

تحسين أداء البروتوكولات الاستباقية في الشبكات

النقالة تلقائية التشكيل باستخدام خوارزميات

الذكاء الصناعي

الدكتور مأمون يونس *

عمار محمد غريب **

الملخص

الشبكات النقالة تلقائية التشكيل هي عبارة عن شبكات دون بنية تحتية وهي قابلة للنشر والتكوين الذاتي بسرعة ولا تحتاج إلى دعم مركزي، تتكون الشبكات النقالة تلقائية التشكيل من مجموعة من العُقد المتنقلة التي تعمل كجهاز توجيه ومضيف في نفس الوقت و تكون قادرة على نقل حركة المرور من عقدة إلى أخرى ، وتتحرك العُقد في الشبكة بسرعة وحركة عشوائية مما يسبب تغير مستمر في طوبولوجيا الشبكة.

إن مسألة التوجيه في الشبكة واختيار المسار الأفضل بين العقد من أكثر الأمور التي تجذب انتباه الباحثين في مجال الشبكات النقالة وذلك بسبب أهمية عملية التوجيه وتأثيرها على أداء الشبكة وتشكل عملية التوجيه تحدياً كبيراً نتيجة محدودية التقنيات اللاسلكية المستخدمة وتغير الطوبولوجيا بشكل كبير نتيجة حركة العقد.

تم التركيز في هذا البحث على تحسين أداء بروتوكول OLSR الاستباقي من أجل اختيار المسار الأفضل للتوجيه الذي يحقق أقل نسبة تأخير زمني في الشبكة ويؤمن أفضل نسبة تسليم للرزق خلال عملية الإرسال. تم استخدام خوارزمية مستعمرة النمل من أجل اختيار أفضل مسار بالاعتماد على عاملين أساسيين لتقييم المسارات وهما طول المسار و إنشغالية العقد الموجودة ضمن المسار، حيث تم بناء شبكة الشبكات النقالة تلقائية التشكيل باستخدام

* أستاذ مساعد - قسم هندسة الحواسيب و الأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية .

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - هندسة الحواسيب وشبكاتها - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية .

المحاكي NS2.35 وتم تنفيذ عدة سيناريوهات لاختبار أداء البروتوكول المحسن من حيث زيادة عدد العقد المتحركة في الشبكة وزيادة سرعة العقد المتحركة في الشبكة ، وقد أظهرت نتائج الاختبار تقليل التأخير الزمني في الشبكة وزيادة نسبة تسليم الرزم.

الكلمات المفتاحية :

الشبكات النقالة تلقائية التشكيل ، بروتوكولات التوجيه ، بروتوكول حالة الوصل المحسن ، خوارزمية مستعمرة النمل ، NS2.35.

Improving the Performance of Proactive Protocols in Manets Networks Using Artificial Intelligence Algorithms

Dr Mamoun Younes *
Ammar Mohammad Ghareeb **

Abstract

Mobile Ad-Hoc Networks (MANETs) are infrastructure-less networks that are rapidly deployable and self-configuring and do not need central support. MANETs consist of a group of mobile nodes that act either as a router or as a host. Nodes in these network move rapidly and randomly, causing a continuous change in network topology.

The routing in the network and choosing the best path between nodes are major issues that attract the attention of researchers in the field of mobile networks, because of the importance of the routing process and its impact on network performance. This paper focuses on

* Assistant Professor - Department of Computer and Automation Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - University of Damascus - Damascus - Syria.

** Postgraduate student (Master) - Computer and Network Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University - Damascus - Syria.

improving the performance of the proactive OLSR protocol in order to choose the best routing path that achieves the least time delay in the network, secures the best packet delivery rate and ensures reducing packet loss during the transmission process. The ant colony algorithm was used to choose the best path based on two main factors , namely the path length and the occupancy of the nodes within the path. Our simulation scenarios are built using NS2.35 to test the performance of the improved protocol in terms of increasing the number of nodes in the network and increasing the speed of nodes in the network. The test results show a reduction in the time delay in the network and an increase in the packet delivery rate.

Keywords:

Manets , OLSR , ACO , Routing Protocol , NS2.35 , PDR

1- مقدمة

الشبكات النقالة تلقائية التشكيل (Mobile Ad-hoc Networks) هي مجموعة من العقد اللاسلكية (حاسب محمول ، هاتف نقال ، إلخ) لديها القدرة على التواصل مع بعضها البعض دون أي اعتماد على بنية أساسية داعمة ثابتة أو إدارة مركزية.

لذلك فإن MANET هي شبكة تلقائية تظهر تلقائياً عندما تتجمع العقد معاً ، يمكن للعقد في MANET التواصل مع جميع العقد الأخرى ضمن نطاق الراديو الخاص بها أو يمكنها استخدام العقد الوسيطة للتواصل مع العقد غير الموجودة في نطاق الراديو الخاص بها [1]. يتم نقل المعلومات من المصدر إلى الوجهة عبر العقد الوسيطة بحيث تعمل كل عقدة في الشبكة كمضيف وجهاز توجيه، وتتميز الشبكات MANET بطوبولوجيا ديناميكية متغيرة باستمرار ، وموارد مقيدة.

إن السمتان الرئيسيتان للشبكات النقالة هما التنقل والاتصال متعدد القفزات بين العقد، كما تميل العقد إلى التحرك بحرية في أي اتجاه وفي أي وقت ، وبالتالي تقوم في كثير من الأحيان بإنشاء أو قطع الروابط مع العقد الأخرى.

يتم التواصل بين العقد في الشبكة عن طريق مجموعة من بروتوكولات التوجيه التي تضبط عملية نقل البيانات بين المصدر والهدف، ويكمن التحدي الأكبر في هذا النوع من الشبكات في إيجاد مسارات التوجيه الأكثر فعالية مع مراعاة التغيير في طوبولوجيا الشبكة واستنزاف طاقة العقد والتأخير الزمني الحاصل في الشبكة [2].

2- هدف البحث

إن مسألة التوجيه في شبكات الشبكات النقالة تلقائية التشكيل هي من أهم الأمور في الشبكات [3] ، حيث تشكل مسألة الحصول على المسار الأمثل ضمن الشبكة تحدياً كبيراً للباحثين ، لذلك سنقوم في هذا البحث بإجراء تحسين لبروتوكول OLSR من أجل اختيار أقصر وأفضل مسار ضمن مسارات التوجيه بين العقدة المصدر و العقدة الهدف، حيث يركز البحث على تقليل التأخير الزمني ضمن الشبكة وعلى تحقيق أعلى نسبة تسليم للرزق بشكل سليم بين

العقد، وسيتم ذلك من خلال استخدام خوارزمية أمثلة لبناء مسارات التوجيه والمفاضلة بينها لاختيار المسار الأفضل حسب التابع الهدف المرغوب.

3- الأسس النظرية للبحث

3-1- بروتوكولات التوجيه في الشبكات النقالة تلقائية التشكيل (Manets)

التوجيه هو عملية تحديد المسار في شبكة يتم من خلالها إرسال الحزم الموجهة من العقدة المصدر إلى العقدة الوجهة النهائية الخاصة بها من خلال العقد الوسيطة. يتضمن التوجيه بشكل أساسي مكونين هما تحديد مسار التوجيه الأمثل ونقل الحزم عبر المسار الذي تم تحديده.

إن تحديد المسار الأمثل هو مشكلة معقدة. تم تصميم بروتوكول التوجيه لتحديد كيفية اتصال العقد المتنقلة مع بعضها البعض لنشر المعلومات ، تستخدم بروتوكولات التوجيه العديد من المقاييس مثل طول المسار والموثوقية وتأخير التوجيه وعرض النطاق الترددي والحمل وتكاليف الاتصال وما إلى ذلك لتقييم أفضل مسار للتوجيه من بين العديد من البدائل لتوجيه حزم البيانات [4].

3-2- بروتوكولات التوجيه الاستباقية (Proactive Routing Protocols)

يتم تشكيل المسارات إلى كل العقد في الشبكة بشكل مسبق وتقوم العقد في الشبكة بشكل دوري بإرسال رسائل لتحديث معلومات التوجيه و تحتفظ كل عقدة بمعلومات التوجيه إلى كل عقدة أخرى (أو عقد موجودة في جزء معين) في الشبكة ، و عادة ما يتم الاحتفاظ بمعلومات التوجيه في عدد من الجداول المختلفة. يتم تحديث هذه الجداول بشكل دوري و / أو إذا تغير هيكل الشبكة [5].

3-2-1- بروتوكول توجيه حالة الربط المحسن Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)

هو بروتوكول توجيه استباقي لحالة الارتباط يحاول تقليل عدد حزم معلومات التوجيه وحجمها من خلال اختيار عقدة شبكة جديدة وتسميتها ب Multipoint Relays (MPRs).

تمكنت هذه العناصر الجديدة من تجنب عمليات إعادة الإرسال الزائدة عن الحاجة وكمية معلومات حالة الارتباط الواردة في رسائل التحديث ، كما يمكن رؤيته في الفصل التالي المخصص بشكل خاص لـ OLSR.

نظراً لطبيعة البروتوكول الاستباقية ، يعد OLSR أسرع من البروتوكولات التفاعلية لأنه يحتوي على المسارات المتاحة على الفور عند الحاجة ، لذلك يتعين عليه فقط معرفة أفضل طريق إلى الوجهة في جدول التوجيه الخاص به.

هذا البروتوكول هو البروتوكول الأمثل عند العمل على شبكات كبيرة وكثيفة ، لأن التحسين الذي تقدمه المرحلات متعددة النقاط (Multipoint Relays MPRs) يكون أعلى في هذا السياق وليس في الشبكات الأصغر [6].

ميزة أخرى مهمة لبروتوكول OLSR هي أنه لا يعتمد على أي عنصر مركزي ، لذلك فهو يعمل بطريقة موزعة بالكامل وهي الأمثل في الشبكات المخصصة. بالإضافة إلى ذلك ، لا يحتاج البروتوكول إلى القلق بشأن ترتيب تسليم الحزم لأن كل رسالة تحكم تحتوي على رقم تسلسلي. بهذه الطريقة ، يمكن للطرف المستلم تحديد الحزمة التي تحتوي على أحدث المعلومات ويمكنه تجاهل الحزمة القديمة للحفاظ على معلومات جديدة حول هيكل الشبكة.

3-2-2- رسائل التحكم ضمن بروتوكول (OLSR)

يعتمد عمل بروتوكول OLSR على رسالتي تحكم أساسيتين:

1- HELLO messages

2- Topology Control (TC)

يتم إرسال رسائل HELLO بشكل دوري بواسطة جميع عقد الشبكة وتستخدم لاستشعار الارتباط واكتشاف الجوار وتحديد اختيار MPR. من ناحية أخرى، يتم إرسال رسائل TC بواسطة MPRs وتحتوي على معلومات الهيكل التي تستخدمها العقد لحساب جداول التوجيه الخاصة بها.

3-3- خوارزمية مستعمرة النمل (Ant Colony Optimization)

هي عبارة عن تقنية احتمالية تقوم بالبحث عن المسار الأمثل في الرسم البياني بالاعتماد على سلوك النمل في بحثه عن طريق بين مستعمرته لإيجاد مصدر الغذاء. تعتبر خوارزمية مستعمرات النمل (The ant colony optimization algorithm ACO) من خوارزميات البحث التي تعتمد على التجربة والخطأ والتي تعطي حل مقبول (قد يكون افضل حل وقد لا يكون) لذلك يتم استخدامها في حل المسائل التي تأخذ وقت طويل باستخدام الحاسوب مثال ذلك مسائل NP-Complete (او المسائل التي تحتاج الى تجربة كل الاحتمالات حتى تصل الى الحل المطلوب ان وجد) [7].

اتت فكرة الخوارزمية من محاكاة عملية البحث عن الطعام عند النمل وهي كالتالي:

- 1- تقوم مجموعة من النمل بالانطلاق من الخلية في عدة اتجاهات عشوائية (هذه العملية تتم في المرة الاولى فقط في المرات اللاحقة يتم اختبار كل مسار واختيار مسار معين كما سنرى لاحقا).
- 2- اثناء مرورها تقوم النملة بإفراز مادة تسمى فيرمون بنسبة معينة (فائدة هذه المادة معرفة الطريق الذي مرت فيه)
- 3- عندما تجد مصدر للطعام فهي تأخذ كمية منه وتعود الى الخلية عن طريق اختيار مسار معين (المسار الذي يحوي اكبر كمية فيرمون). ايضا عند عودتها ستقوم بإفراز نفس الكمية من الفيومون.
- 4- عندما تتطلق النملة من الخلية مجددا ستقوم باختبار كمية الفيومون في كل مسار وتختار المسار الذي يحوي اكبر كمية من الفيومون.
- 5- يتم تحديث كمية الفيومون كل فترة زمنية معينة (تركيز الفيومون يتلاشى بمرور الوقت).

3-3-1- محاسن خوارزمية النمل

- ملاحظات ردود ايجابية لاكتشاف سريع للحلول الجيدة
- فعالة لمشكلة البائع المتجول وما شابه ذلك من مشاكل يمكن استخدامها في التطبيقات الديناميكية (تتكيف مع التغييرات مثل المسافات الجديدة ، وما إلى ذلك)
- وراثه التفرع Inherent parallelism

3-3-2- مساوي خوارزمية النمل

- التحليل النظري صعب
- تسلسلات القرارات العشوائية (غير مستقلة)
- تغيير توزيع الاحتمالات بالتكرار

4- طرائق البحث ومواده

4-1- تحسين بروتوكول OLSR باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل (ACO)

قام العديد من الباحثين بالعمل على تحسين بروتوكول OLSR باستخدام خوارزميات أمثلة عديدة ومتنوعة وتناولوا عدة معاملات للدراسة والتحسين. سنقوم في هذا البحث باستخدام خوارزمية ACO في عملية التحسين، وسنعمل في هذا البحث على اختيار أفضل مسار من مسارات التوجيه المتاحة في الشبكة بين العقدة المصدر والعقدة الهدف، وذلك بالاعتماد على مفهومين أساسيين هما طول المسار وانشغالية العقد، حيث أن طول المسار هو عدد العقد الموجودة على هذا المسار وكلما زاد عدد العقد في المسار كلما زاد التأخير في توصيل رزم المعلومات من المصدر إلى الوجهة، وإن انشغالية العقد تدل على أن العقدة تحوي مجموعة رزم من المعلومات تقوم بمعالجتها وبالتالي يجب على البروتوكول انتظار العقدة حتى تنتهي من عملية معالجة رزم المعلومات مما يؤدي إلى حدوث تأخير في زمن توصيل الرزم ضمن الشبكة.

ستتضمن آلية العمل الخطوات التالية من أجل الوصول إلى التحسين المطلوب:

- 1- يبدأ بروتوكول OLSR بالعمل ويتم اختيار عقد الـ MPR بالنسبة لكل عقدة ويتم تشكيل جداول التوجيه بالاعتماد على معلومات طوبولوجيا الشبكة وعلى عقد الـ MPR التي تم اختيارها.
- 2- يتم تهيئة بارامترات خوارزمية مستعمرة النمل ACO بالقيم المطلوبة.
- 3- تقوم الخوارزمية بالحصول على معلومات طوبولوجيا الشبكة وعقد الـ MPR ومسارات التوجيه المتاحة من البروتوكول.
- 4- تعمل الخوارزمية على اختيار المسار الأفضل من المسارات المتاحة بناءً على معاملات طول المسار وانشغالية العقد من أجل الوصول إلى أفضل مسار توجيه ضمن المسارات المتاحة في جداول توجيه البروتوكول.

4-2- خطوات عمل الخوارزمية لاختيار مسار التوجيه الأفضل

تم ضبط بارامترات الخوارزمية اعتماداً على [8] وبما يناسب التحسين المقترح في البحث وفق ما يلي :

- 1- تهيئة بارامترات الخوارزمية.
- 2- تحديد العقدة المصدر S والعقدة الهدف D ، من أجل حساب المسار الأفضل بين المصدر والهدف.
- 3- تبدأ العقدة المصدر S بإرسال (Path_Request_Ant) إلى الوجهة الهدف من خلال جميع جيرانها الذين يقعون على مسافة قفزة واحدة من S ، سيتم تحديد القفزة التالية وفق أعلى احتمال للارتباط كما هو مبين في المعادلة (1):

$$P_{i,j} = [\tau_{ij}(t)]^\alpha / \sum_{k \in allowed_k} [\tau_{ik}(t)]^\alpha$$

حيث:

$\tau(i, j)$: قيمة الفورومون في العقدة.

α : بارامتر تحكم بتأثير الفورومون

تحتفظ كل عقدة ضمن الشبكة بجدول يدعى جدول الفورومون "PheroTable" يحتوي على قيمة الفورومون المتاحة على كل رابط والتي تتم تهيئتها إلى ثابت C. كما تحتفظ كل عقدة بجدول احتمالية "ProbTable" يحتوي على احتمال الانتقال لتحديد العقد المجاورة.

4- تحديث قيمة الفورومون في جدول الفورومون للعقدة وفق المعادلة (2):

$$\tau_{i,j} = (1 - \rho)\tau_{i,j} + \Delta \tau_{i,j}$$

حيث:

ρ : معدل تبخر الفيرمون

$\Delta \tau_{i,j}$: هي كمية الفيرمون المخزنة

5- عندما يصل Path_Request_Ant إلى الوجهة ، سيتم تحويله إلى Path_Reply_Ant وإعادة توجيهه نحو عقدة المصدر الأصلية ، واتخاذ نفس المسار المقابل لـ Path_Request_Ant ولكن في اتجاه عكسي.

6- يتم تحديث قيم الفورومون أثناء المرور في المسار العكسي وفق المعادلة (2)

7- اختيار المسار الأمثل وفق قيم الفورومون في المسار وحسب التابع الهدف التالي:

$$\text{Total Route Fitness (TRF)} = \tau + 1/(\alpha_1 N_{hob} + \alpha_2 T_{hold})$$

حيث :

N_{hob} : عدد القفزات ضمن المسار

T_{hold} : زمن الانتظار في العقدة

α_1 ، α_2 : بارامترات يتم ضبطها بحيث يكون $\alpha_2 + \alpha_1 = 1$

5- بيئة المحاكاة

تم في هذا البحث استخدام محاكي الشبكات (NS2 (Network Simulation 2)، وهو عبارة عن محاكي يستخدم مفهوم الأحداث المتقطعة والتي تعتبر واحدة من طرق المحاكاة ويحوي المحاكي على العديد من مكونات وبروتوكولات الشبكات ، حيث يستخدم هذا المحاكي لغة Otcl من أجل كتابة سيناريو المحاكاة ومسارات التحكم وتهيئة الشبكة كما يستخدم لغة ++C من أجل كتابة مسارات البيانات ومعالجة الرزم وتوليد المحاكاة [9].
وتم كتابة ملفات برمجية بلغة AWK من أجل تحليل ملف مراقبة الشبكة واستخلاص النتائج منه [10].

6- الإجراء العملي ومناقشة النتائج

قمنا باستدعاء بروتوكول OLSR وتطبيق خوارزمية مستعمرة النمل ACO من أجل اختيار المسار الأفضل بالاعتماد على تابع الهدف وتابع الاحتمال للخوارزمية ، وقبل البدء بالتنفيذ يجب ضبط مجموعة من البارامترات من أجل إنشاء الشبكة وضمان عملها بشكل صحيح إذ تم استخدام برنامج المحاكاة (Network Simulator 2.35) الذي تم تنصيبه على نظام تشغيل (Ubuntu 16.04) وتم تحديد بيئة العمل التي ستنتشر ضمنها العقد بمساحة (1000m X 1000m) وتم اختيار البروتوكول TCP كبروتوكول نقل ضمن الشبكة ، كما تم اختيار البروتوكول (IEEE 802.11) من أجل اتصال العقد فيما بينها وتم تزويد العقد بطاقة ابتدائية مقدارها (J 150) ، كما تم استخدام بروتوكول نقل الملفات FTP من أجل توليد ونقل الرزم بين العقد ، وتم اختيار حركة عشوائية للعقد من أجل محاكاة السلوك الطبيعي للعقد ضمن الشبكة ، وإن عدد العقد في الشبكة وسرعة العقد يتغير حسب السيناريو الذي يتم تطبيقه ، ويتم توضيح البارامترات في الجدول التالي:

الجدول (1-6) بارامترات الشبكة النقالة في السيناريو الأول

Parameters Name	Description
Network Simulator	NS 2.35
Simulation Environment	Ubuntu 16.04
Environment Size	1000m X 1000m
Routing Protocol	OLSR
Number of Mobile Nodes	20 , 30 , 40 , 50 , 60 , 70 , 80
Transport Protocol	TCP
MAC Protocol	IEEE 802.11
Mobility Model	Random Motion Model
Traffic Type	FTP
Simulation Time	100 seconds
Nodes Speed	5 m/s
Initial Energy of Node	150 J

وتم ضبط بارامترات خوارزمية الأمثلة لتحقيق التحسين المطلوب وفق ما يلي:

الجدول (2-6) بارامترات خوارزمية مستعمرة النمل

القيمة	الرمز	البارامتر
20	k	عدد النمل
40	n	عدد التكرارات
0.3	α	بارامتر التحكم بتأثير الفورومون
0.1	ρ	معدل تبخر الفيرمون
0.1	τ_0	معدل الفيرمون الابتدائي في العقد

وتم اختيار تابع هدف من أجل اختيار أفضل مسار من حيث طول المسار وانشغالية العقد ضمن المسار :

$$\bullet \text{ التابع الهدف : } TRF = \tau + 1/(\alpha_1 N_{hob} + \alpha_2 T_{hold})$$

حيث أن : N_{hob} : هي عدد القفزات للعقدة

T_{hold} : هي زمن انتظار العقدة حتى تصبح متاحة.

τ : قيمة الفورومون على المسار

تم العمل على سيناريوين مختلفين من أجل اختبار أداء البروتوكول بعد التحسين حيث تم اختبار البروتوكول بالنسبة لتغير عدد العقد في الشبكة وبالنسبة لتغير سرعة العقد. وتم اختبار أداء الشبكة والتحسين المقترح لمقارنة البارامترات التالية للشبكة الناتجة عن تنفيذ السيناريوين.

6-1-1- بارامترات الأداء للشبكة

تم اعتماد نفس البارامترات الواردة في [11] وهي :

6-1-1- التأخير (Delay)

تأخير نهاية لنهاية للرزمة (E2E) هو الزمن المستغرق من توليد الرزمة من قبل المصدر حتى استقبالها من قبل الوجهة، بالتالي هو الزمن الذي تستغرقه الرزمة لعبورها للشبكة ويقدر بالثانية ، وهكذا تدعى جميع التأخيرات في الشبكة بتأخير نهاية لنهاية للرزمة (packet end-to-end) ، ويعطى بالعلاقة :

$$T_s - T_r = D$$

حيث : T_s : زمن إرسال الرزمة من العقدة المصدر .

T_r : زمن إستقبال الرزمة في العقدة الهدف .

6-1-2- نسبة تسليم الرزم (PDR)

هي النسبة بين عدد الرزم التي تم استقبالها من قبل العقدة الهدف إلى عدد الرزم التي تم إرسالها من العقدة المصدر، وتعطى بالعلاقة :

$$PDR = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Total packets received by all destinations}}{\sum_{i=1}^n \text{Total packets sent by all sources}}$$

6-1-3- الفائض (Overhead)

هو عبارة عن نسبة عدد رزم التحكم المرسل في الشبكة لاستكشاف مسارات التوجيه إلى عدد الرزم المستقبلية.

6-2- سيناريوهات عمل الشبكة

6-2-1- السيناريو الأول

في السيناريو الأول تم اختبار أداء البروتوكول المحسن من أجل عدد مختلف من العقد في الشبكة حيث تم تنفيذ ثمانية تجارب بحيث تشمل زيادة عدد العقد (20 ، 30 ، 40 ، 50 ، 60 ، 70 ، 80) ، وبعد استخلاص النتائج تم قياس قيم التأخير الزمني (Delay) ونسبة تسليم الرزم (PDR) ونسبة الفائض (Overhead) ، وتم المقارنة بين النتائج قبل عملية التحسين وبعدها.

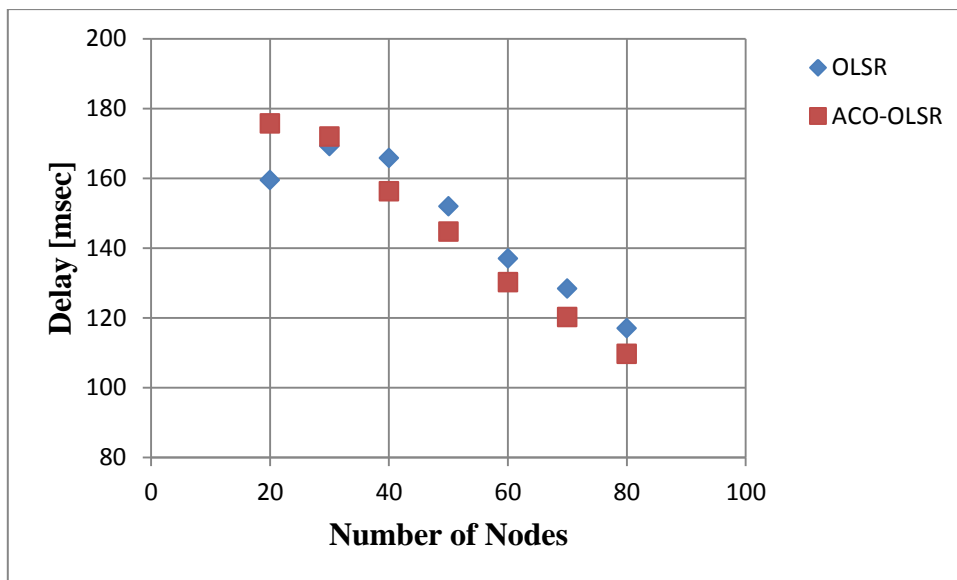
بعد تنفيذ السيناريو الأول تم الحصول على نتائج أداء البروتوكول المحسن الموضحة في الجدول (6 - 3) وتم مقارنة هذه النتائج مع نتائج أداء البروتوكول قبل عملية التحسين وقمنا برسم الخطوط البيانية التي توضح عملية المقارنة.

الجدول (6 - 3) نتائج أداء البروتوكول المحسن من أجل السيناريو الأول

Number of nodes	DELAY%			PDR%			Overhead%		
	OLSR	ACO-OLSR	Improvement Ratio	OLSR	ACO-OLSR	Improvement Ratio	OLSR	ACO-OLSR	Improvement Ratio
20	159.46	175.72	-10.19%	99.28	99.06	-0.22%	269.84	372.18	37.92%
30	169.23	171.97	-1.61%	98.93	99.38	0.45%	340.2	415.39	22.10%
40	165.83	156.22	5.79%	98.69	99.34	0.65%	380.58	466.12	22.47%
50	151.91	144.71	4.73%	98.64	99.13	0.49%	404.7	475.15	17.40%
60	136.98	130.21	4.93%	98.62	99.11	0.49%	449.87	663.72	47.53%
70	128.42	120.27	6.35%	98.63	99.03	0.40%	490.8	692.2	41.03%
80	117.05	109.69	6.28%	98.61	98.99	0.38%	556.11	774.47	39.26%
Average	146.98	144.11	2.32%	98.77	99.14	0.38%	413.15	551.31	32.53%

ومن الجدول (6 - 3) بمقارنة قيم التأخير الزمني قبل عملية تحسين البروتوكول وبعدها نجد أنه عندما يكون عدد العقد في الشبكة قليل يكون أداء البروتوكول قبل عملية التحسين أفضل من أدائه بعدها ، وذلك لأن عدد المسارات في الشبكة قليل ولا داعي لاستخدام عمليات معالجة إضافية تستغرق المزيد من الوقت والتكرارات لاختيار المسار الأفضل ، أما عندما يصبح عدد العقد في الشبكة كبير يصبح من الصعب على البروتوكول إيجاد المسار الأفضل نتيجة حركة العقد وتغير المسارات باستمرار مما ينتج عنه زيادة في التأخير الزمني نتيجة عدم اختيار المسار الأفضل ، ونستنتج أيضاً من الجدول أنه بزيادة عدد العقد في الشبكة بشكل عام ينخفض التأخير الزمني وذلك لأنه بزيادة عدد العقد يزداد عدد المسارات المتاحة

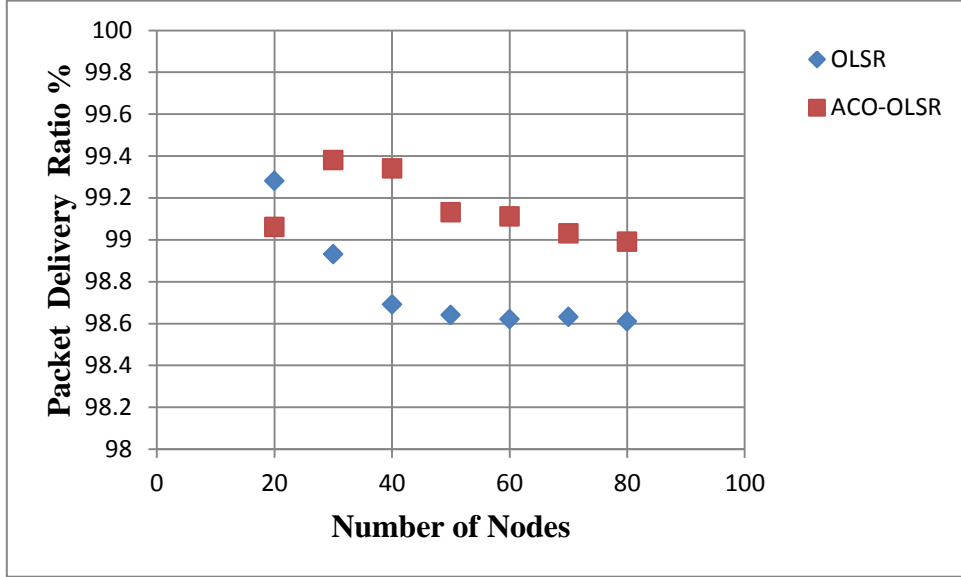
للإرسال وبالتالي ممكن اختيار أفضل مسار يحقق أقل تأخير زمني ، وتظهر النتائج أن البروتوكول الذي تم تحسينه يحقق تأخير زمني أقل بنسبة 2.32% من البروتوكول قبل التحسين ، يوضح الشكل (6 - 1) هذه المقارنة:



الشكل (6 - 1) مقارنة التأخير الزمني بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها عند زيادة عدد العقد

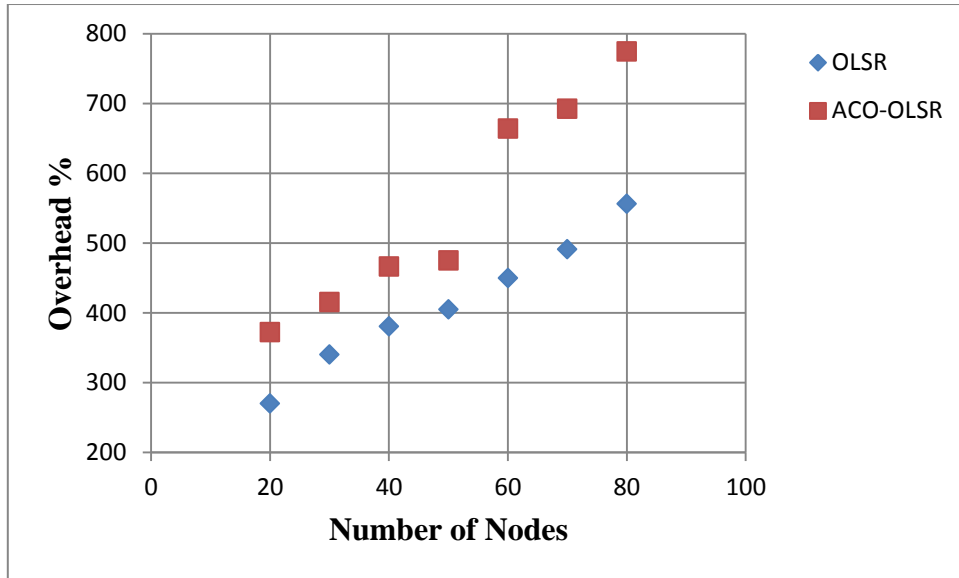
وبعد مقارنة نسبة تسليم الرزم PDR بين البروتوكولين قبل عملية التحسين وبعدها ، نجد أن البروتوكول الذي تم تحسينه يحقق نسبة PDR أعلى بمقدار 0.38% من البروتوكول قبل عملية التحسين ، وذلك لأنه عند استخدام البروتوكول المحسن نتمكن من اختيار المسار الأفضل وبالتالي نحصل على مسارات أكثر وثوقيه ونتجنب انهيار المسار الناتج عن تغير موضع العقد بسبب حركتها العشوائية ، وبالتالي نضمن وصول الرزم من المصدر إلى الهدف مما يحقق نسبة تسليم رزم (PDR) أعلى من قبل. كما نستنتج أنه بزيادة عدد العقد في الشبكة تزداد نسبة تسليم الرزم (PDR) وذلك لأنه مع زيادة عدد العقد يزداد عدد المسارات المتاحة وبالتالي ينخفض احتمال اختيار مسار سيء أو اختيار مسار من الممكن أن ينهار

لسبب ما وهذا يؤدي إلى زيادة نسبة تسليم الرزم ، وفي المقابل عندما يكون عدد العقد في الشبكة قليل من الممكن أن ، ويوضح الشكل (6 - 2) هذه المقارنة :



الشكل (6 - 2) مقارنة نسبة PDR بين البروتوكول قبل وبعد عملية التحسين عند زيادة عدد العقد

وعند مقارنة نسبة الفائض (Overhead) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها ، نجد أن بعد تطبيق التحسين على البروتوكول تزداد نسبة الفائض (Overhead) في الشبكة بمقدار 32.53% وذلك بسبب زيادة عدد رسائل التحكم المرسله من أجل اكتشاف أفضل مسار وبسبب تكرار عملية الإرسال ضمن الخوارزمية حتى نصل إلى المسار الأفضل مما ينتج عنه زيادة الفائض في الشبكة بشكل عام ، ويوضح الشكل (6 - 3) نتائج هذه المقارنة :



الشكل (6 - 3) مقارنة نسبة Overhead بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها عند زيادة عدد العقد

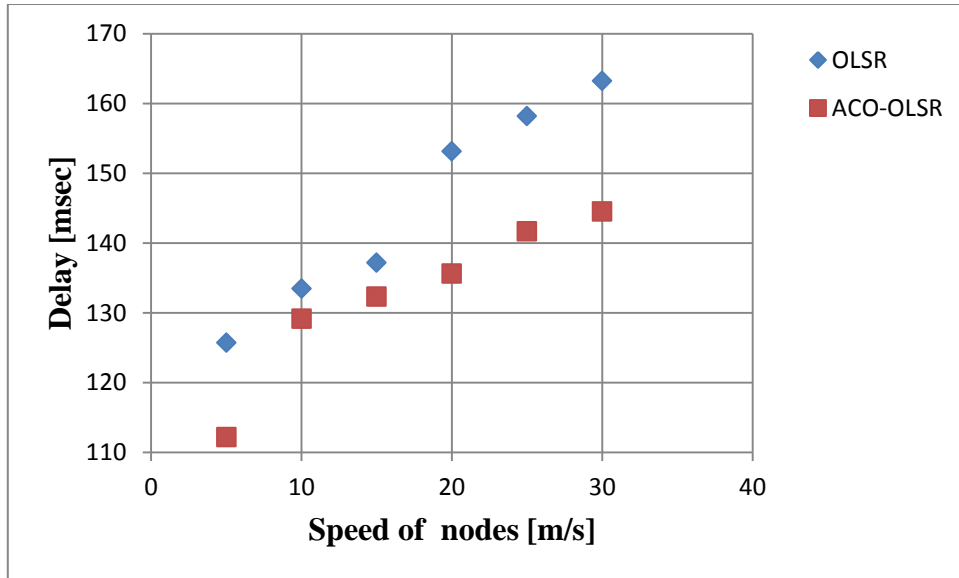
6-2-2- السيناريو الثاني

في السيناريو الثاني تم تنفيذ ستة تجارب من أجل اختبار أداء البروتوكول في حالة سرعات مختلفة للعقد المتحركة (5 ، 10 ، 15 ، 20 ، 25 ، 30) متر بالثانية وتم اختيار عدد عقد ثابت في الشبكة وهو 40 عقدة في جميع الحالات ، وتم استخلاص النتائج الموضحة في الجدول (6-4) و دراسة تأثير تغير سرعة العقد على أداء البروتوكول، كما قمنا بقياس قيم التأخير الزمني ونسبة تسليم الرزم والفائض الناتجين عن تطبيق البروتوكول المحسن ومقارنتها مع القيم الناتجة عن تطبيق البروتوكول قبل تطبيق التحسين المقترح ضمن البحث.

الجدول (6 - 4) نتائج أداء البروتوكول المحسن من أجل السيناريو الثاني

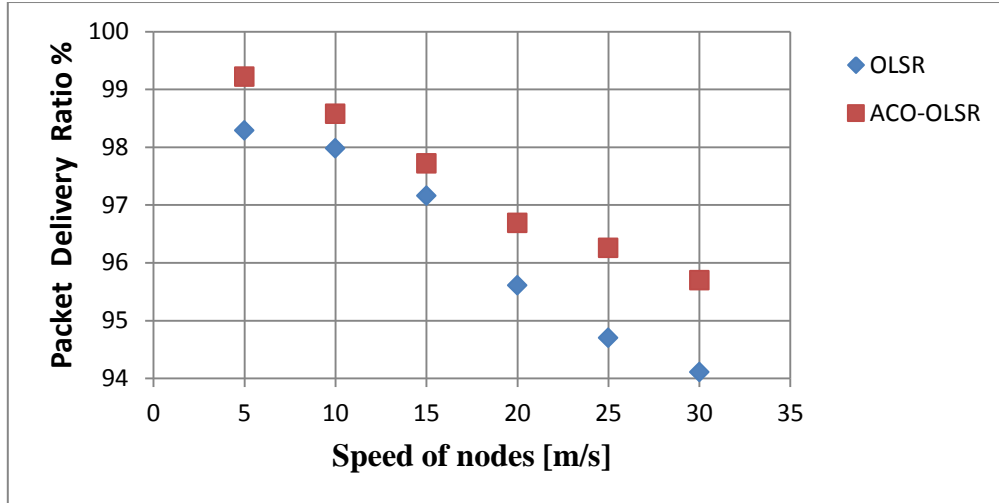
Nodes Speed [m/s]	Delay%			PDR%			Overhead%		
	OLSR	ACO - OLSR	Improvement Ratio	OLSR	ACO - OLSR	Improvement Ratio	OLSR	ACO - OLSR	Improvement Ratio
5	125.71	112.19	10.75 %	98.29	99.22	0.94%	325.4	445.73	36.97 %
10	133.47	129.13	3.25%	97.98	98.58	0.61%	336.69	463.04	37.52 %
15	137.16	132.31	3.53%	97.16	97.72	0.57%	358.39	472.4	31.81 %
20	153.12	135.63	11.42 %	95.61	96.69	1.12%	374.87	529.71	41.30 %
25	158.17	141.65	10.44 %	94.7	96.26	1.64%	450.16	568.16	26.21 %
30	163.21	144.51	11.45 %	94.11	95.7	1.68%	493.84	795.34	61.05 %
Average	145.14	132.57	8.66%	96.30	97.36	1.10%	389.89	545.73	39.96 %

ومن الجدول (6-4) بمقارنة قيم التأخير الزمني في الشبكة للبروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أن البروتوكول بعد عملية التحسين يحقق تأخير زمني أقل بنسبة 8.66% من البروتوكول قبل التحسين ، ونلاحظ أن التأخير الزمني يزداد مع زيادة سرعة العقد المتحركة في الشبكة وذلك بسبب فشل أو انقطاع مسارات التوجيه نتيجة زيادة سرعة العقد أو انهيار بعض العقد بسبب نفاذ طاقتها نتيجة لزيادة سرعة الحركة مما يسبب انتظار أكبر للرمز في الرتل حتى تصل إلى الهدف وهذا ما ينتج عنه زيادة في التأخير الزمني ، ويوضح الشكل (6 - 4) هذه المقارنة:



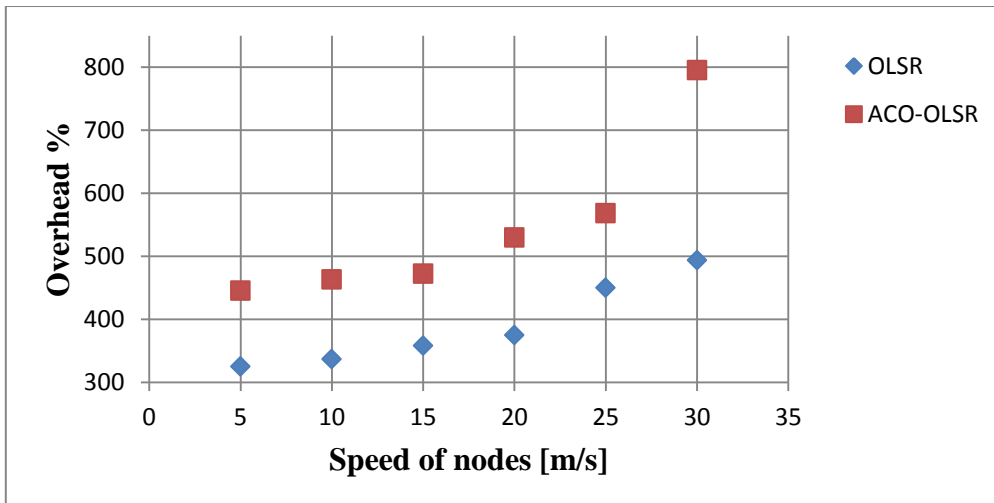
الشكل (6 - 4) مقارنة التأخير الزمني بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها عند زيادة سرعة العقد المتحركة

كما نجد من الجدول (4-6) بعد مقارنة نسبة تسليم الرزم (PDR) للبروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها أن البروتوكول بعد عملية التحسين يحقق نسبة تسليم الرزم (PDR) أعلى بمقدار 1.1% من البروتوكول قبل التحسين ، ونلاحظ أن مع زيادة سرعة العقد المتحركة في الشبكة يحدث المزيد من الانقطاعات في مسارات التوجيه نتيجة التغير المتكرر لمواقع العقد وهذا ينتج عنه فقدان بعض الرزم المُرسلة مما يؤدي إلى انخفاض نسبة تسليم الرزم (PDR) في الشبكة ، ويوضح الشكل (6 - 5) هذه المقارنة :



الشكل (6 - 5) مقارنة نسبة (PDR) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها عند زيادة سرعة العقد المتحركة

وأخيراً نجد من الجدول (6-4) عند مقارنة نسبة الفائض (Overhead) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها أن البروتوكول بعد عملية التحسين يزيد نسبة الفائض (Overhead) في الشبكة بمقدار 39.96% ، ونلاحظ أن بزيادة سرعة العقد تزداد نسبة الفائض في الشبكة وذلك لأن التبدل المستمر لمواقع العقد في المسارات ينتج عنه عمليات إرسال إضافية لرسائل التحكم من أجل اكتشاف المسارات الجديدة واختيار المسار الأفضل بعد كل تغير في مواقع العقد ، ويوضح الشكل (6 - 6) نتائج هذه المقارنة :



الشكل (6 - 6) مقارنة نسبة Overhead بين البروتوكول قبل وبعد عملية التحسين عند زيادة سرعة العقد المتحركة

7- الاستنتاجات والتوصيات

7-1- السيناريو الأول (تغير عدد العقد المتحركة في الشبكة) :

من خلال تطبيق السيناريو الأول توصلنا إلى الاستنتاجات والتوصيات التالية :

- عند مقارنة التأخير الزمني (Delay) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أنه مع زيادة عدد العقد المتحركة في الشبكة ينخفض التأخير الزمني، وإن البروتوكول الذي تم تحسينه في هذا البحث يحقق نسبة تأخير زمني أقل بمقدار 2.32% من البروتوكول قبل عملية التحسين.
- وعند مقارنة نسبة تسليم الرزم (PDR) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أن البروتوكول الذي تم تحسينه يحقق نسبة PDR أعلى بمقدار 0.38% من البروتوكول قبل عملية التحسين.

- وأخيراً عند مقارنة نسبة الفائض (Overhead) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أن البروتوكول الذي تم تحسينه يزيد نسبة الفائض في الشبكة بمقدار 32.53% .

7-2- السيناريو الثاني (تغير سرعة العقد المتحركة):

من خلال تطبيق السيناريو الثاني توصلنا إلى الاستنتاجات والتوصيات التالية :

- عند مقارنة التأخير الزمني (Delay) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أنه مع زيادة سرعة العقد المتحركة في الشبكة يزداد التأخير الزمني، وإن البروتوكول الذي تم تحسينه في هذا البحث يحقق نسبة تأخير زمني أقل بمقدار 8.66% من البروتوكول قبل عملية التحسين.
- وعند مقارنة نسبة تسليم الرزم (PDR) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أنه مع زيادة سرعة العقد المتحركة في الشبكة تنخفض نسبة تسليم الرزم (PDR) في الشبكة ، وإن البروتوكول الذي تم تحسينه يحقق نسبة (PDR) أعلى بمقدار 1.1% من البروتوكول قبل عملية التحسين.
- وأخيراً عند مقارنة نسبة الفائض (Overhead) بين البروتوكول قبل عملية التحسين وبعدها نجد أن البروتوكول الذي تم تحسينه يزيد نسبة الفائض في الشبكة بمقدار 39.96% .

8- الآفاق المستقبلية

- دراسة تأثير طاقة العقد على جودة المسار، فمن الممكن انهيار المسار نتيجة نفاذ طاقة أحد العقد الموجودة ضمنه حيث يعتبر استهلاك الطاقة أحد العوامل المهمة في البيئات التي يصعب الوصول إليها.
- دراسة احتمال وجود ضجيج على المسار، فمن الممكن أن يكون مسار ما هو الأفضل من حيث طول المسار ولكن ممكن أن يتعرض المسار إلى ضجيج يؤدي إلى فقدان الإشارة .
- بالإضافة إلى دراسة طول المسار بالاعتماد على عدد القفزات، من الممكن دراسة أثر المسافة بين العقد على أفضلية المسار.

9- المراجع

- [1] Macker, J.P. and Corson, M.S., 2004. Mobile ad hoc networks (MANETs): Routing technology for dynamic wireless networking. *Mobile Ad hoc networking*, 9, p 255-273.
- [2] Kaur, H., Sahni, V. and Bala, M., 2013. A survey of reactive, proactive and hybrid routing protocols in MANET: A review. *network*, 4(3), p 498-500.
- [3] Dhenakaran, S.S. and Parvathavarthini, A., 2013. An overview of routing protocols in mobile ad-hoc network. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(2).
- [4] Kaur,H. ; Sahni,V. ; Bala,M 2013. A Survey of Reactive, Proactive and Hybrid Routing Protocols in MANET: A Review, International Journal of Computer Science and Information Technologies. Vol 4 ,p 498–500.
- [5] Patel,D. N. ; Patel,S. B. ; Kothadiya,H. R. ; Jethwa, P. D. ; Jhaveri,R. H. 2015 , A survey of reactive routing protocols in MANET. International Conference on Information Communication and Embedded Systems India. Vol 4 , p 110–126.
- [6] Yadav, S. and Lal, P., 2019, March. Multi Point Relay Selection in OLSR Routing Protocol using Particle Swarm Optimization. In *Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Computing and Software Engineering (ICACSE)*.
- [7] Gutjahr, W.J., 2003, September. A converging ACO algorithm for stochastic combinatorial optimization. In *International*

Symposium on Stochastic Algorithms (pp. 10-25). Springer, Berlin, Heidelberg.

- [8] Godbole, V. (2013). Performance analysis of bio-inspired routing protocols based on random waypoint mobility model. Defence S & T Technical Bulletin, Science & Research Technology Institute for Defence (STRIDE), Vol. 5, No. 2, , pp. 114-134.
- [9] Gupta, S.G., Ghonge, M.M., Thakare, P.D. and Jawandhiya, P.M., 2013. Open-source network simulation tools: An overview. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 2(4), pp.1629-1635.
- [10] Gautam, G. and Sen, B., 2015. Design and simulation of wireless sensor network in NS2. *International Journal of Computer Applications*, 113(16).
- [11] Sirisala,S. ; Ramakrishna,S. Survey: Enhanced Trust Management for Improving QoS in MANETs. First International Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Computing India. Vol 2,2018, p 255–263.

