

TECHNIKI ROUTINGU W SIECIACH KOMPUTEROWYCH

dr inż. Grzegorz Nowak
godz. przyjęć IIS sala 313

aktualne : www.iis.p.lodz.pl (*zakładka Kadra*)
e-mail: gnowak@kis.p.lodz.pl

opracowanie na podstawie materiałów Cisco
Marcin Raniszewski
Roman Krzeszewski
Łukasz Sturgulewski
Grzegorz Nowak

Plan wszystkich wykładów

1. Wprowadzenie.
2. Adresowanie w sieci. Podział na podsieci VLSM
3. Budowa routera. Podstawowa konfiguracja routera
4. Routing statyczny i wprowadzenie do routingu dynamicznego
5. Routing z wykorzystaniem wektora odległości, RIP
6. Konfiguracja RIPv2 na routerach Cisco
7. Protokoły IGRP, EIGRP i ich konfiguracja
8. Routing z wykorzystaniem stanu łącza, OSPF
9. Tablica routingu
10. Mechanizmy: list kontrolnych (ACL), translacji adresów (NAT, PAT), dynamicznej konfiguracji hostów (DHCP)
11. Routing w sieciach bezprzewodowych

Laboratorium

Ćwiczenia do wykonania w grupach 2-3 osobowych:

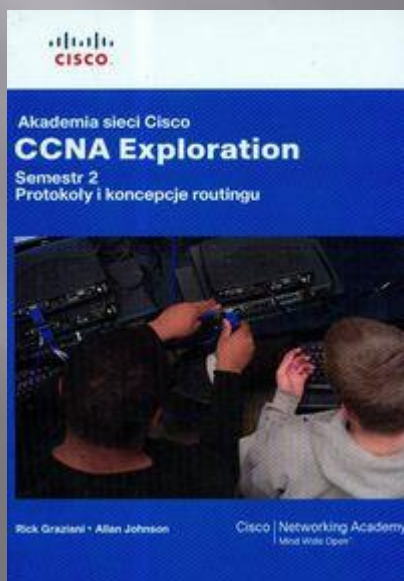
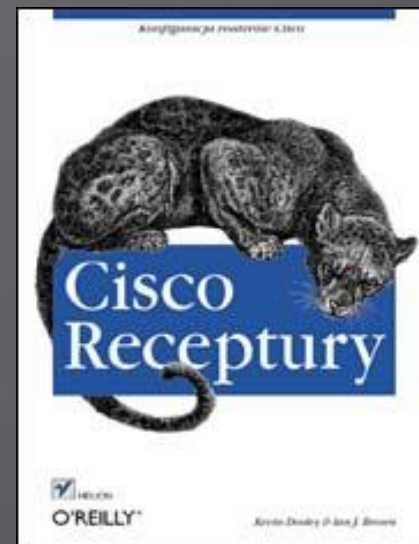
- podstawowa konfiguracja routerów
- zestawianie połączeń wg podanej topologii sieci
- konfiguracja protokołów routingu RIP, EIGRP, OSPF
- wykorzystanie mechanizmów ACL, NAT, DHCP

Zaliczenie

- ▣ Wykład – zaliczenie pisemne (test)
- ▣ Laboratorium:
 - sprawozdania z wykonanych ćwiczeń
 - ocena odpowiedzi na pytania dot. ćwiczeń
 - ocena umiejętności identyfikacji i interpretacji błędów w konfiguracji routingu

Literatura

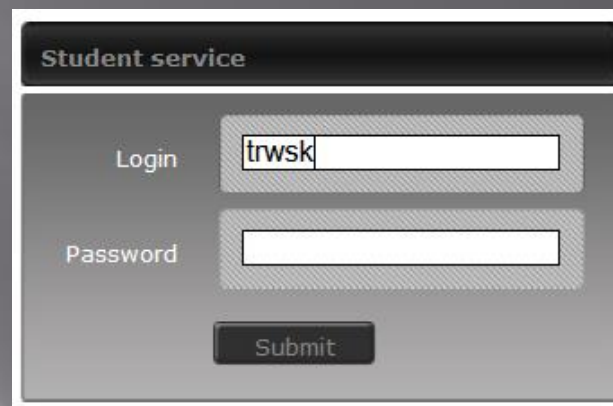
- ▣ Kevin Dooley & Ian J. Brown – „Cisco. Receptury” – wydawnictwo Helion




- ▣ Rick Graziani & Allan Johnson – „CCNA Exploration semestr 2 Protokoły i koncepcje routingu” – Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Instrukcje, wykłady

- ▣ student.duzy.pl
- ▣ trwsk



A login form titled "Student service". It contains two input fields: "Login" with the text "trwsk" entered, and "Password" which is empty. Below the fields is a "Submit" button.



A dashboard titled "STUDENT SERVICE" with a blue graduation cap icon on the left. A navigation bar contains links: "TR_lectures", "TR01", "TR02", "TR03", "TR04", "TR05", and "Logout". The main content area displays "TR_01. Techniki Routingu w Sieciach Komputerowych - Ćwiczenie 1". Below this, there is a red circle with the number "1" followed by the text "Instrukcje". At the bottom, there is a link "1. [Hasła routera.doc](#)".

Wprowadzenie - Plan wykładu

- ▣ Znaczenie routingu w komunikacji między hostami
- ▣ Warstwa sieci jako obszar działania routerów
- ▣ Protokoły routowalne warstwy sieci (IPv4)
- ▣ Grupowanie hostów w sieci
- ▣ Routing – obsługa pakietów danych
- ▣ Protokoły routingu – jak routery uczą się tras
- ▣ Podsumowanie

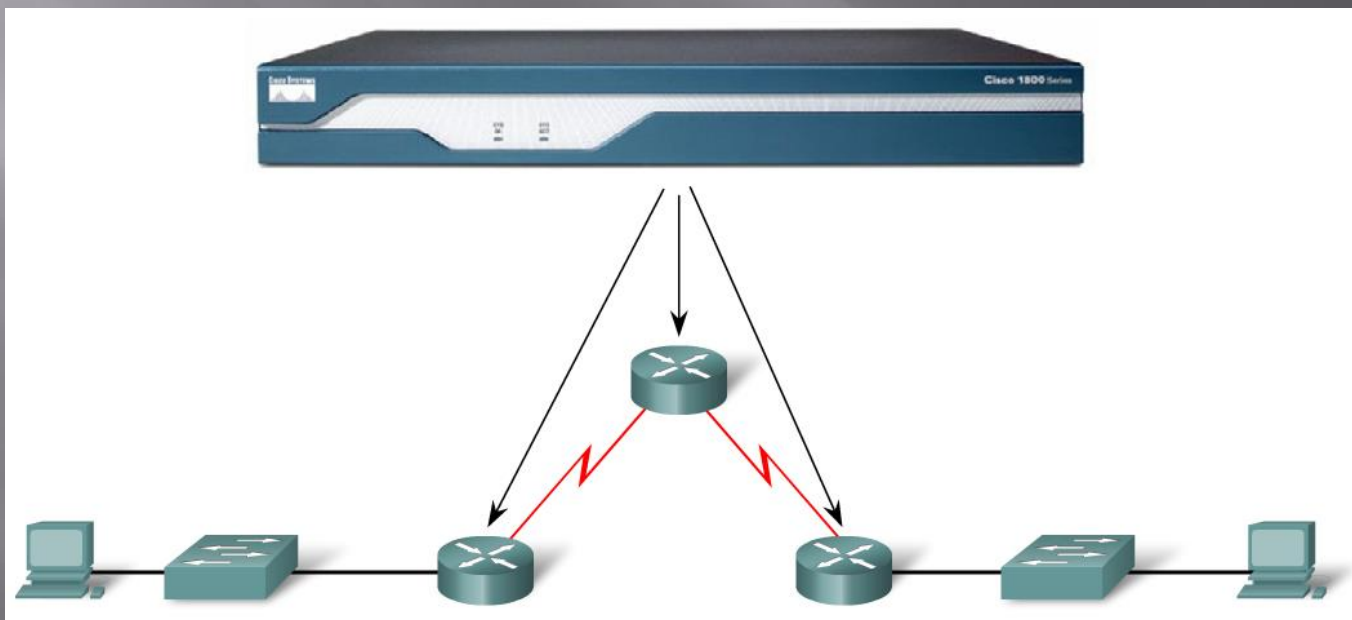
Znaczenie routingu w komunikacji między hostami

- ▣ Routing to wyznaczanie trasy i wysłanie nią pakietów danych w sieciach komputerowych.
- ▣ Urządzenie węzłowe, w którym kształtowany jest ruch sieciowy, nazywane jest routerem,
- ▣ Routerem może być dedykowane urządzenie lub komputer stacjonarny.

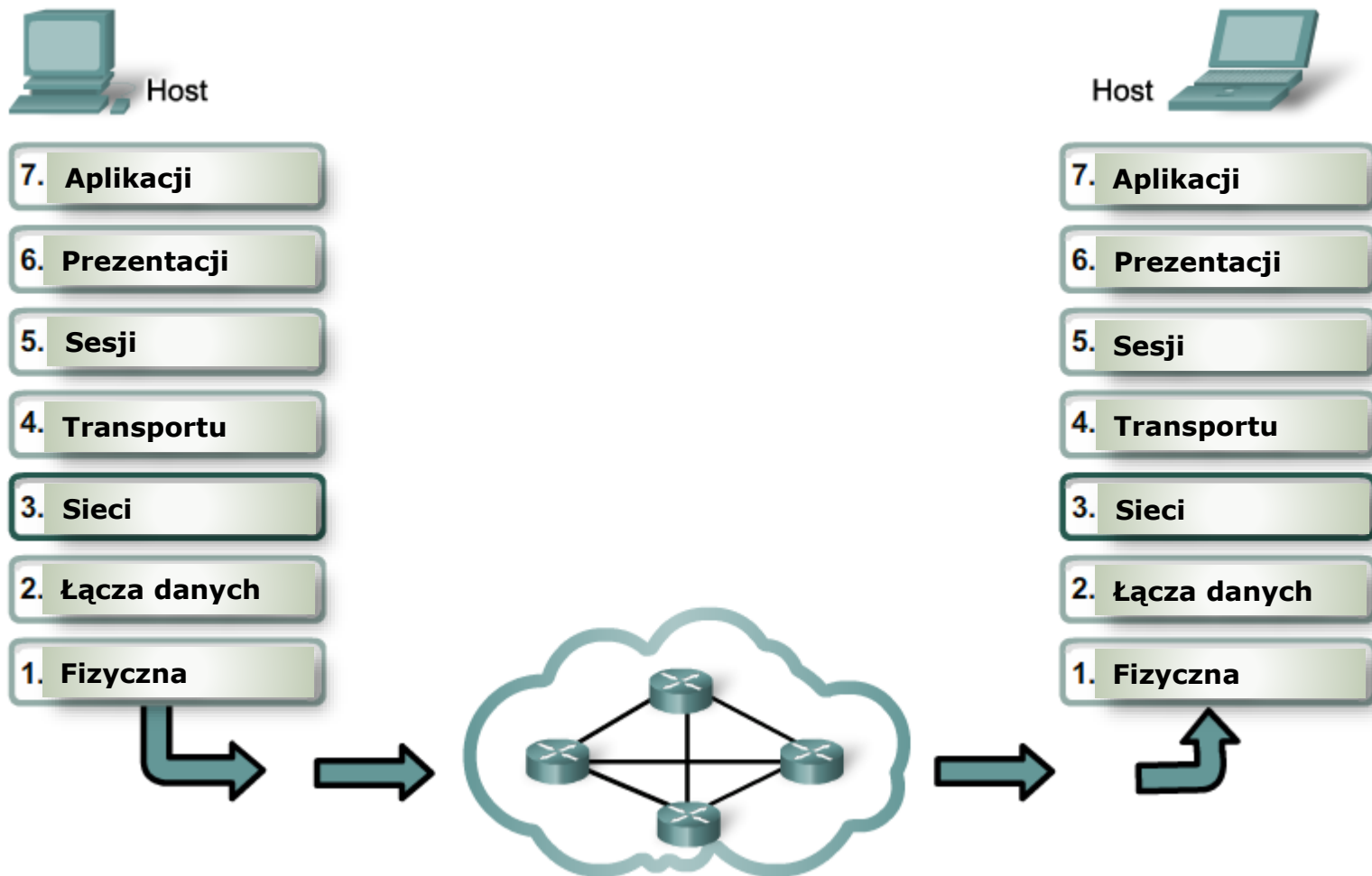
Znaczenie routingu w komunikacji między hostami

Zadaniem routera jest zapewnienie połączenia między sieciami poprzez:

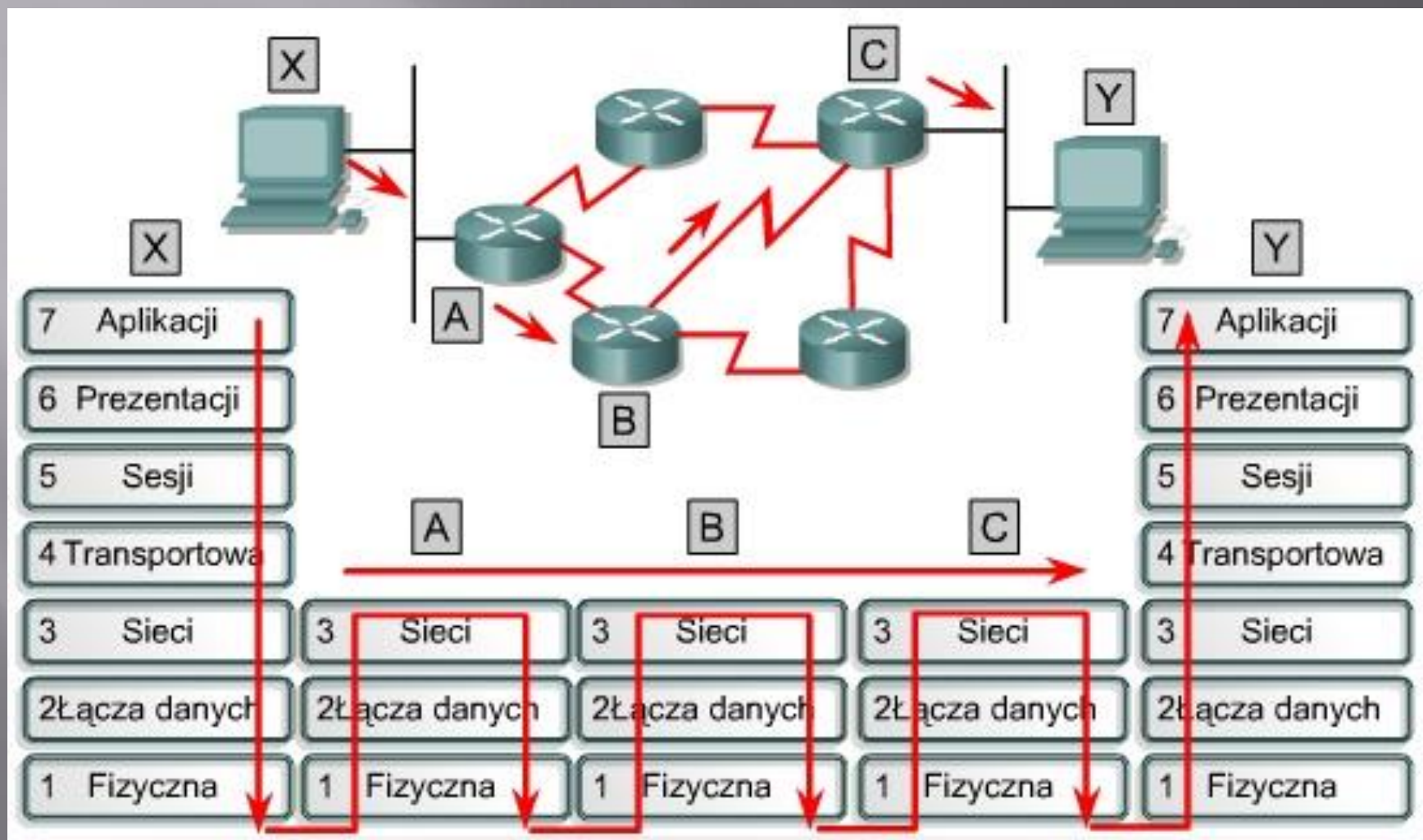
- określanie najlepszej ścieżki do wysyłania pakietów
- przesyłania pakietów w kierunku ich przeznaczenia



Warstwa sieci jako obszar działania routerów



Warstwa sieci jako obszar działania routerów

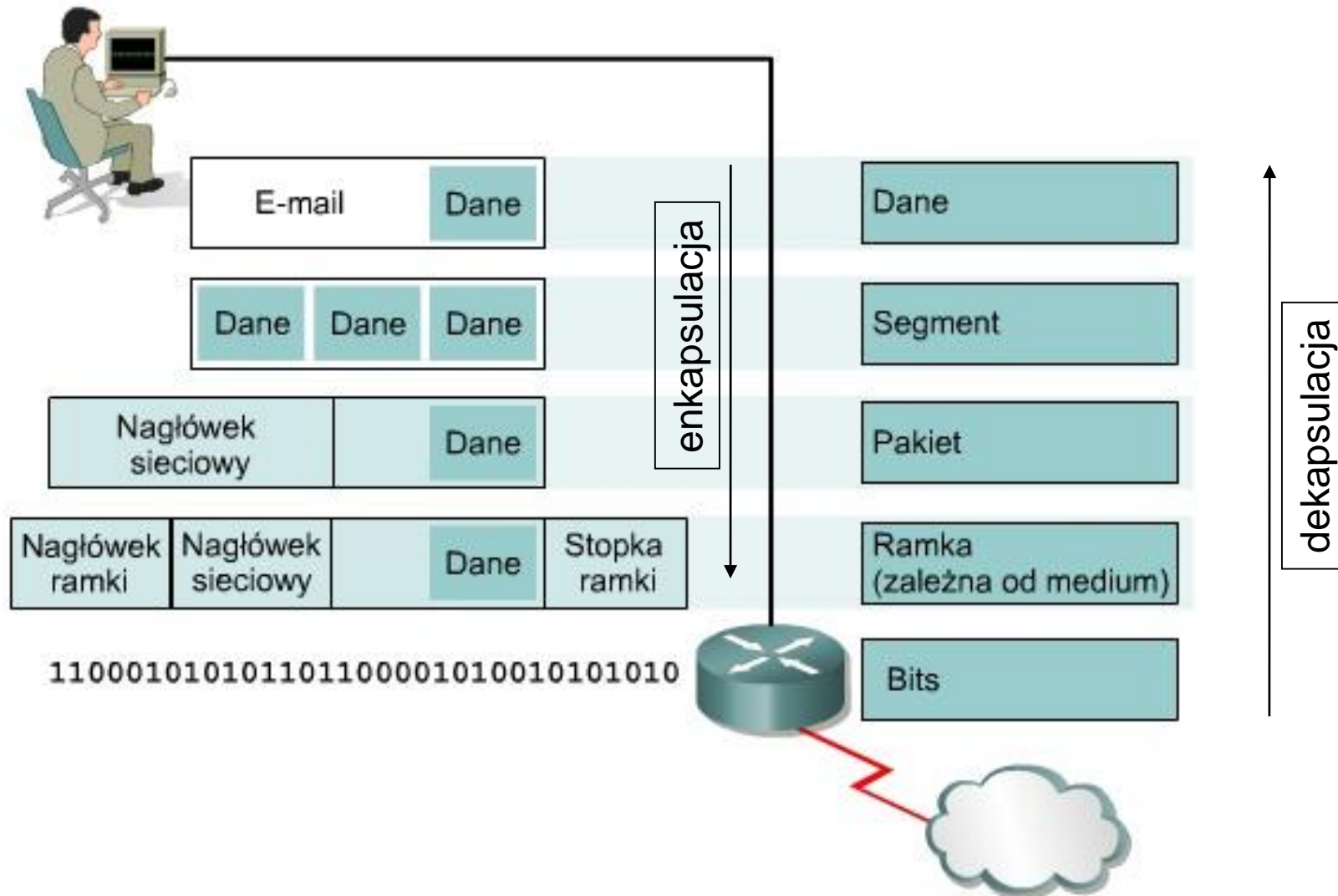


Warstwa sieci jako obszar działania routerów

Zadania warstwy sieci:

- ▣ **Adresowanie**
- ▣ **Enkapsulacja** (*Fragmenty danych otaczane są przez odpowiednie warstwy sieciowe przez nagłówki i stopki tak by na koniec zostać zamienionymi na strumień bitów przesyłanych po łączu fizycznym. Proces opakowywania danych nosi nazwę enkapsulacji*)
- ▣ **Przesyłanie** (*wybór trasy, przekazanie do następnego routera*)
- ▣ **Dekapsulacja** (*proces odwrotny do enkapsulacji*)

Warstwa sieci jako obszar działania routerów



Protokoły warstwy sieci

Protokół jest zbiorem reguł określających sposoby wzajemnej komunikacji komputerów w sieci.

Protokoły wykorzystywane w warstwie sieci w celu **transmisji danych** pomiędzy hostami za pośrednictwem routera nazywane są **protokołami routowalnymi**.

7. Aplikacji

6. Prezentacji

5. Sesji

4. Transportu

3. Sieci

2. Łącza danych

1. Fizyczna

Przykłady protokołów routowalnych

- Internet Protocol version 4 (IPv4)
- Internet Protocol version 6 (IPv6)
- Novell Internetwork Packet Exchange (IPX)
- AppleTalk
- Connectionless Network Service (CLNS/DECNet)

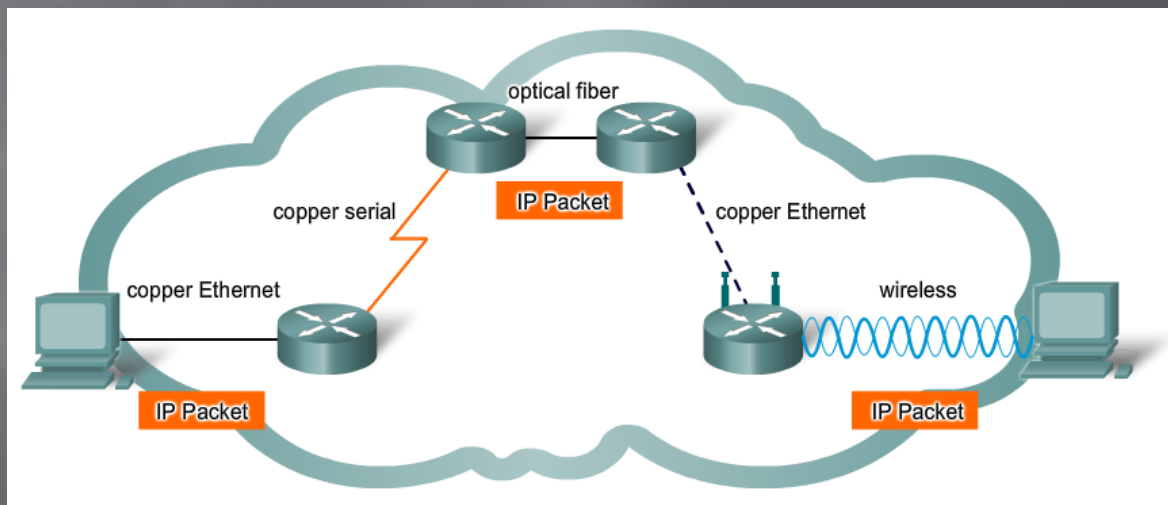
Funkcje procesów routowalnych:

- właściwe adresowanie w warstwie sieci, tak aby umożliwić routerowi **przesłanie danych** do następnego urządzenia, a w konsekwencji do celu
- zdefiniowanie formatu i sposobu wykorzystania pól nagłówka pakietu

Protokoły warstwy sieci (IPv4)

Cechy protokołu IPv4:

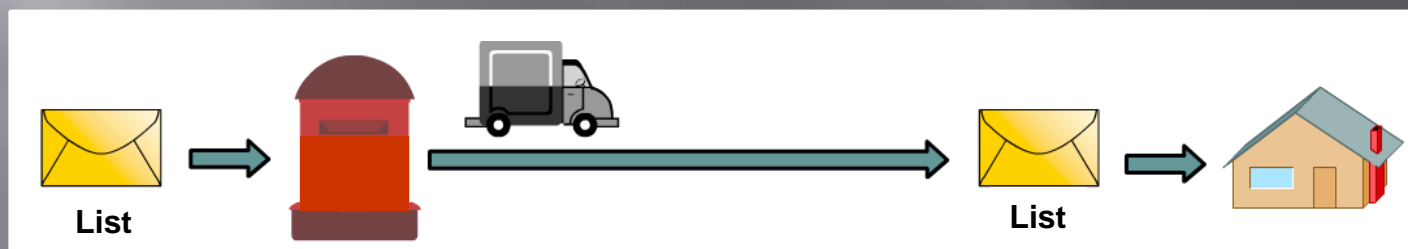
- bezpołączeniowy (*ang. connectionless*)
- „najlepiej jak to możliwe” (*ang. best effort*) – bez gwarancji dostarczenia
- niezależny od nośnika (*ang. media independent*)



Protokół warstwy sieci

Protokół IPv4 - bezpołączeniowy, „najlepiej jak to możliwe”, niezależny od nośnika

Porównanie do wysyłania zwykłego listu



Protokoły warstwy sieci - nagłówek IPv4

Bity 0-3	4-7	8-15	16-18	19-23	24-31				
Wersja	IHL	Typ usługi	Długość całkowita						
Identyfikator			Flagi	Przemieszczenie fragmentacji					
TTL		Protokół	Suma kontrolna nagłówka						
Adres źródłowy									
Adres docelowy									
Opcje					Dopełnienie				

- **Wersja** (Version, 4 bity) określa wersję protokołu, obecnie 4 lub 6
- **IHL** (Internet Header Length, 4 bity) długość nagłówka wyrażona w liczbie 4-bajtowych części (np. minimalna wartość tego pola to 0101=5 i oznacza długość nagłówka bez opcji i dopełnienia, czyli 20 bajtów; długość maksymalnego nagłówka, dla IHL=1111=15, to 60 bajtów)
- **Typ usługi** (Type of Service, 8 bitów) – pole to określa wartości mające podnieść jakość obsługi pakietu. Nie wszystkie sieci muszą honorować ustawione tu bity.

Znaczenie bitów jest następujące:

- Bity 0-2: Pierwszeństwo
 - 000=Zwykłe;
 - 001=Priorytetowe;
 - 010=Natychmiastowe;
 - 011=Błyskawiczne;
 - 100=Superbłyskawiczne;
- Bit 3: 0 = Normalne Opóźnienie, 1 = Małe Opóźnienie;
- Bit 4: 0 = Normalne Przejście, 1 = Przyspieszone Przejście;
- Bit 5: 0 = Normalna Niezawodność, 1 = Podwyższona Niezawodność;
- Bity 6-7: Zarezerwowane do wykorzystania w przyszłości.

Wartość priorytetu rośnie gdy rośnie wartość wyznaczona przez bity 0-2.

Protokoły warstwy sieci - nagłówek IPv4

Bity 0-3	4-7	8-15	16-18	19-23	24-31					
Wersja	IHL	Typ usługi	Długość całkowita							
Identyfikator			Flagi	Przemieszczenie fragmentacji						
TTL		Protokół	Suma kontrolna nagłówka							
Adres źródłowy										
Adres docelowy										
Opcje					Dopełnienie					

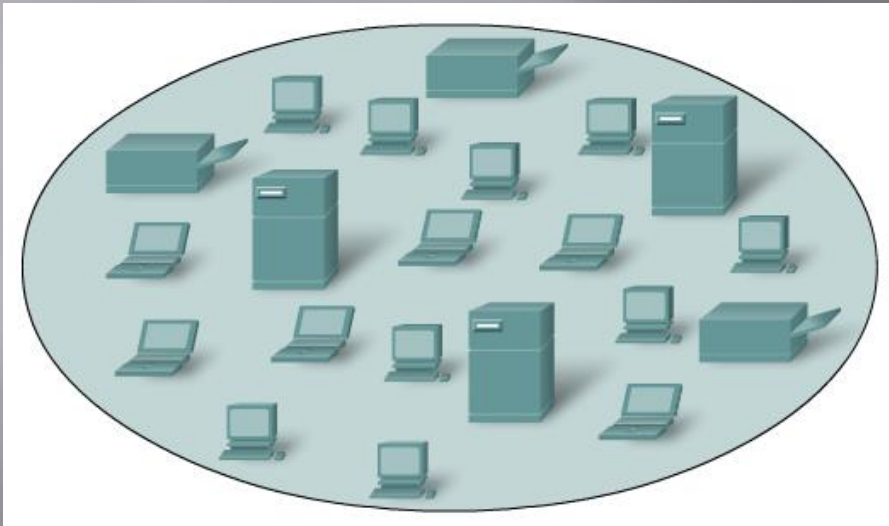
- **Długość całkowita** (16 bitów) - określa całkowitą długość pakietu z nagłówkiem i danymi wyrażoną w bajtach (maksimum 65535 bajtów – maksymalna wartość liczby 16-bitowej; minimum 20 bajtów, bo taka jest długość nagłówka) . Duże pakiety praktycznie nie są przesyłane w sieci. Standard IP wymaga, aby wszystkie stacje mogły przetwarzać pakiety o długości 576 bajtów. Liczba ta bierze się stąd, że dane są zwykle dzielone na pakiety o długości 512 bajtów, 60 to długość maksymalnego nagłówka IP, a pozostałe 4 bajty to margines dla innych protokołów. Najczęściej spotykaną długością nagłówka IP jest 20 bajtów. Pakiet przed wysłaniem do kolejnego węzła, musi być w danym węźle odebrany w całości, co prowadzi do powstawania opóźnień. Dlatego też pakiety wrażliwe na opóźnienia są krótkie.
- **Identyfikator** (16 bitów) – wartość ta jest ustawiana przez nadawcę i ma pomagać w identyfikacji fragmentów należących do tego samego pakietu przy jego scalaniu przez końcowego odbiorcę.
- **Flagi** (3 bity) – trzy flagi kontrolne: jedna jest zarezerwowana, druga flaga mówi, czy pakiet może być fragmentowany (DF: Don't fragment), trzecia mówi, czy istnieją następne fragmenty danego pakietu (MF: More Fragments) – ostatni fragment ma ustawione MF na 0
 - Bit 0: zarezerwowany, musi mieć wartość 0;
 - Bit 1: (DF) 0 = Można rozdrobnić pakiet, 1 = Nie można rozdrobnić;
 - Bit 2: (MF) 0 = Ostatni fragment, 1 = Nie ostatni fragment;
- **Przemieszczenie fragmentacji** - pole służy do złożenia w całość i w odpowiednim porządku pakietu, określając miejsce danego fragmentu w całym pakiecie

Protokoły warstwy sieci - nagłówki IPv4

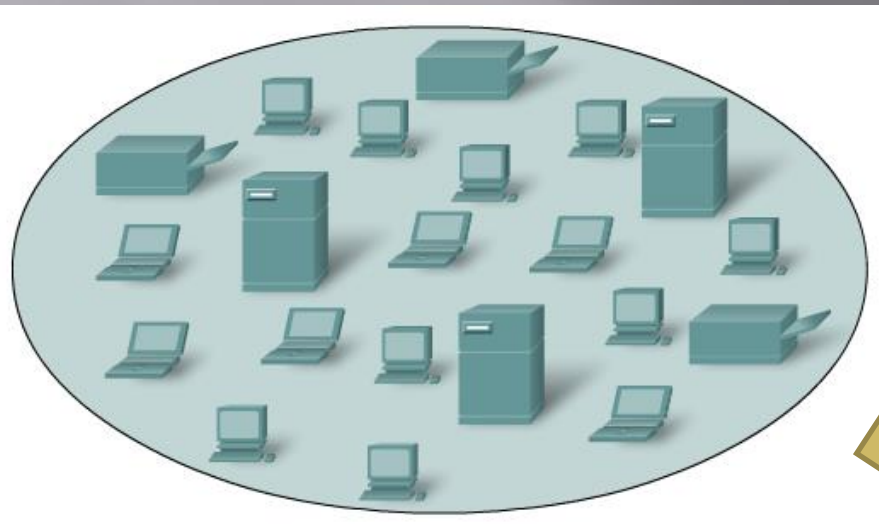
Bity 0-3	4-7	8-15	16-18	19-23	24-31					
Wersja	IHL	Typ usługi	Długość całkowita							
Identyfikator			Flagi	Przemieszczenie fragmentacji						
TTL		Protokół	Suma kontrolna nagłówka							
Adres źródłowy										
Adres docelowy										
Opcje					Dopełnienie					

- **TTL** (Time To Live, 8 bitów) to liczba przeskoków, przez które może przejść, zanim zostanie zignorowany (routery i komputery zmniejszają tę wartość o 1, gdy przesyłają pakiet), np. TTL = 16 pozwala na przejście przez 16 routerów, zanim zostanie usunięty)
- **Protokół** (8 bitów) – o pole określa który protokół został użyty na wyższym poziomie w przetwarzaniu danych pakietu (zawiera nazwę protokołu warstwy wyższej, np. TCP, UDP, ICMP.)
- **Suma kontrolna nagłówka** (16 bitów) - to liczba używana w sprawdzaniu poprawności nagłówka. Ponieważ nagłówki mogą się zmieniać, suma jest obliczana w każdym węźle w sieci, do którego dotarł pakiet.
- **Adres źródłowy i adres docelowy** 32-bitowe adresy IP
- **Opcje** – dodatkowe informacje o pakiecie danych. Opcje są wykorzystywane rzadko, zwykle na potrzeby specjalnych usług routingu, np.:
 - ograniczenia dotyczące bezpieczeństwa (dla aplikacji wojskowych),
 - zapis trasy przebytej przez pakiet,
 - zapis jednocześnie drogi i czasu,
 - luźne wyznaczanie drogi przez nadawcę,
 - ściśle wyznaczanie drogi przez nadawcę.
- **Dopełnienie** to pole wypełnione bitami, gdy dane nagłówka nie kończą się na granicy 32 bitów

Groupowanie hostów w sieci



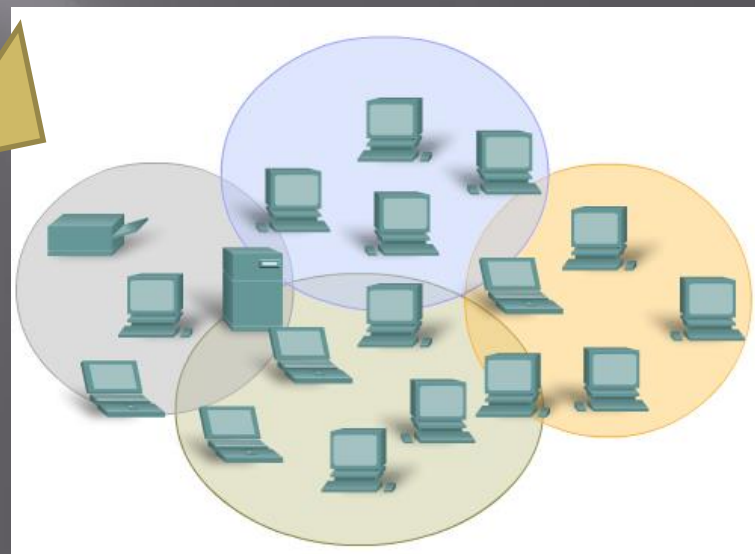
Groupowanie hostów w sieci



Wg lokalizacji geograficznej
Wg przeznaczenia
Wg prawa własności

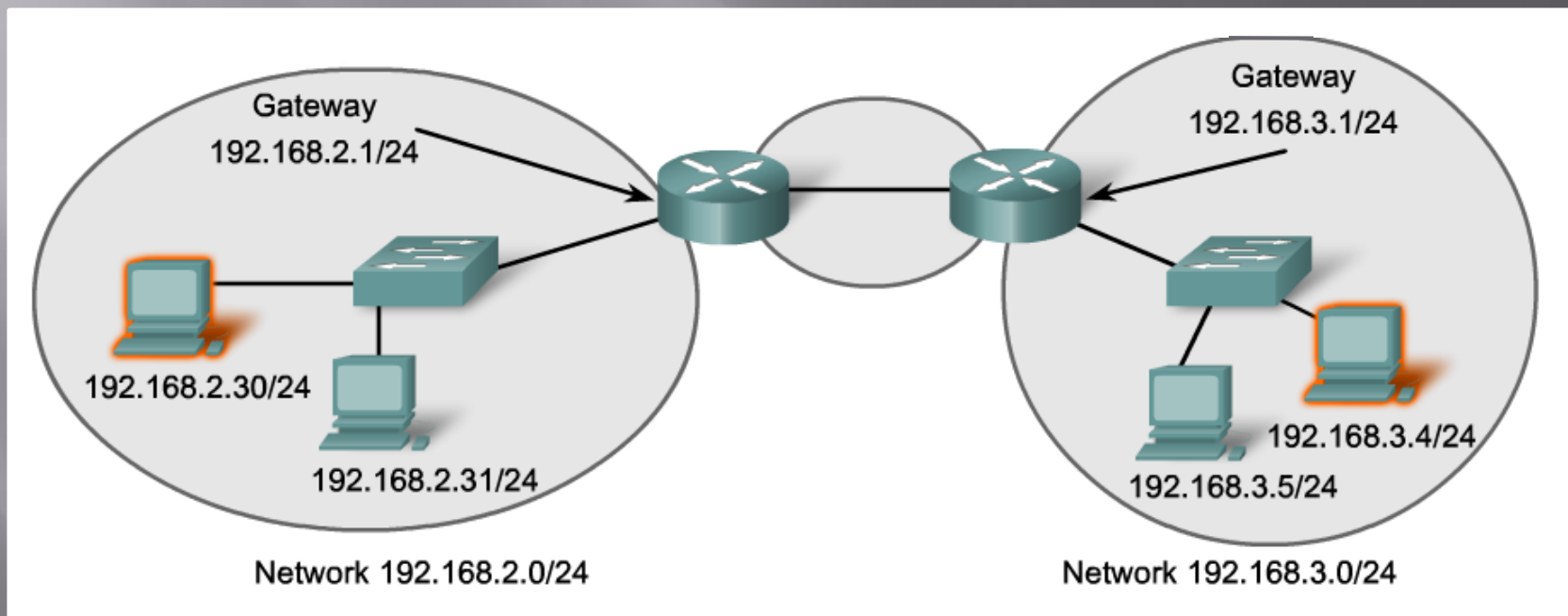
Ze względu na:

- wydajność
- bezpieczeństwo
- łatwość zarządzania

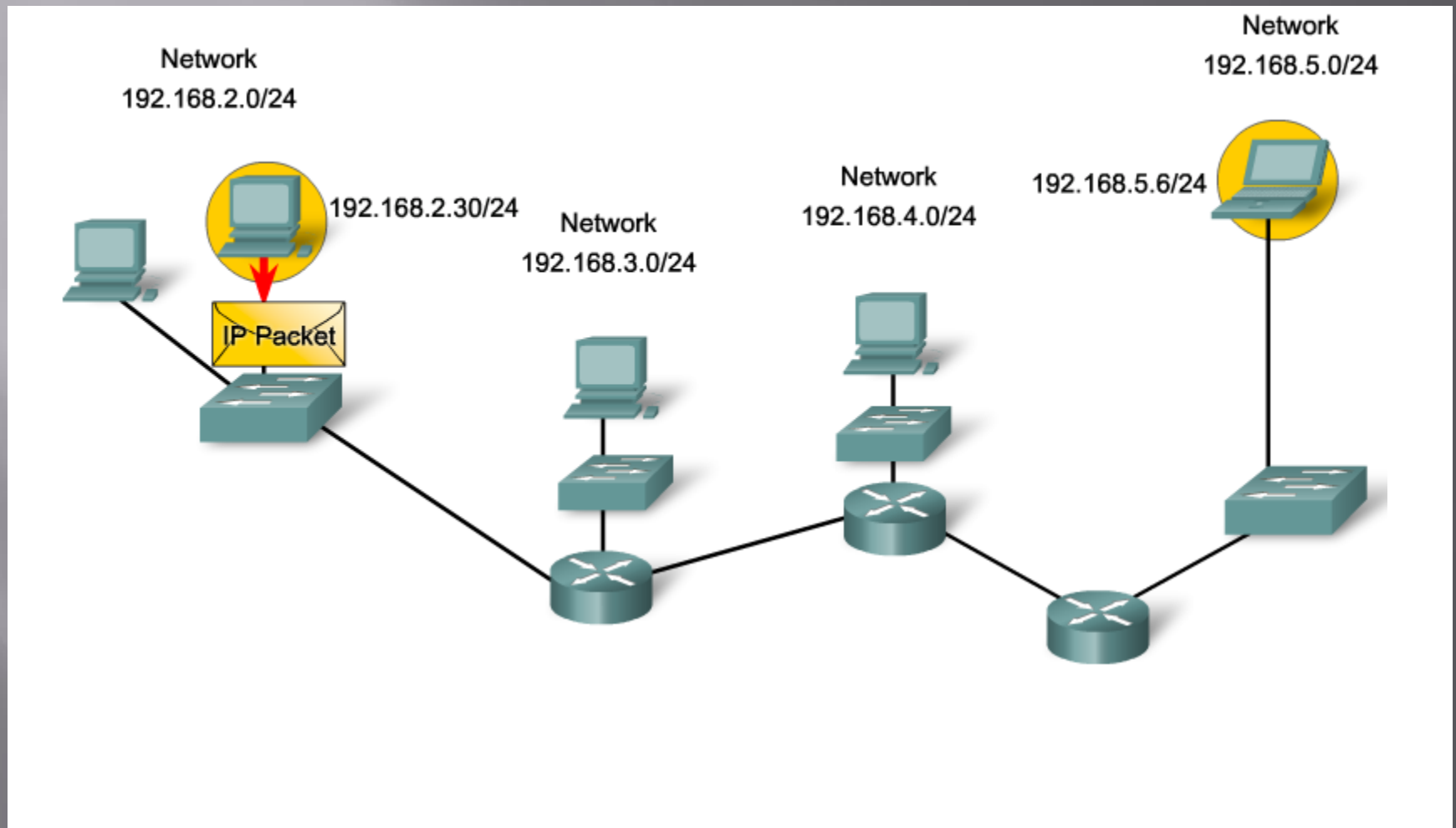


Routing – obsługa pakietów danych

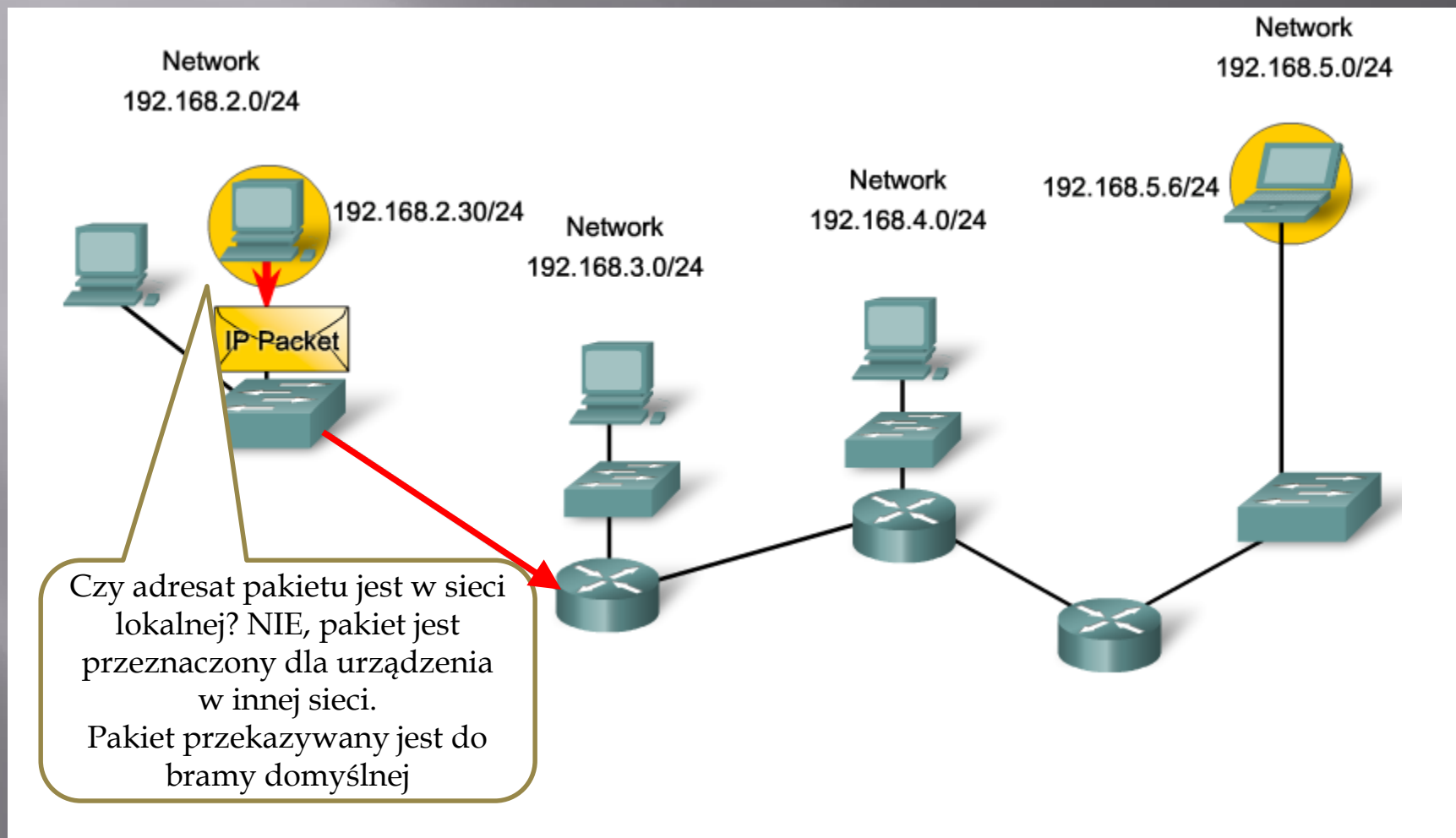
Komunikacja wykraczająca poza sieć lokalną



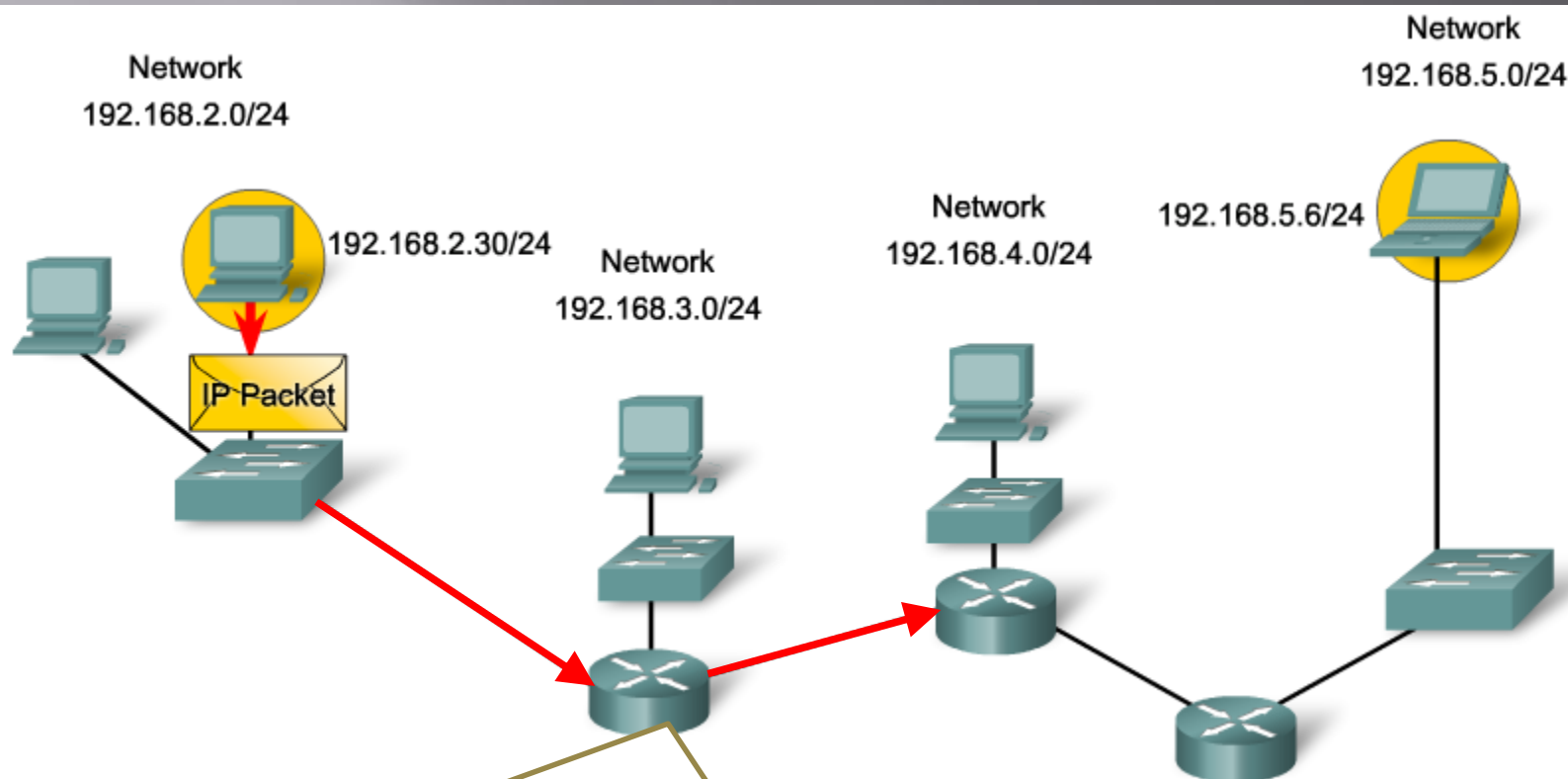
Routing – obsługa pakietów danych



Routing – obsługa pakietów danych

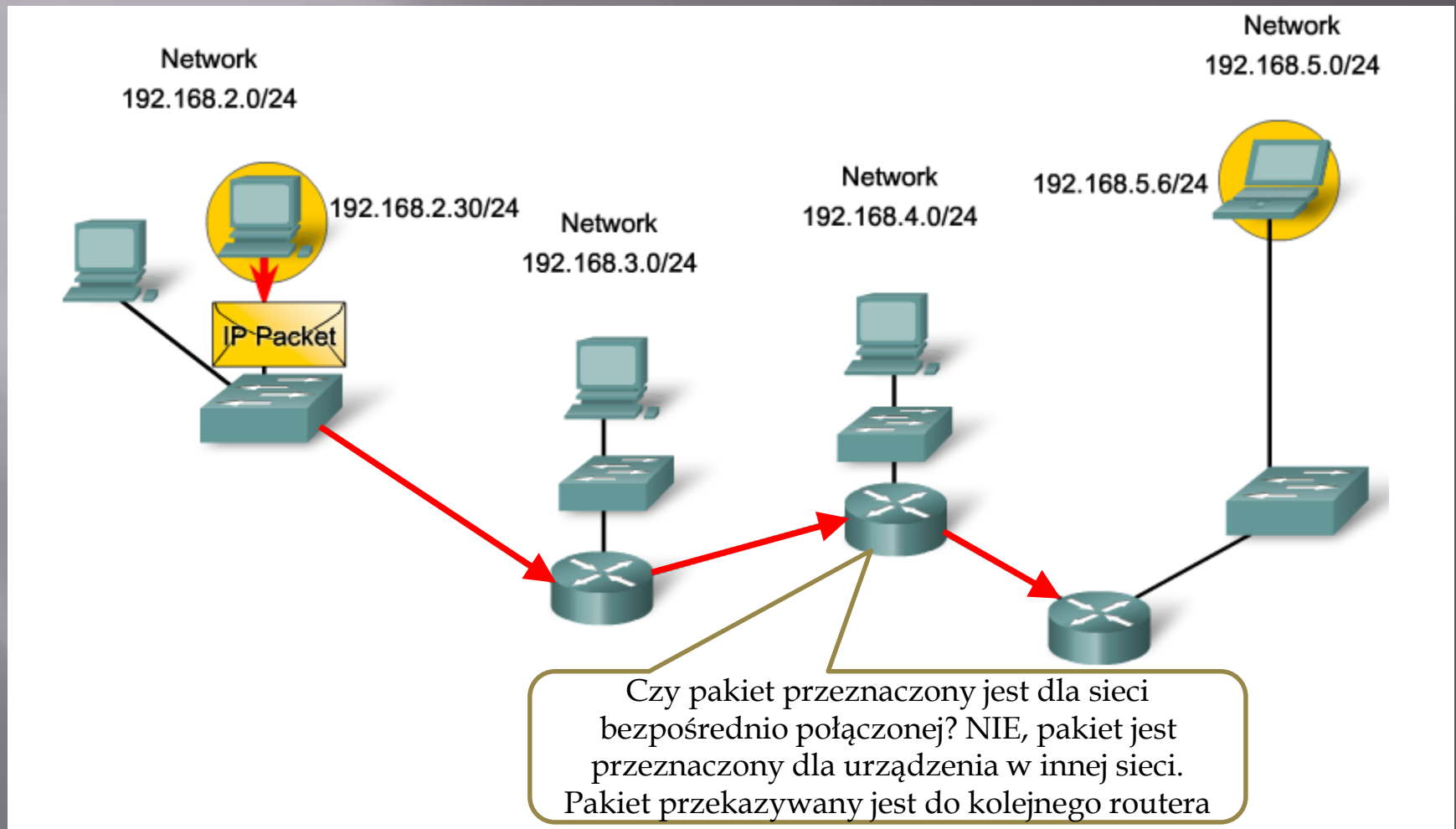


Routing – obsługa pakietów danych

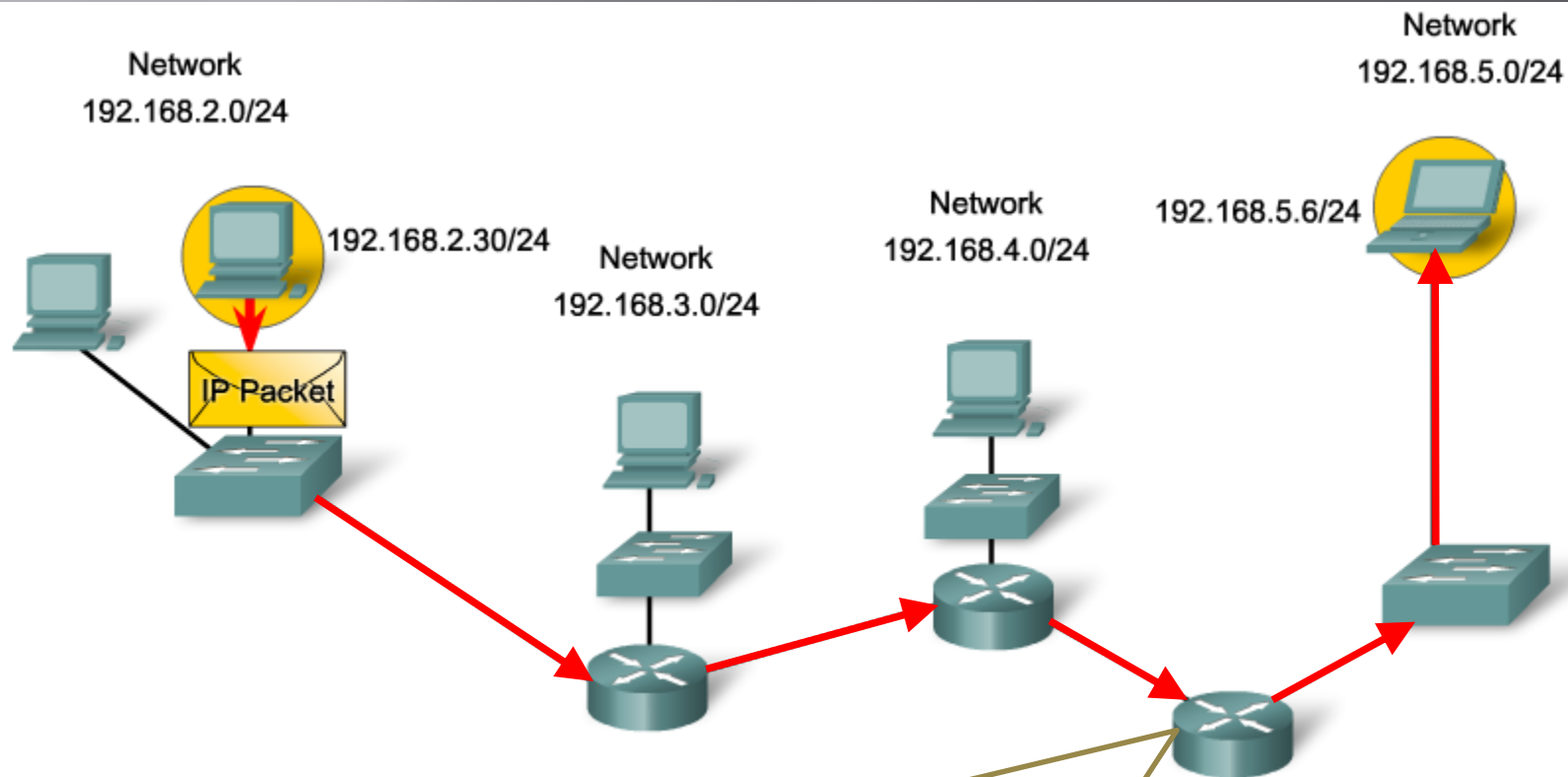


Czy pakiet przeznaczony jest dla sieci bezpośrednio połączonej? NIE, pakiet jest przeznaczony dla urządzenia w innej sieci. Pakiet przekazywany jest do kolejnego routera

Routing – obsługa pakietów danych



Routing – obsługa pakietów danych



Czy pakiet przeznaczony jest dla sieci bezpośrednio połączonej? TAK!
Pakiet przekazywany jest do odbiorcy

Routing

- ▣ **Routing** = Wyznaczanie ścieżki pakietu.
- ▣ Wyznaczanie ścieżki to proces, który umożliwia routerowi wybranie **następnego skoku** w drodze pakietu do adresata i odbywa się na zasadzie porównywania docelowego adresu IP z listą wszystkich możliwych adresów docelowych, nazywaną **tablicą routingu**.
- ▣ W tym procesie mogą być brane pod uwagę różne czynniki np.:
 - Odległość do celu;
 - Przepustowość łącza;
 - Obciążenie łącza;
 - Koszt łącza.

Routing – obsługa pakietów danych

Trasa: droga do sieci jest wyznaczana przez routery w oparciu o tablicę routingu.

Tablica routingu:

- sieć docelowa; adres następnego skoku (dokąd pakiet jest kierowany); metryka
- ...
- trasa domyślna

Routing – obsługa pakietów danych

Na podstawie adresu docelowego i tablicy routingu, router może wykonać z pakietem następujące czynności:

- przekazać do hosta docelowego
- przekazać do routera następnego kroku
- odrzucić

Jak routery uczą się tras?

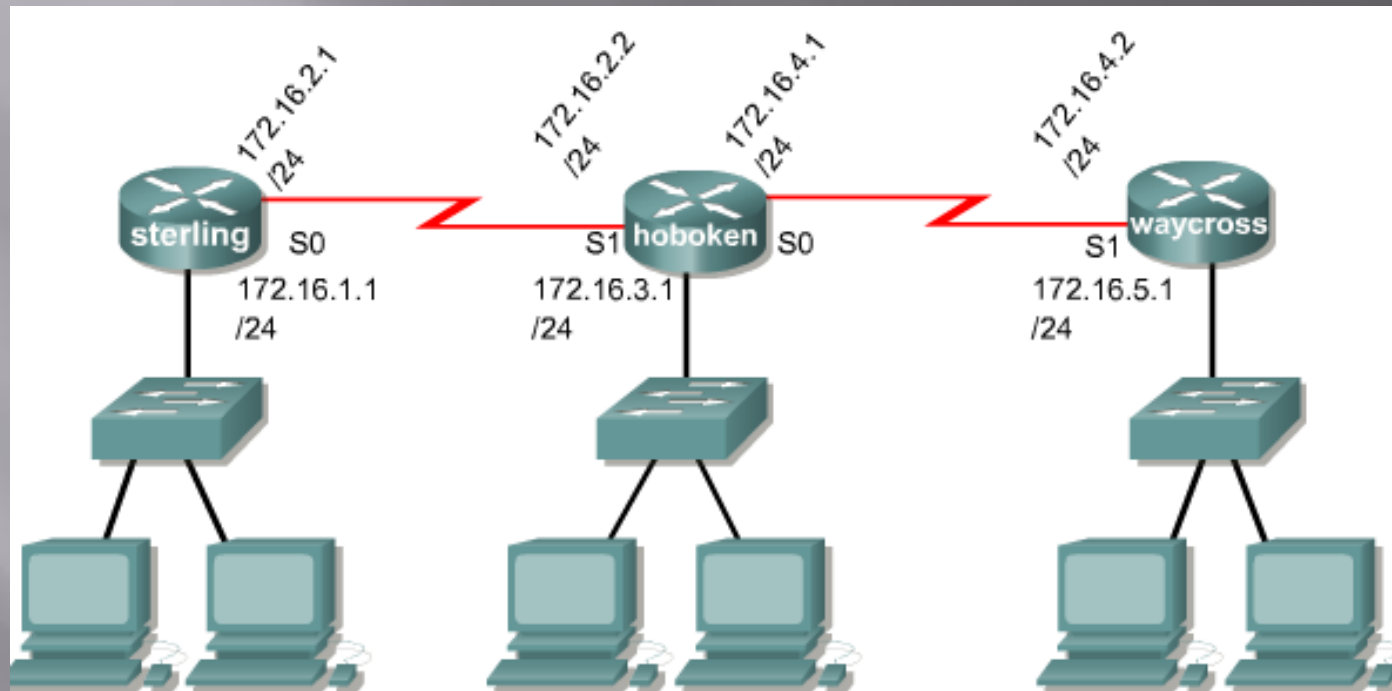
Routing statyczny – nie stanowi dodatkowego obciążenia dla sieci (nie ma konieczności przetwarzania tras), duże koszty administracyjne w przypadku modyfikacji topologii sieci

Routing dynamiczny - większe obciążenie sieci, mniejsze koszty administracyjne

Routing statyczny

- ▣ Ręczne ustalanie tras przez administratora.
- ▣ Dobry w sieciach wolno zmieniających się.
- ▣ Przydatny ze względu na bezpieczeństwo
- ▣ Przydatny gdy przy dostępie do sieci wykorzystywana jest tylko jedna ścieżka.
- ▣ Brak odporności na błędy.
- ▣ Zupełnie nie zdaje egzaminu w rozbudowanych, szybko zmieniających się sieciach.

Routing statyczny



```
Hoboken(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 s1
```

polecenie sieć docelowa maska podsieci brama

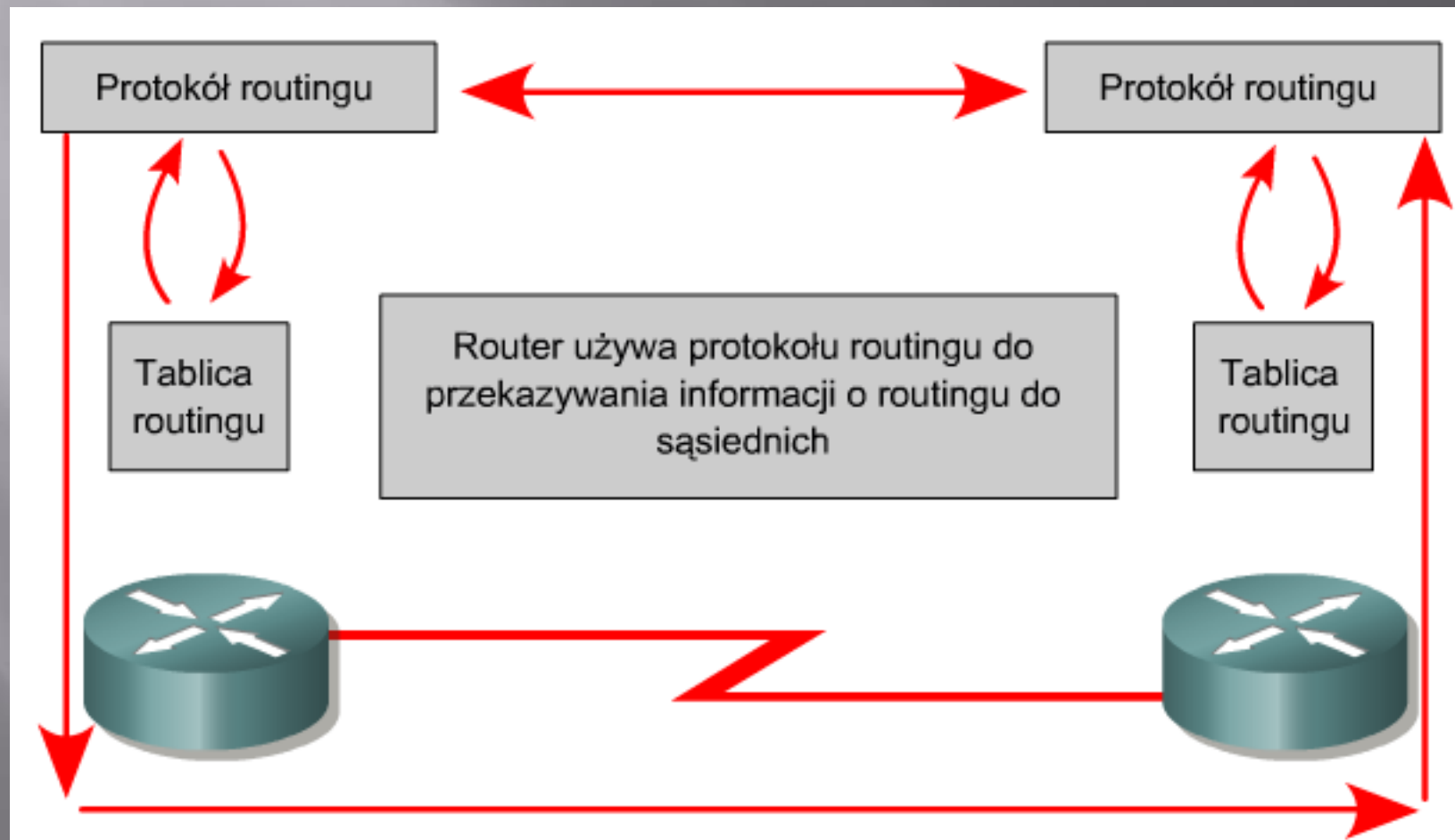
```
Hoboken(config)#ip route 172.16.5.0 255.255.255.0 s0
```

polecenie sieć docelowa maska podsieci brama

Routing dynamiczny

- ▣ Administrator ustala konfigurację **inicjalizującą** routing dynamiczny.
- ▣ Informacje o trasach są wymieniane pomiędzy urządzeniami, które **automatycznie** dokonują zmian w swoich tablicach routingu.
- ▣ Następuje automatyczne **dostosowywanie się** do zmian w topologii sieci.

Routing dynamiczny



Routing - protokoły

- ▣ **Protokół routowalny:** Protokół warstwy sieciowej pozwalający na przepływ pakietów i na kierowanie przepływem np. **IPv4** (*Internet Protocol version 4*).
- ▣ **Protokół routingu:** Protokół określający sposób kierowania pakietami routowalnego protokołu sieciowego. Protokół routingu ułatwia obsługę protokołów routowalnych poprzez dostarczenie mechanizmów umożliwiających wymianę informacji o trasach (ścieżkach) np. **RIP** (*Routing Information Protocol*), **IGRP** (*Interior Gateway Routing Protocol*), **EIGRP** (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*), **OSPF** (*Open Shortest Path First*).
- ▣ **Routing wieloprotokołowy:** Routery mogą obsługiwać wiele protokołów routingu oraz wiele protokołów routowalnych.

Podsumowanie

- Routery pracują w **warstwie sieci**
- Protokoły **routowalne** umożliwiają **transmisję danych** pomiędzy hostami za pośrednictwem routera.
- Najważniejszym protokołem routowalnym warstwy sieci jest **IPv4** (*Internet Protocol version 4*)
- Routing na poziomie warstwy 3 nie gwarantuje niezawodnego dostarczania pakietów
- Jeśli host utworzy pakiet z adresem docelowym spoza sieci lokalnej to pakiet zostanie wysłany do bramy domyślnej w celu rozpoczęcia przekazywania pakietu do sieci docelowej
- Routery utrzymują **tablice routingu**, zawierające informacje o sąsiadujących routerach i sieciach lokalnych
- Wpisy w tablicy routingu są konfigurowane **statycznie** albo **dynamicznie**
- Protokoły **routingu** umożliwiają routerowi dokonanie wyboru **najlepszej ścieżki** prowadzącej ze źródła do celu.

Koniec