

VIACPROTOKOVÉ PREPÁJANIE NÁVESTÍM MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING

Ladislav Schwartz¹⁾, Dušan Trstenský¹⁾, Gustáv Čepčiansky²⁾

¹⁾Katedra telekomunikácií, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita,
Veľký diel, 010 26 Žilina

²⁾T-Com Bratislava

Abstrakt Doteraz známe siete s protokolom IP sa chovali ako nespojovo-orientované a nezaručovali kvalitu prenosu. Zavedením protokolu MPLS sa vytvára na existujúcich IP sieťach prekryvná spojovo-orientovaná sieť so zaručovanou kvalitou služieb QoS.

Summary The up to this time known networks with the IP protocol have worked as connection-less and they have not guaranteed the quality of services. Implementing the MPLS protocol, an overlay connection-oriented network with guaranteed quality of services QoS is being created on existing IP networks.

1. ÚVOD

MPLS (Multiprotocol Label Switching) je technológia, ktorá sa využíva v mnohých chrbticových sieťach. V rámci referenčného modelu IP siete je situovaná ako dvaapoltá vrstva. Umožňuje prechod pôvodných komunikačných sietí do konvergovanej siete založenej na IP. MPLS rozširuje služby, ktoré sa môžu poskytovať v sieťach IP, ponúka možnosť riadenia prevádzky, zaručovanú QoS a virtuálne privátne siete. MPLS ako spojovo-orientovaný prekryvný model vytvára zo sietí IP bez spojovej orientácie smerované siete. Nenahrádza smerovanie IP, ale pracuje súčasne s existujúcimi smerovacími protokolmi pri smerovaní dát s vysokými prenosovými rýchlosťami medzi uzlami siete, rezervujúci šírku pásma pre prevádzkové toky s odlišnými požiadavkami na kvalitu služby (QoS).

Takáto architektúra poskytuje nové možnosti riadenia prevádzky sietí IP. Kombinuje inteligenciu smerovania s vysokou výkonnosťou prepájania.

Charakteristické vlastnosti siete IP/MPLS:

- umožňuje realizáciu jedinej konvergovanej siete na podporu nových i pôvodných služieb,
- funguje v rámci pôvodných (digitálnych a optických) a nových (Ethernet) sieťových infraštruktúr (TDM, FR, ATM, Ethernet, IP),
- umožňuje riadenie prevádzky,
- poskytuje služby so zaručovaním QoS,
- znižuje požiadavky na smerovače, keď používa pevné návestia,

- poskytuje príslušnú úroveň zabezpečenia,
- poskytuje lepšie možnosti na realizáciu VPN.

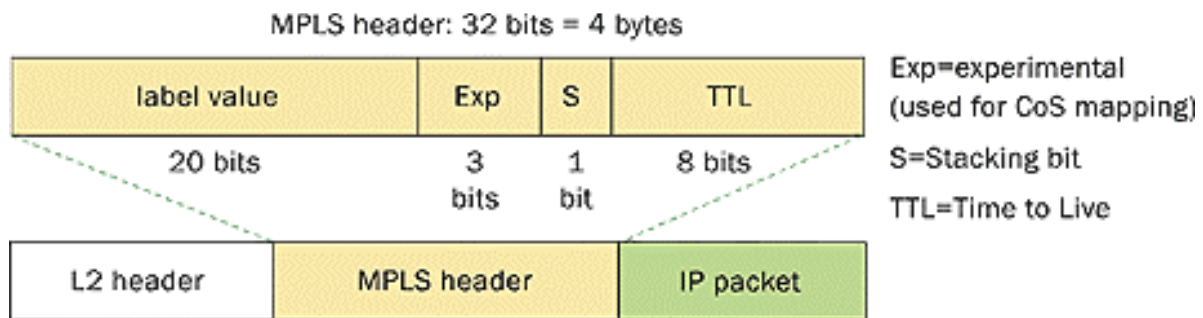
2. PRINCÍPY TECHNOLOGIE MPLS

MPLS je založená na koncepcii prepájania s použitím návěstia. Nezávislé a jedinečné návestia, ktoré je pridané do každého dátového paketu, je použité na prepájanie a smerovanie paketov cez sieť.

MPLS využíva pevný formát návěstia, ktorý je vložený na začiatok každého paketu pri vstupe do siete MPLS. Návestia nesú informáciu, ktorá hovorí každému prepájaciemu uzlu (smerovaču), akým spôsobom spracovať a ako smerovať pakety od zdroja k cieľu. Majú význam iba pre miestne spojenie uzol – uzol. Presný formát návěstia a to, ako je pridané do paketu, závisí na použitej technológii v L2 (vrstve dátového spoja) siete MPLS. Pri paketoch IP je návestia pridané do paketu vo forme vloženého záhlavia MPLS, ktoré je umiestnené medzi záhlavia L2 a L3 ako L2+ alebo L2,5.

MPLS týmto spôsobom kombinuje výhody smerovania IP v L3 s prepájaním v L2. Kým smerovače vyžadujú inteligenciu sieťovej vrstvy na stanovenie, kam poslať prevádzku, prepájače iba posielajú dáta nasledujúcemu uzlu. MPLS predurčuje trasu dát cez sieť a kóduje tieto informácie do návěstí zrozumiteľných pre smerovače.

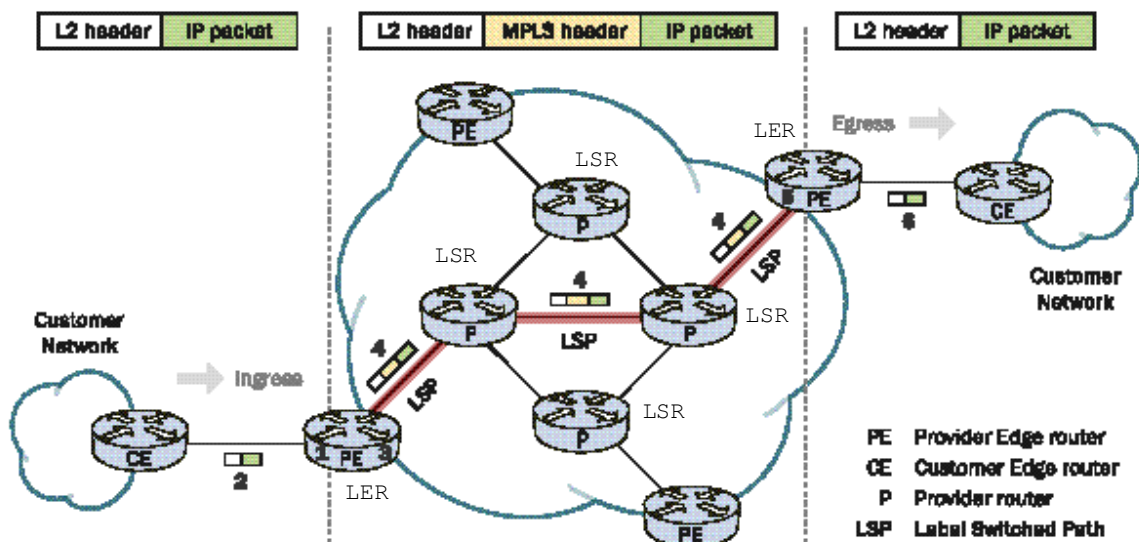
Formát záhlavia je znázornený na obrázku 1.



Obr. 1. Záhlavie MPLS
Fig. 1. MPLS header

3. ZÁKLADNÉ PRVKY SIETE MPLS

Na obrázku 2 je znázornená typická štruktúra siete MPLS a jej súvisiace prvky.



Obr. 2. Štruktúra MPLS siete
Fig. 2. MPLS network structure

Vlastná sieť MPLS je zložená z nasledovných prvkov:

- okrajových (vstupných a výstupných) smerovačov návestia LER,
- vnútorných smerovačov návestia LSR,
- trás prepájania návestím LSP.

Paketu prichádzajúcemu zo zákazníckeho smerovača CE je pri vstupe do MPLS pridelené vo vstupnom okrajovom smerovači LER príslušné návestie. Paket počas smerovania cez sieť MPLS prechádza cez vnútorné smerovače LSR po vopred preddefinovanej trase LSP. Vo výstupnom okrajovom smerovači LER je z prenášaného paketu odstránené záhlavie s návestím a paket je smerovaný do vzdialeného zákazníckeho smerovača CE.

4. SMEROVANIE A RIADENIE PREVÁDZKY SIETE IP/MPLS

Sieť MPLS vybudovaná na platforme IP predstavuje spojovo-orientovaný model smerovania, ktorý sa prekrýva s nespojovo-orientovaným modelom smerovania IP.

V každom bode prepájania v sieti je paket smerovaný na základe hodnoty vstupného návestia a odoslaný na výstupné rozhranie s novou hodnotou návestia. Trasa, ktorá slúži na prenos dát, je definovaná zmenou (prevodom) v hodnotách návestia v každom LSR. Takáto trasa sa nazýva LSP.

Množina všetkých paketov, ktoré sú dopravované rovnakou cestou, je známa ako kategória s rovnakým smerovaním - FEC. Jedna alebo niekoľko FEC môže byť mapovaných do jednej LSP.

Rozposielanie návěstí

LSP je definovaná postupnosťou návěstí priradených k uzlom na trase paketov od zdroja k cieľu. Aby mohla byť použitá konkrétna LSP, pre každý LSR musia byť zverejnené smerovacie tabuľky spolu s mapovaním vstupného rozhrania a hodnoty návěstia do výstupného rozhrania a hodnoty návěstia. Tento proces sa nazýva zostavenie LSP alebo distribúcia návěstia. Podporné dokumenty pre architektúru MPLS nestanovujú samostatný protokol na distribúciu návěstí medzi LSR. V skutočnosti je možné použiť množinu protokolov s využitím rôznych scenárov.

Môžu byť použité rozdielne prístupy k distribúcii návěstí, ktoré vychádzajú z požiadaviek technických prostriedkov tvoriacich sieť MPLS a zvolenej administratívnej stratégie.

Možné voľby zostavovania LSP (rozposielania návěstí) a použité protokoly:

- Postupné pridelovanie návěstí – je proces, pri ktorom požiadavky zostavenia LSP sú smerované k cieľu dát podľa smerovania v nasledujúcom úseku cesty. Zostavovanie LSP môže byť započaté obnovou údajov smerovacej tabuľky alebo odpoveďou na nový prevádzkový tok. Pracovná skupina MPLS v rámci IETF má na postupné pridelovanie návěstí vypracovaný protokol LDP. Taktiež môžu byť použité aj RSVP a CR-LDP.
- Nevyžiadané rozposlanie návěstia v spätnom toku – výstupný LSR rozpošle návěstie, ktoré bude použité k dosiahnutiu príslušnej hostiteľskej stanice. Vyvolanie tohto procesu zvyčajne spôsobí príjem novej smerovacej informácie vo výstupnom uzle. Navyiac, ak rozposielanie návěstia je metódou „prikázaného riadenia“, každý LSR rozposielala návěstie v opačnom smere ďalšiemu LSR. Taktiež účelne vybuduje vetvenie LSP pre každý výstupný LSR. Jediným vhodným protokolom pre túto metódu rozposielania návěstia je LDP.
- Iba raz zostavené LSP cez sieť – môžu byť použité na podporu nových smerov, aby boli dosiahnuteľné. Tak ako smerovacie protokoly (napr. BGP) rozposielajú nové smerovacie informácie, tak môžu tiež vyznačovať, ktoré návěstie (t.j. ktorá LSP) môže byť použité na dosiahnutie cieľových staníc, ktorých sa smer týka.
- Keď vstupný LSR chce zostaviť LSP, ktorá nekopíruje trasu v zmysle postupného smerovania, musí použiť na rozposlanie návěstia protokol, ktorý umožňuje určenie zreteľného smeru. Ten vyžaduje rozposlanie návěstia vyžiadané v spätnom toku. Túto funkciu poskytujú protokoly CR-LDP a RSVP.
- Vstupný LSR môže taktiež chcieť zostaviť LSP, ktorá poskytuje príslušnú úroveň služby, napr.

vyhradenie technických prostriedkov pre každý sprostredkujúci LSR pozdĺž trasy. V tomto prípade smer LSP môže byť vynútený dostupnosťou technických prostriedkov a schopnosťou uzlov spĺňať požiadavky na kvalitu služby. Tieto požiadavky s ohľadom na rozposielanie návěstia a kvalitu služby spĺňajú protokoly CR-LDP a RSVP.

Smerovanie

V sieti MPLS si každý smerovač buduje informačnú databázu návěstí ako tabuľku, ktorá udáva ako smerovať pakety. Tabuľka združuje jednotlivé návěstia s odpovedajúcou FEC a výstupným portom na smerovanie paketu. Samotné smerovanie v sieti MPLS sa realizuje väčšinou buď postupným smerovaním, alebo priamo určitelným smerovaním.

Postupné smerovanie – každý MPLS smerovač nezávisle vyberá nasledujúci úsek cesty pre danú FEC. Všetky pakety priradené pre FEC sú spracovávané rovnakým spôsobom. Informácia o usporiadaní siete je rozposielaná zaužívanými protokolmi typu IGP, ako sú OSPF alebo IS-IS. Proces sa podobá bežnému smerovaniu v sieťach IP. LSP sa riadi predpísanými podmienkami podľa IGP.

Priamo určiteľné (explicitné) smerovanie – celkový zoznam uzlov, cez ktoré prechádza LSP, je definovaný vopred. Určená trasa môže alebo nemusí byť optimálna. Je závislá na celkovom usporiadaní siete, prípadne na ďalších obmedzeniach. Nazýva sa aj vyhradené smerovanie. Na zaistenie QoS môžu byť rezervované technické prostriedky pozdĺž trasy. Toto dovoľuje riadenie prevádzky na optimalizáciu využívania šírky pásma.

Činnosť siete MPLS z hľadiska smerovania:

1. Skôr než je prevádzka smerovaná do siete MPLS, okrajové smerovače LER (PE) zostavia LSP cez sieť MPLS k vzdialeným okrajovým smerovačom LER (PE).
2. Prevádzka odlišná od MPLS (FR, ATM, Ethernet, atď.) je posielaná zo zákazníckej siete cez jeho smerovač CE do vstupného okrajového smerovača LER (PE), ktorý pracuje na rozhraní siete MPLS príslušného prevádzkovateľa.
3. Smerovač LER (PE) v pakete vyhledá informácie súvisiace s FEC a do paketu vloží príslušné návěstie MPLS.
4. Paket sa presúva v jeho LSP, každý vnútorný smerovač LSR (P) vymieňa návěstia pre smerovanie paketu v ďalšom kroku podľa informácií v jeho LIB.
5. Vo výstupnom LER (PE) je odstránené posledné návěstie MPLS a paket je smerovaný tradičným smerovacím mechanizmom.
6. Paket postupuje k cieľovému CE a do zákazníckej siete.

Riadenie prevádzky

Riadenie prevádzky v sieti IP/MPLS umožňuje zvýšenie priepustnosti liniek, dostupnosti sieťových prostriedkov zákazníkom, spoľahlivejšiu a pružnejšiu prevádzku. Povolením smerovania paketov alternatívnymi cestami je možné optimálne využívať všetky linky.

Ako hlavný nástroj riadenia prevádzky v MPLS sa používa vynútené smerovanie. V prípade jeho použitia sa pre daný tok zistí a vyhradí cesta podľa požiadaviek zohľadňujúcich QoS. Aj keď vynútené smerovanie okrem usporiadania siete prihliada aj na ďalšie parametre, nie je ešte zaručené, že zvolená cesta bude z hľadiska smerovacieho protokolu najvhodnejšia. Bude však spĺňať požadované parametre.

Riadenie prevádzky v MPLS prináša do prenosových sietí pružnosť, spoľahlivosť a väčšiu dostupnosť technických prostriedkov. Na tieto účely sa využíva napr. protokol RSVP-TE.

V prostredí MPLS je riadenie prevádzky možné aj použitím doplnkových protokolov k protokolu IGP, ako sú OSPF-TE a IS-IS-TE, ktoré prenášajú doplnkové informácie o priepustnosti linky, oneskorení, prednosti, atď. Pomáhajú zabezpečiť splnenie požiadaviek z hľadiska dostupnosti prostriedkov, rovnomerného rozloženia záťaže, prípadne zotavenia systému po výpadku. Riadenie prevádzky je bežnou súčasťou sieťového prostredia.

5. ZÁVER

Sieť ST-IP/MPLS tvorí technologickú základňu chrbticej siete ST. Jej polygonálna štruktúra je založená na vzájomnom prepojení významných uzlov (Bratislava, Banská Bystrica, Košice) so 100 % zálohovaním prostriedkov prenosových ciest a technického vybavenia uzlov. K prepojeniu uzlov je využitá platforma DWDM s tokmi STM-16 POS.

K hlavným uzlom siete sú v rámci príslušných zemepisných oblastí pripojené prístupové uzly, označené ako PoP, ktoré sprostredkujú väzbu na zákaznícke prostredie. Technické prostriedky uzlov sú zdvojené. Prepojenie s uzlom na vyššej úrovni siete je realizované dvoma oddelenými trasami s využitím tokov STM-1.

Technické riešenie prístupových uzlov využíva takmer jednotnú zásadu ich realizácie z hľadiska sieťového usporiadania a použitia technických prostriedkov. Rozdiely sú podmienené predovšetkým rôznymi požiadavkami na prevádzkové kapacity.

LITERATÚRA

[1] TA 222-2 NOVÉ ELEKTRONICKÉ KOMUNIKAČNÉ SIETE. Sieť IP/MPLS – Základná architektúra, prevádzka, údržba a skúšanie. Slovak Telekom, a.s. 2007

[2] KOVÁČIK, M.: Zásady smerovania a signalizačné protokoly v sieti MPLS. 1. a 2. časť, TELEKOMUNIKACE 3 a 4/2004

[3] MEDVECKÝ, M.: Technológia MPLS. TELEKOMUNIKACE 10/2005

SÚPIS SKRATIEK

ATM	Asynchronous Transfer Mode asynchronný prenosový režim
BGP	Border Gateway Protocol cezhraničný smerovací protokol
CE	Customer Edge Router prístupový zákaznícky smerovač
CR	Constraint-based Routed
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplex vlnový multiplex s vysokou hustotou vlnových dĺžok smerované na základe vnútenia
FEC	Forwarding Equivalency Class trieda rovnakého smerovania
FR	Frame Relay prenos rámcov
IETF	Internet Engineering Task Force riešiteľská skupina rozvoja Internetu
IGP	Interior Gateway Protocol protokol medzi sieťovými príchodmi
IP	Internet Protocol internetový protokol (protokol sieťovej vrstvy)
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System smerovací protokol komunikácie medzi medzilahými systémami
LDP	Label Distribution Protocol protokol distribúcie návěstí
LER	Label Edge Router smerovač návěstia na rozhraní
LIB	Label Information Base databáza návěstí
LSP	Label Switching Path trasa prepájania návěstím
LSR	Label Switching Router smerovač s prepájaním návěstia
L2	2. vrstva, vrstva dátového spoja
L2+, L2,5	dvaapoltá vrstva
L3	3. vrstva, sieťová
MPLS	Multi Protocol Label Switching

	viacprotokolové prepájanie návěstím	RSVP	Resource reSerVation setup Protocol
OSPF	Open Shortest Path First otvorený smerovací protokol na vyhľadávanie najkratšej cesty	QoS	Quality of Service kvalita služby
PR	Provider Router smerovač sprevádzkovateľa siete	ST	Slovak Telekom, akciová spoločnosť
PE	Provider Edge Router smerovač prevádzkovateľa na rozhraní siete	STM	Synchronous Transfer Module synchronný prenosový modul
PoP	Point of Presence bod pripojenia	TDM	Time Division Multiplex časový multiplex
POS	Packet Over SONET prenos paketov cez SONET	TE	Traffic Engineering riadenie prevádzky
		TTL	Time To Live doba životnosti (najväčší dovolený počet úsekov cesty v Internete)