

Lucrare de laborator

MPLS (Multi Protocol Label Switching)

1. Introducere

Comutarea Multiprotocol cu Etichete (Multi Protocol Label Switching) reprezintă o nouă arhitectură în care nodurile terminale adaugă o etichetă unui pachet IP ce identifică drumul spre destinație, iar pachetele sunt directionate pe baza etichetei, fără inspectarea header-ului inițial.

MPLS reprezintă ultimul pas făcut în evoluția tehnologiilor de comutare/rutare pentru Internet, folosind o soluție ce integrează atât controlul rutării IP, cât și comutarea de la nivelul legăturii de date (nivelul 2 din modelul OSI). Mai mult, MPLS oferă bazele unor servicii de rutare avansate, rezolvând o serie de probleme:

- se adresează problemelor privind scalabilitatea, legate de modelul IP-over-ATM;
- reduce complexitatea operațiilor din rețea;
- facilitează apariția de noi posibilități de rutare, ce îmbunătățesc tehnicile de rutare IP existente;
- oferă o soluție standardizată, ce are avantajul interoperabilității între diversi furnizori de produse și servicii.

Esenta MPLS-ului este generarea unei etichete „label” scurte, de dimensiune fixă, care se comportă ca o reprezentare simplificată a header-ului pachetului IP. Este la fel cum codul poștal este o formă simplificată pentru adresa unei case, a unei străzi și a unui oraș în adresa poștală, folosind aceasta etichetă pentru a lua o decizie în procesul de forward. Pachetele IP au un câmp în header-ul lor care conține adresa spre care pachetul este rutat. Procesul tradițional de rutare într-o rețea procesează această informație la fiecare router, într-o cale a pachetului prin rețea (rutare pas cu pas).

În MPLS, pachetele IP sunt încapsulate cu aceste etichete de către primul dispozitiv MPLS pe care-l întâlnesc de cum intra în rețea. Router-ul MPLS din margine (egde-router) analizează conținutul header-ului IP și selectează o etichetă potrivită cu care să încapsuleze pachetul.

Cel mai mare avantaj al MPLS-ului vine tocmai din faptul ca în contrast cu rutarea IP conventionala, aceasta analiza poate sa nu se bazeze numai pe adresa destinatie care este purtata de header-ul IP, ci și pe alte elemente. La fiecare dintre nodurile ulterioare din retea, eticheta MPLS (și nu header-ul IP) se folosește pentru a lua decizia de forwarding pentru un pachet. În final, pe parcurs ce pachetele MPLS etichetate parasesc retea, un alt edge router elimina etichetele.

În terminologia MPLS, nodurile sau router-ele care manipuleaza pachetele se numesc *Label Switched Routers (LSR)* – routere cu comutare de etichete. Derivarea acestor termeni este evidenta: router-ele MPLS forward-eaza pachetele, luând decizii de comutare bazate pe eticheta MPLS. Aceasta ilustreaza un alt concept cheie în MPLS. Router-ele IP conventionale contin „tabele de rutare” care sunt interogate folosind un header IP dintr-un pachet pentru a decide cun sa forward-eze acest pachet. Aceste tabele sunt construite de catre protocoale de rutare IP (cum ar fi RIP, OSPF), care poarta informatia IP destinatie sub forma de adrese IP. În practica observam ca acest forwarding (inspectarea header-ului IP) și planurile de control (generarea tabelor de rutare) sunt strâns cuplate. Întrucât forwarding-ul MPLS este bazat pe etichete, este posibila separarea clara a planului de forward-are (bazat pe eticheta) de planul de control pentru protocolul de rutare. Prin separarea acestora doua, fiecare poate sa fie modificat independent. Cu o astfel de separare, nu mai avem nevoie sa schimbam mașina care face forwarding-ul, de exemplu, pentru a migra spre o noua strategie de rutare în retea.

Suita de protocoale TCP/IP (și în special protocolul IP) este acum fundamentul pentru multe retele publice (Internet-ul) și private (Intranet-uri) de date. Viitoarea convergenta a vocii, datelor și retelelor multimedia se așteapta sa fie în mare bazata pe protocoale IP, ducând la necesitatea de îmbunatatiri din punct de vedere tehnic și operational.

1.1 Concepte de rutare și comutare

Voi descrie pe scurt conceptele de baza care se aplica în orice tehnologie de comutare, aceasta înainte de a intra în amanunt despre functionarea MPLS-ului.

Rutarea este un termen folosit pentru a descrie actiunile care trebuiesc luate într-o retea pentru a muta pachetele prin ea. Vorbim astfel de pachete care vor fi „rutate” de la „a” la „b”, sau despre ele ca fiind rutate printr-o retea sau între retele. Pot fi multe routere într-o retea conectate într-o oarecare maniera arbitrara. Pachetele înainteaza prin retea fiind trimise de la o mașina la alta pâna la destinatia lor. Protocoalele de rutare (de exemplu RIP, OSPF) permit fiecărei mașini sa înțeleaga care alta mașina este „urmatorul hop” pe care un pachet îl va urma spre destinatia sa. Router-ele folosesc protocoalele de rutare pentru a construi tabele de rutare. Când ele primesc un pachet și trebuie sa ia o decizie de forwarding, router-ele „inspecteaza” tabela de rutare, folosind adresa IP destinatie a pachetului ca un index, și astfel obtin identitatea mașinii din „urmatorul hop”. Constructia tabelor și folosirea lor pentru inspectarea în momentul forwarding-ului sunt operatii separate logic. Figura de mai jos ilustreaza aceste functii care pot aparea într-un router.

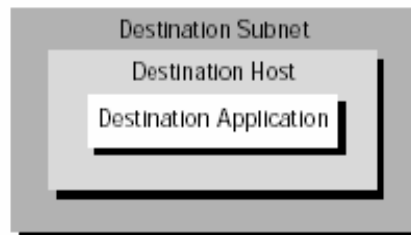
Comutarea este folosita în general pentru a descrie transferul de date de la un port de intrare la un port de ieșire al unei mașini, în care selectia portului de ieșire este bazata pe informatia de nivel 2 (de exemplu ATM VPI/VCI).

Componenta de control construiește și mentine o tabela de forwarding pentru nodul folosit. Ea functioneaza cu componentele de control de la alte noduri pentru a distribui informatia de rutare cu acuratete, asigurându-se de asemenea ca procedurile locale consistente sunt folosite pentru crearea tabelor de forwarding. Protocoalele de rutare standard (de exemplu OSPF, BGP și RIP) sunt folosite pentru schimbul informatiei de rutare între componentele de control. Componentele de control trebuie sa reactioneze atunci când apar schimbari în retea (cum ar fi o cadere de legatura), dar nu sunt implicate în procesarea pachetelor individuale.

Componenta de forwarding realizeaza forwarding-ul pachetului. Folosește informatia din tabela de forwarding (cea care este mentinuta de router), informatie care este transportata de pachet și împreuna cu un set de proceduri locale iau decizia de forwarding. Într-un router conventional, un algoritm de comparatie bazat pe potrivirea cea mai lunga, compara adresa destinatie din pachet cu intrarile din tabela de forwarding, pâna când obtine cea mai buna potrivire. Mai important, procesul total de decizie trebuie sa fie repetat la fiecare nod de-a lungul caili de la sursa la destinaaie. Într-un LSR, un algoritm de swapping al etichetelor (cu potrivire exacta), folosește eticheta din pachet și o tabela de forwarding bazata pe etichete, pentru a obtine o „noua” eticheta și interfata de ieșire pentru pachet.

O tabela de forwarding este setul de intrari într-o tabela care ofera informatii pentru a ajuta componenta de forwarding sa-și efectueze functia de switching (comutare). Tabela de forwarding trebuie sa asocieze fiecare pachet cu o intrare (în mod traditional adresa destinatie), care ofera instructiuni înspre ce și unde se întreapta în continuare pachetul.

O clasa de echivalenta pentru forwarding (*Forwarding Equivalence Class- FEC*) care este definita ca orice grup de pachete care poate fi tratat într-o maniera echivalenta pentru scopuri de forwarding. Un exemplu de FEC este setul de pachete de unicast a caror adrese destinatie se potrivesc prefixului unei adrese IP particulare. Un alt FEC este setul de pachete a caror adrese sursa și destinatie este la fel. FEC-urile pot fi definite la diferite nivele. Figura de mai jos ilustreaza acest lucru:



O eticheta este un identificator relativ scurt, de lungime fixa, nestructurat, care poate fi folosit în asistarea procesului de forwarding. Etichetele sunt asociate cu un FEC în timpul procesului de unire. Etichetele sunt în mod normal locale unei singure legaturi de date și nu au semnificatie globala (așa cum are adresa). Etichetele sunt analog cu DLCI-urile folosite în rețele Frame Relay, sau cu VPI/VCI-urile din mediile ATM. Întrucât ATM este o tehnologie care deja folosește câmpuri scurte de dimensiune fixa pentru realizarea deciziilor de switching, comutarea de etichete este considerata o modalitate eficienta de implementare a IP-ului „peste” ATM. Etichetele sunt legate cu un FEC (și astfel capata semnificatie), ca rezultat a unor evenimente care indica necesitatea unei legaturi.

Aceste evenimente pot fi divizate în doua categorii:

- ↻ *legaturi determinate de date* care apar atunci când începe transferul de trafic, este trimis la LSR și este recunoscut ca un candidat pentru comutarea de etichete. Legarile etichetelor sunt stabilite doar atunci când este nevoie, rezultând astfel mai putine intrari în tabela de forwarding. Etichetele sunt asignate fluxurilor de trafic IP individuale și nu pachetelor singulare. Într-o retea ATM, aceasta poate duce la folosirea unui numar substantial de circuite virtuale, ceea ce poate limita scalabilitatea rețelei;
- ↻ *legaturi determinate de control* care sunt stabilite ca rezultat al activitatii planului de control și sunt independente de date. Legaturile etichetei pot fi stabilite ca raspuns la actualizarea rutelor sau receptia mesajelor RSVP. Legatura etichetei determinata de control este mai scalabila decât cele determinate de date, și din acest motiv se folosește în MPLS.

2. Concepte MPLS si Terminologie.

Conform tehnologiei MPLS, trecerea pachetelor dintr-o retea in alta (forwarding) este bazata pe etichete(*label*), care sunt atribuite pachetelor atunci cand acestea din urma intra in retea, si sunt extrase, atunci cand pachetele parasesc retea. Etichetele se pun in fata pachetului, iar nodurile din retea MPLS, forwardeaza pachetele /celulele bazandu-se pe valoarea etichetei (nu pe informatia IP).

MPLS permite sa avem decizii de forwarding bazate pe: Traffic Engineering, multicast, VPN, QoS, etc.

2.1 Forwarding-ul bazat pe IP

Caracteristici:

- Forwarding-ul este facut in mod independent la fiecare hop
- Decizia de rutare este bazata pe header-ul pachetului si pe algoritmul de rutare (tabela de rutare)
- Fiecare ruter (hop) IP foloseste propria instanta a algoritmului de rutare
- Fiecare hop IP isi face propriile decizii de rutare.

2.2 Forwarding-ul bazat pe FEC (Forwarding Equivalence Class)

Caracteristici:

-Pachetele sunt organizate pe grupuri de pachete care sunt forward-ate in aceeași manieră (spre aceeași cale, aplicându-le același “tratament”).

-Forwardarea propriu-zisă a unui pachet constă în: asignarea pachetului către un FEC, determinarea următorului hop, pentru fiecare FEC.

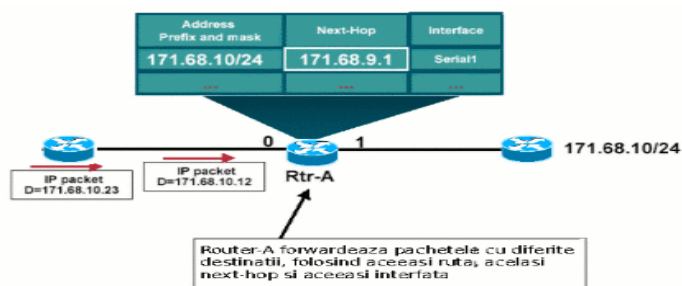


Figura 2.

2.3 Forwarding-ul bazat pe MPLS:

Caracteristici:

-MPLS utilizează FEC

-Nodurile MPLS asignează etichetă (label) fiecărui FEC

-Forwarding-ul MPLS este făcut în mod asemănător atât în switchurile ATM, cât și în rutare. Cu toate acestea, în cazul switchurilor ATM, numărul de ordine din cozile de așteptare sunt date de valoarea etichetei VCI (Virtual Circuit Identifier), pe când la routere, acest număr de ordine este dat de bitii “Exp” din headerul etichetei.

-Switchurile ATM nu au capacitatea de a analiza headerurile de nivel 3 rețea.

-Etichetele pot fi distribuite cu ajutorul mai multor protocoale printre care: LDP (Label Distribution Protocol), RSVP (Resource Reservation Protocol), PIM (Protocol Independent Multicast), BGP (Border Gateway Protocol).

2.4 Routerule cu comutare de eticheta (Label Switch Routers) LSR

Exista doua categorii de LSR. La marginea retelei, este nevoie de clasificatori de pachete foarte performanti, care pot sa aplice sau sa elimine etichetele respective. Acestea sunt router-ele MPLS de edge – de margine. Cealalta categorie de LSRuri sunt cele de core. LSR-ul de core trebuie sa fie capabile sa proceseze la latimi de banda extrem de mari pachetele etichetate.

Pot fi realizate din switchuri ATM sau din routere. Routerule LSR “de margine” (Edge-LSR) realizeaza introducerea si extragerea etichetei, atunci cand pachetele patrund, respectiv parasesc reseaua MPLS. Pentru schimbul informatiei de rutare, toate LSR-urile folosesc protocoalele existente de rutare IP. De asemenea toate LSR-urile folosesc LDP.

Formatul etichetei si lungimea acesteia depind de incapsulare, acest lucru va fi negociat de perechile de routere prin interfetele ATM ale acestora.

De asemenea este permisa existenta simultana a mai multor etichete. In acest caz, etichetele sunt ordonate intr-o stiva de etichete (Label Stack).

LSR-urile MPLS executa forwarding-ul pachetelor pe baza valorii etichetei aflata pe prima pozitie din stiva de etichete.

3. VPN-ul

VPN-ul reprezinta o retea privata care utilizeaza reseaua publica pentru a transmite informatii, acest lucru se realizeaza prin utilizarea unor metode de securitate a transferului. Aceste metode presupun criptarea datelor transmise. De exemplu se poate seta un VPN intre biroul de acasa, cel de la servicii, si un alt birou aflat undeva in internet.

Putem avea urmatoarele situatii de interconectare VPN referitoare la locatiile interconectate:

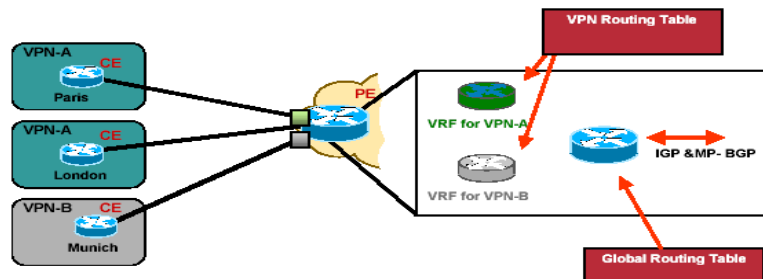
- locatiile pot apartine aceleiasi organizatii, sau pot apartine unor organizatii diferite;
- locatiile pot apartine mai multor VPN-uri
- locatiile pot apartine unuia sau mai multor ISP-uri

4. Rutarea VPN/Instanta de Forward (VPN Routing and Forwarding Instance) VRF

Un VRF se alcatuieste dintr-o tabela de rutare IP, o tabela derivata de forward, un set de interfete ce utilizeaza tabela de forward, si un set de reguli si protocoale de rutare care determina ce pachete urmeaza sa intre in tabela de forward. In general, un VRF include informatia de rutare care defineste locatia VPN a clientului care este atasata ruterului PE.

Routerul PE mentin doua tabele de rutare separate:

- Tabela globala de rutare, care contine rutele P si PE
- VRF tabelele de rutare si forwardare asociate cu unul sau mai multe locatii conectate (rutere CE). VRF-ul este asociat cu orice tip de interfata, fie ea fizica sau logica. Interfetele pot sa imparta acelasi VRF daca locatiile conectate folosesc aceeasi informatie de rutare.



Asa cum se vede si din figura, rute multiple si instante de forward-are (VRF-uri), ofera separarea.

5. Configurarea unui router

Crearea unui VRF:

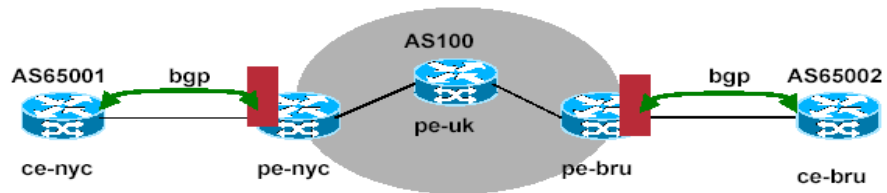
```
pe-nyc(config)#ip vrf red
pe-nyc(config-vrf)# description VRF-RED

pe-nyc(config)#interface serial1/0/2
pe-nyc(config-if)# ip vrf forwarding red
% Interface Serial1/0/2 IP address 10.101.0.2 removed due to
enabling VRF red
```



Accesul BGP:

```
pe-nyc(config)# router bgp 100
pe-nyc(config-router)# address-family ipv4 vrf red
pe-nyc(config-router-af)# neighbor 10.101.0.1 remote-as 65001
pe-nyc(config-router-af)# neighbor 10.101.0.1 update-source serial1/0/0
pe-nyc(config-router-af)# neighbor 10.101.0.1 activate
pe-nyc(config-router-af)# no auto-summary
pe-nyc(config-router-af)# no synchronization
pe-nyc(config-router-af)# exit-address-family
```



Intrebari:

1. Care este caracteristica comutarii bazata pe eticheta?
2. Care este principalul avantaj al tehnologiei MPLS?
3. Care este rolul unui router LSR si unde se pozitioneaza acesta intr-o retea.
4. Care sunt caracteristicile forwardingului bazat pe FEC?
5. Testati configuratiile realizate la punctual 5 al lucrarii