مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

إعادة التوجيه السريع في شبكات MPLS

الدكتور أحمد صقر أحمد*
الدكتور طلال العاتكي**
منهل طاهر جعفر***

(تاريخ الإيداع 25 / 11 / 2013. قُبِل للنشر في 29/ 12 / 2013)

∇ ملخّص ∇

في ظل الانتشار الواسع للشبكات الحديثة والسريعة والحاجة لتطبيقات هامة وحرجة، أضحى موضوح المحافظة على الاستمرارية والموثوقية العالية وتأمين جودة الخدمة المطلوبة شيئاً أساسياً. آليات التعافي (Recovery Mechanism) المتبعة من قبل شبكات IP الحالية تستغرق زمناً طويلاً من عدة ثوان إلى عدة دقائق, مما يؤدي إلى ضياع كبير في رزم البيانات. تُعتبر MPLS تقنية الجيل القادم في بنى الشبكات, التي يمكن أن تسرع إرسال الرزم إلى وجهتها عبر تبديل الوسوم وخصوصاُ مع تفوقها في هندسة الحركة. نالت آليات التعافي لـ MPLS شهرةً متزايدة لأنها تضمن الاسترداد السريع من الفشل مع ضمان عالٍ لجودة الخدمة.

نقوم في هذا البحث بمحاكاة عدة سيناريوهات لفشل الوصلة باستخدام تقنية إعادة التوجيه السريع (Fast Reroute) في شبكات MPLS عبر برنامج OPNET وتشير النتائج إلى نجاح هذه التقنية في الحد من التأخير وفقدان رزم البيانات في أثناء عملية الاسترداد.

الكلمات المفتاحية: تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات, إعادة التوجيه السريع, فشل الشبكات, فشل الوصلة, حماية الشبكات, SONET.

* أستاذ– قسم النظم والشبكات المعلوماتية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** مدرس– قسم النظم والشبكات المعلوماتية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** طالب دكتوراه –– قسم النظم والشبكات المعلوماتية – كلية الهندسة المعلوماتية – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

Fast Reroute in MPLS Networks

Dr. Ahmad Saqer Ahmad[*]
Dr. Talal al-Aatky[**]
Manhal Jaafer[***]

(Received 25 / 11 / 2013. Accepted 29 / 12 / 2013)

∇ ABSTRACT ∇

With the widespread of new fast networks and need for critical application, survivability, reliability and quality of service became an sensational issue. Recovery mechanism used by IP network spent a lot of time from several seconds to minutes. This causes large drop in data packages. MPLS is a next generation backbone architecture, which can speed up packet forwarding to destination by label switching especially with its traffic engineering capability. MPLS recovery mechanisms are increasing in popularity because they can guarantee fast restoration and high QoS assurance.

We simulated in our research several scenarios for link failure using fast reroute technology in MPLS network's using Opnet. Results lead us to consider this technique successful in limiting delay and packet drop in recovery cycle.

Keywords: MPLS (Multi-Protocol Label Switching), Fast Reroute, Network Failure, Link Failure, Network Protection, OPNET.

[*] **Professor; Department of Computer Networks & Systems; Faculty of Information Technology; University of Tishreen; Lattakia: Syria.**
[**] **Assistant Professor; Department of Computer Networks & Systems; Faculty of Information Technology; University of Tishreen; Lattakia: Syria.**
[***] **Postgraduate Student; Department of Computer Networks & Systems; Faculty of Information Technology; University of Tishreen; Lattakia: Syria.**

مقدمة:

في عصر العولمة هذا أصبحت السرعة وجودة الخدمة شيئين أساسيين. يمكن أن تفشل بعض الوصلات والعقد في الشبكة ولكن يجب تأمين خطط بديلة تتضمن إنشاء مسارات احتياطية للتغلب على الفشل الحاصل. يمكن تخصيص مسار إضافي بعد حصول الفشل, أو يمكن تخصيصه مسبقاً من أجل تقليل زمن تبديل المسار. تخصيص مسار إضافي مسبقاً سيكون مطلوباً في حال عدم الرغبة بفقدان بعض رزم البيانات عند حصول الفشل, إذ يمكن لأحد أجهزة الشبكة أن يستغرق زمناً معيناً لاكتشاف الفشل في أحد وصلات الشبكة البعيدة, بينما يتابع إرسال الرزم على المسار الأساسي. حالما تصل الرزم إلى مبدل معني بالفشل, يجب إعادة توجيهها إلى مسار إضافي بعيد عن الفشل لتجنب فقدان الرزم.

في مقالة بعنوان (MPLS-based Network Fault Recovery Research) [1] قام الباحث Yimin Qiu وفريقه بتطبيق (المسار الاحتياطي العكسي) على نموذج استرداد مبني على MPLS لتقليل البيانات المفقودة وترتيبها والحد من التأخير وفق نموذجي حماية مشهورين هما Makam و Haskin باستخدام برنامج NS2 . فيما عالج Marzo خوارزميات تحسين توجيه MPLS مع جودة الخدمة عبر إضافة خاصية الحماية (QoS with Protection Routing Algorithms). في هذه الورقة تم عرض أسلوب لتحسين طرق توجيه QoS بواسطة الحماية. عُرّفت حماية QoS بوصفها وظيفة لبارامترات QoS, مثل ضياع الرزم, زمن الاستعادة, وتحسين الموارد. في شبكة MPLS تحدد المقاطع (الوصلات) المطلوب حمايتها بشكل مسبق وتُضمّن طلبا لـ LSP (Label Switch Path), فضلا عن تخصيص مسار عامل, وإنشاء أنواع محددة من المسارات الاحتياطية (محلي أو عكسي أو شامل). النتيجة النهائية طريقة شفافة ومرنة لعنونة النقص في حماية QoS. قام Wajdi Al-Khateeb ورفاقه في قسم هندسة الكمبيوتر بجامعة ماليزيا الإسلامية بنمذجة استرداد شبكات MPLS باستخدام MNS2 (MPLS NS2) [3]. تم تحليل الأثر السلبي للاسترداد على بارامترات جودة الخدمة متضمنة زمن التوزيع (disruption time) و عدد الرزم الواصلة بدون ترتيب إلى وجهة الشبكة (out-of-order packets) . درس Mohammad Yanuar Hariyawan [4] آليات الاسترداد (Fast Reroute one to one backs up, Haskin,PSL oriented path protection and 1+1 path protection) من ناحية البارامترات (Packet loss,rejection probability, recovery time and service disruption time). تم استنتاج أن طريقة (1+1 path protection) هي الأفضل من ناحية تقليل الرزم الضائعة ولكنها الطريقة الأكثر كلفة من ناحية استخدام الموارد. قدم Wei Kuang Lai طريقة جديدة لتسهيل استرداد LSP في شبكات MPLS [5] . تحاول تلك الطريقة تخصيص جميع القنوات الجانبية الممكنة بناء على عرض الحزمة بين مساري LSR's حول المسار المحمي. تم تعديل نظرية (Flow Min-Cut) والتي تقول إنّ القيمة الأعظمية لتدفق ما تساوي السعة الأصغرية لجميع الوصلات التي يعتبرها هذا التدفق وذلك لإيجاد جميع الوصلات الضرورية التي يجب أن يمر من خلالها LSRi و LSRi آخر (أي اعتماداً على مبدأ الازدواجية). يمكن لجميع المسارات المتأثرة بفشل مسار أو عقدة معينين تحديد قناة جانبية تلائم شروط جودة الخدمة الخاصة بها.

عند حصول فشل الشبكة يجب تبديل الحركة المتأثرة بالفشل إلى مسار إضافي كما هو موضح في الشكل (1), تبدأ آليات الاسترداد بتعريف الخطأ وتنتهي باسترداد الوصلة. تتضمن هذه العملية مكونات إدارة شبكة متعددة موضحة وفق الخطوات التالية [6]:

1–طريقة لاختيار المسارات العاملة والاحتياطية: خوارزميات توجيه.

2–طريقة لتأشير إعداد المسار العامل والاحتياطي: بروتوكول CR–LDP (Label Distribution Protocol with Constraint) أو RSVP–TE (Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering)

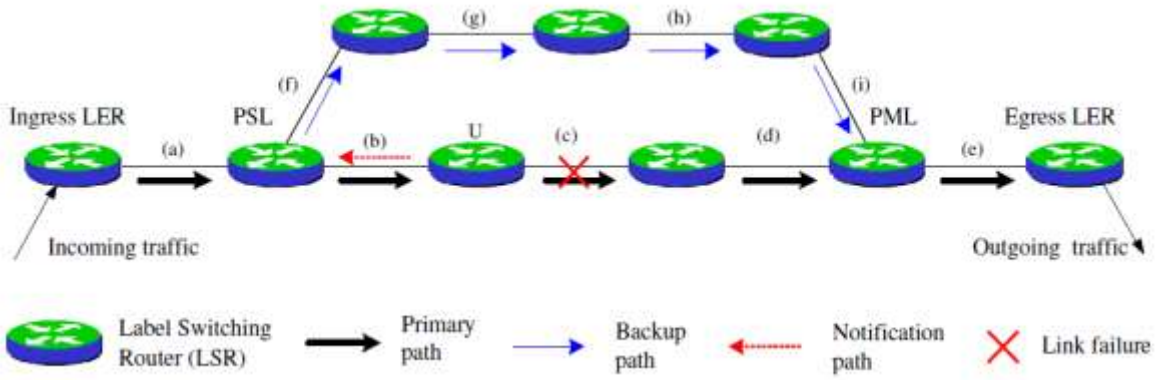
3–آليات اكتشاف الخطأ والإعلام بنوعه. تنقل تلك الآليات المعلومات عن وقوع الفشل إلى كيان الشبكة المسؤول عن اتخاذ خيار التصحيح المناسب. يمكن أن يتم ذلك عبر إرسال إشارة دلالة الخطأ Fault Indication Signal (FIS).

4 – آلية تبديل لنقل الحركة من المسار العامل إلى المسار الاحتياطي.

5–آلية اكتشاف إصلاح العطل (اختيارية), لاكتشاف أنه قد تم إصلاح العطل الموجود على المسار.

6–آلية استعادة (اختيارية), لتبديل الحركة إلى المسار الأساسي.

لتأمين مزايا حماية واضحة يوجد نمطان من العقد ضروريان: العقدة المسؤولة عن وظيفة التبديل عند تحديد الخطأ والعقدة التي يُدمج فيها المساران العامل والاحتياطي. يعرّفان بـ Path Source LSR (PSL) و Path Merge LSR (PML) على التوالي [6].



الشكل (1) عند فشل العقدة (C) يتم إعادة توجيه الحركة القادمة من Ingress LER إلى Egress LER من المسار الرئيس إلى المسار الاحتياطي.

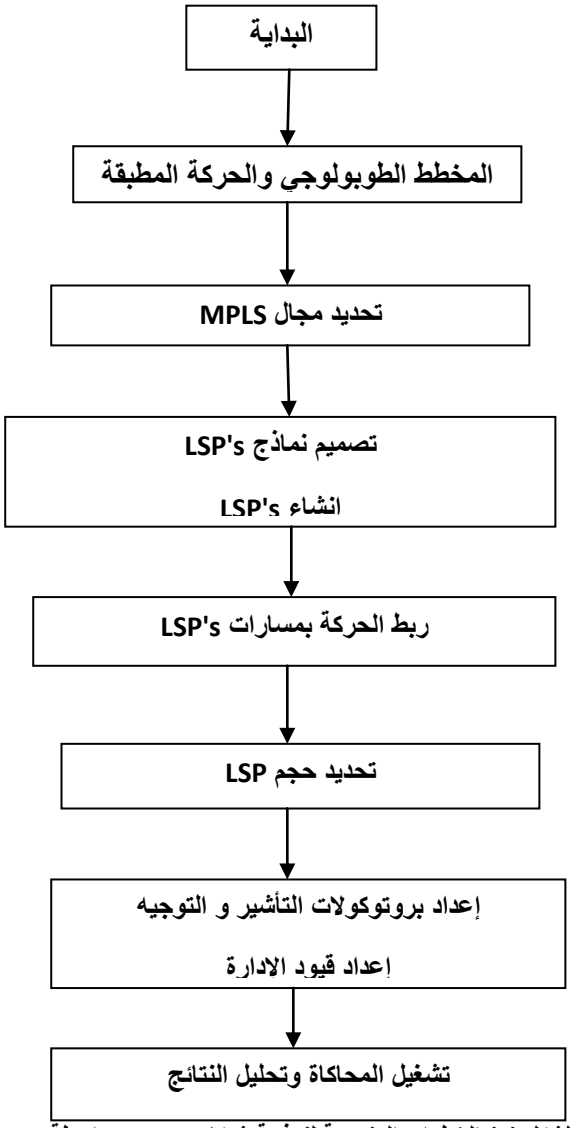
أهمية البحث وأهدافه:

تعاني معظم تطبيقات الشبكات الحالية من خطر الانهيار عند حصول فشل في أحد أجزاء الشبكة الحالية. أضحت مسألة استرداد الشبكة من الفشل غاية في الأهمية في ظل التطبيقات التي تعتمد الزمن الحقيقي من ناحية السرعة بالإضافة إلى الموثوقية وجودة الخدمة (مثل الفيديو). يناقش البحث استخدام تقنية التوجيه السريع في شبكات MPLS وتُدعى اختصاراً بـ FRR (Fast Reroute) التي تقلل من زمن التبديل إلى المسار البديل في حال حصول فشل في أحد أجزاء الشبكة وتحدّ من فقدان الرزم. تُقدم هذه التقنية بديلاً لبعض التقنيات المكلفة المَستخدمة لحماية الشبكات من الفشل مثل SONET APS (Automatic Synchronous optical networking Protection Switching) التي تعتمد على الاسترداد في الطبقة الأولى.

طرائق البحث ومواده:

اعتمدنا في دراستنا هذه على استخدام بيئة المحاكاة OPNET 14.5 لمحاكاة شبكة تعتمد تقنية MPLS ممتدة على كامل الأراضي السورية, تم اختيار برنامج OPNET نظراً لتضمنه MPLS Module، يمكننا من خلالها إنشاء مسارات ستاتيكية وديناميكية لتبديل الوسوم ودعم لبروتوكولات التأشير مثل RSVP–TE و CR–LDP وحساب التوجيه باستخدام CSPF (Constraint Shortest Path First) وكذلك آليات الحماية والاسترداد. تحاكي هذه الشبكة الفشل في إحدى الوصلات بين مدينتين وتم اختبار طريقتي المسار الشامل وطريقة (FRR) والمقارنة بينهما من حيث زمن التبديل ورزم البيانات المفقودة والتأخير وزمن إعداد المسار البديل.

قمنا باتباع المنهجية التالية الموضحة في الشكل (2) لنمذجة شبكات MPLS بواسطة OPNET.



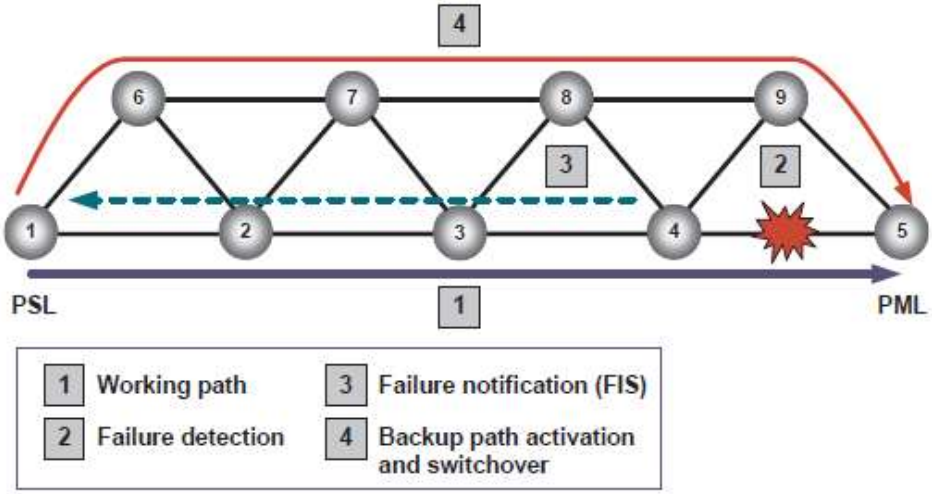
الشكل (2) الخطوات المنهجية لنمذجة شبكات MPLS بواسطة OPNET

طرق تحديد المسار الاحتياطي:

هناك العديد من الطرق المختلفة لتحديد المسار الاحتياطي [7,8]. سوف نذكر الأهم بينها.

1- طريقة المسار الاحتياطي الشامل (Global backup path method):

هنا, عقدة المصدر هي المسؤولة عن استرداد المسار عند وصول FIS وسوف يكون مطلوباً مسار احتياطي إضافي منفصل لكل مسار كامل. تبدأ عملية الحماية عند عقدة المصدر, بغض النظر عن موقع الفشل في المسار العامل. من محاسن تلك الطريقة أنه سوف يكون مطلوباً مسار احتياطي وحيد لكل مسار عامل. أكثر من ذلك, إنها طريقة حماية مركزية ذلك يعني أن LSR وحيد فقط سوف يزود بوظائف PSL/Bridge. من جهة أخرى تستهلك تلك الطريقة زمناً طويلاً بالاسترداد لأن الـ FIS تُرسل إلى العقدة المصدر. أكثر من ذلك تلك الطريقة تنطوي على ضياعات عالية بالرزم خلال زمن التبديل. يشرح الشكل (3) الأطوار المعينة بحماية المسار العامل باستخدام طريقة المسار الاحتياطي الشامل. فقط العقدة الأولى تحتاج إلى وظائف PSL, والعقدة 5 تحتاج وظائف PML. نلاحظ أن الحالة الأسوأ هي عند فشل الوصلة الأخيرة في المسار العامل, كما هو مبيّن في الشكل (3), لأن إرسال FIS إلى العقدة المصدر يؤدي إلى زمن الاسترداد الأطول.

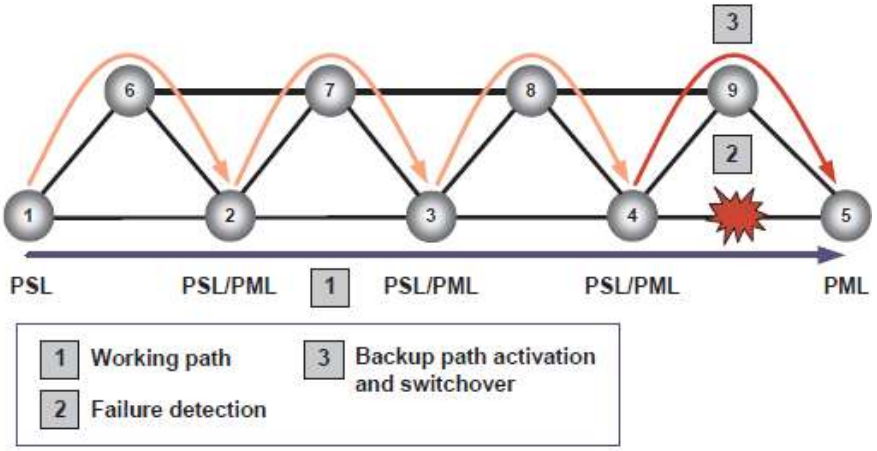


الشكل (3) المسار الاحتياطي الشامل

2- طريقة المسار الاحتياطي المحلي (Local backup path method):

في طريقة المسار الاحتياطي المحلي, العقدة التي تكتشف الخطأ تكون المسؤولة عن تبديل الحركة إلى المسار الاحتياطي. هنا تبدأ الاستعادة قرب مكان الفشل مما يؤمن زمن استرداد أقل بالإضافة إلى تقليل كبير بضياع الرزم. على كلٍ يجب تزويد كل عقدة بوظيفة التبديل (PSL/Bridge) ما عدا عقدة الوجهة. كذلك كل عقدة بحاجة إلى (PML/Selector) ما عدا عقدة المصدر. إحدى المساوىء الأخرى لتلك الطريقة هي الصيانة وإنشاء عدة مسارات احتياطية، واحد لكل وصلة. ذلك يقود إلى قلة الاستفادة من الموارد ويزيد التعقيد كما هو موضح في الشكل (4).

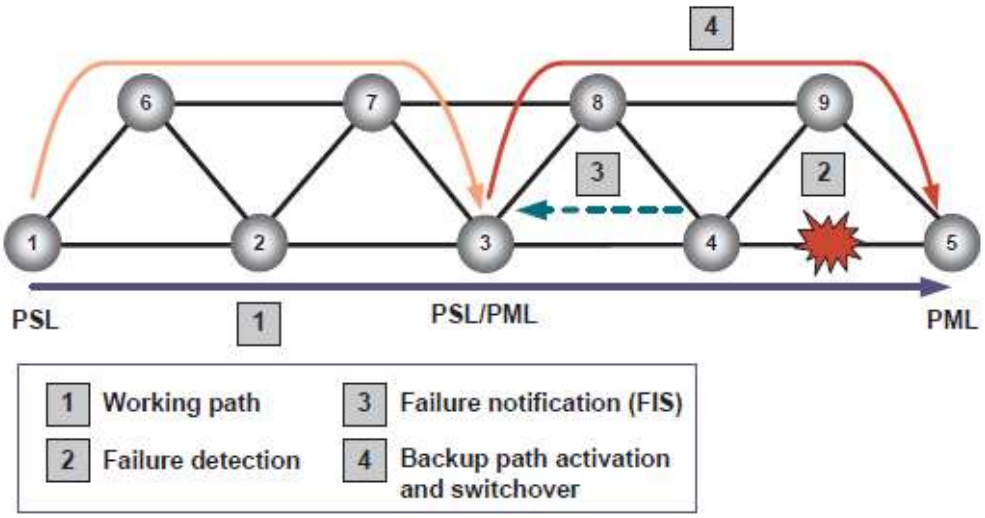
يجب حساب المسار الاحتياطي المحلي من أجل كل وصلة. هكذا عند حدوث الفشل, على سبيل المثال الوصلة (5-4) في المخطط, تقوم العقدة الصاعدة للوصلة المتأثرة (العقدة 4) باكتشاف الخطأ وتبديل الحركة إلى العقدة الهابطة (العقدة 5) من أجل حماية كامل المسار. يجب تزويد العقد المتوسطة للمسار العامل بوظائف PSL و PML



الشكل (4) المسار الاحتياطي المحلي

3- طريقة المسار الاحتياطي المقطعية (Segment backup path method):

حل وسطي بين طرق المسار الاحتياطي والمحلي والشامل تقوم بتخصيص قطاعات لحماية المسار العامل. بهذه الطريقة يكون عدد PSL و PML أقل من حالة الحماية المحلية وتؤمن زمن استرداد أسرع من الحماية الشاملة. يمكن أن ترى الحماية المحلية والشاملة بوصفهما طرفين للحماية المقطعية. يشرح الشكل (5) مثالاً عن طريقة المسار الاحتياطي المقطعية حيث يتم حماية المسار بمسارين احتياطيين مقطعيين.



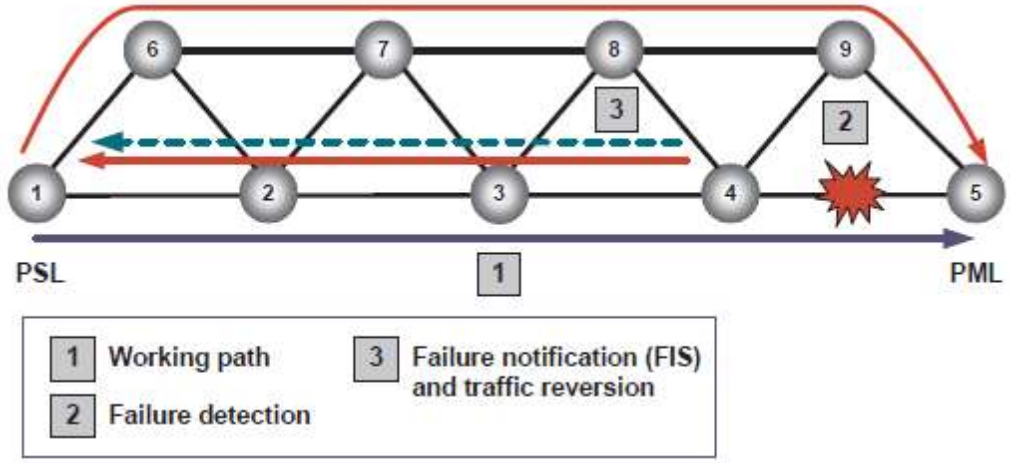
الشكل (5) المسار الاحتياطي المقطعي

4- طريقة المسار الاحتياطي العكسي (Reverse backup path method):

الميزة الأساسية لتلك الطريقة هي عكس الحركة المتأثرة بالفشل عبر العودة إلى مصدر المسار العامل بمسار احتياطي عكسي كما هو موضح في الشكل (6).

حالما يُكتشف الفشل, يقوم LSR الذي يكتشف الخطأ بإعادة توجيه الحركة القادمة إلى المسار الاحتياطي بالاتجاه المعاكس إلى عقدة المصدر. هذه الطريقة وبشكل مشابه لطريقة الإصلاح المحلي, مفيدة خاصة عند فقدان

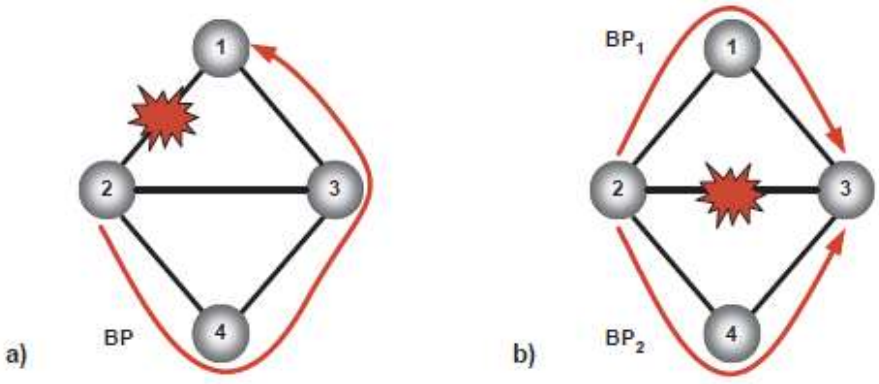
حركة حساسة. الميزة الأخرى هي إشارة الخطأ المبسطة, لأن المسار الاحتياطي العكسي يُرسل FIS إلى عقدة المصدر ومسار استرداد الحركة في الوقت نفسه.



الشكل (6) المسار الاحتياطي العكسي

5-p-Cycles:

نموذج استرداد الخطأ الآخر هو الحماية عبر دوائر تسمى بـ p-Cycles [7]. طريقة p-Cycles مبنية على دوائر حماية مُعدة مسبقاً بشبكة Mesh. تحمي p-Cycles جميع الوصلات التي تكون نهاية عقدها (المصدر والوجهة) بنفس p-Cycle . وبالتالي الوصلات التي تنتمي إلى p-Cycle, الوصلات 2-1 و 3-1 و 4-2 و 4-3 في الشكل (7) هي محمية. أكثر من ذلك الوصلات التي تنتمي عقدها النهائية إلى p-Cycle هي كذلك محمية وتدعى بالوصلات الجانبية. في الشكل (7) الوصلة 3-2 هي وصلة جانبية (straddling link). وهكذا عند فشل وصلة في الدائرة تكون محمية ببقية وصلات p-Cycle كما هو موضح في الشكل (7-a). من جهة أخرى في حال فشل عقدة جانبية فيمكن عندها الحماية بواسطة المسارين الإضافيين اللذين تؤمنهما p-Cycle , وهما BP1 و BP2 في الشكل (7-b), في هذا الإطار يمكن أن تُتخذ قرارات تبديل الحماية بسرعة لأنها تكون محمولة بالوصلات التي تفشل.



الشكل(7) طريقة P-cycle

يلخص الجدول (1) مزايا طرق حماية المسار، حيث تبرز المفاضلة بين استهلاك الموارد وزمن الاسترداد. طرق المسار الاحتياطية التي تؤمن زمن استرداد أسرع تستهلك موارد أكثر من الطرق التي تستغرق زمنا أطول في الاسترداد.

الجدول (1) مزايا طرق المسار الاحتياطي

الطريقة	القدرة الاحتياطية	زمن الاسترداد	التعقيد
الشاملة (Global) العكسية (Reverse)	منخفضة	بطيء	يتطلب طريقة تأشير
المحلية (Local)	الأعلى	الأسرع	يتطلب طريقة تأشير ودعم تجهيزات. جميع العقد تتطلب وظائف تبديل (PML,PSL)
المقطعية (Segment)	متوسطة	متوسطة	تتطلب طريقة تأشير ودعم تجهيزات
الاستعادة (Restoration)	لا توجد	الأبطأ	منخفضة. الجهد الأفضل

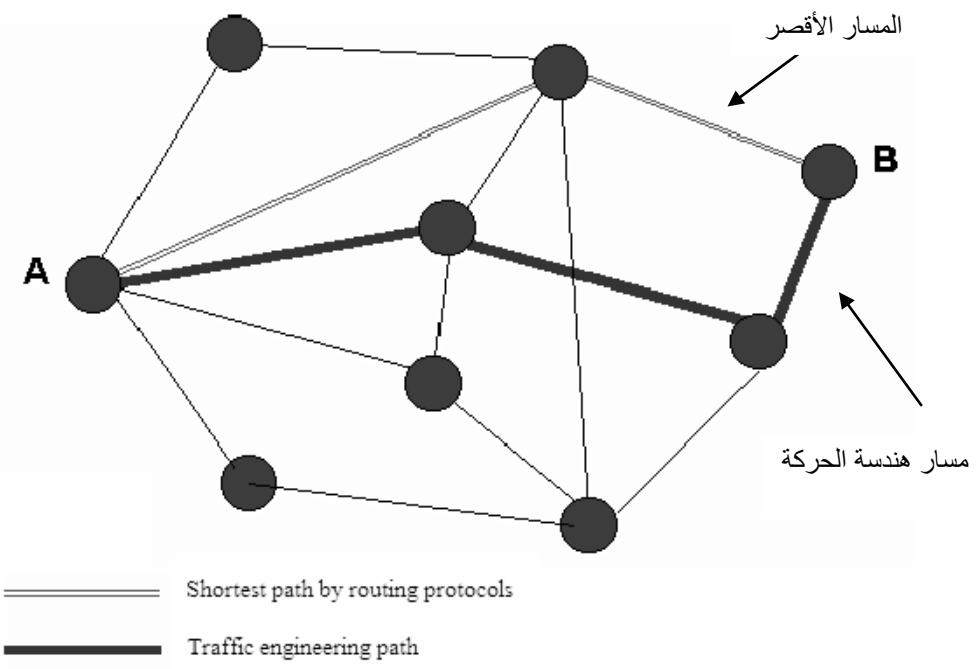
ماهي MPLS:

MPLS هي معيار حدّدته مجموعة مهام هندسة الإنترنت (IETF: Internet Engineering Task Force) في الوثيقة رقم 3031 تاريخ 2001 التي تحمل عنوان (Multiprotocol Label Switching Architecture)[8] والتي قدمت من أجل تخصيص و توجيه وإرسال وتبديل تدفق الحركة بفاعلية عبر الشبكة.

هندسة حركة MPLS (Traffic Engineering):

الهدف من هندسة الحركة هو تسهيل عمل الشبكة بفعالية وموثوقية وتحقيق الاستخدام الأفضل لمصادر الشبكة في الوقت نفسه [9]. تتميز MPLS بأنها طريقة لتوجيه الرزم بسرعة عالية, إنها تجمع بين سرعة وأداء الطبقة الثانية مع قابلية تطوير وذكاء الـIP للطبقة الثالثة في نموذج OSI.

يبين لنا الشكل (8) الفرق بين المسار الأقصر الذي تفرضه بروتوكولات التوجيه ومسار هندسة الحركة



الشكل (8) مقارنة بين المسار الأقصر ومسار هندسة الحركة

تمكننا هندسة حركة MPLS من تحقيق ما يلي:

1- مع MPLS, تُدمج مزايا هندسة الحركة في الطبقة الثالثة, التي تحسن توجيه حركة IP بفرض القيود حسب مخطط الشبكة وسعتها.

2- توجيه حركة IP عبر الشبكة بناءً على موارد متطلبات الحركة والموارد المُتاحة في الشبكة.

3- تستخدم التوجيه المقيد. الذي يكون مسار تدفق الحركة فيه هو المسار الأقصر الموافق لمتطلبات المصادر أو قيود متطلبات عرض الحزمة وأولوية تدفق الحركة.

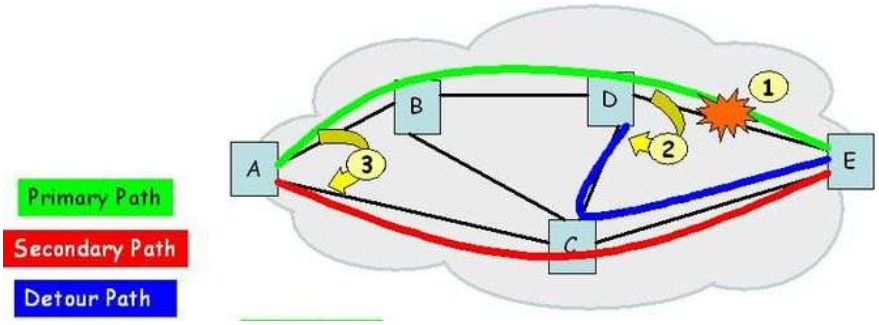
4- تمكّن من مشاركة كلفة الحمل غير المتساوية على المسارات.

5- إنها تقوم بحساب عرض حزمة الوصلة وحجم تدفق الحركة عند تحديد التوجيهات المقيدة عبر الشبكة.

6- تستبدل الحاجة إلى الإعداد اليدوي لأجهزة الشبكة لإعداد التوجيهات المقيدة. بدلاً من ذلك يمكن الاعتماد على وظيفة هندسة حركة MPLS لفهم مخطط الشبكة و معالجة الإشارة الآلية [10] .

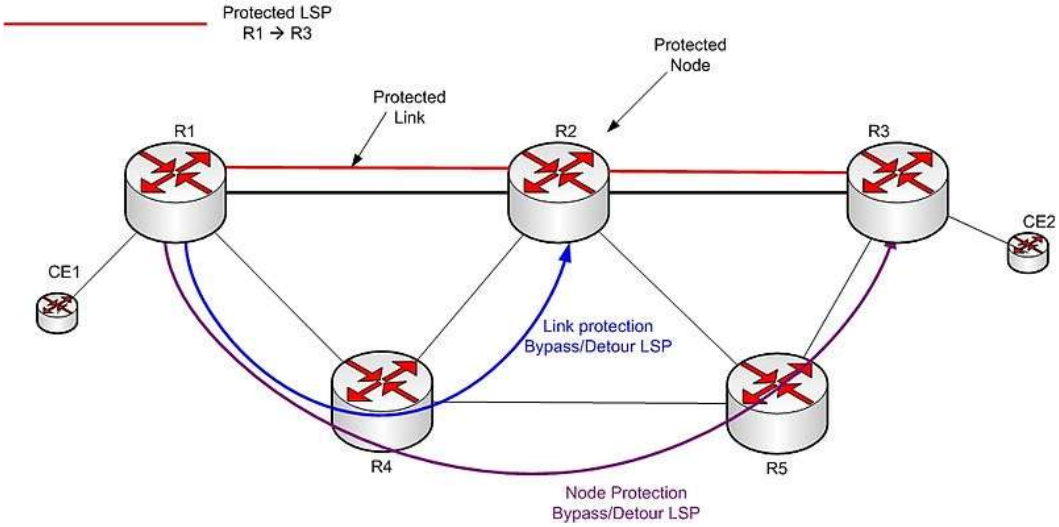
إعادة التوجيه السريع (Fast Reroute) في MPLS:

إعادة التوجيه السريع في MPLS (وتدعى هذه الخاصية كذلك بالحماية المحلية في MPLS) هي آلية مرنة للاسترداد المحلي للشبكة عند حصول الفشل. في MPLS FRR كل مسار (LSP) يمر خلال وصلة أو عقدة يكون محمياً بواسطة مسار احتياطي يبدأ فوراً عند العقدة الصاعدة (Upstream) لتلك العقدة أو الوصلة كما هو موضح في الشكل (9) [11,12].



الشكل (9): الحماية في MPLS

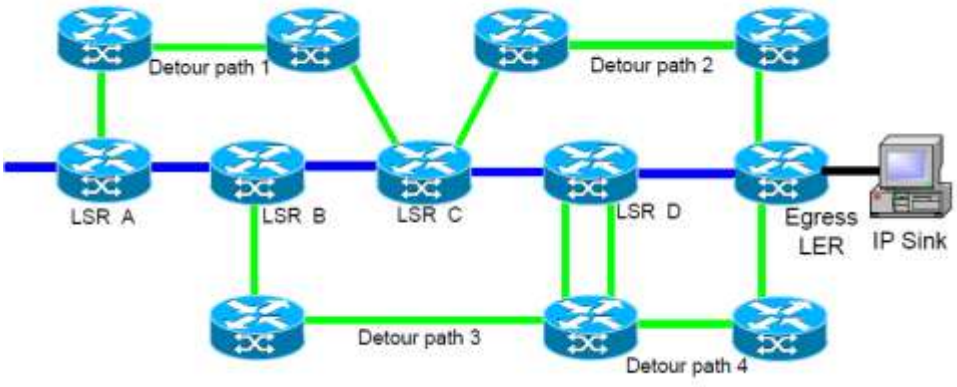
تمكننا خاصية Fast Reroute في MPLS من حماية عقدة أو وصلة ما منهارة كما نوضح في الشكل (10)



الشكل (10) حماية العقدة (Node Protection) × حماية الوصلة (Link Protection)

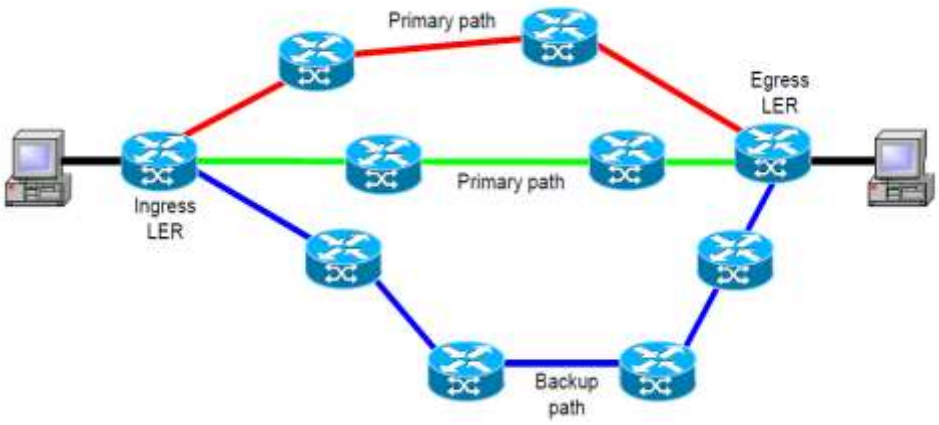
يوجد نوعان بارزان في الحماية المحلية:

1- one-to-one: الانعطافي (detour), في هذا النوع تقوم الـ PLR's بإنشاء مسارات احتياطية منفصلة لكل LSP يمر خلال العقدة أو الوصلة كما هو موضح في الشكل (11) حيث توجد أربع مسارات لحماية المسار الرئيس.



الشكل (11) One-to-One Backup

Many-to-one-2: في هذا النوع تقوم PLR بإنشاء مسار احتياطي وحيد لحماية مجموعة من المسارات الرئيسة تعبر خلال العقد والوصلات . وهكذا توجد محطات أقل يجب صيانتها وتحديثها مما يعطي حلاً أكثر قابلية للتطور .يدعى هذا النوع أيضاً بالاسترداد المرن (facility backup), كما هو موضح في الشكل (12).

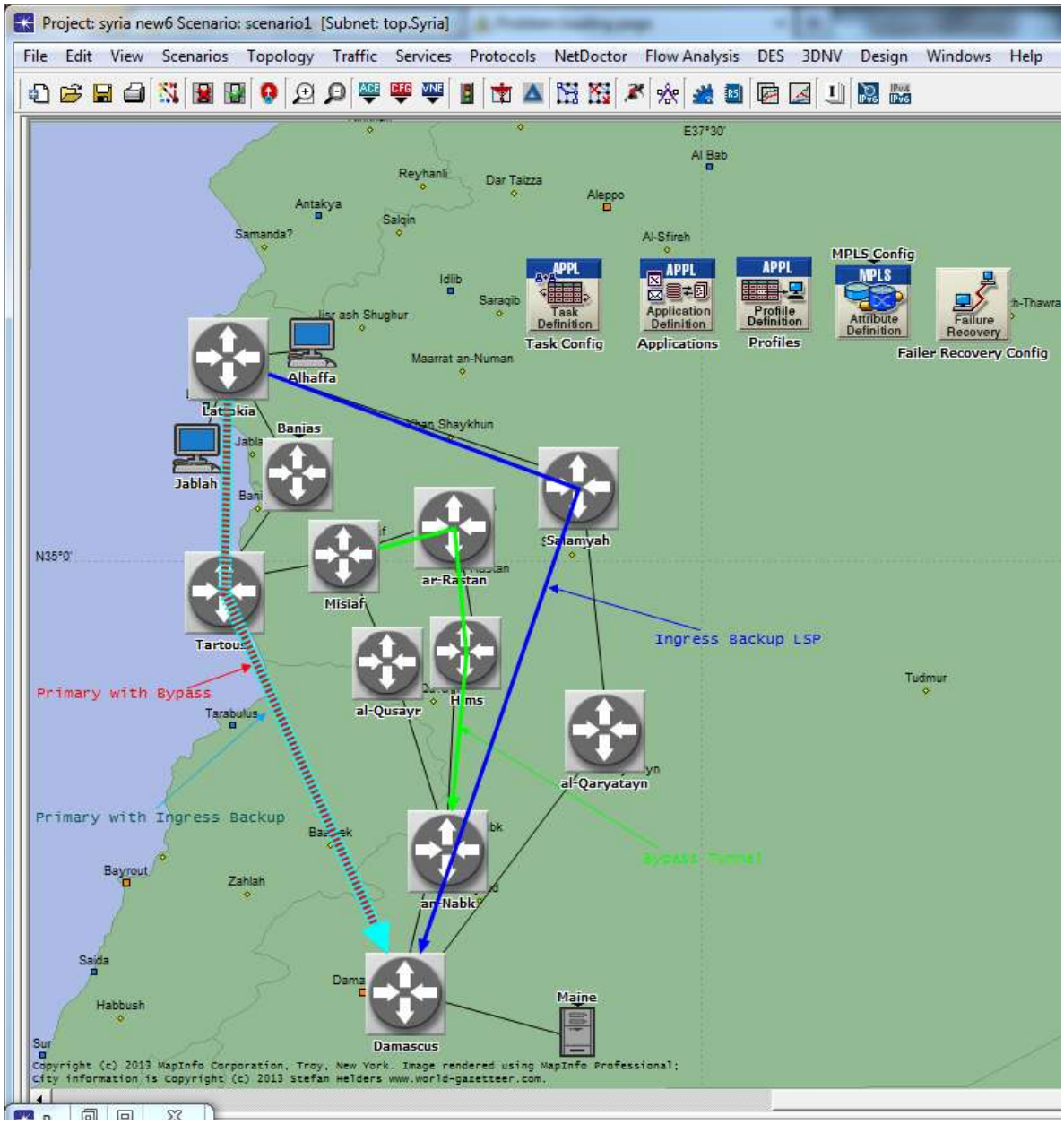


الشكل (12) Many-to-one backup

النتائج والمناقشة:

يشرح السيناريو المقترح استخدام بروتوكول RSVP-TE لإعداد مسارات تبديل الوسم (LSP's) ديناميكياً واستخدام إعادة التوجيه السريع (Fast Reroute) لحماية LSP's محلياً (Local Protection).

نفذنا المحاكاة على مساحة ممتدة بين المدن السورية كما هو موضح في مخطط الشبكة في الشكل (13).



الشكل (13) مخطط السيناريو المقترح

1–تم إعداد الحركة من موقعين:

أ– الحفة (Alhaffa) ⟵ Maine (المخدم) موجود قرب دمشق (Damascus)

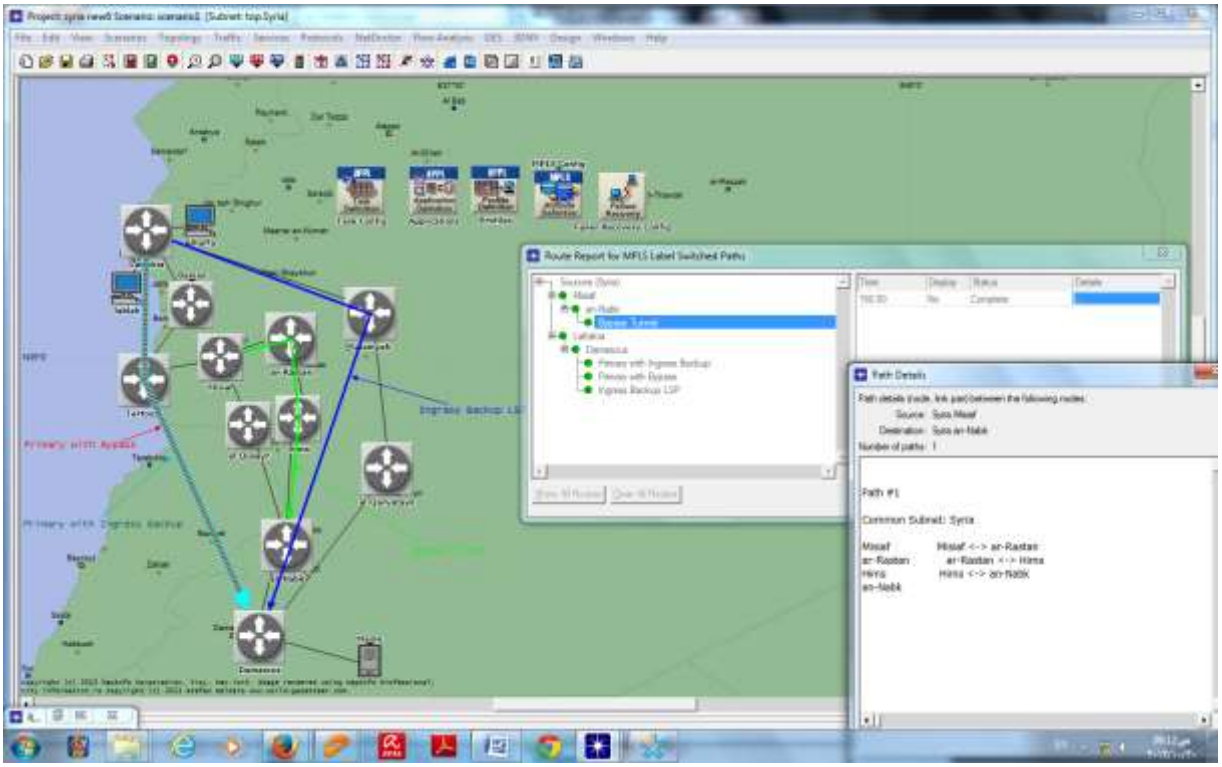
ب- جبلة (Jablah) ⟵ Maine (المخدم)

2–جميع الوصلات هي من النوع SONET OC3 (سرعة النقل 148.61 Mbps).

3–قمنا بإعداد MPLS في الشبكة. تم إعداد مساري MPLS ديناميكيين رئيسين من اللاذقية (Lattakia) إلى دمشق (Damascus) عبر طرطوس (Tartouss) .

4-أحد مساري LSP الرئيسين يستخدم مسار LSP احتياطي أولي من أجل الحماية (Ingress Backup LSP)، ومسار LSP الآخر يستخدم قناة جانبية للحماية محلياً (Bypass Tunnel).

يمكن رؤية تفاصيل كل مسار LSP من خلال Protocol – MPLS – Display LSP Route وفق الشكل (14)



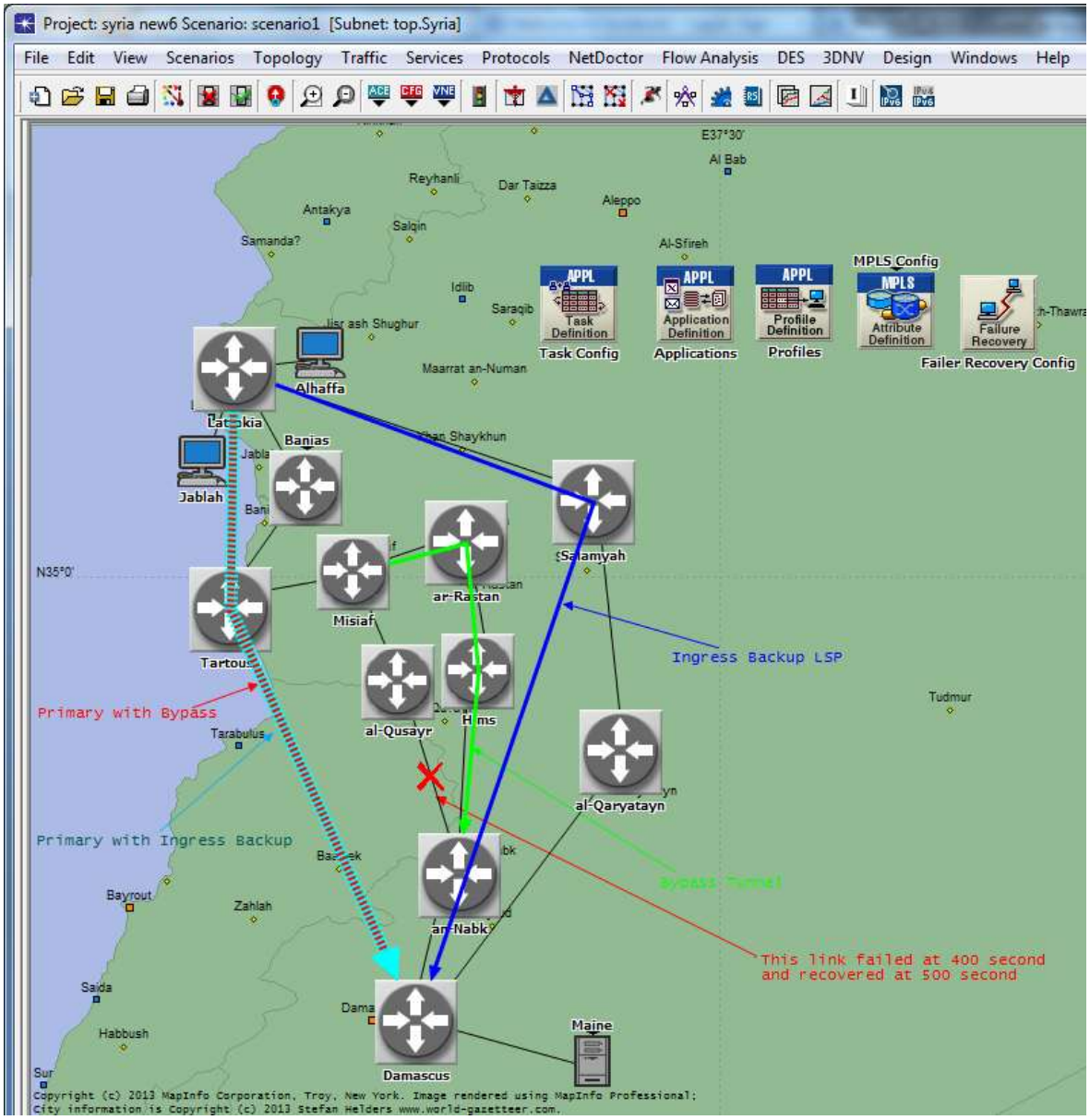
الشكل (14) تفاصيل المسار

5-تم تطبيق FEC (forwarding Equivalence Class) وحيد في الشبكة يعتمد على بروتوكول UDP، وتم تطبيق Trunk وحيد من الصنف EF بمعدل سرعة نقل افتراضي 32000 bit/sec وذلك عبر الأداة MPLS Config

6-تم إعداد الموجهات لتستخدم بروتوكول (RSVP-TE) كبروتوكول تأشير لإعداد LSP's.

7-نوع الحركة المطبقة هي من النوع ACE Task Independency.

8-فشلت الوصلة بين القصير (al-Qusayr) و النبك (an-Nabk) عند الثانية 400 وتم استعادتها عند الثانية 500 كما هو موضح في الشكل (15).

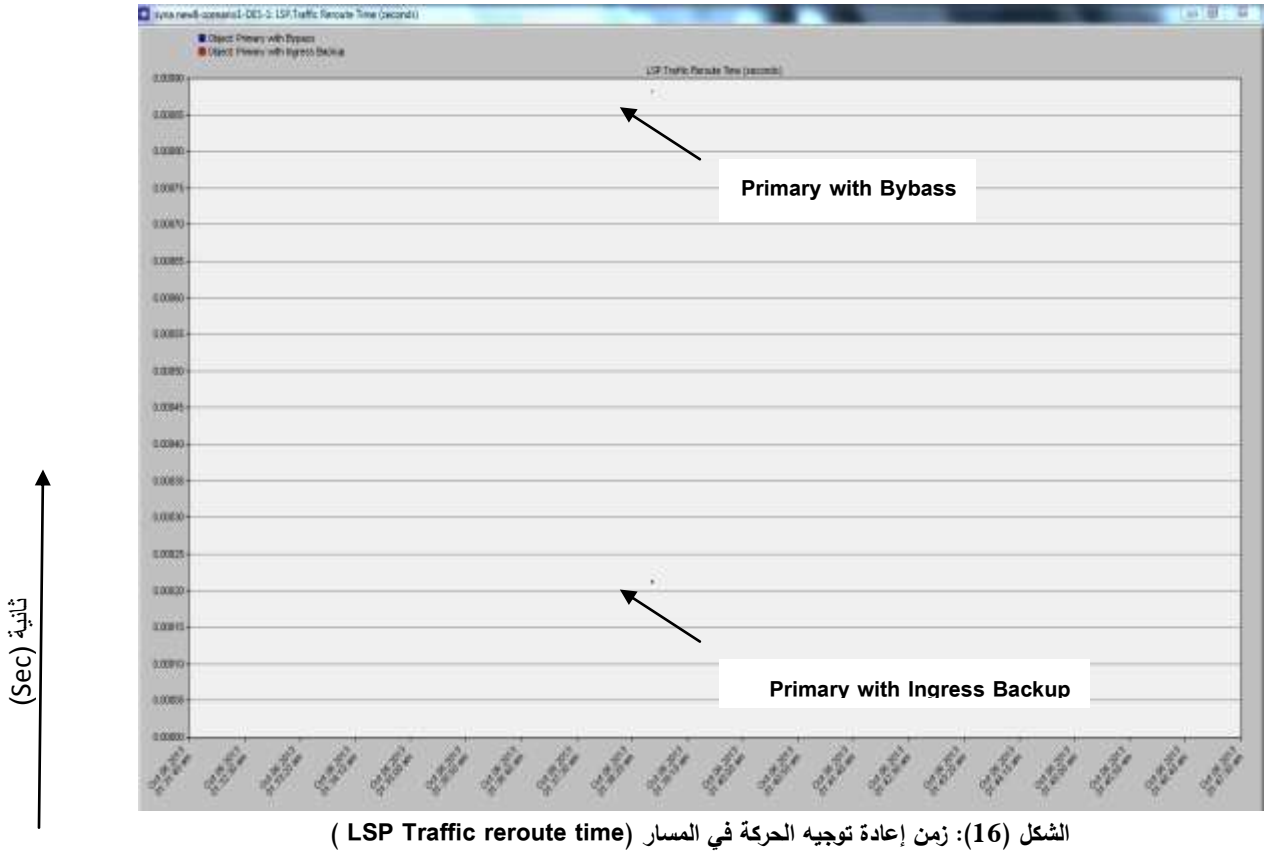


الشكل (15) فشل الوصلة بين al-Qusayr و an-Nabk عند الثانية 400

بعد إجراء المحاكاة حصلنا على النتائج التالية:

1-بالنسبة لزمن إعادة توجيه الحركة (Traffic reroute time) الخاص ب Lsp's الرئيسة:

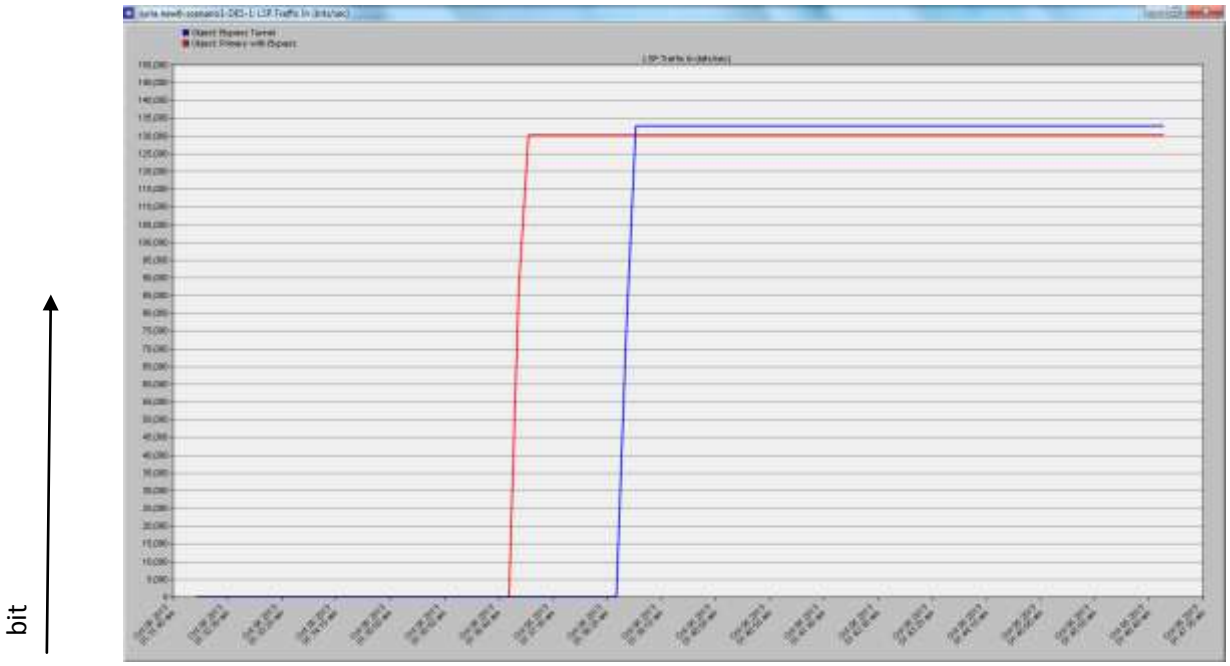
أظهرت النتائج بالنسبة لزمن إعادة توجيه الحركة أن الزمن الذي يستغرقه المسار الذي يستخدم القناة الجانبية أقل من الزمن الذي يستغرقه المسار الاحتياطي الآخر بأربع مرات، إذ كانت القيمة بالنسبة للمسار Primary with ingress Backup تساوي (0.00088 sec) وبالنسبة للمسار Primary with Bypass تساوي (0.00021 sec) كما هو موضح في الشكل (16). وسنلاحظ أن فرق الزمن يزداد بنسبة كبيرة عند تطبيق السيناريو على مساحة أكبر.



الشكل (16): زمن إعادة توجيه الحركة في المسار (LSP Traffic reroute time)

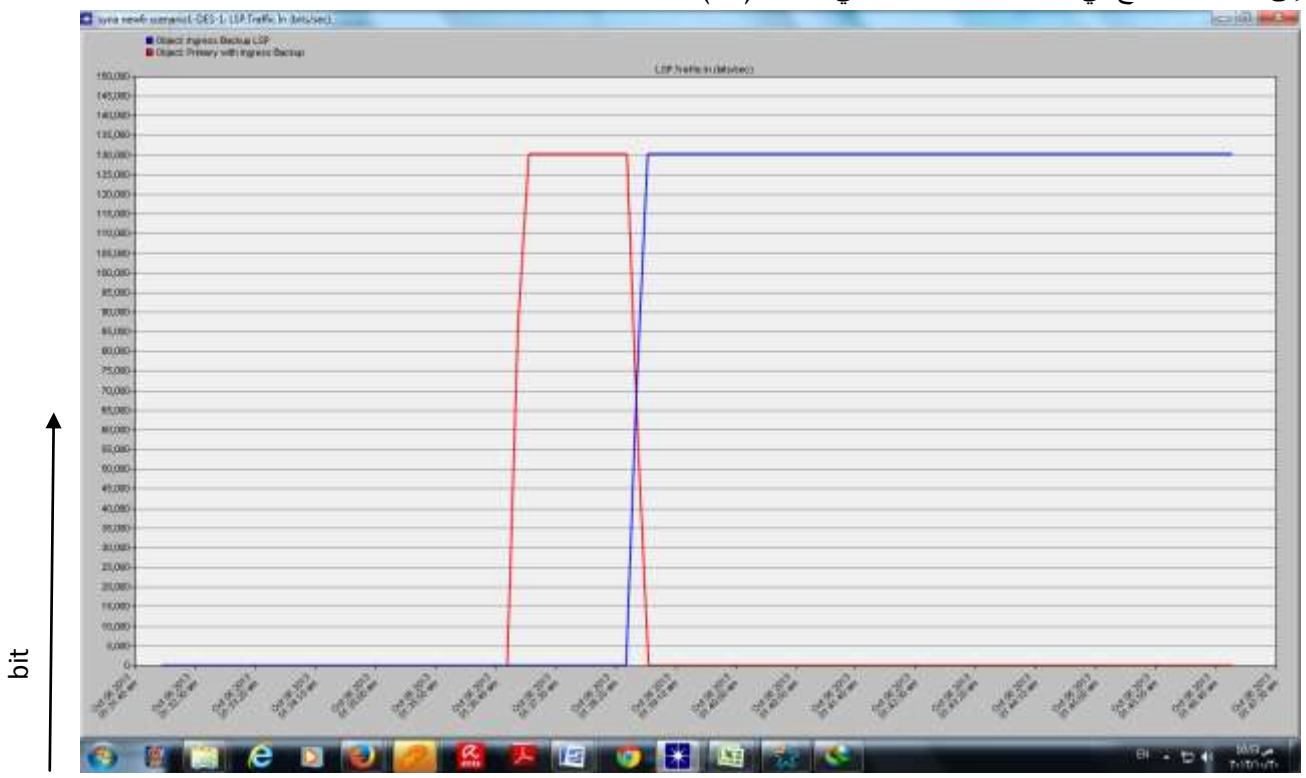
2- بالنسبة للحركة الداخلة (Traffic in) لمسارات LSP's فقد أظهرت النتائج ما يلي:

تُمرر الحركة مباشرة باستخدام القناة الجانبية للمسار الذي يستخدم Fast Reroute وذلك كما هو موضح في الشكل (17).



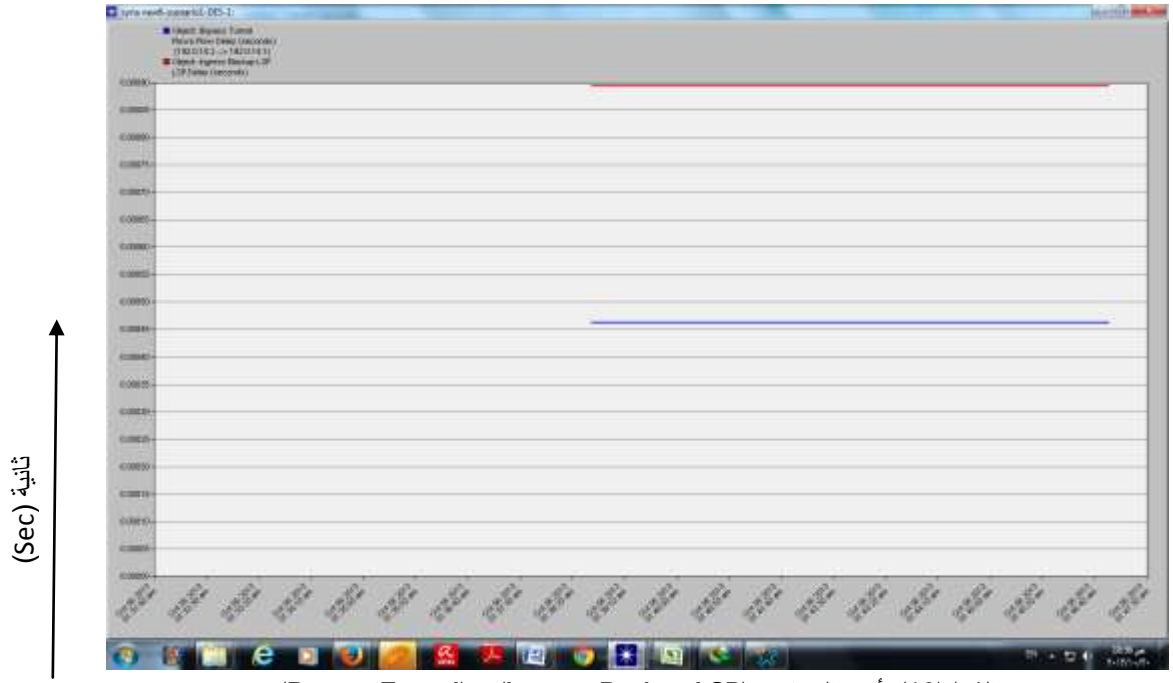
الشكل (17) الحركة الداخلة (Traffic in) للمسارين (Bypass Tunnel) و (Primary with Bybass)

بينما يستغرق ذلك زمناً لا بأس به بعد الفشل بالنسبة للمسار الذي يستخدم المسار الاحتياطي الأولي مما يؤدي إلى حصول ضياع في البيانات مثلما نشاهد في الشكل (18).



الشكل (18): الحركة الداخلة (Traffic in) للمسارين (Ingress Backup LSP) و (Primary with Ingress Backup)

3-بالنسبة لزمن التأخير للمسار (LSP Delay) فهو يعبر عن التأخير الذي تواجهه الرزمة عند عبورها المسار



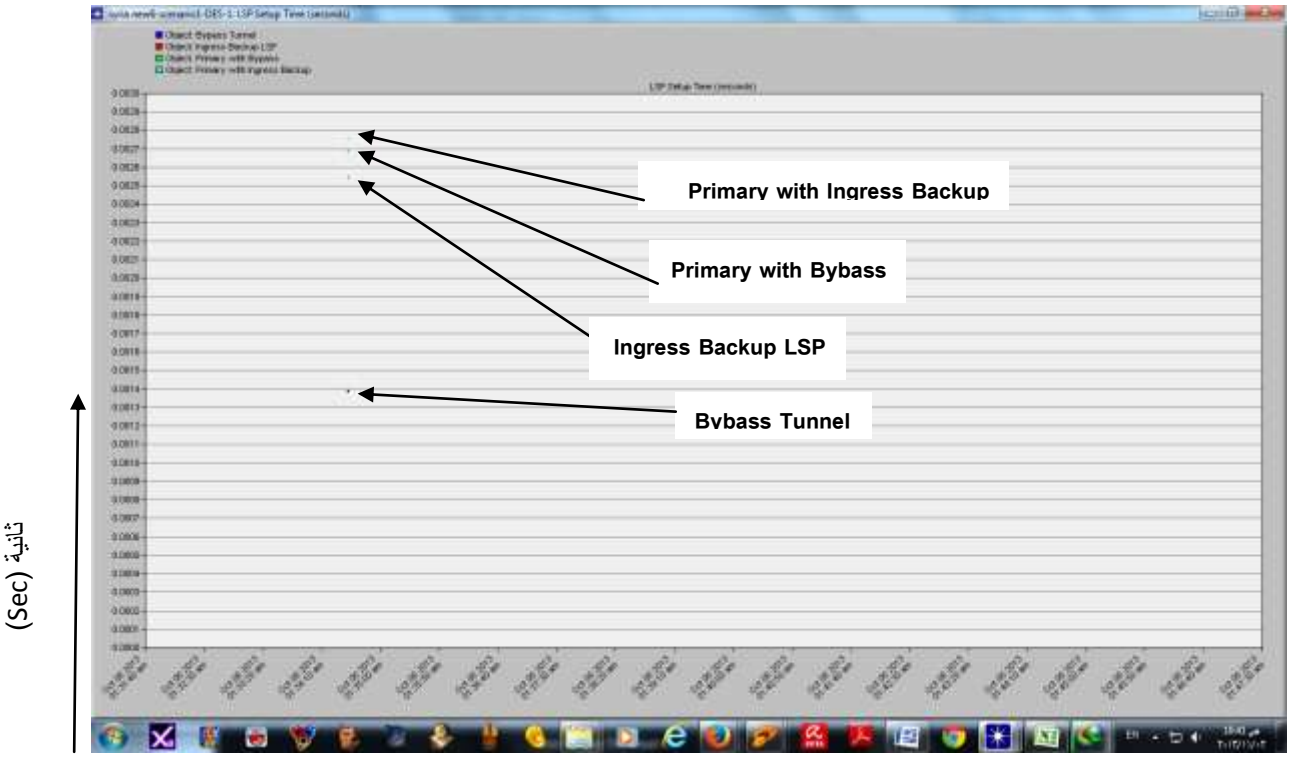
الشكل(19) تأخير المسارين (Ingress Backup LSP) و (Bypass Tunnel)

ويعتمد هذا التأخير على حجم الشبكة وبروتوكول التوجيه المُستخدم (OSPF –RIP –EIGRP –IS_IS ..etc)، نلاحظ أن تأخير المسار الاحتياطي (Ingress Backup LSP) هو (0.00089sec) بينما تأخير القناة الجانبية (Bypass Tunnel) هو (0.00046 sec) أي أن تأخير المسار الاحتياطي يعادل تقريباً ضعف تأخير القناة الجانبية كما هو موضح في الشكل (19)

4–بالنسبة لزمن إعداد المسار (LSP Setup Time):

زمن إعداد المسار هو الزمن الذي يستغرقه المسار لتخصيص نفسه في الشبكة. بمعنى أنه الزمن الذي يستغرقه المسار لتحويل تدفق البيانات عند حصول الفشل في الشبكة. نلاحظ أن الزمن الأقصر يعود لمسار القناة الجانبية (Bypass) وفق ماهو مبين في الشكل (20) والجدول (2)

الشكل (20) زمن إعداد المسار (LSP Setup Time)



الجدول (2) مقارنة زمن إعداد المسار (LSP Setup Time)

	Bypass Tunnel	Primary with Bypass	Ingress Backup LSP	Primary with ingress Backup
LSP Setup Time in seconds	0.00138	0.00269	0.00254	0.00275

الاستنتاجات والتوصيات:

-تعد إعادة التوجيه السريع طريقة استعادة مرنة وفعالة تتيح تقليل الزمن اللازم لتحويل المسار إلى أقل من 50 ms (كما هو الحال في شبكات SONET) مما يضمن المحافظة على البيانات من الضياع عند حصول فشل في أحد مسارات شبكة MPLS.

-قمنا في هذا البحث بمقارنة إعادة التوجيه السريع الخاص بـ MPLS والذي يعتبر أحد أنواع الحماية المحلية مع الحماية الشاملة للمسار من ناحية التأخير وفقدان البيانات وزمن التبديل, باستخدام بروتوكول OSPF وبروتوكول RSVP-TE.

-أظهرت النتائج تفوق شبكات MPLS عبر خاصية (Fast Reroute) على مثيلاتها من حيث زمن تبديل المسار إذ أصبح أقل بأربع مرات (من 0.88 msec إلى 0.21 msec) وانخفض التأخير إلى النصف (من 0.89 msec إلى 0.46 msec), كذلك تم تقليل زمن إعداد المسار الاحتياطي إلى النصف تقريباً (من 2.69 msec إلى 1.38 msec) وتمت حماية رزم البيانات من الفقدان.

-أحد الأمور التي يجب معالجتها لاحقاً هي أهمية تلك التقنية عند استخدامها في الشبكات الضوئية وتحديداً شبكات GMPLS وإيجاد خوارزميات تكون ذات أداء أفضل في التوجيه عبر المسارات المناسبة.

المراجع:

[1] Yimin Qiu, Jinguang Gu, Hongbing Zhu, Yi Zhou, "MPLS-based Network Fault Recovery Research", International Journal of Intelligent Engineering & Systems,INASS, 2010, Vol.3, No.4, 201, pp. 40-47

[2] Jose L Marzo, Eusebi Calle , Caterina Scoglio, Tricha Anjali, "Adding QoS Protection in Order to Enhance MPLS QoS Routing", Proceedings of IEEE ICC, University de Girona, Spain, May 2003, pp. 1973 – 1977

[3] Wajdi Al-Khateeb, Sufyan Al-Irhayim, Khalid Al-Khateeb, " Recovery Modeling in MPLS Networks " Proceedings of the Int. Conf. on Computer and Communication Engineering, ICCCE'06,IEEE, Vol. I, 9-11 May 2006, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 390-395

[4] Mohammad Yanuar Hariyawan, " Comparison Analysis of Recovery Mechanism at MPLS Network" International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol.1, No.2, December 2011, pp. 151-160.

[5] Wei Kuang Lai, " Fast reroute with pre-established bypass tunnel in MPLS", Computer Communications , vol.31, .Elsevier, (2008), p.p1660–1671

[6] E. Calle, J.L. Marzo, A. Urra, and L. Fabrega. "Enhancing fault management performance of two-step QoS routing algorithms in GMPLS". In Proceedings of the IEEE ICC, June 2004.

[7] D.A. Schupke, C.G. Gruber, and A. Autenrieth." Optimal configuration of p-cycles in WDM networks". In *Proceedings of the IEEE ICC*, 2002. 2001, 496p

[8] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon. "Multiprotocol Label Switching architecture." IETF RFC 3031, 2001.

[9] E. Calle, J. L. Marzo, and A. Urra. "Protection performance components in MPLS Networks". Computer Commun. Journal, 27:1220{1228, July 2004.

[10] ALWAYN.V- "Advanced MPLS Design and Implementation", Cisco Press, USA,

[11] A.Faisal, R.Saqib "NPP: A facility based computation framework for restoration routing using aggregate link usage information". International workshop on quality of service in multiservice IP networks N°3. Catania , ITALIE 2005, vol. 3375, pp. 150-163.

[12] Raza, S. Aslam, F. ; Uzmi, Z.A. "Online routing of bandwidth guaranteed paths with local restoration using optimized aggregate usage information" Communications. ICC 2005. Vol. 1, pp 201-207