مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

تقييم جودة الخدمة لشبكات MPLS-DiffServ

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

(تاريخ الإيداع 11 / 12 / 2014. قُبِل للنشر في 25/ 5 / 2015)

□ ملخّص □

دفعت الرغبة لتحسين الأداء الكُلّي لشبكات IP إلى إنشاء بنى QoS جديدة. التطور الحاصل حاليا في تأمين جودة الخدمة مبني على DiffServ. تقسّم DiffServ الحركة إلى عدد صغير من الأصناف وتقوم بحجز المصادر على أساس كل صنف. في هذه البنية تُعلّم الرزم بناءً على حقل DSCP في الموجهات الطرفية ويتم كذلك إعطاء الأولوية للرزم بناء على قيمة هذا الحقل. بالمقابل، فإن MPLS هي آلية توجيه سريعة تعتمد على الوسوم. من مزايا MPLS الرئيسية دعمها لهندسة الحركة والذي يؤدي إلى استخدام أفضل لمصادر الشبكة مثل سعة الوصلة. يؤمن الاستخدام المتكامل لـ MPLS (كآلية إرسال) مع DiffServ (كآلية QoS) ضماناً لتقديم جودة خدمة عالية وخاصة بالنسبة لتطبيقات الزمن الحقيقي (مثل خدمة الصوت عبرIP ومؤتمرات الفيديو).

تم في بحثنا هذا تقييم أداء شبكات MPLS-DiffServ، قمنا بدراسة بارامترات جودة الخدمة مثل التأخير وتغير التأخير وزمن تحميل الملفات وزمن الترتيل واستخدام الوصلة والإنتاجية وفقدان الرزم لأنماط متعددة من الحركة (Voice,Video,FTP) وذلك باستخدام محاكي OPNET. تمت مقارنة النتائج مع شبكات MPLS وشبكات IP الصافية. أظهرت النتائج تفوق شبكات MPLS-DiffServ على الشبكات الأخرى ويبدو ذلك واضحا من ناحية تخفيض التأخير وتغير التأخير وزمن الاستجابة لتحميل الملفات وزمن الترتيل بالإضافة إلى انخفاض ضياع الرزم والاستخدام الأمثل لسعة الوصلة.

الكلمات المفتاحية: تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات، الخدمة التفاضلية، جودة الخدمة، نقل الصوت عبر IP، مؤتمرات الفيديو.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

Evaluation of quality of service of MPLS-DiffServ network's

Dr. Ahmad Saker Ahmad*
Dr. Talal Alatky**
Manhal Jafar***

(Received 11 / 12 / 2014. Accepted 25 / 5 / 2015)

□ ABSTRACT □

The desire to improve the overall performance of IP network leads to designing new QoS achitectures. The new Enhancement in providing quality of service (QoS) on the Internet is based on the Different Services (DiffServ). DiffServ divides traffic into small classes and allocates network resources on a per-class basis. In this architecture, packets are marked with different DiffServ code points (DSCP) at edge routers, and the priority for packets is given via the value of this field. On the other hand, MPLS is a fast forwarding mechanism that depends on Label's. The main advantage of MPLS is its support for traffic engineering which results in best utilization of network's resources like link capacity. The integration of using MPLS (as a forwarding mechanism) with DiffServ (as a QoS mechanism) offer high Quality of service especially for real time applications (such as VoIP, Video Conference).

We evaluate the performance of MPLS-DiffServ networks in our research. We study QoS metrics as delay, variation of delay, upload response time, link utilization, packet loss for several kinds of traffic (Voice, Video, FTP) by using OPNET Simulator and we showed its superiority over MPLS network and pure IP ones. We compare our results with MPLS networks and pure IP ones. Our results showed superiority of MPLS-DiffServ over other kinds of networks. This is clear in decreasing delay ,delay variation, upload response time, queuing delay, reduction of lost packets and best utilization of link capacity

Keywords: MPLS (Multi-Protocol Label Switching), Different Services (DiffServ), Quality of Service (QoS) ,Voice over IP (VoIP),Video Conference.

* **Professor, Department of System Engineering and Computer Networks, Faculty of Information Technology, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Assistant Professor, Department of System Engineering and Computer Networks, Faculty of Information Technology, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*** **Postgraduate Student, Department of System Engineering and Computer Networks, Faculty of Information Technology, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

سببت تطبيقات الوسائط المتعددة الكثيرة مثل الفيديو المستمر و VOIP و Video conference ازدحاماً هائلاً على شبكات IP. مع نشوء تطبيقات الوسائط المتعددة في شبكات IP أضحى عرض الحِزمة أمراً مُحرِجاً في مجتمع الإنترنت ومزودات الخِدمة على حد سواء. كذلك فإن الكثير من تطبيقات الوسائط المتعددة الحديثة والخدمات لا تحتاج فقط لعرض الحزمة، بل تتطلب كذلك ضماناً لجودة الخدمة، مثل التأخير و Jitter وضياع الرُزمة. وضعت متطلبات QoS هذه تحديات جديدة على مزودات الحزمة [1]. اقترحت المنظمات المعياريّة مثل IETF معايير متعددة لتحقيق QoS في شبكات IP. تضمن ذلك شبكة MPLS وكذلك Different Services حيث تم نشر العديد من (RFC'S) لكلا الخدمتين ولتكاملهما[2].

الهدف من آليّة جودة الخدمة هو التأكيد على عدم حصول ازدحام مفرط للرُزم مع جودة خدمة مؤكدة. QoS لا تخلق السِعة، ولكنها فقط تقوم بدعم أولويّات الحركة وتخصيص المصادر تحت شروط الازدحام [3]. لذلك فإن نقل حركة الوسائط المُتعددة في الحقيقة يحتاج عرض حزمة مُستقر نظراً لحساسيتها لتأخير الرزمة، وتغير التأخير وضياع الرزمة. عندَ تخصيص التطبيقات إلى أصناف مختلفة من الخدمة تبعاً لاتفاقيات مستوى الخِدمة (SLA's) يمكن عندها ضمان جودة الخدمة. على كُلٍ، DiffServ وحدها غير كافية لضمان SLA's لذلك قامت IFTF بتطبيق بُنية MPLS والتي تَستَخدِم الوسوم لإرسال الرُزم إلى داخل المسار الصحيح. الهدف من دمج استخدام تقنيات DiffServ و MPLS هو تأمين ضمان أفضل لجودة الخدمة [3].

في مقالة بعنوان An Enhanced MPLS-TE For Transferring Multimedia packets قدم الكاتب تحسينا لـ MPLS-TE سميت EMPLS-TE [4]، بنيت على تعديل في عمل FEC لتأمين جودة الخدمة لتدفقات الوسائط المتعددة. قُيم أداء MPLS-TE عبر نموذج محاكاة في حالات متعددة للشبكة. تم مقارنة الأداء مع شبكات MPLS و MPLS-TE. من تلك المقارنات لوحظ تحسن كبير في تقديم خدمات الوسائط المتعددة وخصوصاُ عند حدوث ازدحام في الشبكة. وصّفت K.Molnar [5] بناء نموذج فعال لجودة الخدمة في محاكي OPNET وركزت على التأخير الحاصل في الأرتال. أثبت الكاتبة فعالية محاكي Opnet لقياس بارامترات جودة الخدمة وقربها الكبير من الواقع العملي.

قُدّمت دراسة في [6] عن أداء جودة الخدمة في تطبيقات الزمن الحقيقي مثل الفيديو والصوت بمصطلحات تغير تأخير الرزمة في شبكات DiffServ بوجود MPLS أو بعدم وجودها. تم دراسة تأثيرها كذلك في شبكات IPV4وIPV6 لعدة أصناف مثل AF و BF. قيمت [7] بارامترات متعددة مثل التأخير والإنتاجية وضياع الرزم وزمن استجابة الصفحة لأنماط متعددة من الحركة (FTP,Voice,Video) في البيئة المزدحمة مع المقارنة في شبكات MPLS وشبكات IP باستخدام المحاكي OPNET. هدفت هذه الورقة إلى شرح مزايا استخدام MPLS-TE في تطبيقات الوسائط المتعددة. كذلك فقد أظهرت أن استخدام بروتوكول OSPF في MPLS-TE يقود إلى ضياع كبير في الرزم عند ازدحام الشبكات.

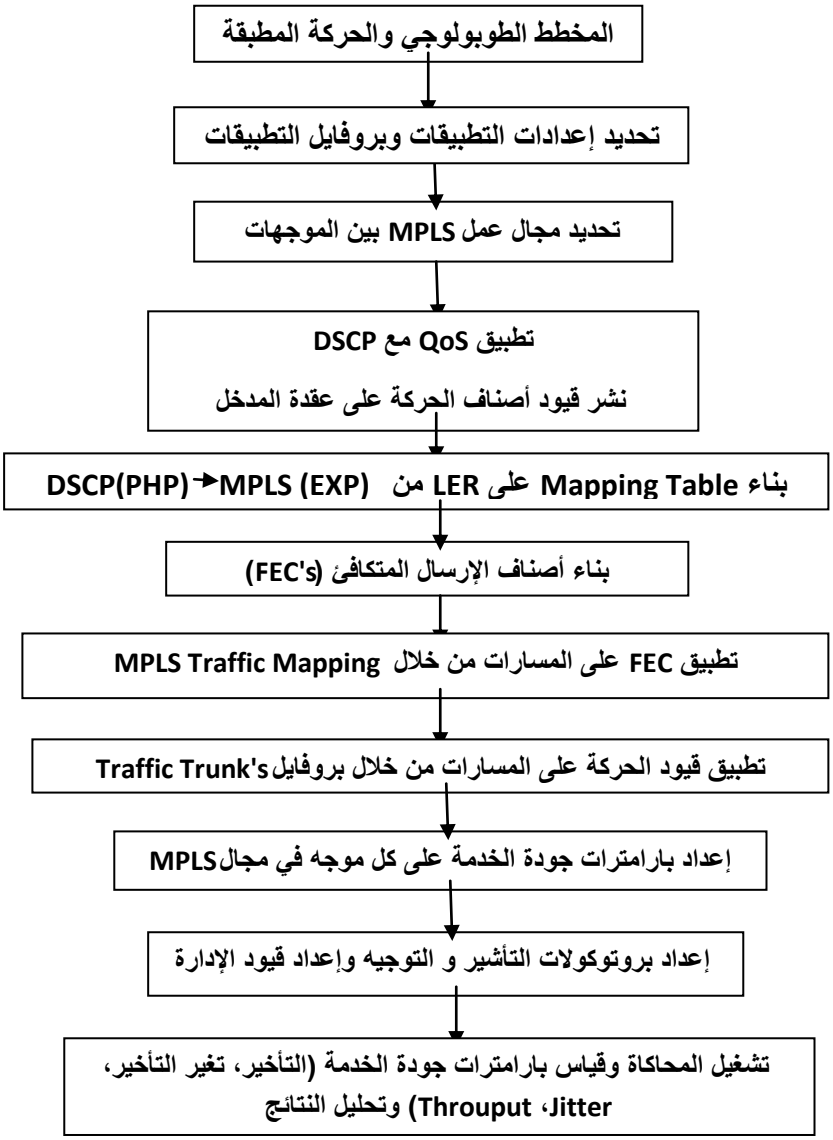
في [8] استخدم الكاتب المحاكي NS-2 لإظهار تفوق شبكات MPLS على شبكات IP في مجال تطبيق VOIP عبر قياس بارامترات متعددة مثل التأخير واحتمال ضياع الرزم والإنتاجية. قام الكاتب بناء على بارامترات جودة الخدمة المقاسة بتحديد عدد اتصالات VoIP الممكن استقبالها.

أهمية البحث وأهدافه:

تقييم أداء شبكات MPLS–DiffServ ومقارنتها مع شبكات MPLS وشبكات IP الصافية، ودراسة مدى التحسين في بارمترات جودة الخدمة الذي يقدمه التكامل بين MPLS التي تتمتع بسرعة الإرسال وتدعم هندسة الحركة بشكل فعال بالإضافة إلى خاصية إعادة التوجيه السريع (Fast Rerouting) ومشاركة المصادر المتاحة مع DiffServ التي تؤمن جودة الخدمة عبر تقسيم الحركة إلى أصناف وتحديد أولوية المعالجة لكل صنف على حدى.

طرائق البحث ومواده:

اتبعنا المنهجية الموضحة في الشكل (1) لنمذجة الشبكة بواسطة OPNET.



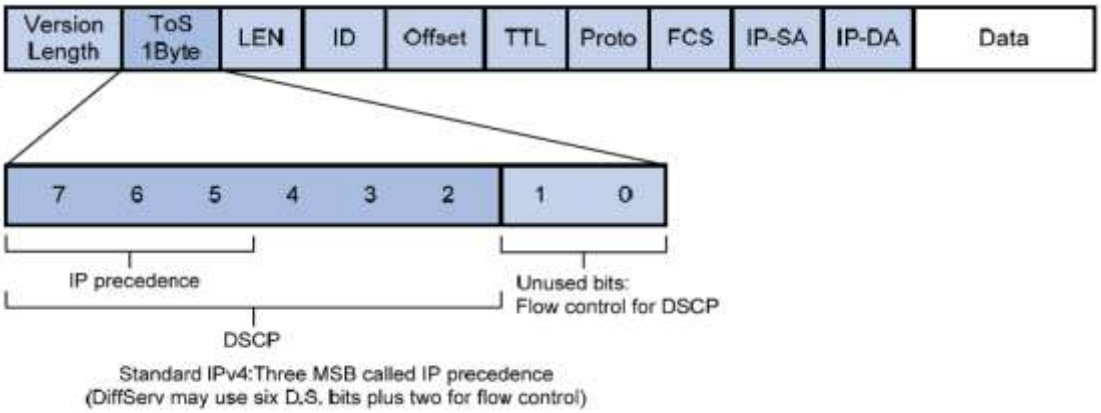
الشكل (1) الخطوات المنهجية لنمذجة الشبكة المقترحة

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 على 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)، كذلك قمنا باستخدام خواص الجدولة الموجودة في QoS Module لتحسين أداء الشبكة بشكل عام. قمنا بمقارنة النتائج عبر مخططات بيانية تؤكد الدراسة النظرية المتبعة.

4-الخدمة التفاضلية (DiffServ):

ظهرت DiffServ كحل مُبسّط لتأمين QoS حيث أن تطبيق IntServ (الخدمة المتكاملة) و RSVP كانَ صعباً. الغرض الأساسي من DiffServ كان لملاقاة متطلبات الأداء للمستخدم. تسمح آليات الخدمة التفاضليّة بتخصيص مستويات مختلفة من الخدمة لمستخدمين مختلفين للانترنت. على المستخدم الحصول على اتفاقيّة مستوى الخدمة SLA (Service Level Agreement) مع ISP للحصول على DiffServ [9] .

نوقِشَت الخدمات التفاصليّة Differentiated server من قِبَل IETF وتمّ توزيعها في RFC2475 ,RFC2597 RFC3270 ,RFC2474 ,RFC2598 [10]. قارب DiffServ مسألة QoS عبر تقسيم الحركة إلى أصناف قليلة وتخصيص مصادر الشبكة بناء على أساس كل صنف. يُعلّم الصنف مباشرة على الرزمة في حقل DSCP (Differentiated services Code Point) ذو الست بتات كما هو موضّح في الشكل (2). يحدد DSCP تصرف QoS لكل رزمة عند عقدة معيّنة في الشبكة. يُدعى ذلك بالتصرف عند كل قفزة (PHB: per-hop behavior) ويعبّر عنه بمصطلحات مثل الجدولة وأولويّة إسقاط الرزم التي تصادفها الرزمة. من نقطة التطبيق، سوف تتُرجم PHB إلى رتل رُزَم يُستخدم للإرسال، واحتماليّة الإسقاط في مجال تجاوز الرتل الحد المسموح، والمصادر (النفاذية وعرض الحزمة) المخصصة لكل رتل، والتردد الذي يُخدم الرتل عليه [11].



الشكل (2) توضع بتات DSCP في ترويسة IP

بنية DiffServ مبنيّة على نموذج بسيط تصنّف من خلاله الحركة الداخلة إلى الشبكة، ويتم وضع شروط لها عند حدود الشبكة وتخصص إلى تجميع مختلف وفق التصرّف (Different Behavior Aggregate).

يُعرّف كل Behavior Aggregate بـ DSCP وحيد . يتم إرسال الرزم داخل نواة الشبكة وفقاً لـ (PHB) المرتبط بـ DSCP [12]. عُرِّفت IETF بالمجمل 14 PHB معياري هي التالية:

-**Best Effort(BE)** : حيث لا تتلقى الحركة أيّة معاملة خاصة.

-**Expedited Forwarding (EF)**: PHB هو العامل المفتاحي في DiffServ لتقليل الضياع وتقليل التأخير وتقليل تغيّر التأخير (Jitter) وتأمين خدمة عرض الحزمة المؤكد. يمكن تطبيق EF باستخدام أولويّة الترتيل مع تحديد النُسب على الصنف. من التطبيقات المناسبة لإرسالها باستخدام EF هي تطبيقات الزمن الحقيقي مع التشديد بمتطلبات التأخير مثل VOIP والألعاب التفاعلية. على الرغم من أنه يمكن لـ EF تقديم خدمة استثنائية، فإنه يجب أن تزود بها التطبيقات الحرجة، فمن غير المناسب تحت الازدحام معالجة جميع أنواع الحركة على أنها حركة ذات أولويّة عاليّة .

-**Assured Forwarding (AF)**: عُرّفت لتأمين إرساليات مؤكدة مختلفة. يُعرّف AFxy PHB أربع أصناف من AFx وسميّت AF1, AF2 , AF3, AF4 وفق الشكل (3). يُخصص لكل صنف كميّة معيّنة من الـ Buffer وعرض حزمة تداخلي لضمان QoS معيّنة. داخل كل صُنف AFx تعرف ثلاث قيم لأولويّة الإسقاط. عند حصول الازدحام فإن الرزم المعلّمة بأنها ذات أولويّة إسقاط أعلى، سوف تُسقط أولاً. لذلك فإن الرُزم التي تحمل نفس صُنف AFx يمكن أن تلاقي QoS متشابهة من حيث Delay و Jitter ولكنها تختلف من ناحية Loose Rate .عادةً ما تُعلّم الرزم وفقاً لاتفاقيّة الخدمة مع مزوّد الخدمة. الرزم التي تتجاوز بروفايل الخدمة سوف تُعلم بأولويّة إسقاط عاليّة وسوف تسقط أولاً عند حصول الازدحام. التطبيقات التي لا تعتمد الزمن الحقيقي مثل Video **Streaming** يمكن أن تستخدم خدمة AF [13].

Drop:	Class 1			Class 2			Class 3			Class 4		
Low	AF11	10	001010	AF21	18	010010	AF31	26	011010	AF41	34	100010
Medium	AF12	12	001100	AF22	20	010100	AF32	28	011100	AF42	36	100100
High	AF13	14	001110	AF23	22	010110	AF33	30	011110	AF43	38	100110

decimal | binary

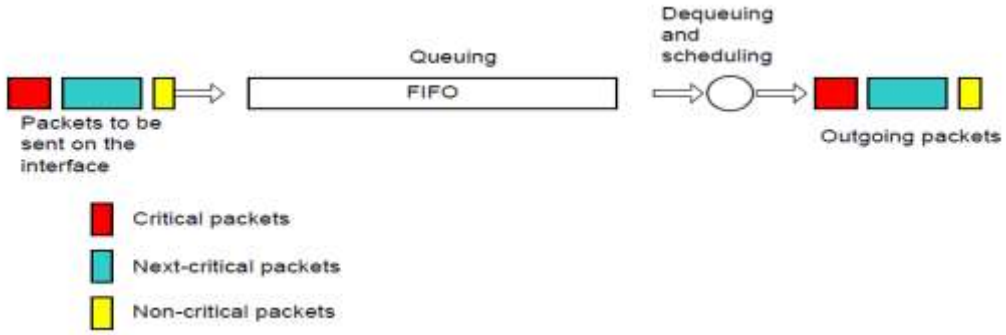
الشكل (3) أصناف AF مع أولوية الإسقاط

5-جودة الخدمة (QoS):

جودة الخدمة ترجع إلى قدرة الشبكة على التزويد بخدمات ذات أولوية أعلى لتطبيقات معينة، عن طريق تخصيص عرض حزمة معين أو التحكم في التأخير. وفي ذات الوقت التأكد من أن هذا التزويد بأولوية لصنف واحد من الحركة لا يؤدي إلى فشل لآخر [14].

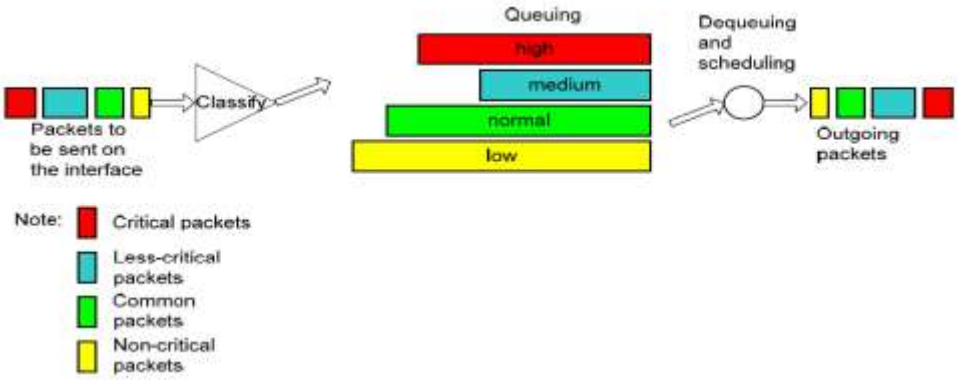
يشير مصطلح جودة الخدمة إلى عدد من التقنيات والتي يمكنها من تعريف نمط البيانات في رزمة البيانات وتقسيم الرزم إلى أصناف حركة حسب أولوياتها من أجل إرسالها. الفائدة الرئيسية من شبكات جودة الخدمة هي المقدرة على إعطاء أولوية لحركة البيانات الحرجة ليتم تخديمها قبل تلك ذات الأولوية الأقل، وليتم تسليمها بموثوقية أعلى عبر التحكم بعرض الحزمة التي يمكن للتطبيق استخدامها. يمكن استخدام عدة طرق ترتيل من أجل إدارة الازدحام. من الطرق المشهورة يوجد ما يلي:

-**First In First Out (FIFO)**: لايتم أي تصنيف للرزم، حيث تخرج الرزم بنفس الترتيب الذي تدخل به كما هو موضح في الشكل (4).



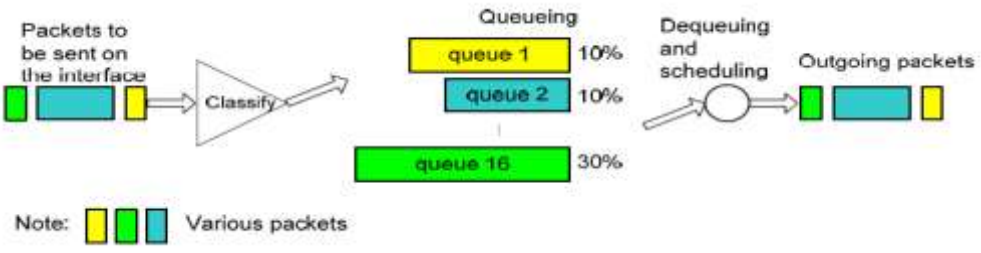
الشكل(4) الترتيل حسب FIFO

-**Priority Queuing (PQ)**: تؤكد PQ على أنه خلال الاختناق فإن البيانات ذات الأولوية العليا لا تتاخر بسبب الحركة ذات الأولوية الأدنى. على كل يمكن أن تعاني الطبقات الأدنى من التأخير بسبب ذلك. تمَّكِن الـ PQ إدارة الشبكة بتعريف 4 أولويات مرورية وهى: HIGH عالي، MEDUIM متوسط ، NORMAL عادى ، LOW منخفض، فالحركة الكائنة في الرتل ذو الأولوية العالية سوف تمر أولا وبعد ذلك يتم إرسال الرزم الكائنة في المستوى التالي للأرتال ذات الأولوية العالية كما هو مبين في الشكل (5). صممت PQ للبيئات التي تركز على بيانات الحالات الحرجة. البيانات ذات الأولوية العليا لا يتم تأخيرها بسبب البيانات ذات الأولوية الدنيا.



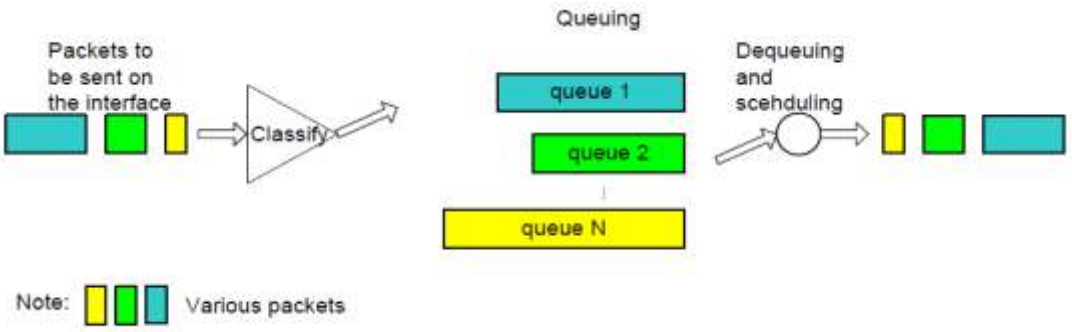
الشكل (5) الترتيل حسب PQ

-**Custom Queuing**: تمكن CQ المستخدمين من تخصيص نسبة مئوية من عرض الحزمة المتاح لتطبيق أو بروتوكول معين. وتتم خدمة كل رتل بتسلسل معين حيث يتم إرسال نسبة مئوية من الحركة على كل رتل قبل التحرك نحو الرتل التالي كما هو مبين في الشكل (6). Custom Queuing مصممة للبيئات التي تحتاج إلى ضمان مستوى جودة خدمة أصغري لكل الحركة.



الشكل (6) الترتيل حسب CQ

-**Weighted Fair Queuing (WFQ)**: تستخدم الـ WFQ الأرتال المتعددة لفصل التدفقات وإعطاء كمية متساوية من عرض الحزمة لكل تدفق كما هو موضح في الشكل (7)، وهذا يمنع بعض التطبيقات كتحميل الملفات من استهلاك عرض الحزمة بمجمله.

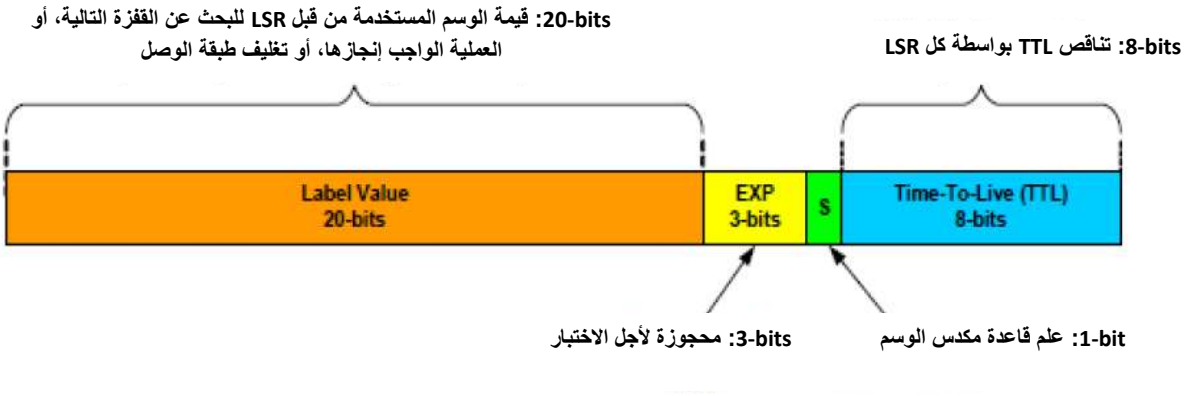


الشكل (7) الترتيل حسب WFQ

6-تبديل الوسوم المتعدد البروتوكولات (Multi-Protocol Label Switching) MPLS:

اقترحَ برتوكول MPLS من قِبَل IETF في عام 1997. قُدمت MPLS لتحسين توسع توجيه طبقة الشبكة وتأمين مرونة التوجيه وزيادة أداة الشبكة وتبسيط التكامل مع التجهيزات عبرَ استخدام مخططات إرسال لا تعتمد على IP [15]. MPLS هي تقنية إرسال رزم تستخدم الوسوم لاتخاذ قرارات إرسال البيانات. تُدعى الموجهات التي تدعم حزمة برتوكول MPLS بـ LSR's. تتخذ LSR's قرارات الإرسال بناءً على الوسم المُضاف إلى ترويسة الحشو بين ترويستي طبقة الوصل وطبقة الشبكة. بما أنّ MPLS تعمل بين الطبقتين الثانية و الثالثة فستكون عملية التوجيه أسرع.

يتكون وسم MPLS كما هو موضح في الشكل (8) من 32 bit مقسمة بين الوسم (20bits) وزمن المغادرة (8bits) و EXP (3bits) بالإضافة إلى قاعدة المكدس (1bit). تستخدم LSR قيمة الوسم لاتخاذ قرارات الإرسال. LER هو LSR طرفي يُحدد مجال MPLS. يقوم LER الأولي بعمليّة الدفع عبرَ وسم الرزمة بوسم MPLS ودخول شبكة MPLS. وبينما يقوم LER النهائي بإزالة الوسم من الرزمة عند مغادرة شبكة MPLS. تتم عمليّة المبادلة بين LSR's في مجال MPLS بمبادلة الوسوم وفقاً لمسار الوجهة والذي يُدعى LSP.



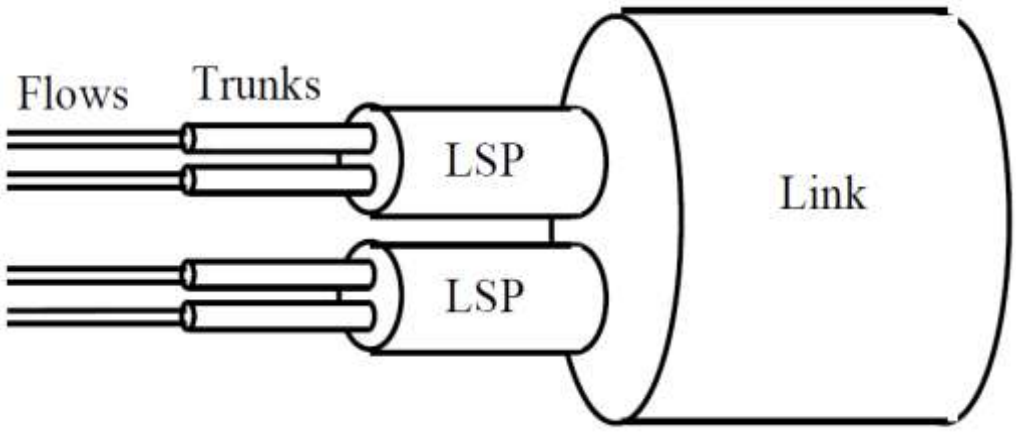
الشكل (8) ترويسة MPLS

FEC (Forwarding Equivalence Class) هو مجموعة من الرزم التي تتشارك نفس شروط إرسال الوسم وبالتالي يتم التعامل معها بالمثل من قِبل LSR. الوسم المُتصل بالرزمة يجب أن يُطابق إحدى البارامترات التالية: مجال عنوان IP الوجهة أو المصدر ومنفذ الوجهة أو المصدر، واجهة الخروج من الموجه الطرفي ،جودة الخدمة أو البرتوكول.

في MPLS FEC يتم تخصيص الرزمة لمرة وحيدة فقط في LER الأولي. يتم بناء الجدول الذي يعد آلية إرسال الرزم العائدة لكل FEC بواسطة كل LSR. يُشار إلى الجدول بقاعدة معلومة الوسم (Label Information Base) (LIB) ويكون دوره ضمان رباط FEC بالوسم.

يشير مصطلح LSP إلى المسار الذي تسلكه الرزم التي تملك نفس الوسم من عقدة المدخل إلى عقدة المخرج ضمن مجال MPLS. أنبوب الحركة (TRAFFIC TRUNK) عبارة عن تجمّع لتدفقات الحركة لنفس الصنف والتي توضع داخل LSP. لذلك فجميع الرزم الموجودة على أنبوب الحركة تملك نفس الوسم ونفس البتات الثلاث في حقل البتات الاختبارية (والتي تحدد صنف الخدمة) لترويسة MPLS. أنابيب الحركة عبارة عن كائنات قابلة للتوجيه مثل الدارات الافتراضية في شبكات ATM أو Frame Relay. يمكن تخصيص تلك الأنابيب إما بشكل ستاتيكي أو ديناميكي بين أي عقدتين في مجال MPLS.

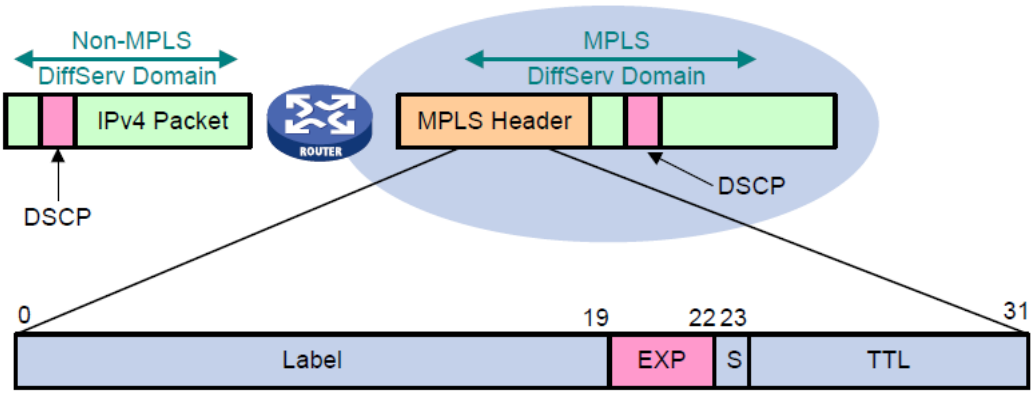
يمكن للأنبوب حمل أي تجمع لتدفقات مكروية، حيث يتألف كل تدفق مكروي من رزم تعود لتدفق TCP أو UDP وحيد. في الحالة العامة، تحمل الأنابيب أنواعاً مختلفة من الحركة. يوضح الشكل (9) العلاقة بين التدفقات



الشكل (9) العلاقة بين التدفقات (Flows) والأنابيب (Trunks) ومسارات تبديل الوسم (LSP) والوصلات (Link)

(Flows) والأنابيب (Trunks) ومسارات تبديل الوسم (LSP) والوصلات (Link).

تقوم MPLS بدعم مزايا هندسة حركة فعّالة تتضمن توجيه LSP's بشكل محدد وحماية المسار وإعادة التوجيه السريع. في MPLS تُبنى قرارات الإرسال على المعلومات المحمولة من قِبَل الوسم من أجل قرار الإرسال ولذلك فإن MPLS ليست بحاجة لفحص ترويسة IP. على كُلٍ تحمّل معلومات PHB في حقل DS في رُزمة IP. من أجل تحقيق تكامل تطبيق MPLS وDiffServ. تُعين DSCP في حقل DS إلى حقل EXP ذو البِتات الثلاث في ترويسة MPLS كما هو موضح في الشكل (10). افتراضياً صُممّ حقل EXP ليكون متوافقاً مع بِتات الأسبقية لترويسة IP.



ا

لشكل (10) توضع بتات DSCP الموجودة في ترويسة IP ضمن بتات EXP الاختبارية الموجودة في ترويسة MPLS

في MPLS يُربط كل FEC بقناة (trunk) حركة معينة تُحدد الميّزات الأخرى مثل صُنف الحَركة (مثال PHB) وعرض الحزمة الأعظمي المطلوب. يتم تجميع الرُزَم في FEC's والربط بقنوات الحركة الخاصة بها وتحديد LSP's في الموجهات الطرفية عبر عمليّة تُدعى إعداد تطبيق الحَركة (Traffic Mapping Configuration).

النتائج والمناقشة:

قمنا بمناقشة ثلاث سيناريوهات لعمل الشبكة المقترحة

السيناريو الأول:

يشرح السيناريو المقترح مقارنة بين زمن استجابة تحميل ملفات FTP من قبل محطتي عمل الأولى موجودة في مدينة الحفة والثانية في مدينة القرداحة على مخدم FTP الموجود في دمشق كما هو مبين في الشكل (11). تمت المحاكاة على جهاز كمبيوتر مكتبي ذو معالج Intel core2Quad Q9400 ذواكره 2 G.B مع نظام تشغيل WINDOWS7 وذلك باستخدام المحاكي Opnet 14.5.

قمنا بإعداد مسار ستاتيكي وحيد وفق ما هو مبين في المخطط

1-تم إعداد الحركة من موقعين:

أ - الحفة (aL-Haffa) ← مخدم FTP الموجود في دمشق (Damascus)

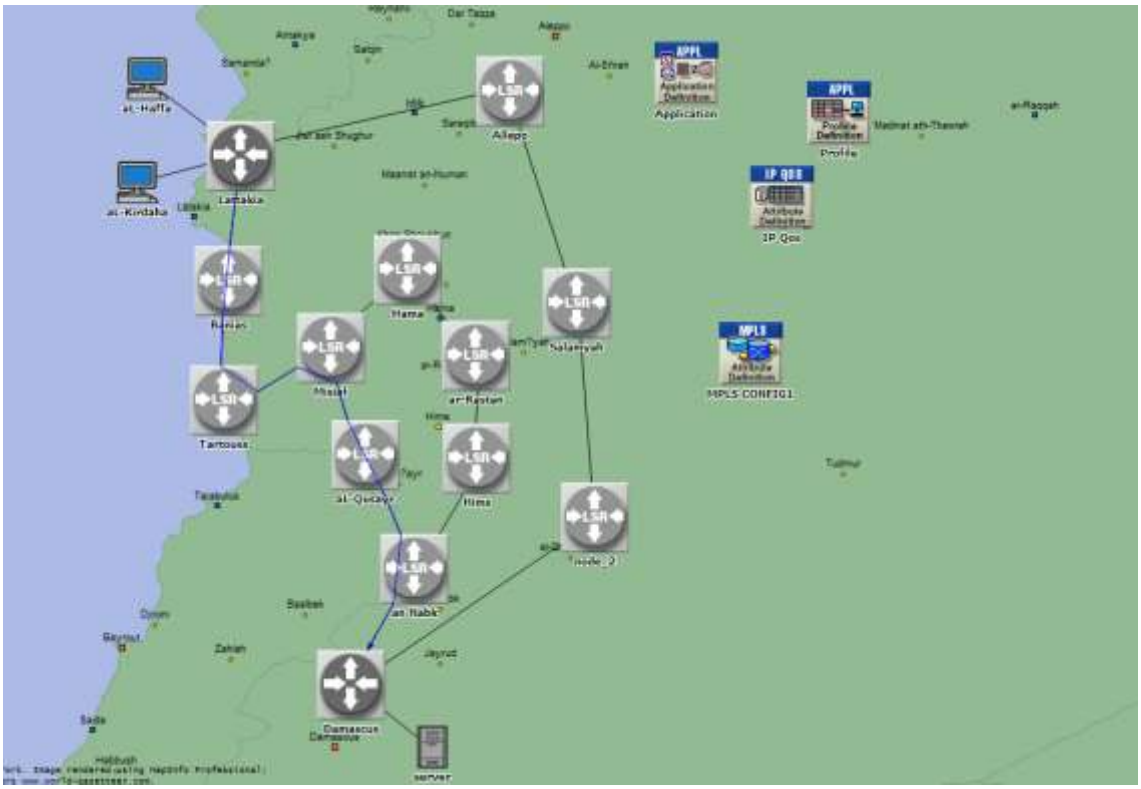
ب - القرداحة (aL-Kirdaha) ← مخدم FTP الموجود في دمشق (Damascus)

2-جميع الوصلات هي من النوع DS1 (سرعة النقل 1.544 Mbps).

3-قمنا بإعداد MPLS في الشبكة. تم إعداد مسار MPLS ستاتيكي وحيد من اللاذقية (Lattakia) إلى دمشق (Damascus) عبر طرطوس (Tartouss) .

4- تم تطبيق FEC (forwarding Equivalence Class) وحيد في الشبكة يعتمد على الوجهة والتي هي FTP Server.

5-تستخدم محطة العمل الموجودة في مدينة الحفة صنف الخدمة AF11، بينما تستخدم محطة العمل الموجودة في القرداحة صنف الخدمة AF31، أي أننا نقوم بإعطاء أولوية أعلى لمحطة عمل القرداحة (High DiffServ).



الشكل (11) مخطط الشبكة المقترحة

6- تم إعداد بارامترات جودة الخدمة على كل موجه وذلك بتطبيق WFQ.

7- حُددت حركة خلفيّة في الوصلات الداخليّة. الغرض الرئيسي من الحركة الخلفيّة هو نمذجة تأثير الحركة العامة في الشبكة على الحركة المختارة ، على سبيل المثال. هذا التأثير يتخذ بشكل أساسي [16] شكل التأخير واستخدام الوصلة وإنتاجيّتها مما يمكننا من نمذجة تدفق الحركة كما هو في الشبكة الحقيقية. في المحاكيات أعدت الحركة الخلفيّة على شكل حمل يساوي 50% من عرض الحزمة أي ما يعادل 0.772 Mbps من أجل إنشاء حركة كافية لجعل الوصلة تزدحم.

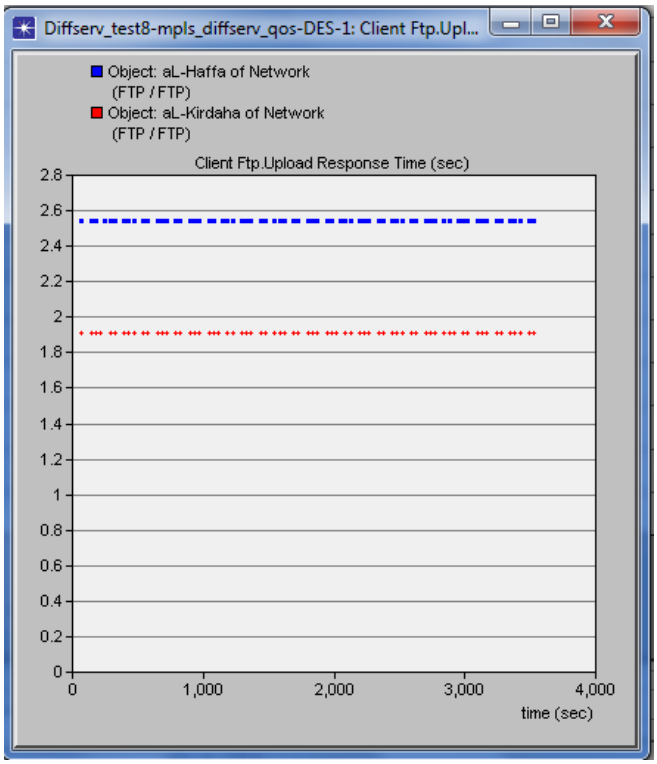
8-زمن المحاكاة كان ساعة كاملة.

9- البارامترات المقاسة هي:

-Upload Response Time (sec) : زمن استجابة FTP ويقاس بالثوان. وهو الوقت المنقضي بين إرسال طلب الزبون إلى المخدم من أجل تطبيق FTP و تلقي رزمة الاستجابة.

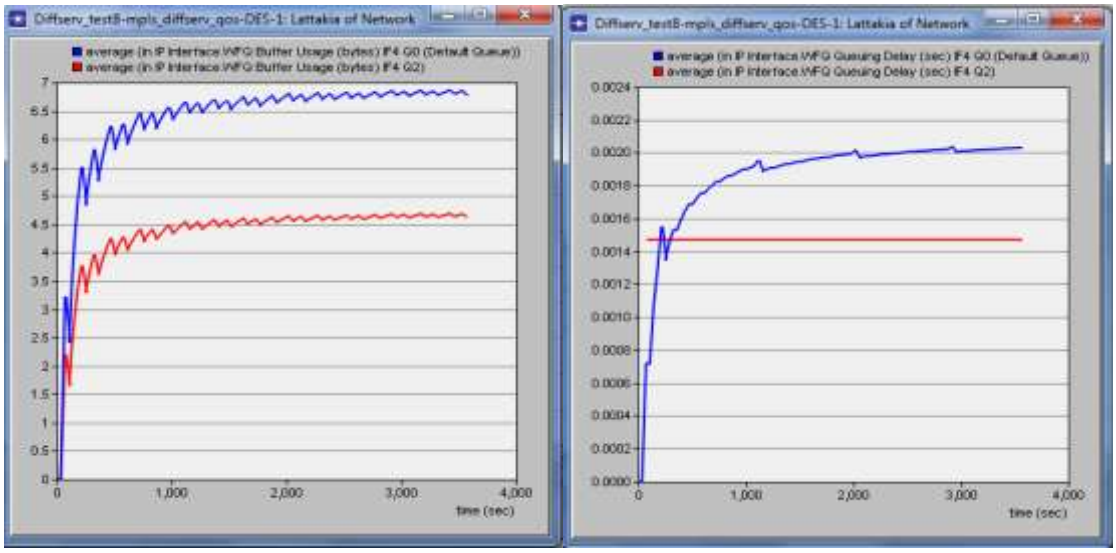
- Buffer size (packets): ويقاس بعدد الرزم. وهو حجم الرتل "المُشار إليه ب " Q" على الواجهة "المُشار لها بـ "IF"

-Queuing delay (sec): تأخير الرتل ويقاس بالثوان. وهو زمن التأخير الذي تستغرقه الرزمة من لحظة وصولها الرتل وحتى مغادرته.

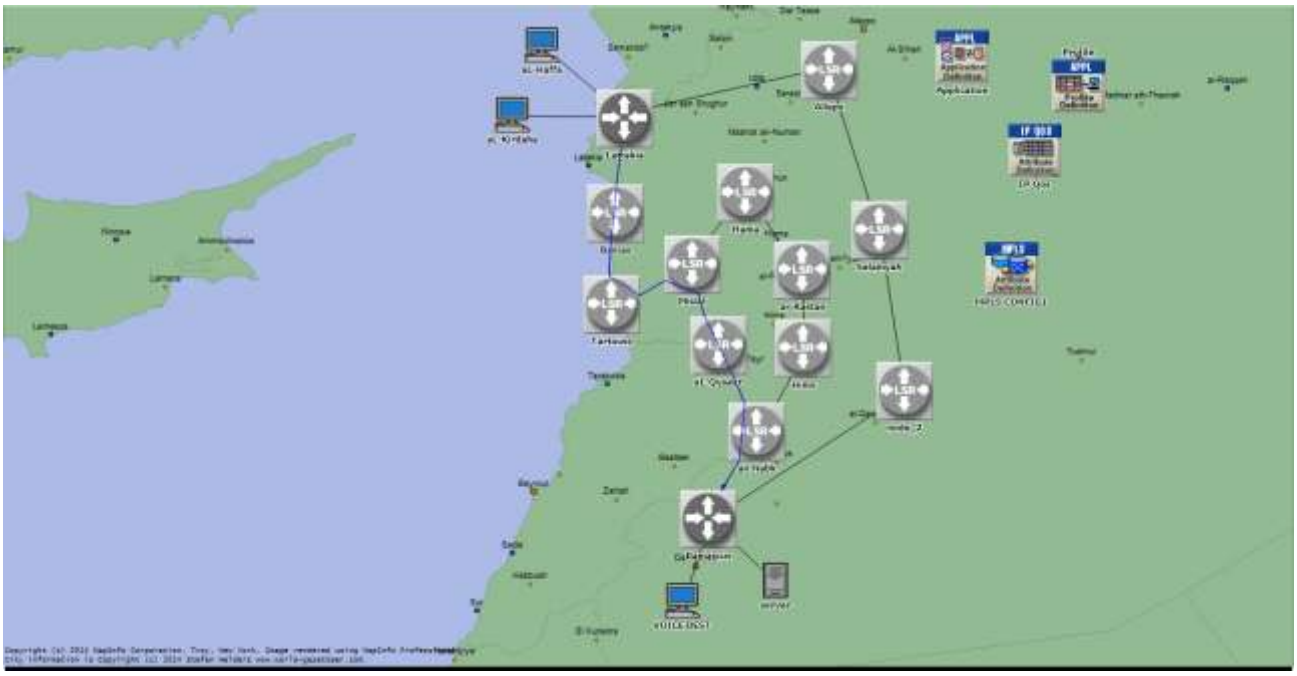


الشكل (12) Upload Response Time

نلاحظ من الشكل (12) أن زمن Upload Response Time للمستخدم aL-Kirdaha هو أقل من aL-Haffa حيث انخفض من 2.55sec إلى 1.92sec وكذلك الأمر بالنسبة لـ Buffer size و Queuing delay، وذلك لأننا قمنا بإعطاء المستخدم aL-Kirdaha أولوية أعلى كما هو موضح في الشكلين (13) و(14).



الشكل (13) تأخير الترتيل **الشكل (14) استخدام الـ buffer**



السيناريو الثاني:

يشرح السيناريو المقترح مقارنة بين أداء شبكاتIP الصافية وDiffServ و DiffServ –MPLS

الشكل (15) مخطط الشبكة المقترح الجديد للسيناريو الثاني

توجد لدينا محطة عمل موجودة في مدينة الحفة تقوم بالتحميل على مخدم FTP موجود في دمشق.

توجد لدينا محطة عمل القرداحة نقوم بتطبيق VOIP بينها وبين محطة عمل موجودة في دمشق.

قمنا بإعداد مسار ستاتيكي وحيد وفق ما هو مبين في المخطط .

1–تم إعداد الحركة من موقعين:

أ–الحفة (Al–Haffa) ⟵ مخدم FTP الموجود في دمشق (Damascus)

ب–القرداحة (AL–Kirdaha) ⟵مستقبل voice الموجود في دمشق (Damascus)

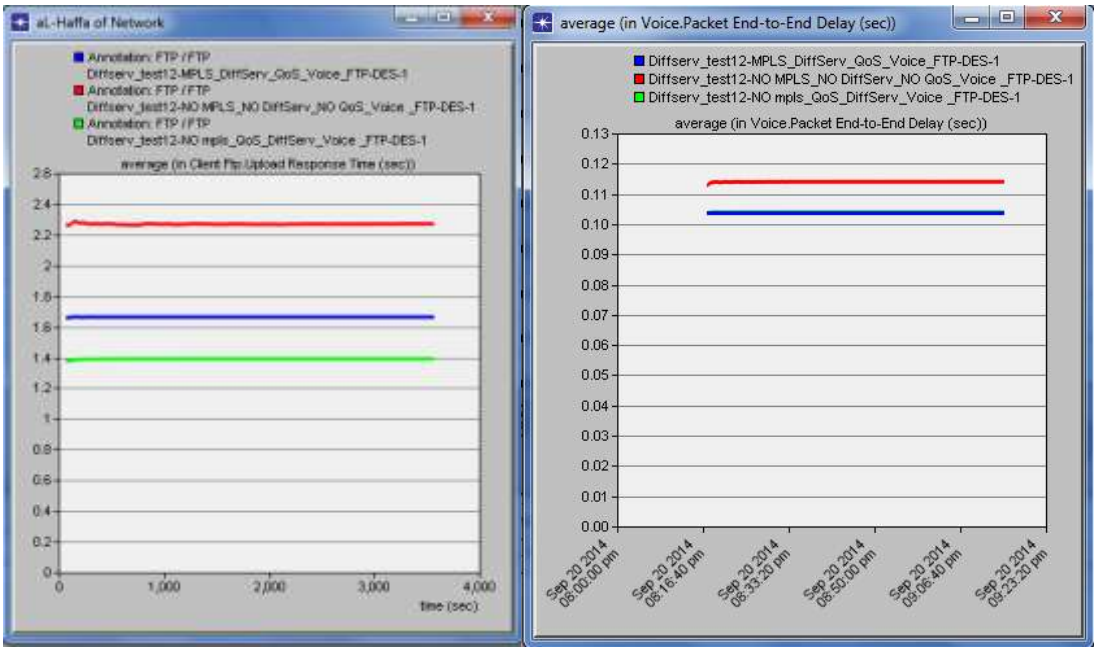
2– تستخدم محطة العمل الموجودة في مدينة الحفة صنف الخدمة AF11، بينما تستخدم محطة العمل الموجودة في القرداحة (Trunk) صنف الخدمة AF41.

3–قمنا بإنشاء صنفي FEC أحدهما لـ FTP يعتمد على الوجهة FTP Server والآخر للصوت يعتمد على الوجهة Voice Server

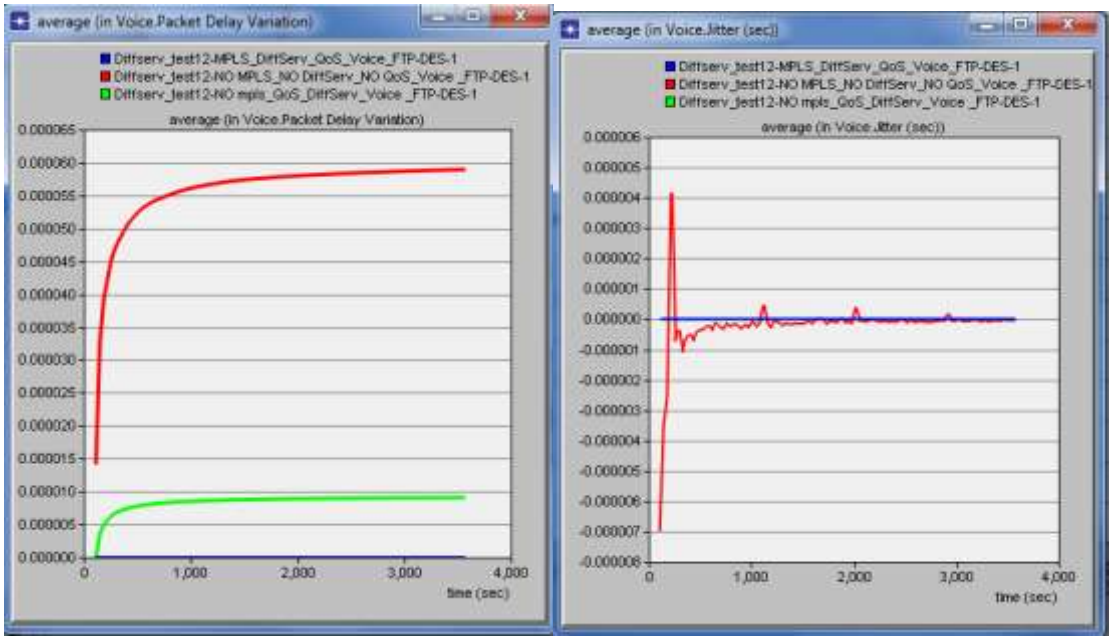
4–باقي الإعدادات هي كما في المثال السابق.

نلاحظ في الشكل (16) أن السيناريو الذي يتضمن QoS بدون MPLS قد أعطانا زمن الاستجابة للتحميل الأفضل، وذلك لأننا أعطينا الأولوية عند إنشاء MPLS Trunk's لحركة الصوت بدلا من FTP.

كما هو واضح في الشكل (17) أيضاً فلقد أظهرت MPLS تأخير end –to–end أقل من شبكات IP التقليديّة، حيث انخفض التأخير من 0.114sec في حال عدم استخدام MPLS أو DiffServ إلى 0.104sec في حال استخدام DiffServ وإلى أقل من ذلك بقليل (0.103sec) في حال استخدام MPLS و DiffServ معاً.



الشكل (16) Upload Response Time لـ aL–Haffa **الشكل (17) Voice Packet End–to–End Delay (sec)**



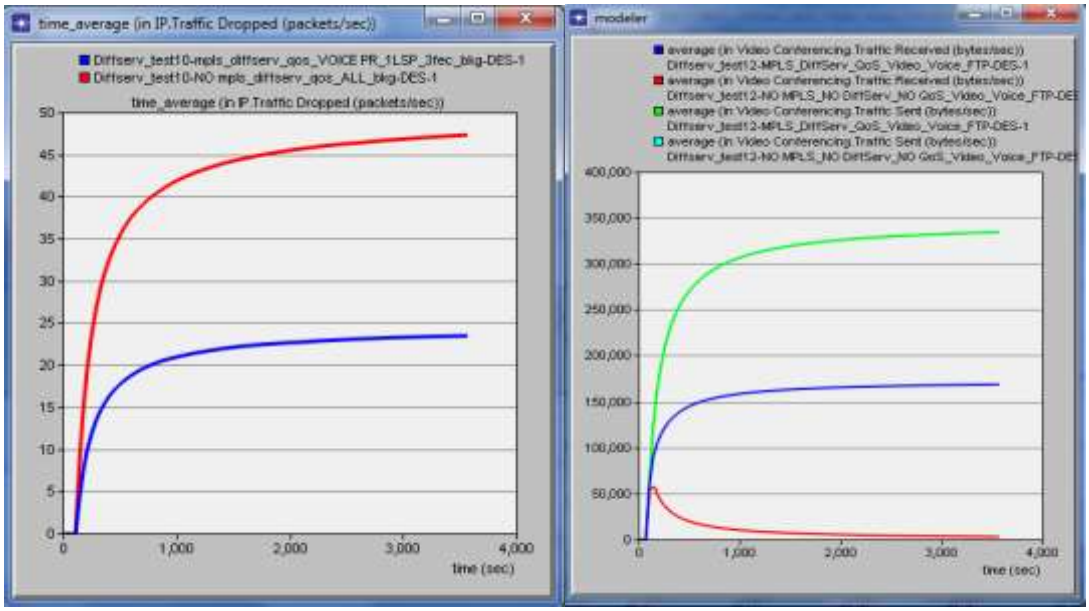
الشكل (18) Voice Packet Delay Variation (sec) **الشكل (19) Voice Jitter (sec)**

وكذلك الأمر بالنسبة لزمن تغير التأخير كما هو موضح في الشكل (18)وذلك لأنه في MPLS يؤمن وسم الرزم معدل معالجة أسرع عند الموجهات مقارنةً بـIP التقليديّة حيث يتم إجراء مطابقة للعناوين.بالنسبة لـ Voice Jitter فإننا نلاحظ من الشكل (19) أن تغير التأخير يبدأ في التزايد في شبكة IP الصافية قبل شبكة MPLS ويصل لقيمة أعلى بكثير من شبكة MPLS. حيث يصل المعدل الوسطي لشبكة IP حتى (0.000004sec) بينما تكون قريبة من الصفر في شبكة MPLS.

السيناريو الثالث:

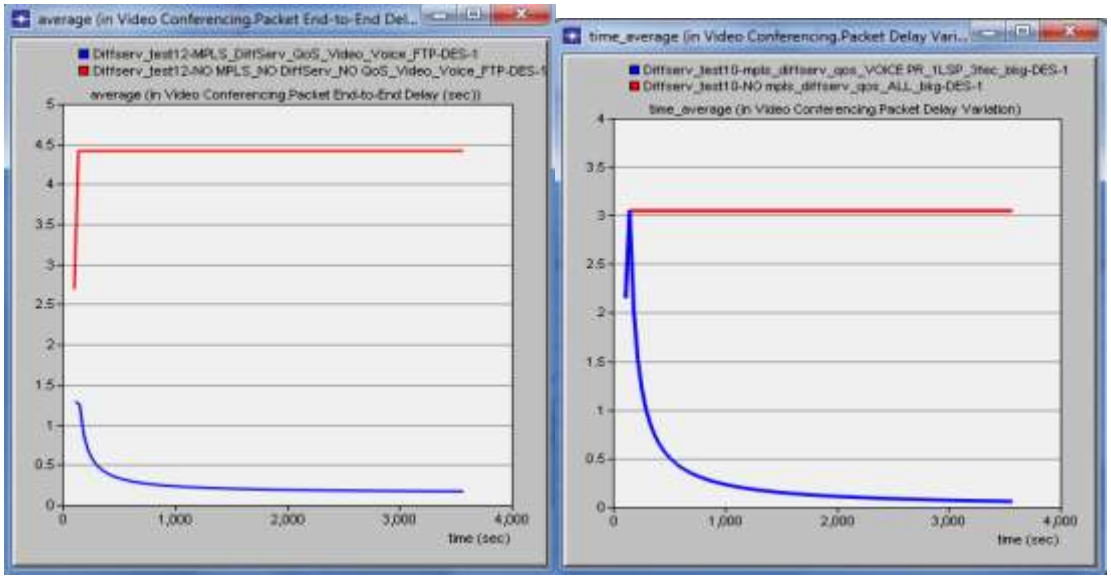
قمنا بإضافة Video Conference بين جبلة (Jablah) ودمشق (Damascus).

على عكس السيناريوهين الأوليين فقد تم إسقاط الرزم وتأخيرها بعد طفحان المنفذ عند إضافة حركة الفيديو ،ذلك لأنه لا يمكن للمصادر الموجودة في الشبكة تلبية جميع طلبات الحركة كما هو واضح في الشكل (20).

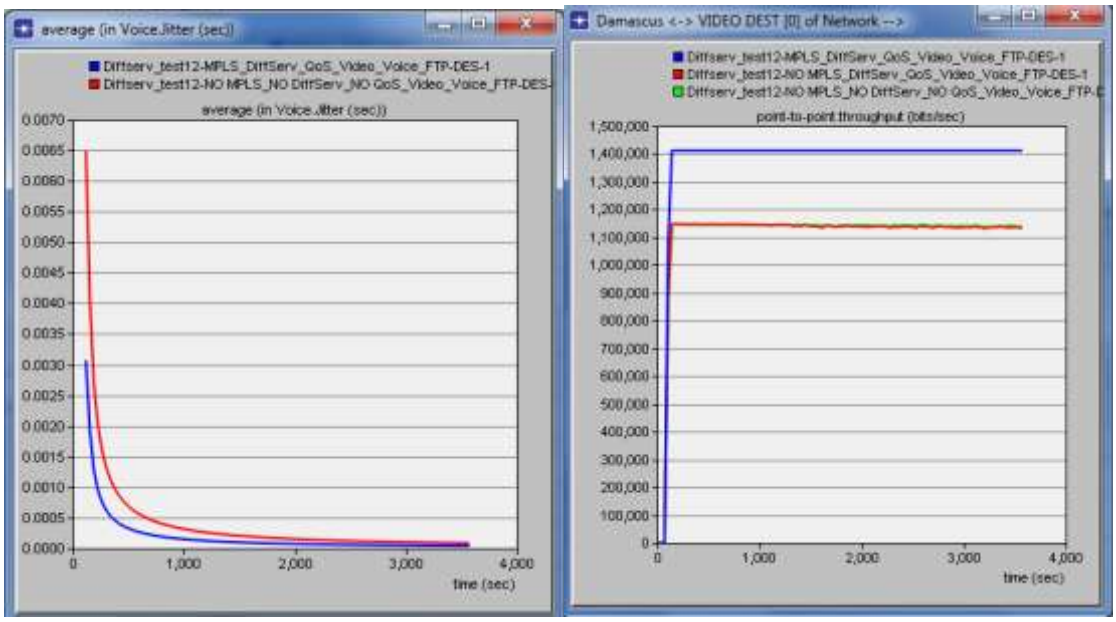


الشكل (20) Packet Dropped (packets/sec) **الشكل (21) Traffic Received (bytes/sec)**

نلاحظ في الشكل (21) أن حركة الفيديو المستقبلة عند تطبيق MPLS–DiffServ أقل بكثير من حالة عدم تطبيقها كذلك نلاحظ من الشكل (22) الانخفاض الكبير لزمن تأخير شبكات MPLS–DiffServ مقارنة بشبكات IP الصافية حيث انخفض من 4.5sec في حال عدم استخدام MPLS أو DiffServ إلى أقل من 0.2sec في حال استخدامهما معاً، كذلك نفس الحال بالنسبة لتغير التأخير كما هو موضح في الشكل (23).



الشكل (22) Video Conference End–to–End Delay الشكل (23) تغير التأخير (Packet Delay Variation)



الشكل (24) Voice Jitter (sec) **الشكل (25) Point–to–point throughput (bits/sec)**

يظهر الشكل (24) تفوق شبكات MPLS–DiffServ عند قياس Voice Jitter. نلاحظ كذلك تحسن إنتاجية الفيديو بين Damascus و Video Dest (مستقبل حركة الـVideo) عند تطبيق MPLS–DiffServ كما هو موضح في الشكل (25).

الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا بإجراء بعض الاختبارات على الشبكة لتقييم جودة الخدمة لعدة أنواع من مصادر الحركة. يحقق الاستخدام المتكامل لـ DiffServ و MPLS تحسيناً وضماناً لجودة الخدمة لتدفقات الحركة المتعددة في شبكة IP. تجبر MPLS التطبيقات على الدخول في المسارات مع ضمان عرض الحزمة بينما تقوم DiffServ بتأمين خدمة الأرتال المختلفة. لاحظنا انخفاضاً في زمن الاستجابة لتحميل الملفات وزمن التأخير وتغير التأخير و Jitter بالإضافة إلى تحسن في الإنتاجية وكمية الحركة المستقبلة. في الأبحاث القادمة هناك حاجة لدراسة مقارنة أداء بروتوكولات التوجيه المستخدمة مثل OSPF, IS–IS, RIP وهناك حاجة لدراسة حالات فشل الوصلات بين العقد مع تطبيق MPLS–DiffServ.

المراجع

[1] M. Tanvir and A. Said, *"Decreasing Packet Loss for QoS Sensitive IP Traffic in DiffServ Enabled Network Using MPLS TE"*, International Symposium in Information Technology, Kuala Lumpur, Malaysia, 2(2010). pp 789-793.

[2] F. Le-Faucheur, B. Davie, S. Davari, P. Vaananen, R. Krishnan, P. Cheval and J. Heinanen, *"Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services"*, RFC 3270, May 2002.

[3] Dongli Zhang, Dan Ionescu*: "QoS Performance Analysis in Deployment of DiffServ Aware MPLS Traffic Engineering"*. Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD) 2007. pp 963-967

[4] A.Jamali , N.Naja , D.Ouadghiri, *"An Enhanced MPLS-TE For Transferring Multimedia packets"*. IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications , 2012, Vol. 3, No.8

[5] K.Molnár. *"QOS MODELLING IN OPNET MODELER"*. ELECTRONICS' 2006. BULGARIA. pp 1-6

[6] T.Aziz, M. Islam, N. I.khan, A.Popescu. *"Effect of Pcket Delay Variation On Video/Voice Over DIFFSERV-MPLS In IPV4/IPV6 Networks"*. International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS) .January 2012. Vol.3, No.1, pp 27-47

[7] A.Bary R.Sulaiman, O.S.Alhafidh. *"Performance Analysis of Multimedia Traffic over MPLS Communication Networks with Traffic Engineering"*. International Journal of Computer Networks and Communications Security. VOL. 2, NO. 3, MARCH 2014, pp 93–101

[8] A.Chaudhary, S. Prakash Singh. *"Performance Evaluation of VoIP in MPLS network using NS-2"*. INTERNATION JOURNAL OF COMPUTERS AND TECHNOLOGY. Vol. 13, No. 9. J u n e 2014. pp 4792-4798.

[9] Srihari R, *"An MPLS-based Quality of Service Architecture for Heterogeneous Networks"*, Virginia Polytechnic Institute, Nov 2001.

[10] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. "Davies, Z. Wang and W. Weiss, *"An Architecture for Differentiated Services"*, RFC 2475, December 1998.

[11] N. H. Almofary*, H. S. Moustafa, F. W. Zaki. *"Optimizing QoS for Voice and Video Using DiffServ-MPLS"*. International Journal of Modern Computer Science & Engineering, 2012, 1(1): pp 21-32

[12] F. Le-Faucheur, B. Davie, S. Davari, P. Vaananen, R. Krishnan, P. Cheval and J. Heinanen,*"Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services"*, RFC 3270, May 2002.

[13] X. Zeng, C. Lung, and C. Huang, *"A Bandwidth-efficient Scheduler for MPLS DiffServ Networks"*, The IEEE Computer Society's 12th Annual International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunications Systems (MASCOTS, Oct 2004.). pp 251 - 258

[14] A.Saika,R. E.Kouch, B.Raouyane, M.Bellafkih, M.Himmi. *"QoS in the MPLS-Diffserv Network"*. 6TH International Conference on Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications (SETIT). 2012. pp 507-510.

[15] Rosen E., Viswanathan A., and Callon R., *"Multiprotocol Label Switching Architecture"*, RFC3031, January 2001.

[16] Linawati, I Made Suartika, *"Self-Similar Traffic Generator"*, Teknologi Elektro. Vol.4 No. 1 Januari – Jun, 2005