

"تحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الثابتة المنشورة عشوائياً في كشف وملاحقة الهدف"

الدكتور جمال خليفة*

زياد سرور**

(تاريخ الإيداع 10 / 3 / 2015. قُبِلَ للنشر في 18 / 5 / 2015)

□ ملخص □

يعد التعقب باستخدام شبكات الحساسات اللاسلكية من التطبيقات التي تشهد نمواً كبيراً. ونظراً لمحدودية شبكات الحساسات اللاسلكية من حيث مصدر الطاقة، تستمر الأبحاث لتحسين طرق نقل المعلومات وتوجيهها بما يضمن استهلاكاً أقل للطاقة. لذلك قمنا في هذا البحث بتحسين طريقة توجيه معلومات موقع الهدف في الشبكة وذلك بتقديم خوارزمية جديدة، تستفيد من مفهوم العنقدة في شبكة الحساسات اللاسلكية، مع إضافة إمكانية التفاعل ما بين الحساسات الحلقية التي تنتمي لعناقيد مختلفة، حيث لا يمكن التفاعل فيما بينها في الحالة التقليدية لعمل الشبكات العنقودية، وذلك اعتماداً على بارامتر شدة الإشارة المستقبلية من الهدف في الحساسات لغاية التخلص من تكرار نقل نفس المعلومة، مما ينعكس إيجاباً على عمر الشبكة والحصول أيضاً على إشارة أكثر دقة لموقع الهدف. قمنا بتطبيق الخوارزمية المقترحة وإظهار نتائجها باستخدام محاكي OPNET الذي يعد من أفضل المحاكيات في مجال الشبكات بأنواعها المختلفة.

الكلمات المفتاحية: حساس لاسلكي، العنقدة، رأس العنقود، ملاحقة الهدف، عمر البطارية، معرّف الهدف، توفير الطاقة، مركز المعالجة الرئيسي.

*أستاذ مساعد - قسم هندسة الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
**طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

“Performance improvement of randomly deployed fixed wireless sensor networks in target detecting and tracking”

Dr. Jamal Khalifeh*
Ziad Srour**

(Received 10 / 3 / 2015. Accepted 18 / 5 / 2015)

□ ABSTRACT □

The tracking using wireless sensor networks is one of the applications that are experiencing significant growth. Due to considerations of wireless sensor networks in terms of limited energy source, researches continue to improve methods of routing and transforming information to ensure lower power. Therefore, we have in this research improved the routing of target location information within WSN by providing a new algorithm, which takes advantage of the concept of clustering for wireless network sensors, with the addition of the possibility of interaction between field sensors that belong to different clusters, where in other cases, they cannot interact with each other in the traditional case of cluster networks. to get rid of repeating the same information transfer, we depend on the parameter intensity of the received signal from the target in the sensors, which will reflect positively on the network age, and give a more accurate indication of the target site. We have implemented the proposed algorithm and showed the results of using the simulator OPNET which is one of the best simulators in the field of various types of networks.

Keywords: wireless sensor, clustering, Cluster Head, target tracking, battery life, Target ID, Power Saving, Sink.

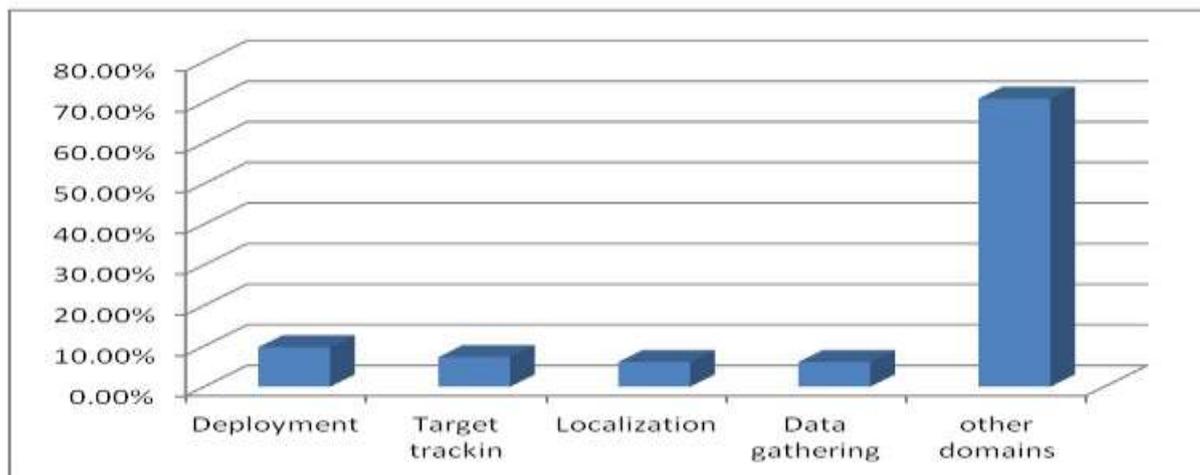
*Associate Professor, Department of Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

**Postgraduate Student Department of Computers and Automatic Control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يوماً بعد يوم تزداد التطبيقات الشبكية التي تعتمد على التقنيات اللاسلكية لما لها من فوائد في تقليل كلفة بناء الشبكة، إضافة إلى السهولة والسرعة في نشرها. وشكّل ظهور شبكات الحساسات اللاسلكية ثورة في عالم الشبكات اللاسلكية، ولاسيما بعد تطور عقدة الحساس لتصبح عقدة ذكية قادرة على إجراء الكثير من المهام وعلى إدارة نفسها والتعاون مع باقي الحساسات لإدارة الشبكة ككل وإنجاز المهام المطلوبة [1]، كما أن تنوع التطبيقات التي تدعمها شبكة الحساسات اللاسلكية ساهم أيضاً في انتشارها و اعتمادها من قبل المستثمرين، ومن أهم هذه التطبيقات تعقب الأهداف. حيث يمكن الاستفادة من حجم الحساسات الصغير وإمكانية نشرها بأعداد كبيرة والطرق المتنوعة لنشرها لمراقبة الأهداف في المناطق التي يصعب الوصول إليها مثل المحميات الطبيعية ذات التضاريس الوعرة وساحات المعارك.

يعد تعقب الأهداف من أكثر المجالات المستهدفة في أبحاث شبكات الحساسات اللاسلكية، يظهر الشكل (1) تصنيف ونسب الدراسات ومواضيعها في شبكات الحساسات اللاسلكية [2] حيث يعد التعقب ثاني مجال من حيث نسبة الأبحاث بعد النشر ويبلغ حوالي 7.27%.



الشكل (1) مجالات البحث في شبكات الحساسات اللاسلكية ونسبها

وينقسم نظام تعقب الأهداف باستخدام شبكات الحساسات اللاسلكية إلى مكونين أساسيين [3]:

- آلية تحديد موقع الهدف جغرافياً.
 - آلية نقل معلومات الهدف عبر شبكة الحساسات اللاسلكية المنتشرة (التوجيه).
- يكون التحسين في أداء شبكة الحساسات اللاسلكية المستخدمة في تعقب الأهداف موجهاً إلى أحد المكونين السابقين أو كليهما، كما هو التوجه في هذا البحث.
- أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من أنه يعالج أهم التحديات في شبكات الحساسات اللاسلكية المخصصة لتعقب الأهداف وهي محدودية الطاقة في الشبكة والدقة في تحديد موقع الهدف، فنظراً لحجم الحساس الصغير وحجم البطارية المزود بها يحدد عمر الحساس بعمر البطارية في المناطق التي يصعب الوصول فيها إلى الحساس لتبديل البطارية فيها.

يهدف هذا البحث إلى تحسين عملية نقل المعلومات وتوجيهها في شبكات الحساسات اللاسلكية المنشورة عشوائياً في كشف وملاحقة الهدف، عن طريق تبني فكرة العنقدة في التوجيه، مع اقتراح وتطبيق خوارزمية تسمح بالتفاعل ما بين الحساسات التي تنتمي لعناقيد متجاوزة مستقلة عن بعضها بما يحقق:

- تقليل عمليات الإرسال والاستقبال المتكررة في الشبكة لنفس المعلومة، وصولاً إلى الحصول على مسار واحد تسلكه معلومات الهدف باتجاه عقدة Sink، وما يعنيه هذا التقليل من المحافظة على مصادر الطاقة المحدودة في الشبكة.

- إشراك الحساسات التي تملك أفضل معلومات للهدف للحصول على أفضل دقة ممكنة في تحديد موقع الهدف، كما أن تقليل عمليات الإرسال والاستقبال في الشبكة يعطي بيئة تكون فيها نسبة الإشارة على الضجيج مرتفعة عند الحساس المستقبل وهذا ما ينعكس أيضاً على الدقة في أداء الشبكة.

منهجية البحث وموارده:

قدمنا في هذا البحث خوارزمية جديدة لتحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الثابتة المنشورة عشوائياً في كشف وملاحقة الهدف، وقمنا بتطبيقها وإثبات التحسينات التي تحققها مقارنةً مع عمل بروتوكول LEACH على أداء الشبكة باستخدام محاكي OPNET، ولتحقيق ذلك اتبعنا الخطوات الآتية في منهجية البحث:

1. تحديد أكثر الطرق ملائمة ضمن شروط البيئة المدروسة لتحديد موقع الهدف جغرافياً.
2. اعتماد التوجيه باستخدام بروتوكول LEACH نظراً لموائمته للبيئة المدروسة، واستعراض أهم ميزاته، والثغرات التي يعاني منها.

3. طرح الخوارزمية المقترحة وشرح خطواتها.

4. تطبيق الخوارزمية المقترحة وإظهار نتائجها وتحسيناتها مقارنةً مع بروتوكول LEACH.

1: تحديد موقع الهدف جغرافياً:

يمكن تحديد موقع الهدف باستخدام العديد من الطرق من أهمها تحديد موقع الهدف باستخدام نظام GPS [4] أو باستخدام معالجة الصورة [5] أو اعتماداً على الإشارة الراديوية. وتتفاوت هذه الطرق في دقتها ودرجة تعقيدها ومتطلباتها، فتحديد الموقع باستخدام GPS أو معالجة الصورة يتطلب تزويد الحساسات بمعدات قد تشكل عبءاً على الحساس ومصدر الطاقة المحدود الخاص به، لذلك يعد تحديد الموقع باستخدام الإشارة الراديوية الأنسب بين الطرق المذكورة أعلاه، وخاصة في بيئة يصعب الوصول إليها لاستبدال بطارية الحساس (مثل البيئة المدروسة في هذا البحث).

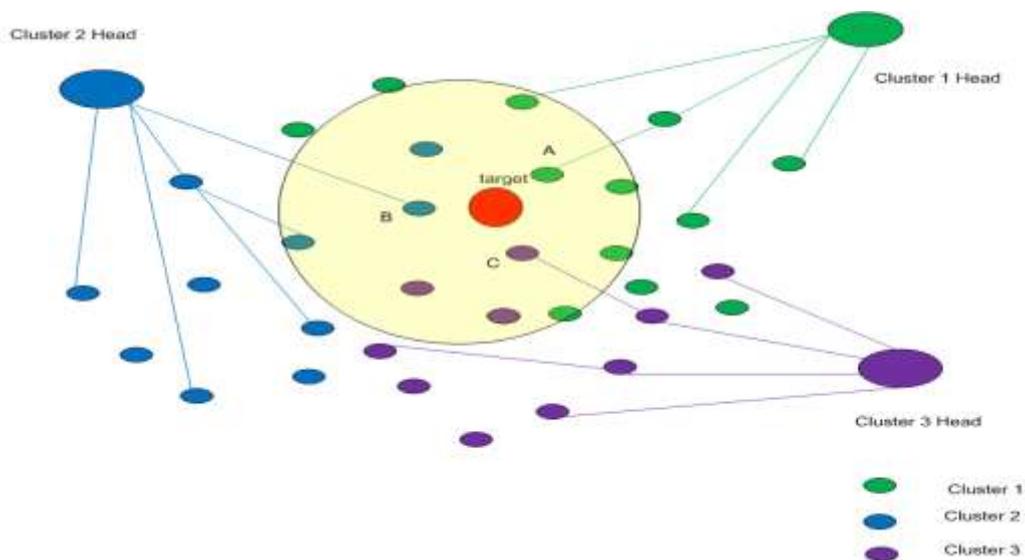
كما تتوفر طرق تحديد موقع الهدف اعتماداً على الإشارة الراديوية، فمنها ما يعتمد على اتخاذ نقاط ذات سويات طاقة محددة مسبقاً [6]، يتم نسب موقع الهدف إلى هذه النقاط اعتماداً على شدة الإشارة المستقبلية في الحساس، ومنها ما يعتمد على حساب زاوية الورود للإشارة المستقبلية [7]، وكلما كانت الدقة في تحديد موقع الهدف أعلى كلما كانت درجة التعقيد أكبر، فقد يتطلب ذلك تزويد الحساسات بجهيزات إضافية ويؤدي غالباً إلى استنزاف موارد الطاقة، و تعد طريقة زمن الوصول TOA (Time Of Arrival) [8] أفضل أنواع الطرق من حيث الحصول على إشارة ذات دقة عالية من دون ادخال تعقيدات كبيرة على مكونات الشبكة، وهي الطريقة التي سوف نعتمدها لتحديد موقع الهدف في الخوارزمية المقترحة.

تعتمد خوارزمية TOA على تحديد زمن وصول الإشارة، ومن ثم حساب بعد الهدف عن الحساس اعتماداً على الفارق الزمني ما بين زمن إرسال إشارة الهدف وما بين استقبالها في الحساس. ويلزم لتحديد موقع الهدف بدقة التفاعل ما بين ثلاث حساسات متجاوزة كاشفة للهدف، ويجب أن يكون هناك تزامن فيما بين الحساسات مع بعضها البعض وكذلك تزامن ما بين الحساسات والهدف.

2: التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية:

يعد التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية مسألة مهمة جداً في مختلف التطبيقات بشكل عام، وفي مجال التعقب بشكل خاص، فهذه الشبكات تتطلب السرعة والدقة في نقل الإشارة المكتشفة، وبالتالي إيصال المعلومة إلى Sink بأفضل جودة ممكنة. لذلك فإن التوجيه كان هدفاً للكثير من الأبحاث وخاصة لأن التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية ليس كالتوجيه في غيره من الشبكات، نظراً للعدد الهائل من الحساسات المنتشرة واعتبارات محدودية الطاقة المتوفرة في بطارية الحساس.

يعد التوجيه باستخدام البروتوكولات الهرمية (Hierarchical Protocols) [9] وخاصة المعتمدة على التشكيلات العنقودية للحساسات أفضل أنواع التوجيه بالنسبة لشبكات التعقب، لما توفره من دقة في نقل الإشارة وتعمل على حفظ موارد الشبكة من الطاقة، وأحد أشهر هذه البروتوكولات هو البروتوكول LEACH [10] الذي يعمل على تقسيم شبكة الحساسات اللاسلكية إلى مجموعات من الحساسات يطلق عليها اسم العناقيد، يدار كل عنقود بواسطة حساس ينتمي إليه، يسمى رأس العنقود Cluster Head كما هو مبين في الشكل (2).



الشكل (2) آلية عمل بروتوكول LEACH

لذا يمكننا اختصار الأهداف الأساسية التي تم تصميم الشبكات العنقودية من أجلها فيما يلي:

- تسهيل عملية إدارة شبكة الحساسات اللاسلكية.
- تجميع معلومات الهدف ضمن العنقود الواحد في رأس العنقود، ثم إرسالها إلى مركز المعالجة Sink، مما يقلل من مشغولية الشبكة ويحافظ على مصادر الطاقة فيها.

شهد بروتوكول LEACH تحسينات متلاحقة أضيفت في إصدارات مثل TL-LEACH [11] و الذي عمل على حل مشكلة القفزة الواحدة بين رأس العقنود و عقدة SINK و التي يعمل عليها بروتوكول LEACH فعمل على توفير عقدة متوسطة بين رأس العقنود و عقدة SINK، بينما عمل البروتوكول T-LEACH [12] على تحديد عتبة للطاقة للبدء بعملية اختيار رأس العقنود، و ذلك من أجل التخفيف من عمليات تبديل رأس العقنود غير الضرورية. و بروتوكول VLEACH [13] والذي عمل على توفير عقدة بديلة تحل رأس العقنود في حالة توقفه عن العمل بشكل مفاجئ، ولكن بقي مصدر مهم لاستنزاف مصادر الطاقة لم يتم التطرق إليه في كل التطويرات التي خضع لها البروتوكول LEACH، وهذا المصدر مرتبط بمبدأ عمل العناقيد التي تعمل بشكل مستقل عن بعضها البعض. لذا ينتج لدينا مسارات متعددة لنفس الهدف حيث أن كل عقنود يعمل على نقل المعلومة المكتشفة من قبل عناصره الى العقدة المركزية، وفي أغلب الأحيان يكتشف الهدف من عدة عناقيد في نفس الوقت ولذلك توجد عدة مسارات في نفس الوقت لنفس المعلومة. كما هو موضح بالشكل(2).

3: الخوارزمية المقترحة:

عند دخول الهدف إلى المنطقة المراقبة، يتم كشفه من عدة حساسات يقع ضمن منطقة تغطيتها، وهي حساسات قد تنتمي لعناقيد مختلفة، لذا فهي مستقلة عن بعضها البعض من حيث العمل ولا إدارة مشتركة لهذه العقد. الرابط المشترك ما بين هذه العقد هو كشفها للهدف أي وصول إشارة الهدف إليها، لذا يمكننا استخدام هذا الرابط لتكوين علاقة تجمع ما بين تلك العقد، سيما وأن هذا الرابط غير دائم، فهو يتغير بتغير موقع الهدف لذلك تتبدل الحساسات الكاشفة للهدف. سوف نتعامل في هذه الدراسة مع مفهوم جديد هو عبارة عن مجموعة الحساسات التي تستطيع رؤية الهدف حتى ولو كانت تنتمي إلى عناقيد مختلفة، حيث تختلف شدة الإشارة المستقبلية في هذه الحساسات تبعاً لعوامل مختلفة منها البعد عن الهدف والبيئة المحيطة، لذا تتحسس كل عقدة للهدف بشدة مختلفة عن الأخرى، وليس من الضروري أن تكون العقدة الأقرب جغرافياً للهدف هي صاحبة الإشارة الأفضل بسبب وجود العوائق الفيزيائية أحياناً بين الهدف والحساس.

كما أوضحنا سابقاً، فإن الطريقة المستخدمة لتحديد موقع الهدف جغرافياً في هذا البحث هي TOA والتي تحتاج إلى جمع المعلومات من ثلاثة حساسات كاشفة للهدف من أجل تحديد موقع الهدف. تعتمد الخوارزمية المقترحة على اختبار شدة الإشارة المستقبلية ما بين العقد بغض النظر عن العناقيد التي تنتمي إليها معتمدة على وجود رابط (أو بمعنى آخر وجود إمكانية للعنونة فيما بينها) هو كشفها للهدف أي استقبالها ID الهدف الذي تم كشفه.

ولكن تظهر لدينا مجموعة عقبات تتمثل بما يلي:

- إن هذه الرابطة ما بين العقد مؤقتة تعتمد على موقع الهدف، هذا يعني أن هذه الحساسات لا تعرف بعضها البعض ولا تعرف أعدادها.

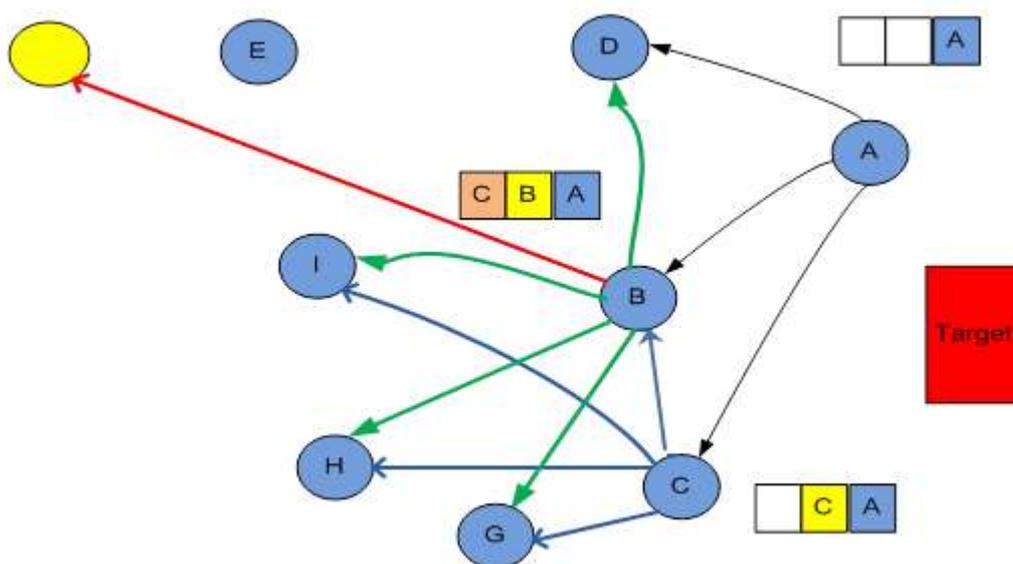
- إن هذه الرابطة سريعة التغير وتعتمد سرعة تغيرها على سرعة الهدف.

تتطلب عمليات الاختبار ما بين العقد تنظيم الحساسات وترتيب عملية الاختبار للوصول إلى الإشارة الأفضل الملتقطة من الحساسات ونظراً لأن مجموعة الحساسات الكاشفة للهدف متغيرة ولا تعرف بعضها بعضاً فيجب البحث عن آلية للاختبار تضمن السرعة في عملية الحصول على أفضل ثلاث قراءات ملتقطة من الهدف.

باعتبار أن الهدف يحمل مرسلاً لاسلكياً، فإن كل حساس يقع ضمن منطقة تغطية الهدف يلتقط الإشارة بشدة مختلفة، وهي تتناسب عكساً مع بعد الهدف عن الحساس ومع الظروف المحيطة. تنص الخوارزمية المقترحة على قيام كل عقدة متحسسة للهدف بالانتظار مدة زمنية تابعة لشدة الإشارة المستقبلية ومنتاسبة عكساً معها، من ثم تبدأ بإرسال قراءتها عن موقع الهدف، لتدخل بقية العقد في حالة انتظار، معنونةً إرسالها بمعرف الهدف.

بهذه الطريقة نضمن أن أول حساس سوف يرسل الإشارة هو صاحب الإشارة المستقبلية الأقوى. وكما ذكرنا سابقاً نحتاج إلى ثلاث حساسات حتى نستطيع تحديد موقع الهدف جغرافياً، لذا تنتظر باقي العقد نفس الزمن الخاص بها لتعاود الإرسال مرة أخرى بعد فترات زمنية متناسبة مع شدة الإشارة المستقبلية فيها، وهكذا حتى استكمال المعلومات اللازمة لتحديد موقع الهدف.

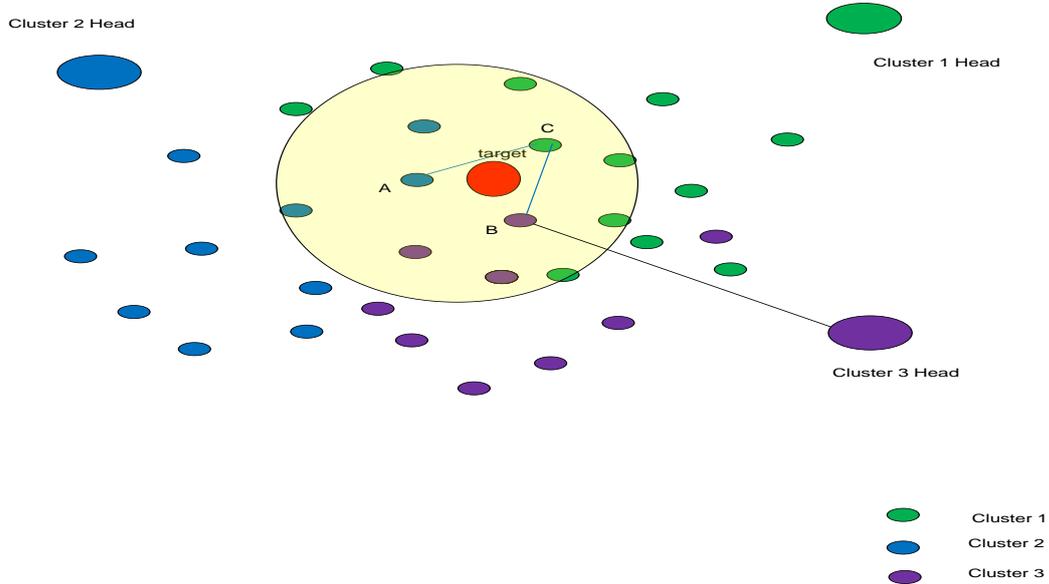
Cluster Head



الشكل (3) طريقة جمع معلومات الهدف وفق الطريقة المقترحة

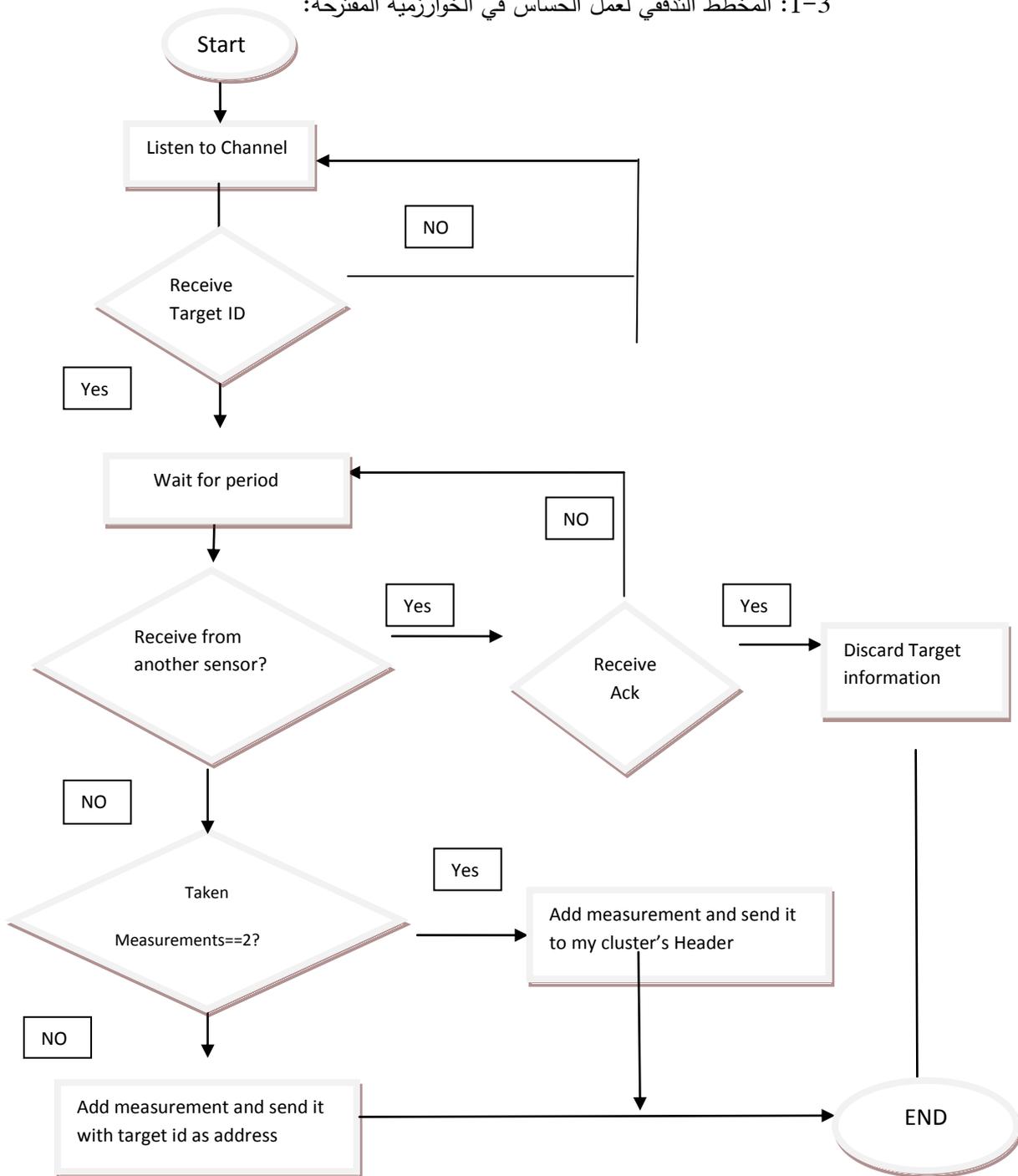
- يبين الشكل (3) خطوات جمع معلومات موقع الهدف وفق خوارزمتنا المقترحة وذلك وفق الخطوات الآتية:
- في اللحظة المبينة من حركة الهدف، تم كشفه من قبل الحساسات A, B, C, D, G, H, I, E. وإذا تتبعنا المسافات ما بين الحساسات مع افتراض أن البيئة خالية من العوائق، نلاحظ أن الحساس A هو أقرب حساس للهدف، لذا تكون شدة الإشارة المستقبلية فيه أقوى من مثيلاتها في الحساسات الباقية.
 - تنتظر العقدة A أقل زمن مقارنةً مع مثيلاتها الكاشفة للهدف، ومن ثم ترسل قراءتها ضمن إطار مصحوباً بمعرف الهدف.
 - بعد ذلك يصل الإطار إلى العقد الأخرى منها ما يكشف الهدف ومنها عقد لا تكشفه لذلك تقوم بإهمال الإطار المستقبل. أما العقد التي تكشف الهدف فتنتظر نفس الزمن الذي انتظرت في الخطوة الأولى لتعيد محاولة الإرسال، ووفقاً للزمن المنتظر تكون العقدة صاحبة الإشارة الأقوى من بين العقد المتبقية هي أول من يرسل وهي هنا العقدة C، لذا تقوم بإضافة قراءتها عن الهدف للإطار المستقبل الذي يحوي معرف الهدف المُعقب، ومن ثم تقوم العقدة C بإرسال الإطار مرة أخرى.

- حيث تدخل الحساسات الكاشفة للهدف المتبقية بعد استقبالها للإطار الجديد طور الانتظار مرة أخرى حتى يتم الحصول على القراءة الثالثة المطلوبة من ثالث حساسات من حيث قوة الإشارة المستقبلية، وهو في الرسم التوضيحي الحساس B الذي يقوم بتوجيه الإطار بعد اكتمال المعلومات اللازمة لحساب موقع الهدف الى رأس العنقود التابع له والذي يقوم بتوجيه الإطار إلى العقدة المركزية ومن ثم تقوم هذه العقدة بحساب موقع الهدف.
 - كذلك يجب على الحساس الثالث الذي يضع آخر قراءة مطلوبة تنبيه بقية الحساسات بأن المعلومات المطلوبة لتحديد موقع الهدف قد اكتملت وبالتالي يمكنها إهمال المعلومات الموجودة لديها عن هذا الهدف والبدء بتحسس معلومات جديدة عن الهدف. يتم إعلام الحساسات الأخرى عن طريق ارسال رزمة إعلام لتخبرها بإتمام جمع المعلومات اللازمة لتحديد موقع الهدف.
- يبين الشكل (4) عملية جمع معلومات الهدف وفق الخوارزمية المقترحة، وبالمقارنة بينه وبين الشكل (2) نلاحظ التخفيض المتوقع في كمية البيانات المتبادلة ومساراتها لتحديد موقع الهدف، والذي سنبرهنه لاحقاً عند استعراض نتائج المحاكاة.



الشكل (4) آلية التوجيه وفق الخوارزمية المقترحة

1-3: المخطط التدفقي لعمل الحساس في الخوارزمية المقترحة:



الشكل (5) المخطط التدفقي لعمل الحساس في الخوارزمية المقترحة

3-2: حساب زمن انتظار العقدة:

إن الغاية من وضع زمن انتظار لتبدأ العقدة بالإرسال بعدها هو تحديد تسلسل للعقد في العمل لكي ترسل معلوماتها. ولكن من الأفضل أن يتم العمل على تقليل عمليات المقارنة والإرسال، ولذلك تم اختيار الزمن متناسباً عكساً مع شدة الإرسال للحصول على أقوى ثلاث إشارات مستقبلية في عمليات الإرسال الأولى، ونتج عن ذلك الاستغناء عن عمليات الإرسال من باقي العقد مما يعني تقليل عمليات المقارنة غير الضرورية والتي تشكل مصدر هدر للطاقة وتأخير في عمل الشبكة، أي أن الاستغناء عنها يعني توفيراً إضافياً في الطاقة وتحسيناً في أداء الشبكة. يعبر عن الزمن المنتظر من كل عقدة بالعلاقة:

$$(1) \quad |received\ power\ (db)|/100$$

مقدراً بالميكرو ثانية. نلاحظ أن الزمن الناتج من هذه العلاقة يتناسب عكساً مع شدة الإشارة المستقبلية ومن الطبيعي أن يكون الزمن الأقل هو الزمن المرتبط بشدة الإشارة المستقبلية الأعلى. عندما تصل إشارة الهدف إلى الحساسات فإن كل حساس ينتظر المدة الزمنية الناتجة من العلاقة السابقة لتقوم العقدة صاحبة الإشارة الأقوى بالإرسال. وعندما تبدأ الحساسات الأخرى بتحسس الوسط للإرسال تلاحظ انشغاله، وبعد استقبالها للرسالة المرسله من قبل الحساس الأول تعاود الانتظار بمقدار نفس الزمن الذي انتظرته في أول خطوة، ومن ثم تقوم بمعاودة المحاولة للإرسال لتتكرر الحالة الأولى، وهكذا حتى تجمع المعلومات المطلوبة. في الحالة المدروسة لدينا هدف متحرك يحمل مرسلأ لاسلكياً يشع باستطاعة قدرها 1 mW في وسط مثالي يعاني فقط من ضياعات المسار. على اعتبار أن الهوائيات المستخدمة في الهدف وفي الحساسات هي هوائيات أيزوتروبية ذات ربح قدره واحد، فإنه على بعد 10 متر من الهدف الذي يرسل باستطاعة قدرها 1 mW و تردد قدره 2.5 GHz، يمكن حساب الاستطاعة المستقبلية وفق العلاقة :

$$\log(4 * \pi * d / \lambda) \quad (2) \quad (dB) = P_{tx}(dB) + G_{tx}(dB) + G_{rx}(dB) - 20 P_{rx}$$

P_{rx} : الاستطاعة المستقبلية. P_{tx} : الاستطاعة المرسله. G_{tx} : ربح هوائي الإرسال. G_{rx} : ربح هوائي الاستقبال.

d : المسافة بين المرسل و المستقبل. λ : طول الموجة. $\pi = 3.14$.

لذا تكون الاستطاعة المستقبلية على بعد 10 متر = -58.4 dBm

وعلى بعد 1 متر تكون الاستطاعة المستقبلية = -38.4 dBm . الحساسات المستخدمة هي من نوع

MICAZ، والتي تتميز بحساسية تصل حتى -90 db أي أن الاستطاعة المستقبلية و التي يستطيع الحساس كشفها تتراوح ما بين -38.4dB و -90 dB .

لذا فإن العقدة التي تبعد مسافة 1 متر عن الهدف تنتظر قبل الإرسال مدة زمنية قدرها:

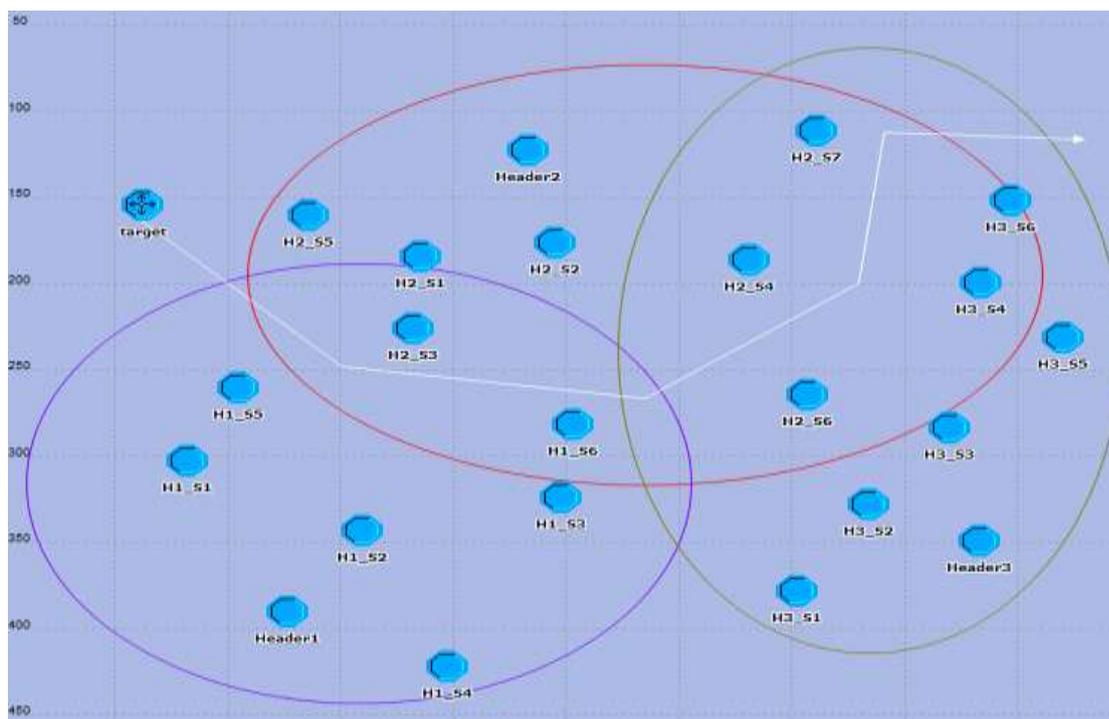
$$|38.4/10| = 0.38\mu s$$

ومن ثم تقوم بالإرسال. بينما تنتظر العقدة التي تبعد مسافة قدرها 10 متر مدة زمنية قدرها 0.58μs وهكذا تتكرر العملية إلى أن يتم جمع كل المعلومات المطلوبة من أجل حساب موقع الهدف بدقة.

4: محاكاة الخوارزمية المقترحة:

تم محاكاة الخوارزمية المقترحة باستخدام محاكي OPNET على حقل بأبعاد (500m*500m)، تحوي هذه المساحة على شبكة حساسات لاسلكية منشورة عشوائياً، وهذه الحساسات من نوع MICA 2-DOT يظهر من هذه

الشبكة ثلاثة عناقيد يتحرك الهدف ضمن المساحة المحصورة ما بينها وفق المسار المحدد بالشكل (6). وقد تم تطبيق هذه المحاكاة واستخراج النتائج في الفترة من تشرين الثاني عام 2013 وحتى كانون الأول 2014. من أجل تطبيق الخوارزمية المقترحة واختبار نتائجها ومدى فاعليتها تم تطبيق سيناريوهين: السيناريو الأول: يعتمد هذا السيناريو على مبدأ عمل العناقيد التي تعمل بشكل مستقل عن بعضها البعض (حالة بروتوكول LEACH)، ويتم جمع معلومات الهدف في كل عنقود بشكل مستقل عن الآخر.



الشكل (6) الشبكة المدروسة في محاكي OPNET

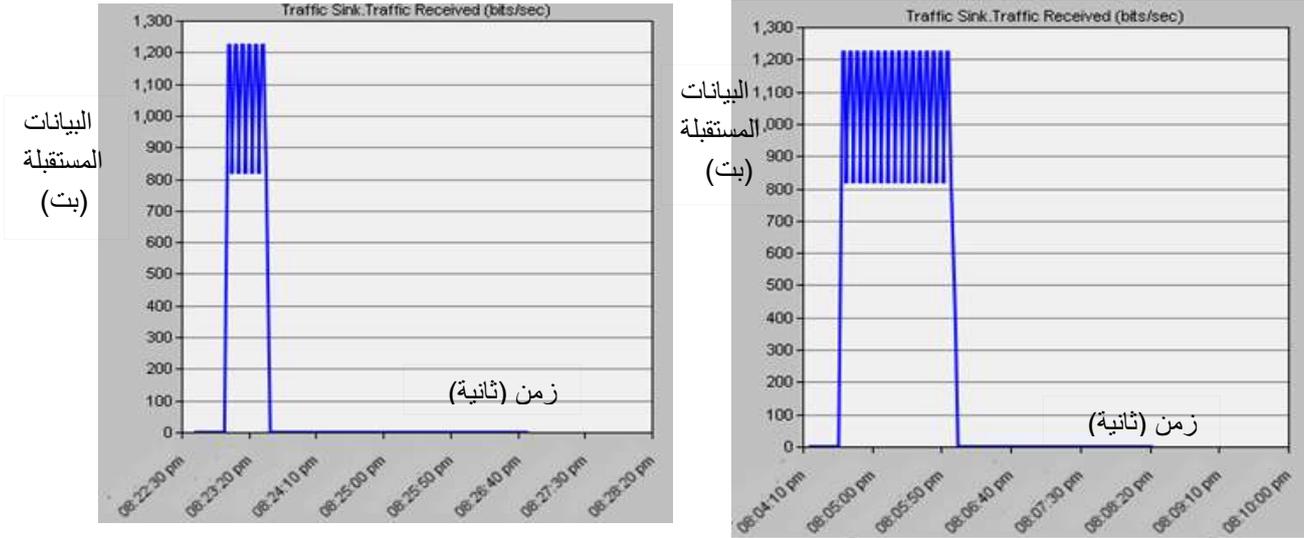
السيناريو الثاني: يشمل تطبيق الخوارزمية المقترحة حيث يحدث لدينا تناوب ما بين رؤوس العناقيد في جمع معلومات الهدف. ولدراسة تأثير الخوارزمية المقترحة ومدى تحسينها في أداء شبكة الحساسات اللاسلكية، تم اختيار مجموعة من الإحصائيات تعكس مدى جدوى الخوارزمية المقترحة في تخفيف الحمل المنقول في الشبكة. وبالتالي تحسين سرعتها وإطالة عمر الشبكة إضافة إلى تحسين جودة الإشارة الواصلة إلى رؤوس العناقيد من الحساسات التابعة لها وهذه الإحصائيات هي:

1. كمية البيانات المستقبلية في رؤوس العناقيد وتعكس مشغولية رأس العنقود، بمعنى آخر استهلاكه للطاقة.
 2. نسبة الإشارة إلى الضجيج في مستقبلات رؤوس العناقيد وهي من أهم عوامل جودة الإشارة ودقتها.
- تم اختيار هذه الإحصائيات في كل من رؤوس العناقيد الثلاث Header 1, Header 2, Header3. لسبب هام، هو أنه في شبكات الحساسات اللاسلكية المنشورة عشوائياً يتم تناوب دور رأس العنقود ما بين الحساسات التي تنتمي إلى هذا العنقود، حيث أنه أكثر الحساسات نشاطاً، أي هو أكثر الحساسات استهلاكاً للطاقة، لذا فإن التوفير في

استهلاك الطاقة في هذه العقد يعد تحسناً ملحوظاً في أداء هذه الشبكة وإطالة عمر الحساسات، كما أن تحسين جودة الإشارة الواصلة إلى رأس العقنود يمثل عاملاً جوهرياً في زيادة الدقة في تحديد موقع الهدف.

5: النتائج والمناقشة:

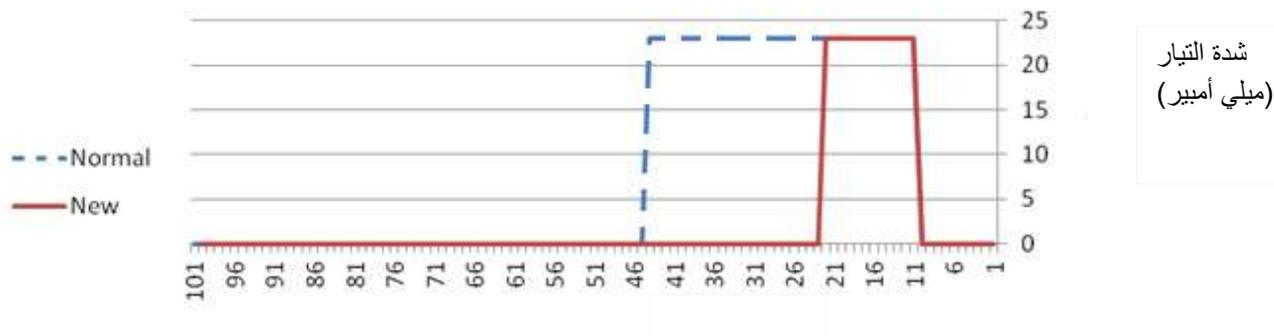
1-5: استهلاك الطاقة في رأس العقنود الأول: يبين الشكل (7) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقنود الأول وفقاً للطريقة التقليدية لعمل بروتوكول LEACH والمرسلة من الحساسات التي تنتمي لهذا العقنود، وهي معلومات موقع الهدف لدى مروره في منطقة تغطية العقنود الأول.



الشكل (7) كمية البيانات المستقبل في رأس العقنود الأول في حالة بروتوكول LEACH الشكل (8) في حالة تطبيق الخوارزمية المقترحة

بينما الشكل (8) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقنود الأول بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة، حيث نلاحظ تخفيضاً واضحاً في كمية البيانات المستقبلية في رأس العقنود مقارنة مع الشكل (7)، حيث يصبح رأس العقنود الثاني هو المسؤول فقط عن جمع معلومات الهدف في الفترة الزمنية التي يتوقف فيها رأس العقنود الأول عن جمع معلومات الهدف بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة، ولربط نتائج المحاكاة بالواقع قدر الإمكان نستفيد من المواصفات الفنية للحساسات المستخدمة في هذا البحث [14]، لذا ينتج لدينا المنحنى المبين في الشكل (9) والذي يمثل مقارنة ما بين استهلاك الطاقة في رأس العقنود الأول لدى جمعه معلومات الهدف في حالة بروتوكول LEACH وفي حالة خوارزمتنا الجديدة. حيث نلاحظ انخفاضها في الاستهلاك يصل إلى 64% بعد تطبيق خوارزمتنا المقترحة.

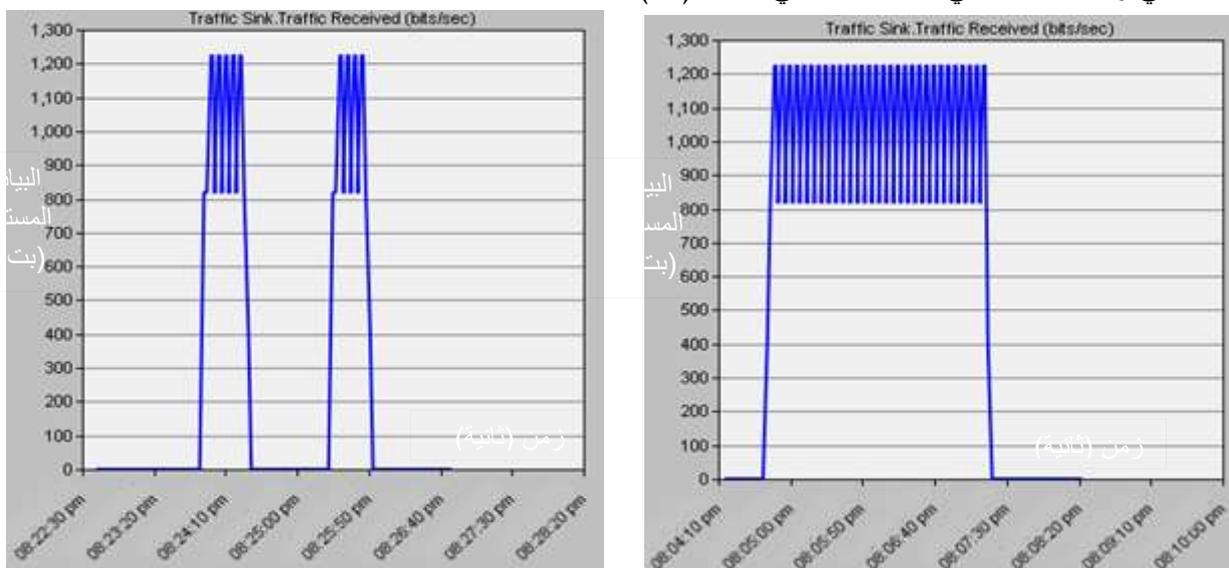
Header 1 Battery consumption



الشكل (9) مقارنة استهلاك الطاقة في رأس العقنود الأول بين بروتوكول (NORMAL) LEACH والخوارزمية المقترحة (NEW)

2-5: استهلاك الطاقة في رأس العقنود الثاني:

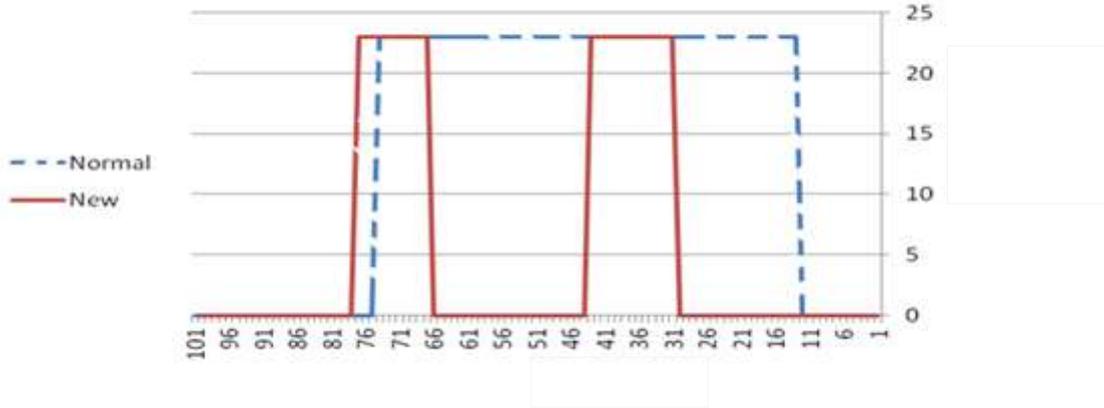
يبين الشكل (10) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقنود الثاني وفقاً للطريقة التقليدية لعمل بروتوكول LEACH والمرسلة من الحساسات التي تنتمي لهذه العقنود عند مرور الهدف في منطقة تغطية العقنود الثاني، ويبين الشكل (11) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقنود الثاني بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة، وبالمقارنة بينهما نلاحظ انقطاع في البيانات المستقبلية في رأس العقنود الثاني بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة، فخلال هذه الفترة يكون رأس العقنود الثالث هو المسؤول الوحيد عن تجميع معلومات الهدف كما يوضح الشكل (14)، مما يقلل من استهلاك الطاقة في رأس العقنود الثاني كما هو مبين في الشكل (12).



الشكل (10) البيانات المستقبلية في رأس العقنود الثاني في حالة بروتوكول LEACH الشكل (11) في حالة تطبيق الخوارزمية المقترحة

وبالرجوع لمواصفات الحساس [14] ينتج لدينا المنحني المبين في الشكل (12) والذي يمثل مقارنة ما بين استهلاك الطاقة في رأس العقنود الثاني لدى جمعه معلومات الهدف في حالة بروتوكول LEACH وحالة خوارزمتنا المقترحة. حيث نلاحظ انخفاضاً في الاستهلاك يصل إلى 61% بعد تطبيق خوارزمتنا المقترحة.

Header 2 Battery consumption

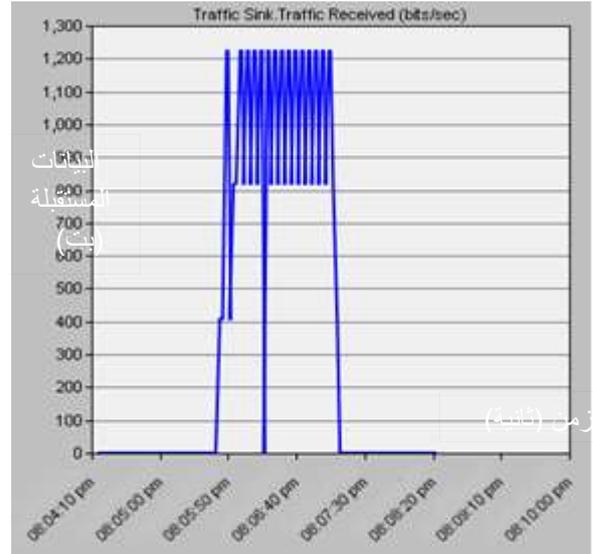
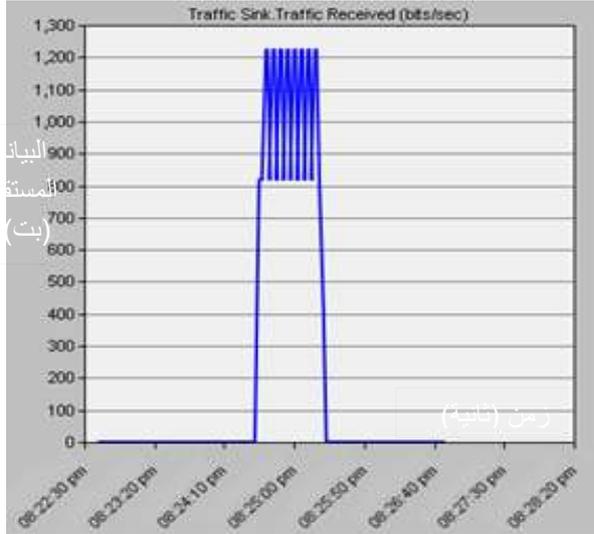


الشكل (12) مقارنة استهلاك الطاقة في رأس العقود الثاني بين بروتوكول LEACH (NORMAL) والخوارزمية المقترحة (NEW)

3-5: استهلاك الطاقة في رأس العقود الثالث:

يبين الشكل (13) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقود الثالث وفقاً للسيناريو الموضح سابقاً، ويبين الشكل

(14) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقود الثاني بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة.

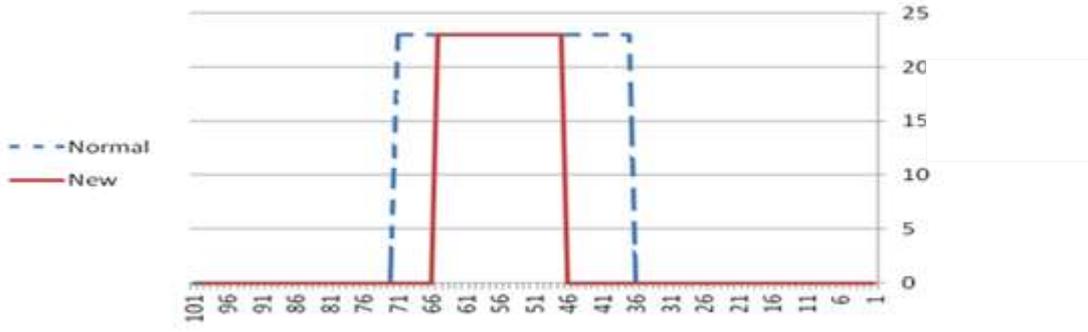


الشكل (13) كمية البيانات المستقبلية في رأس العقود الثاني في حالة بروتوكول LEACH (14) في حالة تطبيق الخوارزمية المقترحة

بالرجوع إلى [14] ينتج لدينا المنحني المبين في الشكل (15) وفقاً لما ذكر سابقاً. حيث نلاحظ انخفاضاً في

الاستهلاك يصل إلى 45% بعد تطبيق خوارزمتنا المقترحة.

Header 3 Battery consumption



الشكل (15) مقارنة استهلاك الطاقة في رأس العنقود الثالث بين بروتوكول LEACH (NORMAL) والخوارزمية المقترحة (NEW)

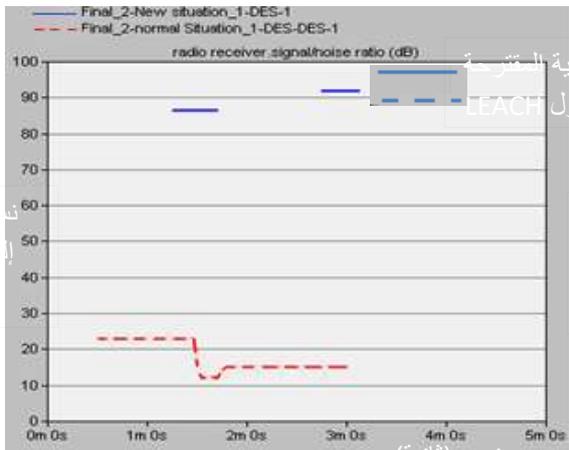
ويمكن اختصار النتائج السابقة بالجدول (1).

جدول (1) استهلاك الطاقة في رؤوس العناقيد الثلاثة وفق السيناريوهين المدروسين

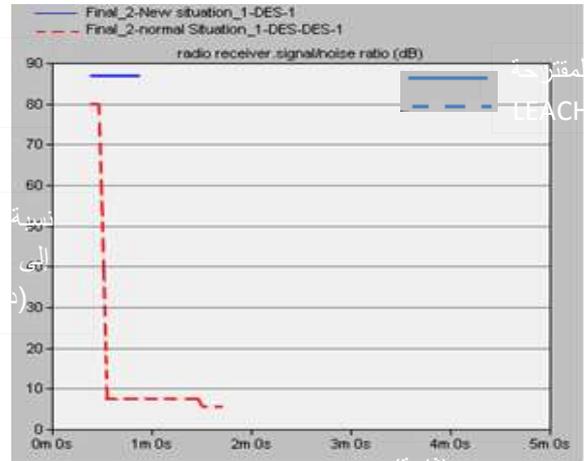
نسبة التوفير	الاستهلاك بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة (mA)	الاستهلاك في حالة بروتوكول LEACH (mA)	الحساس
64%	276	782	Header 1
61 %	552	1426	Header 2
45%	437	805	Header 3

4-5: نسبة الإشارة إلى الضجيج في مستقبلات رؤوس العقد:

تعد جودة الإشارة المستقبلية معياراً مهماً في تحديد مدى دقة معلومات الهدف، فعندما تصل إشارات ذات جودة منخفضة هذا يعني تعرضها للتشويش والضياع وبالتالي ينخفض مستوى الدقة في تحديد الهدف. أهم البارامترات التي تعكس مدى جودة الإشارة هي نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR، وتعد أهم العوامل المؤثرة في نسبة الخطأ BER، فمن أجل الحصول على دقة عالية في تحديد موقع الهدف يجب أن نحصل على نسبة SNR عالية.



الشكل (17) نسبة الإشارة إلى الضجيج في رأس العنقود الثاني



الشكل (16) نسبة الإشارة إلى الضجيج في رأس العنقود الأول

جدول (2) مقارنة نسبة الإشارة إلى الضجيج في رؤوس العناقيد الثلاث وفق السيناريوهين المدروسين

الحساس	SNR with LEACH(db)	SNR with new algorithm(db)
Header 1	80	86
Header 2	22	87
Header 3	23	87.4

كما وجدنا فإن المقارنات التي أجريناها بين الخوارزمية المقترحة وبين بروتوكول LEACH شملت معيارين أساسيين. الأول هو استهلاك الطاقة والآخر هو نسبة الإشارة إلى الضجيج في رؤوس العناقيد الثلاثة في الشبكة المدروسة. وهذان المعياران كما ذكرنا سابقاً يعدان من العوامل الجوهرية والأساسية في فعالية أداء شبكات التعقب. ففي المقارنة الأولى بالنسبة لاستهلاك الطاقة فإننا نلاحظ التحسن الواضح في توفير الطاقة بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة وذلك بسبب التناوب ما بين رؤوس العناقيد في تجميع معلومات الهدف، أي أنه في كل لحظة لدينا رأس عنقود واحد وواحد فقط يجمع معلومات الهدف أما باقي الرؤوس فلا تجمع أي معلومات. هذا ما يفسر لنا التوفير في الاستهلاك في تلك الرؤوس وهذا أحد الأهداف المرجوة من هذا البحث والتي تم تحقيقها. أما مجال المقارنة الثاني وهو نسبة الإشارة إلى الضجيج فيلاحظ التحسن الكبير أيضاً في هذه النسبة مقارنة مع الحالة التقليدية لعمل بروتوكول LEACH. يعود السبب الرئيسي لهذا التحسن إلى عدم حصول أي تشويش من العناقيد المجاورة وذلك لأنها لا تعمل بنفس اللحظة. وهذه النسبة العالية لنسبة الإشارة إلى الضجيج تعد المفتاح الرئيسي من أجل الحصول على إشارة أكثر دقة لموقع الهدف، إضافة إلى التقليل من عمليات المعالجة اللازمة للحصول على الإشارة المفيدة من الإشارة الواصلة مما ينعكس إيجاباً على استهلاك الطاقة في الحساسات ويزيد من سرعة عمل الشبكة وهو ما يلاقي الأهداف التي نريدها من هذه الدراسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

كما ذكرنا سابقاً فإن هذه الخوارزمية المقترحة تستهدف شبكات الحساسات اللاسلكية ذات الحساسات الثابتة والمنشورة عشوائياً في منطقة غابات يصعب الوصول إليها من أجل تعقب حيوان يحمل مرسلًا لاسلكياً. فضمن هذه المواصفات لشبكتنا وضمن التطبيق المستهدف وبناءً على النتائج التي حصلنا عليها نجد ما يلي:

- إن تحقيق تفاعل ما بين الحساسات التي تنتمي إلى عناقيد مختلفة وفق الخوارزمية المقترحة يساعد في الحصول على نسبة إشارة إلى الضجيج مرتفعة، مما يعني إشارة أكثر دقة عن الهدف وشبكة أكثر سرعة نتيجة التقليل من عمليات المعالجة للوصول إلى الإشارة المفيدة.
- إن تحقيق تفاعل ما بين الحساسات التي تنتمي إلى عناقيد مختلفة يؤدي إلى التخلص من المسارات المتعددة لنفس المعلومة، مما يعني تخفيضاً في مشغولية الشبكة وتوفيراً في استهلاك الطاقة.
- لكل نوع من أنواع شبكات الحساسات اللاسلكية اعتبارات خاصة نتيجة طبيعة النشر وطبيعة حركة الحساسات والاقتراح الذي تم في هذا البحث يستهدف مجال شبكات الحساسات اللاسلكية الثابتة المنشورة عشوائياً، ولكن ينصح تطبيقه في أي نوع من شبكات الحساسات اللاسلكية المختصة في تعقب الأهداف.
- يمكن استخدام الخوارزمية المطروحة في تطبيقات عديدة منها الشبكات التي تقدم الخدمات اعتماداً على الموقع (Location Based Service).

○ ينصح باستخدام الخوارزمية المقترحة في التطبيقات التي تشهد نشاطاً كبيراً للهدف مثل تعقب الحيوانات البرية لما تنجزه من توفير في استهلاك الطاقة.

○ ينصح بتطبيق الخوارزمية المقترحة في التطبيقات التي تتطلب أكبر دقة ممكنة في تعقب الهدف مثل مراقبة الأطفال لأنها تضمن الحصول على أفضل ثلاث قراءات من الحساسات الكاشفة للهدف.

المراجع:

- [1] CALLAWAY, E.H . *Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols* ,CRC Press,USA 2004, 360.
- [2] SOHRABY,B; MINOLI, D; ZNATI, T. *WIRELESS SENSOR NETWORKS Technology, Protocols, and Applications* , John Wiley & Sons, USA, 2007, 328.
- [3]PARK, C; LAHIRI, K; RAGHUNATHAN, A. *Battery Discharge Characteristics of Wireless Sensor Nodes: An Experimental Analysis*, . In: *IEEE Conf. on Sensor and Ad-hoc Communications and Networks (SECON)*. (2005)
- [4]H.-W. Tsai, C.-P. Chu and T.-S. Chen, “Mobile Object Tracking In Wireless Sensor Networks “, *Computer Communications*, vol. 30, no. 8, pp. 1811–1825, 2007
- [5] Martinez, J; Gonzalez, A. *Localization and Tracking Using Camera-Based Wireless Sensor Networks, Sensors*, Vol. 11, pp. 6328-6353, 2011
- [6]F.Viani , L.Lizzi , P.Rocca , M.Benedetti , M.Donelliand. *Object tracking through RSSI measurements in wireless sensor networks*, *IET, Electronics Letters* (Volume: 44 , Issue:10) 2008.
- [7]PENG, R; SICHITIU ,M.L .*Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Network, Sensor and Ad Hoc Communications and Networks*, 2006. *SECON '06*. 2006 3rd Annual IEEE Communications Society on.
- [8]Zhaounia,M; Adnan,A; and Bouallegue,R . *Hybrid TOA/AOA Approximate Maximum Likelihood journal of Electrical and computer Engineering*, Volume 2010 (2010), Article ID 942657.
- [9]Daomin Yuan ; Yinghui Zhao, “Towards Clustering Algorithms in Wireless Sensor Networks-A Survey”, *In proceedings of IEEE international conference on Wireless Communications and Networking*, 2009.
- [10]Heinzelman,W; Chandrakasan,A; Balakrishnan,H. *Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks*, *IEEE System Sciences, Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference*, 2000.
- [11]Loscri,V; Morabito,G; Marano,S. *A Two-Levels Hierarchy for Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (TL-LEACH)*, *Vehicular Technology Conference*, 2005. *VTC-2005-Fall*. 2005 IEEE 62nd.
- [12]Hong,J; Kook,J; Lee,S; Kwon,D; Yi,S. *T-LEACH: The method of threshold-based cluster head replacement for wireless sensor networks*, *Information Systems Frontiers*, *Information Systems Frontiers*, November 2009, Volume 11.
- [13]BANI YASSEIN, M; AL-ZOU'BI, A; KHAMAYSEH, Y; Mardini, W. *Improvement on LEACH Protocol of Wireless Sensor Network (VLEACH)* *international Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 2009.
- [14]Mica 2-dot datasheet.