

Statyczny wybór trasy w systemie Linux

1 Wprowadzenie

Wymagania wstępne: wykonanie ćwiczenia „Konfigurowanie systemu Linux do pracy w sieci IP”.

Sieć Internet utworzona jest przez wiele mniejszych, połączonych ze sobą sieci komputerowych. Trasa pakietu wysłanego z jednej sieci do innej może obejmować wiele sieci pośrednich. Funkcją wyznaczania tras pakietów, zwaną dalej wyborem trasy, pełnią specjalne urządzenia sieciowe, routery. Wybór trasy to proces wieloetapowy. Dla danego pakietu, na drodze do jego sieci docelowej każdy kolejny router podejmuje niezależnie decyzję o tym, dokąd dalej ten pakiet przesłać. Pakiety przesyłane są między sąsiednimi routerami.

Router podejmuje wspomniane decyzje na podstawie adresu docelowego w pakiecie oraz pamiętanej u siebie *tablicy tras* (ang. routing table). Warto w tym miejscu podkreślić, że adres źródła nie jest w ogóle brany pod uwagę przy obliczaniu trasy pakietu. W najprostszej postaci wiersz tablicy tras definiowany jest jako trójka (sieć docelowa, maska, brama) od angielskich nazw (destination, mask, gateway), gdzie:

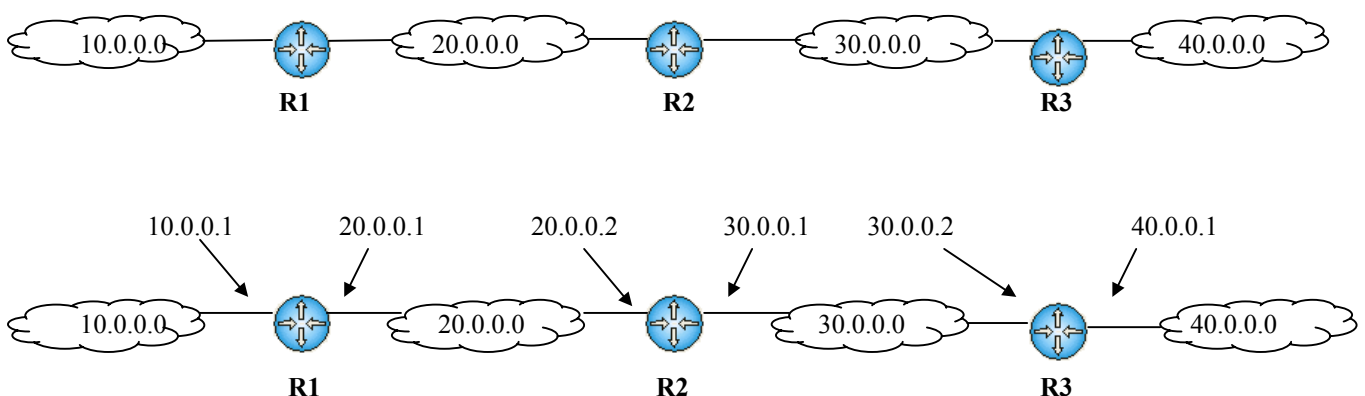
- element „sieć docelowa” jest adresem IP sieci docelowej pakietu. Adres ten jest wyodrębniany z pola Destination Address nagłówka pakietu IP. Wyodrębnienie odbywa się przez pomnożenie operacją logicznego iloczynu AND wartości tego pola przez przyjętą maskę, omówioną poniżej (wartości logiczne operacji AND: $0 \text{ AND } X = 0$; $1 \text{ AND } 1 = 1$); mnożone są przez siebie bity na tych samych pozycjach;
- element „maska” jest ciągiem 32 bitów służącym do obliczenia adresu sieci docelowej pakietu;
- element „brama” określa adres IP sąsiedniego routera, do którego należy przesłać pakiet, by zmierzał on do swojej sieci docelowej.

Wybór trasy w danym routerze jest *statyczny* (ang. static routing), jeśli zawartość jego tablicy tras została zdefiniowana przez administratora; jeśli zaś wyznacza ją pewien protokół sieciowy (np. RIP, OSPF, IS-IS lub IGRP), wówczas mamy do czynienia z *dynamicznym* wyborem trasy. Ponadto, jeśli funkcję routera pełni specjalizowany sprzęt i oprogramowanie, wybór trasy dokonywany jest *sprzętowo*. W przeciwnym razie wybór trasy jest *programowy*.

Niniejsze ćwiczenie polega na konfiguracji *statycznego programowego* wyboru trasy w systemie Linux. W dalszej części wstępu zasadę wyboru trasy zilustrowano przykładem oraz omówiono polecenie systemowe route, służące do tworzenia tablicy tras.

1.1 Wybór trasy – przykład

Poniższy rysunek ukazuje cztery sieci IP, które należy połączyć trzema routerami. Następne rysunki ilustrują kolejne etapy łączenia sieci, począwszy od nadania adresów IP wszystkim interfejsom routerów, a skończywszy na określeniu zawartości ich tablic tras.



Zawartość tablic tras:

R1:

sieć docelowa	maska	brama
10.0.0.0	255.0.0.0	-
20.0.0.0	255.0.0.0	-
30.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.2
40.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.2

R2:

sieć docelowa	maska	brama
10.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.1
20.0.0.0	255.0.0.0	-
30.0.0.0	255.0.0.0	-
40.0.0.0	255.0.0.0	30.0.0.2

R3:

sieć docelowa	maska	brama
10.0.0.0	255.0.0.0	30.0.0.1
20.0.0.0	255.0.0.0	30.0.0.1
30.0.0.0	255.0.0.0	-
40.0.0.0	255.0.0.0	-

Kreski w tablicy dotyczą sieci, do których ruter jest bezpośrednio przyłączony. Jeśli taka sieć okazuje się być siecią docelową, pakiet jest w niej rozgłoszony i trasa pakietu się kończy.

Obliczanie trasy dla pakietu wysłanego z sieci 10.0.0.0 pod adres 40.0.0.2:

1. Ruter R1 wyodrębnia z pakietu adres sieci docelowej, mnożąc adres 40.0.0.2 operacją AND przez kolejne maski w swojej tablicy. W wyniku zawsze otrzymuje 40.0.0.0. Po każdym mnożeniu sprawdza, czy wynik jest równy elementowi „sieć docelowa” danego wiersza. Po pomnożeniu przez czwartą maskę wynik jest równy elementowi „sieć docelowa”, więc pakiet zostaje wysłany pod adres 20.0.0.2.
2. Ruter R2 po otrzymaniu pakietu postępuje dokładnie tak samo, jak ruter R1, więc wysłał pakiet pod adres 30.0.0.2.
3. Ruter R3 po otrzymaniu pakietu powtarza całą procedurę i stwierdza, że siecią docelową jest 40.0.0.0, czyli ta, w której sam jest obecny. Pakiet zostaje więc rozgłoszony w sieci lokalnej i odebrany przez komputer o adresie 40.0.0.2.

1.2 Polecenie route

Polecenie systemowe route służy do definiowania wiersza w tablicy trasy.

Jego uproszczona składnia jest następująca (słowa kluczowe oznaczono pogrubioną czcionką):

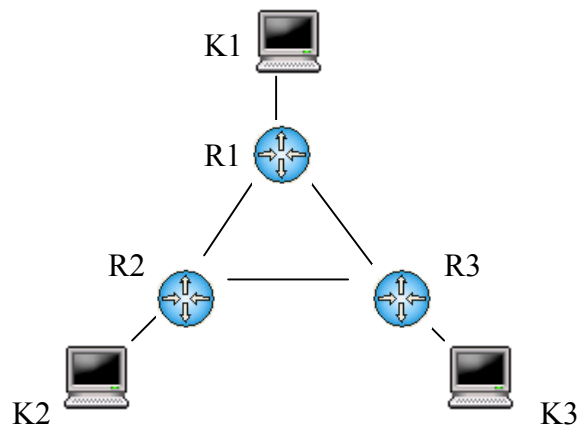
route add/del -net <adres_IP_sieci> **netmask** <maska> **gw** <adres_IP_bramy>
dodanie/usunięcie wiersza tablicy wyboru trasy

2. Organizacja, wymagany sprzęt i oprogramowanie

- zadania wykonywane są w grupach 3-osobowych; jedna osoba konfiguruje jeden ruter i jeden komputer;
- sprzęt: 6 komputerów PC;
- oprogramowanie: system Linux.

3. Zadania

1. Dla poniższego rysunku zaproponować schemat adresacji IP, używając adresów z puli prywatnej.
2. Zgodnie z przyjętym schematem adresacji skonfigurować interfejsy logiczne wszystkich komputerów.
2. Stosując polecenie route, zdefiniować w komputerach R1, R2 i R3 zawartość ich tablic trasy. Komputery te będą pełnić rolę ruterów.
3. Włączyć w ruterach funkcję przenoszenia pakietów między logicznymi interfejsami (ang. forwarding), wpisując do pliku `/proc/sys/net/ipv4/ip_forward` wartość 1.



4. Pytania sprawdzające

1. Jaki algorytm obliczania trasy stosują routery w sieciach IP?
2. Jakie są zalety i wady statycznego wyboru trasy?
3. Zastosować algorytm obliczania trasy dla pakietu, który zostaje wysłany z sieci 40.0.0.0 na adres docelowy 10.0.0.2.
4. Wydając polecenie route -n, wyświetlić i zinterpretować zawartość tablicy tras. Jaki jest odpowiednik tego polecenia w systemie Windows?
5. Do czego służy i jak działa a) protokół ARP, b) polecenie traceroute ?
6. Jak jest zastosowanie adresu 0.0.0.0?
7. Jaki jest inny od podanego sposób włączenia funkcji forwarding?

5. Literatura

1. Polecenia systemowe do konfigurowania pracy w sieci IP: serwisy internetowe, np. www.linux.org, www.linuxnews.pl, www.jtz.org.pl oraz podręcznik man systemu.
2. Podstawowy algorytm wyboru trasy w sieci Internet: książka A.S Tanenbaum „Computer Networks” oraz strony internetowe, np. <http://www.cs.agh.edu.pl/~rzepa/prezentacje/routingStatyczny.pdf>, <http://www.ceenet.org/workshops/lecture98>, <http://www.dcs.uky.edu/~griff/>, http://www.vancouver.wsu.edu/fac/langd/CptS_455/Lectures/Lecture%2021.ppt.