

Konfigurowanie protokołu OSPF w systemie Linux

1. Wprowadzenie

Wymagania wstępne: wykonanie ćwiczeń „Zaawansowana adresacja IP” oraz „Dynamiczny wybór trasy w ruterach Cisco”.

(Uwaga – ze względu na brak polskich odpowiedników dla angielskich nazw niektórych pojęć w dalszej części opracowania stosowane są najczęściej nazwy angielskie.)

Sieć Internet posiada hierarchiczną strukturę. Na najwyższym poziomie zbudowana jest z wielu tzw. systemów autonomicznych (ang. Autonomous System, w skrócie AS), złożonych z sieci IP, które są niżej w hierarchii. Dokładniej, system autonomiczny jest zbiorem sieci IP podlegających wspólnej, niezależnej władzy administracyjnej. Zarówno pomiędzy systemami autonomicznymi, jak i pomiędzy sieciami IP wewnątrz pojedynczego systemu działają protokoły dynamicznego wyboru trasy. Te pierwsze nazywa się protokołami EGP (ang. Exterior Gateway Protocol) lub po prostu zewnętrznymi. Stosowanym w sieci Internet protokołem z tej grupy jest BGP (ang. Border Gateway Protocol), który poznamy podczas kolejnego ćwiczenia.

Drugą grupę tworzą protokoły IGP (ang. Interior Gateway Protocol), zwane też wewnętrznymi; stosowane są wewnątrz pojedynczego systemu autonomicznego. Do najbardziej znanych należą tu: RIP (ang. Routing Information Protocol), IS-IS (ang. Intermediate System to Intermediate System) oraz OSPF (ang. Open Shortest Path First). Ostatni z nich jest przedmiotem niniejszego ćwiczenia. Tabela 1 zawiera klasyfikację wspomnianych tu protokołów dynamicznego wyboru trasy.

	stan łącza	odległość-kierunek
IGP	OSPF, IS-IS	RIP
EGP	-	BGP

Tabela 1. Klasyfikacja protokołów dynamicznego wyboru trasy

OSPF jest protokołem wewnętrznym, podobnie jak RIP i IS-IS. Zaprojektowano go dla dużych systemów autonomicznych, liczących do około 500 ruterów (przyczynia się do tego wsparcie dla technologii **CIDR i VLSM** oraz koncepcja obszarów, omówiona w punkcie 1.1). Ponadto należy on - razem z IS-IS, z którego się wywodzi - do protokołów typu stan łącza (ang. link state). **Badanie stanu łącza** ma na celu przede wszystkim budowanie między ruterami relacji, powodujących że propagacja uaktualnień protokołu (ang. updates) jest kontrolowana. Nie otrzymują ich łącza (interfejsy ruterów) uznane za nieaktywne lub nie uwierzytelnione. Proces budowania relacji w OSPF obejmuje siedem stanów: Down, Init, Two-way, ExStart, Exchange, Loading oraz Full, który oznacza pełną, poprawną relację. Do zarządzania relacjami protokoł wykorzystuje **pakiety Hello**.

Jak każdy protokół dynamicznego wyboru trasy, OSPF znajduje zgodnie z własnymi kryteriami **najkrótsze trasy między sieciami**. Sieć komputerową reprezentuje się w postaci grafu ważonego, a stosowaną metryką jest suma kosztów wszystkich łączy (interfejsów ruterów) tworzących trasę. Oczywiście, im mniejszy koszt posiada trasa, tym bardziej jest preferowana. Koszt łącza najczęściej zależy tylko od jego przepustowości.

Proces wyznaczania najkrótszych tras obejmuje dwie fazy. W pierwszej każdy ruter buduje pełny obraz topologii sieci tworzących obszar (obszary omawia punkt 1.1). Obraz ten jest jednakowy we wszystkich ruterach obszaru. Zaraz potem, w fazie drugiej, każdy ruter

stosuje **algorytm Dijkstry**, by obliczyć najkrótsze ścieżki od samego siebie do pozostałych ruterów. Z tych ścieżek wywodzi następnie zawartość swojej tablicy tras. Znane trasy nie są – jak w protokole RIP – ogłaszane okresowo, gdyż OSPF jest protokołem wyzwalanym zdarzeniami. Faza pierwsza uruchamiana jest bowiem po zajściu zmiany w topologii sieci, np. na skutek awarii łącza.

Protokół OSPF uruchomiony jest często w sieciach wielodostępowych (ang. multiple access, w skrócie MA). W ogólności są to wszystkie sieci inne niż dwupunktowe, zatem zaliczamy do nich większość technologii sieci lokalnych LAN i miejskich MAN oraz niektóre technologie sieci rozległych (np. Frame Relay). Komunikacja między ruterami OSPF w sieci wielodostępowej odbywa się za pośrednictwem specjalnie wybranego **rutera DR** (ang. Designated Router). Ogłoszenia od rutera-nadawcy wysyłane są najpierw do rutera DR, a on następnie powiela je do wszystkich pozostałych ruterów. W przypadku awarii głównego rutera DR jego funkcje przejmuje zapasowy, zwany BDR (ang. Backup Designated Router).

1.1 Pakiety LSA i obszary

Aby protokół OSPF uczynić skalowalnym, wprowadzono w jego modelu dodatkowy poziom hierarchii. System autonomiczny jest bowiem podzielony na numerowane zbiory sieci IP, nazywane **obszarami** (ang. areas). Wśród nich wyróżniony jest obszar **backbone**, mający numer 0 (ang. area 0 lub backbone area) - pełni on rolę punktu centralnego (tranzytowego), łączącego pozostałe obszary. Wszelkie uaktualnienia protokołu przesyłane są za pośrednictwem obszaru backbone. Rysunek 1 ilustruje koncepcję obszarów.

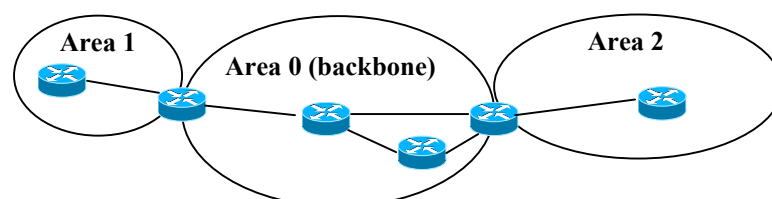
Uaktualnienia protokołu OSPF nazywa się pakietami LSA (ang. Link State Advertisement). Istnieje 7 rodzajów uaktualnień (LSA Type 1 – LSA Type 7), należących do trzech kategorii:

- intraarea LSA – pakiety LSA przesyłane pomiędzy sieciami wewnątrz jednego obszaru;
- interarea LSA – pakiety LSA przesyłane pomiędzy różnymi obszarami. Informują one routery innych obszarów o sieciach IP zawartych w obszarze, z którego pochodzą. Pakiety te często niosą ze sobą zagregowane adresy sieci (CIDR) i wówczas nazywane są summary LSA;
- external LSA – pakiety LSA pochodzące z innego systemu autonomicznego lub spoza domeny OSPF (od protokołu tras innego niż OSPF).

Ze względu na typ przesyłanych uaktualnień wyróżnia się cztery rodzaje obszarów:

- standard area – routery w tym obszarze przyjmują wszystkie rodzaje uaktualnień (intraarea, interarea oraz external);
- backbone area (area 0) – obszar typu standard, który dodatkowo jest obszarem backbone;
- stub area – routery w tym obszarze nie przyjmują uaktualnień typu external;
- NSSA (ang. Not-So-Stubby Area) – w obszarze NSSA routery przyjmują uaktualnienia typu external, jednak najczęściej nie przyjmują uaktualnień typu interarea summary LSA.

Dwa ostatnie rodzaje obszarów stosuje się w sieciach peryferyjnych, z których do sieci publicznej prowadzi tylko jedna trasa, lub w sieciach, których routery mają zbyt małą moc obliczeniową, by obsługiwać protokół OSPF.



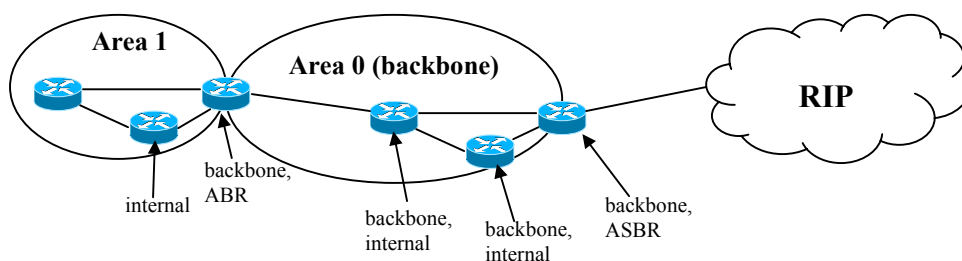
Rysunek 1. Obszary w protokole OSPF

1.2 Typy ruterów OSPF

W protokole OSPF istnieją cztery typy ruterów, zależne od umiejscowienia rutera w obszarze:

- Internal Router – ruter, którego wszystkie interfejsy znajdują się w jednym obszarze;
- Backbone Router – ruter, który ma przynajmniej jeden interfejs w obszarze backbone;
- ABR (ang. Area Border Router) – ruter przyłączony do co najmniej dwóch obszarów;
- ASBR – ruter przyłączony do innego systemu autonomicznego lub importujący trasy z innego protokołu (np. RIP).

Jak ukazuje przykład na rysunku 2, dany ruter może łączyć funkcje kilku typów ruterów.



Rysunek 2. Typy ruterów OSPF

1.3 Redystrybucja tras

Redystrybucja zachodzi wtedy, gdy różne protokoły (np. RIP i OSPF) wymieniają między sobą informacje o trasach. Wyróżniamy dwa rodzaje redystrybucji: jednokierunkową, w której tylko jeden z protokołów eksportuje trasy, a drugi je importuje, oraz dwukierunkową, gdy każdy protokół jest zarówno eksporterem, jak i importerem informacji o trasach. Z redystrybucji należy korzystać ostrożnie, gdyż nieumiejętne jej użycie może powodować powstanie pętli w trasach.

1.4 Przydatne polecenia konfiguracyjne

Przy konfigurowaniu protokołu OSPF w pakiecie Zebra stosowane są następujące komendy:

enable (tylko dla pracy przez terminal) – przejście do trybu uprzywilejowanego;

configure terminal (tylko dla pracy przez terminal) – przejście z trybu uprzywilejowanego do trybu konfiguracji;

router ospf – aktywacja protokołu OSPF i przejście do trybu konfiguracji OSPF;

network <adres IP sieci>/<maska> area <nr obszaru> - wybór sieci, która będzie ogłaszana w protokole. Polecenie to jednocześnie wskazuje interfejsy rutera, na których należy uaktywnić protokół OSPF. Słowo kluczowe **area** powoduje przypisanie interfejsowi (-om) należącemu (-ym) do sieci <adres IP sieci> wybranego obszaru;

area <nr obszaru> range <adres zagregowany>/<maska> - komenda wydawana w ruterze ABR, zlecająca mu ogłaszanie pewnego zbioru sieci z obszaru <nr obszaru> w postaci zagregowanego adresu <adres zagregowany>;

area <nr obszaru> stub – przypisanie obszarowi typu stub;

redistribute (kernel|connected|static|rip|bgp) – aktywacja redystrybucji tras z różnych źródeł: jądra systemu (kernel), sieci bezpośrednio przyłączonych (connected), tras statycznych (static) oraz protokołów RIP i BGP;

default-information originate – zlecenie lokalnemu ruterowi, by innym ruterom ogłaszał siebie jako bramę domyślną;

show running-config – wyświetlenie bieżącej konfiguracji rutera;
show ip ospf – wyświetlenie podstawowych informacji o lokalnym routerze OSPF (typ rutera, ID rutera, itd.);
show ip ospf neighbor – wyświetlenie informacji o sąsiadujących routerach OSPF (stan relacji, ID rutera DR i BDR);
show ip ospf database – wyświetlenie (w postaci pakietów LSA) zgromadzonej informacji o stanach łączy.

W dodatku zamieszczono przykład konfiguracji trzech routerów OSPF pracujących w systemie autonomicznym złożonym z jednego obszaru.

2. Organizacja, wymagany sprzęt i oprogramowanie

- zadanie wykonuje grupa 3-osobowa;
- sprzęt: 3 komputery PC;
- oprogramowanie: system Linux z zainstalowanym pakietem Zebra.

3. Zadania

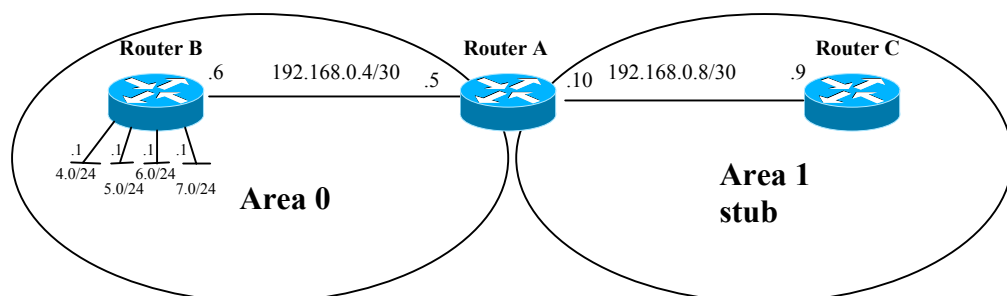
1. Skonfigurować trzy routery OSPF pracujące w systemie autonomicznym złożonym z dwóch obszarów i połączone zgodnie z rysunkiem 3. W tabeli 2 znajdują się adresy IP sieci, których należy użyć w różnych zespołach. Na rysunku 3 ukazano również przykładowy schemat adresacji, wykorzystujący proponowane adresy.

Zadania szczegółowe:

- routery A i B znajdują się w obszarze nr 0 (backbone), routery A i C – w obszarze nr 1;
- obszar nr 1 jest typu stub (uwaga - należy to skonfigurować zarówno w routerze A, jak i w C);
- router A agreguje adresy czterech sieci rutera B do jednego adresu CIDR i tylko ten adres ogłasza routerowi C.

	Zespół 1	Zespół 2	Zespół 3	Zespół 4
Adresy sieci przy routerze B	192.168.4.0/24	192.168.8.0/24	192.168.12.0/24	192.168.16.0/24
	192.168.5.0/24	192.168.9.0/24	192.168.13.0/24	192.168.17.0/24
	192.168.6.0/24	192.168.10.0/24	192.168.14.0/24	192.168.18.0/24
	192.168.7.0/24	192.168.11.0/24	192.168.15.0/24	192.168.19.0/24
Adresy sieci między routerami	192.168.0.4/30	192.168.1.4/30	192.168.2.4/30	192.168.3.4/30
	192.168.0.8/30	192.168.1.8/30	192.168.2.8/30	192.168.3.8/30

Tabela 2. Adresy IP sieci do zadania 1



Rysunek 3. Sieć routerów OSPF do zadania 1

Poprawność wykonania zadania można sprawdzić przy pomocy komend diagnostycznych:

- `show ip route` – czy ruter C posiada trasy do czterech sieci rutera B? (powinien posiadać tylko jedną trasę, do sieci z adresem zagregowanym)
- `show ip ospf` – jakie są typy ruterów A, B i C?
- `show ip ospf neighbor` – który ruter pełni rolę DR/BDR w każdej sieci?
- `show ip ospf database` – jakiego typu pakiety LSA pamięta każdy ruter?
- `debug ospf packet` – jak często wysyłane są pakiety Hello, zarządzające relacjami między ruterami?

2. Wyłączyć w routerze B protokół OSPF w czterech sieciach z maską /24 (polecenie `no network <adres IP sieci>/<maska>`). Umożliwić routerowi B dalsze ogłaszanie tych sieci przez redystrybucję (polecenie `redistribute connected`). W routerze A zaprzestać ogłaszania adresu CIDR tych sieci (polecenie `no area 0 range <adres CIDR>/<maska>`). Dlaczego ruter C nie otrzymuje informacji o sieciach rutera A? Należy wydać polecenia, które to umożliwią.

4. Pytania sprawdzające

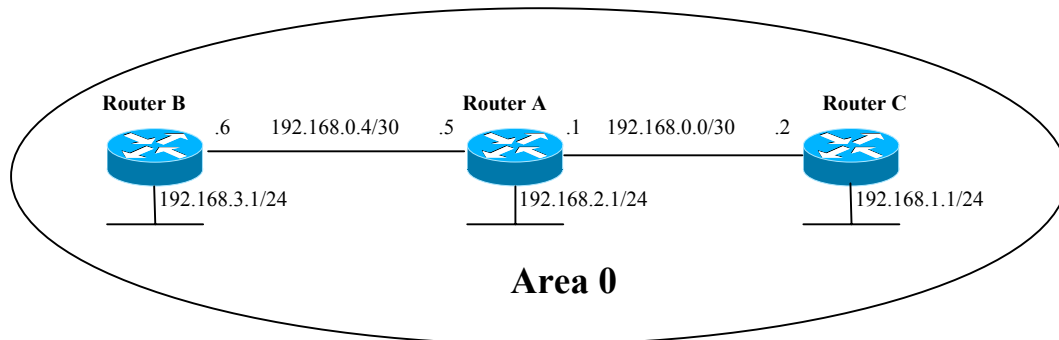
1. Wymień i omów typy a) obszarów, b) ruterów oraz c) uaktualnień protokołu OSPF.
2. Czym jest wirtualne połączenie (ang. virtual link) w protokole OSPF?
3. Jakie adresy IP wykorzystuje protokół OSPF?
4. Czy protokoły RIP i OSPF wykorzystują warstwę transportową? Jeśli tak, jakich numerów portów używają? Jeśli nie, jak są zaimplementowane?

5. Literatura

1. Wprowadzenie do protokołu OSPF: książki A. S. Tanenbaum „Computer Networks”, J. F. Kurose i K. Ross „Computer Networking – A Top-Down Approach Featuring the Internet” oraz B. Forouzan “TCP/IP protocol suite”.
2. Rodzaje obszarów w OSPF: <http://www.cisco.com/warp/public/104/8.html>
3. Stany relacji między sąsiadami: <http://www.cisco.com/warp/public/104/13.html>
4. Konfiguracja protokołu OSPF w pakiecie Zebra: dokumentacja pakietu, dostępna pod adresem www.zebra.org.

Dodatek - przykładowa konfiguracja środowiska ruterów OSPF

Niniejszy dodatek zawiera przykład konfiguracji protokołu OSPF z wykorzystaniem tylko jednego obszaru (backbone). Zamieszczone dalej komendy pochodzą z trzech ruterów ukazanych poniżej.



Na rysunku sieci z maską /30 reprezentują połączenia punkt-punkt między ruterami w sieci WAN, zaś sieci z maską /24 przedstawiają sieci lokalne, zawierające komputery. Cztery razy zastosowano również skróconą formę zapisu adresu IP, obejmującą tylko ostatni bajt. Dla przykładu, zapis „,5” oznacza skrót adresu 192.168.0.5. Linie plików konfiguracyjnych rozpoczynające się znakiem ‘!’ oznaczają komentarze.

```
!W zebraad:
RouterA# configure terminal
RouterA(config)# interface eth0
RouterA(config-if)# ip address 192.168.2.1/24
RouterA(config-if)# ip address 192.168.0.5/30
RouterA(config-if)# ip address 192.168.0.1/30
RouterA(config-if)# no shutdown

!W ospfd:
ospfA# configure terminal
ospfA(config)# router ospf
ospfA(config-router)# network 192.168.2.0/24 area 0
ospfA(config-router)# network 192.168.0.0/30 area 0
ospfA(config-router)# network 192.168.0.4/30 area 0

!W zebraad:
RouterA# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       B - BGP, > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O 192.168.0.0/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:06:10
C>* 192.168.0.0/30 is directly connected, eth0
O 192.168.0.4/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:06:00
C>* 192.168.0.4/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.1.0/24 [110/20] via 192.168.0.2, eth0, 00:04:50
O 192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:06:21
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, eth0
O>* 192.168.3.0/24 [110/20] via 192.168.0.6, eth0, 00:05:07
```

```

!W zebra:
RouterB# configure terminal
RouterB(config)# interface eth0
RouterB(config-if)# ip address 192.168.3.1/24
RouterB(config-if)# ip address 192.168.0.6/30
RouterB(config-if)# no shutdown

!W ospfd:
ospfB# configure terminal
ospfB(config)# router ospf
ospfB(config-router)# network 192.168.3.0/24 area 0
ospfB(config-router)# network 192.168.0.4/30 area 0

!W zebra:
RouterB# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       B - BGP, > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O>* 192.168.0.0/30 [110/20] via 192.168.0.5, eth0, 00:06:15
O 192.168.0.4/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:06:25
C>* 192.168.0.4/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 192.168.0.5, eth0, 00:06:05
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 192.168.0.5, eth0, 00:06:15
O 192.168.3.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:06:35
C>* 192.168.3.0/24 is directly connected, eth0

ospfB# show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface       RXmtL  RqstL
DBsmL
192.168.2.1      1     Full/DR         00:00:39   192.168.0.5   eth0:192.168.0.6  0      0      0

ospfB# show ip ospf database

        OSPF Router with ID (192.168.3.1)

                Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID          ADV Router      Age Seq#           CkSum  Link count
192.168.1.1      192.168.1.1    238 0x80000006 0x9182  2
192.168.2.1      192.168.2.1    238 0x80000009 0x62b6  3
192.168.3.1      192.168.3.1    228 0x80000005 0x42c4  2

                Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID          ADV Router      Age Seq#           CkSum
192.168.0.1      192.168.2.1    238 0x80000002 0x832a
192.168.0.5      192.168.2.1    255 0x80000002 0x7532

```

```

!W zebra:
RouterC# configure terminal
RouterC(config)# interface eth0
RouterC(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
RouterC(config-if)# ip address 192.168.0.2/30
RouterC(config-if)# no shutdown

!W ospfd:
ospfC# configure terminal
ospfC(config)# router ospf
ospfC(config-router)# network 192.168.1.0/24 area 0
ospfC(config-router)# network 192.168.0.0/30 area 0

!W zebra:
RouterC# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       B - BGP, > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O   192.168.0.0/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:01:04
C>* 192.168.0.0/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.0.4/30 [110/20] via 192.168.0.1, eth0, 00:00:12
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:01:14
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, eth0
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 192.168.0.1, eth0, 00:00:12
O>* 192.168.3.0/24 [110/30] via 192.168.0.1, eth0, 00:00:12

ospfC# show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface       RXmtL  RqstL  DBsmL
192.168.2.1      1     Full/DR         00:00:38   192.168.0.1   eth0:192.168.0.2  0      0      0

ospfC# show ip ospf database

        OSPF Router with ID (192.168.1.1)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID          ADV Router      Age Seq#          CkSum Link count
192.168.1.1      192.168.1.1    204 0x80000006 0x9182 2
192.168.2.1      192.168.2.1    206 0x80000009 0x62b6 3
192.168.3.1      192.168.3.1    197 0x80000005 0x42c4 2

        Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID          ADV Router      Age Seq#          CkSum
192.168.0.1      192.168.2.1    206 0x80000002 0x832a
192.168.0.5      192.168.2.1    223 0x80000002 0x7532

```