تحليل أداء شبكات نقل الصوت عبر الانترنت عند استخدام آليات إدارة الازدحام في الموجهات

علاء عليشه* د.اناس ليلى**

(الايداع:1 حزيران 2022،القبول:10 آب 2022)

الملخص:

تولد تطبيقات الوسائط المتعددة، مثل تطبيقات نقل الصوت عبر بروتوكول الشابكة والمؤتمرات الفيديوية حركات مرور ذات خصائص تختلف اختلافًا كبيرًا عن حركات المرور التي تولدها التطبيقات الأخرى، حيث أن لديها متطلبات تأخير وفقدان رزم أكثر صرامة، فمثلا تتأثر جودة تطبيقات المكالمات الصوتية عبر الانترنت بالتذبذب (Jitter) وفقدان الرزم والتأخير الناتج عن الانتظار في عقد الشبكة، كما قد تتدهور جودة المكالمات الفيديوية بشكل كبير خلال فترات ازدحام الشبكة، ما يجعل قياس أداء الشبكة والتعرف على التقنيات التي يمكن أن تُطبق فيها لتقديم جودة مناسبة لهذه التطبيقات أمرًا بالغ الأهمية.

يعرفنا في هذا البحث على بعض النماذج المستخدمة في الشبكات لتحقيق جوده الخدمة وهي نموذج الخدمات المتكاملة INTSERV والمتمثل في بروتوكول حجز الموارد RSVP والذي يعتمد على بناء دارة افتراضية عبر الشابكة على طول المسار بين الطرفين المتصلين، ونموذج الخدمات المتمايزة أو التفاضلية DiffServ والتي يتم فيها تصنيف رزم البيانات الى فئات والتعامل معها لاحقاً بشكل متمايز لتلبية متطلبات التطبيقات التي تتطلب قيودا صارمة في الشبكة، حيث تطرقنا إلى دراسة تأثير تطبيق خوارزميات الجدولة FIFO–PQ–WFQ–CQ في الموجهات.

اعتمدنا في دراستنا التجريبية على المحاكي (OPNET 14.5) لبناء نماذج الشبكة وتطبيق اليات جودة الخدمة فيها واستخدمنا التأخير، التذبذب، فقدان الرزم وMOS كمعايير لتحليل الأداء وقياس الجودة وذلك في ظل استخدام ترميزات مختلفة لتطبيق الصوت وذلك بهدف دراسة تأثير استخدام هذه الترميزات على أداء الشبكة.

أظهرت نتائج المحاكاة المكثفة تفوق استخدام خوارزمية الجدولة CQعلى بقية الخوارزميات حيث انخفضت قيمة التأخير الى أقل من 100 ميللي ثانية وانخفضت قيمة JITTER الى ما يقارب 0.005 ثانية وارتفعت قيمة MOS الى 4.5 طيلة زمن المحاكاة وهذه النتائج ممتازة بالنسبة لجودة الخدمة في شبكات الوسائط المتعددة.

الكلمات المفتاحية: جودة الخدمة في الشبكات، خوارزميات الجدولة، التأخير في نقل البيانات، الخدمات المتكاملة ،الخدمات المميزة ،بروتوكول حجز الموارد.

** طالب دراسات عليا(ماجستير). قسم النظم والشبكات الحاسوبية–كلية الهندسة المعلوماتية –جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

* مدرس– قسم النظم والشبكات الحاسوبية–كلية الهندسة المعلوماتية–جامعة تشرين–اللاذقية– سورية.

VOIP Networks Performance Analysis When Using Routers Congestion Management Mechanism

Alaa aleshee* **Dr. Inas Laila****

(Received:1 June 2022,Accepted:10 August 2022)

Abstract:

Multimedia applications, such as VoIP and video conferencing applications, generate traffic with characteristics that differ significantly from traffic generated by other applications, as they have more stringent delay and packet loss requirements, for example the quality of VoIP applications is affected by fluctuation and packet loss. Waiting delays in network nodes, and video call quality can deteriorate significantly during periods of network congestion, which makes measuring network performance and identifying techniques that can be applied to deliver appropriate quality for these applications.In this research, we got acquainted with some models used in networks to achieve quality of service, which are the INTSERV model, which is represented in the resource reservation protocol RSVP, which depends on building a virtual circuit over the Internet along the path between the two connected parties, and the DiffServ model, in which the classification of Pack the data into classes and deal with them later in a differentiated manner to meet the requirements of applications that require strict restrictions in the network, where we studied the effect of applying FIFO-PQ-WFQ-CQ scheduling algorithms in routers.In our experimental study, we relied on the OPNET emulator to build network models and apply quality of service mechanisms in them, and we used delay, oscillation, packet loss and MOS as criteria for performance analysis and quality measurement, in light of the use of different encodings for the voice application, in order to study the effect of using these encodings on network performance.The results of the intensive simulation showed the superiority of using the CQ scheduling algorithm over the rest of the algorithms, as the delay value decreased to less than 100 milliseconds, the JITTER value decreased to approximately 0.005 seconds, and the MOS value increased to 4.5 throughout the simulation time. These results are excellent for the quality of service in multimedia networks.

Keywords:Quality of service in networks, scheduling algorithms, delay in data transmission, integrated services, differentiated services, resource reservation protocol.(RSVP) ..

* Postgraduate student (Master), Department of System and Networks Computing, Faculty of Informatics Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate professor, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Informatics Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

تشير جودة الخدمة (QoS) إلى مجموعة واسعة من التقنيات المصممة لضمان مستويات متوقعة لأداء الشبكة. حيث يتم قياس أداء الشبكة من خلال دراسة عدة معايير منها التأخير (Delay) وقيمة متوسط الرأي الشخصي MOS (Mean Opinion Score) ومعدل فقدان (packet loss) الرزم والتذبذب (Jitter)، كما تتسم جودة الخدمة (QoS) بأهمية خاصة بالنسبة لتطبيقات الإنترنت، مثل أنظمة الفيديو حسب الطلب، وأنظمة الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP)، وخدمات المستهلك الأخرى التي ينطوي عليها تدفق عالي الأداء وعالي الجودة، حيث تتضمن QoS تحديد أولويات حركة مرور الشبكة. حيث يمكن ان تطبق ضمن الموجهات او المبدلات على طول خط الارسال والاستقبال بين المرسل والمستقبل من اجل عدة تطبيقات حيث سوف ندرس في هذه المقالة عدة اليات لضمان جودة الخدمة على مستوى الطبقة الثالثة للنموذج OSI وتقييمها من خلال عدة معايير لاختيار الأفضل منها واعتماده في الشبكة المقترحة في البحث.

2- الدراسة المرجعية:

قام الباحثون في [1] بتحليل اداء الشبكة عند استخدام خوارزميات الجدولة (FIFO –PQ –WFQ –DWRR –MWRR –WDRR) في الموجهات وذلك لضبط التأخير الناجم عن بقاء الرزم في أرتال الانتظار واختيار الرزم التي يجب معالجتها و إعادة إرسالها اولاً، حيث تم تطبيق كل خوارزميات الجدولة في الشبكة كل على حدى ودراسة تأثيره على أداء الشبكة وجودة الخدمات المقدمة عبرها ومقارنته مع بقية النتائج لخوارزميات الجدولة الأخرى ليتم اعتماد افضل خوارزمية جدولة للشبكة المقترحة، حيث تم استخدام محاكي OPNET، حيث توصل الباحثون الى أن تطبيق خوارزمية الجدولة MWRR كانت الأكثر كفاءة من حيث أداء الشبكة، حيث أنها اعطت أفضل مستوى لجودة الخدمة في جميع السيناريوهات التي تم تطبيقها على الشبكة بينما قدمت الشبكة عند تطبيق FIFO أدنى مستويات جودة الخدمة. السبب انه عند تطبيق FIFO لا توجد أولوية لحركة المرور، لذا لا يمكن تمييز حركة المرور الحساسة للوقت مثل VoIP عن حركة المرور العادية مثل FTP. هذا يعني أنه سيتم التعامل مع حركة المرور الحساسة كما لو كانت حركة مرور عادية وبالتالي يتم وضعها في قائمة الانتظار بنفس الطريقة، بينما كان أداء MWRR هو الأفضل لأنه يحتوي على قائمة انتظار خاصة متاحة للتطبيقات الحساسة للوقت مثل VoIP هذا ما جعل MWRR يعطي أداء شبكة أفضل بكثير بالمقارنة مع آليات قائمة الانتظار الأخرى.
كما قام الباحثون في[2] بدراسة تأثير تطبيق تقنيات جودة الخدمة على شبكات الوسائط المتعددة التي تنقل الصوت او صورة مثل VoIP،IPTV, RoIP (Radio over Internet Protocol) ومقارنة التأخير والـ jitter في شبكة مزدحمة وذلك في حال تطبيق DiffServ لضمان جودة الخدمة وفي حال عدم تطبيقها، حيث قام الباحثون باستخدام محاكي GNS3 لبناء نموذج الشبكة واجراء المحاكاة، حيث أعطت الشبكة نتائج جيدة بعد التطبيق من حيث تقليل التأخير وزيادة الإنتاجية وتقليل التذبذب.

كما درس الباحثون في [3] تأثير استخدام بروتوكول حجز الموارد على جودة الخدمة في الشبكة واستخدموا المحاكي الشبكي NS2 لبناء السيناريوهات وتحليل اداء الشبكة والحصول على النتائج عند استخدام بروتوكول RSVP حيث اظهرت النتائج تحسناً كبيراً في جودة الخدمة عند استخدام بروتوكول حجز الموارد في الشبكة لأنه يعطي عرض حزمة مناسب للتطبيق لتبادل البيانات بين الطرفين طول فترة الاتصال.

بينما قام باحثون في [4] بمقارنة استخدام تقنيات إدارة الازدحام المتمثلة باستخدام اليات تصنيف الأولوية المتمثلة في خوارزميات الجدولة Class-based weighted fair queuing(FQ)-Weighted Fair Queuing (WFQ)- (CBWFQ) باستخدام المحاكي الشبكي OPNET 14.5 ومع استخدام اربع تطبيقات شبكية متمثلة في (Web Server, VoIP, E-mail, FTP) ضمن نفس الشبكة حيث أظهرت مقارنة النتائج ان استخدام الالية CBWFQ حققت

اقل زمن تأخير لنقل الصوت في الزمن الفعلي عبر IP وكذلك حققت اقل فقدان للرزم المنقولة عبر الشبكة كما حقت اقل تذبذب(Jitter) في نقل الصوت لذا تم التوصية في استخدامها في الشبكة المحلية التي تستخدم مثل هذه التطبيقات لزيادة أولوية بيانات الصوت المنقولة في الزمن الفعلي.

كما تناول الباحثون في [5] تأثير استخدام خوارزميات الجدولة المتمثلة في FIFO (First-In First-Out) -CQ (Custom Queuing) -PQ (Priority Queuing) -WFQ (Weighted Fair Queuing) -LLC (Low Latency Queuing) حيث تم المحاكاة على برنامج GNS 3 بتطبيق شبكة واسعة WAN (wide-area ***network)*** *حيث اظهرت النتائج* أن مبدأ جدولة FIFO هو الخوارزمية الأكثر سوء للتعامل مع حزم الصوت التفاعلية في الزمن الفعلي في حالة الازدحام. وكانت خوارزميات PQ وخوارزميات LLQ هي الخوارزميات الأكثر ملاءمة، من حيث معدل فقدان الرزم، والتأخير من طرف إلى طرف والتذبذب (Jitter). حيث أظهرت النتائج انه باستخدام هذه الخوارزميات، لم يكن هناك أي فقدان للرزم. ومع ذلك فانه مع استخدام PQ الذي يخدم قائمة الانتظار ذات الأولوية القصوى ينتج حالة حرمان للرزم ذات الأولويات الأقل وهذا ما اظهرته النتائج في التجارب الامر الذل لا تعاني منه الخوارزمية LLC بالتالي فإن خوارزمية إدارة الازدحام LLQ هي الأنسب.

قام الباحثون في [6] بدراسة جودة الخدمة في شبكات MPLS عند استخدام البروتوكولين IPv4 وIPv6 وما يحققه هذا الاستخدام على جودة الخدمة حيث قام الباحثون ببناء نموذج لشبكة هو عبارة عن شبكة MPLS مكونه من سبعة موجهات، موجهين LER و خمس موجهات LSR و مبدلين و سيرفرات وحواسيب عادية وذلك باستخدام المحاكي OPNET ، حيث تم تطبيق DiffServ على الشبكة وانشاء سيناريوهين الاول يستخدم IPv6 والثاني يستخدم IPv4 حيث اثبتت نتائجهم تفوق استخدام برتوكول IPv6 على IPv4 من حيث تقليل التأخير وزيادة الإنتاجية وتقليل Jitter.

نلاحظ من الدراسات السابقة أن بعض الباحثين ركزوا على خوارزميات الجدولة، بينما اهتم آخرون بتأثير استخدام ترميزات مختلفة للصوت، كما قام بعضهم بدراسة بروتوكول حجز الموارد، والبعض الاخر اهتم بوسم البيانات وتصنيفها الى عدة أصناف لكل منها مستوى أولوية.

سنقوم في هذا البحث بدراسة بعض آليات ضمان جودة الخدمة الموجودة والمطبقة في عدة المستوى الثالث من النموذج المرجعي OSI وهي خوارزميات الجدولة المختلفة في الموجهات وطرق وسم رزم البيانات المتنوعة في الطبقة الثالثة، وكذلك دراسة تأثير استخدام بروتوكول حجز الموارد واختيار الأفضل منها وفقا للمعايير (DELAY-JITTER-MOS) ومعدل فقدان الرزم حيث سيتم جمع النتائج ومقارنتها مع القيم المعيارية لاختيار الالية الافضل.

3- أهمية البحث وهدفه:

- أهمية البحث (Importance of the research):

تكمن أهمية البحث من تزايد استخدام تطبيقات الوسائط المتعددة عبر شبكات الاتصالات بشكل سريع كتطبيق VoIP والمؤتمرات الفيديوية، ومع الاستخدام المتزايد لهذه التطبيقات يتزايد الطلب على عرض الحزمة المحدود في الشبكة مما قد يؤدي الى حدوث ازدحام فيها، الأمر الذي قد يُحدث مشكلة حقيقية تُهدد جودة الخدمة في هذه الشبكات. حيث أصبح هناك ضرورة للبحث عن طرق وتقنيات جديده للحصول على اعلى جودة خدمه في الشبكة التي تنقل الوسائط المتعددة والتي نتعامل معها بشكل كبير ومتزايد في حياتنا اليومية خاصه مع تطور التطبيقات وازدياد استخدام المكالمات الصوتية والفيديو عبر الشبكة.

- هدف البحث (Aim of the research):

يهدف البحث الى المقارنة بين الاليات التي تحقق جودة الخدمة من اجل إيجاد أفضل الية تحقق اعلى جودة خدمة في شبكة سلكية متوسطة الحجم بوجود حمل مرتفع على هذه الشبكة واعتماد النتائج لتكون مقياس للتطبيق على هذه الشبكة وجميع الشبكات المشابهة لها من حيث البيانات المتبادلة والغرض من الشبكة حيث ان الشبكة في البحث هي شبكة سلكية مرتبطة بموجهات ومبدلات مع كل مستلزمات الاتصال من مكالمات فيديو او صوت او تبادل ملفات.

4-مواد البحث وطرائقه:

لتحقيق الهدف المقدم من البحث لابد من التعرف على الاليات المتبعة لتحقيق جودة الخدمة وهي خوارزميات الجدولة المستخدمة في تحقيق الأولويات المختلفة على البيانات وعلى تقنيات حجز الموارد وتقنيات (AF) لزيادة عملية التصنيف للبيانات ثم استخدام هذه التقنيات لتحقيق جودة الخدمة في الشبكة السلكية المقترحة.

4-1- اليات ضمان جودة الخدمة:

في البداية لم يكن موضوع جودة الخدمة مطروح لان الشبكات لم تكن تعاني من الاختناقات ولا التأخير الكبير كما ان التأخير لم يكن مهم لدرجة كبيرة لعدم الحاجة لنقل البيانات بالزمن الحقيقي لكن بعد تطور انواع البيانات وازدياد حجمها والحاجة لان تكون متبادلة في الزمن الحقيقي [1] كان لا بد من التوجه لتقنيات تحقق اعلى جودة للخدمة من خلال تقليل jitter وتقليل زمن التأخير وتقليل اسقاط الرزم الناجم عن اختناقات الشبكة[7] .

مرت تقنيات جودة الخدمة بثلاثة انواع بداية من best effort ثم intserv (Integrated Services) ثم diffserv (Differentiated Services) التنقل بين هذه التقنيات فرضه التقدم والثورة التكنولوجية التي حدثت للبيانات والتضاعف الكبير في حجم المستخدمين.

4-1-1- best effort(أفضل جهد):

هنا تعمل الشبكة بأعلى طاقة لها من اجل ايصال البيانات والرزم من المرسل الى المستقبل ويمكن اختصار هذه التقنية بالعبارة " سأبذل قصارى جهدي في ظل الظروف المعينة، لكنني لا أقدم أي وعود".

بروتوكول IP يدعم هذه التقنية بشكل افتراضي ولكن لهذه التقنية مساوئ كبيرة ادت الى الانتقال الى استخدام intserv منها ضياع الرزم وعدم توافر عرض حزمه كافي ولا يوجد اي ضمانات لتسليم الرزم بين المرسل والمستقبل ولا تدعم التسليم في الزمن الحقيقي[7] .

4-1-2- intserv (Integrated Services) الخدمات المتكاملة:

يوفر intserv طريقة لتقديم جودة الخدمة (QoS) من البداية إلى النهاية (مرسل – مستقبل) وبالعكس التي تتطلبها تطبيقات الوقت الحقيقي من خلال إدارة موارد الشبكة بشكل تام لتوفير جودة الخدمة (QoS) لتدفقات رزم المستخدم (التدفقات). ويستخدم آليات "حجز الموارد" و "التحكم في القبول" كعناصر أساسية لإنشاء جودة الخدمة والحفاظ عليها[3] .

يستخدم IntServ بروتوكول حجز الموارد Resource Reservation Protocol (RSVP) للإشارة بوضوح إلى احتياجات QoS لحركة مرور التطبيق على طول الأجهزة في المسار من طرف إلى طرف عبر الشبكة. إذا كان بإمكان كل جهاز شبكة على طول المسار حجز النطاق الترددي اللازم لتحقيق جودة الخدمة المطلوبة، فيمكن للتطبيق الأصلي عند طرف المرسل أن يبدأ الإرسال[3] .

مشاكل استخدام intserv:

اهم مشاكل استخدام هذه التقنية هو الحجز التعسفي للموارد في الشبكة حيث يتم افتراض الحاجة الاكبر لعرض حزمة النطاق الترددي الذي سيتم حجزة ويتم الحجز على هذا الاساس اضافه الى الحاجة لموارد شبكة أكثر تعقيد لتحمل اعباء الحجز من ذاكره وسرعه معالجه مما يزيد التكلفة[3] .

4-1-3- Assured Forwarding (AF) التوجيه المضمون:

يسمح بإعادة التوجيه المضمون بوضع أولوية للبيانات التي يراد ارسالها عبر الشبكة حيث تعمل هذه الأولوية على توفير الية لضمان التسليم حيث تعطي أولويات اسقاط للرزم الموجودة ضمن الرتل الواحد بحيث يتم وضع اقل احتمالية اسقاط للبيانات الأكثر أهمية للحفاظ عليها في الشبكة وضمان تسليمها، طالما أن الحركة لا تتجاوز معدل نقل البيانات (عرض الحزمة). تواجه حركة المرور التي تتجاوز عرض الحزمة احتمالية أكبر للإسقاط في حالة حدوث ازدحام[10] .

تحدد مجموعة سلوك AF أربع فئات منفصلة مع كل حركة المرور حيث داخل كل فئة يتم إعطاء الرزم أسبقية إسقاط محددة (عالية أو متوسطة أو منخفضة، تعني الأسبقية الأعلى مزيدًا من الأولوية). ينتج عن الجمع بين الفئات وأسبقية الإسقاط اثني عشر ترميز DSCP منفصلًا من AF11 إلى AF43 كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول رقم (1): [6] فئات الأولوية فيAF

Assured Forwarding behavior group

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

في حالة حدوث ازدحام بين الفئات، يتم إعطاء الأولوية لحركة المرور في الفئة الأعلى. في حال حدوث ازدحام داخل class، يتم اسقاط الرزم ذات احتمال الإسقاط الأعلى أولاً، وذلك بدلا من الاسقاط من الذيل، الذي يسقط دوما الرزم التي تأتي اخرا[10] .

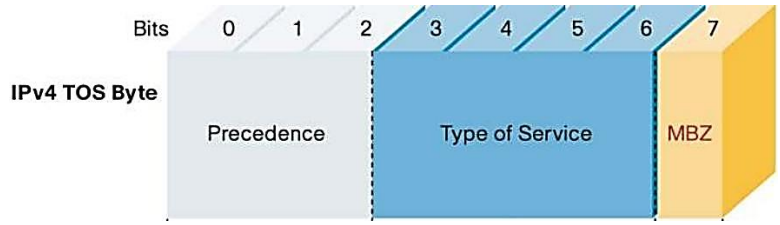
4-1-4- diffserv (Differentiated Services) الخدمات المتمايزة:

تعتمد هذه التقنية على تصنيف الرزم الى عده انواع مختلفة ثم تطبيق خوارزميات الجدولة عليها لتحديد اي التدفقات اهم من اجل الحصول على اعلى جودة خدمة حيث ان رزم البيانات التي تحمل بيانات عاديه مثل ملفات نصيه او ملفات صور اقل اولويه على البيانات التي تكون بالزمن الحقيقي مثل محادثات الصوت (Voice over Internet Protocol) VOIP او مؤتمرات الفيديو التي تقام [7].

تعتمد عملية تصنيف الرزم على حقل type of service المكون من 8 بت حيث تم استخدام اخر 3 بتات تدعى Precedence وهي التي تصنف البيانات الى 8 اصناف فقط وال 4 بت التي تليها تستخدم من اجل تحديد حركة المرور للبيانات حسب النوع الذي تم تصنيفها اليه.

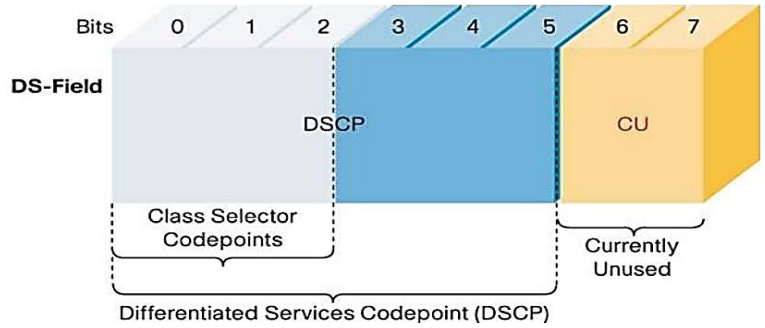
البت الاول ندعوه ب MBZ (must be zero) يحدد فيما إذا كانت الرزمة قد شاركت في التجربة او لا ويتم تعليمها بقيمة صفر إذا لم تكن قد ارسلت ولا مره عبر الشبكة.

يوضح الشكل (1) بنيه حقل ToS:



الشكل رقم (1): [6] بنيه حقل ToS

هذه التقنية لم تستمر طويلا لان عدد الاصناف التي يمكن ان تصنف البيانات اليها هي 8 اقصى حد في تقنية diffserv تم استخدام حقل (differentiated services field) DSالمكون من 8 بت شكل رقم (2) والذي يستخدم منها 6 بت من اجل تصنيف البيانات الى 64 صنف وندعو هذه ال 6 بتات ب DSCP (differentiated services code point) [3].



الشكل رقم (2): [6] بنية حقل DS

يتم تحقيق جودة الخدمة من خلال PHB (per–hop behaviors)حيث يتم تجميع مجموعه رزم التي لها نفس التصنيف ندعوها BA (Behavior Aggregate) ويتم تحديد سلوكها من خلال 3 انماط لتحديد السلوك لهذه الرزم ويمكن توضيحها من خلال ما يلي:

1- Default Forwarding (DF) PHB : وهي تقابل سلوك best effort

2- Expedited Forwarding (EF) PHB: هذا النمط يستخدم تقنيات خوارزميات الجدولة من اجل تحقيق اقل فقدان للرزم واقل تأخير للإرسال واقل jitter وهذ يناسب لأبعد حد نقل البيانات في الزمن الحقيقي من VoIP ومؤتمرات الفيديو وكذلك البث المباشر[3] .

4–2– خوارزميات الجدولة في الموجهات:

من خوارزميات الجدولة التي يتم استخدامها لدينا First–In First–Out (FIFO)،priority Queuing (PQ) ، and Weighted Fair Queuing (WFQ)

4–2–1– First–In First–Out (FIFO) خوارزمية من يدخل أولا يخرج أولا:

الشكل الافتراضي للصف على جميع الواجهات هو First–In First–Out (FIFO)،لا يتطلب هذا الشكل من خوارزميات الجدولة أي اعداد، ويقوم ببساطة بمعالجة وإعادة توجيه الرزم بالترتيب الذي تصل إليه إذا أصبحت قائمة الانتظار مشبعة وممتلئة، فسيتم إسقاط الرزم الجديدة (إسقاط الرزم التي تصل اخيرا)، قد يكون هذا الشكل من خوارزميات الجدولة غير كافٍ للتطبيقات في الزمن الحقيقي، خاصةً في أوقات الازدحام. لن يميز FIFO أبدًا أو يعطي الأفضلية للرزم ذات الأولوية الأعلى. وبالتالي، يمكن عدم تلبية تطبيقات مثل VoIP خلال فترات الازدحام[9] .

4-2-2- priority Queuing (PQ) رتل الأولوية:

يتم تعيين أربع اولويات لحركة المرور وهي (High،Medium ، (default) Normal،Low) يجب تعيين حركة المرور لقوائم الاولوية هذه، عادةً باستخدام قوائم الوصول(ACL) Access Lists . تتم معالجة الرزم من قائمة الاولوية العالية قبل الرزم من قائمة الاولوية المتوسطة. وبالمثل، تتم دائمًا معالجة الرزم من قائمة الاولوية المتوسطة قبل الرزم في قائمة الانتظار العادية، وما إلى ذلك. تذكر أن حركة المرور داخل قائمة الانتظار تتم معالجتها باستخدام FIFO [9].

تتم معالجة الرزم في خوارزميات الجدولة الاعلى حتى تنتهي ثم يتم الانتقال الى معالجة الرزم في خوارزميات الجدولة الاقل اولوية وهكذا.

مساوئ هذا النوع من خوارزميات الجدولة هو ان خوارزميات الجدولة ذات الاولوية الاعلى تستمر معالجتها دائما طالما هناك رزم في رتل الانتظار مما يجعل الرزم في خوارزميات الجدولة ذات الأولوية الادنى عرضه الى التساقط وعدم معالجتها وهو امر سيء.

4-2-3-Weighted Fair Queuing (WFQ) خوارزمية الرتل العادل الموزون:

يحسن نظام الانتظار العادل الموزون (WFQ) على ما يرد أولاً يصرف أولاً عن طريق استخدام المزيد من قوائم الانتظار التي تستخدم نظامًا ذا أولوية لتوفير نطاق ترددي عادل لأنواع مختلفة من حركة المرور. عادة ما تكون هناك ثلاثة قوائم انتظار؛ أولوية عالية ومتوسطة ومنخفضة لها وزن مخصص لها. يتم أخذ هذا الوزن بالتناوب من كل قائمة انتظار بعدد مختلف من bits اعتمادًا على نوع حركة المرور في كل قائمة انتظار، يسمح استخدام WFQ بتدفق حركة المرور بحيث لا يتم تجويعه ويسمح بضمان جميع قوائم الانتظار. بالنسبة للتدفقات الصغيرة، فإنه يوفر خدمة سريعة مثل VoIP ولكن بالنسبة للتدفقات الأكبر، فإن WFQ سيسقط الرزم الكبيرة يوضح كيفية تشغيل WFQ لقوائمه الثلاثة للسماح بمشاركة عادلة في النطاق الترددي. المشكلة الرئيسية في WFQ هي أنه لا يمكن استخدامه لتنفيذ تخصيص النطاق الترددي والأولويات المرنة. هذا يعني أنه لا يمكن تخصيص أولوية لحركة مرور معينة. سيكون لقوائم الانتظار فقط الأولوية ولكن سيتم استخدامها فقط في حجم التدفق الوارد، وليس على أنواع حركة المرور. لا يمكن استخدام WFQ في البيئات التي توجد بها كميات كبيرة من حركة المرور نظرًا لوجود مشكلات تتعلق بقابلية التوسع. هو الأنسب للبيئات الأصغر حيث تقتصر فئات حركة المرور على عدد صغير[9] .

4-2-4- Custom Queuing (CQ) خوارزمية الرتل المخصص:

يعالج CQ أكبر عيب في PQ من خلال توفير أداة قائمة انتظار تخدم جميع قوائم الانتظار، حتى أثناء أوقات الازدحام. يحتوي على 16 قائمة انتظار متاحة، مما يعني 16 فئة تصنيف، وهو عدد كبير لمعظم التطبيقات، كما هو الحال مع معظم أدوات قائمة الانتظار، فإن الجزء الأكثر إثارة للاهتمام من الأداة هو برنامج الجدولة. يعطي جدولة CQ نسبة تقريبية لعرض النطاق الترددي الإجمالي للارتباط لكل قائمة انتظار. CQ تقرب النسب المئوية لعرض النطاق ، بدلاً من تلبية النسبة المئوية الدقيقة ، بسبب التشغيل البسيط لجدولة CQ [9].

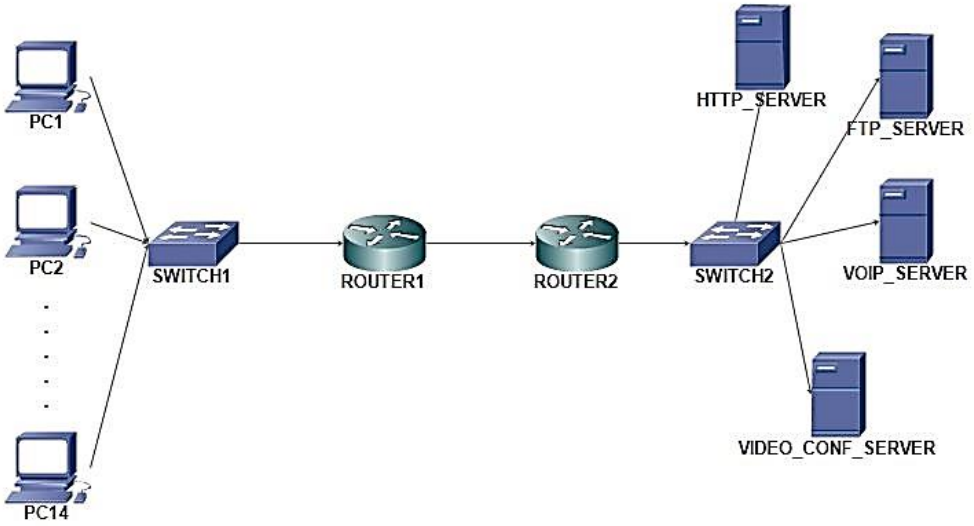
يقوم برنامج جدولة CQ بتنفيذ خدمة round robin في كل قائمة انتظار، بدءًا من قائمة الانتظار 1. يأخذ CQ الرزم من قائمة الانتظار، حتى يتم استيفاء إجمالي عدد البايت المحدد لقائمة الانتظار أو تجاوزه. بعد أن تتم خدمة قائمة الانتظار لهذا العدد الكبير من البايتات، أو بعد ألا تحتوي قائمة الانتظار على أي رزم أخرى، ينتقل CQ إلى قائمة الانتظار التالية، ويكرر العملية[9] .

وهو بشكل أساسي نسخة مطورة عن خوارزمية جدولة WFQ من حيث وضع أولويات للأرتال ال 16 التي يقوم بإنشائها لتصنيف البيانات وارسالها بالاعتماد على الجدولة الدائرية روبن والاولوية لكل خوارزمية جدولة.

5- الدراسة التجريبية:

5-1- بناء النموذج الأساسي للشبكة:

تم بناء الشبكة على مساحة 1000*1000 متر مربع وتم بناء شبكة سلكية مكونه من راوتر عدد 2 كل راوتر ضمن مبنى حيث يوجد مبنى لأجهزة الحواسيب عددها (6 أجهزة)ومبنى اخر للمخدمات عددها 3 مخدمات (- FTP_server -WEB_server VoIP_server) حيث ان أنواع الوصلات هي من نوع UTP بسرعة 10 ميغا بت في الثانية بين الأجهزة و (المبدل)switch وبين switch والموجهات وهي سرعه كافية دون حدوث أي اختناق بين التجهيزات وفق حجم البيانات المتبادل بينها لكن الوصلة بين الموجهين هي من النوع PPP _DS1 بسرعه 1.544 Mbit/s حيث تم استخدام هذه الوصلة لتحقيق الاختناق ومن بعده استخدام الاليات من اجل اختبار أيها اكثر فعالية في هذه الشبكة كما كانت مدة تنفيذ التجربة لجميع السيناريوهات 600 ثانيه وبروتوكول الانترنت المستخدم كان IPv4 لتغليف الرزم وعنونتها ونقلها عبر الشبكة. يوضح الشكل (2) بنية الشبكة المستخدمة والتي تمت محاكاتها من خلال برنامج OPNET ويوضح الجدول (2) بنية الشبكة والقيم المستخدمة لكل جهاز او وصلة في الشبكة.



الشكل رقم (3): بنية الشبكة المستخدمة

الجدول رقم (2): بنية الشبكة المستخدمة لدراسة اليات ضمان جودة الخدمة في الطبقة الثالثة

البارامتر	القيمة
عدد السيرفرات	3
التطبيقات المستخدمة	conferencing VOIP-FTP-WEB-Video
عدد الحواسيب	10 وفي بعض السيناريوهات 5
المبدلات	2
الموجهات	2
Link R1 <> R2	ppp_DS1 - 1.544 Mbit/s
Another link	UTP -10 Mbit/s
مساحة الموقع	1000*1000 متر مربع
عدد السيناريوهات	11
تكرار السيناريو	4

5-2- سيناريوهات المحاكاة:

4-2-1 السيناريو الأول: يهدف هذا السيناريو الى تحليل أداء الشبكة عند تطبيق حمل منخفض وعند تطبيق حمل مرتفع لتقييم جودة الخدمة.

4-2-2-السيناريو الثاني: يهدف هذا السيناريو الى تقييم أداء الشبكة عند استخدام بروتوكول حجز الموارد (RSVP) وتبيان إيجابيات وسلبيات استخدام هذا البروتوكول.

4-2-3- السيناريو الثالث: يهدف هذا السيناريو الى تقييم أداء الشبكة مع استخدام تقنية (AF (Assured Forwarding وايضاح سلبيات وايجابيات استخدام هذه التقنية.

4-2-4-السيناريو الرابع: يهدف هذا السيناريو الى تقييم أداء الشبكة مع استخدام خوارزميات الجدولة (FIFO-WFQ-CQ-PQ) وايجاد أفضل خوارزمية جدولة من بين هذه الخوارزميات من خلال مقارنة المعايير المستخدمة في تحديد جودة الخدمة في الشبكة.

الغاية من السيناريوهات الحصول على نتائج تفيد في تحديد أفضل تقنية ليتم استخدامها تحقق اقل نسبة تأخير واقل نسبة ضياع واقل نسبة Jitter للحصول على أفضل جودة خدمة ممكنه للصوت في الشبكة التي تنقل الصوت والبيانات.

6- مقاييس الأداء:

تم الاعتماد في تحديد الجودة في هذه التجربة على مقاييس الأداء الخاصة والتي تكمن في التأخير وJitter واختيار الالية الأفضل ليتم اعتمادها.

6-1- Jitter: يُشار أيضًا إلى Jitter تقنيًا على أنه تباين تأخير الرزم. يتعلق هذا بالتباين في التأخير الزمني بالملي ثانية (مللي ثانية) بين رزم البيانات عبر الشبكة. عادة ما يكون هذا اضطرابًا في التسلسل العادي لإرسال رزم البيانات. وهذا يعني أيضًا أن هناك تذبذبًا في التأخير حيث يتم نقل الرزم عبر الشبكة. قد يتغير مستوى التأخير طوال عملية النقل ويمكن أن يؤدي إلى تأخير قدره 50 مللي ثانية في عمليات نقل الرزم مما يجعل جودة نقل الصوت او الصورة اقل كفاءة عند ازدياد Jitter وكعلاقة رياضية يمكن وصف التذبذب كما يلي إذا غادرت رزمتان متتاليتان العقدة المصدر مع أزمنةt1 و t2 وتم تشغيلهما في العقدة الوجهة في الوقت t3 & t4

$$jitter = (t4 - t3) - (t2 - t1)\ [1]$$

للحصول على أفضل أداء، يجب أن يبقى معدل Jitter أقل من 20 مللي ثانية. إذا تجاوز هذا 30 مللي ثانية يؤدي ذلك إلى إحداث تأثير ملحوظ على جودة أي محادثة في الزمن الحقيقي قد يجريها المستخدم. بهذا المعدل[5] .

6-2- التأخير (Delay): يحدث التأخير في نقل رزم البيانات عند حصول ازدحام على الشبكة بسبب نقص عرض الحزمة او زيادة الحمل المطبق على الشبكة هذا يؤدي الى حدوث تأخير في الرزم وهذا التأخير غير محبذ في الشبكة [2] التي تنقل الوسائط المتعددة والتي تحتاج الى تأخير يلامس الصفر لتكون جيده. يكون التأخير بين (0 – 150 مللي ثانيه) ممتاز ويكون بين (150 – 400 مللي ثانيه) مقبول بشرط ان يكون مدير الشكة على دراية فيه لتجنب الازدياد على هذا التأخير ويكون فوق 400 مللي ثانيه غير مقبول للصوت [7]. وكعلاقة رياضية يمكن التعبير عن التأخير كما يلي إجمالي تأخير رزمة الصوت، المسمى "التأخير التناظري إلى التناظري" أو "من الفم إلى الأذن" = تأخير الشبكة + تأخير الترميز + تأخير فك الترميز + تأخير الضغط + تأخير إلغاء الضغط.

$$D(voice)=D(network)+D(codec)+D(decode)+D(compression)+D(Decompress)\ [1]$$

6-3- متوسط الرأي الشخصي (MOS (Mean Opinion Score: سيتم تصنيف كل جلسة مكالمة VoIP اعتمادًا على جودة المكالمة. نظرًا لأن فقدان الرزم والتأخير يقللان من جودة المكالمة، من الضروري الحفاظ على مستوى مناسب

من جودة الخدمة من أجل اتصال واضح. إذا لم يتم الحفاظ على مستوى جودة الخدمة أو تم الحفاظ على مستوى منخفض منه، فسيكون هناك مستوى سيء من الخدمة للمستخدمين ونتيجة لذلك، ستفقد الشركة العملاء، لتحديد جودة مكالمة VoIP، يتم استخدام نظام تصنيف يتراوح بين 1-5 حيث انه كلما زادت قيمة MOS ازدادت جودة الصوت[7] .

الجدول رقم(3): [6] قيم MOS وشرح كل قيمة

قيمة MOS	وصف معنى القيمة
5	جودة مثالية
4	صوت واضح مع بعض العيوب
3	هذه هي أدنى درجة لجودة المكالمة ستكون بعض الكلمات مفقودة في المكالمة
2	التأخير كبير وعدم استقرار المكالمة مما يجعل التواصل شبه مستحيل
1	أدنى قيمة حيث التواصل هنا شبه منعدم

6-4- فقدان الرزم (Packet loss):

يعبر هذا المعيار عن عدد الرزم التي تم اسقاطها نتيجة امتلاء رتل الانتظار في عقد الشبكة ويتم حسابها بالنسبة لإجمالي العقد بالشبكة وعند نقاط الاختناق.

Packet loss= Packet loss (dropped at nodes) + Packet loss (dropped at network) bottlenecks [1]

حيث حصلنا على عدد الرزم المفقودة في الشبكة لنحصل على النسبة المئوية سيتم تقسيم الناتج على اجمالي عدد الرزم المرسلة في الشبكة[7] .

7-النتائج والمناقشة (Results and Discussion):

تم تنفيذ جميع السيناريوهات على الشبكة لاختيار أفضل تقنية وبيان أيها الأقل تأخير والاقل jitter والنتائج كانت كما يلي:
أعطت الشبكة عند تنفيذ السيناريو الأول والتي لم يطبق فيها أي الية لضمان جودة الخدمة مع حمل منخفض وكانت النتائج مثالية ومرضية حيث كان التأخير والتذبذب ومعدل اسقاط الرزم ضمن القيم المعيارية لكن مع ازدياد الحمل اصبحت النتائج سيئة وغير مقبولة وذلك وفق معايير جودة الخدمة، يوضح الجدول (4) الازدياد الكبير في التأخير وJitter وفقدان الرزم عند زيادة الحمل وعدم استخدام أي الية لتحقيق جودة الخدمة.

الجدول رقم (4): نتائج التأخير والتباين في التأخير وفقدان الرزم عند الحمل المنخفض والمرتفع في الشبكة

	jitter	delay	Packet loss
Low load	0.008 sec	0.2 sec	%1
High load	0.025 sec	1.7 sec	% 12وسطيا

نتيجة لذلك تم الانتقال لاستخدام أول الية لتحقيق ضمان جودة الخدمة وهي استخدام بروتوكول حجز الموارد RSVP في السيناريو الثاني حيث أظهرت النتائج ان تطبيق البروتوكول حسن النتائج الى درجة مقبولة لكن ليس مع زيادة أكبر في الحمل

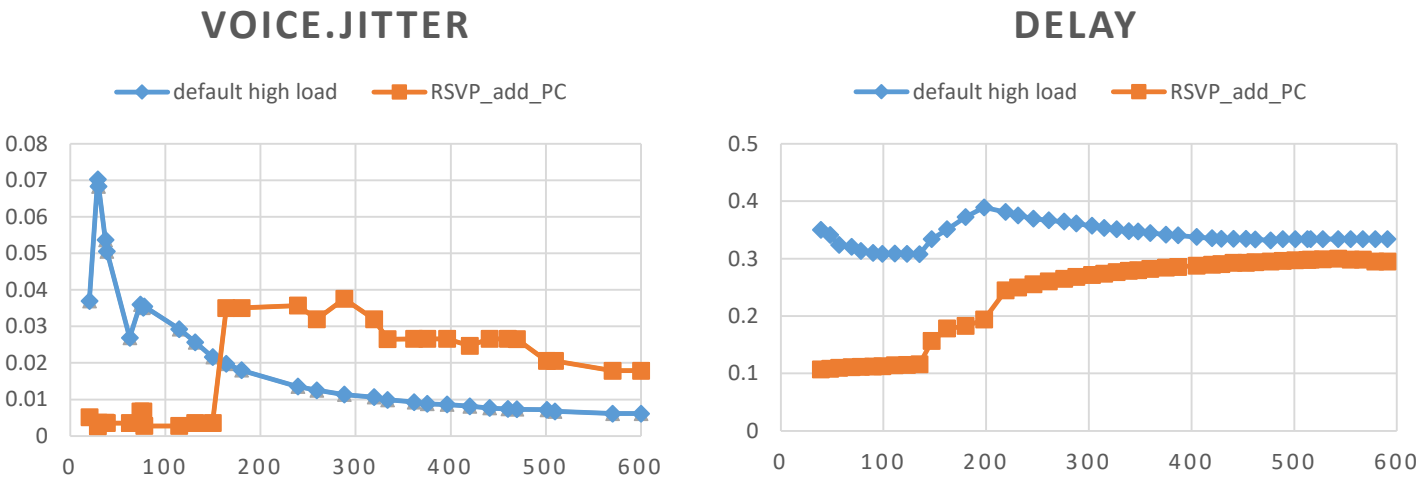
وعدد المستخدمين حيث تحققت الجودة بالنسبة للأجهزة التي حجزت الموارد أولا وساءت الجودة عند وجود رزم تحتاج سلوك نفس المسار لكن عرض الحزمة قد حجز بالكامل.

يوضح الجدول (5) القيم المعيارية الوسطية عند استخدام RSVPبدون إضافة طلبات لحجز موارد جديدة حتى الثانية 150 حيث نجد ان استخدام البروتوكول افاد الى درجة كبيرة في عملية تحسين جودة الخدمة.

الجدول رقم (5): القيم الوسطية لمعايير الأداء عند استخدام RSVP حتى الثانية 150

	JITTER	DELAY	MOS
RSVP	0.01 sec	0.15 sec	**3.5**
Best Effort	0.025 sec	0.35 sec	**2**

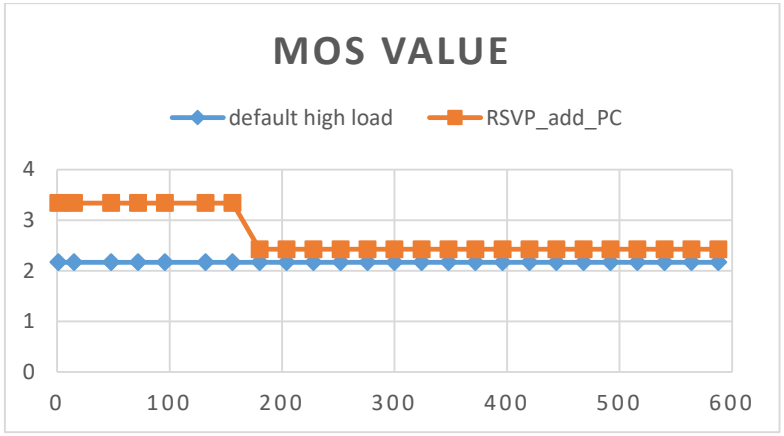
توضح الأشكال (3–4–5) النتائج عند استخدام بروتوكول حجز الموار عند زيادة عدد الطلبات لاستخدام عرض النطاق الترددي من خلال زيادة عدد الأجهزة 15 جهاز وادخالها لتطلب الوصول الى الشبكة وتبادل بيانات التطبيقات من الثانية 150 من زمن المحاكاة حتى نهاية المحاكاة حيث أظهرت النتائج تدهور جودة الخدمة وازدياد قيمة التذبذب شكل (5) وزيادة التأخير شكل (4) وفقدان الرزم بعد الثانية 150 من المحاكاة كما في الاشكال التالية.



الشكل رقم(4): التأخير عند استخدام RSVP

الشكل رقم (5): JITTER عند استخدام RSVP

نلاحظ من الشكل(4) انه كان jitter في حالة best effort كبير ومتغير يصل الى 0.07 ثانية الا انه انخفض بعد تطبيق RSVP واصبح وسطيا 0.001 ثانية لكن مع زيادة عدد الحواسيب في الثانية 150 من التجربة نلاحظ ان الارتعاش ازداد الى 0.040 ثانية وهو امر غير مقبول في جودة الخدمة كما نلاحظ أيضا ان التأخير انخفض الى 0.15 ثانية بعد ان كان قد وصل الى 0.5 ثانية في بعض الحالات قبل استخدامRSVP لكنه ازداد ليكون مقاربا للتأخير في حالة الحمل المرتفع بعد زيادة عدد المستخدمين وطلب الوصول الى موارد الشبكة حيث كانت محجوزة من قبل مستخدمين أخرين، كما اظهرت النتائج ان استخدام RSVP أعطى قيم مناسبة ل MOSحتى اللحظة 150الى ان تم إضافة اجهزة جديدة تحاول الوصول الى عرض الحزمة حيث انخفضت قيمة MOS الى 2.5 بعد ان كانت 3.5 قبل إضافة الأجهزة الجديدة كما يوضح الشكل (6)



الشكل رقم (6): قيمة MOS مع استخدام RSVP وبدونه

مما سبق نلاحظ ان البروتوكول حسن من جودة الخدمة أي قلل التأخير وقلل الjitter وذلك يعود الى ان بروتوكول حجز الموارد افاد تطبيق الصوت الى حد كبير لكنه زاد التأخير والفقدان للرزم في تطبيق نقل الملفات وتطبيق مكالمات الفيديو السبب يعود لاستحواذ تطبيق الصوت على اغلب عرض الحزمة ومنع المستخدمين الاخرين من الوصول الى عرض الحزمة وهو من أكثر السلبيات في هذه الآلية يوضح الجدول التالي هذه السلبية حيث بلغ التأخير في تطبيق الفديو280 ميللي ثانية وسطيا ومعدل اسقاط الرزم حوالي 30% وسطيا وهي نتائج سيئة بالنسبة لتطبيق المكالمات الفيديوية.

الجدول رقم (6): التأخير وضياع الرزم في تطبيقات نقل الملفات ومحادثات الفيديو

	Video conferencing	ftp
delay	يرتفع ليصل وسطيا الى 280 ميللي ثانية	أكثر من 100 ثانية
Packet loss	وسطيا أكثر من 30%	وسطيا أكثر من 80%

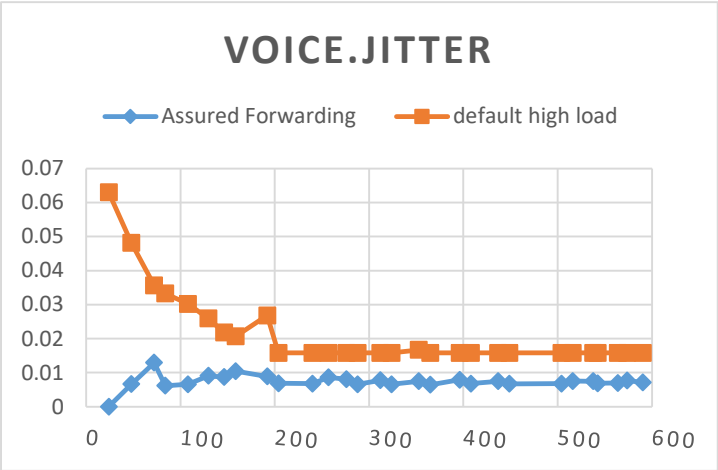
لتلافي هذه السلبية تم الانتقال لاستخدام آلية جديدة في السيناريو الثالث وهي الية (AF) في هذه الالية يتم تعليم البيانات المنقولة الى 4 صفوف مع 3 مستويات أولوية لكل صف كما في الجدول (7) حيث ان الوسائط المتعددة تكون بنفس الصف ولكن بعدة مستويات أولوية وهنا تكمن نقطة الضعف التي سندرسها عند مشاهدة النتائج وتحليلها.

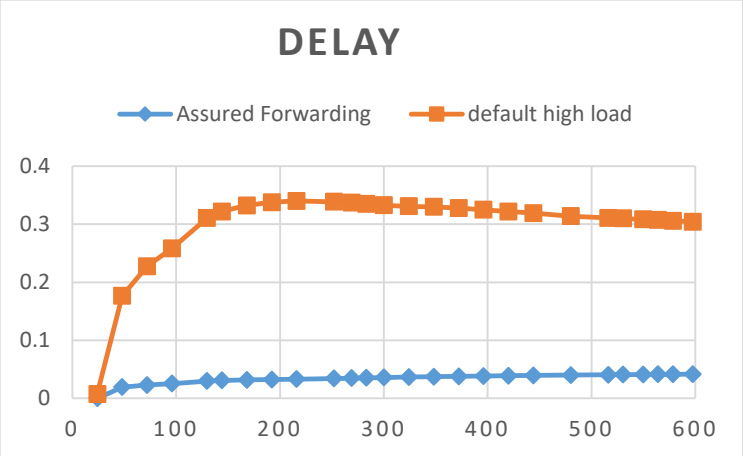
يوضح الجدول (7) تصنيف التطبيقات الأربعة ضمن أولويات اسقاط محددة حيث كان الصوت له أولوية الاسقاط الأقل على تطبيق الفيديو وكان لتطبيق نقل الملفات أولوية الاسقاط الأقل على تطبيق الويب.

الجدول رقم (7): تعليم البيانات من كل تطبيق ووضع مستوى أولوية لها

AF41	VoIP
AF42	Video conferencing
AF31	Ftp
AF32	Http

وكانت النتائج كما في الشكل (7) والشكل (8):

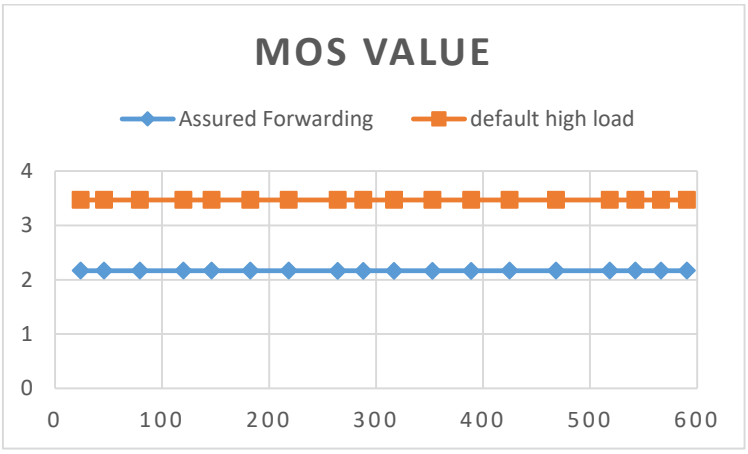




الشكل رقم (7): التأخير عند استخدام AF **الشكل رقم (8):jitter عند استخدام AF**

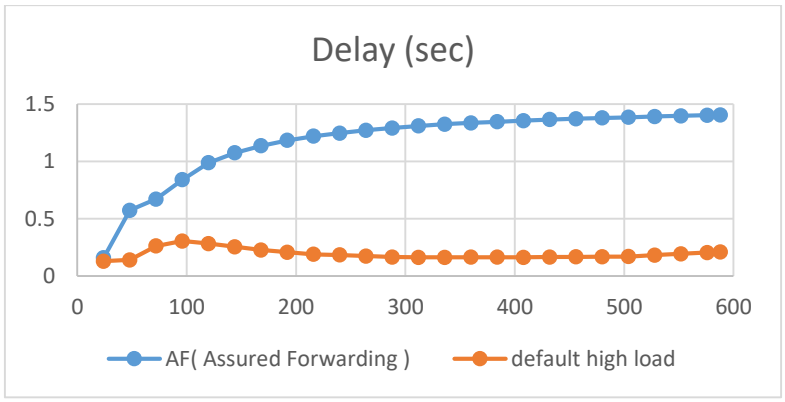
Jitter يرتفع الى حد مقبول 0.015 ثانية في أزمنه متعددة على طول السيناريو وهو أمر مقبول بالمقارنة مع معايير جودة الخدمة في حين انه كان يصل الى 0.065 ثانية في بعض نقاط السيناريو بدون استخدام اليات ضمان جودة خدمة كما نلاحظ ان التأخير وسطيا يكون بين 350 و400 ميلي ثانية وهو جيد مقارنة مع عدم استخدام أي الية حيث وصل الى 2.2 ثانية.

كما ان استخدام هذه التقنية حسن قيمة MOS الخاصة بتطبيق الصوت الى 3.5 وهو امر جيد بالنسبة لجودة الخدمة كما في الشكل (9)



الشكل رقم (9): قيمة MOS مع استخدام AF مقارنة مع عدم استخدامها

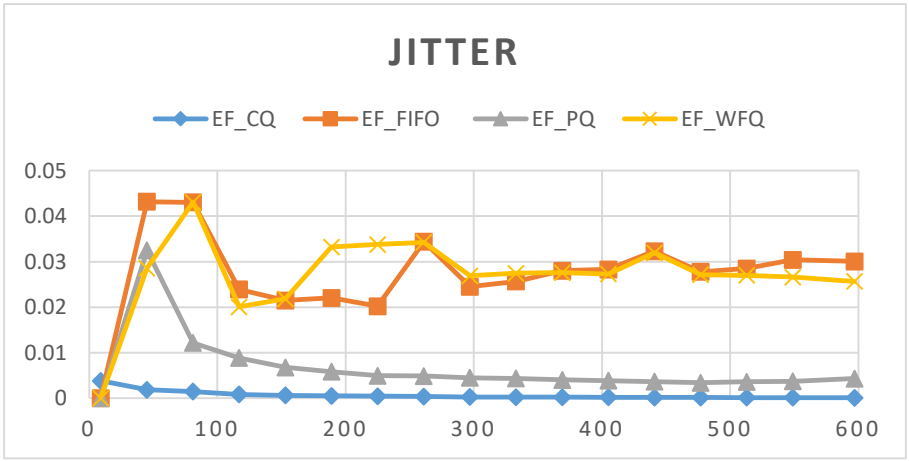
نلاحظ من الشكل(10) ان التأخير وسطيا يكون مقارب ل 0.2 ثانية مع عدم استخدام تقنية AF لكن بعد استخدامها نلاحظ ان التأخير ازداد بشكل كبير الى اكثر من 1.4 ثانية وهو امر غير مقبول في معايير جودة الخدمة والسبب يعود لان الأولوية الممنوحة لتطبيق الصوت على تطبيق الفيديو أدت الى حرمان تطبيق الفيديو من استغلال عرض الحزمة عندما أراد الاتصال مما أدى الى حدوث تأخير كبير في نقل الفيديو وهذه احد سلبيات هذه التقنية والسلبية الأخرى هي عدم وجود إمكانية لتحديد أولويات الى أصناف كثيرة من البيانات حيث يبلغ العدد الاعظمي للأصناف 4 أصناف بوجود 3 ارتال أولوية لكل صنف .



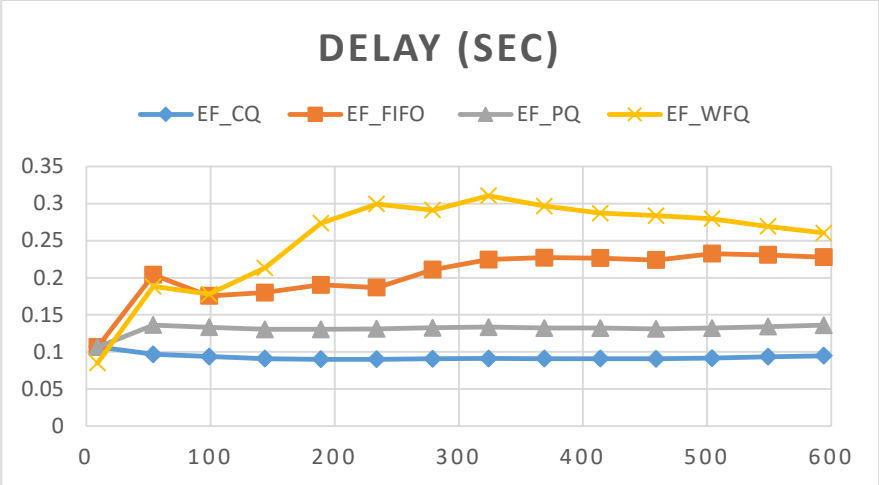
الشكل رقم (10): قيمة التأخير مع استخدام AF مقارنة مع عدم استخدامها في تطبيق مكالمات الفيديو

مما سبق نلاحظ ان هذه التقنية أفادت جودة الخدمة نوعا ما لكن المشكلة تكمن في ان التطبيقات التي تكون في نفس الصف وذات الأولويات المختلفة قد تؤدي الى حجز الموارد بشكل مختلف عن بعضها وفي التجربة بشكل متعمد تم جعل الصوت له أولوية على مؤتمرات الفيديو وكذلك بدء عملية نقل تطبيق الصوت قبل الفيديو مما جعله يحجز حيز أكبر لنقل الصوت بينما مؤتمرات الفيديو عانت من الحرمان حيث كان للصوت أولوية على الفيديو في نفس الصف كما لاحظنا في الشكل السابق حيث ازداد التأخير بشكل كبير وغير مقبول ,هذا دفع الباحثين للانتقال لاستخدام اليات جديدة تحقق كفاءة أكبر حيث تم استخدام خوارزميات الجدولة في عمليه إعطاء أولويات للبيانات المصنفة وحقق ذلك نتائج ممتازة في جودة الخدمة كما سنرى من خلال النتائج في السيناريو الرابع التي ظهرت في الاشكال (13–11–12).

نلاحظ ان jitter الخاص في CQ كان الأقل تذبذب والاقل قيمة والاقرب للصفر من بين بقية خوارزميات الجدولة في حين كان رتل FIFO الأكثر سوء يعود ذلك لاستغلال الرتل CQ عرض الحزمة بشكل مناسب بالاعتماد على جولة روبن وعلى الأولويات التي يضعها على كل رتل يتم الدوران عليه بشكل دوري.

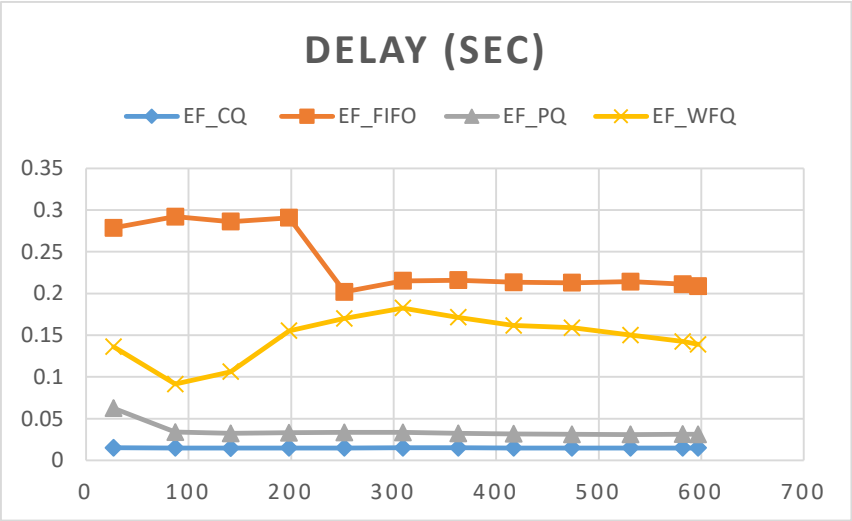


الشكل رقم (11): قيم jitter عند استخدام الارتال الأربعة



في الشكل (12) نلاحظ ان delay الخاص في CQ كان الأقل قيمة وسطيا 0.1 ثانية في حين كان WFQ الأكبر قيمة وسطيا وصل الى 0.33 ثانية

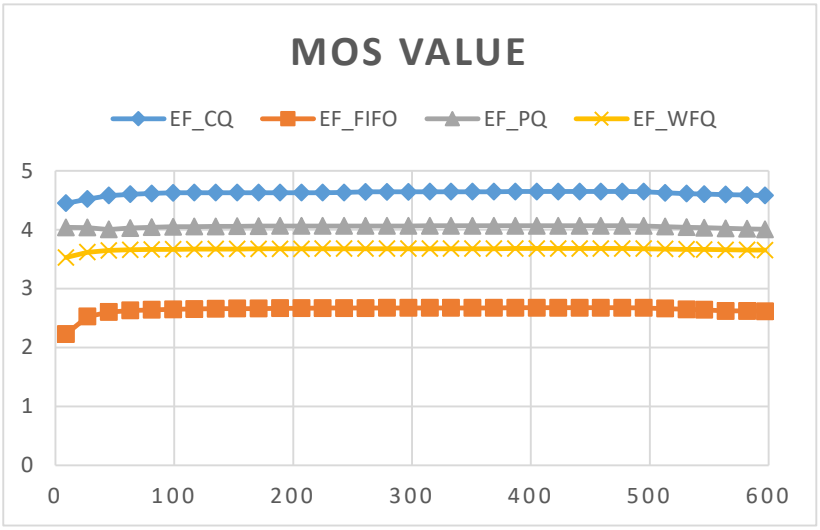
الشكل رقم (12): وسطي التأخير قي الشبكة عند استخدام كل رتل



نلاحظ ان delay الخاص في CQ كان الأقل قيمة وسطيا 0.018 ثانية في حين كان WFQ الأكبر قيمة وسطيا وصل الى 0.12 ثانية.

الشكل رقم (13): التأخير في مؤتمرات الفيديو عند تطبيق الارتال

يوضح الشكل (14) قيمة MOS مع استخدام خوارزميات الجدولة والمقارنة فيما بينها



نلاحظ ان قيمة MOS مع خوارزمية الجدولة CQ كانت الأعلى في حين كانت قيمة MOS مع FIFO الأسوأ وغير مناسبة ابدا لجودة الخدمة في الشبكة.

الشكل رقم (14): قيمة التأخير الوسطي عند استخدام خوارزميات الجدولة FIFO – PQ – WFQ – CQ

كما توضح النتائج التالية معدلات فقدان الرزم في التطبيقات المستخدمة في الشبكة مع استخدام خوارزميات الجدولة الأربعة وتبيان أيها الأفضل من بينها ليحقق أعلى جودة خدمة في الشبكة.

الجدول رقم (8): معدل فقدان الرزم وسطيا في تطبيقات الشبكة

الرتل	معدل فقدان الرزمVOIP	معدل فقدان الرزمvideo	معدل فقدان الرزمFTP
FIFO	8%	8%	20%
PQ	6%	5%	10%
WFQ	4%	7%	6%
CQ	2%	4%	9%

نلاحظ ان رتل CQ هو الأقل فقدان للرزم في التطبيقات الثلاثة VOIP – FTP – VIDEO يعود هذا الى عدم استخدام تقنيات أولوية مناسبة لتعطي الصوت تفوق على بقية التطبيقات حيث ان خوارزمية FIFO تعطي أولوية حسب وقت دخول كل رزمة الى الرتل ولا تحدد الرزمة ونوعها لتعطيها أولوية وكذلك خوارزمية WFQتقوم بالتصنيف حسب الاوزان التي توضع لكل رتل ضمن الخوارزمية حيث تحقق سحب البيانات من هذه الارتال بعدالة دون أي حرمان لكن بدون تحديد أولويات للسحب من الارتال، وتفوق الخوارزمية CQ يعود ذلك لاستغلال خوارزمية الجدولة CQ عرض الحزمة بشكل مناسب بالاعتماد على الجدولة الدائرية روبن وعلى الأولويات التي يضعها على كل رتل يتم الدوران عليه بشكل دوري.

8- ملخص النتائج:

يمكن ان نستنتج من السيناريوهات السابقة انه تم استخدام بروتوكول حجز الموارد RSVP في البداية لكن الحجز الدائم واستهلاك عرض الحزمة من قبل اتصالات معينة بين طرفين جعل ظاهرة الحرمان تظهر فضلا عن استهلاكه لمقدرات الشبكة.

بعدها تم استخدام الية AF التي تعتمد على تعليم الرزم بعلامات وتطبيق أولويات معينه عليها هذه الالية اثبتت انها سيئة مع ازدياد الحمل ومع ازدياد الأصناف الى أكثر من العدد المسموح به في هذه الالية 4 أصناف كل صنف 3 مستويات أولوية تعلم بالعلامة A (x.y).

بعد ذلك تم استخدام خوارزميات الجدولة بعد ذلك لتحسين جودة الخدمة ومن خوارزميات الجدولة التي تمت دراسة تأثيرها FIFO-PQ-WFQ-CQ وكان الأفضل من حيث النتائج هو الرتل CQ حيث ان Jitter كان مستقر واقل من 30 ميلي ثانية وكان التأخير الأقل من بين بقية خوارزميات الجدولة وكان اقل من 100ميلي ثانية حتى فقدان الرزم كانت لا تتجاوز 3% من الحجم المتبادل.

9- الاعمال المستقبلية:

تتوجه الدراسات الحالية في جودة الخدمة الى استخدام بروتوكول الانترنت IPv6 في تحقيق وتعزيز جودة الخدمة في الشبكة ذلك لوجود بتات فارغة في ترويسة البروتوكول يتم استخدامها في عمليات التصنيف للبيانات وزيادة الأصناف المستخدمة والمنقولة عبر الشبكة من اجل تطبيق الأولويات عليها، مثلا بدلا من تحديد صنف واحد فقط للفيديو يمكن ان نقسم الفيديو الى 3 اقسام وهي (الفيديو عند الطلب -البث المباشر-IPTV) وتطبيق خوارزميات الجدولة عليها لإعطاء الأولوية للبيانات الأهم والتي تحتاج للزمن الحقيقي في تبادل البيانات.

10- المراجع (REFRENCES):

[1] M. E. G. Mustafa and S. A. Talab, "The Effect of Queuing Mechanisms First in First out (FIFO), Priority Queuing (PQ) and Weighted Fair Queuing (WFQ) on Network's Routers and Applications," Wirel. Sens. Netw., vol. 8, no. 5, pp. 77–84, 2016.

[2] T. Aziz and M. S. Islam, "Performance Evaluation of Real – Time Applications over DiffServ / MPLS in," Perform. Eval., no. May, 2011.

[3] Flavius PanaFerdi Put " Performance evaluation of RSVP using OPNET Modeler." Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2012 IEEE Symposium on. IEEE, 2012

[4] Md. Zahirul Islam, Md. Saiful Islam،" A Comparative Analysis of different real time applications over variousqueuing techniques", 2012 IEEE/OSA/IAPR International Conference on Informatics, Electronics & Vision.

[5] Szabolcs Szilágyi," The Effects of Different Congestion Management Algorithms over Voip Performance", (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications,Vol. 6, No. 2, 2015

[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Differentiated_services.

[7] Anan Sawabe;Takanori Iwai, "A QoS Model to Identify Required QoS for Guaranteeing Quality of Internet Video Streaming Services" , ICC 2021 - IEEE International Conference on Communications, Year: 2021.

[8] H. A. Mohammed, A. H. Ali, and H. J. Mohammed, "The Affects of Different Queuing Algorithms within the Router on QoS VoIP application Using OPNET," Int. J. Comput. Networks Commun., vol. 5, no. 1, pp. 117–124, 2013.

[9] N.-D. Kiameso;H. Hassanein;H.T. Mouftah," A prioritized scheduling service model for assured forwarding in DiffServ architectures and its analysis", Year: 2003 | Volume: 3 | Conference Paper | Publisher: IEEE

[10] P. Wei, Z. Hong, and M. Shi, "Performance analysis of HTTP and FTP based on OPNET," 2016 IEEE/ACIS 15th Int. Conf. Comput. Inf. Sci. ICIS 2016 - Proc., pp. 1–4,2016.

[11] R. Karem, N. Atef, and H. Alaa, "Queuing Impact on VOIP QoS," no. March, pp. 0–5, 2017.

[12] S. Ahmad, W. Ali, and M. Hassan, "Performance Evaluation of IPv4 and IPv6 over MPLS using OPNET," Int. J. Comput. Appl., vol. 125, no. 3, pp. 34–38, 2015.

[13] R. Sharma, S. S. Sehra, and S. K. Sehra, "Review of Different Queuing Disciplines in VOIP, Video Conferencing and File Transfer," Ijarcce, vol. 4, no. 3, pp. 264–267, 2015.

[1] د.منهل طاهر جعفر.*تقييم جودة الخدمة لشبكات MPLS-DiffServ*". مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية.سلسلة العلوم الهندسية المجلد(37)العدد(3)2015.