

Improve the Mechanism of Selecting the Next Relay Node in UAV Assisted VANET

Dr. Mothanna Alkubaily*
Bassam Hasan**

(Received 1 / 3 / 2022. Accepted 20 / 10 / 2022)

□ ABSTRACT □

The UAV-assisted VANET network consists of a group of ground nodes, which are cars and roadside units, and a group of flying nodes called drones that form a wireless network among themselves. The nodes of this network have special equipment that makes them able to communicate with each other. Routing protocols in these networks face major challenges represented by the dynamic change of network topology, as well as link disruption. A proper and effective routing protocol helps ensure that messages reach the desired destination and achieve the desired application goal. Most of the greedy geo-routing protocols in general, and GPSR in particular, focus on the Geographical location and prediction of the future location of the nodes in the process of selecting the next relay node, with the unsatisfactory consequences of interruption of the communication link and consequently low packet delivery rate and high time delay, there is a clear threat to its reliability and guarantee The communication link continues to function effectively.

In this paper, we try to verify the possibility of knowing the future positioning of vehicles and drones and using them to improve the working mechanism of the GPSR routing protocol in the networks of mobile vehicles with the help of drones.

Keywords: UAV-assisted VANET, Relay node, Greedy Routing Protocol, GPSR protocol, Link Breakage.

* Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: mothanna.alkubaily@gmail.com

** (PhD student) Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. bsa.fa@hotmail.com

تحسين آلية اختيار عقدة الربط التالية في شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار

- د. مثنى القبيلي
- بسام حسن

(تاريخ الإيداع 1 / 3 / 2022. قُبل للنشر في 20 / 10 / 2022)

□ ملخص □

تتألف شبكات العربات المتنقلة بمساعدة الطائرات دون طيار من مجموعة من العقد الأرضية وهي السيارات والوحدات المحيطة ومجموعة من العقد الطائرة تدعى طائرات دون طيار تشكل فيما بينها شبكة لاسلكية، تكون عقد هذه الشبكة ذات تجهيزات خاصة تجعلها قادرة على الاتصال فيما بينها. تواجه بروتوكولات التوجيه في هذه الشبكات تحديات كبيرة تتمثل بالتغير الديناميكي لطوبولوجيا الشبكة، إضافة إلى انقطاع الوصلة. يساعد بروتوكول التوجيه المناسب والفعال بضمان وصول الرسائل إلى الوجهة المطلوبة وتحقيق الهدف المطلوب من التطبيق. يتم التركيز على الموقع الجغرافي والتنبيه بالموقع المستقبلي للعقد في عملية اختيار عقدة الربط التالية لدى معظم بروتوكولات التوجيه الجغرافي الطماع بشكل عام والبروتوكول GPSR بشكل خاص، لينتهي المطاف بتداعيات غير مرضية متمثلة بانقطاع وصلة الاتصال وبالتالي معدل تسليم رزم متدنٍ وتأخير زمني عالٍ، فهناك تهديد واضح لوثوقية وضمان استمرار عمل وصلة الاتصال بشكل فعال.

نحاول في هذه الورقة البحثية التحقق من إمكانية معرفة التموضع المستقبلي للعربات والطائرات دون طيار والاستفادة منها لتحسين آلية عمل بروتوكول التوجيه GPSR في شبكات العربات المتنقلة بمساعدة الطائرات دون طيار.

الكلمات المفتاحية: شبكات العربات المتنقلة بمساعدة الطائرات دون طيار، عقدة الربط، بروتوكول توجيه طماع، البروتوكول GPSR، انقطاع الوصلة.

• أستاذ، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية.
mothanna.alkubeily@gmail.com

• (طالب دكتوراه)، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية
bsa.fa@hotmail.com

مقدمة:

في معماريات شبكات العريبات المتنقلة بمساعدة الطائرات دون طيار، تُستخدم هذه الطائرات لمساعدة شبكة المركبات على زيادة قابلية الشبكة للتوسع والاستقرار والمتانة والوثوقية والأمان. ومع ذلك، نظراً لاستخدام نموذج شبكة غير متجانس، فإن شبكات العريبات بمساعدة الطائرات دون طيار تعاني من جميع مشاكل شبكات الطائرات دون طيار وشبكات العريبات تقريباً. يعد إنشاء الاتصال بين الطائرات دون طيار والمركبات الأرضية والحفاظ عليه أحد الشروط المطلوبة للتوجيه في بنية هذه الشبكات. ويكون للموضوع الصحيح للطائرات العامل المهم جداً للحفاظ على عمر الارتباط لأطول فترة ممكنة وتخفيف الانقطاعات في الشبكة بصورة عامة. وبالتالي تخفيض تأخير تسليم الرزم، وفقدان البيانات، وازدحام الشبكة مع حزم تحكم إضافية [1,2]. تتميز هذه الشبكات ببنية معرضة بطبيعتها لقطع الاتصال بسبب التنقل العالي، ويصعب الحفاظ على اتصال مستقر لمدة طويلة حيث تنطلق بعض الطائرات دون طيار بسرعة تصل إلى 45م/ث [3,4]، في حين أن سرعة المركبات تختلف بشكل كبير ويمكن أن تقترب من 200 كم/ ساعة. وبسبب حالة الحركة العالية، تحدث تغيرات طوبولوجية بشكل متكرر. يصبح نقل البيانات بين شبكات V2V (عربة إلى عربة) أو شبكات V2U (عربة إلى طائرة دون طيار) أمراً صعباً بسبب التغيير السريع في طوبولوجيا الشبكة [5,6].

أهمية البحث وأهدافه:

يتأثر أداء اتصال شبكات المركبات وتأخر تسليم البيانات بشكل كبير بالديناميكية المكانية والزمانية لحركة مرور المركبات التي تخضع لتغيراتها للعديد من العوامل العشوائية. في ظل القيود الصارمة والاحتمالية التي تفرضها ظروف حركة مرور المركبات ذات التدفق الحر (على سبيل المثال، كثافة المركبات المنخفضة إلى المتوسطة، ودرجة التنقل المرتفعة، والسرعات العالية، إلخ)، تعاني هذه الشبكات من اختلافات طوبولوجيا سريعة إلى حد كبير تؤدي إلى تكرار الانقطاعات في الاتصالات مما يؤدي إلى تأخر تسليم البيانات، حيث يعتمد اتصال شبكة المركبات بشكل كبير على عدد المركبات على الطريق. تزداد الحاجة إلى مساعدة الطائرات دون طيار عندما ينخفض عدد المركبات. علاوة على ذلك، إذا أصبح الطريق متناثراً أو إذا كان هناك عدد محدود أو لا يوجد RSUs في الجزء المعني، فستزداد أيضاً الحاجة إلى هذه الطائرات. لذلك تهدف الدراسة المقدمة في هذا البحث إلى التحقيق في قدرة العناصر الخارجية المستقلة أي الطائرات دون طيار في تقوية / معالجة روابط الاتصال الضعيفة / المعطلة بين كيانات المركبات الأرضية (مثل وحدات الطريق (RSUs) والمركبات) ورفع مستوى اتصال المركبات وتأخير الأداء.

طرائق البحث ومواده:

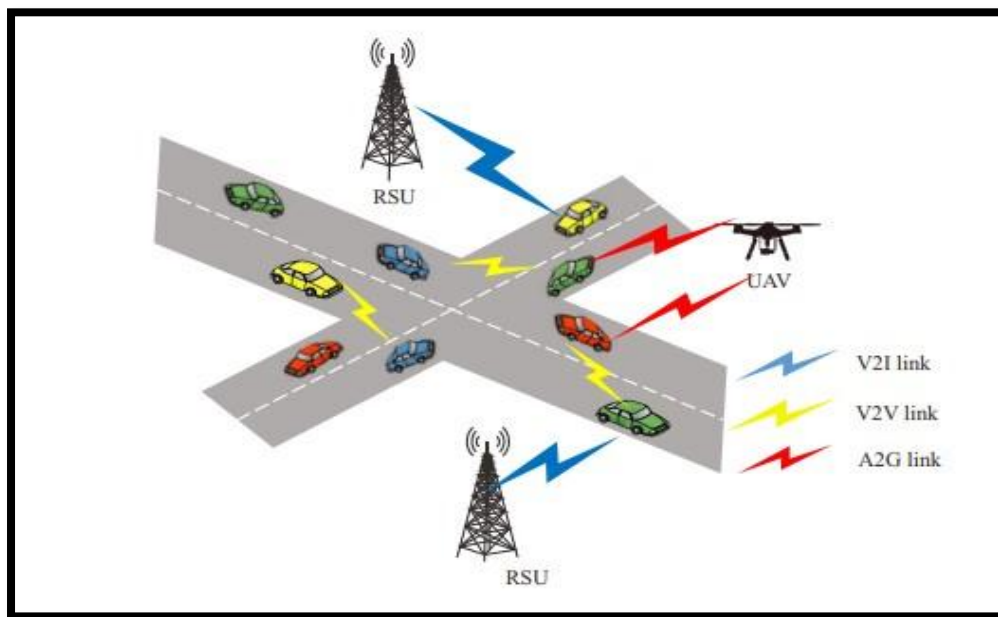
طُبِق سيناريو المحاكاة على برنامج (NS-2.35). ويعد هذا المحاكى غنياً جداً بالعديد من مكونات وبروتوكولات الشبكات التي يتم التعبير عنها بشكل كائن Object، ويرتكز في عمله داخلياً على لغتين ++C و OTCL. إن NS هو اختصار لـ (Network Simulation) وهو محاكي خاص بالأحداث المنقطعة موجه إلى الأبحاث الشبكية، ومتاح للعموم، 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 المحاكى ليعمل على منصة عمل لينوكس، كما يمكن أن يعمل على منصة عمل نظام ويندوز باستخدام بيئة خاصة. ويعد هذا المحاكى من أكثر المحاكيات الشبكية استخداماً. تمكنا من محاكاة البروتوكول GPSR باستخدام البرنامج (ns-2.35)، وذلك بالاستعانة بـ (gpsr-) [8,9] (KeLiu_ns235.patch).

1. شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار

يمكن للشبكات المخصصة للمركبات (VANETs) أن توفر للمستخدمين تجربة قيادة أكثر أماناً وإمتاعاً من خلال دمج تقنيات الاتصالات والمعلوماتية في نظام النقل الذكي (ITS) [10]. ومع ذلك، تواجه VANETs التحدي المتمثل في انقطاعات الاتصال المتكررة بسبب الديناميكية العالية في تغير الطوبولوجيا، والتي تؤدي إلى تدهور أداء الشبكة بشكل كبير [11]. لمواجهة هذا التحدي، يمكن اعتبار المركبات الجوية غير المأهولة (UAVs) كمرشحين مناسبين لتحسين ترابط شبكات VANET [12]. على سبيل المثال، يمكن للطائرات دون طيار مساعدة المركبة الأرضية في نقل البيانات بطريقة "التخزين - الترحيل" (SCF)، والتي يمكن أن تحسن بشكل فعال نسبة تسليم الرسائل وتخفيض التأخير من طرف إلى طرف [13]. في شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار، تعد الطائرات والمركبات عقدًا للشبكة تنقل الرسائل إلى بعضها البعض من خلال اتصالات متعددة القفزات.

ومع تطور تكنولوجيا التحكم بالطيران ومنتجات الطائرات دون طيار، أصبح استخدام هذه الطائرات 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 [14] 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 كما في الشكل (1). لا تقوم الشبكة الفرعية الجوية بجمع معلومات الشبكة والطريق فقط للمركبات، ولكنها تؤدي أيضاً دوراً أساسياً في اتصالات (V2V) بمعنى ستعمل الطائرات دون طيار كعقد ربط ضمن مسار التوجيه المعتمد.



الشكل (1): شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار [14]

فيما يتعلق بالتكنولوجيا التي تتيح الاتصال بين العقد المختلفة المشاركة في سيناريو VANET بمساعدة الطائرات دون طيار، يُفترض أن تكون العقد مجهزة بوحدة مخصصة للاتصالات قصيرة المدى (DSRC) وبالتالي التواصل مع المركبات / الطائرات دون طيار / RSUs وفقاً للقواعد التي تملئها مجموعة بروتوكولات WAVE [9]. ينقسم طيف الاتصالات WAVE إلى قناة تحكم واحدة (CCH) وقنوات خدمة متعددة (SCH). في هذا السياق، تتم عملية إنشاء اتصال بين عقدتين على النحو الآتي: تثبت كل عقدة في الشبكة بشكل دوري رسائل منارة عبر CCH تعلن عن خدماتها المعروضة (في حالة RSU) أو معلومات حول سرعتها وموقعها وحجم المخزن المؤقت واتجاه السفر (في حالة السيارة أو الطائرة دون طيار). ستقوم السيارة التي ترغب في الاتصال بمراقبة CCH ببساطة، والتنسيق مع RSU أو المركبات المجاورة أو الطائرات دون طيار، ثم التبديل إلى SCH لإنشاء ارتباط اتصال.

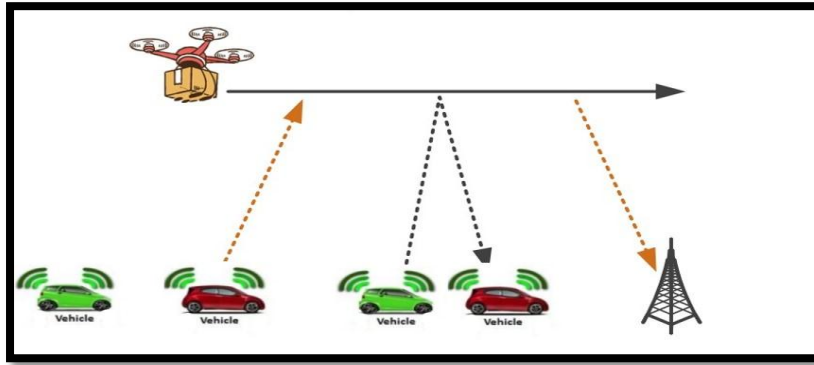
2 . مزايا وتحديات استخدام الطائرات دون طيار :

يوفر دعم شبكات العربات المتنقلة 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 [15,16] :

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. وبالفعل، كلما ازداد 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).
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 وفقاً 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
3. **العقد ذات البطارية المحدودة:** على عكس عقد السيارات، تعمل الطائرات دون طيار على البطارية وتتطلب رحلات متكررة ذهاباً وإياباً لإعادة شحن بطارياتها، مما قد يؤثر على مساهماتها في عملية توجيه البيانات. لذا، يجب أن يؤخذ استهلاك طاقة الطائرات بالحسبان أثناء إجراء أي تحسين في هذا المجال.

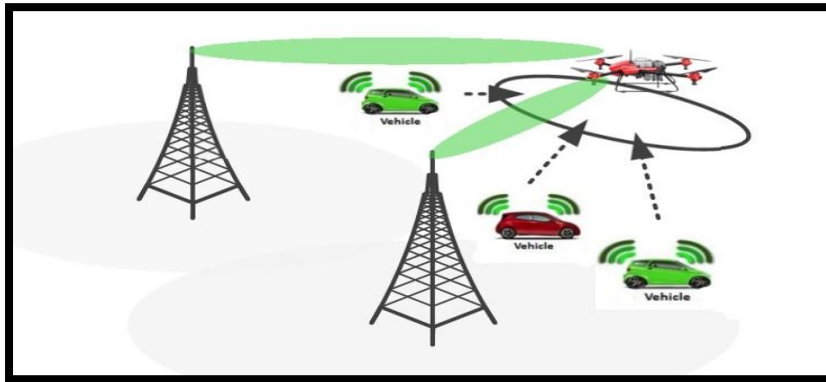
3 . أنماط مسارات وتموضع الطائرات دون طيار :

1. **الطائرات دون طيار التي تحلق من نقطة إلى نقطة:** تقلع الطائرة من نقطة البداية وتصل إلى نقطة هبوط محددة خلال فترة زمنية محددة أو على مسار محدد كما في الشكل (2). هذا هو وضع الطيران الشائع نسبياً للطائرات دون طيار .



الشكل (2): الطائرات بدون طيار التي تطلق من نقطة إلى نقطة [17]

2. الطائرات دون طيار التي تطلق بشكل دوري: تدور الطائرة دون طيار في منطقة معينة، ويكون مسار الرحلة دورياً معيناً. قد تحتاج عملية الطيران إلى المرور عبر عدة نقاط مستهدفة. على سبيل المثال، عندما تقوم الطائرات بمهام دورية، يتم التخطيط لمسارات الطيران بشكل عام مسبقاً وفقاً للتضاريس كما في الشكل (3).



الشكل (3): الطائرات دون طيار التي تطلق بشكل دوري [17]

3. الطائرات دون طيار الثابتة التي تحوم: هذا يعني أن تحوم الطائرة في موضع وارتفاع ثابت. في المناطق المزدحمة أو ممرات المرور، يمكن أن تكون الطائرات التي تحوم مسؤولة عن مهام المراقبة، والتي عادة ما تكون في وضع ثابت للحصول على رؤية مثالية كما في الشكل (4).



الشكل (4): الطائرات دون طيار الثابتة التي تحوم في منطقة محددة [17]

في ظل فرضية إكمال المهمة وضمان الأمن، قد تتمكن الطائرات من تعديل حالة رحلاتها وفقاً لمتطلبات الإرسال الخاصة بالشبكات الأرضية. ومع ذلك، يتم تعيين رحلات الطائرات من خلال مهام محددة لها بالتالي سيكون لدينا قيود بشكل عام على مسار الرحلة ووقت الانتهاء واستهلاك الطاقة. هذا ليس فقط من أجل كفاءة المهام، ولكن أيضاً لسلامة الطائرات دون طيار. لذلك، يمكن تصنيف أوضاع الوصول للطائرات دون طيار من منظور حركة طيران الطائرات، إلى المساعدة السلبية والمساعدة النشطة.

3.1 المساعدة السلبية للطائرات دون طيار:

وفيها يُطلب من الطائرات دون طيار إكمال المهام في رحلة محددة وفي أوقات محددة، لذلك لا يمكنهم تغيير حالة الرحلة. تتحقق المساعدة المقدمة إلى الشبكة الأرضية من خلال تلقي البيانات أو إعادة توجيهها وفقاً لمسار معين.

3.2 المساعدة النشطة للطائرات دون طيار:

نظراً لتأثير البيئة غير المؤكدة والحركة الجوية، من المفترض عادةً أن تحجز الطائرات دون طيار قدرًا من الوقت لضبط حالات الطيران بناءً على ظروف الوقت الفعلي. لذلك، عندما يكون للطاقة المخصصة للطيران ووقت الرحلة ومسار الطائرات دون طيار بعض الهوامش، يمكن للطائرات ضبط سرعات طيرانها وارتفاعاتها ومساراتها وفقاً لمتطلبات الشبكات الأرضية.

وتجدر الإشارة إلى أن الاستخدام الفعال للطائرات يتطلب التنسيق بينها وبين العربات الأرضية. ومع ذلك، فإن التنسيق المتعدد معقد جداً والسمات الديناميكية وغير المؤكدة للشبكات تشكل تحديات متزايدة لعملية التنسيق السابقة. عندما تستخدم شبكة العربات الأرضية خدمات الإرسال التي توفرها الطائرات دون طيار، يجب أن يتم التنبؤ بنمط حركة هذه الطائرات ولكن يصعب على الطائرات الحصول على معلومات متعلقة بتوزيع العربات الأرضية وكثافتها ومواقعها في وقت مبكر. بالمقابل بالنظر إلى نطاق زمني أصغر، يتم تحديد إقلاع وهبوط الطائرات من خلال تشغيلها. لذا يمكن معرفة المسار المحدد مسبقاً للطائرات واستخدامه بشكل فعال أكبر وهذه الميزة التي سنتناقشها ورقنتا البحثية هذه.

4 . الأعمال ذات الصلة:

أشارت الدراسة [18] إلى أهمية الموقع الجغرافي المستقبلي للعقد في عملية اختيار عقدة الربط التالية في البروتوكول GPSR-MA، وأنه يحظى بالأولوية الأعلى مقارنة بسرعة حركة العربة، وإن عدم مراعاة هذا البارامتر سيؤدي إلى إدارج غير دقيق لعربات غير مناسبة في جدول توجيه العربة المرسل والذي ينتج عنه حدوث مشكلة انقطاع الوصلة وضياح الرزم. وأشارت الدراسة [19] أنه في شبكات العربات بمساعدة الطائرات دون طيار، يعد اتجاه المركبات الأرضية والطائرات مهماً بنفس القدر. وفيما يتعلق بالقلق من اتجاه الطائرات، فإنه أكثر تعقيداً حيث يمكن للطائرة دون طيار التحرك بحرية في إحداثيات ثلاثية الأبعاد. ودون مراعاة الاتجاه، لن يعمل بروتوكول التوجيه بشكل جيد في التطبيقات الواقعية. وإذا كانت المركبات الأرضية على دراية بنموذج التنقل للطائرة دون طيار، فستكون المركبات قادرة على التنبؤ بالموقع التالي للطائرة بسهولة وتحسين عمل بروتوكول التوجيه.

أشارت الدراستين [20]، [21] أنه في حال كانت المركبات الأرضية على دراية بنموذج التنقل للطائرة دون طيار، فستكون المركبات قادرة على التنبؤ بالموقع التالي للطائرة بسهولة وبالتالي تحسين آلية التوجيه.

درست [22] نماذج حركة الطائرات دون طيار حيث أشار الباحث إلى أن استخدام النماذج المحددة مسبقاً لحركات الطائرات دون طيار سيمكن العربات من معرفة مسارات الطائرات والذي سيساهم بشكل كبير في تحسين عمل

بروتوكولات التوجيه. من ناحية أخرى تتعلق بالعقد الأرضية، أشارت الدراسات [23,24,25] إلى إمكانية تحديد مسار حركة العربة المستقبلي (الموقع المستقبلي) من خلال آليات مختلفة:

اتجاه أول: تعتمد إحصائيات المرور (traffic statistics) وتخطيط الشبكة (network layout) التي تصمم بحيث يتم استخدام مسار العربة المتوفر لتحسين أداء تسليم الرزم. ومن أجل نشر معلومات مسار العربة، تفترض هذه البروتوكولات أن عدداً كبيراً من نقاط الوصل اللاسلكية (WAP) (wireless access points) يجب أن تنشر على طول الطرق، مما يجعل التكلفة المادية كبيرة جداً. لذلك كان التطبيق العملي صعباً وتم البحث عن آليات أخرى تستطيع أن تؤمن معرفة مسار العربة ونشر هذه المعلومات إلى العربات الأخرى.

اتجاه ثاني: افترضت الدراسات ضمن هذا التوجه، أنه في العالم الحقيقي يوجد أنواع مختلفة من العربات وبالنسبة لاستقرار مسار حركتها يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أصناف وهي:

- a. الصنف الأول له مسار حركة محدد وثابت مثل الباص والترام (القطار الكهربائي)، والسكة الحديدية. أي العربات التي لها مسار محدد ومجدول ومعلن، لذا يكون المسار محدداً ومعروفاً تماماً.
- b. الصنف الثاني من العربات التي لها مسار منتظم مثل السيارات الخاصة، فعلى سبيل المثال تنتقل السيارة الخاصة في أماكن متعددة ومحددة مثل المنزل، العمل، السوق المركزي، المنتزه. أي المسار محدد بشكل إحصائي والتوقع يمكن أن يكون ذو دقة عالية جداً.
- c. الصنف الثالث الذي له مسارات متغيرة مثل سيارة الأجرة، التي لها طرق متعددة ومرنة، وهنا يكون توقع المسار أقل دقة.

بالنتيجة قدمت هذه الدراسة طريقة عملية تعتمد آلية إحصائية تمكنت من خلالها من تحديد مسار حركة العربة.
اتجاه ثالث: تفرض إمكانية تحديد المسار بشكل مسبق للعربة أو في بداية رحلتها الحالية. اعتماداً على الخرائط الرقمية والأنظمة الملاحة الحديثة.

بالنتيجة: أثبتت الدراسات السابقة أن تحديد المسار ممكن، أي أن تعرف العربة التقاطعات التي ستمر عليها حتى وصول العربة إلى وجهتها النهائية (المسار محدد ومجدول في بداية الرحلة).

5. تحسين وثوقية الوصلة من خلال معرفة المواقع المستقبلية للعربات والطائرات دون طيار:

تظهر مشكلة تأمين مسار موثوق بشكل واضح في بروتوكولات التوجيه المطبقة في شبكات العربات، ولا سيما في الشبكات ذات الكثافة المنخفضة، حيث تتأثر وثوقية بروتوكولات التوجيه بعامل الكثافة بشكل كبير [25]. وتتعلق الكثافة في مثل هذا النوع من الشبكات بشكل مباشر بكثافة حركة المرور التي تتأثر بدورها بكل من الموقع والزمن. على سبيل المثال تتخفف كثافة العقد في عدد من الحالات مثل المناطق الريفية أو في ضواحي المدن وحتى في المدن وذلك في فترات زمنية معينة حيث يكون عدد العقد منخفضاً وإمكانية انقطاع الوصلة كبير. حيث لا تستطيع العمل بشكل جيد عندما تكون العربات متناثرة وموزعة بشكل غير منتظم، وهنا تظهر أهمية الدقة في التوقع الذي يمكن الاعتماد عليه لتحديد عقدة الربط التالية والتي يظهر أثرها بشكل واضح عند التقاطعات (junction) في بيئة المدينة من حيث اختيار عقدة الربط (relay node) الأفضل التي تتحرك نحو الطريق المتوقع المثالي عند التقاطعات. إذا افترضنا أن مسار العربة متوفر ومسار حركة الطائرات دون طيار متوفر يتحقق ما يلي:

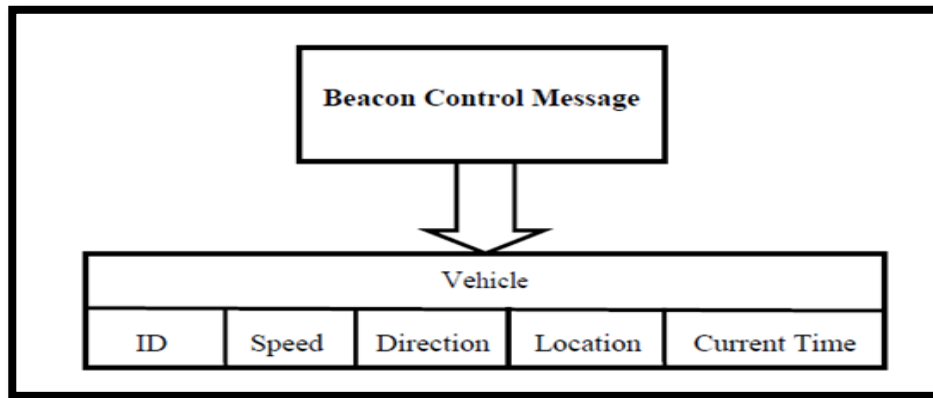
كل عقدة (عربة أو طائرة دون طيار) قادرة على تحديد موقعها المستقبلي بشكل أكثر دقة. فإذا عكسنا الآلية المتبعة في البروتوكول GPSR-MA [18] بدلاً من أن تقوم كل عربة بتوقع الموقع المستقبلي للعربات المرشحة أن تكون عقدة ربط تالية، اعتماداً على معلومات الاتجاه والسرعة التي تصلها برسائل المنارة.

نستبدل ما سبق بأن تقوم كل عربة بإجراء تلك الحسابات وتحديد موقعها المستقبلي والاستفادة من البارامتر الإضافي وهو معرفة مسار حركتها مسبقاً. وتضمن هذه المعلومة برسالة المنارة. لذا سيصبح لدى العربة المصدر معلومة إضافية تصلها عن طريق رسالة المنارة وهي النقاط الذي تنتجه إليه كل عقدة (عربة أو طائرة دون طيار) المرشحة لتكون عقدة الربط التالية. لتصبح عملية اختيار عقدة الربط التالية أدق بشكل كبير وستظهر الفائدة الكبيرة بشكل خاص عند التقاطعات في حالة الكثافة المنخفضة للعقد هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى ستتمكننا معرفة المسار من الاستفادة من الآلية (STORE_CARRY_FORWARD) [12,13]. حيث يمكن أن تحمل الرسالة إلى وجهتها بواسطة العقد التي مسار حركتها هو نفسه اتجاه الرسالة (اتجاه توجيه الرسالة) عند الكثافة المنخفضة للعقد على اعتبار أن إمكانية تحديد تلك العربة التي ينطبق مسارها مع وجهة الرسالة أصبح ممكناً.

6. تطبيق الآلية المقترحة:

إن التعديل الأساسي على آلية عمل البروتوكول GPSR-MA بشكل خاص سيكون على بارامتر اتجاه الحركة في رسالة المنارة في البروتوكول GPSR-MA (GPRS with Movement Awareness) [18] الموضحة في الشكل (4). وتتضمن هذه الرسالة:

- هوية العقدة (ID).
- موقع العقدة (location).
- سرعة العقدة (speed).
- الزمن الحالي (current time).
- وجهة العقدة (direction).



الشكل (5): شكل رسالة المنارة في البروتوكول GPSR-MA

وترتبط هذه البارامترات مع بعضها بعلاقة معامل التوجيه (1) [18]:

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

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. يحدد المعامل المتعلق بالسرعة عقدة التوجيه التالية الأفضل والتي تكون سرعتها مناسبة لسرعة النقل الحالية كما في العلاقة (2).

$$f(s) = \exp(- (x - s_i)^2 / \sigma^2) \quad (2)$$

حيث أن s_i يدل على سرعة العقدة الحالية i و σ : الانحراف المعياري بينما يختار معامل المسافة $g(d)$ العقدة ذات الموقع الأقرب الى الهدف ولكن يأخذ بالحسبان أن العقدة التي تمثل عنوان الفقرة التالية تقع ضمن المجال كما في العلاقة (3).

$$g(d) = \exp(-(d - l)) \quad (3)$$

حيث أن: $l = d_i - \text{transmission range} + \text{tolerance}$

l : هي المسافة من العقدة الحالية إلى الهدف d_i .

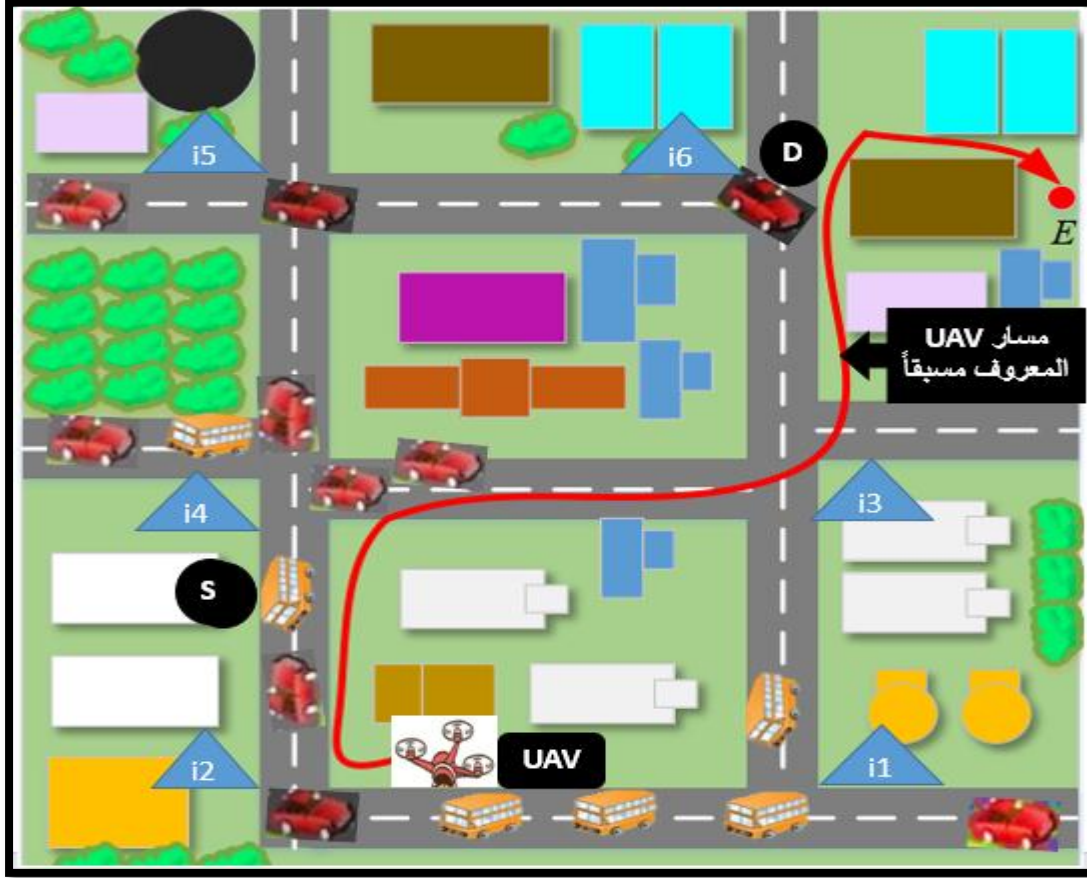
Transmission range: معامل يتعلق بالسيناري [18]. وكلما كانت سرعة العقدة عالية كلما كان هذا المعامل ذو قيمة أعلى.

أما فيما يخص معامل اتجاه الحركة فإن البروتوكول GPSR يفضل العقدة المتحركة باتجاه الهدف. حيث تكون θ : أقرب الى الصفر) كما في العلاقة (4).

$$h(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{if } \theta \geq \pi/2 \\ \cos^2(\theta) & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (4)$$

حيث أن θ هي الزاوية المحصورة بين اتجاه حركة العربة والخط الواصل بين العربة والهدف. وأغلب عمليات المحاكاة لبروتوكول التوجيه تستخدم $\alpha_{movement} = \alpha_{distance} = \alpha_{speed} = 1/3$ لأنها تأخذ بالحسبان خطأ التوقع.

هنا يمكن استخدام تخطيط بسيط $G=(i,e)$ ليمثل نظام الطريق [26]، حيث أن i تمثل مجموع كل التقاطعات كما يوضحها الشكل (5). والموقع المستقبلي للعقد سيتم تمثيله من خلال رقم التقاطع الذي تتوجه العقدة باتجاهه. حيث أن الخرائط الرقمية الحديثة [26] على مستوى الشارع مكنت من ترقيم التقاطعات بأرقام محددة، وموحدة لكل العقد في هذه الشبكات. ثم باستبدال حقل وجهة العقدة (node direction) في رسالة المنارة الذي كان يحسب وفق العلاقة (4) التي تقتصر وظيفتها بتحديد فيما إذا كانت عربة الربط التالية تتحرك بنفس اتجاه العقدة المصدر أو عكسها، بالموقع المستقبلي (رقم التقاطع) الذي تتجه إليه العقدة. لذلك ستكون معلومة الموقع المستقبلي لجميع العقد المرشحة لتكون عقد ربط تالية متوفرة لكل عقدة مصدر. وبذلك يتم اختيار عقدة الربط التالية الأفضل والأنسب لتضمن وصول الرسالة إلى الهدف.

الشكل (6) معلومات الخريطة وتمثيل نظام الطريق بالتخطيط $G=(i,e)$

نلاحظ من الشكل (6) أن UAV ستتحرك وفق المسار من $i2$ إلى $i4$ إلى $i3$ إلى $i6$ حتى الوصول إلى الهدف. وهكذا سيتم تضمين رقمين التقاطع التالي الذي ستتحرك UAV باتجاهه في كل رسالة منارة جديدة. وبهذه الطريقة يتم استثمار معرفة مسارات العقد لتحسين آلية اختيار عقد الربط التالية وبشكل خاص في حالة الكثافة المنخفضة وعند التقاطعات.

7. المحاكاة وإظهار النتائج:

تتكون المحاكاة من عدة مراحل نوردتها كما يأتي:

نحاول من خلال المحاكاة اختبار فعالية معرفة المواقع المستقبلية للعقد في الشبكة في الاختيار الأصح والأفضل لعربة الربط التالية من ناحية الإنتاجية الأفضل وهو معدل إرسال المعطيات الحقيقي في الشبكة، ومن ناحية تأخير 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 يكون فيه عدد العربات هو 10 عربات طائرة دون طيار ذات مسار محدد ومعروف مسبقاً.

1.7. سيناريو المحاكاة:

لقد قمنا بإجراء جميع عمليات المحاكاة باستخدام برنامج NS-2.35 على شبكة مؤلفة من 10 عربات وطائرة دون طيار ذات مسار محدد من قبل المشغل ضمن رقعة جغرافية $1000m \times 1000m$. وقد تم اختيار نموذج التنقل حيث تتحرك كل العربات بسرعات محددة مسبقاً وتأخذ القيم التالية (17-18) m/s في اتجاهات محددة مسبقاً. أما الغاية

من هذا السيناريو فهو التحقق من قدرة العنصر الخارجي المتمثل بالطائرة دون طيار في دعم شبكة العربات الأرضية. أما القيم المستخدمة في المحاكاة فهي موضحة في الجدول (2).

الجدول (2): القيم المستخدمة في المحاكاة

| Parameters | Values |
|------------------|----------------------|
| Operating system | Linux(UBUNTU 12.04) |
| NS-2 version | NS-2.35 |
| Simulation Time | 100 sec |
| Environment Size | 1000m X 1000m |
| Number of nodes | 10 Vehiculars +1 uav |
| Packet Size | 1500 bytes |
| Traffic-Type | UDP/CBR |
| Transmit power | 0.005 W |
| MAC Protocol | IEEE 802.11p |
| Routing protocol | GPSR-MA |
| Vehicle speed | (17-18) m/s |
| Antenna Type | Omni- Antenna |
| Radio range | 250 m |

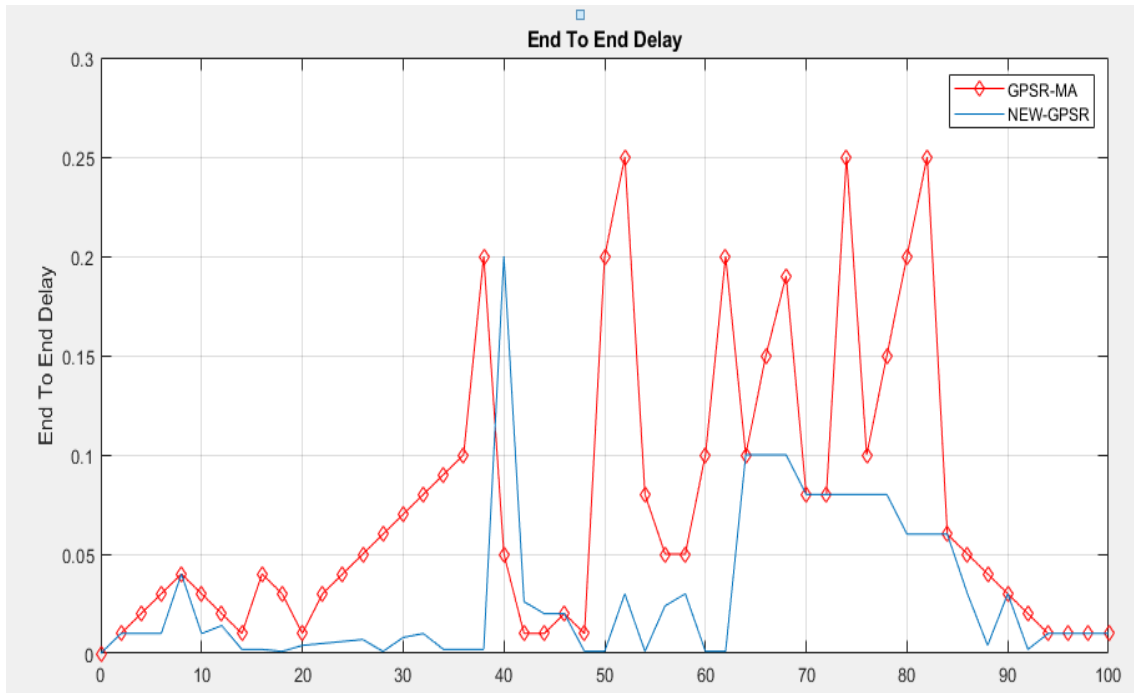
2.7. سيناريوهات المحاكاة:

لتقييم أداء البروتوكول تم تحريك الطائرة دون طيار في مسار محدد على أساس عدد من التقاطعات تتحرك عليها الطائرة دون طيار بسرعة 25 متر في الثاني، قمنا باعتماد سيناريو شبكة VANET مكونة من 10 عربات، تتوضع هذه العربات عشوائياً ضمن مساحة (1000m×1000m) ولكل عربة مسارها الخاص بها، وتم إجراء المحاكاة خلال فترة زمنية تصل حتى 100 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 الاحصائيات المتعلقة ببارامترين أساسيين وهما الإنتاجية والتأخير نهاية إلى نهاية.

النتائج والمناقشة:

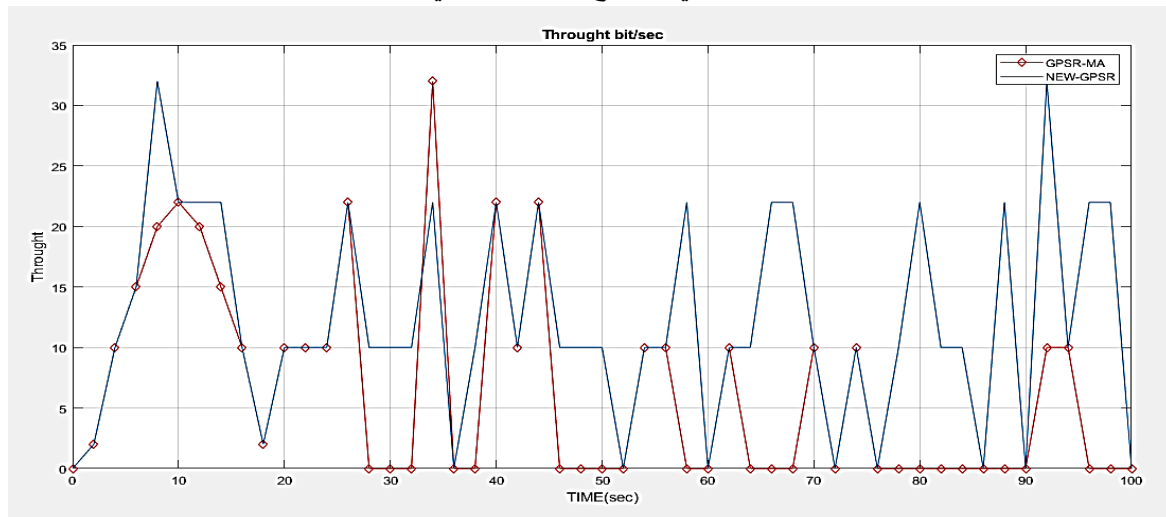
a. التأخير نهاية إلى نهاية: وهو الزمن اللازم لإرسال رزمة البيانات عبر الشبكة من العقدة المصدر إلى العقدة الهدف كما في الشكل (7).



الشكل (7): التأخير نهاية إلى نهاية

نلاحظ أن التأخير الزمني يكون بحدود 0.1 ثانية حتى الوصول إلى منطقة التقاطع بعد اللحظة 40 sec من المحاكاة ليزداد التأخير الزمني وبشكل واضح نتيجة الاختيار الخاطئ لعربة التقوية التالية عند التقاطع، ثم الدخول بنمط الاستعادة، فيزداد التأخير الزمني ويصل لحدود 0.25 ثانية. أما بعد التعديل على آلية اختيار عقدة الربط التالية عند التقاطع ينخفض التأخير الزمني بشكل ملحوظ. وذلك بسبب إمكانية تحديد عقدة الربط التالية المتحركة باتجاه الطريق المثالي عند التقاطع وفي حالتنا هذه اختيار الطائرة دون طيار التي تم اختيارها لحمل ونقل الرسالة باتجاه العدف النهائي خلال مقطع الطريق الخالي من العريبات.

b. الإنتاجية: (Throughput) تزداد الإنتاجية بشكل طبيعي كلما ازداد الحمل حتى الوصول إلى قيمة السعة العظمى. ويمكن قياس الإنتاجية بعدد البتات التي تستطيع الشبكة نقلها في واحدة الزمن.



الشكل (8): إنتاجية الشبكة

يبين الشكل (8) إنتاجية الشبكة في حالة البروتوكول GPSR-MA، والتي تكون أقل مقارنة بإنتاجية الشبكة في حالة البروتوكول GPSR المعدل. نلاحظ انخفاض إنتاجية الشبكة في حالة البروتوكول GPSR-MA حيث تكون معدومة في عدة أجزاء من مخطط الإنتاجية كما للحظات من (70 إلى 90) ثانية ومن (38 إلى 47) ثانية ويعود السبب المباشر إلى انقطاع الوصلة بعد منطقة التقاطع بسبب الاختيار الخاطئ لعربة التقوية التالية وعدد العربات المنخفض الذي سيجعل تصحيح المسار في نمط الاستعادة أصعب.

الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا في هذا البحث بدراسة وتحليل آلية عمل البروتوكول GPSR-MA بهدف إجراء تحسين بالجزء المتعلق بتوقع الموقع المستقبلي للعقد المجاورة. من أجل تحديد العقدة ذات الوجهة الأمثل وذات الموقع المناسب لتكون عقدة التقوية التالية من بين قائمة الجيران والاستفادة الكبيرة من وجود الطائرة دون طيار والمعرفة المسبقة بمسارها وبالتالي التقاطعات التي ستمر عليها. وتقوم بتوجيه رزمة البيانات إليها لتحسين أداء الشبكة من خلال تقليل الرزم الضائعة وتقليل التأخير الزمني وتجنب انقطاع الوصلة.

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

1. قدم 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. قدم تطبيق الآلية المقترحة تحسناً في إنتاجية الشبكة، 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. توفر معرفة المسار ميزة إضافية لبروتوكولات التوجيه الطماع بشكل عام، بحيث تم استخدام الحقل الجديد وهو الموقع المستقبلي بديلاً للحقل (direction) في النموذج المتبع في البروتوكول GPSR-MA. وسيؤمن ذلك معلومة هامة جداً وهو الموقع المستقبلي لعربة الربط التالية وستستخدم هذه المعلومة من أجل تحقيق الاختيار الأمثل لعربة الربط التالية وتجاوز مشاكل الخطأ في التوقع.
- وبالنتيجة فإننا نوصي باستخدام البروتوكول new GPSR كاستراتيجية توجيه موثوقة من أجل التطبيقات التي يكون فيها التأخير الزمني غير مسموح به.

References:

- [1] Sreenath, S., Traffic Counting and Turning Fraction Estimation using Vehicle-to-UAV Co-operative communication, Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) 2019.
- [2] Zohreh B., Presenting an Effective Method to Detect and Track the Broken Path in VANET Using UAVs, Wireless Communications and Mobile Computing, pp.12, 2020.
- [3] Panich p., "A review of information dissemination protocols for vehicular ad hoc networks." IEEE Communications Surveys & Tutorials, pp: 784-798. 2012.

- [4] Krishna, M., A Survey UAV-Assisted VANET Routing Protocol, International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCSST) – Vol. 8, NO. 4, Jul-Aug 2020.
- [5] Gheisari, M. and Bryan, W., A SYSTEMATIC REVIEW OF UNMANNED AERIAL VEHICLE APPLICATION AREAS AND TECHNOLOGIES IN THE AEC DOMAIN. Journal of Information Technology in Construction - ISSN 1874-4753, Vol.24,2019
- [6] Ullah. R and Muhammad. S. RPanet: Intelligent Routing Protocol in VANET for Dynamic Route Optimization. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 10, No. 6, 2019.
- [7] "NS2 official website" [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. Last date April 2021.
- [8] <http://www.machandstomysself.pw/find/8576f0f19a15b7df1c42d35e9c885af2/result-367957104.dl?source=direct>. Last date April 2021.
- [9] <https://drive.google.com/file/d/0B7S255p3kFXNcGFJbGttY2dLT2M/view?usp=sharing>. Last date, January 2021.
- [10] Zhang, Y.; Tian, F.; Song, B.; Du, X. Social vehicle swarms: A novel perspective on socially aware vehicular communication architecture. IEEE, VOL. 23, PP :82–89. 2016.
- [11] Alzahrani, B.; Oubbati, O.S.; Barnawi, A.; Atiquzzaman, M.; Alghazzawi, D. UAV assistance paradigm: State-of-the-art in applications and challenges. J. Netw. Comput. Appl. 2020.
- [12] Oubbati, O.S.; Chaib, N.; Lakas, A.; Bitam, S.; Lorenz, P. U2RV: UAV-assisted reactive routing protocol for VANETs. Int. J. Commun. Syst. 2020.
- [13] Oubbati, O.S.; Chaib, N.; Lakas, A.; Lorenz, P.; Rachedi, A. UAV-Assisted Supporting Services Connectivity in Urban VANETs. IEEE Trans. Veh. Technol. 2019.
- [14] O. S. Oubbati, UVAR: An Intersection UAV-Assisted VANET Routing Protocol, Proc. IEEE WCNC, April, pp. 1–6. 2016.
- [15] Oubbati, s.; A Survey on Position-based Routing Protocols for Flying Ad hoc Networks (FANETs), Vehicular Communications, ELSEVIER, Vol.10, pp: 29-56, 2019.
- [16] Hakim,G.; Hamid M., Data Routing Challenges in UAV-assisted Vehicular Ad hoc Networks ,The Sixth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications. VEHICULAR 2017.
- [17] Dianxiong, L., Yuhua, X. Opportunistic UAV Utilization in Wireless Networks: Motivations, Applications, and Challenges, IEEE Communications Magazine · May 2020.
- [18] 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.
- [19] Rezoan A.; Sangman ,M., Routing Protocols for Unmanned Aerial Vehicle-Aided Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey, IEEE,2020.
- [20] Seilendria, A.; Carlos T., Three-Dimensional UAV Positioning for Dynamic UAV-to-Car Communications, Sensors, 2020.
- [21] Sunil Kr Maakar1, Yudhvir Singh" Considerations and Open Issues in Flying Ad Hoc Network "International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), Volume 5 Issue 7, July 2017.
- [22] Eti Walia, Vinay Bhatia" Routing Strategy for Flying ADHOC Network"

- International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering, ISSN: 2454-4248, Volume: 4 Issue: 3, March 2018.
- [23] Yong Feng and Jingjing Liao " Driving Path Predication Based Routing Protocol in Vehicular Ad hoc Networks" International Journal of Distributed Sensor Networks , PP 01-10 ,January 2013
- [24] F. Xu, S. Guo, J. Jeong et al., "Utilizing shared vehicle trajectories for data forwarding in vehicular networks," in Proceedings of the 30th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM '11), No. 4, pp. 441–445, April 2011.
- [25] Mao Ye, MPBRP- Mobility Prediction Based Routing Protocol in VANETs, International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet), 20 June 2019.
- [26] S.K.Bhoi , A routing protocol for urban vehicular ad hoc networks to support non-safety applications , Digital Communications and Networks, Volume 4, Issue 3, August 2018