

Dominik Mańkowski

KIEROWANIE ORAZ MAPOWANIE ETYKIET

LEGENDA

IP = Internet Protocol

MPLS = MultiProtocol Label Switching

LSR = Label Switching Router

LER = Label Edge Router

LSP = Label Switched Path

Ingress LER = pierwszy router na LSP

Egress LER = ostatni router na LSP

FEC = Forwarding Equivalence Class = klasa, do której należy pakiet; lokalne ID tunelu, do którego zostanie skierowany pakiet; FEC może być równe np. adresowi źródłowemu, docelowemu pakietu, albo prefixie któregoś z nich; równie dobrze może być to port wejściowy routera, albo co innego...;

MPLS-FIB = MPLS-Forwarding Information Base = tabela mapująca np. Prefix adresu docelowego <-> FEC (zamiast prefixu adresu docelowego może być coś innego, np. Pełny adres docelowy; wtedy każde FEC jest przypisane tylko do jednego adresu; może być to też port wejściowy, adres źródłowy i inne)

IP-FIB = tabela routingu po IP (czyli najzwyczajny w świecie Longest Matching Prefix)

NHLFE = Next Hop Label Forwarding Entry = zawiera informacje takie jak (ID, next hop info = outPort, outLabel, operation = pop/push/swap, ptr_to_next_ID)

FTN = FEC To NHLFE = tablica występująca tylko w ingress LER; dzięki niej możemy dla danego FEC odnaleźć odpowiedni zbiór wskaźników do wpisów NHLFE

ILM = Incoming Label Map = słownik (incPort, incLabel, poppedLabels) do zbioru wskaźników do wpisów NHLFE

1) Wchodzi goły pakiet IP do sieci MPLS

2) Ingress LER przegląda tablicę MPLS-FIB, aby dowiedzieć się, jaka jest FEC pakietu. Ta tabela wygląda w ten sposób: [parametr_pakietu, FEC], gdzie parametrem pakietu może być np. Adres docelowy, adres źródłowy, prefix któregoś z tych adresów, port wejściowy routera lub inne. Jeżeli FEC == 0, to routuj po IP, czyli idź do tabeli IP-FIB i tam znajdź port wyjściowy dla pakietu. Jeśli nie znaleziono FEC odpowiadające takiemu parametrowi pakietu, to odrzuć pakiet. A jeśli FEC != 0, to...

	MPLS-FIB	
Router LER	destAddress	FEC
R1	172.16.222.34	0
R1	172.16.222.33	0
R1	188.88.141.12	31
R1	119.44.55.200	41
R1	83.139.22.49	51

	IP-FIB	
Router LER	destAddress	outPort
R1	172.16.222.34	20300
R1	172.16.222.33	20400
R3	188.88.141.12	11111
R5	83.139.22.49	23184
R6	119.44.55.200	5432

- 3) Ingress LER przegląda tablicę FTN, aby odnaleźć odpowiedni zbiór wskaźników do wpisów NHLFE dla znalezionej wcześniej FEC. Z tego zbioru musi wybrać jeden, konkretny NHLFE (w projekcie zawsze będzie tylko 1 wpis NHLFE, ale np. jakbyśmy chcieli zrobić LSP Multicast, które może służyć np. do load-balancingu, to wtedy potrzebowalibyśmy tych wpisów wiele).

	FTN	
Router LER	FEC	NHLFE_ID
R1	31	1
R1	41	2
R1	51	3
R3	13	31
R3	43	32
R3	53	33

- 4) Mamy więc wskaźnik do jakiegoś wpisu NHLFE, idziemy tam, stamtąd patrzymy na akcję - może to być tylko push (bo mamy goły pakiet). Czyli przykładowo, na rysunku u dołu idziemy do NHLFE_ID=1, operacja to PUSH (mamy tylko 3 operacje: POP, PUSH i SWAP) - wsadzamy etykietę 17 na szczyt stosu i patrzymy na nextNHLFE_ID - jakieś jest, więc tam idziemy (a zatem outPort to NULL, bo i tak z niego teraz nie skorzystamy). Pod ID=5 mamy akcję dołoż etykietę 44 na stos etykiet i wyślij pakiet portem 13997

		NHLFE			
Router	NHLFE_ID	action	outLabel	outPort	nextID
R1	1	PUSH	17	NULL	5
R1	2	PUSH	66	13999	NULL
R1	3	PUSH	22	NULL	5
R1	4	POP	NULL	NULL	NULL
R1	5	PUSH	44	13997	NULL

- 5) Trzeba pamiętać, że etykieta na najniższym poziomie (tj. ta na samym dole stosu, poziom 1) ma ustawiony bit „s” - bottom of the stack - na 1. W każdej etykiecie na wyższym poziomie - na 0. Parametr ten indykuje, kiedy router ma skończyć zczytywać bity należące do tego pakietu [bo cały pakiet wygląda tak: część IP, etykieta na poziomie „m”, „m-1”..., „1”]
- 6) ...oraz należy pamiętać, że pierwsze 16 (licząc od 0) etykiet jest zarezerwowanych.
- 7) I taki pakiet MPLS-owy idzie do routera LSR.

- 8) LSR to odbiera, sprawdza w tablicy ILM jaki jest wskaźnik do wpisu NHLFE (a właściwie to zbiór wskaźników, ale znowu, wybierzemy i tak tylko jeden). Samym kluczem w tym słowniku jest konkatenacja [incPort, incLabel, poppedLabelStack], a wartością NHLFE_ID. Wyobraźmy sobie taką sytuację:
 Przychodzi pakiet z portu 100 w tunelu o etykiecie 50, w którym zagnieżdżony jest tunel o etykiecie 40, w którym zagnieżdżony jest tunel o etykiecie 30. I jednocześnie przychodzi pakiet - również do portu 100 - o etykiecie 30 (tj. niezagnieżdżonej nigdzie). I powiedzmy, że zdejmujemy te dwie etykiety 50 i 40. Jak teraz odróżnić te 30? Trzeba patrzeć na to, co zostało zdjęte. Czyli jak przyjdzie tunel z etykietą 50, to najpierw znajdzie mu wpis w ILM: [100, 50, -, 66], czyli port wejściowy 100, etykieta wejściowa 50, brak zdjętych etykiet i NHLFE_ID to 66. I pod tym NHLFE_ID=66 powiedzmy, że będzie tylko POP, nic więcej - czyli mamy zakończenie tunelu. Nie możemy dać w tym NHLFE wpisu next_NHLFE_ID, ponieważ jeśli by była sytuacja, że obok tunelu 40 idzie 41, i jeden chciałby iść w prawo, a drugi w lewo - to mamy problem.
 No to musimy wrócić zatem do ILM. I tutaj znajdujemy wpis: [100, 40, 50, 66] - i znowu zdejmujemy jedną etykietę. I znowu idziemy do ILM: [100, 30, 50-40, 67] - i ten wpis odróżniamy od innych „30” na podstawie tego, że zdjęliśmy z niego dwie etykiety. I idziemy do NHLFE_ID=67, gdzie będzie jakiś SWAP, a tam może być już next_NHLFE_ID=NULL, czyli będzie jakiś outPort i to wypływamy, albo outPort=NULL i next_NHLFE_ID = np. 68, gdzie będzie np. PUSH i outPort, albo nextNHLFE_ID, itd.

	ILM			
Router	incPort	incLabel	poppedLabelStack	NHLFE_ID
R1	13999	66	-	4
R1	13997	17	-	4
R1	13997	22	-	4
R2	1025	44	-	21
R2	1026	93	-	22
R2	1026	28	-	23
R3	44444	58	-	34
R3	44444	17	58	34
R3	44444	22	58	35

- 9) Jeśli LSR nie znajdzie takiego klucza w ILM, to pakiet zostaje odrzucony (*dropped*) - nie można routować po IP, bo by mogła powstać pętla (chyba, że jesteśmy w stanie zapewnić, że nie powstanie) - ale domyślnie odrzucamy. Jeśli jednak by pętla powstała, to wówczas, po krótkim czasie, wartość TTL spadnie do 0 - i wtedy pakiet zostanie definitywnie odrzucony (i jeszcze router będzie mógł zajrzeć w głębi nagłówka IP pakietu, aby - ewentualnie - wysłać wiadomość o błędzie ICMP do adresu źródłowego).
- 10) I wysyłamy ten pakiet dalej LSP.
- 11) Pakiet dochodzi do egress LER, ten sprawdza w ILM co ma zrobić. I tam znajduje wpis NHLFE, który będzie miał akcję POP (i całą resztę równą NULL) - i będziemy mieli goły pakiet IP teraz.
- 12) Patrzymy więc do IP-FIB, znajdujemy port wyjściowy, tyle [nie idziemy do MPLS-FIB].