

نموذج مقترح لتحسين آلية التوجيه ضمن شبكات الحساسات اللاسلكية

د. محمد نصر *

د. محمد عنبر **

م. لجين سليمان ***

(تاريخ الإيداع 2022/9/8 . قُبل للنشر في 2022/11/17)

□ ملخص □

مع التطور والتقدم التكنولوجي في جميع مجالات الحياة ظهرت الحاجة الملحة لشبكات الحساسات اللاسلكية في العديد من المجالات والتطبيقات الصحية والبيئية والعسكرية وغيرها. إلا أن هذه الشبكات تعاني من عدة تحديات وقيود منها محدودية الطاقة. نظراً لأن عقد التحسس مزودة ببطاريات كمصدر للطاقة فإن مع الاستخدام والعمل المتكرر لهذه العقد قد تنفذ طاقتها مما يسبب خروجها عن العمل وبالتالي توقف الشبكة بأكملها. في هذا البحث تم العمل على تحسين آلية التوجيه ضمن الشبكة من خلال الأخذ بالحسبان مجموعة من البارامترات متمثلة بمتوسط الطاقة المتبقية للمسار وعدد القفزات و أقل طاقة عقدة ضمن المسار و مراقبة عدد العقد المتبقية و التي لم تنفذ طاقتها وبالتالي مراقبة عمر الشبكة. أظهرت نتيجة المحاكاة نفاذ طاقة أول عقدة في الشبكة في الدورة 175 في حالة النموذج المقترح في حين نفذت طاقة أول عقدة في الشبكة عند اختيار المسار الأقصر في كل دورة في الدورة 78، وبالتالي بينت نتائج المحاكاة أن النموذج المقترح فعال وقدم إطالة في عمر الشبكة.

الكلمات المفتاحية: شبكة الحساسات اللاسلكية، التوجيه، استهلاك الطاقة، الطاقة المتبقية، العقد الباقية على قيد الحياة.

* مدرس في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا.

** مدرس في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا

*** طالبة ماجستير في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا.

A proposed model to improve the routing mechanism within wireless sensor networks

Dr. Mohammad Nassr *
Dr. Mohammad Anbar **
Eng. Lojain Slaiman ***

(Received 8/9/ 2022 . Accepted 17/11/ 2022)

□ ABSTRACT

With the development and technological progress in all areas of life, the urgent need for wireless sensor networks has emerged in many fields and applications, such as: health, environmental, military and others. However, these networks suffer from several challenges and limitations, including limited capacity. Since the sensing nodes are equipped with batteries as a source of energy, with the repeated use and work of these nodes, their energy may run out, causing them to stop working and thus stop the entire network. Therefore, work has been done to improve the routing mechanism within the network by taking into account a set of parameters represented in the average remaining energy of the path, the number of hops, and the least energy of a node within the path, and monitoring the number of surviving nodes that have not implemented their energy, and thus monitoring the life of the network. The simulation result showed the death of the first node in the network in cycle 175 in the case of the proposed model, while the death of the first node in the network in the case of choosing the shortest path in each cycle was in cycle 78, therefore, Simulation results suggest that the proposed model is capable of prolonging the network lifetime.

Keywords: WSN, Routing, energy consumption, remaining energy, alive nodes.

*Teacher, Communication Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering, Tartous University, Syria .

**Teacher, Communication Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering, Tartous University, Syria .

*** Master Student_ Faculty of Information and Communication Technology _ University of Tartous _ Tartous _ Syria.

1- مقدمة:

تعد الأجهزة الصغيرة منخفضة التكلفة التي تعمل بتقنيات الاتصال اللاسلكي جنباً إلى جنب مع قدرات الاستشعار مفيدة في إنشاء شبكات الاستشعار اللاسلكية (Wireless Sensor Networks) WSNs. وتتمثل خصائص شبكات الاستشعار هذه في أنها تتمتع بإمكانية استخدامها في تطبيقات مختلفة في المجالين المدني والعسكري وكذلك المجال البيئي [1]. إضافة للقدرة على اكتشاف مواقع العدو وحركته واكتشاف الحرائق والتنبؤ بحدوثها من خلال مراقبة درجات الحرارة وتتبع الكائنات ومراقبة المرضى وغيرها من التطبيقات. وتتميز هذه الشبكات بإمكانية إعدادها بدون بنية تحتية وقدرة العقد على التحكم والتنظيم الذاتي دون الاعتماد على عقد تحكم مركزية.

يعد التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية محور أساسي ومهم لما له من أثر كبير على تحسين أداء هذه الشبكات وإطالة عمرها من خلال تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل التأخير والحفاظ على كفاءة نقل البيانات بين عقد الشبكة، وبالتالي الاستثمار الأمثل لموارد الشبكة. فعند تشغيل الشبكة وقيام العقد بالتحسس للظاهرة المطلوبة سيتوفر رصيد من البيانات لدى العقد وبالتالي ستقوم العقد بإرسال بيانات التحسس إلى العقدة المصب sink عبر مجموعة عقد وسيطة (عقد تمرير) في مسار محدد. ولكن تكرار استخدام المسار نفسه في كل عملية إرسال فإن العقد الموجودة فيه ستقل طاقتها تدريجياً مع تكرار الاستقبال والإرسال وهكذا حتى تنفذ طاقتها بالكامل وبالتالي توقف الشبكة عن العمل.

من أجل تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وإطالة عمر الشبكة لجأ العديد من الباحثين إلى إيجاد حلول فعالة منها تقسيم الشبكة إلى عنايق باستخدام بروتوكول التوجيه LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) الهرمي العنقودي المتكيف مع الطاقة المنخفضة، الهدف منه تحسين عمر WSN عن طريق خفض استهلاك الطاقة المطلوبة لإنشاء وصيانة رؤوس العناقيد، إلا أنه لم يأخذ بالحسبان الطاقة المتبقية للعقد [1] [2]. لذلك قام آخرون بإجراء تعديلات على هذا البروتوكول ليتم اختيار رؤوس العناقيد اعتماداً على الطاقة المتبقية الأعلى للعقد [3] [4] [5]. بينما في حالة الشبكات المسطحة flat networks تم اقتراح حل قائم على الوكيل لمعالجة مشكلة ثقب الطاقة بالنسبة للمصب يهدف إلى إطالة عمر الشبكة عن طريق تقليل البيانات الزائدة التي يتم تمريرها إلى العقد القريبة من المصب وبالتالي تقليل الحمل وتوفير عمر البطارية [6]. بالإضافة إلى بروتوكول توجيه موفر للطاقة لشبكات الاستشعار اللاسلكية باستخدام خوارزمية نجمية A-star يهدف إلى تحسين عمر الشبكة عن طريق إعادة توجيه حزم البيانات عبر المسار الأقصر الأمثل الذي يتم اختياره اعتماداً على بارامترات عقد الاستشعار مثل الطاقة المتبقية ومعدل استقبال الحزم وحالة ذاكرة العقدة [7].

2-هدف البحث:

هدف البحث إلى إطالة عمر شبكة الحساسات اللاسلكية عن طريق اقتراح نموذج لاختيار مسار التوجيه الأمثل واستبعاد المسار الذي يحوي عقدة لها طاقة متبقية منخفضة نقل عن العتبة المحددة.

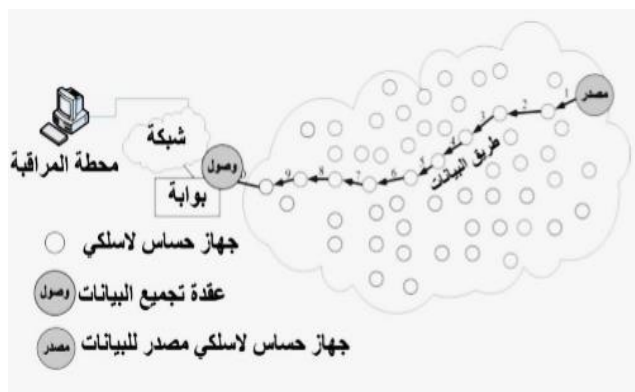
3- طرائق البحث ومواده:

من خلال دراسة الأبحاث السابقة التي قدمها العديد من الباحثين والاطلاع على الخوارزميات والنماذج المقترحة لتحسين التوجيه وتخفيض استهلاك الطاقة وإطالة عمر شبكات الحساسات اللاسلكية، تم في هذا البحث اقتراح نموذج يأخذ في الحسبان ثلاث بارامترات مهمة لاختيار مسار التوجيه الأفضل ضمن الشبكة بحيث يتم المحافظة على طاقة العقد أطول فترة ممكنة لتبقى قادرة على القيام بمهامها طوال حياة الشبكة. تم استخدام لغة البرمجة بايثون 3.9 python وإجراء محاكاة للشبكة على برنامج 2021 pycharm، حيث تم إعداد كود برمجي بلغة بايثون تضمن إعداد الشبكة والعقد ضمن الشبكة والبارامترات الهامة للمحاكاة كعدد العقد ومساحة الشبكة الممتدة التي تنتشر فيها العقد والطاقة الابتدائية للعقد وعدد الدورات وغيرها. وتم إجراء المحاكاة بتطبيق النموذج المقترح ومراقبة بارامتر عدد العقد الباقية على قيد الحياة بعد عدد من الدورات ومقارنته مع سيناريو آخر يعتمد على اختيار المسار الأقصر ضمن الشبكة لملاحظة تأثير تحسين التوجيه المتبع في البحث على حالة العقد وبالتالي على دورة حياة الشبكة.

3-1- شبكات الحساسات اللاسلكية وتطبيقاتها:

ساهم التطور الكبير لشبكات الاتصالات اللاسلكية والأنظمة الإلكترونية في إيجاد أجهزة حساسات صغيرة الحجم منخفضة التكلفة وأقل استهلاكاً للطاقة. وتتصل هذه الأجهزة الصغيرة فيما بينها عبر مسافات قصيرة وتتعاون فيما بينها لنقل البيانات من جهاز إلى آخر وصولاً إلى جهاز التحكم والمراقبة الذي يقوم باستقبال البيانات ومعالجتها، فتكوّن بذلك ما يعرف بشبكات الحساسات اللاسلكية [8]. وتكمن أهمية هذه الشبكات في قدرتها على التحسس والمراقبة للأحداث الحسية والفيزيائية كالبيانات البيئية [9] مثل الحرارة والضغط والرطوبة، أو البيانات السمعية والمرئية كالصوت والصورة، بالإضافة إلى البيانات الصحية مثل دقات القلب والضغط والسكر في الجسم [10] [11] وغيرها من البيانات التي تعتبر ذات أهمية لهدف أو تطبيق معين.

تستشعر هذه الأجهزة الأحداث الفيزيائية من خلال أجهزة حساسات، وهي عبارة عن دائرة إلكترونية مدمجة تقوم بتحسس الأحداث الفيزيائية في البيئة المراقبة وتحويلها إلى بيانات رقمية ثم إرسالها لاسلكياً من جهاز إلى آخر بالتعاون فيما بينها إلى محطة المراقبة عبر بوابة تعمل كواجهة بيئية بين شبكات الحساسات اللاسلكية وشبكات الحاسوب الأخرى. ومحطة المراقبة يمكن أن تتمثل بجهاز حاسوب يقوم بتجميع المعلومات من شبكات الحساسات اللاسلكية ومعالجتها وتحليلها. يبين الشكل نموذجاً لشبكات الحساسات اللاسلكية حيث يقوم مصدر البيانات بإرسال المعلومات الحسية التي استشعرها والتي يتم توجيهها من جهاز إلى آخر حتى الوصول إلى عقدة تجميع البيانات والتي تمرر البيانات عبر البوابة إلى محطة المراقبة عبر الشبكة الحاسوبية.



شكل 1: نموذج عام لشبكات الحساسات اللاسلكية

تتنوع مجالات تطبيقات شبكات الحساسات اللاسلكية كالمجال الصحي والبيئي والأمني والصناعي وغيرها. ومن أهم تطبيقات تقنية الحساسات اللاسلكية أتمتة المنازل والمباني والتي تتمثل في التحكم عن بعد في الأجهزة المنزلية مثل التحكم الآلي في أجهزة الإنارة والتحكم في الأبواب والنوافذ وإنجاز تطبيقات أمنية وغيرها.

3-2- التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية:

تتمتع كل عقدة من عقد أجهزة الاستشعار اللاسلكية المنتشرة بالقدرة الفعالة على التحسس وجمع البيانات وتوجيهها إما إلى أجهزة استشعار مختلفة أو إلى المحطة الأساسية (Base Station) والتي قد تكون ثابتة أو متحركة [12-15 ، 16-19].

إن وظيفة بروتوكول التوجيه المطبق في الشبكة هو اختيار الطريق الأمثل لنقل المعلومات من العقدة المصدر إلى العقدة الهدف المتمثلة بالـ sink أو base station، يوجد العديد من بروتوكولات التوجيه المقترحة ضمن شبكات الحساسات اللاسلكية. تصنف هذه البروتوكولات اعتماداً على عدة معايير [20] فمنها ما هو مرتكز على البيانات ومنها ما هو معتمد على الموقع بحيث تفيد معلومات مواقع العقد في تحسين أداء التوجيه بالإضافة إلى بروتوكولات معتمدة على جودة الخدمة هدفها الحصول على جودة خدمة جيدة (QOS (Quality Of Service لذلك يجب أن تزيد نسبة تسليم البيانات وتقلل التأخير وتوفر في استهلاك الطاقة.

كما تصنف بروتوكولات التوجيه إلى بروتوكولات تفاعلية reactive بحيث يتم إنشاء المسارات عند الطلب On demand أي عندما تتوفر بيانات يراد إرسالها. وأخرى استباقية proactive تحدد مسارات التوجيه قبل وجود طلب توجيه ويتم الحفاظ على هذه المسارات حتى عندما لا يوجد بيانات للإرسال.

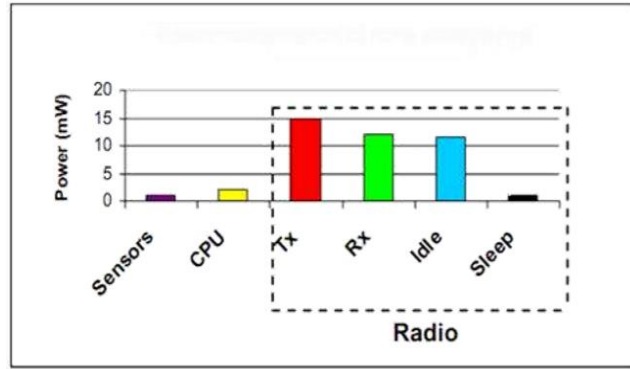
ويعتمد تصنيف آخر لبروتوكولات التوجيه على الجهة التي بدأت بإنشاء المسار أكانت من جهة الوجهة أم من جهة المصدر. إضافة إلى تصنيف وفقاً لبنية الشبكة يشمل بروتوكولات التوجيه ذات البنية المسطحة flat topology وبروتوكولات التوجيه ذات البنية الهرمية hierarchy topology.

3-3- استهلاك الطاقة ضمن شبكات الحساسات اللاسلكية:

يعد استهلاك الطاقة ضمن شبكات الحساسات اللاسلكية أحد أهم العوامل المؤثرة في تصميم عقد الحساسات اللاسلكية، فهو بمثابة عنق الزجاجة في بناء عقد الحساسات اللاسلكية. ونظراً لصغر حجم ووزن عقد الحساسات اللاسلكية يوجد قيود على حجم البطارية المستخدمة في الحساسات، وبالتالي محدودية في الطاقة. إضافة إلى أنه في العديد من التطبيقات عندما يتم نشر العقد في مناطق يصعب

الوصول إليها، فإن عملية إعادة شحن البطارية أو استبدالها أمراً صعباً وقد يكون مستحيلاً. لذلك ارتبط عمر عقدة الحساسات اللاسلكية بعمر البطارية. بل يمكن القول إن عمر العقدة يعتمد اعتماداً كلياً على عمر البطارية.

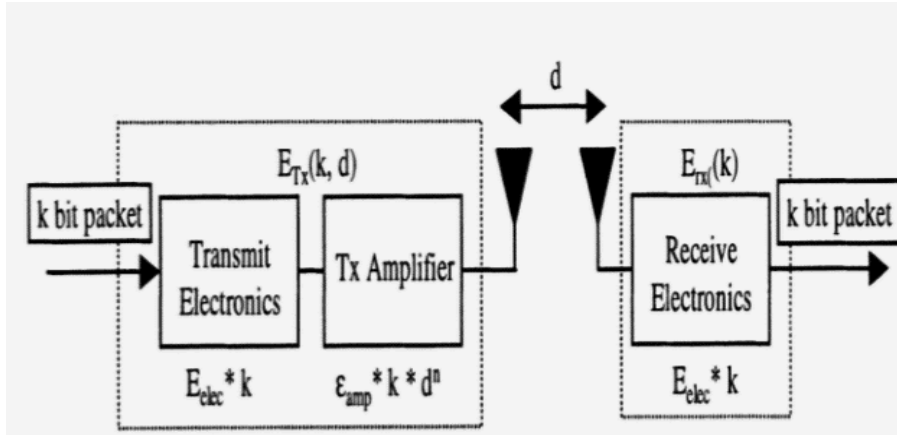
يمكن تقسيم وظائف عقد الحساسات اللاسلكية إلى ثلاث وظائف رئيسية: الاستشعار، معالجة البيانات وحفظها، وأخيراً إرسالها لاسلكياً. وقد أثبتت الدراسات أن 97% من الطاقة المستهلكة من قبل عقدة الحساس هي على عمليات الإرسال والاستقبال [21] شكل(2). لذلك فإن فقد الطاقة يعني خروج العقدة عن العمل وبالتالي تفقد الشبكة عنصراً من عناصر الاستشعار والمعالجة للبيانات وحفظها مما قد يسبب تغييرات كثيرة في المسار والحاجة إلى البحث عن مسارات جديدة بديلة، وهو ما يتطلب استهلاك المزيد من الطاقة. وتجدر الإشارة إلى أن معظم شبكات WSN تستخدم خوارزميات توفير الطاقة من أجل إطالة عمر البطاريات في عقدها [22].



شكل(2): استهلاك الطاقة في الحساس اللاسلكي

• نموذج استهلاك الطاقة:

يصف هذا النموذج الطاقة المستهلكة من أجل عمليات التضخيم والإرسال والاستقبال ضمن أجهزة الحساسات ويبين الشكل(3) هذا النموذج. فالحساس المرسل يستهلك طاقة لتشغيل الالكترونيات الراديوية وطاقة لتضخيم الإشارة بحسب المسافة المراد إرسال البيانات إليها، بينما الحساس المستقبل يستهلك طاقة لتجميع البيانات وطاقة لتشغيل الالكترونيات الراديوية أيضاً.



شكل(3) الإرسال والاستقبال في الحساسات

طاقة الإرسال [23]:

$$E_{TX}(d) = \begin{cases} K * E_{elec} + K * E_{fs} * d^2, & d \leq d_0 \\ K * E_{elec} + K * E_{mp} * d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (1)$$

توضح المعادلة (1) الطاقة المستهلكة من قبل الحساس أثناء عملية الإرسال، حيث k عدد بتات الرسالة، E_{elec} طاقة تشغيل الدارات الالكترونية، d المسافة بين المرسل والمستقبل، d_0 عتبة الإرسال وتحسب بالعلاقة:

$$d_0 = \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}} \quad (2)$$

E_{fs} و E_{mp} طاقة التضخيم وتعتمد على المسافة بين المرسل والمستقبل.

وبحسب [23] و [24] فإن $E_{mp} = 0.0013 \text{ pJ/bit/m}^4$ و $E_{fs} = 10 \text{ pJ/bit/m}^2$.

أما بالنسبة للاستقبال فإن الحساس المستقبل يستهلك طاقة لتشغيل الدارات الالكترونية وتجميع البيانات المستقبلية وإعادة إرسالها وتتمثل تلك الطاقة المستهلكة بما يلي:

$$E_{RX}(d) = \begin{cases} K * (E_{elec} + E_{DA}) + K * E_{fs} * d^2, & d \leq d_0 \\ K * (E_{elec} + E_{DA}) + K * E_{mp} * d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (3)$$

حيث E_{DA} هي الطاقة المستهلكة لتجميع البيانات.

لتلقي رسالة k -bit، يستهلك المستقبل المقدار التالي من الطاقة لتشغيل الالكترونيات:

$$E_{RX}(K) = K * E_{elec} \quad (4)$$

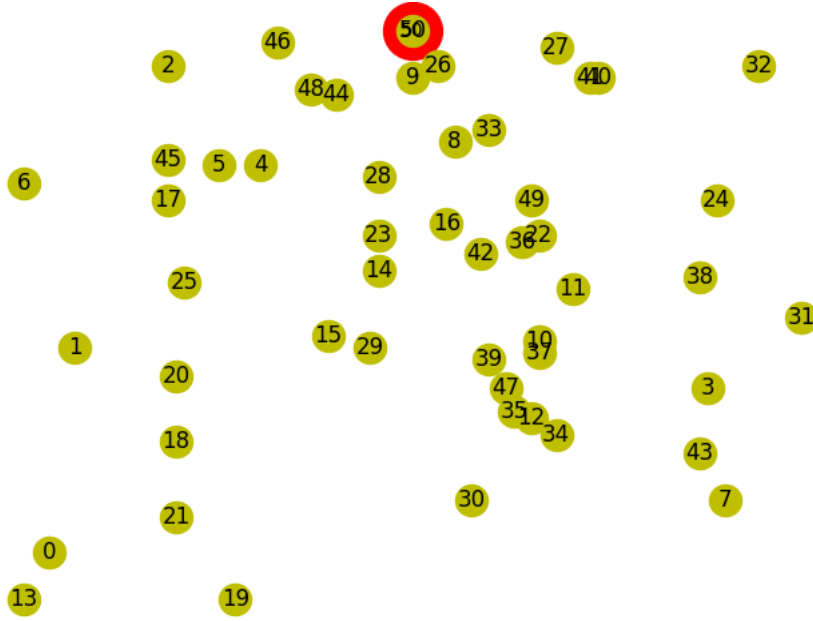
3-4- النموذج المقترح:

تم في هذا البحث إعداد شبكة حساسات لاسلكية مؤلفة من 50 عقدة تحسس ومصب sink و محطة رئيسية base station، تم توزيع عقد التحسس عشوائياً ضمن مساحة $100 * 100 \text{ m}^2$ بحيث تحافظ على مواقعها ثابتة (أي العقد غير متحركة)، والشبكة من النوع flat مسطحة غير مقسمة إلى عناقيد، بعد النشر تأخذ العقد مواقعها ويتم حساب المسافة بين كل عقدة والعقد الأخرى وفقاً للمعادلة:

$$d_{(1,2)} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (5)$$

وحسب هذه المسافة يتم تحديد قائمة العقد المجاورة لكل عقدة. فإذا كانت المسافة بين عقدة وعقدة أخرى أقل من مجال إرسال العقدة (تم افتراض مجال إرسال العقدة ضمن النموذج بالقيمة 30m) فإن العقدة تضاف إلى قائمة الجيران.

يبين الشكل(4) نموذج الشبكة المدروسة.



شكل(4): نموذج شبكة الحساسات المدروسة

عند تشغيل الشبكة، في كل دورة تقوم عقد التحسس باستشعار الوسط المحيط وتجميع البيانات ثم نقلها لاسلكياً إلى عقدة المصب عبر مسار من عدة مسارات متاحة. تم تحديد جميع المسارات المتاحة من كل عقدة في الشبكة إلى عقدة المصب اعتماداً على قوائم الجيران لكل عقدة، وحساب عدد القفزات في المسار ومتوسط الطاقة المتبقية للعقد في كل مسار في كل دورة. بحيث تكون آلية اختيار مسار التوجيه الأمثل والأوفر لطاقة العقد وفق التالي:

- في الدورة الأولى بما أن جميع العقد تكون طاقتها المتبقية هي طاقتها الأولية وتم افتراض هذه الطاقة ضمن النموذج بقيمة $0.2J$ ، فإن كل عقدة تقوم بتوجيه بياناتها عبر المسار الأقصر short path ذو العدد الأقل من القفزات.

- في الدورات المتتالية يتم حساب عدد القفزات ومتوسط الطاقة المتبقية لكل مسار وتتم عملية التوجيه عبر المسار الذي يحقق الشروط الآتية:

✓ أعلى متوسط طاقة متبقية للمسار.

✓ عدد قفزات أقل من عتبة $N_{max}=10$ ، تم اختيار هذه العتبة بناءً على الشبكة المدروسة في

هذا البحث، حيث يوجد عدد كبير من المسارات الممكنة من كل عقدة إلى عقدة المصب، وبعض المسارات فيها عدد كبير من القفزات وبالتالي تعد مسارات طويلة جداً لذلك تم اعتماد عتبة عدد القفزات 10 كمتوسط لعدد قفزات المسارات. مع الملاحظة إلى أنه في حالة شبكة أخرى يمكن تغيير هذه العتبة بما يتناسب مع الشبكة المدروسة.

✓ المسار لا يحوي عقدة طاقتها المتبقية أقل من عتبة $T_p=0.15J$. بحيث تبقى هذه العقدة

قادرة على التحسس و العمل في الأوقات الحرجة .

يتم حساب الطاقة المتبقية للعقدة في كل دورة وفق العلاقة:

$$E_{residual}^j = E_{residual}^{j-1} - E_{consumption}^j \quad (6)$$

حيث $E_{residual}^j$ الطاقة المتبقية للعقدة في الدورة الحالية. $E_{residual}^{j-1}$ الطاقة المتبقية للعقدة في الدورة السابقة.

$E_{consumption}^j$ الطاقة المستهلكة من قبل العقدة في الدورة الحالية.

الطاقة المستهلكة من قبل كل عقدة تتألف من ثلاثة أجزاء:

1- الطاقة المستهلكة لاستقبال البيانات ويتم حسابها حسب المعادلة(4).

2- الطاقة المستهلكة من أجل تجميع البيانات E_{DA} .

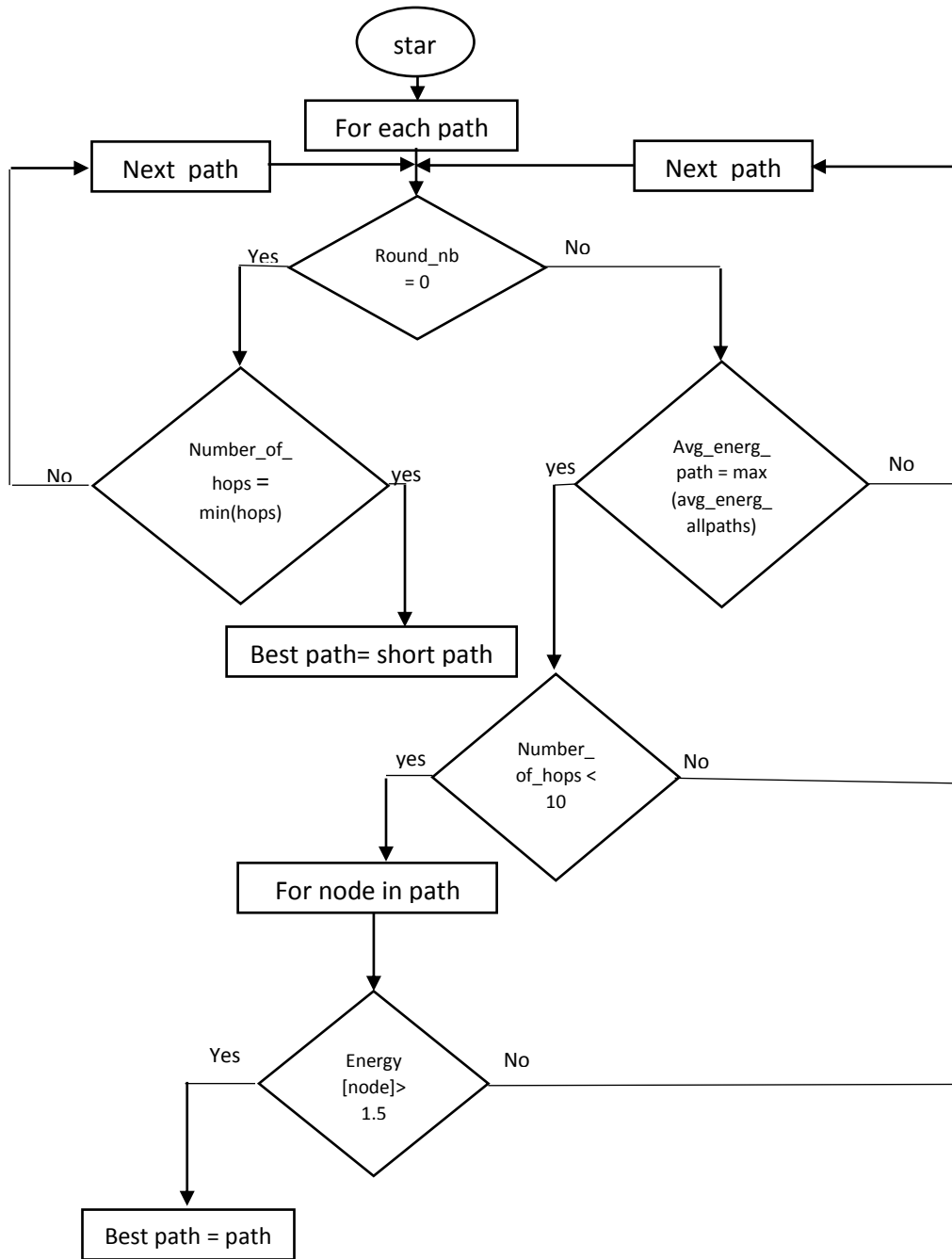
3- الطاقة المستهلكة من أجل إرسال البيانات للعقدة التالية أو إلى sink وتحسب وفق (1).

بعد معرفة الطاقة المتبقية للعقد يمكن حساب متوسط الطاقة المتبقية للمسار:

$$E_{path} = \frac{\sum_{i=1}^N E_{residual}^i}{N}$$

$E_{residual}^i$ الطاقة المتبقية للعقدة i .

N عدد العقد التي تنتمي للمسار.



شكل (5): مخطط تدفقي للنموذج المقترح

4- النتائج والمناقشة:

تم إعداد شبكة الحساسات بلغة البرمجة بايثون Python3.9 وإجراء المحاكاة على برنامج ال PyCharm2021.

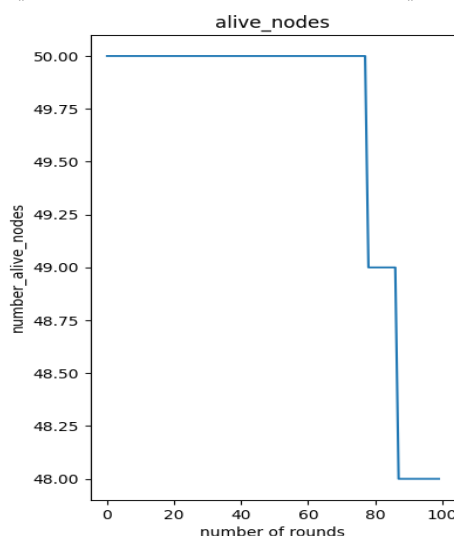
يوضح الجدول(1) بارامترات المحاكاة.

الجدول(1): بارامترات المحاكاة	
Parameter	Value
NB_Nodes	50
Network_area	100*100 m ²
Initial_energy	0.2J
E _{elec}	50nJ/bit/m ²
E _{fs}	10pJ/bit/m ²
E _{mp}	0.0013pJ/bit/m ⁴
E _{DA}	5nJ/bit
Packet_Size	4000 bits
NB_Rounds	100, 200

تمت دراسة تأثير النموذج المقترح على بارامتر عدد العقد التي لاتزال تعمل بشكل سليم (الفعالة) ضمن الشبكة وبالتالي دورة حياة الشبكة، مع العلم أن عمر الشبكة يعتمد على عمر العقد المكونة للشبكة [25]. باعتبار أن الطاقة الابتدائية للعقد هي 0.2J وأن العقدة تعتبر عقدة متوقفة عن العمل عندما تنخفض طاقتها 50% عن طاقتها الابتدائية أي تصبح 0.1J. لإظهار تأثير النموذج المقترح على عمر الشبكة والتحسين الذي نتج عنه تم محاكاة سيناريوهين من أجل عدد دورات 100 (والدورة هي الفترة اللازمة لتقوم جميع العقد بالتحسس وإرسال بياناتها إلى sink) والمقارنة بين النتائج في الحالتين:

السيناريو الأول:

يبين الشكل(6) نتيجة المحاكاة في حالة اختيار مسار التوجيه الأقصر في كل دورة:

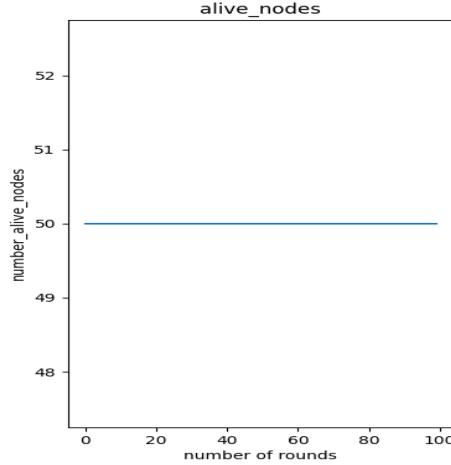


شكل(6) عدد العقد الباقية على قيد الحياة في السيناريو الأول

يبين الشكل بأن أول حالة نفاذ طاقة للعقدة في الشبكة عند الدورة 78 حيث انخفض عدد العقد الفعالة إلى 49 في حين في الدورة 86 انخفض عدد العقد الفعالة إلى 48 عقدة، يفسر ذلك بأن نتيجة استخدام المسار الأقصر في كل دورة فإن إحدى العقد قد تكون موجودة في عدة مسارات وبالتالي سيتم استهلاك طاقتها بشكل أسرع مما يسبب خروجها عن العمل .

السيناريو الثاني:

بينما يبين الشكل (7) نتيجة المحاكاة في حالة تطبيق النموذج المقترح لاختيار مسار التوجيه:

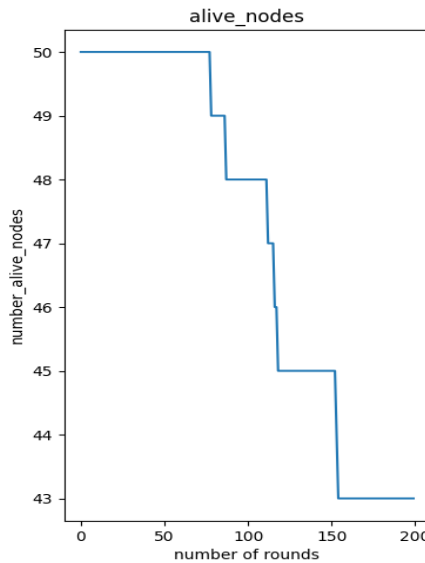


شكل (7) عدد العقد الباقية على قيد الحياة في السيناريو الثاني

يتبين بقاء جميع عقد الشبكة فعالة عند تطبيق النموذج المقترح وذلك من أجل 100 دورة، حيث تم استبعاد المسار الذي يحوي عقدة طاقتها منخفضة واستبداله بمسار آخر يحقق الشروط المطلوبة فتم الحفاظ على طاقة العقد.

لمعرفة دورة حياة الشبكة في النموذج المقترح تم إعادة المحاكاة بعد زيادة عدد الدورات ليصبح 200 دورة وكانت النتائج:

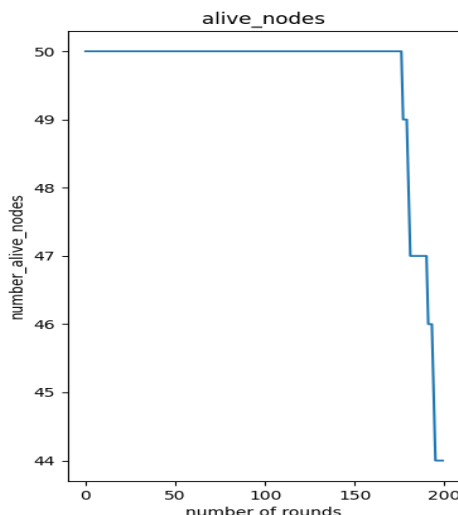
للسيناريو الأول:



شكل (8) عدد العقد الباقية على قيد الحياة في السيناريو الأول من أجل 200 دورة

مع زيادة عدد الدورات تم ملاحظة استمرار خروج العقد في الشبكة عن العمل نتيجة تكرار استخدامها وانخفاض طاقتها عن النصف.

للسيناريو الثاني:



شكل(9) عدد العقد الباقية على قيد الحياة في السيناريو الثاني من أجل 200 دورة

يبين الشكل(9) بأنه عند تطبيق النموذج المقترح لاختيار مسار التوجيه ضمن الشبكة من أجل 200 دورة فإن أول حالة خروج عقدة عن عملها في الشبكة عند الدورة 175 (بدلاً من 78 كما في حالة اختيار المسار الأقصر). وبالتالي يمكن القول بأنه عند تطبيق النموذج المقترح تم المحافظة على طاقة العقد أطول فترة ممكنة وبالتالي إطالة عمرها من خلال تعديل اختيار المسار وفق النموذج والشروط المحددة بحيث يُستبعد المسار الذي يحوي عقدة طاقتها منخفضة لتبقى هذه العقدة فعالة في دورات لاحقة وقادرة على التحسس، بدلاً من أن يتم تكرار استخدامها وبالتالي استهلاك سريع لطاقتها وخروجها عن العمل في الدورات الأولى من دورات عمل الشبكة. وبما أن عمر الشبكة مرتبط بعمر العقد فإن إطالة عمر العقد سيؤدي إلى إطالة عمر الشبكة وهو الهدف المرجو تحقيقه من هذا البحث.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث إعداد شبكة حساسات لاسلكية واقتراح نموذج لتوفير طاقة العقد بحيث تبقى قادرة على العمل أطول فترة ممكنة، وبينت النتائج بأن تطبيق النموذج يطيل فترة بقاء العقد ضمن الخدمة وبالتالي يطيل عمر الشبكة. ولكن لم تتم دراسة تأثير هذا النموذج على التأخير في الشبكة في الوقت الذي يعد فيه بارامتر التأخير أحد البارامترات المهمة لتقييم أداء الشبكة. لذلك من الممكن في الأعمال المستقبلية أن يتم تقييم أداء هذا النموذج من خلال دراسة التأخير في الشبكة وأيضاً مقارنة الطاقة المستهلكة والطاقة المتبقية في الشبكة في حالة تطبيق النموذج المقترح وحالة تطبيق خوارزمية اختيار المسار الأقصر.

المراجع:

- [1] J.N. Karaki and A.E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, No. 6, pp. 6–28, Dec. 2004.
- [2] W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks ", IEEE Transactions on Wireless Communications 1(4):660-670, October 2002.
- [3] هزار سيد درويش، د غسان سابا، "تحسين جودة خدمة بروتوكولات التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية"، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، قسم المعلومات، 2018.
- [4] A.Koucheryavy, Ahmed Salim, and Walid Osamy, "Enhanced LEACH Protocol for Wireless Sensor Networks", St. Petersburg University of Telecommunication, Mathematics Dept.,Fac. of Sci.,Univ. of Zagazig,Zagazig, Egypt, CS Dept.,Fac. of CS and Informatics,Univ. of Benha,Benha, Egypt 2013.
- [5] Surender Kumar, M.Prateek, N.J.Ahuja, Bharat Bhushan, " DE-LEACH: Distance and Energy Aware LEACH", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 88 – No.9, February 2014.
- [6] Mamta Yadav, Preeti Sethi, Dimple Juneja and Naresh Chauhan, "An Agent-Based Solution to Energy Sink-Hole Problem in Flat Wireless Sensor Networks" Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018.
- [7] Ali Ghaffari, "An Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks using A-star Algorithm ", Journal of Applied Research and Technology , Vol."12,"August"2014.
- [8] R. Ramadan , M. Hourì , A. Al-Nawisa , W. Jafala , Fahim W. , Aziz A., Mahjoub D. , and El-rewini H., "Introduction to sensor Networks, " Journal of Computer Science and Engineering, in Arabic , Vol. 1, No. 1, April 2007.
- [9]Geoff Werner-Allen, Konrad Lorincz, Jeff Johnson, Jonathan Lees, Matt Welsh, Fidelity and Yield in a Volcano Monitoring Sensor Network, 7th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2006), November, 2006.
- [10]N.F. Timmons, W.G. Scanlon, "Analysis of the performance of IEEE 802.15.4 for medical sensor body area networking", IEEE SECON 2004, October 2004
- [11]D. Malan, T. F. Jones, M. Welsh, S. Moulton, "CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care", MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004), June, 2004
- [12]S.K. Dhurandher, S. Khairwal, M.S. Obaidat and S. Misra, "Efficient data acquisition in underwater wireless sensor ad hoc networks," IEEE Wireless Communications, Vol. 16, No. 6, pp. 70–78, Dec. 2009.

[13] C. Ramachandran, M.S. Obaidat, S. Misra and F. Pena-Mora, “A secure, and energy-efficient scheme for group-based routing in heterogeneous ad-hoc sensor networks and its simulation analysis,” *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, Vol. 84, No. 2–3, pp. 131–146, Feb./March 2008.

[14] J.N. Karaki and A.E. Kamal, “Routing techniques in wireless sensor networks: a survey,” *IEEE Wireless Communications*, Vol. 11, No. 6, pp. 6–28, Dec. 2004.

[15] S. Singh, M. Woo, and C. Raghavendra, “Power-aware routing in mobile ad hoc networks,” in *Proceedings of the Fourth ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing*, 2005.

[16] W. Heinzelman, J. Kulik and H. Balakrishnan, “Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks,” in *Proceedings of the ACM/IEEE Mobicom Conference (MobiCom '99)*, pp. 174–185, Seattle, WA, August, 1999.

[17] Rohit Bathla, Priyanka Ahlawat “Adversarial Modeling in WSN and its Application in Key Distribution” *Journal of Physics: Conference Series* 2021.

[18] F. Kuhn, R. Wattenhofer and A. Zollinger, “Worst-case optimal and average-case efficient geometric ad-hoc routing,” in *Proceedings of the 4th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 267–278, 2003.

[19] N. Sadagopan, B. Krishnamachari and A. Helmy, “The ACQUIRE mechanism for efficient querying in sensor networks,” in *Proceedings of the First International Workshop on Sensor Network Protocol and Applications*, pp. 149–155, May 2003.

[20]: Rajashree.V.Biradar, V.C .Patil) , Dr. S. R. Sawant , Dr. R. R. Mudholkar "CLASSIFICATION AND COMPARISON OF ROUTING PROTOCOLS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS", *Special Issue on Ubiquitous Computing Security Systems*.

[21] Ahmad Hosseingholizadeh Dr. Abdolreza Abhari; “A Neural Network approach for Wireless sensor network power management ” *Department of Computer Science Ryerson University Toronto, Canada*, 28th IEEE 2009.

[22] Mohammad S. Obaidat, Sudip Misra “Principles of Wireless Sensor Networks” *New York University Libraries*, on 16 Aug 2017

[23] Wei Xiang, Senior Member, IEEE, Ning Wang, and Yuan Zhou, Member, IEEE “An Energy-Efficient Routing Algorithm for Software-Defined Wireless Sensor Networks” *IEEE SENSORS JOURNAL*, VOL. 16, NO. 20, OCTOBER 15, 2016 .

[24] Abd Elwahab Fawzy , Mona Shokair, Waleed Saad, “Balanced and energy-efficient multi-hop techniques for routing in wireless sensor networks”, *The Institution of Engineering and Technology* 2017.

[25] tingting Zhang “WSN Routing Schedule Based on Energy-aware Adaptation” *Tingting Peng*, 16-05-2020.