مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (1) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (1) 2006

تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات (MPLS)

الدكتور أحمد صقر أحمد•
الدكتور رضوان دندة ••
منهل جعفر •••

(قبل للنشر في 2006/7/19)

□ الملخّص □

مع النمو المتسارع لشبكة الإنترنت توجب على التكنولوجيا التكيف بثبات مع المتطلبات الجديدة لعرض الحزمة المتزايد، فبالإضافة إلى الخدمات المزودة في الوقت الحالي فقد طورت ونشرت خدمات جديدة، مما أثقل كاهل البنية التحتية الحالية للإنترنت بمصطلحات السرعة وعرض الحزمة ، ومع تطبيق النسخة السادسة من بروتوكول الإنترنت (IPv6) بدا التنافس بين حوامل ومزودات الخدمة ظاهراً من حيث البحث عن طرق توجيه فعالة وسريعة لرزم البيانات مع ضمان جودة الخدمة (QoS: Quality of Service) وصنف الخدمة (Cos: Class of Service) وتأمين إدارة وهندسة الحركة على الشبكة (Traffic Engineering) بالإضافة إلى دعم الشبكات الافتراضية الخاصة (VPN's: Virtual Private Network's). وظهر تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات (MPLS: Multi Protocol Label Switching) كتقنية معيارية حديثة تفي المتطلبات السابقة بعدما كانت هي في البداية طريقة لتحسين سرعة إرسال الموجهات .

تزودنا هذه الدراسة بنظرة معمقة على التقنية الموجودة خلف MPLS ومكوناتها وآلية عملها وتطبيقاتها.

الكلمات المفتاحية: تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات (MPLS)، الوسم، جودة الخدمة (QoS)، هندسة الحركة، التوجيه التقليدي، النفقية، بروتوكول الانترنت النسخة السادسة (IPV6)، الشبكات الافتراضية الخاصة (VPN's).

• أستاذ مساعد – قسم النظم والشبكات المعلوماتية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا
•• أستاذ مساعد – قسم النظم والشبكات المعلوماتية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا
••• طالب ماجستير –قسم الهندسة الالكترونية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (1) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (1) 2006

Multi Protocol Label Switching (MPLS)

Dr. Ahmad Saker Ahmad•
Dr. Radwan Danda ••
Manhal Jafar •••

(Accepted 19/7/2006)

□ ABSTRACT □

As the Internet growing at a high pace, the technology has had to adapt constantly to new demands for increased bandwidth. In addition to the traditional services currently provided, new services have been developed and deployed, which have strained the resource of the existing Internet infrastructure. Moreover, with the implementation of Internet protocol version 6 (IPv6), carriers and service providers struggle to find efficient and speedy methods to forward packets and provide guaranty for quality of service (QoS), class of service (CoS), traffic engineering, and support virtual private network's (VPN's). MPLS, which at the beginning was a way to enhance the speed of router's forwarding, emerged as a new standard technology to provide the above-mentioned services.

This study provides a detailed analysis of the existing technology behind MPLS and its components, mechanism and applications.

Keywords: *MPLS, Label, Quality of Service, Traffic Engineering, Traditional Routing, Tunneling, IPV6, VPN's*

• **Associate Professor, Department of Computer Network and Systems, Faculty of Information Technology, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
•• **Associate Professor, Department of Computer Network and Systems, Faculty of Information Technology, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
••• **Post Graduate Student, Department of Electronic Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة (Introduction):

مع وضع بعين الاعتبار ظهور 250 مليون مستخدم جديد في العقد القادم ومع تطبيق النسخة السادسة من بروتوكول الإنترنت (IPV6:Internet Protocol Version6) تتصارع الحوامل ومزودات الخدمة للتنافس بين بناها التحتية الحالية من أجل الطلب المحتوم على شبكاتها.

من أجل ملاقاة الطلب المتزايد على عرض الحزمة تحتاج مزودات خدمة الإنترنت (ISP's: Internet Service Provider's) تجهيزات ذات أداء تبديل وتوجيه أعلى .على الرغم من أن معظم شبكات نوى مزودات الخدمة والحوامل تعمل على شبكات ذات أنماط النقل اللامتزامن (ATM: Asynchronous Transfer Mode) المثيرة للإعجاب فإن معظم الوصلات إلى هذه المزودات ما تزال وصلات ترحيل أطر (Frame Relays) بطيئة ووصلات نقطة إلى نقطة (Point-to-Point) مسببة كموناً (تأخيراً زمنياً) وفي بعض الأحيان حالة اختناق تُدعى عنق الزجاجة (bottleneck) عند نقاط النفاذ الطرفية.

كذلك فإن موجهات شبكة النواة تسهم في التأخيرات الزمنية،حيث يجب على كل منها اتخاذ قراره الفردي حول أفضل طريق لتوجيه كل رزمة قادمة.

تقليدياً وجه الـIP فوق ATM باستخدام IP over ATM بواسطة الدارات الافتراضية (VC's: Virtual Circuit's) أو البروتوكول المتعدد فوق ATM (MPOA: Multi-Protocol Over ATM). برهنت طرق التوجيه هذه أنها مرهقة ومعقدة . لقد تم الشعور بلا ريب بالحاجة لطريقة توجيه أبسط – طريقة تجمع بين مزايا إدارة حركة مرور وأداء المبدلات التقليدية ممزوجة بذكاء وإرسال الموجه.

يمكن تلبية كل تلك الحاجات بواسطة تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات حيث إنها تجمع بين خصائص تبديل الإرسال المبسطة لطبقة الوصل (Link-layer) مع تحكم ومرونة توجيه الطبقة الشبكة [1].

وتبدو MPLS أنها التقنية التي تقود مستقبل شبكات الـ IP متضمنة الإنترنت عبر تقديم مخطط إرسال جديد يؤثر بفاعلية على هندسة الحركة وتطبيق الشبكات الافتراضية الخاصة [2].

قدم MPLS بالأصل كأداة لإرسال رزم الـIP بفعالية عبر شبكات ATM عن طريق تمكين المديرين من ربط أصناف معينة من الرزم مع دارات ATM الافتراضية (VC's) ، إنها تقنية تدمج بفعالية بين تقنية شبكات الوصل الاتجاهية (Connection –Oriented) مع تبديل الرزم. بالإضافة فإن MPLS تسرع إرسال الرزم بشكل كبير (هناك فقط وسم ذو 20bit بدلاً من عنوان IP أكثر تعقيداً) [3].

تم إجراء البحث في مختبرات كلية الهندسة المعلوماتية وفرع مكتبة شيراز للعلوم والتكنولوجيا في جامعة تشرين في الفترة الواقعة بين 2005/6/2 و 2006/2/2.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث المقدم في أنه يفتح آفاقاً لبناء شبكات حديثة تؤمن أفضل المعايير العالمية وتتماشى مع التطورات الهائلة في مجال التكنولوجيا والاتصالات ويطور الشبكات القائمة حالياً على تقنيات مثل ATM و Frame Relay.

وتتلخص أهداف البحث في إبراز المشاكل التي تعاني منها الشبكات الحالية وكيفية التغلب عليها عن طريق استخدام تقنيات MPLS التي تحتاج إلى موجهات حديثة بالإضافة إلى تقديم تقنية حديثة لبناء الشبكات الافتراضية الخاصة عن طريق خاصية النفقية التي تتمتع بها MPLS ويعطي فكرة عن المزايا الأخرى لتلك التقنية مثل هندسة الحركة وجودة الخدمة.

فكرة MPLS (The Idea):

يمكن مقارنة تبديل رزم البيانات على الانترنت بنظام السكك الحديدية المؤتمت حيث يتم فيها نقل الشفرة أو إظهارها من قبل القاطرة الأولى. عند كل محطة تبديل للسكة يقوم نظام التبديل آليا بمبادلة الخط الذي وصلت إليه القاطرات مع الخط المفترض أن تغادر إليه. وببساطة بناءً على الشفرة المستخدمة من قبل القاطرة الأولى يتم الاستمرار بالمبادلة حتى تصل القاطرة الأخيرة إلى محطة التبديل حيث يكون نظام التبديل قد أصبح جاهزاً لمبادلة المجموعة التالية من قاطرات السكة الحديدية.

بالطبع يمكن أن تستخدم القاطرة الأولى شفرة معقدة على نحو عشوائي. يمكن أن تتضمن الشفرة معلومات من أين جاءت كل قاطرة والى أين هي ذاهبة وماذا تتضمن و كيف يجب توجيهها عند كل محطة تبديل. يمكن أن تصف أيضاً ماذا تمتلك كل مادة محتواة في القاطرة وفيما إذا قد تم تفتيش هذه المواد أم لا وهل تم تخليصها جمركيا أو فيما إذا قد تم تأمينها (صك تأمين)؟

الكثير من تلك المعلومات يمكن أن تكون ضرورية إذا كان على كل محطة تبديل اتخاذ قرار بتوجيه مستقل. على سبيل المثال في حال وجود بضائع على السفينة لم يتم تخليص جمركها أو لم تفتش بعد من المحتمل أن يكون مطلوباً من بعض محطات التبديل تحويل قاطرات السكة إلى مكان يمكن القيام بتلك الإجراءات. على كل من أجل عدد من القاطرات و عند محطات تبديل كثيرة تكون خيارات التوجيه غير معقدة كثيراً و من حسن الحظ أن الكثير من القطارات المتشابهة يمكن تجميعها في صف (صنف) يمكن فيه تبديل جميع عناصر الصف بنفس الطريقة.

في الحقيقة يمكن لنظام تبديل كهذا أن يحقق توفيراً مادياً في التخزين إذا خزنت بالضبط تلك المعلومات حول كل صنف تحتاجه لتعريف أعضاء ذلك الصنف، بعدها يحدد النظام عضوية الصنف عن طريق فحص الشيفرة التي تم تزويدها من قبل القاطرة القائدة و البحث عن الأفضل ملائمة بين معلومات التوجيه التي قد خزنتها.

لفهم أهمية ذلك: لنتخيل أن نظام التبديل المؤتمت هذا يدعم بشكل جيد أكثر من مئة مليون / 10^8 / محطة سكة حديدية طرفية .ذلك يعني أن معلومات التوجيه المخزنة استناداً على المصدر و المستقر فقط سوف تتطلب إدخال أكثر من / 10^{16} / توجيه. معلومات إضافية التي قد تكون مطلوبة لتحديد توجيه فردي سوف تضاعف ذلك التعقيد إلى حد بعيد .

على كلٍ فإن البحث عن الخيار الأفضل (أو الأكثر ملاءمةً في الطولو في لغة التوجيه) عند كل محطة تبديل ومن أجل كل مجموعة من القاطرات له تكلفته الخاصة. يجب مقارنة الشيفرة المستخدمة من قبل القاطرة الأولى على التوالي مع أجزاء الشيفرة (متبعة شجرة القرار) باحثة عن النقطة الأولى التي لا تتطابق فيها مع جزء الشيفرة على أي غصن فرعي من شجرة القرار في الاستخدام العملي فإن مقارنات متعددة مطلوبة في كل حالة .

لوضع تلك التكلفة في الرسم المنظوري : تخيل أننا نفكر بترقية نظام التبديل المؤتمت بحيث يمكنه تبديل 20 مليون قاطرة في الثانية و لا نريد أن تكون لدينا قاطرات موضوعة جانباً (على خط جانبي محول) لمدة من الزمن يمكن تقديرها عند كل محطة. في هذه الحالة نريد تقليل الزمن الذي تأخذه ملاءمة شفرة القاطرة الأولى مع إدخالات التوجيه قدر الإمكان. إحدى طرق القيام بذلك هي: استبدال الشفرة المعقدة التي استخدمناها بأخرى أقصر توافق تماماً شفرة مرتبطة بتوجيه خاص يدخل عند كل محطة تبديل . هذا في جوهره ما يعني تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات (MPLS).

لنقم بفحص ذلك التناظر الوظيفي و نرى كيف نكافئها في المبدأ العام لتوجيه و تبديل رزم البيانات. في التناظر الوظيفي فإن محطات التبديل تكافئ الموجهات و المبدلات والقطارات تكافئ برزم البيانات والخطوط تكافئ بالوصلات والواجهات . إرسال رزم البيانات يبنى عادة على المعلومات المحتواة في الترويسة ، هذه المعلومات يمكن مقارنتها بالشفرة المعروضة من قبل القاطرة الأولى (القائدة) . المعلومات المحتواة في ترويسة بروتوكول الإنترنت (IP) على سبيل المثال يمكن أن تكون معقدة بعض الشيء (إذا لم تكن تماماً على نحو متحكم به) إذا تم استخدام خيارات الـ IP . بالاضافة إلى ذلك يمكن إعداد تجهيزات الشبكة على سبيل المثال (الجدران النارية) لتفتيش محتويات رزم الـ IP . أخيراً يمكن أن تعلم الترويسة أنه يجب أن تعالج رزمة محددة بطريقة مختلفة (مزودة بترتيب معين أو معالجة أخرى) [4].

إذاً ما هي MPLS؟

MPLS هي معيار حدد من قبل قوة مهمات هندسة الإنترنت (IETF: Internet Engineering Task Force) في الوثيقة رقم 3031 تاريخ 2001 التي تحمل عنوان (Multiprotocol Label Switching Architecture) والتي قدمت من أجل تخصيص و توجيه وإرسال وتبديل تدفق الحركة بفاعلية عبر الشبكة.

تقوم MPLS بالوظائف التالية:

*تحدد آليات لإدارة تدفق الحركة من مصادر متعددة مثل التدفق بين أجهزة أو آلات مختلفة أو حتى التدفق بين تطبيقات مختلفة.

* تتمتع بالاستقلالية عن بروتوكولات الطبقة الثانية والطبقة الثالثة.

*يزود بأداة لتطبيق عناوين الـ IP ببساطة. كاستخدام وسوم محددة الطول من قبل تقنيات إرسال رزم وتبديل رزم مختلفة.

*تشكل واجهات لبروتوكولات التوجيه الموجودة مثل بروتوكول حجز المصادر(RSVP: Resource Reservation Protocol), وبروتوكول الممر الأقصر المفتوح أولاً (OSPF: Open Shortest Path First)

*تدعم بروتوكولات الطبقة الثانية لـIP و ATM و FRAME RELAY.

جوهر MPLS هو توليد وسم قصير ثابت الطول يتصرف كعرض موجز لترويسة رزمة الـIP ،وذلك بالطريقة نفسها التي يكون فيها الرمز ZIP كاختصار للمنزل والشارع والمدينة في العنوان البريدي، واستخدام الوسم لصنع قرارات إرسال الرزمة [5].

في MPLS، يحدث نقل البيانات على مسارات تبديل الوسوم (LSP's: Label Switching Path's). LSP's هي تسلسل من الوسوم عند كل عقدة على طول المسار من المنبع إلى المستقر. تُخصص LSP's إما قبل إرسال البيانات (قيادة متحكم بها) أو عند اكتشاف تدفق معين للبيانات (قيادة من قبل البيانات). الوسوم الموجودة تحت معرفات البروتوكول المحدد، توزع باستخدام بروتوكول توزيع الوسم (LDP: Label Distribution Protocol) أو (RSVP) أو تُحمّل على بروتوكولات توجيه مثل بروتوكول البوابة الخارجية (BGP: Border Gateway Protocol) و(OSPF) . تقوم كل رزمة بيانات بتغليف وحمل الوسوم خلال رحلتها من المصدر إلى المستقر. تبديل البيانات بسرعة عالية هنا ممكن لأن الوسوم الثابتة الطول تُحشر عند بداية الرزمة أو الخلية ويمكن أن تُستخدم من قبل التجهيزات لتبديل الرزم بسرعة بين الوصلات.

في موجهات MPLS لا يتم إرسال الرزم بناءً على عنوان المستقر الموجود في الترويسة ، بدلاً من ذلك يتم إرسالها بناءً على وسم يشابه بمهمته لقيمة معرف المسار الافتراضي/معرف القناة الافتراضية (VPI/VCI:Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier) الموجود في ترويسة خلية الـ ATM [6].

التوجيه التقليدي وتبديل الرزم (Traditional Routing and Packet's Switching) :

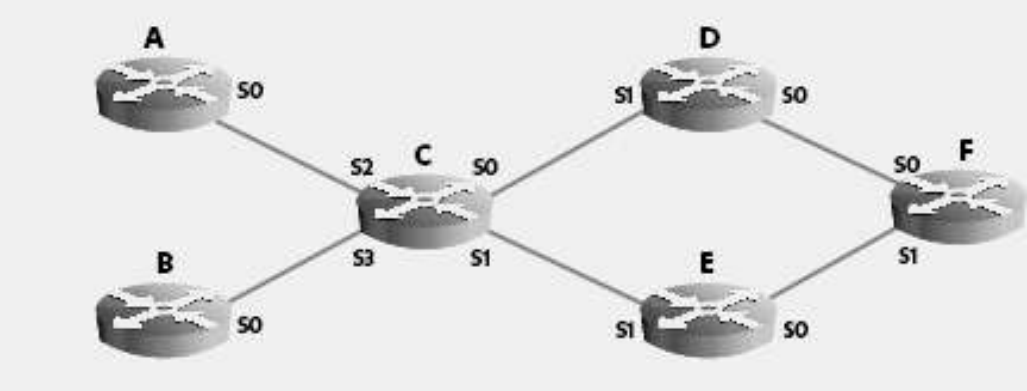
عالج الانتشار الأولي للإنترنت متطلبات نقل البيانات فوق الشبكة. زودت هذه الشبكة بالتطبيقات البسيطة مثل نقل الملفات والولوج عن بعد، ومن أجل تلبية هذه المتطلبات كان كافياً وجود برنامج موجه مبني على برنامج بسيط، مع واجهات شبكية لدعم الشبكات المبنية على تقنيات T1/E1 و T2/E3 الموجودة، مع الحاجة لسرعة أعلى وإمكانية دعم نشوء معدلات نقل عرض حزمة أكبر، ظهرت الحاجة لانتشار أجهزة تتمتع بالمقدرة على التبديل في الطبقة الثانية (Data Link) والطبقة الثالثة (network layer). عالجت أجهزة تبديل الطبقة الثانية ازدحام التبديل (حالة عنق الزجاجة) من خلال الشبكات الفرعية لبنية الشبكة المحلية. ساعدت أجهزة تبديل الطبقة الثالثة على تخفيض حالة عنق الزجاجة في عملية توجيه الطبقة الثالثة بنقل البحث التوجيهي من أجل إرسال الطبقة الثالثة إلى جهاز تبديل عالي السرعة. عالجت هذه الحلول المبكرة الحاجة إلى أسلاك ذات سرعة نقل عالية للرزم عندما تعبر الشبكة، ولكنها لم تعالج متطلبات الخدمة للمعلومات المحتواة في الرزم.

أيضاً فإن معظم بروتوكولات التوجيه المنتشرة اليوم بنيت على خوارزميات مصممة للحصول على الممر الأقصر في الشبكة لعبور الرزمة [7]، ولا تأخذ بحسبانها البارامترات الأخرى (مثل التأخير والتهيج واختناق الحركة) التي يمكنها إلى حد ما تقليل أداء الشبكة. حركة المرور هي تحدٍّ آخر لمدراء الشبكة.

في بيئة التوجيه التقليدي، تُرسل الرزمة عبر الشبكة على أساس كومة – كومة (hop-by-hop)باستخدام بروتوكولات البوابة الداخلية (IGP's: Internal Gateway Protocol's) [مثل بروتوكول معلومات التوجيه (RIP: Routing Information Protocol) وبروتوكول (OSPF)] وبروتوكولات البوابة الخارجية (EGP's: Exterior Gateway Protocol) [مثل بروتوكول (BGP)]. يتم ذلك بالإشارة إلى عناوين الطبقة الثالثة للمكان المقصود المقابلة لجدول التوجيه من أجل دخول الوثبة التالية . لزيادة الإيضاح، يجب على كل موجه تعبره الرزمة القيام ببحث توجيهي بناءً على عنوان الطبقة الثالثة للمكان المقصود في ترويسة الـ IP . يجب إنجاز ذلك لتحديد الوثبة التالية للرزمة في مسارها لإيصالها إلى مستقرها النهائي. ثم يتم استبدال عنوان المستقر للطبقة الثانية بعنوان الطبقة الثانية للموجه الحالي، تاركاً عناوين الطبقة الثالثة للمصدر والمستقر مكانها للوثبة التالية لتنجز بحثها التوجيهي الخاص على الرزمة.

يجب أن تُعاد هذه العملية عند كل وثبة لتسليم الرزمة إلى وجهتها النهائية . في الشكل (1) لتوجيه الرزم إلى الموجه F ،سوف يشير الموجه C فقط إلى عنوان المستقر للموجه F . وسوف يحدد بعدها الموجه C التوجيه الأفضل بناء على المواصفات المحددة لبروتوكول IGP الخاص.

في حال كون الموجه يستخدم RIP سوف يفضل مجموع الوثبات الأقل إلى المستقر كأفضل طريق، حيث إن المجموع الكلي للوثبات لا يتجاوز الـ15. إذا كان بروتوكول الـIGP هو OSPF فإن التكلفة المتراكمة الكلية " عادة مبني على عرض الحزمة" إلى المستقر يُشار إليها وتُفضل التكلفة الكلية الأقل لجميع الوصلات.



الشكل(1) مثال عن التوجيه التقليدي

تشغيل بروتوكولات IGP مثل RIP و OSPF زود بحلول قابلة للتطوير ولكنه عانى من قصور عند الحاجة لتوجيه النظام المستقل (AUTONOMOUS SYSTEM) ،إدارة الشبكة، هندسة حركة المرور وخدمات IP القابلة للتطوير. بالرجوع إلى الشكل(1) ثانية، في بيئات التوجيه التقليدي، يجب على الموجه اتخاذ قراره بتوجيه الرزم المقرر لها الذهاب إلى الموجه F بناءً على النظام المتري المحدد من قبل IGP المُطبق . في حال OSPF، يمكن بناء النظام المتري اعتماداً على معايير متعددة على الرغم من أن عرض الحزمة هي عادة المعيار الوحيد المستخدم.

كما يُرى في الشكل (1) ، فإن كل الرزم القادمة من الموجه A أو/و B والمقرر لها التوجه إلى الموجه F سوف توجه بنفس الطريقة على طول المسار مع النظام المتري المفضل، لذلك في حال كون المسار إلى الموجه F بواسطة الموجه D ذو عرض حزمة أكبر –مثل خطي DS-3s –وكان المسار بواسطة الموجه E متصلاً عبر خطوط T-1s سوف يكون الموجه D الوحيد المستخدم إلا في حال حصول خطأ ما في الشبكة.

الوسم Label:

عرف الوسم بحسب وثيقة (Multiprotocol Label Switching Architecture) بأنه طول ثابت ومحدد ذو دلالة تعريف محلية يستخدم لتعريف صنف الإرسال المتكافئ (FEC: Forwarding Equivalence Class) الوسم الذي يوضع على رزمة ما يعرض الـFEC الذي تنتمي إليه الرزمة [8] ، وهو يمثل ملخص لترويسة رزمة الـIP، على الرغم من أنه يتضمن داخله كل المعلومات المطلوبة لإرسال الرزمة من المصدر إلى المستقر. على العكس من ترويسة الـIP فهو لا يحتوي على عنوان الـIP ولكنه بالأحرى يحتوي على قيمة عددية متفق عليها بين عقدتي MPLS لتعيين اتصال على طول مسار تبديل الوسم LSP .

1.4.بنية الوسم وتوضع البتات:

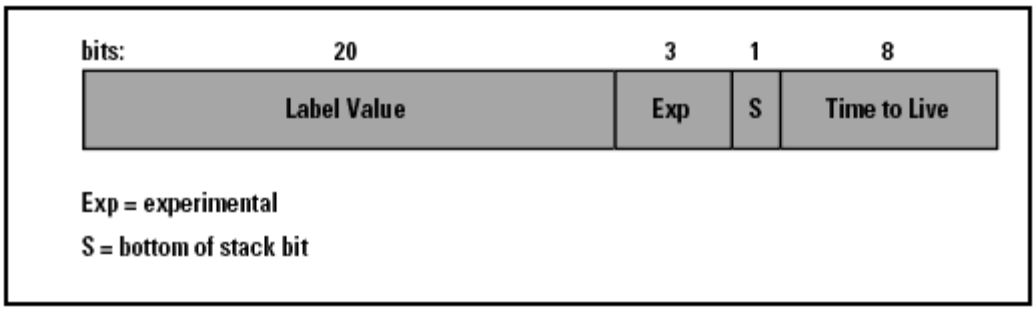
وسم MPLS عبارة عن حقل من 32 bits يتألف من العناصر الآتية:

1–قيمة الوسم (label value): وهو ذو دلالة محلية عبارة عن 20 bits .

2–الاختبارية (Exp): 3 bits محجوزة لغرض الاختبار فعلى سبيل المثال يمكن لهذه البتات أن تصل بين معلومات خدمة التفاضل (DS: Differentiated Service) وتوجيه PHB (Per-Hop behavior)

3–البت الموجود أسفل المكدس (S): يعطي القيمة 1 من أجل الإدخال الأقدم في المكدس والقيمة 0 من أجل جميع الإدخالات الأخرى.

4-زمن المغادرة (TTL): 8bits تُستخدم لترميز قيمة رقم القفزة أو زمن المغادرة [9].



الشكل(2) توضع البتات في MPLS

توجد ضمن بعض وسائط النقل وسوم يمكن أن تُستخدم من قبل عقد MPLS عند اتخاذ قرارات الإرسال، مثل حقل معرف المسار الافتراضي /معرف الدارة الافتراضية لـ ATM (VPI/VCI) ومعرف وصلة اتصال وصلة بيانات ترحيل الأطر (DLCI). التقنيات الأخرى مثل إثرنت (Ethernet) ووصلة (point-to-point) يجب أن تستخدم ما يدعى وسم الحشو الموضح في الشكل (2). وسم الحشو هو bit32 ، عادة ما يستخدم معرف هام لتعريف الـFEC.

2.4.موجه تبديل الوسم (LSR: Label Switching Router):

هو الجهاز المركزي الذي يبدل الرزم الموسومة وفقاً لجدول معد مسبقاً. يمكن أن يكون مبدلاً أو موجهاً[10].

3.4.موجه الوسم الطرفي (LER: Label Edge Router):

هو الجهاز الموجود على حافة الشبكة ، ويقوم بمعالجة الرزم الداخلية وتصنيفها بالإضافة إلى تطبيق الوسم الأول [10].

4.4.مسار تبديل الوسم (LSP: Label Switching Path):

LSP بشكل أساسي هو الطريق المحدد مسبقاً والذي تقصده مجموعة من الرزم إلى FEC عبر شبكة MPLS للوصول إلى مستقرها. كل LSP غير موجه. لذلك فإنه يجب على الحركة العائدة استخدام LSP منفصل.يمكن أن يكون LSP ديناميكياً أو ثابتاً: الديناميكي يُعدّ آلياً باستخدام معلومات التوجيه بينما الثابت يُعد بشكل محدد [10].

5.4.صنف الإرسال المتكافئ (FEC: Forwarding Equivalence Class):

يمكن التفكير بـFEC كأية مجموعة من الرزم التي تُرسل بالطريقة نفسها عبر شبكة ما. يمكن أن يتضمن الـFEC كل الرزم التي يوافق عنوان مستقرها بادئة شبكة IP محددة أو مجموعة الرزم التي يكون عنوان مصدره ومستقرها هو نفسه . تبنى الـFEC's عادة من خلال المعلومات المتلقاة عبر IGP، مثل OSPF أو بروتوكول نظام متوسط إلى نظام متوسط (IS-IS) [11].

6.4.مكدس الوسم (Label Stack):

بوضع وسوم متعددة داخل الرزمة، يمكن لـMPLS دعم أنموذج التوجيه الهرمي. تُدعى مجموعة الوسوم المرتبطة بالرزمة بمكدس الوسم. عند عبور الرزمة للشبكة يتم مبادلة الوسم الأعلى فقط. تنظم الوسوم بطريقة أن الوسم

الأخير هو أول وسم يخرج . بكلمات أخرى يشير الوسم الأعلى إلى LSP الأعلى، وكل وسم متعاقب يشير إلى LSP الحالي الأخفض.

هندسة حركة MPLS (Traffic Engineering):

الهدف من هندسة الحركة هو تسهيل عمل الشبكة بفعالية وموثوقية وبنفس الوقت تحقيق الاستخدام الأفضل لمصادر الشبكة [7]. وعلى النقيض مما سبق، فإن MPLS هي طريقة لتوجيه الرزم بسرعة عالية، إنها تجمع بين سرعة وأداء الطبقة 2 مع قابلية تطوير (أو استقرار) وذكاء الـIP للطبقة الثالثة. تقوم الموجهات الطرفية للشبكة (موجهات الوسوم الطرفية LER's) بتخصيص الرزم بوسوم بناءً على صنف تكافؤ الإرسال (FEC) عبر تبادل الوسوم من قبل الموجهات أو المبدلات في نواة الشبكة والتي تُدعى موجهات تبديل الوسوم (LSR's) حتى تصل إلى مستقرها.

الفكرة الأكثر أهمية أنه بواسطة إضافة وسم بسيط يمكن لـ LSR تبديل الرزمة بشكل أفضل نظراً لعنصر الإرسال البسيط على النقيض من مبدأ hop-by-hop المستخدم في التوجيه التقليدي.

يملك الوسم عادة شأناً مهماً موضعياً ،عرض مختصر لترويسة الـIP ، والذي يكون متعلقاً بـFEC (مثل بادئة IP معطاة) وبعدها تُفهرس مقابل جدول من الوسوم القادمة إلى الوسوم الخارجة وتطبيقات واجهية تُدعى قاعدة معلومات الوسم (LIB: Label Information Base) ، يقوم الوسم بنفسه بعرض FEC الخاص الذي طُبق عليه. على ذكر الـ LIB فإن القوة الحقيقية لمقدرات هندسة حركة MPLS تصبح ظاهرة تماماً.

عندما يقوم موجه تبديل الوسم (LSR) أو موجه الوسم الطرفي (LER) ببناء قاعدة معلومات الوسم (LIB) يمكن عندها استخدام تحكم واضح لتوجيه مسار الرزمة عبر الشبكة.

القوة الحقيقية لخوارزمية توجيه MPLS هي أن تحليل رأس رزمة الIP يتم لمرة واحدة فقط وعند مدخل مجال MPLS "MPLS domain" بواسطة (LER). عند نسب رزمة ما إلى FEC يمكن القيام بإرسال الرزمة كلها على الوسوم المستخدمة من قبل مسار تبديل الوسم (LSP) الخاص.

في الشكل(3) نرى أنه باستخدام MPLS نحصل على تحكم موزع فوق مسار الرزمة. الرزم المقدر لها الذهاب إلى الموجه F تنطلق من الموجه A متبعة مسار تبديل الوسم المصمت. سوف يتم توجيه الرزم الناشئة من الموجه B على طول مسار تبديل الوسم المنقط. ويحدد ذلك بمراجعة الوسوم القادمة مع قاعدة معلومات الوسم لتحقق قيمة الوسم الخارج والواجهة الخارجة.

الجدول(1) هو مثال عن قاعدة معلومات وسوم الموجه. الرزم المقدر لها حسب الـFEC التوجه نحو الموجه F سوف تصل إلى الموجه C مثلا على البوابة S2 مع وسم مقداره 50 سوف تُراجع ثانية مع قاعدة معلومات الوسم (LIB) للتحقق من قرار التوجيه. بناءً على قاعدة معلومات الوسم، فإن الرزم الواصلة إلى البوابة S2 والتي قيمة وسومها 50 ستُستبدل بأخرى وسومها 12 وسوف تُبدل خارجة من البوابة S0 .

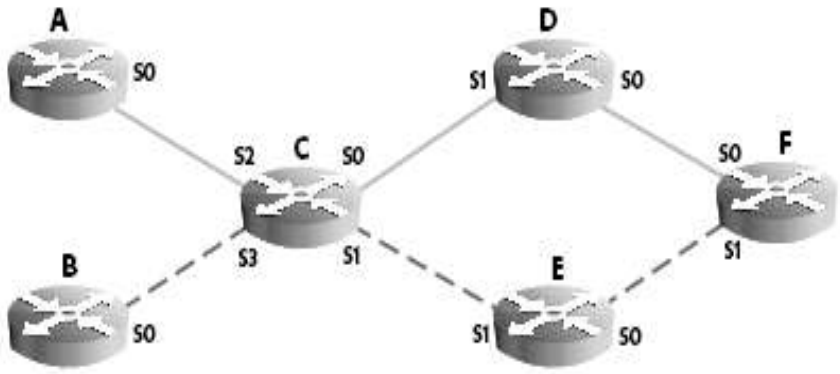


Figure 2. MPLS traffic engineering example

الشكل(3) مثال عن هندسة حركة MPLS

سوف تصبح قوة التحكم بنماذج الحركة ظاهرة بسرعة عندما تُقارن ببروتوكولات البوابة الداخلية (IGP'S) مثل OSPF والتي ترسل الرزم بناء على عنوان مستقر الطبقة الثالثة فقط.

معظم تصاميم شبكة OSPF ذات المسارات المتعددة إلى مستقر واحد تستخدم الموجه ذو التكلفة التراكمية الأقل.

الجدول (1) قاعدة معلومات وسوم الموجه C

Table A. Router C's LIB

Interface IN	Label In	Destination	Exit Interface	Label Out
S2	50	F	S0	12
S3	45	F	S1	98

وظفت MPLS تطويرات جديدة لتوجيه الIP في إرسال الرزم. الكثير من هذه التطويرات مشابه لتقنيات هندسة الحركة وجودة الخدمة (QOS) المطبقة في ATM. تمكن مكونات أخرى لبروتوكول MPLS من العمل بدرجة أداء وذكاء أعلى من التقنيات الحالية، وتزود كذلك بطريقة أكثر فاعلية في إرسال الرزم من المنبع إلى المستقر مقارنة بمبدأ (hop-by-hop) المستخدم في التوجيه التقليدي كما شرح مسبقاً، الكثير من مكوناته هي ببساطة توسعات لتقنيات موجودة مسبقاً، مثل التوسعات المضافة إلى بروتوكولات التوجيه الحالية .

بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تُضاف وظيفة LSR/LER إلى ATM أو المبدلات الضوئية ببساطة بترقية البرامج.

فائدة إضافية تزودنا بها تقنية MPLS هي أن الترقيات إلى البروتوكول يمكن أن تتم بسهولة لأن مكونات الإرسال والتحكم منفصلة. عنصر الإرسال مسؤول عن بناء وصيانة جدول التوجيه بالإضافة إلى العمل مع عناصر التحكم للعقد الأخرى لنشر معلومات التوجيه.

توزيع الوسم (Label Distribution):

لكي يقوم موجه تبديل الوسم (LSR) بمبادلة الوسم على رزمة آتية وإرساله إلى نظير في اتجاه الطريق الصاعد. يجب أن يملك طريقة في تعلم ما قيمة الوسم التي يتوقعها نظراؤه في الطريق الصاعد؟ لم تشرع وثيقة بنية MPLS بروتوكولاً وحيداً من أجل توزيع الوسوم بين LSR's، في الحقيقة فإنها سمحت بصورة واضحة باستخدام بروتوكولات توزيع وسوم مختلفة متعددة في سيناريوهات مختلفة متضمنة ما يلي :

- بروتوكول توزيع الوسم LDP
- بروتوكول توزيع الوسم ذو التوجيه المقيد (CR-LDP: Constraint Routed – Label Distribution Protocol)
- بروتوكول حجز المصدر RSVP
- بروتوكول البوابة الخارجية الرابع BGP4
- بروتوكول المسار الأقصر المفتوح أولاً OSPF [12].

في الحقيقة فإن البروتوكول المستخدم يجب أن يعتمد على المتطلبات الواجب تلبيتها من قبل شبكة خاصة. صمم LDP لمجرد هذا الاستخدام. ولكن لا يمكن لـLDP وحده تلبية متطلبات جودة الخدمة (QoS). من أجل دعم تطبيقات جودة الخدمة (QoS) يجب أن يكون LDP قادراً على اختيار وحجز مصادر الشبكة على طول مسار تبديل الوسم (LSP) بشكل صحيح. من أجل دعم ذلك يجب استخدام إما بروتوكول موجود لحجز المصدر وتوسيعه من أجل توزيع الوسم أو أخذ بروتوكول يمكن استخدامه من أجل توزيع الوسم وتوسيعه لدعم حجز المصدر. مثال على بروتوكول هذا النوع من الحجز هو بروتوكول حجز المصدر (RSVP) . مثال على بروتوكولات التوزيع التي يمكن توسيعها بحيث تحجز المصادر هي LDP و BGP.

عرّفت وثيقة مسودة (LDP Specification) على الانترنت والتي تحمل الرقم 3036 تاريخ 2001 بروتوكول LDP على أنه مجموعة من الإجرائيات والرسائل التي يمكن من خلالها لموجهات تبديل الوسم (LSR's) تخصيص مسارات لتبديل الوسم (LSP's) خلال شبكة عن طريق تمثيل معلومات توجيه طبقة الشبكة مباشرة إلى مسارات تبديل طبقة وصلة البيانات كما هو موضح في الشكل (4).

على كل حالما ينتهي إنشاء مسارات تبديل الوسم (LSP's) هذه فسوف يكون هناك حاجة أيضاً للتأكيد على أنه يمكنها دعم متطلبات صنف الخدمة (CoS) وهندسة الحركة. بالإضافة هناك بعض الحالات حيث تكون الحاجة إلى طريقة لإنشاء مسارات توجيه وسم (LSP's) موجهة وواضحة عبر مجال MPLS. كما ذُكر سابقاً فإنه لا يمكن لبروتوكول LDP لوحده دعم ذلك. لذلك فقد وسّع لدعم التوجيه المقيد (CR-LDP). (CR-LDP) هو ليس الوحيد في تقديم هذه الوظيفة. RSVP هو بروتوكول آخر يقوم بتزويد الكثير من فوائد(CR-LDP) ولكن مع توسعات في هندسة الحركة. مثال RSVP-TE.

عمل MPLS:

يجب أن تتبع رزمة البيانات الخطوات التالية لتسافر عبر مجال MPLS:

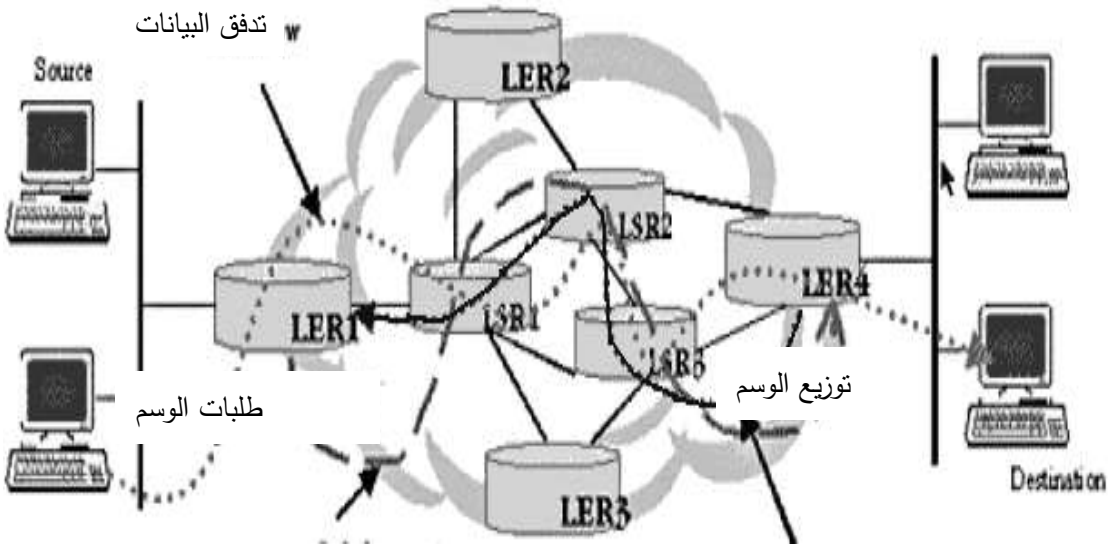
1- إنشاء الوسم والتوزيع.

2- إنشاء الجدول عند كل موجه.

3- إنشاء مسار تبديل الوسم.

4- إدخال الوسم/البحث في الجدول

5- إرسال الرزمة.



الشكل(4) إنشاء الوسم وإرسال الرزم عبر شبكة MPLS

يُرسل المصدر بياناته إلى المستقر. في مجال MPLS، ليس بالضرورة أن تنتقل كل حركة المصدر خلال نفس المسار. بالاعتماد على خصائص الحركة ، يمكن إنشاء عدة LSP's مختلفة للرزم مع متطلبات CoS مختلفة.

يشرح الجدول (2) عمليات MPLS خطوة بخطوة التي تحدث على رزم البيانات ضمن مجال MPLS.

من الممتع اعتبار المثال عن تيارين من رزم البيانات تدخل مجال MPLS :

- أحد تياري الرزم هو تبادل بيانات نظامي بين المخدمات، مثال بروتوكول نقل الملفات (FTP).
- تيار الرزم الآخر هو تيار فديو كثيف، والذي يتطلب بارامترات هندسة الحركة من QoS (مثال النقل الفديوي).
- تُصنف تيارات الرزم هذه إلى FEC's اثنين منفصلين عند LSR الأول
- طرق الوسم المرتبطة بالتيارات هي 3 و 9 على التوالي.
- منافذ الإدخال عند LSR هي 1 و2 على التوالي.
- منافذ الإخراج الموافقة هي 3 و 1 على التوالي.
- يجب أن يتم تبادل الوسم، ويجب أن تبادل الوسوم السابقة من أجل 6 و 7 على التوالي.

جدول (2) آلية عمل MPLS خطوة بخطوة

أحداث MPLS	الوصف
إنشاء الوسم وتوزيع الوسم	قبل بدء أية حركة تتخذ الموجهات القرار بنسب الوسم إلى FEC محدد وتبني جداولها. في LDP، تبدأ الموجهات النازلة (Downstream router's) بتوزيع الجداول وربط الوسم بـ FEC. بالإضافة إلى ذلك، يتم التفاوض بين المزايا المرتبطة بالحركة ومقدرات MPLS باستخدام LDP. يجب استخدام بروتوكول نقل موثوق ومنظم من أجل بروتوكول التأشير. LDP يستخدم TCP.
إنشاء الجدول	بالاستجابة لأربطة الوسم يقوم كل LSR بإنشاء إدخالاته في قاعدة معلومات الوسم (LIB). سوف تحدد محتويات الجدول التطبيق بين الوسم و FEC. التطبيق بين منفذ الإدخال وجدول الوسم المدخل إلى منفذ الإخراج وجدول الوسم الخارج. يتم تحديث الإدخالات حيثما يحدث إعادة التفاوض لأربطة الوسم.
إنشاء مسار تبديل الوسم	كما هو موضح بالخط المصمت في الشكل4، وتُنشأ LSP's بشكل معاكس لإنشاء الإدخالات في LIB's.
حشر الوسم البحث في الجدول	يستخدم الموجه الأول (LER1 في الشكل4) جدول LIB لإيجاد القفزة الآتية ويطلب وسماً لـ FEC المحدد. تستخدم الموجهات التالية الوسم فقط لإيجاد القفزة التية: عندما تصل الرزمة إلى LSR الأخير (LER4) يُزال الوسم وتسلم الرزمة للمستقر.
إرسال الرزمة	بالعودة إلى الشكل (4) وعند فحص مسار الرزمة إلى مستقرها من LER1 ، LSR الأول إلى LER4 ، LSR الأخير. يمكن أن لا تملك LER1 أية وسوم لهذه الرزمة حيث إنها الحدث الأول لهذا الطلب. في شبكة IP، سوف تجد العنوان الأطول الموافق لإيجاد القفزة التالية. لتكن LSR1 القفزة التالية لـLER1. سوف تبدأ LER1 بطلب الوسم باتجاه LSR1 . هذا الطلب سوف يتكاثر عبر الشبكة كما هو مُشار إليه بالخطوط المتقطعة. كل موجّه واقع في الوسط سيستقبل وسماً من الموجه الهابط بدءاً من LER2 ذاهباً بالاتجاه الصاعد حتى LER1 . يُشار إلى إعداد LSP بواسطة الخط المصمت باستخدام LDP أو أي بروتوكول تأشير آخر. في حال كانت هندسة الحركة مطلوبة، سوف يستخدم CR-LDP في تقرير إعداد المسار الفعلي للتأكد من تلبية متطلبات QoS/CoS معه. سوف يقوم LER1 بحشر الوسم وإرسال الرزمة إلى LSR1 . سوف يقوم كل LSR تالي "مثال LSR2، LSR3 " بفحص الوسم في الرزمة المستقبلة، مستبدلاً إياه بالوسم الخارج ثم يرسله. عندما تصل الرزمة إلى LER4 فإنها سوف تزيل الوسم لأن الرزمة تغادر مجال MPLS وتسلم إلى المستقر. مسار البيانات الفعلي الذي تتبعه الرزمة مُشار إليه بالخطوط المنقطة.

يظهر الجدول (3) مثالاً عن جداول LIB.

الجدول(3) مثال عن جدول LIB

وسم المنفذ الخارج	منفذ الإخراج	وسم المنفذ القادم	منفذ الإدخال
6	3	3	1
7	1	9	2

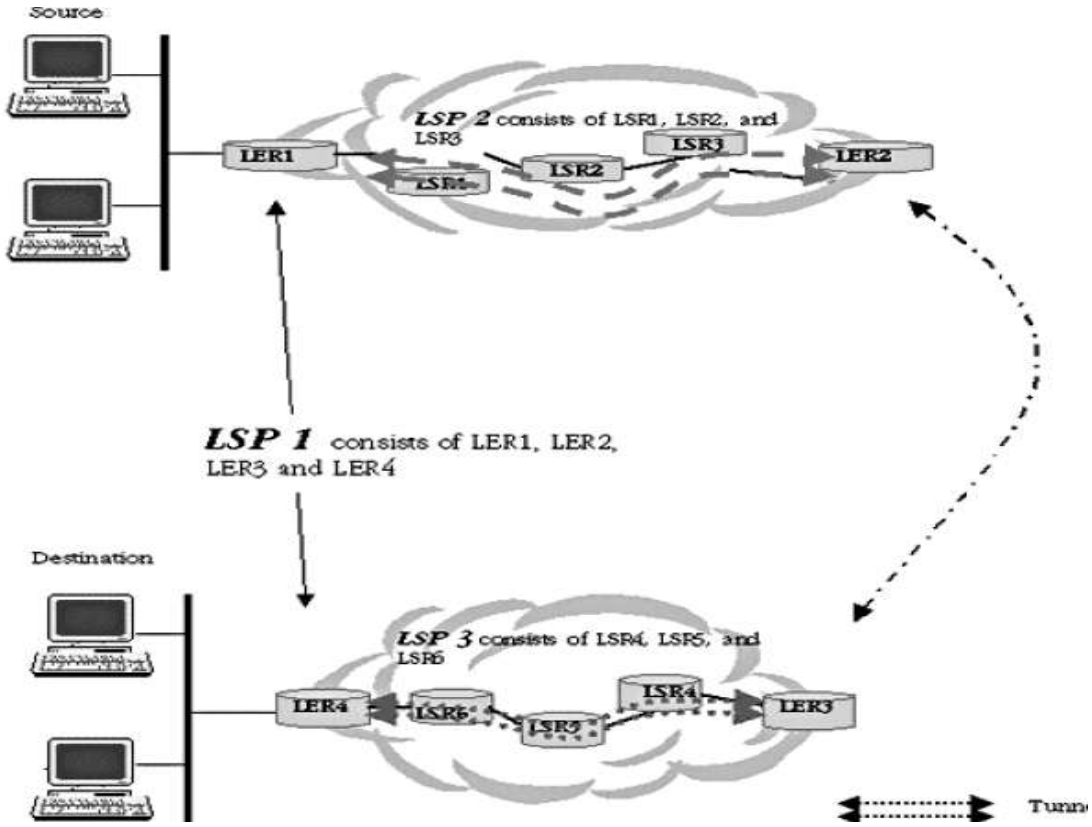
النفقية في MPLS (Tunneling in MPLS):

الميزة الفريدة في MPLS خصوصاً عند اعتبار (VPN's) عندما يتم مبادلة وسم مطلوب لـ LSP بين الـLSR's التي تدعم ذاك الـ LSP فإن LSR's المتوسطة التي يمر بها الـ LSP لا تحتاج لفحص محتويات رزم البيانات المتدفقة على الـ LSP . هذا المبدأ يستخدم في بناء شبكات MPLS الافتراضية الخاصة (MPLS VPN's) [12].

لنأخذ بعين الاعتبار السيناريو في الشكل (5). تستخدم LER's التالية (LER1,LER2,LER3,LER4) جميعها BGP وتنشأ LSP بينها (LSP1). LER1 تعلم أن مستقرها الآتي هو LER2 ، حيث إنها تنقل البيانات للمصدر، والتي يجب أن تمر بين قطاعين من الشبكة. بدوره LER2 تعلم أن LER3 هو مستقرها التالي. وهكذا، سوف تستخدم تلك الـLER´s الـLDP لاستقبال وتخزين الوسوم من LER الأخير (LER4 في هذا السيناريو) كل الطريق إلى LER الأول (LER1). على كل، من أجل أن يرسل LER1 بياناته إلى LER2 ، فيجب أن يمر عبر عدة LSR´s (في حالتنا هذه ثلاثة). لذلك يُنشأ LSP منفصل (LSP2) بين LER´s اثنين (هما LER1 وLER2) بحيث يقيم جسراً بين LSR1،LSR2 وLSR3 . هذا وفي الحقيقة يمثل نفقاً بين كلا الـ LER´s، الوسوم في هذا المسار مختلفة عن الوسوم التي أنشأتها LER´s من أجل LPS´s . ذلك ينطبق بشكل صحيح لأجل LER3 و LER4 بالإضافة إلى LSR´s بينهما. يُنشأ LSP3 من أجل ذلك القطاع.

لتحقيق ذلك، يُستخدم مفهوم مكدُس الوسم عند نقل الرزمة عبر جزأي الشبكة. في الوقت الذي يجب فيه على الرزمة أن تسافر عبر LSP1,LSP2 و LSP3 ،فإنها سوف تحمل وسمين كاملين بالوقت نفسه. الزوج المستخدم لكل قطاع هو الوسم والقطاع الأول من أجل LSP1 و LSP2 والوسم والقطاع الثاني من أجل LSP1 و LSP3.

عندما تنتهي الرزمة من الشبكة الأولى وتُستقبل من قبل LSP3 ، سوف تزيل الوسم لـLSP2 ويستبدله بوسم LSP3، بينما يتم مبادلة وسم LSP1 من خلال الرزمة مع وسم القفزة التالية. سوف يزيل LER4 كلا الوسمين قبل إرسال الرزمة إلى المستقر.



الشكل(5) النفقية في MPLS

بنية مكدس بروتوكول MPLS:

يمكن تقسيم مكونات نواة MPLS إلى الأجزاء الآتية:

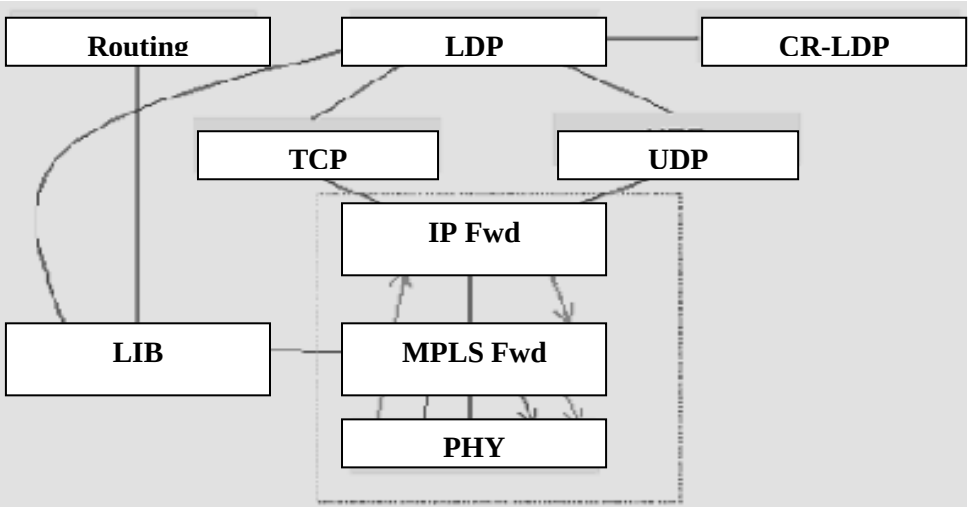
- بروتوكولات توجيه IP لطبقة الشبكة.
- طرف إرسال طبقة الشبكة
- تبديل شبكة النواة بواسطة الوسم.
- مخططات الوسم وحبيباته.
- بروتوكولات من أجل توزيع الوسم.
- هندسة الحركة.
- التوافق مع نماذج إرسال الطبقة الثانية السابقة (Frame-relay , ATM)

يبين الشكل (6) البروتوكولات التي يمكن استخدامها في عمليات MPLS .

يمكن ان تكون وحدة التوجيه أيا من البروتوكولات الصناعية الشائعة المتعددة. اعتماداً على بيئة العمل، يمكن ان تكون وحدة التوجيه OSPF و BGP أو ,ATM إلخ..... تستخدم وحدة LDP بروتوكول التحكم بالإرسال (TCP: Transport Control Protocol) من أجل إرسال موثوق لبيانات التحكم من LSR إلى آخر خلال فصل. كذلك يقوم LDP بصيانة LIB. تستخدم LDP بروتوكول مخطط معطيات المستخدم (UDP:User Datagram

Protocol) خلال طور اكتشافه للعمل. في هذا الطور يحاول LSR تحديد العناصر المجاورة ويؤشر كذلك إلى وجوده في الشبكة. يتم ذلك عبر تبادل رزم الترحيب (HELLO).

IP FWD هو وحدة إرسال IP الكلاسيكي التي تبحث عن القفزة التالية بملائمة العنوان الأطول في جداوله . بالنسبة لـMPLS ، فذلك يتم من قبل LSR's فقط.



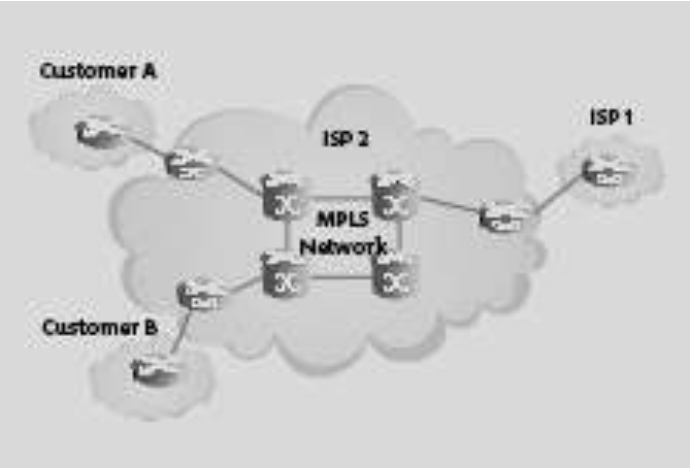
الشكل (6) مكدس بروتوكول MPLS

MPLS FWD هو وحدة إرسال MPLS التي تلائم وسماً بالمنفذ الخارج لرزمة معطاة. الطبقات الموضحة في الصندوق بالخط المقطع، يمكن أن تُطبّق في العتاد للعمل السريع والكفوء.

أمثلة عن تطبيقات MPLS:

<u>التطبيق1: MPLS في شبكة المزود:</u>

توجد تطبيقات متعددة داخل مزود الخدمة والشبكات الحاملة "carrier networks" حيث يمكن أن يستخدم MPLS لتقديم خدمات أكثر. يمكن استخدام MPLS بالاتحاد مع BGP من أجل التوجيه بين الأنظمة المستقلة المستقرة عن طريق تخفيف الحاجة إلى موجهات أنظمة مستقلة داخلية لاستقبال توجيهات BGP طالما تدعم MPLS. هذا يسمح بتحكم أكبر على المسار الذي تتدفق عبره حركة المرور خلال شبكة المزود عن طريق LSP's موجهة بشكل واضح لتقليل الوصلات التحتية المستخدمة كما هو مبين في الشكل (7). وهذا يقلل من الحمل المحتمل الموضوع على مصادر الشبكة. فائدة أخرى هي أن تطبيق MPLS يؤمن القدرة لمزودات الخدمة والحوامل للتزود بالشبكات الافتراضية الخاصة (VPN's). الخدمة التي يمكن أن تعطي الشركة بديلاً عن الشبكات الخاصة ذات الخط المأجور بحل رخيص من الأنفاق عبر شبكة مزود تنافس الخط المأجور . تقوم VPN's أيضاً بالمحافظة على عناوين IP العامة بالسماح لعناوين الشبكة الخاصة بالنفاذ إلى الانترنت في الوقت الذي تقوم فيه بتغليف وصلة عنوان IP خاصة من خلال نفق افتراضي.

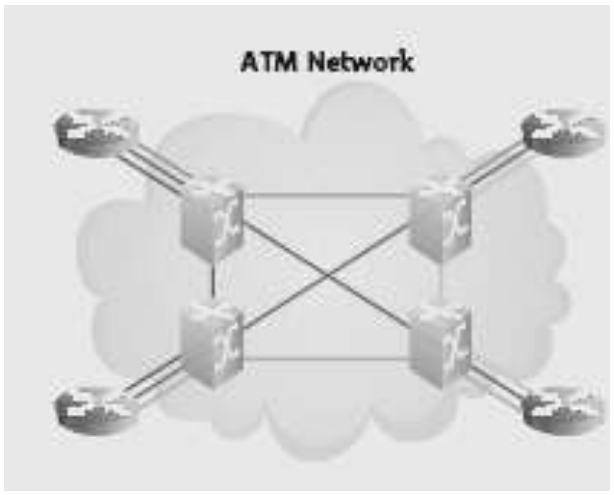


الشكل (7) شبكة المزود

<u>التطبيق2: MPLS فوق دارات ATM الافتراضية:</u>

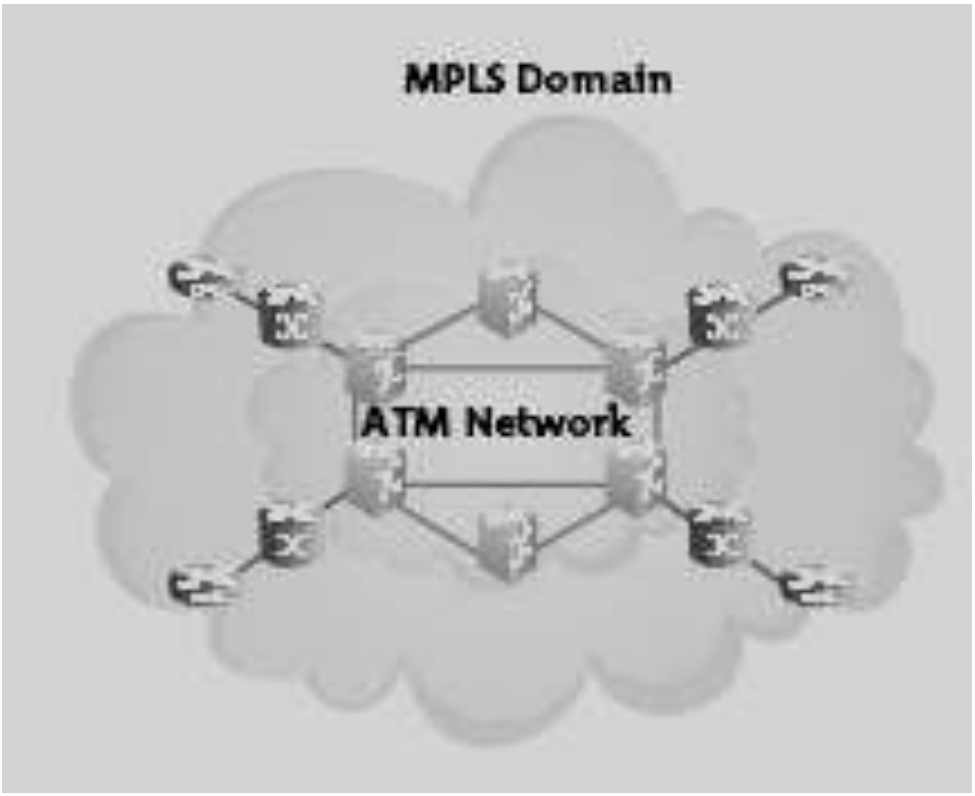
في الشبكات التقليدية طُبق توجيه IP فوق شبكات ATM عن طريق إنشاء دارات افتراضية مؤقتة (PVC's) بين مضيفي الـIP يمكن أن يصبح هذا النوع من تصميم الشبكة معقداً بسرعة كبيرة عند إضافة عدة مضيفين إلى الشبكة. من أجل كل مضيف جديد يُضاف فإن ذلك يحتاج إلى إنشاء N(N-1)/2 دارة افتراضية مؤقتة (حيث N هو المجموع الكلي للعقد) لتأمين التشبيك الكامل مع كل العقد. يُظهر الشكل(8) مثلاً أنه إذا أراد المزود شبكة من أربع موجهات فإنها سوف تحتاج لإنشاء 6 دارات افتراضية مؤقتة (4×3/2=6) من أجل الحفاظ على تشبيك كامل للشبكة. إذا أضيفت أربع موجهات أخرى فإنها سوف تحتاج إلى أربع عشرة دارة افتراضية مؤقتة –بمجموع عشرين– للحفاظ على تشبيك كامل للبيئة.

مع MPLS يمكن أن توجه رزم الـIP مباشرة فوق سطح وصلة البيانات مُزيلة الحاجة الواضحة لبناء دارات افتراضية معرفة من أجل كل زوج من العقد ، يمكن تأمين NHLFES عن طريق واجهة شبكة إلى شبكة خاصة (PPN) أو IGP. هذا يبسّط بشكل كبير التطبيقات المستقبلية لـMPLS في بيئة ATM بالإضافة إلى تأمين ترقية بسيطة لـMPLS في نواة شبكة ATM الموجودة.



الشكل (8) طبقة IP over ATM (مشكلة N(N-1)/2)

فائدة أخرى تضاف إلى تطبيق MPLS فوق شبكة ATM موجودة في الأصل كما في الشكل (9) هي أنه لا يتطلب أن يكون كل جهاز في مجال MPLS عبارة عن LER أو LSR. يمكن أن يطبق MPLS في نفس الشبكة التي تشغل بالوقت نفسه بروتوكولات الطبقة الثانية القياسية، كذلك تعرف بـ(السفن في الليل) . كذلك فإنها لا تفرض إعدادات إضافية على المبدلات التي لا تدعم MPLS . مما يسمح بمجال أكبر من الحرية عند التصميم والترقية إلى MPLS من بنية شبكة موجودة. أكثر من ذلك فإن مبدلات ATM التي تقدم حالياً مزايا خدمية متعددة يمكن أن تتابع عملها بتأمين خدمات ATM/FR كالمعتاد بينما تُرقى إلى بيئة MPLS.



الشكل (9) شبكة MPLS over ATM موجودة

يمكن استخدام صنف MPLS لتطبيق مزايا جودة الخدمة لـ ATM متيحة للمزودات تأمين خدمة الصوت والفيديو بموثوقية عالية بالإضافة إلى نقل البيانات التقليدي. يُظهر الشكل (10) كيفية تخصيص حركة الصوت أو الفيديو إلى Cos محدد، ثم يُطبق كحركة (CBR:Constant Bit Rate) في ATM. يمكن أن تُخصص حركة البيانات إلى صنف الخدمة الأقل جهداً افتراضياً (عادة 0) وتُطبق كمعدل حركة بت غير محددة ، لأنها تعبر شبكة الـATM إلى مستقرها النهائي. مثل هذه المزايا سوف تكون مطلوبة بشكل كبير حيث بدأت الشركات بالتبديل إلى تقنية الصوت فوق IP (VOIP) من شبكات تبديل الهاتف العامة التقليدية.

الشكل (10) تطبيق جودة الخدمة في MPLS/ATM

(PSTN's: Public Switched Telephone Network's) وكذلك فقد أُدخلت تطبيقات وسائط متعددة كثيرة إلى الانترنت.

الاستنتاجات والتوصيات:

عالجت MPLS متطلبات بنية الشبكة الحالية بفاعلية بتأمين حل مبني على المعايير وينجز ما يلي :

- تحسين أداء إرسال الرزمة في الشبكة
  - تطور MPLS وتبسيط إرسال الرزمة عبر الموجهات باستخدام نماذج تبديل الطبقة الثانية.
  - MPLS بسيطة، مما يتيح سهولة تطبيقها.
  - تزيد MPLS أداء الشبكة لأنها تمكن التوجيه بالتبديل عند سرعات الخطوط.
- تدعم QoS و CoS من أجل اختلاف الخدمة
  - تستخدم MPLS إعداد مسار هندسة الحركة وتساعد في تحقيق ضمان لمستوى الخدمة.
  - تزود MPLS بالاحتياطات من أجل إعداد المسار المبني على القيود والعقود.
  - يمكن أن تستخدم MPLS لتجنب مشكلة تأخير N^2 المرتبطة بشبكات IP-ATM الشبكية.
- تكامل بين IPو ATM في الشبكة
  - تزود MPLS بجسر بين النفاذ إلى IP ونواة ATM .
  - يمكن لـMPLS أن تُعيد استخدام عتاد توجيه/تبديل ATM الموجود بفاعلية رابطة الشبكتين المتباينتين.
- بناء شبكات ممكن معالجتها.
  - MPLS هي حل مبني على معايير تحقيق التعاون بين شبكات IP و ATM.
  - تسهل MPLS التكامل بين IP فوق SONET في التبديل الضوئي.
  - تساعد MPLS في بناء شبكات افتراضية خاصة مستقرة مع خاصية هندسة الحركة.

وهكذا نكون في هذا البحث ناقشنا جزءاً من الوظائف التي يمكن أن يقوم بها MPLS ، في الوقت الذي يزداد فيه استخدام تلك التقنية الجديدة في كثير من التطبيقات مثل استخدام شبكات MPLS العامة (GMPLS:Generalized MPLS) في الشبكات الضوئية و Voice over MPLS ورأينا كيف أن MPLS قد أتت كحل لمعظم المشاكل التي كانت تعاني منها الشبكات التقليدية.

المراجع:

1- DRAGOS,R., DRAGOS,S. & COLLIER,M. - *Design and implementation of an MPLS based load balancing architecture for Web switching*, School of Electronic Engineering – DCU - Germany, 2002, 9p.
2- ALWAYN,V- *Advanced MPLS Design and Implementation*, Cisco Press, USA, 2001, 496p.
3- WELZL, M- *Network Congestion Control*, John Wiley & Sons Ltd, England, 2005, 263p.
4- GRAY,E.W- *MPLS: Implementing The Technology*, Addison-Wesely, USA, March 2001, 191p.
5- http://www.techguide.com.
6- PERROS,H.G- *Connection-oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Networks*, John Wiley & Sons Ltd, England, 2005, 332p.
7- SUN,W & JAIN.R- *Quality Of Service Using Traffic Engineering Over MPLS : An Analysis*, 25th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2000), USA, November 2000,PP.238-241.
8- ROSEN, E., VISWANATHAN.A, and CALLON.R- *Multiprotocol Label Switching architecture*. IETF RFC 3031, 2001.
9- STALLINGS,W- *MPLS*, The Internet Protocol Journal, USA, Vol.4, No.3, Septembe 2001, pp.2-14.
10- CASTELLI, M.J- *Network Sales and Services Handbook*, Cisco Press, USA, November 2002, 464p.
11- REGAN, J.- *CCIP:MPLS Study Guide*, Sybex, USA, 2002, 466p.
12- MINOLI, D.- *Voice over MPLS: Planning and Designing Networks*, McGraw- Hill, USA, 2002, 443p.