IP następnego skoku i interfejs wyjściowy lub interfejs wyjściowy.

Trasy **1. poziomu**:

to trasy z maską podsieci równą lub krótszą od maski klasy adresu sieciowego;

Trasy **2. poziomu**:

to trasy, które są podsieciami klasowego adresu sieciowego (maska podsieci jest dłuższa niż maska klasy adresu sieciowego).

Struktura tablicy routingu

Trasy 1. poziomu (maska podsieci jest równa lub krótsza niż maska klasy adresu sieciowego)

Trasy 1. poziomu że funkcjonować jako:

- Trasa domyślna – trasa statyczna z adresem 0.0.0.0
- Supersieć – adres sieciowy z maską krótszą od maski klasy
- Trasa sieciowa – trasa, która ma maskę podsieci równa masce klasy
- Trasa nadrzędna

Trasa nadrzędna 1. poziomu jest tworzona automatycznie, kiedy do tablicy routingu dodawana jest podsieć.

Trasa nadrzędna to nagłówek, sygnalizujący obecność tras 2. poziomu.

Źródłem trasy 1. poziomu może być sieć połączona bezpośrednio, trasa statyczna albo protokół routingu dynamicznego.

Struktura tablicy routingu

Trasy 2. poziomu (maska podsieci jest większa niż maska klasy adresu sieciowego).

Trasa podrzędna 2. poziomu jest podsiecią klasowego adresu sieciowego.

Źródłem trasy 2. poziomu może być sieć połączona bezpośrednio, trasa statyczna albo protokół routingu dynamicznego.

Jeśli jest tylko jedna trasa podrzędna 2. poziomu i zostanie ona usunięta, trasa nadrzędna 1 poziomu zostaje usunięta automatycznie (istnieje ona tylko wtedy, gdy istnieje przynajmniej jedna trasa podrzędna 2. poziomu).

Trasy nadrzędne i podrzędne – sieci klasowe

```
R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<text omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
```

Trasa nadrzędna 1 poziomu



Trasy nadrzędne i podrzędne – sieci klasowe

```
R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<text omitted>

Gateway of last resort is not set

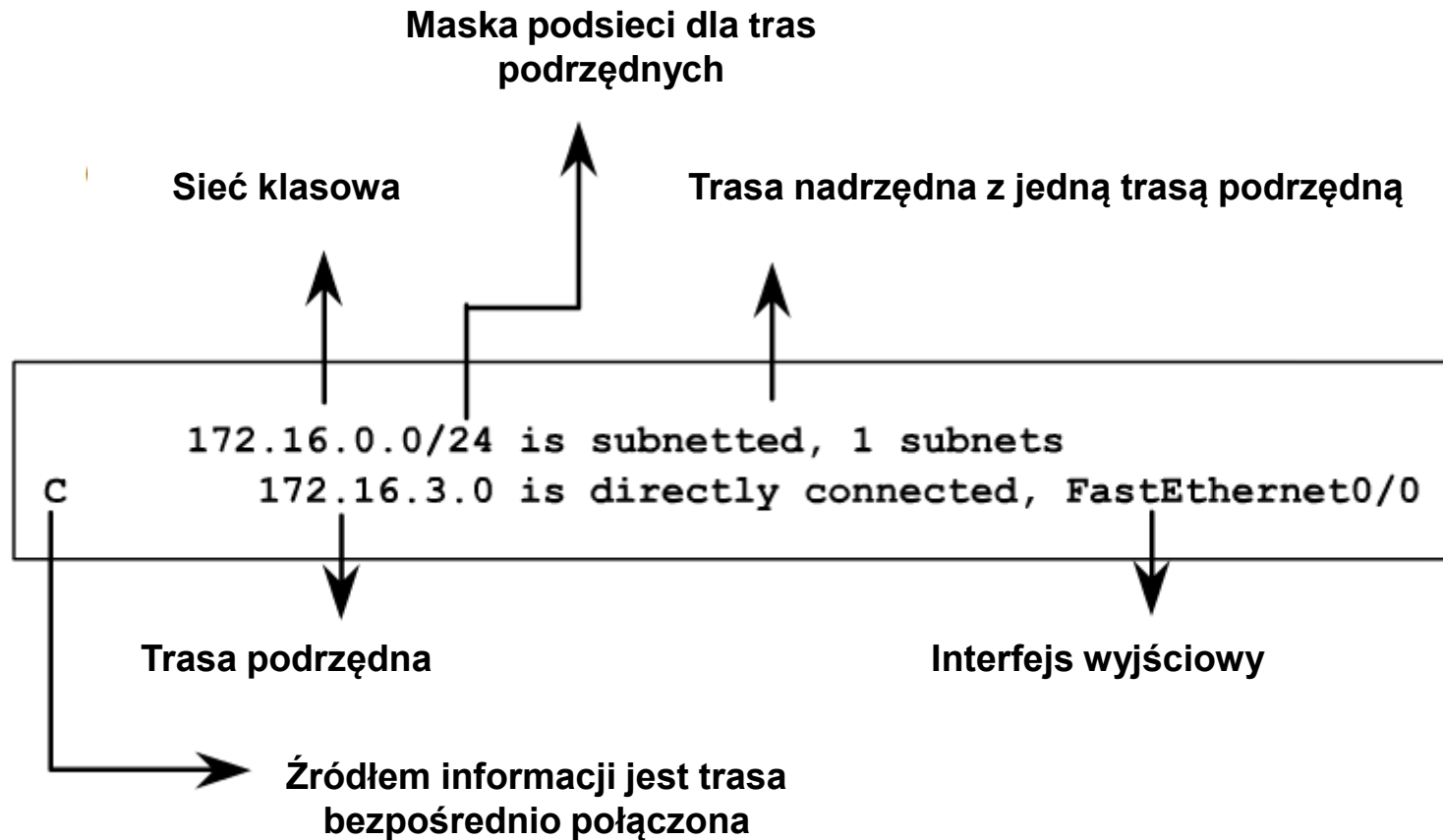
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
```

Trasa nadrzędna 1 poziomu

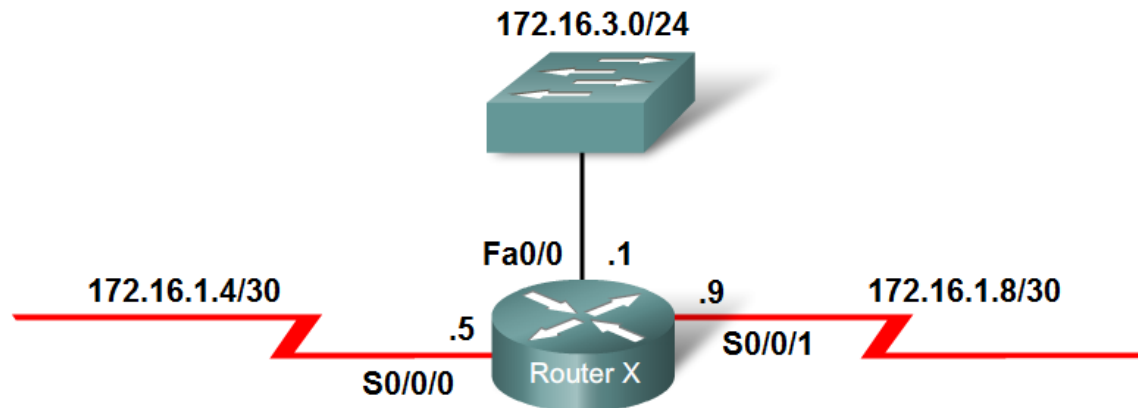
Trasa podrzędna 2 poziomu

Jeżeli trasy podrzędne mają taką samą maskę podsieci,
lub istnieje tylko jedna trasa podrzędna,
trasa nadrzędna zachowuje maskę (w tym przypadku /24).

Trasy nadrzędne i podrzędne – sieci klasowe



Trasy nadrzędne i podrzędne – sieci bezklasowe



```
RouterX#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
```

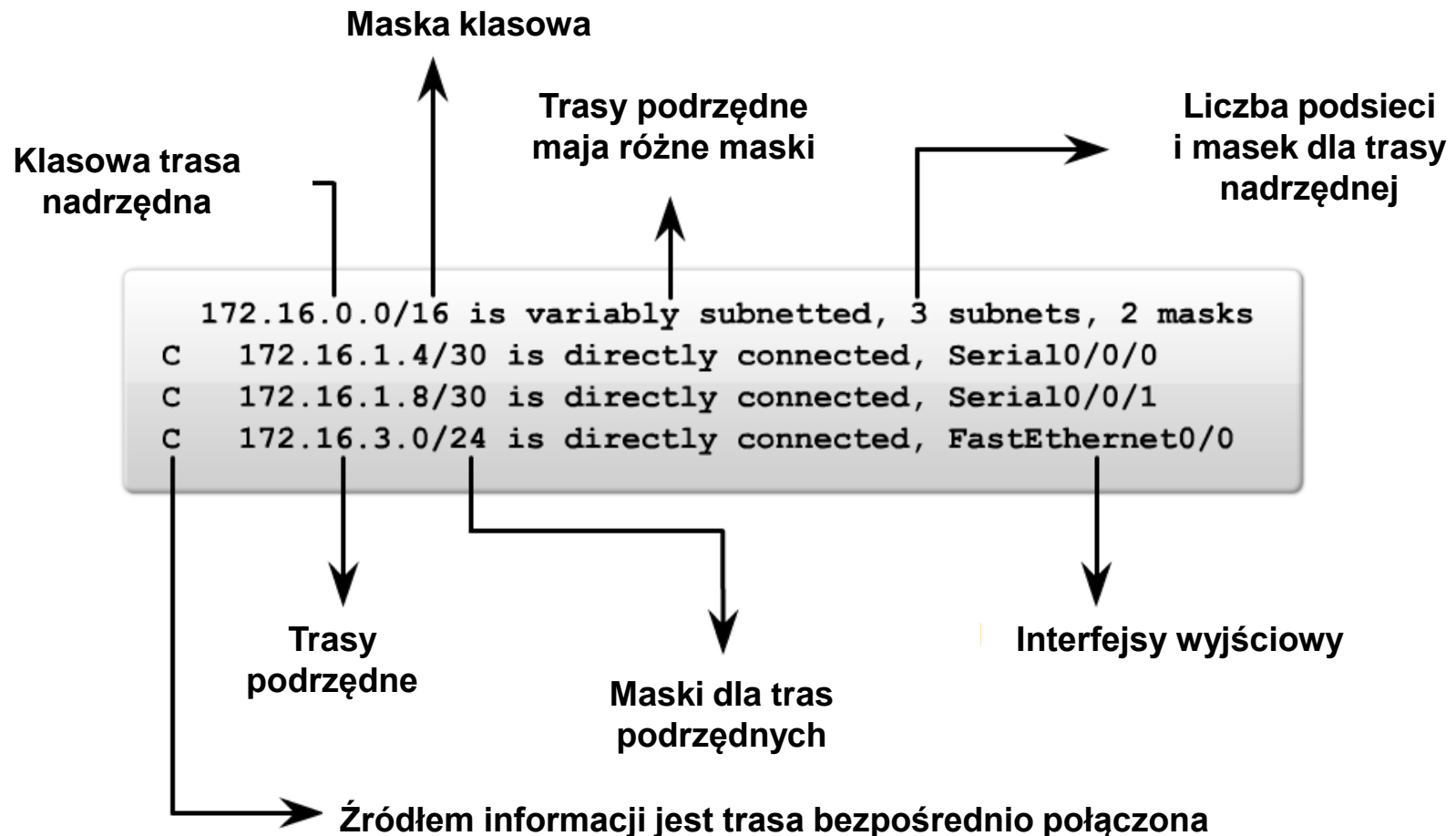
```
C      172.16.1.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C      172.16.1.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
C      172.16.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
RouterX#
```

Trasy nadrzędne i podrzędne – sieci bezklasowe

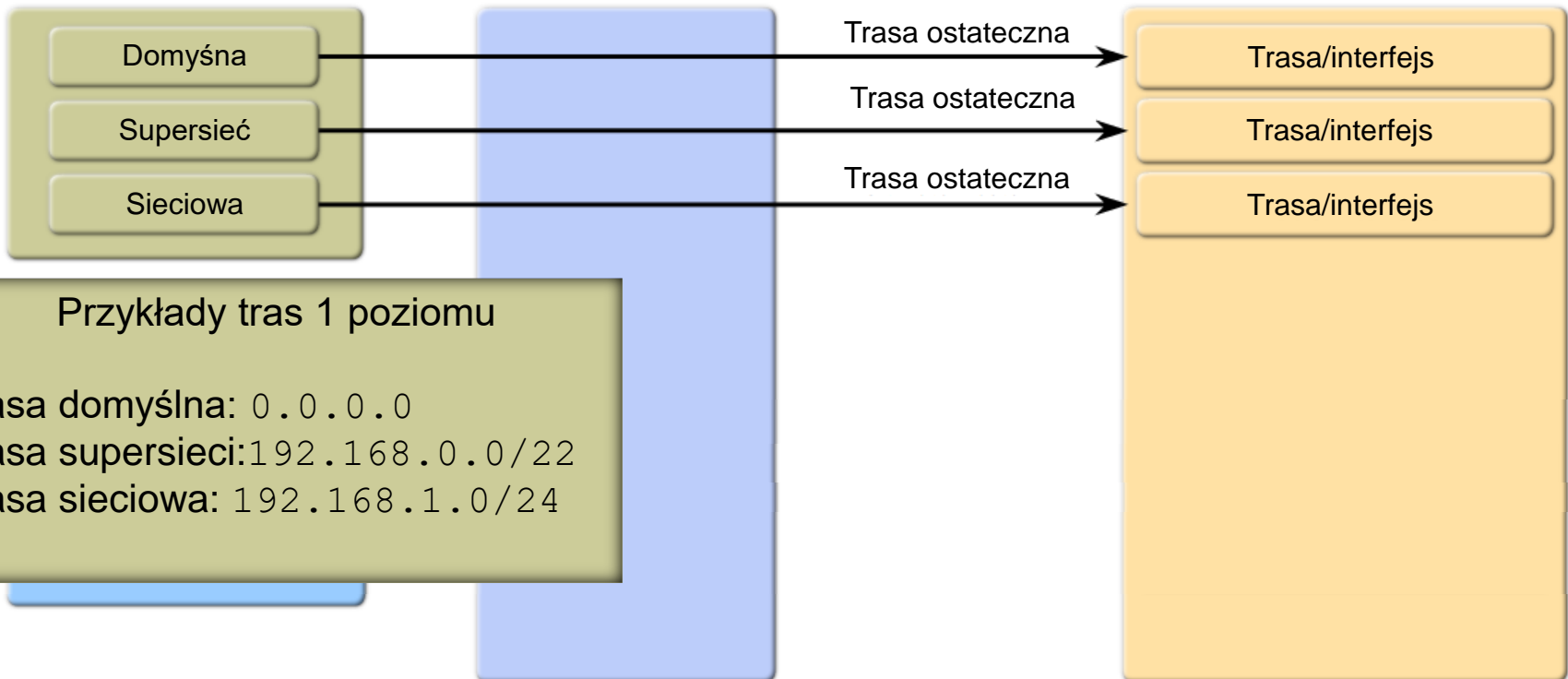


Trasy 1 i 2 poziomu

Trasy 1 poziomu

Trasy 2 poziomu

Adres IP następnego skoku
lub interfejs wyjściowy



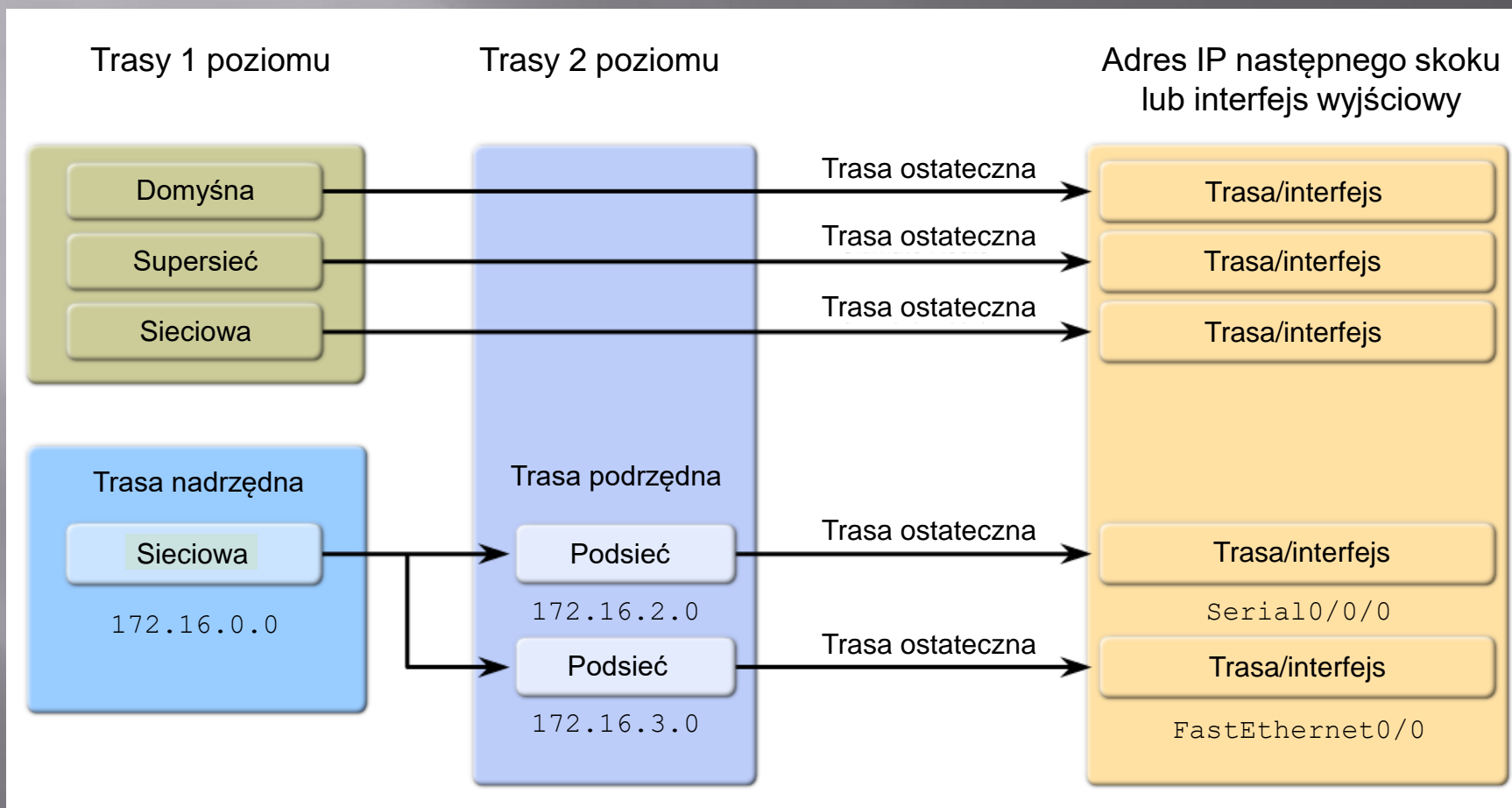
Przykłady tras 1 poziomu

Trasa domyślna: 0.0.0.0

Trasa supersieci: 192.168.0.0/22

Trasa sieciowa: 192.168.1.0/24

Trasy 1 i 2 poziomu



Proces wyszukiwania trasy

Krok 1. Szukanie trasy najlepiej pasującej do docelowego adresu IP pakietu **wśród tras 1 poziomu**.

- a) jeśli najlepiej pasuje trasa **ostateczna 1 poziomu** – używana do przekazania pakietu.
- b) jeśli najlepiej pasuje trasa **nadrzędna 1 poziomu**, przejdź do **kroku 2**.

Krok 2. Najlepsze dopasowanie jest szukane wśród **tras podrzędnych**

- a) Jeśli **pasuje** – **użyj** tej podsieci do przekazania pakietu
- b) Jeśli żadna z tras podrzędnych **nie pasuje** – przejdź do **kroku 3**.

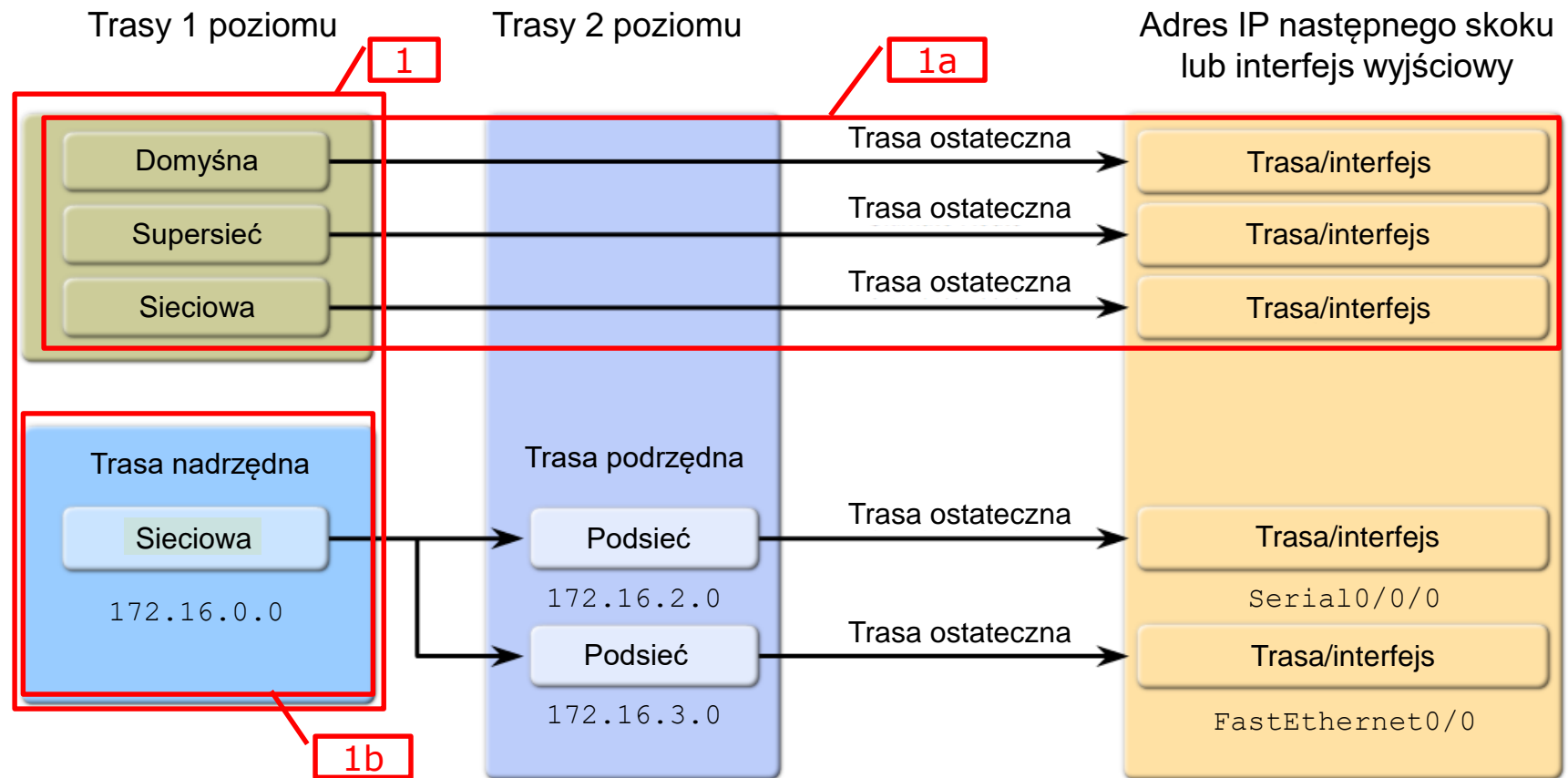
Krok 3. Routing **klasowy czy bezklasowy?**

- a) Jeśli routing **klasowy** – **odrzuć** pakiet
- b) Jeśli routing **bezklasowy** – kontynuuj przeszukiwanie tras **poziomu 1** (supersieci lub trasy domyślnej).

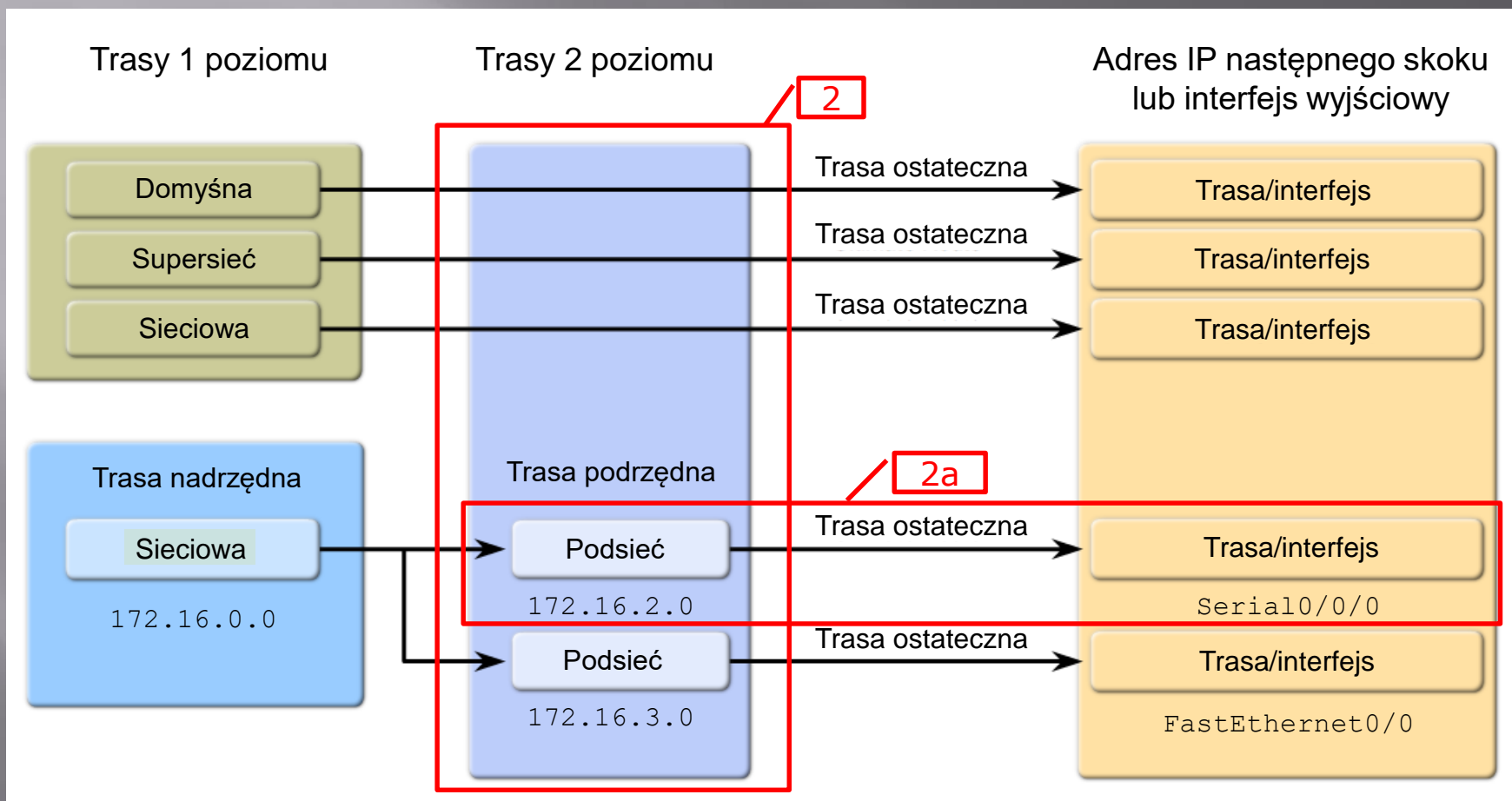
Krok 4. Dopasuj do **supersieci** lub trasy **domyślnej**. Użyj jej do przesłania pakietu. Najpierw sprawdzane są supersieci, a potem - jeśli trzeba - trasy domyślne.

Krok 5. Jeśli nie pasuje żadna trasa z tablicy routingu, router **odrzuca** pakiet.

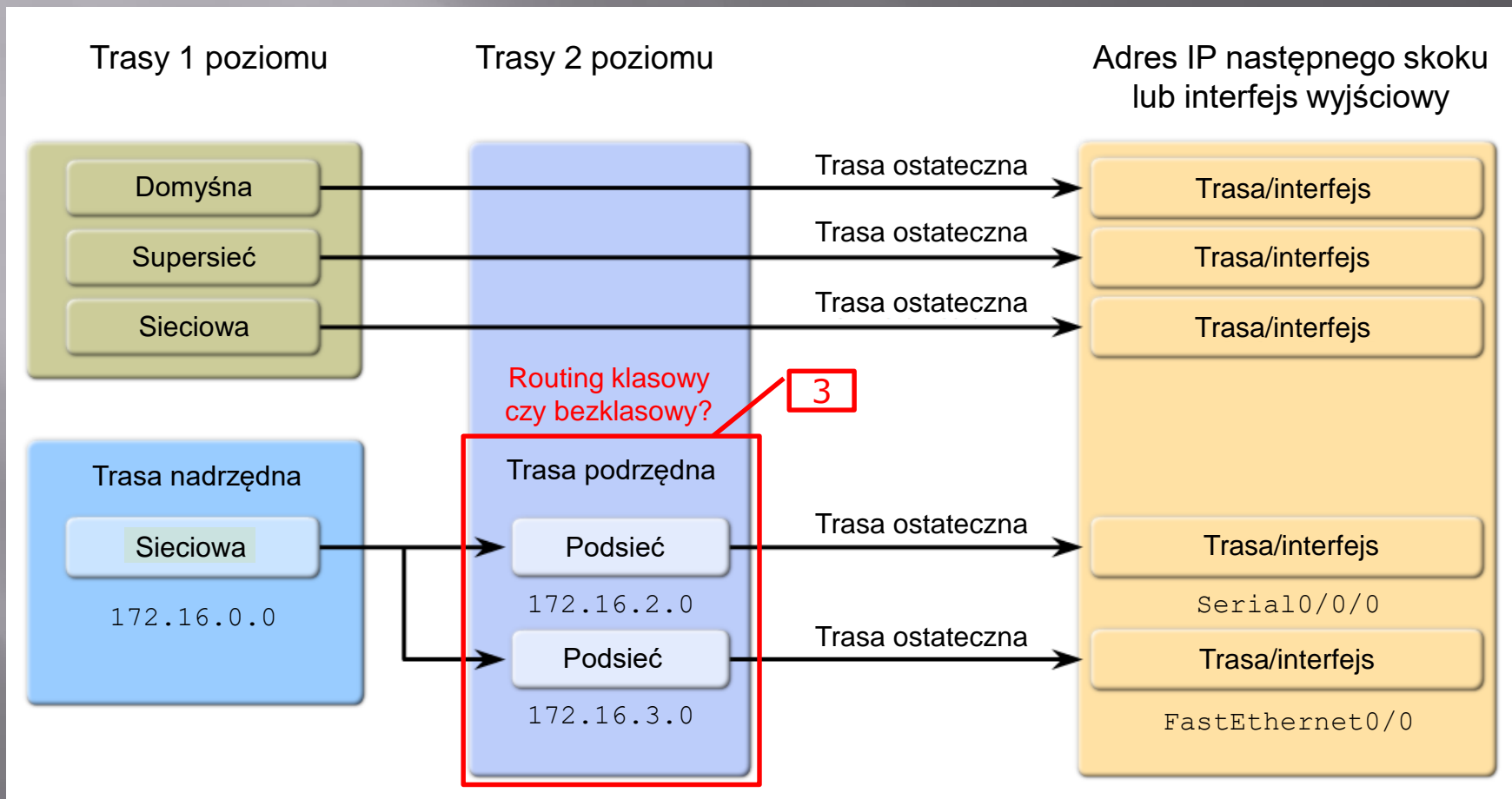
Proces wyszukiwania trasy



Proces wyszukiwania trasy

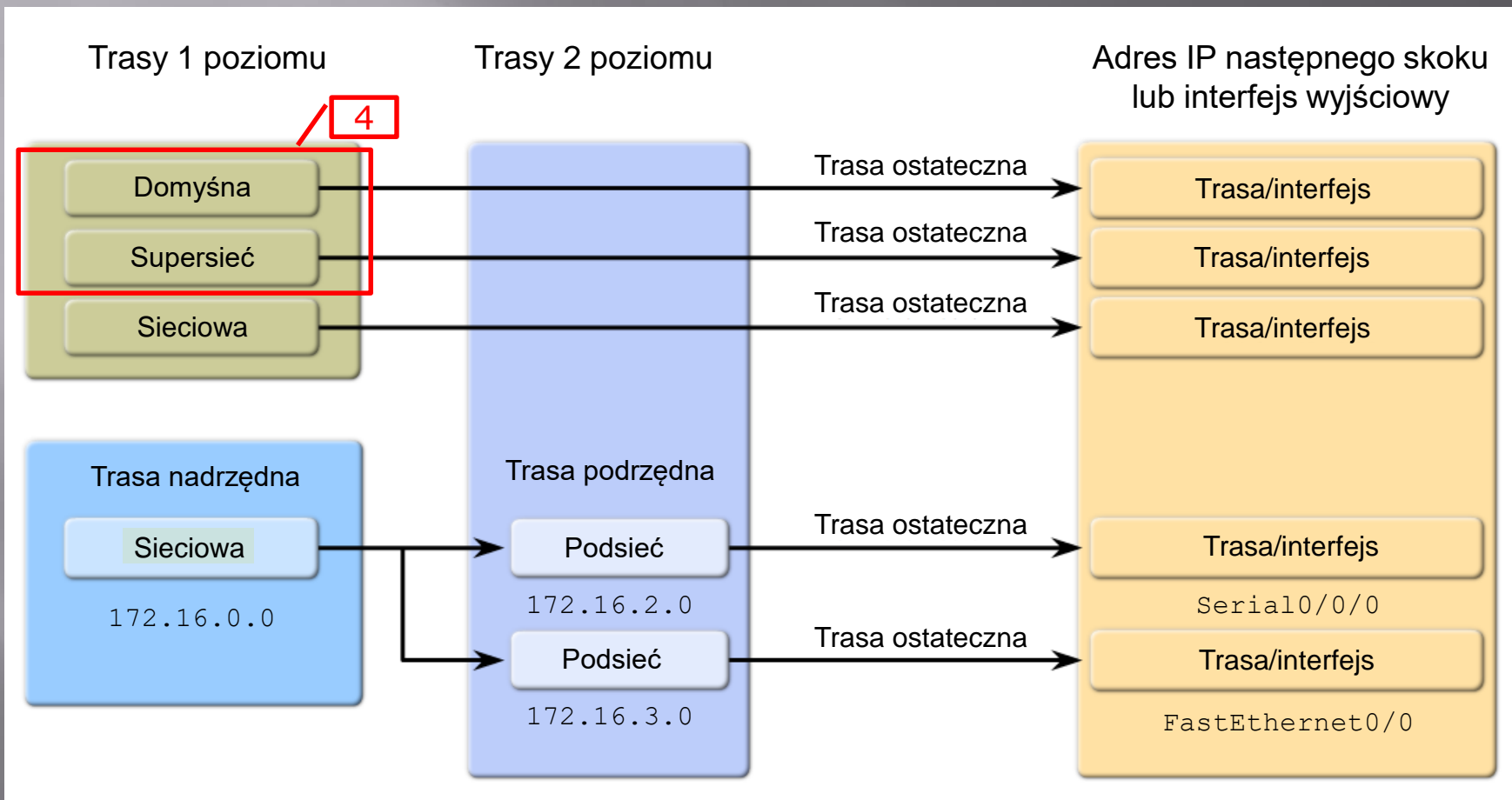


Proces wyszukiwania trasy



Routing klasowy – odrzuć pakiet
Routing bezklasowy – krok 4

Proces wyszukiwania trasy



Odrzuć pakiet

5

Najdłuższe dopasowanie

IP Packet Destination	172.16.0.10	10101100.00010000.00000000.00001010
Route 1	172.16.0.0/12	10101100.00010000.00000000.00000000
Route 2	172.16.0.0/18	10101100.00010000.00000000.00000000
Route 3	172.16.0.0/26	10101100.00010000.00000000.00000000

Najdłuższe dopasowanie do celu pakietu IP

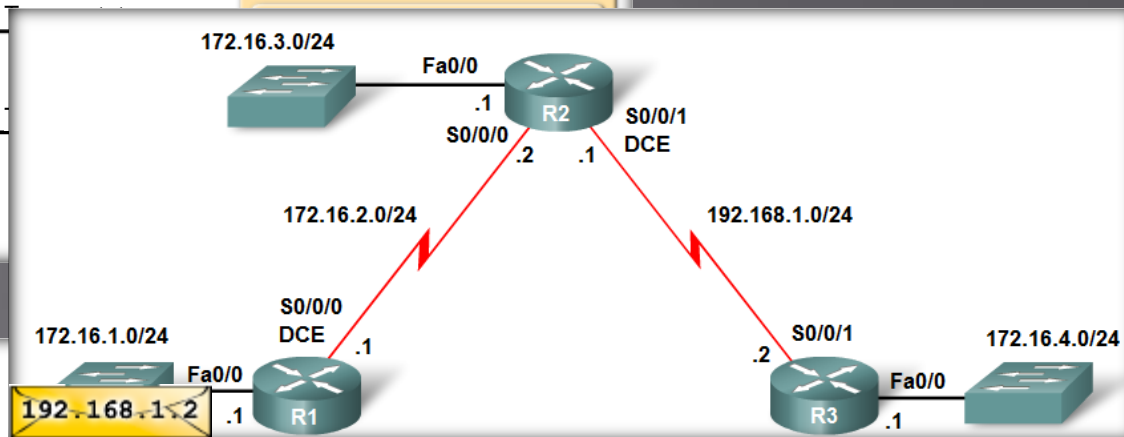
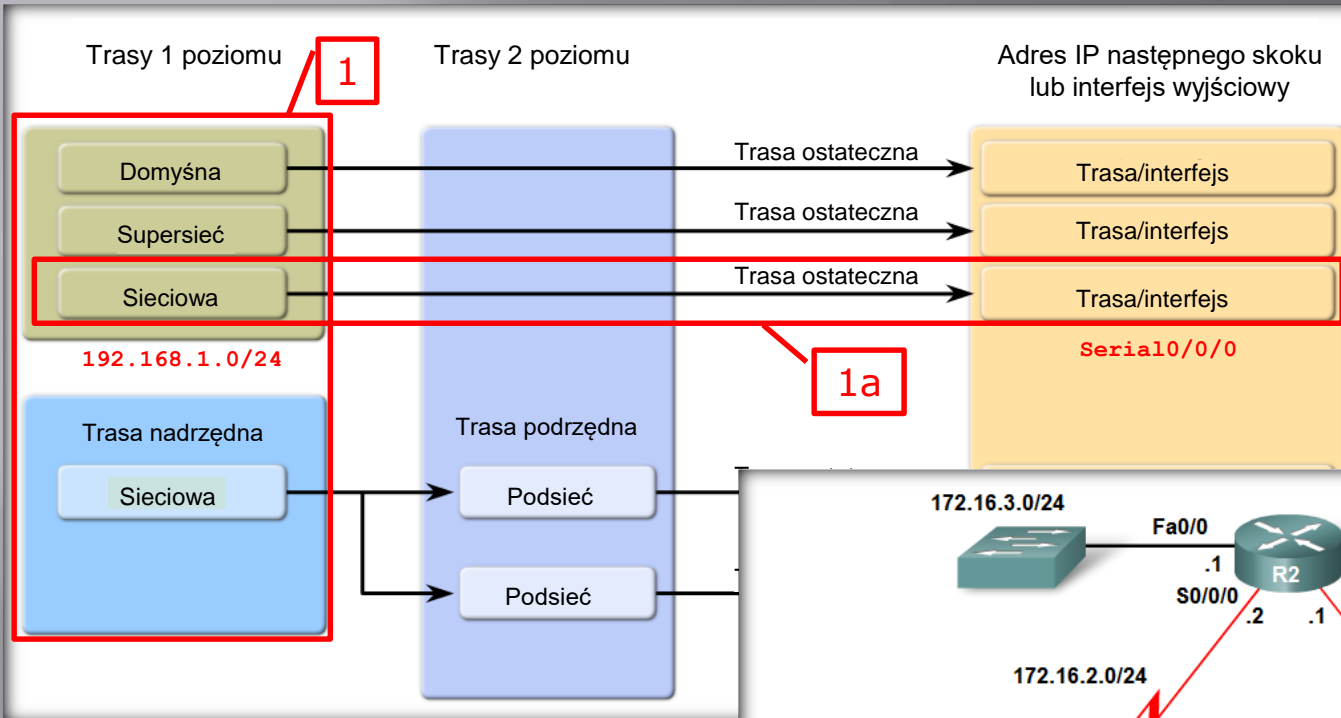


Najlepsze (najdłuższe) **dopasowanie** – największa liczba bitów położonych na lewo zgadza się z docelowym adresem IP.

Liczbę bitów dopasowania określa maska podsieci w tablicy routingu (pakiet IP nie zawiera maski podsieci - tylko adres IP).

Przykład 1: Wyszukiwanie trasy

- trasa ostateczna 1 poziomu



```
R1#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - BGP
```

```
<some output omitted>
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
C 172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
R 172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```

```
R 192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```

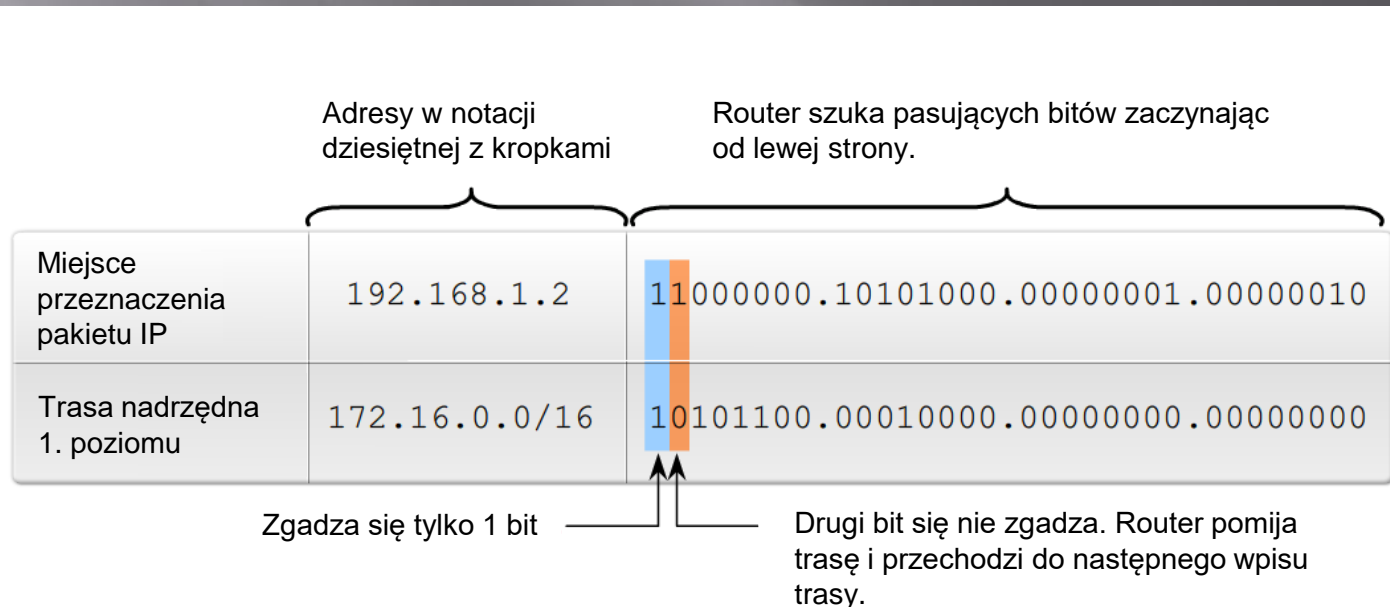
Przykład 1: Wyszukiwanie trasy

Dlaczego nie została dopasowana sieć nadrzędna 172.16.0.0 /24?

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B -
BGP
      <some output omitted>

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R       172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
R     192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```



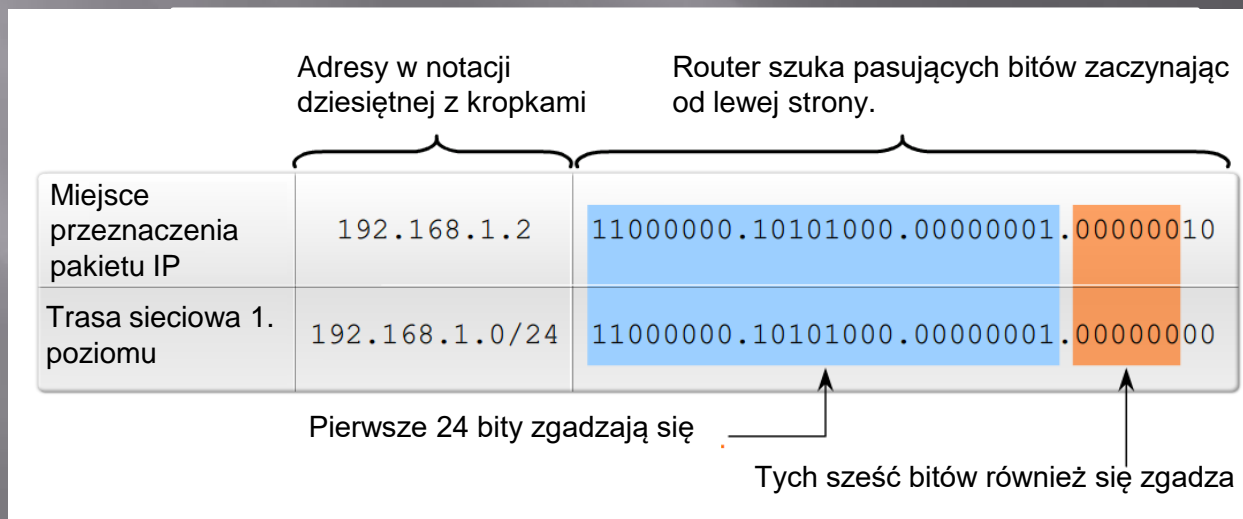
Przykład 1: Wyszukiwanie trasy

Dlaczego została dopasowana sieć (trasa ostateczna) 192.168.1.0 /24?

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B -
BGP
      <some output omitted>

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R       172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
R    192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```



Jeśli w tablicy routingu znajduje się wiele tras pasujących do tego samego docelowego adresu IP zostanie wybrana ta z największą liczbą pasujących bitów.

Przykład 2: Wyszukiwanie trasy

- trasa nadrzędna 1 poziomu i trasy 2 poziomu

Miejsce przeznaczenia pakietu IP	172.16.3.10	10101100 00010000 00000011 00001010
Trasa nadrzędna 1 poziomu	172.16.0.0/16	10101100 00010000 00000000 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.1.0/24	10101100 00010000 00000001 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.2.0/24	10101100 00010000 00000010 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.3.0/24	10101100 00010000 00000011 00000000

Dopasowanie dla trasy nadrzędnej



Przykład 2: Wyszukiwanie trasy

– trasa nadrzędna 1 poziomu i trasy 2 poziomu

Brak dopasowania na 23 bicie.
Router odrzuca trasę.

Miejsce przeznaczenia pakietu IP	172.16.3.10	10101100 00010000 00000011 00001010
Trasa nadrzędna 1 poziomu	172.16.0.0/16	10101100 00010000 00000000 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.1.0/24	10101100 00010000 00000001 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.2.0/24	10101100 00010000 00000010 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.3.0/24	10101100 00010000 00000011 00000000

Dopasowanie tylko na 22 bitach



Przykład 2: Wyszukiwanie trasy

– trasa nadrzędna 1 poziomu i trasy 2 poziomu

Brak dopasowania na 24 bicie.
Router odrzuca trasę.

Miejsce przeznaczenia pakietu IP	172.16.3.10	10101100 00010000 00000011 00001010
Trasa nadrzędna 1 poziomu	172.16.0.0/16	10101100 00010000 00000000 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.1.0/24	10101100 00010000 00000001 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.2.0/24	10101100 00010000 00000010 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.3.0/24	10101100 00010000 00000011 00000000

Dopasowanie tylko na 23 bitach



Przykład 2: Wyszukiwanie trasy

- trasa nadrzędna 1 poziomu i trasy 2 poziomu

Miejsce przeznaczenia pakietu IP	172.16.3.10	10101100 00010000 00000011 00001010
Trasa nadrzędna 1 poziomu	172.16.0.0/16	10101100 00010000 00000000 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.1.0/24	10101100 00010000 00000001 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.2.0/24	10101100 00010000 00000010 00000000
Trasa podrzędna 2 poziomu	172.16.3.0/24	10101100 00010000 00000011 00000000

Dopasowanie na 24 bitach



Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Źródła routingu:

Sieci połączone bezpośrednio

Trasy statyczne

Klasowe protokoły routingu

RIPv1

IGRP

Bezklasowe protokoły routingu

RIPv2

EIGRP

OSPF

IS-IS

Warianty routingu:

Klasowy

`no ip classless`

Bezklasowy

`ip classless`

Do budowania tablicy routingu używane są źródła routingu (w tym protokoły). Można używać wielu źródeł i protokołów routingu.

Warianty routingu służą do znajdowania informacji w tablicy routingu. Można używać tylko jednego wariantu routingu.

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Krok 1. Szukanie trasy najlepiej pasującej do docelowego adresu IP pakietu wśród tras 1 poziomu.

- a) jeśli najlepiej pasuje trasa ostateczna 1 poziomu – używana do przekazania pakietu.
- b) jeśli najlepiej pasuje trasa nadrzędna 1 poziomu, przejdź do kroku 2.

Krok 2. Najlepsze dopasowanie jest szukane wśród tras podrzędnych

- a) Jeśli pasuje – użyj tej podsieci do przekazania pakietu
- b) Jeśli żadna z tras podrzędnych nie pasuje – przejdź do kroku 3.

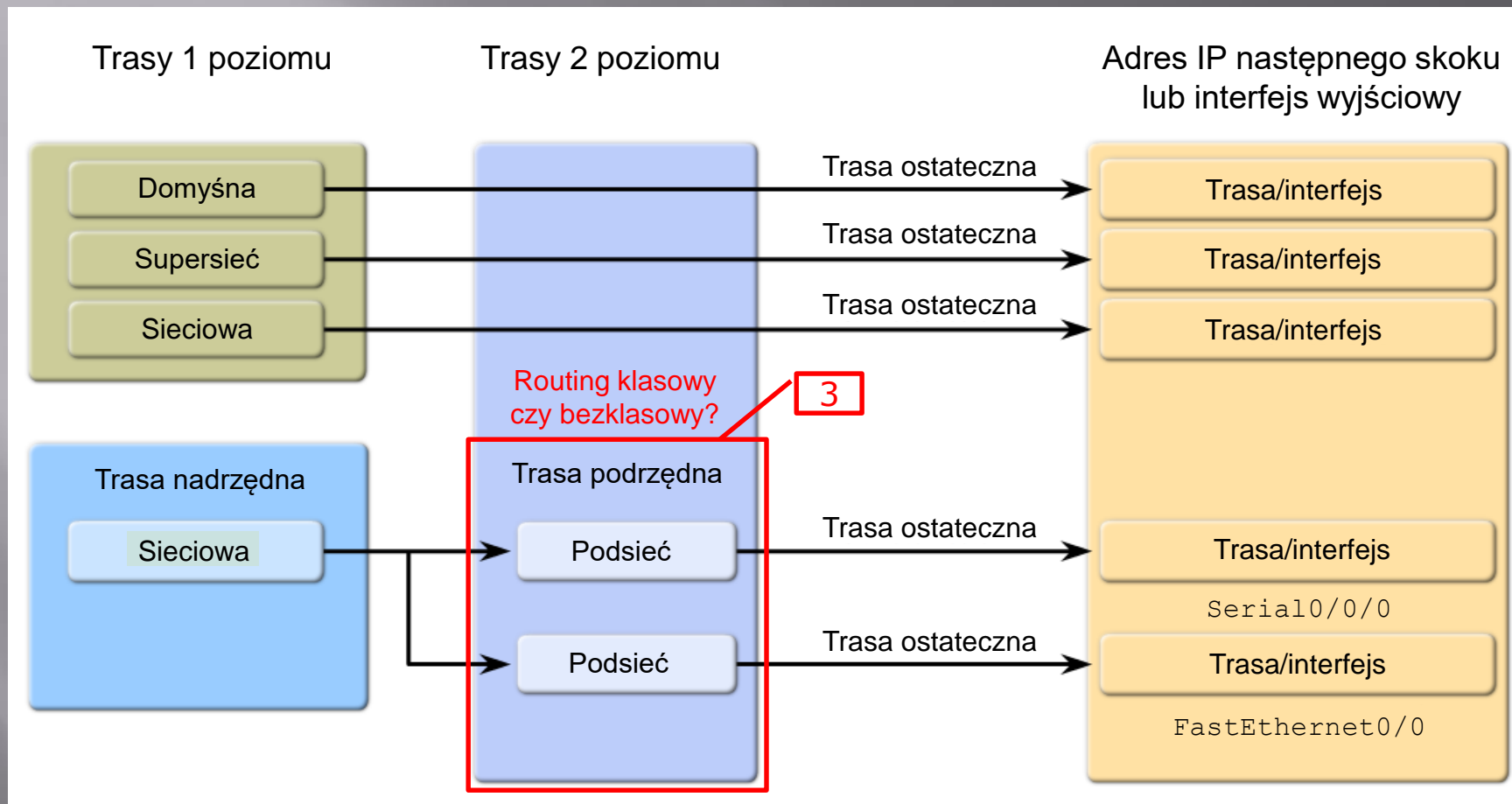
Krok 3. Routing **klasowy** czy **bezklasowy**?

- a) Jeśli routing **klasowy** – odrzuć pakiet
- b) Jeśli routing **bezklasowy** – kontynuuj przeszukiwanie tras **1 poziomu** (supersieci lub trasy domyślnej).

Krok 4. Dopasuj do supersieci lub trasy domyślnej. Użyj jej do przesłania pakietu. Najpierw sprawdzane są supersieci, a potem - jeśli trzeba - trasy domyślne.

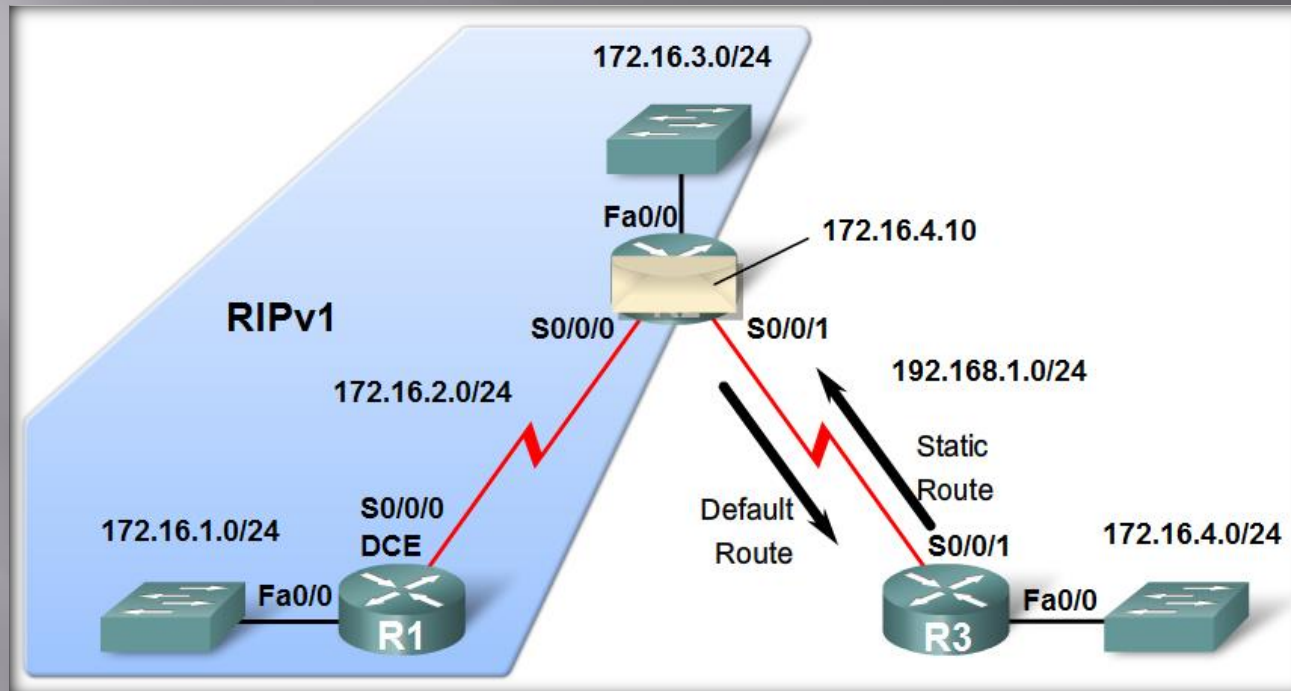
Krok 5. Jeśli nie pasuje żadna trasa z tablicy routingu, router odrzuca pakiet.

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy



Routing klasowy – odrzuć pakiet
Routing bezklasowy – krok 4

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy



```
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 s0/0/1
R2(config)#router rip
R2(config-router)#default-information originate
R2(config-router)#no network 192.168.1.0
R2(config-router)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
<output omitted>
```

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R    172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:00, Serial0/0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
R3(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.0.0 s0/0/1
R3(config)#no router rip
R3(config-router)#end
R3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
<output omitted>
```

Gateway of last resort is not set

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    172.16.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S    172.16.0.0/16 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Destination of IP Packet	172.16.4.10	10101100.00010000.00000100.00001010
Level 1 Parent Route	172.16.0.0/16	10101100.00010000.00000000.00000000
Level 2 Child Route	172.16.1.0/24	10101100.00010000.00000001.00000000
Level 2 Child Route	172.16.2.0/24	10101100.00010000.00000010.00000000
Level 2 Child Route	172.16.3.0/24	10101100.00010000.00000011.00000000

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Destination of IP Packet	172.16.4.10	10101100.00010000.00000100.00001010
Level 1 Parent Route	172.16.0.0/16	10101100.00010000.00000000.00000000
Level 2 Child Route	172.16.1.0/24	10101100.00010000.00000001.00000000
Level 2 Child Route	172.16.2.0/24	10101100.00010000.00000010.00000000
Level 2 Child Route	172.16.3.0/24	10101100.00010000.00000011.00000000

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

```
R2#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
        <output omitted>
```

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
```

	172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets	←	Match!
R	172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:12, Serial0/0/0	←	No Match
C	172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0	←	No Match
C	172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0	←	No Match
C	192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1		Drop Packet
S*	0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1		

W tym przypadku (routing klasowy) trasa domyślna nie jest używana.

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

Krok 1. Szukanie trasy najlepiej pasującej do docelowego adresu IP pakietu wśród tras 1 poziomu.

- a) jeśli najlepiej pasuje trasa ostateczna 1 poziomu – używana do przekazania pakietu.
- b) jeśli najlepiej pasuje trasa nadrzędna 1 poziomu, przejdź do kroku 2.

Krok 2. Najlepsze dopasowanie jest szukane wśród tras podrzędnych

- a) Jeśli pasuje – użyj tej podsieci do przekazania pakietu
- b) Jeśli żadna z tras podrzędnych nie pasuje – przejdź do kroku 3.

Krok 3. Routing **klasowy** czy **bezklasowy**?

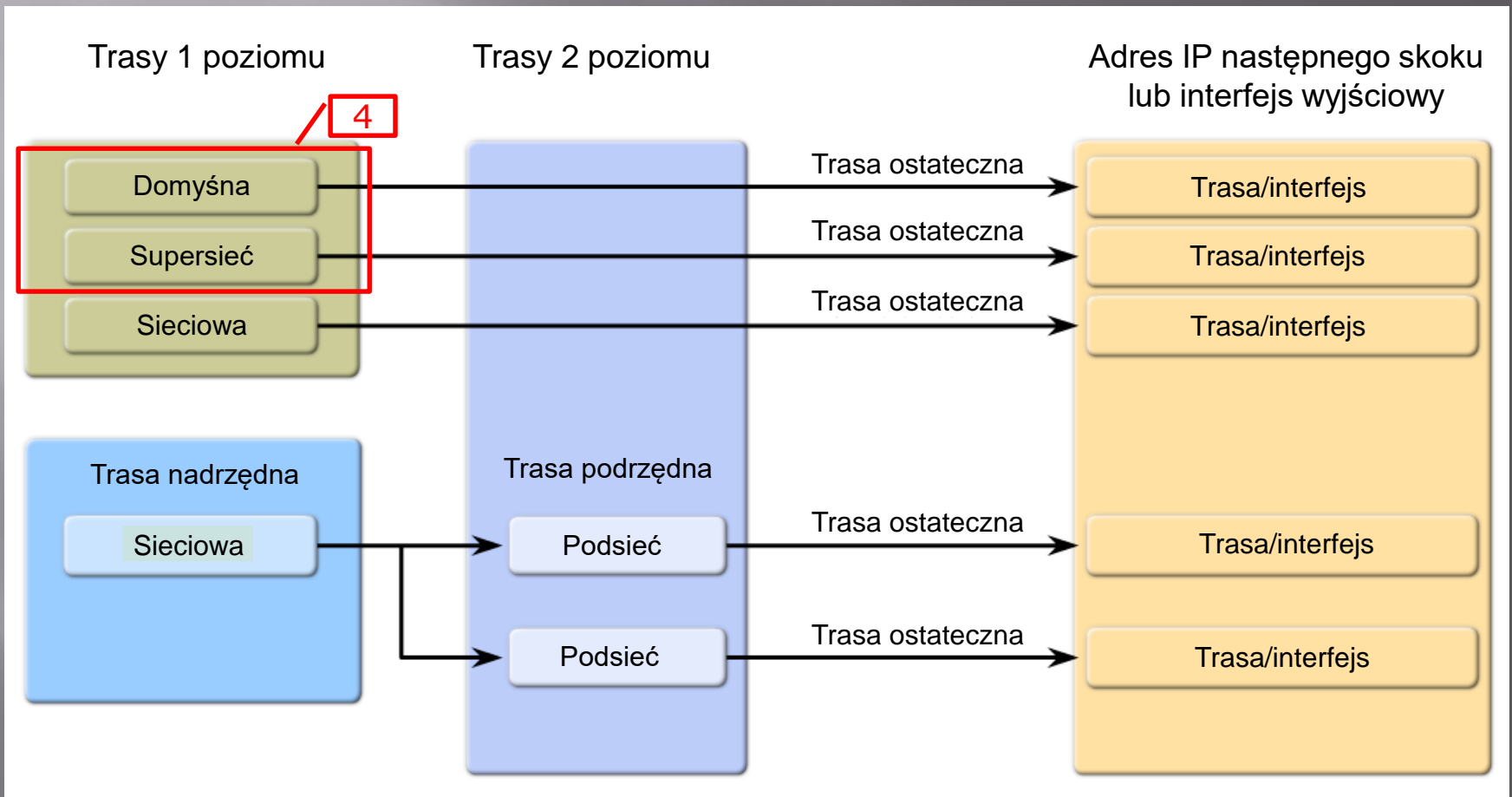
- a) Jeśli routing **klasowy** – **odrzuć** pakiet
- b) Jeśli routing **bezklasowy** – kontynuuj przeszukiwanie tras **1 poziomu** (supersieci lub trasy domyślnej).

Krok 4. Dopasuj do supersieci lub trasy domyślnej. Użyj jej do przesłania pakietu. Najpierw sprawdzane są supersieci, a potem – jeśli trzeba – trasy domyślne.

Krok 5. Jeśli nie pasuje żadna trasa z tablicy routingu, router odrzuca pakiet.

Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

R2 (config)#ip classless



Warianty routingu: klasowy i bezklasowy

R2 (config) #ip classless

```
R2#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
R 172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:12, Serial0/0/0
```

```
C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
S* 0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

W przypadku routingu bezklasowego trasa domyślna zostanie użyta.

Podsumowanie

- ▣ Struktura tablicy routingu
- ▣ Trasy 1. i 2. poziomu
- ▣ Trasy nadrzędne i podrzędne
 - sieci klasowe
 - sieci bezklasowe
- ▣ Proces wyszukiwania trasy
- ▣ Najdłuższe dopasowanie
- ▣ Przykłady
- ▣ Warianty routingu: klasowy i bezklasowy