مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (2) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (2) 2009

تحسين أداء البروتوكول DSR المستخدم في الشبكات اللاسلكية النقالة MANET

الدكتور احسان شريتح*
الدكتور علي العلي **
سوراج عرنوس ***

(تاريخ الإيداع 25 / 2 / 2009. قُبِل للنشر في 2009/5/11)

□ الملخّص □

في الشبكات ذات الهدف المحدد (Ad Hoc) يستخدم مسار ما معين في الشبكة لنقل رزم المعلومات إلى وجهة ما إلى أن يحدث انقطاع في هذا المسار الأمر الذي سيؤدي إلى ضياع عدد من حزم المعلومات و زمن مهم لإعادة اكتشاف مسار آخر إضافة إلى الوقت الضائع في عملية إعادة إرسال هذه الرُزَم.

في هذه المقالة قمنا بإجراء تحسين جديد للبروتوكول (DSR) أحد بروتوكولات الشبكات اللاسلكية ad hoc و المتمثل بخوارزمية عدم الانقطاع التي تقوم بتوقع احتمال الانقطاع في وصلة ما ضمن المسار اعتمادا على قوة الإشارة للرزم المستقبلة،و تحاول إيجاد عقدة وسيطة قادرة على إنقاذ الوصلة الضعيفة لضمان استمرار عمل المسار بدون انقطاع.

و بغية الحصول على نتائج التحسين المفترض قمنا بتعديل بروتوكول (DSR) المضمن في برنامج المحاكاة (Glomosim) بحيث تتكامل الخوارزمية المقترحة مع الخوارزميات الأساسية العاملة ضمن هذا البروتوكول فلاحظنا انخفاض عدد رزم التحكم و ارتفاع زمن الحياة للمسارات الفعالة.

الكلمات المفتاحية: شبكات ad hoc اللاسلكية، بروتوكول التوجيه اللاسلكي، بروتوكول dsr، خوارزمية عدم الانقطاع.

* أستاذ – قسم الاتصالات و الالكترونيات– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** أستاذ مساعد – قسم الاتصالات و الالكترونيات – كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
***طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم هندسة الاتصالات و الالكترونيات – كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (2) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (2) 2009

Enhancing the Performance of DSR Protocol in MANET Wireless Networks

Dr. Ihssan Shreitah *
Dr Ali Alali **
Soraj Arnous ***

(Received 25 / 2 / 2009. Accepted 11 / 5 / 2009)

□ ABSTRACT □

In [Ad Hoc objective] networks, a specific protocol is used to transfer data packs to a particular target. This will bring about loss of data packs and demand considerable time to trace a new route and the lost time in retransmitting such data packages back.

In this paper, the current writers have made new improvement on the Dynamic Source Routing (DSR), a protocol of the ad hoc networks, represented by an anti link breakage algorithm. The mobile node that implements this algorithm uses signal power strength from received packets to link predicted breakage time, and tries to find intermediate node to avoid disconnection.

In order to gain the improvement outcome, the current writers have modified DSR protocol in Glomosim, whereby the proposed algorithm is integrated into basic algorithms functioning within this protocol. The results have shown drop in the number of control packs, and longer life-duration of the active route using the enhanced DSR protocol.

Keywords: Mobile ad hoc networks, anti link breakage algorithm, Wireless Routing DSR protocol.

*Professor, Department of Communication and Electronics Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Associate Professor, Department of Communication and Electronics Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
***Postgraduate Student, Department of Communication and Electronics Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

قد يجد المبتدئ في دراسة هذا النوع من الشبكات صعوبة في ترجمة معنى شبكات ad hoc أو استخراج اختصارات الكلمة و ذلك بسبب كونها مأخوذة كاختصار من جملة لاتينية و تعني المصمم لأداء وظيفة ما، و يعتبر هذا النوع من الشبكات حديث العهد نسبيا مقارنة بشبكات الاتصالات و الحاسوب الموجودة سابقا،و إن جاءت ولادتها و تطورها نتيجة للتطور المطرد في أجهزة الاتصالات التي أصبحت تمتلك قدرة معالجة أكبر إضافة لأجهزة الحواسب التي دمجت فيها تقنيات اتصالات أكثر تنوعا و شمولية مما شكل أرضية مناسبة لنمو هذا النوع من الشبكات التي تعمل مع أجهزة الاتصال النقالة ذات قدرة المعالجة و المفكرات الشخصية(PDA) و أجهزة الحاسوب النقالة (LAPTOP) [1] .

إن شبكات ad hoc هي شبكات لاسلكية و تنشأ بشكل ديناميكي و آني و مؤقت بين أنواع الطرفيات المتحركة التي ذكرناها سابقا و التي سنسميها بالعقد (nods). يمكن إنشاء هذه الشبكات بشكل آني و فوري وبدون الاستعانة بأي نوع من أنواع البنية التحتية المسبقة كالبوابات الثابتة و التجهيزات السلكية أو المحطات اللاسلكية، إضافة لذلك يجري الاتصال بين عقد الشبكة دون الاستعانة بنظام إدارة مركزية أو أي نوع من أنواع الوصلات أو التهيئة المسبقة.لذا يستعان بهذا النوع من الشبكات حينما توجد حاجة للاتصال بين عقدتين أو أكثر ولا تتوفر موارد أو بنية تحتية مناسبة.

تقسم بروتوكولات التوجيه التي تعتبر أساسية في بناء شبكات ad hoc إلى نوعين:

- بروتوكولات مقادة بالجداول (Table-driven)
- بروتوكولات تعمل عند الطلب (on-demand) أو بروتوكولات تعمل بطلب من المصدر (Source initiated)

تحاول البروتوكولات المقادة بالجداول الحصول بشكل متواصل على معلومات عن المسارات الممكنة بين جميع عقد الشبكة و تقوم بتحديث هذه المعلومات بشكل مستمر وهذا يتطلب خوارزميات تقوم بإرسال رسائل طلب لتحديث المعلومات عن الشبكة بشكل مستمر و على فترات ، الأمر الذي يؤدي إلى تزايد هذه الرسائل ضمن الشبكة بشكل كبير مما يؤدي إلى تحميل زائد عن الحد و إبطاء للشبكة نظرا لكمية المعلومات الضخمة التي يتم تناقلها(traffic) و يؤثر على الاستفادة من كامل عرض الحزمة و نقل رسائل المعلومات ناهيك عن الأثر السلبي على استهلاك الطاقة.

الفائدة الأساسية لهذا النوع هي إمكانية إيجاد مسار إلى أية وجهة دون الدخول في تعقيدات و مشاكل التأخير الزمني الناتج عن البحث عن المسار.

في البروتوكولات العاملة حسب الطلب و على العكس من سابقاتها نلاحظ أن العقدة المصدر يجب أن تنتظر حتى يكتشف مسار إلى العقدة الهدف و عندها فقط يجري الإرسال مما يقلل التحميل الزائد للشبكة بمعلومات غير ضرورية مقارنة بالنوع السابق الذي يتم فيه و باستمرار البحث عن عدد كبير من المسارات و التي لا يستفاد منها.

بمقارنة النوعين السابقين نلاحظ أننا مضطرون للمقايضة بين التحميل الزائد الناتج عن المحافظة على عدد كبير من المسارات الممكنة و ما يقابله من تحميل ناتج عن إنشاء مسارات جديدة و إصلاحها [2] .

ما يهم معرفته في هذه الدراسة انه يوجد دائما في كلا النوعين من الخوارزميات مسار بديل لا يستخدم إلا بعد التأكد من فشل المسار الفعال الأساسي إلى الوجهة نفسها، و كما نعلم في أنظمة تراسل المعطيات تكون الكلفة إذا قدرت بالزمن مرتفعة عند وقوع فشل في الإرسال نظرا للتأخير الزمني الذي سيحدث في إرسال الرزم ، إذ لا بد من

إعادة الإرسال عدة مرات و الانتظار حتى انتهاء المهلة المحددة مسبقا لكل نظام حتى يعد هذا المسار خارج الخدمة [3] . بالمحصلة حين فشل مسار هناك خسارة زمنية كبيرة و ستعاني رزم المعلومات من تأخير زمني ضخم إلى أن يتم التأكد من الفشل، و ما يليه من زمن ضائع في إعادة إنشاء مسار بديل [4] .

في هذه المقالة سنستعرض خوارزمية جديدة تعتمد على علاقات رياضية بسيطة في علم المثلثات يمكن استخدامها في صيانة المسارات الفعالة و إبقائها قيد الاستخدام لفترة أطول وذلك بإيجاد وصلات بديلة عن الوصلات التي في طريقها للانقطاع و إدخالها في المسار الكلي قبل حدوث الانقطاع.

أهمية البحث و أهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث انطلاقا من عدة نقاط فهو أولا يتناول مجالا يعتبر من المجالات الحديثة نسبيا بالنسبة لأنظمة الاتصالات اللاسلكية، إذ نستطيع القول: إن بداية تناول هذا الموضوع في الأبحاث العلمية يعود إلى بداية التسعينات من القرن الماضي و ما تزال حتى الآن تطبيقاته العملية و التجارية محدودة الانتشار على الرغم من التطور السريع و التوسع الهائل في دراسة هذه التطبيقات و آفاقها المستقبلية.

نقطة الأهمية الثانية تأتي من نقص الدراسات و المراجع العربية التي تتناول هذا النوع من الأنظمة، لذا كان لا بد من تسليط الضوء على أساسيات هذه الأنظمة، و وضعها تحت المجهر بشكل عام و البروتوكولات العاملة فيها بشكل خاص ممثلة بالبروتوكول (DSR) وإثبات إمكانية التعديل عليها و تحسينها باستخدام موارد بسيطة.

1. تعريف ببروتوكول توجيه المنبع الديناميكي (Dynamic Source Routing (DSR :

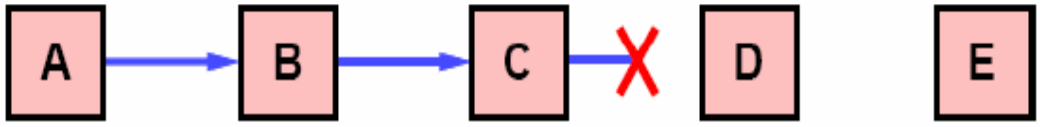
يعتبر البروتوكول (DSR) [5] من بروتوكولات التوجيه أو (بروتوكولات البحث عن المسارات) البسيطة و الفعالة و المصمم خصيصا للاستخدام في الشبكات اللاسلكية متعددة القفزات(ad hoc) ذات العقد المتحركة.حيث يتيح هذا البروتوكول تمكين الشبكات من تنظيم و ضبط أوضاعها ذاتيا دون الحاجة إلى أية بنية تحتية مسبقة أو أي نوع من الإدارة أو التنظيم الخارجيين.

يتألف هذا البروتوكول من آليتين أساسيتين هما آلية اكتشاف المسار (rout discovery) و آلية صيانة المسار (rout maintenance) و اللتين تقومان بالعمل معا لتتيحا للعقد اكتشاف المسارات وصيانتها لأية وجهة كانت ضمن شبكة (Ad Hoc) إضافة إلى ذلك يتيح هذا البروتوكول إمكانية الوصول عبر أكثر من مسار إلى الوجهة نفسها و يعطي الإمكانية لكل مرسل للانتقاء و التحكم بالمسارات المستخدمة من قبله في توجيه الرزمة.

2. الصيانة الأساسية للمسار في(DSR)

عند البدء بإرسال أو تسليم رزمة معلومات باستخدام المسار المعين من المصدر فان كل عقدة تقوم بإرسال هذه الرزمة تكون مسؤولة عن التأكد من أن الرزمة قد تم استلامها في الطرف التالي من القفزة على طول المسار المنشأ من المصدر حيث يتم إعادة إرسال هذه الرزمة حتى الحد الأقصى المسموح من محاولات الإرسال حتى يتم وصول تأكيد بالاستلام . على سبيل المثال في الحالة الموضحة في الشكل رقم (1) ، العقدة A أرسلت رزمة إلى العقدة E باستخدام مسار المنبع عبر عدد من العقد الوسيطة B وC وD أي استنادا لما سبق فإن A مسؤولة عن التأكد من استلام B للرزمة و B مسؤولة عن التأكد من استلام C لها و C مسؤولة عن التأكد من استلام D لها و D مسؤولة عن التأكد من استلام الهدف E للرزمة .هذه التأكيدات بالاستلام في كثير من الحالات يمكن تأمينها بدون أية كلفة أو تأثير على

أداء (DSR) سواء عن طريق إجراءات قياسية موجودة أصلا ضمن برتوكول (MAC) المستخدم أو عن طريق الإعلام المضمن داخل إجراءات التخاطب بين العقد.



الشكل (1) مثال عن صيانة المسار

على فرض عدم توفر أي من التقنيتين السابقتين يمكن للعقدة المرسلة أن تخصص خانة رقمية (bit) في ترويسة الرزمة (packet's header) وظيفتها إطلاق برمجية مخصصة لـ(DSR) تقوم بإرسال تأكيد بالاستلام عبر القفزة التالية إلى العقدة المرسلة. مثلا في الشكل رقم (1) إذا كانت العقدة C غير قادرة على إيصال الرزمة إلى العقدة التالية D ، عندها C تعيد رسالة خطا مسار (ROUT ERROR) إلى العقدة A لتخبرها أن الاتصال بين C و D مقطوع حاليا . في هذه الحالة تقوم العقدة A بإزالة الوصلة المقطوعة من ذاكرتها(buffer). من أجل إعادة إرسال هذه الرزمة أو أية رزمة أخرى إلى نفس الوجهة E تقوم العقدة المنبع A بالبحث في ذاكرتها عن مسار آخر إلى العقدة الهدف E، كانت قد خزنته سابقا سواء من ردود أخرى(ROUTE REPLAY) على طلب المسار الأصلي الذي كانت قد أرسلته في البداية أو عن طريق التقاطها لبث يحوي معلومات عن مسارات أخرى مناسبة ضمن رزم غير موجهة بالضرورة إلى العقدة الملتقطة أو العقدة الهدف، تسمى هذه الحالة (overhearing) ، ثم يصبح استخدام المسار الجديد ممكنا فورا و إلا في حال عدم تمكن العقدة المنبع من إيجاد مثل هذا المسار البديل لا بد من إعادة البحث عن مسار جديد إلى هذا الهدف.

3. تخزين معلومات سلبية

منعا للالتباس نحن نقصد بالمعلومات السلبية تلك المعلومات التي جمعت من قبل عقد الشبكة عن المسارات و الوصلات الممكنة و التي لم تعد فعالة ومع ذلك يستمر بروتوكول (DSR) بتخزينها و السبب يعود إلى أن هذا البروتوكول يستطيع الاستفادة حتى من تلك المعلومات. على سبيل المثال عند فشل الاتصال بين العقدة C و D كما في الشكل السابق يقوم البروتوكول بتخزين الوصلة المقطوعة بدلا من إزالتها لأنه في المستقبل و عند استقباله أي رد على طلب مسار جديد لن يستخدم أي مسار يتضمن هذه الوصلة لأنه يعلم مسبقا أنها مقطوعة ، و بالطبع سيتم وضع محدد مسبقا ضمن البروتوكول تنتهي بعده صلاحية هذه المعلومة لأنه من الممكن أن تعود هذه الوصلة للعمل مستقبلا، أما قبل انتهاء زمن الصلاحية فلن يستطيع أي مسار الاستفادة من هذه الوصلة حتى لو عادت فعالة من جديد.

في حالة أخرى مماثلة يستطيع البروتوكول (DSR) الاستفادة من المعلومات السلبية عند وجود وصلة تؤمن خدمات كثيرة التنوع تعمل أحيانا بشكل جيد و غالبا تفشل. تظهر مثل هذه الحالة على سبيل المثال عندما تكون هذه الوصلة على حدود الإرسال اللاسلكي مع وجود منبع ما للتداخل بالقرب من العقدة المستقبلة في هذه الوصلة. في هذه الحالة و بإضافة هذه المعلومة السلبية التي تفيد بأن هذه الوصلة مقطوعة يمكن للعقدة تجنب إضافة هذه الوصلة ذات المشاكل مرة ثانية إلى المسارات المخزنة في الذواكر.

تستطيع أية عقدة تقوم بالإيصال أو الاستقبال العرضي(overhearing) لأية رزمة أن تستخلص منها معلومات التوجيه و المسارات المضمنة فيها و أن تضيفها إلى ذوا كرها ، ثم تبحث في ذوا كرها عن مسار مناسب عند تلقيها لطلب مسار في حال لم تكن العقدة الهدف لهذا الطلب ، فإذا وجد مثل هذا المسار ضمن ذواكرها تقوم بإرسال رد على طلب المسار(ROUT REPLAY) إلى العقدة الأساسية التي بدأت البحث بدلا من إعادة بث الطلب إلى غيرها و تضع في سجل المسار تتابع العقد في الطلب الواصل إليها مضافا إليه و على التسلسل تتابع العقد منها إلى العقدة الهدف و بحسب المسار المخزن في ذوا كرها إلى الهدف المطلوب .

من هنا نلاحظ أن إحدى أهم صفات البروتوكول(DSR)هي قدرة العقد على استخلاص المعلومات المطلوبة من أية رزمة يتم التعامل معها و حفظ هذه المعلومات.

4. رزم تحديد المسارات(Routing packets)

حينما تبدأ عقدة ما بإرسال رسالة إلى وجهة ما فإنها تقوم بالحصول على مسار مناسب عن طريق البحث في ذاكرتها عن المسارات المعروفة سابقا ، فإذا لم تجد مسارا إلى هدفها تلجأ إلى البدء بعملية اكتشاف مسار جديد إلى هذه الوجهة عن طريق إرسال رزمة طلب مسار(Route Request Packet) أو(RREQ) .

تضع العقدة الهدف في ترويسة الرزمة كامل المسار الذي يتضمن تتابع القفزات التي يجب أن تقوم بها الرزمة على طول الطريق حتى تصل إلى هدفها حيث تنظر كل عقدة موجودة ضمن هذا المسار إلى ترويسة الرزمة لتفحص فيما إذا كانت الهدف أو تعرف العقدة التالية لتقوم بتسليم الرسالة.

نستنتج أنه يمكن استخلاص كامل المسار من ترويسة الرزمة إضافة إلى عدد القفزات من المصدر إلى العقدة الحالية وعدد القفزات المتبقية من العقدة الحالية حتى الهدف.

5. السلبيات و العيوب

ما ذكرناه سابقا عن طرق صيانة المسارات يبدو مقبولا حين الحديث عن شبكات صغيرة قليلة العقد أما حينما يتعلق الأمر بشبكات تتألف من آلاف العقد و تمتد على مساحات كبيرة من الأرض فان الأمر يختلف و ستظهر حتما عوائق و صعوبات لا يمكن تجاهلها أبدا مثل:

- إرسال رسالة خطأ عند كل انقطاع في أية وصلة من وصلات أي مسار و ما سينتج عنه من إرهاق وإغراق الشبكة بطلبات إعادة اكتشاف مسارات جديدة و ما ينتج عن ذلك من تأخير و استهلاك كبير من إمكانيات المعالجة والقدرة لكل عقدة لاسيما إذا أخذنا بالاعتبار الشبكات ذات الحركية العالية و معدلات النقل المرتفعة حيث ستبدو عندها هذه العملية بلا نهاية.
- إغراق الشبكة برزم رسائل الخطأ سيؤدي إلى استهلاك كبير في عرض الحزمة و بالتالي انخفاض معدل النقل و بطء الشبكة.
- هذه العيوب في هذا النوع من البروتوكولات تجعلها ضعيفة عند التعامل مع الشبكات ذات أعداد العقد الكبيرة أو تلك التي تتمتع عقدها بحركية عالية ومعدلات نقل عالية لذا حاولنا في هذه الدراسة تقديم تحسينات تفيد في زيادة مرونة هذا البروتوكول و تحسين أدائه عند التعامل مع أعداد أكبر من العقد.

طرائق البحث ومواده:

1.تحسين صيانة المسارات في البروتوكول(DSR)

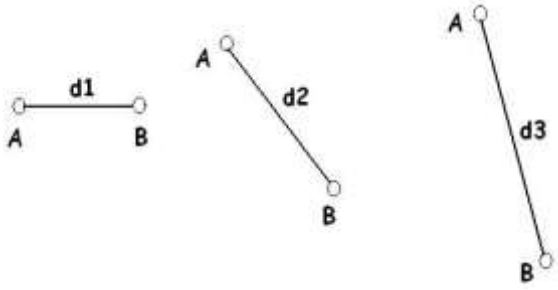
عندما تزداد أحجام الشبكات و تتزايد المساحات التي تنتشر عليها العقد مما يعني ازدياد أطوال المسارات لابد حينها من أن تعاني من ازدياد في عدد الانقطاعات و طلبات الإصلاح، خصوصا عند ازدياد حركية و سرعة تبدل أماكن تلك العقد مما يعني أن العقدة المرسلة قد لا تجد الوقت الكافي لاكتشاف مسار آخر قبل أن يعاني من انقطاع في وصلة أخرى فيه.

في دراسات سابقة طرحت فكرة الإصلاح المحلي أي عندما يتم سؤال العقد المحيطة في منطقة حدوث الانقطاع فيما إذا كانت أي منها العقدة الهدف أي العقدة المراد إيصال الرسالة إليها أو تعرف طريقا إلى تلك العقدة مما يوفر الكثير من الوقت و الطاقة وذلك بعدم إشغال كامل المسار و العقدة المصدر باكتشاف مسار جديد وإضاعة الوقت بإعادة الإرسال على كامل المسارات الجديدة و إنما الاعتماد على العقدة التي يتم عندها الانقطاع لاكتشاف وصلة أو مسار بديل عن الوصلة المقطوعة يمكن ضمه إلى المسار الأصلي و إصلاح الانقطاع.

على الرغم من التحسن الملحوظ في أداء البروتوكول باستخدام هذه الخوارزمية إلا أننا نلاحظ أنها تنتظر حتى حصول الانقطاع حتى تبدأ بالعمل مما يعني انه يجب تخزين رزم المعلومات و الانتظار حتى إصلاح المسار مما يعني مزيدا من التأخير و أسوا ما يمكن أن يحدث هو أن لا تمتلك العقدة المعنية بالإصلاح مسارا إلى الهدف. من جهة أخرى و على طريق السعي لتحسين أداء هذه الخوارزمية وجدت عدة دراسات حاولت تلافي مثل هذه السلبية من خلال توقع الانقطاع قبل حدوثه و اعتماد مقاربات مختلفة لإصلاح الانقطاع المفترض قبل حدوثه[6].

2.الخوارزمية المقترحة

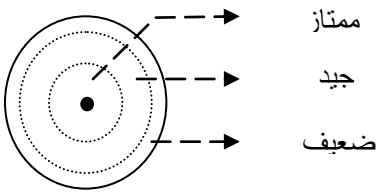
لنفترض وجود عقدتان A و B كما في الشكل رقم (2) تتحركان بشكل عشوائي و لكل منهما مدى بث ممثل بكرة نصف قطرها r تكون العقدة في مركزها مما يعني أن أية عقدة تقع ضمن r يمكن أن تستقبل أية إشارة مرسلة من العقدة الواقعة في المركز و لكن بقوى إشارة مختلفة.



d1<r d2=r d3>r

الشكل رقم (2) يوضح التوضع العشوائي و التغير في المسافة بين عقدتين متراسلتين

لذا يمكن أن نفترض أن المجالات الثلاثة تعتمد على قوة الإشارة كما في الشكل رقم (3) ، و تعني الوصلة الضعيفة أنها سوف تنقطع بعد زمن Tb.



الشكل رقم (3) يوضح المجالات الثلاثة لقوة الإشارة حول العقدة

سنعتمد في هذه الدراسة على الانعكاس الأرضي ثنائي الإشعاع(Two Ray Ground Reflection) كنموذج للانتشار و سنعتمد على القوانين الخاصة بهذا النوع من الانتشار في شرح الخوارزمية لأننا نفترض هنا أن العمل يجري في أرض مستوية وهمنا الأساسي هو فقط حالة دخول أو خروج عقدتين من أو إلى مجاليهما الراديويين [7] ، لذا سنستخدم تخامد الفضاء الحر مساو لـ ($1/r^2$) للطرف القريب و تخامد مساو لـ ($1/r^4$) من اجل الطرف البعيد أي عند المستقبل.

تحسب قوة الإشارة عند المستقبل وفقا للمعادلة التالية:

$$P = \frac{P_t * G_t * G_r * \left(h_t^2 * h_r^2\right)}{d^4} \qquad (1)$$

P: قوة الإشارة

P_t: قوة الإشارة عند المرسل

G_t: ربح الإشارة في المرسل

G_r: ربح الإشارة في المستقبل

h_t: ارتفاع هوائي المرسل

h_r: ارتفاع هوائي المستقبل

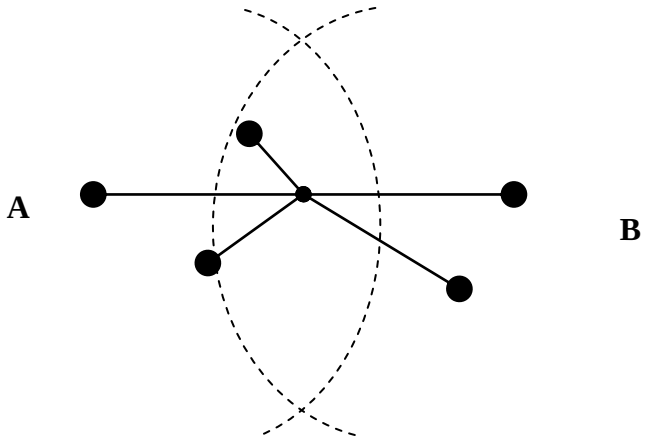
d: المسافة بين المرسل و المستقبل

بفرض أن P_t ثابت لجميع العقد و أن الأرض مستوية و جميع العقد متشابهة بالمواصفات فإن $h_t = h_r =$ const مما يؤدي إلى تبسيط المعادلة السابقة لتصبح كالتالي:

$$d^4 = k\frac{P_t}{P} \qquad (2)$$

تظهر هذه المعادلة انه يمكن حساب المسافة بين عقدتين حين معرفة قيمة الاستطاعة المستقبلة وهو أمر يمكن تدبره بسهولة ضمن ظروف المحاكاة المفروضة لهذه الدراسة.

كما ذكرنا سابقا عندما يصبح الاتصال ضعيفا و قبل أن ينقطع تقوم العقدة المستقبلة B كما في الشكل رقم(4) بإرسال رزمة خاصة تطلب فيها من العقد الواقعة في منطقة التقاطع إبلاغها ببعد كل منها عن نقطة المنتصف.



الشكل رقم (4) حالة الوصلة الضعيفة و بدء البحث عن العقدة الوسيطة في منطقة التقاطع

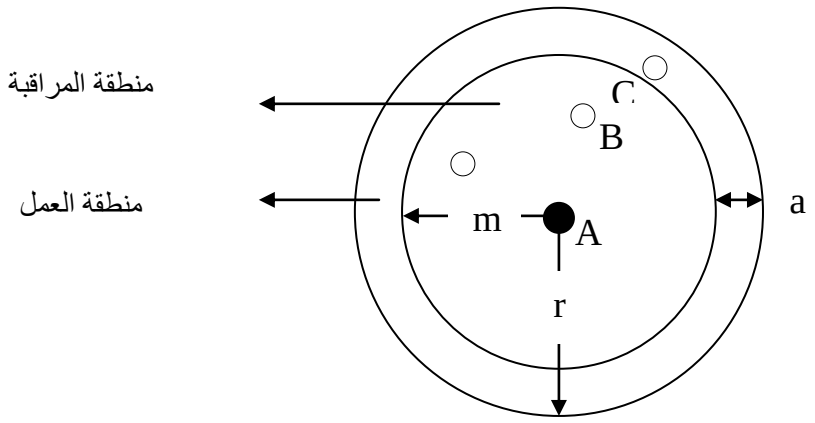
تقوم هذه العقد بالرد على العقدة B و إعلامها بالبعد، فتعمل الأخيرة على انتقاء العقدة التي تمتلك المسافة الأقصر عن المنتصف لاستخدامها حالما ينقطع الاتصال و في الوقت نفسه تبلغ العقدة المصدر انه يجب تغيير المسار في ترويسة الرزمة إلى المسار الجديد.

من أجل اختيار عقدة من العقد المتوضعة في الوسط تقوم العقدة B باستخدام تابع قياس لاختيار العقدة الأقرب إلى المنتصف على اعتبار أن العقدة الأقرب إلى المنتصف يكون احتمال بقائها في المنطقة المشتركة اكبر من بقية العقد.

3.تطبيق الخوارزمية

لنطلق تسمية ما لهذه الرزمة الخاصة بهذه الخوارزمية و لتكن إيجاد العقدة المتوسطة (FIN) أو اختصارا (Find intermediate node).

تولد هذه الرزمة حينما تنخفض قوة إشارة الرزمة المستقبلة تحت مستوى العتبة و التي يجب اختيارها بدقة بحيث يعطى الوقت الكافي لإيجاد مسار بديل قبل حدوث الانقطاع و بحيث لا تؤدي قيمتها إلى البدء بالبحث بشكل أبكر من اللازم.



الشكل رقم (5) يبين مدى الإرسال لكل عقدة و حدود منطقة إطلاق الخوارزمية

يوضح الشكل رقم (5) مدى الإرسال لكل عقدة و حدود المناطق التي يبدأ عندها إطلاق الخوارزمية حيث:

r : نصف قطر منطقة الإرسال

m : نصف قطر منطقة المراقبة

a : الفرق بين القطرين و الذي يمثل المسافة التي تعمل فيها الخوارزمية

$a = r - m$

ملاحظة: لا نستطيع اعتبار تلك الأبعاد ثابتة و إنما تختلف من شبكة إلى شبكة أخرى و حتى لو تشابهت مواصفات تلك العقد في الشبكات المختلفة، فعلى سبيل المثال في الشبكات ذات الحركية العالية يجب أن نأخذ بالحسبان أن منطقة الإشارة الضعيفة سوف تكون أكبر منها في الشبكات ذات الحركية المنخفضة أي أن الخوارزمية سوف تنطلق بشكل أبكر حتى يتوفر لها الوقت الكافي لإصلاح المسار قبل خروج العقدة المشكلة للوصلة الضعيفة وذات السرعة العالية من مدى الإرسال، و تحدد كل من m و a بالاعتماد على سرعة و اتجاه العقد، و أسوا حالة هي حينما تنطلق عقدتان بأقصى سرعة باتجاهين متعاكسين عن بعضهما ، ولتوضيح هذه الفكرة لنأخذ المثال التالي:

لنفرض أن السرعة القصوى لأية عقدة في شبكة ما هي 20 m/s في منطقة مستوية يكون فيها المدى الأقصى للإرسال 400 m و لنفرض أن a = 25m و لنفرض أن الزمن اللازم لإيجاد عقدة جديدة و إعلام المصدر عندها يكون

$a = T . (V1-V2)$

$a = T. [20-(-20)]$

$25 = T. (20+20)$

$T = 0.625$ s

أي بعد هذا الزمن فإن الوصلة سوف تنقطع. في الحقيقة هذا الزمن أكثر من كاف لإيجاد عقدة جديدة ولكنه اختير للتأكد من أن المصدر يمتلك الوقت الكافي لتغيير المسار قبل انقطاع الاتصال مهما كان عدد القفزات .

4.الخوارزمية النهائية

تقوم الخوارزمية النهائية بتطبيق الإجراءات التالية بالترتيب:

1.فحص قوة الإشارة.

2.البحث في الذاكرة عن مسار آخر.

3.البحث عن عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة و التالية للعقدة التي اكتشفت ضعفا في قوة الإشارة.

4.البحث عن عقدة وسيطة ما بين العقدة نفسها و العقدة التي تسبقها.

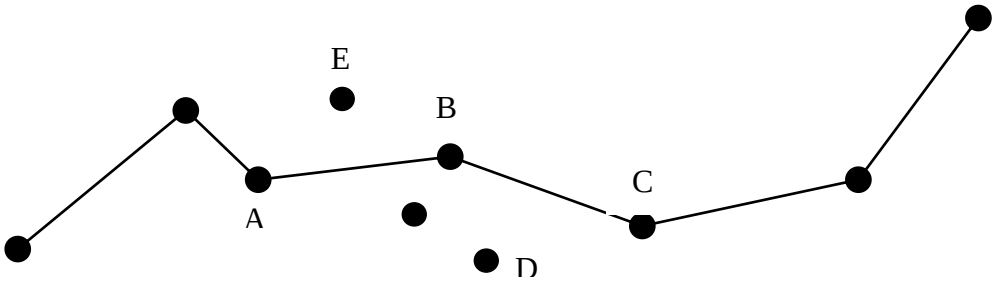
5.العودة إلى الحالة الطبيعية للخوارزمية ما قبل التعديل.

و لنشرح الآن ماذا يعني كل إجراء من الإجراءات السابقة:

1.فحص قوة الإشارة : تقوم العقد باستمرار بقراءة قوة الإشارات المستقبلة و تقوم بتحديد بعدها اعتمادا على قوة تلك الإشارات و تهتم خصوصا عندما تنخفض قوة الإشارة عن حد العتبة إذ إن قوة الإشارة تعكس بعدها عن الجهة المستقبلة.

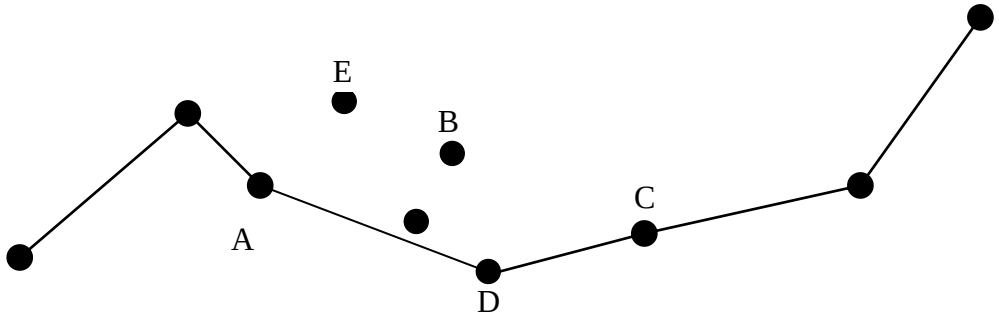
2.البحث في الذواكر عن مسار بديل : عندما تكتشف عقدة وسيطة ما إن وصلتها سوف تنقطع بعد فترة قصيرة من الزمن تلجأ حينها إلى طريقة مجانية تختصر الكثير من المعالجة و وقت البحث و رزم التحكم و ذلك عن طريق البحث في ذوا كرها عن مسارات مخزنة مسبقا و تصلح لتحل محل الوصلة المقطوعة.

3.البحث عن عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة و التالية : تهدف هذه الطريقة إلى إنقاص عدد القفزات الناتجة عند محاولة العقدة المصدر إخبار العقدة الهدف في الطرف الآخر للمسار عن وصلة ضعيفة ضمن المسار الكلي في الطرق التقليدية الأخرى لإصلاح المسار حيث تلجأ هنا العقدة المعنية بالوصلة الضعيفة إلى الحصول على مسار آخر إلى العقدة التي تلي الوصلة الضعيفة عن طريق إرسال رسالة طلب مسار تسال فيه عن تلك العقدة بالذات.



الشكل رقم (6) يبين اكتشاف وصلة ضعيفة في المسار

يوضح الشكل رقم (6) هذه الآلية حيث تكتشف العقدة B أن الوصلة A B ضعيفة و عندها ترسل B إلى A لتعلمها بأن الوصلة ضعيفة و بما أن A تعلم مسبقا بان القفزة التالية بعد B هي C تقوم بإرسال طلب مسار و تبثه بشكل عام مع زمن حياة مساو لـ TTL = 2 (time to live) أي أن هذا الطلب فعال لقفزتين فقط تسأل فيه عن أي عقدة تعرف طريقا إلى العقدة C ، فترد عليها في مثالنا هذا العقدة D أو ترد C نفسها عبر D ، بالمحصلة تخبر العقدة A المصدر لتغيير المسار من ABC إلى ADC ليصبح المسار كما في الشكل رقم (7) .

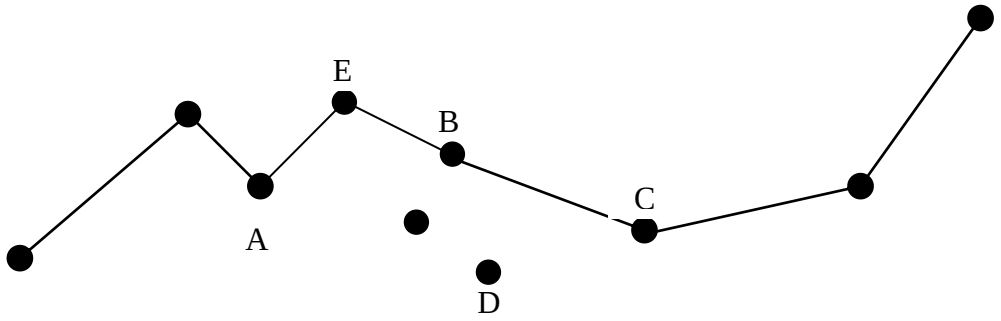


الشكل رقم (7) إصلاح المسار باستخدام عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة و التالية

4.البحث عن عقدة وسيطة ما بين العقدة الحالية و العقدة التي تسبقها : إذا فشلت الآلية السابقة و تعذر وجود عقدة قادرة على إصلاح الوصلة و الحلول مكان العقدة التي رصدت الإشارة الضعيفة حينها تلجأ هذه العقدة إلى إطلاق الخوارزمية الجديدة التي تقوم بالبحث عن عقدة وسيطة تستطيع أن تكون بمثابة جسر ما بين العقدة الحالية والعقدة السابقة أي يتم البحث عن عقدة بين A و B بحسب المثال السابق.

تقوم B بإرسال رسالة خاصة كنا قد عرفناها سابقا بـ(FIN) تطلب فيها من العقد المتواجدة في المنطقة المحيطة بإخبارها عن مسافة كل عقدة عن نقطة المنتصف ما بين A و B ثم تقوم B بعد استقبال ردود هذه العقد باختيار العقدة الأقرب من المنتصف لاستخدامها لإصلاح المسار قبل الانقطاع و في الوقت نفسه تخبر العقدة

المصدر لتحديث المسار بحسب التغييرات الجديدة كما في الشكل رقم (8) وتغيير معلومات المسار في ترويسة رزم المعلومات الجديدة.



الشكل رقم (8) إصلاح المسار باستخدام الخوارزمية المقترحة

نلاحظ أن هذه الخوارزمية أخذت أولوية أقل من الآلية السابقة أي أن عملها يبدأ بعد فشل الخوارزمية رقم 3 السابقة و السبب واضح لكونها تزيد عدد القفزات بمقدار قفزة عن الحالة السابقة.

5.العودة إلى الحالة الطبيعية للخوارزمية ما قبل التعديل : حين يتم تنفيذ الإجراءات 2 و 3 و 4 ولا يتم كشف مسار جديد عندها يعود الوضع إلى الحالة الطبيعية للبروتوكول حيث تقوم العقدة المعنية بالانقطاع بإرسال رسالة خطأ مسار(ROUT ERROR) تعلم فيها المصدر حال حدوث الانقطاع فتقوم عندها جميع العقد التي تستلم رسالة الخطأ بإزالة هذا المسار من ذواكرها وصولا إلى العقدة المنبع التي تبدأ عندها عملية بحث جديدة عن مسار آخر إلى الهدف .

5.عملية المحاكاة SIMULATION :

- **البيئة**

الجدول رقم (1) يبين البارامترات المستخدمة في بيئة المحاكاة:

عدد العقد	من 10 إلى 10000
مدى الإرسال للعقدة	250 متر
سعة القناة	2MB/S
مساحة المحاكاة	3000 م ×3000 م
سرعة حركة العقد	0 – 20 م / ثانية
زمن المحاكاة	3600 ثانية
وقت التوقف	3000–2000–1500–1000–500–100–30–10
معدل إرسال الرزم للعقدة	1 Packet every 0.1 s
حجم المعلومات لكل رزمة	512 Bytes
نموذج الحركة	Random waypoint

يستخدم المحاكي لتقييم عمل البروتوكول و التعديلات المضافة إليه و ذلك في بيئة مكتبة (GLOMOSIM)[8] و التي تعتبر بيئة مناسبة لمحاكاة الأنظمة اللاسلكية لامتلاكها قدرة محاكاة للأنظمة المتوازية المعقدة (PARSEC) [9]. أما البارامترات المستخدمة في هذه المحاكاة فقد عرضت في الجدول السابق.

النتائج و المناقشة:

أولا: باعتبار أن البروتوكول الذي نعمل عليه هو بروتوكول مخصص للشبكات اللاسلكية المتحركة لذا فان من الضروري دراسة تأثير الحركية في أداء البروتوكول بعد التعديل و مقارنتها مع تلك التي أخذت قبل التعديل حيث اعتبرنا هنا أن كل عقدة تتحرك بطريقة عشوائية(random waypoint)حيث تختار العقدة المتحركة نقطة ضمن منطقة التجربة و تسير باتجاهها بسرعة تختارها عشوائيا قيمتها تتراوح بين الصفر و 20 مترا بالثانية ثم تتوقف لفترة زمنية ما في تلك النقطة و بعدها تعاود تكرار العملية السابقة.

بالنسبة للشروط المطبقة في هذه التجربة لدينا عدد من المتغيرات يكفي أن تتغير إحداها حتى تؤدي إلى تغيير الحركية و هنا على اعتبار أن السرعة الدنيا للعقدة هي 0 و السرعة القصوى هي 20 متر بالثانية أي كلتا السرعتين الدنيا و العليا ثابتتان بعكس زمن التوقف للعقدة الذي يتغير في هذه التجربة من 10 ثوانٍ إلى 3000 ثانية و سندرس تأثير هذا التغير في أداء البروتوكول.

هدفنا من خلال هذه الدراسة هو زيادة زمن حياة المسارات المنشأة، و على الرغم من أنه لا يمكن قياس زمن الحياة من خلال هذه المحاكاة إلا أنه يمكن استنباط ذلك كون التغير في عدد المسارات المولدة يعكس ازدياد أو نقصان زمن الحياة لهذه المسارات كما في الشكل رقم (9) الذي يبين بوضوح تزايد عدد المسارات المولدة مع ازدياد الحركية أي عندما يقل زمن التوقف عن 100 ثانية بسبب الانقطاعات المتزايدة مع تزايد الحركية مما يؤدي إلى تزايد عدد المسارات المولدة أي انخفاض زمن الحياة.

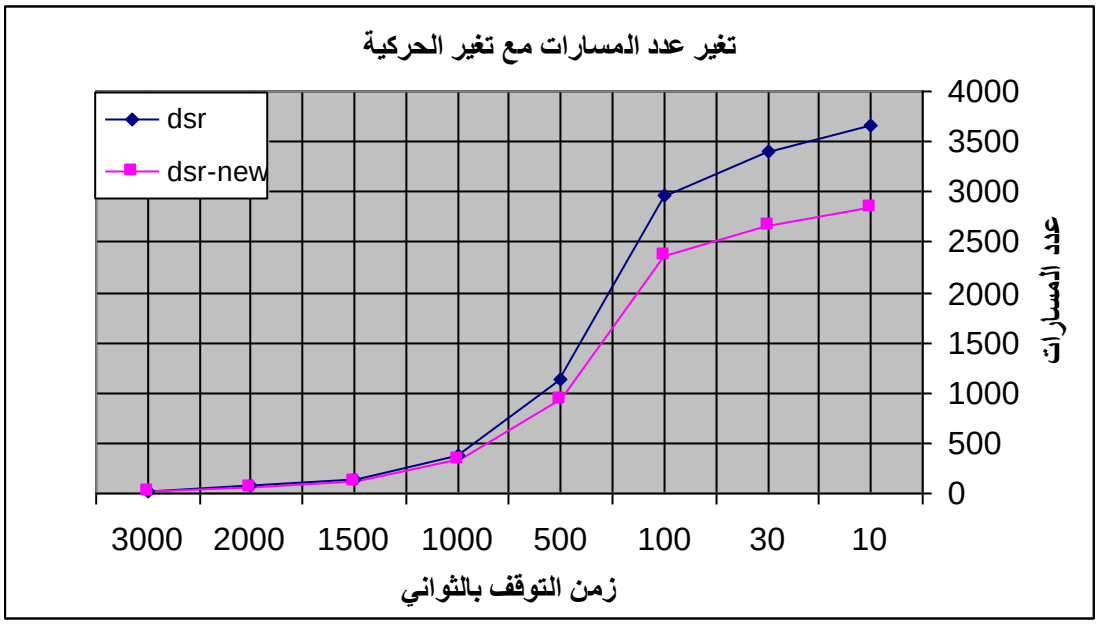
عند مقارنة كلا البروتوكولين قبل و بعد التعديل نلاحظ وجود فرق واضح في الأداء لصالح البروتوكول الذي يستخدم خوارزمية عدم الانقطاع و يزداد هذا التحسن مع ازدياد الحركية أي أننا نجحنا من خلال هذه الخوارزمية في زيادة زمن الحياة للمسارات المولدة، و زدنا من مرونة هذا البروتوكول في التعامل مع الحركية العالية.

إضافة إلى ذلك نستطيع ملاحظة فائدة أخرى لهذه الخوارزمية و لربما هي الأهم و تتمثل بتوفير لا بأس به في استهلاك عرض الحزمة مستندين في ذلك إلى نتيجة مقارنة عدد حزم التحكم والذي انخفض بعد التعديل كما هو موضح بالشكل رقم (10) نتيجة لانخفاض عدد المسارات المولدة مما يعني انقطاعات أقل و من ثم رسائل خطأ أقل و رسائل طلبات بحث عن مسارات جديدة أقل مما يؤدي بالنتيجة إلى توفير في استهلاك عرض الحزمة، و كما يوضح الشكل نلاحظ أن البروتوكول المعدل أفضل من البروتوكول القديم و تزداد أفضليته مع تزايد الحركية و هي نقطة إيجابية أخرى تضاف إلى هذه الخوارزمية.

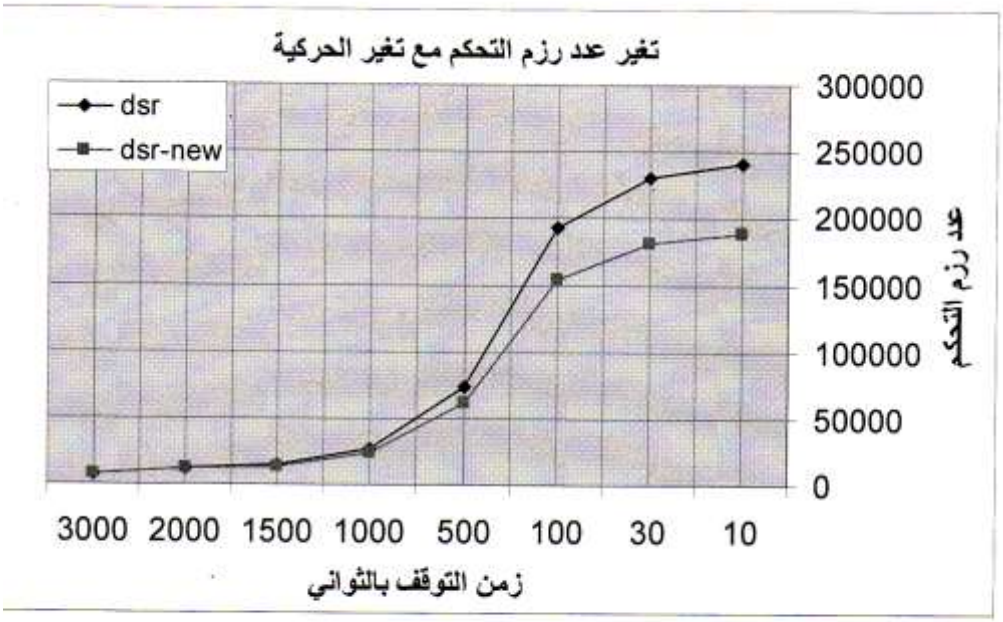
الهدف الأساسي لهذه الخوارزمية هو إصلاح المسارات و حمايتها من الانقطاع لأطول فترة ممكنة وهذا ما يوضحه الشكل رقم (11) الذي يظهر تزايدا في عدد القفزات بعد التعديل و الذي قد يبدو للوهلة الأولى أمرا سلبيا وفي غير مصلحة الخوارزمية إلا انه في الحقيقة أمر ايجابي لأنه يعني أن الخوارزمية قد عملت فعليا و أدت الغرض المطلوب منها في إضافة عقدة وسيطة لإنقاذ المسار، و كونها قد زادت عدد القفزات إلا أنها وفرت عددا اكبر و غير

محدود من القفزات الضائعة عند إرسال رسائل الخطأ و رسائل طلب المسار إضافة إلى توفير الزمن الضائع في إعادة البحث و الاكتشاف.

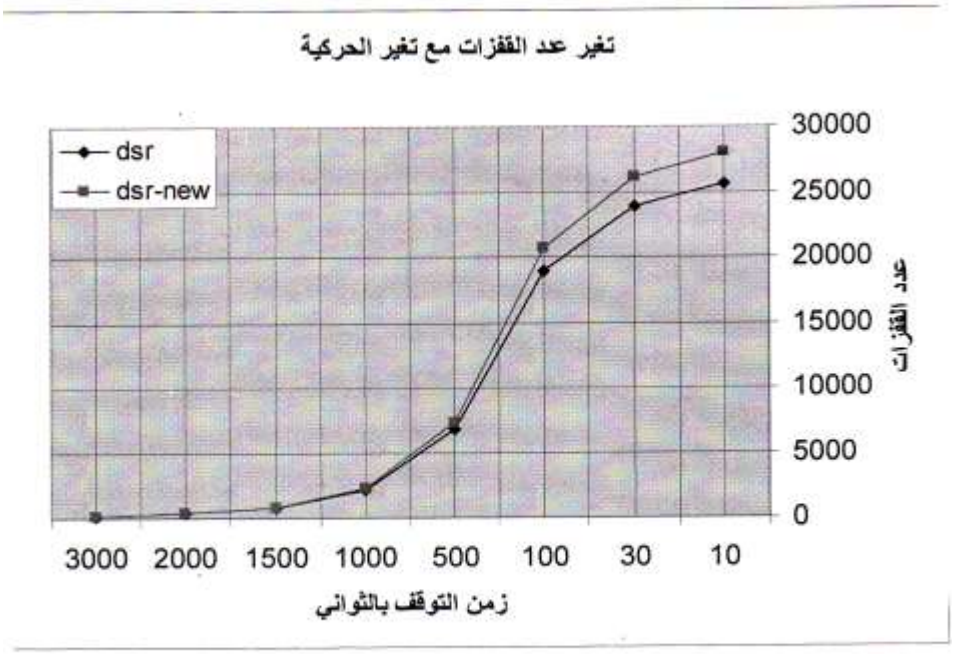
بالمحصلة نلاحظ أن الخوارزمية قد وفرت في استهلاك عرض الحزمة و وفرت في الزمن الضائع نتيجة الانقطاع و إعادة البحث مما يعني زيادة في كمية المعلومات المستقبلة عند العقدة الهدف و هذا ما يوضحه كل من الشكلين (12) و (13).



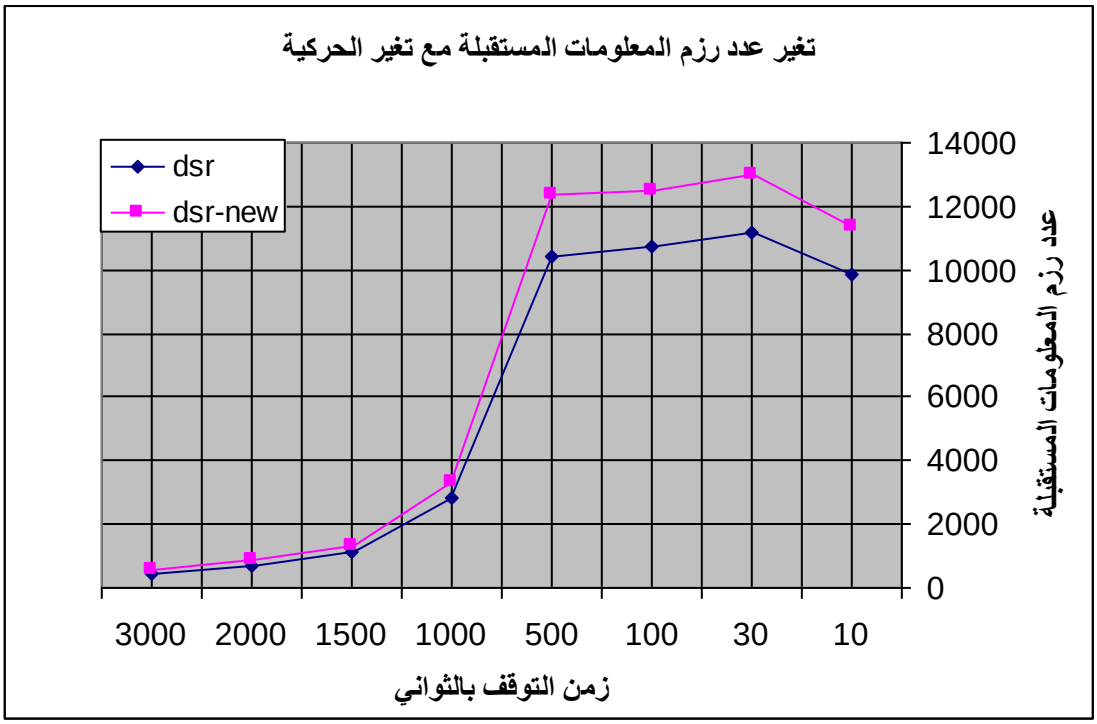
الشكل رقم (9) تغير عدد المسارات مع تغير الحركية



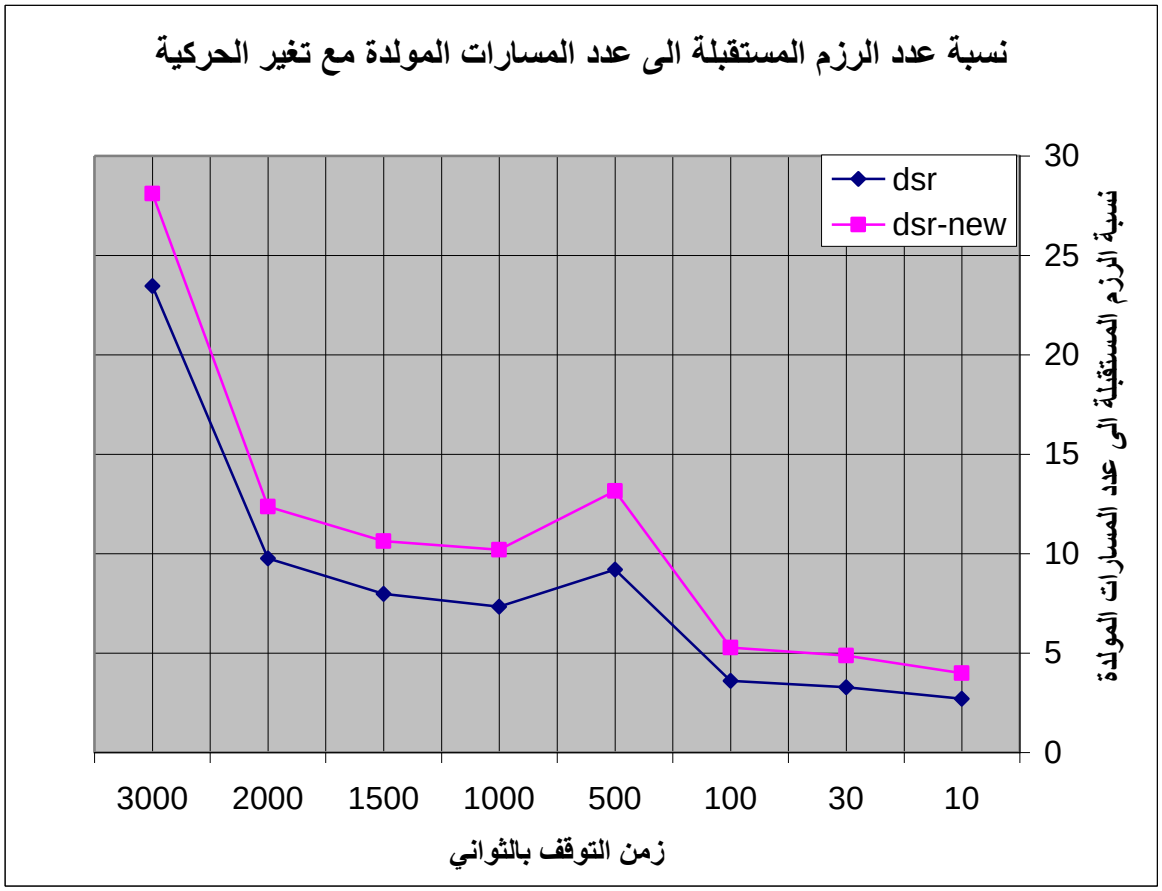
الشكل رقم (10) تغير عدد رزم التحكم مع تغير الحركية



الشكل رقم (11) تغير عدد القفزات مع تغير الحركية



الشكل رقم (12) تغير عدد رزم المعلومات المستقبلة مع تغير الحركية



الشكل رقم (13) نسبة عدد الرزم المستقبلة إلى عدد المسارات المولدة مع تغير الحركية

ثانيا: ناحية أخرى يجب دراسة تأثيرها في البروتوكول وهي أداؤه في ظروف تغير الكثافة أي قدرة البروتوكول على تقديم الخدمة مع زيادة عدد العقد المشكلة للنظام فكما نعلم إن إحدى نقاط الضعف لمثل هذه الأنظمة هي محدودية عدد العقد التي تستطيع هذه الأنظمة تخديمها و السبب الأساسي واضح وهو محدودية عرض الحزمة التي تستطيع هذه العقد تشاركه، في ظروف هذه الدراسة تبلغ 2MB/s ، لذا مع ازدياد عدد العقد الذي سيؤدي إلى ازدياد عدد العقد المتخاطبة و ازدياد حجم المعلومات المطلوب نقلها ناهيك عن رسائل الخطأ و رسائل التحكم المتعلقة بطلبات الكشف و الإصلاح للمسارات المستخدمة كل هذه الأمور مجتمعة ستنعكس سلبا على قدرة البروتوكول و هو أمر سنراه بشكل واضح من خلال الرسوم البيانية التي تظهر انخفاض الأداء مع زيادة الكثافة ، ومع ذلك سندرس تأثير الخوارزمية على أداء البروتوكول لتقدير التحسن الذي طرأ على هذه الناحية و الذي يعني في حال حصوله أن البروتوكول قد أصبح قادرا على استيعاب عدد أكبر من العقد و هو التحسين الأهم الذي نطمح إليه في هذه الدراسة.
شروط الدراسة ستكون بحسب الجدول التالي:

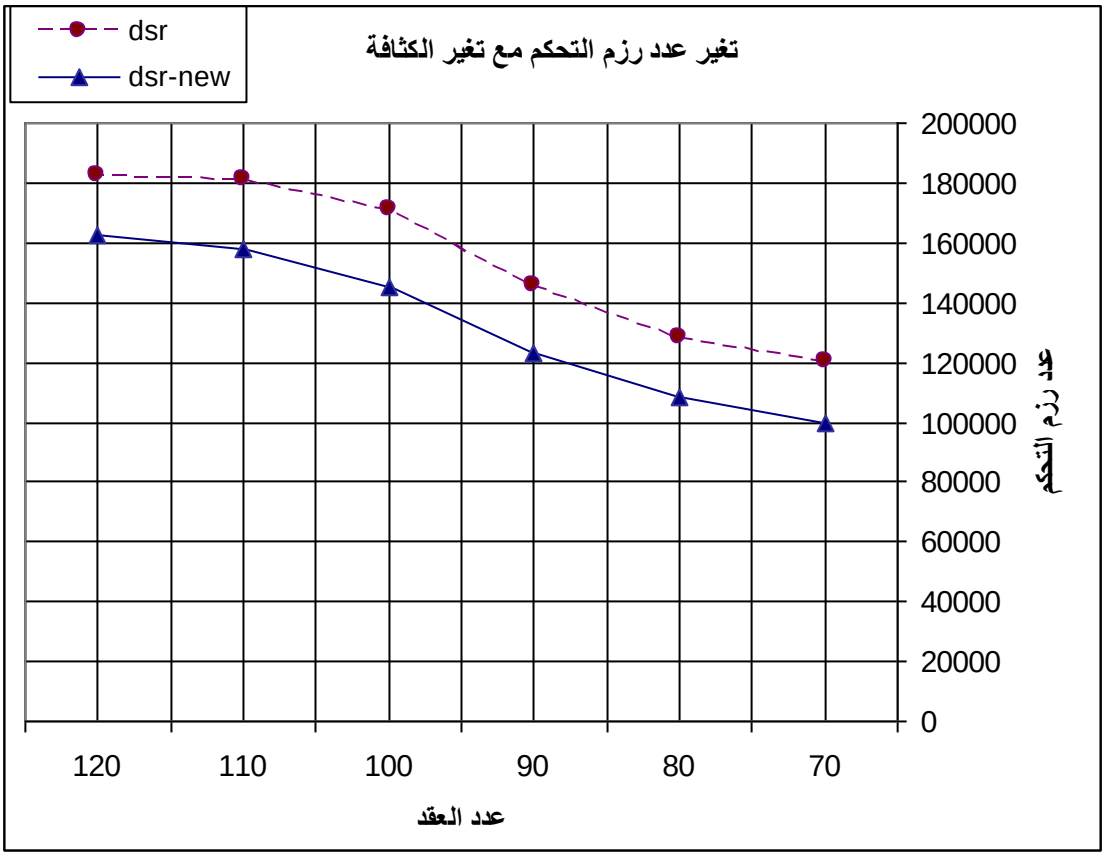
الجدول رقم(2) يبين البارامترات المستخدمة في بيئة المحاكاة للحالة الثانية:

زمن المحاكاة	3600 s
مساحة المحاكاة	3000م ×3000 م
نموذج الحركة	RANDOM WAYPOINT

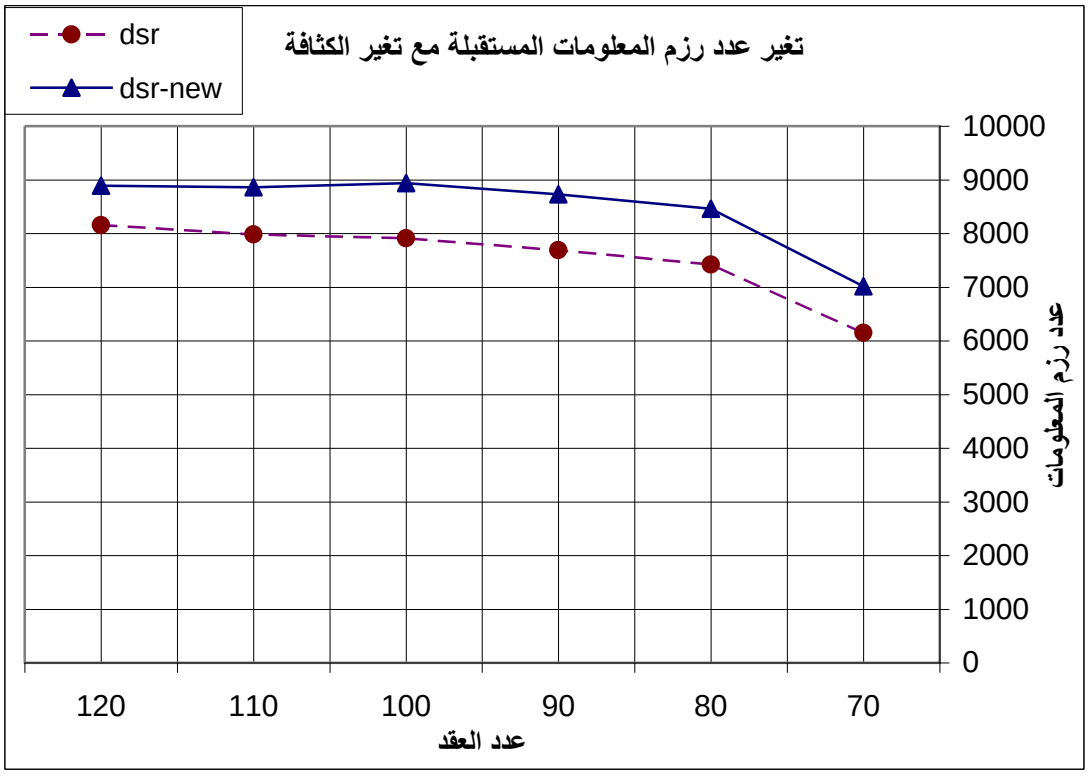
زمن التوقف	30 s
سرعة العقد	من 0 إلى 20m/s
توضع العقد	عشوائي
عدد العقد	120-110-100-90-80-70

بالنظر إلى الشكل رقم (15) نلاحظ التحسن في أداء البروتوكول بعد تطبيق الخوارزمية المتمثل في انخفاض عدد المسارات المولدة مما يعني زيادة زمن الحياة للمسارات المولدة مما يعني انخفاضاً في عدد رزم التحكم التي تنشأ بعد الانقطاعات مثل رسائل خطأ المسارات التي تسلك كامل المسار وصولا إلى الهدف و الذي يضطر بدوره إلى إرسال رسائل طلب مسارات جديدة الأمر الذي يعني زيادة في استهلاك حجم القناة بسبب رسائل التحكم المتزايدة التي تتجول ضمن الشبكة ، وهو أمر عالجته الخوارزمية الجديدة كون رزم التحكم أصبحت تتجول فقط في أماكن الانقطاعات وليس على طول المسار و قلصت بالتالي من الضغط المطبق على العقدة المنبع في عملية إعادة الكشف ، وهذا التحسن موضح ضمن الشكل رقم (16) ، وهو أمر يقودنا إلى استنتاج آخر شديد الأهمية بالنسبة لهذه الدراسة و المتمثل بالزيادة المتوقعة في عدد رزم المعلومات انطلاقا من النتائج السابقة التي لاحظنا فيها ازدياداً في زمن الحياة للمسارات و إنقاصاً في رزم التحكم مما يعني توفيرا في عرض الحزمة الكلي الذي يجب أن يؤدي بشكل منطقي إلى ازدياد في قدرة البروتوكول على إيصال عدد أكبر من رزم المعلومات و هو ما نلاحظه بالفعل في الشكل رقم (17) .

الشكل رقم (15) تغير عدد المسارات المولدة مع تغير الكثافة



الشكل رقم (16) تغير عدد رزم التحكم مع تغير الكثافة



الشكل رقم (17) تغير عدد رزم المعلومات المستقبلة مع تغير الكثافة

الاستنتاجات والتوصيات:

استنادا إلى النتائج السابقة نلاحظ وجود تحسن أساسي على أداء البروتوكول متمثلا بزيادة عمر المسارات الفعالة و الذي تم الحصول عليه من خلال إدخال تعديل على الخوارزمية الأساسية للبروتوكول مما يعني ازدياد قدرة النظام على تخديم عدد اكبر من العقد و هو من الأهداف الرئيسية التي كنا نطمح لها من خلال هذه الدراسة،إذ نلاحظ انخفاض التحميل الزائد للنظام بنسبة 22% في حالة الحركية العالية و 15% في حالة الكثافة العالية إضافة إلى ارتفاع عدد رزم المعلومات المستقبلة في حالة الحركية العالية بنسبة17% و أكثر من 13% في حالة الكثافة العالية.

نقترح في الدراسات المستقبلية أن يتم تحديد العقدة الوسيطة بشكل أكثر دقة إذ إننا اعتبرناها العقدة الأقرب إلى المنتصف في زمن قياس الإشارة إلا أننا لم نأخذ في الاعتبار سرعة و اتجاه حركية هذه العقدة و بالتالي إمكانية ابتعادها عن المنطقة الفعالة وحصول انقطاع جديد للوصلة ، أي أن حل هذه المشكلة قد يعني ازدياداً في زمن الحياة للمسارات الفعالة.

المراجع:

[1] MACKER,J.;CORSON,S.*IETF Mobile Ad Hoc Networks (MANET) Charter*,http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html.

[2] ABOLHASAN,M.;WYSOCKI,T.;DUTKIEWICZ,E.*A review of routing protocols for mobile ad hoc networks*. Received 25 March 2003, accepted 4 June 2003, Ad Hoc Networks 2 ,2004, 1–22, www.elsevier.com/locate/adhoc 2004.

[3] شريتح،احسان.تراسل المعطيات 2 هندسة الاتصالات الرقمية.الطبعة الأولى، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية سوريا، 2009−2008 ، 634 .

[4] ROYER,E.M.;TOH, C.K. *A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks*, www.eecs.harvard.edu/~mdw/course/cs263/fa04/papers/royer-ieeepc99.pdf

[5] JOHNSON,D.B.;MALTZ,D.A.;HU,Y.C. *The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)* <draft-ietf-manet-dsr-10.txt>. IETF MANET Working Group INTERNET-DRAFT, 19 July 2004.

[6] QIN,L;KUNZ,T. *Increasing Packet Delivery Ratio in DSR by Link Prediction*. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on SystemSciences – 2003.

[7] DAJING,H.;SHENGMING,J.;JIANQIANG,R.*A Link Availability Prediction Model for Wireless Ad Hoc Networks*. Proc of the International Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing, Taipei, Taiwan, April 2000, D7-D11.

[8] The official GloMoSim website, http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim/

[9] ZENG,X.;BAGRODIA,R.;GERLA,M. *GloMoSim: A Library for Parallel Simulation of Large-scale Wireless Networks*. proceedings of the 12th workshop on parallel and distributed simulation, Banff, Alberta, Canada, July 1998, 154-161.