

# Sieci komputerowe

Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński  
Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska

# Routing dynamiczny w urządzeniach Cisco

# Prot. routingu dynamicznego → zasięg (1)

Protokoły routingu wewnętrznego (ang. interior gateway protocols, IGP):

- wykorzystywane w ramach pojedynczego systemu autonomicznego (ang. autonomous system) – grupy sieci, w ramach której utrzymywany jest spójny system trasowania,
- lista systemów autonomicznych (obecnie około 84000) ([link](#)),
- przykładowe protokoły:
  - IGRP/EIGRP (Interior Gateway Routing Protocol/Enhanced IGRP),
  - OSPF (Open Shortest Path First),
  - RIP (Routing Information Protocol),
  - IS-IS (Intermediate System to Intermediate System).

## Prot. routingu dynamicznego → zasięg (2)

Protokoły routingu zewnętrznego (ang. exterior gateway protocols, EGP):

- wykorzystywane między systemami autonomicznymi (identyfikowanymi przy pomocy ASN. ang. autonomous system number),
- przykładowe protokoły:
  - EGP (Exterior Gateway Protocol) – obecnie wycofywany,
  - BGP (Border Gateway Protocol).

# Prot. routingu dynamicznego → działanie (1)

## Protokoły stanu łącza (ang. link-state):

- (wszystkie) routery wymieniają się informacjami o stanie połączeń (topologii sieci),
- każdy router na własną rękę oblicza najkrótsze ścieżki do każdego celu i na tej podstawie tworzy tablicę routingu,
- wykorzystywany algorytm Dijkstry ([link](#)),
- przykładowe protokoły: [OSPF](#), IS-IS.

## Prot. routingu dynamicznego → działanie (2)

Protokoły wektora odległości (ang. distance vector):

- sąsiednie routery wymieniają się gotowymi tablicami routingu wraz z metrykami (odległością do sieci/kosztami transmisji),
- każdy router przetwarza otrzymane komunikaty i wybiera *najtańszą* ścieżkę do danego celu (sieci), po czym wymienia się tą informacją z sąsiadami,
- najczęściej wykorzystywany algorytm Bellmana-Forda ([link](#)) – wyznaczanie najkrótszych ścieżek każdy do każdego,
- przykładowe protokoły: RIP, IGRP.

## Prot. routingu dynamicznego → działanie (3)

Protokoły wektora ścieżki (ang. path vector):

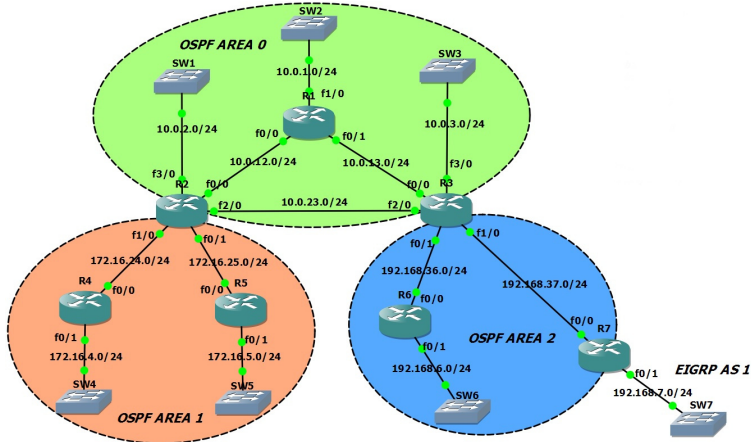
- routery wymieniają się ze sobą informacjami o ścieżkach, którymi można dotrzeć do danego celu,
- router przekazując ścieżkę dalej, dodaje siebie na jej koniec,
- routery ignorują otrzymane ścieżki jeśli same w niej występują (by uniknąć pętli),
- tablica routingu zawiera całą ścieżkę do celu, a nie tylko następny krok (może istnieć wiele ścieżek do jednego celu),
- wykorzystywany do routingu zewnętrznego:
  - pojedynczym elementem ścieżki jest nie router, ale system autonomiczny,
  - różnorodne polityki decydują, która ścieżka jest bardziej korzystna (np. porozumienia biznesowe),
- przykładowe protokoły: BGP.

# Open Shortest Path First (OSPF) (1)

- Zastosowanie – **protokół routingu wewnętrznego**, tj. ograniczony do jednego systemu autonomicznego.
- Działa w sieciach do 500 routerów.
- **Protokół stanu łącza w ramach pojedynczego obszaru (area)**:
  - każdy router buduje pełen model topologii sieci,
  - komunikacja w ramach obszaru przy pomocy multicastu.
- Protokół wektora odległości między różnymi obszarami:
  - desygnowany router, który przekazuje listę gotowych tras routerom spoza obszaru.



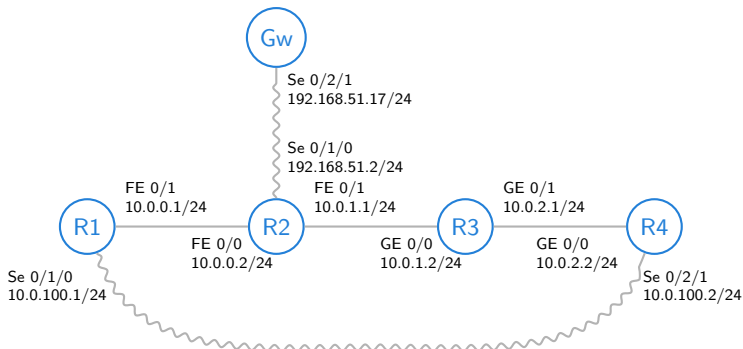
# Open Shortest Path First (OSPF) (2)



## Open Shortest Path First (OSPF) (3)

1. Routery nawiązują relację z sąsiadami wymieniając wiadomości *Hello*.
2. Routery wymieniają wiadomości *Database Descriptions (DD)* → dowiadują się o istniejących połączeniach.
3. Po każdej wykrytej zmianie stanu łącza router (epidemicznie) rozgłasza komunikat *Link-State Update (LSU)* z opisem zmian.
4. Zapobieganie zalewania sieci pakietami LSU – w jednej domenie rozgłoszeniowej wybiera się router desygnowany i zapasowy router desygnowany.

# Rozważana sieć



R1-R4 – wspólny obszar OSPF.

Gw – wyjście na świat (włączane później).

# Konfiguracja OSPF (1)

```
R3(config)# router ospf 1
```

```
R3(config-router)# network 10.0.0.0 0.0.255.255 area 0
```

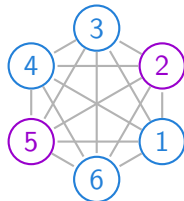
```
R3# show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
10.0.2.2	1	FULL/DR	00:00:32	10.0.2.2	GigabitEthernet0/1
10.0.1.1	1	FULL/BDR	00:00:38	10.0.1.1	GigabitEthernet0/0

```
R4# show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
10.0.2.1	1	FULL/BDR	00:00:35	10.0.2.1	GigabitEthernet0/0
10.0.0.1	0	FULL/ -	00:00:37	10.0.100.1	Serial0/2/1

- Identyfikator routera – jeden z adresów IP.
- Dwa wyróżnione routery na jedną sieć (domenę rozgłoszeniową): **Designated Router, Backup Designated Router.**



## Konfiguracja OSPF (2)

```
R3# show ip protocols
```

```
Routing Protocol is "ospf 1"
```

```
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
  Router ID 10.0.2.1
```

```
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
```

```
  Maximum path: 4
```

```
  Routing for Networks:
```

```
    10.0.0.0 0.0.255.255 area 0
```

```
  Routing Information Sources:
```

Gateway	Distance	Last Update
10.0.2.2	110	00:11:19
10.0.1.1	110	00:11:19

```
  Distance: (default is 110)
```

- Informacja o uruchomionych procesach protokołów.
- Ważne: *wzorzec* sieci OSPF, źródła informacji OSPF.

# Konfiguracja OSPF (3)

```
R3# show ip ospf data router
      OSPF Router with ID (10.0.2.1) (Process ID 1)
        Router Link States (Area 0)

LS age: 1042
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 10.0.0.1
Advertising Router: 10.0.0.1
LS Seq Number: 8000000E
Checksum: 0x851B
Length: 60
Number of Links: 3

  Link connected to: another Router (point-to-point)
    (Link ID) Neighboring Router ID: 10.0.2.2
    (Link Data) Router Interface address: 10.0.100.1
      Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 Metrics: 7812

  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 10.0.100.0
    (Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
      Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 Metrics: 7812

  Link connected to: a Transit Network
    (Link ID) Designated Router address: 10.0.0.2
    (Link Data) Router Interface address: 10.0.0.1
      Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 Metrics: 10
```

- Informacja o wymienianych komunikatach OSPF (tu wiadomość od R1).
- Pojedynczy wpis dla sieci 10.0.0.0/24 (Eth.).
- Dwa wpisy dla sieci 10.0.100.0/24 (Serial):
  - połączenie punkt-punkt, bo połączenie Serial (nie ma przełączników typu Serial),
  - połączenie do sieci 10.0.100.0/24.

# Konfiguracja OSPF (4)

```
R3# show ip ospf database
```

```
    OSPF Router with ID (10.0.2.1) (Process ID 1)
```

```
    Router Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
10.0.0.1	10.0.0.1	125	0x80000003	0x00DAFE	3
10.0.1.1	10.0.1.1	1061	0x80000003	0x004E89	2
10.0.2.1	10.0.2.1	1065	0x80000003	0x008051	2
10.0.2.2	10.0.2.2	124	0x80000003	0x005A16	3

```
    Net Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.0.0.2	10.0.1.1	1064	0x80000001	0x007793
10.0.1.2	10.0.2.1	1065	0x80000001	0x007B8B
10.0.2.2	10.0.2.2	1076	0x80000001	0x008181

Podsumowanie informacji o:

1. routerach w naszym obszarze,
2. wyróżnionych routerach w poszczególnych segmentach obszaru (10.0.1.1 to ID wyróżnionego routera dla segmentu pierwszego; jego adres w tym segmencie to 10.0.0.2).

# Konfiguracja OSPF (5)

```
R3# show ip route
```

```
*Jan  1 01:36:57.487:
```

```
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
```

```
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
       ...
```

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

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
```

```
C      10.0.2.0 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

```
O      10.0.0.0 [110/2] via 10.0.1.1, 00:00:38, GigabitEthernet0/0
```

```
C      10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
O      10.0.100.0 [110/65] via 10.0.2.2, 00:00:38, GigabitEthernet0/1
```

Metryki wykorzystywane do wyboru trasy:

1. dystans administracyjny (ang. administrative distance, link) – stopień *wiarygodności* informacji o połączeniu:
  - 1 – trasa statyczna,
  - 5-200 – trasa dynamiczna, wartość zależna od protokołu, domyślnie 110 dla OSPF, 120 dla RIP,
  - 255 – trasa nieznaną,
2. koszt – suma po połączeniach kosztów liczonych jako 100Mb/prędkość łącza (uwaga: czasami 1Gb/prędkość łącza).



# Ujednolicanie metryki kosztów

```
R3(config)# router ospf 1
R3(config-router)# auto-cost reference-bandwidth 1000
R3# show ip route
...
Gateway of last resort is not set
  10.0.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
C       10.0.2.0 is directly connected, GigabitEthernet0/1
O       10.0.0.0 [110/20] via 10.0.1.1, 00:00:15, GigabitEthernet0/0
C       10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O       10.0.100.0 [110/648] via 10.0.2.2, 00:00:15, GigabitEthernet0/1
R3# show ip ospf interface
GigabitEthernet0/1 is up, line protocol is up
  Internet Address 10.0.2.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.0.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
  Designated Router (ID) 10.0.2.2, Interface address 10.0.2.2
  Backup Designated router (ID) 10.0.2.1, Interface address 10.0.2.1
  ...
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 10.0.1.2/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.0.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

# Ręczna zmiana wartości kosztu

```
R4# show ip route
```

```
...
```

```
0          10.0.1.0 [110/11] via 10.0.2.1, 00:00:15, GigabitEthernet0/0
```

```
R4# configure terminal
```

```
R4(config)# interface GigabitEthernet 0/0
```

```
R4(config-if)# bandwidth 25
```

```
R4(config-if)# do show ip route
```

```
...
```

```
0          10.0.1.0 [110/50] via 10.0.2.1, 00:00:15, GigabitEthernet0/0
```

```
R4(config-if)# ip ospf cost 17
```

```
R4(config-if)# do show ip route
```

```
...
```

```
0          10.0.1.0 [110/27] via 10.0.2.1, 00:00:15, GigabitEthernet0/0
```

Do sieci 10.0.1.0/24 (transmisja przez 10.0.100.0/24 zawsze droższa):

1. łącze 1Gb/s  $\rightarrow$  100 Mb/s:  $\frac{1000}{1000} + \frac{1000}{100} = 11$ ,
2. łącze 25Mb/s  $\rightarrow$  100 Mb/s:  $\frac{1000}{25} + \frac{1000}{100} = 50$ ,
3. łącze o koszcie 17  $\rightarrow$  100 Mb/s:  $17 + \frac{1000}{100} = 27$ .

# Dodawanie domyślnej bramy

```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.51.17
```

```
R2(config)# default-information originate
```

```
R3# show ip route
```

```
...
```

```
Gateway of last resort is 10.0.1.1 to network 0.0.0.0
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
```

```
C 10.0.2.0 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

```
O 10.0.0.0 [110/20] via 10.0.1.1, 00:07:35, GigabitEthernet0/0
```

```
C 10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
O 10.0.100.0 [110/648] via 10.0.2.2, 00:07:35, GigabitEthernet0/1
```

```
O*E2 0.0.0.0/0 [110/10] via 10.0.1.1, 00:03:21, GigabitEthernet0/0
```

```
R3# show ip ospf database
```

```
...
```

```
Type-5 AS External Link States
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	10.0.1.1	417	0x80000001	0x002960	1

# OSPF – podsumowanie komend (1)

## Konfiguracja OSPF – tryb konfiguracji (Router(config)#)

<code>router ospf &lt;pid&gt;</code>	wejście do trybu konfiguracji procesu OSPF
<code>network &lt;IP&gt; &lt;odw. maska&gt; \</code> <code>area &lt;obszar&gt;</code>	dodanie sieci pasujące do wzorca do OSPF, aktywacja wymiany tras; pierwszy wpis włącza proces OSPF
<code>auto-cost reference-bandwidth \</code> <code>&lt;prędkość w Mb/s&gt;</code>	ustawia referencyjną prędkość używaną do automatycznego obliczania kosztów połączenia
<code>default-information originate</code> <code>redistribute &lt;co rozgłaszać&gt;</code>	włącza redystrybucję trasy domyślnej włącza rozgłaszanie tras podanego typu: połączonych (connected subnets), statycznych (static subnets), z innego procesu/protokołu routingu (eigrp subnets)

## Ręczne ustalanie kosztu łącza – tryb konfiguracji interfejsu (Router(config-if)#)

<code>bandwidth &lt;prędkość&gt;</code>	zmiana postrzeganej przez protokoły routingu prędkości
<code>ip ospf cost &lt;koszt&gt;</code>	sztuczna zmiana kosztu danego łącza dla OSPF

## OSPF – podsumowanie komend (2)

**Diagnostyka** – tryb uprzywilejowany (Router#)

`show ip protocols` informacje o działających procesach prot.

`show ip ospf` informacje o działających procesach OSPF

`show ip ospf interface` informacje o procesach OSPF dla poszczególnych interfejsów

`show ip ospf neighbor` informacje o sąsiadach

`show ip ospf database` podsumowane dane o połączeniach

`show ip ospf database network` podsumowane dane o sieciach

`show ip ospf database router` pełne dane o połączeniach

# Zadanie 1

1. Wraz z koleżankami i kolegami połącz 5-6 routerów w pętlę, tak by były osobne sieci między każdymi sąsiednimi routerami.
2. Na każdym routerze uruchom proces OSPF, tak by wszystkie routery pracowały w ramach jednego obszaru OSPF.
3. Zbadaj jak wyglądają tablice routingu na routerach i które wędrują pakiety do różnych sieci (polecenie traceroute).
4. Ujednolicić koszty przesyłu na wszystkich połączeniach (1000 Mb/s).
5. Dodaj/usuń połączenia w sieci i zobacz jak się zmienia tablica routingu i trasy pakietów.