

MultiProtocol Label Switching la nouvelle Génération de routage

Mohamed Nassih mohamed.nassih@polymtl.ca

Maîtrise en génie informatique, École Polytechnique de Montréal.

Résumé

Ce document a pour objectif la présentation de l'architecture MultiProtocol Label Switching (MPLS). Lorsqu'on parle d'une architecture, on parle principalement d'un protocole et d'une topologie.

Le protocole est le Label Distribution Protocol, qui est le protocole de signalisation de base de MPLS. Pour la topologie, on pourra distinguer la topologie physique de l'architecture, dans notre cas c'est le backbone ou le réseau dorsale des routeurs, et la topologie logique, qu'est une description de la façon avec laquelle les informations circulent dans un réseau MPLS.

Introduction

L'architecture IP a été développée à l'époque principalement pour supporter des applications comme le transfert des fichiers et la messagerie, ce type d'applications n'est pas sensible au délai, un message pourra être retardé quelques minutes sans influencé sur la qualité du service globale. Par contre le délai d'acheminement de bout en bout influence beaucoup sur la qualité d'un stream video en temps réel par exemple. La solution est d'essayer d'implémenter d'autres techniques pour minimiser le temps de latence. Parmi ces techniques, on trouve MPLS.

Un dorsale IP est composé de plusieurs routeurs connectés entre eux, chaque routeur exécute un protocole de routage comme OSPF, et un protocole d'acheminement (IP).

Le processus de routage dans l'architecture IP consiste à exécuter les tâches suivantes sur chaque routeur :

- Le protocole IP analyse l'entête du paquet, au niveau réseau et extrait l'adresse de destination.
- Le protocole IP consulte la table de routage, fournit par le protocole de routage, pour savoir le prochain saut.
- Puis le paquet est cheminé vers l'adresse du prochain saut.

La consultation de la table du routage pourra consommer beaucoup de temps, cela dépend de la taille de la table de routage.

Ces trois opérations sont exécutées sur chaque paquet, et sur tous les routeurs à travers le chemin. Cela pourra augmenter considérablement le temps de latence entre un émetteur et un récepteur.

MPLS est une architecture qui a essayer de résoudre ce problème en implémentant la commutation par étiquette.

1. L'architecture MPLS :

L'architecture MPLS a modifié l'architecture IP, en ajoutant, un module d'acheminement par étiquette à la place du protocole IP, et un protocole de signalisation, qui est le Label Distribution Protocol ou LDP.

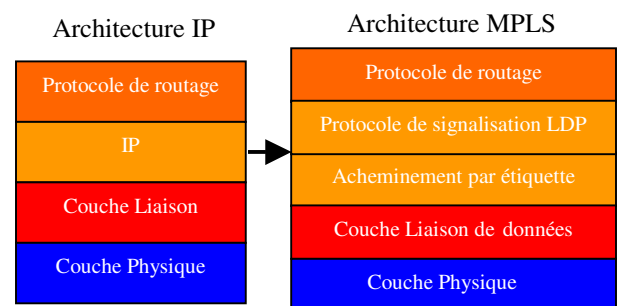


Figure 1

L'étiquette est composée de 32 bits insérée entre l'entête de la couche liaison et l'entête de la couche réseau.



2. La commutation par étiquette l'idée :

La commutation sur chaque routeur va se faire en utilisant seulement cet étiquette, cela évite l'analyse de l'entête IP sur chaque routeur le long du chemin. Chaque routeur mis à jour une table de commutation appelée Label Information Base ou LIB.

<i>In lab</i>	<i>Adr des</i>	<i>Out int</i>	<i>Out lab</i>
3	Net1	2	5
7	Net2	3	8

Figure 2

La figure 2 présente un exemple d'une table LIB. D'après cette table, un paquet qui entre avec une étiquette de valeur 3 sera réétiqueté par l'étiquette de valeur 5 et sera acheminé via l'interface numéro 2 du routeur. (Voir figure 3)

Etiquette

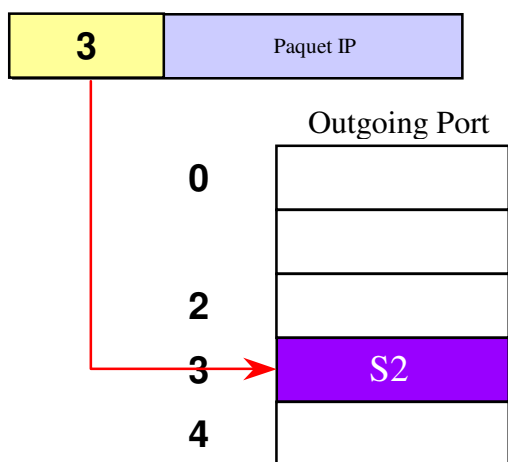


Figure 3

Dans ce cas le réseau de destination est Net1, en général, c'est le préfixe d'une adresse réseau, comme : 192.89.10/24.

3. Les composantes d'un réseau MPLS :

Un réseau MPLS est composé de deux types d'aiguilleurs (routeur ou commutateur), les Label Switching routers et les Label Edge Routers.

3.1. Label Switching Router (LSR) :

Un LSR est un routeur ou commutateur capable de faire la commutation par étiquette. Un LSR pourra être un routeur, ou bien juste un commutateur qui supporte la commutation par étiquette.

3.2. Label Edge Router (LER) :

Un LER est un routeur d'extrémité, qui est responsable de l'établissement des chemins suivis par les paquets, l'insertion et la suppression des étiquettes au fur et à mesure que le trafic entre et sort du réseau MPLS.

Un chemin dans un réseau MPLS est constitué de plusieurs sauts entre la source et la destination. C'est le chemin suivi par les paquets. Ce chemin est nommé Label Switching Path ou LSP. La figure 4 montre un réseau MPLS, avec un chemin LSP entre les routeurs LERA et LERB

3.3. Forwarding Equivalence Classes (FEC) :

Un FEC est un groupe de paquets, qui ont en commun les mêmes besoins à leur transport. Les FEC sont basés sur les préfixes des adresses de réseaux de destination plus des besoins en terme de service pour certains groupes de paquets. Par exemple, tous les paquets qui ont comme destination le réseau 192.89.10/24 vont recevoir le même traitement et vont suivre le même chemin LSP (En utilisant un des deux protocoles de l'ingénierie de trafic CR-LDP ou RSVP-TE, on

pourra distribuer un flot de paquet qui a la même destination sur plusieurs LSPs).

Un LER est l'interface entre le monde IP et le réseau MPLS, il doit supporter donc les deux types d'acheminement (voir figure 4). Les réseaux Net_IP1, Net_IP2 et Net_IP3 sont des réseaux IP classiques. Les routeurs LERA, LERB et LERC implémentent les deux architectures MPLS et IP.

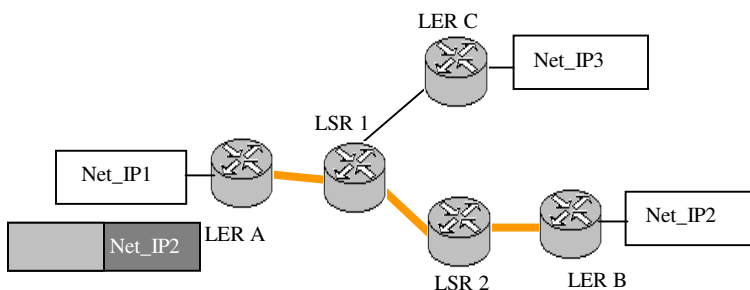


Figure 4

Une chose qui est très important est que la valeur d'une étiquette n'a qu'une signification local entre deux LSR.

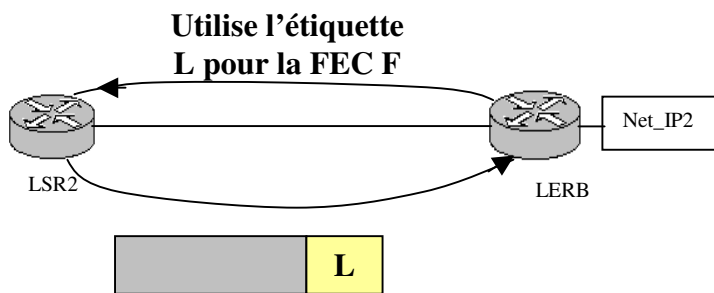


Figure 5

Le réseau Net_IP2 de la figure 4 est un réseau IP connecté directement au routeur LERB, ce routeur va créer donc un FEC F pour cette destination, et va générer une étiquette L qui va être associée à ce FEC. Cet information de liaison entre F et L va être communiquée au LSR2 en utilisant le protocole de signalisation LDP. Donc lorsque LSR2 recevra un paquet de type F il va l'étiqueter avec l'étiquette L avant de l'acheminer vers LERB. (voir Figure 5)

Dans un réseau MPLS les routeurs d'extrémités (LERs) font la classification des paquets (association à un FEC), l'assignation des l'étiquettes, puis l'acheminement. Par contre les routeurs LSR à l'intérieur d'un réseau MPLS ne font que l'acheminement des paquets en se basant sur l'étiquette et en consultant la table LIB.

Dans la figure 4 les routeurs LSR1 et LSR2 peuvent être juste des commutateurs capables de faire la commutation par étiquette.

4. Label Distribution Protocol :

4.1. Types de message LDP :

Le protocole LDP est un protocole de signalisation qui sert à faire la distribution des informations de commutation par étiquette en utilisant quatre types de message :

- Messages de découverte : des messages HELLO pour annoncer et maintenir la présence d'un LSR sur le réseau. Ces messages sont encapsulés dans des datagrammes UDP.
- Messages de session : pour l'établissement, la maintenance et la fermeture des sessions LDP.
- Messages d'avertissement : pour Créer et maintenir les association FEC/Label.
- Message de notification : pour la gestion des erreurs.

Ces 3 derniers types de message sont encapsulés dans TCP.

4.2. Les méthodes de distribution :

On pourra distinguer deux types de distribution des étiquettes entre les LSR, La distribution non sollicité et la distribution sur demande.

4.2.1. La distribution non sollicité :

Le routeur LERB (voir figure 5) découvre le prochain saut pour un FEC F, il génère une nouvelle

étiquette L et informe le routeur LSR2 de l'association F/L, c'est une distribution non sollicité.

4.2.2. La distribution sur demande :

Si LSR2 découvre que LERB est son prochain saut pour un FEC F, alors LSR2 va envoyer une demande «Label request» à LERB. LERB va répondre donc avec un message de type «utiliser l'étiquette L pour le FEC F».

5. Exemple d'une commutation MPLS :

Sur un LER, la table LIB est une base d'information construite en se basant sur la table de routage fournit par le protocole de routage (OSPF par exemple).

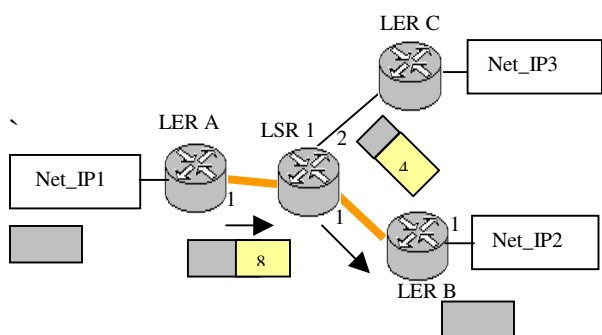


Figure 6

<i>In lab</i>	<i>Adr des</i>	<i>Out int</i>	<i>Out lab</i>
4	Net IP2	1	

Figure 7
Table LIB du LERB

D'après la table de routage, Net_IP2 est un réseau directement connecté à LERB, donc ce routeur va créer un nouveau FEC avec la valeur Net_IP2 (Préfixe du réseau de destination) puis il génère une étiquette (4 dans ce cas). Le protocole LDP du routeur LERB va informer le routeur LSR1 qu'il pourra utiliser l'étiquette 4 pour le FEC Net_IP2. En

utilisant le même concept le LSR1 va créer un nouveau FEC de même valeur (Net_IP2), et va générer une nouvelle étiquette pour ce FEC. L'étiquette générée est 8. (voir la table LIB de LSR1, figure 8).

<i>In lab</i>	<i>Adr des</i>	<i>Out int</i>	<i>Out lab</i>
8	Net IP2	1	4

Figure 8
Table LIB du LSR1

Le routeur LSR1 va ouvrir une session LDP avec LERA, et va lui acheminer un message de type «utiliser l'étiquette 8 pour le FEC Net_IP2».

Le routeur LERA va créer un nouveau FEC, et va faire la mis à jour de sa table LIB.(voir figure 9)

<i>In lab</i>	<i>Adr des</i>	<i>Out int</i>	<i>Out lab</i>
	Net IP2	1	8

Figure 9
Table LIB du LERA

À la réception d'un paquet qui a comme destination Net_IP2, le routeur LERA va le classifier comme un paquet de type FEC Net_IP2 et consulter sa table LIB pour savoir l'étiquette de sortie et le numéro d'interface. D'après la figure 9, il va étiqueter le paquet par l'étiquette 8 et va l'acheminer via l'interface numéro 1.

Le routeur LSR1 recevra donc le paquet, et puisqu'il porte l'étiquette 8, d'après sa table LIB, il doit réétiqueter le paquet par l'étiquette 4 et l'acheminer via l'interface numéro 1.

Le routeur LERB va faire la réception du paquet, supprime l'étiquette puis l'acheminer via l'interface numéro 1.

[3] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, B. Thomas, LDP Specification, RFC3036

D'après cet exemple, on remarque bien que :

- la commutation dans cet exemple se fait saut par saut.
- La distribution est non sollicité.
- Un commutateur qui supporte l'acheminement par étiquette pourra jouer le rôle du LSR1, puisqu'il n' a pas besoin de faire un routage au niveau réseau.

Conclusion :

L'implémentation d'une architecture MPLS va permettre donc de minimiser le délai de latence, puisque les LSR à travers le chemin ne font que la commutation au niveau 2/3, en se basant sur l'étiquette, et le routage est concentré sur les routeurs d'extrémités «LERs».

Le chemin LSP suivi par les paquets est le même chemin optimal fournit par le protocole de routage, et tous les paquets de la même destination vont suivre le même chemin, cela pourra causer des situations de congestion. L'architecture MPLS donc a besoin d'un mécanisme qui pourra assurer le «load balancing» sur le réseau, de telle façon qu'un trafic pourra être distribué sur plusieurs liaisons (ou on a plus de ressource par exemple). De plus le protocole LDP ne permet pas la réservation des ressources le long d'un chemin LSP.

On a besoin donc d'un mécanisme qui pourra nous permettre de spécifier les chemins LSP depuis le LER de départ (Routage explicite), et d'un autre qui pourra nous permettre la réservation des ressources.

Deux protocoles ont été développé pour fournir ces deux fonctionnalité à MPLS : le CR-LDP et RSVP-TE.

Bibliographies :

[1] Stephen A. Thomas, IP Switching and Routing Essentials. 2002.

[2] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC3031. Janvier 2001.