

## تحسين بروتوكول OLSR بالاختيار الأمثل لعقد التوصيل اعتماداً على خوارزمية الرداء المجنح في الشبكات اللاسلكية المتنقلة VANET

نيرمين نظير عقول\*

(تاريخ الإيداع 2022/ 4/20 . قُبِلَ للنشر في 2022/7/7)

□ ملخص □

يُعدُّ إغراق الشبكات اللاسلكية المتنقلة VANET التي تعتمد بروتوكول التوجيه OLSR ( Optimized Link State Routing) برسائل البث تحدياً كبيراً، كما أن تحسين تدفق هذه الرسائل من المهام الصعبة نظراً للحركة المستمرة لعقد الاتصال ومحدودية الموارد المتاحة لكل عقدة. تتالت التقارير العلمية حول الإمكانيات الواعدة التي تقدمها التقنيات المعتمدة على الاختيار الأمثل لعقد التوصيل المتعددة (Multi-Point Relays) MPR التي قدمت ميزة إضافية تتلخص بتقليل عدد عمليات إعادة الإرسال الزائدة التي تحصل في شبكات VANET. تم في هذا البحث التحقق من منهجية جديدة تعتمد على خوارزمية الرداء المجنح wingsuit fly search في حساب وتحديد عقد التوصيل MPR وذلك بإيجاد تابع تكلفة cost function كمعيار إضافي لإيجاد أقل عدد ممكن من عقد التوصيل MPR والتي تغطي أوسع منطقة ممكنة، وقادنا البحث إلى خوارزمية هجينة مبنية على خوارزمية الرداء المجنح، وأدى تطبيقها على طريقة اختيار العقد في بروتوكول OLSR إلى تقليل عدد العقد التي توصل الرسائل مع تغطية تصل على 95% من إجمالي العقد المتواجدة في الشبكة، بالإضافة إلى زيادة الإنتاجية وتقليل عدد رسائل التحكم، وكان لهذا الأمر دور كبير في التخفيف من مشكلة عاصفة البث في شبكات VANET، وتم استخدام محاكي NS3 للوصول إلى النتائج.

**الكلمات المفتاحية:** خوارزمية الرداء المجنح، اختيار عقد التوصيل، مشكلة عاصفة البث، OLSR، VANET

\*قائم بالأعمال في كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بجامعة طرطوس.

## Enhancing OLSR protocol by optimizing Multipoint Relay Selection Process Using Wingsuit fly search Optimization Algorithm In VANET

Nermin Nather Akkoul \*

(Received 20/4/ 2022 . Accepted 7/7/ 2022)

### □ ABSTRACT □

In an Optimized Link State Routing (OLSR)-based mobile wireless network, optimizing the flooding of broadcast messages is a challenging task due to node's mobility and bandwidth resource available. The Multi-Point Relays (MPR) selection has recently been advocated as a promising technique that has an additional feature of reducing the number of redundant re-transmission occurring in VANET networks. In this paper a Novel methodology based on wingsuit fly search is investigated to enhance existing MPR-based solution, arguing that by considering a cost function as an additional decision criterion will be effective in calculating minimum MPR nodes that gives the maximum coverage area possible. Investigations has led to a new MPR Selection algorithm based one wingsuit fly search. The result of Applying this algorithm over OLSR protocol has decreased MPR count required to cover 95% of mobile nodes, increasing throughput and decreased topology control which have an obvious mitigation over broadcasting storm phenomenon in VANET networks, An NS3 simulator was used to reach the results.

**Key Words:** OLSR, VANET, MPR selection, Wingsuit fly search, Broadcast Storm Problem

---

\* Engineer at the Faculty of Information and Communication Technology- Tartous University, Syria.

## 1- المقدمة

VANET هي شبكة متنقلة تعمل عند الطلب، تتميز بأنها لاسلكية ومستقلة ولا تحتاج إلى بنية تحتية خاصة بها. تسلك أعضاء الشبكة سلوك العقد المتنقلة التي تنظم وتهيئ نفسها تلقائيًا، كما تستطيع تشارك المعلومات فيما بينها [1]. صممت هذه الشبكات لتخفف المخاطر التي تواجه سائقي الحافلات والمسافرين على الطرقات [2] وبالتالي فهي شبكات مهمة جدًا في إنجاز الكثير من التطبيقات الموزعة التي تساعد المستخدمين كتطبيقات النقل الذكي والمدن الذكية [3]. تتعاون عقد شبكة VANET مع بعضها عند إيصال الرسائل ضمن المنطقة الواسعة التي تغطيها، ويعتمد إرسال واستقبال هذه الرسائل بفعالية على مفهوم حلقات الإرسال المتعددة [4][5]. تظهر مشاكل عدة عند نقل البيانات بهذه الصورة وأهمها مشكلة عاصفة البث broadcast storm وخاصة عندما لا تمتلك الشبكة حزمة واسعة لتراسل البيانات قادرة على استيعاب الرسائل التي يجري تبادلها. إن عمليات التوجيه المتزايدة للرسائل المتبادلة والمرتبطة بمشكلة عاصفة البث ستقود إلى زيادة في تصادم حزم البيانات وإسقاطها [6].

شكلت فكرة تخفيف آثار هذه المشكلة ضمن شبكات VANET تحديًا كبيرًا للباحثين [7]، فقد ناقشت الأدبيات هذا الموضوع من زوايا مختلفة كاستخدام الأمثلة اعتمادًا على البرمجة الخطية وطرق التوجيه العشوائي للوصول إلى العقدة الهدف [8]. كما ناقش الباحثون فكرة البنية التحتية المخصصة لشبكات VANET والتي قادت بدورها إلى دراسة إمكانية التكامل مع تقنيات أخرى مثل التحكم الإيجابي بالقطارات (PTC (Positive Train Control) لضمان تواصل أفضل وازدحام أقل [9]. دُرست أيضًا مقاربات مختلفة لتخفيف الاختناقات في شبكات VANET مثل خوارزميات طوبولوجيا الشبكات وخوارزميات التحكم بالطاقة وذلك باختيار معايير مختلفة للدراسة لتقييم الأداء، وقد أظهرت النتائج أن الخوارزميات أو المقاربات الهجينة بين أكثر من تقنية أفضل إلى نتائج أفضل [10].

يُعد بروتوكول OLSR بروتوكول توجيه استباقي فعال لتأسيس قناة اتصال بين عقد الشبكة، وتعتمد آلية عمله بشكل رئيسي على عقد التوصيل المتعدد MPR وعلى آلية اختيار هذه العقد بالطريقة التي تخفف الحمولة على شبكة الاتصال وتقلل من طول المسار المتبع للوصول إلى الوجهة المطلوبة [11] [12]. تبدأ عملية البحث عن عقد التوصيل المناسبة من بين عقد الشبكة من قبل العقد نفسها وفقًا لمعايير محددة، تكون نتيجة هذه العملية اختيار مجموعة منها لتوصيل رسائل عقد إلى عقد أخرى خارج نطاق تغطيتها وبالتالي الربط الكامل بين جميع عقد الشبكة. تُحدد عقد MPR وفقًا للخوارزمية المعيارية التي سنتحدث عنها تاليًا، لكنها خوارزمية أساسية وغير ملائمة دائمًا لأنها لا تأخذ في الحسبان كل خصائص العقد عند إجراء الحسابات.

## 2- أهمية البحث

تبرز أهمية البحث في تقديم نسخة محسنة من بروتوكول OLSR مبنية على خوارزمية الرداء الممنح لاختيار أمثل للعقد في شبكات VANET من أجل تقليل العدد الكلي للعقد التي تنقل الرسائل عبر الشبكة وهذا يؤدي إلى تخفيض رسائل التحكم وتخفيض أثر ظاهرة عاصفة البث وبالتالي زيادة الإنتاجية .

### 3-طرائق البحث ومواده

#### 3-1 بروتوكولات التوجيه

تؤمن بروتوكولات التوجيه تبادل الاتصالات والمعلومات بين عقدتين، وهي قريبة في شبكات VANET من التكنولوجيا المستخدمة في شبكات MANET على الرغم من البيئتين المختلفتين لهاتين الشبكتين. تصنف بروتوكولات التوجيه في مجموعتين بناء على بنية الشبكة والموقع الجغرافي [13]. إذ تستخدم جداول التوجيه في البروتوكولات المعتمدة على طوبولوجيا الشبكة لإرسال البيانات من العقدة الأساس الى الهدف [14] وقد تكون استباقية proactive أو تفاعلية Reactive أو مزيجاً بينهما [15]. بينما تعتمد بروتوكولات التوجيه الجغرافية على معرفة كل عقدة لموقعها الجغرافي بدقة عن طريق تقنيات مباشرة مثل GPS أو غير مباشرة كتقنيات تحديد الموقع اعتماداً على الوضع النسبي للعقد [16].

#### 3-2 مشكلة عاصفة البث Broadcast Storm Problem :

تنتقل البيانات بين عقد الشبكة بطريقة تُدعى البث broadcasting [17]، ونظراً لاعتماد جميع بروتوكولات نقل البيانات عبر الشبكة بإضافة إلى تطبيقاتها على هذا الأسلوب في الاتصال فإنه شديد الحيوية وسيقوم بالتأثير على وضع شبكات الاتصال [18] عندما ترسل جميع العقد المرتبطة وفق شبكة وتستقبل رزم البيانات دون تحكم مركزي، ستواجه الشبكة اختناقاً يُشار إليه باسم عاصفة البث [19]. لذلك يُعدّ استخدام بروتوكولات توجيه أكثر ملائمة أمراً مهماً لتخفيف عاصفة البث من خلال الاختيار الأمثل لعقد الشبكة التي ستوصل الرسائل إلى العقد الأبعد مما يساهم في تقليل التصادم بين الرزم المنقولة وإغراق الشبكة. قدمنا نسخة معدلة من بروتوكول OLSR مبنية على خوارزمية الرداء المجنح wingsuit fly search بنقاصيل أكثر، تستهدف أمثلة اختيار العقد في شبكات VANET لتقليل العدد الكلي لعقد التوصيل التي تنقل الرسائل عبر الشبكة على أن تغطي أوسع نطاق تشغله الشبكة.

#### 3-3 بروتوكول OLSR

هو بروتوكول توجيه استباقي يعتمد على تحديد بنية الشبكة وتخزين الحالة الكلية لها في كل عقدة ومن ثم تأمين مسار من الهدف إلى الوجهة عندما يقتضي الأمر [20]. يطبق هذا البروتوكول فكرة عقدة التوصيل المتعدد MPR لتخفيف الاختناق الناجم عن رسائل التحكم المنقولة في الشبكة وتتيح أقصر المسارات لتوصيل البيانات إلى العقدة الهدف.

تختار كل عقدة مجموعة من العقد المجاورة وتسجلها على أنه عقد توصيل مرتبطة بها، وتستمر بتتبع مكانها، وتسمى هذه العقد بالحلقة الأولى 1<sup>st</sup> hop. اعتماداً على هذه المجموعة تتوقع العقدة أفضل المسارات إلى الهدف مروراً بعقد التوصيل المجاورة. بالطبع ستبحث عقد التوصيل عن عقد توصيل خاصة بها أيضاً وهذا ما يُسمى بالحلقة الثانية hop 2<sup>nd</sup>. يتشكل المسار إلى الوجهة إذاً عبر عدة حلقات توصيل متداخلة عبر حسابات وخوارزميات محددة.

#### 3-3-1 اختيار عقد التوصيل MPR في بروتوكول OLSR

تم في هذه الفقرة شرح الخوارزمية الأساسية لاختيار عقد MPR والتي تستخدم مفهوم البحث الذاتي reedy MPR Heuristic [21]. لنفترض أن  $N(u)$  هي عقدة مجاورة للعقدة  $u$  وتحقق:

- تنتمي إلى مجموعة العقد الواقعة ضمن مجال اتصال  $u$ .

- تتشارك قناة اتصال ثنائية الاتجاه مع  $u$ .

$$v \in N(u) \Leftrightarrow u \in N(v) \quad (1)$$

نرمز للعقد التي تمثل جوارًا لعقدة من المجموعة  $N(u)$  ولا تنتمي إلى هذه المجموعة بالرمز  $N_2(u)$ :

$$N_2(u) = \{v \text{ s. t. } \exists w \in N(u) | v \in N(w) \setminus \{u\} \cup N(u)\} \quad (2)$$

عندما ترسل العقدة  $u$  رسالة، ستنقل هذه الرسالة إلى إحدى العقد  $w$  التي تنتمي في نفس الوقت إلى

الجوار الثاني للعقدة  $u$  و الجوار الأول لعقدة توصيل  $v$  مرتبطة بـ  $u$  أي:  $w \in N_2(u) \cap N(v)$ .

لنفترض أن  $v$  هي نقطة من جوار  $u$  أي:  $v \in N(u)$ ، نرمز عندها إلى عدد نقاط حلقة التوصيل الثانية

المتعلقة بالنقطة  $u$  أي  $N_2(u)$ ، والتي تنتمي في نفس الوقت إلى جوار  $v$  أي  $N(v)$  بالرمز  $d_u^+(v)$ :

$$d_u^+(v) = \{N_2(u) \cap N(v)\} \quad (3)$$

تمثل هذه القيمة عدد عقد  $N_2(u)$  التي يمكن للعقد  $u$  أن تصلها كحلقة ثانية عبر النقطة  $v$ .

ليكن  $d_u^-(v)$  عدد عقد الحلقة الأولى  $N(u)$  التي تنتمي أيضًا إلى جوار  $v$  أي  $N(v)$ :

$$d_u^-(v) = \{N(u) \cap N(v)\} \quad (4)$$

لنفترض أن:

$$d_u^-(v) = 1$$

يعني ذلك أن وجود عقدة واحدة  $w$  تنتمي إلى جوار  $u$  و  $v$  معًا تسمح بتواصل  $u$  و  $v$  عبر حلقة التوصيل الثانية.

ونقول إن  $v$  هي عقدة معزولة للعقدة  $u$ .

وفقًا لهذا الأسلوب تُفقد هذه الخوارزمية عند كل عقدة لاختيار نقاط MPR الخاصة بها وفق حلقتين.

تختار العقدة  $u$  من جوارها الأول  $N(u)$  مجموعة من العقد التي تغطي بشكل متكامل الجوار الثاني  $N_2(u)$ ،

تُدعى هذه العقد بعقد التوصيل المتعدد للعقدة  $u$  ويرمز لها بالرمز  $MPR(u)$ :

$$u \cup N_2(u) \subset \bigcup_{v \in MPR(u)} N(v) \quad (5)$$

نرمز إلى عقد التوصيل التي تختارها عقدة  $u$  في الخطوة الأولى بالرمز  $MPR_1(u)$  وتضم هذه المجموعة العقد

التي تربط  $u$  بالعقد المعزولة وبالتالي ستمثل الطريقة الوحيدة التي توصل  $u$  بالنقاط المعزولة بالنسبة لها.

وبالتالي فإن الخطوة الأولى في الخوارزمية هي خطوة إلزامية لتغطية جميع عقد التوصيل من الحلقة الثانية للعقدة

$u$ .

في الخطوة الثانية تتفقد  $u$  العقد الموجودة في إطار الحلقة الثانية  $N_2(u)$  التي لم يتم اختيارها ضمن  $MPR_1$

$(u)$ . تختار العقدة  $u$  عندها عقد الحلقة الأولى  $N(u)$  التي تغطي أكبر عدد ممكن من عقد الحلقة الثانية  $N_2(u)$  وهكذا

حتى تتمكن من تغطية جميع عقد الحلقة الثانية.

لهذه الخوارزمية السليبيات الآتية:

- تختار كل عقدة مجموعة MPR الخاصة بها على أساس القدرة العالية على توصيل الرسائل وبالتالي

سُختار العقد التي تتمتع بقدرة عالية على إيصال الرسائل من قبل الكثير من العقد الأخرى لتكون من ضمن

مجموعة MPR الخاصة بها ولن يُختار سوى عدد قليل من العقد الأقل قدرة على إيصال الرسائل وقد لا تختار

كليًا مما يزيد من الازدحام عند بعض العقد مقارنة بغيرها.

- سئستهلك طاقة عقد MPR بسرعة أكبر من تلك التي لم تُختَر كعقد توصيل نظرًا للمتطلبات الكثير التي ستردها لإيصال الرسائل إلى الوجهات المطلوبة. وهذا سيسبب اختلالاً في توزيع الطاقة ضمن الشبكة ككل وستتأثر بذلك قدرة الشبكة على التواصل بشدة وخاصة من ناحية عرض حزمة التراسل المتاحة والتأخير الزمني.

إن الاختيار المناسب لعقد MPR لتحقيق أقرب مسار مثالي لتوجيه الرسالة هو المفتاح الرئيسي لتقليل الازدحام وخاصة أن التواصل غير الضروري بين العقد سيزيد من الاختناقات وتزيد من استهلاك الطاقة. إذًا فاختيار العقد التي تؤمن توزيع فراغي أفضل سيقبل عدد عقد MPR اللازمة لإيصال الرسائل ويقرب المسارات. لمحاولة حل هذه المشكلة سنناقش تطبيق خوارزمية الرداء الممنح كتقنية واحدة في هذا السياق.

### 3-4 خوارزمية الرداء الممنح Wingsuit fly search :

وهي خوارزمية استمثال optimization مبتكرة حديثاً ومستوحاة من رياضة المخاطرة المعروفة بالقفز من الجو باستخدام رداء له أجنحة [22]. تحاكي الخوارزمية هبوط الرياضي الذي يلبس رداءً خاصاً للطيران الانسيابي إلى أخفض نقطة من منطقة معينة على سطح الأرض. تعتمد الخوارزمية على مبدأ التعداد، فمجموعة النقاط التي تمثل خيارات الهبوط لن تكون واضحة عندما يكون على أعلى ارتفاع، وعندما يقترب من الأرض تتوضح المعالم ويمكنه عندها تحديد مجموعة أنسب من خيارات الهبوط، ونسمي هذه العملية تكراراً وكلما هبط قليلاً يمكنه تحديث مجموعة الخيارات حتى يصل أخيراً إلى أفضل نقطة للهبوط.

إذًا فهذه الخوارزمية هي خوارزمية بحث مبنية على التعداد وتحديث المجموعة الأولية من الخيارات المتاحة كحلول للمسألة بشكل مستمر ومتكرر.

تُختار في البداية مجموعة أولية من النقاط ثم يُطبق عليها تابع تكلفة cost function وكنتيجه لهذه العملية تختار الخوارزمية النقاط المجاورة للنقاط الأولية التي تحقق أدنى قيمة لتابع التكلفة لتكون المجموعة الجديدة التي سنطبق عليها مجدداً تابع التكلفة وهكذا حتى بلوغ الحل النهائي.

لم تُطبق هذه الخوارزمية بعد على نطاق واسع نظرًا لحدائتها لكنها تتمتع بمرونة كبيرة في اختيار حجم العينة الأساسية وعدد مرات التكرار ومن السهل نوعاً ما تطوير قدرتها على تمييز الكثير من البنى التقنية.

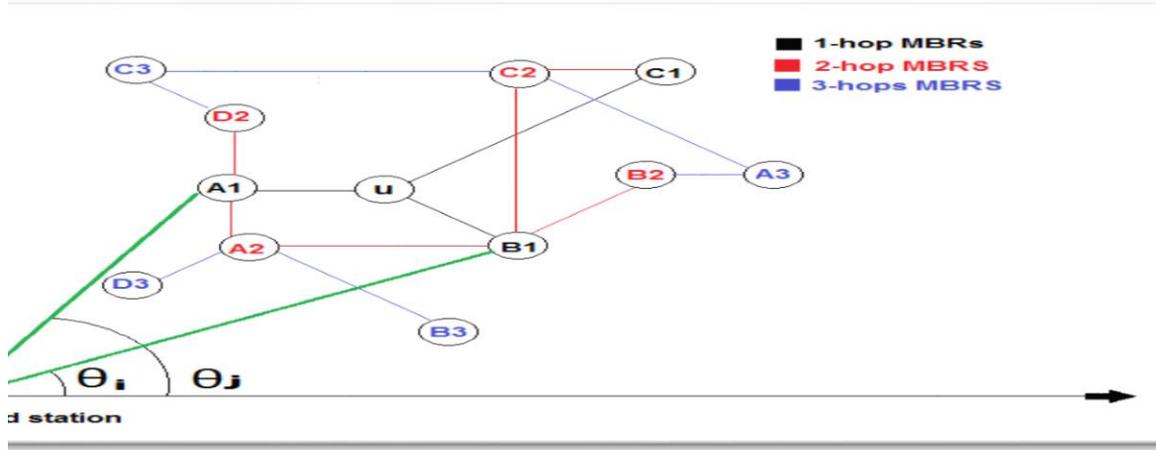
### 3-5 آلية البحث لتحسين بروتوكول OLSR

تم في هذه المقاربة استخدام عاملي قوة الإشارة المستقبلية (Received Signal Strength Indicator) RSSI كمؤشر على جودة الاتصال وزاوية الوصول (Angle Of Arrival) AOA كمؤشر إلى مجال التغطية بهدف الحصول على أقل عدد ممكن من عقد MPR وأفضلها من ناحية التغطية.

جرت عملية التحسين المستهدفة بتقديم تابع تكلفة cost function جديد كمعيار إضافي عند حساب MPR1 و MPR2 لأي عقدة اعتماداً على المؤشرين السابقين.

لنفترض ما يلي:

- توجد محطة ثابتة قادرة على قراءة زاوية الوصول بين أي عقدتين بالنسبة لها وإبلاغ كل عقدة بهذه القيم كما هو واضح في الشكل 1. وسنرمز لهذه الزاوية بالرمز  $\theta$ .



الشكل (1) محطة ثابتة

- تمتلك كل عقدة القدرة على قياس قيم  $RSSI$  لكل عقد الجوار  $N(u)$  (العقد التي تشترك بقناة اتصال ثنائية الاتجاه). سنرمز لقيمة  $RSSI$  بالرمز  $r$ .

- ليكن  $\alpha_{i,j}$  فرق الزاوية المحصور بين عقدتين  $i$  و  $j$  في الجوار الأول لعقدة  $u$  ( $N(u)$ ).

$$\alpha_{i,j} = \theta_j - \theta_i : i, j \in N(u) \quad (6)$$

عندها يمكننا تعريف تابع التكلفة التالي:

$$f_c(\alpha, r) = (w^1 |\sum_{i=1}^n r_i| - w^2 \sum_{i,j \in N(u)} \alpha_{i,j}) \quad (2)$$

عند حساب عقد الجوار الأول للعقدة  $u$  ( $N1(u)$ ):  $w^1 = w^2 = 1$

عند حساب عقد الجوار الثاني للعقدة  $u$  ( $N2(u)$ ):  $w^1 = 1.5, w^2 = 0.5$

إن حساب أقل قيمة لتابع التكلفة  $f_c$  باستخدام خوارزمية الرداء المجنح سيُنتج مجموعة من العقد التي تتمتع بخصائص محددة في كل تكرار للعملية، ثم تجري عملية المطابقة بين العقد التي تنتجها الخوارزمية مع أقرب عقد حقيقية تطابق كواصفاتها من خلال خطوة استيفاء بسيطة.

وكخطوة إضافية بعد تطبيق الخوارزمية يتم اختيار عدد مناسب من العقد التي يكون فرق زاوية الوصول بينها موجباً أو سالباً لضمانات توزيع جيد لعقد التوصيل  $MPRS$ .

<p><i>Input: n, <math>\alpha</math>, r, [amin, amax], <math>\Delta amin</math>, [rmin, rmax], <math>\Delta rmin</math></i></p> <p><i>Output: n*, f*</i></p> <p><i>n ← 500</i></p> <p><i>[amin, amax] ← [0, <math>\pi</math>]</i></p> <p><i>[rmin, rmax] ← [50, 90]</i></p> <p><i><math>\Delta amin</math> ← 0.25</i></p> <p><i><math>\Delta rmin</math> ← 5</i></p> <p><i>For i=1 to i= عدد مرات تكرار العملية</i></p> <p><i>حساب <math>\alpha</math>, r...</i></p> <p><i>حساب f<math>\alpha</math>...</i></p> <p><i>الحصول على العقد المناسبة للتكرار الثاني (العقد التي تحقق أدنى قيمة لتابع التكلفة)</i></p> <p><i>استيفاء النقاط التي نحصل عليها بأقرب عقد حقيقة إليها</i></p> <p><i>تحديث العقد التي ستشكل مجموعة العقد التي ستدخل إلى التكرار التالي</i></p> <p><i>Next</i></p>
<p>الشكل(2): الخوارزمية المجردة <i>pseudo-algorithm</i> التي تعتمد البحث بطريقة الرداء المرنج التي تم استخدامها في حساب عقد <i>MPR</i></p>

#### 4- النتائج و المناقشة

أجريت عملية محاكاة باستخدام بروتوكول OLSR وبروتوكول OLSR المحسن الذي نطلق عليه اسم WS-OLSR شمل حساب عقد MPR-1 و MPR-2 وإنتاجية قناة الاتصال وحجم رسائل التحكم الطوبولوجية TC، وقد خلصت نتيجة المحاكاة التي أجريت على المحاكى منفصل الأحداث NS3 إلى مجموعة من النتائج التي تصف أداء نسختي بروتوكول OLSR المعيارية والمعتمدة على خوارزمية الرداء المرنج، وسنفضل هذه النتائج تالياً.

الجدول (1) بارامترات المحاكاة	
البارامتر	الوصف
المحاكي المستخدم	NS 3.29
نظام التشغيل	Ubuntu 18.04
البروتوكول المستخدم	Standard OLSR, OLSR uses wingsuit
عدد العقد	25-200
نمط الانتشار	Two dimensions ground
بروتوكول النقل	UDP
حجم الرزمة	512 bytes
بروتوكول MAC	IEEE 802.11
نمط الحركة	Random Waypoint

200 seconds	زمن المحاكاة
1000 m x 1000 m	مساحة منطقة العمل
20 m/sec	السرعة المستخدمة

تم العمل أثناء المحاكاة العمل وفق مبدأ الظروف الأسوأ لذلك تم اختيار سرعة المركبة بحدود 72 كم/سا لكن ستجتاز المنطقة المحددة وفق أقصر محاورها خلال 50 ثانية، وبالتالي سيكون أربع أضعاف زمن المرور كافيًا للحكم على الخوارزمية من خلال عبور المنطقة أربع مرات من ناحية أولى، كما يعتبر زمن 200 ثانية من الناحية الأخرى زمنًا طويلاً مقارنة بالفترة الزمنية اللازمة لاختيار شبكة عقد التوصيل وتخزين وجهاتها لنقل بيانات تطبيقات VANET المتعلقة بالسلامة safety applications أو غيرها والتي لا ينبغي أن تتجاوز أجزاء من الثانية، بالإضافة إلى افتراضنا أن المركبة في حال استكشاف دائم للمحيط وإرسال مستمر للبيانات خلال مرورها.

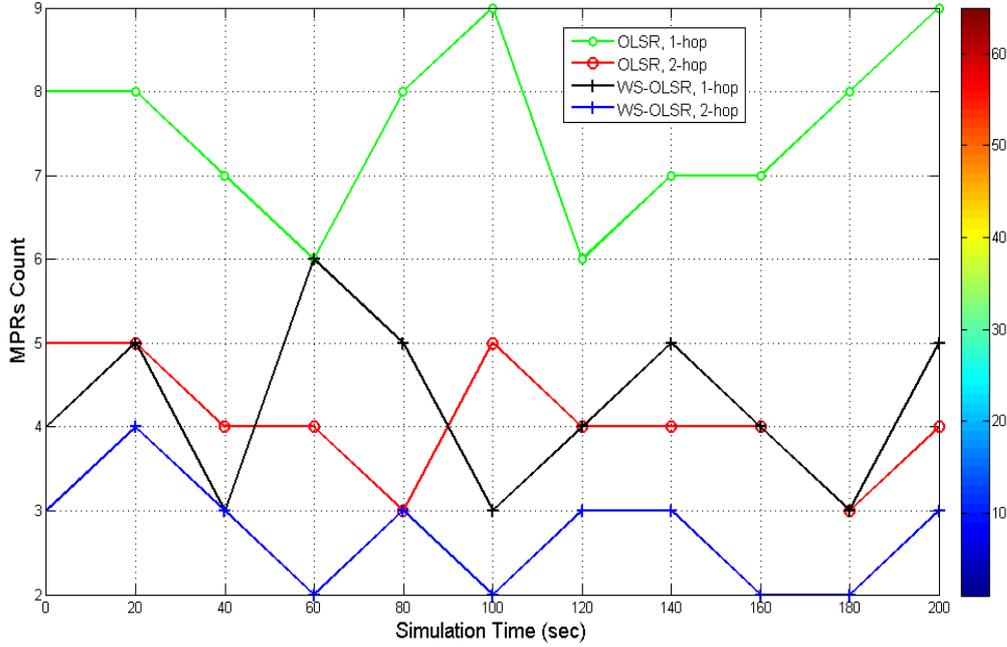
إن تقليل عدد عقد التوصيل التي تتبادل رسائل التحكم، كما أشرنا سابقاً، مع الحصول على أفضل توزيع لها لتغطي كامل المنطقة التي تشغلها شبكة VANET سيخفف من كمية هذه الرسائل وسيُنظم الحمل ضمنها مما يخفف من ظواهر الازدحام.

ركزت المحاكاة على عدد عقد حلقة التوصيل الأولى N1 مع الإنتاجية لإظهار قدرات البروتوكول المحسن على تحسين توزيع هذه العقد، بينما سيشير العدد المنخفض لعقد توصيل الحلقة الثانية إلى انخفاض عدد رسائل التحكم.

#### 4-1-1 تقييم أداء بروتوكول OLSR المحسن

##### 4-1-1 عدد عقد MPR

تتشارك مجموعة عقد توصيل الحلقة الأولى لعقدة  $u$  بقناة اتصال ثنائية الاتجاه معها وتقوم بإيصال الرسائل عبرها إلى وجهة محددة. سيساعد انخفاض عدد عقد هذه المجموعة إن توزعت بشكل ملائم من تقليل عدد رسائل التحكم وبالتالي تخفيف ظواهر الازدحام، وقد أظهرت المحاكاة أن استخدام بروتوكول التوجيه المعدل  $WS-OLSR$  قلل عدد عقد التوصيل في الحلقتين الأولى والثانية لتغطية 95% من العدد الكلي للعقد في الشبكة بحدود 15% إلى 20% كما يظهر الشكل 3.

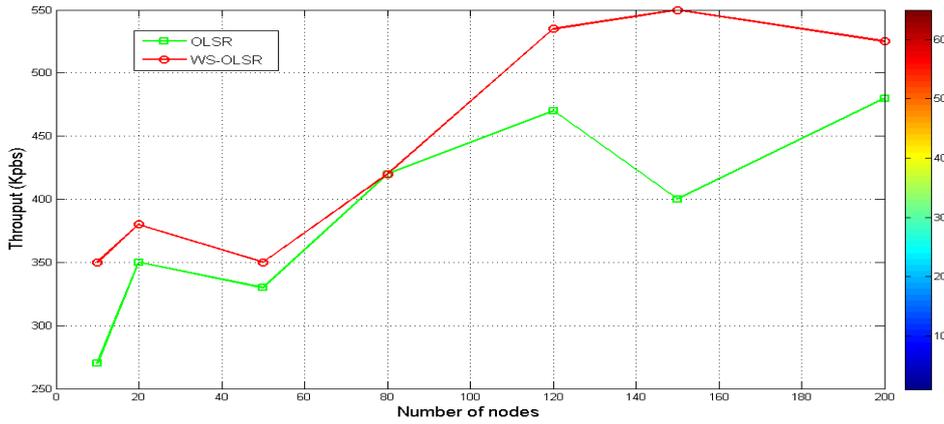


الشكل (3): مقارنة بين أعداد عقد التوصيل المحسوبة في نسختي بروتوكول OLSR

يوضح الشكل (3) عدد عقد التوصيل التي توجب على المركبة تسجيلها خلال فترة المحاكاة، وكما ذكرنا سابقاً فقد تتجاز هذه المركبة خلال هذه الفترة المنطقة المدروسة عدة مرات وبالتالي سيتغير موقعها بالنسبة لبقية المركبات أو العقد بشكل مستمر وتتغير بنية الشبكة مما يزيد أو يقلل عدد العقد المؤهلة لإيصال الرسائل. لكن ما يميز الخوارزمية الجديدة أن عدد العقد اللازمة لنقل الرسائل إلى العقدة أو المركبة الهدف عبر حلقة التوصيل الثنائية (2-hops) هو أقل ما يمكن مقارنة بخوارزمية OLSR التقليدية ذات الحلقة والحلقتين وهذا ما سيكون له أثر كبير في تخفيف الازدحام نظراً لانخفاض عدد العقد المشاركة في إيصال البيانات إلى العقدة الهدف.

#### 4-1-2 إنتاجية العقد

الإنتاجية هي معدل نقل البيانات الفعال مقدراً بالبايت في الثانية ويدل على عدد حزم البيانات المستلمة بنجاح خلال واحدة الزمن. تزيد فعالية بروتوكول التوجيه بزيادة الإنتاجية. يعرض الشكل (4) الإنتاجية الكلية لمجموعة من عقد MPR عند تطبيق بروتوكول OLSR المعياري والمعدّل. يبين الشكل أن زيادة عدد العقد في الشبكة (بين 150-200) يؤدي إلى استقرار إنتاجية البروتوكول المعدّل وارتفاعها مقارنة بالبروتوكول المعياري. كما نلاحظ أن أداء البروتوكول المعدّل أفضل عمومًا.

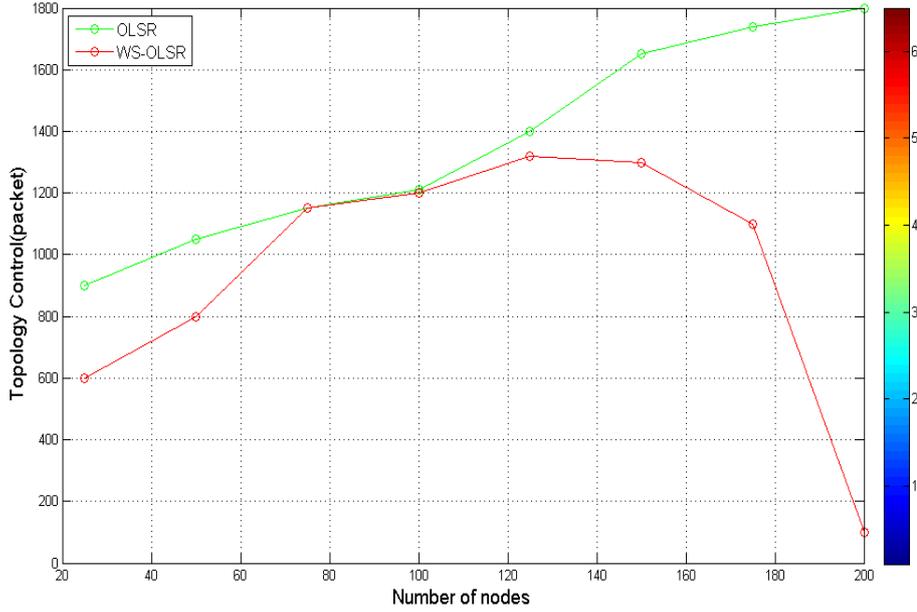


الشكل (4): معدل الإنتاجية لبروتوكول OLSR المعياري والمعدّل.

يوضح الشكل (4) تغيرات الإنتاجية مع زيادة عدد المركبات أو العقد، وكلما زاد عدد الرسائل التي تسلم بشكل صحيح إلى عقد الحلقة الأولى والثانية وصولاً إلى الهدف ستزيد الإنتاجية. فعندما يكون عدد العقد قليلاً سنقل الإنتاجية لعدم توفر عقد كافية في فضاء المنطقة لإيصال الرسائل وبالتالي قد يحدث تأخير في إيصال الرسائل أو انشغال العقد الأخرى في توصيل رسائل أخرى. بينما عند ارتفاع عدد العقد إلى حد ما سنقل مشكلة التأخير وتبقى مشكلة التوزيع الطوبولوجي الذي قد يخفض في أي لحظة الإنتاجية إن لم يكن مناسباً، وأخيراً مع زيادة عدد العقد بشكل كبير ستختفي تقريباً المشكلتين السابقتين (التأخير والتوزيع) ويبقى التأثير لخوارزمية الانتقاء والتي تقوقت فيه فيها الخوارزمية الجديدة WS-OLSR.

#### 3-1-4 رسائل التحكم

تتضمن رسائل التحكم مجموعة معلومات عن العقدة الحالية وبقية عقد التوصيل MPR التي يجري حسابها باستمرار من أجل كل عقد الشبكة وتنتقل فيما بينها باستمرار إضافة إلى حزم البيانات. تظهر المحاكاة أن البروتوكول المعدّل سيقبل كثيراً من كمية رسائل التحكم عندما تزداد عدد العقد في الشبكة (من 150 وأكثر) بينما تميل الكفة إلى البروتوكول المعياري عندما يقل عدد العقد في الشبكة كما يظهر في الشكل (5).



الشكل (5) رسائل التحكم في OLSR التقليدي والمعدل

يوضح الشكل (5) أن عدد رسائل التحكم يتعلق بشكل كبير بعدد المركبات الموجودة في منطقة الدراسة وكلما زاد عدد المركبات ستزيد رسائل التحكم نظراً لزيادة كمية المعلومات المتبادلة عن الحالة وفقاً للتوزيع الطوبولوجي للعقد. لكن نلاحظ الانخفاض الحاد لعدد رسائل التحكم مع ارتفاع عدد العقد مما يدل بشكل قاطع على عدم تأثير التوزيع الطوبولوجي للعقد نظراً لقدرة الخوارزمية الجديدة على المحافظة على جداول MPR الخاصة بها فترة زمنية أطول دون الحاجة إلى تغييرها بشكل جذري مما يقلل كثيراً حجم رسائل التحكم المتبادل وبالتالي تخفيف الازدحام بشكل ملحوظ.

## الاستنتاجات والتوصيات

أجريت المحاكاة تحت مجموعة من الشروط الثابتة كبروتوكول نقل البيانات UDP وبروتوكول MAC وفق معيار IEEE 802.11 وسرعة ثابتة للعقد مقدارها 20 م/ثانية. تشير النتائج إلى تخفيض بروتوكول OLSR المعدل لرسائل التحكم بمقدار 10% - 40% وسطياً ويتوافق ذلك بزيادة في الإنتاجية بنسبة 20% - 30% كنتيجة واضحة لتخفيض عدد عقد MBR. وقد أفضت المحاكاة إلى أفضل النتائج المتعلقة بالإنتاجية وعدد رسائل التحكم في بروتوكول OLSR المعدل ستظهر عند زيادة العقد في الشبكة (60 عقدة/ كم<sup>2</sup> وأكثر) نظراً لأنها تحقق ظروفاً أفضل لتطبيق خوارزمية الرداء المصحح التي تعمل جيداً مع ارتفاع عدد النقاط الأولية وتزيد فرص التوزيع المنتظم لها.

اقترحت هذه المقالة استخدام خوارزمية الرداء المصحح wingsuit fly search في تحسين بروتوكول التوجيه OLSR وذلك بإيجاد طريقة أفضل في تحديد عقد التوصيل MPRs. قادت عملية تطبيق الخوارزمية إلى تصميم نسخة معدلة من البروتوكول تدعى WS-OLSR. جرى بعد ذلك تحليل للبروتوكول المعياري والبروتوكول المعدل

استنادًا إلى مؤشرات عدة هي عدد عقد التوصيل في الحلقتين الأولى والثانية والإنتاجية وعدد رسائل التحكم الطوبولوجية. أظهرت المحاكاة أن بروتوكول WS-OLSR قد يخفف من عدد عقد التوصيل الضرورية لتغطية أكثر من 95% من عدد العقد في الشبكة ويزيد الإنتاجية ويخفض عدد رسائل التحكم مقارنة بالبروتوكول المعياري. وهذا ما سيؤدي في المحصلة إلى تقليل الازدحام وتخفيف أثر ظاهرة عاصفة البث.

#### ومن التوصيات المستقبلية:

- لابد من تعميق دراسة أثر التعديل على بروتوكول OLSR من النواحي التالية:
- تغيير بروتوكول النقل وبروتوكول MAC المستخدمان في العقد.
- تطبيق أية تحديثات جديدة قد تطرأ لاحقاً على خوارزمية الرداء المرن.
- تقدير السعة الوسطية لقناة الاتصال والمخصصة لكل عقدة (مستخدم) عند تطبيق WS-OLSR عند العمل ضمن بيئات مزدحمة أو عرضة لضياع الإشارة كما يُقترح مؤخرًا [23]

## 6-المراجع

- [1] M. U. Ghazi, M. A. K. Khattak, B. Shabir, A. W. Malik, and M. S. Ramzan, "Emergency Message Dissemination in Vehicular Networks: A Review," IEEE ACCESS, vol. 8, pp. 38606–38621, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2975110.
- [2] K. Z. Ghaffoor, M. Mohammed, J. Lloret, K. Abu Bakar, and Z. M. Zainuddin, "Routing protocols in vehicular ad hoc networks: Survey and research challenges," Netw. Protoc. Algorithms, vol. 5, no. 4, pp. 39–83, 2013.
- [3] M. Burhan and R. A. Rehman, "BSMS: A Reliable Interest Forwarding Protocol for NDN based VANETs," in 2020 3rd International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS), 2020, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICACS47775.2020.9055953.
- [4] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, "Information-centric networking for connected vehicles: A survey and future perspectives," IEEE Commun. Mag., vol. 54, no. 2, pp. 98–104, 2016, doi: 10.1109/MCOM.2016.7402268.
- [5] V. D. Nguyen, T. Z. Oo, N. H. Tran, and C. S. Hong, "An Efficient and Fast Broadcast Frame Adjustment Algorithm in VANET," IEEE Commun. Lett., vol. 21, no. 7, pp. 1589–1592, 2017, doi: 10.1109/LCOMM.2016.2640958.
- [6] H. Hafi, W. Abdou, and S. Merniz, "Adaptive-Segmentation and Flexible-Delay Based Broadcasting Protocol for VANETs," in WIRED/WIRELESS INTERNET COMMUNICATIONS, WWIC 2017, 2017, vol. 10372, pp. 207–218, doi: 10.1007/978-3-319-61382-6\_17.
- [7] E. E. O. Lousada, C. R. Storck, R. A. F. Mini, and F. d. L. P. Duarte-Figueiredo, "Using Complex Networks Metrics to Mitigate the Broadcast Storm Problem," in 2019 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/ISCC47284.2019.8969765.
- [8] A. Elbery, H. S. Hassanein, N. Zorba and H. A. Rakha, "VANET-Based Smart Navigation for Emergency Evacuation and Special Events," 2019 IEEE 24th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/CAMAD.2019.8858502.

- [9] M. Hartong, R. Goel and D. Wijesekera, "Key management requirements for PTC operations," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 2, no. 2, pp. 4-11, June 2007, doi: 10.1109/MVT.2007.912931.
- [10] Liu, Xiaofeng, and Arunita Jaekel. 2019. "Congestion Control in V2V Safety Communication: Problem, Analysis, Approaches" *Electronics* 8, no. 5: 540. <https://doi.org/10.3390/electronics8050540>
- [11] O. Barki, Z. Guennoun, and A. Addaim, "Formal verification of MPR selection algorithm in the OLSR protocol," 2015 10th Int. Conf. Intell. Syst. Theor. Appl. SITA 2015, 2015, doi: 10.1109/SITA.2015.7358414.
- [12] O. Barki, Z. Guennoun, and A. Addaim, "Comparative study of MPR selection algorithms based on statistical model checking," *Int. Conf. Multimed. Comput. Syst. -Proceedings*, vol. 0, pp. 327–331, 2017, doi: 10.1109/ICMCS.2016.7905530.
- [13] M. Kumar, A. K. Nigam, and T. Sivakumar, "A Survey on Topology and Position Based Routing Protocols in Vehicular Ad hoc Network (VANET)," *Int. J. Futur. Revolut. Comput. Sci. Commun. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 432–440, 2018.
- [14] P. Kumari and M. R. Sanduja, "A Survey on Various VANET Routing Protocols," vol. 5, no. 6, pp. 2130–2136, 2016.
- [15] S. Singh and S. Agrawal, "VANET routing protocols: Issues and challenges," 2014 Recent Adv. Eng. Comput. Sci. RAECS 2014, pp. 6–8, 2014, doi: 10.1109/RAECS.2014.6799625.
- [16] J. Kakarla, S. Siva Sathya, B. Govinda Laxmi, and R. Babu B, "A Survey on Routing Protocols and its Issues in VANET," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 28, no. 4, pp. 38–44, 2011, doi: 10.5120/3373-4663.
- [17] S. Pathak, A. Mani, A. Chatterjee, and M. Sharma, "Broadcast Storm Problem in Software Defined Vehicular Network," in 2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS), 2019, pp. 1537–1542, doi: 10.1109/ICCS45141.2019.9065687.
- [18] Y.-C. Tseng, S.-Y. Ni, Y.-S. Chen, and J.-P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *Wirel. networks*, vol. 8, no. 2, pp. 153–167, 2002.
- [19] A. Busson, N. Mitton, and E. Fleury, "Analysis of the multi-point relay selection in olsr and implications," in *IFIP Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop*, 2005, pp. 387–396.
- [20] N. Covic and B. Lacevic, "Wingsuit Flying Search-A Novel Global Optimization Algorithm," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 53883–53900, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981196.
- [21] Z. Li, N. Yu, and Z. Deng, "NFA: A new algorithm to select MPRs in OLSR," 2008 Int. Conf. Wirel. Commun. Netw. Mob. Comput. WiCOM 2008, pp. 1–6, 2008, doi: 10.1109/WiCom.2008.652.
- [22] L. Maccari and R. Lo Cigno, "How to reduce and stabilize MPR sets in OLSR networks," *Int. Conf. Wirel. Mob. Comput. Netw. Commun.*, pp. 373–380, 2012, doi: 10.1109/WiMOB.2012.6379101.
- [23] Panagiotis, Varzakas. "Channel capacity per user in a power and rate adaptive hybrid DS/FFH-CDMA cellular system over Rayleigh fading channels". *International Journal of Communication Systems*. 25. 943-952. 10.1002/dac.1298,2012.