

خوارزمية الأبعاد المتناسبة في الفراغ لتحديد موقعا لتشويش

* د. بشرى معلا

** د. هيثم الرضوان

*** م. علاء محفوض

(تاريخ الإيداع 19 / 8 / 2019 . قبل للنشر 3 / 11 / 2020)

□ الملخص □

تعرف شبكات Ad hoc على أنها شبكات لا مركزية، ذاتية التنظيم، تتصل العقد مع بعضها البعض دون وجود بنية تحتية. تتنوع تطبيقات هذه الشبكات في المجالات المدنية والعسكرية والحساسات اللاسلكية وأنظمة النقل الذكي وصولاً إلى التطبيقات المستقبلية لإنترنت الأشياء. تعاني هذه الشبكات من عدة تحديات بسبب البيئة المفتوحة وعدم وجود البنية التحتية. تعد الهجمات على الشبكة من أخطر التحديات التي تواجه هذه الشبكات، ومنها هجوم التشويش الذي يجعل الشبكة غير متاحة للمستخدمين.

نقدم في هذا البحث خوارزمية لتحديد موقع التشويش أطلقنا عليها الأبعاد المتناسبة في الفراغ، تعتمد الخوارزمية على حساب نسبة التشويش في العقد المحيطة بالمهاجم وأخذها كأوزان ثم تحديد الموضع الذي يتضمن العقد المستهدفة المحيطة بالمهاجم وحساب مركز الأبعاد المتناسبة للشكل والذي حددناه بالموقع المتوقع للمهاجم، استخدمنا المحاكاة NS 3 لبناء سيناريوهات المحاكاة ودراسة الخوارزمية المستخدمة ومقارنتها مع الدراسات المرجعية. وقد بينت نتائج المحاكاة أن الخوارزمية المقترحة تقدم أداء أعلى من الخوارزميات المرجعية من ناحية دقة تحديد الموقع في حالة مهاجم ثابت أو متحرك وكذلك في حالة تعدد المهاجمين. كما أنها تتعامل مع البيئة ثلاثية الأبعاد.

الكلمات المفتاحية: هجوم التشويش، تحديد موقع التشويش، مركز الأبعاد النسبية.

* استاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا

** أستاذ في قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين.

*** طالب دكتوراه، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا

3D Barycentric Jamming localization(BJL)

Dr. Eng. BoushraMaala*
Dr. Eng. Haisamalradwan**
Eng. Alaa Mahfoud***

(Received 19/ 8 / 2020 . Accepted 3/ 11/ 2020)

□ABSTRACT□

Ad hoc networks are defined as decentralized, self-organization networks that contract with each other without an infrastructure. The applications of these networks in civil and military fields, wireless sensors and intelligent transport systems range to future applications of Internet of Things. These networks suffer from several challenges because of the open environment and lack of infrastructure. Attacks on the network are one of the most serious challenges facing these networks, including the jamming attack that makes the network unavailable to users in the network.

In this research, we present an algorithm to determine the location of jamming, which we called 3D Barycentric Jamming localization(BJL), the algorithm depends on calculating the percentage of jamming on the nodes and taking them as weights, then determining the convex hulls that includes the jammed nodes and calculating the Barycentric of the convex that we identified at the expected location of the attacker. We used the NS 3 simulator to construct simulation scenarios, study the algorithm used, and compare it with reference studies. The simulation results showed that the proposed algorithm offers higher performance than the reference algorithms in terms of positioning accuracy in the case of a fixed or mobile attacker, as well as in the case of multiple attackers. It also deals with the 3D environment.

Keywords:Jamming attack, Jamming localization, Barycentric.

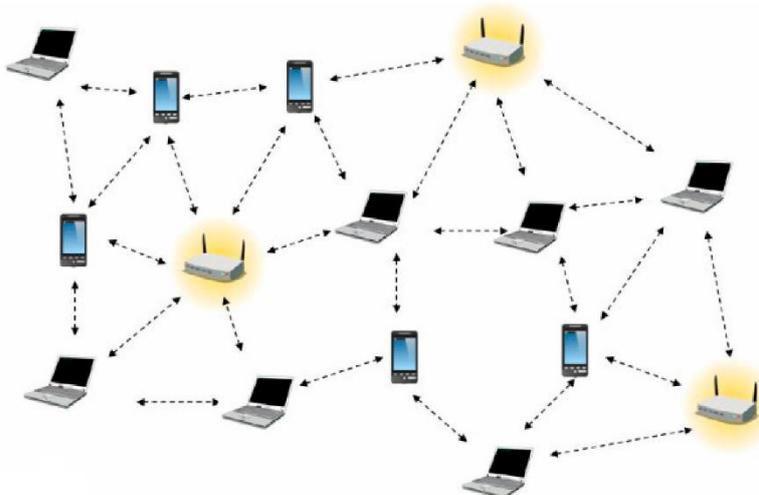
*Assistant Professor of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

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

***Postgraduate student of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

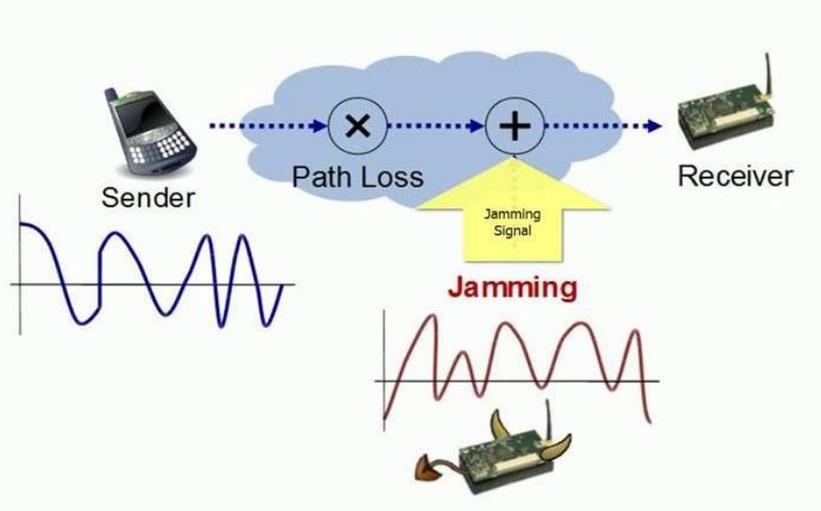
تعد الشبكات اللاسلكية أكثر أنواع الشبكات شيوعاً وانتشاراً في الآونة الأخيرة وذلك نتيجةً لتطور تقنيات الاتصال اللاسلكي وسهولة النشر والتركيب بالإضافة إلى المرونة والتكلفة المنخفضة. إن تطور تقنيات الحوسبة والشبكات فتح المجال لظهور أنواع جديدة من الشبكات اللاسلكية مثل شبكات الحساسات اللاسلكية وشبكات النقل الذكية وغيرها [1,2,3]، وأصبحت الشبكات اللاسلكية والمحمولة جزءاً من حياتنا المعاصرة ونشاطاتنا اليومية. تتنوع الشبكات من حيث الطوبولوجيا وشروط النشر والبيئة المحيطة والتطبيقات الخاصة، مما أدى إلى ظهور أنواع خاصة من الشبكات اللاسلكية لا تتضمن بنية تحتية وتعتمد في عملها على مبدأ تعدد القفزات، أي أن البيانات تسلك مسارها من المرسل إلى المستقبل مروراً بعدد من العقد.



الشكل(1): مثال عن شبكة Ad hoc

تتكون الشبكات اللاسلكية متعددة القفزات multi hop Wireless Ad Hoc Network من مجموعة من العقد تتصل مع بعضها البعض بمسارات لاسلكية متعددة القفزات كما في الشكل (1). حيث تقوم العقد بتمرير الرسائل دون وجود بنية تحتية مثل نقاط الوصول. يوجد عدة أنواع لهذه الشبكات مثل شبكة الحساسات اللاسلكية (Wireless Sensor Network) WSN و الشبكات المخصصة المتحركة (Mobile Wireless) VANET (Ad Hoc Network Vehicle) وشبكات العربات المتحركة (Ad Hoc Network) MANET والشبكات الشخصية المحلية (Wireless Personal Adhoc Network) WPAN... الخ. تُستخدم هذه الشبكات في العديد من التطبيقات مثل التطبيقات العسكرية والطوارئ وأنظمة النقل وغيرها. تتنافس العقد القريبة من بعضها على مصادر الوسط اللاسلكي مما يخلق مشاكل مثل التنازع والتصادم، وتنتشر هذه الشبكات في بيئة مفتوحة ووسط الاتصال اللاسلكي مفتوح مما يؤدي إلى ظهور تحديات أمنية خطيرة يمكن أن تهدد عمل الشبكة على مستوى كل طبقاتها. من هذه التحديات تبرز الهجمات على الشبكة التي تهدف إلى التأثير على الاتصال بين العقد في الشبكة عن طريق استخدام عقد خبيثة. من بين الهجمات على الشبكة لدينا هجوم التشويش jamming attack الذي ينفذ باستخدام أجهزة راديوية بسيطة لكن يمكن أن يسبب مشاكل خطيرة

تؤدي إلى تخريب الشبكة [4] . يعرف التشويش بأنه عملية توجيه طاقة كهرومغناطيسية باتجاه نظام اتصالات بهدف تعطيل الاتصالات ضمن النظام [5] ، كما في الشكل (2).



الشكل (2): مبدأ عمل التشويش

يعد هجوم التشويش مستوى خاص من هجوم حجب الخدمة (DoS (Denial of Service)، والذي يعمل على التأثير على الإرسال ضمن الشبكة عن طريق إغراق الشبكة بمعلومات غير مفيدة [4]. يمكن للهجوم أن يستهدف طبقات (MAC(Media Access Control) أو الشبكة أو التطبيقات مما يجعل من الصعب كشفه أو التصدي له [6] . نسمي العقدة التي تشن الهجوم بالمهاجم أو المشوش jammer بينما نسمي المنطقة التي يحدث فيها الهجوم بمنطقة التشويش jammed region.

1. أهمية البحث وأهدافه:

تعد الهجمات على الشبكة من أخطر التحديات التي تؤثر على توافر الشبكة للمستخدمين الفعليين. يعد كشف موقع المهاجم من أصعب التحديات التي تواجه عمل تقنيات التصدي للتشويش في شبكات Ad Hoc. يهدف هذا البحث إلى إيجاد خوارزمية فعالة لكشف موقع المهاجم بطريقة رياضية غير معتمدة على المدى تتميز بالسرعة والبساطة ويمكنها التعامل مع حالات تعدد المهاجمين وتحرك المشوش، وكذلك تستطيع التعامل مع البيئة ثلاثية الأبعاد 3D.

2. طرائق البحث وموارده:

من أجل تطبيق الخوارزمية المقترحة سوف نقوم ببناء سيناريوهات المحاكاة باستخدام برنامج محاكي الشبكات الإصدار الثالث Network Simulator 3 مع إضافات لدعم التشويش ودراسة بارامتراته، وهو عبارة عن محاكي شبكات مفتوح المصدر يدعم عدداً كبيراً من بروتوكولات الشبكات المختلفة مع إمكانية إجراء التعديلات ودراسة البارامترات المختلفة وإظهار النتائج وتحليلها. قمنا بوضع عدة سيناريوهات لشبكات Ad hoc مع دراسة البارامترات الآتية بشكل تجريبي باستخدام المحاكي السابق:

1. خطأ تحديد الموقع: هو الفرق بين الموقع الذي تقوم الخوارزمية بتحديد الموقع الحقيقي للمهاجم.

2. متوسط خطأ تحديد الموقع: هو متوسط الخطأ في تحديد الموقع خلال عدة فترات زمنية.

3. تحديد موقع التشويش jammer localization

تعد معرفة منطقة التشويش أو تحديد موقع عقدة التشويش من أهم القضايا التي تساعد خوارزميات التصدي للتشويش في عملها [7]. يعتمد تحديد الموقع على عدة عوامل مثل المعلومات المتاحة وبيئة الشبكة ونموذج التشويش. تعد الخوارزميات الحالية أن كل عقدة تعرف إحداثياتها وإحداثيات العقد الجارة لها، ولا تهتم بالطريقة التي فيها كشف التشويش. تقوم العقد قبل حدوث التشويش وبشكل مستمر بعملية قياس لعدة عوامل في الشبكة من أهمها:

- قوة إشارة التشويش (JSS) Jamming Signal Strength: عملية مقارنة الإشارة المستقبلية مع إشارة التشويش المستقبلية.

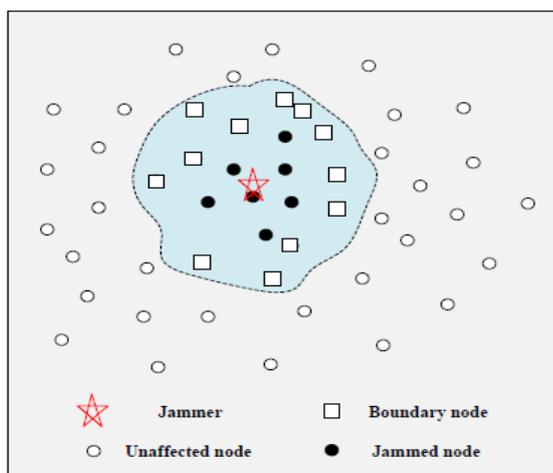
- معدل الرزم الواصلة (PDR) Packet Delivery Ratio: عامل لقياس تأثير التشويش في الشبكة.

- تغيرات قائمة الجيران (NLC) Neighbor List Change: عامل لقياس تأثير التشويش حيث يؤثر التشويش على مجال التغطية وبالتالي على عدد الجيران الممكن الاتصال بهم.

- معلومات طوبولوجيا الشبكة Network Topology Information: تدل على التغيرات في بنية الشبكة في المنطقة المستهدفة في التشويش.

من المهم جداً في بداية عمل أية خوارزمية تحديد منطقة التشويش وتقسيم العقد في الشبكة بحسب تأثير التشويش عليها كما في الشكل (3). بشكل عام تقسم العقد في الشبكة [8] إلى:

- عقد غير متأثرة Unaffected nodes: هي العقد التي تستطيع الإرسال والاستقبال من أية عقدة بالشبكة بعد حدوث الهجوم.

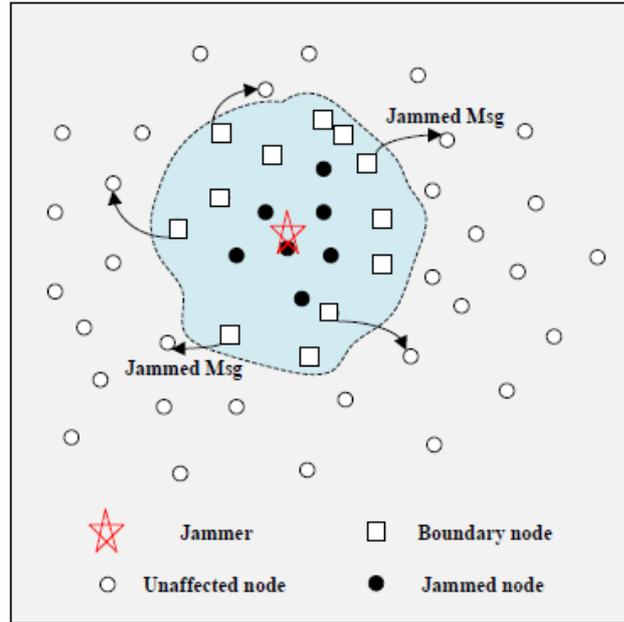


الشكل (3): منطقة التشويش

- العقد المستهدفة (المشوّشة) Jammed nodes: هي العقد التي تصبح غير قادرة على الاتصال مع غيرها بعد حدوث التشويش.
- العقد الحدودية Boundary nodes: هي العقد على حدود منطقة التشويش، تستطيع أن تستقبل من بعض العقد ولا تستقبل من عقد أخرى.

يتلخص عمل الخوارزميات الخاصة بتحديد موقع التشويش بالخطوات الثلاث الأساسية الآتية:

1. **جمع المعلومات Information Collection:** تعتمد معظم خوارزميات التوضع على جمع معلومات من أجل كشف موضع التشويش [8]. تقوم العقد في البداية باعتماد نموذج كشف التشويش لتكشف وجود تشويش من عدمه، عندما تشك بوجود عقدة تشبه عقدة التشويش تقوم بإرسال رسالة إلى جيرانها عبر القنوات المستخدمة لتخبرهم بوجود التشويش. يمكن للمعلومات المجمعة أن تكون قياسات مثل معدل الرزم المستلمة (PDR) أو قوة إشارة التشويش (JSS) أو تغيرات قائمة الجيران (NLC). تتم عملية الكشف من قبل العقد المستهدفة والتي تستطيع الاتصال مع غيرها من العقد غير المستهدفة كما في الشكل (4).



الشكل (4): اتصال العقد الحدودية بالعقد خارج منطقة التشويش

2. **حساب الموقع Location Computation:** في هذه الخطوة يتم حساب الموضع المتوقع (مصدر التشويش) بالاعتماد على المعلومات التي تم الحصول عليها في خطوة جمع المعلومات [8]. يتم حساب عدد عقد التشويش وإحداثيات كل منها.
3. **تقييم الدقة Accuracy Evaluation:** بعد حساب الموقع تقوم الخوارزميات بالتأكد من دقة النتيجة عن طريق حساب عدة عوامل مثل متوسط الخطأ وانزياح الخطأ.

تصنف خوارزميات تموضع التشويش بالاعتماد على المعلومات المستخدمة في حساب الموقع إلى صنفين هما الخوارزميات المعتمدة على المدى range-based والخوارزميات غير المعتمدة على المدى range-free. في الخوارزميات المعتمدة على المدى يتم استخدام معلومات المسافة بين عقدة التشويش والعقد الأخرى في توقع موضع عقدة التشويش بعكس الخوارزميات غير المعتمدة على المدى فإنها تعتمد على الخواص الجيومترية لمنطقة التشويش لتحديد الموضع.

قدم الباحثون في [9] خوارزمية أسموها التموضع المركزي Centroid Localization (CL) تعتمد على معلومات عن موقع العقد الجارة لعقدة التشويش، هذه العقد تسمى عقد مستهدفة بالتشويش jammed nodes وهي العقد التي تقع ضمن مجال تغطية المهاجم. تقوم الخوارزمية على جمع كل إحداثيات العقد المستهدفة وتحسب متوسط هذه الإحداثيات يكون هو الموقع المتوقع للمهاجم. إذا كان عدد العقد المستهدفة N ذات إحداثيات $\{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)\}$ يكون الموقع المتوقع هو:

$$(x_J, y_J) = \left(\frac{\sum_{k=1}^N x_k}{N}, \frac{\sum_{k=1}^N y_k}{N} \right) \quad \text{قدم الباحثون في [11]}$$

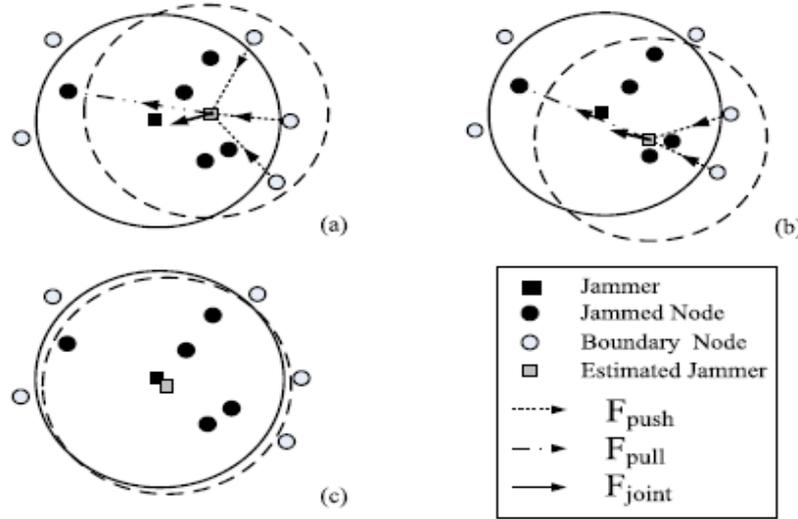
Localized Weighted Centroid Localization (WCL) هي نسخة مصوره لـ CL، إذ يقوم بحساب الموضع المتوقع بالاعتماد على متوسط موزون، حيث تستخدم وزن يحدد بالمسافة بين عقدة التشويش والعقد المستهدفة. الفكرة أن العقد القريبة من المهاجم يجب أن تساهم في حساب الموقع المتوسط المتوقع أكثر من العقد البعيدة عن المهاجم. يحسب الموضع المتوقع بالعلاقة الآتية:

$$(x_J, y_J) = \left(\frac{\sum_{k=1}^N w_k x_k}{\sum_{k=1}^N w_k}, \frac{\sum_{k=1}^N w_k y_k}{\sum_{k=1}^N w_k} \right) \quad \text{الوزن } = 1/(d_k)^2$$

لحساب المسافة تستخدم خوارزميات حساب المدى مثل Received Signal Strength (RSS). تعطي هذه الخوارزمية دقة أعلى من CL لأنها تستخدم الأوزان لحساب الموقع لكن حاجتها لحساب RSS يجعلها أكثر تعقيداً.

قدم الباحثون [10,12] خوارزمية التموضع المعتمد على القوة الافتراضية Virtual Force Iterative Localization (VFIL)، تعتمد الخوارزمية من أجل تحديد موقع عقدة التشويش أولاً على حساب الموقع المتوقع بالاعتماد على إحدى الخوارزميات مثل CL لتحديد الموضع البدائي المتوقع، ومن ثم يتم تكرار التوقع حتى ينطبق الموضع المتوقع مع الموقع الحقيقي للمهاجم. تواجه هذه الخوارزمية تحديين اثنين، الأول كيف تعرف أن الموقع المتوقع يطابق الموقع الحقيقي والثاني ما هو معيار التكرار. لحل هذين التحديين تفترض الخوارزمية أن الموضع المتوقع يساوي الموقع الصحيح عندما تنطبق المنطقة المتوقعة للتشويش على المنطقة الحقيقية للتشويش. إن الخاصية الأساسية لمنطقة التشويش هي أنها تحتوي على كل العقد المستهدفة ولا تتضمن أية

عقدة حدودية، لذا يجب على خوارزمية VFIL أن تتوقف عندما تغطي المنطقة المتوقعة كل العقد المستهدفة وليس أي من العقد الحدودية.



الشكل (5): قوة السحب والدفع لتحريك منطقة التشويش

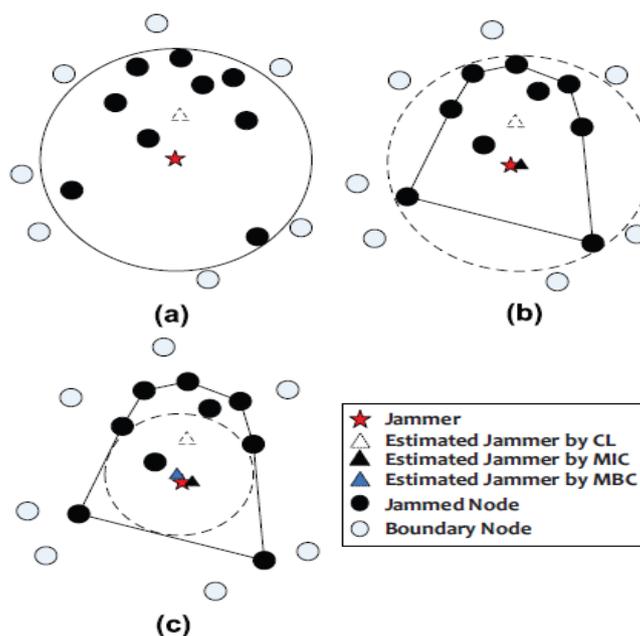
عند تحديد منطقة التشويش البدائية، كما في الشكل (5)، سنلاحظ أن بعض العقد المستهدفة تكون خارج المنطقة كما أن بعض العقد الحدودية ستكون داخل المنطقة، لذا عند كل خطوة تكرر تقوم العقد المستهدفة التي تقع خارج المنطقة المتوقعة بسحب المنطقة المتوقعة لتغطي نفسها بينما تقوم العقد الحدودية التي تقع داخل المنطقة المتوقعة بدفع المنطقة المتوقعة بعيداً عنها.

إن هذه الخوارزمية تحقق أداء أفضل من CL و WCL من حيث دقة حساب الموقع وكذلك لا تحتاج حساب RSS فتكون كلفة الحساب المعتمدة على التكرار أقل. لكنها تعاني من حساسية لكثافة العقد في الشبكة كما في CL فزيادة الكثافة تزيد الدقة في حساب الموقع. كذلك تتأثر الخوارزمية بكثافة وتوزع العقد الحدودية.

قدم الباحثون في [9] خوارزمية الدائرة المضاعفة (DCL) Double Circle Localization تم اقتراحها لحل مشكلة حساسية كل من CL و WCL لتوزع وكثافة العقد في الشبكة. تعتمد الخوارزمية على الدائرة الحدودية الصغرى (MBC) Minimum Bounding Circle والدائرة المحيطة الكبرى (MIC) Maximum Inscribed Circle.

تعرف الـ MBC على أنها دائرة صغيرة تتضمن مجموعة من العقد المستهدفة، بينما الـ MIC هي دائرة كبيرة تحيط بالمضلع الذي ترسمه العقد المستهدفة. يمكن أن تتغير MBC تبعاً لتوزع العقد المستهدفة والحصول عليها أسهل من تطبيق خوارزمية VFIL. بينما تستخدم MIC للتعامل مع الشذوذ في الحواف كما في الشكل (6).

قدم الباحثون في [13] خوارزمية لتحديد موقع التشويش تعتمد على تحديد نوع الهوائي المستخدم في التشويش. إذا كان الهوائي غير اتجاهي تقوم بتحديد العقد المتأثرة بالتشويش وتحديد المضلع المحدب ثم رسم الدائرتين المحيطيتين الداخلية والخارجية. تقوم الخوارزمية بتحديد مركز كل دائرة على حدى ورسم الخط الواصل بين المركزين ويكون منتصف هذا الخط هو الموقع المتوقع للمهاجم.



الشكل (6): تحديد الدوائر وحساب الموقع

اعتمد الباحثون في [14] على مبدأ تعلم الآلة في كشف وتحديد موقع التشويش. بينما قدم الباحثون في [15] خوارزمية تعتمد على اختيار عقدة مراقبة ثم مراقبة قوة إشارة التشويش ثم جمع النتائج وتحديد الموقع.

4. خوارزمية الأبعاد المتناسبة في الفراغ لتحديد موقع التشويش

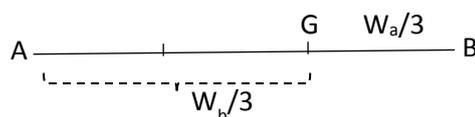
3D Barycentric Jamming localization (BJL):

نقدم في هذا البحث خوارزمية لتحديد موقع التشويش تعتمد على دقة مركز الأبعاد المتناسبة في تحديد الموقع. قبل شرح الخوارزمية المقترحة سوف نوضح المبدأ الرياضي لمركز الأبعاد المتناسبة:

A. مركز الأبعاد المتناسبة في الفراغ:

هو عبارة عن مركز النقل الهندسي للشكل بالاعتماد على أوزان معطاة. وهي نقطة يكونا المجموع الشعاعي (المتجهي) بين نقطتين غير متساوية غير متساوية معوزنها بشرطاً لا يكونا المجموع الجبري لأوزان كلهما معدوماً. يمكن حساب هذا المركز لنقطتين أو لمجموعة نقاط في المستوي أو الفراغ.

إذا كان لدينا نقطتين A و B ولكل نقطة وزن $w_a=1, w_b=2$ نحسب مركز الأبعاد المتناسبة G بتقسيم القطعة AB إلى أقسام مساوية لمجموع الأوزان أي 3 وتبعد G عن كل نقطة بشكل متناسب مع الأوزان.



الشكل (7) مركز الأبعاد المتناسبة لنقطتين

إذا كان لدينا شكل هندسي مكون من مجموعة من النقط P_i ولكل نقطة وزن w_i يمكن حساب مركز الأبعاد المتناسبة لكل نقطتين ثم حساب المركز الأبعاد المتناسبة للنقط الناتجة حتى الحصول على مركز

الشكل. يمكن بشكل مباشر حساب مركز الأبعاد المتناسبة عن طريق ضرب الأوزان بإحداثيات النقاط والتقسيم على مجموع الأوزان [16] كما في العلاقة (3).

$$G = \frac{\sum_i w_i p_i}{\sum_i w_i} \quad (3)$$

يستخدم مركز الأبعاد المتناسبة في مجال واسع من التطبيقات الهندسية مثل العمارة والبناء والميكانيك وعلوم الفضاء.

B. الخوارزمية المقترحة:

نقدم في هذا البحث خوارزمية لكشف موقع التشويش تعمل على العقد المتأثرة بالتشويش والعقد الحدودية. تتضمن الخوارزمية مجموعة من الخطوات ترتب كالتالي:

1. كشف التشويش: يمكن للعقدة استخدام أي طريقة في كشف التشويش، مثل استخدام قيم عتبات لبارامترات الشبكة المتأثرة بالتشويش مثل بارامتر قوة الإشارة أو معدل الرزم المستلمة.
2. حساب نسبة التشويش: في هذه المرحلة يتم حساب تأثير التشويش على العقدة وهو الوزن الذي سوف نستخدمه لحساب مركز الأبعاد المتناسبة. إذا كان البارامتر المقاس هو PDR تكون نسبة التشويش:

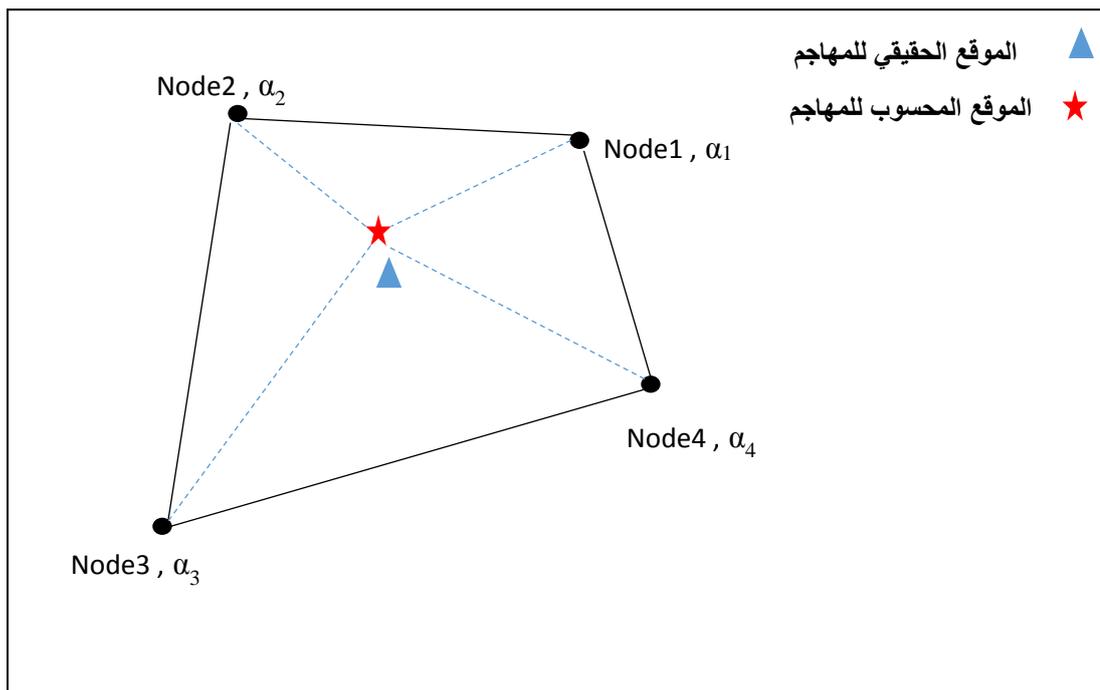
$$\alpha = 1 - \text{PDR}. \quad (0-1) \quad (4)$$

3. تقوم العقدة بإيجاد العقد الجارة المتأثرة بالتشويش ورسم المضلع المحدب convex hull وهو عبارة عن مضلع رؤوسه عبارة عن العقد المستهدفة بالتشويش. ليكن i عدد العقد التي تشكل المضلع المحدب، يمكن تطبيق علاقة مركز الأبعاد النسبية مباشرة لحساب الموقع المتوقع للمهاجم:

$$X = \frac{\sum_i \alpha_i x_i}{\sum_i \alpha_i} \quad (5)$$

$$Y = \frac{\sum_i \alpha_i y_i}{\sum_i \alpha_i} \quad (6)$$

$$Z = \frac{\sum_i \alpha_i z_i}{\sum_i \alpha_i} \quad (7)$$

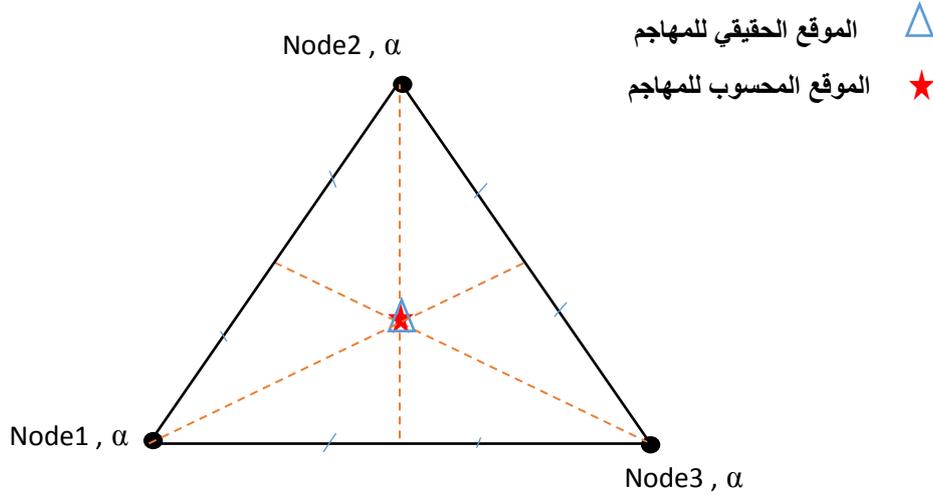


الشكل (8) حساب مركز الأبعاد المتناسبة للمضلع

يعبر الشكل (8) عن طريقة حساب الموقع.

C. التحقق من صحة الخوارزمية:

من أجل التأكد من صحة الخوارزمية سوف نفترض حالة مثالية لثلاث عقد تتوضع على رؤوس مثلث متساوي الاضلاع بينما يكون موقع المهاجم في مركز المثلث. كحالة مثالية سوف نفترض ان تأثير التشويش على العقد الثلاثة متساوي وليكن 70%. في حالتنا هذه يكون المضلع هو عبارة عن المثلث نفسه وبما أن تأثير التشويش متساوي على كل العقد أي α متساوية لكل العقد ويكون البعد النسبي بين أي عقدتين مطابق لنقطة المنتصف. ينتج عما سبق أن مركز الأبعاد المتناسبة يتطابق مع مركز ثقل المثلث وهو نقطة تلاقي المنصفات كما في الشكل (9).



الشكل (9) مركز الأبعاد المتناسبة للمثلث متساوي الأضلاع

5. النتائج والمناقشة:

قمنا ببناء شبكة Ad hoc لاسلكية تتكون من مجموعة من العقد تتبادل البيانات فيما بينها في بيئة مفتوحة باستخدام محاكي الشبكات NS3[17]، تخضع الشبكة لهجوم التشويش باستخدام عقدة تشويش وحيدة. استخدمنا طوبولوجيا ثنائية الأبعاد من أجل المقارنة مع الدراسات المرجعية التي لا تدعم العمل في الفراغ. قمنا بتطبيق الخوارزمية المقترحة على الشبكة من أجل تحديد موقع عقدة التشويش ومقارنته مع الموقع الحقيقي ومقارنة النتائج مع الدراسات المرجعية وفق مجموعة من السيناريوهات. يبين الجدول (1) بارامترات الشبكة والمحاكاة.

الجدول (1) بارامترات المحاكاة

| Ad hoc | نوع الشبكة |
|--------------|----------------------------|
| 1000x1000m2 | مساحة الشبكة |
| 20s | زمن المحاكاة |
| 1Mbps | معدل النقل |
| 802.11b-DSSS | بروتوكول الطبقة الفيزيائية |
| 3mw | استطاعة الإرسال |
| 0.1J | طاقة العقد |
| 3s | زمن بداية التشويش |

1.5 السيناريو الأول:

يهدف هذا السيناريو إلى دراسة الخوارزمية المقترحة في حالة شبكة تتكون من أربعة عقد وعقدة مشوش ثابتة تستطيع التشويش على كل عقد الشبكة باستطاعة (5mW) وتكرار التشويش على كامل فترة المحاكاة. A. دراسة قيمة خطأ حساب الموقع عن طريق حساب الفرق بين الموقع المحسوب والموقع

الحقيقي للمهاجم وفق العلاقة التالية:

$$\text{error} = \|x - x'\| \quad (8)$$

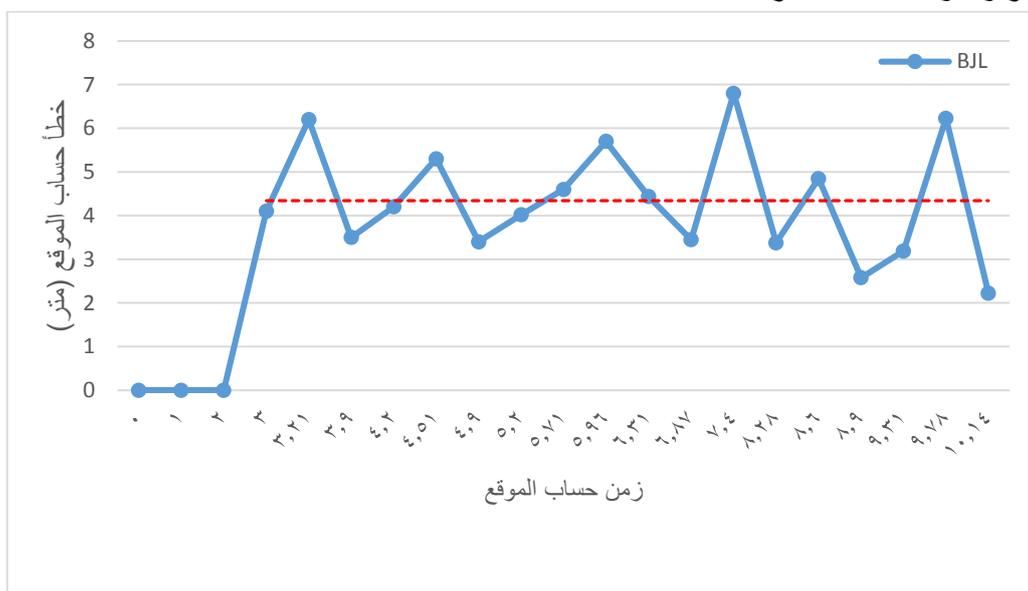
حيث x الموقع الحقيقي للمهاجم و x' الموقع المحسوب للمهاجم.

يتم حساب متوسط الخطأ M خلال زمن المحاكاة بالعلاقة (9):

$$M = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \|xi - xi'\| [18] \quad (9)$$

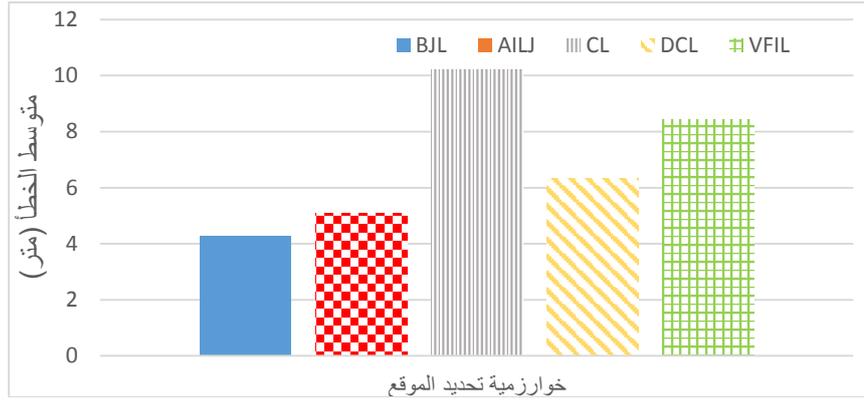
حيث S عدد الفترات الزمنية التي يتم بها القياس.

يظهر الشكل (10) مخططاً للخطأ المقاس في حساب الموقع خلال زمن المحاكاة. في كل مرة تكتشف فيها العقدة حصول تشويش تقوم بحساب تأثير التشويش ومن ثم حساب الموقع المتوقع وحساب البعد عن الموقع الحقيقي وفق العلاقة السابقة. يظهر الخط المنقط متوسط الخطأ المحسوب خلال زمن المحاكاة والمقاس وفق العلاقة (8). نلاحظ من الشكل أن قيمة الخطأ مختلفة عند كل عملية حساب بسبب اختلاف تأثير التشويش في كل مرة على العقد المستهدفة. إن القيمة العظمى للخطأ تصل إلى 6.8 متر بينما القيمة الدنيا 2.22 متر والمتوسط 4.342 متر.



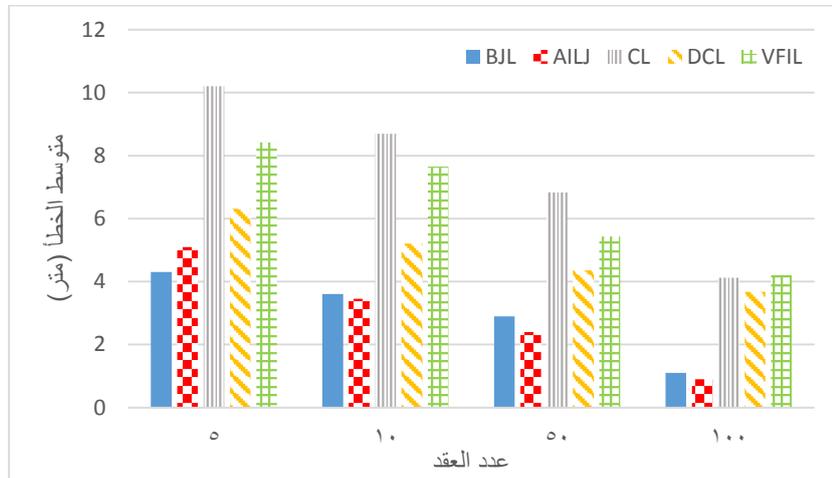
الشكل (10) خطأ حساب الموقع بالنسبة للزمن

B. قمنا بتشغيل المحاكاة لمدة 20 ثانية مع تطبيق الخوارزمية المقترحة BIL والخوارزميات المرجعية AILJ-CL-DCL-VFIL بهدف مقارنة أداء الخوارزميات في كشف موقع التشويش. يمثل الشكل (11) مخططاً لمتوسط الخطأ في تحديد الموقع مقاساً وفق العلاقة (9)، نلاحظ أن الخطأ في الخوارزمية المقترحة أقل من الخطأ في حالة الدراسات المرجعية يصل الفرق إلى 1.8 متر مقارنة مع AILJ وإلى 5.91 متر مقارنة مع CL ذات الخطأ الأعلى.



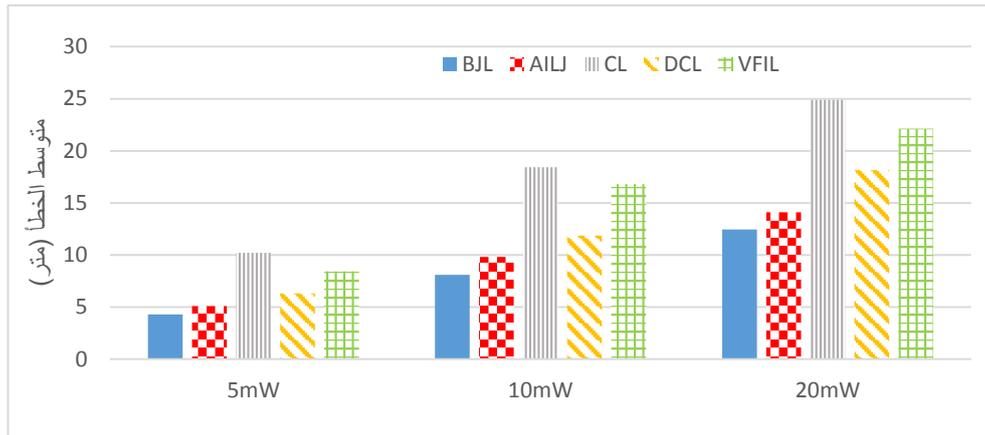
الشكل (11) متوسط الخطأ في تحديد الموقع

A. في الحالة السابقة B قمنا بزيادة عدد العقد في الشبكة تدريجياً من 5 عقد إلى 10 ثم 50 ثم 100 عقدة، بهدف دراسة تأثير زيادة كثافة العقد على أداء الخوارزميات. يمثل الشكل (12) مخططاً لمتوسط الخطأ المقاس أثناء تحديد الموقع عند الحالات المختلفة لعدد العقد في الشبكة. نلاحظ أن زيادة عدد العقد يزيد من دقة حساب الموقع وهي ميزة مشتركة بين الخوارزميات الجيومترية لأن زيادة الكثافة تؤدي إلى زيادة البيانات المتوفرة في الشبكة وزيادة عدد العقد المشاركة في حساب الموقع. نلاحظ أنه مع زيادة عدد العقد تزيد دقة الحساب في خوارزمية AILJ عن الخوارزمية المقترحة، لأن زيادة العقد تؤدي دقة أكبر في رسم الدوائر المحيطية في AILJ وحساب الموقع. يصل الاختلاف إلى 0.5 متر عند حالة 50 عقدة.



الشكل (12) متوسط الخطأ في حال تغيير عدد عقد الشبكة

B. قمنا بزيادة استطاعة المهاجم بالتدرج من 5mW إلى 10mW ثم 20mW في حالة شبكة مكونة من عشر عقد بهدف دراسة تأثير زيادة استطاعة المهاجم على أداء الخوارزميات. يمثل الشكل (13) مخططاً لمتوسط الخطأ المقاس عند كل حالة لاستطاعة المهاجم.

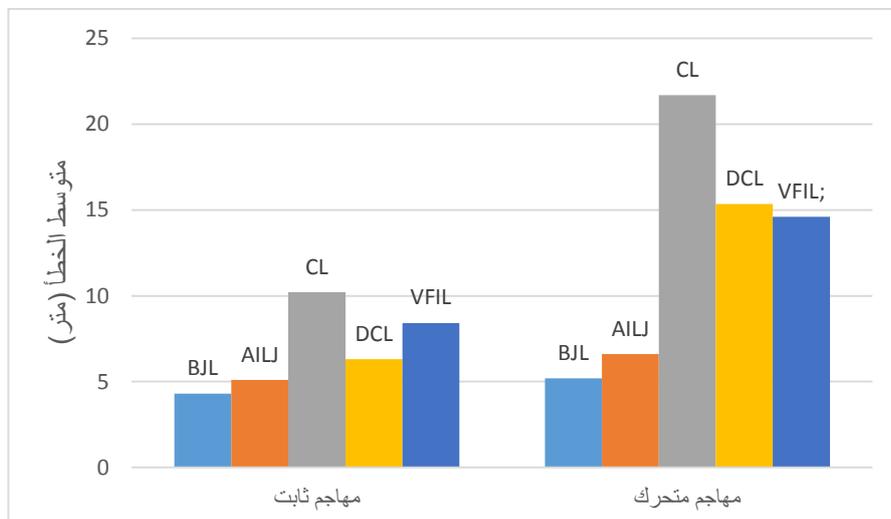


الشكل (13) تأثير تغيير استطاعة المهاجم على متوسط الخطأ

نلاحظ من الشكل أن الخطأ يزداد مع زيادة الاستطاعة في كل الخوارزميات، يعود السبب إلى أن زيادة استطاعة المهاجم يؤدي إلى زيادة تأثير الهجوم على العقد القريبة وبالتالي وتصبح غير قادرة على المشاركة في حساب الموقع بينما تقوم العقد البعيدة بحساب الموقع بدقة أقل.

2.5 السيناريو الثاني:

A. أخذنا الشبكة التي تم دراستها في السيناريو السابق تتكون من عشر عقد وعقدة تشويش واحدة باستطاعة 5mW ، تتحرك عقدة التشويش في مسار ثابت على كامل الشبكة بسرعة 10m/s. يهدف السيناريو إلى دراسة أداء الخوارزمية المقترحة في حالة حركة المهاجم.



الشكل (14) مقارنة أداء الخوارزميات في حال حركة المهاجمين

يوضح الشكل (14) مخططاً لمتوسط الخطأ عند استخدام الخوارزميات المقترحة والمرجعية في حالتي مهاجم ثابت ومتحرك. نلاحظ من الشكل أن متوسط الخطأ يزداد في حالة حركة المهاجم عند استخدام أي خوارزمية تحديد موقع تشويش. يكون الخطأ مرتفع في الخوارزميات البسيطة مثل CL حيث يصل الفرق إلى 11.5 متر بين حالتي حركة وثبات المهاجم، لأنها بسيطة وتعتمد فقط على موقع العقد المستهدفة في حساب

موقع المهاجم. وجدنا أن الفرق في حالة استخدام الخوارزمية المقترحة BJJ منخفض 0.9 متر بين الحالتين والسبب هو سرعة الخوارزمية في الكشف اللحظي للموقع بالاعتماد على التأثير اللحظي للتشويش. قمنا ببناء سيناريو شبكة مكونة من 10 عقد وعقدتي تشويش ثابتتين بتباعد 500 متر واستطاعة 5mW لكل مهاجم. يظهر الشكل (15) مخططاً للخطأ في تحديد موقع المهاجم. نلاحظ أن الخطأ يختلف من منطقة تشويش إلى أخرى في الخوارزمية المقترحة بسبب اختلاف تأثير التشويش في كل منطقة، وكذلك يحصل اختلاف في الخوارزمية المرجعية لأنها سوف تقوم ببناء مضلعات مختلفة في كل منطقة وبالتالي دقة مختلفة.



الشكل (51) متوسط الخطأ في حال تعدد المهاجمين

6. الاستنتاجات والتوصيات:

- قدمنا في هذا البحث خوارزمية لتحديد موقع التشويش في البيئة ثلاثية الأبعاد تعتمد على استخدام أوزان للحساب الدقيق للموقع، يمكننا تلخيص النتائج التي تم الحصول عليها في النقاط الآتية:
1. تقدم الخوارزمية طريقة فعالة لتحديد الموقع لأنها تعتمد على دقة نظرية الأبعاد المتناسبة في تحديد مركز التوازن.
 2. تتميز لخوارزمية المقترحة عن الدراسات المرجعية بكونها تستطيع العمل في البيئة الحقيقية ثلاثية الأبعاد.
 3. تعاني الخوارزمية من خطأ نسبي في تحديد الموقع ناتج عن الخطأ النسبي الحاصل في قياس التشويش وتحديد نسبة تأثيره رغم أن الطريقة الهندسية في تحديد الموقع دقيقة جداً.
 4. وجدنا أن الخطأ في قياس الموقع أقل من الدراسات المرجعية يصل الفرق إلى 0.8 متر مقارنة مع الدراسة المرجعية الأدق AILJ.
 5. تؤثر زيادة الاستطاعة على عمل الخوارزميات لكن تبقى الخوارزمية المقترحة أعلى أداءً لأن زيادة الاستطاعة تؤدي إلى زيادة نسبة التشويش على العقد بشكل متوازن تقريباً وبالتالي تغير الأوزان المشاركة في حساب الموقع النسبي بقيم متناسبة.
 6. تؤثر زيادة عدد العقد على أداء الخوارزميات بشكل عام حيث تزداد دقة تحديد الموقع.

7. تعاني الخوارزميات من صعوبة في اكتشاف موقع المهاجم المتحرك فيزداد خطأ القياس لكن تبقى الدراسة المرجعية ذات أداء أعلى لأنها لحظية وتقوم بتحديث الأوزان وحساب الموقع الجديد عند كل تغير في قيم نسبة التشويش.
8. تقدم الخوارزمية المقترحة BJL خطأ أقل في تحديد الموقع في حالة تعدد المهاجمين مقارنة مع الدراسة المرجعية ALLJ.
- بعد تحليل النتائج السابقة نوصي باستخدام الخوارزمية المقترحة لأنها سريعة ودقيقة وتعمل في البيئة ثلاثية الأبعاد، كما أنها تستطيع التعامل مع حالة حركة المشوش وحالة تعدد المهاجمين. كعمل مستقبلي نوصي باختبار الخوارزمية في بيئة ثلاثية الأبعاد وتقييم أداءها.

المراجع

- 1] LU, Z. WANG, C and WEI, M. "On detection and concealment of critical roles in tactical wireless networks", in Military Communications Conference. MILCOM -IEEE, Oct 2015, 909–914
- 2] SHARMA, K and BHATT, S. "Jamming Attack – A Survey". International Journal of Recent Research Aspects, Vol. 5, Issue 1, March 2018, pp. 74-80..
- 3] SINGH, J and GUPTA, S. "Impact of Jamming Attack in Performance of Mobile Ad hoc Networks". International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCT) – Volume 5 Issue 3, May – Jun 2017, 184-190.
- 4] ANWAR, A. ATIA, G. and GUIRGUIS, M. "Adaptive topologies against jamming attacks in wireless networks": A game-theoretic approach. Journal of Network and Computer Applications, Vol. 121, November 2018, 44-58.
- 5] JAIN, A. BHUSHANWAR, K and MALVIYA, V. "A Survey on Jamming Attacks and Its Types in Wireless Networks. International Journal of Technology Research and Management", Vol. 4, no.6, June 2017, 1-8.
- 6] LU, Z. WANG, C and WANG, M. "Modelling, evaluation and detection of jamming attacks in time-critical wireless applications". Mobile Computing IEEE Transactions, vol. 13, no. 8, 2014, 1746–1759.
- 7] A. Hussein, Th. Rahman, and Ch. Leow, "A Survey and open issues on jammer localization techniques in wireless sensor networks," Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol.71, no.2, p. 293-301, 2015.
- 8] X. Wei, Q. Wang, T. Wang, and J. Fan, "Jammer Localization in Multi-Hop Wireless Network: A Comprehensive Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 19, Issue: 2, Second quarter 2017, pp. 765–799.
- 9] T. Cheng, P. Li, and S. Zhu, "An algorithm for jammer localization in wireless sensor networks," IEEE 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), pp. 724–731, 2012.
- 10] H. Liu, W. Xu, Y. Chen, and Z. Liu, "Localizing jammers in wireless networks," IEEE International Conference on Pervasive Computing and

- Communications, pp. 1–6, 2009.
- 11] Z. Liu, H. Liu, W. Xu, and Y. Chen, “*Error minimizing jammer localization through smart estimation of ambient noise*,” IEEE 9th International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems, pp. 308–316, 2012.
- 12] H. Liu, Z. Liu, Y. Chen, and W. Xu, “*Determining the position of a jammer using a virtual-force iterative approach*,” Wireless Networks, vol. 17, no. 2, pp. 531–547, 2011.
- 13] FAN, J. LINGE, T. WANG, T and LIU, J. “*Identification and Localization of the Jammer in Wireless Sensor Networks*”. The British Computer Society ,Vol. 00 No. 00, 2019.
- 14] UPADHYAYA, B. SUN, S and SIKDAR, B. “*Machine Learning-based Jamming Detection in Wireless IoT Networks*” 2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS) conference, 28-30 Aug. 2019.
- 15] X. Wei, Q. Wang, T. Wang, and J. Fan, “*Collaborative mobile jammer tracking in Multi-Hop Wireless Network*,” Future Generation Computer Systems, Volume 78, Part 3, January 2018, pp. 1027-1039.
- 16] WAREEN, J. SCHAEFER, S. HIRANI, A and DESBRUN, M. “*Barycentric coordinates for convex sets*”. Advances in Computational Mathematics volume 27, (2007), pp. 319–338.
- 17] Ns3. Portal. [Online]. Available: <http://www.nsnam.org>, LAST VISITE 1/8/2020.