مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(10) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (10) 2022

تحسين الاتصال في شبكاتVANET باستخدام نموذج مرشدات المجموعة الديناميكية

نيرمين نظير عقول*

(تاريخ الإيداع 2022/8/9 . قُبِل للنشر في 2022/10/23)

□ ملخّص□

يتطلب تحقيق الفائدة القصوى من خدمات شبكات VANET زيادة كفاءة الاتصالات بين المركبات (V2V vehicle–to–vehicle) من جهة وبين المركبات والبنية التحتية للشبكة(V2I vehicle–to–infrastructure) من جهة أخرى، وذلك من خلال تحسن التواصل بين هذه المكوّنات من خلال المرشدات اللاسلكية Beacons. للمرشدات اللاسلكية تأثير شديد على حمولة طبقة التطبيقات من جهة، وحاجتها إلى مستوى أمان مرتفع عند استخدامها في كثير من التطبيقات والخدمات. ونظرًا للنفقات الكبيرة لتحقيق المصادقة باستخدام المفتاح العام للبنية التحتية (PKI– Public–Key Infrastructure) والمنافسة الشديدة بين المركبات عند تطبيق بروتوكول CSMA/CA (carrier sense multiple access/collision avoidance) وخاصة في الشبكات المزدحمة والتي تؤثر سلبًا على معدل النقل في الشبكة، حيث تم اقتراح نموذجًا لتشكيل مجموعات من المركبات لا تلعب الوحدات الطرقية (Road Side Units–RSUs) دورًا في تشكيلها، بل تُشكل بطريقة موزعة بالكامل ليكون لكل منها قائد. تُحدد المركبات الأعضاء والمركبة القائدة وتحدث بناء على تقدير حالة القناة وقوة الإشارة بين المركبات. تتبادل في هذا النموذج كل مركبة حالتها مع قائد المجموعة فقط الذي يوصل بدوره حالة المجموعة إلى وحدات RSU وذلك في إطار عمل لامركزي دون مساعدة البنية التحتية بهدف تقليل المنافسة على أقنية الاتصال بين المركبات وحصر مهمة إرسال حالة المجموعة بمركبة واحدة.

بُنيت النماذج الرياضية لتحليل أداء النموذج بناءً على حالة المجموعة ككل والحالات الفردية. وأظهر التحليل العددي تفوق المكاسب الناتجة عن استخدام المجموعات بالمقارنة مع الاتصالات المفردة التي تقوم بها المركبات، إذ دلت النتائج على زيادة في السعة العظمى للأقنية (maximum availability) بنسبة 32٪، وانخفاضًا في معدل الفقد (lost rate) إلى 92٪.

الكلمات المفتاحية: شبكات VANET، المرشدات اللاسلكية، بروتوكول CSMA/CA ، معدل الفقد، مفتاح PKI

*مهندسة في كليّة هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس– سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(10) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (10) 2022

Enhancing VANET interconnections using dynamic group beacons

Nermin Nather Akkoul *

(Received 9/8/ 2022 . Accepted 23/10/ 2022)

□ ABSTRACT

Achieving the maximum benefit from VANET network services requires an increasing in the efficiency of communication between vehicles and vehicles-network infrastructure. this could be achieved through improved communication between these components by beacons. beacons have significant impact on application layer payload and they need high level of security when used in many applications and services. Due to the large expenditures to achieve PKI-Public-Key Infrastructure authentication and the intense competition between vehicles when implementing CSMA/CA, especially in congested networks, and its negative effects on network throughput. to solve this issue, we proposed a model that forms groups of vehicles without any interference from road side units Groups are formed in a fully distributed way, with each having a leader. The member and lead vehicles are identified and updated based on channel estimations and signal strength between vehicles. In this model, each vehicle exchanges its state with the group leader only, who in turn delivers the group state to the RSUs in a decentralized framework without the help of the infrastructure in order to reduce competition for communication channels between vehicles, and limit the task of sending the group state to one vehicle.Mathematical models are built to analyze model performance based on group scenario and individual vehicles scenario.The numerical analysis showed that benefits of using groups outweighed the benefits of using single connections for each vehicle. Results indicated an increase in the maximum availability of channels by 32%, and a decrease in the lost rate to 92%.

Key Words: VANET networks, Beacons, CSMA/CA protocol, lost rate, PKI key.

* Engineer at the Faculty of Information and Communication Technology- Tartous University, Syria.

1-المقدمة

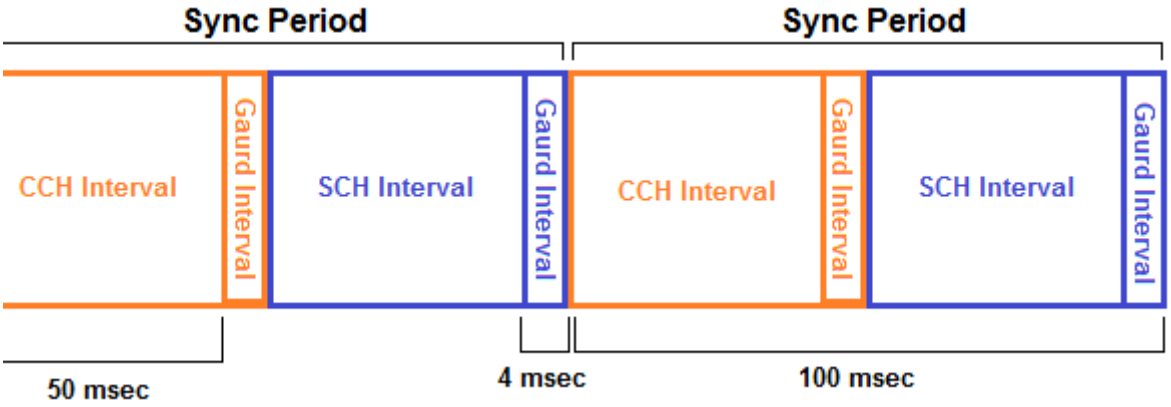
تنسق المركبات المستقلة فيما بينها ومع البنية التحتية في شبكات VANETs لتوفير الإطار التعاوني الذي يساعد في تجنب الحوادث إلى جانب توفير المعلومات حول المحيط وخدمات ترفيه السائقين.

تدعم شبكات VANETs تطبيقات متنوعة مصممة للمركبات المتنقلة ضمن الشبكة وتصنف بشكل أساسي على أنها تطبيقات تتعلق بالسلامة safety apps وغير المتعلقة بالسلامة non-safety apps، لا تحتاج التطبيقات غير المتعلقة بالسلامة إلى معالجتها مباشرة بالزمن الحقيقي، فهي مخصصة لتزويد السائقين بخدمات المعلومات والترفيه كحالة الطقس وأسعار صرف العملاء والأخبار كما تؤمن اتصالهم بالإنترنت لمختلف الأغراض [1] [2][3].

تستخدم شبكات VANET بروتوكول الاتصال IEEE 802.11p، وهي النسخة المخصصة للمركبات من بروتوكول IEEE 802.11 ويصف الطبقات الفيزيائية للشبكة وطبقة البيانات كما يدعم عملية نقل البيانات بأدنى تأخير ممكن كي يدعم النطاق الطيفي (Dedicated Short range Communications – DSRC) المخصص للاتصالات القصيرة والمتوسطة المدى التي تناسب حاجة مركبات VANET

يتكون النطاق الطيفي DSRC من7 قنوات هي 6 قنوات خدمة Service CHannel(SCH) وقناة تحكمControl CHannel (CCH)، وتخصص قناة التحكم لبث رسائل السلامة ذات الأولوية العالية فقط وبعض رسائل إعلان التحكم التي تعلن عن خدمة على قنوات SCH لأغراض غير متعلقة بالسلامة. لذلك يتعين على جميع المركبات التي من شأنها أن تُصدر إشارات دورية لحالتها الالتقاء بنفس قناة CCH في نفس الوقت لتتمكن من التواصل مع بعضها. ولضبط المزامنة في الاتصال كي تتواجد المركبات على نفس القناة، أدخل مفهوم تقسيم الزمن (time division) الذي يمكن للمركبات من خلاله التبديل بين نوعين من القنوات.

وبالمزامنة مع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بمعدل تحديث افتراضي للموقع يؤمن البروتوكول الموسّع DCR-160904 تقسيم فترة المزامنة إلى فترتين: الأولى CCH والثانية SCH كما هوموضح بالشكل(1) ، وتضم كل فترة ما يُدعى بفترة الحماية (Guard Interval)[4][5].



الشكل(1): فترات المزامنة بين قناتي الخدمة SCH والتحكمCCH

تبقى المركبة على قناة التحكم CCH طالما لا وجود لخدمات أو إعلانات على قناة الخدمة أو أن الخدمة المعلن عنها ضمن قناة التحكم لا تتعلق بهذه المركبة. عندما ترغب المركبة بتبديل القناة من CCH إلى SCH سيكون ذلك عند انتهاء فترة القناة CCH أو عند وصول إعلان الخدمة مباشرة. يستغرق عرض موضوع الخدمة عدة أدوار مزامنة وعلى المركبة الانتظار حتى وصول دورة المزامنة على CCHللعودة إليها[4][5].

يحدد بروتوكول CSMA / CA كيفية وصول المركبات إلى القناة عبر النطاق الطيفي DSRC، إذ تعتمد كل مركبة على آليات أساساها (استشعار الناقل والتراجع)، لهذا سيكون أمام السيارة فترتي انتظار قبل أن تتمكن من التقاط قناة CCH أو SCH لبث إشارة المرشد اللاسلكي أو رسالة غير متعلقة بالسلامة.

تستشعر المركبة حالة قناة البث إن كانت شاغرة IDLE أو مشغولة NIDLE خلال فترة زمنية تُدعى (DIFS) أو الفاصل الزمني في بروتوكول DCF ففي حال كانت القناة شاغرة تتراجع المركبة عن البث لفترة زمنية مختارة عشوائيًا ضمن نافذة محددة مسبقًا ثم تبث رسالتها، لكنها ستزيد مدة التراجع إن لم تجد القناة شاغرة لتبث مجددًا عندما تصبح شاغرة [6] وتقدر فترات التراجع والاستشعار بالميكرو ثانية.

وطالما أن المركبات ستتواصل مع غيرها ومع البنية التحتية أو الوحدات الطرقية، فلا بد ضمان وصول المعلومات وسلامتها دون أي تأخير غير محسوب ولهذا تبعاته الأمنية الهامة التي دفعت لتبني البروتوكول DCR-160904البنية التحتية للمفتاح العام PKI والتي استعارها هذا البروتوكول بعد نجاحها في عالم الإنترنت وتتولي مسؤولية متطلبات الأمان والاستيثاق وسلامة المعطيات.

تسجل المركبات في إطار PKI لدى سلطة تصديق موثوق بها (CA) تضع مسبقًا في كل مركبة وحدة تُدعى (OBU-On Board Unit). تقود هذه اللوحة عملية التحقق والاستيثاق Authentication لكن معلوماتها تُضاف إلى ترويسة المرشد اللاسلكي الذي تبثه المركبة مما يسبب زيادة في حجم الرسالة وتأخيرًا في الإيصال وهذه الترويسة موضحة في الجدول(1).

الجدول(1): تفصيل حجم ترويسة المرشد اللاسلكي

المعاملات	**كل الترويسات**	**الإشارات**	**شهادة الاستيثاق**
الحجم (بايت)	50	48	89

ولمعالجة القضايا المرتبطة بالكفاءة والأمن، تم الاقتراح في دراستنا مجموعة مركبات ضمن إطار عمل محدد نركز فيه على إشارة الاتصال V2I، ذلك أن البنية التحتية هي نقطة الوصول لمركبات VANET للولوج إلى الانترنت وهذا ما يشكل عنق الزجاجة لجميع الشبكات، والذي يستدعي المزيد من الاهتمام. نعتبر في عملنا هذا أن إشارة المرشد اللاسلكي Beacon هي البيانات الوحيدة التي ستؤخذ بعين الاعتبار في CCH، نظرًا لكونها أكثر البيانات انتقالًا من خلال هذه القناة، ولن يجري تشكيل أية بيانات تولدها الأحداث إلا عند الحاجة.

لا تلعب وحدات جانب الطريق (RSU (Road side unites في هذه الاستراتيجية دورًا في تكوين المجموعة، بل تُشكَّل المجموعات بطريقة موزعة بالكامل، ويمكن أن تتغير ديناميكيًا في الوقت المناسب. لكل مجموعة يتم اختيار القائد بعناية وفقًا لبروتوكول محدد. يتم تحديد العضويات والقيادات وتحديثها اعتمادًا على تقديرات القناة وقوة الإشارة بين المركبات، وهكذا سيتبادل كل عضو حالته مع القائد فقط، ويتم إبلاغ حالة المجموعة بأكملها إلى البنية التحتية فقط من قبل قادة المجموعات.

2-هدف البحث

يهدف البحث الى تحسين أداء الاتصال في شبكات VANET دون التقليل من مستوى الحماية وتخفيض الازدحام في الشبكة الناتج عن العدد الكبير من الرسائل المتبادلة خلالها وذلك باستخدام فكرة وجود مركبة واحدة مسؤولة عن تبادل رسائل الحالة مع البنية التحتية تُدعى بالقائد تنوب عن مجموعة من المركبات. فقد أظهر التحليل العددي تفوق استخدام المجموعات بالمقارنة مع الاتصالات التي تقوم بها المركبات بشكل مفرد و قد أظهرت النتائج تحسين في الإنتاجية و الربح و تقليل معدل الفقد.

3-طرائق البحث ومواده

3-1 الدراسات المرجعية:

استنادًا إلى CSMA / CA تستشعر أي مركبة قناة البث لفترة زمنية محددة، فإذا كانت القناة شاغرة، تتراجع المركبة عن البث لفترة عشوائية مرتبطة بقيمة نافذة تنافس contention window تم اختيارها قبل إرسال المرشد اللاسلكي. خلاف ذلك، تمدد السيارة زمن التراجع حتى تستشعر أن القناة شاغرة مرة أخرى [6][4].

بمجرد أن تبدأ السيارة في الإرسال، تُحجز قناة CCH لفترة طويلة جدًا مما يمنع أي مركبة أخرى من الإرسال. لذلك، تزداد تصادمات المرشدات في تطبيقات السلامة عندما تتنافس المركبات على قناة CCH الوحيدة المتاحة.

وللتحقيق في هذا الأمر استخدم الباحثون التحليل العشوائي[10][9][8][6] والمحاكاة [11] والتجارب العملية [11].

في [6] تم اقتراح قائمة انتظار "M / G / 1" لنمذجة تكرارات رسائل السلامة في المركبات بافتراض معدل توليد المرشد اللاسلكي يتوافق مع التوزع الإحصائي بواسون وهو أمر غير واقعي لأن الرسائل يتم بثها دوريًا.

فضّل Vinel وآخرون النمذجة باستخدام رتل "D / M / 1" لمعدل توليد محدد لإشارة المرشد وحللوا الأداء لهذا البث الدوري للوقوف على احتمالية تصادم المرشدات ومتوسط التأخير في مختلف ظروف الحركة المرورية.

يتجاهل كلا الفرضين السابقين آلية تجميد أو تمديد فترة التراجع في CSMA / CA عند استشعار مشغولية القناة، لهذا، يأخذ المؤلفون في [10] وقت التمديد في الاعتبار عند تصميم المركبات باستخدام قائمة انتظار " D / M / 1". وقد أظهرت نتائجهم العددية أن نافذة التنافس الكبيرة نسبيًا وحجم بيانات المرشد القليلة يساعدان في تحسين موثوقية البث.

قيّمت عمليات المحاكاة [11] أداء إرسال المؤشرات اللاسلكية في ظل ظروف مختلفة لقناة البث، وبارامترات تحكم مختلفة، وآليات مختلفة للتحكم في الازدحام. أظهرت النتيجة أن التحكم بقوة الإرسال ومعدل الإشارة يمكن أن يؤثر على إدراك الجوار لحالة المركبة. أدت نتائج هذه الدراسات إلى الفكرتين التاليتين:

1-المُعدّل التكيفي لبث المرشد:

في جميع المقاربات في اعتماد معدّل تكيفي للإرسال التكيفي التي اقترحتها الدراسات [14][13][12]، تقلل كل مركبة على حدى من معدلها الخاص بناءً على جودة القناة أو معدل خطأ التوصيل أو حالة المركبة أو الظروف النقل المحيطة بالمركبة أو ببساطة إعدادات الأولوية وحجوزات الفترات الزمنية لكل مركبة. بالإضافة إلى ذلك، جمعت بعض منهجيات التكيف الهجين بين هذه الإعدادات المختلفة لتحقيق أفضل جودة اتصال [15]، ومع ذلك، لم تحلل أي من

الدراسات السابقة أداء الشبكة عند أخذ التجميع (grouping) بعين الاعتبار، أي الطريقة التجميعية لخفض معدل الإرسال.

2-إغفال بعض أساسيات PKI:

يتناول المؤلفون في [17][16]مسألة تحسين كفاءة الاتصالات القائمة على تحسين استخدام مفتاح PKI في VANETs. ويقترح عملهم بشكل أساسي عدة مقاربات لتقليل نفقات الاتصال التي تتضمن هوية PKI للمركبة وترخيصها والتي تُضاف إلى ترويسة كل حزمة إرشاد لا سلكي تبثها المركبة دون المساس بمستوى الأمان المطلوب. اقتُرح إزالة الهوية والترخيص والتحقق من تأثيرهما، ومع ذلك، تمحورت الاقتراحات حول الحذف المشروط في سياقات معينة للمركبة عندما لا تكون هناك حاجة ماسة إلى هذه الأساسيات.

أعادت نفس المجموعة من المؤلفين في بحث جديد [18] بإعادة النظر في فكرتهم عن الحذف ولكن هذه المرة من خلال "حذف تكيفي لإدراج التراخيص في الرسائل". أي التحكم في معدل الحذف على أساس الازدحام المقدر للقناة. وقدّروا أنفسهم في [19] أن إغفال التراخيص القائمة على الازدحام هو مخطط الحذف الأكثر قبولًا.

3-2 النموذج الرياضي للنظام

3-2-1 نموذج القناة Channel Model

يتألف النظام من n مركبة على طريق ما، هذه المركبات لا يمكنها التواصل مع بعضها في نفس اللحظة (معًا)، لكنها تتصل بالمركبات الأخرى وبالبنية التحتية عندما تكون قناة الاتصال شاغرة. نستخدم مفهوم ربح الاستطاعة power gain بين أية مركبتين للإشارة لتحديد الارتباط بينهما. ويشار إلى ربح الاستطاعة بين المركبة i والمركبة j بالرمز hij، ويُشار إلى ربح الاستطاعة بين المركبة i والبنية التحتية l بالرمز hil.

3-2-2 نموذج نقل البيانات Data Traffic Model

تولّد كل مركبة في النظام مرشدًا لا سلكيًا بحجم ثابت L مرة كل T ثانية بشكل دوري (على أن يحتوي المرشد على بيانات تطبيقات السلامة، كبيانات الموقع والسرعة والمسار والاتجاه والوقت).

3-2-3 نموذج أرتال المرشدات اللاسلكية Beacon Queue Model

تزود جميع المركبات في VANET بوحدة إلكترونية مرتبطة بالمركبة (OnBoard Unite) واختصارًا OBU يمكنها إرسال واستقبال المرشدات اللاسلكية. تُنظم المرشدات اللاسلكية التي ستُرسل على شكل رتل وتُرسل عندما تأخذ المركبة فكرة على البيئة المحيطة. تم الاعتماد في هذا البحث نموذجين للاصطفاف بعين الاعتبار:

الأول: تُضاف فيه جميع المرشدات في رتل الانتظار واحدة تلو الأخرى. في هذه الحالة لابد أن ترسل المركبة المرشد القديم ثم تحاول بث المرشد الجديد.

الثاني: تُحذف المرشدات القديمة عند وصول المرشدات الجديدة، هذا يعني أنه يوجد عدد محدود من الذواكر المؤقتة لتخزين المرشدات ضمن أرتال[14].

3-2-4 نموذج CMSA/CA

تستشعر المركبة قبل توليد رسالة حالة القناة أولاً، ثم ترسلها عندما تكتشف فترة خمول تساوي الفترة الزمنية DIFS. خلاف ذلك، تستمر المركبة في تحسس القناة حتى تجد قناة خاملة لفترة تساوي DIFS لتبدأ عندها المركبة مرحلة التراجع لفترة زمنية عشوائية تُحدد وفقط المعادلة التالية[10]:

$$T_{back-off} = Rand(0, \omega - 1).\sigma \qquad (1)$$

W: قياس نافذة التنافس وتقدر بالثانية.

σ: عرض الفتحة الزمنية للتراجع وتقدر بالثانية.

يبدأ العداد الخاص بفترة التراجع بالتناقص عند اكتشاف وجود قناة خاملة وعندما تصل قيمته إلى الصفر ترسل المركبة المرشد اللاسلكي.

3-2-5مقاييس الأداء Performance Metrics

- تأخير المرشد Beacon Delay: تأخير المرشد لمركبة ما i هو الزمن الوسطي اللازم لتوليد المرشد وإرساله. ويُشار إليه بالرمز $\overline{d_i}$.
- انقطاع المرشد Beacon Drop: هو جزء من المرشد يتم حذفه من الرتل الموجود في كل مركبة، من خلال استخدام نموذج الرتل الثاني يشار إليه بالرمز $\overline{\gamma_i}$.
- تصادم المرشدات Beacon Collision: هو جزء من المرشد يتعارض مع غيره أثناء الإرسال. يرمز له $\overline{\varepsilon_i}$ وهو يمثل متوسط احتمال التصادم لمركبة ما i.

وفقا لاستقرار النظام، تُوزَّع قيم هذه المقاييس على المدى الطويل بشكل متماثل لجميع المركبات. وبالتالي، ستغطي هذه القيم جميع مجالات التأخير المتوقعة للمرشدات التي تبثها المركبات. يُشار إلى التأخير المتوقع في بث المرشد بالرمز d، ويشار لمعدل الانقطاع لكل مرشد في جميع المركبات بالرمز γ كما يشار لاحتمالية التصادم لجميع المرشدات بالرمز ξ.

- السعة العظمى Maximum Availability: هو العدد الأعظمي للمركبات في النظام بحيث يبقى قادرًا على إعطاء قيمة محدودة لاحتمال تأخر المرشدات التي تبثها تلك المركبات.
- الإنتاجية throughput: هو معدل الإنتاجية لكل مركبة، يرمز له Wi للمركبة i. ويعبر عنه بالمعادلة التالية[10]

$$W_i = \frac{1}{T}(1-\xi)(1-\gamma) \quad (2)$$

- الإنتاجية الدنيا least Achievable throughput: أدنى قيمة إنتاجية تحققها مركبات المجموعة.

3-3 المخطط المقترح:

إن الهدف الأساسي من بناء هذا النموذج الخاص (مقارنةً بمنهجية full-CSMA) هو تحقيق الأهداف التالية:

1. أن تكون الإنتاجية الدنيا أعظم ما يمكن.
2. أن يكون معدل تأخير المرشد ومعدل انقطاع المرشد عند أدنى قيمة من أجل نفس الإنتاجية الدنيا.
3. أن تستوعب المنظومة أكبر عدد ممكن من المركبات (وهذا يقابل السعة العظمى) من أجل نفس معدل التأخير للمرشد ونفس قيمة الإنتاجية الدنيا.

تتنافس المركبات وفق النماذج الموجودة سابقًا على القناة بحيث تشغلها وترسل مرشداتها إلى البنية التحتية من خلال اتصال وحيد الحلقة (one-hop communication)، بينما يتضمن النموذج المقترح تشكيلا ديناميكيا للمجموعة بشكل موزع تماما (fully-distributed fashion). وبدلا من الوصول للبنية التحتية مباشرة من خلال حلقة واحدة سيتم استخدام حلقتين كحد أقصى لعملية الاتصال. توزع المركبات ضمن مجموعات وكل مجموعة لها قائد يتم اختياره بعناية بحسب بروتوكول محدد. تعد كل مركبة غير مضمنة ضمن مجموعة ما مجموعة بحد ذاتها وتكون هي القائد. تتبادل المركبة في كل مجموعة بياناتها مع القائد فقط وهو بدوره يتبادل بيانات المجموعة مع RSU وهذا يعني بأن المجموعة ستتبادل بياناتها مع البنية التحتية من خلال مسار ذي حلقتين في حين يتبادل القائد بياناته مع البينة التحتية من خلال مسار وحيد الحلقة.

3-3-1الافتراضات:

- تنتمي كل مركبة إلى مجموعة وعندما تضم المجموعة مركبة واحدة فقط يُطلق عليها اسم "متوحّدة"
- تكون المركبة إما قائد أو عضو، والقائد هو الذي سينشئ المجموعة.
- يعتمد الاتصال بين أية مركبتين على ربح الاستطاعة للمجموعة (Group Power Gain -GPG) ويرمز لها بالرمز hi لأية مركبة i في النظام.
- يفترض أن ربح الاستطاعة للمجموعة لقائد المجموعة المتوحّدة مساويا (0) أما بالنسبة لباقي القادة فيعتبر لا نهائيًا.
- تحافظ كل مركبة على شعاع عضو المجموعة (group-member vector) لتخزين معلومات كل مركبة في المجموعة من خلال ترتيب نسبي (relative order). تعتمد هذه المعلومات على المرشد اللاسلكي لقائد المجموعة.

3-3-2التشكيل الديناميكي للمجموعة Dynamical Group Forming

3-3-2-1شرط تشكيل المجموعة: يمتلك قائد المجموعة فقط حق إعطاء إذن الانضمام للمجموعة لأي مركبة. حيث يمكن لقائد المجموعة أن يطلب انضمام مركبة من خارج المجموعة فقط عندما يكون مؤشر ربح الاستطاعة بينه وبين تلك المركبة أكبر من العتبة المحددة لمنح إذن الدخول Sperm.

$$S_{perm} < h_{ij}(3)$$

3-3-2-2شرط الانضمام إلى المجموعة: يمكن لمركبة ما أن تنضم لمجموعة أخرى فقط عندما يكون ربح الاستطاعة بينها وبين قائد هذه المجموعة أكبر من ربح الاستطاعة لهذه المجموعة GPG بمقدار معين يُدعى عتبة الانضمام Sjoin

$$h_{ij} > h_i + S_{join}(4)$$

لا يمكن لقائد مجموعة ما أن ينضم لمجموعة أخرى كون GPG له لانهائي، أما المتوّحدات فهي قادرة على الانضمام لمجموعة أخرى إن حققت شرط الانضمام.

3-3-2-3شرط مغادرة المجموعة:

- يغادر قائد المجموعة عندما تكون جميع قيم ربح الاستطاعة PGs بينه وبين أعضاء المجموعة أقل من عتبة المغادرة Sleav.

$$\max(h_{ij}) < S_{leav}(5)$$

- يغادر عضو المجموعة عندما يتحقق ما يلي:
  - عندما يكون GPG له أقل من عتبة المغادرة Sleav

$$S_{leav} < S_{perm}(6)$$

  - عندما يقرر الانضمام لمجموعة أخرى، بالتالي يحدد شرط مغادرة المجموعة كالتالي:

$$h_i < S_{leav} < S_{perm}(7)$$

3-3-3 مخطط الاتصال للمجموعة Group Communication Scheme

- يحتوي المرشد الخاص بأعضاء المجموعة على معلومات السلامة الخاصة بذلك العضو، بينما يحتوي مرشد قائد المجموعة على معلومات المجموعة بأكملها. يضم قائد المجموعة جميع المعلومات الخاصة بالأعضاء ضمن المرشد اللاسلكي الخاص به حيث يستخدم قائد المجموعة دائمًا إطار عمل PKI للقيام بجميع الاتصالات.
- يستخدم جميع أعضاء المجموعة المصادقة الداخلية (DA- Different Authentication) للاتصال فيما بينهم بينما يستخدمون PKI للتواصل خارج المجموعة.
- يبث المرشد الخاص بعضو المجموعة باستخدام المصادقة الداخلية دائمًا.
- عندما مغادرة المجموعة، يكون استخدام APKI مفتاح الاستيثاق او المصادقة العام Authentication public key أمراً إلزاميًا.
- عندما تكتشف مجموعة معينة مجموعة أخرى في نفس الاتجاه، ستنقل المركبة التي تكون في مقدمة المجموعة (تُدعى الرائدة) أو في الخلف (المتأخرة) إشارة مرشد قائد المجموعة باستخدام PKI.
- يمكن السماح بأي نوع من المصادقات الداخلية نظرًا لمخططات الاتصال المختلفة مثل مخطط المصادقة المرمّز hashed certificated scheme أو TESLA أو غيرها [20].
- قائد المجموعة هو الوحيد المسؤول عن الاتصال بين المجموعة والبنية التحتية من خلال إضافة المزيد من المعلومات إلى حمولة ترويسات.

3-3-3-1 الأمان Security:

3-3-3-1-1 اطار الأمان PKI: تحتاج المركبات إلى التواصل بشكل صحيح مع الجوار ومع البنية التحتية دون تبديل البيانات المنقولة وهذا يتطلب مراعاة ما يلي[17][16]:

1. الموثوقية والمصادقة: عندما تستخدم المركبات V2V للاتصال فيما بينها أو تستخدم V2I للاتصال مع البنية التحتية، يجب أن تكون هناك وسيلة لضمان أن الأطراف المتصلة تنتمي إلى نفس الشبكة وأنهم أعضاء شرعيون في الشبكة.
2. عدم الرفض: يجب ألا يرفض أي مرسل إرسال الرسالة.
3. الحداثة والسلامة: أي ضمان صحة وسلامة البيانات المنقولة وعدم تبديلها أو تكرارها من لحظة إرسالها من المرسل الأصلي.

لذلك، ولتلبية جميع هذه المتطلبات ولحماية بيانات الاتصال، تم اختيار معيار DSRC 1609.2 مع إطار العمل Internet-PKI.

3-3-3-1-2 نموذج الأمان Security model:

انطلاقا من مخطط المجموعة المقترح، يمكن لقائد المجموعة فقط أن يستخدم إطار العمل الأصلي PKI لتحقيق المصادقة، وهذا يعني من وجهة نظر البنية التحتية أنه لا يوجد تغيير فيما يتعلق بالحماية أما أثناء الاتصال ضمن المجموعة، تطبق طريقة مصادقة مختلفة أبسط. يعود السبب في ذلك إلى الثقة الحاصلة بين أعضاء المجموعة الواحدة بعد تشكيلها.

تُستخدم إحدى طرق المصادقات الداخلية DA نسخة مرمّزة مجتزأة من PKI لتقليل تكلفة المصادقة العامة. وبما أن المجموعة مستقرة نسبيًا، لذلك يستخدم PKI مرة واحدة عند تشكيل المجموعة وبعدها يمكن لكل مركبة تخزين شهادة كل عضو من تلك المجموعة. يستخدم لاحقا أعضاء المجموعة نسخة مرمّزة من الشهادة بمفتاح 32 بايت.

يمكن أيضا استخدام طريقة النسخة المرمّزة نفسها في اتصال V2I للقائد، نظرًا لوجود عدد أقل من المركبات التي تحتاج إلى الاتصال بالبنية التحتية، وبالتالي يمكن للبنية التحتية الاحتفاظ بشهادات القادة للتحقق منها.

3-3-4النموذج التحليلي لبث إشارة المرشد اللاسلكي:

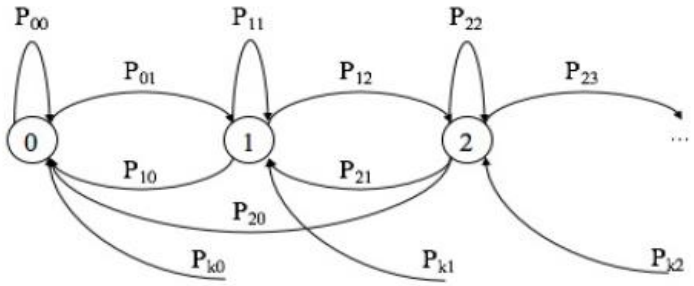
تم الاعتماد في النموذج التحليلي على نموذج أرتال "D/M/1" (وهو صف انتظار يصل إليه العملاء بوتيرة منتظمة وله مخدّم وحيد يُخدِّم عشوائيًا وبتوزع أسي حيث D: إشارة إلى توزيع تحديدي deterministic ditribution و M: إلى كونها تخضع لسلسلة ماركوف و 1: لعدد المخدمات). إذ تخضع المرشدات التي تنتظم ضمن المخزن المؤقت في كل مركبة إلى نظريات أرتال أو صفوف الانتظار ويتم وصف العملية من خلال ثلاثة بارامترات:

- تأخير المرشد.
- احتمالية تصادم المرشدات.
- معدل انقطاع إشارة المرشد.

3-3-4-1نموذج الأرتال في حالة D/M/1

بما أن معدل إنشاء المرشد ثابت ومحدد، وليكن 100 ميلي ثانية لكل مرشد، فإن معدل وصول الحزمة محدد على أساس دوري، بينما يخضع زمن تخديم الحزمة إلى توزيع أسي.

يمكن بناء على ذلك نمذجة المخزن المؤقت لحزم بث المرشدات على شكل رتل زمني متقطع D / M /1، كما هو موضح في الشكل (2):



الشكل(2): مخطط الأرتال وفق D/M/1

نرمز لحالة كل عقدة بالرمز v، بحيث تشير $v \in (0,1,2,3,\dots)$ إلى عدد المرشدات في المخزن المؤقت لإشارات المرشد اللاسلكي. ليكن Pij هو احتمال الإرسال، و $\prod i$هو الاحتمال الثابت لوقوع هذه الحالة i.

كما نرمز للفتحة الزمنية للإرسال بالرمز T، وهي فترة توليد المرشد. أما معدل الخدمة فنرمز له بالرمز μ. وبالتالي يمكن وصف احتمالية الإرسال بالشكل التالي:

عقدة مرسلة وأخرى مستقبلة $\boldsymbol{i, j}$

$$P_{ij} = \begin{cases} 0 & i < j-1 \\ \frac{(\mu T)^{i+1-j}}{i+1-j} e^{-\mu T} & i \geq j-1, j \neq 0 \\ 1 - \sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} & j = 0 \end{cases} \qquad (8)$$

حيث يمتلك الاحتمال الثابت الخاصية التالية:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \Pi_k = 1 \quad (9)$$

في هذا النموذج يمكن أن نعدَّ P_0 (وهو احتمال أن تكون العقدة فارغة بشرط عدم الإشباع أي انها لا تخدم أي طلب نظرًا لعدم وجود طلبات وليس عدم القدرة على التخديم نظرًا للإشباع) نفسه $\Pi 0$.

3-3-4-2نموذج الأرتال في حالة D/M/1/1

يقدم النموذج السابق الفكرة الأساسية لوصف رتل مخزن المرشدات. لكن حجم هذا المخزن محدود عمليًا ولا بد للمركبة من بث المرشد الأحدث وليس المرشد القديم. لهذا، يعتبر نموذج D / M /1 / 1 (مخدّم واحد وعنصر واحد لتخديمه) أكثر دقة لنمذجة رتل المرشدات. ففي هذه الحالة عندما تنشئ المركبة مرشدًا لا سلكيًا ولم يكن المخزن فارغًا، سيُستبدل المرشد القديم بالمرشد الجديد، دون التأثير على عملية التراجع.

باستخدام نفس البارمترات في النموذج السابق يمكن صياغة احتمالية الإرسال بالشكل التالي:

$$\begin{cases} P_{00} = P\left(\text{تخديم أكثر من مرشد}\right) = \mu T e^{-\mu T} \\ P_{01} = P\left(\text{عدم تخديم أي مرشد}\right) = 1 - e^{-\mu T} \\ P_{11} = P\left(\text{تخديم مرشد واحد أو ولا مرشد}\right) = (1+\mu T)e^{-\mu T} \\ P_{10} = P\left(\text{تخديم مرشدين أو أكثر من مرشدين}\right) = 1 - (1+\mu T)e^{-\mu T} \end{cases}$$

وأيضا سيكون الاحتمال الثابت لكل حال يساوي المجموع إلى 1:

$$\Pi_0 + \Pi_1 = 1$$

3-3-4-3 نموذج معدّل الخدمة Service Rate

يخضع زمن الخدمة لمرشد إلى التوزيع الأسي، فإذا رمزنا tr لزمن الإرسال ورمزنا بـ tf لمتوسط زمن التوقف Freezing time (وهو الوقت الذي يكون فيه عداد التراجع متوقفًا بسبب انشغال القناة) سيشير tb إلى متوسط زمن التراجع ، وهو الزمن المتوقع ليقوم المرشد بعملية تراجع استعدادًا للبث دون توقف. وبالتالي يمكن صياغة متوسط زمن الخدمة $(1/\mu)$ لكل مرشد في رتل المخزن المؤقت لرسائل المرشد كما يلي:

$$\frac{1}{\mu} = t_b + t_f + t_r = \sigma E_c + t_r\left(\frac{1}{P_I} - 1\right)E_c + t_r \qquad (10)$$

$$t_r = \frac{L}{r} + DIFS + \delta \quad (11)$$

$$b_0 = \frac{2P_I(1-P_0)}{(W_0-1)(1-P_0)+2P_I} \qquad (12)$$

حيث EC هي القيمة المتوقعة لعداد التراجع في حالة البث:

$$E_c = \frac{W_0-1}{2} \qquad (13)$$

PI هو احتمال أن تستشعر مركبة أن القناة شاغرة

$$P_I = (1-b_0)^{n-1} \quad (14)$$

b_0 احتمال بث الرسالة،n عدد المركبات في المنظومة،W_0عرض نافذة التنافس،

σ هو زمن الفتحة الزمنية في عملية التراجع،L هو الحجم الكلي للحزم (packet)،r هو معدل الإرسال لكل مركبة.

δ هي تأخير الانتشار

3-3-5 تحليل النموذج Model Analysis

تعطي النماذج الثلاث السابقة توصيفا كاملًا لعملية بث المرشدات ضمن VANETs. تم ايجاد أن قيمة الاحتمال الثابت أو المستقر لكل حالة تعطي بالعلاقتين[22]:

$$\begin{cases} \Pi_j = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\mu T)^i}{i!} e^{-\mu T} \Pi_{i+j-1} & j = 1,2,3,\ldots \\ \Pi_0 = \prod_{i=0}^{\infty} P_{i0} \Pi_i \end{cases} \qquad (15)$$

بالاعتماد على تحويل لابلاس–ستيلتس [21] نجد أنه يمكن أن تكتب عبارة الاحتمال الثابت بالشكل التالي:

$$\Pi_k = (1-\omega)\omega^k \quad k = 0,1,2,3,..$$

w هو محدد لابلاس ويعطى بالعلاقة:

$$\Pi_k = e^{-(1-\omega)\mu T} \quad (16)$$

إذا كان النظام مستقرا فإن حلول w ستتراوح ما بين 0 و 1، وبالتالي يمكن تقريب P0 ليصبح هو الاحتمال الثابت للحالة 0أو Π_0

كما رأينا في النموذج الأول:

$$P_0 = \Pi_0 = 1 - \omega \ (17)$$

وبالتالي يمكننا كتابة كل من P0 والاحتمال الثابت كما يلي:

$$P_0 = \Pi_0 = 1 - \frac{e^{-\mu T}}{1-\mu T e^{-\mu T}} \quad (18)$$

3-3-6 مقاييس المنظومة System Metrics

يمكن اشتقاق المقاييس التالية انطلاقا من النموذج التحليلي الذي تم بنائه للمساعدة على تقييم أداء النظام.

1- توقع التأخير: وهو توقع الفترة الزمنية اللازمة لتوليد المرشد من قبل مركبة ما من أجل بثه. يساعد هذا المقياس على اشتقاق السعة العظمي للنظام maximum availability. [22]

$$d = \frac{1}{(1-\omega)\mu} \quad (19)$$

2- معدل الانقطاع: وهو احتمال حذف المرشد من رتل التخزين المؤقت، ويمكن اشتقاق وحل هذا المعدل كما يلي:

$$\gamma = P\left(\text{إسقاط}\right) = \frac{e^{-2\mu T}}{1-\mu T e^{-\mu T}} \quad (20)$$

3- احتمال التصادم: وهو احتمال تعارض جزء من المرشد مع غيره خلال عملية إرساله.

يمكن صياغة احتمال التصادم كما يلي[22]:

$$\xi = \mathrm{P}\left(\text{تصادم}\right) = 1 - P_I \quad (21)$$

وهكذا نكون قد اشتقينا مقاييس النظام المقترح من خلال نموذج التحليل العددي المبني على مفهوم رتل الانتظار D/M (Degenerating/ Markov) بحالتي مخدّم واحد وعملاء (حالات هنا) غير محدودة "D/M/1" ومخدّم واحد مع عميل واحد "D/M/1/1". وسنناقش تاليًا نتيجة تطبيق هذا النموذج بعد نقله إلى نموذج حاسوبي باستخدام MatLab.

3-3-7 التقييم Evaluation

من خلال استخدام المقاييس التي حصلنا عليها عند بناء النموذج التحليلي، يمكن صياغة السعة العظمى والإنتاجية لتقييم أداء النظام، بحسب الحالات المختلفة.

السعة العظمى (Maximum Availability): نلاحظ لاحقا في الشكل (4) أنه عندما يكون عدد المركبات 64 فإن توقع التأخير سيكون محدودًا، ولكن بمجرد أن يتجاوز عدد المركبات هذا الرقم فإن توقع التأخير يصبح لانهائياً . لذلك، فإن الفعالية العظمى من أجل الحالة الفردية تتحقق عند القيمة 64.

الإنتاجية بين المركبة والبنية التحتية (V2I Throughput): يمكن الحصول عليه من الإنتاجية العامة لمركبة. وتُعرف بأنه عدد رسائل المرشد الصالحة التي تبثها مركبة ما وتصل إلى البنية التحتية خلال فترة توليد المرشد. وبما أن الانقطاع والاصطدام يحدثان أثناء توليد المرشد وبثه فإن عدد رسائل المرشد الصالحة التي تحصل عليها البنية التحتية في فترة توليد المرشد سيكون أقل من عدد المركبات في النظام. إذا رمزنا إلى إنتاجية (مركبة-بنية) بالرمز Wv عندها يمكن صياغتها وفق المعادلة التالية:

$$W_v = n(1-\gamma)(1-\xi) \quad \mathbf{(22)}$$

الإنتاجية المحدّثة (Updated Throughput): يمكن الحصول على هذا المقياس من خلال توسيع مفهوم الإنتاجية Throughput وذلك من أجل القياسات الخاصة بالنظام. يعرف هذا المقياس بأنه عدد المعلومات المحدثة والصالحة لمرشد المركبة والتي يمكن للبنية التحتية الحصول عليها في كل فترة توليد للمرشد. عند التعامل مع مجموعة مركبات، سيُضاف إلى اتصال V2I بين قائد المجموعة والبنية التحتية اتصال V2V بين عضو المجموعة وقائد المجموعة. وبالتالي سيكون هناك تصادمات وانقطاعات في الاتصال ضمن المجموعة الواحدة، لكن عملية النقل V2I لن تأخذ بالحسبان التحديثات الأخيرة لمعلومات المرشد المتعلقة بالضياع في الاتصالات داخل القناة. لذلك، فإن

مقياس " النقل المحدث" هو البارامتر المستخدم لقياس عدد المعلومات المحدثة التي تستطيع البنية التحتية الحصول عليها من النظام. إذا رمزنا لهذا المقياس بالرمز Wu، عندها يمكن صياغته بالشكل التالي:

$$W_u = k(1-\gamma_{leader})(1-\xi_{leader})\left[\left(\frac{n}{k}-1\right)(1-\gamma_{member})(1-\xi_{member})+1\right] \quad (23)$$

حيث:

k هو حجم المجموعة وأيضًا هو رقم قائد المجموعة في النظام

γ_{leader} و ε_{leader} هما احتمالا معدل الانقطاع والتصادم للقادة بالترتيب.

γ_{member} و ε_{member} هما احتمالا معدل الانقطاع والتصادم للأعضاء بالترتيب.

وعلى الرغم من أن إنتاجية (مركبة–بنية) V2I ليس دقيقا مثل الإنتاجية المحدثة كون المعلومات التي يحملها مرشد قائد المجموعة هي معلومات نسبية وليست مطلقة، فإن هذه المعلومات المفقودة لن تؤثر كثيرًا من منظور البنية التحتية. لذلك، فإن إنتاجية V2I لا تقل أهمية عن الإنتاجية المحدّثة في تقييم الأداء الكلي.

3-3-8 استراتيجيات تحسين النظام وفق نظام التجميع

بعد إعادة صياغة هذه المقاييس تم المقارنة بين الحالتين الأساسيتين التاليتين:

الحالة الفردية (Individual case) هي الحالة التي تتبع الحالة القياسية الحالية للاتصال من نوع V2I، حيث تتنافس كل مركبة لالتقاط القناة من أجل إرسال المرشد الخاص بها.

حالة المجموعة (Group case) هو السيناريو المقترح في هذه الأطروحة، حيث ترتبط جميع المركبات ضمن مجموعة ويكون قائد المجموعة هو ممثل المجموعة بأكملها وهو الذي يبث معلومات المجموعة إلى البنية التحتية. ولقائد المجموعة أولوية الوصول والبث إلى قنوات الاتصال. وبالتالي لن يقوم عضو المجموعة ببث المرشد الخاص به إلا في الحالة التي لا يحتاج فيها أي قائد مجموعة في هذا النطاق إلى إرسال المرشد الخاص به.

هنالك استراتيجيتان لتحسين الأداء العام للنظام خطوة بخطوة في حالة المجموعة سنناقشهما بشيء من التفصيل تاليًا مع الانتباه أن تقسم المركبات يكون بالتساوي على المجموعات فقط.

3-3-8-1 استراتيجية المجموعات البسيطة (Simple Group Strategy)

تعتمد الاستراتيجية البسيطة فقط على دمج مرشدات الأعضاء ضمن المرشد الخاص بالقائد. فإذا كان لدينا n مركبة ضمن النظام سيتم تقسيم هذه المركبات بالتساوي إلى k مجموعة، وكل مجموعة تضم n/k مركبة (قائد واحد وأعضاء). سيكون في هذه الحالة حجم المرشد لقائد المجموعة هو حجم المرشد الأساسي مضروبا بعدد مركبات المجموعة n/k ناقصًا مجموع حجوم ترويسات المركبات.

مثلاً : إذا كان حجم المرشد الأساسي هو 500 بايت عندها سيكون حجم المرشد الخاص بالقائد هو:

$$\left(\frac{n}{k}-1\right).(500-50)+500 = 450\left(\frac{n}{k}-1\right)+500 \quad (24)$$

ويبقى حجم المرشد لباقي أعضاء المجموعة كما هو. في هذه الحالة، إذا كان الجزء موجودا على مسار مثالي ستزداد سعة القناة في هذه الاستراتيجية حتى 72 مركبة.

تم اقتراح في هذه الاستراتيجية استنتاج حجم حزمة القائد من خلال إضافة المعلومات النسبية لكل مقياس من مقاييس مرشدات المركبات إلى مرشد القائد، لكن بوجود مصادقة القائد فقط وتصريح القائد والنسخ

المجتزأة والمرمّزة من التصريحات الخاصة بكل عضو. ووفقًا للقيم التي أشرنا إليها في جدول مدخلات النموذج سنجد أن:

التصريح طوله 89 بايت والمصادقة طولها 48 بايت والنسخة المجزأة من التصريح طولها 32 بايت، وبالتالي فإن الحجم الكلي لمرشد القائد هو:

$$(n/k-1).(500-50-48-89+32)+500 = 345(n/k-1)+500 \quad (25)$$

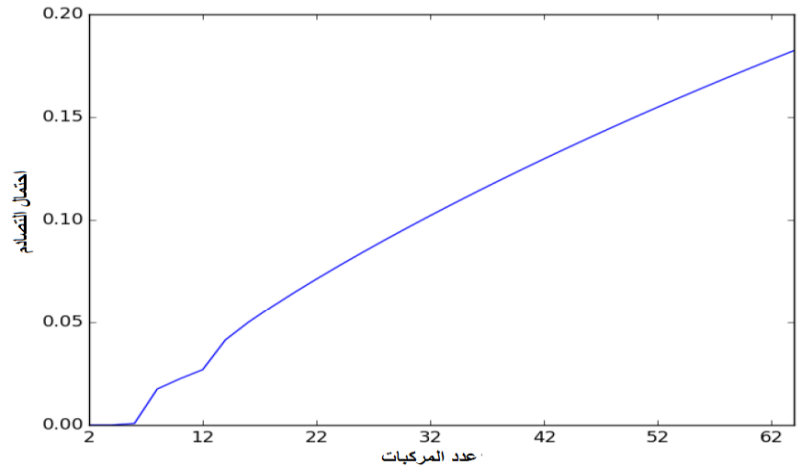
4-النتائج و المناقشة:

يظهر الجدول التالي قيم البارامترات التي تشكل دخل النظام خلال عملية التحليل. بفرض وجود n مركبة مترابطة بالكامل في الجوار المدروس، وبفرض أن معدل النقل بين أي مركبتين ثابت ويعادل r

الجدول(2):بارامترات المحاكاة	
المعامل	القيمة
زمن توليد المرشد اللاسلكي T	100ms
قياس نافذة التنافس W0	512bytes
الفتحة الزمنية للتنافس σ	13μs
زمن DIFS	58 μs
تأخير البث أو الانتشار δ	1 μs
معدل النقل r	6Mbit/s
حجم الحزمة المرسلة (مع الترويسات) L	500bytes
حجم ترويسة بروتوكول MAC ويرمز له بالرمز LH	50bytes
حجم شهادة المصادقة LCer	89bytes

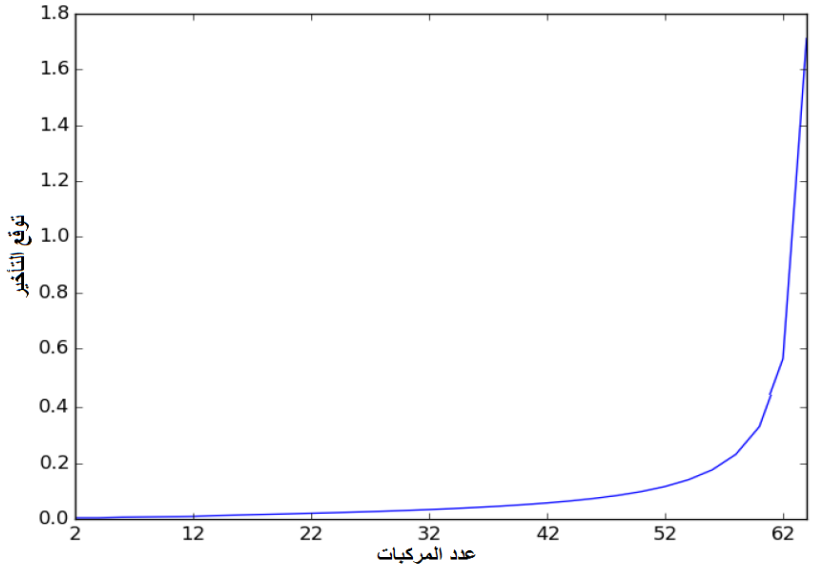
4-1 مناقشة الحالة الفردية Individual Case Demonstration

تُعامل جميع المركبات على أنها عقد مفردة في النظام، وتتابع هذه المركبات توليد المرشدات والمنافسة على قناة التحكم CCH وبث المرشدات. تخصص CCH 46 ميللي ثانية فقط خلال فترة توليد المرشد التي تعادل 100 ميللي ثانية. وبالتالي فهي قادرة على التعامل مع 72 مركبة على الأكثر في حالة مثالية تصطف فيها المرشدات واحداً تلو الأخر ضمن القناة دون أخذ التصادم بعين الاعتبار. ومع ذلك لا يستطيع بروتوكول CSMA التعامل مع هذا العدد الكبير من المركبات، حيث يصل الفقد في النظام إلى حده الأعلى .



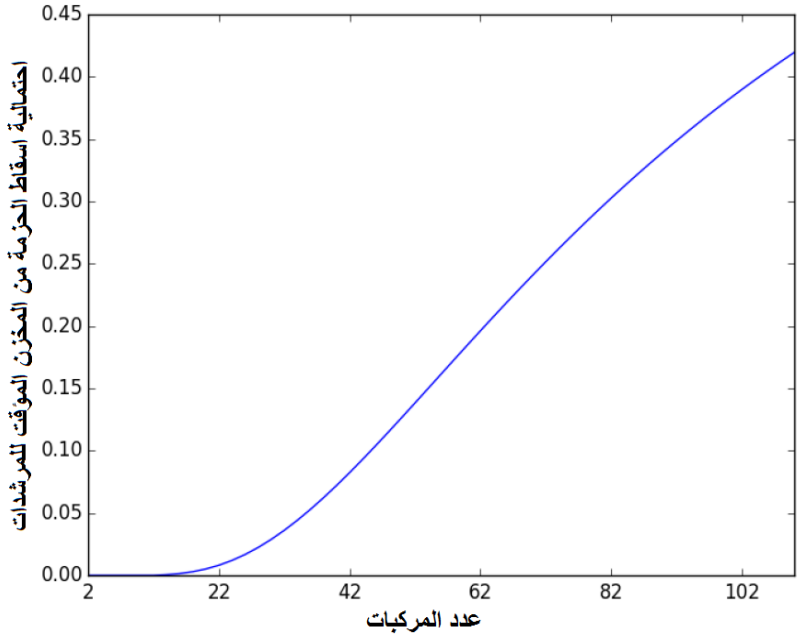
الشكل(3):مقارنة احتمال التصادم مع عدد المركبات

يدل الشكل (3)على زيادة احتال تصادم الرسال بشكل كبير مع زيادة عدد المركبات التي تنضم على شبكة VANET عند استخدام بروتوكول CSMA فقط.

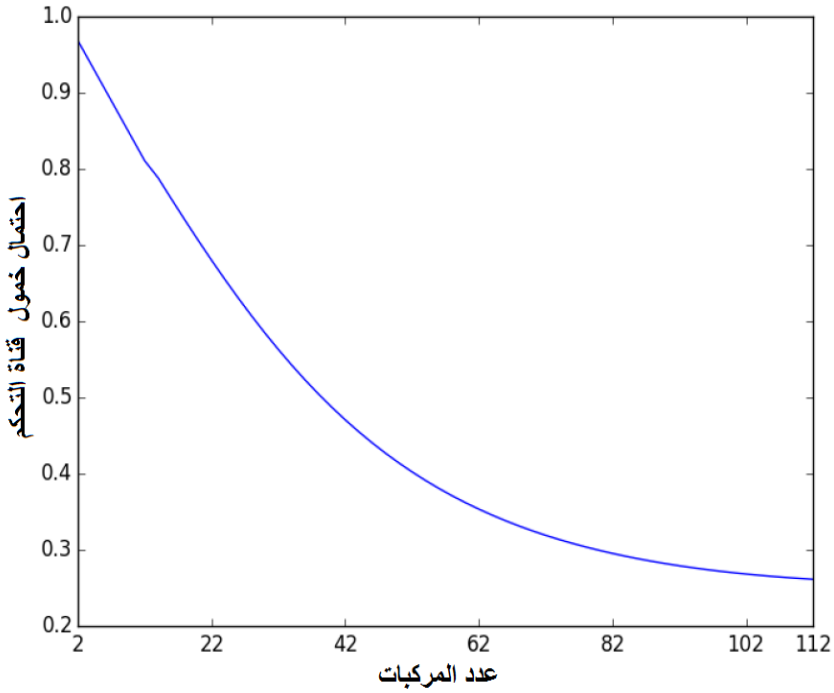


الشكل(4): مقارنة توقع التأخير مع عدد المركبات

يدل الشكل(4) على زيادة تأخير تسلم الرسائل إلى المركبة الهدف مع زيادة عدد المركبات التي تنضم على شبكة VANET عند استخدام بروتوكول CSMA فقط التأخير يصل إلى قيمة لانهائية من أجل 64 مركبة



الشكل(5):احتمالية خسارة حزمة البيانات مع زيادة عدد المركبات

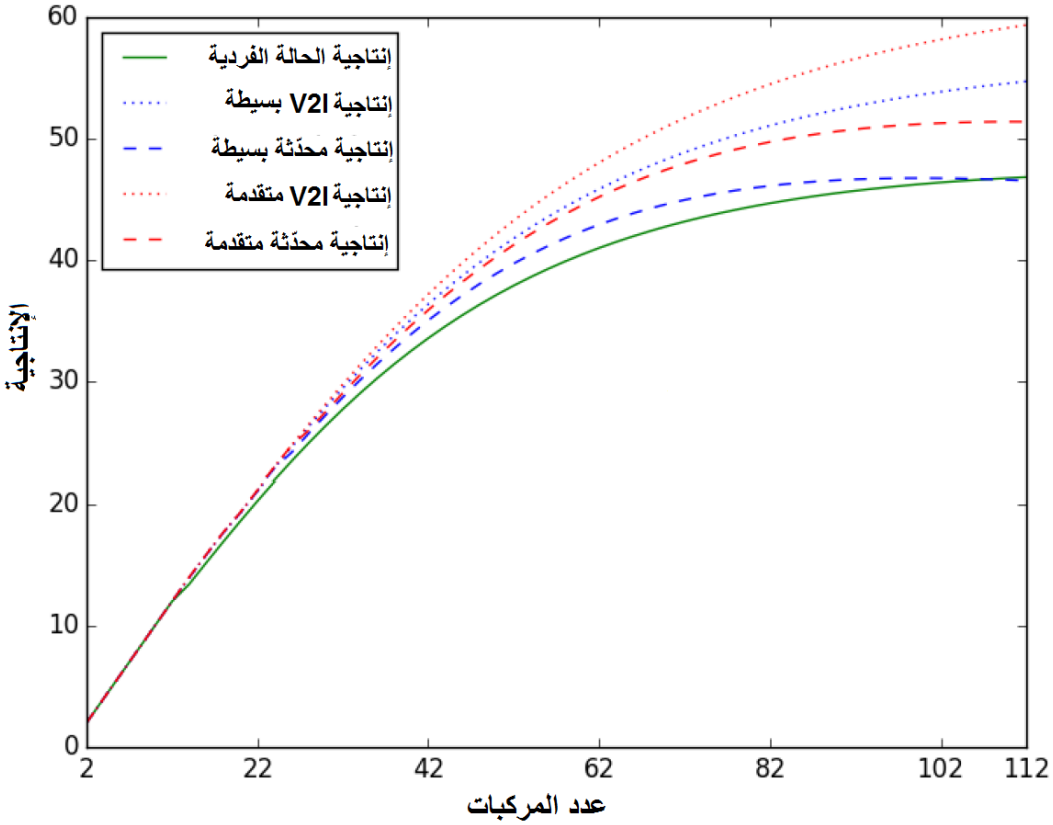


الشكل(6): احتمالية خلو قناة التحكم مع عدد المركبات

يظهر الشكل (3) و(4)احتمالية الاصطدام وتوقعات التأخير كما يعطيها النموذج الرياضي المقترح ويعطي الشكل (5)و(6)معدل الانقطاع واحتمالات الخمول لقنوات CCH. نلاحظ من الشكل (3) و(4) أن احتمال التصادم يزداد بزيادة عدد المركبات وأن توقع التأخير يصل إلى قيمة لانهائية من أجل 64 مركبة، وهذا أقل من القيمة 72 المحددة في الجدول الزمني المثالي.

بتطبيق الاستراتيجيتين البسيطة والمتقدمة على النموذج التحليلي الذي قمنا بتصميمه سابقًا لحساب الإنتاجية والإنتاجية المحدّثة مع عدد المركبات لاستنتاج السعة العظمي فكانت النتيجة زيادة الفعالية العظمى إلى 85 مركبة بربح مقداره 32% مقارنة مع 64 مركبة في الحالة المفردة.

يمثل الشكل (7) تزايد إنتاجية V2I والإنتاجية المحدثة في الاستراتيجية المطوّرة والمؤلفة من مجموعتين.



الشكل (7) : تغير إنتاجية الشبكة مع عدد المركبات وفقًا لاستراتيجية المجموعة واستراتيجية المركبة المفردة

من هذا الشكل نلاحظ ما يلي:

- تزداد عمليات النقل بازدياد عدد المركبات في مختلف الاستراتيجيات، لكنها لاحقا تتقارب من حد ما.
- يظهر الشكل (7) الحد الأقصى للإنتاجية المحدثة من أجل حالات مختلفة وبنفس مخطط التقسيم ومن أجل نفس حجم المركبات، لكن مع إضافة إنتاجية V2I إلى الإنتاجية المحدثة، وقد وجدنا من خلا التجارب المتعددة على النموذج التحليلي المقترح فأن إنتاجية V2I المضافة تكون في الحدود الدنيا.
- يظهر الشكل (7)أن إنتاجية V2I والإنتاجية المحدثة في استراتيجية المجموعتين أكبر من مثيلاتها في الحالة الفردية.

يمكن الحصول على ربح بنسبة 10٪ تقريبًا من استراتيجية المجموعة المتطورة بالمقارنة مع الحالة الفردية، من أجل نفس عدد المركبات في النظام. وإذا أخذنا في الاعتبار معدل الفقد لكلا النظامين، سنجد أن معدل الفقد في استراتيجية المجموعة المتقدمة هو 25٪ عندما إنتاجية محدثة قيمتها 45، أما الحالة الفردية فإن

معدل الفقد يصل فيها إلى 61٪ عند نفس الإنتاجية. وبالتالي يمكن لاستراتيجية المجموعة المتقدمة أن تحسن التواصل في VANETs بنسبة تصل إلى 92٪ مقارنة باستراتيجية البث الفردي للمرشد اللاسلكي.

5-الاستنتاجات والأعمال المستقبلية:

تم في هذا العمل دراسة كفاءة الاتصالات V2I باستخدام المرشدات ضمن شبكات VANETs. ونتيجة النفقات الكبيرة في تحقيق المصادقة باستخدام PKI والمنافسة الشديدة بين المركبات عند استخدام بروتوكول CSMA / CA، اقترحنا في الدراسة تشكيلة قائمة على المجموعات لتحسين أداء الاتصال دون تقليل مستوى الحماية. استخدمنا في عملنا إطارًا لا مركزيًا دون مساعدة البنية التحتية، إذ تتشكل مجموعات المركبات ديناميكيًا. ويكون قائد المجموعة هو الوحيد القادر على التواصل مع البنية التحتية مع إعطاء الأولوية لمنارات القائد لتقليل المنافسة على اتصالات V2I. بنيت النماذج الرياضية لتحليل أداء الأنظمة بناءً على حالة المجموعة والحالات الفردية. وأظهر التحليل العددي، تفوق المكاسب الناتجة عن استخدام المجموعات بالمقارنة مع الاتصالات التي تقوم بها المركبات بشكل مفرد. لذلك، وبناءً على النتائج العددية، يمكن لطريقة التجميع المقترحة تحسين أداء النظام.

إن الغاية الأساسي من استخدام فكرة المركبة القائدة هي زيادة إنتاجية المركبات في الشبكة وتقليل خسارة الحزم الواصلة على النقطة الهدف، ولهذا تقتضي الاعمال المستقبلية بتطبيق هذه الفكرة مع تحسينات على بروتكولات النقل المستخدمة ليكون العمل على مسارين اثنين:

1- القدرة على تقليل التصادمات بين حزم البيانات وبالتالي تقليل الضياعات بالاعتماد على تقليل عدد المركبات التي ترسل المرشدات اللاسلكية

2- الاستفادة من بروتوكولات توجيه تتبنى هذه الفكرة وبالتالي الاختيار الأمثل للمركبات القائدة بناء على موقعها ومشغوليتها أو أية معايير أخرى تحسن من إيصال حزم البيانات بأقل خسائر وأعلى موثوقية.

6-المراجع

[1] Office of the Assistant Secretary for Research and US Department of Transportation
(US DOT). Technology (OST-R). ITS Application Overview. http: //www.itsoverview.its.dot.gov/default.asp.

[2] Maxim Raya and Jean-Pierre Hubaux. Securing vehicular ad hoc networks. Journal of Computer Security, 15(1):39-68, 2007.

[3] M Raya and J Pierre. Hubaux. the security of vehicular ad hoc networks. In Proc. SASN, 2005.

[4] John B Kenney. Dedicated short-range communications (dsrc) standards in the
united states. Proceedings of the IEEE, 99(7):1162{1182, 2011.

[5] Yunxin Jeff Li. An overview of the dsrc/wave technology. In Quality, Reliability,
Security and Robustness in Heterogeneous Networks, pages 544-558. Springer, 2010.

[6] Xiaomin Ma, Xianbo Chen, and Hazem H Refai. Unsaturated performance of ieee
802.11 broadcast service in vehicle-to-vehicle networks. In Vehicular Technology
Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th, pages 1957-1961. IEEE, 2007.

[7] Jean Tourrilhes. Robust broadcast: improving the reliability of broadcast transmissions on csma/ca. In Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1998. The Ninth IEEE International Symposium on, volume 3, pages 1111-1115.
IEEE, 1998.

[8] Alexey Vinel, Vladimir Vishnevsky, and Yevgeni Koucheryavy. A simple analytical
model for the periodic broadcasting in vehicular ad-hoc networks. In GLOBECOM Workshops, 2008 IEEE, pages 1-5. IEEE, 2008.

[9] Alexey Vinel, Dirk Staehle, and Andrey Turlikov. Study of beaconing for carto-
car communication in vehicular ad-hoc networks. In Communications Work-shops, 2009. ICC Workshops 2009. IEEE International Conference on, pages 1-5. IEEE, 2009.
[10] Qiong Yang, Jun Zheng, and Lianfeng Shen. Modeling and performance analysis
of periodic broadcast in vehicular ad hoc networks. In Global Telecommunications

Conference (GLOBECOM 2011), 2011 IEEE, pages 1-5. IEEE, 2011.

[11] Mate Boban and Pedro M d'Orey. Exploring the practical limits of cooperative awareness in vehicular communications. arXiv preprint arXiv:1503.06590, 2015.

[12] Nader Chaabouni, Abdelhakim Haffd, and Pratap Kumar Sahu. A collisionbased beacon rate adaptation scheme (cba) for vanets. In Advanced Networks and Telecommuncations Systems (ANTS), 2013 IEEE International Conference on, pages 1-6. IEEE, 2013.
[13] Robert K Schmidt, Tim Leinmuller, Elmar Schoch, Frank Kargl, and Gunter Schafer. Exploration of adaptive beaconing for effcient intervehicle safety communication. Network, IEEE, 24(1):14-19, 2010.

[14] Ching-Ling Huang, Yaser P Fallah, Raja Sengupta, and Hariharan Krishnan. Adaptive intervehicle communication control for cooperative safety systems. Network, IEEE, 24(1):6-13, 2010.

[15] Safdar Hussain Bouk, Gwanghyeon Kim, Syed Hassan Ahmed, and Dongkyun Kim. Hybrid adaptive beaconing in vehicular ad hoc networks: a survey. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2015:4, 2015.

[16] Frank Kargl, Elmar Schoch, Bjorn Wiedersheim, and Tim Leinmuller. Secure and effcient beaconing for vehicular networks. In Proceedings of the fifth ACM international workshop on VehiculAr Inter-NETworking, pages 82-83. ACM, 2008.

[17] Elmar Schoch and Frank Kargl. On the effciency of secure beaconing in vanets. In Proceedings of the third ACM conference on Wireless network security, pages 111-116. ACM, 2010.

[18] Michael Feiri, Jonathan Petit, and Frank Kargl. Evaluation of congestion-based certificate omission in vanets. In Vehicular Networking Conference (VNC), 2012 IEEE, pages 101-108. IEEE, 2012.

[19] Michael Feiri, Jonathan Petit, Robert K Schmidt, and Frank Kargl. The impact of security on cooperative awareness in vanet. In Vehicular Networking Conference (VNC), 2013 IEEE, pages 127-134. IEEE, 2013.
[20] Ahren Studer, Fan Bai, Bhargav Bellur, and Adrian Perrig. Flexible, extensible, and e_cient vanet authentication. Communications and Networks, Journal of, 588, 2009.-11(6):574
[21] Robert B Cooper. Introduction to queueing theory. 1981.
[22] S. P. Meyn and R. L. Tweedie (1993) *Markov Chains and Stochastic Stability*. London: Springer. Second edition, Cambridge University Press, 2009.