Routing - opracowanie

# Routery i routing

Routery to urządzenia, których zadaniem jest przesyłanie pakietów do sieci zarówno lokalnych jak i odległych poprzez określenie najlepszej trasy do wysłania pakietów oraz przekazanie tych pakietów w kierunku celu. Aby pakiety zostały prawidłowo przesłane router musi posiadać informacje o trasie do miejsca przeznaczenia. Router wybiera najlepszą trasę do przekazania pakietu na podstawie danych zgromadzonych w tablicy routingu. Na przekazywanie przez router pakietów składają się dwie czynności:

* proces wyznaczania trasy
* proces przełączania

Router odbierając pakiet sprawdza docelowy adres IP i przeszukuje swoją tablicę routingu w celu odnalezienia adresu sieciowego najbardziej zbliżonego do adresu docelowego. Wpis w tablicy routingu zawiera również informację o interfejsie sieciowym, poprzez który należy wysłać pakiet.

## Tablica routingu

Tablica routingu to struktura danych znajdujący się w pamięci operacyjnej routera, w którym przechowywane są informacje o drogach do sieci połączonych bezpośrednio oraz sieci zdalnych. Głównym celem tablicy routingu jest dostarczenie routerowi tras do różnych sieci docelowych. Tablica routingu składa się z adresów sieci połączonych bezpośrednio, adresów sieci zdalnych, skonfigurowanych statycznie i znalezionych dynamicznie. W tablicy routingu jeden wpis odpowiada grupie urządzeń, które współdzielą tę samą sieć lub przestrzeń adresową.

Sieci połączone bezpośrednio – to sieci, w których docelowy adres IP pakietu należy do sieci, która jest bezpośrednio połączona z interfejsem routera – pakiet jest bezpośrednio przekazywany do celu.

Sieci zdalne – to sieci, w których pakiet, aby dotrzeć do celu jest przekazywany do innych routerów. Docelowy adres IP nie należy do sieci podłączonej bezpośrednio.

Brak ustalonej trasy – to sytuacja, w której docelowy adres IP nie należy do sieci połączonej bezpośrednio i nie należy do sieci zdalnej a router nie ma trasy domyślnej. W

takiej sytuacji pakiet jest odrzucany.

Poprawność tablicy routingu opiera się na trzech zasadach:

Router podejmuje decyzje niezalenie od innych routerów. Podstawą podjęcia decyzji są informacje zawarte w tablicy routingu

Informacja zawarta w tablicy routingu jednego z routerów nie jest tożsama z informacjami zawartymi w tablicach routingu innych routerów.

Znajomość trasy przez router z jednej sieci do drugiej nie jest informacją o trasie powrotnej.

Tworzenie i aktualizacja tablicy routingu możliwa jest poprzez statyczne tworzenie i usuwanie wpisów przez administratora - tzw. routing statyczny, lub w sposób automatyczny za pomocą protokołów routingu dynamicznego. Trasa statyczna zawiera adres sieciowy i maskę podsieci sieci zdalnej oraz adres IP routera następnego skoku, bądź interfejsu wyjściowego. Kiedy w tablicy routingu znajduje się wpis trasy do sieci zdalnej, pojawiają się dodatkowe informacje - metryka oraz odległość administracyjna.

## Metryka

Metryka – jest to wartość używana przez protokołu routingu w celu ustalenia kosztu dotarcia do sieci docelowych. Metryka jest sposobem porównywania lub mierzenia i służy do wyznaczenia potencjalnej drogi wtedy, gdy do sieci docelowej wiedzie wiele różnych dróg. Każdy z protokołów routingu dynamicznego inaczej oblicza swoją metrykę. Metryka stosowana przez jeden protokół routingu nie jest porównywalna z metryką stosowaną przez inny protokół routingu. Protokół RIP jako metrykę wykorzystuje liczbę skoków, protokół EIGRP wykorzystuje szerokość pasma i opóźnienie a OSPF wykorzystuje koszt interfejsu. Dwa różne protokoły routingu, które używają różnych metryk mogą na ich podstawie wybrać inną drogę do tej samej sieci docelowej.

Metryki używane w protokołach routingu zawierają niżej wymienione wartości:

Liczba skoków – wartość metryki, która zawiera liczbę routerów, poprzez które musi przejść pakiet, aby dotrzeć do sieci docelowej.

Szerokość pasma – droga do sieci docelowej wybierana jest poprzez łącza z największą przepustowością.

Obciążenie – wartość metryki, w której uwzględniane jest natężenie ruchu w danym łączu

Opóźnienie – wartość metryki, w której uwzględniany jest czas, w jakim pakiet dotrze do sieci docelowej

Niezawodność – wartość metryki, w której szacowane jest prawdopodobieństwo wystąpienia awarii łącza obliczane na podstawie licznika błędów interfejsu lub awarii łącza, które wystąpiły w przeszłości.

Koszt – wartość metryki ustalana przez system operacyjny routera lub przez administratora sieci, która wskazuje preferencje dla danej trasy. Koszt może przedstawiać metrykę, połączenie metryk lub regułę.

Protokoły ustalając najlepszą trasę, wybierają trasę z najniższą metryką.

Odległość administracyjna

Odległość administracyjna – to liczba całkowita z przedziału od 0 do 255 określająca pierwszeństwo routingu. Im niższa wartość, tym wyższy jest priorytet źródła routingu. Odległość administracyjna 0 posiada sieć połączona bezpośrednio, natomiast wartość odległości administracyjnej 255 oznacza, iż trasa jest niewiarygodna i router nie zainstaluje jej w swojej tablicy routingu. Każde źródło routingu, czyli trasy statyczne i trasy połączone bezpośrednio mają swój priorytet. Jeżeli router zna drogę do sieci docelowej z dwóch lub więcej źródeł routingu to wybiera tą z niższą wartością administracyjną.

# Protokoły routingu dynamicznego

Protokół routingu dynamicznego to zestaw komunikatów, procesów i algorytmów, które służą do komunikacji między routerami, pozwalają na wymianę informacji o sieciach między routerami oraz umożliwiają budowanie tablicy routingu routerów. Protokoły routingu dynamicznego umożliwiają wymianę informacji o dostępności i stanie sieci zdalnych. Protokoły routingu dynamicznego nie tylko wyznaczają najlepszą drogę do celu, ale ustalają nową drogę, jeżeli zmieni się topologia, w związku, z czym mogą na bieżąco reagować na zachodzące zmiany w sieci co daje im przewagę nad routingiem statycznym.

 Do głównych zadań protokołów routingu dynamicznego należy:

Wykrywanie sieci

Utrzymywanie aktualnej informacji o trasach do danych sieci

Wybór najlepszej drogi do docelowej sieci

Znalezienie nowej drogi do docelowej sieci w przypadku, kiedy droga bieżącą przestanie działać.

 Algorytm protokołu routingu wyznacza najlepszą drogę do sieci docelowej na podstawie metryki. Metryka ta jest różnie obliczana dla różnych protokołów routingu. Metryką może być liczba skoków – dla protokołu RIP, lub szerokość pasma - dla protokołu OSPF. Ważnym parametrem protokołów routingu jest tzw. czas zbieżności, czyli czas, w jakim wszystkie tablice routingu routerów zostaną doprowadzone do stanu spójności. Będzie to miało miejsce wtedy, gdy wszystkie routery w tej samej domenie routingu będą miały pełną informację o sieci.

## Podział protokołów routingu dynamicznego.

Protokoły routingu można podzielić na podstawie różnych ich właściwości. W zależności od miejsca w sieci, w którym działają, protokoły routingu dynamicznego dzielą się na protokoły IGP i EGP

Protokoły bramy wewnętrznej – IGP

– Interior Gateway Protocols – to zbiór protokołów routingu dynamicznego działających wewnątrz systemu autonomicznego – AS.

Protokoły bramy zewnętrznej – EGP

– Exterior Gateway Protocols - to zbiór protokołów routingu dynamicznego działających pomiędzy systemami autonomicznymi.

System autonomiczny – AS

- to sieć pod kontrolą pojedynczej organizacji. System autonomiczny zwany jest również domeną routingu. System autonomiczny składa się z wielu sieci kontrolowanych przez jedną organizację.

Protokoły IGP stosowane są wewnątrz systemów autonomicznych. Przykładem protokołów IGP są: RIP, EIGRP, OSPF, IS-IS. Protokoły EGP stosowane są pomiędzy systemami autonomicznymi należącymi do różnych organizacji. Przykładem protokołu EGP jest protokół BGP.

## Protokoły wektora odległości i stanu łącza.

Protokoły wektora odległości - to protokoły w których trasy do sieci docelowych określane są jako wektory odległości i kierunku. Odległość zdefiniowana jest za pomocą metryki, której wartością jest liczba skoków, czyli liczba routerów poprzez które musi przebyć pakiet danych aby dotrzeć do sieci docelowej, a kierunek to adres IP routera następnego skoku lub interfejs wyjściowy routera.

Protokoły stanu łącza

– to protokoły, które wykorzystują informacje o stanie łączy routerów, na których są uruchomione. Informacja ta składa się z:

adresu IP i maski podsieci interfejsu,

typu sieci – np. Ethernet, PPP,

kosztu łącza,

danych o sąsiednich routerach na tym samym łączu.

Protokoły wektora trasy

– nie stosują metryk, lecz tzw. Atrybuty. Atrybuty są związane z konkretną siecią IP i są przesyłane razem z informacją o tej sieci. Protokołem

wektora trasy jest protokół BGP.

## Klasowe i bezklasowe protokoły routingu.

Klasowe protokoły routingu – to protokoły, które w aktualizacjach routingu nie wysyłają informacji o masce podsieci. Pierwsze protokoły routingu były protokołami klasowymi. Związane to było z faktem, iż adresy sieciowe były przyporządkowywane na podstawie klas. Maska podsieci była ustalana na podstawie pierwszego oktetu adresu sieciowego, w związku z czym protokół routingu w swoich aktualizacjach nie musiał umieszczać informacji o masce podsieci. Klasowe protokoły routingu nie obsługują masek.

Bezklasowe protokoły routingu – to protokoły, które w aktualizacjach routingu wraz z adresem IP zamieszczają maskę podsieci. Dzięki temu mogą być stosowane w sieciach wykorzystujących VLSM oraz w sieciach nieciągłych. Ponadto protokoły routingu dynamicznego posiadają pewne cechy właściwe dla poszczególnych protokołów, co umożliwia ich porównywanie.

## Właściwości protokołów routingu dynamicznego.

Protokoły routingu dynamicznego cechują się pewnymi właściwościami, które predysponują je do zastosowania w różnych sieciach, w zależności od topologii, wielkości sieci, zastosowanych urządzeń, oraz od stanu wiedzy administratorów, którzy będą dane protokoły wdrażać i rozwiązywać występujące problemy w ich działaniu. Protokoły routingu dynamicznego posiadają następujące właściwości:

Skalowalność – określa rozmiar sieci, w jakiej dany protokół routingu może być stosowany.

Zbieżność – czas, w jakim tablice routingu wszystkich routerów będących we wspólnej domenie routingu osiągną stan spójności.

Klasowość lub bezklasowość – protokoły, które w wysyłanych aktualizacjach tablicy routingu zamieszczają bądź nie zamieszczają informacji o masce podsieci.

Zapotrzebowanie na zasoby sprzętowe – protokoły routingu do poprawnego działania wymagają odpowiedniej ilości pamięci RAM oraz mocy obliczeniowej procesora.

Wdrożenie i utrzymanie – poszczególne protokoły routingu wymagają odpowiedniego poziomu wiedzy od administratora w celu poprawnego ich skonfigurowania oraz rozwiązywania problemów z ich działaniem. W zależności od protokołu routingu wiedza potrzebna do skonfigurowania i wdrożenia może być mniej lub bardziej zaawansowana.

# Routing statyczny

W sytuacji, kiedy trasa do sieci zdalnej zostaje umieszczona w tablicy routingu poprzez wydanie polecenia konfiguracyjnego przez administratora, nazywa się routingiem statycznym. Po skonfigurowaniu takiej trasy system operacyjny routera umieszcza w tablicy routingu informacje na temat maski podsieci, interfejsu wyjściowego oraz adresu IP routera następnego skoku. Routing statyczny można konfigurować za pomocą adresu IP interfejsu routera następnego skoku, w tym przypadku proces tablicy routingu musi przyporządkować ten adres IP do interfejsu wyjściowego routera. Proces przeszukiwania tablicy routingu jest bardziej efektywny, gdy trasy statyczne mają zdefiniowane tylko interfejsy wyjściowe. Różnica pomiędzy siecią punkt – punk a siecią wielodostępową np. Ethernet jest taka, że w łączu punkt – punkt po drugiej stronie łącza znajduje się tylko jedno urządzenie. W przypadku sieci wielodostępowych wiele różnych urządzeń może wspólnie wykorzystywać tę samą sieć wielodostępową. W związku z tym tylko informacja o ethernetowym interfejsie wyjściowym dla trasy statycznej jest niewystarczająca do tego, aby router mógł ustalić, które urządzenie jest następnym skokiem. Sieci punkt – punkt, w procesie przekazywania pakietów nie stosują adresu IP następnego skoku.

W tablicy routingu może zostać umieszczony wpis dotyczący konkretnej sieci docelowej, może również znajdować się wpis bardziej ogólny - trasa sumaryczna lub domyślna. Dzięki temu następuje zmniejszenie rozmiaru tablicy routingu i proces przeszukiwania tablicy routingu jest wydajniejszy. Zamiast wielu można użyć jednej trasy sumarycznej. Trasa domyślna reprezentuje wszystkie trasy – jeżeli nie istnieją w tablicy routingu z lepszym dopasowaniem, zostanie wybrana trasa domyślna. Składnia domyślnej trasy statycznej zawiera jako adres sieciowy 0.0.0.0 z maską 0.0.0.0. Wartość odległości administracyjnej dla tras tworzonych statycznie równa jest 1.

Jeżeli zajdzie potrzeba modyfikacji wcześniej skonfigurowanej trasy statycznej należy w pierwszej kolejności usunąć istniejącą trasę statyczną a następnie skonfigurować nową trasę statyczną.

Routing statyczny znajduje zastosowanie w niewielkich sieciach, co do których rozbudowa nie jest przewidywana. Zaletami są: niewielkie zapotrzebowanie na zasoby sprzętowe routera, stosunkowa łatwość konfiguracji, jest bezpieczniejszy od protokołów routingu dynamicznego, jest przewidywalny tzn. trasa do celu jest zawsze taka sama. Wadą routingu statycznego jest to, iż nie jest skalowalny, złożoność konfiguracji rośnie wraz z rozmiarem sieci. Każda zmiana topologii sieci wymaga interwencji administratora. Prawidłowe wdrożenie routingu statycznego wymaga pełnej wiedzy o topologii sieci.

# Protokoły routingu wektora odległości

W protokołach routingu wektora odległości informacja o trasach określana jest jako wektor odległości i kierunku. Odległość reprezentowana jest jako metryka, czyli liczba skoków poprzez poszczególne routery aby dotrzeć do sieci docelowej, a kierunek to adres IP routera następnego skoku lub interfejs wyjściowy. Routery z zaimplementowanym protokołem routingu wektora odległości nie znają całej topologii sieci. Router ma tylko informację, w jakim kierunku należy wysłać pakiet, czyli adres IP lub interfejs wyjściowy i odległość do sieci docelowej. Protokoły routingu wektora odległości posiadają klika cech wspólnych. Aktualizacje okresowe wymieniane są między routerami w regularnych interwałach czasowych – 90 sekund dla protokołu IGRP, 30 sekund dla protokołu RIP. Wyjątkiem jest protokół EIGPR, gdzie nie są wysyłane aktualizacje okresowe. Tylko zmiany informacji o trasach powodują wysłanie aktualizacji. Dla protokołu RIPv1 aktualizacje wysyłane są na adres rozgłoszeniowy - 255.255.255.255, a dla protokołu RIPv2 na adres multicast. Routery sąsiadujące, na których skonfigurowany jest ten sam protokół routingu analizują i przetwarzają te informacje. Inne urządzenia pracujące w sieci również otrzymują i analizują aktualizacje. Aktualizacje powodują obciążanie łącza, jeżeli topologia sieci nie zmienia się przez długie okresy czasu, aktualizacje okresowe są wysyłane powodując niepotrzebne przetwarzanie i marnotrawienie zasobów procesorów. Niektóre protokoły wektora odległości np. RIPv2 i EIGRP używają adresów multicast zamiast adresu brodacast .

## RIP – Routing Information Protocol.

RIP jest najstarszym protokołem routingu wektora odległości. Powstał na bazie protokołu GWINFO – Gateway Information Protocol firmy Xerox. Następnie RIP został wdrożony w systemie BSD. W 1988 roku RIP został znormalizowany w dokumencie RFC 1058. W kolejnych latach powstały kolejne wersje protokołów RIP: RIP v2 w 1994r oraz RIPng w 1997r.

RIP jako metryki używa liczbę skoków, trasy z metryką powyżej 15 uznawane są za nieosiągalne. Aktualizacje tablicy routingu wysyłane są na adres broadcast 255.255.255.255 w segmencie UDP z numerem portu źródłowego i docelowego 520, z interwałem czasowym 30 sekund [2].

## RIPv1

RIP jest znormalizowanym protokołem routingu wektora odległości, może być stosowany w sieciach, w których wykorzystywane są routery różnych producentów. RIPv1 jest klasowym protokołem wektora odległości dla IPv4.

RIP stosuje dwa typy komunikatów: komunikat żądania i komunikat odpowiedzi. Każdy z interfejsów, na którym uruchomiony jest protokół RIP po uruchomieniu wysyła komunikat „żądanie” po to, aby wszystkie sąsiadujące routery wysłały pełne tablice routingu. Sąsiednie routery z protokołem RIP wysyłają komunikat „odpowiedź”. Router odbierający analizuje każdy wpis, jeżeli wpis jest nowy, router instaluje trasę w tablicy routingu. Po zaktualizowaniu tablicy routingu router wysyła aktualizację wyzwalaną z tablicą routingu do swoich sąsiadów.

RIPv1 w aktualizacjach nie umieszcza informacji o masce podsieci. Ze względu na to ograniczenie protokół RIPv1 nie może być stosowany w sieciach adresowanych z wykorzystaniem technologii VLSM. Kiedy router odbiera aktualizację routingu musi ustalić maskę sieci docelowej. Jeżeli sieć docelowa należy do tej samej sieci ,co aktualizacja RIPv1 jako maskę podsieci wybiera maskę podsieci interfejsu odbierającego. Jeżeli adres sieci docelowej należy do innej sieci klasowej niż interfejs odbierający, zostaje zastosowana domyślna maska klasowa.

## RIPv2

RIPv2 został opisany w dokumencie RFC 1723, Podstawowy format komunikatu RIPv2 jest podobny do komunikatu RIPv1.

Routery z uruchomionym protokołem RIP regularnie wysyłają do swoich sąsiadów pełne tablice routingu w regularnych odstępach czasu. Domyślnie protokół RIPv2 podobnie jak RIPv1 dokonuje automatycznego podsumowania sieci na granicach dużych sieci. Automatyczne podsumowanie może zostać wyłączone przez administratora. Wyłączenie automatycznego podsumowania jest możliwe tylko dla protokołu RIPv2. Wyłącznie automatycznego podsumowania powoduje, iż protokół RIPv2 nie podsumowuje sieci do adresów klasowych na routerach brzegowych. W aktualizacjach tablicy routingu umieszczone zostają wszystkie podsieci i maski podsieci.. Każda podsieć i maska mają

własne wpisy, w których zawarte są interfejs wyjściowy i adres następnego skoku do sieci docelowej. Aktualizacje w przypadku protokołu RIPv2 wysyłane są na adres multicast 224.0.0.9, inaczej niż w przypadku protokołu RIPv1, w którym aktualizacje wysyłane są na adres rozgłoszeniowy 255.255.255.255. Zastosowanie adresu multicast umożliwiło zmniejszenie zajętości pasma sieciowego. Urządzenia na których nie jest uruchomiony protokół RIPv2 odrzucają datagram, nie analizując jego zawartości. Protokół RIPv2 jest protokołem bezklasowym, czyli takim, który może przenosić informacje o masce podsieci. Sieć i maska podsieci są jawnie określone w każdej aktualizacji routingu, czego potwierdzeniem jest format komunikatu RIPv2.

Protokół RIPv2 może stosować uwierzytelnienie informacji o trasach, co wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa. Routery przyjmują informacje o trasach tylko od routerów na których skonfigurowano te same parametry uwierzytelnienia.

## IGRP - Interior Gateway Routing Protocol

Protokół IGRP – Interior Gateway Routing Protocol – jest to protokołem bramy wewnętrznej. Obecnie nie jest wykorzystywany, jednakże stanowił on podstawę do stworzenia protokołu EIGRP. Jest protokołem własnościowym firmy Cisco, został wprowadzony do użycia w 1985 roku. Jako metryki używał szerokości pasma, opóźnienia, niezawodności i obciążenia. Algorytm zastosowany w tym protokole to algorytm Belmana – Forda i opierał się podobnie jak RIP na wysyłaniu aktualizacji okresowych. Znajdował zastosowanie w sieciach gdzie liczba skoków była większa niż 15 routerów. IGRP umożliwiał wyrównywanie obciążenia pomiędzy trasami o jednakowych i niejednakowych metrykach.

## EIGRP - Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

Protokół EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol jest bezklasowym protokołem routingu dynamicznego powstałym na podstawie klasowego protokołu IGRP. Jest protokołem własnościowym firmy Cisco, w związku z czym działa tylko na urządzeniach Cisco. Protokół został wprowadzony do użytku w 1992 roku wraz z wersją 9.21 systemu Cisco IOS.

Protokół EIGRP wykorzystuje protokół RTP – Reliable Transport Protocol, który może zapewnić niezawodne lub zawodne dostarczanie pakietów. Protokół EIGRP wykorzystuje do działania algorytm DUAL – Diffusing Update Algorithm, który zapewnia trasy wolne od pętli i trasy zapasowe. EIGRP tworzy z innymi routerami połączonymi bezpośrednio relacje sąsiedzkie, może działać jako protokół klasowy lub bezklasowy. Pomimo, iż pozostaje protokołem wektora odległości, dzięki wykorzystaniu algorytmu DUAL, protokół posiada pewne właściwości, których nie maja pozostałe protokoły wektora odległości. Protokół EIGRP nie wysyła aktualizacji okresowych, do monitorowania połączeń z innymi routerami używa protokołu Hello. Aktualizacje wysyłane są wtedy, kiedy w sieci zajdzie zmiana topologii

## Literatura (kwiecień)

wybór źródeł

[1] Rick Graziani, Allan Johnson „Akademia sieci Cisco CCNA Exploration Semestr 2Protokoły i koncepcje routingu” Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa 2008.

[2] Wendell Odom, Rick McDonald „Akademia sieci Cisco CCNA Semestr 2 Routery ipodstawy routingu” Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa 2007.

[3] Priscilla Oppenheimer „Cisco Projektowanie sieci metodą Top-Down”Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa 2006.

[4] Wayne Lewis „Akademia sieci Cisco CCNA Semestr 3 Podstawy przełączania irouting pośredni” Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa 2007.

[5] Scott Muller „Rozbudowa i naprawa sieci Wydanie Drugie” Wydawnictwo Helion2004[6] Karol Krysiak „ Sieci komputerowe Kompendium” Wydawnictwo Helion 2003.

[7] Krzysztof Gajdzicki „Protokoły routingu w sieci przedsiębiorstwa z wykorzystaniem urządzeń Cisco” SWSPiZ 2011