تطوير أداء بروتوكولات توجيه البث المجموعاتي في الشبكات اللاسلكية المتنقلة باستخدام البروتوكول PUMA

د. يعرب بدر*

علا سعيد**

(تاريخ الإيداع 9 / 2 / 2021. قُبِل للنشر في 1/ 8 / 2021)

ملخّص

تتنوع طرائق الإرسال بين مختلف العقد في شبكات نقل البيانات من البث الأحادي بين عقدة مصدر وحيدة ووجهة وحيدة (one–to–one)، والبث العام بين عقدة مصدر وحيدة إلى جميع العقد في الشبكة (one–to–all). بين هذين النوعين يوجد أيضاً البث المجموعاتي من عقدة مصدر وحيدة إلى عدة وجهات (one–to–many) أو بين عدة مصادر وعدة وجهات (many–to–many). يمثل البث المجموعاتي حلاً وسطياً بين البث الأحادي الذي يتميز بسهولته وبين البث العام الذي يغرق الشبكة بالرزم الفائضة.

يعتمد بروتوكول توجيه البث المجموعاتي PUMA على الطوبولوجيا المتشابكة mesh ضمن شبكات MANET، اذ يختار عقدة واحدة كعقدة مركز يُعلم العقد الأخرى عنها. حيث يجمع عدة أجهزة استقبال معاً ويتيح عدة مسارات للوصول إلى العقد الهدف.

أجريت المحاكاة باستخدام برنامج الـ NS2 بافتراض سيناريوهات مختلفة وسرعات متباينة لحركية العقد ضمن الشبكة وبعد جمع البيانات الناتجة نأخذ المتوسط الحسابي لمجموع التكرارات لتوضيح نقاط التحسين في بارامترات الأداء وهي التأخير و الإنتاجية ومعدل وصول رزم البيانات.

الكلمات المفتاحية: شبكات MANET ، الطبولوجيا المتشابكة، بروتوكولات توجيه البث المجموعاتي، PUMA.

* مدرس – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير)– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

Development of the Performance of Multicast Routing Protocols in MANET Using PUMA Protocol

Dr. Yarob Bader[*]
Ola Saied[**]

(Received 9 / 2 / 2021. Accepted 1 / 8 / 2021)

□ ABSTRACT □

Data traffic between nodes in a network vary from unicast (one-to-one) to broadcast (one-to-all). Between these two types there is also multicast either (one-to-many) or (many-to-many). Multicast is a compromise between the unicast، which is easy and the broadcast that drowns the network with excess packets.

Protocol PUMA (Protocol for Unified Multicasting Through Announcements) depend on mesh-based selects one node as a core node and informs other nodes within MANET network. PUMA that combines several receiving nodes together and provides several paths to reach the target nodes.

In this paper, we are carrying out simulations using NS2 assuming different scenarios and different speeds of mobile nodes. We collect results, process and verify performance parameters such as delay, throughput and packet delivery ratio. Showing that how to improve routing performance in the proposed scenarios.

Keywords: MANET ، mesh topology، PUMA، Multicast Routing Protocols.

[*]**Assistant Professor; Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria. yarobbadr@hotmail.com**

[**]**Postgraduate Student; Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria. engolaaast@gmail.com**

مقدمة:

تعد شبكات MANET(Mobile Ad-Hoc Networks) شبكات لاسلكية متعددة القفزات لا تعتمد على بنية تحتية أو تحكم مركزي، حيث أعطت مرونة كبيرة في عملية إضافة عقدة جديدة إلى الشبكة وإمكانية التنقل بحرية مع الجهاز المحمول ضمن مجال الشبكة، فهي تحتاج إلى خوارزميات موزعة للقيام بالتنسيق بين عقد الشبكة.

تتكون الشبكات اللاسلكيّة النّقالة من مجموعة من العقد المتحركة والمتعاونة إذ بإمكان كل عقدة التنقل بشكلٍ عشوائي وبسرعة معينة في أي اتجاه دون الاعتماد على توجيه مركزي. لهذا النوع من الشبكات العديد من الاهتمامات البحثية لاستخداماتها العسكرية وفي حالات الطوارئ والكوارث الطبيعة، و من الميزات الأخرى لشبكات (MANET) أنه تُنشرها بسهولة، كما أنها ذاتية التهيئة، لذلك شبكات (MANET) يمكن الاعتماد عليها كثيراً في شبكات الاتصال بشكل عالمي.

يؤسس موجه البث المجموعاتي عملية الاتصال بين عقد المجموعة ويخفض من تكلفة الاتصال ويوفر موارد الشبكة. يمكن إجراء الإرسال المتعدد في بروتوكولات التوجيه باستخدام أية بنية توجيه قائمة على الأشجار Trees و/أو قائمة على المتشابكة Mesh [15]. هناك الكثير من بروتوكولات التوجيه التي طورت حتى الآن والتي تعتمد الإرسال المجموعاتي من عقدة مصدر وحيدة إلى عدة وجهات و بين عدة مصادر وعدة وجهات. تنظم هذه البروتوكولات عمل الشبكة من حيث توجيه العقد أياً كان شكل توزع العقد وفقاً لحاجة التطبيق لأنه تم تصميم هذه البروتوكولات لإيجاد الحلول المناسبة لمشاكل الشبكات اللاسلكية من حيث تغير الطوبولوجيا والحركية في العقد.

الدراسات المرجعية

في نهايات القرن العشرين تزايد استخدام الأجهزة المحمولة بشكل كبير، مما أدى إلى حاجة ماسة لشبكات تؤمن التراسل بين هذه الأجهزة لاسلكياً. من أهم الشبكات اللاسلكية التي لا تحتاج إلى بنية تحتية هي شبكات MANET. تتميز آلية عمل هذه الشبكات بأن أعضاءها الموجودين ضمن نفس المدى الراديوي يستطيعون تبادل المعلومات مباشرة، أما إذا لم يكونوا ضمن المدى الراديوي وأرادوا تبادل المعلومات فإنهم يمررون الرسائل عبر أعضاء الشبكة الذي يمثلون العقد الوسيطة، بوجود بروتوكولات التوجيه تمكن عضو الشبكة من اكتشاف مسارات وتحديدها إلى الأعضاء الذين لا يستطيع الوصول إليهم مباشرة. ومن بروتوكولات التوجيه لشبكات MANET تحسين بروتوكول التوجيه المجموعاتي حسب الطلب وفقاً للدراسة [1] الذي يهدف إلى تقليل عدد الإرسال المتعدد المطلوب ويعالج مسألة فشل العقدة. حيث أنها تستخدم الرسائل الأحادية بدلاً من البث لتحديث معلومات عضوية العقد باستخدام سجل مسار التوجيه مع كل طلب انضمام للمرسل من قبل مصدر البث المجموعاتي. إضافة لذلك، تم في الدراسة إرسال رسالة مغادرة من قبل أية عقدة تعتزم مغادرة مجموعة الإرسال المتعدد أو مجموعة إعادة التوجيه لتنبيه جميع العقد ذات الصلة لتكون على استعداد لاستخدام المسار البديل.

في الدراسة [2] أعطيت توضيحات هامة حول MANETs قيمت بعض أهم بروتوكولات التوجيه. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من تقييم ومقارنة الكفاءة لبروتوكولات التوجيه الثمانية AODV,OLSR,ZRP,FSR,TORA,DSDV,DSR, and ABR بأن بروتوكولات DSR و AODV لها أداء أفضل بكثير من البروتوكولات الأخرى. لم تظهر Temorally Ordered Routing Algorithm (TORA) أفضل نتيجة و DSDV لديها سلوك ثابت في جميع السيناريوهات بسبب المواصفات التي تعتمد على الجدول. من نتائج المقارنة التفصيلية و التحليل، يمكن اختيار بروتوكول توجيه مناسب لأية شبكة وهدف معين. تكون البروتوكولات التفاعلية أكثر كفاءة عندما تكون طلبات المسار غير متكررة، حيث تميل البروتوكولات الاستباقية إلى أن تكون أكثر

كفاءة عندما تكون طلبات المسار متكرر (نظرا لأن اكتشاف المسار يتضمن عادة إغراق الشبكة برزم الاستعلام عن المسار). قد يكون التأخير الذي تطلبه البروتوكولات التفاعلية لاكتشاف المسار كبيراً جداً بالنسبة لبعض التطبيقات. لذلك، يمكن أن يكون الحل هو التوجيه الهجين الذي يجمع بين الاستباقية والتفاعلية والتغييرات ديناميكياً بين الطرائق الاستباقية والتفاعلية، بناء على قياسات الشبكة.

في الدراسة [3] قيم أداء الشبكة من حيث المردود و التأخير ومعدل فقدان الرزم واستهلاك الطاقة عند عملها بأحد البروتوكولات (WRP, DSR,ZRP) حيث لوحظ تفوق بروتوكول DSR من أجل تقليل استهلاك الطاقة ولكنه ذو تأخير أعلى من ZRP,WRP بينما البروتوكول ZRP أفضل من أجل تقليل التأخير والمردود الأعلى.

أما في الدراسة [4] قارنت أداء بروتوكولات التوجيه AODV,DSDV,TORA,OLSR,ZRP حُللّ الأداء من حيث نسبة تسليم الرزم والإنتاجية ومتوسط التأخير مع تغير عدد العقد من 10 إلى 50 ،وأظهرت النتائج تقارب بين البروتوكولين AODV و DSDV من حيث الإنتاجية إلا أن (AODV) الأكثر تأخيراً، والبروتوكول (ZRP) هو الأضعف من حيث نسبة تسليم الرزم والبروتوكولات الأربعة الأخرى متقاربة.

كما قدم في الدراسة[5] مقارنة الأداء بين AODV و (DSR) كبروتوكولات توجيه تفاعلية و (DSDV) كبروتوكول توجيه استباقي لتحديد أي بروتوكول أكثر فعالية. باستخدام محاكي الشبكات NS−2 وتقييم أداء هذه البروتوكولات من حيث نسبة تسليم الرزم والإنتاجية ومتوسط التأخير ونسبة خسارة الرزم بالنسبة إلى العدد المتغير للعقد 10,20,30,40,50. وقد أظهرت النتائج أن DSDV أفضل من DSR و AODV من حيث نسبة تسليم الرزم ونسبة خسارة الرزم.

في الدراسة [6] اقترحت خوارزمية توجيه جديدة معتمدة على البروتوكول AODV لتجنب مشكلة انقطاع الوصلة من خلال تصليح المسار محليا من قبل إحدى العقد التي تتوضع في الوسط بين المصدر والهدف على المسار والتي تسمى بالعقدة المنقذة وتكون هذه العقدة ثابتة خلال إرسال البيانات. في البروتوكول المقترح بدلاً من إرسال رزمة RERR للعقدة المصدر عند فشل أية وصلة لتهيئة اكتشاف مسار جديد يتم إصلاح المسار محلياً من قبل العقدة المنقذة. في البروتوكول المقترح يختار المصدر المسار من المصدر للهدف اعتماداً على قيم الطاقة المتبقية للعقدة. تشير نتائج المحاكاة أن الخوارزمية المقترحة تحسن الأداء بالنسبة لنسبة تسليم الرزم ومتوسط التأخير نهاية إلى نهاية (end to end) والإنتاجية.

تزود معظم بروتوكولات التوجيه التفاعلية مثل AODV مسار وحيد لتسليم الرزم، وبالتالي يؤدي فشل هذا المسار لانخفاض الأداء، مما دفع بعض الدراسات لتطوير بروتوكولات توجيه لتزود مسار احتياطي إلى الهدف يستخدم بحالة فشل المسار الأساسي، لكن هذا لا يحل المشكلة بشكل كامل لأن المسار الاحتياطي أيضاً معرض للفشل. وفي الدراسة [7] بروتوكول توجيه فعال محسن عن بروتوكول التوجيه AODV يزودنا بحل لمشكلة فشل المسار الأساسي من خلال تزويد مسارات احتياط متعددة للهدف. يزود البروتوكول المقترح AODV routing protocol with nth backup route (AODV nthBR) العقدة المصدر بأكثر من مسار احتياط للعقدة الهدف، يستخدم المسار الاحتياط الأول عندما يفشل المسار الأساسي ويستخدم المسار الاحتياط الثاني عندما يفشل المسار الاحتياط الأول وهكذا. يختار البروتوكول المقترح المسارات على أساس المسافة وتوفر الطاقة للعقد. بالمحاكاة قورن البروتوكول المقترح مع البروتوكولات AODV، AODV−BR، DSR بالنسبة للإنتاجية والتأخير نهاية إلى نهاية وتظهر النتائج أن البروتوكول المقترح أفضل بالنسبة لبارامترات جودة الخدمة المدروسة.

في الدراسة [8] قُيمّ أداء البروتوكولات AODV، TORA، OLSR، DSR باستخدام برنامج الـ OPNET واستخدم فيها تدفق بيانات من نوع TCP وتغير في سرعة العقد و الحمل واستنتج أن هذه البروتوكولات غير فعالة مع تدفق بيانات من نوع TCP حيث أن نسبة تسليم الرزم في التجارب المدروسة 50% ، ومع استخدام تدفق بيانات ثابت CBR سيزيد من نسبة تسليم الرزم. أما حمل التوجيه على الشبكة فالبروتوكول (Dynamic Source Routing DSR) هو أفضل من بروتوكول (Optimized Link State routing (OLSR، وبالتالي يفضل استخدام بروتوكول DSR في الشبكات ذات عرض الحزمة المنخفض، ويكون حمل التوجيه في هذا البروتوكول كبيراً عند استخدامه مع المسارات الطويلة لأنه يسجل جميع عناوين العقد في المسار ضمن ترويسة الرزمة، كما أن استخدامه مع شبكات IPV6 سيزيد من حمل التوجيه عبر الشبكة. بشكل عام بروتوكولات التوجيه الاستباقية جيدة في الشبكات ذات عرض حزمة كبير أما بروتوكولات التوجيه التفاعلية جيدة في الشبكات ذات عرض حزمه منخفض. في الدراسة [9] استنتج الباحث أن أداء بروتوكول DSR أفضل من بروتوكول Destination Sequenced Distance Victor Routing (DSDV) بالنسبة للإنتاجية و التأخير ونسبة فقدان الرزم مهما كانت سرعة العقد ويعطي حملاً أقل عبر الشبكة من بروتوكول AODV.

يعاني البروتوكول AODV من انقطاع الوصلات واكتشاف المسارات بشكل متكرر بسبب التنقل العالي للعقد في الشبكات اللاسلكية النقالة، لذا في الدراسة [10] اقترحَ البروتوكول Modified Ad-Hoc On-Demand Vector(M-AODV) كتحسين للبروتوكول AODV. ينشر البروتوكول M-AODV رد المسار للمصدر بشكل مشابه لنشر طلب المسار بدلاً من إنشاء مسار عكسي خلال عملية رد المسار. تبدأ العقدة المصدر بإرسال البيانات للعقدة الهدف عند استقبال أول رزمة RREP ، وتستخدم رزم RREPs التالية لتخزين أكثر من مسار بديل للهدف يمكن استخدامه في حال انقطاع المسار المستخدم لإرسال البيانات. من خلال المحاكاة نجد أن البروتوكول M-AODV أفضل من البروتوكول AODV بالنسبة لنسبة تسليم الرزم عندما يوجد تنقل عالٍ بالشبكة بسبب انقطاعات الوصلة المتكررة.

قدمت في الدراسة [11] حلاً لمشكلة الازدحام بالشبكة، ويحدث عندما يكون معدل الإرسال بالشبكة أكبر من سعة الشبكة من خلال اقتراح البروتوكول ENHANCE AODV(EAODV) للتحكم بالازدحام بفعالية كتحسين للبروتوكول AODV والذي لا يتضمن آلية فعالة للتحكم بالازدحام. في البروتوكول المقترح تنتظر العقدة التي ترسل الرزم فترة زمنية معينة حتى تستقبل رزمة التأكيد ACK. إذا لم تستقبل هذه الرزمة خلال تلك الفترة تعيد عملية النشر لاختيار مسار بديل. بسبب هذه الفترة الزمنية البروتوكول المقترح يكتشف ويتحكم بالازدحام بشكل أفضل من البروتوكول AODV. تظهر نتائج المحاكاة أن البروتوكول المحسن EAODV أفضل من البروتوكول AODV بالنسبة لنسبة تسليم الرزم ومتوسط التأخير الزمني نهاية إلى نهاية.

أما في الدراسة [12] تم تحليل البروتوكولات (DSR, AODV, DSDV) وتقيمها من خلال المعايير PDR و E2E و Throughput في بيئات مختلفة وبنفس كثافة العقد (100) ونتج أن البروتوكول DSR أفضل من حيث PDR بسبب ديناميكية البروتوكول لتجنب وجود الحلقة في الشبكة أما بالنسبة لمتوسط الإنتاجية و نهاية إلى نهاية فإن البروتوكول DSDV أفضل من البروتوكولين الآخرين DSR و AODV وهما بروتوكولات توجيه عند الطلب (Reactive Protocol) لذلك تتطلب هذه العملية في بروتوكولات AODV و DSR مزيداً من الوقت لاكتشاف المسار وإرسالها للبيانات والتي تسبب التأخير.

بعض الدراسات لاحظت أن MAODV أكثر قابلية للتوسع من البروتوكول PUMA لكن في الدراسة [15] قارنت بروتوكول البث المجموعاتي (PUMA) المعتمد على الشبكة المتشابكة Mesh وبروتوكول توجيه البث المجموعاتي MAODV القائم على الاشجار Trees ووجد أن البروتوكول PUMA أكثر قابلية للتوسع من البروتوكول MAODV من حيث زيادة بارامتر عدد العقد المستمعة وتقييم الأداء من حيث PDR حيث لوحظ أن بروتوكول PUMA أكثر استقراراً فيما يتعلق ببارامتر عدد جلسات الانضمام والمغادرة للعقد إلى المجموعة ونجحت في توصيل الرزم إلى الوجهات في حين أن البروتوكول MAODV وفي نفس السيناريوهات تعطلت وفشلت في توصيل الرزم إلى الوجهات.

أهمية البحث و أهدافه:

تعد شبكات MANET مجموعة مستقلة من المستخدمين المتنقلين الذين يتواصلون مع بعض عن طريق وصلات لاسلكية، وحيث أن العقد متحركة فقد تتغير طوبولوجيا الشبكة بسرعة ولا يمكن التنبؤ بها بمرور الوقت مما يجعل بروتوكولات توجيه البث الأحادي غير مناسبة إذا كان عدد العقد المستقبلة أكبر، لذلك فإن بروتوكولات البث المجموعاتي مفضلة في هذه الحالة، وتعني بروتوكولات التوجيه في شبكات MANET بأن العقد تقوم بالبحث عن مسارات للاتصال ببعضها الآخر ويعتبر البروتوكول PUMA من بروتوكولات MANET الأكثر شيوعاً. نحتاج في شبكات MANET (PUMA) إلى تحسين بروتوكولات توجيه البث المجموعاتي التي تتعامل مع حركية العقد بوجود تراسل بيانات مرتفع.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اعتماد ست سيناريوهات كل سيناريو يحتوي شبكتين بحيث تكون الشبكة الأولى مؤلفة من عشر عقد والشبكة الثانية من 25 عقدة وتمت آلية البحث على الشكل التالي:

1. دراسة آلية عمل البروتوكول PUMA
2. دراسة بارامترات الأداء للشبكة اللاسلكية IEEE 80211
3. الانتقال إلى بناء السيناريوهات ودراسة المخططات البيانية الناتجة للوصول للاستنتاجات

علماً أن المحاكي المستخدم Ns2 allinone −2.35 مع نظام التشغيل Ubuntu 14.04

1−1 بروتوكول التوجيه (PUMA) Protocol for Unified Multicasting Through Announcements [13] [14]

إدارة المجموعات

تشمل إدارة المجموعة كل النشاطات اللازمة لإقامة المجموعة في الشبكة المحلية وتعريف بروتوكول التوجيه الخاص بالبث المجموعاتي بوجود أعضاء ينتمون لهذه المجموعة في الشبكة المحلية. يجب أن يكون المضيفون قادرين على الانضمام بشكل آلي إلى المجموعة ليصبحوا أعضاء فيها، كذلك الأمر بالمجموعة عبر الشبكة ومتابعة تحديثها أول بأول. وتقوم بروتوكولات إدارة مجموعة البث المجموعاتي مثل بروتوكول إدارة مجموعة الإنترنت(IGMP) بهذه المهمات.

تحصل عملية توجيه البث المجموعاتي multicast بالشكل التالي:

تقوم العقدة المصدر، والتي لا يشترط به أن تكون عضواً في مجموعة البث المجموعاتي، بتوليد رزمة بيانات يكون عنوان الوجهة فيها في مستوى طبقة الشبكة هو عنوان المجموعة الهدف. ثم ينتقل العمل إلى طبقة ربط البيانات بشكل يتلاءم مع عنوان المجموعة الموجودة في الرزمة، بعد ذلك تغلف الرزمة ضمن إطار البيانات. تمرر أجهزة الشبكة المحلية وتوصل الإطار إلى جميع أعضاء المجموعة، بالإضافة إلى إيصاله إلى أقرب عقدة توجيه لرزم البث المجموعاتي، وإذا لم توجد أية عقدة تنتهي عملية التوجيه.

تستقبل العقدة إطار البيانات وتتحقق من وصوله بشكل سليم دون أخطاء في النقل، ثم تفك تغليف الإطار وتستخرج الرزمة، في حال وجود أخطاء يتم التخلص من الإطار. تقرأ العقدة عنوان وجهة الرزمة، وتتعرف على عنوان المجموعة، ثم تتأكد من أن استقبال الرزمة على المنفذ الذي وردت منه لن يسبب في تشكل حلقات. في حال تسبب استقبال الرزمة بتشكل حلقات، يجرى التخلص منها. تحدد العقدة التي استقبلت الرزمة فيما إذا كانت جذراً لشجرة البث المجموعاتي الخاصة بالمجموعة أم لا. ولا يشترط أن تكون أول عقدة تصلها الرزمة في العقد الوسيطية intermediate nodes هي جذر الشجرة. في الحالة التي تكون فيها العقدة جذراً للشجرة، يتم الانتقال إلى الخطوة التالية مباشرةً، إذا لم تكن كذلك فتعامل الرزمة بحسب الخطوات التالية:

1. يتم اتخاذ قرار التوجيه بإرسال الرزمة نحو الجذر ثم تغلف الرزمة ضمن إطار جديد مناسب.
2. ترسل الرزمة عبر العقد الوسيطية intermediate nodes باتجاه جذر الشجرة، وتكون الرزمة في هذه الحالة جزءاً من القناة الهابطة (Downstream) لأنها تتحرك نحو الجذر. وتعيد العقدة التالية التي تستقبل الإطار الخطوات السابقة.
3. بعد وصول الرزمة إلى الجذر، يتخذ قرار توجيه بإرسال الرزمة عبر شجرة البث المجموعاتي.
4. تغلف كل رزمة من الرزم التي مُرِرَت فتنتج أطر البيانات التي سترسل عبر فروع الشجرة لتصل إلى كل العقد الأوراق.

يرسل كل إطار بشكل مستقل ليسلك أحد الفروع بحسب قرار التوجيه السابق، وتتحرك الأطر بوصفها جزءاً من القناة الصاعدة (Upstream) لأنها تتحرك مبتعدة عن الجذر. عندما يصل الإطار إلى العقد التالية في الشجرة، يتحدد سلوك العقدة بحسب نوعها، ففي العقدة الوسيطية تغلف الرزمة ثم يتخذ قرار توجيه بإرسالها عبر فروع الشجرة، ومضاعفتها بحسب القرار، ثم تغليف الرزم الناتجة ضمن أطر جديدة مناسبة لقرار التوجيه. وترسل الأطر عبر الفروع بحسب القرار وتعاد هذه الخطوة في العقد التالية التي تستقبل هذه الأطر. أما في العقد الأوراق (الطرفية)، فيتخذ قرار توجيه بنقل الرزمة إلى الشبكات المحلية والتي تتبع نفس الخطوات السابقة.

شبكات MANET هي شبكات ذات بنية خاصة قابلة لإعادة التشكيل ديناميكياً تتكون من عقد تعمل كأجهزة توجيه. في مثل هذه البيئة نواجه مشكلة توفير بروتوكول توجيه بث مجموعاتي قادر على التعامل مع مستويات عالية من حركية العقد وحركة مرور عالية والقدرة على التعامل مع مصادر متعددة ومجموعات بث مجموعاتي كبيرة. بناءً على كيفية ربط أعضاء البث المجموعاتي مع بعضها البعض، يمكننا التميز بين فئتين رئيسيتين من البروتوكولات هما البروتوكولات القائمة على الشبكة المتشابكة Mesh والبروتوكولات القائمة على الشجرة Tree [14] [13].

الفرق الرئيسي بين Mesh وTree هو أن البث المجموعاتي في شبكات Mesh ينقل رزم البيانات عبر أكثر من مسار واحد. فإذا انقطع أي مسار تضمن المسارات الأخرى توصيل رزمة البث المجموعاتي كما في بروتوكول PUMA. وهو بروتوكول توجيه نشط Active يعتمد على أسلوب توجيه مجموعة المستقبلات، والذي تنضم فيه

المستقبلات إلى مجموعة البث المجموعاتي باستخدام عنوان خاص، يتم تنفيذ العديد من الوظائف المرتبطة بصيانة طوبولوجيا الشبكة في PUMA باستخدام رسالة تحكم واحدة تسمى إعلام البث المجموعاتي Multicast Announcement (MA) ويعمل بشكل عام في الشبكة المتشابكة Mesh. تستخدم خوارزمية التوزع لانتخاب مركز المجموعة من ضمن المستقبلات في مجموعة البث المجموعاتي. وخوارزمية الانتخاب هي نفس خوارزمية الشجرة الممتدة Expanding Tree لإيجاد أقصر مسار خالي من الحلقات بين المركز وأعضاء المجموعة، هذا المركز المنتخب متصل بالمستقبلات بالشبكة من خلال المسارات الأقصر الممكنة.

تشكل كل العقد الوسيطية على المسار الأقصر مجتمعة هيكل شبكة Mesh. ترسل رزمة البيانات من المرسل إلى المجموعة عن طريق عقدة المركز على طول المسار الأقصر الممكن وتغمر داخل الشبكة Mesh كلما تلقى عضو الشبكة رزمة بيانات. تحتفظ كل العقد في الشبكة بمعرف رزمة البيانات ID بذاكرة مؤقتة وذلك لإزالة رزم البيانات المكررة. ينتخب البرتوكول PUMA عقدة واحدة كعقدة مركز ويبلغ العقد الأخرى عنها. يعتمد البروتوكول PUMA على الطوبولوجيا المتشابكة Mesh حيث يجمع عدة أجهزة استقبال معاً ويتيح عدة مسارات للوصول إلى العقد الهدف.

إعلامات البث المجموعاتي في بروتوكول PUMA

يعمل إعلام البث المجموعاتي Multicast Announcement (MA) كرسالة تحكم واحدة لتنفيذ جميع المهام في بروتوكول PUMA. يحوي كل إعلام بث مجموعاتي على رقم تسلسلي، عنوان المجموعة Group ID، معرف المركز Core ID، المسافة إلى المركز، علم Flag عضو الشبكة المتشابكة Mesh والذي يوضع عندما تنضم عقدة مرسلة إلى الشبكة، والأب هو الذي يحدد الجار الأفضل للوصول إلى العقدة المركز. تُنتخب عقدة المركز ويتم إنشاء قائمة الاتصال في كل عقدة في الشبكة عن طريق المعلومات الموجودة في إعلامات البث المجموعاتي والتي تكون قادرة على:

- **انتخاب ديناميكي لعقدة المركز:** إذا لم تتلقَ العقدة أي إعلام بث مجموعاتي لمجموعة معينة لثلاث فترات زمنية متتالية فإنها تفترض نفسها مركز المجموعة وترسل إعلامات البث المجموعاتي إلى جيرانها وتضبط المسافة الذاتية إلى صفر. تحدث العقد قائمة الاتصال اعتماداً على إعلامات البث المجموعاتي ذات أعلى معرف مركز Core ID. يصبح المستقبل الذي ينضم إلى المجموعة أولاً مركز مجموعة البث المجموعاتي، إذا انضم مستقبلان أو أكثر بنفس الوقت يكون المستقبل الذي يملك عنوان آخر عقدة هو مركز المجموعة.
- **نشر إعلامات البث المجموعاتي:** تستمر العقدة التي انتخبت كعقدة مركز بإرسال إشارات البث المجموعاتي إلى المستقبلات المقابلة، يتم إنشاء قائمة الاتصال في كل نقطة حيث تمر رسالة الإعلام عبر الشبكة. تحوي قائمة الاتصال معلومات عن العقد الجيران، إعلامات البث المجموعاتي، وقت وصول إعلام بث مجموعاتي إلى تلك العقدة إضافة إلى معلومات حول المسارات المتعددة إلى العقدة المركز. تولد العقدة إعلام البث المجموعاتي الخاص بها بعد اختيار أفضل مدخل من قائمة الاتصال. يتم تحديث قائمة الاتصال عند وصول إعلام بث مجموعاتي جديد.
- **بناء وصيانة الشبكة Mesh:** في هذه الخطوة تعد العقد المستقبلة أعضاء في شبكة الـ Mesh. إذا كانت العقدة هي عقدة استقبال تضع علم TRUE، ولا تتبع عقد الاستقبال لشبكة Mesh إلا إذا كانت تحتوي على الأقل عقدة وحيدة.

تعد العقد عقدة ابن إذا كانت عضواً في شبكة Mesh ووضعت علم TRUE أو إذا كانت مسافة العقدة إلى المركز هي أقل من مسافة العقدة المجاورة إلى المركز. العقدة تكون عضو في الـ Mesh إذا كانت تملك عقدة ابن وتعتقد أنها تقع على المسار الأقصر من المركز إلى المستقبل.

1-2 الفكرة المقترحة:

تعتمد الفكرة المقترحة في هذا البحث على تغيير طول البارامتر (Multicast Announcement) MA والذي يمثل الزمن الفاصل بين عمليتي إرسال رزمتي تحكم متتاليتين، بحيث تتم زيادة قيمته في حال كانت حركية العقد (سرعة تنقل العقد) بطيئة، وبالعكس في حالة حركية العقد سريعة يتم إنقاص قيمة هذا البارامتر، وذلك بدلاً من الحفاظ على قيمة هذا البارامتر بشكل ثابت كما هو الحال في البروتوكول الاصلي من أجل ملاحقة تغيرات طوبولوجيا الشبكة. تعتمد PUMA على إعلامات البث المجموعاتي وإعادة توجيه الرزم من مرسل البث المجموعاتي إلى الوجهة ضمن مجموعة الإرسال المتعدد. ينتخب إحدى العقد كعقدة مركزية core وبالتالي تبلغ العقد الأخرى الموجودة ضمن مجموعتها بالرسالة.

1-3 جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية النقالة Quality of Service (QoS) in MANET

تحدد جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية النقالة مجموعة من المتطلبات منها عرض الحزمة والإنتاجية والتأخير وتختلف متطلبات جودة الخدمة من تطبيق لآخر. حددت عدد من المعايير لتقييم جودة الخدمة لبروتوكولات التوجيه في الشبكات اللاسلكية النقالة:

- نسبة تسليم رزم البيانات (Packet Delivery Ratio): نسبة إجمالي الرزم المستلمة من قبل العقد الوجهة إلى إجمالي رزم البيانات التي أرسلت يساوي الـ PDR [15]. هو معيار يعبر عن عدد الرزم المستقبلة تقسيم عدد الرزم المرسلة. مثلاً في الشبكات عند استخدام البروتوكول TCP سيتم إعادة الرزم المفقودة من قبل المصدر مما يسبب ازدحام بالشبكة، بالتالي فإن استخدام هذا البروتوكول غير فعال في الشبكات التي يكون فيها نسبة تسليم الرزم منخفضة.
- الإنتاجية (Throughput): هي معدل الرزم التي تستطيع الشبكة توصيلها إلى العقد الهدف بنجاح خلال واحدة الزمن، وتقدر الإنتاجية بـ (bits/sec) تقيس فعالية بروتوكولات التوجيه والشبكات الجيدة تسعى لزيادة الإنتاجية وتقليل التأخير، والعوامل التي تؤثر على إنتاجية الشبكة هي عرض الحزمة المتاح والازدحام وعمليات إعادة الإرسال والتأخير والمجال المغناطيسي وعدد مستخدمي الشبكة وسرعة المرسل والمستقبل، هو معيار هام ويعبر عن مقدار التدفق الفعلي للبيانات عبر الشبكة خلال فترة زمنية. ومن التطبيقات الحساسة للإنتاجية VOIP، Internet Telephony، Video Conference.
- التأخير(Delay): هو الزمن اللازم لانتقال رزم البيانات من المصدر إلى الهدف عبر شبكة الاتصال، متضمناً التأخير الناتج عن اكتشاف المسار والتأخير الناتج عن عمليات التخزين المؤقت والمعالجة في العقد الوسيطة، وكذلك التأخير الناتج عن عمليات إعادة الإرسال في طبقة الـ MAC وغيرها، ويعبر عن مقدار تأخير رزم البيانات من لحظة إرسالها حتى لحظة استقبالها. تطبيقات الوسائط المتعددة مثل VOIP، Internet Telephony، Video Conference تعتبر حساسة للتأخير ويمكن أن تتأثر بزيادة التأخير.

سيناريوهات العمل

أُجريت عمليات محاكاة على شبكة متوضعة عشوائياً ضمن مساحة مربعة $1000x1000m^2$

وقد اختيرَ نموذج التنقل Random حيث تتحرك كل العقد بسرعات محددة مسبقاً في اتجاهات محددة عشوائياً، وحالما يتم الوصول إلى الهدف تختار العقد هدفاً عشوائياً آخر وتتحرك في الاتجاه الجديد، اختير زمن المحاكاة عند 15 ثانية وعند 30 ثانية وبالنسبة إلى العدد المتغير للعقد، وتطبيق كل سيناريو باستخدام قيم MA المتعددة أما القيم الأخرى فهي موضحة في الجدول (1)، ومن ثم نحسب متوسط قيم البيانات التي جمعت من المحاكاة، وقد أجريت جميع السيناريوهات باستخدام حجم رزمة ثابت Packet Size=512B في هذه الخدمة عرض الحزمة المستخدم ثابت ويتم تحديده مسبقاً وهذا المولد CBR Constant Bit Rate هو مولد مستمر من بداية المحاكاة إلى نهايتها.

دراسة عدة بارامترات لأداء الشبكة اللاسلكية IEEE802.11 وهذه البارامترات هي:

- الإنتاجية Throughput
- معدل وصول الرزم Packet Delivery Ratio
- التأخير Delay

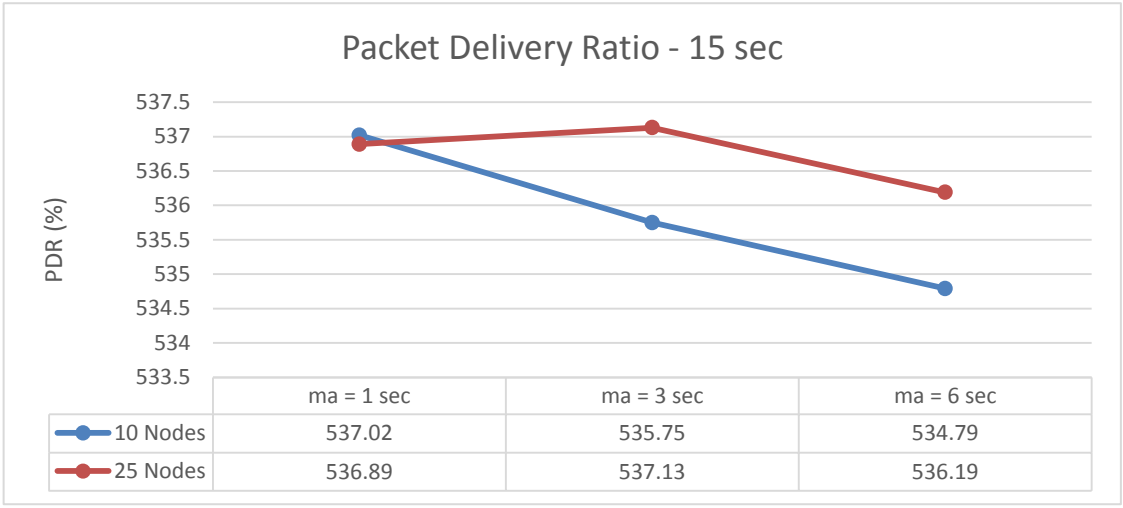
الجدول (1) بارامترات الشبكة اللاسلكية لسيناريوهات العمل المطبق على محاكي NS2

البارامتر	القيمة
زمن المحاكاة	15 sec , 30 sec
مساحة المحاكاة	1000x1000 m^2
عدد العقد	10 , 25
حجم Data Packets	512 Byte
MA duration	1 sec ,3 sec ,6 sec
تجوال العقد	عشوائي
نوع المرور	CBR
بروتوكول الشبكة	IP
بروتوكول النقل	UDP
بروتوكول التوجيه	PUMA
بروتوكول MAC	IEEE 802.11

النتائج والمناقشة:

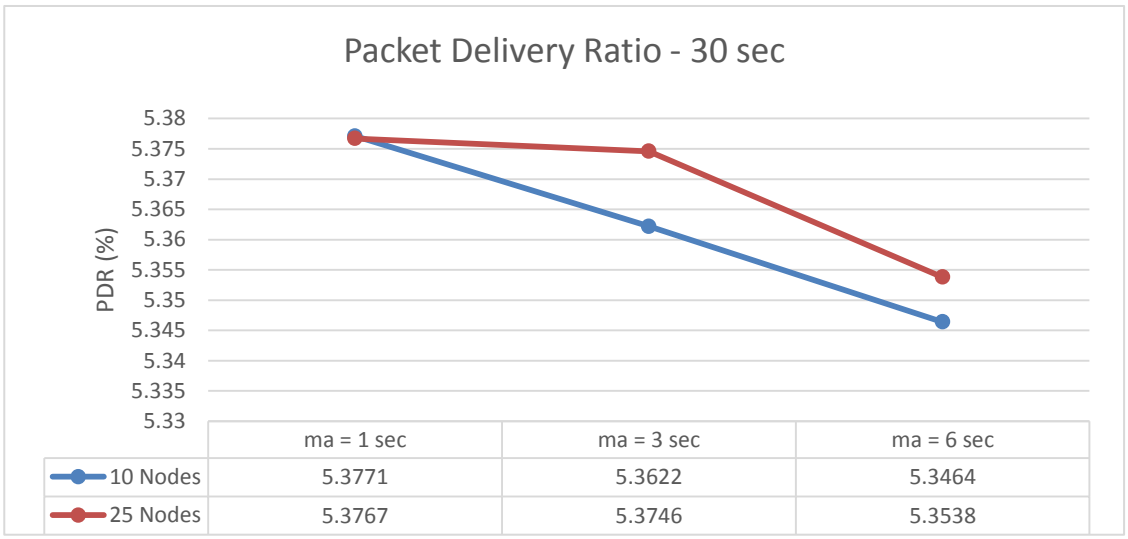
معدل وصول الرزم Packet Delivery Ratio

يمثل معدل وصول الرزم النسبة بين عدد رزم البيانات المستقبلة إلى عدد رزم البيانات المرسلة. في السيناريو الأول وعند زمن محاكاة 15 ثانية وكما هو مبين في الشكل (1) عندما كانت MA duration=1sec كان معدل وصول الرزم أعلى عند 10 عقد وعند عدد العقد 25 وقيمة MA duration= 3sec كان معدل وصول الرزم أعلى.



الشكل(1) معدل وصول الرزم PDR في الطريقة المقترحة في السيناريو الأول عند زمن المحاكاة 15 ثانية

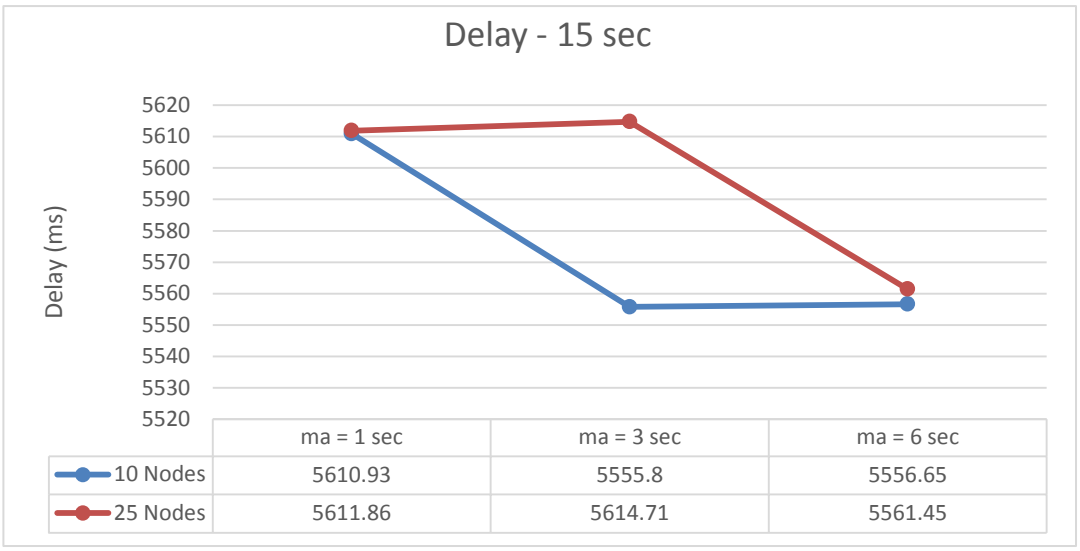
أما في السيناريو الثاني ومع زيادة زمن المحاكاة وحتى نهاية زمن المحاكاة 30 ثانية يكون معدل وصول الرزم عند 10 عقد و25 عقدة وقيمة MA=1 أعلى من باقي القيم



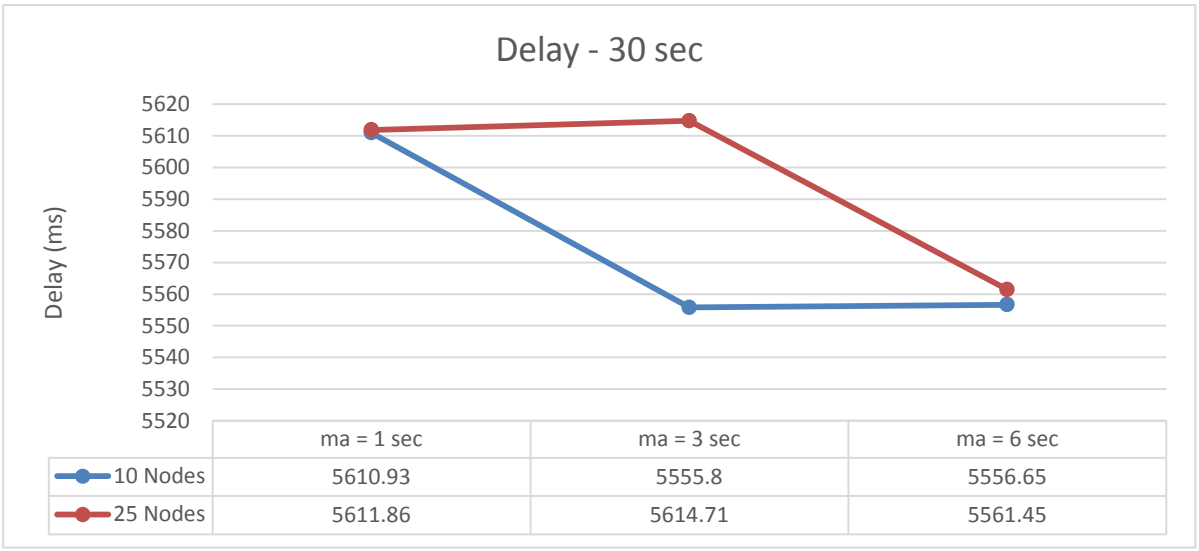
الشكل(2) معدل وصول الرزم PDR في الطريقة المقترحة في السيناريو الثاني عند زمن المحاكاة 30 ثانية

التأخير Delay:

يعبر التأخير عن مقدار تأخير رزم البيانات Data من لحظة ارسالها حتى لحظة استقبالها من عقدة إلى اخرى، ففي السيناريو الثالث والرابع كما يوضح الشكلان (3) و (4) نسبة تغير التأخير حيث نلاحظ أن قيمة التأخير هو نفسه عند قيم الـ MAالمتعددة وعدد العقد 25 و زمن المحاكاة 15 و 30 ثانية وقيمة التأخير أعلى عندما قيمة MA=3، أما في حال عدد العقد 10 وقيمة MA=1 وزمن المحاكاة 15 و 30 ثانية قيمة التأخير أعلى ثم نلاحظ انخفاض في قيمة التأخير.



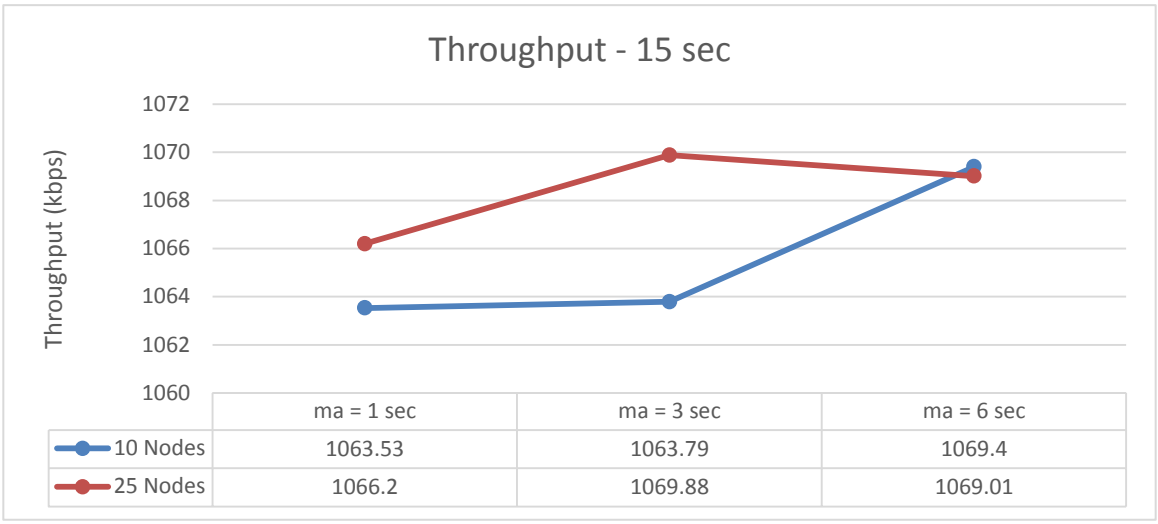
الشكل(3) التأخير Delay في الطريقة المقترحة في السيناريو الثالث عند زمن المحاكاة 15 ثانية



الشكل(4) التأخير Delay في الطريقة المقترحة في السيناريو الرابع عند زمن المحاكاة 30 ثانية

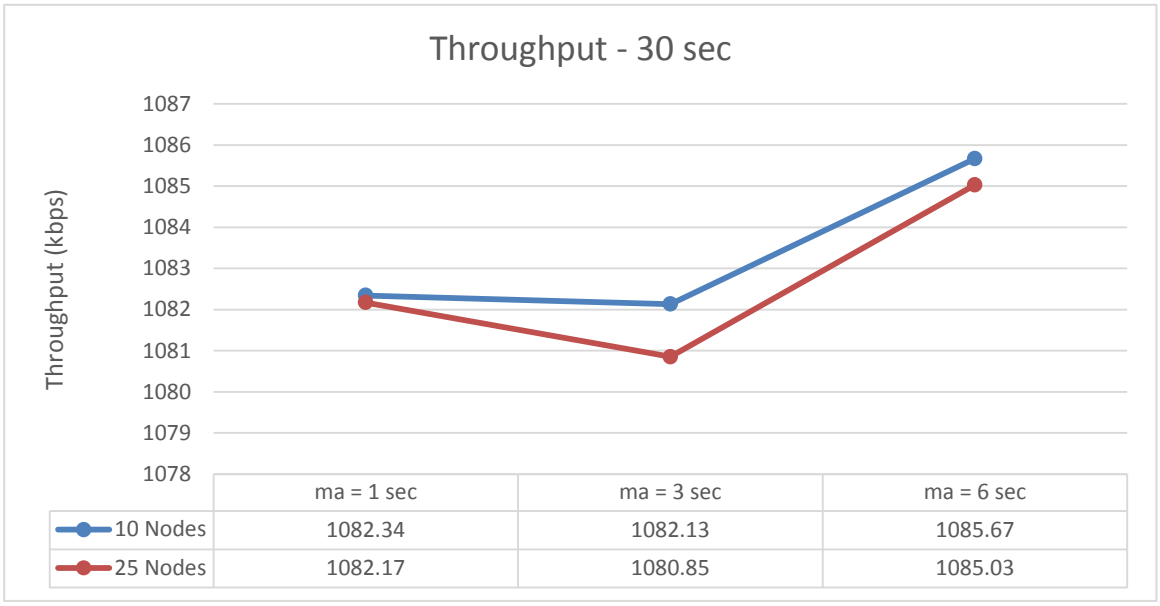
الإنتاجية Throughput :

تعبر عن كمية البيانات المستقبلة خلال واحدة الزمن ، نلاحظ زيادة الإنتاجية كلما زادت قيمة MA عند زمن محاكاة 15 ثانية وعدد العقد متغير 10 و 25 عقدة كما هو موضح الشكل (5).



الشكل(5) الإنتاجية Throughput في الطريقة المقترحة في السيناريو الخامس عند زمن المحاكاة 15 ثانية

أما عند زيادة المحاكاة إلى 30 ثانية فازدادت الإنتاجية عندما كانت MA=1 و MA=6 وانخفضت عندما كانت MA=3 بالنسبة لعدد العقد 10 و25 عقدة.



الشكل(6) الإنتاجية Throughput في الطريقة المقترحة في السيناريو السادس عند زمن المحاكاة 30 ثانية

الاستنتاجات والتوصيات:

بحسب النتائج التي تم التوصل اليها في هذا البحث يمكن استخلاص ما يلي:

- في شبكات MANET، يمكن استخدام البث الأحادي والبث المجموعاتي. ولكن تحليل أداء البروتوكول PUMA وخاصةً في مجال اتصالات المجموعة، وجدنا أن التوجيه المعتمد على البث المجموعاتي يزيد الكفاءة ويوفر أداءً أفضل عند مقارنته بتوجيه البث الأحادي.

- عندما تكون حركية الشبكة عالية فإن تخفيض قيمة البارامتر MA (MA = 1) يعطينا أداء أفضل من السيناريوهات الأخرى (MA = 3) و (MA = 6) ويؤدي إلى تخفيض التأخير الزمني الناتج عن اكتشاف المسار وذلك يعود إلى سرعة ملاحقة تغيرات طوبولوجيا الشبكة وزيادة في إنتاجية الشبكة.
- عندما تكون حركية الشبكة منخفضة فإن زيادة قيمة البارامتر MA (MA = 6) يعطينا أداء أفضل من السيناريوهات الأخرى (MA = 3) و (MA = 1) لأن التقليل من MA يؤدي إلى التقليل من رزم التحكم المنتشرة عبر الشبكة وبالتالي زيادة عرض الحزمة المتاح وزيادة نسبة توصيل الرزم Packet Delivery Ratio (PDR).

التوصيات المستقبلية:

- تطبيق سيناريوهات أخرى مختلفة من حيث عدد العقد من أجل التعرف بشكل موسع على أداء البروتوكول.
- العمل على زيادة عدد العقد المرسلة في نفس اللحظة الزمنية وإجراء المحاكاة لمعرفة التغيرات الممكنة.
- زيادة عدد الوصلات الشبكية في الشبكة اللاسلكية ودراسة أثر ذلك على النتائج.

References:

[1] Al-Mejibli, I. *Improve On-Demand Multicast Routing Protocol in Mobile Ad-Hoc Networks*. Journal University Scientific of Kerbala. Vol. (16) No.(1) 2018.

[2] Aastha, M. Arun, K. T., and Shweta, S. *Comparison of Manet Routing Protocols* . International Journal of Computer Science and Mobile Computing Vol.(8) Issue.2, February- 2019, 67-74

[3] Pooja, M. D., Ekta, M. C., and Vrushali, U. U. *Survey On Various Routing Protocols For Effective Bandwidth Optimization in Manet*. International journal of scientific research and education Vol.(6) Issue(06) June-2018,7962-7966.

[4] Geetika, D. and Tyagi, S. S. *Performance Analysis of various Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Networks*. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Vol.(13) No.(10) 2018,7378-7382.

[5] Fahad, T. AL-D., Naseer, S. Salim, M. S., Fouad, S. and Aljunid, A. *MANET Routing Protocols Evaluation: AODV, DSR and DSDV Perspective*. MATEC Web of Conferences 150,06024, 2018.

[6] Ala, A. and Tech, M. *Enhance Quality of Service(QOS) By Using AODV Based Routing Algorithm in MANETs*. International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST). vol.(3) No.(2) Mar-Apr 2015,163-167

[7] Meena, R. and Neeta, S. *Quality of Service Enhancement in MANETs with an Efficient Routing Algorithm.* IEEE International Advance Computing Conference (IACC) 2014, 381-384.

[8] Bained, N. and Jason, M. *Performance Evaluation of Routing Protocols in Mobile Ad hoc Networks (MANETs)*. SWEDEN: thesis Blekinge Institute of Technology MEE08:52, January 2009.

[9] Nor, S. M. Usop., Azizol, A. and Ahmad, F. A. Abidin. *Performance Evaluation of AODV, DSDV & DSR Routing Protocol in Grid Environment*. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. Vol.(9)No.(7) July 2009

[10] Farheen, Z. and SR, B. *Design and Implementation of a protocol in Mobile AD-Hoc Network*. International Journal for Research in Applied Science& Engineering Technology (IJRASET), vol.(3) July 2015, 227-231.

[11] Bijendr, B. Malay, R. T., Deepak, G. and Monika, G. *Improved Routing Protocol for MANET*. IEEE Fifth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, 2015, 340-346

[12] Ahmed, M. S., Sefer, K. and Alaa, H. M. *Performance Evaluation of Three Mobile Ad-hoc Network Routing Protocols in Different Environments*. IEEE 2020
[13] Bin, W. and Sandeep, K. S. G. *On Maximizing Lifetime of Multicast Trees in Wireless Ad hoc Networks*. Proceedings of the IEEE International Conference on Parallel Processing, 2003.
[14] Aiswarya, A. Swarna, P. S., and Akshya, V. *Experimental Analysis Of Streaming Over Mobile Adhoc Networks Using PUMA*. Indian Jounal Of Engineering ,Vol.(2) No.(3) January 2013.
[15] Nazish,N.H., Sanaali,A. Abbas, A.C. and Shahreena, M.R.S. *Performance Evaluation: MAODV(Tree-based) Vs. PUMA(Mesh-based) Multicast Protocols for MANETs* , Vol.(51) 2019, 373-380.