تحسين بروتوكولات التوجيه في شبكات *Ad-Hoc* اعتمادا على خوارزميات ايجاد مسار امثلي

طالب الدراسات العليا: ليليان مغير
كليّة: الهندسة الميكانيكيّة والكهربائيّة – جامعة: تشرين
الدكتورة المشرفة: بلسم عيد

ملخص

تعرف الشبكة المخصصة للأجهزة المحمولة (MANET) Mobile Ad-Hoc Network بأنها مجموعة من العقد المتنقلة. يمكن لأي عقدة الدخول إلى الشبكة كما يمكنها مغادرتها في أي وقت [1]. اثبتت الدراسات تفوق بروتوكولات التوجيه المعتمدة على الخوارزميات الحيوية Bio-inspired عن تلك المعتمدة على الخوارزميات التقليدية [1,2,3].

في هذه الورقة البحثية، تم اقتراح طريقة محسنة لأداء عملية اصلاح المسار المحلية Local repair لبروتوكول التوجيه AntHocNet وذلك لأهمية تنفيذ هذه العملية [4]. في الطريقة المقترحة، عند فشل الاتصال، تبحث العقدة التي تكتشف فشل الاتصال عن المسار المؤدي الى العقدة التي تلي العقدة الخارجة عن الخدمة بدلاً من العقدة الهدف. إذا كان هناك مثل هذه العقدة، فسيتم اصلاح المسار بسرعة ويتم إكماله محلياً حيث تساعد على تحسين زمن التأخير و بالتالي اداء الشبكة.

الكلمات المفتاحية: اصلاح المسار المحلي، بوتوكول AntHocNet، شبكة الجوال المخصصة، خوارزميات الحيوية.

Improve routing protocols in Ad-Hoc network using path optimization algorithms

Abstract

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) is defined as a group of mobile nodes. Any nodes can enter the network and they can leave the network at any time [1]. Studies demonstrate the superiority of bio-inspired algorithm-based routing protocols over the traditional ones [1,2,3].

In this paper, an improved method is proposed to perform the local repair process of AntHocNet protocol due to the importance of implementing the Local repair process[4].

In the proposed method, when the connection fails, the node that detects the connection searches for the link that leads to node which follows the out-of-service node instead of the destination node. If there is such a node, the path will be quickly repaired and completed locally as it helps to improve the delay time and hence the network performance.

KEYWORDS: Local repair, MANET, AntHocNet protocol, Bio-Inspired algorithms.

1.مقدمة:

الشبكة المتنقلة المخصصة MANET عبارة عن مجموعة من العقد المتنقلة التي تتواصل بشكل تعاوني مع بعضها البعض دون أي بنية تحتية سابقة الإنشاء. قد تكون هذه العقد أجهزة كمبيوتر أو أجهزة مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة وأجهزة المساعد الرقمي الشخصي والهواتف المحمولة التي تشترك في اتصال لاسلكي. نظرًا لحقيقة أن العقد تغير موقعها الفعلي عن طريق التنقل، فقد يتغير هيكل الشبكة بشكل غير متوقع، مما يتسبب في حدوث تغييرات في حالة الارتباط بين كل عقدة وجيرانها. وبالتالي، فإن العقد التي تنضم أو تترك نطاق الاتصال لعقدة معينة في الشبكة ستغير بالتأكيد علاقتها مع جيرانها من خلال اكتشاف فشل اتصال أو إضافة اتصال جديد. يمكن أن ينتج عن ذلك عدد كبير من التحديثات في جدول التوجيه لكل عقدة في MANET. يرتبط أداء شبكة المحمول المخصصة (MANET) ارتباطاً وثيقاً بقدرة بروتوكولات التوجيه على تكييف نفسها مع التغييرات غير المتوقعة لطوبولوجيا الشبكة وحالة الاتصال [5].

تمت الدراسة على بروتوكول AntHocNet. حيث يمكن تقسيم عمليات AntHocNet إلى أربع مراحل متميزة [6]:

1- إعداد معلومات التوجيه.

2- توجيه البيانات.

3- الحفاظ على المسارات الموجودة واستكشاف مسارات جديدة.

4- معالجة حالات الفشل في الاتصال.

في بحثنا تم العمل على مرحلة معالجة حالات الفشل في الاتصال وتحديداً عملية اصلاح المسار محلياً Local repair.

2. هدف البحث:

1- تحسين اداء عمل خوارزمية توجيه في بروتوكولات شبكة Ad-Hoc عن طريق ايجاد مسار امثلي بزمن صغير.

2- مقارنة اداء بروتوكول التوجيه قبل و بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة تبعاً لمعايير التقييم التالية:

- زمن التأخير End-to-end delay.
- انتاجية Throughput.
- معدل استقبال الحزم Packet delivery ratio.

3. مواد وطرق البحث:

تم استخدام جهاز محمول بمعالج إنتل core i5، بهرمية 64، ذواكر 4GB ونظام تشغيل Windows 7.

اما المحاكي المستخدم هو Opnet 14.5 بلغة برمجة C++.

4. بروتوكول AntHocNet:

AntHocNet هي خوارزمية توجيه هجينة وتكيفية تستخدم التوجيه التفاعلي والإستباقي. على وجه التحديد، تجمع بين عملية إعداد المسار التفاعلي مع عملية التحسين وصيانة المسار الاستباقي. الطريقة التي تجمع بها AntHocNet لتخزين معلومات التوجيه واستخدامها مستوحاة من خوارزمية مستعمرة Ant Colony، حيث يتم تخزين معلومات التوجيه في جدولي توجيه هما: جدول الفورمون وجدول الجيران [7].

يحتوي كل حقل في جدول الفورمون على معلومات حول المسار من العقدة (i) إلى الوجهة (d) عبر الجار (j) تتضمن هذه المعلومات قيمة الفورمون (τ)، والتي تشير القيمة إلى الجودة النسبية للذهاب (j) over node عند الانتقال من العقدة (i) إلى الوجهة (d) قيمة الفورمون الافتراضي.

اما جدول الجيران Neighbor's Table فهو يحتوي على عنوان العقد اللاسلكية التي لها ارتباط لاسلكي بها.

4.1. عمل الخوارزمية:

تتكون الخوارزمية من جزأين رئيسيين: الجزء التفاعلي والجزء الاستباقي.

- **الجزء التفاعلي:** يبدأ في بداية أي جلسة اتصال[8,9].

• في بداية كل ارسال تقوم العقدة المصدر بالبحث في جدول الفورمون الخاص بها، لمعرفة ما إذا كانت لديها أي معلومات توجيه متاحة للوجهة المطلوبة.

• في حال عدم وجود معلومات عن المسار، فإنه يبدأ عملية إعداد المسار التفاعلي، حيث تقوم العقدة المصدر بإرسال مجموعة من النمل عبر الشبكة للعثور على مسار إلى الوجهة. تسمى هذه المجموعة بالنمل التفاعلي الأمامي.

• كل عقدة وسيطة تتلقى نسخة من النملة الأمامية التفاعلية، تقوم بإعادة توجيهها، يتم ذلك عن طريق البث broadcast في حال عدم وجود معلومات توجيه نحو العقدة التالية في جدول الفورمون الخاص بالعقدة الحالية. اما في حال توفر المعلومات، يتم توجيه النملة مباشرةً إلى العقدة المجاور لها وتسمى الطريقة بأحادية الارسال unicast. ويقوم النمل الامامي التفاعلي بتخزين العقد التي زاروها في طريقهم.

•عند وصول اول نملة امامية تفاعلية الى الوجهة يتم تحويلها إلى نملة عكسية تفاعلية، بينما يتم تدمير النمل الواصل لاحقاً.

• يتتبع النمل العكسي التفاعلي المسار الذي اتبعته النملة الأمامية للعودة إلى المصدر. في طريقه، يقوم بجمع معلومات عن جودة كل وصلة من وصلات المسار. تقوم بتحديث جداول التوجيه بكل عقدة تم زيارتها بناءً على معلومات الجودة.

- **الجزء الاستباقي:** يتم عند عملية صيانة المسار [10].

تبدأ الخوارزمية بتنفيذ عملية صيانة المسار الاستباقية، تحاول فيها تحديث وزيادة وتحسين معلومات التوجيه المتوفرة. تستمر هذه العملية طالما أن جلسة تبادل المعطيات مستمرة. وتتألف من عمليتين فرعيتين: نشر الفرمون واعتيان النمل الاستباقي. إن الهدف من العملية الفرعية الأولى هو نشر معلومات الفورمون التي تم وضعها من قبل النملات، حيث تبث العقد بشكل دوري رسائل تحتوي على أفضل الفورمونات التي تم الحصول عليها إلى العقد المجاورة، مما يمكنها من اشتقاق فورمونات جديدة بنفسها ومن ثم نشرها أيضاً [11]. وهي منهجية ذات فاعلية كبيرة كما أشرنا مسبقاً ولكن تسبب بعض البطء في التكيف مع الظروف المتغيرة بوتيرة عالية أو بعض المعلومات الخاطئة مؤقتاً. لهذا تعتبر عملية نشر الفورمون الفرعية طريقة سهلة وبسيطة ولكن غير موثوقة نوعاً ما لنشر

معلومات الفورمون[13,12]، لذلك فإن الفورمونات التي تم الحصول عليها هكذا تُخزن بشكل منفصل عن الفورمون العادي الذي تم وضعه من قبل النملات ويسمى بالفورمون الافتراضي. ويستخدم هذا الفورمون في العملية الفرعية الثانية وهي اعتيان النمل الاستباقي. تقوم جميع العقد المصدر لجلسات تبادل المعطيات في هذه العملية بإرسال نملات أمامية استباقية إلى الوجهة. تبني هذه النملات مساراً بطريقة عشوائية فتختار العقدة القفزة التالية بحسب احتمالية ما في كل عقدة وسيطة. وبخلاف النمل الأمامي التفاعلي، هذه النملات لا تبث بالإغراق broadcast أبداً. ويؤخذ كلا الفورمونان العادي والافتراضي بعين الاعتبار عند حساب احتمالية اختيار القفزة التالية. بهذه الطريقة بالإمكان ترك المسار المتبع من قبل النملات السابقة واتخاذ المسارات المنبثقة عن عملية بث الفورمون. حال وصول النملة الأمامية الاستباقية وجهتها ستتحول إلى نملة عكسية استباقية تسافر عكسياً إلى العقدة المصدر وتترك آثار الفورمون (العادي وليس الافتراضي) على طول المسار تماماً كالنملة العكسية التفاعلية. وهكذا، بإمكان النمل الاستباقي اتباع الفورمون الافتراضي، وبعدها وحال الوصول إلى الوجهة تتحول إلى فرمون عادي. ويمكن القول أن عملية بث الفورمون تقترح مسارات جديدة وتقوم النملات الاستباقية باختبار هذه المسارات مما يحل مشكلة الوثوقية السابقة [12,13] .

5. الخوارزمية المحسنة عن AntHocNet:

عندما تبدأ عقدة المصدر S جلسة اتصال مع عقدة الوجهة D، ولا تحتوي على معلومات توجيه لـ d، فهي تبث طلباً تفاعلياً أي نملة إلى الأمام Fds. بسبب هذا البث

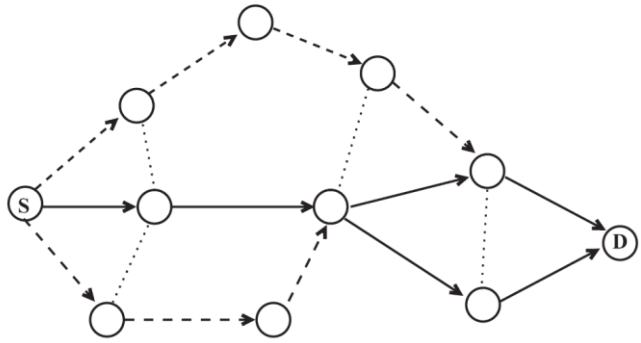
الأولي، يتلقى كل جار من s نسخة طبق الأصل من Fds. نشير إلى مجموعة النسخ المتماثلة التي نشأت من نفس النملة الأصلية بـ جيل النمل. مهمة كل نملة من الجيل هي إيجاد ما يربط المسار S و D. في كل عقدة، تكون النملة إما أحادية البث أو متعددة البث، وفقاً لما إذا كانت العقدة لديها معلومات توجيه لـ D أم لا. يتم تمثيل معلومات التوجيه الخاصة بالعقدة i في جدول الفورمون الخاص بها Ti هذه القيمة من الجدول تمثل قيمة الفورمون التي تشير إلى الجودة المقدرة للانتقال من i عبر الجار n للوصول إلى الوجهة D. إذا توفرت معلومات الفورمون، تختار النملة قفزتها التالية n مع احتمال Pnd [13]

$$P_{nd} = \frac{(\mathcal{T}^i_{nd})^\beta}{\sum_{j\in\mathcal{N}^i_d}(\mathcal{T}^i_{jd})^\beta}, \quad \beta \geqslant 1, \tag{1}$$

حيث T^i_{nd} هي مجموعة جيران i التي يمر عبرها المسار، و b هي قيمة معلومة يمكنها التحكم في السلوك الاستكشافي للنمل غالباً ما تكون تساوي 1.

في حالة عدم توفر فورمون لـ d، يتم بث النمل، وبسبب هذا البث، يمكن للنمل أن يتكاثر بسرعة عبر الشبكة، متتبعاً مسارات مختلفة إلى الوجهة. عندما تستقبل عقدة عدة نمل من نفس الجيل، فإنها تقارن المسار الذي تقطعه كل نملة بمسار النمل المستقبَل سابقاً من هذا الجيل: فقط إذا كان عدد القفزات ووقت السفر ضمن عامل القبول a1 من ذلك الخاص بالنمل. أفضل نملة في الجيل، سترسلها. وباستخدام هذه السياسة، يتم تقييد الحمل الزائد في الشبكة العامة عن طريق إزالة النمل الذي يتبع مسارات سيئة. ومع ذلك، فإن تأثير السماح للنمل الذي يصل أولاً في العقدة بالمرور، في حين أن النمل اللاحق يفي بمعايير الاختيار التي حددها أفضل النمل الذي سبقه، وبالتالي يكون لديهم فرص

أكبر للقتل. النمل المضاعف الذي ينتج عن بث أفضل نملة قبل وصولها إلى الوجهة قريب في الأداء من أفضل نملة ولديها فرص أعلى لقبولها. والنتيجة هي مجموعة من المسارات "على شكل طائرة ورقية"، كما هو موضح في الشكل(1) [13]. من أجل الحصول على شبكة من المسارات المتعددة المنفصلة بما فيه الكفاية، والتي توفر حماية أفضل بكثير في حالة فشل الارتباط، فإننا نعتبر أيضاً في سياسة الاختيار القفزة الأولى التي اتخذتها النملة. إذا كانت هذه القفزة الأولى مختلفة عن تلك التي أخذها النمل المقبول مسبقاً، فإننا نطبق عامل قبول أعلى (أقل تقييدًا) a2 (في التجارب ، a2=2, a1=0.9)



الشكل(1) مسارات النمل من المصدر إلى الهدف

والنتيجة هي مجموعة من المسارات منتشرة بشكل منتظم، كما هو موضح من خلال الجمع بين أسهم الخطوط الصلبة والمتقطعة في الشكل(1) [13].

تحتفظ كل نملة أمامية بقائمة P من العقد 1,..,n التي زارتها. عند الوصول إلى الوجهة D، يتم تحويلها إلى نملة عكسية، والتي تنتقل مرة أخرى إلى المصدر باستخدام P (إذا

لم يكن ذلك ممكناً لأن القفزة التالية ليست موجودة على سبيل المثال وبسبب حركات العقدة فإنه يتم تجاهل النملة العكسية) .

يحسب النمل الراجع بشكل تدريجي تقديراً Tp للوقت الذي ستستغرقه حزمة بيانات للانتقال عبر P نحو الوجهة، والتي تُستخدم لتحديث جداول التوجيه، ويعرف هذا المقدار على أنه مجموع التقديرات المحلية في كل عقدة i للوصول إلى العقدة التالية i+1 [15].

$$\hat{T}_{\mathcal{P}} = \sum_{i=1}^{n-1} \hat{T}_{i+1}^{i}. \tag{2}$$

$$\hat{T}_{i+1}^{i} = (Q_{\text{mac}}^{i} + 1)\hat{T}_{\text{mac}}^{i}, \tag{3}$$

حيث T_{mac}^{i} يتم حسابه على أنه متوسط الوقت الجاري المنقضي بين وصول الحزمة إلى طبقة MAC ونهاية عملية إرسال ناجحة. لذلك إذا كان T_{mac}^{i} هو الوقت الذي يستغرقه إرسال حزمة من العقدة i، فإن العقدة i تقوم بتحديث تقديرها على النحو التالي[15]:

$$\hat{T}_{\text{mac}}^{i} = \alpha\hat{T}_{\text{mac}}^{i} + (1-\alpha)t_{\text{mac}}^{i}, \tag{4}$$

ونظرًا لأنه يتم حساب T_{mac}^{i} في طبقة MAC، فإنه يتضمن أنشطة الوصول إلى القناة، لذلك فهو يمثل الازدحام المحلي للوسيط المشترك. يحسب النمل الأمامي تقديراً زمنياً مشابهاً Tp، والذي يستخدم لتصفية النمل.

في كل عقدة i يقوم النمل العكسي بإعداد مسار نحو الوجهة d، مما يؤدي إلى إنشاء أو تحديث إدخال في جدول الفورمون T_{nd}^{i}. وتمثل قيمة الفورمون في T_{nd}^{i} متوسط تشغيل

معكوس التكلفة من حيث الوقت المقدر وعدد القفزات للسفر إلى D عبر n. إذا كان $\mathcal{T}_d^i$ هو وقت السفر الذي تقدره النملة، و h هو عدد القفزات، يتم تعريف القيمة المستخدمة لتحديث المتوسط الجاري على النحو التالي[15]:

$$\tau_d^i = \left(\frac{\hat{T}_d^i + hT_{\text{hop}}}{2} \right)^{-1}, \quad (5)$$

حيث T_{hop} تمثل الوقت اللازم لقفزة واحدة في وقت التفريغ.

وبنفس الطريقة يتم حساب T_{nd}^i

$$\mathcal{T}_{nd}^i = \gamma \mathcal{T}_{nd}^i + (1-\gamma)\tau_d^i, \quad (6)$$

إذا نجحت عملية إعداد المسار، سيتم توفير عدد من المسارات الجيدة بين المصدر والوجهة. من ناحية أخرى، إذا لم يعد أي نملة عكسي إلى المصدر بعد فترة زمنية معينة (في التجارب تكون حوالي 1 ثانية) يتم تخزين البيانات مؤقتاً وإعادة تشغيل العملية بأكملها. يتكرر هذا لعدد من المرات (أغلب الحالات 3)، وبعد ذلك يتم التخلص من البيانات المؤقتة.

- التوجيه العشوائي للبيانات[14]:

تقوم العقد في AntHocNet بإعادة توجيه البيانات بشكل عشوائي. عندما تحتوي العقدة على عدة قفزات تالية للوجهة d، فإنها تختار بشكل عشوائي إحداها مع احتمال P_{nd}. يتم حساب P_{nd} بنفس الطريقة التي يتم بها حساب النمل الأمامي التفاعلي، ولكن مع أس أعلى (يتم ضبطه على 2)، من أجل أن تكون أكثر جشعاً فيما يتعلق بالمسارات الأفضل. وفقاً لهذه الاستراتيجية، لا يتعين علينا اختيار عدد المسارات التي يجب

استخدامها مسبقاً، يتم تحديد عددها تلقائياً وفقاً لجودتها. تؤدي استراتيجية التوجيه الاحتمالية إلى انتشار حمل البيانات وفقاً للجودة المقدرة للمسارات. إذا تم تحديث التقديرات، فإن هذا يؤدي إلى موازنة تلقائية للحمل. عندما يكون المسار أسوأ من غيره بشكل واضح، فسيتم تجنبه، وسيتم تخفيف الازدحام. ستحصل المسارات الأخرى على مزيد من حركة المرور، مما يؤدي إلى زيادة الازدحام، مما يؤدي إلى زيادة التأخير من طرف إلى طرف. ومن خلال التكييف المستمر لحركة مرور البيانات، تحاول العقد توزيع حمل البيانات بالتساوي عبر الشبكة.

- فحص المسار الاستباقي وصيانة المسار[14]:

أثناء تشغيل جلسة البيانات، ترسل العقدة المصدر النمل الأمامي الاستباقي وفقاً لمعدل إرسال البيانات (نملة واحدة لكل حزم بيانات n). عادة ما تكون أحادية الإرسال، وتختار القفزة التالية وفقاً لقيم الفورمون باستخدام نفس الصيغة مثل النمل التفاعلي الأمامي. إذا وصلت نملة أمامية إلى الوجهة دون بث واحد، فإنها تبحث في مسار موجود. يقوم بجمع تقديرات جودة حديثة لهذا المسار، وتقوم النملة العكسية بتحديث قيم الفورمون للعقد الوسيطة، تماماً كما يفعل النمل العكسي التفاعلي. من ناحية أخرى، إذا تم بث النملة في أي وقت، فإنها تترك المسارات المعروفة حالياً وتستكشف مسارات جديدة.

بعد البث، تصل النملة إلى جميع جيران عقدة البث. من الممكن أنه في هؤلاء الجيران لا يجد فورمونا لوجهته، لذا يجب بثه مرة أخرى. سوف تتكاثر النملة بسرعة وتغرق الشبكة، كما يفعل النمل الأمامي التفاعلي. لتجنب ذلك، نحصر عدد عمليات البث بـ nb .

إذا لم يجد النمل الاستباقي الطريق خلال فترة القفزات nb، يتم قتلها. تأثير ذلك هو أن البحث عن مسارات جديدة يتركز حول المسارات الحالية، لذلك نحن نبحث عن تحسينات واختلافات المسار. لتوجيه النمل الأمامي بشكل أفضل، نستخدم رسائل الترحيب hello messages. هذه رسائل قصيرة (في حالتنا تحتوي فقط على عنوان المرسل) يتم بثها كل ثانية بواسطة العقد. إذا تلقت العقدة ترحيباً من عقدة جديدة n، فإنها تضيف n في جدول التوجيه الخاص بها. بعد ذلك يتوقع رسالة ترحيب من n كل ثانية.

باستخدام هذه الرسائل، تحتوي العقد على معلومات فورمونية عن جيرانها المباشرين في جدول التوجيه الخاص بهم. لذلك عندما تصل نملة إلى جار لوجهتها، يمكنها أن تذهب مباشرة إلى هدفها. كما تخدم رسائل الترحيب أيضاً غرضاً آخر: فهي تسمح باكتشاف الروابط المعطلة. يسمح هذا للعقد بتنظيف الإدخالات القديمة من جداول التوجيه الخاصة بها.

- انقطاع الارتباط [4]:

تحاول كل عقدة الحفاظ على عرض محدث لجيرانها المباشرين في أي وقت، من أجل الكشف عن حالات فشل الارتباط بسرعة ، قبل أن تؤدي إلى فقد الحزم. يمكن تأكيد وجود عقدة مجاورة عند تلقي رسالة ترحيب، أو بعد أي اعتراض أو تبادل ناجح للإشارات. اختفاء أحد الجيران يحدث عندما لا يقع مثل هذا الحدث لفترة معينة من الوقت، كفقدان رسالة الترحيب، أو عندما يفشل إرسال أحادي الإرسال إلى هذا الجار.

عندما يُفترض أن أحد الجيران قد اختفى، تجري العقدة عدداً من الإجراءات. أولاً، يزيل الجار من قائمة الجوار وجميع الإدخالات المرتبطة من جدول التوجيه الخاص به. ثم تقوم ببث رسالة إعلام بفشل الارتباط. تحتوي هذه الرسالة على قائمة بالوجهات التي

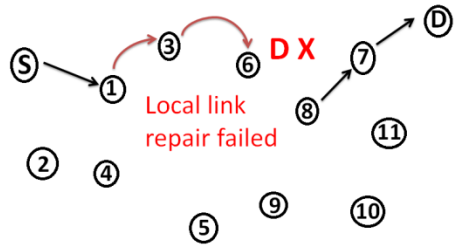
فقدت العقدة فيها أفضل مسار لها، وأفضل تأخير جديد مقدر من طرف إلى طرف وعدد القفزات إلى هذه الوجهة (إذا كانت لا تزال تحتوي على إدخالات للوجهة). يتلقى جميع جيرانها الإخطار ويقومون بتحديث فورمونهم باستخدام التقديرات الجديدة. إذا فقدوا بدورهم أفضل ما لديهم أو مسارهم الوحيد إلى وجهة بسبب الفشل، فإنهم يبثون أيضاً إشعاراً، حتى جميع العقد المعنية يتم إعلامها. إذا تم اكتشاف فشل الارتباط بسبب فشل إرسال حزمة بيانات، ولا يوجد مسار آخر متاح بالنسبة لهذه الحزمة، تحاول العقدة إصلاح المسار محلياً (ولا تتضمن هذا المسار في إشعار فشل الارتباط). تبث العقدة نملة إصلاح المسار التي تنتقل إلى الوجهة المعنية مثل نملة أمامية تفاعلية: تتبع الفيرومون المتاح عندما يكون ذلك ممكناً ويتم بثه بطريقة أخرى.

أحد الاختلافات هو أنه يحتوي على أقصى عدد من عمليات البث بحيث يكون الانتشار محدوداً. تنتظر العقدة لبعض الوقت، وإذا لم يتم تلقي نملة إصلاح عكسية، فإنها تستنتج أنه لم يكن من الممكن إصلاح المسار. يتم تجاهل الحزم التي كانت في هذه الأثناء مخزنة مؤقتاً لهذه الوجهة ، وترسل العقدة إشعاراً بفشل الارتباط حول الوجهة المفقودة.

والاختلاف الآخر أن الخوارزمية تعمل بشكل مستمر على تحديث المسار بين المصدر و الهدف، وفي حال فشل أحد الوصلات (Link failure)، فإنها تحاول تعديل المسار إلى آخر جديد ولكنه سيكون في جوار المسار القديم بشرط البث بقفزتين.

لكن يوجد حالات تكون فيها العقدة بعيدة عن الهدف فإن عملية local repair ستفشل بالرغم من وجود طريق للهدف ويؤدي ذلك الى زيادة التأخير الزمني وخسارة في البيانات كما هو موضع بالشكل(2). ستعالج هذه الحالة عن طريق بث النمل للبحث عن العقدة التالية للعقدة التي تم فشل الاتصال عندها بدل من البحث عن الهدف. تحافظ إشعارات

فشل الارتباط على تحديث جداول التوجيه على المسارات حول حالات فشل الارتباط الرئيسي. ومع ذلك، يمكن أن تضيع في بعض الأحيان وتترك روابط معلقة. تصل حزمة البيانات التي تتبع مثل هذا الارتباط إلى عقدة لا يتوفر فيها فورمون آخر. ستقوم العقدة بعد ذلك بتجاهل حزمة البيانات وإرسال تحذير أحادي إلى قفزة الحزمة السابقة، والتي يمكن أن تزيل معلومات التوجيه الخاطئة.



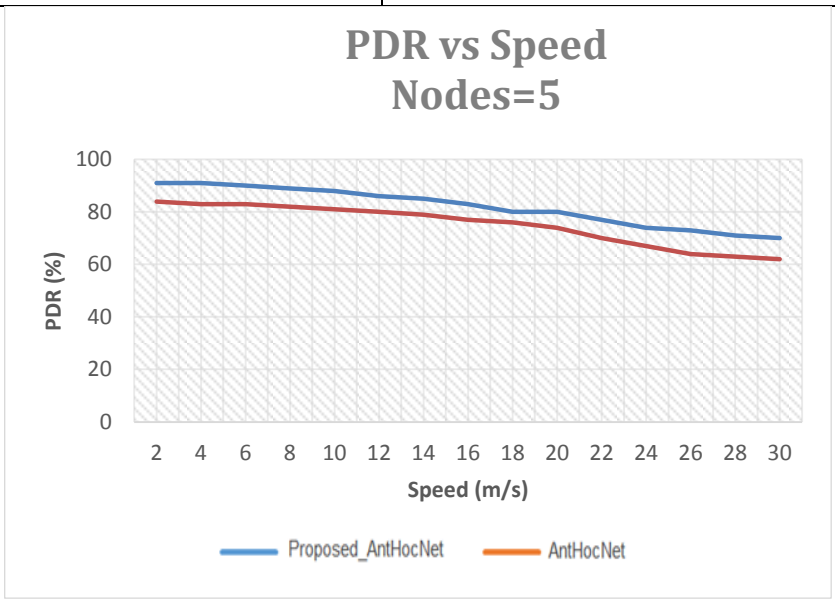
الشكل (2) فشل عملية الاصلاح المحلي بسبب البعد عن الهدف

6. التحليل والمناقشة:

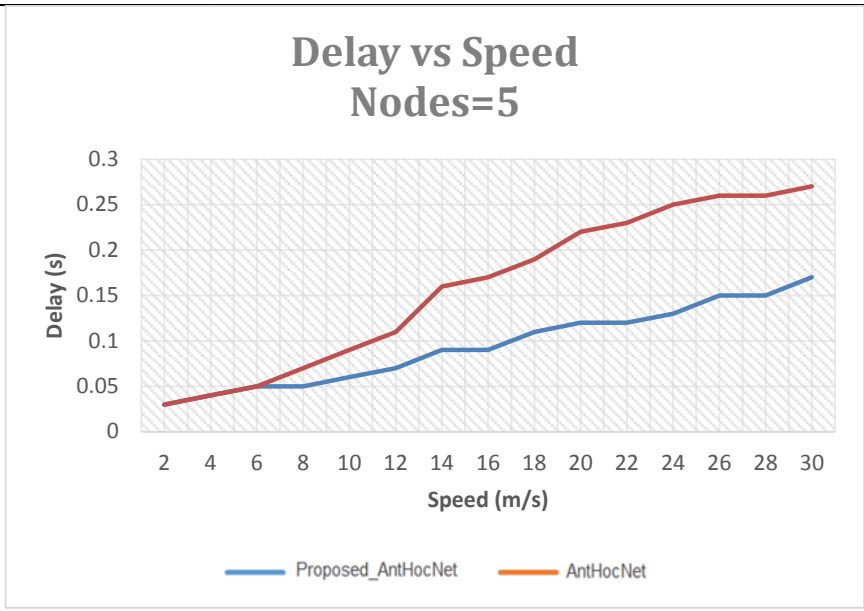
تم استخدام برنامج Opnet 14.5 للمحاكاة. تم تطبيق الخوارزمية على نوعين من الشبكات، الاولى تحتوي على عدد قليل من العقد والاخرى على عدد اكبر وذلك لدراسة تأثير عدد العقد على عمل الخوارزمية. حيث اخذ بعين الاعتبار ان المحاكاة اجريت على شبكة من الاجهزة المتحركة وليس على شبكة ضخمة مثل شبكة الحساسات اللاسلكية، لذا تم اختيار سيناريو بعدد عقد 5 وسرعة عشوائية متزايدة الموضح في الشكل (3)، (4) و(5)، وسيناريو اخر فيه عدد العقد 30 وسرعة عشوائية متزايدة الموضح في الشكل (6)، (7) و(8)، حيث تم اختبار الخوارزمية قبل وبعد التعديل وتقييمها بمعايير تقييم الاداء: التأخير، معدل استلام الرزم والانتاجية. يبين الجدول(1) المعاملات والبروتوكولات المستخدمة في المحاكاة.

الجدول(1)

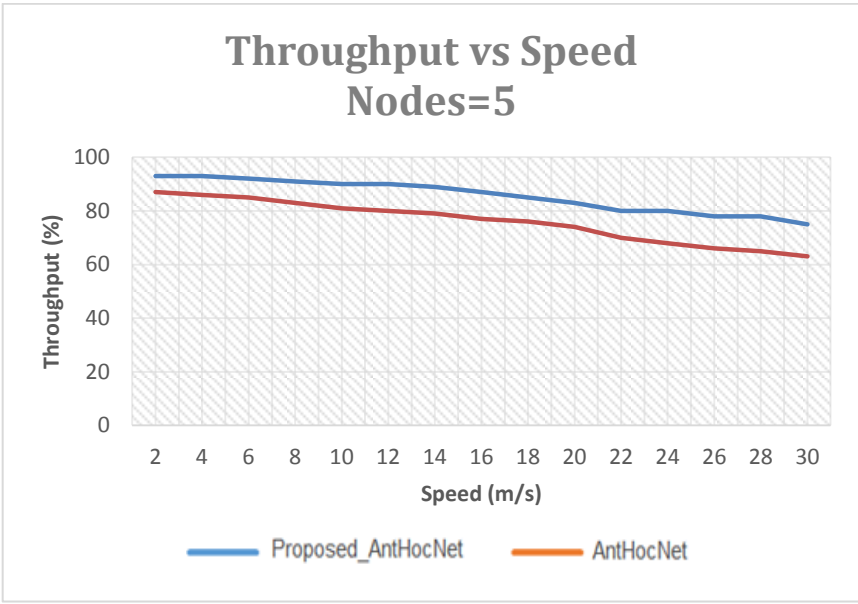
مساحة المنطقة التي تنتشر فيها العقد	500m x 500m
بروتوكول طبقة التحكم بالوصول للوسط MAC	802.11
الانتشار	Two Way Ground
نموذج الحركة	Random Way Point Model
بروتوكول النقل	UDP
زمن المحاكاة	50 Seconds



الشكل(3) انخفاض معدل استلام الرزم مع تزايد سرعة الحركة في شبكة من 5 عقد



الشكل(4) زيادة التأخير مع تزايد سرعة الحركة في شبكة مكونة من 5 عقد

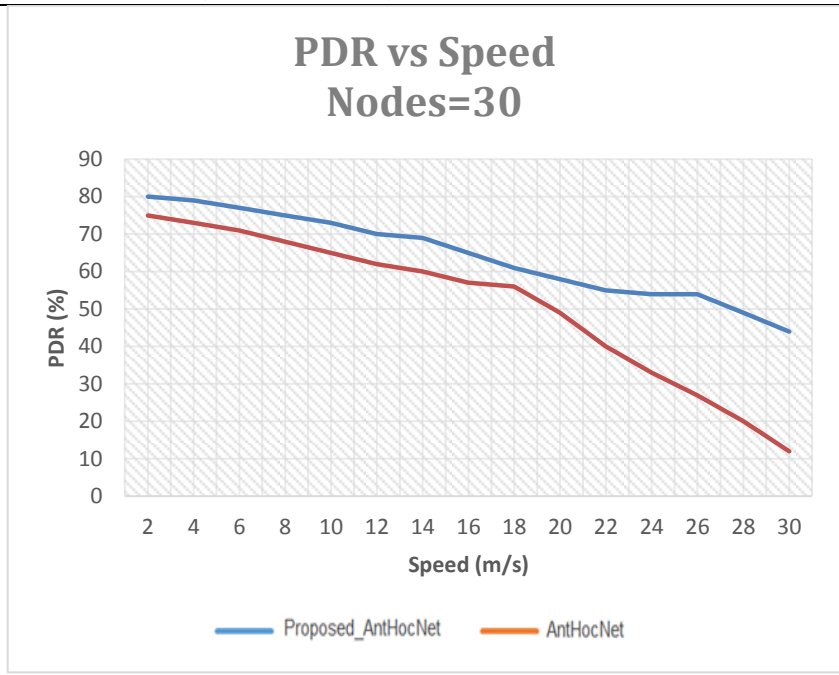


الشكل(5) انخفاض الانتاجية مع تزايد سرعة الحركة في شبكة مكونة من 5 عقد

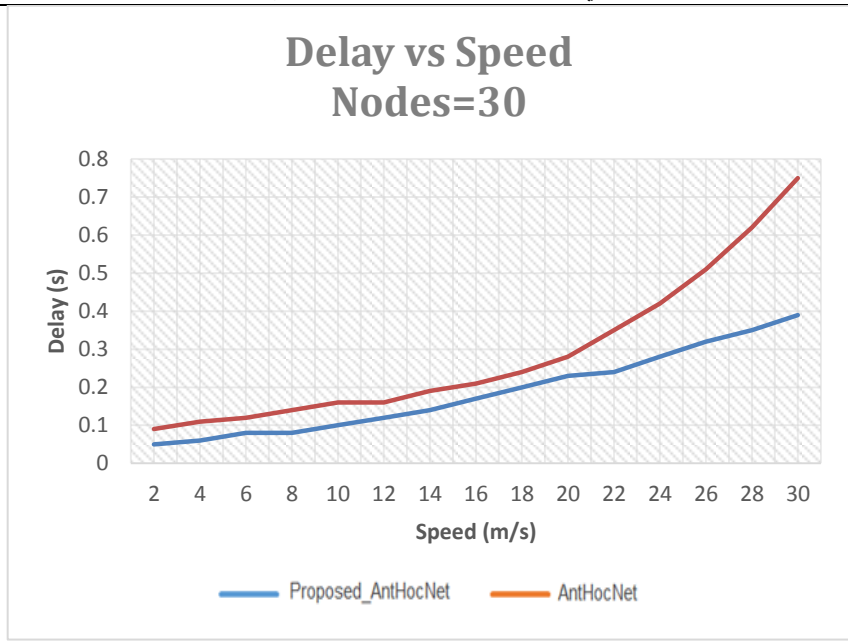
في الشكل (3)، (4) و(5) نلاحظ أن زيادة احتمالية تنفيذ الاصلاح المحلي local repair بالخوارزمية المقترحة يساعد على ايجاد المسار البديل بشكل افضل مما يؤدي الى خفض نسبة فقدان الرزم packet drop نتيجة فشل الارسال عند العقدة الخارجة عن الخدمة.

وبالنسبة للوقت المستغرق في ايجاد العقدة البديلة فانه يؤثر على زمن وصول الرزم وهو اكبر في حال فشل عملية الاصلاح المحلي local repair إذ أن الخوارزمية الاصلية ستعود للعقدة المصدر للبحث في كامل الشبكة عن المسار البديل.

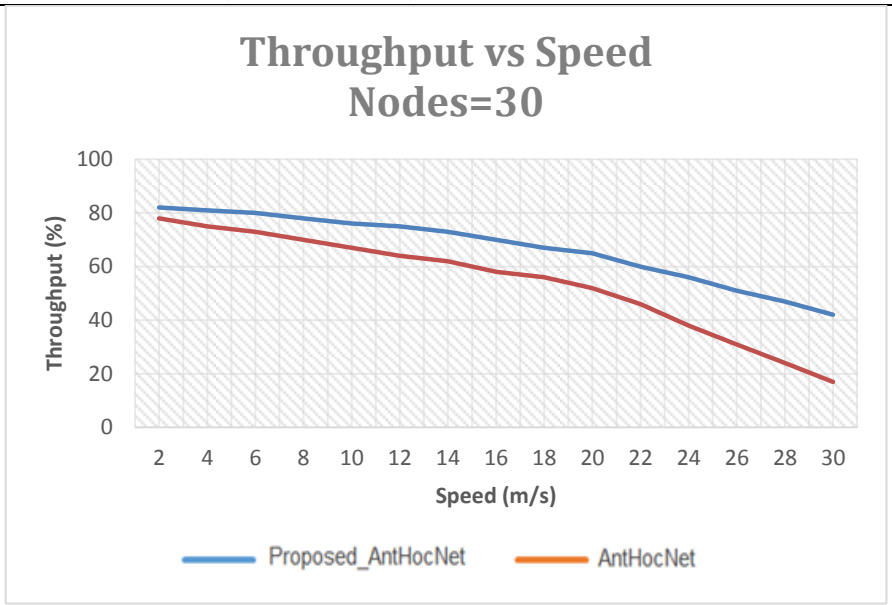
أما بالنسبة للإنتاجية فتظهر قيم مستقرة لحد ما مع زيادة السرعة بالإضافة الى أن نتائج الخوارزمية المحسنة افضل من الخوارزمية الاساسية.



الشكل(6) انخفاض معدل استلام الرزم مع تزايد سرعة الحركة في شبكة من 30 عقد



الشكل(7) زيادة التأخير مع تزايد سرعة الحركة في شبكة مكونة من 30 عقد



الشكل(8) انخفاض الانتاجية مع تزايد سرعة الحركة في شبكة مكونة من 30 عقد

في الشكل (6)، (7) و(8) نلاحظ ان زيادة عدد العقد يساعد في ايجاد العقدة البديلة بنسبة اكبر، وبزيادة السرعة تزداد الحركية وتزداد معها نسبة الانقطاعات. بينما تحافظ الشبكة في مقترحنا على نسبة توصيل عالية نتيجة التصحيح المستمر لجداول التوجيه.

زيادة عدد العقد يؤثر سلبا على التأخير بسبب طول المسارات وكثرتها، ولكن الخوارزمية المقترحة تعطي نتيجة افضل بسبب تنفيذ الاصلاح المحلي local repair بشكل ادق واسرع نتيجة زيادة عدد العقد، مما يؤدي الى اختصار الوقت.

نلاحظ انخفاض في قيمة الانتاجية مع زيادة السرعة، وذلك يعود إلى ارتفاع عدد العقد المتحركة الذي يؤدي إلى زيادة في الانقطاعات، ولكن ايضاً أداء الخوارزمية المحسنة افضل وذلك يعود إلى تفوقها في إصلاح المسار ومنه تحسين الانتاجية.

7. التوصيات والافاق المستقبلية:

إن الخوارزمية المقترحة تقوم بالتعديل على ترويسة البروتوكول وجدول التوجيه من أجل حساب وإضافة معلومات العقدتين التاليتين بدل من العقدة التالية فقط. هذه التعديلات ستسبب زيادة في عبء الشبكة (Overhead) وبالتالي أداء الشبكة.

التوصيات المستقبلية للبحث، هو العمل على تقليل من عبء الشبكة الناتج عن التعديل للحصول على أداء افضل للخوارزمية.

المراجع:

[1] Hassan, K. L., & Mandal, J. K. 2019. Performance Analysis of AntHocNet Based on NS2, In **Information, Photonics and Communication: Proceedings of Second National Conference**, IPC 2019 (Vol. 79, p. 45), Springer Nature.

[2] Sharma, H., Kumar, A. and Gupta, M.K., 2017. Performance Enhancement of Routing Protocol in MANET by implementing Ant Colony Optimization, **Int. J. Adv. Research Comp. Engg. & Tech**, 6, pp.1090-1098.

[3] Leonov, A.V., 2016, October. Modeling of bio-inspired algorithms AntHocNet and BeeAdHoc for flying ad hoc networks (FANETS),

In 2016 13th **International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering,** (APEIE) (Vol. 2, pp. 90-99). IEEE.
[4] Ducatelle, F., 2007. Adaptive routing in ad hoc wireless multi-hop networks, (Doctoral dissertation, Università della Svizzera italiana).
[5] Ziani, H., Enneya, N., Chentoufi, J.A. and Laassiri, J., 2020. Mobility condition to study performance of MANET routing protocols. In **Emerging Technologies for Connected Internet of Vehicles and Intelligent Transportation System Networks** (pp. 73-82). Springer, Cham.
[6] Alattas, K.A., 2021. A Hybrid Routing Protocol Based on Bio-Inspired Methods in a Mobile Ad Hoc Network, **International Journal of Computer Science and Network Security**, VOL.21 No.1, p.207.
[7] Abuhmida, M.S., 2017 ANTMANET: a novel routing protocol for mobile ad-hoc networks based on ant colony optimization, (Doctoral dissertation, University of Wales Trinity Saint David).
[8] Brill, C. and Nash, T., 2017, December. A comparative analysis of MANET routing protocols through simulation. **In 2017 12th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions** (ICITST) (pp. 244-247). IEEE.

[9] Chatterjee, S. and Das, S., 2015. Ant colony optimization based enhanced dynamic source routing algorithm for mobile Ad-hoc network. **Information Sciences**, 295, pp.67-90.
[10] Sehgal, R., Nehra, V. and Dahiya, P., 2019. Anthocnet: A Swarm Intelligence based Routing Protocols Performance in Vanets. **National Journal of System and Information Technology**, 12(2), p.115.
[11] Villalba, L.G., Cañas, D.R. and Orozco, A.L.S., 2010. Bio-inspired routing protocol for mobile ad hoc networks. **IET communications**, 4(18), pp.2187-2195.

[12] Rupérez Cañas, D., Sandoval Orozco, A.L., García Villalba, L.J. and Kim, T.H., 2017. A Family of ACO Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks. **Sensors**, 17(5), p.1179.
[13] Ducatelle, F., Di Caro, G.A. and Gambardella, L.M., 2006, September. An analysis of the different components of the AntHocNet routing algorithm. **In International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence** (pp. 37-48). Springer, Berlin, Heidelberg.
[14] Di Caro, G., Ducatelle, F. and Gambardella, L.M., 2004, September. AntHocNet: an ant-based hybrid routing algorithm for mobile ad hoc networks**. In International Conference on Parallel Problem Solving from Nature** (pp. 461-470). Springer, Berlin, Heidelberg.
[15] Nam, J.C., Khan, A. and Cho, Y.Z., 2017. Improved AntHocNet with bidirectional path setup and loop avoidance. **The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences**, 42(1), pp.64-76.