عنوان مقاله: مروری بر پروتکلMPLS

گروه مطالعاتی : IP

گروه کاری: MPLS

ارائه دهنده: علی رستمی

تاریخ ارائه: ۸۳/۱۱/۲۰

سرپرست گروه کاری: احمد آقامیرزائی

اصلاح کننده : علی رستمی

تاریخ اصلاح:۸۳/۱۲/۲۵

مرجع: اینترنت

بسمه تعالی

مروری بر پروتکل

MPLS

(Multi Protocol Lable Switching)

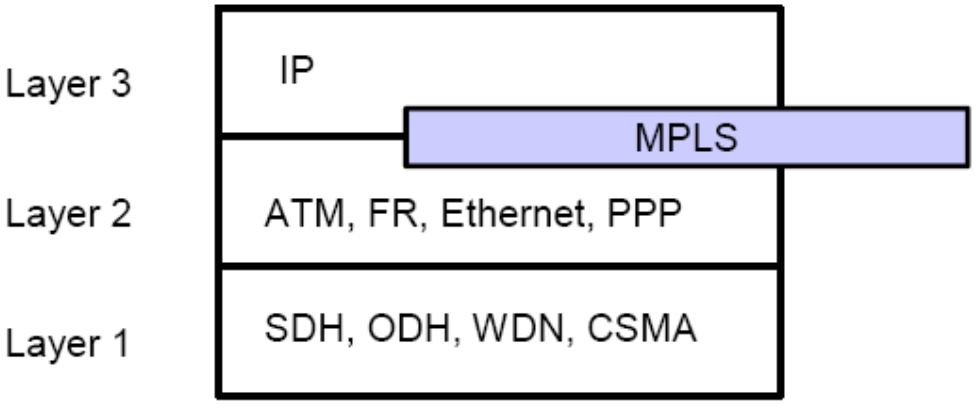
فهرست

عنوان **صفحه**

مقدمه.....۳
۱-ايده اصلی MPLS ۴
۲-مزايای MPLS.....۵
۳- نحوه كد گذاري سرفصل MPLS.....۶
۴-ساختار سرفصل بسته هاي MPLS.....۷
۵-اهداف طراحي MPLS توسط طراحان.....۷
۶-تكنولوژیMPLS.....۹
۷-اساس كار MPLS ۱۱
۷-۱- پشته برچسب ۱۲
۷-۲- جابجايي برچسب.....۱۴
۷ -۳- مسير سوئيچ برچسب (LSP).....۱۵
۷-۴- كنترل LSP.....۱۶
۷-۵- مجتمع سازي ترافيك.....۱۷
۷-۶- انتخاب مسير.....۱۷
۷-۷- زمان زندگي (TTL).....۱۸
۷-۸- استفاده از سوئيچ هاي ATM به عنوان LSR.....۱۹
۷-۹- ادغام برچسب.....۲۰
۷-۱۰- تونل.....۲۱
۸- پروتكل هاي توزيع برچسب در MPLS.....۲۱
ضميمه شماره يک(تعاريف).....۲۱
ضميمه شماره دو(مخفف كلمات).....۲۶

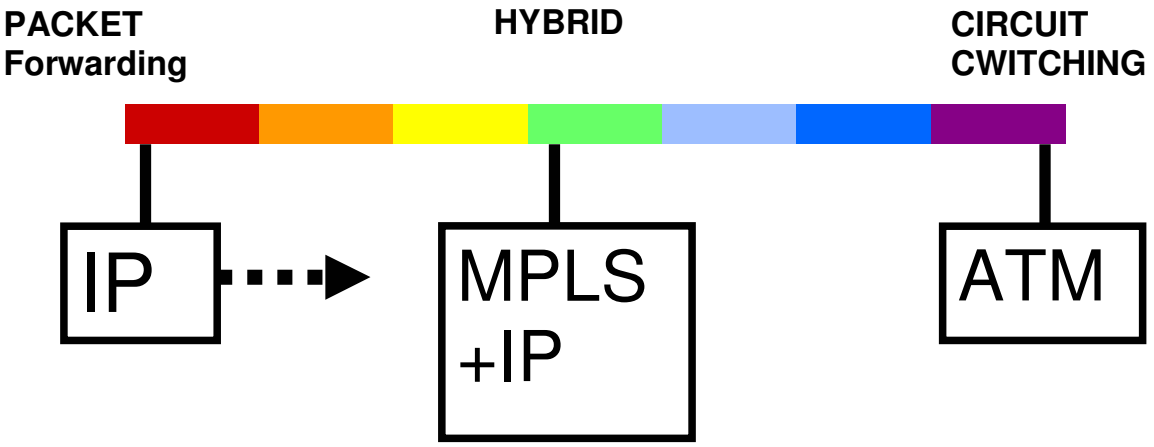
مقدمه:

تكنولوژىMPLS از دستاوردهاى مهمى است كه در سالهاى اخير بسيار موردتوجه قرار گرفته وبه يكى از استانداردهاى مهمIP تبديل شده و به جرات مي توان گفت فنآوري MPLS كه توسط گروه مطالعاتي IETF ارائه و توسعه يافته است،از آخرين تحـــــــولات در سوئيچينگ چند لايه مي باشد.معماري اين فناوري مبتني بر Lable Switching بوده و مابين لايه هاي دوم و سوم قرار داردوبصورت عاميانه ميتوان اينگونه بيان نمود كه MPLS تكنولوژى لايه ۲/۵ مياشد!.در شكل شماره ۱ جايگاه اين پروتكل مشخص گرديده است.



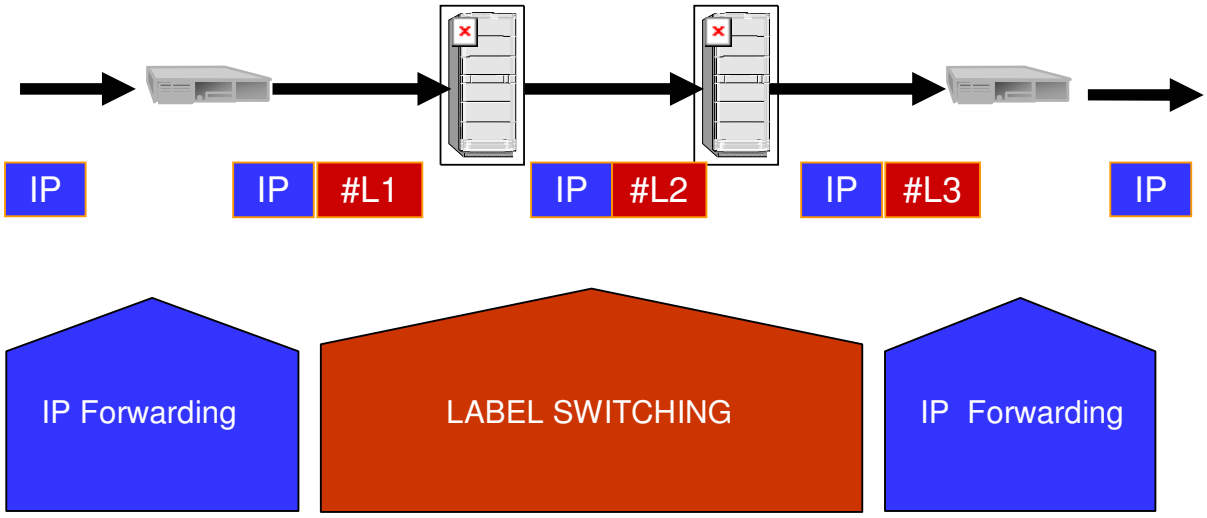
شكل شماره۱

شبكه هاي مبتني برMPLS به عنوان شبكه هاي ترانزيت شناخته شده و از يك مدل هايبريدكه شامل مزيتهايCircut Switching وPacket forwarding ميباشد در سيستم خودبهره ميبرند.



۱–ایده اصلیMPLS

ایده اصلیMPLS تسریع در عمل Data forwarding ودستیابی به قابلیتهای مهندسی ترافیک و کیفیت خدمات(QOS) از طریق به کارگیری مفهوم بر چسب مستقل از محتویات سرایند IP میباشد که این عملیات روترها را از پردازش تکراری سرایندهای مذکور معاف میکند. بدین ترتیب Routing در لبه شبکه انجام شده وعملیات Forwarding در درون شبکه انجام و تکرار میگردد،لذا استقلال سرآیندها ازIP واستاندارد بودن MPLS زمینه ساز استفاده روز افزون ازاین پروتکل را فراهم آورده است. در شکل شماره۲ نحوه انجام عملیاتIP Forwarding و Lable Switching نشان داده شده است.



شکل شماره۲

در MPLS كه از مدل راندن كنترلي براي تخصيص و توزيع برچسب استفاده مي نمايد، مسيرهاي ارسال اطلاعات (LSP) ذاتا يك طرفه مي باشد و براي ارسال ترافيك هاي دو طرفه بايد دو LSP مختلف بين مبدا و مقصد ايجاد گردد.

MPLS از مسيريابي استاندارد IP و همچنين از الگوريتم جابجايي برچسب، براي هدايت بسته ها استفاده مي نمايد. يكي از ويژگي هاي بارز MPLS آن است كه متكي به پروتكل مشخصي در لايه پيوند داده نمي باشد بلكه بر روي هر فنآوري لايه دومي قابل نصب مي باشد.

چنانچه پروتكل لايه دوم داراي فيلد برچسب باشد (مانند فيلدهاي VPI/VCI در ATM وDLCI در Frame Relay) از همان فيلد براي تخصيص فيلد برچسب MPLS استفاده مي‌شود و در غيراينصورت از قسمتي از ناحيه سرفصل بسته هاي

MPLS كه بين سرفصل هاي لايه دوم و لايه IP قرار دارد به عنوان فيلد برچسب استفاده مي شود كه به آن سرفصل Shim مي گويند. در شكل شماره ۳، نحوه كد گذاري سرفصل MPLS نشان داده شده است.

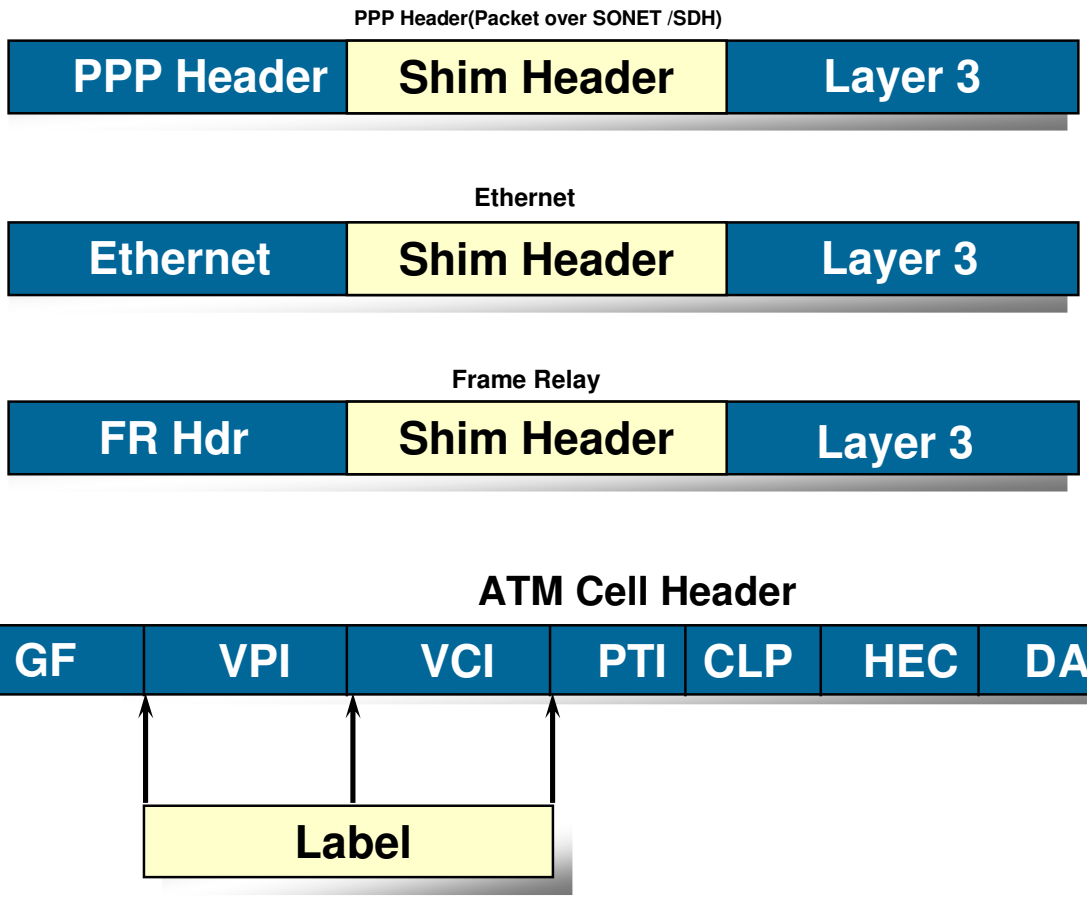
نام برچسب ها در پروتكلهای مختلف به شرح ذيل ميباشد

- VPI/VCI درATM كه توسط سلول ها منتقل ميشود.
- DLCI در Frame-Relay
- TimeSlot در TDM
- LCN در X.25

۲–مزایای MPLS

- سادگی عملیات Forwarding
- جدایی عملیات ForwardingوRouting
- سادگی تجمیع خصوصیات IPوATM
- همخوانی داشتن با کلیه پروتکلهای لایه ۲ولایه۳
- تبدیل نمودن آدرسها به برچسب هایی با طول ثابت
- امکان بکارگیری از سروسهای ویژه ای همچون:
  - مهندسی ترافیکTraffic engineering
  - امکان ارسال Voice/videoبر رویIP با کم کردن تاخیرات و افزایش QOS
  - VPN
  - QOS

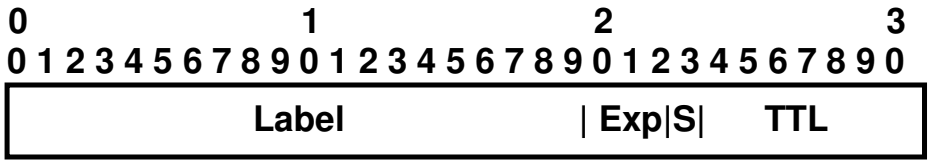
۳- نحوه کد گذاری سرفصل MPLS



شکل شماره۳

۴-ساختار سرفصل بسته هاي MPLS

همانطور كه در شكل زير ديده مي شود، در سرفصل MPLS فيلدهاي زير موجود است:



MPLS Lable Format

Exp = experimental =QOS
S = bottom of stack bit

۱- فيلد بر چسب به طول ۲۰ بيت كه حاوي مقدار واقعي بر چسب MPLS مي باشد.
۲- فيلد سه بيتي كلاس سرويس، CoS[۱] كه به كمك آن مي توان نحوه صف بندي و حذف بسته ها در هنگام عبور از سوئيچ هاي شبكه را مشخص نمود.
۳- فيلد يك بيتي S كه نشان دهنده پايان ناحيه پشته برچسب[۲] مي باشد. چنانچه اين بيت يك باشد به معني آن است كه برچسب جاري، آخرين برچسب ناحيه پشته برچسب مي باشد. در مورد پشته برچسب در فصل بعد توضيحات بيشتري خواهيم داد.
۴- فيلد هشت بيتي زمان زندگي، (TTL)[۳] كه مطابق با فيلد TTL بسته هاي IP عمل مي نمايد.

۵–اهداف طراحي MPLS توسط طراحان

۱- MPLS بايد قادر به پشتيباني هر نوع فنآوري لايه دوم باشد و فقط منحصر به ATM و Frame Realy نباشد.
۲- MPLS بايد با پروتكل هاي مختلف مسيريابي سازگار باشد.
۳- در MPLS بايد قابليت مجتمع سازي ترافيك پشتيباني شود. در اينصورت امكان ارسال ترافيك هاي متنوع كاربران از طريق يك مسير واحد فراهم مي آيد.

۱- Class of Service
۲- Label Stack
۳- Time to Live

۴- MPLS بايد قابليت مسيريابي چند مسيره[٤] را داشته باشد.

۵- سوئيچ هاي MPLS بايد قابليت برقراري ارتباط و تبادل اطلاعات با ساير سوئيچ هاي غير MPLS را داشته باشند.

۶- MPLS بايد با مدل سرويس هاي مجتمع IETF شامل RSVP سازگار باشد.

۷- MPLS بايد قابليت مقياس پذيري داشته باشد.

۸- MPLS بايد امكانات عملياتي، مديريتي و نگهداري كه در حال حاضر در شبكه هاي IP وجود دارد را پشتيباني نمايد.

در قسمتهاي بعدي به توصيف دقيقتر فنآوري MPLS مي پردازيم .

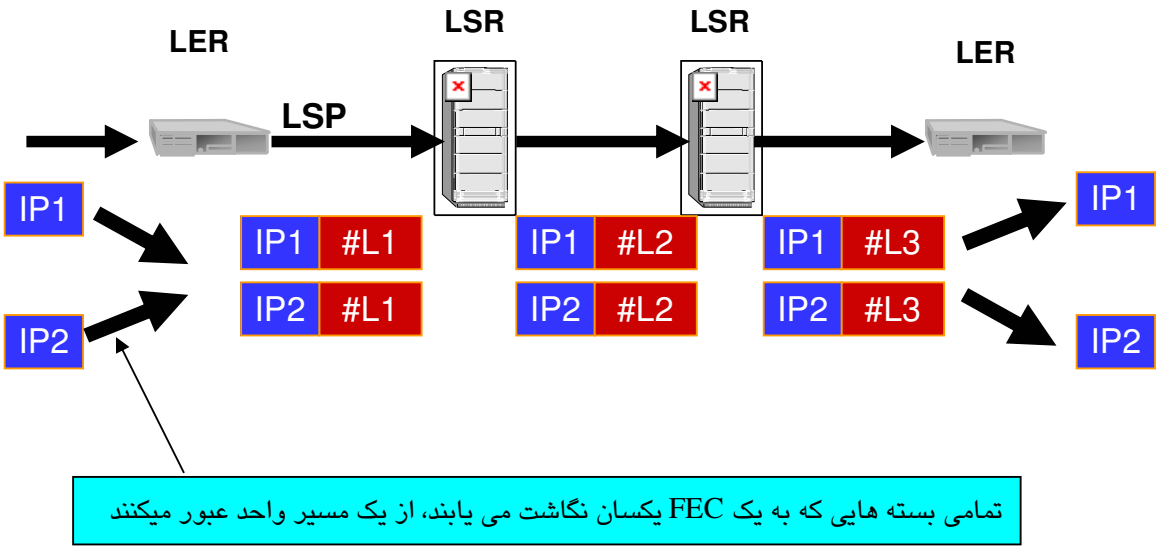
****

[٤]- Multipath Routing

۶–تكنولوژی MPLS

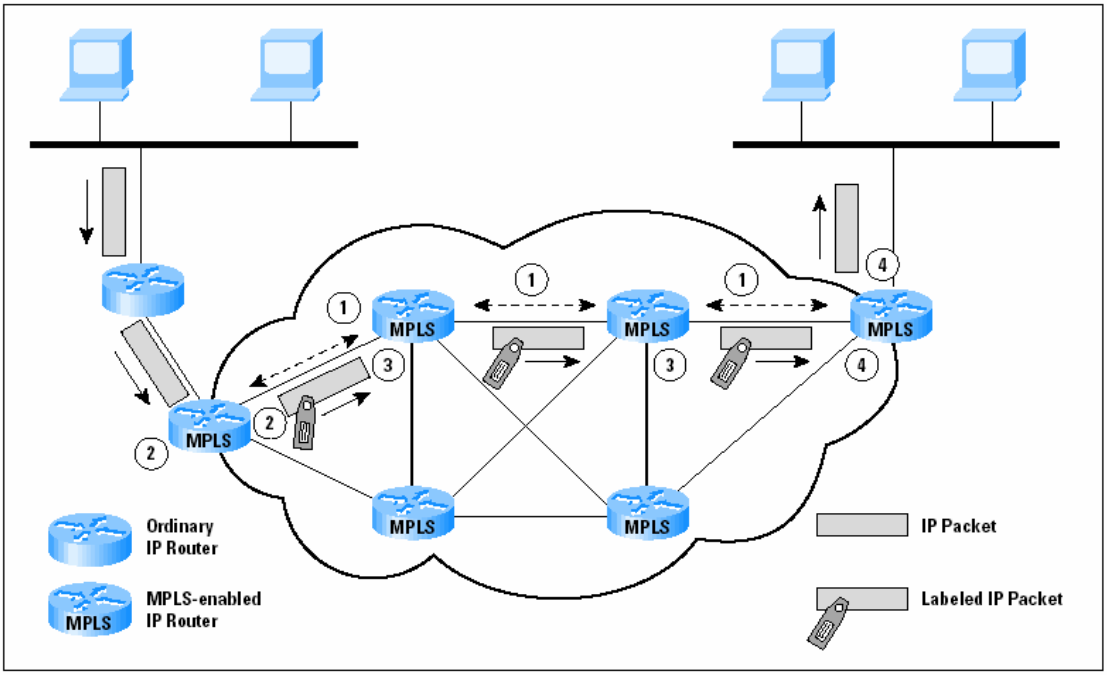
همانطور كه در قسمتهاي قبل اشاره شد، در شبكه هاي بدون اتصال(UDP)، هنگامي كه بسته هاي ارسالي از مسيرياب هاي درون شبكه به سمت مقصد عبور مي نمايند، هر مسيرياب براساس اطلاعات موجود در سرفصل بسته ها و با كمك الگوريتم مسيريابي لايه شبكه، بسته ورودي را پردازش نموده و پرش بعدي يا به عبارتي مسيرياب بعدي را كه بسته باید به آن ارسال شود، تعيين مي نمايد. البته اطلاعات موجود در سرفصل بسته ها به مراتب از آنچه كه فقط براي مسيريابي لازم است، بيشتر مي باشد.

مي توان عمليات مسيريابي و تعيين پرش بعدي بسته ها را تركيبي از دو عمليات مختلف تصور نمود. عمليات اول، دسته بندي بسته هاي ورودي به يكسري كلاس هاي معادل هدايت به جلو (FEC) مي باشد. دومين عمليات، نگاشت هر FEC به يك پرش بعدي است. طبيعي است كه تمامي بسته هايي كه به يك FEC يكسان نگاشت مي يابند، از يك مسير واحد عبور كرده تا به مقصد برسند. در الگوريتم هاي مسيريابي متداول IP، چنانچه دو بسته داراي پيشوند آدرس مقصد يكسان باشند، در اين صورت از يك مسير براي رسيدن به مقصد عبور مي نمايند.



در شبكه هاي MLPS، با كمك مسيرياب‌هاي برچسبي موجود در لبه شبكه (LER)، بسته‌هاي ورودي به يك كلاس FEC خاص نگاشت مي يابند و سپس هر FEC به يك مقدار عددي ثابت كه آن را برچسب مي ناميم، نگاشت مي يابد. بعد از اينكه بسته هاي ورودي به شبكه، توسط LER برچسب زده شدند، بسته هاي برچسب زده شده وارد شبكه مي‌شوند. مسيرياب هاي موجود در درون شبكه MLPS كه به LSR مشهور مي باشند، هيچگونه پردازشي بر روي اطلاعات موجود

در سرفصل لايه سوم بسته ها نمي نمايند بلكه فقط با توجه به مقدار برچسب هر بسته و با كمك جدول هدايت به جلو اقدام به تعيين پرش بعدي بسته مي نمايند.در شكل شماره ۴چگونگی عملكرد يک شبكه MLPS نشان داده شده است.



شكل شماره۴

با توجه به اين مطالب فوق، در مقايسه با مسيريابي در سطح لايه شبكه كه در شبكه هاي معمولي استفاده مي شود، ميتوان مزايای ذيل را برایMLPSعنوان نمود .

۱- مي توان با استفاده از سوئيچ هايي كه فقط براساس مقدار يك فيلد خاص، عمليات سوئيچينگ را انجام مي دهند (مانند سوئيچ هاي ATM) عمليات ارسال و هدايت بسته ها را در MPLS، انجام داد.

۲- از آنجاييكه هر بسته ورودي به شبكه MPLS، به يك كلاس FEC خاص نگاشت مي‌يابد، بنابراين مسيرياب هاي موجود در لبه شبكه مي توانند از هر گونه اطلاعات موجود در مورد بسته هاي ورودي براي تعيين و تخصيص كلاس FEC يكسان استفاده نمايند.

۳- چنانچه يك بسته ورودي واحد را از طريق دو مسيرياب متفاوت وارد شبكه MPLS نماييم، در اينصورت برچسبي را كه دو مسيرياب به بسته ورودي تخصيص مي دهند متفاوت با يكديگر خواهد بود كه اين مطلب در پروتكل هاي متداول مسيريابي لايه سوم مشاهده نمي شود .

۴- هر قدر عمليات تخصيص و نگاشت كلاس هاي FEC به بسته هاي ورودي پيچيده باشد، هيچگونه تاثيري بر روي عملكرد مسيرياب هاي درون شبكه نمي گذارد.

۵- مسيرياب هاي متداول موجود، با دريافت هر بسته ورودي به پردازش اطلاعات موجود در سرفصل آن مي پردازند. البته اين كار فقط براي تعيين پرش بعدي نمي باشد بلكه از آن براي استخراج ساير اطلاعات مورد نياز نظير اولويت و كلاس سرويس بسته استفاده مي‌شود. همانطور كه قبلا نيز اشاره شد، در MPLS ميتوان اطلاعات اولويت و كلاس سرويس بسته ها را در برچسب بسته قرار داد .

۷–اساس كار MPLS

همانطور كه گفتيم، در MPLS برچسب الحاقي به هر بسته نشان دهنده كلاس FEC است كه بسته به آن تعلق دارد. فرض كنيد كه R1 و R2 دو LSR داخلي شبكه باشند. بعد از مذاكره و توافق اوليه بين R1 و R2، فرض كنيد كه R1 تمام بسته هايي را كه به كلاس FEC F نگاشت يافته است را با برچسب L به R2 ارسال مي دارد. در اينصورت برچسب L براي مسيرياب هاي R1 و R2 به ترتيب برچسب خروجي[۵] و برجسب ورودي[۶] ناميده مي‌شود. البته توجه بايد نمود كه برچسب L ارزش محلي دارد و فقط نشان دهنده بسته هاي متعلق به كلاس FEC F ارسالي بين R1 و R2 مي باشد. به عبارت ديگر اگر در جايي ديگر از شبكه از برچسب L استفاده شود، ديگر الزاما بسته هاي ارسالي به كلاس FEC F تعلق ندارند.

با توجه به اينكه ترافيك كاربر از R1 به سمت R2 ارسال مي شود، اصطلاحاً به مسيرياب R1 و R2 به ترتيب مسيرياب هايUpstreamو Downstream گفته مي‌شود. وظيفه عمليات تخصيص برچسب در MPLS به عهده مسيرياب Downstream مي باشد. به عبارت ديگر ميتوان گفت كه در MPLS عمليات تخصيص برچسب در جهت معكوس و از سمت مسيرياب Downstream به سمت مسيرياب Upstream انجام مي شود. با استفاده از پروتكل LDP[۷] هر LSR شبكه اقدام به ارسال اطلاعات مربوط به برچسب هاي تخصيص يافته به كلاس هاي مختلف FEC به ساير LSR هاي شبكه مي نمايد. اصطلاحاً به دو LSR كه اطلاعات تخصيص برچسب را به يكديگر مبادله مي‌نمايند، همتاي توزيع برچسب گفته مي شود. تاكنون استانداردهاي متعددي براي انجام عمليات توزيع برچسب در MPLS

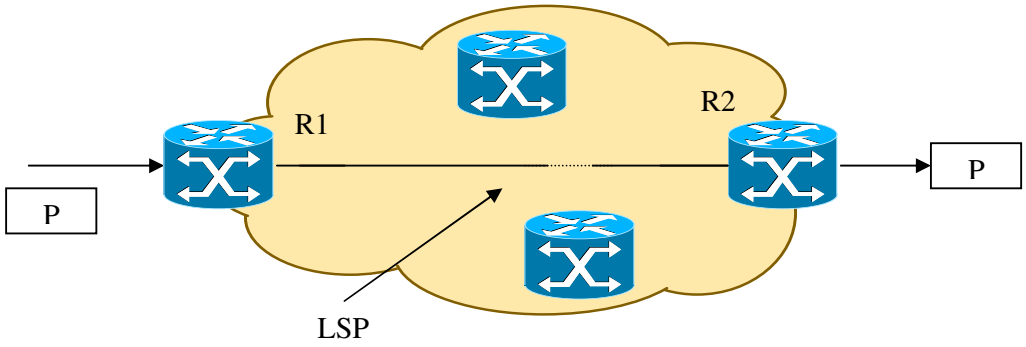
۵- Outgoing Label

۶- Incoming Label

۷- Label Distribution Protocol

ارائه شده است كه از بين آنها مي توان به استانداردهاي RSVP، LDP و CR-LDP[۸] اشاره نمود.

چنانچه يك LSR شبكه از LSR مجاور خود درخواست ارسال ليستي از برچسب هاي تخصيص يافته به يك كلاس FEC خاص را بنمايد، اصطلاحاً گفته مي شود كه عمليات توزيع برچسب درخواستي Downstream انجام مي شود. البته در MLPS امكان ارسال ليست فوق بدون دريافت درخواست LSR مجاور نيز وجود دارد كه به اين نوع عمليات توزيع برچسب غيردرخواستي Downstream گفته مي شود. هر شبكه MPLS معمولاً يك و يا هر دو روش توزيع بر چسب فوق را پشتيباني مي نمايد.



۷-۱- پشته برچسب

يكی از توانايی های ويژهMPLS قابليت Lable Stacking ميباشد در MPLS، برخي از بسته ها داراي چندين برچسب مي باشند كه به صورت يك پشته LIFO[۹] مديريت مي شوند.پردازش در چنين Stacking بر روی بالاترين و يا آخـــــــــــرين Lable قرار گرفته درپشته انجام ميشود.

Lable Stacking با تخصيص تعدادی ازLSP هابه يكLSPای واحد،برای بخشی از عمليات مسيريابی شبكه ايجاد يک تونل ميكنند.

درابتدای تونل LSR بر چسب مشتركی را به پكت های تعدادی از LSPتخصيص ميدهد(با انجام عملياتPush).درانتهای تونل نيز يكLSR ديگرليبل بالایStack را Pop نموده و در نتيجه ليبل ماقبل آخر به عنوان عنصر بالایStack ظاهر ميگردد.اين

۸- Constraint Based Routing-Label Distribution Protocol

۹- Last In First Out

روند به ATMكه داراى يک سطح از Stacking بوده شبيه ميباشدبا اين تفاوت كه MPLS به طور نامحدود ازStacking پشتيبانى ميكند.

Lable Stackingداراى انعطاف پذيرى قابل توجهى ميباشد.شركتها و موسسات در سطح گسترده ميتوانندشبكه MPLSرا درسايتهاى متعددى راه اندازى كرده و در هر سايت چندين LSP را ايجاد نمايند.بدين ترتيب قادرند تا ازLable Stackingجهت متمركز نمودن جريانهاى ترافيكى قبل از اينكه به دست access provider ها برسد استفاده نمايد. access provider نيز ميتوانندترافيک چندين مجموعه را قبل از تحويل به ISPهاى بزرگ متمركز كرده و ISPهاكه تعداد زيادى LSP رابه تعداد كمى از تونلهاى بين نقاط شبكه كاهش دهند.تونلهاى كمتر به معنى داشتن جداول انتقالى كمتر بوده كه تسهيلات زيادى را براى فراهم كنندگان سرويسهاى مركزى شبكه ايجاد ميكند.

چنانچه پشته برچسب ورودي خالي باشد (اصطلاحاً گفته مي شود كه عمق پشته صفر است)، در اين صورت بسته داراي برچسب نمي باشد. در يك پشته برچسب به عمق x، پايين ترين و بالاترين برچسب به ترتيب برچسب سطح ١ و سطح x ناميده مي شوند.

هنگام ورود يك بسته به سوئيچ هاي LSR، واحدي به نام NHLFE[١٠] وظيفه هدايت بسته ورودي به سمت سوئيچ بعدي را به عهده دارد. در NHLFE اطلاعات زير موجود است:

١- پرش بعدي بسته.

٢- عملياتي كه بايد بر پشته برچسب انجام شود. اين عمليات يكي از موارد زير است:

الف- جايگزيني بالاترين برچسب پشته با يك برچسب جديد.

ب- انجام عمليات استخراج[١١]، بر روي پشته برچسب.

ج- جايگزيني بالاترين برچسب پشته با يك برچسب جديد و سپس انجام عمليات قرادادن[١٢] يك يا چند برچسب جديد در پشته برچسب.

٣- نحوه عمليات محصورسازي[١٣] لايه دوم كه در هنگام ارسال بسته استفاده مي شود.

۴- نحوه كد كردن پشته برچسب در هنگام ارسال بسته.

١٠- Next Hope Label Forwarding Entry

١١- Pop

١٢- Push

١٣- Encapsulation

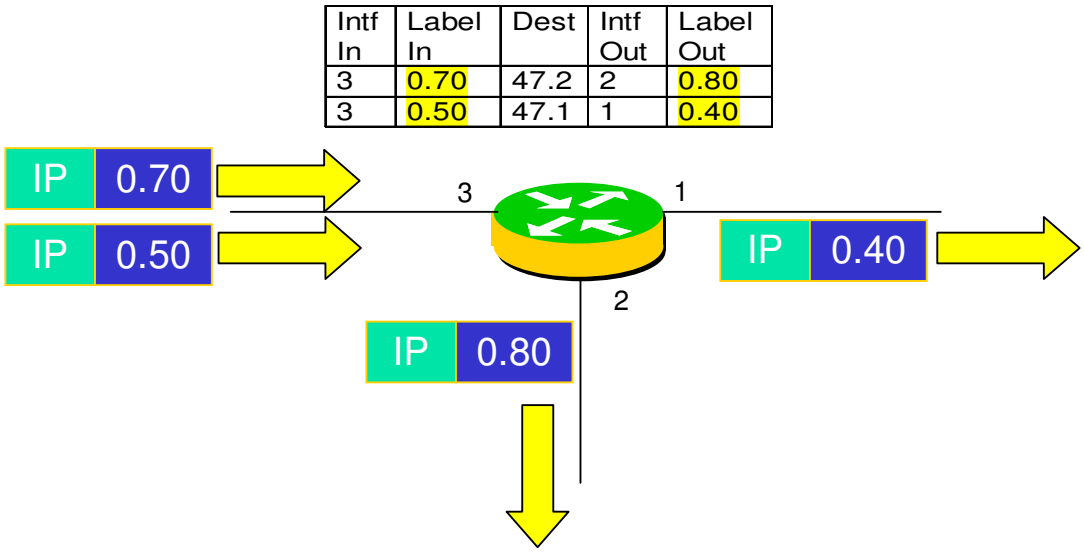
۵- هر گونه اطلاعات لازم ديگر كه براي مرتب سازي و هدايت بسته ها لازم است.

چنانچه يك LSR شبكه متوجه شود كه پرش بعدي بسته ورودي، خودش مي باشد، در اينصورت عمليات استخراج را بر روي پشته بسته جاري انجام مي دهد.

هر برچسب بسته ورودي، بوسيله عمليات نگاشت برچسب ورودي (ILM)[۱۴] به مجموعه‌اي از NHLFE ها نگاشت مي يابد و همچنين توسط عمليات مشابهي به نام FTN[۱۵] هر FEC ورودي به مجموعه اي از NHLFE ها نگاشت مي يابد. هنگامي كه بسته ورودي فاقد برچسب باشد، عمليات FTN بر روي آن اعمال شده و توسط اين عمليات به بسته ورودي برچسب خاصي تخصيص داده مي شود و بوسيله آن بسته ورودي هدايت مي گردد.

۷-۲- جابجايي برچسب[۱۶]

هر LSR شبكه، از روال هاي جابجايي برچسب در MPLS، براي هدايت بسته ها به سمت مقصد نهايي استفاده مي نمايد. بدين منظور، ابتدا بالاترين برچسب موجود در پشته برچسب بسته مورد پردازش قرار مي گيرد. توسط عمليات ILM برچسب فوق به NHLFE نگاشت مي يابد. با كمك اطلاعات موجود در NHLFE، پرش بعدي بسته و همچنين نوع عملياتي كه بايد بر روي پشته برچسب انجام شود، تعيين مي شود .



۱۴- Incoming Label Map

۱۵- FEC to NHLFE

۱۶- Label Swapping

چنانچه بسته ورودي به LSR فاقد برچسب باشد، در اينصورت با پردازش بر روي فيلدهاي موجود در سر فصل لايه شبكه، كلاس FEC بسته استخراج مي شود و سپس با استفاده از FTN كلاس FEC بسته ورودي به يك NHLFE خاص نگاشت مي يابد. با استخراج NHLFE ميتوان پرش بعدي بسته و همچنين نوع عمليات اعمالي بر روي پشته بسته را تعيين نمود.

۷-۳- **مسير سوئيچ برچسب** (LSP)

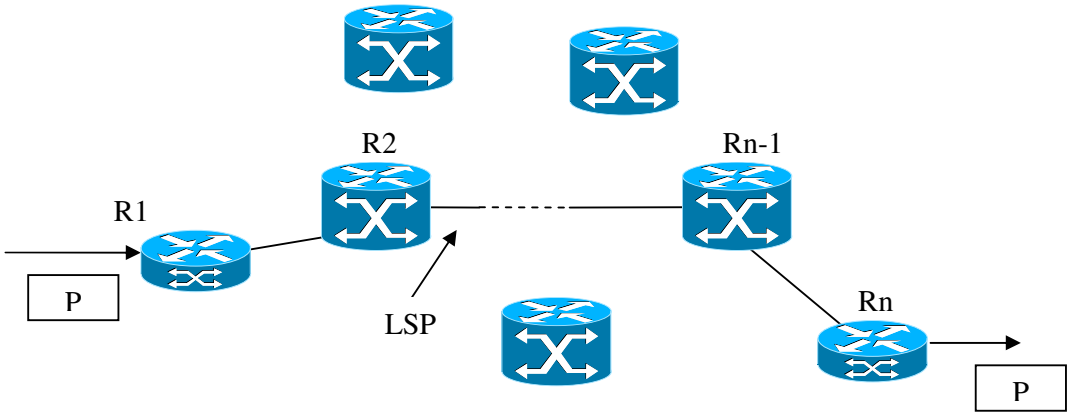
مطابق با شكل ۵ يك LSP سطح m براي بسته ورودي P، مجموعه اي از مسيرياب هاي <R1, R2, ...Rn> مي باشد كه داراي خواص زير است:

۱- مسيرياب R1 كه مسيرياب ورودي است، در بسته ورودي P، يك پشته برچسب قرار مي دهد.

۲- هنگامي كه بسته ورودي P توسط مسيرياب هاي Ri، 1<i<n داخل مسير هدايت مي‌شود، عمق پشته برچسب بسته ورودي همچنان m مي باشد. به عبارت ديگر در هيچ زماني در طي ارسال بسته p از مسيرياب R1 به سمت مسيرياب Rn-1 ، عمق پشته برچسب بسته p از m كمتر نمي شود.

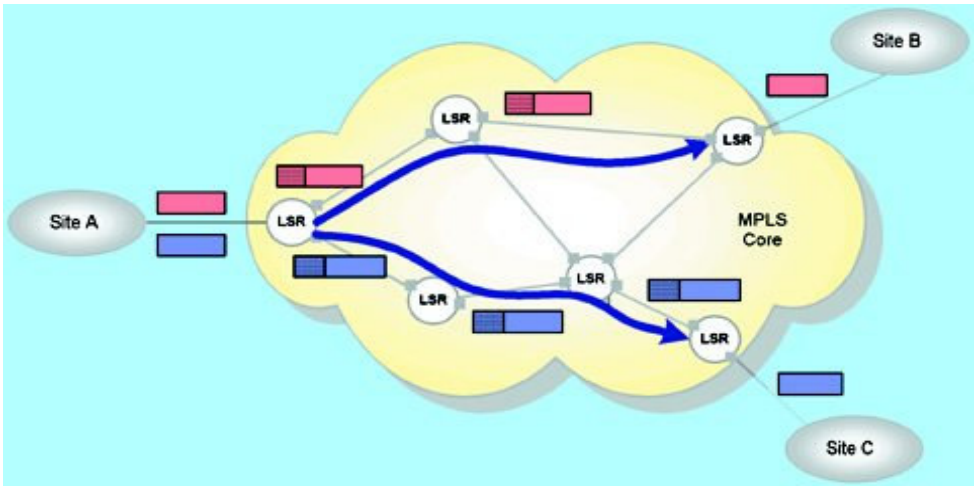
۳- تمام مسيرياب هايRi، 1<i<n موجود در مسير، فقط از بالاترين برچسب موجود در پشته (برچسب سطح m) براي تعيين برچسب بعدي بسته و ارسال آن به مسيرياب بعدي Ri+1 استفاده مي كنند.

۴- آخرين مسيرياب موجود در مسير (Rn) كه مسيرياب خروجي است، براي ارسال بسته به مقصد نهايي، از سوئيچينگ برچسب سطح m-k (k>0) و يا از ساير روش هاي متداول هدايت بسته (روش هاي غير MPLS) استفاده مي نمايد .



شكل ۵- مثالي از LSP در يك شبكه MPLS

سوالي كه ممكن است در اين قسمت با آن مواجه شويم اين است كه چنانچه يك LSR شبكه MPLS، بسته اي را دريافت نمود كه داراي برچسب نامعتبر باشد طوري كه امكان تخصيص برچسب جديد و تعيين LSR بعدي به آن نباشد، چه عملياتي را بايد انجام دهد؟ يكي از راه حل هاي رفع مشكل فوق اين است كه بدون توجه به مقدار برچسب بسته ورودي و تنها با استفاده از اطلاعات موجود در سرفصل لايه سوم و براساس الگوريتمهاي مسيريابي لايه سوم بسته ورودي را مسيريابي نمود كه البته اين عمل ممكن است باعث ايجاد حلقه در شبكه گردد. راه حل مطمئن تر اين مشكل آن است كه بسته فوق از بين برود مگر اينكـــــه مطمئن شويم كه مسيريابي بسته براساس سرفصل لايه سوم، توليد هيچگونه مشكلي نمي نمايد.



۷-۴- **كنترل** LSP

همانطور كه قبلاً اشاره گرديد، براي تعيين كلاس هاي FEC بسته هاي ورودي، ميتوان از پيشوند آدرس هاي IP كه توسط الگوريتم هاي مسيريابي ديناميك بين مسيرياب ها توزيع مي شود، استفاده نمود. براي اين نوع كلاس هاي FEC، به دو صورت مي توان ISP را تعيين نمود كه عبارتند از:

۱- كنترل مستقل LSP

۲- كنترل ترتيبي LSP

در روش اول كه كنترل مستقل LSP نام دارد، هر LSR شبكه مستقل از ساير LSR ها، با توجه به كلاس FEC تخصيص يافته به بسته ورودي، بر چسب مناسب را به كلاس FEC تخصيص مي دهد و سپس برچسب تخصيص يافته را به LSR همتاي خود ارسال مي‌دارد. طبيعي است كه اينگونه عملكرد در تعيين مسير،

مشابه مسيريابي IP مي باشد كه هر مسيرياب شبكه به طور مستقل اقدام به تعيين پرش بعدي بسته ورودي مي نمايد.

در روش كنترل ترتيبي LSP هر LSR شبكه، در دو حالت زير عمليات تخصيص برچسب به بسته ورودي را انجام مي دهد:

۱- چنانچه LSR، خود LSR خروجي براي كلاس FEC مشخص شده باشد.

۲- چنانچه قبلاً اطلاعات مربوط به تخصيص برچسب به FEC را از LSR پرش بعدي بسته هاي كلاس FEC دريافت كرده باشد.

در مواردي كه ترافيك هاي متعلق به يك كلاس FEC خاص بايد از يك مسير مشخص با ويژگي هاي معين عبور نمايند، از روش كنترل ترتيبي LSP استفاده مي شود. در روش كنترل مستقل LSP، اين احتمال وجود دارد كه قبل از برقراري LSP، ترافيك هاي متعلق به كلاس FEC وارد شبكه شده و از يك مسيري كه ممكن است ويژگي هاي ترافيكي مطلوب را نداشته باشد، عبور كنند.

۷-۵- مجتمع سازی ترافیک

يكي از روش هاي تقسيم بندي ترافيك به كلاس هاي مختلف FEC، ايجاد FEC جداگانه براي هر يك از پيشوندهاي آدرس IP موجود در جدول مسيريابي مي باشد. بعد از تعيين كلاس هاي FEC، تمام ترافيك هاي وابسته به يك كلاس FEC خاص از يك مسير عبور نموده تا به مقصد نهايي برسند.

در شبكه هاي MPLS اين امكان وجود دارد كه گروهي از كلاس هاي FEC با يكديگر مجتمع شده و تشكيل يك گروه واحد بدهند. در اين حالت به تمام كلاس هاي FEC موجود در گروه، يك برچسب يكسان تخصيص داده مي شود. به عمليات تخصيص برچسب به گروهي از FEC ها كه خود يك كلاس FEC جديد مي باشند، متجمع سازي ترافيك گفته مي شود. طبيعي است كه عمليات مجتمع سازي ترافيك، باعث كاهش تعداد برچسب هاي مورد نياز و همچنين كاهش ميزان روال هاي كنترلي توزيع برچسب مي‌گردد.

۷-۶- انتخاب مسیر

در شبكه هاي MPLS، به نحوه انتخاب LSP براي يك كلاس FEC خاص، انتخاب مسير گفته مي شود. در MPLS دو روش مختلف براي اين كار موجود است كه عبارتند از:

۱- مسير يابي پرش به پرش [۱۷]

[۱۷]- Hop by Hop Routing

۲- مسير يابي صريح[۱۸]

در مسيريابي پرش به پرش، هر LSR شبكه مستقل از ساير LSR ها، اقدام به تعيين پرش بعدي بسته هاي متعلق به كلاس FEC مي نمايد. امروزه در شبكه هاي IP، از اين روش براي انجام عمليات مسيريابي استفاده مي شود .

در مسيريابي صريح، همه LSR هاي شبكه در انتخاب مسير و پرش هاي بعدي، دخالت ندارند بلكه فقط يك LSR خاص كه معمولا LSP ورودي يا خروجي است، اقدام به تعيين بخشي يا تمام مسير LSP مي نمايد. در كاربردهاي نظارتي[۱۹] و همچنين مهندسي ترافيك، از روش مسيريابي صريح استفاده مي شود. در شبكه هاي MPLS، در زمان تخصيص برچسب، مسير صريح مشخص مي شود .

۷-۷- زمان زندگی (TTL)

يک قسمت مهم درHeaderبسته اطلاعاتی IP،فيلدTTLدرIPV4ويامحدوده حرکت در IPV6 ميباشد. با هر پرش بسته يكي از محتويات اين فيلد كم مي شود و در صورتيكه مقدار فيلد فوق صفر شود، بسته IP از بين مي رود. بدين ترتيب امكان محافظت شبكه در برابر حلقه هاي مسيريابي كه از پيكره بنيدي غلط شبكه و يا از سرعت كم همگرايي الگوريتم مسيريابي شبكه ناشي مي شود، وجود دارد. در شبكه هاي MPLS، براي جلوگيري از حلقه هاي مسيريابي و همچنين براي محدود سازي دامنه بسته هاي ارسالي، از فيلد TTL در بسته هاي ارسالي استفاده مي شود .

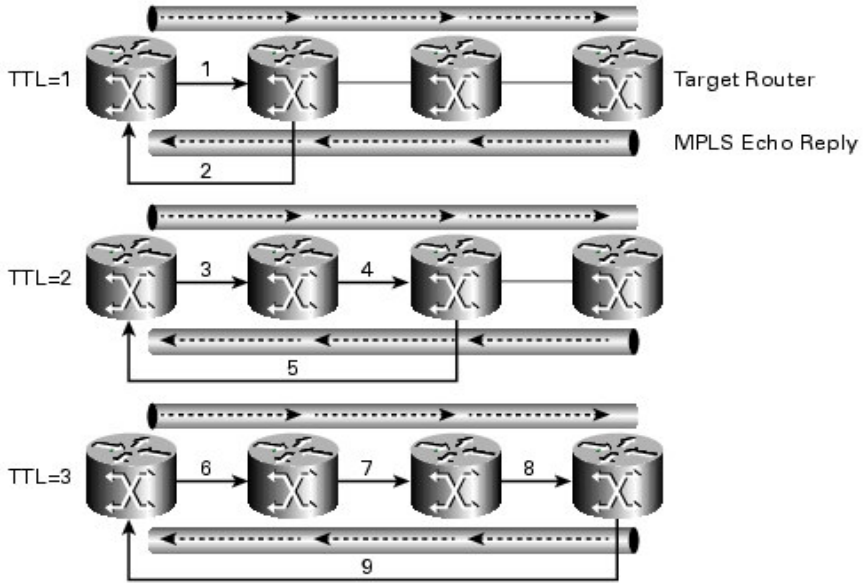
چنانچه از سرفصل Shim (سرفصلي كه مستقل از سرفصل هاي لايه دوم و لايه سوم بوده و ما بين اين دو فصل قرار مي گيرد) در بسته هاي MPLS استفاده شود، در اين صورت در داخل سرفصل فوق، فيلدي به نام TTL وجود دارد كه مقدار اوليه آن همان مقدار فيلد TTL سرفصل بسته هاي IP است. با عبور بسته از هر LSR شبكه، از مقدار فيلد TTL يكي كم شده و هنگامي كه بسته به LSR خروجي رسيد، مقدار فيلد TTL موجود در سر فصل MPLS به فيلد TTL بسته هاي IP كپي مي شود.

چنانچه از بخشي از سرفصل بسته هاي لايه دوم (مثلا فيلد VPI/VCI در سلول هاي ATM) به عنوان برچسب MPLS استفاده گردد. در اينصورت در هر پرش امكان كاهش يك واحدي TTL وجود ندارد. در اين صورت به مسيري كه داراي

۱۸- Hop by Hop Routing

۱۹- Label Merging

ويژگي فوق باشد، مسير LSP فاقد TTL گفته مي شود. از آنجاييكه در مسيرهاي فاقد TTL نميتوان در هر پرش از محتواي فيلد TTL يك واحد كم نمود، بايد به نحو ديگري تعداد پرش هاي عبوري بسته در ناحيه هاي فاقد TTL مشخص شود. يكي از روش هاي انجام اين كار اين است كه طول ناحيه فاقد TTL به اطلاع LSR ورودي رسانده شود. سپس بسته هايي كه وارد LSR ورودي شده و مي خواهند از مسير فاقد TTL عبور نمايند، يكجا فيلد TTL آنها به اندازه طول ناحيه فاقد TTL كاهش مي يابد. يكي از نكات مهمي كه در مورد مسيرهاي فاقد TTL بايد مد نظر داشت آن است كه سخت افزار لايه دوم اين نواحي بايد به مكانيسمي براي تشخيص حلقه هاي مسيريابي و رفع آنها مجهز باشد.در شكل شماره نحوه عملكرد فيلدTTL نشان داده شده است.



شكل شماره۴

۷–۸– استفاده از سوئيچ هاي ATM به عنوان LSR

همانطور كه تا كنون توضيح داده شده است، عمليات جايابي برچسب در MPLS تا حد زيادي مشابه عمليات فوق در سوئيچ هاي ATM مي باشد. با ورود هر سلول به سوئيچ‌هاي ATM، ابتدا شماره پورت ورودي و مقدار فيلد VPI/VCI آن بررسي مي شود و سپس با كمك جدول خاصي، عمليات تخصيص پورت خروجي و VPI/VCI جديد انجام مي شود. بنابراين چنانچه بتوان از ناحيه VPI/VCI سلول هاي ATM به عنوان برچسب MPLS استفاده كرد، در اين صورت با افزودن نرم افزارهاي مناسب به سوئيچ ATM مي‌توان آنها را به LSR هاي شبكه MPLS تبديل نمود.

۷-۹- ادغام برچسب [۲۰]

فرض كنيد كه يك LSR شبكه MPLS چندين برچسب ورودي مختلف را به يك كلاس FEC خاص تخصيص داده است. طبيعي است كه تمام بسته هاي متعلق به يك كلاس FEC يكسان بايد داراي برچسب خروجي يكسان باشند، بنابراين بايد تمام برچسب هاي متعلق به يك كلاس FEC خاص، به يك برچسب واحد تقليل يابند. به اين عمليات ادغام برچسب گفته مي شود .

به عبارت ديگر مي توان گفت كه چنانچه يك LSR شبكه، از پورت هاي مختلف خود، بسته هايي را با برچسب هاي مختلف ولي متعلق به يك كلاس FEC يكسان دريافت دارد، در اين صورت با كمك عمليات ادغام برچسب همه بسته هاي ورودي را با يك برچسب يكسان و از طريق يك پورت خروجي مشخص از خود عبور مي دهد.

چنانچه LSR شبكه قادر به عمليات ادغام برچسب نباشد، در اين صورت چنانچه دو بسته ورودي متعلق به يك كلاس FEC يكسان، با برچسب هاي متفاوت و از طريق پورت هاي مختلف وارد سوئيچ LSR گردد، در اين صورت بسته هاي ورودي فوق با برچسب های متفاوت از يكديگر از LSR خارج مي شوند. بنابراين مي توان نتيجه گرفت كه چنانچه LSR هاي شبكه قابليت ادغام برچسب را داشته باشند، در اين صورت به هر كلاس FEC تنها يك برچسب خروجي نسبت داده مي شود در حاليكه چنانچه LSR قابليت ادغام برچسب را نداشته باشد، در اينصورت تعداد برچسب هاي تخصيص يافته به يك كلاس FEC خاص به مراتب بيشتر از يكي مي باشد. در MPLS امكان استفاده از LSR باقابليت ادغام برچسب و يا بدون اين قابليت وجود دارد.

۷-۱۰- تونل [۲۱]

فرض كنيد كه R1 و R2 دو مسيرياب شبكه MPLS باشند كه الزاماً در مسير پرش به پرش بسته قرار ندارن . چنانچه مسيرياب R1 بسته اي را دريافت دارد و صريحاً عملياتي انجام دهد كه منجر به تحويل بسته فوق به R2 گردد، در اين صورت گفته مي شود كه بين R1 و R2 تونل ايجاد شده است. به بسته هاي ارسالي از اين مسير، بسته هاي تونلي گفته مي‌شود. در شبكه هاي MPLS، مي توان تونل هاي LSP نيز پياده سازي نمود. چنانچه يك مسيرLSP از

۲۰-label Merging

۲۱- Tunnel

<R1,R2,...Rn> تشكيل شده باشد كه R1 نقطه ارسالي به تونل و Rn نقطه پاياني آن باشد، اصطلاحاً به اين مسير يك تونل LSP گفته مي شود .

۸– پروتكل های توزيع برچسب در MPLS

همانطور كه قبلاً اشاره گرديد، در هر يك از LSR هاي موجود در مسير LSP جدولي به نام جدول هدايت به جلو كه شامل زوج هاي مرتب { شماره پورت ورودي ، برچسب ورودي } به { شماره پورت خروجي ، برچسب خروجي } است، وجود دارد. عمليات ايجاد جداول فوق، برقراري LSP با توزيع برچسب ناميده مي شود. براساس سياست نظارتي شبكه و همچنين نيازهاي سخت افزاري شبكه MPLS، مي توان از روش‌هاي مختلفي جهت توزيع برچسب استفاده نمود.

چنانچه مسيريابي مورد استفاده در شبكه از نوع پرش به پرش باشد، براي انجام عمليات تخصيص و توزيع برچسيب از پروتكل هايي نظير BGP و LDP استفاده مي شود، اما اگر از مسيريابي صريح استفاده شود، پروتكل هاي CR-LDP و RSVP براي انجام عمليات تخصيص و توزيع برچسب به كار گرفته مي شوند.

در گزارشات بعدی در خصوص سایر موارد مربوط به MPLS،مزایاوسرویسهای مربوطه به طور کامل تشریح خواهد شد./

ضمیمه شماره یک(تعاریف)

abstract node
An abstraction used in describing an explicit route. An abstract node may be a network element, a group of network elements sharing an address prefix, or an Autonomous System. An abstract node consisting of exactly one network element is called a simple abstract node.

actual private network
A term invented for comparison with virtual private network (VPN).

adjacent
Having a direct logical link. Either directly connected physically, or connected using an approach that makes intervening devices transparent in a logical context-for example, tunneling.

aggregation
Grouping or bundling traffic requiring similar forwarding. Distinct from merging, generally, because it may be desirable to separate aggregate traffic at some point without having to resort to a routing decision at L3 for all packets within the aggregate.

Assured Forwarding
A per-hop behavior (PHB) defined for Differentiated Services that provides for four classes of PHB, each having three levels of drop precedence. Assured Forwarding also requires that packets within a class not be reordered, regardless of the drop precedence. Assured Forwarding does not define a quantifiable value for delay or delay variation of packets forwarded.

Autonomous System
In interdomain routing, an administrative domain identified with an AS number
.

Behavior Aggregate
IP packets that require the same Differentiated Services behavior at the point where they are crossing a link.

Border Gateway Protocol
The only exterior gateway routing protocol. Currently version 4 is in use. A routing protocol used in routing between administrative domains.

bridge
A device used to forward frames at the data-link layer.

Cell Loss Priority
A bit in the AAL5 ATM header indicating that the cell can be dropped earlier under congested conditions.

Connection (or Call) Admission Control
Use of some approach to determine whether or not a requested service requirement can reasonably expect to be met by a device, prior to committing to provide the requested service at the device.

conservative retention mode
Labels are requested and retained only when needed for a specific next hop. Unnecessary labels are immediately released.

content addressable memory
A memory device that allows a key to be compared to the contents of all memory locations at the same time. Content addressable memory is roughly a hardware analogue of a software hashing algorithm.

control word
An instruction, index, or key into a table of instructions, generally at the (virtual) machine level.

Data Link Connection Identifier
Used in Frame Relay to identify a circuit connection between adjacent Frame Relay switches.

data link layer
Layer 2 of the OSI model; the layer between the physical and network layers.

Differentiated Services (DiffServ)
An IETF standard for providing different classes of service based on some common sets of assumptions about queuing behavior on a hop-by-hop basis. Because the basis for specific treatment is explicitly carried in packets, rather than requiring local storage of packet classification information, this approach to providing quality of ser-vice (QoS) is often referred to as "less state-full" than, for example, the Integrated Services QoS model.

Discard Eligibility
A bit in the Frame Relay header indicating that the frame can be discarded under congested conditions.

domain of (label) significance
The portion of a network consisting of logically connected logical interfaces with a common knowledge of the significance (meaning) of a label. A label only has meaning upon arrival at a logical interface if that interface was represented in the process during which the meaning was originally negotiated.

downstream
In the direction of expected traffic flow. Applies to traffic that is part of a specific forwarding equivalence class.

downstream label allocation
Label negotiation in which the downstream LSR determines what label will be used. This is the only currently supported approach.

downstream on-demand label distribution mode

Labels are allocated and provided to the upstream peer only when requested. This mode is most useful when the upstream LSR is using conservative label retention or is not merge capable (or, as is likely, both).

downstream unsolicited label distribution mode
Labels are allocated and provided to the upstream peer at any time (typically in conjunction with advertisement of a new route). Most useful when the upstream neighbor is using liberal retention mode.

egress
Point of exit from an MPLS context or domain. The egress of an LSP is the logical point at which the determination to pop a label associated with an LSP is made. The label may actually be popped at the LSR making this determination or at the one prior to it (in the penultimate hop pop case). Egress from MPLS in general is the point at which the last label is removed (resulting in removal of the label stack).

Expedited Forwarding
A per-hop behavior defined for Differentiated Services that requires a network node to provide a well-defined minimum departure rate service for a configurable departure rate such that if incoming traffic is conditioned not to exceed this minimum departure rate, packets are effectively not queued within the node. Expedited Forwarding

ensures that, for conditioned traffic, the delay at any node is bounded and quantifiable.

explicit route
A route specified as a nonempty list of hops that must be part of the route used. If an explicit route is strict, only specified hops may be used. If an explicit route is loose, all specified hops must be included, in order, in the resulting path, but the path is otherwise unrestricted.

extranet
From the perspective of a private network, any other network, including all other networks.

filtering database
Used in some bridging technologies to determine what interfaces an L2 frame will not be forwarded on.

Fixed Filter
A reservation style that is useful in establishing a point-to-point LSP from one ingress to one egress LSR.

flooding
The process of forwarding data on all, or most, interfaces in order to ensure that the receiver gets at least one copy.

forwarding database
Information used to make a forwarding determination.

forwarding determination
The process used to determine the interface to be used to forward data. This process may or may not be directly driven by a route determination.

forwarding equivalence class
A description of the criteria used to determine that a set of packets is to be forwarded in an equivalent fashion (along the same logical LSP). Forwarding equivalence classes are defined in the base LDP specification and may be extended through the use of additional parameters (such as is the case with CR-LDP). FECs are also represented in other label distribution protocols.

frame
A message encapsulation generally consisting of a DLL header, a payload-frequently consisting of at least part of a network-layer packet-and (possibly) a trailer. Normally encapsulated by physical-layer framing.

FTN
FEC-to-NHLFE map, used to insert unlabeled packets onto an LSP.

hard state
State information that remains valid until explicitly invalidated.

implicit null label
A label value given to an upstream neighbor when it is desirable to have that LSR pop one label prior to forwarding the packet. This behavior is commonly referred to as penulitimate hop pop (PHP).

Incoming Label Map
Used to find the NHLFE for determining forwarding information for a labeled packet.

independent control mode
Mode in which an LSR allocates and provides labels to upstream peers at any time. This mode may be used, for instance, when routing is used to drive label distribution and it is desirable to supply applicable labels to routing peers at about the same time as new routes are advertised.

ingress
Point at which an MPLS context or domain is entered. The ingress of an LSP is the point at which a label is pushed onto the label stack (possibly resulting in the creation of the label stack).

Integrated Services (IntServ)
An IETF quality-of-service standard. In essence, QoS is assured based on signaling end-to-end service requirements using a common signaling protocol. (RSVP is the only common end-to-end protocol currently defined for this purpose.) These service requirements are then mapped to specific queuing parameters for each specific medium type that may be present in such an end-to-end service. The use of CAC and traffic disciplining techniques allows this approach to effectively guarantee a requested service requirement. Because packets are classified to determine what level of service they require, and the classification information must be retained at each node, this QoS approach is often referred to as the "state-full" QoS model.

interdomain routing
Routing between administrative domains. Supported currently by BGP version 4.

interface
Physical or logical end point of a link between devices.

Internet service provider (ISP)
Provider of an access service to the Internet, usually for a charge. Access service charges may be flat rate or based on either rate or usage. Service providers make up the Internet through complex tiering and peering relationships.

intranet
A private network.

L1, L2, L3
physical, data link, and network layers (respectively).

label
A fixed-size field contained in a message header that may be used as an exact-match key in determining how to forward a protocol data unit.

label distribution
Process by which labels are negotiated between peer LSRs.

label edge router
A term often used to indicate an LSR that is able to provide ingress to and egress from an LSP. In individual implementations, this tends to be a function of the capabilities of device interfaces more than of the overall device. In theory, it is possible for a device to be an LER and not an LSR (if it is not able to swap labels, for instance); however, it is unlikely that such an LER would be generally useful or make any particular sense in a cost-benefit analysis.

label stack
Successive labels in an MPLS shim header in order from the top to the bottom of the stack.

label swapping
Replacing an input label with a corresponding output label.

label-switched path
Path along which labeled packets are forwarded. Packets forwarded using any label are forwarded along the same path as other packets using the same label.

label switching
Switching based on use of labels.

label switching router
A device that participates in one or more routing protocols and uses the route information derived from routing protocol exchanges to drive LSP setup and maintenance. Such a device typically distributes labels to peers and uses these labels (when provided as part of data presented for forwarding) to forward label-encapsulated L3 packets. In general, an LSR may or may not be able to forward non-label-encapsulated data and provide ingress/egress to LSPs (that is, to perform what is frequently referred to as the label edge router, or LER, function).

liberal retention mode
Labels are retained whenever received. This mode is useful when the ability to change quickly to a new LSP is desirable; however, it may result in unacceptable memory consumption for LSRs with many interfaces.

link
Physical or logical connection between two end points.

logical interface
An interface associated with a specific encapsulation. Data arriving at the corresponding physical (or lower-level logical) interface that is encapsulated for a specific logical interface is de-encapsulated and delivered to that logical interface.

merging
A key function in making MPLS scalable in the number of labels consumed at each LSR. Merging is the process by which packets from multiple sources are typically delivered to a single destination or destination prefix. It is distinct from aggregation in that (in most cases) the decision to merge traffic implies that the possibility of being required to separate the merged traffic at a later point is not significant at the point where merging is being done.

network layer
Layer 3 of the OSI model; the layer between the data-link and transport layers. Normally encapsulated in one or more data-link layer frames.

Next Hop Label Forwarding Information Entry
Contains all of the information needed to forward a labeled packet to the next hop. This information includes push, pop, or swap instructions; the new label (or labels in the event that multiple pushes are called for); the output interface; and other information that may be needed to forward the packet to the next hop.

Ordered Aggregate
The set of Behavior Aggregates that share an ordering constraint. For example, a set of PHB values that can be ordered relative to one another, such as AF drop precedences within an AF class.

ordered control mode
Mode in which an LSR only allocates and provides labels to an upstream peer when it is either the egress for the resulting LSP or it has received a label from downstream for the resulting LSP.

packet
A message encapsulation consisting of a network-layer header and payload.

packet switching

An approach used to forward L3 packets from an input L3 logical interface to an output L3 logical interface that may reasonably be optimized for hardware switching-similar to switching at the data-link layer.

penultimate hop pop

A process by which the peer immediately upstream of the egress LSR is asked to pop a label prior to forwarding the packet to the egress LSR. Using LDP, this is done by assigning the special value of the implicit Null label. This allows the egress to push the work of popping the label to its upstream neighbor, possibly allowing for a more optimal processing of the remaining packet. Note that this can be done because once the label has been used to determine the next-hop information for the last hop, the label is no longer useful. Using PHP is helpful because it allows the packet to be treated as an unlabeled packet by the last hop. Using PHP, it is possible to implement an "LSR" that never uses labels.

per-hop behavior

A Differentiated Services behavioral definition. A PHB is defined at a node by the combination of a Differentiated Services Code Point (DSCP) and a set of configured behaviors.

PHB scheduling class

The nonempty set of per-hop behaviors that apply to the Behavior Aggregates belonging to a given Ordered Aggregate.

piggyback

Intuitive term for the use of routing, or routing-related, protocols to carry labels.

pop

In a label-switching context, the process of removing the top-level label (the label at the head of the label stack) from the label stack.

protocol data unit

A unit of data used in specific protocol interactions. It may be generically described as a format for encapsulation and forwarding of protocol messages between protocol entities. Messages may span multiple PDUs, a single PDU may contain multiple messages, and PDUs may be nested.

push

In a label-switching context, the process of adding a new top-level label (which becomes the new label at the head of the label stack) to the label stack.

quality of service

Specific handling or treatment of packets, often in an end-to-end service. Best-effort (also sometimes referred to as "worst-effort") is currently the lowest level of packet treatment, other than an "unconditional drop" service. Currently, there are two models for providing QoS in an IP network: Integrated Services (IntServ) and Differentiated Services (DiffServ).

route computation

The process by which routers compute entries for a route table. Route table entries are subsequently used in route determination.

route determination

The process of selecting a route based on header information in packets and route table entries established previously via route computation. Typically, a route is determined using the longest match of the network-layer destination address in L3 packets against a network address prefix in the route table.

router

A device used to forward packets at the network (L3) layer.

routing

A scheme for selecting one of many possible paths.

scalability

A reflection of the way in which system complexity grows as a function of some system parameter, such as size. If growth in system complexity is approximately linear with respect to growth in system size, for instance, the size scalability of the system is generally considered to be good.

Shared Explicit

Reservation style in which path resources are explicitly shared among multiple senders and receivers. Useful when it is desirable to increase reservation resources or establish a new reservation without double-booking resources.

shim header

An encoding of the MPLS label stack. Present for all media when a label stack is in use. (The presence of the label stack is indicated either by protocol numbers or connection identifiers in the L2 encapsulation.)

slow-path forwarding

Used to refer to processing of exception packets in which the packet is handled via direct intervention of a system CPU resource that is not normally used in fast-path (optimized) forwarding.

soft state

State information that becomes out of date if not refreshed.

source route

An explicit route specified from the source toward the destination.

switching
Ushering input data or messages more or less directly to an output; typically based on a simplistic recognition mechanism (such as an exact match of a fixed-length field).

traffic engineer
An operator or automaton with the express purpose of minimizing congestion in a network. Traffic engineering is an application of a traffic engineer.

traffic engineering
An application of constraint-based routing in which a traffic engineer uses a set of link characteristics to select a route and assigns specific traffic to that route.

type-length-value
An object description with highly intuitive meaning; that is, the object consists of three fields: type, length, and value. Type gives the semantic meaning of the value, length gives the number of bytes in the value field (which may be fixed by the type), and value consists of length bytes of data in a format consistent with type. This object format is used in LDP and several other protocols.

upstream
Direction from which traffic is expected to arrive. Applies to a specific forwarding equivalence class.
upstream label allocation

A scheme by which the upstream peer is allowed to select the label that will be used in forwarding labeled traffic for a specific forwarding equivalence class. Not currently supported in MPLS.

virtual X
Pseudo-X. Not quite or really an X. A small white lie.

ضميمه شماره دو(مخفف كلمات)

AL	ATM Adaptation Layer
AF	Assured Forwarding
AFI	Address Family Identifier
APN	actual private network
ARIS	Aggregate Route-based IP Switching
ARP	Address Resolution Protocol
AS	Autonomous System
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BA	Behavior Aggregate
BGP	Border Gateway Protocol
BOF	Birds of a Feather
CAC	Call (or Connection) Admission Control
CE	customer edge (or customer equipment)
CLIP	Classical IP and ARP over ATM
CLP	Cell Loss Priority
CPCS	Common Part Convergence Sublayer
CPE	Customer premises (or provided) equipment
CR-LDP	Constraint-based Routing Label Distribution Protocol
CSR	cell switching router

DE	Discard Eligibility
DLCI	Data Link Connection Identifier
DLL	data link layer (L2)
DoD	downstream on-demand label distribution (mode)
DSCP	Differentiated Services Code (Control) Point
DU	downstream unsolicited label distribution (mode)
ECN	Explicit Congestion Notification
EF	Expedited Forwarding
EGP	exterior gateway protocol
E-LSP	EXP-inferred-PSC LSP
EXP	Experimental bits
FANP	Flow Attribute Notification Protocol
FEC	forwarding equivalence class
FF	Fixed Filter
FIB	forwarding information base
FR	Frame Relay
FTN	FEC-to-NHLFE map
GSMP	General (or Generic) Switch Management Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IFMP	Ipsilon's Flow Management Protocol
IGP	interior gateway protocol
ILM	Incoming Label Map
ION	Internetworking over NBMA
IP	Internet Protocol
I-PNNI	Integrated PNNI
IPv4	IP version 4
IPv6	IP version 6
ISP	Internet service provider
LAN	local area network
LANE	LAN emulation
LC-ATM	label switching controlled-ATM
LC-FR	label switching controlled-Frame Relay
LDP	Label Distribution Protocol1
LER	label edge router
LIS	logical IP subnet
L-LSP	Label-only-inferred-PSC LSP
LSP	label-switched path
LSR	label switching (switched or switch) router
MIB	Management Information Base
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MPOA	Multi-Protocol over ATM
NBMA	nonbroadcast multiple access (networks)
NHLFE	Next Hop Label Forwarding Entry
NHRP	Next Hop Resolution Protocol
NHS	Next Hop Server
NLRI	network layer reachability information
OA	Ordered Aggregate
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PAR	PNNI augmented routing
PDU	protocol data unit
PE	provider edge
PHB	per-hop behavior
PHP	penultimate hop pop
PNNI	Private Network-to-Network Interface
POS	Packet over (on) SONET

PPP	Point-to-Point Protocol
PSC	PHB scheduling class
PSTN	Public Switched Telephone (Telephony) Network
PVC	permanent virtual circuit
QoS	quality of service
RD	route distinguisher
RFC	Request for Comments
ROLC	Routing Over Large Clouds
RSVP	Reservation Protocol
SAFI	Subsequent Address Family Identifier
SE	Shared Explicit
SITA	Switching IP Through ATM
SNPA	Subnetwork Points of Attachment
SONET	Synchronous Optical Network
STII	Internet Stream Protocol version II
SVC	switched virtual circuit
TDP	Tag Distribution Protocol
TE	traffic engineering
TLV	type-length-value
TM	traffic management
TTL	Time to Live
VC	virtual circuit
VCI or VCID	virtual circuit identifier
VP	virtual path
VPCI	virtual path and circuit identifier
VPI	virtual path identifier
VPN	virtual private network