مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

Analysis of performance and behavior of routing protocols in Different sizes MANET networks using the OPNET program

Dr. Mohammed Hijazieh*

(Received 5 / 9 / 2017. Accepted 2 / 11 / 2017)

□ ABSTRACT □

Given the increasing need for information exchange and task sharing in the various domains where computers, mobile communications and wireless networks are used, and with the advent of dynamic ad hoc networks and with the development of a protocol Mobile IP, Building on the electromagnetic mobile field for mobile devices, work has been progressively improved on the mobile networking technology, so in conjunction with the management of multi-hop

Ad-hoc network clusters, thus demonstrating the so-called mobile ad hoc networks or MANET networks, which is a shortcut to Mobile Ad-Hoc Network, is a self-configurable wireless network consisting of a mobile contract (mobile phone, laptop,Pad ---), free to move randomly in any direction and with an unspecified topology, and is considered a decentralized independent system. Therefore, the need to work always to improve the work of these networks to achieve the quality of service required according to the specific circumstances of the network [1] [2].

This research examined the specific conditions for the operation of MANET networks according to the size of the network required by the adoption and selection of specific quality service parameters. Therefore, the performance and behavior analysis of some protocols used in different size MANET networks were analyzed by modeling and simulating networks in different numbers of nodes Mobile devices in each network using the Opnet program, according to a number of basic quality service parameters such as Delay, Overload and Throughput to determine optimal cases by choosing the appropriate protocol to help improve the performance of MANET networks by increasing their volumes and number of nodes

Key Words:
Mobile Ad hoc Network MANET- Delay – Throughput- Overload
DSR- OLSR- AODV- TORA Protocols

***Associate Professor, Department of computer and automatic control Engineering, Faculty of Mechanical and electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**
Email: mohammed.hejazieh2016@gmail.com

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

تحليل أداء وسلوك بروتوكولات التوجيه في شبكات MANET مختلفة الحجوم باستخدام برنامج OPNET

د. محمد حجازية*

(تاريخ الإيداع 5 / 9 / 2017. قُبِل للنشر في 2/ 11 / 2017)

□ ملخّص □

نظراً للحاجة المتزايدة إلى تبادل المعلومات وتقاسم المهام في المجالات المختلفة التي تُستخدم فيها الحواسيب وأجهزة الاتصالات المتنقلة والشبكات اللاسلكية ومع ظهور شبكات ad hoc الديناميكية ومع تطوير بروتوكول (Mobile IP)، وبالاعتماد على الحقل الكهر طيسي الناشئ للأجهزة المتنقلة، زاد العمل تدريجياً على تحسين تقنية التشبيك للأجهزة المتنقلة وذلك بالتوافق مع إدارة مجموعات شبكة الـ ad hoc متعدد القفزات، وبذلك ظهر ما يسمى بالشبكات اللاسلكية المتنقلة أو ما عُرف اختصاراً بشبكات MANET وهو اختصار لـ (Mobile Ad Nnetwork Hoc) وهي شبكة لاسلكية ذاتية الإعداد وتتألف من عقد متنقلة (هاتف متنقل، حاسب محمول---) حرة التحرك بشكل عشوائي في أي اتجاه وبطوبولوجيا غير محددة، وتعتبر نظام لا مركزي مستقل. ولذلك بقيت الحاجة الى العمل دائماً لتحسين عمل هذه الشبكات بما يحقق جودة الخدمة المطلوبة حسب الظروف المحددة للشبكة [1] [2]

تم التطرق في البحث الى تحديد الظروف المناسبة لعمل شبكات MANET وفقاً لحجم الشبكة المطلوب باعتماد واختيار بارامترات جودة خدمة مُحددة ومُناسبة ولذلك تم في هذا البحث تحليل أداء ودراسة سلوك بعض البروتوكولات المستخدمة في شبكات MANET مختلفة الحجوم وذلك عن طريق نمذجة، ومحاكاة سيناريوهات لشبكات بأعداد مختلفة للعقد المتنقلة في كل شبكة باستخدام برنامج Opnet، وذلك وفقاً لعدد من بارامترات جودة الخدمة الأساسية مثل التأخير Delay والحمل Overload والانتاجية Throughput وذلك لتحديد الحالات الامثل باختيار البروتوكول المناسب بما يُساعد في تحسين أداء شبكات MANET حسب تزايد حجومها بزيادة عدد العقد.

الكلمات المفتاحية:

شبكات الـ –MANET– Mobile Ad hoc Network MANET

الحمل الزائد Overload – التأخير زمني Delay – الانتاجية Throughput

بروتوكولات DSR– OLSR– AODV– TORA

* أستاذ مساعد – قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

الإيميل: mohammed.hejazieh2016@gmail.com

مقدمة:

التقدم العلمي والتكنولوجي والتغييرات التي تم إدخالها على الحواسيب كتصغير حجمها لتصبح محمولة ساهم بظهور الشبكات اللاسلكية التي تعتمد على بنية تحتية وإدارة مركزية وظهر بعد ذلك شبكات لاسلكية أحدث وأفضل ذات تكلفة قليلة ودون الحاجة لبنية تحتية أو إدارة مركزية سميت، هذه الشبكات بشبكات ad hoc Network.

ظهرت الحاجة فيما بعد لتقنية ad hoc الديناميكية مع تطوير بروتوكول (mobile IP)، وبالاعتماد على الحقل الناشئ للأجهزة المتنقلة، ساعد ذلك بفعالية في التوسع تدريجياً بتحسين تقنية التشبيك للأجهزة المتنقلة وذلك بالتوافق مع إدارة مجموعات شبكة الـ ad hoc متعدد القفزات متعددة القفزات (multi-hop). والتي يمكنها العمل بشكل مستقل أو تكون متصلة عند بعض النقاط مع الانترنت الثابت. وبذلك ظهر ما يسمى بالشبكات اللاسلكية المتنقلة أو ما عُرف اختصاراً بشبكات MANET وهو اختصار لـ (Mobile Ad Hoc Nnetwork) وهي شبكة لاسلكية ذاتية الإعداد وتتألف من عقد متنقلة (هاتف متنقل، حاسب محمول، ------) حرة التحرك بشكل عشوائي في أي اتجاه وبطوبولوجيا غير محددة، وتعتبر نظام لا مركزي مستقل. وتجدر الإشارة الى ان قدرة الإعداد الذاتي لهذه العقد تجعلها مناسبة أكثر لاتصال الشبكة المطلوب بشكل عاجل وتحديدا عند وجود ظروف عمل خاصة او طارئة.

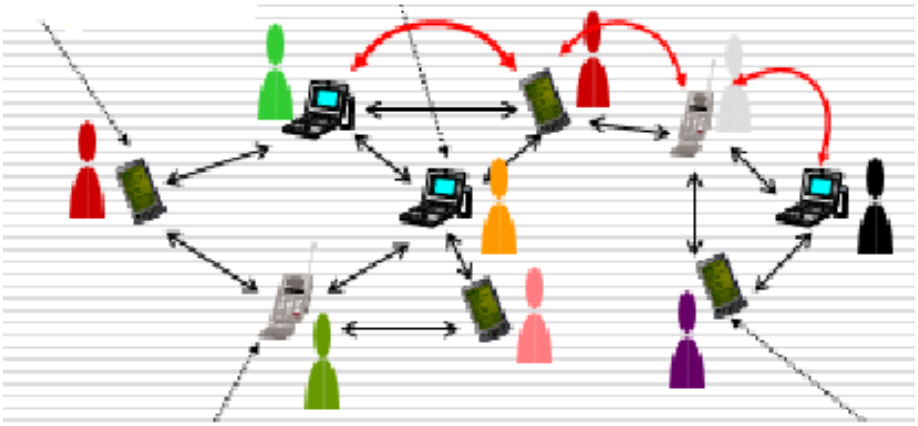
أهمية البحث وأهدافه:

هدف البحث هو تحليل أداء ودراسة سلوك بعض البروتوكولات المستخدمة في شبكات MANET مختلفة الحجوم وذلك عن طريق نمذجة، ومحاكاة سيناريوهات لشبكات بأعداد مختلفة للعقد المتنقلة في كل شبكة باستخدام برنامج Opnet، وذلك وفقاً لعدد من بارامترات الجودة الأساسية مثل التأخير Delay والحمل Overload والانتاجية Throughput وذلك بغية تحديد الحالات الامثل لاختيار البروتوكول المناسب الذي يساعد في تحسين أداء شبكات MANET تبعاً لتزايد حجومها بزيادة عدد العقد.

طرائق البحث ومواده:

شبكات MANET وميزاتها:

تتألف شبكة MANET كما ذكرنا من منصات متنقلة (mobile platforms) حُرّة الحركة عشوائياً. ويمكن اعتبارها نظام مستقل من العقد المُختارة حسب طبيعة ومكان الاستخدام. قد تتغير طوبولوجيا هذه الشبكة تبعاً لتغير مواقع العقد أو لضبط بارامترات الإرسال والاستقبال لها الشكل (1).



الشكل (1) شبكة متنقلة

تتميز شبكات الـMANET بخصائص هامة منها:

1. الطوبولوجيا الديناميكية: الحرية للعقد في التحرك، وبالتالي تتغير طوبولوجيا الشبكة.
2. وصلات ذات عرض حزمة محدودة، وسعة متغيرة:
3. محدودية بالطاقة: حيث تعتمد عقد شبكة MANET على البطاريات أو الموارد غير المتجددة
4. الشبكات اللاسلكية المتنقلة عُرضة للتهديدات الأمنية الفيزيائية أكثر من الشبكات السلكية الثابتة
5. انخفاض حالات الفشل بسبب =دم مركزية التحكم بشبكة MANET

بروتوكولات توجيه شبكات ad hoc:

التوجيه Routing:

مصطلح التوجيه Routing يعني اختيار المسار ويستخدم التوجيه في أنواع الشبكات المختلفة مثل شبكات المعطيات وشبكات الانترنت وغيرها. وفي شبكات MANET التوجيه يعني اختيار المسار الأفضل والمناسب من المصدر إلى الوجهة. تعني بروتوكولات التوجيه في شبكات ad hoc المتنقلة بأن العقد تقوم بالبحث عن مسارات للاتصال ببعضها الآخر. والبروتوكولات عبارة عن قواعد أو مبادئ يقوم من خلالها جهازين أو أكثر بالاتصال فيما بينهم. وغالباً ما يتم التوجيه في شبكات ad hoc المتنقلة بمساعدة جداول التوجيه حيث يتم حفظ هذه الجداول في ذاكرة تخزين مؤقتة ضمن العقد المتنقلة. [3]

للتوجيه نوعين أساسيين، وهما:

- التوجيه الساكن Static Routing: يتم الاعداد لهذا التوجيه من قبل مدير الشبكة بشكل يدوي لتوصيل رزم المعطيات في الشبكة بشكل دائم. في هذه الحالة لا يتم تغيير هذه الإعدادات (إلا عند الضرورة ومن قبل مدير الشبكة). حيث أن هذه المسارات الثابتة يتم إعدادها من قبل مدير الشبكة، وبالتالي لا حاجة لإنشاء جداول توجيه من قبل الموجه نفسه.

- التوجيه الديناميكي Dynamic Routing: يتم بشكل تلقائي من قبل الموجه. حيث يمكنه توجيه الحركية على أي مسار اعتماداً على جدول التوجيه. يسمح التوجيه الديناميكي للموجهات بمعرفة حالة الشبكة والمعلومات الهامة لإضافتها إلى جداول التوجيه خاصتها. كما أنه بإمكان الموجهات في التوجيه الديناميكي تبادل معلومات التوجيه في

حال تواجد بعض التغييرات في الطوبولوجيا. هذا التبادل يعطي المعرفة للموجهات بخصوص المسارات والشبكات الجديدة.

التوجيه الساكن بالمقارنة مع التوجيه الديناميكي يظهر أن التوجيه الديناميكي يعتبر أكثر مرونة حيث تتميز بروتوكولات التوجيه الديناميكي بالقدرة على التغلب على الحركية الزائدة وبقابلية توسع وتوافق أفضل كما وتملك هذه البروتوكولات القدرة على المحافظة على عمل الشبكة في حالة الفشل أو عند تغير إعداد الطوبولوجيا. يستخدم التوجيه الديناميكي مسارات مختلفة لتوصيل رزم المعطيات إلى وجهتها. أفضل من التوجيه الساكن [3] [4]

بروتوكولات التوجيه المستخدمة في البحث:

بروتوكولات توجيه ad hoc هي معيار يساعد العقد في تحديد المسار من المصدر إلى الوجهة. عندما تريد العقدة الانضمام إلى الشبكة، فإنها تستكشف الطوبولوجيا بإعلان وجودها ضمن الشبكة، والانصات إلى عمليات البث العام من العقد الأخرى في الشبكة. تتم عمليات الاكتشاف هذه تبعاً لخوارزميات بروتوكولات التوجيه المُطبقة في الشبكة.

يوجد عدد من بروتوكولات التوجيه وتُصنف هذه البروتوكولات وفق نوعين اساسين الأول تحت مسمى بروتوكولات التوجيه التفاعلية أو يمكن تسميتها ببروتوكولات التوجيه حسب الطلب، والثاني البروتوكولات الاستباقية، ويمكن تسميتها ببروتوكولات التوجيه المُقادة بالجدول. نبين باختصار ميزات بعض البرتوكولات التي تم دراستها في البحث.

بروتوكول شعاع المسافة حسب الطلب AODV (Ad hoc On-demand Distance Victor):

هو بروتوكول توجيه حسب الطلب. تقوم خوارزمية هذا البروتوكول بالحصول على تغيرات حالة الوصلة بسهولة. على سبيل المثال، في حال فشل وصلة ما، يتم إرسال إشعارات فقط للعقد المتأثرة في الشبكة. تُلغي هذه الإشعارات جميع المسارات المتأثرة عبر العقد. حيث تُنشئ مسارات أحادية البث من المصدر إلى الوجهة، وهو ما يوضح انخفاض استخدام الشبكة لأدنى حد. في حين تم بناء المسارات حسب الطلب فإن حركية الشبكة تنخفض لأدنى قيمة. كما أن هذا البروتوكول لا يسمح بالاحتفاظ بمسارات إضافية لا يتم استخدامها. في حال أرادت عقدتان إنشاء اتصال في الشبكة، فإن بروتوكول AODV هو المسؤول عن السماح لهم بإنشاء مسار متعدد القفزات عبر العقد الأخرى. يستخدم هذا البروتوكول أرقام تسلسلية للوجهة (Destination Sequence Number "DSN") لتجنب العد إلى ما لا نهاية والذي يسبب الحلقات المفرغة (أو الحلقات الحرّة free loop). وهذه خاصية الخوارزمية المستخدمة في هذا البروتوكول. عندما ترسل عقدة ما طلب إلى الوجهة، فإنها تُرسل رقمها التسلسلي DSN مع جميع معلومات التوجيه. وتختار أيضاً المسار الأكثر ملاءمة بالاعتماد على الرقم التسلسلي.[5]

يتم تخزين جميع المعلومات عن الشبكة في جدول. ويحوي جدول التوجيه مُدخلات المسار البيانات التالية:

- عنوان IP للوجهة.
- الرقم التسلسلي للوجهة (DSN).
- علم الرقم التسلسلي للوجهة (Valid Destination Sequence Number).
- أعلام الحالة والتوجيه (مثل، صالح، غير صالح، يتم إصلاحه).
- واجهة الشبكة.
- عدد القفزات (عدد القفزات المطلوب للوصول إلى الوجهة).
- القفزة التالية.
- العقد السابقة وزمن الحياة (زمن حياة المسار)

- من اهم ميزات البروتوكول AODV:

1- التقليل من استخدام المسارات غير الصالحة.

2- استخدام رسائل دورية للتأكد من وجود العقد وعدم تغيير أماكنها.

3- عدم استخدام مسارات منتهية الصلاحية.

❖ **بروتوكول توجيه المصدر الديناميكي ("DSR" Dynamic Source Routing)**:[6] [7]

بروتوكولDSR هو بروتوكول توجيه تفاعلي ويدعى أيضاً ببروتوكول التوجيه حسب الطلب. وكونه بروتوكول توجيه مصدر فهذا يعكس بساطته وفعاليته. حيث يمكن استخدامه في شبكات ad hoc اللاسلكية متعددة القفزات.

يقوم بروتوكول DSR بتحديث ذاكرة المسارات خاصته بشكل منتظم من أجل الحصول على أفضل المسارات الجديدة المتوفرة. وفي حال تم اكتشاف مسار جديد ستقوم العقدة بتوجيه الرزم إلى ذلك المسار. ويجب أن تتضمن الرزمة معلومات حول اتجاه المسار. لذلك يتم وضع معلومات المسار في الرزمة لتصل من المرسل إلى وجهتها.

لبروتوكول DSR آليتين أساسيتين للعمل هما:

- آلية اكتشاف المسار. وتتضمن رسالتين هما رسالة طلب مسار (Route Request RREQs) ورسالة رد مسار (Route Replies RREPs). وعندما تريد عقدة ما إرسال رسالة إلى وجهة محددة، فإنها تقوم ببث رزمة طلب RREQ وتضيف عنوانها ومن ثم تعيد بثها في الشبكة. وفي حال وصول رسالة الطلب RREQ إلى الوجهة، بالتالي يكون ذلك المسار إلى الوجهة المقصودة.

- آلية صيانة المسار. تستخدم هذه الآلية نوعين من الرسائل وهي رسالة خطأ المسار (Route Error RERRs) ورسالة الاستجابة (ACK Acknowledgment). تقوم العقدة التي تستقبل الرسائل بشكل ناجح بإرسال رسالة استجابة إلى المرسل (ACK). وفي حال وجود مشكلة في شبكة الاتصال يتم الاستدلال إلى وجود خطأ في المسار عبر إرسال رسالة RERR إلى مرسل البيانات. وبكلمات أخرى، لا يحصل المصدر على رسالة استجابة بسبب بعض المشاكل. لذا يحصل المصدر على رزمة RERR من أجل إعادة تهيئة عملية اكتشاف مسار جديد. وعند استقبال الرسالة RERR تقوم العقد بحذف مُدخلات المسار

وتجدر الإشارة الى ان تعمل هاتان الآليتان معا" وبشكل متكامل لتسمحا للعقد بكشف المسار إلى الوجهة المطلوبة وصيانته طوال فترة الإرسال.

- من اهم ميزات البروتوكول DSR:

1- استخدام مسارات غير صالحة نظراً لعدم استخدامه لضوابط زمنية على المعلومات المخزنة ضمن جدول التوجيه.

2- يسمح بتعدد المسارات إلى أي وجهة وإمكانية الاختيار والتحكم بالمسار من قبل العقدة المرسلة.

3- لا يتطلب أية رسائل توجيه دورية في الشبكة خلافا" للبروتوكولات التفاعلية الأخرى.

❖ **بروتوكول خوارزمية التوجيه الترتيبي المؤقت ("TORA" Temporally Ordered Routing Algorithm)**[6] [7]:

- هو بروتوكول التوجيه المُتكيف حسب الطلب من أجل الشبكات متعددة القفزات (multi-hop). وهو بروتوكول توجيه تتم تهيئته من قبل المصدر لأغراض خاصة من أجل الشبكات اللاسلكية متعددة القفزات، الجوالة ديناميكياً بشكل كبير. يستخدم بروتوكول TORA مفهوم "المخططات البيانية اللاحلقية الموجهة directed acyclic graphs"لإنشاء المسارات الهابطة downstream إلى الوجهة ويعرف هذا المفهوم باسم "الرسوم البيانية DAG للوجهة الموجهة". تعمل الخوارزمية الأساسية لهذا البروتوكول وفق خطوات:

- إنشاء المسار
- إصلاح المسار
- إلغاء المسار.

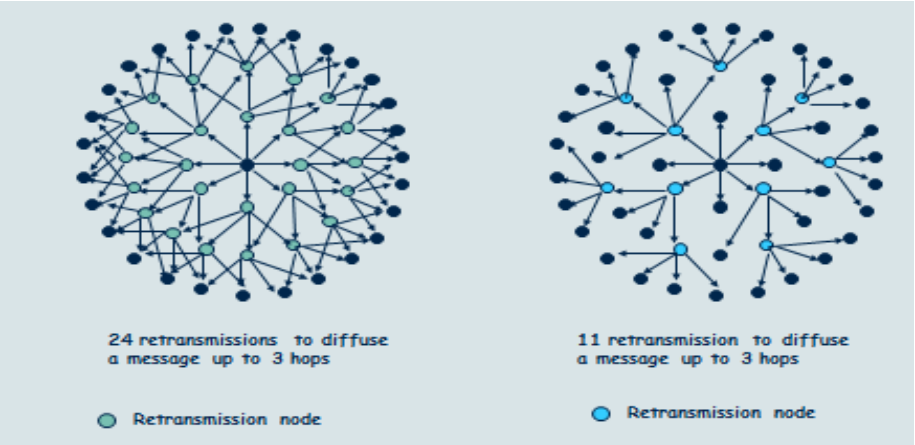
- **البروتوكول TORA:**

1- تتميز خوارزميته بسرعتها في عملية إصلاح المسار.

2- لا يهتم بأفضلية المسار.

❖ **بروتوكول حالة الوصلة المُحسّن (Optimized Link State Routing "OLSR"):**[8]

- هو بروتوكول توجيه استباقي ويدعى أيضاً بالبروتوكول المُقيد بالجدول وذلك لأنه يقوم بتخزين وتحديث جداول التوجيه بشكل دائم. يحافظ OLSR على جدول التوجيه من أجل توفير المسار في حال تطلب ذلك. ويمكن تطبيق بروتوكول OLSR في أية شبكة ad hoc. بسبب طبيعة هذا البروتوكول والشكل (2) يبين باختصار أسلوب عمل هذا البروتوكول.



الشكل (2) عمل البروتوكولOLSR .

- **ميزات البروتوكول الاستباقي OLSR:**

1- يقلل من الاتصالات المطلوبة بين العقد في الشبكة بفضل خوارزميته.

2- يخفض من تأخير اكتشاف المسار.

3- لا حاجة لبناء مسارات جديدة.

تقييم أداء البروتوكولات المدروسة:

بارامترات الأداء:

هناك أنواع عديدة من البارامترات لتقييم أداء بروتوكولات التوجيه. والتي تملك كل منها سلوك مختلف لأداء الشبكة الإجمالي. في هذا البحث نتطرق الى ثلاثة بارامترات لمقارنة أداء الشبكة بالنسبة للبروتكولات المدروسة. وهذه البارامترات هي التأخيرDelay، حمل الشبكةOverload ، والإنتاجية.Throughput هذه البارامترات هي الأكثر أهمية في مقارنة بروتوكولات التوجيه في شبكات الاتصال. وهو ما يساعد في بيان كفاءة خوارزمية بروتوكول التوجيه. في حال أظهر البروتوكول تأخير نهاية لنهاية كبير، بالتالي لن يكون هذا البروتوكول فعال مقارنةً مع البروتوكول ذو التأخير الأدنى منه. وبشكل مشابه، يكون البروتوكول الذي يوفر حمل شبكة منخفض فعالاً. وكذلك الحال بالنسبة

للإنتاجية كمثال لعمليات التوصيل الناجحة للرزم في واحدة الزمن. في حال أظهر البروتوكول إنتاجية عالية يكون البروتوكول فعالاً وأفضل من البروتوكول ذو الإنتاجية الأدنى[9] .

التأخير Delay:

تأخير نهاية لنهاية للرزمة هو الزمن المستغرق من توليد الرزمة من قبل المصدر حتى استقبالها من قبل الوجهة. بالتالي هو الزمن الذي تستغرقه الرزمة بعبورها للشبكة، ويقدر بالثانية. وهكذا تدعى جميع التأخيرات في الشبكة بتأخير نهاية لنهاية للرزمة (packet end–to–end)، بعض التطبيقات حساسة لتأخير الرزمة مثل الصوت الذي يُعد تطبيق حساس للتأخير. لدينا أنواع عديدة من التأخيرات وهي

- تأخير المعالجة ("PD" processing delay)،
- تأخير النسق ("QD" queuing delay)،
- تأخير الإرسال ("TD" transmission delay)
- تأخير الانتشار ("PD" propagation delay).

- وبفرض هناك n من العقد، بالتالي يكون التأخير الإجمالي بأخذ المتوسط من جميع التأخيرات لجميع الرزم، زوج المصدر الوجهة وإعداد الشبكة.

حمل الشبكة overload:

يمثل حمل الشبكة الحمل الإجمالي بواحدة bit/sec المُقدم إلى طبقات الشبكة المحلية اللاسلكية من قبل جميع الطبقات الأعلى في جميع عقد الشبكة اللاسلكية للشبكة. يؤثر الحمل العالي للشبكة على توصيل رزم توجيه الشبكة MANET ويُبطء توصيل الرزم إلى القناة، مما ينتج عنه زيادة في التصادمات (collisions) لرزم التحكم. وبالتالي، قد تبطئ رزم التوجيه ليتم الاستقرار.

الإنتاجية:throughput

تُعرّف الإنتاجية على أنها نسبة البيانات الإجمالية التي تم استقبالها من المُرسل. وترتبط الإنتاجية بالزمن المستغرق من قبل المستقبل لاستقبال الرسالة الأخيرة. ويُعبر عن الإنتاجية بالبايت أو البت بالثانية الواحدة (byte/sec أو bit/sec). وهناك بعض العوامل التي تؤثر على الإنتاجية ومثال ذلك؛

- تغيرات عديدة في طوبولوجيا الشبكة،
- اتصال غير موثوق بين العقد،
- عرض حزمة متوفر محدود و
- طاقة محدودة.
- الإنتاجية العالية وهي الخيار المطلق في كل شبكة

القسم العملي

مقارنة أداء بروتوكولات MANET باستخدام OPNET

تمت عملية المحاكاة لعلم البروتوكولات المدروسة في هذا البحث باستخدام برنامج OPNET

مقدمة عن برنامج OPNET:[10]

تمت محاكاة السيناريوهات لشبكات اتصال مختلفة مع نمذجة منفصلة للبروتوكولات المدروسة وباستخدام برنامج OPNET وهو أداة محاكاة تعمل على مستوى الحزمة، ويمكنه محاكاة أي شبكة لاسلكية. يمكن باستخدام OPNET تنفيذ جميع عمليات المحاكاة في تسلسل هرمي، يُظهر كل مستوى من مستويات التسلسل الهرمي ما يجري في ذلك المستوى من النموذج الذي تتم محاكاته. ويحتوي على ميزة لتصحيح المحاكاة في حال حدوث خطأ ما مع امكانية اعطاء تحليل للأداء عن طريق النتائج الرسومية المدمجة.

النمذجة والمحاكاة:

تم في هذا البحث، استخدام برنامج المحاكاة OPNET 14.5 لتحليل أداء البروتوكولات من حيث التأخير (Delay)، حمل الشبكة (Network Load) والإنتاجية (Throughput)، وذلك باعتماد ثلاث سيناريوهات مختلفة حسب عدد العقد في الشبكة (20، 40، 80 عقدة). وكل سيناريو يحاكي بروتوكول من البروتوكولات الاربعة المدروسة كالتالي:

- السيناريو الأول لمحاكاة أداء البروتوكول AODV.
- السيناريو الثاني لمحاكاة أداء البروتوكول DSR.
- السيناريو الثالث لمحاكاة أداء البروتوكول TORA.
- السيناريو الرابع لمحاكاة أداء البروتوكول OLEA.

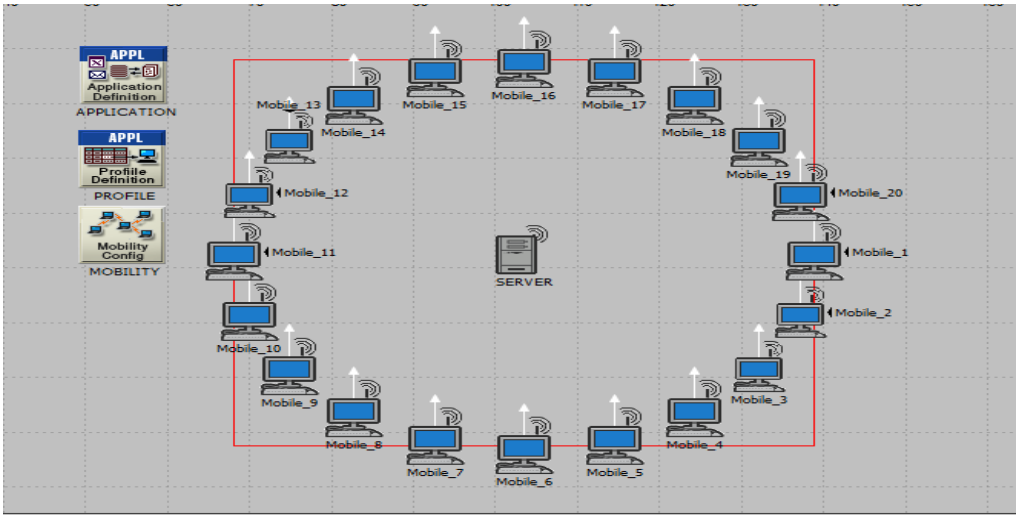
ضمن كل سيناريو نحتاج لإعداد ثلاثة سيناريوهات أخرى لمحاكاة شبكات بأعداد عقد (حجوم شبكات) مختلفة كالتالي:

- السيناريو الأول لمحاكاة الشبكة في حالة 20 عقدة.
- السيناريو الثاني لمحاكاة الشبكة في حالة 40 عقدة.
- السيناريو الثالث لمحاكاة الشبكة في حالة 80 عقدة.

يبين الشكل (3) السيناريو المستخدم لكل من البروتوكولات الاربعة لشبكة MANET مؤلفة من20 عقدة.

السيناريوهات الأربعة الأولى متشابهة من حيث البنية فقط الاختلاف بالبروتوكول المستخدم، والسيناريوهات الثلاثة ضمن كل سيناريو مختلفة من حيث حجم الشبكة فقط حيث نقوم بمضاعفة عدد العقد عند الانتقال من سيناريو لآخر.

السيناريو الأول: شبكة MANET بـ 20 عقدة



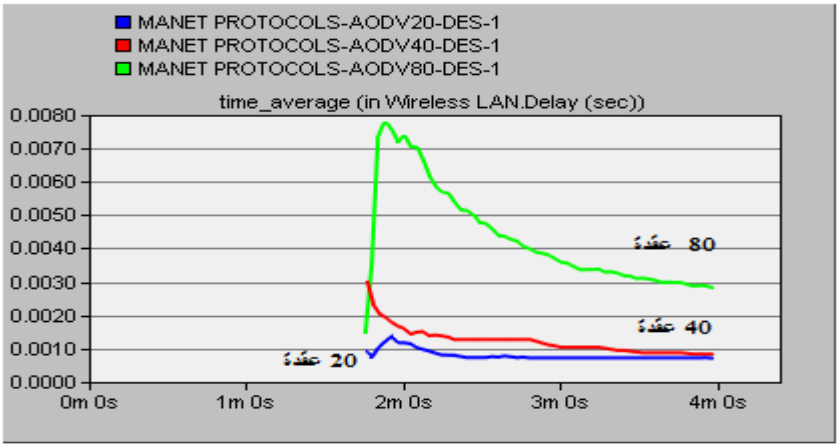
الشكل (3) شبكة MANET من أجل 20 عقدة.

نبدأ بتحليل أداء كل بروتوكول من حيث البارامترات الثلاثة في حالات الشبكة مختلفة الحجم لكل بروتوكول على حده، ثم نقوم بمقارنة هذه النتائج بالنسبة للبروتوكولات الأربعة.

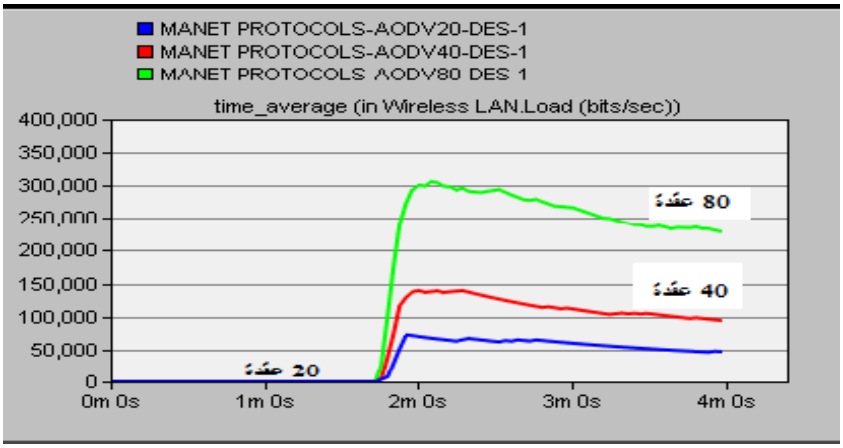
النتائج والمناقشة

يتم بعد ذلك بتشغيل المحاكاة وأخذ النتائج والتي يمكن الحصول عليها بالنسبة للبرتوكولات المدروسة في البحث ووفقاً للسيناريوهات المقترحة وحسب أعداد العقد المختلفة لكل شبكة (20-40-80 عقدة).

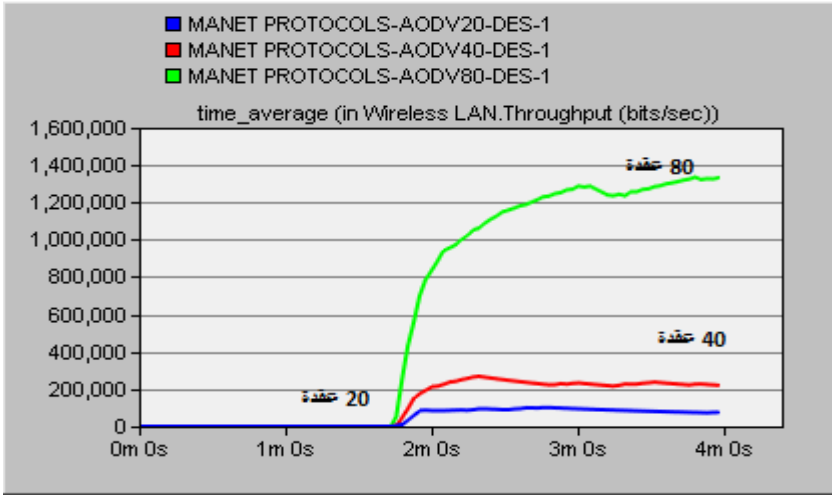
تبين الأشكال(4-5-6) النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للبرتوكول AODV



الشكل (4) التأخير للبروتوكول AODV.



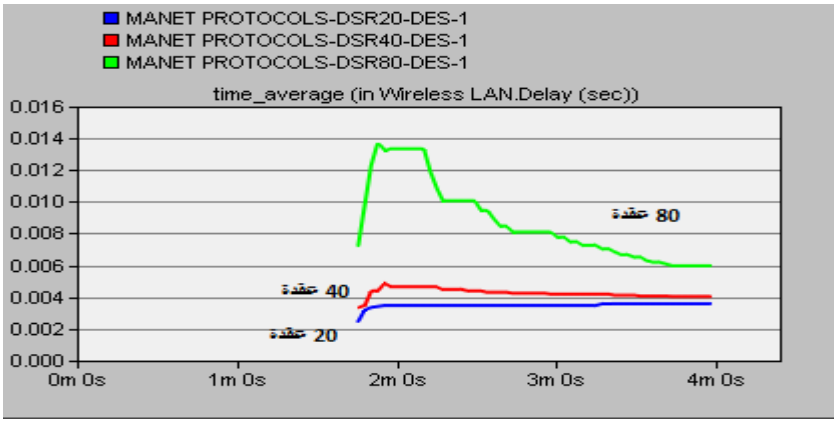
الشكل (5) حمل الشبكة للبروتوكول AODV.



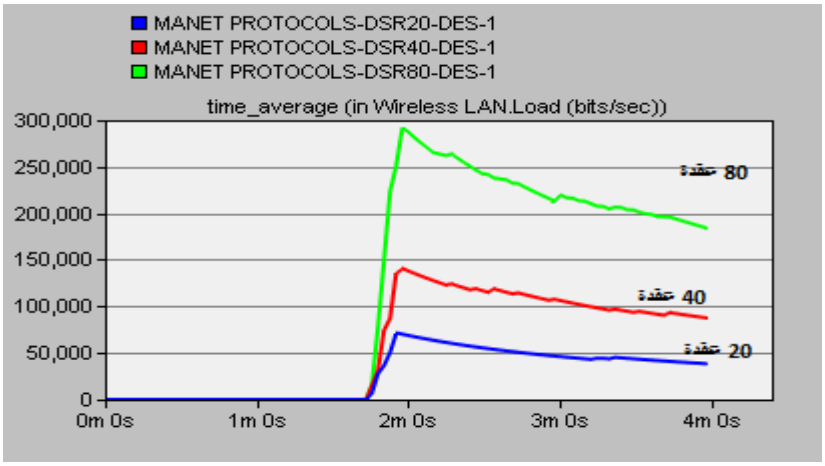
الشكل (6) الإنتاجية للبروتوكول AODV.

يظهر وفقاً للمخططات البيانية المبينة في الأشكال (4-5-6)أن التأخير في الشبكة يزداد مع ازدياد عدد العقد، مما يؤدي إلى زيادة تبادل معلومات التوجيه بين العقد. كما أن ازدياد عدد العقد في الشبكة، سيؤدي حتماً إلى زيادة الحمل والإنتاجية فيها.

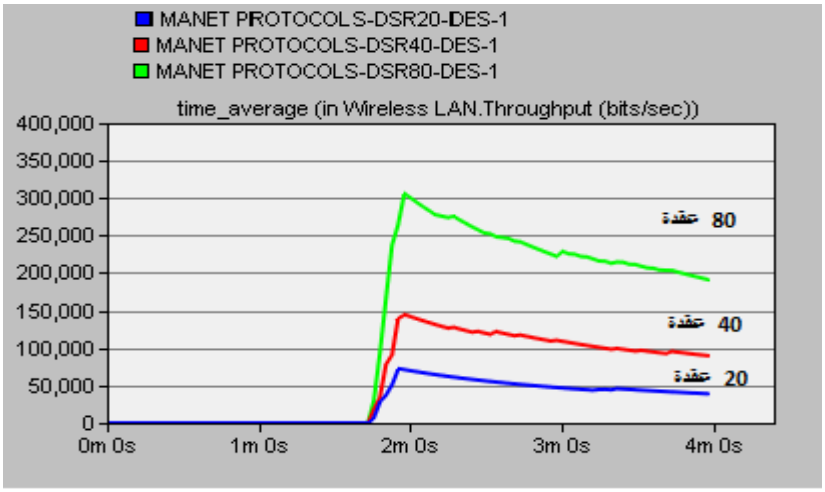
بشكل مشابه وبعد تغيير البروتوكول العامل في الشبكة إلى DSR تبين الأشكال(7-8-9) النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للبرتوكول DSR



الشكل (7) التأخير للبروتوكول DSR.



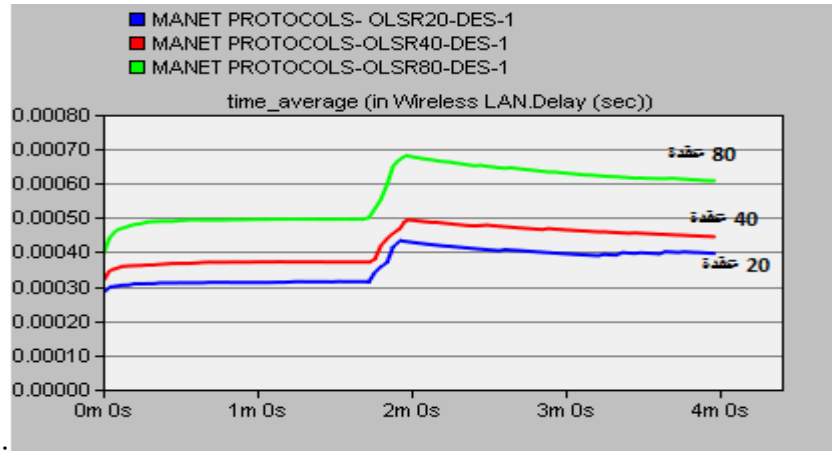
الشكل (8) حمل الشبكة للبروتوكول DSR.



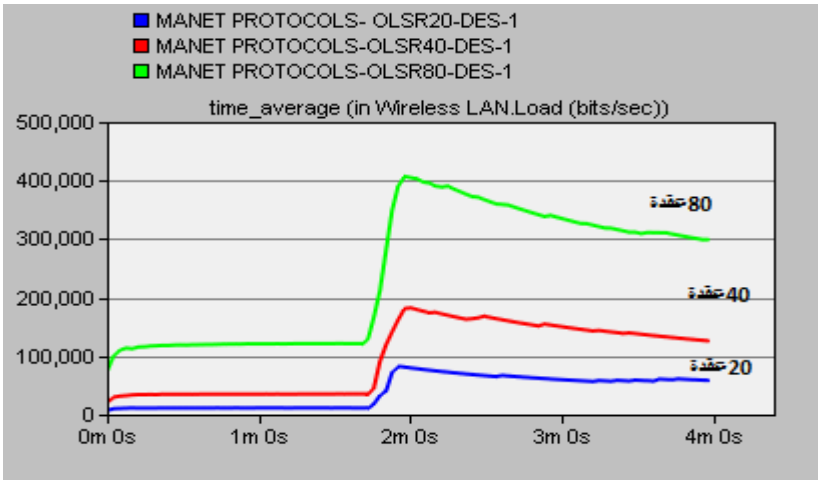
الشكل (9) الإنتاجية للبروتوكول DSR.

يظهر وفقاً للمخططات البيانية المبينة في الأشكال (7-8-9) ان أداء البروتوكول DSR مع تغير عدد العقد مشابه للبروتوكول AODV نسبياً، حيث أنه مع ازدياد عدد العقد تزداد قيمة البارامترات الثلاثة.

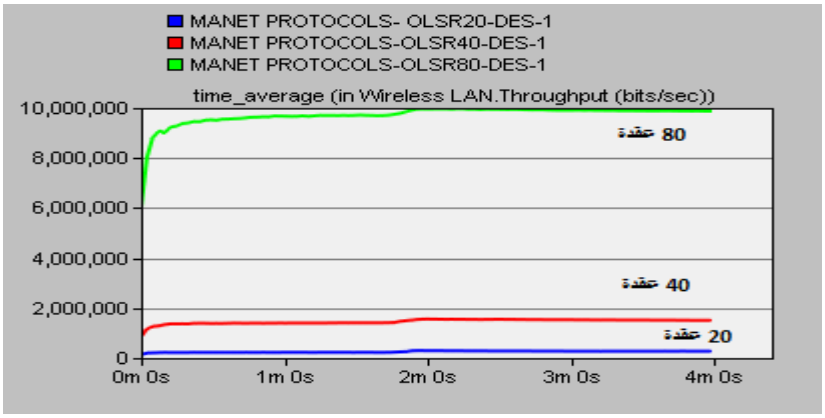
بشكل مشابه وبعد تغيير البروتوكول العامل في الشبكة إلى OLSR تبين الأشكال(10-11-12) النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للبرتوكول OLSR



الشكل (10) التأخير للبروتوكولOLSR



الشكل (11) حمل الشبكة للبروتوكول OLSR.

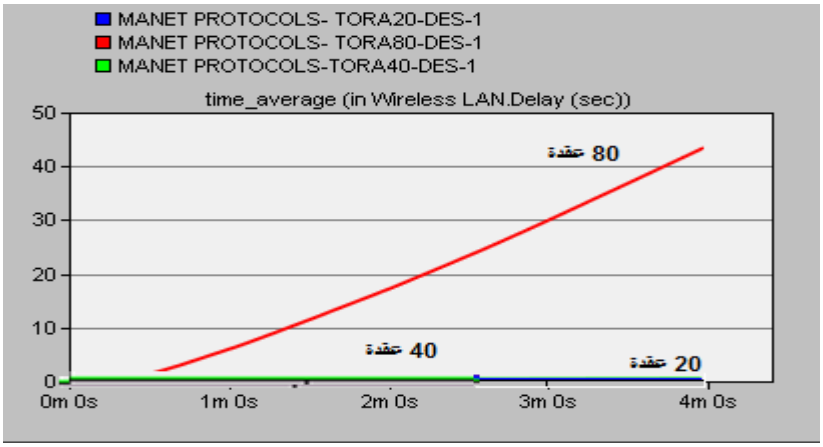


الشكل (12) الإنتاجية للبروتوكول OLSR.

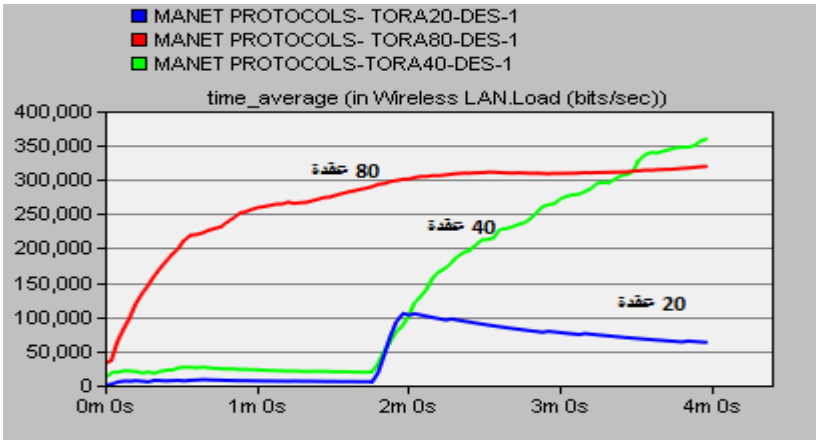
يظهر وفقاً للمخططات البيانية المبينة في الأشكال (10-11-12)

ومن النتائج أن بروتوكول OLSR يتأثر بشكل كبير بتغير عدد العقد في الشبكة عما هو عليه الحال بالنسبة للبروتوكولين DSR و AODVوذلك نظراً لنمط عمله المختلف عنهما.

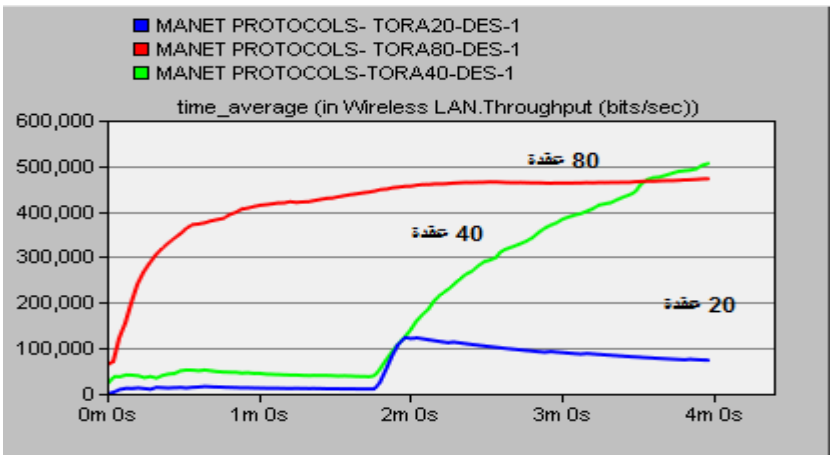
بشكل مشابه وبعد تغيير البروتوكول العامل في الشبكة إلى بروتوكول TORA تبين الأشكال(13-14-15) النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للبرتوكول TORA



الشكل (13) التأخير للبروتوكول TORA



الشكل (14): الحمل للبروتوكول TORA



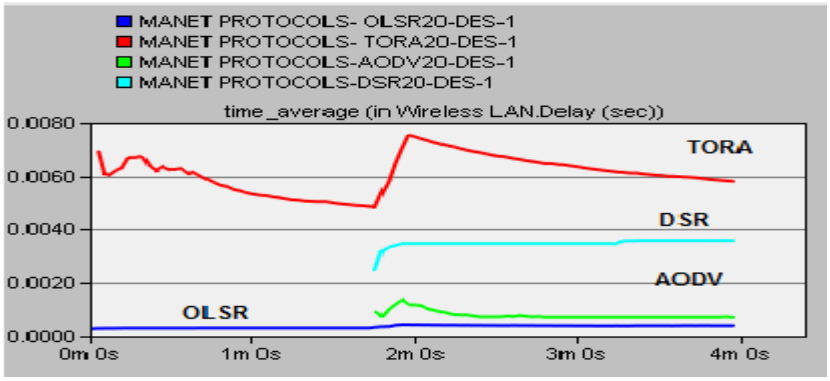
الشكل (15): الإنتاجية للبروتوكول TORA

نلاحظ من النتائج السابقة، الأشكال (13، 14، 15) أن بروتوكول TORA يملك تأخيراً ملحوظاً متأثراً بشكل مباشر عند التزايد الكبير في عدد العقد المتنقلة التي تعمل عبره. ونلاحظ ازدياد الحمل بشكل كبير جداً مع مضاعفة عدد العقد. وكذلك الأمر بالنسبة للإنتاجية.

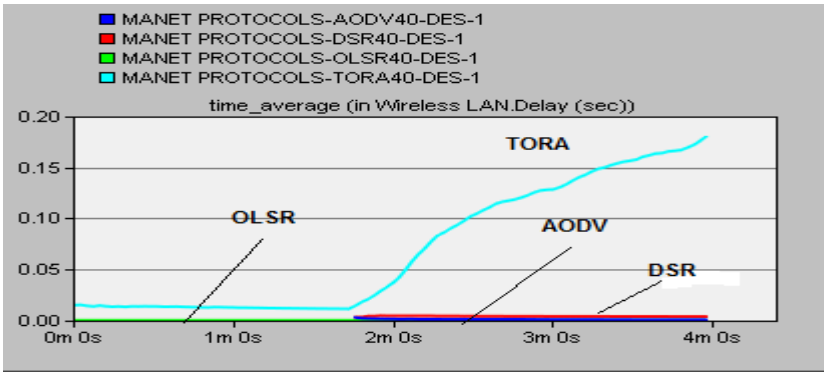
نتائج المقارنة المباشرة:

تبين المخططات في الأشكال (16-17-18) المقارنة المباشرة لكل بارامتر مدروس مع حجم شبكة بالنسبة للبرتوكولات الأربع المدروسة.

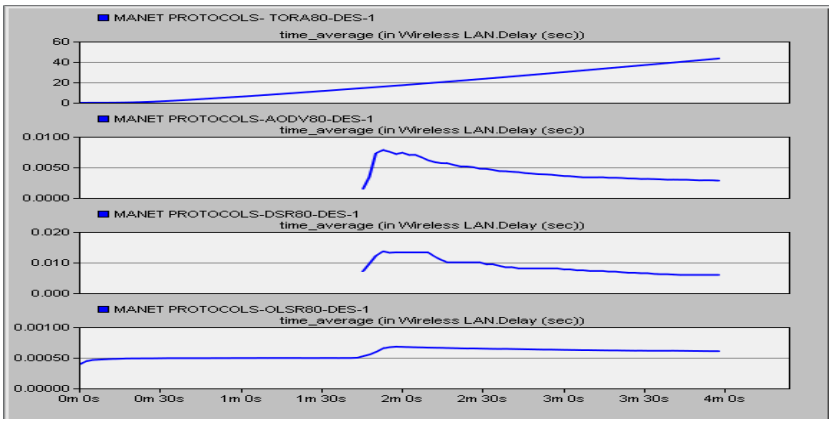
- **التأخير Delay:**



الشكل (16- أ) التأخير في حالة 20 عقدة



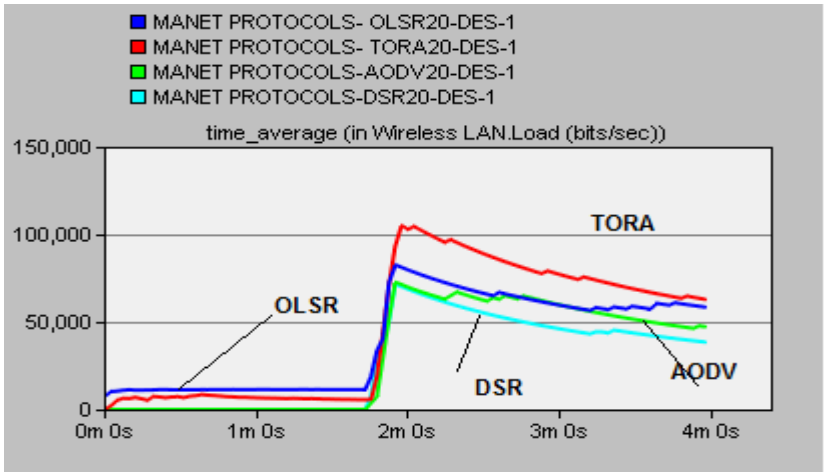
الشكل (16- ب)التأخير في حالة 40 عقدة



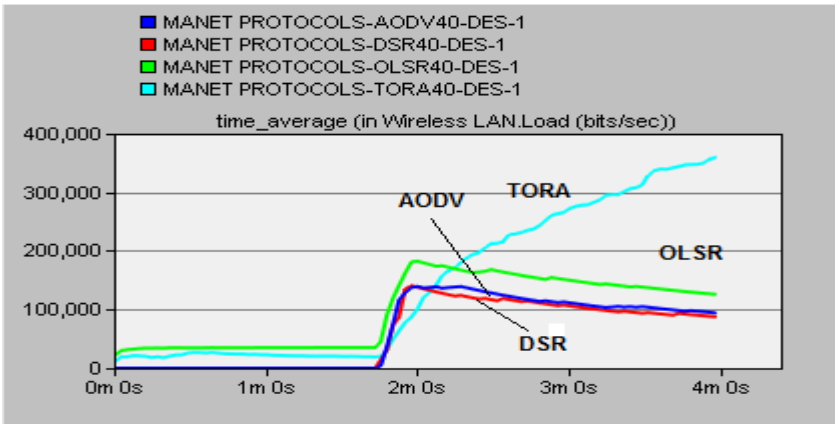
الشكل (16-ج). التأخير في حالة 80 عقدة

نلاحظ أن البروتوكول TORA يتميز بأعلى تأخير بين البروتوكولات الثلاثة التفاعلية، يليه بروتوكولAODV ثم DSR، وأخيراً OLSR صاحب أدنى تأخير وهو الأكثر استقراراً. كما هو مبين في الشكل (33).

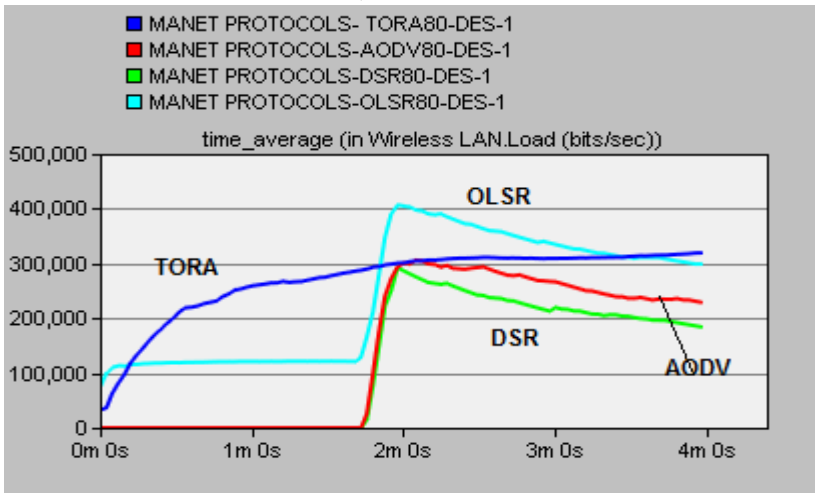
- **الحمل overload:**



الشكل (17- أ) الحمل في حالة 20 عقدة



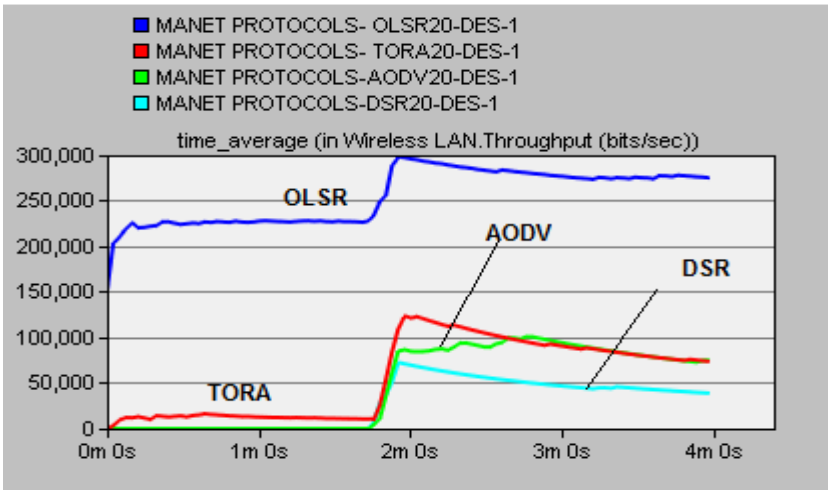
الشكل (17- ب) الحمل في حالة 40 عقدة



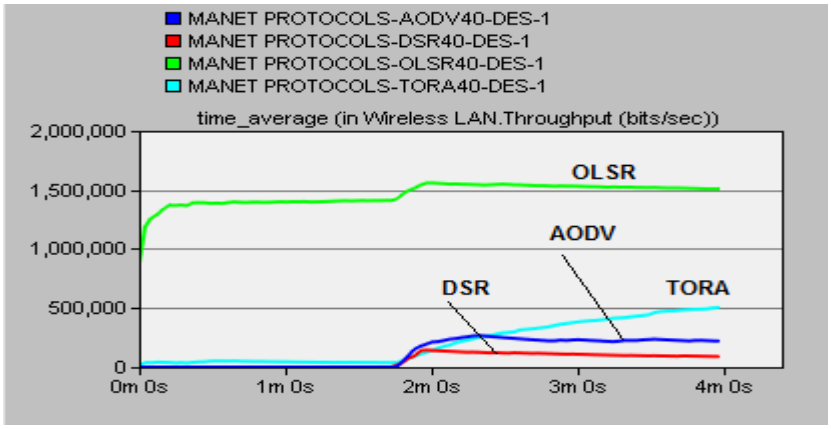
الشكل (17- ج) الحمل في حالة 80 عقدة

نلاحظ من الشكل (28) أن بروتوكول DSR هو الأفضل من حيث استقرار معدل الحمل في الشبكة حتى عند ازدياد عدد العقد، مقارنةً بالبروتوكولات الأخرى. بينما بروتوكول TORA هو الأعلى حملاً في حالتي 20 و40 عقدة، أما في حالة 80 عقدة فإن OLSR يظهر أعلى قيمة للحمل.

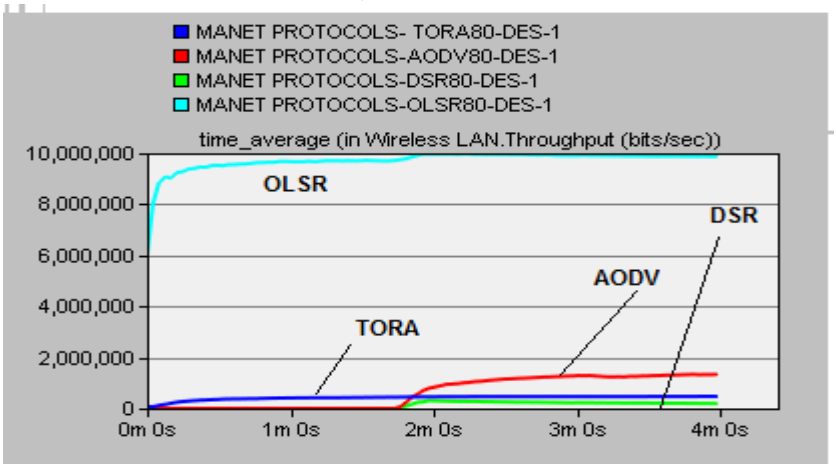
- **الإنتاجية Throughput:**



الشكل (18- أ) الإنتاجية في حالة 20 عقدة



الشكل (18- ب) الإنتاجية في حالة 40 عقدة



الشكل (18- ج) الإنتاجية في حالة 80 عقدة

نلاحظ من نتائج المقارنة المباشرة بالنسبة للشكل (18) تفوق البروتوكول OLSR من ناحية الإنتاجية في جميع الحالات، حيث يملك أعلى إنتاجية، يليه بروتوكول TORA ثم AODV وأخيراً DSR بأدنى إنتاجية.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

وفقا لما تم في هذا البحث من خلال دراسة وتحليل أداء مجموعة من بروتوكولات شبكات الـ MANET التفاعلية والاستباقية من خلال نمذجتها، ومحاكاتها يمكن أن نبين النتائج الآتية:

- لتحسين اداء الشبكة من ناحية تقليل زمن التأخير يُفضل استخدام البروتوكول الاستباقي OLSR حيث انه الأفضل والأنسب الى حد كبير مهما كان حجم الشبكة.
- بينت النتائج التي تم الحصول عليه ان أداء البروتوكول OLSR بالنسبة للإنتاجية يتفوق على أداء باقي البروتوكولات في الشبكة.
- اظهرت النتائج أيضاً أن أداء البروتوكول DSR هو الافضل بالنسبة لجميع حالات الشبكة أي مع تزايد عدد العقد فإن قيمة البارامترات الثلاثة التأخير و الحمل و الانتاجية تزداد.

التوصيات:

- مستقبلاً، يمكن العمل على تحليل أداء هذه البروتوكولات في بيئات ذات مساحات وأحمال متغيرة، وحتى التجوال بسرعات متغيرة، وذلك للتعمق أكثر في سلوك هذه البروتوكولات وأدائها.
- يمكن اختبار وتحليل بروتوكولات هجينة تتمتع بمزايا البروتوكولات الاستباقية والتفاعلية في البيئات نفسها، ومقارنة النتائج المُكتسبة مع نتائج هذه الدراسة.

المراجع:

[1] Basagni.S, Conti. M, and Stojmenovic, I. (Eds.) "*Ad Hoc Networking IEEE*" Press Wiley, New York, 2003

[2] D. Kiwior and L. Lam, "Routing Protocol Performance over Intermittent Links" Military Communications Conference, MILCOM, IEEE, 2007, pp. 1 – 8

[3] S. Demers and L. Kant, "MANETs: Performance Analysis and Management", Military Communications Conference, MILCOM, 2006, pp.1 – 7

[4] Rajiv Misra and C.R.Manda, ''Performance Comparison of AODV/DSR On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks in Constrained Situation'', Indian Institute of Technology, Kharagpur (India).2012

[5] RFC 3561 – Ad hoc On-Demand Distance Victor (AODV) Routing, Nokia Research Center, July 2003.

[6] A Quantitative Study and Comparison of AODV, OLSR and TORA Routing Protocols in MANET Tamilarasan-Santhamurthy Department of Information Technology, LITAM, Dullipala (village), Sattenpalli (Mandal), Guntur, Andhra Pradesh, 522412, India.2014

[7] RFC 4728 – The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad hoc Networks for IPv4, Microsoft Research, February 2007.

[8] S. Gowrishankar, T.G. Basavaraju, M. Singh, Subir Kumar Sarkar, ''Scenario based Performance Analysis of AODV and OLSR in Mobile Ad hoc Networks'', Jadavpur University, Acharya Institute of Technology India 2015

[9] Baoxian Zhang and Hussein T. mouftah, "QoS routing for wireless ad-hoc networks problems, algorithms and protocols" IEEE Communications Magazine, pp. 110-117 October 2007.

[10] OPNET Modeler 14.5 Documentation 2015.