Analytical Study of the Effect of Node Mobility and Synchronization Messages Frequency on the Performance of Reactive Protocols in MANET Networks

Mohammad Ali Mouner Blailo*

(Received 10 / 10 / 2022. Accepted 15 / 11 / 2022)

□ ABSTRACT □

Today, MANET networks occupy an important space in the field of information networks and communications due to its wide spread in many scientific and applied fields, in addition to its important applications in various civil and military fields. It can be created using different wireless transmission and reception techniques, which reduces the cost of building and establishing communication in the network and makes it flexible and able to change its architecture and topology dynamically and adaptively.

Assurance of an appropriate quality of service in MANET networks is one of the most important challenges it faces, which prompted researchers around the world in this field to focus on studying and analyzing the performance of the parameters affecting the quality of service in order to reach the ability of operating these networks in real time or in a near real time. Acceptable, and one of the most important parameters of service quality is the time delay and it must be kept as small as possible. The second parameter is the packet delivery ratio, which gives an impression of the extent of the arrival of the packets sent from the source nodes to the target nodes and must be kept as large as possible.

In this research, a comprehensive and systematic analytical study was presented for the effect of the mobility of nodes in the network and the frequency of sending synchronization messages between nodes in the PUMA protocol, which is one of the types of reactive protocols, by choosing a set of realistic and closest scenarios for the configuration and settings of MANET networks, and the results were compared according to the delay and packet delivery ratio in order to reach the best settings and configurations for MANET networks in the various surrounding working conditions that lead to raising the level of quality of service provided as possible.

Keywords: MANET Networks, Reactive Protocols, PUMA, Delay, Packet Delivery ratio, Quality of Service, Node Mobility, Synchronization Messages Frequency.

* **Work Supervisor, Department of Computer and Automatic Control Engineering, Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**

دراسة تحليلية لتأثير حركية العقد وتردد رسائل المزامنة على أداء البروتوكولات الاستباقية في شبكات الـ MANET

محمد علي منير بليلو *

(تاريخ الإيداع 10 / 10 / 2022. قُبِل للنشر في 15/ 11 / 2022)

□ ملخّص □

تشغل شبكات MANET اليوم حيزاً هاماً في مجال الشبكات والاتصالات المعلوماتية بسبب انتشارها الواسع في العديد من المجالات العلمية والمهنية بالإضافة إلى تطبيقاتها الهامة في مختلف الميادين المدنية منها والعسكرية، ويعود السبب في هذا الانتشار إلى سهولة تركيب وتهيئة الشبكة للعمل في مختلف ظروف البيئة المحيطة دون الحاجة إلى تأسيس بنىً تحتية للشبكة كما يمكن إنشاؤها باستخدام تقنيات الإرسال والاستقبال اللاسلكي المختلفة مما يخفض من تكلفة بناء وتأسيس الاتصال في الشبكة ويجعلها مرنة وقادرة على تغيير معماريتها وطوبولوجيتها بشكل ديناميكي ومتكيف.

يعد تأمين جودة خدمة مناسبة في شبكات MANET من أهم التحديات التي تواجهها وهو ما دفع الباحثين حول العالم في هذا المجال إلى التركيز على دراسة وتحليل أداء البارامترات المؤثرة على جودة الخدمة بهدف الوصول إمكانية تشغيل هذه الشبكات في الزمن الحقيقي أو في مجال قريب من الزمن الحقيقي بتقريب مقبول، ومن أهم بارامترات جودة الخدمة هي التأخير الزمني ويجب المحافظة عليه صغيراً قدر الإمكان، أما البارامتر الثاني فهو معدل توصيل الرزم وهو يعطي انطباعاً عن مدى وصول الباكيتات المرسلة من العقد المصدر إلى العقد الهدف ويجب المحافظة عليه كبيراً قدر الإمكان.

تم في هذا البحث تقديم دراسة تحليلية شاملة وممنهجة لتأثير حركية العقد في الشبكة وتردد إرسال رسائل المزامنة بين العقد في بروتوكول PUMA وهو من أنواع البروتوكولات الاستباقية، وذلك باختيار مجموعة من السيناريوهات الواقعية والأقرب لتكوين وإعدادات شبكات MANET، كما تمت مقارنة النتائج وفقاً لمعياري التأخير الزمني ومعدل توصيل الرزم بهدف التوصل إلى أفضل الإعدادات والتكوينات لشبكات MANET في مختلف ظروف العمل المحيطة بها والتي تؤدي إلى رفع مستوى جودة الخدمة المقدم قدر الإمكان.

الكلمات المفتاحية: شبكات MANET، البروتوكولات الاستباقية، بروتوكول PUMA، التأخير الزمني، معدل توصيل الرزم، جودة الخدمة، حركية العقد، تردد رسائل المزامنة.

* مشرف على الأعمال – قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

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 لإمكانية استخدامها للأجهزة المحمولة ضمن الشبكة، ولذلك فإنها تحتاج إلى خوارزميات للقيام بالتنسيق بين عقد الشبكة.

تتكون الشبكات اللاسلكيّة النقّالة 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 المتنوعة في كل المجالات وفي حالات الطوارئ والكوارث الطبيعة، و من الميزات الأخرى لشبكات (MANET) أنه يتم نشرها بسهولة، ويتم تكوينها ذاتياً، لذلك يمكن الاعتماد عليها كثيراً في شبكات الاتصال بشكل عام.

يؤسس موجه البث المتعدد عملية الاتصال بين عقد المجموعة ويقلل من تكلفة الاتصال ويوفر موارد الشبكة، ويمكن إجراء الإرسال المتعدد في بروتوكولات التوجيه باستخدام أي بنية توجيه قائمة على الأشجار Trees و/أو قائمة على الشبكة المتشابكة Mesh [15]. هناك الكثير من بروتوكولات التوجيه التي تم تطويرها حتى الآن والتي يعتمد الإرسال المتعدد من عقدة مصدر وحيدة إلى عدة وجهات وبين عدة مصادر وعدة وجهات، تنظم هذه البروتوكولات عمل الشبكة من حيث توجيه العقد أياً كان شكل توزع العقد حسب حاجة التطبيق. لأنه تم تصميم هذه البروتوكولات لإيجاد الحلول المناسبة لمشاكل الشبكات اللاسلكية من حيث تغيير الطوبولوجيا والحركية في العقد.

أهمية البحث وأهدافه:

إن الهدف الأساسي من هذا البحث يتمثل في تحسين جودة الخدمة للبروتوكولات الاستباقية في شبكات MANET من خلال دراسة تأثير حركية العقد وتردد إرسال واستقبال رسائل المزامنة بين العقد على بارامترات جودة الخدمة، واختيار التهيئة والإعدادات المناسبة للشبكة لكي تتكيف مع مختلف ظروف العمل المحيطة بتأسيس الشبكة.

تمت الدراسة باستخدام محاكي الشبكات NS2 على مجموعة من العقد المتحركة مع اختيار سيناريوهات عمل متنوعة تهدف إلى تغيير كل من حركية العقد وتردد إرسال رسائل المزامنة بين العقد، وتم التوصل إلى عدد من النتائج العملية التي من شأنها الدلالة على اختيار بارامترات الشبكة الأفضل تبعاً لظروف البيئة المحيطة بها.

طرائق البحث ومواده:

نستعرض لمحة موجزة عن شبكات MANET وأنواعها وميزات وعيوب كل منها.

1. شبكات MANET

شبكات الـ (Mobile Ad hoc Networks) MANET هي مجموعة من العقد المتنقلة المرتبطة مع بعضها لاسلكياً والتي تتعاون فيما بينها من أجل نقل رزم البيانات Data Packets فيما بينها بشكل لاسلكي دون الحاجة إلى وجود بنى تحتية Infrastructures في الشبكة مثل نقاط الوصول Access Points.

تتغير الطوبولوجيا في مثل هذه الشبكات بشكل سريع Rapidly وغير قابل للتنبؤ Unpredictably مع مرور الوقت وذلك لأن العقد متنقلة وبالتالي تغير مواقعها فيما بينها باستمرار.[8]

تملك شبكات الـ MANETs خصائص محددة مثل عرض حزمة محدد Bandwidth–constrained، وصلات ذات سعات متغيرة Variable Capacity Links، العمل ضمن طاقة محددة Energy–constrained Operation، أمان فيزيائي محدود Limited Physical Security، طوبولوجيا شبكية متغيرة Dynamic Network Topology، تحديثات توجيه متكررة Frequent Routing Protocols، ويبين الشكل (1) الشكل العام لشبكات MANET.

تصنف بروتوكولات التوجيه في هذا المجال بشكل عام إلى نوعين رئيسيين هما:

الشكل (1) شبكات MANET

1. الصنف التفاعلي Proactive.
2. الصنف الاستباقي Reactive.

يتم إنشاء مسارات التوجيه في الصنف الاستباقي Reactive عند الطلب On-demand كما هو الحال في بروتوكول DSR (Dynamic Routing Source) وبروتوكول (Ad-hoc On-demand Distance Vector) AODV.[13][4]

بينما في الصنف الثاني فإن عملية التوجيه تكون مقادة بالجداول Table-driven حيث تحتوي هذه الجداول على معلومات التوجيه والتي يتم تحديثها بشكل دوري عن طريق بث رسائل دورية عبر الشبكة من أجل تحديث حالة العقد وطوبولوجيا الشبكة، كما هو الحال في بروتوكول (Optimized Link State Routing) OLSR وبروتوكول DSDV (Destination Sequenced Distance Vector).

ولكن معظم هذه البروتوكولات تتصف بأنها غير آمنة بسبب سهولة معرفة طوبولوجيا الشبكة من قبل المهاجمين Attackers.[2]

2. بروتوكول PUMA

يتبع بروتوكول PUMA (Protocol for Unified Multicasting Through Announcements) لصنف البروتوكولات الاستباقية، وتعتمد على تقنية البث المتعدد Multicast حيث تقوم العقدة المصدر، والتي لا يشترط بها أن تكون عضواً في مجموعه البث المتعدد، 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 يتم تغليف الرزمة ضمن إطار البيانات، وتقوم معدات الشبكة المحلية بتمرير وإيصال الإطار إلى جميع أعضاء المجموعة، بالإضافة إلى إيصاله إلى أقرب عقدة توجيه لرزم البث المتعدد، وإذا لم توجد أي عقدة تنتهي عملية التوجيه.[17]

تستقبل العقدة إطار البيانات وتتحقق من وصوله بشكل سليم بدون أخطاء في النقل، ثم تقوم بفك تغليف الإطار واستخراج الرزمة، في حال وجود أخطاء يتم التخلص من الإطار، تقرأ العقدة عنوان وجهة الرزمة، وتتعرف على عنوان المجموعة، ثم تقوم بالتأكد من أن استقبال الرزمة على المنفذ الذي وردت منه لن يتسبب في تشكل حلقات مفرغة، وفي

حال تسبب استقبال الرزمة بتشكل حلقات، يجرى التخلص منها. تحدد العقدة التي استقبلت الرزمة فيما إذا كانت جذراً لشجرة البث المتعدد 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 يتم تغليف 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 المتعدد.
4. يتم تغليف كل رزمة من الرزم التي تمت تمريرها فتنتج أطر البيانات التي سترسل عبر فروع الشجرة لتصل إلى كل العقد الأوراق.

3. برنامج المحاكاة المستخدم في البحث

تم استخدام محاكي الشبكات NS2 في هذا البحث لكونه مفتوح المصدر ومبني بشكل هيكلي يسمح للباحث بالتعديل على الجزء المخصص من البروتوكول أو إنشاء سيناريوهات مختلفة ببارامترات وقيم تلائم مجال البحث وأهدافه، كم أنه سهل التنصيب ويمكن تشغيله في بيئة نظام التشغيل UBUNTU بشكل مباشر أو في بيئة نظام التشغيل Windows لكن مع استخدام محاكي Mingw.

النتائج والمناقشة:

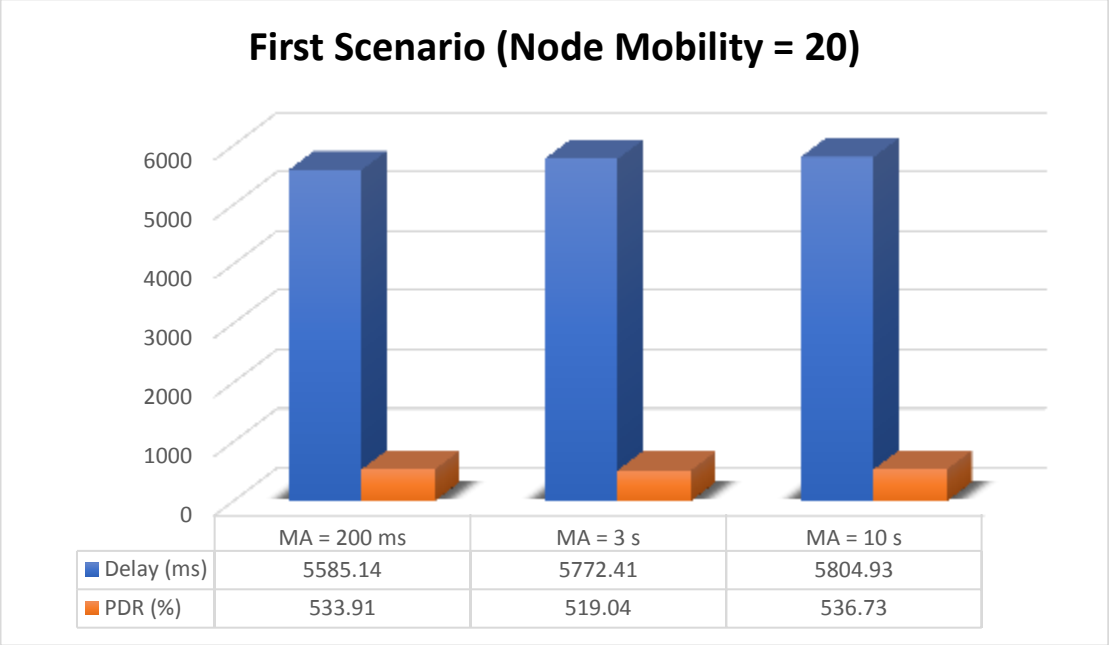
تمت دراسة ثلاثة سيناريوهات مختلفة تتضمن العمل على تغيير حركية العقد في كل مرة وتغيير تردد إرسال رسائل المزامنة والتي تسمى بـ Multicast Announcement (MA)، ويبين الجدول (1) بارامترات سيناريوهات العمل.

الجدول (1) بارامترات سيناريوهات العمل

اسم البارامتر	القيمة
Number of Nodes	25
Number of entries in ACK Table	30
Max Hop	50
Broadcast Jitter	10 ms
ACK_TIMEOUT_INTERVAL	40 ms
MULTICAST_ANNOUNCEMENT_DELAY	150 ms
PARTITION_ACK_TIMEOUT_INTERVAL	1 sec

1. سيناريو حركية العقد قليلة

يتضمن هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على (25) عقدة في الشبكة بوضع قيمة حركية الشبكة على (20) أي أن الحركية قليلة وتغيير قيمة الفاصل الزمني بين كل رسالتي MA ليصبح (200ms, 3s, 10s) على الترتيب، ويبين الشكل (2) المقارنة من حيث التأخير الزمني Time Delay ومعدل توصيل الرزم Packet Delivery Ratio.

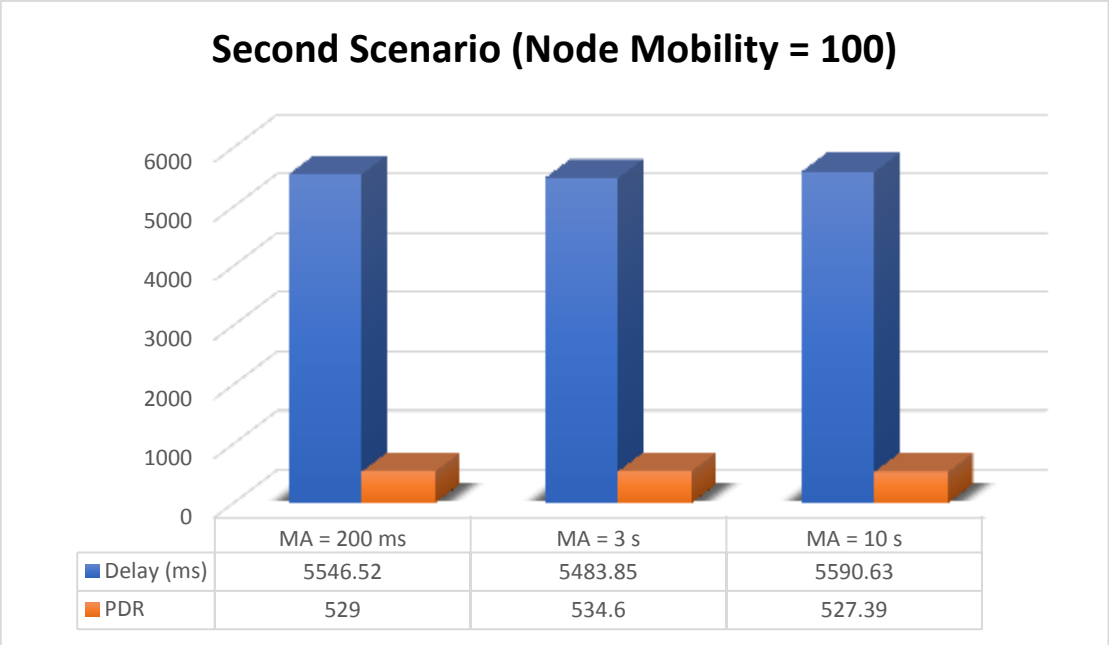


الشكل (2) سيناريو حركية العقد قليلة

نلاحظ أن التأخير الزمني Delay يزداد في هذا السيناريو مع ازدياد الفاصل الزمني بين كل رسالتي MA وذلك بسبب عدم ملاحقة كل عقدة بشكل مكثف للتغيرات التي تطرأ على العقد المجاورة، وهو ما يؤدي بدوره أيضاً إلى زيادة معدل توصيل الرزم وذلك بسبب كثرة العقد الوسيطة التي تستلم الرسالة في كل مرة وتمررها إلى العقد المجاورة بدورها.

2. سيناريو حركية العقد متوسطة

يتضمن هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على (25) عقدة في الشبكة بوضع قيمة حركية الشبكة على (100) أي أن الحركية متوسطة وتغيير قيمة الفاصل الزمني بين كل رسالتي MA ليصبح (200ms, 3s, 10s) على الترتيب، ويبين الشكل (3) المقارنة من حيث التأخير الزمني Time Delay ومعدل توصيل الرزم Packet Delivery Ratio.

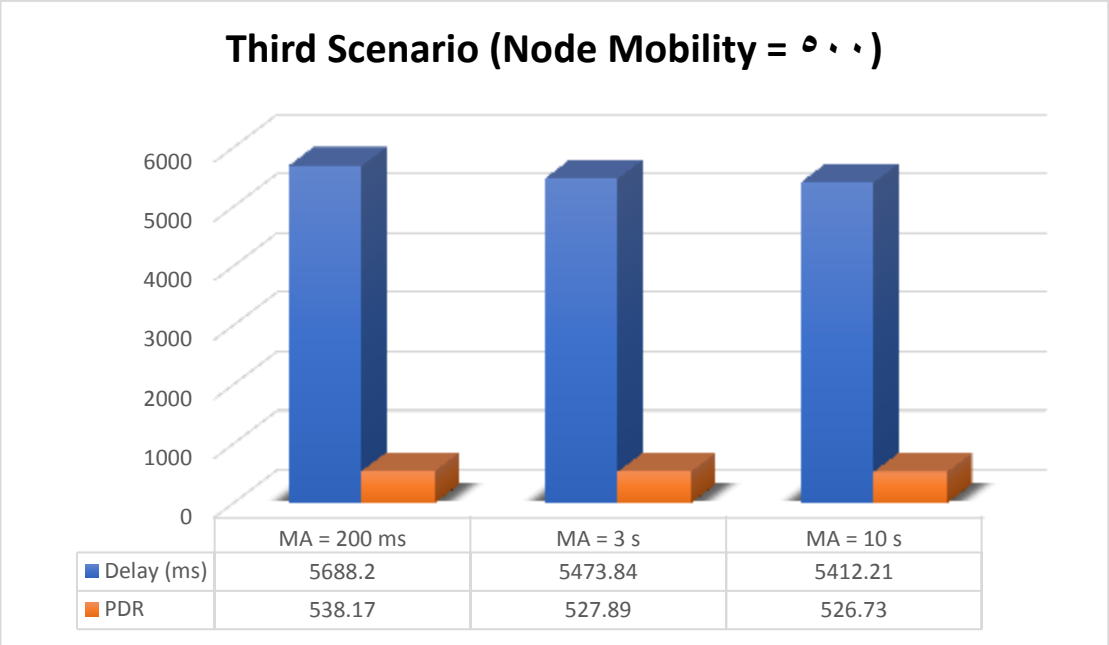


الشكل (3) سيناريو حركية العقد متوسطة

نلاحظ أن التأخير الزمني Delay يكون أصغر ما يمكن عندما تكون قيمة الفاصل الزمني بين إرسال رسالتي MA هو (3) ثانية ويعود السبب في ذلك إلى أنها قيمة متوافقة مع تغير حركية العقد مقارنة مع السيناريو السابق بحيث أنها ليست كبيرة فتؤدي إلى بطء في تحديث معلومات كل عقدة عن جيرانها، وليست صغيرة جداً فتؤدي إلى غمر الشبكة برسائل MA مما يقلل من عرض الحزمة المتاح وبالتالي يزيد من قيمة التأخير الزمني.

3. سيناريو حركية العقد كبيرة

يتضمن هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على (25) عقدة في الشبكة بوضع قيمة حركية الشبكة على (500) أي أن الحركية كبيرة وتغيير قيمة الفاصل الزمني بين كل رسالتي MA ليصبح (200ms, 3s, 10s) على الترتيب، ويبين الشكل (4) المقارنة من حيث التأخير الزمني Time Delay ومعدل توصيل الرزم Packet Delivery Ratio.



الشكل (4) سيناريو حركية العقد كبيرة

نلاحظ أن التأخير الزمني Delay يكون أصغر ما يمكن عندما تكون قيمة الفاصل الزمني بين إرسال رسالتي MA هو (10) ثانية ويعود السبب في ذلك إلى أنها قيمة متوافقة مع تغير حركية العقد مقارنة مع السيناريو السابق بحيث أنها مناسبة لملاحقة كل عقدة لتغيرات مواقع جيرانها دون أن تتسبب بازدحام الشبكة الناتج عن غمرها برسائل MA.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يمكن من خلال ملاحظة نتائج المقارنات بين قيم البارامترات المأخوذة بعين الاعتبار في السيناريوهات الثلاثة أنّ:

1. عندما تكون حركية العقد قليلةً يجب أن تكون قيمة الفاصل الزمني بين إرسال رسالتي MA كبيرةً نوعاً ما بحيث يتم التقليل من ازدحام الشبكة وتوفير عرض الحزمة من أجل إتاحة المجال لإرسال عدد أكبر من رسائل المعطيات عبر الشبكة.
2. يجب تقليل الفاصل الزمني بين إرسال رسالتي MA كلما زادت حركية العقد من أجل تحديث معلومات كل عقدة حول مواقع جيرانها بحيث تزداد كفاءة عملية التوجيه ويقل التأخير الزمني وبالتالي تزداد جودة الخدمة في الشبكة.
3. يمكن لمعدل توصيل الرزم أن يزداد في الشبكة عند عدم تحديث معلومات كل عقدة حول مواقع جيرانها من خلال تبادل رسائل MA، وبالتالي سوف تمرر الرسالة إلى عدد أكبر من العقد الوسيطة، أو من الممكن أن يزداد في حالة أخرى وهي التحكم في إرسال رسائل المزامنة MA Messages بحيث تؤمن المعلومات اللازمة لكل عقدة حول مواقع جيرانها دون التسبب في ازدحام الشبكة وإتاحة الفرصة لإرسال العقد لعدد أكبر من رسائل المعلومات وبالتالي زيادة معدل توصيل الرزم، ويمكن التمييز بين الحالتين في أن التأخير الزمني المصاحب لزيادة معدل توصيل الرزم يكون كبيراً في الحالة الأولى وصغيراً في الحالة الثانية.

التوصيات:

يمكن بعد الاطلاع على الاستنتاجات السابقة العمل على إضافة سيناريوهات أخرى تتضمن عدداً متغيراً من العقد وذلك بهدف اختبار أداء وفعالية الشبكة ومدى تحقيقها لعوامل جودة الخدمة، كما يمكن اختبار قيم أخرى لحركية العقد والفاصل الزمني بين إرسال رسالتي MA بحيث يتيح المجال لدراسة سلوك الشبكة بشكل ديناميكي أكثر.

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] S. Basagni,, M. Conti, S. Giordano, and I. Stojmenovic,, "Mobile Ad Hoc Networking," Wiley Inerscience, 2004

[16] D.O. Jörg, "Performance Comparison of MANET Routing Protocols In Different Network Sizes" Comp. Science Project, Institute of Comp. Science and Networks and Distributed Sys, University of Berne, Switzerland, 2013.

[17] S. Basagni,, M. Conti, S. Giordano, and I. Stojmenovic,, "Mobile Ad Hoc Networking," Wiley Inerscience, 2004

[18] S. K. Sarkar, T. G. Basavaraju and C. Puttamadappa, Ad-Hoc Mobile Wireless Networks, New York, 2008.

[19] Serhat ÖZEKES, "EVALUATION OF ACTIVE QUEUE MANAGEMENT," Istanbul Commerce University, Vocational School, Uskudar – ISTANBUL, pp. 123-140, 2005

[20] R. SAMHAN and A. KHOULANI, Performance Analysis of WLAN MAC, thesis Blekinge Institution of Technology MEE 10:91, November 30 2010

[21] R. Acharya, V. Vityanathan and P. R. Chellaih, "WLAN QoS Issues and IEEE 802.11e QoS Enhancement," International Journal of Copmuter Theory and Engineering, vol. 2,no. 1,pp. 143-149, February,2010.