

Simulation Based Performance Evaluation of AOMDV Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks Using NS2

Hanadi Yahya Darwiso

Faculty of Informatics Engineering || Tishreen University || Lattakia || Syria

ABSTRACT: Due to the increased use of mobile devices with the high demand for applications such as CBR: Constant bit rate, most companies have tended to pay attention to Mobile Ad hoc Networks and search for solutions to the problems and obstacles encountered. The routing process of this type of networks was one of the solutions addressed: multi-path routing, which is used with on-demand protocols and the aim of this is to obtain efficient and fast retrieval of routes that failed in dynamic mobile networks because mobile nodes can randomly join or leave to/from the topology that may increase/decrease the node density and frequent link failures in the topology. As a result node density, traffic and transmission range effects the performance of the network.

In this paper, a proposed multi-path routing protocol is AOMDV ad hoc on demand multi path distance vector routing protocol, which is the expansion of the AODV single path ad hoc on demand distance vector routing protocol. Therefore, in this paper, we have been studied AOMDV routing protocol which is a multipath routing protocol on the basis of Throughput, Delay, Packet-Loss and Jitter and evaluated the performance by varying pause time and varying maximum speed of the moving nodes and for 5, 10, 50 nodes.

Keywords: Mobile Ad hoc Networks, routing protocol, CBR, AOMDV, AODV.

تقييم أداء بروتوكول التوجيه (AOMDV) اعتماداً على المحاكاة عبر الشبكات الخاصة المتنقلة باستخدام NS2

هنادي يحيى درويشو

كلية الهندسة المعلوماتية || جامعة تشرين || اللاذقية || سورية

الملخص: نظراً للاستخدام المتزايد للأجهزة المتنقلة إضافة إلى الطلب الكبير على التطبيقات التي تقدمها هذه الأجهزة ومنها التطبيقات ذات معدل البتات الثابت (الصوت والبيانات) فقد توجهت أغلب الشركات والأبحاث إلى الاهتمام بالشبكات الخاصة المتنقلة والبحث عن حلول للمشاكل والعقبات التي اعترضت عملية التوجيه بهذا النوع من الشبكات وكان من ضمن الحلول التي تم التطرق إليها: التوجيه المتعدد المسارات الذي يستخدم مع بروتوكولات عند الطلب والهدف من ذلك الحصول على استرجاع كفاءة وسريع للمسارات التي فشلت وذلك في الشبكات المتنقلة الديناميكية.

في هذه المقالة تم اقتراح بروتوكول توجيه متعدد المسارات وهو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص والذي يعتبر توسيع لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص من ناحية استخدامه لمسارات متعددة. حيث إن تقنية اكتشاف المسار في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص تم تعديلها بالحصول على مسارات متعددة ناتجة عن انفكاك الرابط من عقدة المصدر والعقد الوسيطة إلى عقدة الهدف كما تم استخدام فكرة عدد القفزات المعلن لابقاء المسارات المتعددة خالية من الحلقات في شبكة تعتمد على شعاع المسافة. لذا في هذا البحث تم دراسة بروتوكول

توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص وتقييم أدائه من ناحية مقاييس أداء مختلفة ومنها التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير ومن أجل عدد من العقد 5,10,50.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الخاصة المتنقلة، بروتوكولات التوجيه، التطبيقات ذات معدل البتات الثابت، بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص، بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

1. مقدمة:

1.1 بروتوكولات التوجيه :

تتصف الشبكات الخاصة المتنقلة بأنها شبكات ذات تبولوجيا متعددة القفزات حيث تتغير بشكل مستمر بسبب قابلية الحركة وبالتالي في هذا النوع من الشبكات نحتاج إلى بروتوكولات توجيه كفؤة قادرة على تأسيس مسارات الاتصال بين العقد بدون التسبب بجمولة برسائل التحكم أو فائض حسابي على الأجهزة المتنقلة ذات الطاقة المحدودة [1][4][3].

تم اقتراح العديد من الحلول بعضها متعلق بالمعايرة ضمن IETF والبعض الآخر يحاول أن يكون لديه المسار الأحدث لكل العقد الأخرى في كل الأوقات وذلك عن طريق تبادل معلومات التحكم بشكل دوري عند حدوث تغيرات بالتبولوجيا وتدعى هذه البروتوكولات ببروتوكولات التوجيه الاستباقية والتي تعتبر نسخ معدلة عن حالة الربط التقليدية أو بروتوكولات توجيه شعاع المسافة التي تؤخذ في الشبكات السلكية والتي تتكيف مع متطلبات محددة لبيئة الشبكة الخاصة المتنقلة الديناميكية [1][4][3].

والبعض الآخر ليس من الضروري أن يكون لديه المسار الأحدث إلى كل العقد الأخرى وبالتالي يكون لدينا بروتوكولات تفاعلية التي تكتشف المسارات عند الطلب بواسطة اجرائية اكتشاف المسار وهذه المسارات تبقى بحالة نشطة طالما يتم استخدامها [1][4][3]. والشكل التالي (1) يوضح بنية الشبكات الخاصة المتنقلة [5].



الشكل (1) الشبكات الخاصة المتنقلة

2.1 مشكلة البحث وأهدافه:

تشكل الشبكات الخاصة المتنقلة مجموعة من العقد المتنقلة التي تتشارك بالقناة اللاسلكية بدون أي إدارة مركزية [13][2]. تعمل العقد فيها ليس فقط كمضيفات وانما كراوترات في الوقت نفسه. كما أن العقد في هذا النوع من الشبكات قادرة على الحركة وبالتالي تتغير تبولوجيا الشبكة بشكل متكرر وهذا يعني أن الاتصال بين العقد من الصعب أن يتم ادارته وخصوصا" بواسطة خوارزمية التوجيه ذو المسار الواحد [13][2]. يتم التمييز بين ثلاثة أنواع من خوارزميات التوجيه وهي: النوع الأول البروتوكولات الاستباقية التي تتبادل معلومات التوجيه بين العقد بشكل مستمر أما النوع الثاني البروتوكولات التفاعلية يتم فيها بناء المسار عند الطلب بينما النوع الثالث البروتوكولات الهجينة يتم فيها دمج النوعين السابقين [2] [13]. لكي يتم التغلب على القيود الموجودة بهذه البروتوكولات، فإنه تم تطوير خوارزمية التوجيه ذات المسارات المتعددة وذلك بأن يكون لدينا مسارات متعددة في عملية اكتشاف المسار

وبالتالي في هذه الحالة عندما يتعطل مسار فإن العقدة سوف تنتقل إلى مسار بديل بدون الحاجة إلى عملية اكتشاف للمسار والتي تعتبر عملية حساسة للوقت ونذكر على سبيل المثال عن خوارزمية التوجيه ذات المسارات المتعددة البروتوكولين AODM و AOMDV [2]. كلا من هذين البروتوكولين مستند على بروتوكول شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص الذي يعمل على مبدأ انشاء المسارات فقط بين عقدة المصدر وعقدة الهدف [2]. على الرغم من أن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص تسبب بحمولة في التوجيه وتأخير لحزم البيانات أعلى مما يسببه بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص إلا أن العديد من الدراسات بينت أن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يتفوق على بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص عندما يوجد قابلية حركة عالية تسبب تعطل المسار في البيئة الموزعة [2]. في هذه المقالة سوف يتم دراسة بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص والذي يعتبر توسيع لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص ويدعم إرسال التطبيق ذو معدل البتات الثابت CBR في الشبكات الخاصة المتنقلة الحقيقية وتقييم أدائه وبفرض وجود مقاييس أداء مختلفة على سبيل المثال: التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير وذلك في شبكة مؤلفة من خمس عقد وشبكة مؤلفة من عشر عقد وشبكة مؤلفة من خمسين عقدة. ويمكن أن نوجز باختصار تعريفاً لكل من مقاييس الأداء المستخدمة في عملية المحاكاة:

- التدفق: يمثل كمية البيانات الرقمية المرسله بكل وحدة زمنية من عقدة المصدر إلى عقدة الهدف [18]. انها تقاس ب $bits/sec$ لذا في الأكواد (ملفات.tcl) الخاصة بمحاكاتي تم الضرب بالعدد 8 في العلاقة الخاصة بإيجاد التدفق من أجل كل عقدة حيث $byte = 8bits$ أما الزمن فتم اعداد قيمته لتساوي 0.5 وتم الضرب بالعدد 2 ليساوي إلى الواحد. وهذا تم تطبيقه في حالة شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة.
 - معدل فقدان حزم البيانات: يمثل عدد الحزم المفقودة خلال الزمن وتوجد صيغة رياضية يتم تضمينها ضمن الكود لحساب هذا البارامتر من أجل كل عقدة [18].
 - التأخير: يمثل الزمن الوسطي الذي تستغرقه الحزم لكي تصل من عقدة المصدر إلى عقدة الهدف وتوجد صيغة رياضية يتم تضمينها ضمن الكود لحساب هذا البارامتر من أجل كل عقدة [18].
- $$D = (Receive\ time - Sent\ time) / total\ number\ of\ data\ packets\ received \quad [17]$$
- التباين في التأخير $jitter$: يمثل القيمة المطلقة للاختلاف بين التأخيرات لحزمتين متتالين من البيانات ويتم الحصول على القيمة الوسطية للتباين بجمع التباين لكل الحزم المستقبلية مقسمة على العدد الاجمالي للحزم المستقبلية [18].

3.1 منهجية وأدوات الدراسة:

تم استخدام محاكي الشبكات 2- Network Simulator (NS) [9]. وهذا المحاكي تم تنصيبه في بيئة افتراضية virtual machine حيث أولاً تم انشاء بيئة افتراضية virtual machine للأوبنتو لubuntu-12.10-desktop-i386.iso ذو 32 bit الذي تم تحميله من الموقع <http://releases.ubuntu.com> حيث في محاكاتي تم تسمية هذه البيئة الافتراضية باسم ubuntuhandins2 وتم وضع كلمة مرور خاصة بي حيث يتم المرور بعدة مراحل يتم فيها تحميل جميع أدوات نظام التشغيل الأوبنتو (أحد إصدارات اللينكس) وحجز مساحة لتخزين هذا النظام على القرص الصلب إلى أن نصل إلى سطح المكتب الخاص بنظام الأوبنتو وهنا ينبغي التنويه إلى ضرورة اتصال البيئة الافتراضية

بالانترنت عن طريق مشاركة الاتصال بالانترنت لكي يتم تحميل جميع الأدوات اللازمة لنظام الأوبنتو ثم في المرحلة الثانية يتم تنصيب محاكي الشبكات NS2 version ns-allinone-2.35 داخل بيئة نظام التشغيل الأوبنتو حيث تم تحميل هذا المحاكي من الموقع <https://sourceforge.net/projects/nsnam/files/allinone/ns-allinone-2.35/> ويتم بعد ذلك فك ضغط مجلد محاكي الشبكات ووضعه داخل المسار `/home/ubuntuhanadins2/Documents` حيث يتم فتح ال terminal ويتم تنفيذ التعليمات التالية مع ضرورة التنويه إلى ضرورة الاتصال بالانترنت أثناء تنفيذنا للتعليمات:

- `$sudo apt-get update` وادخال كلمة المرور.
- `$ sudo apt-get install build-essential autoconf automake` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install tcl8.5-dev tk8.5-dev` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install perl xgraph libxt-dev libx11-dev libxmu-dev` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `cd /home/ubuntuhanadins2/Documents/ns-allinone-2.35` ثم تنفيذ `.enter`.
- `cd /home/ubuntuhanadins2/Documents/ns-allinone-2.35/ns-2.35` ثم تنفيذ `.enter`.
- تنفيذ `/configure`.
- تنفيذ `$ sudo apt-get install make` ضمن المسار:
- `cd /home/ubuntuhanadins2/Documents/ns-allinone-2.35/ns-2.35` وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install ns2` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install nam` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install xgraph` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- `$ sudo apt-get install gawk` ضمن المسار الحالي وضغط `.enter`.
- ادخال `ns` ضمن المسار:

`cd /home/ubuntuhanadins2/Documents/ns-allinone-2.35` وبعدئذ ادخال `ctrl+c` . وبعدئذ ادخال `nam` تظهر واجهة محاكي الشبكات NS2 باسم `Nam Console v1.15` مع قائمة واحدة `File` وبالتالي ضمن بيئة المحاكي تم تنفيذ سيناريوهات الهدف منها دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من ناحية مقاييس أداء مختلفة ومنها: التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير أو الاختلاف في أزمنة وصول حزمة البيانات من أجل شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة حيث تم كتابة الكود الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد في ملف امتداد `tcl` وفي هذا الكود يتم أولاً "فتح خمسة ملفات `tr` خاصة بالتدفق لكل عقدة من العقد الخمسة وخمسة ملفات `tr` خاصة بمعدل فقدان حزم البيانات لكل عقدة من العقد الخمسة وخمسة ملفات `tr` خاصة بالتأخير لكل عقدة من العقد الخمسة ومن ثم يتم انشاء العقد الخمسة وتغيير مواضع أو اتجاه كل عقدة من العقد خلال فواصل زمنية مختلفة كما تم تغيير سرعة حركة العقد خلال ذلك وبعد ذلك تم توليد التدفق بين العقد الخمسة واتصالات `UDP` ومن ثم يتم اغلاق كافة الملفات المفتوحة ويتم تنفيذ الاجرائية `X-graph` لتوليد الخطوط البيانية الخاصة بالتدفق لكل عقدة ومعدل فقدان حزم البيانات لكل عقدة والتأخير لكل عقدة وتم الحصول على النتائج الموجودة في الجدول الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد من الملفات الخمسة `tr` الخاصة بالتدفق حيث لكل عقدة ملف (`out4.out3.out2.out1.out0`) حيث إن كل ملف من هذه الملفات يحتوي على عمودين أحدهما عمود الزمن والآخر عمود يمثل قيمة التدفق من أجل الفترات الزمنية (`0..60`)

(sec) حيث تم فتح كل ملف من ملفات *tr* بواسطة ال *Notepad++* أو المفكرة في *windows7* وحذف عمود الزمن والابقاء على عمود التدفق وحفظ الملف بامتداد *x/s*(ملف اكسل) وإيجاد ال *Average* للقيم بواسطة جمع القيم والتقسيم على عدد هذه القيم فينتج لدينا التدفق من أجل كل عقدة من العقد الخمسة أما معدل فقدان حزم البيانات فيتم إيجاده من الملفات الخمسة *tr* الخاصة بمعدل فقدان حزم البيانات حيث لكل عقدة ملف (*lost4,lost3,lost2,lost1,lost0*) حيث إن كل ملف من هذه الملفات يحتوي على عمودين أحدهما عمود الزمن والآخر عمود يمثل قيمة معدل فقدان حزم البيانات من أجل الفترات الزمنية (*0..60 sec*) حيث تم فتح كل ملف من ملفات *tr* بواسطة ال *Notepad++* أو المفكرة في *windows7* وحذف عمود الزمن والابقاء على عمود معدل فقدان حزم البيانات وحفظ الملف بامتداد *x/s*(ملف اكسل) وإيجاد ال *Average* للقيم بواسطة جمع القيم والتقسيم على عدد هذه القيم فينتج لدينا معدل فقدان حزم البيانات من أجل كل عقدة من العقد الخمسة وبالنسبة للتأخير فيتم إيجاده من الملفات الخمسة *tr* الخاصة بالتأخير حيث لكل عقدة ملف (*delay1,delay0*), (*delay4,delay3,delay2*) حيث إن كل ملف من هذه الملفات يحتوي على عمودين أحدهما عمود الزمن والآخر عمود يمثل قيمة التأخير من أجل الفترات الزمنية (*0..60 sec*) حيث تم فتح كل ملف من ملفات *tr* بواسطة ال *Notepad++* أو المفكرة في *windows7* وحذف عمود الزمن والابقاء على عمود التأخير وحفظ الملف بامتداد *x/s*(ملف اكسل) وإيجاد ال *Average* للقيم بواسطة جمع القيم والتقسيم على عدد هذه القيم فينتج لدينا التأخير من أجل كل عقدة من العقد الخمسة وبنفس الأسلوب يتم كتابة الكود الخاص بشبكة مؤلفة من عشر عقد والكود الخاص بشبكة مؤلفة من خمسين عقدة ويتم إيجاد النتائج بنفس الطريقة التي تم ذكرها في حالة شبكة مؤلفة من خمس عقد ولكن في حالة شبكة مؤلفة من عشر عقد يكون لدينا عشرة ملفات خاصة بالتدفق حيث لكل عقدة ملف وعشرة ملفات خاصة بمعدل فقدان حزم البيانات حيث لكل عقدة ملف وعشرة ملفات خاصة بالتأخير حيث لكل عقدة ملف أما في حالة شبكة مؤلفة من خمسين عقدة فيكون لدينا خمسين ملف خاص بالتدفق حيث لكل عقدة ملف وخمسين ملف خاص بمعدل فقدان حزم البيانات حيث لكل عقدة ملف وخمسين ملف خاص بالتأخير حيث لكل عقدة ملف كما تم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من خلال رسم الخط البياني للتباين في التأخير *jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number* وهذا البارامتر يتم اختياره من القائمة *2D Graphs* ضمن بيئة الأداة *Tracegraph202Linux* التي سوف أذكر لاحقاً خطوات تنصيبها في نهاية هذه الفقرة وذلك بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) وفتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من عشر عقد (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) وفتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمسين عقدة (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) والنتيجة عن تنفيذ المحاكاة في زمن 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت وأيضاً تم تقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص بشكل ثلاثي الأبعاد من ناحية أعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة *3D Graphs* ضمن بيئة الأداة وذلك بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) وفتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من عشر عقد (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) وفتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمسين عقدة (*aomdv.tr*) والذي امتداده (*tr*) والنتيجة عن تنفيذ المحاكاة في زمن 60 ثانية والبيانات المرسله عبر الشبكة ذات معدل بتات ثابت. بالنسبة لتنصيب الأداة *Tracegraph202Linux* لا بد أولاً من تحميلها من الموقع:

<http://www.vtuforum.com/Thread-Install-Tracegraph-on-Ubuntu-12-04-to-analyse-your-NS2-output>

output

وهذه الأداة يتم الاستفادة منها في تحليل خرج ال NS2. ونذكر فيما يلي خطوات تنصيبها:

1. تحميل المجلد `tracegraph202linux.tar.gz` من الموقع السابق.
 2. فك ضغط المجلد `tracegraph202linux.tar.gz` في `home folder` حيث وفقا "لنظامي فإن مسار ال `home folder` هو: `/home/ubuntuhanadins2/Documents`
 3. تحميل المجلد `mglinstaller.gz` من الموقع السابق باعتبار أن الأداة `Tracegraph` مكتوبة بلغة ال `Matlab`.
 4. فك ضغط المجلد `mglinstaller.gz` في `home folder` ونسخه إلى المسار `/home/ubuntuhanadins2/Documents/tracegraph202linux` حيث وفقا "لنظامي فإن مسار ال `home folder` هو: `/home/ubuntuhanadins2/Documents`
 5. تغيير السماحية ل `mglinstaller` بتنفيذ الأمر:
`sudo chmod 777 mglinstaller$`
واستدعاء ال `mglinstaller` بتنفيذ الأمر:
`./mglinstaller`
 6. بعد تنصيب الأداة `mglinstaller` سوف نحصل على مجلد `glNx86` في المسار: `/home/ubuntuhanadins2/Documents/tracegraph202linux/bin`
 7. تنفيذ الأمر:
`$ gedit.bashrc`
ولكن ينبغي تنصيب ال `gedit` قبل تنفيذ التعليمة السابقة إذا لم يكن قد تم تنصيبها من قبل بكتابة التعليمة:
`$ sudo apt-get install gedit`
وإضافة الخط التالي إلى نهاية الملف.
`LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:/home/ubuntuhanadins2/Documents/tracegraph202linux/bin/glNx86`
 8. الذهاب إلى المسار: `/home/ubuntuhanadins2/Documents/tracegraph202linux`
وتغيير السماحية ل `trgraph` بتنفيذ الأمر:
`$ sudo chmod 777 trgraph`
 9. تنفيذ الأمر:
`./trgraph`
ينتج لدينا ثلاثة نوافذ وهي (`Network information`, `Graphs`, `Trace graph 2.02`) ومن خلالها يمكن تحليل ملفات `tr` (النتيجة عن تنفيذ المحاكاة والحصول على الخطوط البيانية لمجموعة ضخمة من البارامترات).
- 4.1s. أصناف بروتوكولات التوجيه:
يمكن أن تصنف بروتوكولات توجيه الشبكات المتنقلة المخصصة إلى قسمين:

■ البروتوكول الاستباقي المعتمد على جدول (table driven) Proactive protocol:

يمكن أن نطلق على هذا النوع من البروتوكولات بالبروتوكولات الاستباقية proactive: في هذا النوع تحتفظ العقد في الشبكة الخاصة المتنقلة بمدخل خاصة بالمسارات إلى كل الأهداف الممكنة وهذا مهم لأنه عندما تريد عقدة أن ترسل حزمة بيانات فإن المسار يكون محدد مسبقاً وبالتالي يمكن أن يستخدم مباشرة وعند وجود تغيير في بولوجيا الشبكة فإن هذا التغيير يتم نشره إلى الشبكة كاملة وعلى أساس المعلومات المجمعة فإن كل عقدة لاسلكية تغير جدول توجيهها فمثلاً "عندما يجعل التغيير بالتبولوجيا المسار الأصلي غير متوفر" فيتم التأسيس لأي مسار جديد وبالتالي كل العقد سوف تستقبل التحديثات على حالة المسار وفي حالة عدم وجود تغيير بتبولوجيا الشبكة فإن العقدة جاهزة ومتوفرة عند الطلب [13]. كما يمكن اعتبار بروتوكولات توجيه شعاع المسافة هي بروتوكولات استباقية [12]. وبالتالي النظرة الاستباقية مشابهة لاتصالات بروتوكول UDP (عدم تأسيس الاتصال) وبالتالي وجود بروتوكولات النقل مفضل في بروتوكولات التوجيه الاستباقية [10]. ونذكر منها بروتوكول توجيه حالة الربط المحسن [7] [13].

■ البروتوكول التفاعلي عند الطلب (on demand) Reactive protocol:

ويمكن أن نطلق على هذا النوع من البروتوكولات بالبروتوكولات التفاعلية reactive: حيث تبني عقدة المصدر المسارات عند الطلب وبالتالي يتم اكتشاف تبولوجيا الشبكة عند الطلب أي عندما تحتاج عقدة لاسلكية أن ترسل البيانات إلى عقدة لاسلكية أخرى لكن لا يوجد مسار إلى تلك العقدة فإن عقدة المصدر سوف تستدعي عملية اكتشاف المسار حيث تبدأ بالاستعداد لإرسال جدول التوجيه وعندما يتم إيجاد مسار فيتم الاحتفاظ به بواسطة اجرائية صيانة المسارات حتى يصبح الهدف غير قابل للوصول إليه أو حتى يصبح المسار غير مستخدم [11] [7] [6] [8] [14]. ويتم حذف المسار بواسطة اجرائية حذف المسار [11]. حيث إن العقد تحتفظ فقط بالمسارات إلى الأهداف الفعالة [8]. وبالتالي النظرة التفاعلية مشابهة لاتصالات بروتوكول TCP (تأسيس الاتصال) [10]. ونذكر منها بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص [13] [11] [7]. و يبين الجدول (1) مقارنة بين البروتوكولات التفاعلية والبروتوكولات الاستباقية [13]:

الجدول (1) البروتوكولات التفاعلية reactive والبروتوكولات الاستباقية Proactive

البروتوكولات التفاعلية	البروتوكولات الاستباقية	البروتوكولات التوجيه
<i>AODV, DSR, TORA, ABR, SSR, CEDAR</i>	<i>DSDV, CGSR, WRP</i>	بروتوكولات التوجيه
عالي	منخفض	تأخير الاستحواذ على مسار
منخفض	عالي	الحمولة الناتجة عن رسائل التحكم
منخفض	عالي	متطلب الطاقة
منخفض	عالي	متطلب عرض الحزمة

5.1 البروتوكولات التفاعلية:

1.5.1 بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص AODV:

يستخدم هذا البروتوكول مفهوم شعاع المسافة من خلال استخدامه للأرقام المتتالية كما أنه بروتوكول خالي من الحلقات ويتجنب مشكلة العد إلى ما لا نهاية [16] [8] [13]. وبين الشكل التالي (2) شرحاً للخطوات البرمجية لخوارزمية عمل بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص [14].

```

ALGORITHM 1. AODV Routing Protocol
// S is the source node; D is the destination node
// RT = Routing Table

S wants to communicate with D if RT of S contains a route to D
S establishes communication with D
else
  S creates a RREQ packet and broadcasts it to its neighbors
  // RREQ contains the destination Address(DestAddr),
  // Sequence Number (Seq) and Broadcast ID (BID)
  for all nodes N receiving RREQ
    if (RREQ was previously processed)
      discard duplicate RREQ
    end if
    if (N is D)
      send back a RREP packet to the node sending the RREQ
    else if (N has a route to D with SeqId >= RREQ.Seq)
      send back a RREP packet
    else
      record the node from which RREQ was received
      broadcast RREQ
    end if
  end for
  while (node N receives RREP) and (N != S)
    forward RREP on the reverse path
    store information about the node sending RREP in the RT
  end for
  S receives RREP
  S updates its RT based on the node sending the RREP
  S establishes communication with D
end if

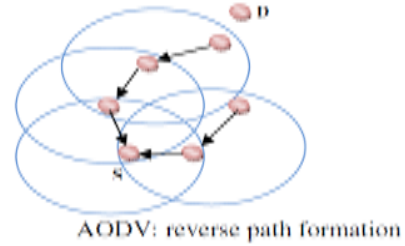
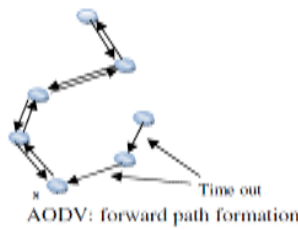
```

الشكل (2) عمل بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص

✓ من خلال الخوارزمية السابقة تم افتراض أن S : عقدة المصدر و D : عقدة الهدف و RT جدول التوجيه. بفرض أن S تريد أن تتصل بالعقدة D فإذا كان جدول التوجيه ل S يحتوي على مسار إلى D فإن S تؤسس اتصالاً مع D والا تنشأ حزمة طلب المسار ($RREQ$) وتقوم بعملية بث عام إلى جيرانها مع العلم أن $RREQ$ تحتوي على عنوان الهدف، رقم تسلسلي، معرف البث العام. وبالتالي من أجل كل العقد التي تستقبل $RREQ$ إذا كان ال $RREQ$ قد تم استقباله مسبقاً فيتم نبذ ال $RREQ$ تجنباً لحدوث الحلقات. أما إذا كانت العقد التي استقبلت $RREQ$ هي عقدة الهدف فتقوم هذه العقدة بإرسال حزمة الرد على طلب المسار ($RREP$) إلى العقدة التي أرسلت $RREQ$ والا إذا كانت العقدة لديها مسار إلى الهدف D مع $SeqId \geq RREQ.seq$ فيتم إرسال حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ والا يتم تسجيل عنوان العقدة التي تم استقبال $RREQ$ منها ويتم بث حزمة $RREQ$ بئاً عاماً. طالما أن العقدة N استقبلت حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ وهذه العقدة ليست عقدة المصدر فيتم إرسال حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ عبر المسار العكسي ويتم تخزين المعلومات حول العقدة التي أرسلت حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ في جدول التوجيه وبالنهاية تستقبل عقدة المصدر حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ وتقوم بتحديث جدول توجيهها اعتماداً على العقدة التي أرسلت حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ ثم تقوم عقدة المصدر بتأسيس اتصال مع عقدة الهدف لكي يتم إرسال البيانات ذات معدل البتات الثابت (CBR) إلى عقدة الهدف [14].

✓ الهدف من بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص هو تقليل عدد رسائل البث العام المرسل عبر الشبكة عن طريق اكتشاف المسارات عند الطلب بدلاً من الاحتفاظ بمعلومات التوجيه الحديثة كاملة [12]. حيث يحتفظ بمدخل واحد لكل هدف ضمن جدول التوجيه [14] [8] [13].

- ✓ و بالتالي كل عقدة تستقبل حزمة طلب المسار من جاريتها فإنها تسجل ضمن جدول التوجيه الخاص بها عنوان الجار الذي استقبلت منه حزمة طلب المسار لضمان نبذ النسخ المتتالية من حزمة طلب المسار [15] [14]. وبالتالي هذه المعلومات التي تقوم كل عقدة بتسجيلها تستخدم لكي يتم بناء المسار العكسي اللازم لإرسال حزمة الرد على طلب المسار بواسطة الروابط المماثلة التي تم فيها إرسال حزمة طلب المسار [14].
- ✓ لا يستطيع بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص أن يضمن المسار الأقصر ولكن يمكن ضمان ذلك إذا كانت عقدة الهدف فقط هي التي تستطيع أن تستجيب لطلبات المسار المرسلة من قبل عقدة المصدر [8].
- ✓ توجد نسخة جديدة لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص بحيث إن عقدة الهدف فقط يمكنها أن تجيب على الطلب المرسل من قبل عقدة المصدر حيث إن التأخير الناتج عن عملية البحث عن مسار يمكن أن تؤثر على بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص [13]. وتبين الأشكال التالية (3) و(4) المسار العكسي الذي تسلكه حزمة الرد على طلب المسار والمسار الأمامي الذي تسلكه حزمة طلب المسار في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص على التوالي [13].



الشكل (4) المسار الأمامي في بروتوكول شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص

الشكل (3) المسار العكسي في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص

- ✓ يتم اجراء عملية صيانة المسار عندما يصبح غير قادرين على الوصول إلى عقدة المصدر أو عقدة من العقد في الشبكة حيث يتم التعامل في هذه العملية مع أخطاء المسار، الاشعارات [14]. يستخدم هذا البروتوكول رسائل الترحيب لاكتشاف الروابط المعطلة كما تستخدم لإعلام الجيران بشكل دوري بأن الرابط إلى المضيف بحالة نشطة [16]. أن حجم رسالة الترحيب أصغر من تلك المستخدمة من قبل بروتوكول توجيه حالة الربط المحسن وبالتالي يكون عرض الحزمة أقل بعملية صيانة المسار [16]. ويتم اعتبار الرابط معطلاً عند الفشل باستقبال ثلاثة رسائل ترحيب من عقدة الجار [15]. أما إذا أصبحنا غير قادرين على الوصول إلى احدى العقد الموجودة على المسار نتيجة أن هذه العقدة غيرت مكانها باعتبارها عقدة متنقلة فإن هذه العقدة ترسل رسالة تنبيه بفشل الرابط إلى كل من جيرانها لضمان حذف ذلك الجزء المحدد من المسار [14].

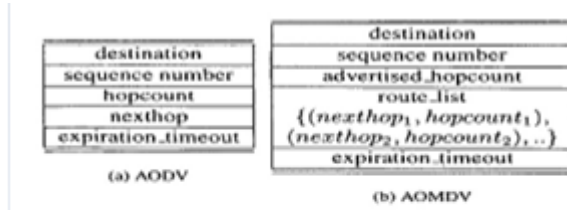
- ✓ عند تعطل مسار لا يتم القيام بإصلاح أو صيانة ذلك المسار وإنما يتم البحث عن مسار بديل [14] [6].
- ✓ بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص لديه ايجابية كبيرة في الحمولة عن البروتوكولات الأخرى التي تحتفظ بالمسار كاملاً من المضيف المصدر إلى المضيف الهدف في الرسائل الخاصة بهم حيث إنه عند حدوث تغيير بالتبولوجيا فإنه يقوم بتحديث فقط المضيفات المتأثرة بالتغيير باستخدام

رسائل الخطأ بالمسار باعتبار أن رسائل أو حزم الطلب على المسار ورسائل أو حزم الرد على طلب المسار هي المسؤولة عن اكتشاف المسار والتي لا تزيد بدقة الحمولة لرسائل التحكم [16].

2.5.1 بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص AOMDV:

هو عبارة عن توسيع لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص من ناحية المسارات المتعددة الناتجة عن انفكاك الرابط والخلو من الحلقات [17][2][18]. وبالتالي المفهوم الاساسي في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص هو احصاء المسارات المتعددة الخالية من الحلقات بكل عملية اكتشاف للمسار [19].

انه مستند على مفهوم التوجيه عند الطلب لإيجاد المسار إلى الهدف وبالتالي هذا البروتوكول هو بروتوكول توجيه متعدد المسارات حيث تحتفظ عقدة المصدر بمسارات مختلفة متعددة نتيجة البث العام لحزم الرد على طلب المسار المتعددة خلال عملية اكتشاف المسار وبعدها يتم اختيار المسار الستاتيكي [18]. حيث نستخدم التوجيه المتعدد المسارات من أجل تقليل الحمولة بالتوجيه بدلا من موازنة الحمل أي أن عملية اكتشاف المسار يتم تهيئتها فقط عندما تفشل كل المسارات إلى هدف معين ويمكن القول بأن عملية صيانة المسار في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص مشابهة لعملية صيانة المسار في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص ما عدا أنه يتم التصريح عن الهدف بأنه غير قابل للوصول اليه فقط عندما تتعطل كل المسارات اليه [19]. أيضا من الضروري تعقب الرقم التسلسلي للهدف حيث يتم تحديثه إلى أن يصل إلى قيمته الأعظمية عندما تتعطل كل المسارات إلى هدف معين وذلك نتيجة رسائل الخطأ الخاصة بالمسار الآتية من جيران متعددة [19].



يبين الشكل (5) البنية الاساسية لمدخل

جدول التوجيه في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص بالمقارنة مع بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص [19][2]:

الشكل (5) a : البنية الاساسية لمدخل جدول التوجيه في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص.
b : البنية الاساسية لمدخل جدول التوجيه في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

يوجد اختلافين أساسيين الأول: عدد القفزات تستبدل بعدد القفزات المعلن في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات

المتعددة الخاص حيث يمثل عدد القفزات المعلن القيمة الأعظمية لعدد القفزات لكل من هذه المسارات المتعددة ويستخدم من أجل إرسال إعلانات المسار للهدف طالما تم اتباع قاعدة تحديث المسار الصارمة [17][2][19]. والثاني: القفزة التالية تستبدل بقائمة تسمى قائمة المسار حيث إن قائمة المسار ببساطة هي عبارة عن قائمة من القفزات التالية وأعداد القفزات الموافقة للمسارات المختلفة إلى الهدف [19][2][17][18]. كل القفزات التالية تمتلك نفس الرقم التسلسلي وهذا يساعد في تعقب المسار من أجل كل هدف [17][2].

✓ كما يمتلك مدخل جدول التوجيه في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص وبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص نفس زمن الانتهاء بغض النظر عن عدد المسارات إلى الهدف وبالتالي إذا لم يتم استخدام ولا واحد من المسارات لغاية انتهاء الزمن المخصص

لكل مسار في جدول التوجيه فإن كل المسارات تكون بحالة أنها غير متوفرة ويتم إعادة تهيئة عدد القفزات المعلن [19].

✓ ويبين الشكل التالي (6) كود يمثل قاعدة تحديث المسار الصارمة في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص [19]:

```

if ( $seqnum_i^d < seqnum_j^d$ ) then (1)
     $seqnum_i^d := seqnum_j^d$ ; (2)
    if ( $i \neq d$ ) then (3)
         $advertised\_hopcount_i^d := \infty$ ; (4)
    else (5)
         $advertised\_hopcount_i^d := 0$ ; (6)
    endif
     $route\_list_i^d = NULL$ ; (7)
    insert ( $j, advertised\_hopcount_j^d + 1$ ) into  $route\_list_i^d$ ; (8)

elseif ( $seqnum_i^d = seqnum_j^d$ ) and (9)
    ( $(advertised\_hopcount_i^d, i) > (advertised\_hopcount_j^d, j)$ ) then
        insert ( $j, advertised\_hopcount_j^d + 1$ ) into  $route\_list_i^d$ ; (10)

endif

```

AOMDV route updation rules. This is used whenever a node i receives a route update to a destination d from a neighbor j . The variables $seqnum_i^d$, $advertised_hopcount_i^d$ and $route_list_i^d$ represent the sequence number, advertised hopcount and the route list for a destination d from a node i respectively.

الشكل (6) قاعدة تحديث المسار الصارمة في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص

✓ تستدعي هذه القاعدة حينما تستقبل العقدة i حزمة طلب المسار $RREQ$ أو حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ من الجار j [19]. كما في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص فإن المسارات تستجيب للرقم التسلسلي الأعلى فقط الخاص بالهدف الذي يتم صيانتها [19]. على أية حال يسمح بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص بمسارات متعددة ومن أجل نفس الرقم التسلسلي للهدف [19]. يمكن أن تشكل مسارات متعددة بواسطة أي جار j عبر استقبال حزمة طلب المسار $RREQ$ أو حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ من الجار j [19]. عندما يتم استقبال إعلان المسار من أجل هدف مع رقم تسلسلي أعلى فإنه يعاد تهيئة قائمة القفزة التالية وعدد القفزات المعلن [17]. يتم تحديث الإعلان عندما تجيب عقدة وسيطة على حزمة طلب المسار $RREQ$ أو تبث حزمة طلب المسار $RREQ$ إلى جيرانها [19]. الخطوط 9-10 تضمن الخلو من الحلقات [19]. تقوم العقدة i بتحديث عدد القفزات المعلن الخاص بها من أجل هدف d عندما تبث حزمة طلب المسار $RREQ$ من أجل d أو عندما تولد / ترسل حزمة الرد على طلب المسار $RREP$ من d [19]. ويتم تحديثها كما يلي:

$$advertised_hopcount_i^d := \max_k \{hopcount_k | (nexthop_k, hopcount_k) \in route_list_i^d\}$$

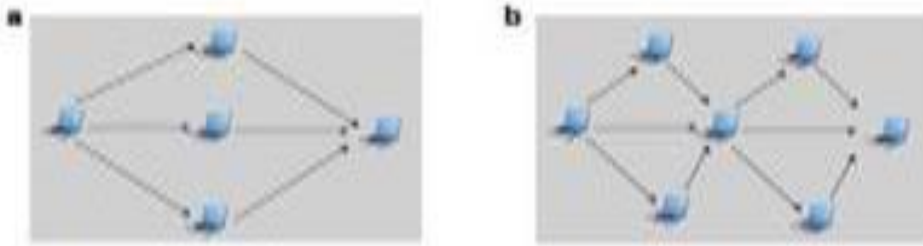
وهنا نلاحظ التشابه مع بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص. ويعتبر الشرط التالي جيد من أجل عقدتين متتاليتين i, j على أي مسار $valid$ إلى هدف [19].

$$(-seqnum_i^d, advertised_hopcount_i^d, i) > (-seqnum_j^d, advertised_hopcount_j^d, j),$$

حيث يحدد كل إعلان للمسار مطابق مستقبلي من قبل العقدة مسار بديل إلى الهدف ويتم ضمان الخلو من الحلقات من أجل عقدة بواسطة قبول مسارات بديلة إلى الهدف إذا كان لديها عدد من القفزات أقل من عدد القفزات المعلن من أجل ذلك الهدف [17].

✓ يمكن أن يستخدم بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص لإيجاد المسارات الناتجة عن انفكك الرابط أو المسارات الناتجة عن انفكك العقدة وبالتالي لإيجاد المسارات الناتجة عن انفكك العقدة فإن كل عقدة لا ترفض أو لا تهمل بشكل فوري حزم طلب المسار المطابقة حيث إن كل حزم طلب المسار المرسل من قبل جيران مختلفة لعقدة المصدر تحدد مسار ناتج عن انفكك العقدة (لا يوجد عقد مشتركة في المسارات) ويعود السبب في ذلك إلى أن العقد لا يمكن أن تبث بثا "عاما" حزم طلب المسار المطابقة عبر نفس العقدة فأى رسالتين من رسائل طلب المسار تصلان إلى عقدة وسيطة من قبل جيران مختلفة لعقدة المصدر لا يمكن أن تعبر أو تمر عبر نفس العقدة لذا تم التفكير في الحصول على مسارات متعددة ناتجة عن انفكك الرابط (توجد عقد مشتركة)، حيث إن الهدف يرد على حزم طلب المسار المطابقة التي تصل من قبل جيران مختلفة [17]. بعد أول قفزة فإن حزم الرد على طلب المسار تتبع المسارات العكسية التي هي عبارة عن مسارات ناتجة عن انفكك الرابط وانفكك العقدة. يمكن أن تنقسم المسارات لكل حزمة رد على طلب المسار في العقدة الوسيطة حيث تأخذ كل واحدة من حزم الرد على طلب المسار مسار عكسي مختلف إلى عقدة المصدر لضمان عدم انفكك الرابط (لا يوجد عقد مشتركة) [17].

✓ ينبغي أن يتم التمييز بين المسارات الناتجة عن انفكك الرابط والمسارات الناتجة عن انفكك العقدة حيث إنه في الشكل (7) a نلاحظ المسارات الناتجة عن انفكك العقدة التي ليس لديها أي عقد مشتركة في المسارين [2]. لكن في الشكل (7) b نلاحظ المسارات الناتجة عن انفكك الرابط حيث يمكن لمسارين مختلفين أن يرسلوا عبر نفس العقدة بمعنى آخر يمكن أن يكون لديها عقد مشتركة [2] [19].



الشكل (7) a: المسارات الناتجة عن انفكك العقدة. b: المسارات الناتجة عن انفكك الرابط

✓ على خلاف بروتوكول التوجيه المتعدد المسارات عند الطلب وذو شعاع المسافة الخاص الذي يمتلك القدرة على اكتشاف مسارات متعددة ناتجة عن انفكك العقدة بين المصدر والهدف في عملية اكتشاف مسار وحيدة فإن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يمتلك القدرة على اكتشاف مسارات متعددة ناتجة عن انفكك الرابط وبالتالي عندما يتم استقبال حزم طلب المسار المطابقة فإنه لا يتم نبذها كما هي العادة وبدلاً من ذلك حينما تستقبل عقدة وسيطة حزم طلب المسار فإنها تسجل المصدر الذي ولد حزمة طلب المسار، الهدف الذي سوف يتم إرسال حزمة طلب المسار إليه، الجار الذي أرسل حزمة طلب المسار وبعض المعلومات الإضافية [2].

✓ لإيجاد المسارات المتعددة الناتجة عن انفكك الرابط فإن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يضيف حقل جديد في حزم الرد على طلب المسار يسمى أول قفزة الذي يشير إلى أول جار لعقدة المصدر استقبل الحزمة [2]. أيضاً تحتفظ كل عقدة بقائمة تسمى قائمة أول قفزة تتعقب

من خلالها جيران عقدة المصدر الذين أرسلوا حزم طلب المسار حيث إن نسخة واحدة فقط من الحزمة يعاد بثها بثاً عاماً" لكن يتم الاحتفاظ في الذاكرة بالجيران الذين أرسلوا حزم طلب المسار من أجل أول قفزة مختلفة وهذا يسمح للعقدة الوسيطة أن تعرف المسارات المتعددة الناتجة عن انفكك العقدة التي تؤدي إلى المصدر [2]. يستجيب الهدف ل K نسخة من حزم طلب المسار التي تصل من قبل نفس الجار بحزم الرد على طلب المسار في المسار العكسي الموافق حيث تستقبل كل عقدة وسيطة هذه الحزمة، تختار جار من جدول توجيهها وترسل له حزمة الرد على طلب المسار [2]. عندما يتم استقبال حزم الرد على طلب المسار من قبل نفس العقدة، فهذه العقدة تكون مسؤولة عن إرسال كل حزمة إلى جار مختلف حيث تتبع حزم الرد على طلب المسار المسار الناتج عن انفكك الرابط [2]. وبالتالي خلال عملية اكتشاف المسار فإن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يمتلك حمولة بالرسائل أعلى بسبب الاغراق المتزايد كونه بروتوكول توجيه متعدد المسارات وبالتالي فإن الهدف يرد على حزم طلب المسار المتعددة وهذا ينتج حمولة أعلى [17].

✓ تتوصل إلى نتيجة إلى أن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يمتلك مكونين أساسيين وهما:

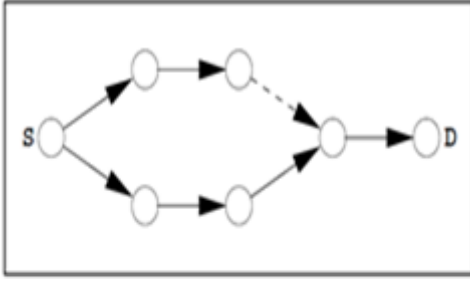
- قاعدة تحديث المسار لتأسيس وصيانة مسارات متعددة خالية من الحلقات في كل عقدة [2].

- بروتوكول موزع لإيجاد المسارات الناتجة عن انفكك الرابط [2].

✓ كما يمتلك بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص تقنيتين: اكتشاف المسار وصيانة المسار [18].

اكتشاف المسار:

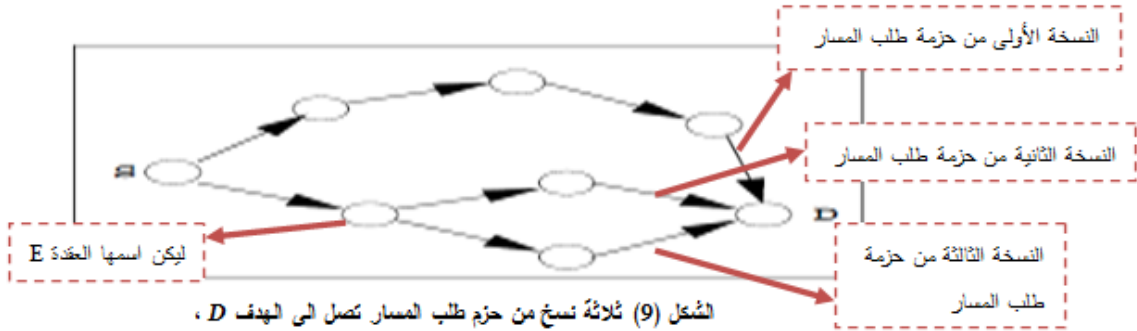
✓ عملية اكتشاف المسار مشابهة لتلك المستخدمة في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص [18]. انها تبدأ عندما تريد عقدة المصدر إرسال بعض البيانات إلى عقدة الهدف فإذا لم يكن هناك مسار إلى الهدف فإن عقدة المصدر تعتمد على إرسال حزمة طلب المسار ولكن مع المعلومات المضافة إلى المعلومات المستخدمة في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص وهذه المعلومات الإضافية هي عدد القفزات المعلن ويتم استخدامه لصيانة مسارات متعددة تمتلك نفس الرقم التسلسلي حيث يتم تهيئة هذا الحقل بكل فترة زمنية يتم فيها تحديث الرقم التسلسلي لمدخل المسار بالإضافة إلى زمن الانتهاء، عدد القفزات، آخر قفزة، القفزة التالية المستخدمة لفحص مبدأ الانفكك للمسارات البديلة والفائدة من هذه المعلومات الإضافية لضمان الخلو من الحلقات ولحساب المسارات الناتجة عن انفكك الرابط وانفكك العقدة ويمكن القول بأن بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص يستخدم نظريات متعددة لضمان مفهوم الخلو من الحلقات للمسارات حيث يحتفظ فقط بالمسار من أجل أعلى رقم تسلسلي للهدف ومع نفس الرقم التسلسلي للهدف [18] [19]. وبالتالي هناك تغييرات متعددة ضرورية في تقنية اكتشاف المسار لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص الأساسية هو أن تتمكن من احصاء المسارات المتعددة الناتجة عن انفكك الرابط بين أزواج المصدر والهدف كما أنه بإمكان أي عقدة وسيطة A على المسار بين عقدة المصدر S وعقدة الهدف D أن تشكل مسارات متعددة إلى الهدف D وهذا ما يجعل عدد كبير من المسارات متوفرة بين S و D [19].



الشكل (8) النسخة الثانية لحزمة طلب المسار يتم إرسالها عبر الرابط المنقطع في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسارات المتعددة الخاص حيث يتم تشكيل مسار عكسي عبر القفزة السابقة عند إرسال حزمة الرد على طلب المسار بينما في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسار الوحيد الخاص فإنه يتم تجاهل النسخة الثانية لحزمة طلب المسار و لا يتم إرسالها .

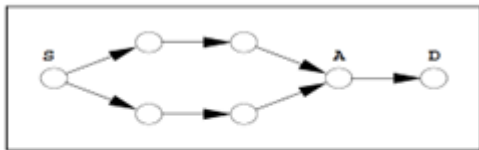
كما ذكرنا سابقاً بأنه في اجرائية اكتشاف المسار فإن المسار العكسي يتم اعداده رجوعاً إلى عقدة المصدر بواسطة المسار نفسه الذي تسلكه حزمة طلب المسار فاذا كانت النسخ المطابقة لحزمة طلب المسار الاتية عبر مسارات مختلفة قد تم تجاهلها كما في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص فإن مسار عكسي واحد فقط يمكن أن يتم تشكيله [19]. ولتشكيل مسارات متعددة فإن كل النسخ المطابقة لحزمة طلب المسار الواصلة إلى عقدة يتم فحصها (لكن لا يتم بثها) حيث تحدد كل نسخة مطابقة مسار بديل وهذا ما يحدث في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص كما في الشكل (8) [19]:

على أية حال يمكن ألا تكون كل من هذه المسارات البديلة ناتجة عن الانفكاك ويبين الشكل التالي (9) ثلاث نسخ من حزم طلب المسار الواصلة إلى الهدف D، اثنين منهم آتية بواسطة المسارات الناتجة عن الانفكاك [19].



الشكل (9) ثلاثة نسخ من حزم طلب المسار تصل الى الهدف D ، اثنين منهم آتية بواسطة المسارات الناتجة عن الانفكاك

وهكذا نميز بين حزم طلب المسار المطابقة التي تأتي بواسطة المسارات الناتجة عن الانفكاك وبين تلك التي لم تأتي بواسطة ذلك حيث نلاحظ من الشكل (9) أن نسخ حزم طلب المسار التي تصل إلى الهدف D بواسطة المسارات الناتجة عن انفكاك العقدة ينبغي أن تأخذ قفزات أولى مختلفة عن المصدر S وبالتالي عندما تجتمع المسارات الخاصة بهم مرة ثانية في عقدة أخرى فإن النسخة التي تصل لاحقاً في تلك العقدة سوف لن تبث فيما بعد كما في الشكل التالي (10) ولهذا كل مسارات حزمة طلب المسار بين أي زوج من العقد بقفزات أولى فريدة يضمن بأنها تكون ناتجة عن الانفكاك لأن معلومات أول قفزة تكون مضمنة في حزمة طلب المسار كحقل اضافي حيث تذكر كل عقدة أول قفزة لكل حزمة طلب مسار في قائمة أول قفزة تم رؤيتها مع نفس معرف المصدر ونفس معرف البث العام [19]. بمعنى أن النسختين الثانية والثالثة لحزمة طلب المسار عندما تصلان إلى عقدة الهدف D فإن عقدة الهدف تتذكر أن هاتين النسختين لهما نفس معرف المصدر وهو العقدة S ونفس معرف البث العام وهو العقدة التي تم تسميتها E وبالتالي احدهما لن يتم بثها فيما بعد. في الشكل التالي (10) تم المرور أيضاً بعقدة وسيطة وهي العقدة A قبل الوصول إلى عقدة الهدف.

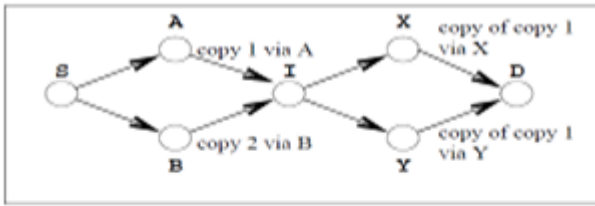


الشكل (10) اثنين من حزم طلب المسار تصل الى الهدف D وهي آتية بواسطة المسارات الناتجة عن الانفكاك .

وبالتالي يتم دائماً تشكيل المسارات العكسية عندما

تكون أول قفزة فريدة وكل هذه المسارات العكسية يمكن أن تستخدم لبت حزم متعددة من حزم الرد على طلب المسار باتجاه المصدر حيث إن مسارات أمامية متعددة يمكن أن يتم تشكيلها بالإضافة إلى أن هذه المسارات هي عبارة عن مسارات ناتجة عن انفكاك العقدة وعلى أية حال كما في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص النظامي فإنه يتم إرسال فقط النسخة الأولى من حزم طلب المسار وبالتالي لا يوجد حمولة بالتوجيه اضافية [19].

✓ و أخيراً لكي يتم الحصول على مسارات ناتجة عن انفكاك الرابط (التي يمكن أن تكون أكثر من المسارات الناتجة عن انفكاك العقدة) فإن عقدة الهدف تتبنى سياسة الرد الأوسع حيث إنها تجيب على k نسخة من حزمة طلب المسار التي تصل من قبل جيران مختلفة وبالتالي يضمن الجيران الفريدة مبدأ عدم انفكاك الرابط (لا يوجد عقد مشتركة) في أول قفزة من حزمة الرد على طلب المسار [19]. ما بعد القفزة الأولى تتبع حزمة الرد على طلب المسار العكسي الذي قد سبق وتم اعداده بشكل مسبق الناتج عن انفكاك العقدة (



الشكل (11) النسخة الثانية لحزمة طلب المسار المارة من العقدة B يتم إيقافها في العقدة I. نسختين من النسخة الأولى لحزمة طلب المسار تصل إلى D وكلاهما يتم الإجابة عليهما من قبل D على الرغم من أنهما يشتركان بنفس القفزة الأولى. يتم دمج المسارات العكسية في العقدة I ثم تنقسم مرة ثانية لتكون مسارات ناتجة عن انفكاك الرابط .

وانفكاك الرابط) وبالتالي كل حزمة رد على طلب مسار تصل إلى عقدة وسيطة فإنها تأخذ مسار عكسي مختلف عندما تتوفر بشكل مسبق مسارات متعددة [19].

نلاحظ من الشكل التالي (11) أن النسخة الثانية من حزمة طلب المسار المارة من العقدة B سوف يتم إيقافها في العقدة الوسيطة I. على أية حال نسختين من النسخة الأولى لحزمة طلب المسار سوف

تصل إلى عقدة الهدف D وكلاهما سوف يتم الإجابة عليهما من قبل عقدة الهدف D على الرغم من أنهما يشتركان بنفس القفزة الأولى (أول قفزة) ويتم دمج المسارات العكسية في العقدة الوسيطة I ثم تنقسم مرة ثانية لتكون مسارات ناتجة عن انفكاك الرابط في مثالنا $K=3$.

صيانة المسار:

عندما يتعطل الرابط بسبب التغيير بتكنولوجيا الشبكة فإن العقد الوسيطة تعلم المسار على أنه غير متوفر بواسطة إرسال حزمة خطأ المسار إلى عقدة المصدر كما في بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار الوحيد الخاص أما في حالة بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسار المتعددة الخاص فإنه يستخدم مسارات بديلة مخزنة في العقدة بدلا من البدء بعملية اكتشاف المسار من عقدة المصدر إلى أن تصل إلى عقدة الهدف عندما يحدث فشل بالرابط وبالتالي عملية اكتشاف المسار لا يتم القيام بها الا عندما تتعطل كافة المسارات إلى هدف معين وبشكل اضافي ترسل كل عقدة بشكل دوري رسائل ترحيب لكي يتم فحص التوفرية للمسار [18].

2. النظام المقترح والمحاكاة:

سوف نقوم بتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من ناحية مقاييس أداء مختلفة ومنها: التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير ومن أجل عدد من العقد 5، 10، 50. حيث تم استخدام محاكي الشبكات ال NS2 version 2.35 وتم توليد الخطوط البيانية باستخدام ال X-graph وتحليلها باستخدام الأداة Tracegraph202Linux.

```

# f0,f1,f2,f3,f4 represent the throughput of five nodes
puts $f0 "show [expr (($bw0+$holdrate0)*8)/(2*$time)]"
puts $f1 "show [expr (($bw1+$holdrate1)*8)/(2*$time)]"
puts $f2 "show [expr (($bw2+$holdrate2)*8)/(2*$time)]"
puts $f3 "show [expr (($bw3+$holdrate3)*8)/(2*$time)]"
puts $f4 "show [expr (($bw4+$holdrate4)*8)/(2*$time)]"

# f5,f6,f7,f8,f9 represent the packet_loss of five nodes
puts $f5 "show [expr $bw5/$time]"
puts $f6 "show [expr $bw6/$time]"
puts $f7 "show [expr $bw7/$time]"
puts $f8 "show [expr $bw8/$time]"
puts $f9 "show [expr $bw9/$time]"

# f10,f11,f12,f13,f14 represent the delay of five nodes
if { $bw11 > $holdseq0 } {
    puts $f10 "show [expr ($bw10 - $holdtime0)/($bw11 - $holdseq0)]"
} else {
    puts $f10 "show [expr ($bw11 - $holdseq0)]"
}

if { $bw13 > $holdseq1 } {
    puts $f11 "show [expr ($bw12 - $holdtime1)/($bw13 - $holdseq1)]"
} else {
    puts $f11 "show [expr ($bw13 - $holdseq1)]"
}
    
```

يبين الشكل التالي (12) مقاطع من الكود (ملف.tcl) الخاصة بحساب التدفق من أجل خمس عقد وبنفس الطريقة يتم حساب التدفق من أجل عشر عقد ومن أجل خمسين عقدة.

الشكل (12) مقاطع من الكود (aomdv5.tcl) الخاصة بحساب التدفق لخمس عقد

```

# f5,f6,f7,f8,f9 represent the packet_loss of five nodes
puts $f5 "show [expr $bw5/$time]"
puts $f6 "show [expr $bw6/$time]"
puts $f7 "show [expr $bw7/$time]"
puts $f8 "show [expr $bw8/$time]"
puts $f9 "show [expr $bw9/$time]"

# f10,f11,f12,f13,f14 represent the delay of five nodes
if { $bw11 > $holdseq0 } {
    puts $f10 "show [expr ($bw10 - $holdtime0)/($bw11 - $holdseq0)]"
} else {
    puts $f10 "show [expr ($bw11 - $holdseq0)]"
}

if { $bw13 > $holdseq1 } {
    puts $f11 "show [expr ($bw12 - $holdtime1)/($bw13 - $holdseq1)]"
} else {
    puts $f11 "show [expr ($bw13 - $holdseq1)]"
}
    
```

يبين الشكل التالي (13) مقاطع من الكود الخاصة بحساب معدل فقدان حزم البيانات من أجل خمس عقد وبنفس الطريقة يتم حساب معدل فقدان حزم البيانات من أجل عشر عقد ومن أجل خمسين عقدة.

الشكل (13) مقاطع من الكود (aomdv5.tcl) الخاصة بحساب معدل فقدان حزم البيانات لخمس عقد.

```

# f10,f11,f12,f13,f14 represent the delay of five nodes
if { $bw11 > $holdseq0 } {
    puts $f10 "show [expr ($bw10 - $holdtime0)/($bw11 - $holdseq0)]"
} else {
    puts $f10 "show [expr ($bw11 - $holdseq0)]"
}

if { $bw13 > $holdseq1 } {
    puts $f11 "show [expr ($bw12 - $holdtime1)/($bw13 - $holdseq1)]"
} else {
    puts $f11 "show [expr ($bw13 - $holdseq1)]"
}

if { $bw15 > $holdseq2 } {
    puts $f12 "show [expr ($bw14 - $holdtime2)/($bw15 - $holdseq2)]"
} else {
    puts $f12 "show [expr ($bw15 - $holdseq2)]"
}
    
```

يبين الشكل التالي (14) مقاطع من الكود الخاصة بحساب التأخير من أجل خمس عقد وبنفس الطريقة يتم حساب التأخير من أجل عشر عقد ومن أجل خمسين عقدة.

الشكل (14) مقاطع من الكود (aomdv5.tcl) الخاصة بحساب التأخير لخمس عقد

1.2 معلمات المحاكاة لخمس عقد:

الجدول (2) معلمات المحاكاة لخمس عقد

البارامترات	القيم	
بروتوكول التوجيه	بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص	يبين الجدول التالي (2) بارامترات المحاكاة لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص لخمس عقد.
عدد العقد	5	
نوع بروتوكول التحكم بالوصول إلى الوسط MAC Type	MAC/802_11	

البارامترات	القيم
نموذج التوليد Propagation Model	Two Ray Ground[22]
زمن المحاكاة Simulation Time	60 sec
حجم بيئة المحاكاة Environment Size	800x400
نوع البيانات Traffic Type	CBR:Constant Bit Rate
حجم الباكييت Packet size	1000 Bytes
معدل الباكييتات Packet Rate	600 kb
السرعة الأعظمية Maximum Speed	50.100.1000.10000 m/s
نموذج الحركة Mobility Model	Random waypoint[21]
نوع الهوائي Antenna Type	Omni-Antenna[23]

2.2 معلمات المحاكاة لعشر عقد:

الجدول (3) معلمات المحاكاة لعشر عقد

البارامترات	القيم
بروتوكول التوجيه	بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسارات المتعددة الخاص
عدد العقد Number of nodes	10
نوع بروتوكول التحكم بالوصول إلى الوسط MAC Type	MAC/802_11
نموذج التوليد Propagation Model	Two Ray Ground [22]
زمن المحاكاة Simulation Time	60 sec
حجم بيئة المحاكاة Environment Size	800x400
نوع البيانات Traffic Type	CBR:Constant Bit Rate
حجم الباكييت Packet size	1000 Bytes
معدل الباكييتات Packet Rate	600 kb
السرعة الأعظمية Maximum Speed	50.100.150.450.500.550.1000.10000 m/s
نموذج الحركة Mobility Model	Random waypoint [21]
نوع الهوائي Antenna Type	Omni-Antenna[23]

يبين الجدول (3) بارامترات المحاكاة لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسارات المتعددة الخاص لعشر عقد.

3.2 معلمات المحاكاة لخمسين عقدة:

الجدول (4) معلمات المحاكاة لخمسين عقدة

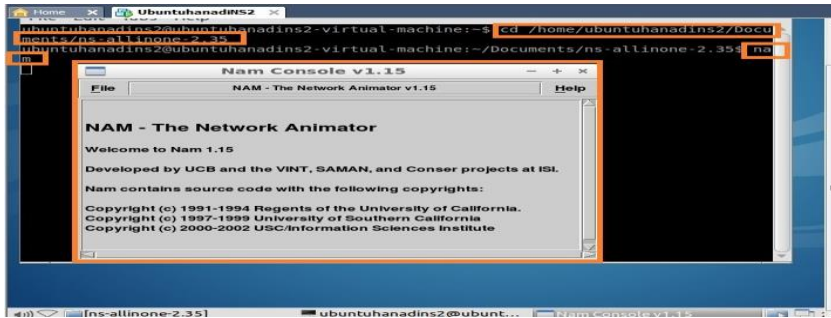
البارامترات	القيم
بروتوكول التوجيه	بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسارات المتعددة الخاص
عدد العقد Number of nodes	50

يبين الجدول (4) بارامترات المحاكاة لبروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب و ذو المسارات المتعددة الخاص لخمسين عقدة.

البارامترات	القيم	
نوع بروتوكول التحكم بالوصول إلى الوسط MAC Type	MAC/802_11	شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص معلمات المحاكاة ل 5 عقد
نموذج التوليد Propagation Model	Two Ray Ground[22]	
زمن المحاكاة Simulation Time	60 sec	
حجم بيئة المحاكاة Environment Size	800x400	
نوع البيانات Traffic Type	CBR:Constant Bit Rate	
حجم الباكيث Packet size	1000 Bytes	
معدل الباكيثات Packet Rate	600 kb	
السرعة الأعظمية Maximum Speed	50.80.100.350.345.400.450.500.550.501.502.503.560. .600.700.750.900.950.1000.5000.9000.10000.70000 m/s	
نموذج الحركة Mobility Model	Random waypoint[21]	
نوع الهوائي Antenna Type	Omni-Antenna[23]	

3. بيئة المحاكاة:

1.3 التبولوجيا لشبكة مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV باستخدام محاكي الشبكات:



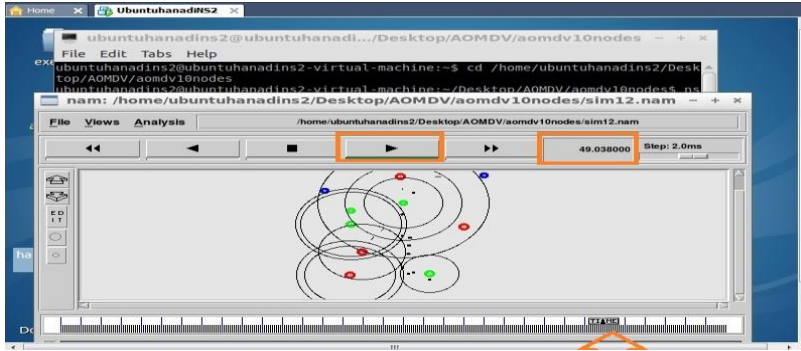
الشكل (15) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV



الشكل (16) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV

تبين الأشكال التالية (15) و(16) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم هو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

2.3 التبولوجيا لشبكة مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV باستخدام محاكي الشبكات:

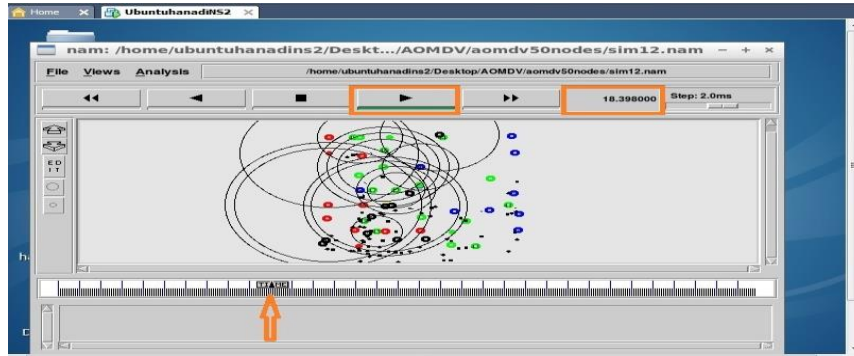


يبين الشكل التالي (17)

سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم هو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

الشكل (17) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV

3.3 التبولوجيا لشبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم AOMDV باستخدام محاكي الشبكات:



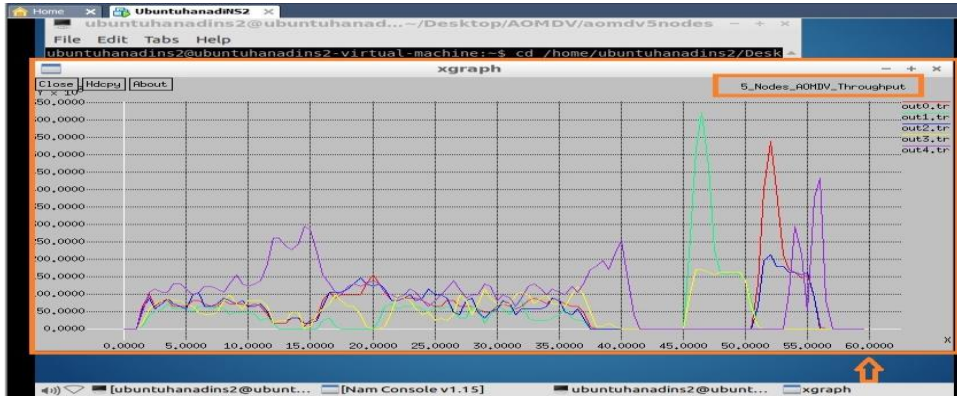
يبين الشكل التالي

(18) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم هو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

الشكل (18) سيناريو لمحاكاة تبولوجيا مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم AOMDV

4. النتائج والمناقشة:

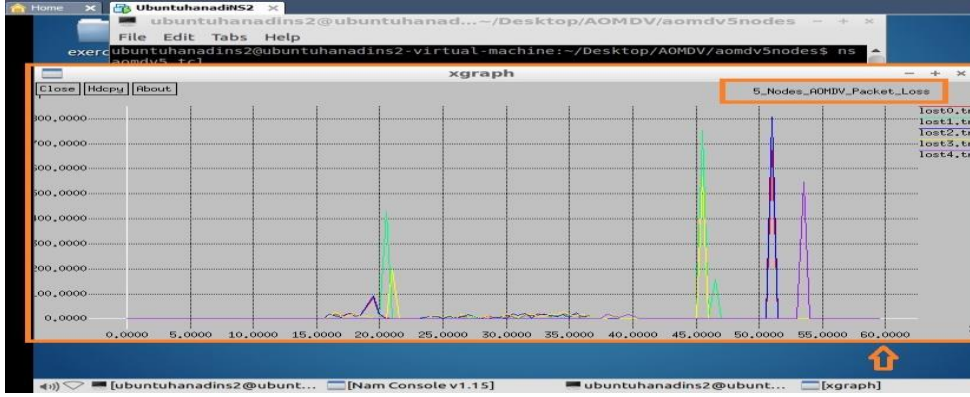
تم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص باستخدام مقاييس الأداء المذكورة سابقا" وذلك في شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة والبيانات التي يتم إرسالها عبر الشبكة هي بيانات ذات معدل بتات ثابت وحجم الشبكة هو 800x400.



تبين

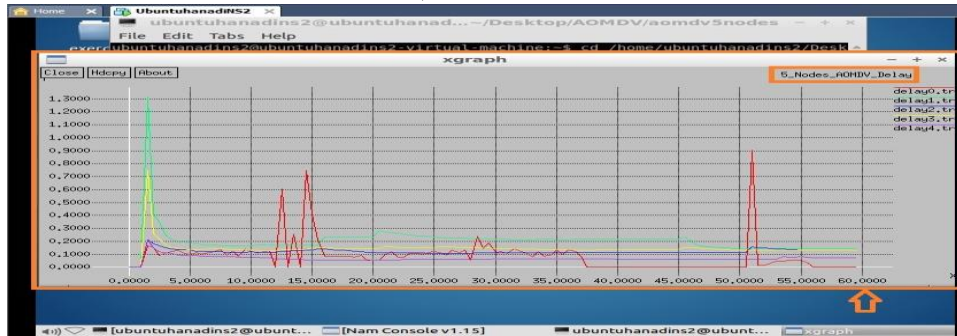
الأشكال (19) و(20) والتدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير على التوالي في شبكة مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم هو

الشكل (19) التدفق لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV



بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

الشكل (20) معدل فقدان حزم البيانات لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV



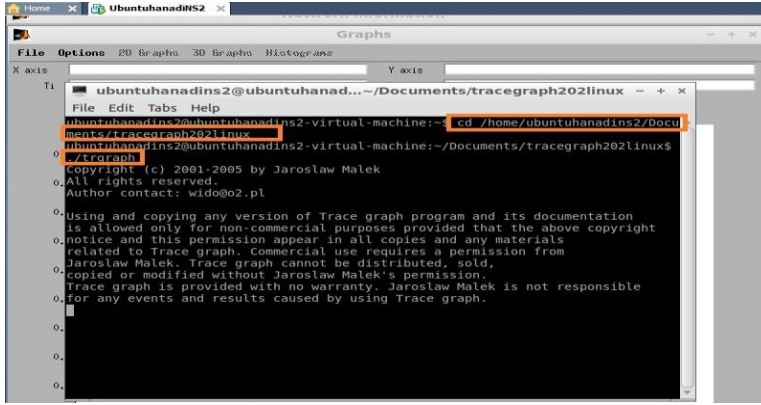
الشكل (21) التأخير لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمس عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV

والجدول (5) يبين التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير في شبكة مؤلفة من خمس عقد وهذه النتائج تم الحصول عليها من ملفات ال.tr الخاصة بالتدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير حيث لكل عقدة ملف وذلك بجمع القيم وإيجاد المتوسط Average.

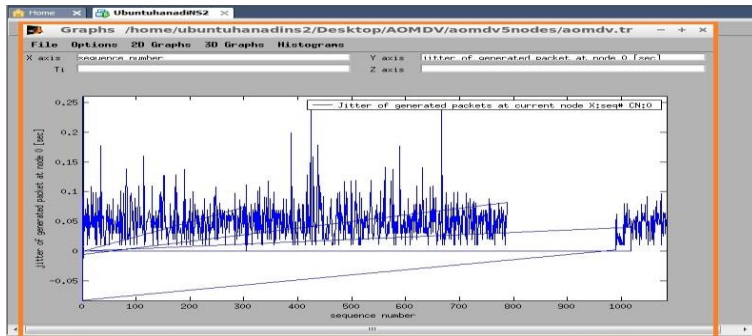
الجدول (5) التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة من العقد الخمس في شبكة مؤلفة من خمس عقد

Number of Node	التدفق Throughput	معدل فقدان حزم البيانات Packet_Loss	التأخير Delay
Source0 or Node0	63376	9.9	0.0877835
Source1 or Node1	47328	12.86667	0.202861484
Source2 or Node2	56576	11.15	0.118738
Source3 or Node3	51952	10.03333	0.143426
Source4 or Node4	101320	5.116667	0.067256
	Average	Average	Average

ويمكن استخدام الأداة Linux Tracegraph202 للحصول على jitter في شبكة مؤلفة من خمس عقد. حيث يبين الشكل (22) المسار الذي يتم من خلاله الوصول للأداة Tracegraph202Linux بعد أن تم تنصيبها والتعليمة التي يتم من خلالها تشغيل هذه الأداة.

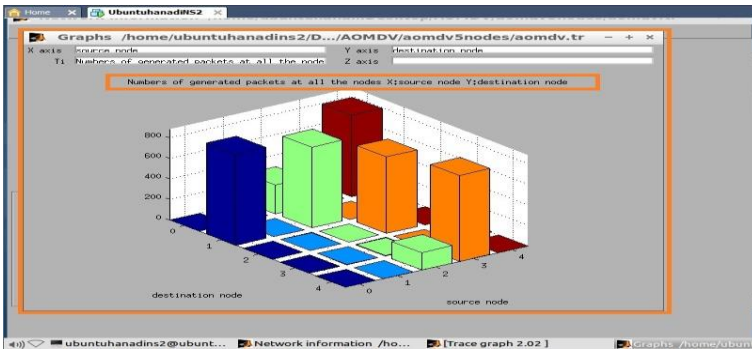


الشكل (22) Step1



الشكل (23) jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number

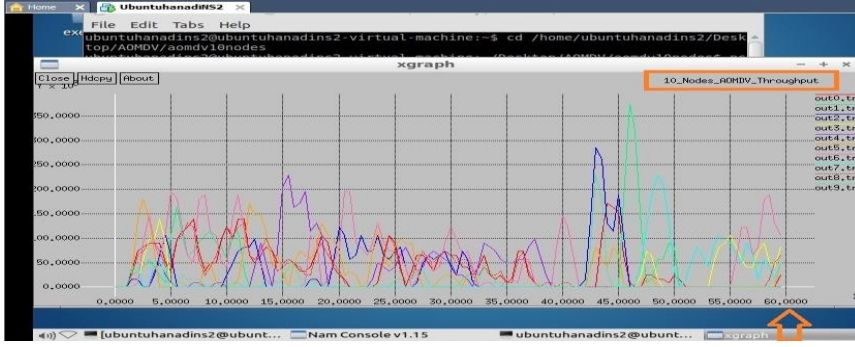
الشكل (23) يبين الخط البياني ل jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 2D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والناتج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.



الشكل (24) أعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد.

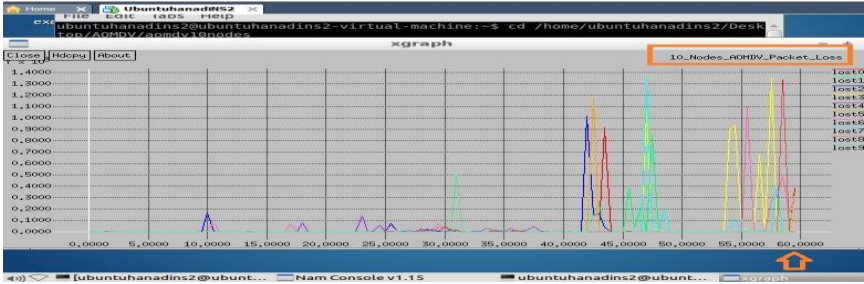
الشكل (24) يبين الشكل ثلاثي الأبعاد لأعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 3D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمس عقد (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والناتج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.

كما تم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص باستخدام مقاييس الأداء المذكورة سابقاً وذلك في شبكة مؤلفة من عشر عقد والبيانات التي يتم إرسالها عبر الشبكة هي بيانات ذات معدل بتات ثابت وحجم الشبكة هو 800x400.

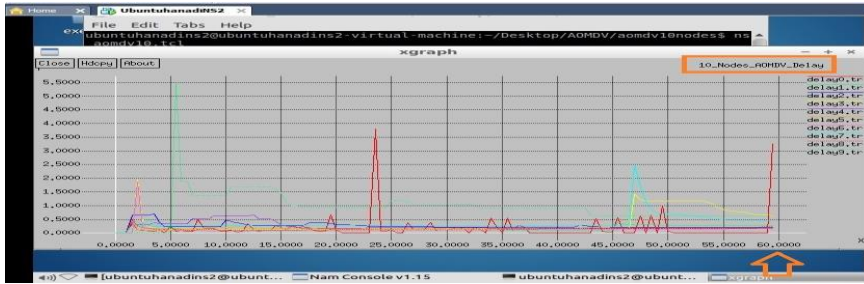


الشكل (25) التدفق لكل عقدة في شبكة مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV

تبين الأشكال (25) و(26) و(27) التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير على التوالي في شبكة مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم هو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.



الشكل (26) معدل فقدان حزم البيانات لكل عقدة في شبكة مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV



الشكل (27) التأخير لكل عقدة في شبكة مؤلفة من عشر عقد والبروتوكول المستخدم AOMDV

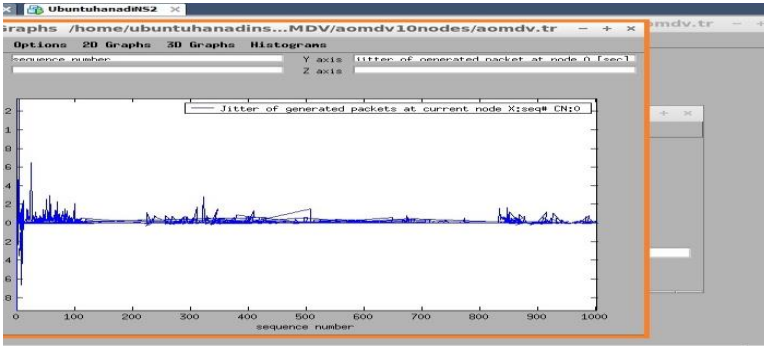
والجدول التالي (6) يبين التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير في شبكة مؤلفة من عشر عقد وهذه النتائج تم الحصول عليها من ملفات الـ tr الخاصة بالتدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير حيث لكل عقدة ملف وذلك بجمع القيم وإيجاد المتوسط Average.

الجدول (6) التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير من أجل كل عقدة من العقد العشر في شبكة مؤلفة من عشر عقد

Number of Node	Throughput	Packet_Loss	Delay
Source0 or Node0	40936	12.25	0.174406151
Source1 or Node1	22916	12.5	0.16786
Source2 or Node2	30192	14	0.25196
Source3 or Node3	12920	42.33333	0.332248
Source4 or Node4	28832	4.6	0.244072

Number of Node	Throughput	Packet_Loss	Delay			
Source5 or Node5	Average	Average	Average			
Source6 or Node6				29920	12.76667	0.172233
Source7 or Node7				52700	25.55	0.126968
Source8 or Node8				18768	18.5	0.359135
Source9 or Node9				34272	12.93333	0.144564
Source9 or Node9	9384	8	0.913862			

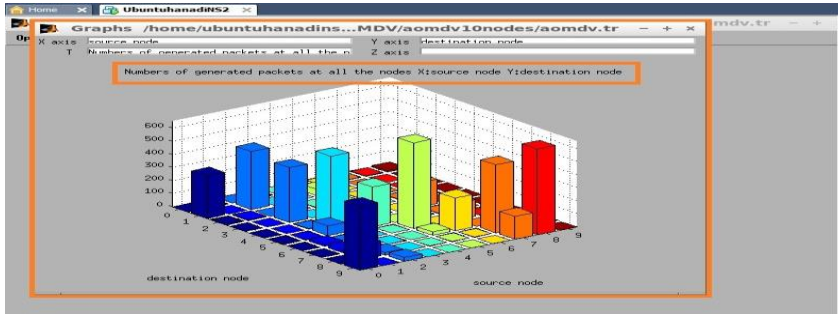
ويمكن استخدام الأداة Tracegraph202Linux للحصول على jitter في شبكة مؤلفة من عشر عقد.



الشكل (28) jitter of generated packets at node 0 && Sequence number

يبين الشكل (28) الخط

البياني ل jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 2D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من عشر عقد (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والنتائج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.

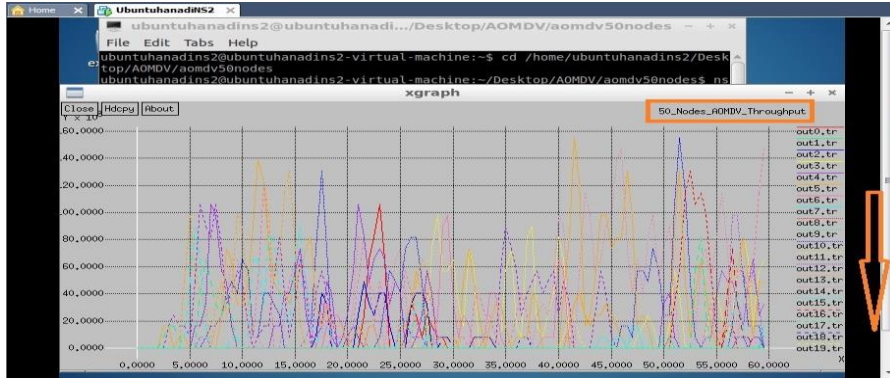


الشكل (29) أعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد.

الشكل (29) فيبين

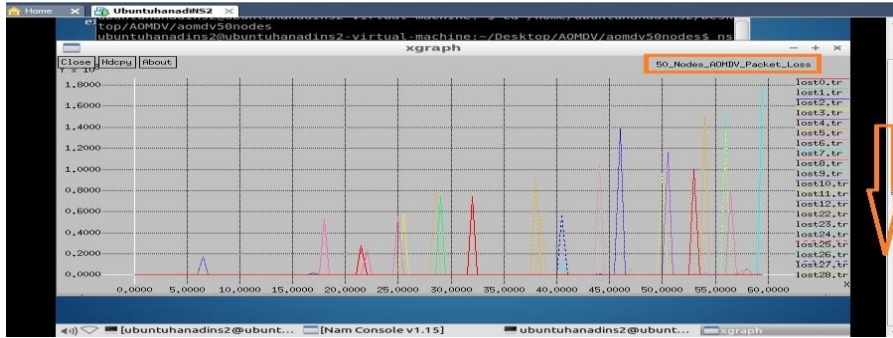
الشكل ثلاثي الأبعاد لأعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 3D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من عشر عقد (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والنتائج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.

وتم أيضا دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص باستخدام مقياس الأداء المذكورة سابقا" وذلك في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبيانات التي يتم إرسالها عبر الشبكة هي بيانات ذات معدل بتات ثابت وحجم الشبكة هو 800x400.

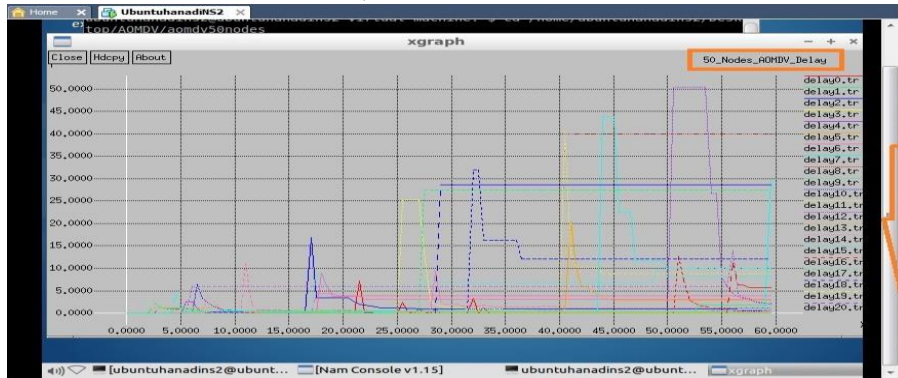


تبيين الأشكال (30) و(31) و(32) التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير على التوالي في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم هو بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص.

الشكل (30) التدفق لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم AOMDV



الشكل (31) معدل فقدان حزم البيانات لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم AOMDV



الشكل (32) التأخير لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبروتوكول المستخدم AOMDV

و الجدول (7) يبين التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة وهذه النتائج تم الحصول عليها من ملفات ال.tr الخاصة بالتدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير حيث لكل عقدة ملف وذلك بجمع القيم وايجاد المتوسط Average.

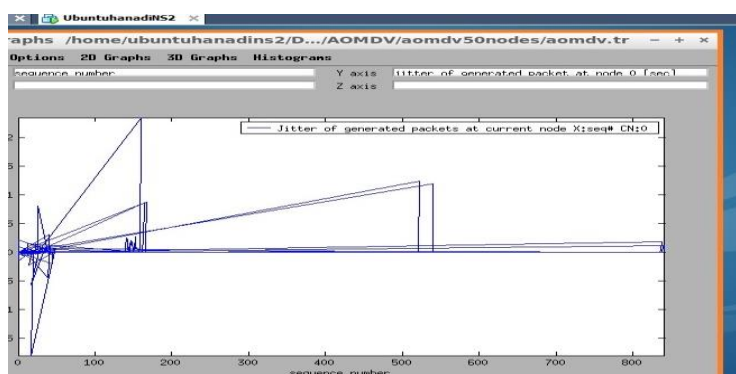
الجدول (7) التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير من أجل كل عقدة من العقد التي عددها خمسين في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة

Number of Node	Throughput	Packet_Loss	Delay
Source0 or Node0	4216	8.5	0.137475
Source1 or Node1	0	0	0

Number of Node	Throughput		Packet_Loss		Delay	
Source2 or Node2	Average	3808	Average	0.133333	Average	1.018254
Source3 or Node3		0		0		0
Source4 or Node4		0		0		0
Source5 or Node5		2176		0.183333		1.198223
Source6 or Node6		952		6.4		2.271845
Source7 or Node7		136		14.78333		0.24782
Source8 or Node8		0		0		0
Source9 or Node9		0		0		0
Source10 or Node10		19176		13.01667		0.47577
Source11 or Node11		15164		4.9		1.367188
Source12 or Node12		3740		10.38333		3.702807
Source13 or Node13		0		0		0
Source14 or Node14		0		0		0
Source15 or Node15		816		1.333333		5.028977
Source16 or Node16		6392		11.41667		0.359326
Source17 or Node17		136		5.766667		14.84581
Source18 or Node18		408		8.6		6.21404
Source19 or Node19		0		0		0
Source20 or Node20		18632		11.31667		0.307012
Source21 or Node21		13464		0.016667		0.24742
Source22 or Node22		16116		12.81667		0.493365
Source23 or Node23		0		0		0
Source24 or Node24		136		0.916667		13.01486
Source25 or Node25		0		0		0
Source26 or Node26		0		0		0
Source27 or Node27		680		4.75		3.211919
Source28 or Node28		3536		11.65		5.230945
Source29 or Node29		0		0		0
Source30 or Node30		27744		8.466667		0.485298
Source31 or Node31		0		0		0
Source32 or Node32		0		0		0
Source33 or Node33		0		0		0
Source34 or Node34		0		0		0
Source35 or Node35		0		0		0
Source36 or Node36		14008		8.516667		0.366801

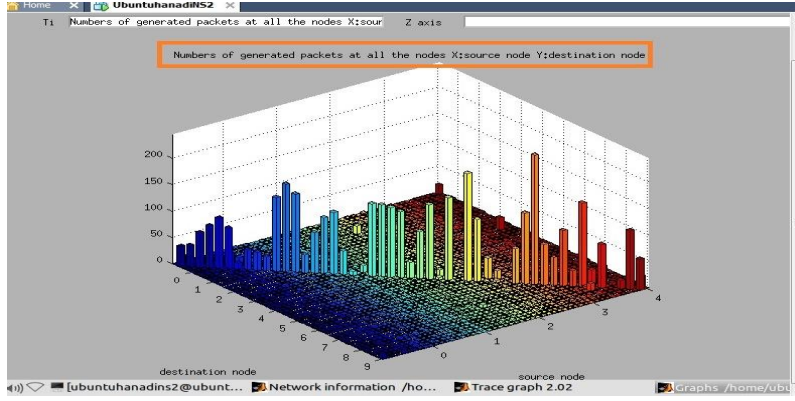
Number of Node	Throughput	Packet_Loss	Delay
Source37 or Node37	33116	0.866667	0.370459
Source38 or Node38	4488	11.48333	0.777363
Source39 or Node39	680	8.683333	3.902915
Source40 or Node40	1360	12.68333	0.436313
Source41 or Node41	4148	8.35	0.613948
Source42 or Node42	136	6.183333	14.77788
Source43 or Node43	0	0	0
Source44 or Node44	0	0	0
Source45 or Node45	0	0	0
Source46 or Node46	680	0	2.776866
Source47 or Node47	8976	11.36667	0.440827173
Source48 or Node48	0	0	0
Source49 or Node49	0	0	0

نلاحظ من الجدول السابق (7) أن هناك العديد من العقد التي تكون فيها قيمة التدفق تساوي إلى الصفر وبالتالي يمكن اعتبار هذه العقد عقد صامتة وهذه العقد تشكل مشكلة في الشبكات الخاصة المتنقلة لأنها لا تشارك في عملية اكتشاف المسار ولا تتعاون بتوجيه الباقيات إلى العقد الأخرى وبالتالي تسبب تدميرا في الجلسات التي يتم فيها إرسال البيانات ذات معدل البتات الثابت. لحل مشكلة العقد الصامتة في الشبكات الخاصة المتنقلة فإن هناك العديد من الدراسات لحل هذه المشكلة وكان من ضمن هذه الحلول التقنية (Reliable Dynamic Source RDSR-V Routing for video) وهذه التقنية تدعم إرسال الفيديو (ذو معدل البتات المتغير) عبر الشبكات الخاصة المتنقلة حيث تشجع العقد الصامتة على أن تتعاون فيما بينها عن طريق مكافئة العقد المتعاونة واعتمادا على قيم السمعة يتم اختيار المسار الأفضل بحيث نؤمن جودة خدمة جيدة [18]. ويمكن استخدام الأداة Tracegraph202Linux للحصول على jitter في شبكة مؤلفة من خمسين عقدة.



الشكل (33) jitter of generated packets at node 0 && Sequence number

يبين الشكل (33) الخط البياني ل jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 2D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمسين عقدة (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والناتج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.



الشكل (34) أعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد.

الشكل (34) يبين الشكل

ثلاثي الأبعاد لأعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 3D Graphs ضمن بيئة الأداة بعد أن تم فتح الملف الخاص بشبكة مؤلفة من خمسين عقدة (aomdv.tr) والذي امتداده (.tr) والناتج عن تنفيذ المحاكاة حيث زمن المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.

5. الخاتمة:

تم في الجزء الأول من هذه المقالة دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من ناحية مقاييس أداء مختلفة ومنها: التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير أو الاختلاف في أزمنة وصول حزمة البيانات من أجل شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة والبيانات المرسل ذات معدل بتات ثابت وحجم الشبكة هو 800x400 وذلك بتنفيذ سيناريوهات باستخدام محاكي الشبكات NS2 الهدف منها الحصول على قيم التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة في حالة شبكة مؤلفة من خمس عقد والخطوط البيانية لكل من التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة أما في الجزء الثاني من المقالة فتم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص في حالة شبكة مؤلفة من عشر عقد حيث تم الحصول على قيم التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة وأما في الجزء الثالث من المقالة فتم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص في حالة شبكة مؤلفة من خمسين عقدة حيث تم الحصول على قيم التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة وفي الجزء الأخير من المقالة فتم دراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من خلال رسم الخط البياني للتباين في التأخير jitter of generated packets at node 0 vs Sequence number وذلك في شبكة مؤلفة من خمس عقد وشبكة مؤلفة من عشر عقد وشبكة مؤلفة من خمسين عقدة باستخدام الأداة Tracegraph202Linux وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 2D Graphs ضمن بيئة الأداة وأيضاً تم تقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص بشكل ثلاثي الأبعاد من ناحية أعداد حزم البيانات المولدة في كل العقد وذلك في شبكة مؤلفة من خمس عقد وشبكة مؤلفة من عشر عقد وشبكة مؤلفة من خمسين عقدة وهذا البارامتر تم اختياره من القائمة 3D Graphs ضمن بيئة الأداة حيث إن زمن تنفيذ المحاكاة 60 ثانية والبيانات ذات معدل بتات ثابت.

6. الأعمال المستقبلية:

يمكن أن ن فكر مستقبلا" بالقيام بدراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص من ناحية مقاييس أداء مختلفة ومنها: التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير والتباين في التأخير أو الاختلاف في أزمنة وصول حزمة البيانات من أجل شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة ولكن البيانات المرسله ذات معدل بتات متغير(الفيديو) وذلك بتنفيذ سيناريوهات باستخدام محاكي الشبكات NS2 والحصول على الخطوط البيانية لكل من التدفق ومعدل فقدان حزم البيانات والتأخير لكل عقدة في شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة بالإضافة إلى أنه يمكن استخدام الأداة Tracegraph202Linux لتحليل ملفات ال trace file الناتجة عن تنفيذ المحاكاة من ناحية بارامترات أخرى من أجل شبكة مؤلفة من خمس عقد وعشر عقد وخمسين عقدة والبيانات المرسله ذات معدل بتات متغير(الفيديو) ومقارنتها مع النتائج التي تم التوصل إليها في هذه المقالة كما يمكن القيام مستقبلا" بدراسة وتقييم أداء بروتوكول توجيه شعاع المسافة عند الطلب وذو المسارات المتعددة الخاص والحصول على الخطوط البيانية لبارامترات أخرى ضمن الأداة Tracegraph202Linux غير التي تم ذكرها في هذه المقالة وذلك في شبكة مؤلفة من خمس عقد وشبكة مؤلفة من عشر عقد وشبكة مؤلفة من خمسين عقدة والبيانات المرسله ذات معدل بتات ثابت ومن هذه البارامترات في القائمة 2D Graphs:

jitter of sent packets at node 0, jitter of received packets at node 0, jitter of forwarded packets at node 0, jitter of dropped packets at node 0, jitter of all the generated packets, jitter of all the sent packets, jitter of all the received packets, jitter of all the forwarded packets, jitter of all the dropped packets. && Sequence number

بالإضافة إلى:

Simulation jitter && Send events time at source node, Simulation jitter && receive events time at destination node, Simulation jitter && Packet IDs, jitter between current node (0) and other node (1) && send events time at node 0, jitter between current node (0) and other node (1) && receive events time at node 1, jitter between current node (0) and other node (1) && Packet id.

أما البارامترات في القائمة 3D Graphs:

Numbers of sent packets, Numbers of received packets, Numbers of forwarded packets, Numbers of dropped packets, Numbers of lost packets, Numbers of generated bytes, Numbers of sent bytes, Numbers of received bytes, Numbers of forwarded bytes, Numbers of dropped bytes, Numbers of lost bytes at all the nodes

قائمة المراجع:

- [1] Hoebeke, J., Moerman, I., Dhoedt, B., & Demeester, P. (2004). "An Overview of Mobile Ad Hoc Networks: Applications and Challenges". Journal-Communications Network, 3(3), p.60-66.

- [2] Amine, D., Kamel, A., Bouabdellah, K." Formal verification of a new version of AOMDV in ad hoc network".The 5th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN-2014), 160 –167. Available online at www.sciencedirect.com.
- [3] Kohila,N.,Gowthami,R."Routing Protocols in Mobile Ad-Hoc Network". International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol.4 Issue.1,January 2015, pg.159-167
- [4] Ahmed,D.,Khalifa,O."A Comprehensive Classification of MANETs Routing Protocols". International Journal of Computer Applications Technology and Research, Volume 6–Issue 3, 141-158, 2017.
- [5] Calafate,C.,Malumbres,M.,Manzoni, P." Performance of H.264 compressed video streams over 802.11b based MANETs ". In the Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computer System Workshops, March 2004, pp. 776-781.
- [6] Islam,M.,Riaz, A.,Tarique,M."Performance analysis of the routing protocols for video streaming over mobile ad hoc networks". International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), Vol.4, No.3, May 2012.
- [7] Gite1,P.,Sharma2, M."Performance Evaluation of ad-hoc Network Routing Protocols using ns2 Simulation". ACEEE International Journal of Network Security, Vol. 03, No. 01, Jan 2012.
- [8] Gupta, A., Sadawarti, H.,Verma, A. "Performance analysis of AODV, DSR & TORA Routing Protocols". Verma IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol.2, No.2, April 2010.
- [9] Network Simulator version 2 (NS-2) webpage.Available at: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, accessed at May 1st, 2010.
- [10] Giordano,S."Mobile Ad-Hoc Networks ", 2000.
- [11] Taneja1,K.,Patel2, R. B." Mobile Ad hoc Networks: Challenges and Future ". Proceedings of National Conference on Challenges & Opportunities in Information Technology (COIT-2007) RIMT-IET, Mandi Gobindgarh, March 23, 2007.
- [12] Manolis,S." Mobile Ad-hoc NETworks Routing Protocols". 16/03/2005.
- [13] Al-Omari,S.,Sumari,P."an overview of mobile ad hoc networks for the existing protocols and applications ". International journal on applications of graph theory in wireless ad hoc networks and sensor networks (Graph-Hoc),Vol.1, No.1, March 2010.
- [14] Boukerche, A."Algorithms and protocols for Wireless and Mobile Ad Hoc Networks". Canada, 2009.
- [15] Khater,J."Ns-2 simulation based study of E2E video streaming over ultra-wideband (UWB) wireless mesh networks".master thesis 2005/06.
- [16] Huhtonen, A. " Comparing AODV and OLSR Routing Protocols ". HUT T-110.551 Seminar on Internetworking, Sjöckulla, 2004-04-26/27.

- [17] Singh,S., Singh,S., jain,S., Biradar,S. "Comparison and study of Aomdv and Dsdv routing protocols in Manet using Ns-2 ". International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), Vol. 4 No. 03 March 2012.
- [18] Lafta, H., Salman, F."Performance Evaluation of Single Path (AODV) Routing Protocol Versus Multi path (AOMDV) Routing Protocol By Using NS-2".Journal of Babylon University /Pure and Applied Sciences/ No.(9)/ Vol.(22): 2014.
- [19] Marina, M., Das,S."On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks". The Ninth International Conference on Network Protocols (ICNP - 2001).
- [20] Muñoz*, J.,Esparza,O.,Aguilar,M.,Carrascal,V.,Forné,J."RDSR-V. Reliable Dynamic Source Routing for video-streaming over mobile ad hoc networks". Journal of computer networks, 2010, Vol. 54, pp.79–96 .
- [21] Das,I.,Lobiyal,D.,Katti,C."Effect of Node Mobility on AOMDVProtocol In MANET". International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 6, No. 3, June 2014.
- [22] Singh,S.,Grewal,N."Impact of Various Propagation Models on Performance of On- Demand Routing Protocols". Proc. of Int. Conf. on Emerging Trends in Engineering and Technology(2013).
- [23] Pandey,N.,Singh,J., Tiwari,V."Protocol Comparison Using Omni Directional Antenna with Shared Media Access in MANET". International Conference on Information and Network Technology IPCSIT vol.4 (2011).