مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(10) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (10) 2021

اكتشاف المسارات غير المتصلة لتحسين التوجيه في شبكات VANET بمساعدة الطائرات دون طيار

د.م مثنى القبيلي •

م. بسام حسن ••

(تاريخ الإيداع 27 /7 /2021 . قُبِل للنشر في 17 /11 /2021)

□ ملخّص □

يعد الاتصال في شبكة المركبات الذكية حساساً للغاية ويتأثر بشدة بطوبولوجيا شبكتها الديناميكية. وقد تنشأ المشكلات المتعلقة بالطبيعة المتقطعة للاتصال بسبب الحركة العالية للعقد وعدم تجانس الشبكة. في المناطق المتناثرة، تعد شبكة المركبات أساسًا شبكة تتحمل الاضطرابات وتعاني من انقطاع الاتصال المتكرر والتأخيرات الطويلة وفقدان الرسائل، ولمواجهة هذه المشكلات، وتحديداً للتطبيقات الحساسة للزمن، يمكن للمركبات الجوية غير المأهولة (UAV) تقديم مساعدة قيّمة لهذه الشبكات.

تهدف الدراسة المقدمة في هذا البحث إلى التحقق من قدرة المركبات الجوية دون طيار (UAVs) في اكتشاف المسارات غير المتصلة، ومعالجة روابط الاتصال الضعيفة والمعطلة بين كيانات المركبات الأرضية (مثل وحدات الطريق (RSUs) والمركبات) ورفع مستوى اتصال المركبات وتأخير الأداء. تم إنشاء إطار محاكاة للتحقق من صحة ودقة النماذج المقترحة وقياس مزايا مساعدة الطائرات دون طيار في تحسين اتصال المركبات وأداء تأخير تسليم البيانات.

كلمات مفتاحية: شبكات العربات المتنقلة، عقدة الربط. بروتوكول التوجيه، الطائرات دون طيار.

• أستاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سوريا

• • مهندس، (طالب دكتوراه) قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(10) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (10) 2021

Discover the broken paths to improve routing in UAV-assisted VANET

Dr. Eng. Mothanna ALKUBEILY•
Eng. Bassam Hasan••

(Received 27 /7 / 2021 . Accepted 17 / 11 / 2021)

□ ABSTRACT □

The connectivity in the smart vehicle network is very sensitive and strongly influenced by its dynamic network topology. Problems with the intermittent nature of the connection may arise due to high traffic nodes and network mismatch. In scattered areas, the vehicle network is primarily a disruption-tolerant network that suffers from frequent connection interruptions, long delays and lost messages. To counter these issues, and specifically for time-sensitive applications, unmanned aerial vehicles (UAVs) can provide valuable assistance to these networks.

The study presented in this paper aims to investigate the ability of unmanned aerial vehicles (UAVs), to detect disconnected paths and address weak and disrupted communication links between ground vehicle entities (such as road units (RSUs) and vehicles), and to upgrade vehicle connectivity and delay performance. A simulation framework has been created to validate the validity and accuracy of the proposed models and measure the benefits of assisting drones in improving vehicle connectivity and data delivery delay performance.

Keywords: Vehicular Ad Hoc Network, Relay node, Routing protocol, Unmanned aerial vehicles.

• Assistant Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

•• Engineer, (PhD student) Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة

تعد شبكات المركبات (VANETs) تقنية واعدة لخدمات متعددة، تعمل على توفير تطبيقات موجهة نحو السلامة وأخرى موجهة نحو المعلومات والترفيه. تشتمل تطبيقات السلامة على متطلبات حساسة للتأخير، والتي قد توفر خدمات إدارة حركة المرور في الزمن الحقيقي ومنع الازدحام المروري، بينما تتكون تطبيقات المعلومات والترفيه مثل الفيديو عند الطلب، من الخدمات التجارية الأكثر تأثرًا بالنطاق الترددي المتاح، مما يجعل هذا النوع من الخدمة موجهًا للنطاق الترددي بدلاً من التطبيقات الحسّاسة للتأخير. في المناطق المتناثرة، تعاني VANET من انقطاع الاتصال المتكرر والتأخيرات الطويلة وفقدان الحزمة. يمكن أن توفر الطائرات دون طيار مساعدة قيمة لشبكات المركبات من خلال العمل كعقدة ترحيل بين الأجزاء غير المتصلة التي تساعد في التعامل مع المشكلات المذكورة أعلاه. في مثل هذا السيناريو، يكون الاتصال الفعال إما بين المركبات (V2V) أو بين المركبات والطائرات دون طيار (V2U)، والتي تصبح شبكة مركبات بمساعدة الطائرات دون طيار[1,2,3] .

يعتمد اتصال شبكة المركبات بشكل كبير على عدد المركبات على الطريق. تزداد الحاجة إلى مساعدة الطائرات دون طيار عندما ينخفض عدد المركبات وسيركز بحثنا على هذه النقطة بالتحديد. علاوة على ذلك، إذا أصبحت العقد على الطريق متناثرة أو إذا كان هناك عدد محدود أو لا يوجد RSUs في الجزء المعني، فستزداد أيضًا الحاجة إلى الطائرات دون طيار. وقد تتطلب المركبات أحيانًا نقلًا مستمرًا للبيانات. في مثل هذه الحالات، يجب الحفاظ على الاتصال طوال الوقت. لذلك، بناءً على المتطلبات والعوامل المهمة الأخرى، يجب أن تكون الشبكة قادرة على التوسع أو التصغير بشكل تكيفي.

أهمية البحث وأهدافه:

تعد شبكة المركبات المخصصة (VANET) نوعاً من الشبكات المخصصة التي توفر الاتصال بين المركبات المجاورة، فضلاً عن التجهيزات الثابتة التي يتم تثبيتها عادةً على طول الطرق. يعد تحليل الاتصالات في هذه الشبكات أمرًا مهمًا جداً في VANET، نظرًا للحركية العالية والتغييرات المتكررة في هيكلية الشبكة، فقد يحدث انقطاع المسار بشكل متكرر. تدور الأبحاث السابقة حول العلاقة بين اتصال المركبات والمسافة والتي تمت دراستها من حيث:

a) تأثير السرعة.
b) كثافة السيارات.
c) أنماط التنقل المختلفة.
d) مدى البث الإذاعي/مدة الاتصال.

وما إلى ذلك. وكل هذه التحليلات هي فعالة في اختيار القفزة التالية في التوجيه من أجل منع كسر المسار [4]. لذلك تأتي أهمية هذا البحث في أنها تعالج قضية كسر الوصلة من ناحية مختلفة تماماً.

نظرًا لأن التوجيه الموثوق يمثل تحديًا كبيرًا في VANET، فإن بروتوكولات التوجيه الجغرافي تعد مرنة لمعظم تطبيقات أنظمة النقل الذكية في كل من بيئة المرور الحضرية والطرق السريعة [2]، ولكن للظروف الجوية تأثير كبير

على هذه البيئة. في المدن، منعت المباني الاتصال المباشر بين مركبتين كحواجز، مما يمنع تبادل الرسائل بين المركبات حتى عندما تكون ضمن نطاق الإرسال نفسه. مما يسبب في تعطل المسارات في VANET بسبب فقدان الاتصال أو وجود فجوات في الشبكة. ولكن باستخدام الطائرات دون طيار أو المركبات الجوية غير المأهولة في أنظمة الاتصالات سنتمكن من اكتشاف هذه المسارات ومشاركة معلومات الاتصال هذه بين المركبات.

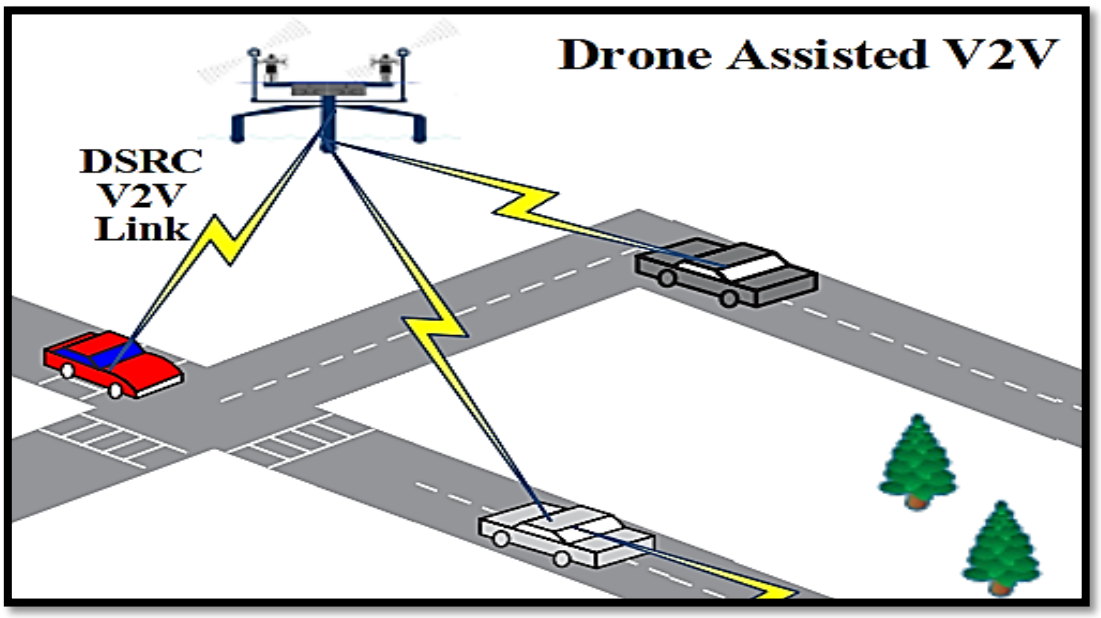
في هذه البحث، نأمل أن يؤدي البروتوكول المعدل المصاحب للطائرات دون طيار في السماء إلى تحسين أداء التوجيه حتى مع وجود حواجز ومن ناحية أخرى سيؤدي العثور على المسارات المعطلة إلى إنشاء مسارات موثوقة ومستقرة. يتم تقييم الطريقة المقترحة ومقارنتها لاكتشاف وتتبع مسارات الاتصال المعطلة في VANETs وبالتالي اعتماد المسار الأفضل. يتم إجراء التقييمات من حيث بعض المعايير مثل معدل تسليم الرزم، والتأخير من نهاية إلى نهاية.

طرائق البحث ومواده:

طُبّق سيناريو المحاكاة على برنامج (NS-2.35)، والذي يعد غنياً جداً بالعديد من مكونات وبروتوكولات الشبكات التي يتم التعبير عنها بشكل Object، ويرتكز في عمله داخلياً على لغتين C++ و OTCL. إن NS هو اختصار لـ (Network Simulation) وهو محاكي خاص بالأحداث المتقطعة موجة 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 [5]. 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. تمكّنا من محاكاة البروتوكول GPSR باستخدام البرنامج (ns-2.35)، وذلك بالاستعانة بـ (gpsr-KeLiu_ns235.patch) [6,7]. سنقوم بتصميم الشبكة وفق السيناريو المحدد، ثم تطبيق بروتوكول التوجيه وتحديد البارامتر الذي نرغب بدراسته ومن ثمّ تتم عملية المحاكاة وإظهار النتائج.

1. شبكة العربات بمساعدة الطائرات دون طيار:

مع تطور تكنولوجيا التحكم بالطيران ومنتجات الطائرات دون طيار، أصبح استخدام الطائرات دون طيار كمنصات داعمة لتعزيز أداء VANET أمراً واقعاً ودخل حيز التطبيق العملي. وقد ظهر عدد متزايد من المقالات بهذا الشأن في السنوات الأخيرة. على سبيل المثال عرضت الدراسة [8] بناء بنية شبكة تعاونية أرضية وجوية من السيارات والطائرات دون طيار والتحقق من أدائها من خلال اختبارات الطرق. في هذه المنظومة المقترحة، تشكل الطائرات دون طيار شبكة فرعية جوية لمساعدة الشبكة الفرعية للمركبات الأرضية من خلال اتصالات جو-جو (A2A) وجو-أرض (A2G) كما في الشكل (1). لا تقوم الشبكة الفرعية الجوية بجمع معلومات الشبكة والطريق فقط للمركبات، ولكنها تؤدي أيضًا دوراً أساسياً في اتصالات V2V بمعنى ستعمل الطائرات دون طيار كعقد ربط ضمن مسار التوجيه المعتمد.



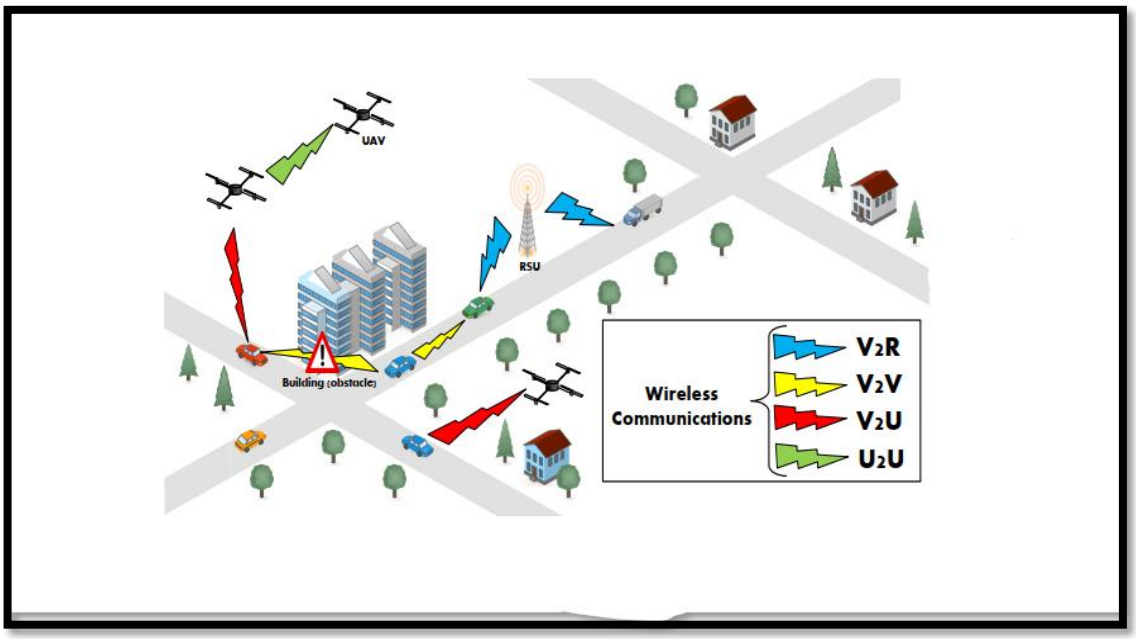
الشكل (1): شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار

وطرحت الدراسة [9] نموذجاً للاستفادة من الطائرات دون طيار (UAV) في VANET. حيث تراقب الطائرات كثافة حركة المرور وحالة الاتصال بالسيارات، ثم تتبادل المعلومات المجمعة مع العربات من خلال رسائل مخصصة. بناء على تلك المعلومات، يمكن للطائرة توجيه العربات للعثور على أفضل مسار متعدد القفزات لاتصالات V2V.

وعلى الرغم من أن العديد من الأعمال طرحت إمكانية الاستفادة من الطائرات دون طيار لترحيل بيانات V2V وجمع معلومات الشبكة، وتم إجراء تجارب رائدة لاستكشاف قدرة الطائرات على مساعدة الشبكات الأرضية لاستغلال إمكاناتها بشكل كامل في تحسين أداء التوجيه في شبكات VANET، ولكن لاتزال تعاني هذه الشبكات من مشكلات كبيرة أهمها في مجال التوجيه. لذلك يعد هذا المجال من أكثر المجالات التي تلقى اهتماماً كبيراً ومتزايداً. وسنركز في دراستنا تحديداً على بروتوكولات التوجيه الجغرافية التي تعمل على الاتصالات V2V.

2.اتصالات شبكات VANET بمساعدة الطائرات دون طيار:

يتم تبادل رزم البيانات بين العربات والطائرات دون طيار عبر الشبكة باستخدام واجهات لاسلكية مدمجة باستخدام IEEE 802.11p، وهي الأنسب لاتصالات المركبات [10]. في حالتنا، توجد أربعة أنواع ممكنة من الاتصالات اللاسلكية، والتي يمكن تنفيذها بنجاح إذا كانت العقد المتداخلة تقع ضمن مدى الاتصال لبعضها البعض كما في الشكل (2).



الشكل (2): أنواع الاتصالات في شبكة العربات بمساعدة الطائرات دون طيار

1. اتصال من عربة إلى وحدة محيطية (V2R): يتم نشر الوحدات المحيطية (RSUs) على جانب الطريق في أماكن مختلفة مثل التقاطعات ومحطات الوقود وما إلى ذلك. توفر RSU واجهات لاسلكية لاتصالات V2R داخل نطاقها. يتم تأسيس الاتصالات بين RSUs والمركبات عند الحاجة إلى تشغيل بعض التطبيقات مثل الوصول إلى الإنترنت واكتشاف الخدمات وغيرها.

2. اتصال من عربة إلى طائرة دون طيار (V2U): الطائرات دون طيار هي طائرات صغيرة محمولة يمكن أن تطير بشكل مستقل دون تفاعل بشري. السمة الهامة لها هي أنه يمكن التحكم بتحركاتها، مما يجعل الطائرات المروحية التجارية الصغيرة الخيار الأنسب. يمكن للمركبات التواصل مباشرة مع الطائرات دون طيار التي تحوم في المنطقة والعكس صحيح. لذلك لن تتأثر بالعقبات (المباني، إلخ.). إضافة إلى ذلك، فإن هذه الطائرات قادرة أيضاً على تسليم رزم البيانات عندما تكتشف الوجهة المستهدفة بسرعة في مكان ما في جزء طريق أو تقاطع آخر وذلك عندما لا يكون من الممكن تسليم رزم البيانات على الأرض بسبب عدم توفر وصلات أرضية عن طريق العربات.

3. اتصال الطائرات دون طيار مع بعضها (U2U): حيث يمكن للطائرات دون طيار التواصل مع بعضها البعض إذا كانت ضمن المدى المسموح.

4. اتصال من عربة إلى عربة (V2V): المركبات قادرة على التواصل مع المركبات الأخرى في نطاق اتصالاتها. ومع ذلك، لا يمكن إجراء الاتصال اللاسلكي بين المركبات الموجودة في شوارع مختلفة بسبب وجود عقبات. في هذه الحالة، يمكن استغلال الطائرات دون طيار كعقد ربط لإرسال رزم البيانات لتجنب العقبات القائمة.

مؤخراً، اقترح الباحثون IEEE 802.15.4 لاتصالات UAV إلى UAV، حيث تكون متطلبات النطاق الترددي أقل. واقترحوا أيضًا IEEE 802.11p [16] للاتصالات UAV–to–ground كما ذكر سابقاً لأنه يمكنه التعامل مع عرض نطاق ترددي أعلى، ومع معدلات بيانات عالية، وتغطية طويلة المدى. وفي هذه الشبكات يتم تزويد كل من المركبات والطائرات دون طيار بوحدات على متنها تدعى (Board Unit On) (OBUs) للتواصل مع عناصر الشبكة الأخرى. تدعم OBUs اتصالات(DSRC) بين المركبات، وتوفر أيضاً واجهات للاتصال مع الطائرات دون طيار. وستتمكن الطائرات دون طيار من العمل كعقد ربط ضمن مسار التوجيه V2V من خلال عمل جميع العقد على DSRC [11] والمعيار IEEE 802.11p، وبالتالي التعامل مع هذه الطائرات على أنها عقد أو عربة عادية ضمن VANET ولكنها تقوم بالطيران.

خصصت هيئة الاتصالات الفيدرالية بالولايات المتحدة 75 ميجاهرتز من الطيف الراديوي بتردد 5.9 جيجا هرتز ليتم استخدامه بواسطة الاتصالات المخصصة قصيرة المدى (DSRC)، والتي هي خدمة اتصالات قصيرة إلى متوسطة المدى تم تطويرها لتوفير اتصالات من مركبة إلى جانب الطريق ومن مركبة إلى مركبة (V2V) كما تستخدم من أجل اتصالات عربة إلى طائرة دون طيار(V2U). علاوة على ذلك، تهدف DSRC إلى توفير اتصالات بمعدل بيانات مرتفع وتأخير زمني منخفض.

3. مزايا وتحديات استخدام الطائرات دون طيار على مسار التوجيه:

إن المشكلة الأكثر أهمية للمعالجة في شبكات VANET هي التخفيف من عدم استقرار الوصلات اللاسلكية التي تربط هذه المركبات المتحركة. تم اقتراح العديد من خوارزميات التوجيه لتحسين تبادل وجمع البيانات في هذه الشبكات. ومع ذلك، فإن أداء هذه الشبكات لا يزال محدوداً بسبب النطاقات القصيرة لوصلات الاتصال، وتنقلها العشوائي، وتغير الطوبولوجيا الديناميكي السريع. لذلك، لا تزال هناك حاجة لدعم المركبات الذكية مع مكونات الطرق والنقل الأخرى. تحقيقا لهذه الغاية، يمكن أن تكون المركبات الجوية الصغيرة دون طيار (الدرون)، خياراً فعالاً ذو إمكانات كبيرة لدعم المركبات الأرضية للتغلب على حدودها وتحسين جودة الخدمة لتطبيقات (ITS) المتنوعة. لذا، أصبحت شبكات VAVET المدعومة من هذه الطائرات الحل الرائد لتبادل البيانات وجمعها في أنظمة النقل الذكية.

1.3 المزايا والتحديات على مسار التوجيه:

يوفر دعم شبكات VAVET بواسطة الطائرات دون طيار مكاسب محتملة لتعزيز أداء تبادل البيانات، حيث يمكن أن تلعب دوراً مهماً في توجيه البيانات بين العقد الأرضية المختلفة بسبب المزايا الآتية[12,13,14,15] :

1. **جودة القناة:** بفضل مرونة حركة الطائرة دون طيار خاصة على ارتفاعات عالية، تستطيع أن توفر وصلات اتصال لاسلكية موثوقة ومباشرة (خط نظر مباشر) مع المركبات الأرضية [12]. وبالفعل، كلما اذاد الارتفاع، زادت احتمالية إنشاء وصلات لاسلكية مباشرة. وبهذه الطريقة، يتم تحسين إنتاجية ومردود الوصلات جو–أرض (A2G) أو الأرض–جو (G2A) مما يسمح بنقل كمية أكبر من البيانات أثناء عملية التوجيه. علاوة على ذلك، يعد نقل البيانات بين الطائرات دون طيار أكثر كفاءة من استخدام اتصالات V2V التقليدية من خلال القنوات الأرضية–الأرضية (G2G). في الواقع، تتميز قنوات الاتصال هواء إلى هواء (A2A) بأن فقدان المسار فيها أقل وبشكل ملحوظ كما أن الخفوت في الإشارة قليل أيضاً مقارنة مع الوصلات اللاسلكية الأرضية والميزة الأكبر والأهم في الوصلات الجوية هي عدم وجود الحواجز والمعوقات، مما يوفر جودة أفضل للقناة. لذلك، فإن

تبادل البيانات بين عقدتين أرضيتين من خلال العديد من الطائرات دون طيار هو أكثر كفاءة من استخدام الطرق التقليدية.

2. **التنقل الحر:** بفضل حركتها ثلاثية الأبعاد، يمكن للطائرات دون طيار أن توفر درجات إضافية من الحرية لتحسين توجيه البيانات. في الواقع، يمكنها تغطية مناطق أكبر مع القدرة على نقل البيانات التي تم جمعها في الوقت الحقيقي أو تخزينها على متنها لاستخدامها في المستقبل. علاوة على ذلك، على عكس المركبات التي يجب أن تتحرك وفقًا لاتجاهات الطريق، يمكن وضع الطائرات في أي مكان من أجل إنشاء اتصال مباشر مع العقد الأخرى. تسمح هذه المرونة لهذه العقد القابلة للطيران بربط العقد الأخرى خارج النطاق والعمل كمرحلات لاتصالاتها. لذلك، فإن وضع هذه الطائرات في مواقع محسنة أو تخطيط مساراتها بكفاءة سيسهم في تعزيز عملية توجيه البيانات في شبكات VANET المدعومة من الطائرات. ويشكل هذا الأمر أحد التحديات الرئيسية في توجيه البيانات عبر العقد الطائرة.

3. **العقد ذات الطاقة/البطارية المحدودة:** على عكس عقد السيارات، تعمل الطائرات دون طيار على البطارية وتتطلب رحلاتها المتكررة ذهاباً وإياباً لإعادة شحن بطارياتها، مما قد يؤثر على مساهماتها في عملية توجيه البيانات [12]. لذا، يجب أن يؤخذ استهلاك طاقة الطائرات في الحسبان أثناء إجراء تحسين بروتوكولات توجيه البيانات لضمان الاتصال السلس بين العقد. إضافة إلى طاقة تجهيزات الاتصال، يتم استهلاك طاقة إضافية وأكثر أهمية نسبيًا لضمان التحليق والطيران لهذه الطائرات. لذلك، فإن الطائرات دون طيار التي تم اختيارها للمشاركة في إجراء التوجيه تحتاج إلى طاقة كافية لإكمال نقل البيانات. قد يؤثر هذا على مستوى طاقة الإرسال للطائرات، ويؤثر على نطاق اتصالاتها، ويحد من حركتها.

4.مشكلة المسارات غير المتصلة:

جذب تحليل الاتصالات في شبكات VANET انتباه الباحثين في الآونة الأخيرة. وقد تم اقتراح بروتوكولات توجيه مختلفة في هذا المجال، لتعكس الحركية الديناميكية العالية للاتصال بسبب أنماط التنقل المختلفة من ناحية والتوزع غير المنتظم للعربات الذي سيسبب وجود مسارات غير متصلة من ناحية أخرى والتي ستسبب بدورها وجود أجزاء من الشبكة غير متصلة، فتم في هذه المجال دراسة تأثيرات السرعة [16، 17، 18]، وكثافة السيارات [16]، ونطاق البث الإذاعي [17، 18]، ومدة الاتصال [19] على مشكلة كسر الوصلة وبالتالي المسارات غير المتصلة.

في الدراسة [20]، درس المؤلفون إمكانية حل مشكلة الأجزاء المنفصلة لسيناريوهات الطرق السريعة في شبكات المركبات باستخدام وحدات على جانب الطريق من أجل تحقيق تغطية تواصلية بين المركبات. ولكن تحتاج عمليات تحديد المواقع الأمثل لتموضع هذه الوحدات الى دراسة معمقة لاختيار المكان الأفضل. ومن ناحية أخرى إن استخدام عدد كبير من هذه الوحدات له تكلفة مادية كبيرة.

في الدراسة [21]، قدم المؤلفون آلية لاختيار القفزة التالية استنادًا إلى العمر المتبقي للوصلة لشبكات المركبات اللاسلكية واقترحوا خوارزمية للتنبؤ بعمر الوصلة المتبقي في VANETs باستخدام مرشح كالمان استنادًا إلى تقنية التنبؤ. قدمت هذه الآلية نتائج جيدة نظراً لأهمية توافر معلومة الموقع المستقبلي للعربات في

عمليات التوجيه لبروتوكولات التوجيه الجغرافي ولكن نتج عنها تأخير زمني كبير ناتج عن الخوارزميات الرياضية التي اعتمدتها تقنية التنبؤ.

قدّمت الدراسة [22] نموذجًا وآلية لاتخاذ القرار لإرسال حزمة البيانات في الطريق السريع مما يسمح بالتنبؤ بعمر المسار والوقت المتبقي لنقل حزم البيانات ويزيل رسالة فشل المسار، نظرًا لأن المركبة المصدر تعرف الزمن الذي سيبقى فيه المسار بحالة عمل ودون أن ينكسر. تم استخدام هذه التقنية مع بروتوكولات التوجيه المعتمدة على الطوبولوجيا مع الإشارة إلى أنه لم يتم تقديم أي طريقة لاستعادة رزم البيانات المفقودة.

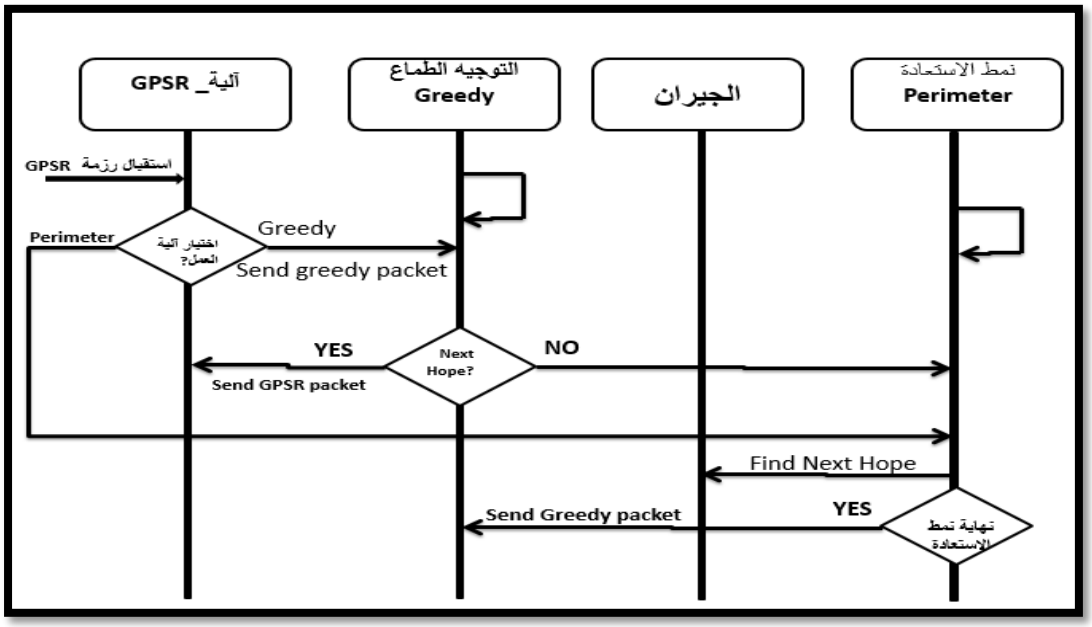
كل هذه الدراسات والتحليلات السابقة فعالة في اختيار القفزة التالية لمنع انقطاع مسار الاتصال. ولكن السؤال الأهم:

هل توجد طريقة تمكننا من معرفة المسار إذا كان متصلاً أو لا؟

هل توجد طريقة لتحديد درجة الاتصالية لمقطع طريق ما. وبالتالي تفضيل استخدام هذه الطريق أو المسار بدلاً من مسار آخر اعتماداً على درجة الاتصالية؟

بالتركيز على بروتوكولات التوجيه الجغرافي وبشكل خاص بروتوكولات التوجيه الطماع التي تعد البروتوكولات الأفضل للعمل مع خصوصية هذا النوع من الشبكات وسنختار البروتوكول[23] GPSR–MA كبروتوكول عامل في طبقة الشبكة.

يوضح الشكل (3) وبشكل تفصيلي آلية عمل البروتوكول (GPSR–MA) وكيف ينتقل بين نمطي العمل لتوجيه رزمة البيانات:



الشكل (3) مخطط ارسال رزمة بيانات GPSR–MA

أولاً: نمط التوجيه الطماع (greedy mode): وفيها يتم ما يلي:

a. يتم البحث في جدول الجيران عن العقدة المناسبة التي يتحقق من أجلها التوجيه الطماع. إذا وجدت العقدة المناسبة التي تحقق ما سبق تنقل رزمة البيانات إلى طبقة الـ MAC لترسل إلى تلك العقدة.

b. إذا لم يتم إيجاد تلك العقدة التي يتحقق من اجلها التوجيه الطماع وكان من غير الممكن الانتقال إلى نمط الاستعادة (كما في حالة الكثافة المنخفضة للعربات) يتم عندها إهمال رزمة البيانات.

c. أما إذا كان بالإمكان الانتقال الى نمط الاستعادة. يتم معالجة رزمة البيانات حسب الآلية المتبعة في نمط الاستعادة التي سيتم توضيحها لاحقاً.

ثانياً: نمط الاستعادة (recovery mode): وفيها يتم ما يلي:

a. تقوم العربة الحالية التي تعمل وفق نمط الاستعادة بمقارنة موقعها الحالي مع موقع العربة التي تم الدخول عندها في نمط الاستعادة الذي يضاف إلى ترويسة الرزمة. فإذا كان موقع العربة الحالية أقرب للهدف من العقدة التي حصل عندها الدخول في نمط الاستعادة، يتم الرجوع للعمل وفق النمط الطماع حسب الخطوة الأولى من التوجيه الطماع.

b. إذا لم تكن العقدة الحالية أقرب للعقدة الهدف من العقدة التي تم الدخول عندها إلى نمط الاستعادة، يتم الاستمرار وفق استراتيجية الاستعادة.

يعد كل من السرعة والمسافة واتجاه الحركة البارامترات الأساسية لمعامل التوجيه m .

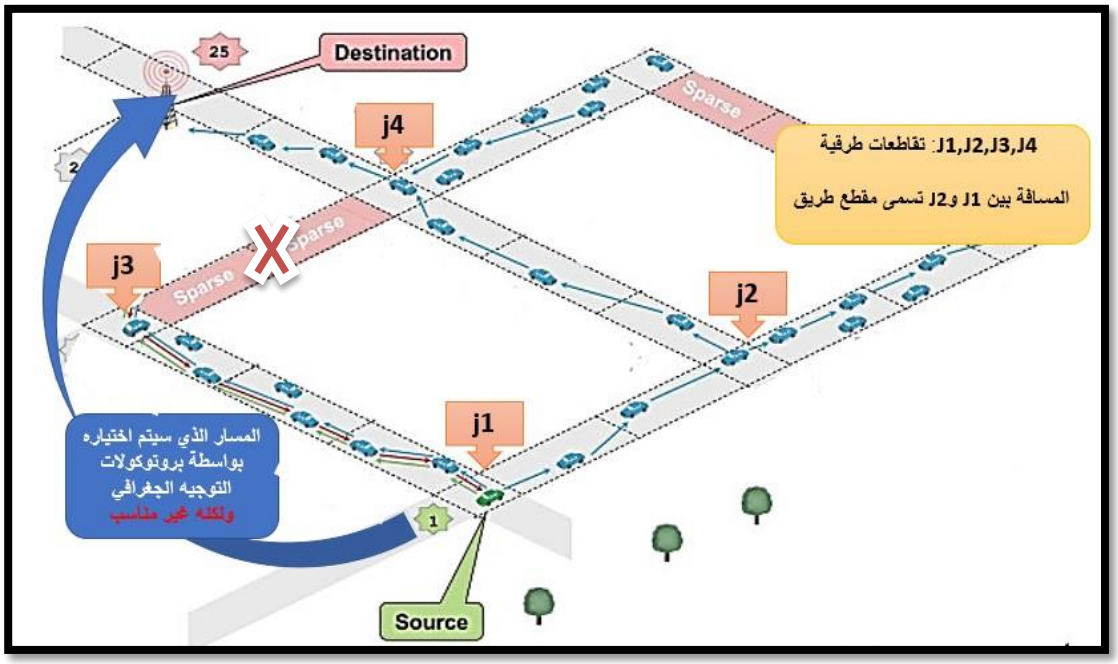
كما في العلاقة (1)[23] :

$$m(s, d, \theta) = \alpha_{speed} f(s) + \alpha_{distance} g(d) + \alpha_{movement} h(\theta) \quad (1)$$

حيث أن كل من: α_{speed} و $\alpha_{distance}$ و $\alpha_{movement}$ هي أوزان مختلفة ومخصصة لكل من السرعة والمسافة واتجاه الحركة على الترتيب.

أما $h(\theta)$ و $g(d)$ و $f(s)$ هي تابع الوزن لكل من اتجاه الحركة والمسافة والسرعة. وبالتالي سيتم اختيار عربة الربط التالية على أساس قيمة m الأعلى بين الخيارات المتاحة.

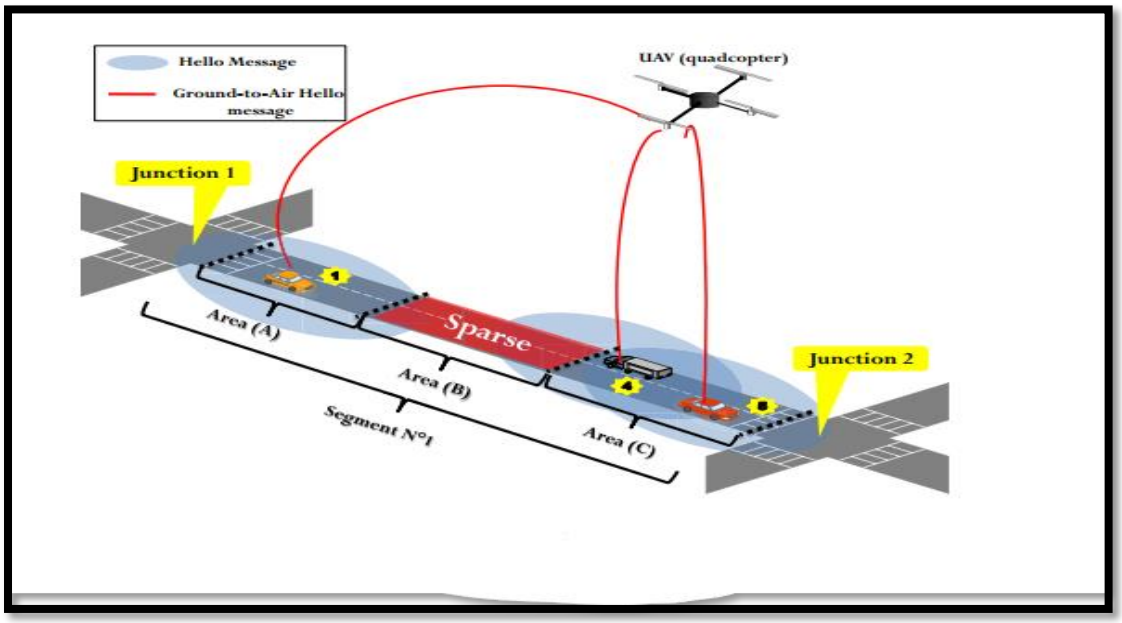
يبين الشكل (4) شبكة VANETمكونة من مجموعة من العربات في بيئة المدينة. عندما تريد العربة المصدر الموجودة عند التقاطع J1 إرسال رسالة إلى الهدف. حسب آلية التوجيه الطماع سيتم اختيار المسار الذي سيمر من J3 إلى J4 حتى الوصول إلى الهدف. ولكن عند وصول الرسالة الى العربة الموجودة عند التقاطع J3 لن تستطيع الرسالة بعدها الاستمرار بسبب عدم وجود أي عربة على مقطع الطريق بين J3 و J4 . وسيدخل البروتوكول إلى نمط الاستعادة للبحث عن مسار آخر. سينتج عن ذلك تأخير زمني كبير وزيادة معدل فقدان الرزم. فكان لابد من طريقة تمكن العربة المصدر من معرفة المسار إذا كان متصلاً أو لا كمرحلة أولى ثم تحديد درجة اتصالية مقطع الطريق للمفاضلة بين الخيارات المتاحة كمرحلة ثانية. وكانت الطائرات دون طيار الطريقة الأمثل والأفضل لتحقيق هذه الغاية وسنوضح هذه الآلية في الفقرة التالية.



الشكل (4): شبكة VANETمكونة من مجموعة من العربات في بيئة المدينة

5. استخدام الطائرات دون طيار في تقدير كثافة الحركة المرورية في مقطع طريق:

لتقدير كثافة حركة المرور على جزء معين من الطريق (مقطع طريق بين تقاطعين متتاليين)، يتم تقسيم كل جزء من الطريق إلى مناطق ثابتة ذات حجم متساوٍ مشابه لنطاق الاتصال للمركبات (300 متر)[25] كما في الشكل (5).



الشكل (5): تقدير كثافة الحركة المرورية في مقطع طريق

اعتماداً على رسائل Hello المتبادلة بين العربات على مقطع الطريق المحدد والطائرة دون طيار الموجودة في هذه المنطقة يتم تحديد وتقييم كثافة الحركة المرورية على مقطع الطريق. ثم تقوم كل طائرة بإنشاء جدول الكثافة لكل جزء من الطريق والحفاظ عليه، والتي يتم بثها بعد ذلك في رسائل Hello. يبين الشكل (5) عملية حساب كثافة

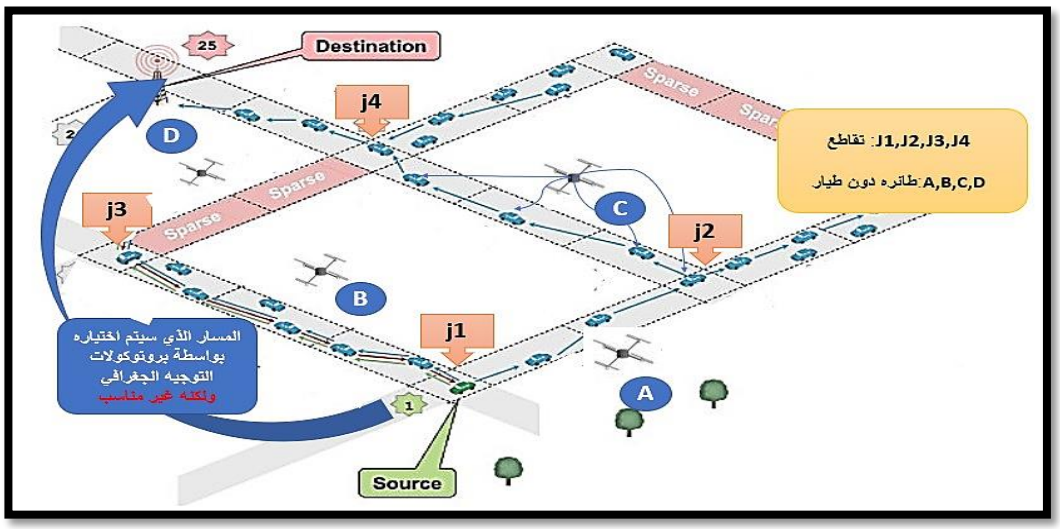
المرور، حيث تقوم الطائرات دون طيار بتجميع رسائل Hello التي تبث من المركبات الواقعة على مقطع الطريق. تنشئ كل طائرة دون طيار جدول كثافة لكل جزء من الطريق وتحافظ عليه. ويحتوي جدول الكثافة على العدد الدقيق للمركبات وإحداثياتها الجغرافية لكل مقطع طريق. ويتم الاستفادة من جدول الكثافة من أجل تحديد الاتصالية لمقطع طريق ما.

يتم تحديد اتصالية مقطع الطريق (جزء الطريق بين تقاطعين متتاليين) باستخدام تقنية بسيطة تعتمد بشكل مباشر على جدول الكثافة الذي تحدثنا عنه سابقاً. وحسب الإحداثيات الجغرافية للمركبات وفقًا للمقطع المقابل. علاوة على ذلك، تم إدراج إحداثيات X و Y للتقاطعين المتتاليين في الجدول.

بناءاً على المعلومات السابقة تستطيع الطائرة دون طيار تحديد إذا كان مقطع الطريق المحدد ذو اتصالية مناسبة ويستطيع نقل رزم البيانات أو لا وتسمى (درجة التسليم). ثم تقوم بمشاركة هذه المعلومة المهمة مع العربات الأرضية التي ستستفيد من هذه المعلومة لتحسين عمل بروتوكول التوجيه الجغرافي.

تتم مشاركة درجة التسليم المحسوبة لكل جزء مغطى مع المركبات الموجودة عند التقاطع من خلال رسائل Hello التي يتم بثها بشكل دوري. تقوم الطائرات دون طيار بتحديث درجة التسليم لكل مقطع طريق بشكل دوري ودائم، مما يمكن أن يوفر توزيعًا شبه دقيق للمركبات على الأجزاء في كل مرة.

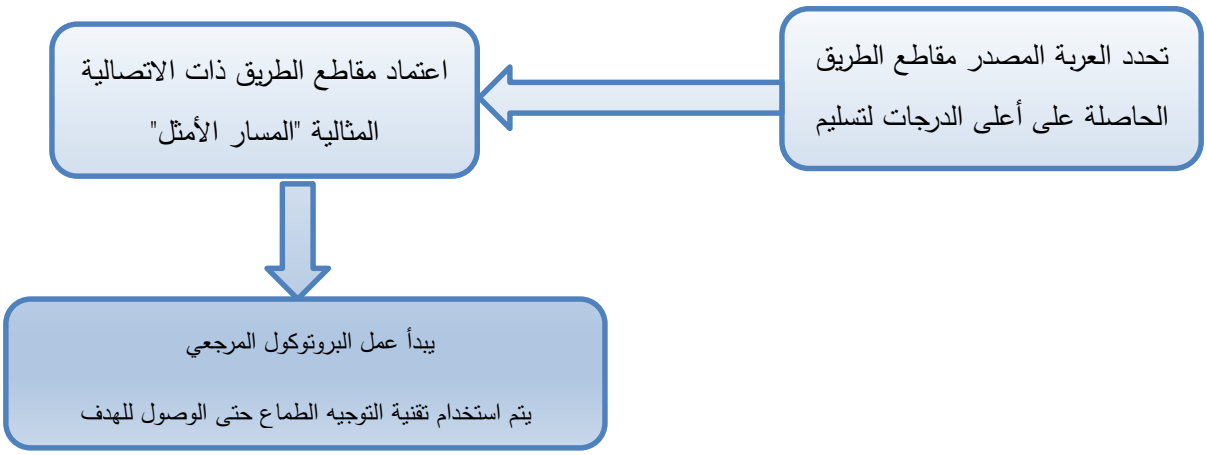
يتم تنفيذ عملية الاختيار لمقطع الطريق المناسب عند التقاطع من قبل السيارة (المصدر / معيد التوجيه) الحالية لأنها المكان الوحيد الذي يتم فيه اتخاذ قرار التوجيه. تقارن السيارة الحالية درجة التسليم التي تم استلامها لجميع الأجزاء المحيطة. يتم تحديد الجزء الحاصل على أعلى الدرجات لتسليم حزمة البيانات إلى السيارة الوجهة. بمجرد تحديد المقطع، يتم استخدام تقنية إعادة التوجيه الطماع كآلية إعادة توجيه لتسليم حزمة البيانات حتى الوصول إلى التقاطع التالي كما هو موضح بالشكل (6).



الشكل (6): شبكة العربات بمساعدة الطائرات دون طيار

6. التعديل المقترح:

ترید العربة المصدر **S** الموجودة عند التقاطع J1 إرسال رسالة إلى الهدف ID الأقرب للتقاطع J4. فيتم تنفيذ الخطوات التالية كما في الشكل (7) قبل أن يبدأ البروتوكول عملة:



الشكل (7) خطوات التعديل

7. المحاكاة وإظهار النتائج:

نحاول من خلال المحاكاة اختبار فعالية الآلية المقترحة من ناحية معدل إيصال الرزم وهو معدل إرسال المعطيات الحقيقي في الشبكة ويحسب بنسبة عدد الرزم التي تم إرسالها الى عدد الرزم التي تم استقبالها.

أما البارامتر الآخر فهو التأخير نهاية إلى نهاية الأقل وهو الزمن اللازم لإرسال رزمة البيانات عبر الشبكة من العقدة المصدر إلى العقدة الهدف. ونركز على سيناريو المدينة حيث تكون العربات موزعة بشكل عشوائي. ونعتمد في هذه الدراسة سيناريو تكون فيه عدد العربات 30 عربة و4 طائرات دون طيار.

1.7. سيناريو المحاكاة:

لقد قمنا بإجراء جميع عمليات المحاكاة باستخدام برنامج NS-2.35 على شبكة مؤلفة من 30 عربة ومتوضعة عشوائياً ضمن رقعة جغرافية X2000 2000 m. و4 طائرات دون طيار متوضعة في نقاط محددة وثابتة. وقد تم اختيار نموذج التنقل حيث تتحرك كل العربات بسرعات محددة مسبقاً m/s (20) في اتجاهات محددة مسبقاً.

أما القيم المستخدمة في المحاكاة فهي موضحة في الجدول (1).

الجدول (1): القيم المستخدمة في المحاكاة

Parameters	Values
Operating system	Linux (UBUNTU 12.04)
NS-2 version	NS-2.35
Simulation Time	120 sec
Environment Size	2000m X 2000m
Number of nodes	30 vehicles + 4 uav
Packet Size	1500 bytes
Traffic-Type	UDP/CBR
Transmit power	0.005 W
MAC Protocol	IEEE 802.11p
Routing protocol	GPSR-MA/new-GPSR
Vehicle speed	(20) m/s
Antenna Type	Omni- Antenna
Radio range	250 m

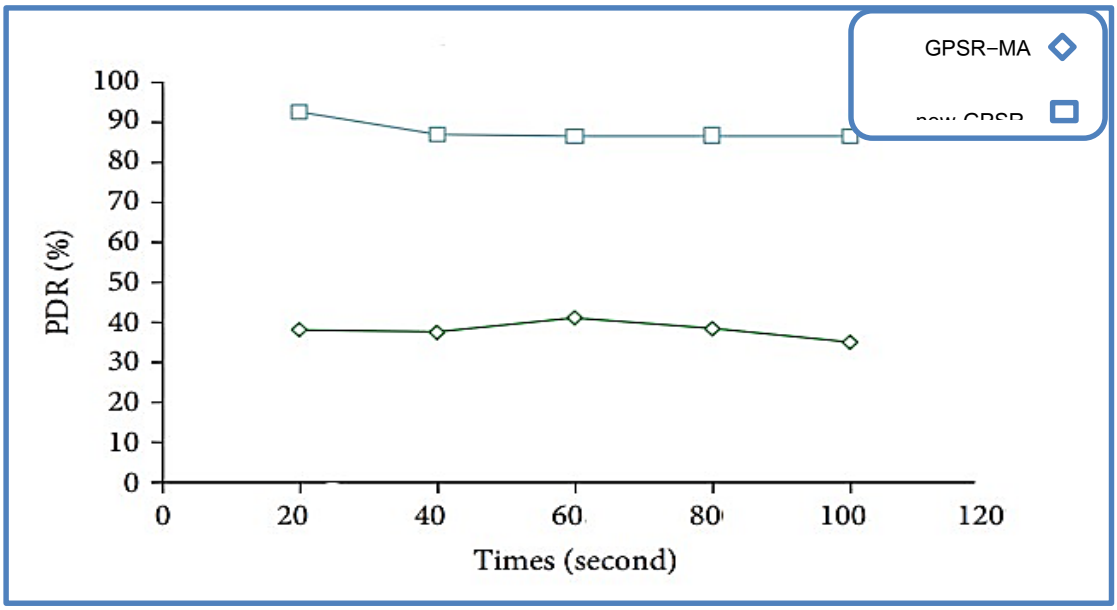
2.7. سيناريوهات المحاكاة:

لتقييم أداء البروتوكول بعد إجراء التعديل قمنا باعتماد سيناريو شبكة VANET مكونة من 30 عربة، تتوضع هذه العربات عشوائياً ضمن مساحة (2000mx2000m) ولكل عربة مسارها الخاص بها، وتم إجراء المحاكاة خلال فترة زمنية تصل حتى 120 ثانية.

الغاية: تقييم ومقارنة الأداء بعد إجراء التعديل المقترح، تحت قيم المحاكاة المحددة في هذا السيناريو لتحديد نسبة التحسن في الأداء وبالتالي فعالية الاقتراح من خلال جمع الإحصائيات المتعلقة ببارامترين أساسيين وهما معدل إيصال الرزم والتأخير نهاية إلى نهاية وهو الزمن اللازم لإرسال رزمة البيانات عبر الشبكة من العقدة المصدر إلى العقدة الهدف. ويتم استخراج النتائج لكل من البروتوكول المرجعي GPSR–MA والبروتوكول بعد التعديل new GPSR.

3.7. النتائج والمناقشة:

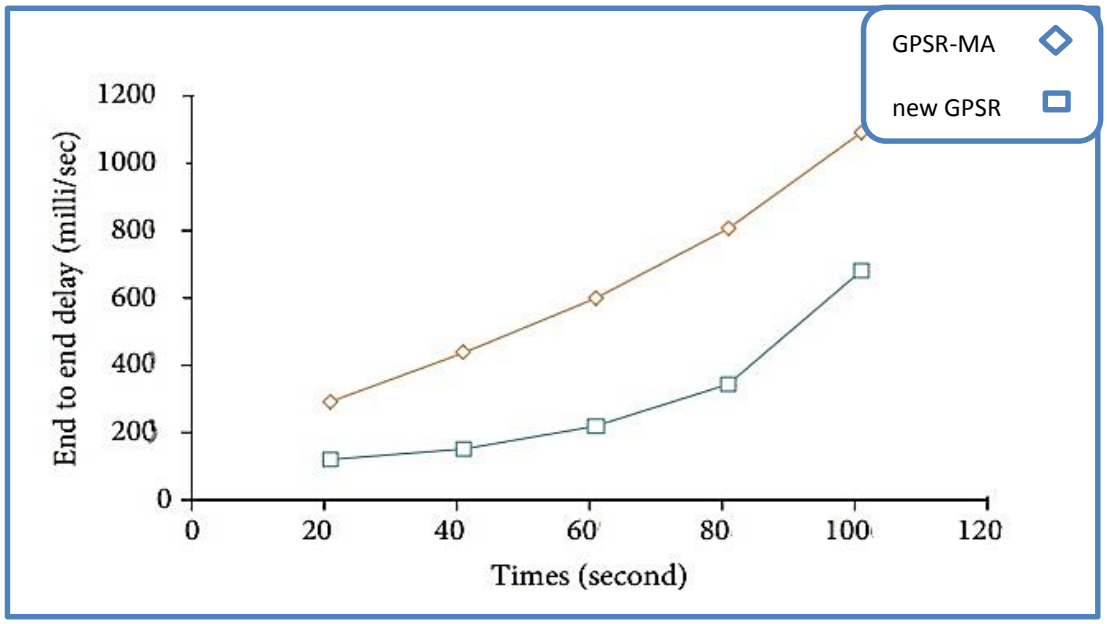
يبين الشكل (8) معدل إيصال الرزم في البروتوكول المرجعي GPSR–MA و البروتوكولnew GPSR بعد التعديل للسيناريو المحدد.



الشكل (8) معدل إيصال الرزم في البروتوكول المرجعي GPSR–MA والبروتوكولnew GPSR

نلاحظ التحسن الواضح في معدل إيصال الرزم مع الآلية المقترحة ويعود السبب المباشر إلى اختيار مقاطع الطرق ذات الاتصالية الأعلى وتجنب المسارات المقطوعة وبالتالي عدم دخول البروتوكول في نمط الاستعادة وما ينتج عنه من تأخير زمني وضياع في الرزم.

ويبين الشكل (9) التأخير الزمني في البروتوكولGPSR–MA المرجعي والبروتوكول new GPSR. ونلاحظ التحسن الواضح من ناحية التأخير الزمني ويعود ذلك إلى تجنب الدخول في نمط الاستعادة في البروتوكول new GPSR من خلال اختيار المسار ذو درجة الاتصالية الأعلى.



الشكل (9) التأخير الزمني في البروتوكولGPSR–MA المرجعي والبروتوكول new GPSR

وأخيراً وفقًا للشكلين (8) و(9)، فإن النموذج المقترح له نتائج مقبولة في أوقات مختلفة وسبب ذلك هو قطع مسار الاتصال في البروتوكول GPSR–MA في أي وقت ولأي سبب من المصدر إلى الوجهة، فمن المحتمل أن يتم فقد رزم البيانات ويحصل تأخير زمني بسبب الدخول في نمط الاستعادة، بينما في الطريقة المقترحة، من خلال الكشف عن المسارات غير المتصلة قبل ارسال البيانات، يتم تخفيض احتمالية فقدان حزم البيانات بشكل كبير وهذا التضمين يعكس الأداء الأفضل للنموذج المقترح

8. الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا في هذا البحث بدراسة وتحليل آلية عمل البروتوكول GPSR–MA بهدف إجراء تحسين يطال الجزء المتعلق بتحديد مقطع الطريق الأفضل لمسار التوجيه الذي يؤمن تخفيض دخول البروتوكول ضمن نمط الاستعادة. وتقوم بتوجيه رزمة البيانات إليها لتحسين أداء الشبكة من خلال تخفيض الرزم الضائعة وتخفيض التأخير الزمني وتجنب كسر الوصلة.

وأثبتنا من خلال نتائج المحاكاة باستخدام بيئة المحاكاة NS–2.35 ما يلي:

1. قدّم تطبيق الآلية المقترحة تحسناً ملحوظاً في الأداء حيث ينخفض التأخير الزمني ويكتسب ذلك أهمية كبيرة. نظراً للحساسية العالية لهذا البارامتر عند معظم التطبيقات وخاصة أن معظم تطبيقات VANET هي تطبيقات بالزمن الحقيقي كالإنذار عن الحوادث مثلاً.

2. قدّم تطبيق الآلية المقترحة تحسناً في معدل إيصال الرزم، ويكتسب ذلك أهمية كبيرة نظراً للخصائص الفريدة التي تتمتع بها هذه الشبكات، مثل التغيرات العالية والسريعة في سرعة حركة العربات الذي ينتج عنه التغير المتكرر في طوبولوجيا الشبكة وانقطاع متكرر في الوصلة.

3. في الطريقة المقترحة، ستشارك الطائرات دون طيار معلومات الاتصال لعقد VANET على الأرض. لذلك، ستكون المركبات الجوية غير المأهولة (UAVs) قابلة للتطبيق في اكتشاف المسارات المعطلة، ويمكن استخدام الطريقة المقترحة في هذ البحث لتحسين العمل في الأبحاث المستقبلية حول بروتوكولات التوجيه الجغرافي الأخرى في شبكات VANET أو لتكييفها مع البيئات الأخرى مثل الطرق السريعة والمناطق الريفية.

وبالنتيجة تظهر نتائج المحاكاة أن الطريقة المقترحة المتمثلة في استخدام المركبات الجوية غير المأهولة (UAVs)في اكتشاف المسارات المعطلة، لها أداء وكفاءة أفضل من حيث تحسين نسبة تسليم الرزم، ومن ناحية التأخير الزمني. كما يمكن للطائرات بدون طيار من خلال الخدمة التي توفرها أن تخفّض الدخول في نمط الاستعادة في البروتوكول GPSR–MA من خلال اختيار المسارات ذات كثافة العربات الأكبر بالتالي منع توليد حزم توجيه إضافية بسبب نمط الاستعادة وتخفيض التأخير الزمني، وبالتالي تقليل حمل الشبكة.

لذلك نوصي باستخدام البروتوكول new GPSR كاستراتيجية توجيه موثوقة من أجل التطبيقات التي يكون فيها التأخير الزمني غير مسموح به.

المراجع:

[1] Weisen Shi, Haibo Zhou "Drone Assisted Vehicular Networks: Architecture, Challenges and Opportunities "IEEE Network. Vol.32: pp :130-137, 2018.

[2] Rezoan Ahmed Nazib; Sangman Moh "Routing Protocols for Unmanned Aerial Vehicle-Aided Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey" IEEE,2020.

[3] Maurice Khabbaz; Joseph Antoun "Modelling and Performance Analysis of UAV-Assisted Vehicular Networks" IEEE, VOL.10,2019.

[4] Zohreh Bakhtiari, Rozita Jamili Oskouei "Presenting an Effective Method to Detect and Track the Broken Path in VANET Using UAVs" Wireless Communications and Mobile Computing, 2020.

[5] "NS2 official website" [Online]. Available: http://www.isi.edu/nsnam/ns/. Last date April 2020.

[6] http://www.machandstomyself.pw/find/8576f0f19a15b7df1c42d35e9c885af2/result-367957104.dl?source=direct. Last date April 2020.

[7] https://drive.google.com/file/d/0B7S255p3kFXNcGFJbGttY2dLT2M/view?usp=sharing.Last date, January 2020.

[8] Y. Zhou *et al.*, "Multi-UAV-Aided Networks: Aerial-Ground Cooperative Vehicular Networking Architecture," *IEEE*, Vol .10, No. 4, pp: 36-44, 2015.

[9] O. S. Oubbati, "UVAR: An Intersection UAV-Assisted VANET Routing Protocol," *Proc. IEEE WCNC*, April, pp. 1–6. 2016.

[10] Hafez Seliem; Reza Shahidi "Drone-Based Highway-VANET and DAS Service" IEEE Access; VOL. 6, pp: 20125 – 20137, April 2018.

[11] ZEESHAN SHAFIQ; RANA ABBAS "Analysis and Evaluation of Random-Access Transmission for UAV-Assisted Vehicular to-Infrastructure Communications "IEEE Access, VOL. 7, pp: 12427 – 12440, 2019.

[12] Hakim Ghazzai;Hamid Menouar." Data Routing Challenges in UAV-assisted Vehicular Ad hoc Networks "The Sixth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications. VEHICULAR 2017.

[13] Omar Sami Oubbatia**;** Abderrahmane Lakas "A Survey on Position-based Routing Protocols for Flying Ad hoc Networks (FANETs)" Vehicular Communications, ELSEVIER, Vol.10, pp: 29-56, 2019.

[14] Seilendria A. Hadiwardoyo;Carlos T. Calafate "Evaluating UAV-to-Car Communications Performance: Testbed Experiments "IEEE 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications ,2018.

[15] Naveen, Sunil Maakar "Concept of Flying Ad-hoc Network: A Survey"National Conference on Innovative Trends in Computer Science Engineering (ITCSE-2015)held at BRCMCET, Bahal on 4th April 2015.

[16] Z. Zhang, G. Mao, and B. D. O. Anderson, "On the Information Propagation Process in Mobile Vehicular Ad Hoc Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 60, no. 5, pp. 2314–2325, 2011.

[17] Z. Zhang, G. Mao, and B. D. O. Anderson, "Stochastic characterization of information propagation process in vehicular ad hoc networks," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 15, no. 1, pp. 122–135, 2014.

[18] S. Durrani, X. Zhou, and A. Chandra, "Effect of Vehicle Mobility on Connectivity

of Vehicular Ad Hoc Networks," in 2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall, pp. 1–5, Ottawa, ON, 2010

[19] R. Nagel, "The effect of vehicular distance distributions and mobility on VANET communications," in 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 1190 -1194, San Diego, CA, 2010.

[20] P. Tomar, B. K. Chaurasia, and G. S. Tomar, "State of the art of data dissemination in VANETs," International Journal of Computer Theory an d Engineering, vol. 2, no. 6, pp. 957–962, 2010.

[21] S. Shelly and A. V. Babu, "Link residual lifetime-based next hop selection scheme for vehicular ad hoc networks," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking,vol. 2017, no. 1, 2017

[22] M. Nabil, A. Hajami, and A. Haqiq, "A stable route prediction and the decision taking at sending a data packet in a highway environment," in Proceedings of the 2nd international Conference on Big Data, Cloud and Applications, pp. 1–6, Tetouan, Morocco, 2017

[23] Fabrizio Granelli and Gianni Vernazza "Enhanced GPSR Routing in Multi-Hop Vehicular Communications through Movement Awareness"IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, Vol. 11, No. 10, OCTOBER 2007

[24] Si-Ho Cha" A Route-Aware Delay Tolerant Routing Protocol for Sparse Vehicular Ad-Hoc Networks "International *Journal of Control and Automation,* Vol.6, No.5, 2013.

[25] Omar Sami Oubbatia; Abderrahmane Lakas "A Survey on Position-based Routing Protocols for Flying Ad hoc Networks (FANETs)" Vehicular Communications, ELSEVIER, Vol.10, pp: 29-56, 2019