مقارنة أداء بروتوكول شعاع المسافة عند الطلب المخصص المحسن ببروتوكول شعاع المسافة عند الطلب التقليدي في النظم متعددة العملاء

المهندس طارق نزار السكيف*

الدكتور المهندس محمد أيمن العقاد** **الدكتور المهندس سالم مرزوق*****

الملخص

يعدُّ كل من الشبكات المخصصة والنظم متعددة العملاء من التقنيات الحديثة التي تساعد في تحقيق بنيان قوي ومتكيّف للشبكات الديناميكية المحمولة.

نتطرق في هذه المقالة إلى التعريف بالشبكات اللاسلكية المخصصة (Ad hoc) والنظم متعددة العملاء وحالات الدمج بين التقنيتين وفوائده ومن ثم ننتقل للتعريف ببروتوكولنا A^2ODV والفرق الرئيسي بينه وبين بروتوكول AODV التقليدي من حيث أهميته وفائدته للنظم متعددة العملاء فضلاً عن التجارب العملية التي قمنا بها باستخدام بيئة المحاكاة الخاصة بنا A^2ODV Simulator والنتائج التي حصلنا عليها والتي تقارن بين أداء كلا البروتوكولين من حيث عدد العملاء الذين يشاركون في عملية البحث عن المسار، ومعدل نجاح تأسيس المسار، والزمن اللازم لاكتشاف المسار.

الكلمات المفتاحية: التوجيه في الشبكات المخصصة، سياسة التوجيه التفاعلي، سياسة التوجيه التلقائي الازدحام المروري بروتوكول AODV.

* أعد البحث في سياق نيل شهادة الماجستير للمهندس طارق نزار السكيف بإشراف الدكتور محمد أيمن العقاد والأستاذ الدكتور سالم مرزوق - قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق

** قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق

*** قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق

1. مقدمة:

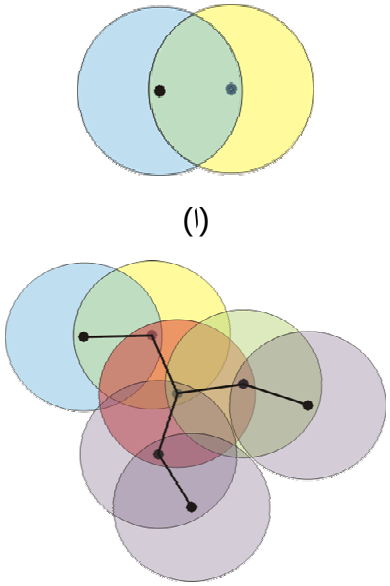
مع تسارع عجلة تكنولوجيا الشبكات والاتصالات اللاسلكية، ظهرت العديد من التطبيقات الشبكية المحمولة ذات الكلفة البسيطة والموثوقية الجيدة على نطاق واسع وأصبح موضوع الشبكات المحمولة وتطبيقاتها محور البحوث الحديثة، وذلك لتنوع مجال البحث فيها والكلفة المحتملة لها.

مع استخدام العديد من تقنيات الاتصالات في النظم متعددة العملاء وذلك لضرورة تحقيق التواصل وتبادل المعلومات بين العملاء؛ لتنفيذ الغاية المرجوة منها وتختلف كل تقنية عن الأخرى تبعاً للمهمة وعوامل أخرى منها متاحية المصادر.

في بداية هذه المقالة قمنا بدراسة استخدام الشبكات المخصصة كوسليلة تخاطب بين العملاء وفوائد تحقيق الدمج بين التقنيتين، فضلاً عن دراسة نتائج محاكاة تطبيق بروتوكولي الشبكة المخصصة AODV والنسخة المحسنة A^2ODV في النظم متعددة العملاء ومقارنة.النتائج

2.الشبكات اللاسلكية المخصصة (Ad hoc networks):

الشبكة اللاسلكية المخصصة (Ad hoc) هي الشبكة التلقائية التي تنظم نفسها بنفسها دون وجود أي كتلة لها امتياز عن البقية، وتتميز بكونها لا تحتاج إلى أي نقطة وصول (Access point) ثابتة لتأمين التخاطب مع العقد الأخرى في الشبكة، أي دون وجود أي بنية تحتية (Infrastructureless)، فكل عقدة متحركة لها نطاق اتصال ذاتي يتيح لها التخاطب مع باقي عقد الشبكة. ولأن نطاق الاتصال محدود بالمرسل/المستقبل للإشارة اللاسلكية لن تكون كل عقد الشبكة واقعة ضمن نطاق اتصال بعضها ببعضها الآخر، والعقد التي لا تتقاطع بنطاق اتصالها تتخاطب عن طريق عقد وسيطة بينية تقوم بتأمين مسارات؛ إن أمكن؛ بحيث كل عقدة بينية أسهمت بالوصول إلى العقدة الهدف تمثل قفز (Hop) ومن ثمَّ كل عقدة في الشبكة يمكن أن تؤدي دور نقطة وصول وموجه (Router) للرسائل المتبادلة، وتسمى الشبكات المخصصة في هذه الحالة بشبكات القفزات المتعددة (Multi hop)، ويوضح الشكل (1) مخططاً رسومياً لنوعي القفزات [3].



(أ)

(ب)

الشكل (1): الشبكات المخصصة:

(أ) شبكة مخصصة بقفزة واحدة. (ب) شبكة مخصصة بقفزات متعددة

- التوجيه في الشبكات اللاسلكية المخصصة:

عندما تحتاج إحدى العقد إلى التخاطب مع عقدة ما ليست ضمن جوارها المباشر، ترسل رسالة بث إذاعي (Broadcast Message) إلى العقد الموجودة ضمن نطاقها جميعها تعلمهم بطلبها. تقوم العقد المجاورة بدورها بعملية بحث ضمن جدول التوجيه الخاص بها لمعرفة إن كان يحوي مساراً للعقدة الهدف، فإن وجد تقوم بعملية إعلام عكسية، وإن لم يوجد يقوم كل جار

بإعادة توجيه للطلب ضمن نطاقه الخاص حتى يتم تعميم الطلب على العقد كلّها، فإن أمكن تأمين مسار، عندها يتم إعلام العقدة المرسلة بالإيجاب وتسليمها المسار المطلوب، وإن لم يكن متاحاً يتم إعلامها سلباً أنه لا يمكن الوصول إلى العقدة الهدف التي تطلبها [1].

يتمثل التحدي الكبير بمقدرة بروتوكلات التوجيه على التعامل مع حركة العقد ضمن الشبكة (سواء كانت نشطة أم غير نشطة)، على سبيل المثال قد تظهر عقدة ما (لها عنوان معين) بنطاق ما وتختفي لتظهر بعد مدة معينة ضمن نطاق آخر. لذلك يجب على العقد كلّها الموجودة في الشبكة المخصصة أن تمارس دورها كموجهات، وتشارك في عملية اكتشاف المسار والمحافظة عليه بجداول توجيهها.

3.النظم متعددة العملاء

(Multi Agent Systems MASs):

هو نظام مؤلف من عدد من العملاء الأذكياء المتفاعلين مع بعضهم بعضاً والمستقلين ذاتياً، حيث يكون تفاعلهم إما بشكل تعاوني بأن تتشارك الهدف نفسه مثل "مستعمرة النمل" حيث تسعى جميعها لجلب الطعام إلى المستعمرة، أو أن يكون عملها تنافسياً مثل " لاعبي كرة قدم" حيث يسعى كل لاعب إلى تسجيل عدد من الأهداف ضد الفريق الخصم.

يمكن استخدام هذه الأنظمة لحل المشكلات الديناميكية الموزعة والتي تكون مستحيلة الحل من قبل العميل الفردي، أو تلك التي تحتاج إلى أكثر من عميل لإنجازها، وفي هذه الحالة نحن بحاجة لشبكة اتصال بين العملاء، وقد طُبِّقَ العديد من تقنيات الاتصال إلا أن لكل تقنية إيجابياتها وسلبياتها التي لسنا بصدد التطرق لها والعمل في هذا البحث سيقتصر على استخدام الشبكات اللاسلكية المخصصة كوسيلة اتصال بين العملاء.

4.دراسة إمكانية تطبيق الشبكات المخصصة في النظم المتعددة العملاء:

كما ذكرنا إن كلاً من الشبكات المخصصة والنظم متعددة العملاء هي من التقنيات الحديثة نسبياً، والعمل السابق المنجز في إطار الدمج بين هاتين التقنيتين قليل نسبياً، ومن خلال البحث تبيّن أن تضافر هاتين التقنيتين مع بعضهما بعضاً يكون لتحقيق إحدى المهام الآتية:

أ. مهمة مساعدة للشبكات المخصصة بأن يكون هناك فضلاً عن عقد الشبكة المخصصة، عملاء متمثلون بروبوتات وظيفتهم تحسين أداء الشبكة المخصصة من خلال قيامهم بالمرور على العقد ونقل المعلومات من عقدة إلى أخرى لضمان وصول معلومات الشبكة بشكل أكيد، ومن ثمَّ تقليل مخاطر انتقال الإشارة اللاسلكية [4].

ب. مهمة مساعدة للأنظمة المتعددة العملاء لتحقيق المهمة المرجوة منها بشكل أفضل من حيث تقليل كلفة المصادر الضرورية لتحقيق التواصل بين العملاء وتسريع مهمتها، وذلك ما يمكن أن تؤمنه الشبكات المخصصة [2].

في دراستنا جرى العمل ضمن إطار المهمة الثانية (ب) وتبيّن أن بروتوكولات التوجيه المخصصة السابقة تناسب النظم المتعددة العملاء مع ضرورة القيام ببعض التوافقيات، ولكن لجعل عملها يناسب النظم متعددة العملاء بشكل أفضل تم العمل على بروتوكول توجيه مخصص سابق هو بروتوكول AODV [5] ودراسة بنيته والقيام بتطويرها لتحسين الأداء من وجهة نظر النظم متعددة العملاء. وكانت النتيجة بروتوكولاً محسناً خاصاً بنا أطلقنا عليه اسم A^2ODV [6].

فالشبكات اللاسلكية المخصصة ممكن أن تؤدي أدواراً مهمة في العديد من تطبيقات الأنظمة متعددة العملاء التي من غير المناسب فيها تطبيق شبكة تعتمد على بنية تحتية أو نقاط وصول، ومنها تطبيقات الأنظمة متعددة العملاء المسؤولة عن عمليات البحث الإسعافية والإنقاذية،

ولاسيَّما عند حدوث الكوارث التي ستبقى فيها الشبكة بشكل مؤقت، أو عمليات تحصيل المعلومات من أماكن فيها خطورة على الحياة البشرية، كالتطبيقات العسكرية وحقول الألغام التي بحاجة فيها نحن لعملاء، ولا نستطيع أن نبني شبكة سلكية أو لاسلكية تعتمد على بنية تحتية نتيجة إخفاق الشبكة كلياً عند تعطل نقطة الوصول.

5. بروتوكول A^2ODV :

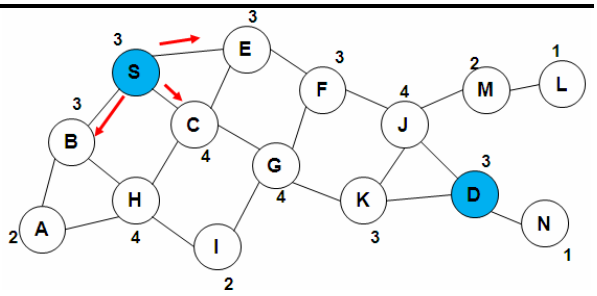
تعدُّ عملية البحث عن المسار ركيزة أساسية من ركائز عملية التوجيه لبروتوكولات التوجيه في الشبكات المخصصة، ورغم ضرورتها لإنجاز المهمة المطلوب إلا أنها تعدُّ عبئاً على عملية التوجيه نظراً إلى الزمن المستغرق خلال عملية البحث عن الهدف، بروتوكولات التوجيه المخصصة السابقة؛ ومنها بروتوكول AODV[5] تفترض أن تشارك العقد جميعها في عملية البحث عن المسار المطلوب للهدف، ومن هنا بدأ التفكير والعمل على تحسين عملية البحث عن المسار -قدر الإمكان - للتقليل من الحمل الذي تسببه من حيث انشغالية العقد جميعها بعملية البحث، ومن ثمَّ السماح لهم بالقيام بمهمات أخرى، فكان المقترح انتقاء نخبة من العقد تملك احتمالية أعلى في العثور على المسار المطلوب وفقاً لمحددات معينة، والمحدد المقترح في هذه العملية هو عدد السطور المحتواة في جدول التوجيه (Number of Entries)، فالعقدة الحاوية على عدد سطور أكبر في جدول توجيهها تعدُّ عقدة مهمة ونشيطة، وتملك احتمالاً أعلى من غيرها بالعثور على المسار المطلوب، نظراً إلى أن ازدياد عدد السطور هو مؤشر يدل على أنها تملك مسارات لعقد عديدة في الشبكة، ومن ثمَّ يجب التركيز عليها، وتوضح الأشكال (2) (3) (4) (5) فكرة الخوارزمية، فالرقم الموجود بجانب كل عقدة فيها يمثل عدد العقد المجاورة لها، وهي أقل ما يمكن أن يحتويه جدول التوجيه، لأنه في الشبكات المخصصة كل عقدة تبث لجوارها عن وجودها، ومن ثمَّ لا يمكن أن يكون هناك عقد متجاورة ضمن النطاق المباشر نفسه لا تعلم بوجود بعضها البعض، وقد يحتوي جدول التوجيه أيضاً مسارات أخرى مخزنة مسبقاً يمكن أن تؤمنها العقدة وأيضاً قد يكون هناك أكثر من مسار لعقدة ما، ولكن بكلف مختلفة ولكننا وضحنا بالأشكال التالية حالة الشبكة في بداية تأسيسها؛ بحيث لا يحتوي جدول التوجيه على أي مسار أو معلومة مسبقة سوى العقد ضمن النطاق المباشر.

في الأشكال السابقة، العقد التي تظهر بألوان مختلفة تمثل العقد المنتخبة التي ستبدأ بعملية البحث عن المسار وفقاً للمعيار السابق (عدد العقد المحتواة في جدول التوجيه).

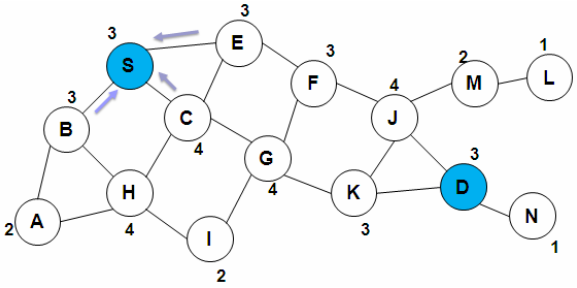
لم يتم اختيار كامل هذه المجموعة الجزئية من العقد التي تملك أعلى عدد سطور فقط، وإنما يشكل 50% منها العقد التي تملك أعلى عدد سطور تكون ضمن جدول توجيهها، ولتحقيق التوازن تكون تتمة المجموعة أي نسبة 50% الباقية من العقد التي تمتلك أدنى عدد سطور ضمن جداول توجيهها، لأننا وجدنا أن اختيار المجموعة الجزئية كاملة من العقد التي تحتوي أعلى عدد سطور سبب بالتجريب ضغطاً في بعض الحالات على هذه العقد، وأخفق أحياناً في تأسيس المسارات وبذلك نكون قد حققنا توازناً في الشبكة، وخففنا نوعاً ما حالات الازدحام على عقد معينة.

السبب الآخر في توزيع هذه النسب هو أن تلك العقد التي تحتوي عدد سطور أقل قد تكون مهمة ولا أحد يستطيع تأمين المسار سواها في بعض الحالات النادرة ومن ثمَّ تحسين أداء الخوارزمية وتخفيف حالات الإخفاق وإعادة البحث.

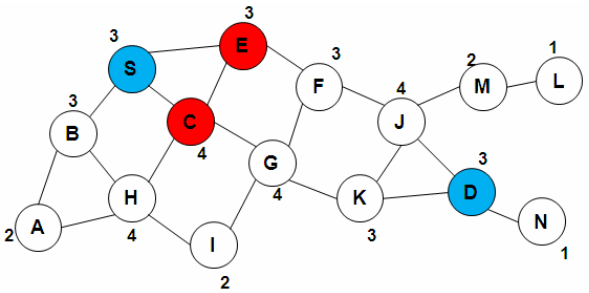
من المؤكد أن هذا التوزيع كان لحالات الشبكة التي تحتوي أكثر من خمس عقد. أمَّا في الحالات الأقل فكان هناك توزيع ثابت مثال: في حال وجود ثلاث أو أربع عقد مجاورة تختارُ اثنتان (الأعلى والأدنى)، وفي حال وجود عقدة مجاورة وحيدة أو عقدتان تُختَارُ جميعها وهكذا.



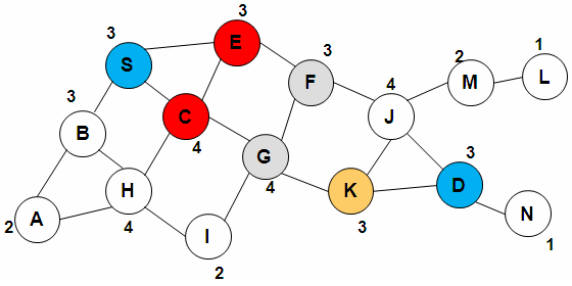
الشكل (2): العقدة الطالبة تسأل جوارها أن يرسلوا عدد السطور في جداول توجيهها



الشكل (3): كل عقدة مجاورة ترسل عدد السطور في جدول توجيهها



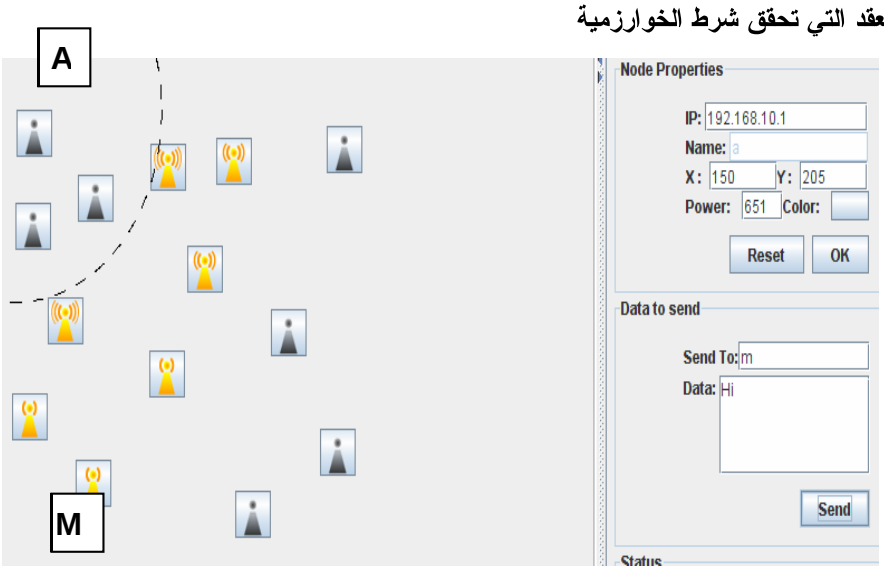
الشكل (4): تنتخب العقدة الطالبة من بين العقد المجاورة لها تلك العقد التي تحقق شرط الخوارزمية



الشكل (5): يتم تكرار عملية الانتخاب وفقاً لحالة كل عقدة منتخبة مع جوارها حتى يتم الوصول إلى الهدف

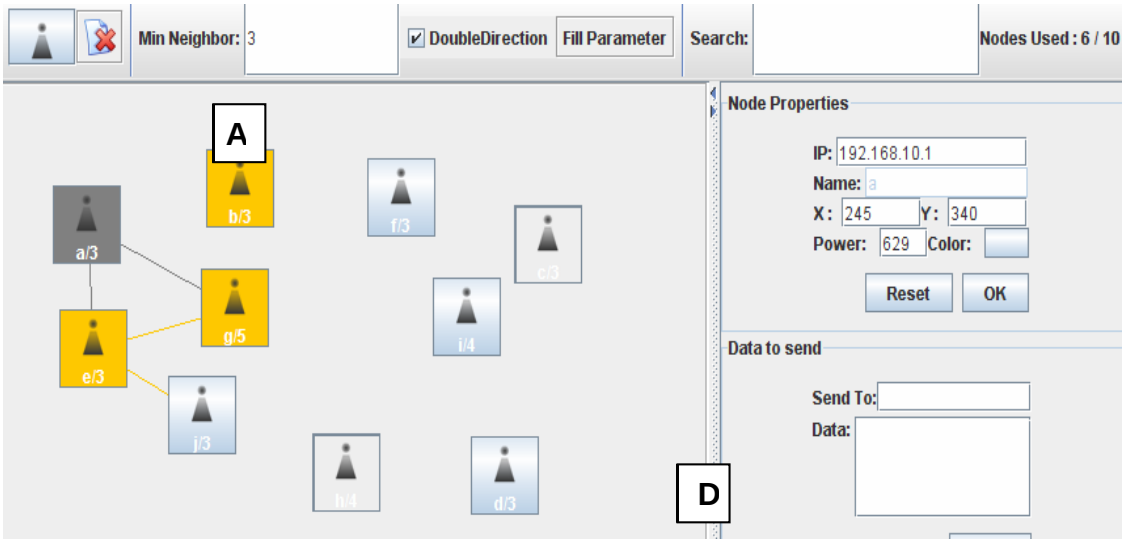
6. التجارب العملية والنتائج:

طبقنا بروتوكولنا المحسن الموضح في الفقرة (5) على بيئة محاكاة برمجية خاصة ببروتوكول AODV مفتوحة المصدر توضح بنية هذا البروتوكول وكيفية تبادل الرسائل التحكمية ورسائل المعلومات بين العملاء، تسمى هذه البيئة AODV Simulator ولها الواجهة الموضحة في الشكل (6) كما ذكرنا ووفقاً لبنية بروتوكول AODV العملاء جميعاً تشارك في عملية البحث عن المسار المطلوب للهدف.



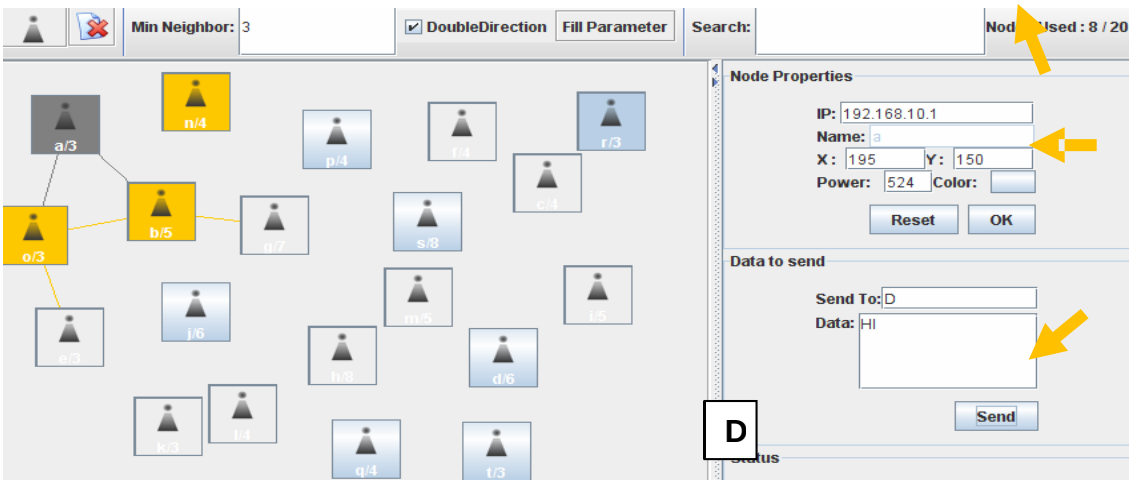
الشكل (6): مقطع مأخوذ من محاكي AODV تريد فيه العقدة A التخاطب مع M

طُوِّرَتِ البيئة السابقة وحصلنا على بيئة محاكاة محسنة أسميناها A²ODV Simulator تحاكي البروتوكول المحسن A²ODV وبعدها قِيسَتْ نسبة العملاء المشاركة في عملية البحث عن المسار من خلال أخذ عينات إحصائية كما هو موضح بالشكل (7) الآتي.



الشكل (7): مقطع مأخوذ من محاكي A²ODV تريد فيه العقدة A التخاطب مع D

في الشكل (6) نلاحظ اشتراك العملاء كافةً في عملية البحث عن المسار أي بنسبة 100%، أمَّا في الشكل (7) فنلاحظ التوفير الحاصل في عدد العملاء التي تشارك في عملية البحث عن المسار، والذي يشير إليه القياس الموجود في الزاوية العلوية اليمنى من النافذة. فعدد العملاء الكلي في المثال هو 10 عملاء، ونلاحظ اشتراك 6 عملاء فقط لإيجاد الهدف أي ما يعادل نسبة 60% ومن ثمَّ توفير بنسبة 40%. وبأخذ اختبار لحالة شبكة أخرى تحتوي على عدد أكبر من العملاء وجدنا:

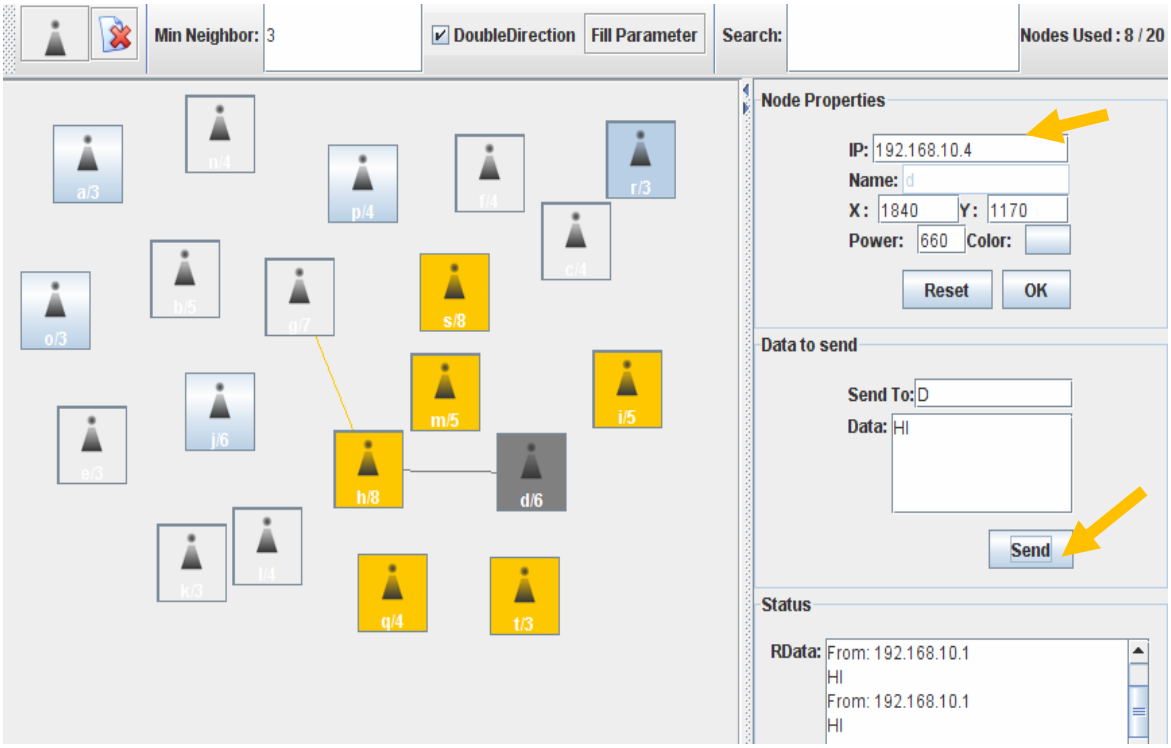


الشكل (8): مقطع مأخوذ من A²ODV Simulator تتخاطب فيه العقدة A العقدة D

A

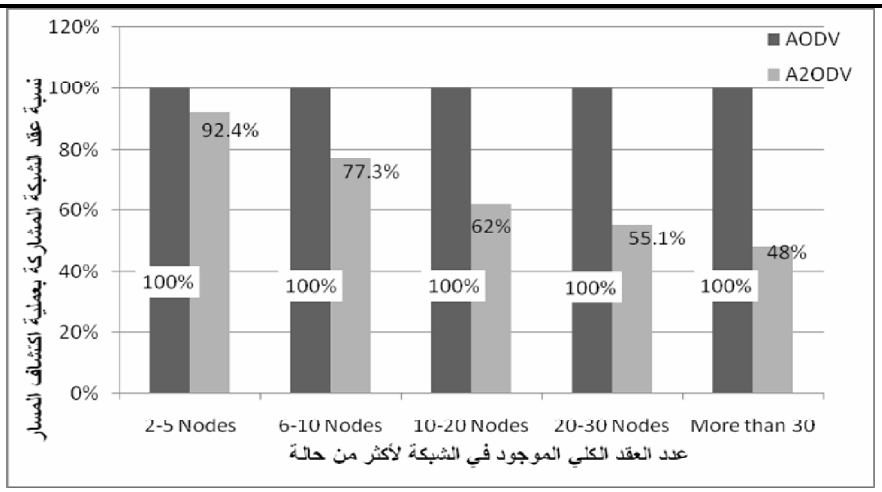
في الشكل (8) يدل القياس الموجود في الزاوية العلوية اليمنى من النافذة أن عدد العملاء الكلي في الشبكة هو 20 عميلاً، ونلاحظ اشتراك 8 عقد فقط لإيجاد الهدف، أي ما يعادل نسبة 40% ومن ثمَّ توفير بنسبة 60%.

تبيّن الأسهم الأخرى في الشكل (7) اسم العميل المرسل (A) والعميل المطلوب التخاطب معه (D) ومحتوى رسالة المعلومات (HI)، وللتأكيد أن العميل D استلم الرسالة يبيّن الشكل (9) استلام العميل الهدف (D) لرسالة المعلومات (HI).

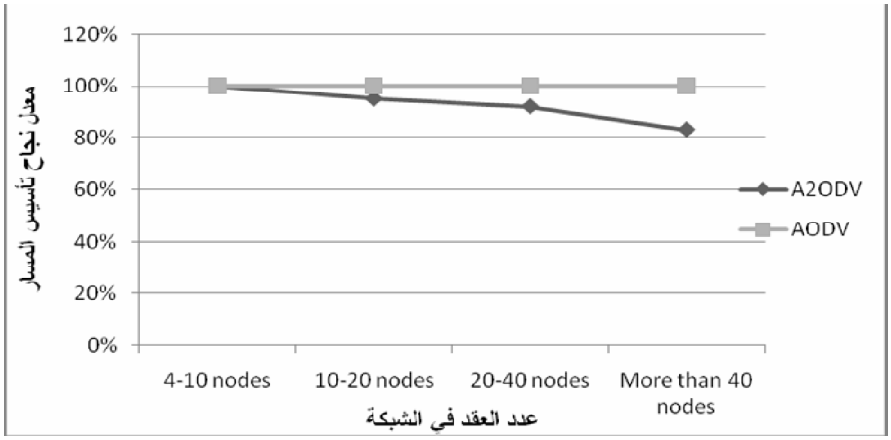


الشكل (9): نافذة تؤكد استلام العقدة D للرسالة

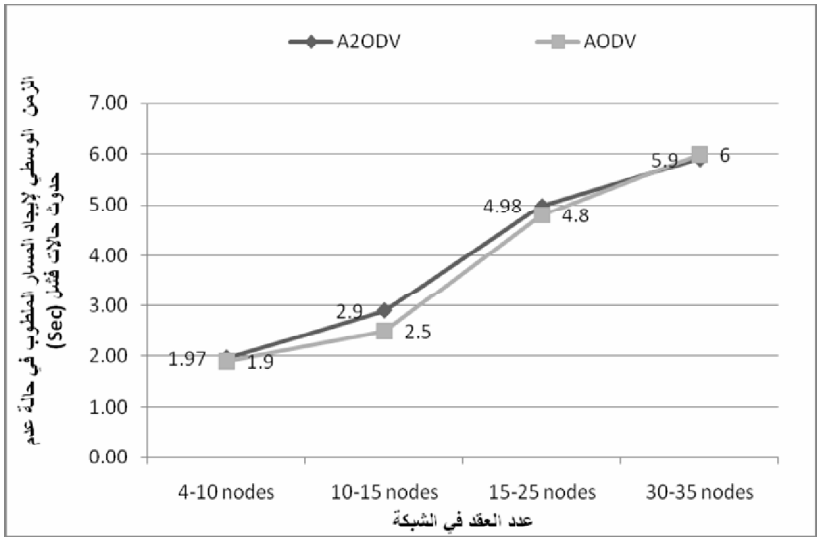
تبيّن الأشكال (10) (11) (12) النتائج التي تم الحصول عليها من بيئتي المحاكاة AODV Simulator والنسخة المعدلة A^2ODV Simulator، والمقارنة بين أداء بروتوكول AODV و A^2ODV من حيث عدد عملاء الشبكة المعنية بتأمين المسار، معدل نجاح تأسيس المسار، والزمن اللازم لوصول رسالة RREQ إلى العميل المطلوب التخاطب معه (زمن اكتشاف المسار)، وذلك بعد القيام بـــالعديد من المحاولات لكل حالة شبكة وأخذ متوسط إحصائي للنتائج.



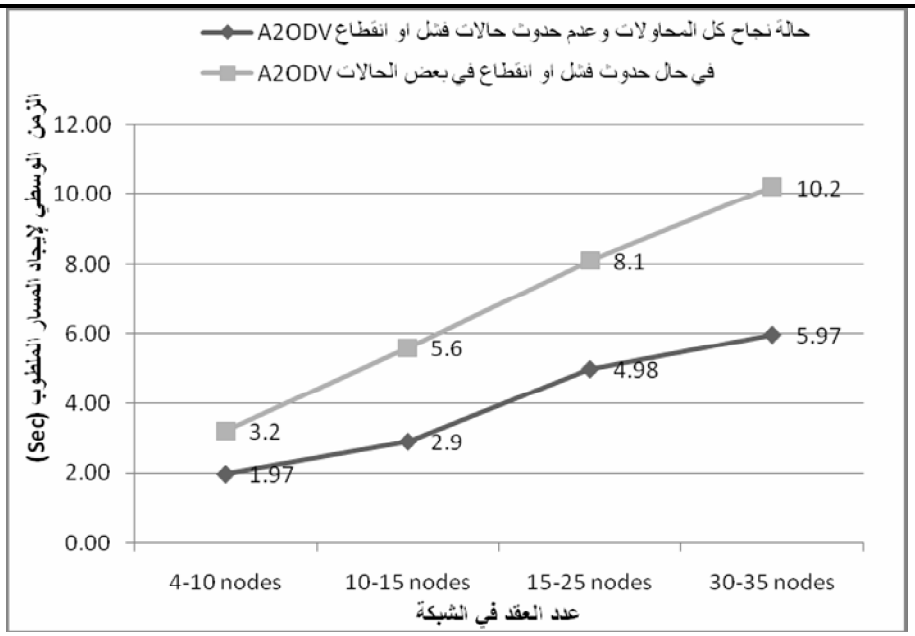
الشكل (10): مخطط يوضح مقارنة بين بروتوكولي AODV A^2ODV



الشكل(11): مخطط بياني يوضح مقارنة بين AODV, A^2ODV من حيث معدل نجاح تأسيس المسار



الشكل(12): مخطط بياني يوضح مقارنة بين AODV, A^2ODV من حيث الزمن اللازم لاكتشاف المسار في الحالات التي لم يحدث فيها إخفاق في إيجاد المسار



الشكل(13): مخطط بياني يوضح مقارنة ضمن بروتوكول A^2ODV من حيث الزمن اللازم لاكتشاف المسار في الحالات التي حدث ولم يحدث فيها فشل في إيجاد المسار

نستنتج من الشكل (10) أن هناك توفير في بروتوكول A^2ODV من حيث نسبة العملاء المنشغلة بعملية البحث عن المسار واختلاف هذه النسبة اعتماداً على عدد العملاء في الشبكة، فكلما كان عدد العملاء أكبر كانت نسبة التوفير أكثر، ونلاحظ أيضاً من الشكل(11) الذي يوضح أداء البروتوكولين من حيث معدل نجاح تأسيس المسار وفي حالة اعتبار وجود العملاء جميعهم في الشبكة وإهمال حالة وجود عميل معزول لا يمكن الوصول إليه أن هناك احتمال حدوث إخفاق في إيجاد المسار في بروتوكول A^2ODV من أول محاولة ولكن بنسب ضئيلة والجدير بالذكر أن هذا الإخفاق لا يسبب توقف في البحث عن المسار وإنما يؤدي تأخير زمني في إيجاد المسار يوضحه الشكل (13) ففيه نقارن الأداء الزمني لبروتوكول في الحالات التي تظهر فيها مشكلة فشل تأسيس المسار عند أول محاولة والحالات الأخرى التي لا يحدث فيها إخفاق ويتم إيجاد المسار من أول محاولة.

هذا التأخر في إيجاد المسار من أول محاولة هو أمر نادر الحدوث وعشوائي لا يمكن التحكم به لأن طبيعة البروتوكول بروتوكول A^2ODV تقوم بانتقاء العملاء بشكل عشوائي، وبسبب انخفاض نسب حدوثه وليس في جميع الحالات وبما أن بنية البروتوكول تسمح بإعادة المحاولة وباختيار عشوائي أيضاً فضلاً عمَّا تحققه الخوارزمية من توفير في نسبة انشغالية عملاء الشبكة يمكن إهمال هذا التأخر.

أمَّا في الحالة الطبيعية التي لم يحدث فيها ولا حالة تأخر من ضمن العينات المأخوذة فنلاحظ تقارب الأداء الزمني للبروتوكولين كما هو موضح بالشكل (12) مع وجود أداء أفضل بقليل لبروتوكول AODV ناتج عن أن بروتوكول A^2ODV لا يهتم بأطوال المسارات ويجري فيه انتخاب للعملاء وفق معايير قد لا تؤمن أقصر مسار للهدف في الشبكة.

7.خاتمة:

مع اقتراح العديد من بروتوكولات التوجيه للشبكات المخصصة لا يوجد بروتوكول يمكن أي يكون صالحاً للعمل في كل وظائف النظم متعددة العملاء وحالاتها وأحجام كلّها، لأن لكل شبكة حالة فريدة من حيث عدد العملاء والوظيفة التي تقوم بها وكثافة حركتها وتغير سرعاتها وغيرها، فضلاً عن أن بعض البروتوكولات صممت لتتوافق مع متطلبات تشبيك خاصة. من هنا نلاحظ أن اختلاف بنية بروتوكولات الشبكات المخصصة يجعل من اختيار البروتوكول المناسب عملية تحتاج إلى دراسة وعناية دقيقة.

المراجع

[1] D. Azzedine Boukerche, "Algorithms and Protocols for Wireless and Mobile Ad hoc Networks" , John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, simultaneously in Canada, 2009.

[2] Joseph P. Macker, William Chao, Ranjeev Mittu, and Myriam Abramson, "Multi-Agent Systems in Mobile Ad hoc Networks", 2006.

[3] Changling Liu and J rg Kaiser, "A Survey of Mobile Ad hoc network Routing Protocols" , University of Magdeburg, 2005.

[4] Romit RoyChoudhury, S. Bandyopadhyay, and Krishna Paul, *"A distributed mechanism for topology discovery in ad hoc wireless networks using mobile agents"*,IEEE Press Piscataway, NJ, USA,2000.

[5] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. Request for Comments 3561, February 2007. Available at http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt.

[6] Mhd. A. Al Akkad, and T. AlSkaif, "A^2ODV: Advanced Ad hoc on-Demand Distance Vector", ISTU in Dec. 2010.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2010/11/1.