Comparison between Traditional Wireless Vehicular Networks and Fog Computing-based Wireless Vehicular Networks

Dr. Ahmad saker Ahmad•
Dr. Hiba Amin haidar**
Duaa Akram Ghanem***

(Received 30 / 7 / 2024. Accepted 17 / 9 / 2024)

□ ABSTRACT □

With the advancement of technology and the growth of the number of smart cars, traditional VANETs face a number of technical difficulties due to lack of scalability and flexibility, and insufficient communication intelligence when deploying and managing them. Therefore, fog computing plays an important role in obtaining optimal solutions to the problems found in VANETs. Therefore, because of the importance of using fog computing in wireless vehicular ad hoc networks (VANETs), and due to the lack of research in the field of evaluating the performance of wireless ad hoc vehicular networks based on VANET based Fog Computing, in this research we studied the importance of using fog computing in the wireless vehicular ad hoc network environment, where a comparison was made. Between traditional wireless vehicular networks and wireless vehicular networks based on fog computing using the NS2.35 simulator in terms of a set of evaluation parameters, which are throughput, end-to-end delay, packet delivery rate, and the number of lost packets in the network, in order to know the features and positive effects that have been benefited from, and to know the impact of using Fog computing in wireless vehicular networks in terms of routing emergency messages, alleviating congestion, and sending data in real time. The use of fog computing in wireless vehicular networks has had an important impact in terms of reducing end-to-end delay and increasing productivity and packet delivery rate compared to traditional wireless vehicular networks.

Keywords: VANETs, Fog computing, VANET Fog Computing, Routing Protocol

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

• **Professor, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

•• **Assistant Professor, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

••• **Master student, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. duaaghanem@hotmail.com**

المقارنة بين شبكات المركبات اللاسلكية التقليدية وشبكات المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية

د. أحمد صقر أحمد•

د. هبة أمين حيدر••

دعاء أكرم غانم •••

(تاريخ الإيداع 30 / 7 / 2024. قُبِل للنشر في 17/ 9 / 2024)

□ ملخّص □

مع تقدم التكنولوجيا ونمو عدد السيارات الذكية، تواجه VANETs التقليدية عدداً من الصعوبات الفنية بسبب قلة قابلية التوسع والمرونة ، وعدم كفاية ذكاء الاتصال عند نشرها وإدارتها، لذلك تلعب الحوسبة الضبابية دوراً مهماً في الحصول على الحلول المثلى للمشاكل الموجودة في VANETs .

لذلك وبسبب أهمية استخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة VANETs ونظراً لقلة الأبحاث في مجال تقييم أداء شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة المعتمدة على الحوسبة الضبابية VANET based Fog Computing قمنا في هذا البحث بدراسة أهمية استخدام الحوسبة الضبابية في بيئة شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة،حيث تم المقارنة بين شبكات المركبات اللاسلكية التقليدية وشبكات المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية باستخدام محاكي NS2.35 من حيث مجموعه من بارامترات التقييم والتي هي الإنتاجية والتأخير نهاية لنهاية ، ومعدل إيصال الرزم ، وعدد الرزم المفقودة في الشبكة ، وذلك لمعرفة الميزات والتأثيرات الإيجابية التي تم الاستفادة منها ، ومعرفة تأثير استخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية من ناحية توجيه رسائل الطوارئ وتخفيف الازدحام، وإرسال البيانات في الوقت الفعلي ، حيث أنه كان لاستخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية تأثير مهم من ناحية تقليل التأخير نهاية لنهاية وزيادة الإنتاجية ومعدل إيصال الرزم مقارنة بشبكات المركبات اللاسلكية التقليدية.

الكلمات المفتاحية: شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة، الحوسبة الضبابية، شبكات المركبات اللاسلكية المعتمدة على الضباب، بروتوكولات التوجيه .

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

• أستاذ، قسم هندسة النظم والشبكات الحاسوبية، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

•• مدرس، هندسة النظم والشبكات الحاسوبية، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

••• طالبة ماجستير، هندسة النظم والشبكات الحاسوبية، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
duaaghanem@hotmail.com

مقدمة:

زاد عدد المركبات على الطرق بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية ومن المرجح أن يرتفع هذا العدد بسبب الزيادة في النمو السكاني وعدد المركبات التي يتم تصنيعها كل يوم حيث أن هذه الكثافة العالية من حركة المرور تؤدي إلى العديد من المشاكل أثناء نشر رسائل الطوارئ والذي هو مصدر قلق كبير بسبب الخصائص الديناميكية لشبكات VANETs ، التي تواجه تحديات كبيرة في نشر الرسالة عبر الشبكة كمشكلة عاصفة البث(broadcast storm problem) ومشكلة العقدة الخفية (problem hidden node) وتصادم الحزمة(collision Packet)

ترسل تطبيقات السلامة في VANET رسائل سلامة لتقديم المساعدة للسائقين لمنع الحوادث حيث أن هذه الرسائل تساعد السائقين أو السيارات على استلام معلومات مفيدة من أجل اتخاذ قرارات أكثر أمانًا، كما تحتوي السيارات المتصلة على نظام تحديد المواقع مثبت فيها من أجل توفير وظائف مختلفة للسيارات مثل الإرشاد الديناميكي للمسار والذي يستقبل معلومات حول الازدحام على الطريق القادم من خلال معلومات الخلية (مثل 4G، LTE أو3G) ويوصي ببدائل للسائقين.

في الآونة الأخيرة مع التقدم في الحوسبة الضبابية (Fog Computing)، يقوم الباحثون بتطبيق مفهوم الحوسبة الضبابية (Fog Computing) على نشر رسائل الطوارئ في الشبكات المخصصة للمركبات (VANETs) حيث تساعد الحوسبة الضبابية بتقريب إمكانيات الحوسبة والتخزين من حافة الشبكة، مما يسمح بمعالجة البيانات في الوقت الفعلي وتقليل زمن الوصول، كما تقوم بحل مشاكل الازدحام في شبكات المركبات والتي تتطلب السرعة في معالجة الرسائل، وإيصالها لتفادي حدوث التصادم والاختناقات المرورية.

أهمية البحث وأهدافه:

حوادث السير أصبحت مشكلة كبيرة تشغل الباحثين والأكاديميين والحكومات ومصنعي السيارات خلال السنوات القليلة الماضية حيث تحدث العديد من الحوادث والحالات الطارئة بشكل متكرر على الطرق. للأسف، تؤدي الحوادث إلى إصابات صحية، وتدمير بنية تحتية معينة وتعطيل حركة المرور بشكل سيئ، والأهم من ذلك أن هذه الأحداث تتسبب في وفاة مئات الآلاف من الأشخاص بسبب عدم الحصول على العلاج في الوقت المناسب. لذا، نحتاج إلى تطوير نظام طوارئ فعال وذكي لضمان وصول خدمة الإسعاف في الوقت المناسب إلى مكان الحادث من أجل تقديم المساعدة الطبية في الوقت المناسب للمصابين ومن هنا برزت أهمية استخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية لما لها من فائدة في نشر رسائل الطوارئ في الشبكة بسرعه كبيرة ، حيث أن الحوسبة الضبابية تعمل على تقريب عقد الضباب إلى المستخدمين النهائيين، مع العديد من المزايا في الوقت الحقيقي والخدمات الحساسة لزمن الوصول لتحسين معالجة البيانات وصنع القرار بحيث يمكن توفير خدمات الطوارئ بسرعة للحد من معدل الوفيات الناجمة.

ولذلك كان الهدف في هذا البحث المقارنة بين شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة VANETs ، وشبكات المركبات اللاسلكية المخصصة القائمة على الحوسبة الضبابية VANETs based fog computing من أجل معرفة أهمية استخدام الحوسبة الضبابية ، والفائدة التي قدمتها في تحسين أداء نظام نشر رسائل الطوارئ .

طرائق البحث ومواده:

تم تحضير بيئة الهدف المتمثلة بجهار حاسب بمواصفات جيدة وتشغيل المحاكي NS2.35، ويعد هذا المحاكي غنياً جداً بالعديد من مكونات وبروتوكولات الشبكات التي يتم التعبير عنها بشكل كائن Object، ويرتكز في عمله داخلياً على لغتين C++ وOTCL. إن NS هو اختصار لـ (Network Simulation) وهو محاكي خاص بالأحداث المتقطعة موجه إلى الأبحاث الشبكية، ومتاح للعموم، حيث يقوم بنمذجة النظام كأحداث نقوم بمحاكاتها وحيث أن كل حدث يحدث في لحظة زمنية افتراضية ويأخذ قيمة عشوائية من الزمن الحقيقي. وهو عبارة عن حزمة برمجية مفتوحة المصدر يمكن الحصول عليه من الموقع الرسمي [7]، وتم بناء هذا المحاكي ليعمل على منصة عمل لينوكس، كما يمكن أن يعمل على منصة عمل نظام ويندوز باستخدام بيئة خاصة، ويعد هذا المحاكي من أكثر المحاكيات الشبكية استخداماً كما تم استخدام المحاكي (SUMO) لتوليد حركة مرور للمركبات واستخدام الملف الناتج عن الحركة .

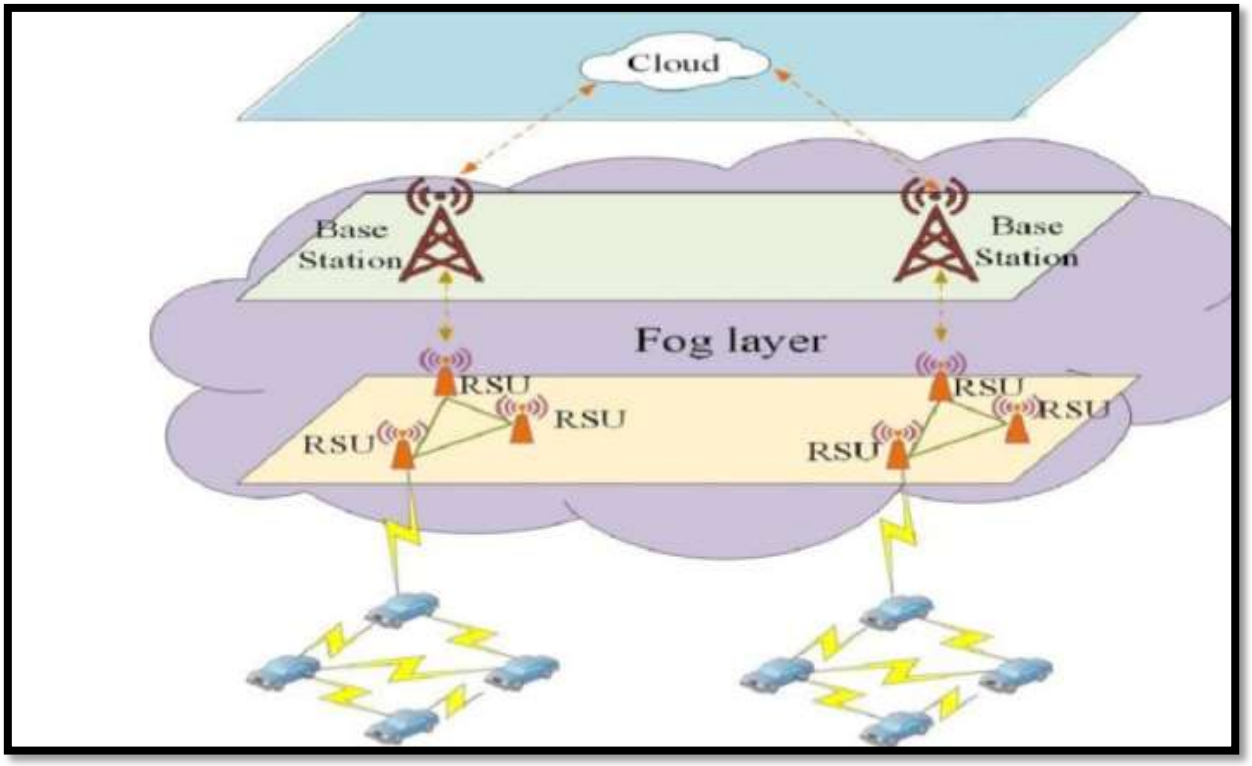
تمكّنا من محاكاة وبناء شبكة VANETS based fog computing باستخدام البرنامج (Ns-2.35)، وفق السيناريو المحدد، ومن ثمّ تتم عملية المحاكاة وإظهار النتائج.

1. شبكات المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية:

هي بنية تحتية للاتصالات والحوسبة تجمع بين تقنيتين ناشئتين: شبكات المركبات اللاسلكية (VANETs) والحوسبة الضبابية (fog computing) كما يظهر في الشكل (1)، إذ توجد العقد الضبابية [2] بين المركبات والسحابة وتوفر للمركبات القدرة على المعالجة والتخزين إذ أن شبكات المركبات تقنية حساسة للوقت تتطلب وقتًا أقل لمعالجة الطلب المستلم من المركبة.

في شبكة المركبات اللاسلكية المخصصة القائمة على الحوسبة الضبابية، تم تجهيز المركبات بأجهزة اتصال وأجهزة استشعار تمكنها من التواصل مع بعضها البعض ومع عقد الضباب المنتشرة على حافة الشبكة . توفر العقد الضبابية (Fog Nodes) موارد الحوسبة والتخزين، وتمكين معالجة البيانات وتحليلها في الوقت الفعلي والذي بدوره يقلل من التأخير والنطاق الترددي للخدمات المستندة إلى السحابة، ويتيح معالجة البيانات وتحليلها في الزمن الحقيقي.

شبكات المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية VFC (Vehicular fog computing) قدمت مرونة (flexibility) أكبر، وتنقل (mobility) أفضل، وتأخير (latency) أقل، من خلال السماح بأن تكون الموارد والخدمات مستضافة بالقرب من الأجهزة الطرفية (end devices).



الشكل (1) شبكات Vehicular fog computing

2.الدراسات المرجعية:

تعد شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة VANETs المعتمدة على الحوسبة الضبابية من أهم المواضيع التي حظيت باهتمام كبير في الفترة الأخيرة، وذلك لأهميتها في ظل التزايد الكبير في عدد المركبات، وضرورة تبادل البيانات والرسائل فيما بينها بسرعة كافية لتجنب حدوث أي تصادمات.

حيث قام الباحثون في [1] بمناقشة الميزات الرئيسية لشبكات المركبات اللاسلكية المخصصة .VANETs ، والتي تشمل خصائصها وتطبيقاتها وتحدياتها، ووجدوا أن الازدحام يمثل تحديًا كبيرًا في شبكات المركبات بسبب الطبيعة الديناميكية لطوبولوجيا الشبكة والتنقل العالي ، وأن الحوسبة الضبابية تعد مجالًا بحثيًا نشطًا للشبكات ذات زمن الوصول المنخفض مثل شبكات VANET، كما سلط الباحثون في [2] الضوء على تكامل تقنيات الحوسبة الضبابية وشبكات الجيل الخامس كحل لتحسين أنظمة النقل في المدن الذكية، واقترح الباحثون في [3] حوسبة الضباب كحل لمواجهة مجموعه من التحديات مثل زمن الوصول العالي، وقدرات المعالجة، والتخزين المحدودة للمركبات أما في [4] ناقش الباحثون الازدحام في البنية التحتية لشبكات المركبات اللاسلكية المخصصة .VANET ، بما في ذلك روابط الاتصال بين المركبات و RSU وعقد الضباب، ودرسوا إمكانية حدوث الازدحام بالقرب من وحدات RSU

كما درس مجموعة من الباحثين الأمن في شبكات المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية VFC ، إذ اقترح الباحثون في [5] بروتوكول استعلام لنشر البيانات بشكل آمن في الشبكات المعتمدة على الحوسبة الضبابية ، كما ناقش الباحثون في [6] النشر الفعال للمعلومات الذي يعد حجر الزاوية في الاتصال في شبكات (VANETs) حيث أن تجنب عاصفة البث أحد التحديات الكبيرة في تطوير تقنية نشر فعالة لشبكات المركبات اللاسلكية المخصصة . VANETs ، وناقش الباحثون في [7] تطبيقات الزمن الحقيقي كتبادل معلومات الازدحام بين

المركبات، ومركز قيادة الازدحام (traffic command center) وقام الباحثون في [8] بالمقارنة بين بروتوكولات نشر الرسائل في شبكات المركبات اللاسلكية المخصصة المعتمدة على الحوسبة السحابية (Vehicular Cloud Computing) وشبكات المركبات اللاسلكية المخصصة المعتمدة على الحوسبة الضبابية (Vehicular Fog Computing) لمعرفة نقاط القوة والضعف في كلا النوعين .

المحاكاة وإظهار النتائج:

النتائج والمناقشة:

تتكون المحاكاة من عدة مراحل نوردها كما يلي:

نحاول من خلال المحاكاة التي قمنا بها باستخدام المحاكي NS2.35 معرفة أهمية استخدام الحوسبة الضبابية لنشر رسائل الطوارئ في بيئة شبكات المركبات اللاسلكية ، والميزات التي وصلنا إليها بعد استخدام هذه التقنية حيث قمنا بالتعديل على بيئة المحاكي NS2.35 ليدعم استخدام الحوسبة الضبابية عن طريق استخدام باتش (patch) لتحويل وحدات جانب الطريق التقليدية RSU إلى وحدات جانب الطريق القائمة على الضباب RSU based fog ، كما تم استخدام المعيار IEE802.11p للتواصل بين المركبات ووحدات الطريق الجانبية، وتم الاستفادة من المحاكي sumo المفتوح المصدر لمحاكاة حركة المركبات لتنفيذ سيناريو واقعي، حيث تم استيراد ملف تتبع الحركة الناتج إلى ملف TCL الذي يتم فيه تنفيذ المحاكاة.

1. سيناريو المحاكاة:

أجريت جميع عمليات المحاكاة باستخدام برنامج NS-2.35 على شبكة مؤلفة من مجموعه من العقد متوضعه عشوائياً ضمن رقعة جغرافية 2000m X 1000m وتم اختيار مساحة الرقعه لتكون متناسبه مع مدى الارسال للوحدات الجانبية RSU. وقد تم اختيار نموذج التنقل إذ تتحرك كل المركبات بسرعة محددة مسبقاً وهي 60km/h لقد تم إجراء المحاكاة وفق سيناريوهين:

السيناريو الأول: إنشاء شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية المكونة من 20 عقدة (مركبة)، و (2RSU) حيث أن هاتين العقدتين تتصلان بمزود الخدمة(Server).

السيناريو الثاني: إنشاء شبكة المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية المكونة من 20 عقدة (مركبة) و 2) (FOG_RSU حيث أن هاتين العقدتين تتصلان بمزود الخدمة (Server).

كما تم بعد ذلك زيادة العقد الى 30 عقدة في كل من السيناريو الأول والثاني لمعرفة تأثير زيادة عدد العقد على الشبكة.

إن ملف الخرج في السيناريو الأول هو r–duaa ، أما ملف الخرج المتولد عن السيناريو الثاني هو r–fog، حيث تم تحليل ملفي الخرج الناتجين عن عملية المحاكاة لمعرفة النتائج ، ونقاط الضعف والقوة في كل سيناريو حيث تم التقييم من أجل بارامترات التقييم التالية :

- **نسبة تسليم الحزمPacket delivery ratio (PDR)**:

يعرف هذا المعيار بأنه عدد الحزم المرسلة على عدد الحزم المستلمة ، حيث يعد PDR معيار مهم لتحديد مستوى الازدحام في الشبكة و تتراوح قيمة PDR بين 0 و 1 ، حيث كلما ارتفعت قيمة PDR يعني ذلك إمكانية وصول المزيد من الحزم إلى الوجهة حيث تعني القيمة 1 بالنسبة للمعيار PDR ، أن جميع الحزم المرسلة قد وصلت إلى الوجهة وعكس ذلك بالنسبة للقيمة الصفرية.

يتم حساب المعيار بواسطة العلاقة الرياضية التالية [17]:

$$PDR = \frac{\sum Number\ of packets\ received\ by\ the\ CBR\ destinations}{\sum Number\ of\ packets\ sent\ by\ the\ CBR\ sources}$$

- **التأخير من طرف إلى طرفEnd-to-end delay :**

يشير التأخير من طرف إلى طرف أو التأخير أحادي الاتجاه **إلى** الوقت المستغرق لإرسال الحزمة عبر شبكة من المصدر إلى الوجهة ، ويختلف عن وقت الرحلة ذهابا وإيابا (RTT) من حيث أنه يتم قياس المسار في اتجاه واحد فقط من المصدر إلى الوجهة، حيث أن التأخير من طرف إلى طرف لكل حزمة هو مجموع التأخيرات التي حدثت في سلسلة من العقد الوسيطة في الطريق إلى الوجهة .

كما يمكن حساب **التأخير من طرف إلى طرف** لشبكة **(EtoEd)** كما يلي [17]:

$$d_{end-to-end} = d_{processing} + d_{queuing} + d_{transmission} + d_{propagation}$$

حيث dprocessing هو الوقت الذي تستغرقه العقدة (مثل جهاز التوجيه) لمعالجة رأس الحزمة، وتحديد مكان توجيه الحزمه ، أما Dqueuing هو الوقت الذي تقضيه الحزمة منتظرة في مخزن مؤقت قبل أن يتم نقلها عبر الوصلة، بينما dtransmission هو الوقت الذي يستغرقه دفع جميع البتات من الحزمة على الوصلة حيث يحسب عن طريق جداء طول الحزمة (L) وعرض النطاق الترددي للرابط (R) ، وأخيرا" dpropagation هو الوقت الذي يستغرقه البت للسفر من عقدة إلى أخرى حيث يعتمد على المسافة بين العقدتين (D) وسرعة الانتشار للرابط (S) ويحسب عن طريق جداء المسافة بين العقدتين (D) وسرعة الانتشار للرابط(S) .

- الإنتاجية **Throughput :**

الإنتاجية هي عدد الحزم المستلمة التي يتم إرسالها من المصدر إلى الوجهة خلال واحدة الزمن (زمن المحاكاة)، حيث أنه إذا كانت الإنتاجية منخفضة، فهذا مؤشر إلى أن الشبكة مزدحمة كما تتناسب الإنتاجية ومتوسط التأخير عكسيًا مع بعضهما البعض، فإذا كان أحدهما أعلى يصبح الآخر أقل تلقائيًا كما أنه كلما كانت الإنتاجية أعلى كان وضع الشبكة أفضل .

تحسب بالعلاقة الرياضية التالية [18] :

$$Average\ Throughput = \frac{\sum Number\ of\ packets\ recived\ by\ the\ CBR\ destinations}{Simulation\ time}$$

كما يظهر الجدول (1) بارامترات المحاكاة المستخدمة :

الجدول (1) يظهر بارامترات المحاكاة

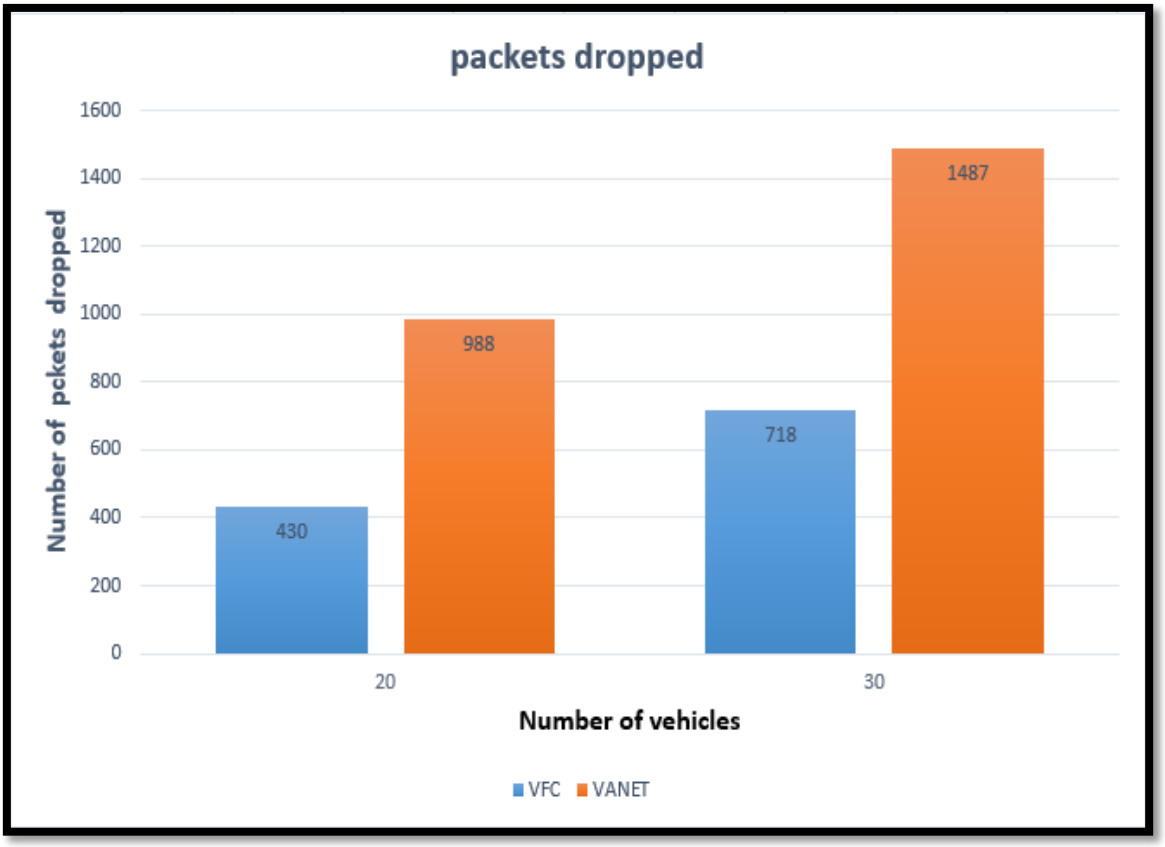
Operating system	Linux (UBUNTU 14.04)
Network Simulator	NS-2.35
Total number of nodes	20 ,30 nodes
Packet size	1024 byte
Mac Layer	IEEE802.11p
Velocity threshold	60km/h
Traffic-Type	UDP/CBR
Transmit power	0.005 W
Environment Size	2000m X 1000m

النتائج والمناقشة:

نلاحظ من الشكل (2) الذي يظهر المقارنة بين شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية (السيناريو الأول) ، وشبكة المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية (السيناريو الثاني) من ناحية عدد الرزم المفقودة packets dropped أن عدد الرزم المفقودة في في شبكة VANET التقليدية 988 رزمة، بالتالي ستكون نسبة ضياع الرزم هي 24.37 % ،أما في السيناريو الثاني في حالة شبكة VANET based fog computing فكان عدد الرزم الضائعة هو 430 أي مايعادل نسبة 11.31% .

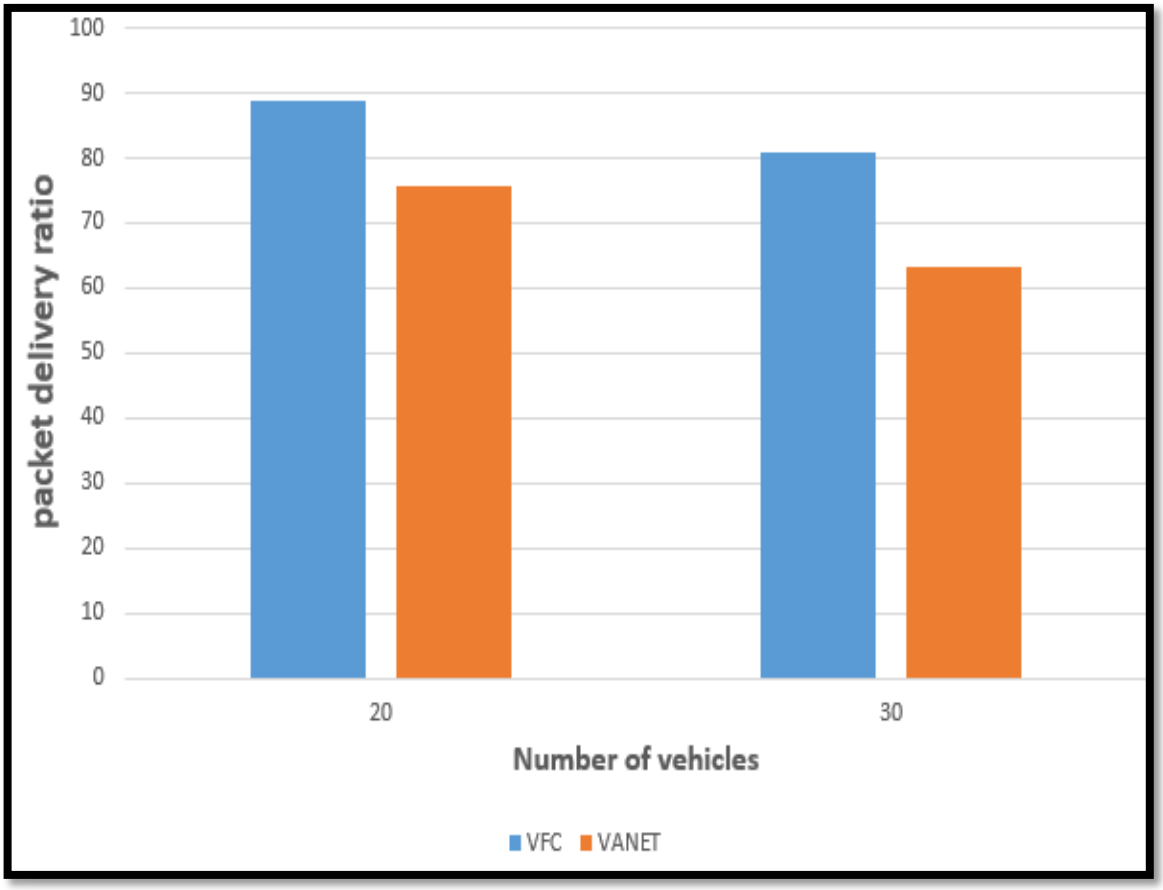
أي أن هناك تحسن واضح يصل الى مقدار 13.06% وهي نسبة جيدة جداً تنعكس بشكل واضح على أداء تطبيقات شبكات VANETs ، وبالأخص التطبيقات الحساسة لفقدان الرزم .

نلاحظ من الشكل (2) أيضا أنه عند زيادة عدد العقد في الشبكة الى 30عقدة (مركبة) كان عدد الرزم المفقودة في شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية 1487رزمة، أما في شبكة المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية هو 718 رزمة ، وهذا يشير الى أهمية استخدام الحوسبة الضبابية في شبكة المركبات اللاسلكية لتقليل فقدان الرزم عند زيادة عدد المركبات في الشبكة.



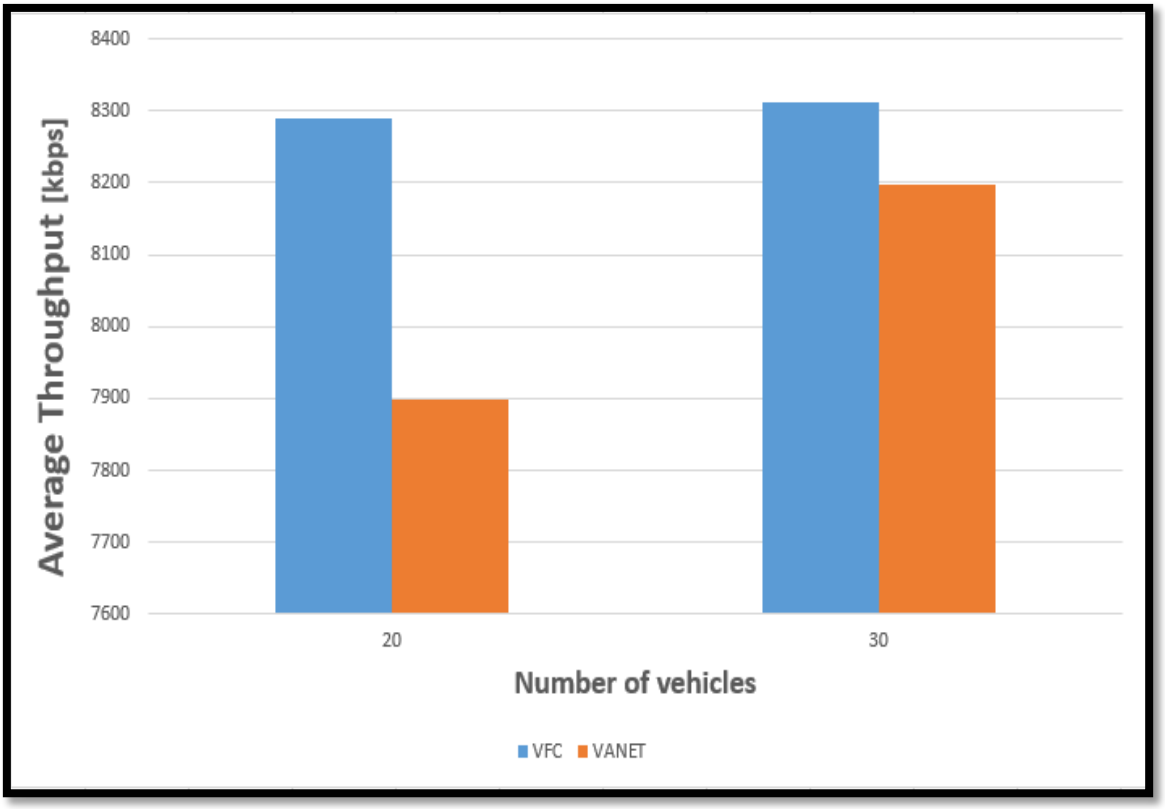
الشكل (2) المقارنة بين السيناريو الأول والثاني من حيث فقدان الرزم

أما من ناحية معدل إيصال الرزم(PDR) (packet deilvery ratio) والتي هي عدد الحزم المرسلة على عدد الحزم المستلمة . تعد PDR [12] معلمة مهمة لتحديد مستوى الازدحام في الشبكة نلاحظ من الشكل (3) أن معدل إيصال الرزم في حالة شبكة المركبات التقليدية (السيناريو الأول) 75.63% ، أما في حالة شبكة المركبات المعتمدة على الحوسبة الضبابية (السيناريو الثاني) أصبحت 88.7% وهذا يشير الى تحسن واضح في معدل إيصال الرزم بعد تطبيق الحوسبة الضبابية ، كما نلاحظ أيضا أنه رغم زيادة عدد العقد في الشبكة بقي معدل إيصال الرزم في شبكة المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية أعلى من معدل إيصال الرزم في شبكة المركبات التقليدية حيث أننا حصلنا على معدل إيصال رزم في شبكة المركبات التقليدية 63.32 % بينما ارتفع معدل إيصال الرزم في شبكة المركبات المعتمدة على الحوسبة الضبابية الى 80.92 %، وهذا يؤكد فائدة استخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية ، لما لها من أهمية في زيادة معدل إيصال الرزم وتبادل الرسائل بين العقد في الشبكة .



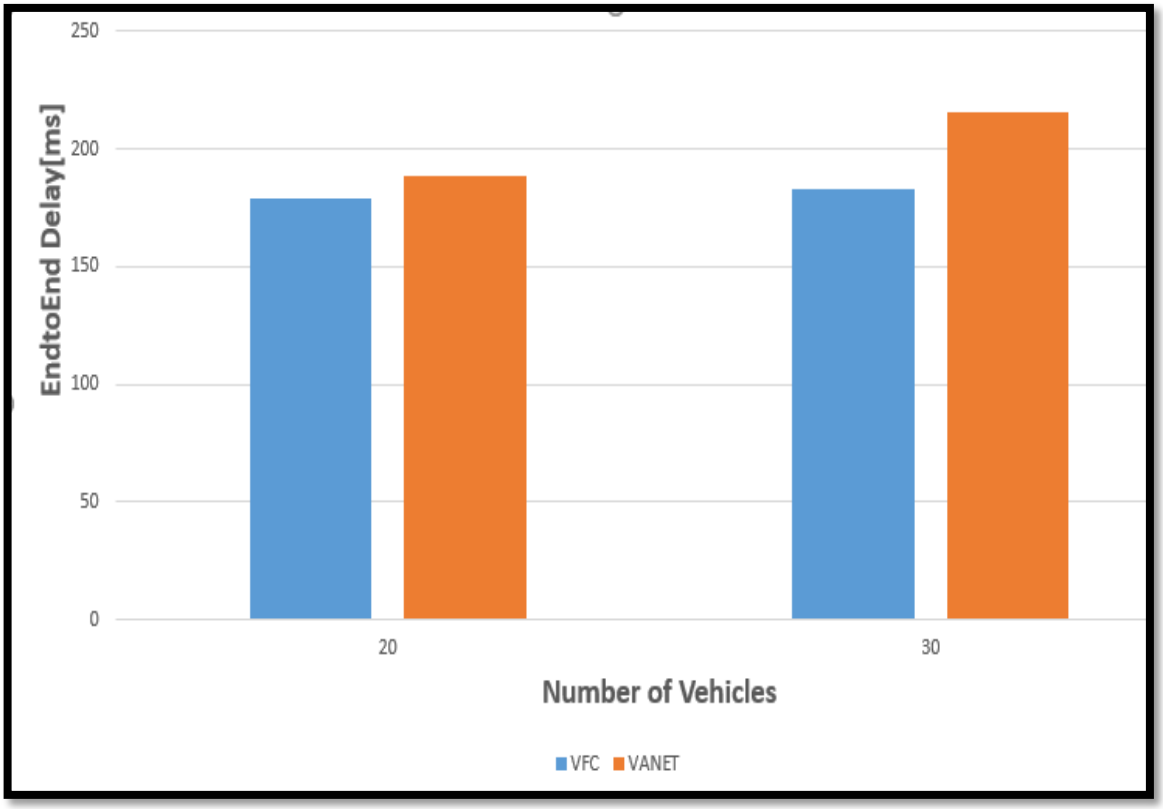
الشكل (3) المقارنة بين السيناريو الأول والثاني من حيث معدل إيصال الرزم

أما بالنسبة لمعدل الإنتاجية والتي هي عدد الحزم المستلمة والتي يتم إرسالها من المصدر إلى الوجهة [15] نلاحظ من الشكل (4) أن معدل الإنتاجيه في حالة شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية 7899.26kbps ، أما في شبكة المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية أصبحت 8290.44 kbps. كما نلاحظ أيضا أنه بزيادة عدد العقد في الشبكة كان معدل إنتاجية شبكة المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية 8311.47 kbps أعلى منه في شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية 8197.95 kbps، وبالتالي أهمية استخدام الحوسبة الضبابية للحصول على إنتاجية أفضل على الرغم من زيادة عدد العقد في الشبكة.



الشكل (4) المقارنة بين السيناريو الأول والثاني من حيث معدل الإنتاجية .

وفيما يخص التأخير الزمني طرف لطرف والذي يشير [14] إلى الوقت المستغرق لإرسال الحزمة عبر شبكة من المصدر إلى الوجهة ، نلاحظ من الشكل (5) أن التأخير نهاية لنهاية في شبكات المركبات التقليدية (السيناريو الأول) 188.821 ms ، أما في شبكات المركبات المعتمدة على الحوسبة الضبابية(السيناريو الثاني) انخفض التاخير بشكل واضح ليصبح 179.268 ms. وفي حالة زيادة عدد العقد الى 30 عقدة نلاحظ أنه في شبكة المركبات التقليدية ارتفع التأخير نهاية لنهاية بشكل واضح حيث أنه 215.189 ms، بينما انخفضت قيمة التأخير في الشبكة الى 183.219 ms في شبكة المركبات المعتمدة على الحوسبة الضبابية.



الشكل (5) المقارنة بين السيناريو الأول والثاني من حيث التأخير نهاية لنهاية

الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا في هذا البحث بالمقارنة بين شبكة المركبات اللاسلكية التقليدية وشبكة المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية من أجل تطبيق نشر رسائل الطوارئ لمعرفة أهمية استخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية وأثبتنا من خلال نتائج المحاكاة باستخدام بيئة المحاكاة NS–2.35 ما يلي:

1. سمحت شبكات المركبات اللاسلكية المعتمدة على الحوسبة الضبابية بالحصول على تحسن واضح في معدل إيصال الرزم على الرغم من زيادة عدد العقد في الشبكة ، كما خفض استخدام تقنية الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية من عدد الرزم المفقودة في الشبكة مقارنة بشبكات المركبات اللاسلكية التقليدية ، وهذا التحسين انعكس بشكل إيجابي على تطبيق نشر رسائل الطوارئ ، والذي يجب أن تكون فيه عدد الرزم المفقودة أقل مايمكن لأن فقدان الرزم يؤثر بشكل سلبي على سرعة عمليات الإنقاذ والإغاثة.
2. قلل استخدام الحوسبة الضبابية من التأخير نهاية لنهاية في شبكة المركبات اللاسلكية، وكان لذلك تأثير مهم على سرعة نشر رسائل الطوارئ وتقليل الوقت اللازم للاستجابة.
3. حققت شبكات المركبات القائمة على الحوسبة الضبابية إنتاجية أفضل من شبكات المركبات اللاسلكية التقليدية بالرغم من زيادة عدد المركبات في الشبكة.

4. وبالنتيجة، فإننا نوصي باستخدام الحوسبة الضبابية في شبكات المركبات اللاسلكية لما لها من تأثير إيجابي على نشر رسائل الطوارئ من خلال تحسين الاستجابة، وتقليل التأخير، وعدد الرزم المفقودة في الشبكة، وتحسين الاتصال والتنسيق والاستجابة في الوقت الفعلي.

الأعمال المستقبلية:

في المستقبل، من الممكن استخدام تقنيات تعلم الآلة لنشر الرسائل في شبكة المركبات اللاسلكية القائمة على الحوسبة الضبابية، كما يمكن تطبيق تقنيات تعلم الآلة بين المركبات المتصلة بما في ذلك أشجار القرار وتجمعات أشجار القرار والشبكات العصبونية حيث سيفيد استخدام تعلم الآلة في بث الرسائل بمراقبة المسار بشكل دوري ونقل الرسالة عبر مسار محسن.

References:

[1] B. Shabir, M. A. Khan, A. U. Rahman, A. W. Malik and A. Wahid, "Congestion Avoidance in Vehicular Networks: A Contemporary Survey," in IEEE Access, vol. 7, pp. 173196-173215, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2955142.

[2] Farooqi, Abdul Majid & Alam, Afshar & Hassan, Syed & Idrees, Sheikh. (2022). A Fog Computing Model for VANET to Reduce Latency and Delay Using 5G Network in Smart City Transportation. Applied Sciences. 12. 2083. 10.3390/app12042083.

[3] H. A. Khattak, S. U. Islam, I. U. Din and M. Guizani, "Integrating Fog Computing with VANETs: A Consumer Perspective," in *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 3, no. 1, pp. 19-25, March 2019, doi: 10.1109/MCOMSTD.2019.1800050.

[4] A. Ullah, S. Yaqoob, M. Imran and H. Ning, "Emergency Message Dissemination Schemes Based on Congestion Avoidance in VANET and Vehicular FoG Computing," in IEEE Access, vol. 7, pp. 1570-1585, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2887075.

[5] Q. Kong, R. Lu, M. Ma, and H. Bao, ``A privacy-preserving and veriable querying scheme in vehicular fog data dissemination," IEEE Trans. Veh.Technol., vol. 68, no. 2, pp. 1877 ،1887Feb. 2019.

[6] S. Ullah et al.:' RBO-EM: Reduced Broadcast Overhead Scheme for Emergency Message Dissemination in VANETs' IEEE Access ،Vol. 8.October 6, 2020

[7] M. A. Javed, N. S. Na, S. Basheer, M. A. Bivi, and A. K. Bashir, ``Fog_assisted cooperative protocol for traffic message transmission in vehicular networks," IEEE Access, vol. 7, pp. 1661482019 ،166156.

[8]A. Paranjothi , M. Atiquzzaman, and ,M. S. Khan " Message Dissemination in Connected Vehicles" IEEE, CRC Press, 2020

[9]Harjit Singh; Vijay Laxmi; Arun Malik; Isha, "Fog Computing as Future Perspective in Vehicular Ad hoc Networks," in *Fog, Edge, and Pervasive Computing in Intelligent IoT Driven Applications* , IEEE, 2021, pp.177-192, doi: 10.1002/9781119670087.ch10.

[10]Gaouar, Nihal & Lehsaini, Mohamed. (2021). Toward vehicular cloud/fog communication: A survey on data dissemination in vehicular ad hoc networks using vehicular cloud/fog computing. International Journal of Communication Systems. 34. 10.1002/dac.4906.

[11]Nampally, Venkata & Raghavender Sharma, Mamillapally. (2018). Information Sharing Standards in Communication for VANET.

[12]http://www.isi.edu/nsnam/ns/.

[13] Husain, Akhtar & Kumar, Brajesh & Doegar, Amit. (2010). A Study of Location Aided Routing (LAR) Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks in Highway Scenario.

International Journal of Engineering and Information Technology. 2. 118-124. Husain, Akhtar & Kumar, Brajesh & Doegar, Amit. (2010). A Study of Location Aided Routing (LAR) Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks in Highway Scenario. International Journal of Engineering and Information Technology. 2. 118-124.

[14] Seliem, Hafez & Shahidi, Reza & Ahmed, Mohamed Hossam & Shehata, Mohamed. (2019). On the End-to-End Delay in a One-Way VANET. IEEE Transactions on Vehicular Technology. PP. 1-1. 10.1109/TVT.2019.2916936.

[15] Fazio, Peppino & Tropea, Mauro & Veltri, Fiore & Marano, Salvatore. (2012). A New Routing Protocol for Interference and Path-Length Minimization in Vehicular Networks. 10.1109/VETECS.2012.6240292.

[16] B. Amina and E. Mohamed, "Performance Evaluation of VANETs Routing Protocols Using SUMO and NS3," *2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt)*, Marrakech, Morocco, 2018, pp. 525-530, doi: 10.1109/CIST.2018.8596531.

[17]http://www.isi.edu/nsnam/ns/.

[18] Fazio, Peppino & Tropea, Mauro & Veltri, Fiore & Marano, Salvatore. (2012). A New Routing Protocol for Interference and Path-Length Minimization in Vehicular Networks. 10.1109/VETECS.2012.6240292.