Study the Effect of Network Congestion on the Performance of Interactive, Proactive and Hybrid Protocols in Terms of Quality of Service

Rufaida Abdullah Taleb*

(Received 21 / 8 / 2019. Accepted 3 / 11 / 2019)

□ ABSTRACT □

Today, MANET networks have attracted the attention of many researchers in the field of communications and networks because of the ease of establishing such networks and their wide spread in the various scientific and applied fields. The researchers have proposed many routing protocols in these networks. This is because the goal of the development process is to make these networks more secure and stable because they are highly vulnerable to penetration by any other node located in the perimeter of the network because the security factors are weak.

These protocols are categorized according to its strategy to three types are the proactive class, which relies on the transmission of control messages over the network to update the routes between any two nodes, and the reactive class, which depends on discovering the route when needed, without broadcasting of control messages across network , And the hybrid type, which combines the two classes, that divides the network into clusters where the nodes interconnections within the cluster depends on the interactive method, while the transmission between two nodes that belong to different clusters is depend on proactive method.

In this paper we compared between the most famous species (proactive, Reactive, hybrid) and choose a protocol to be representative of all species previously mentioned and the network performance assessment each type in terms of Throughput, dynamic routing, load, delay and determine which of these protocols appropriate for each case.

Keywords: Routing, Reactive Protocols, Proactive Protocols.

* **Academic Assistant - Communication and Electronic Engineering Department – Faculty of Mechanics and Electricity– Tishreen University - Lattakia - Syria.**

دراسة أثر ازدحام الشبكة على أداء البروتوكولات التفاعلية والاستباقية والهجينة من حيث جودة الخدمة

رفيده عبد الله طالب*

(تاريخ الإيداع 21 / 8 / 2019. قُبِل للنشر في 3/ 11 / 2019)

□ ملخّص □

تحظى شبكات الـ MANET اليوم باهتمام العديد من الباحثين في مجالات الاتصالات والشبكات، نظراً لسهولة إنشاء مثل هذا النوع من الشبكات، وانتشارها الواسع في مختلف المجالات العلمية والتطبيقية، حيث عمد الباحثون إلى اقتراح العديد من بروتوكولات التوجيه في هذه الشبكات وما زالت عملية تطويرها مستمرة إلى يومنا هذا، حيث أن الهدف من عملية التطوير هو جعل هذه الشبكات أكثر أمنا واستقرارا لأنها معرضة بشكل كبير للاختراق من قبل أي عقدة أخرى موجودة في محيط الشبكة نظراً لأن عوامل الأمان ضعيفة فيها.

تم تصنيف هذه البروتوكولات حسب طريقة عملها إلى ثلاثة أصناف هي الصنف التفاعلي الذي يعتمد على إرسال رسائل تحكم عبر الشبكة من أجل تحديث المسارات التي تصل بين أي عقدتين فيها، والصنف الاستباقي الذي يعتمد على اكتشاف المسار عند الحاجة إليه فقط دون اللجوء إلى رسائل التحكم عبر الشبكة، والصنف الهجين الذي يجمع بين الصنفين السابقين فيقوم بتجزئة الشبكة إلى عناقيد حيث تتراسل العقد ضمن العنقود الواحد وفق الأسلوب التفاعلي بينما تتراسل العقد التي تتبع لعنقودين مختلفين وفق الصنف الاستباقي.

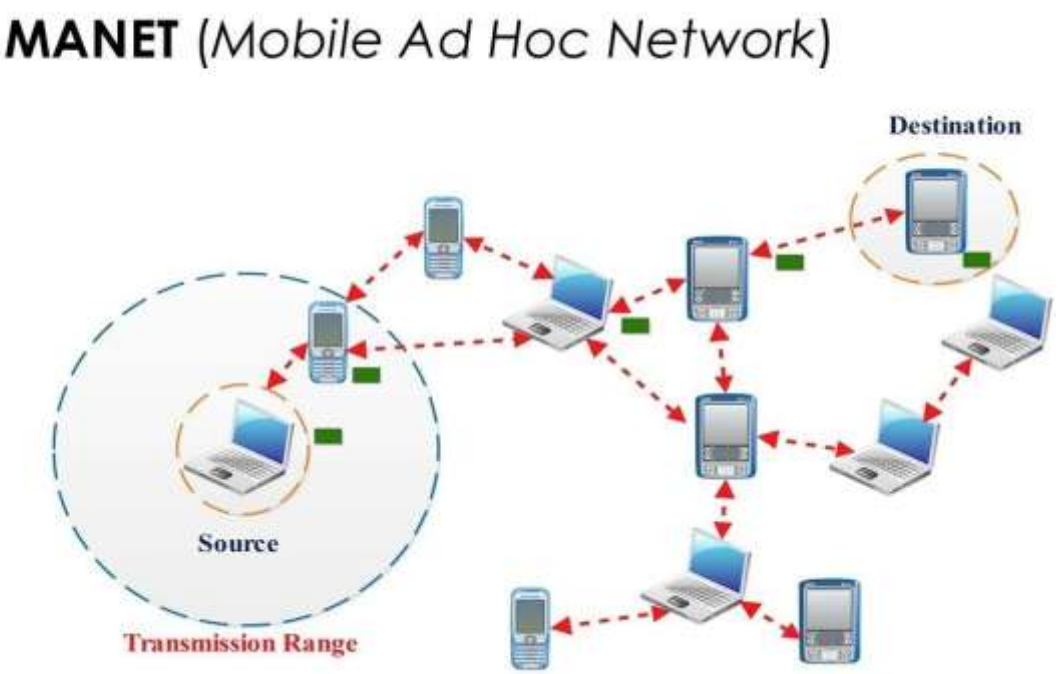
تمت المقارنة في هذا البحث بين الأنواع الثلاثة للبرتوكولات (الاستباقية ، التفاعلية ، الهجينة) و تم تقييم أداء الشبكة لكل نوع البروتوكولات كلا على حده من حيث المردود Throughput ، حركية التوجيه Routing Traffic Sent، الحمل Load ، التأخير Delay وتحديد السيناريوهات المناسبة لكل حالة.

الكلمات المفتاحية: التوجيه، البروتوكولات الاستباقية، البروتوكولات التفاعلية.

* **قائم بالأعمال –قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات –كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

مقدمة:

شبكات الـ MANET هي إحدى أنواع شبكات الـ Ad–hoc هذا المصطلح مأخوذ من اللغة اللاتينية ومعناه (لهذا الغرض) أي أن هذه الشبكات يتم إنشاؤها عند الحاجة إليها لربط مجموعة من العقد مع بعضها البعض، أما الإضافة في شبكات الـ MANET عن شبكات الـ Ad–hoc بشكل عام تتمثل في أن العقد المكونة للشبكة لها طبيعة حركية أو متنقلة وبالتالي من الممكن أن تتغير طبولوجيا الشبكة بشكل متكرر مع مرور الزمن ومع تغير اتجاه وسرعة العقد.
يبين الشكل (1) شبكات الـ MANET.



الشكل (1) شبكات الـ MANET

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر التوزع الاحتمالي لأزمنة توليد الرزم في الشبكة على عوامل جودة الخدمة مثل عرض الحزمة Bandwidth، والمردود Throughput، والتأخير الزمني Delay، وحمل الشبكة Load حيث تم استخدام التوزع الاحتمالي الأسي لهذا الغرض مع اختيار قيم مختلفة للبارامتر (α).

كما تم إجراء عملية المحاكاة على عدد مختلف من العقد المتحركة Mobile Nodes، من أجل تحديد الحل الأفضل المؤثر على عوامل جودة الخدمة في ظروف مختلفة من ناحية عدد العقد وحجم الباكيتات التي يتم تراسلها عبر الشبكة.

طرائق البحث ومواده:

نستعرض فيما يلي شرح موجز عن أنواع شبكات الـ MANET، بالإضافة إلى آلية عمل البروتوكول المستخدم في البحث AODV، كذلك تم إعطاء شرح مختصر عن التوزعات الاحتمالية المستخدمة في هذا البحث لمحاكاة كل من توزع أزمنة توليد الرزم، وطول الرزم.

1- شبكات الـ MANET:

تعد شبكات الـ MANET إحدى التقنيات الحديثة التي تم اللجوء إليها من أجل إجراء شبكة لغرض معين بين عدد محدود من الأجهزة وبحيث يتم التراسل بشكل آمن وموثوق وسريع دون الحاجة إلى تركيب بنى تحتية للشبكة كما هو الحال في الشبكات التقليدية حيث كان لا بد من توفر عدد من التجهيزات التي تقوم بالتحكم والإشراف على عمليات الإرسال والاستقبال عبر الشبكة لضمان عوامل جودة الخدمة، بينما الحال مختلف بالنسبة لشبكات الـ MANET حيث تتولى العقد نفسها القيام بعملية التوجيه والإرسال الاستقبال وذلك وفقاً لعدد من البروتوكولات التي تم اقتراحها من قبل عدد كبير من الباحثين في هذا المجال والتي لا تزال بدورها أيضاً قيد التطوير من قبل الباحثين على مستوى العالم.[11]

تصنف شبكات الـ MANET بشكل عام إلى ثلاثة أصناف وهي الصنف التفاعلي Proactive، والصنف الاستباقي Reactive، والصنف الهجين Hybrid.

2- بروتوكول OLSR:

بروتوكول OLSR هو بروتوكول توجيه من نقطة إلى نقطة وذلك استنادا إلى خوارزمية حالة الارتباط التقليدية، فهو بذلك يحافظ على حالة الارتباط من خلال تبادل الرسائل بين العقد حول حالة الارتباط بشكل دوري عن حالة طوبولوجيا الشبكة، من ميزات OLSR أنه يقلل من حجم كل رسالة تحكم وعند إعادة البث بين العقد عند كل عملية تحديث للطريق وذلك من خلال توظيف استراتيجية الإعادة المتعددة (MPR) للقيام بذلك.[14]

خلال كل عملية تحديث للطوبولوجيا تختار كل عقدة في الشبكة مجموعة من العقد المجاورة وتقوم بإعادة ارسال حزم لها، وتسمى هذه المجموعة من العقد التبديلات المتعددة من تلك العقدة، أي عقدة من هذه العقد لا تكون موجودة في مجموعة العقد المرسل اليها الحزم تتمكن من قراءة ومعالجة كل حزمة ولكن من دون إعادة لتحديد MPRs، تبث كل عقدة دوريا رسالة ترحيب واحدة لـ قائمة من المضيفين، وتختار مجموعة فرعية واحدة من الجيران من قائمة العقد التي أرسل لها رسالة ترحيب كل عقدة والتي تغطي بهذا الاختيار اثنين من الجيران.

تُحدد كل عقدة طريقاً أمثل (من حيث القفزات) إلى كل معرف وجهة باستخدام المعلومات طوبولوجيا لها (من الجدول طوبولوجيا والجدول المجاور)، وتقوم بتخزين هذه المعلومات في جدول التوجيه. لذلك، تتوفر الطرق المؤدية إلى كل جهة على الفور عندما تبدأ البيانات بالإرسال.

يوجد نوعين من رسائل التحكم التي تقوم العقد بإرسالها:

HELLO MESSAGE: ترسل بشكل دوري لتحسس الجيران تتضمن الجيران على بعد قفزة واحدة، وتم اختيار MPR التي تغطي كل الجيران بقفزتين .

TC- TOPOLOGY CONTROL MESSAGE: ترسل بشكل دوري بواسطة MPR لنشر حالة الوصلات تحتوي فقط عقد MPR المختارة، يتم تحديث جداول الطبوغرافيا عن طريق هذه الرسائل وكذلك حساب جدول التوجيه (ويتضمن عنوان الهدف ، Destination Add ، القفزة التالية Next Hop ، المسافة Distance) .[9].

- لا ترسل هذه الرسائل إذا لم يحدث هناك أي تحديث على الشبكة.
- هذا البروتوكول مناسب للشبكات الكبيرة والكثيفة.
- لا يتطلب هذا البروتوكول إرسالاً موثوقاً لرسائل التحكم حيث ترسل كل عقدة رسائل التحكم بشكل دوري لذا يتحمل خسارة معقولة لبعض هذه الرسائل.
- تحتوي كل رسالة تحكم على رقم تسلسلي يتزايد في كل رسالة وهكذا يستطيع مستلم الرسالة أن يميز بسهولة المعلومات الأكثر حداثة.

3- برتوكول Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA):

يعتمد هذا البروتوكول على خوارزمية عكس الوصلة link reversal و لا يعتمد على شعاع المسافة أو حالة الوصلة نهائيا حيث يستخدم هذا البروتوكول بارامتراً جديدا يسمى الارتفاع height و يعتمد على تشكيل مخطط موجه من المصدر باتجاه الهدف DAG (direct acyclic graph) حيث يتم انتقال الرزم حصراً من العقد ذات الارتفاع الأكبر إلى العقد ذات الارتفاع الأقل .تقوم العقدة المصدر ببث رزمة طلب المسار إلى جميع العقد .عند وصول الطلب إلى الهدف يقوم بإرسال رزمة الإجابة التي تتضمن بارامتر الارتفاع الخاص به وقيمته صفر .تقوم كل عقدة وسيطيه بتحديد ارتفاعها بزيادة قيمة الارتفاع المحددة في الإجابة الواصلة إليها بمقدار واحد يتم تشكيل المخطط الموجه حيث تصبح الوصلات أحادية الاتجاه ويتحدد الاتجاهK من العقدة ذات الارتفاع الأكبر إلى العقدة الأقل ارتفاعاً وبالتالي يتشكل المسار إلى الهدف [8,9].

3-1 ميزات برتوكول TORA:

1. دعم المسارات المتعددة.
2. تخفيض الـ overhead لرزم البيانات.
3. متطلبات تخزين صغيرة للعقد (تخزين بارامتر واحد).
4. المسار المستخدم ليس دائماً هو الأقصر.
5. يحتاج إلى التزامن.
6. تبدأ عملية إصلاح المسار عندما تفشل جميع المسارات في الوصول إلى الهدف.
7. يتم تعديل بارامتر الارتفاع للعقد وذلك بتطبيق خوارزمية عكس الوصلة.
8. تبدأ عملية التعديل من العقدة التي لا تملك أية وصلة هابطة[7,11].

4- برتوكول GRP Protocol:

هو بروتوكول هجين نموذجي يجمع بين استراتيجيات التوجيه الإستباقي والتفاعلي ويقوم بتقسيم الشبكة إلى عقد متجاورة محلية ومناطق (local "neighborhoods" –zones). حيث أنه من أجل العقد القريبة تتوفر الطريق على الفور أما العقد التي تقع خارج منطقة التوجيه يتم تحديد الطرق اليها بناءً على حالة الوصلة (link–state) ويمكن استخدام أي بروتوكول توجيه بناءً على الطلب لتحديد الطريق الى الوجهة المطلوبة.

العقد الداخلية Interior Nodes : هي العقد التي تقع ضمن مسافة اقل من نصف القطر r انطلاقا من نقطة مركزية.

العقد المحيطة Peripheral Nodes : هي العقد التي تقع على مسافة مساوية لنصف المنطقة r انطلاقاً من نقطة مركزية [10,12].

4-1 آلية عمل برتوكول GRP:

(يجب تحديد منطقة التوجيه Routing Zone بحيث يتم تحديد منطقة التوجيه لكل عقدة بشكل مستقل وتمتلك منطقة التوجيه نصف قطر مقداره r يتم التعبير عنه بقفزات، وتمتلك هذه المنطقة كل العقد التي لا يزيد بعدها عن r بالنسبة الى عقدة مرجعية.

يتم تحديد عدد العقد في المنطقة تبعاً لقدرة إرسال Transmission capacity هذه العقد، في حال كان لدينا عقدة لديها رزمة بيانات تريد إرسالها، فإنها تبحث إذا كان الهدف يقع ضمن المنطقة المحلية local zone باستخدام المعلومات المزودة من IARP في حال كانت الإجابة هي نعم، يتم إرسال الرزمة باستخدام التقريب الاستباقي Proactive وفي حال كانت الإجابة هي لا، يتم إرسال الرزمة باستخدام التقريب التفاعلي Reactive.

4-2 ميزات ومساوئ GRP:

يخفض زمن الارسال بشكل فعال مقارنة مع بعض البروتوكولات الاستباقية حيث أن كل عقدة تعرف طوبولوجيا منطقتها فقط، كما يكتشف الطرق بشكل أسرع من البروتوكولات التفاعلية لأنه يتم الطلب من العقد المحيطية فقط إجرائية اكتشاف الطريق. لكنه يعاني من عدة عوائق مثل أنه يتم تحديد نصف قطر المنطقة مرة واحدة من أجل الكل دون مراعاة حركية العقد لكن هذا يكون ايجابياً من ناحية أنه لا يتم اعادة الحساب في كل مرة حيث يعتمد أداء الشبكة بشكل كامل على نصف القطر r الذي يتم تحديده في بداية عمل الشبكة.

فائدة هذا البروتوكول أنه يقلل بشكل كبير من مقدار الحمل الاضافي للاتصالات بالمقارنة مع البروتوكولات الاستباقية النقية، كما انه أدى الى تقليص التأخيرات المرتبطة مع البروتوكولات التفاعلية النقية عن طرق اكتشاف المسارات بشكل أسرع سبب ذلك انه للانتقال الى عقدة تقع خارج منطقة التوجيه، يحتاج التوجيه فقط الانتقال الى العقدة التي تقع على الحدود (حافة منطقة التوجيه) للعقدة المصدر ولا ينتقل ابداً ضمن منطقة نصف قطر منطقة التوجيه الخاصة بالعقدة.

ومن سيئاته أنه مع القيم الكبيرة لمنطقة التوجيه يتصرف هذا البروتوكول كبروتوكول استباقي نقي في حين انه مع القيم الصغيرة يتصرف وكأنه بروتوكول تفاعلي نقي.

1- برنامج المحاكاة المستخدم في البحث:

استخدم برنامج المحاكاة OPNET 14.5 في هذا البحث ويعود سبب اختيار هذا المحاكي دون غيره من برامج المحاكاة لدعمه عدد كبير من أنواع الشبكات المنتشرة بما فيها شبكات الـ MANET والتي هي موضوع البحث، فضلاً عن كونه يقدم واجهة رسومية تفاعلية وإمكانية إحصاء عدد كبير من النتائج والبارامترات الناتجة عن القيم مثل قيم المردود والتأخير الزمني بالإضافة إلى قيم جداول التوجيه الموجودة في كل عقدة وغيرها من البارامترات التي تفيد الباحثين في هذا المجال.

النتائج والمناقشة:

تم في هذا البحث اعتماد سيناريوهات مفترضة للعمل تختلف عن بعضها البعض بعدد العقد ، تم التعرف في السيناريو الاول على أداء البرتوكولات في حال كانت الشبكة مكونة من 20 عقدة (ازدحام خفيف)، وفي السيناريو الثاني دراسة أداء البرتوكولات الثلاثة في حال كان عدد العقد 200 (ازدحام كثيف).

تمت المقارنة بين ثلاث أنواع من البروتوكولات (OLSR، GRP، TORA) من حيث (الحمل load) و(التأخير delay) و (معدل نقل البيانات Routing Traffic Sent) و (المردود Throughput).

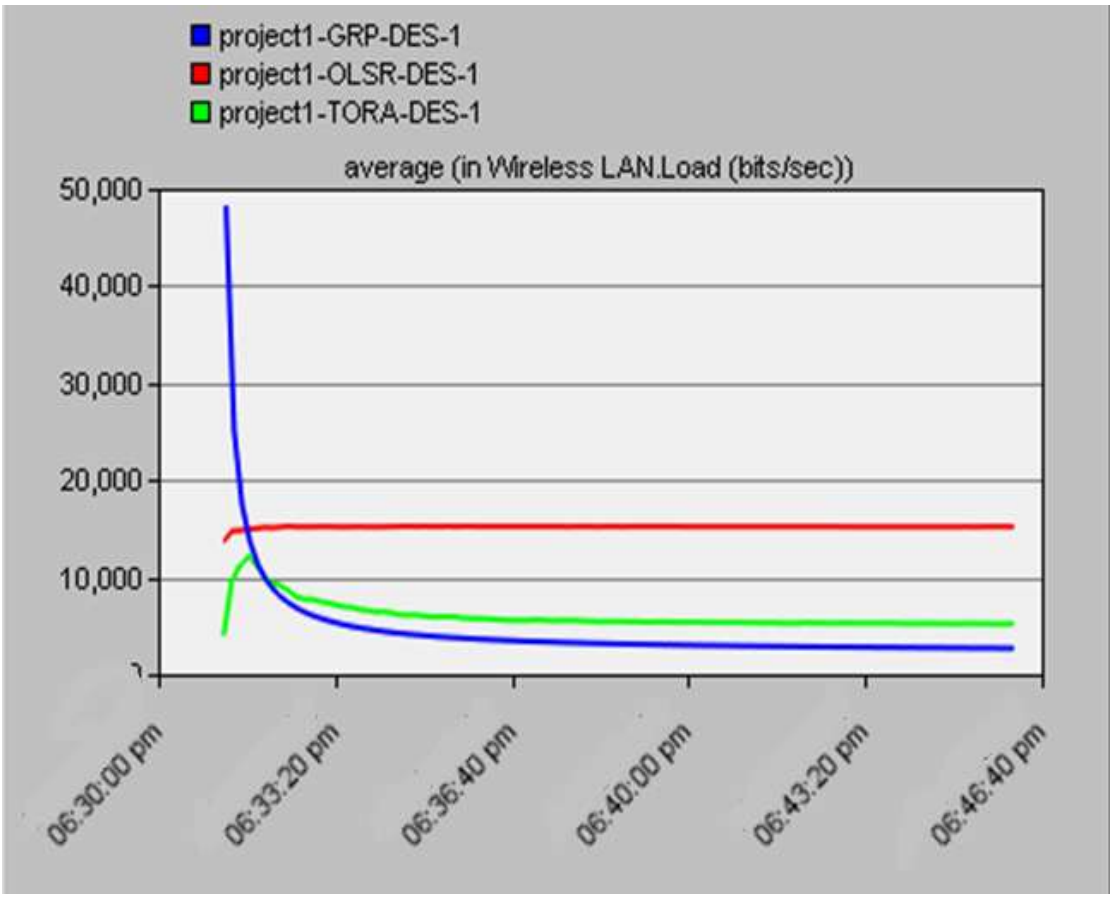
الحمل (Load) : وهو مقدار حركة البيانات التي تنتقل عبر الشبكة.

التأخير الزمني (Delay): وهي المدة الزمنية التي استغرقتها الرزمة للمرور بين العقد للوصول الى العقدة الهدف.

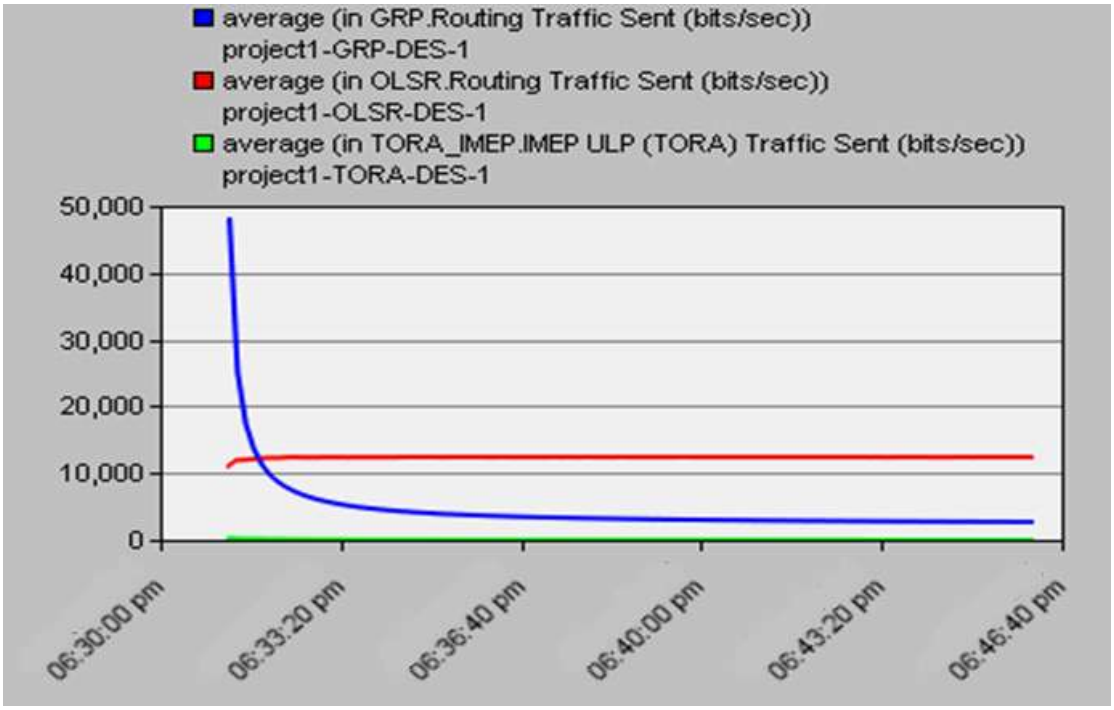
المردود (Throughput): وهو عدد الرزم التي يتم نقلها في الشبكة بشكل صحيح خلال مدة المحاكاة.

سيناريو الازدحام الخفيف:

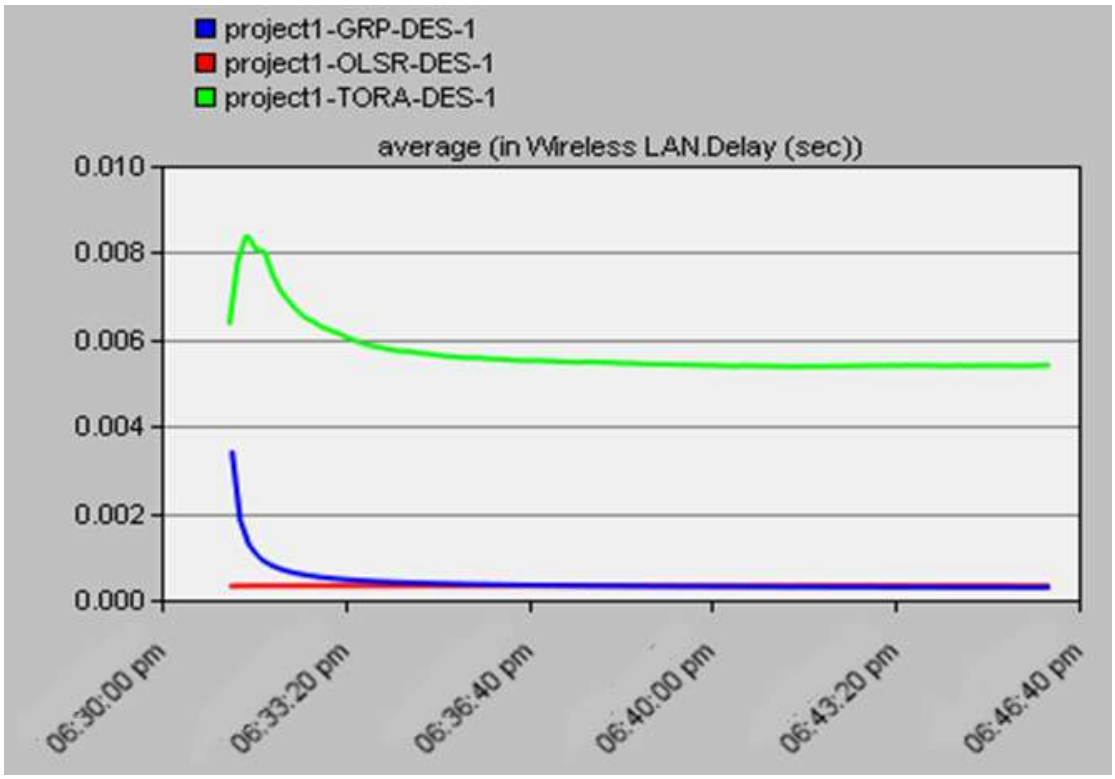
يتضمن هذا السيناريو مقارنة الحمل Load والتأخير الزمني Delay ومعدل نقل البيانات Routing Traffic Sent والمردود Throughput بين البروتوكولات الثلاثة OLSR و GRP و TORA في الشبكة، مع عدد عقد مساوٍ لـ (20) عقدة، حيث توضح الأشكال (2)، (3)، (4)، (5) على الترتيب قيم الحمل، معدل نقل البيانات، التأخير الزمني، المردود.



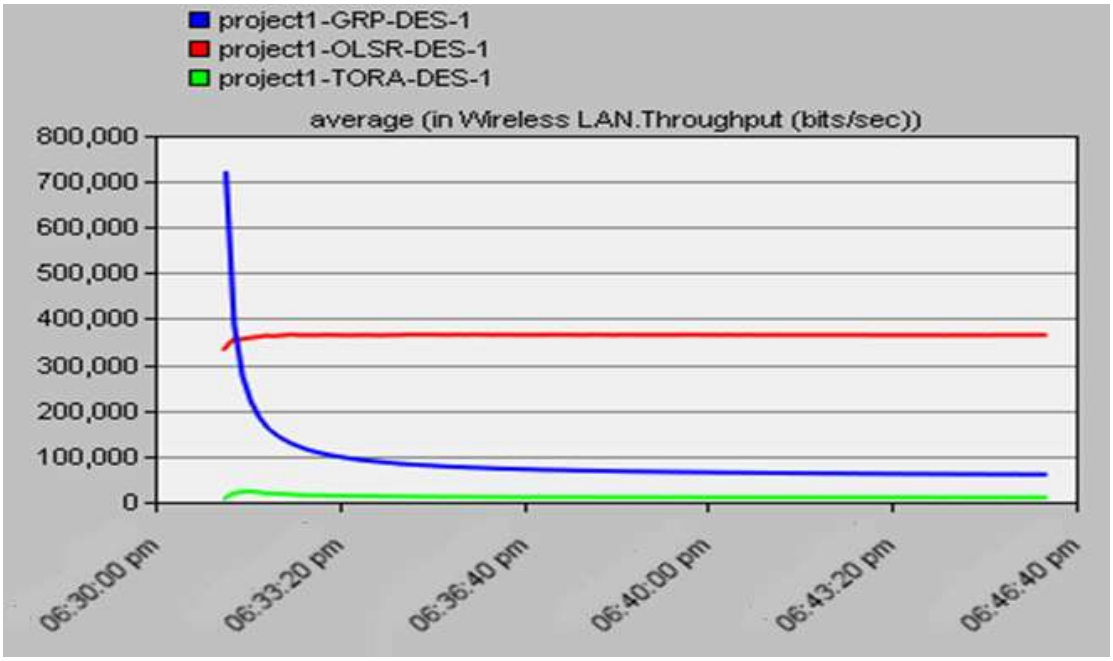
الشكل (2) المقارنة من حيث الحمل



الشكل (3) المقارنة من حيث معدل نقل البيانات



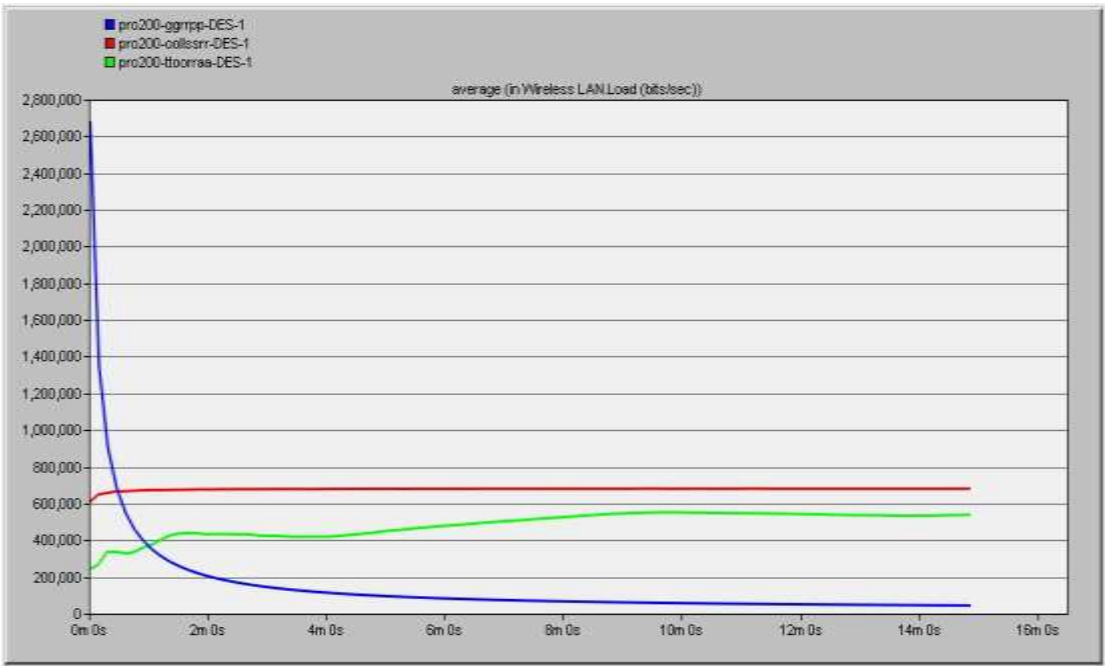
الشكل (4) المقارنة من حيث التأخير الزمني



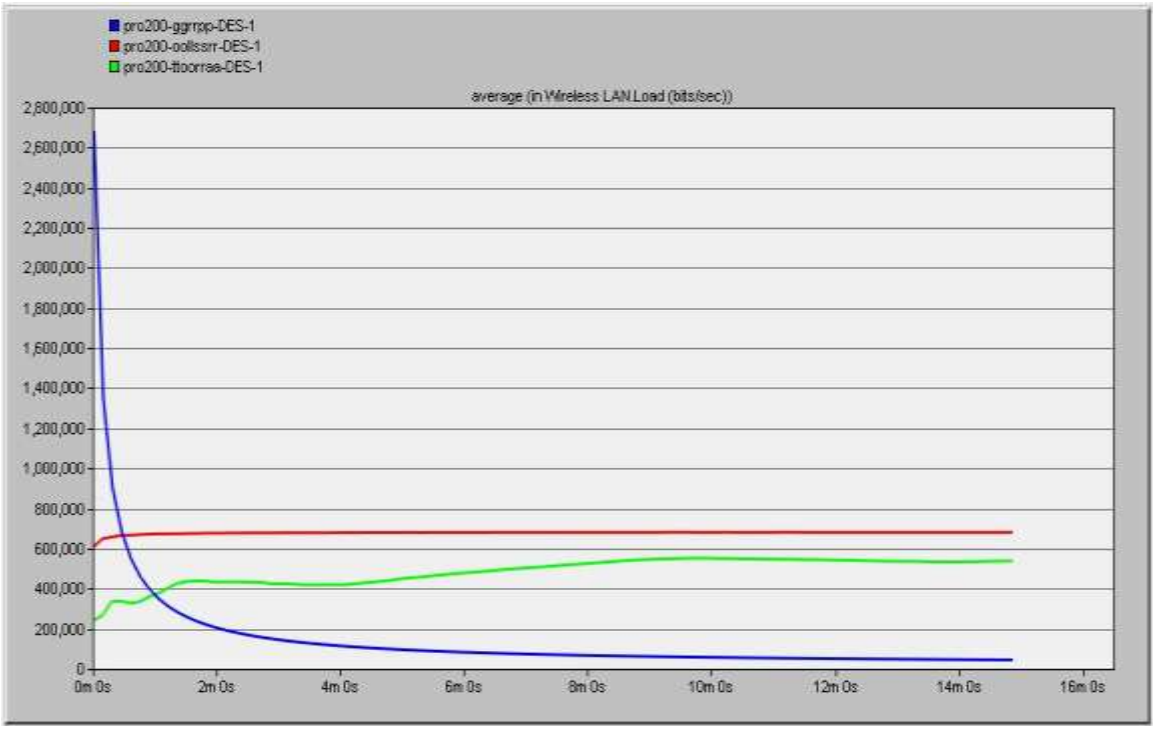
الشكل (5) المقارنة من حيث المردود

سيناريو الازدحام الكثيف:

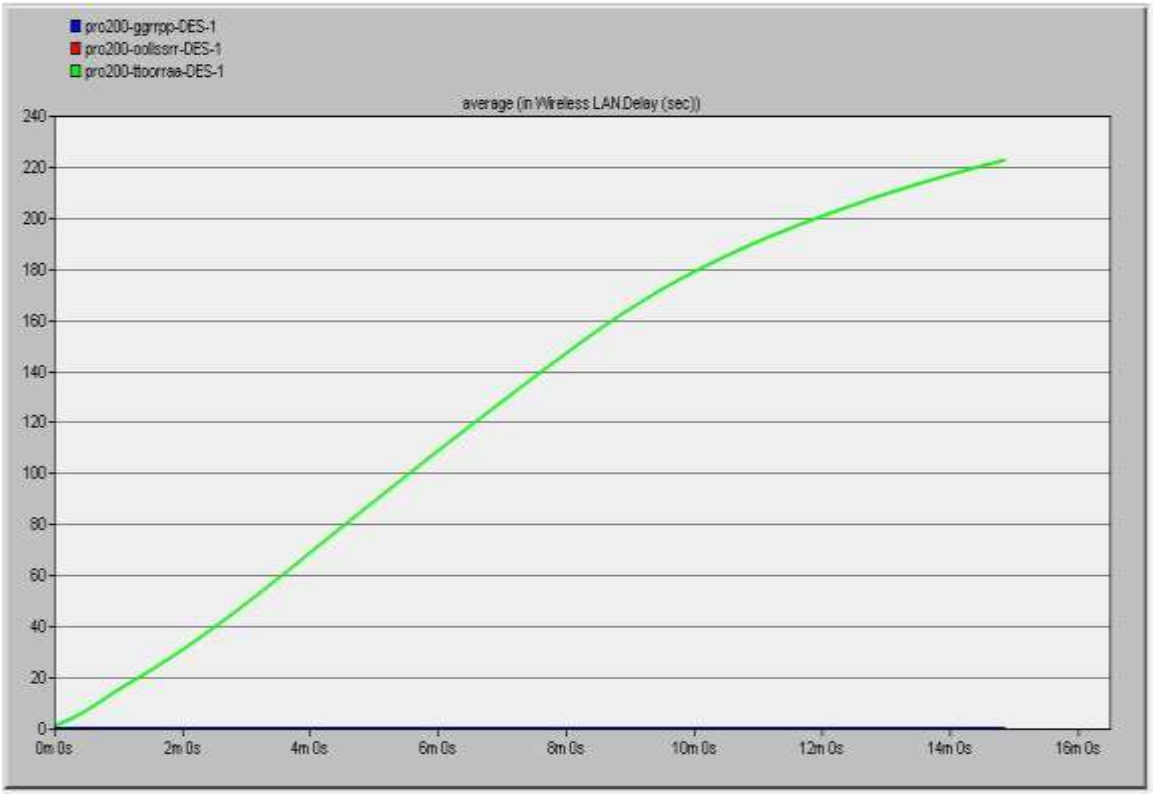
يتضمن هذا السيناريو مقارنة الحمل Load و التأخير الزمني Delay ومعدل نقل البيانات Routing Traffic Sent والمردود Throughput بين البروتوكولات الثلاثة OLSR و GRP و TORA في الشبكة، مع عدد عقد مساوٍ لـ (20) عقدة، حيث توضح الأشكال (6)، (7)، (8)، (9) على الترتيب قيم الحمل، معدل نقل البيانات، التأخير الزمني، المردود.



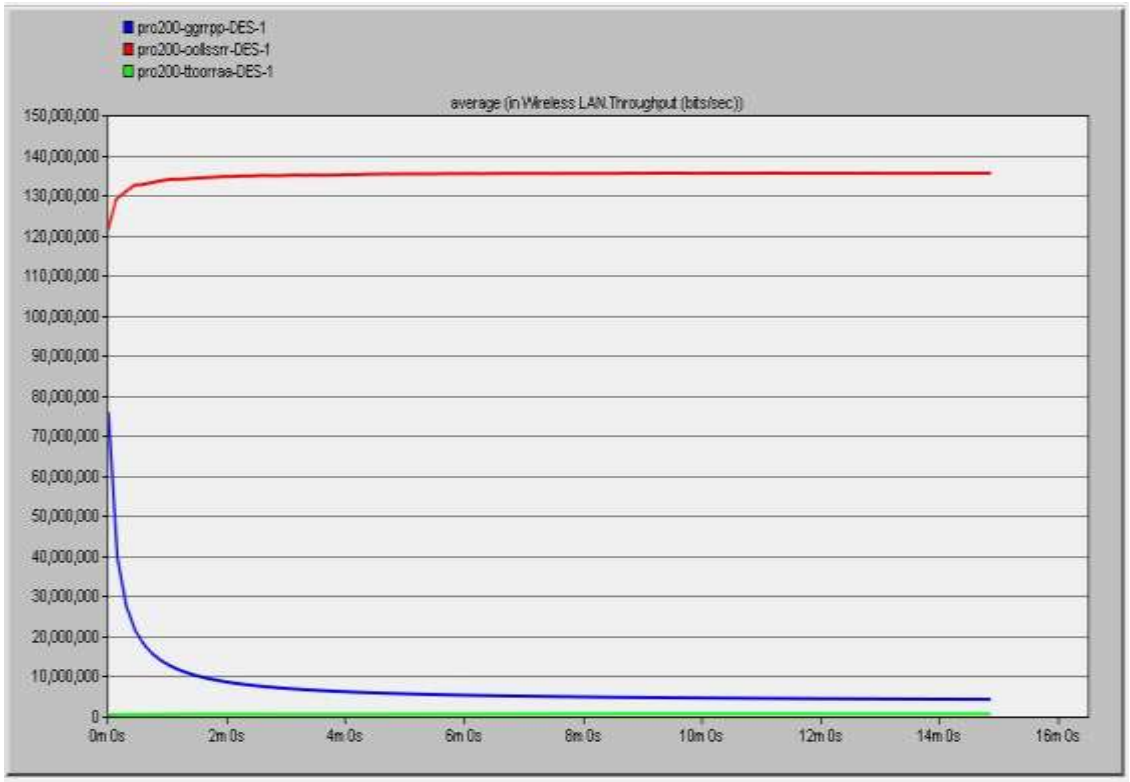
الشكل (6) المقارنة من حيث الحمل



الشكل (7) المقارنة من حيث معدل نقل البيانات



الشكل (8) المقارنة من حيث التأخير الزمني



الشكل (9) المقارنة من حيث المردود

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال النتائج التي الحصول عليها من دراسة السيناريوهات السابقة المفترضة نبين مجموعة من الاستنتاجات والتي يمكن تلخيصها بالآتي:

1. حركية التوجيه ضعيفة جدا بالنسبة الى البروتوكول TORA وتقترب إلى الصفر بينما تكون عالية بالنسبة للبروتوكول GRP بالنسبة للحظات الأولى لعمل الشبكة ثم تنخفض إلى قيمة متوسطة بين كل من حركية توجيه البروتوكول OLSR والبروتوكول TORA ، يملك البروتوكول OLSR حركية توجيه مرتفعة بسبب استخدام خوارزمية توجيه تتبع حالة الوصلة والتحسس لكل رابط .
2. يعد البروتوكول GRP الأفضل من ناحية التأخير وسرعة النقل وهذا يعود إلى القفزات الطويلة من العقد بسبب ترتيب كل مجموعة من العقد ضمن شجرة أو مجموعة وبالتالي في حال عدم العثور على العقدة الهدف ضمن المجموعة سيتم القفز مباشرة إلى مجموعة أخرى من العقد ، يملك البروتوكول OLSR القيمة المتوسطة في التأخير بالنسبة إلى البروتوكولين GRP و TORA ويمتاز البروتوكول OLSR بالاستقرار في قيمة التأخير طوال زمن عمل الشبكة ،البروتوكول TORA يعد الأسوأ مقارنة مع سابقيه وهذا يعود إلى التفاعل بين العقد الذي يسبق اختيار الطريق لإرسال البيانات عبره من عقدة إلى أخرى " الفروقات شبه مهملة من مرتبة الميللي ثانية ms " .
3. إن برتوكول OLSR يحقق المردود الأعلى في جميع السيناريوهات بغض النظر عن التأخير وحركية التوجيه في حين أن برتوكول TORA يتميز بمردود ويأخذ برتوكول GRP قيما متوسطة.
4. مع زيادة عدد العقد إلى 200 يزداد تأخير البروتوكول TORA وبسبب التفاعل بين العقد وازدياد الطلبات الموجهة، البروتوكول OLSR يصبح أفضل من GRP وTORA .البروتوكول TORA هو الأبطأ بسبب عمليات

التفاعل (أي إن ازدياد عدد العقد يؤدي إلى ازدياد الطلبات على المسارات وازدياد حركية التوجيه مما يؤدي إلى هدر الوقت نوعاً ما. البروتوكول GRP يصبح أقل سرعة من OLSR بسبب استخدامه للتوجيه ، "البروتوكول OLSR الأفضل في حالة 200 عقدة بسبب وجود مسارات محدد مسبقاً لكل وجهة ممكنة من قبل كل عقدة "، نستنتج أن التوجيه التفاعلي هو الأسوأ من ناحية السرعة بينما التوجيهين الهجين والاستباقي يعدان أفضل من التفاعلي بسبب عدم هدر الوقت من أجل انشاء كل مسار.

References:

[1] Neelam Janak Kumar Patel ,“ Modified AODV Protocol for Detection and Prevention of Black hole Attack in Mobile Ad Hoc Network”. International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering (IJERCSE), Vol 5, Issue 3, March (2018).
[2] S. Singh and C.S. Raghavendra. “PAMAS – power aware multi-access protocol with signaling for ad hoc networks”. ACM Computer Communication Review (ACM CCR’98), July 2007.
[3] S. Singh, M.Woo, and C.S. Raghavendra. “Power-aware routing in mobile ad-hoc networks”. ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 181-190, October 2009.
[4] C.K. Toh, “Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in wireless ad hoc networks”, IEEE Communication Magazine, pp. 2-11, June 2011.
[5] R. Sivakumar, P. Sinha and V. Bharghavan, CEDAR : a core extraction distributed ad hoc routing algorithm,” IEEE Journal on selected Area in Communication, pp 1454-1466, August 2010.
[6] C. Lin and J. Liu, “QoS routing in ad hoc wireless networks, “IEEE Journal on Selected Areas in Communication, pp 1426-1438, August 2011.
[7] I Gerasimov and R. Simon. “A bandwidth reservation mechanism for on demand ad hoc path finding”. IEEE/SCS 35th Annual Simulation Symposium,San Diego, CA, Pages 27-33, April 2012.
[8] R. Asokan, M. Pushpavalli and A.M. Natarajan “Delay and throughput aware proactive QoS routing in mobile adhoc networks”. Proceedings of the International Conference on Advanced Communication System (ICACs-2007) pp 1-6, January 2011.
[9] D. Dharmaraju, A. Roy-Chowdhury, P. Hovareshti, and J.S. Baras. “INORA-a unified signaling and routing mechanism for QoS support in mobile ad hoc networks”. Parallel Processing Workshops, 2012 Proceedings. Pages 86-93, August 2012.
[10] Prasant Mohapatra, Jian L, and Chao Gui, “QoS routing for wireless ad hoc networks : problems, algorithms, and protocols” IEEE Wireless Communications Magazine, pp 44-52, March 2013.
[11] Baoxian Zhang and Hussein T. mouftah, “QoS routing for wireless ad hoc networks : problems, algorithms and protocols” IEEE Communications Magazine, pp. 110-117 October 2015.
[12] S.T. Shen and J.H. Chen, “A novel delay oriented shortest path routing protocol for mobile ad hoc networks, “proceedings of IEEE ICC 2011)
[13] H. Sun and H. Hughes, “Adaptive QoS routing based on prediction of local performance in ad hoc networks”. Proceedings of IEEE WNCN 2013.
[14] Christian Walck, “Hand-book os Statistical Distribution”, University of Stockholm,2007.

[15] Mr. C. Rangarajan, Mrs. S.Sridevikarumari, Ms.V.Sujitha, "Recent Routing Protocols in Mobile Adhoc Network (MANET)", International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering,2017.