مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(2) 2021
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (2) 2021

اقتراح آليّة لتوجيه البيانات بين عقد الحساسات اللاسلكية لإطالة عمر شبكات الحساسات اللاسلكية

*د. لبنى علي
**د. ميرنا درغام
*** نور سليمان

(تاريخ الإيداع 9 /8 /2020 . قُبِل للنشر في 9 /2 /2021)

□ ملخّص □

تلعب شبكات الحساسات اللاسلكية دوراً هاماً في كافة مجالات الحياة مثل المجال الطبي و المجال العسكري و المجال الاقتصادي و غيرها من المجالات نظراً لسهولة توزعها في منطقة البحث و تكلفتها المنخفضة مقارنةً بالشبكات الأخرى و لكن محدودية مصادر الطاقة لعقد الحساسات تُقصّر من عمر الشبكة و بالتالي تحدّ من استخدامها في بعض المجالات الحسّاسة [1] .

لذلك يهدف هذا البحث إلى إطالة عمر شبكات الحسّاسات اللاسلكية و ذلك بتحسين آلية توجيه البيانات بين المصدر و الهدف بشكل يضمن إرسال البيانات بأقل طاقة ممكنة و ذلك بعد تقسيم الشبكة إلى عناقيد لسهولة التحكم في الشبكة .

تمكنّا بعد تطبيق آلية التوجيه المُقتَرَحة من تخفيض استهلاك الطاقة في عقد الحساسات و نقل البيانات بتأخير قدره 0.055 ms و معدل استهلاك طاقة أقل(إذ تكون مدة حياة الشبكة أطول مما كانت عليه) مقارنة بخوارزميات أخرى مثل بروتوكول LEACH و ZRP و PEGASIS غيرها من بروتوكولات التوجيه التي تهدف إلى تخفيض استهلاك طاقة العقد [2 ، 3].

الكلمات المفتاحية: بروتوكولات مُقادة بالجدول ، بروتوكولات مُقادة بالجدول عن الطلب، بروتوكولات هجينة، بروتوكولات تعتمد على العنقدة (العناقيد)، بروتوكول التوجيه الذي يعتمد على المصب المتحرك.

*أستاذ مساعد في قسم تكنولوجيا المعلومات –كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات –جامعة طرطوس – طرطوس–سوريا.
**مدرس في قسم تكنولوجيا المعلومات–كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات–جامعة طرطوس–طرطوس–سوريا
*** طالبة ماجستير في قسم تكنولوجيا المعلومات–كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات–جامعة طرطوس–طرطوس–سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(2) 2021
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (2) 2021

Proposing a technique for routing data between wireless sensor nodes for increasing the life time of Wireless sensor networks

Dr. Lubna Ali*
Dr. Merna Durgham **
Nour Suliman ***

(Received 9/ 8/ 2020 . Accepted 9 / 2/ 2021)

□ ABSTRACT □

Wireless Sensor Networks has an important role in all fields in the life such as military field , medical field , the economy field and the other fields because it is easy to distribute the sensors in the search area as well as the low cost of these networks compared to other networks. But the limited energy resource of wireless sensor nodes shortens the life time of these networks and limits their use in some sensitive fields [1].Therefore, this research aims to extend the life of wireless sensor networks by improving the mechanism of data routing between the source and the target in a way that ensures the transmission of data with the lowest possible energy, after dividing the network into clusters for easy network control .After applying the proposed guidance mechanism, we managed to reduce the energy consumption in the sensor contract and transfer data with a delay of 0.05 ms and low energy consumption average (The life time of the network is longer than it was) compared with other algorithms such as LEACH, ZRP protocol and the other of routing protocols that aim to reduce the consumption of nodes energy [3 ، 2].

Keywords: table-driven protocols, on-demand table protocols, Hybrid protocols, Mobile Sink- Based routing protocol.

* Associate Professor _IT department_college of information and communication Tecnology _ Tartous University .
**Assistant Professor _IT department_college of information and communication Tecnology _ Tartous University .
*** Postgraduate Student _IT department_college of information and communication Tecnology _ Tartous University .

1-المقدمة:

تعتبر شبكات الAdHoc من أكثر الشبكات انتشاراً في كافة المجالات و خاصّةً في التطبيقات العسكرية و في الأماكن التي انهارت فيها البنية التّحتيّة إمّا نتيجة الحروب أو الزّلازل أو الفيضانات أو غيرها من الكوارث ، نظراً لأن هذه الشّبكات تتشكل دون الحاجة إلى بنية تحتية أو تنظيم مسبق إذ تعني كلمة Ad hoc أنه يمكن للأجهزة أن تنشئ اتصال في أي وقت و في أي مكان دون أن تحتاج إلى بنية تحتية مركزية [4] .

تقسم شبكات الـ AD-Hoc إلى [1 ، 4]:

- ✓ Mobile Adhoc Network (MANET) (الشبكات المتحركة ذات التنظيم الذاتي)
- ✓ Vehicle Adhoc Network (VANET) (شبكات المركبات ذات التنظيم الذاتي)
- ✓ Wireless Sensor Network (WSN) (شبكات الحساسات اللاسلكية)
- ✓ Wireless Mesh Network (WMN) (الشبكات اللاسلكية ذات الطوبولوجيا الشبكية)

يعتمد هذا البحث على تطبيق الآلية المقترحة على النّوع الثّالث من شبكات الـ Adhoc هو WSN .

تُعاني شبكات الحساسات اللاسلكية من نفاذ طاقة عقد الحساسات في وقت قصير ممّا يؤدّي إلى موت الشبكة (موت الشبكة يعني فقدان التواصل بين العقد في الشبكة و ذلك بسبب نفاذ طاقة عقدة أو عدة عقد في الشبكة بالتالي فقدان البيانات التي تجمعها تلك العقد فلا تستطيع الشبكة القيام بالمهام و نقل البيانات المطلوب استشعارها).

و كما نعلم أن الوسائط المتعددة ذات أهمية كبيرة في كافة التطبيقات فقد أصبحت جزءاً من حياتنا اليومية و إنّ استخدامها يزدهر يوماً بعد يوم .إلا أنّ شبكات الحسّاسات اللاسلكية تعاني من عدّة عوائق في نقل الوسائط المتعدّدة لأنّ الوسائط المتعدّدة تستهلك عرض حزمة كبير و تستنزف طاقة العقد نظراً لحجمها الكبير فهي تحتاج طاقة عالية للإرسال ، كما أنّ طرائق تقليل حجم الوسائط المتعددة مثل الضغط يُقلّل دقّة المعلومة و أحياناً يؤدّي إلى حذف الأجزاء الهامّة من البيانات المنقولة كما يُسبّب تأخيراً لدى المرسل و المستقبل نظراً للقيام بعمليات التشفير و فك التشفير للبيانات [3].

لذلك تتركّز معظم الدّراسات في مجال WSN حول موضوع تخفيض استهلاك الطاقة في عقد الحسّاسات اللاسلكية.

تَنقسم الدّراسات المرجعية حول موضوع تخفيض طاقة عقد الحسّاسات الّلاسلكية إلى ثلاثة أقسام:

- ✓ Table-driven protocols (البروتوكولات المقادة بجدول التوجيه)
- ✓ On demand-driven protocols (البروتوكولات المقادة بالطلب)
- ✓ Hybrid protocols (البروتوكولات الهجينة)

في النوع الأول تحتفظ كل عقدة بجدول (يسمَى جدول توجيه العقدة) يحتوي هذا الجدول كافة العقد الموجودة في الشبكة و المسارات التي تصل هذه العقدة بتلك العقد [1]، يُشكَّل هذا الجدول بعد توضّع العقد في منطقة البحث مباشرةً . هذا النوع مناسب للشبكات صغيرة الحجم (ذات عدد عقد صغير) لأن تشكيل الجدول لدى كل عقدة يستنزف من طاقتها نظراً لتبادل رسائل (تحتوي معلومات موقع العقد) من أجل تشكيل المسار فكلّما زاد عدد العقد سيزداد استهلاك الطاقة[5] أي هذا النوع مناسب للشبكات صغيرة الحجم و ذات الديناميكية (تغيرات في طوبولوجيا الشبكة) الأقل .

في النّوع الثاني لا يُشكَّل جدول بشكل مسبق لدى كل عقدة [4، 6 ،7]. ففي هذا النّوع ترسل كل عقدة رسالة طلب مسار (طلب تشكيل مسار) إلى العقدة الهدف عند حاجتها إلى ذلك . نظرًا لأن حركة المرور في الوقت الفعلي تتطلب مزيدًا من الاهتمام ، تُمنَح الأولوية على حركة المرور في الوقت الحقيقي [8] .

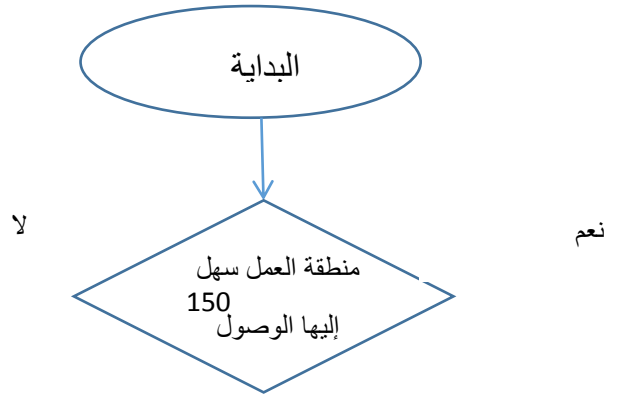
هذا النّوع مناسب للشّبكات الكبيرة الحجم و لكنّه غير مُناسب للشّبكات ذات الدّيناميكية العالية لأنّه في هذه الشبكات ذات الديناميكية العالية تتغير الطوبولوجيا بشكل مستمرّ، فعند كل تغيير سترسل العقد طلب مسار و بالتالي سيتم استهلاك زائد لطاقة العقد[4].

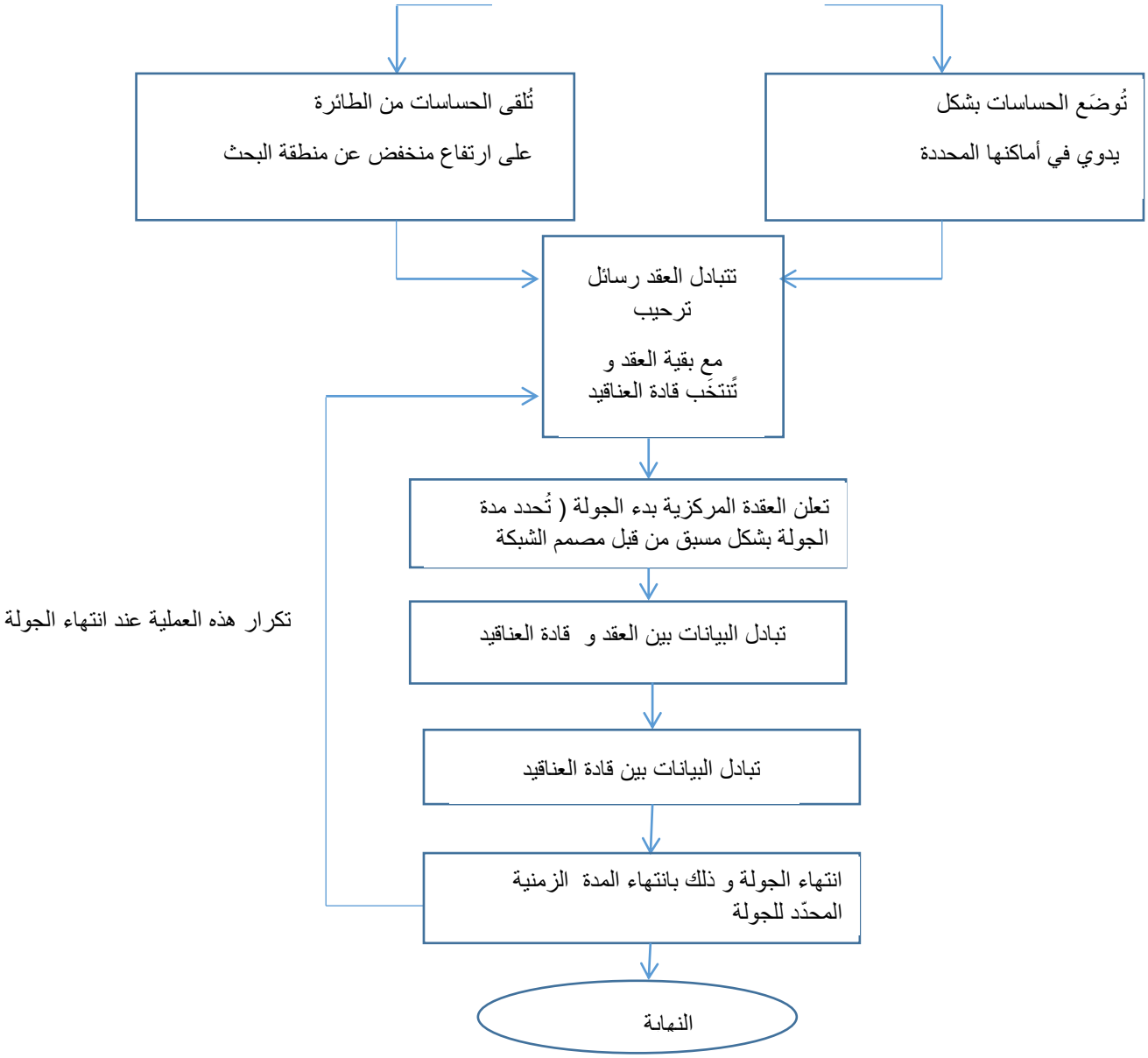
أمّا النّوع الثالث الهجين فهو يجمع بين النّوعين السابقين المُقاد بالجدول و عند الطلب إذ أنه يجمع بين مميزات النوعين السابقين فلكل عقدة منطقة خاصة بها[5] ، فكما ورد في المرجع [5] إن قطر هذه المنطقة يُحدَّد من قِبل مصمّم الشبكة إذ أنه داخل هذه المنطقة يتم العمل و فق النوع الأول (المقاد بالجدول) و خارج هذه المنطقة يتم العمل وفق النّوع الثاني (عند الطلب) . هذا النوع غير مناسب للشبكات صغيرة الحجم ففي أغلب الأحيان يكون قطر منطقة العقدة أكبر أو يساوي قطر الشبكة فيؤول العمل عندئذ إلى العمل وفق النوع الأوّل من البروتوكولات ، و أيضاً غير مُناسب للشّبكات كبيرة الحجم ففي أغلب الأحيان يكون قطر منطقة العقدة صغير جدّاً بالنسبة إلى قطر الشّبكة فيؤول العمل عندئذٍ إلى العمل وفق النّوع الثاني من البروتوكولات [2].

وجدنا أنّ التصنيفات الثلاثة السابقة للبروتوكولات تكون مناسبة لشبكات ذات أحجام معينة و كثافة عقد معيّنة . لذلك ظهرت دراسات أخرى في هذا المجال تعتمد على التصنيف (clustering)[4] .

إنّ أحد أهم هذه الدراسات هو بروتوكول LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

نعتمد في هذا البحث على مبدأ بروتوكول LEACH في تقسيم الشبكة إلى عناقيد[4] . إذ أنّ تقسيم الشبكة إلى عناقيد يُسهّل على الشبكة و التحكم بالشبكة مهما كانت كثافتها ففي حال كانت الشبكة ذات كثافة عقد كبيرة فتقسيمها إلى مناطق يجعل كل منطقة ذات عدد عقد أقل .آلية عمل هذا البروتوكول يوضحها الشكل التالي[3]:





الشكل (1) خوارزمية عمل بروتوكول LEACH

كما لاحظنا من الشكل (1) ينقسم عمل بروتوكول LEACH إلى مرحلتين :

✓ **مرحلة تشكيل العناقيد** : يُحدَّد عدد العناقيد المطلوب من قِبل مصمّم الشبكة ، تُرسِل كلّ العقد في الشّبكة رسالة تُعبّر عن مخزونها من الطاقة إلى العقدة المركزية(sink node) في الشّبكة فتُختار العقد ذات مستوى الطاقة الأعلى لتكون قادة عناقيد . و تنضمّ بقية العقد إلى العناقيد التي يكون مستوى طاقتها قريب من مستوى طاقة قائد العنقود. كما أنّ مهمّة قادة العناقيد دوّارة بين العقد فلا تبقى العقدة قائد للعنقود طيلة مدّة عمل الشبكة لأنّ ذلك يجعلها تستنفذ طاقتها لذلك يُعاد تشكيل العناقيد خلال فترات دوريّة تُحَدَّد مدة تلك الفترات من قبل مصمّم الشّبكة أيضا .

ملاحظة: عدد العناقيد و مدة كل فترة (جولة) تُحَدَّد بشكل مسبق (أي قبل البدء في تشكيل الشبكة).

✓ **مرحلة تبادل البيانات** : تَتبادل البيانات وفق حالتين :

• **Intra-cluster (داخل العنقود):** تشملّ تبادل البيانات ضمن العنقود نفسه بين العقد الموجودة ضمن العنقود مع قائد العنقود فقط

• **Inter-cluster (بين العناقيد):** إنّ تبادل البيانات بين العناقيد يكون بين رؤساء العناقيد فقط يُقدّم بروتوكول LEACH تحسيناً بارزاً في تخفيض استهلاك طاقة العقد نظراً لوجود هرمية في العمل إذ يكون العبء الأكبر في تبادل البيانات على قادة العناقيد و تدوير مهمّة قادة العناقيد بين العقد في الّشبكة يخفّض من استهلاك طاقة هذه العقد.

تعتمد دراستنا على مبادئ عمل بروتوكول LEACH في تقسيم الشبكة إلى عناقيد وفق مستويات الطاقة الأعلى، و لكن في بحثنا يكون تبادل البيانات ضمن العناقيد و خارجها وفق طريقة Mobile Sink- Based routing protocol. إذ يقترب قائد العنقود أثناء الجولة ضمن العنقود من عقد الحساسات لجمع البيانات من تلك العقد. السماح بضبط عملية مراقبة البنية التحتية بكفاءة. و لدعم نظام المراقبة التكيفي ، استخدمنا (Mobile Agent)، توفر هذه التقنية إمكانات كبيرة مثل زيادة المرونة والمراقبة الموزعة [9].

2-أهمية البحث وأهدافه:

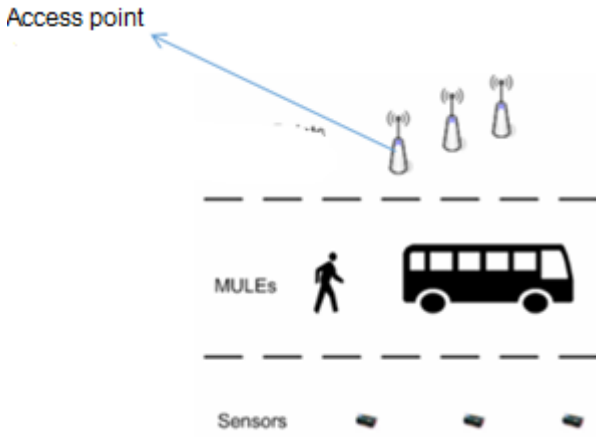
نظراً لأهمية شبكة الحساسات اللاسلكية و استخدامها في كافة المجالات ، يهدف هذا البحث إلى إطالة عمر شبكة الحسّاسات اللاسلكية إلى أكبر قدر ممكن و ذلك للاستفادة منها في كافة التطبيقات نظراً لأن مصدر الطاقة في الحساسات (البطارية) صغير الحجم ، هذه البطاريات صغيرة إلى حد ما إذ إن زيادة تصغير المكونات الإلكترونية يزيد بشكل كبير من حساسية الدارات المتكاملة للأعطال العابرة[10] ، و أهمها المجال العسكري و خاصة بعد الحرب المريرة التي عانى منها بلدنا و فقد فيها الكثير من البنى التحتية فإنّ هذا البحث يهدف إلى استخدام شبكات الحساسات لمراقبة منطقة عسكرية نظراً لكلفتها المنخفضة و سهولة تشكيلها و لنتمكن من الاستفادة منها في نقل كافة البيانات و منها الوسائط المتعدّدة .

3-طرائق البحث ومواده:

نعتمد في هذا البحث على التصنيف فيكون لدينا تسلسل هرمي للعقد في الشبكة على النحو الآتي:

1) Access-point
2) mules
3) Sensors

يوضح الشكل التالي هذه الهرمية



الشكل (2) المستويات الهرمية لعقد الحساسات اللاسلكية[11]

يوضح الشكل (2) أنواع عقد الحساسات اللاسلكية التي تحتويها شبكة الحساسات اللاسلكية و المستوى الهرمي الذي يتواجد فيه كل نوع من عقد الحساسات اللاسلكية.

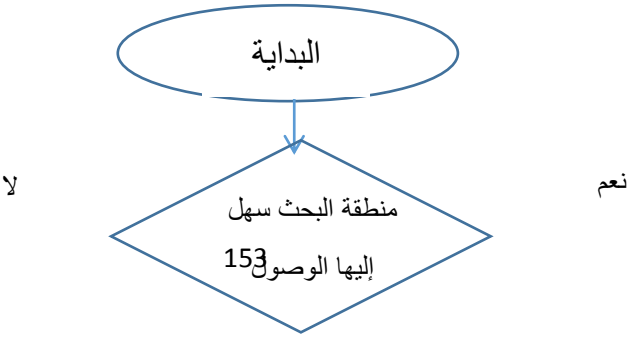
إن الـ Access Point هي ذات المستوى الهرمي الأعلى إذ تملك أعلى مستوى طاقة بين كافة العقد ففي نهاية كل فترة زمنية تتجوّل في الشبكة للمرور على كافة قادة العناقيد لجمع البيانات منها ففي نهاية الجولة تكون قد جمّعت معلومات عن كافة الشبكة.

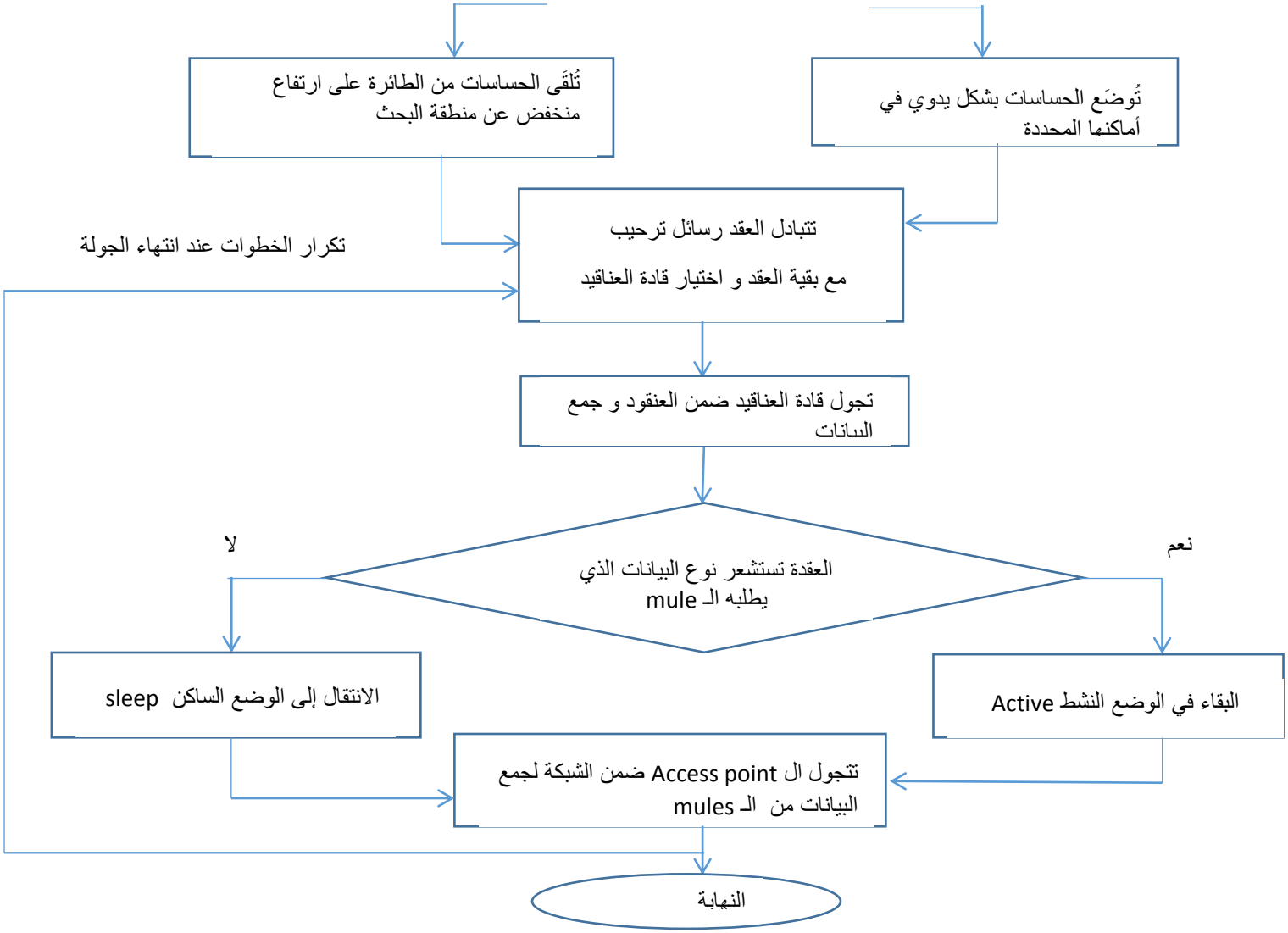
الـ Mules هو المستوي الهرمي الثاني بعد نقطة الوصول يمتلك طاقة أقل من طاقة نقطة الوصول المتحركة و أعلى من طاقة العقد البقية المتواجدة ضمن العنقود فهو في بحثنا يمثل قائد العنقود إذ يقوم في كل جولة بالمرور على كافة العقد ضمن العنقود ليجمع البيانات التي قامت تلك العقد باستشعارها[11].

أما المستوي الهرمي الأدنى و هو عقد الحساسات اللاسلكية (sensors) التي تقوم باستشعار البيانات خلال الجولات[11].

إن كافة العقد في الشبكة تحتوي على وحدة الحركة (لأنه في كل جولة يتم اختيار قائد عنقود و قائد العنقود هو حساس سيقوم بالحركة ، فالعقد التي يتم انتخابها كقائد عنقود تُشغّل وحدة الحركة أما بقية العقد لا تشغّلها) فأثناء انتخاب قادة العناقيد تقوم نقطة الوصول و عقد الحساسات المتبقية بإيقاف هذه الوحدة لتبقى ساكنة في أماكنها لتقوم فقط باستشعار البيانات لأن قائد العنقود هو فقط من يتحرّك أثناء الجولة ضمن العنقود و في نهاية الجولة يقوم قائد العنقود بإيقاف هذا الوحدة بينما نقطة الوصول تشغلّها لتتمكن من المرور على قادة العناقيد لجمع البيانات [11].

يوجد لدينا إذاً ثلاث مراحل للعمل يوضحها الشكل التالي





الشكل (3) الخوارزمية المقترحة في البحث

1-المرحلة الأولى : تتضمن تبادل رسائل بين العقد و نقطة الوصول الأساسية (محتوى هذه الرسائل هو مستوى الطاقة الذي تملكه كل عقدة) و بعد انتهاء تبادل الرسائل تقوم نقطة الوصول (access point) باختيار العقد ذات مستوى الطاقة الأعلى لتكون هذه العقد هي قادة العناقيد.

2-المرحلة الثانية: تتضمَّن هذه المرحلة تشكيل العناقيد ، ففي هذه المرحلة تُقارِن كلّ عقدة سويتها الطاقية مع سويات الطاقة لرؤساء العناقيد التي تمَّ اختيارها في المرحلة الأولى ، فتنضمّ العقدة للعنقود الذي فرق مستوى الطاقة بينها و بين القائد لهذا العنقود أقل ، و بعد تشكّل العناقيد تُعلِن نقطة الوصول عن بدء الجولة إذ يُرسل كل قائد عنقود رسائل إلى العقد التي تنتمي إليه ، تحتوي هذه الرسائل الـ id لجميع العقد الموجودة ضمن العنقود ، و بعد استلام العقد هذه الرسالة تقوم بإرسال رسالة تأكيد إلى قائد العنقود ، و بعد

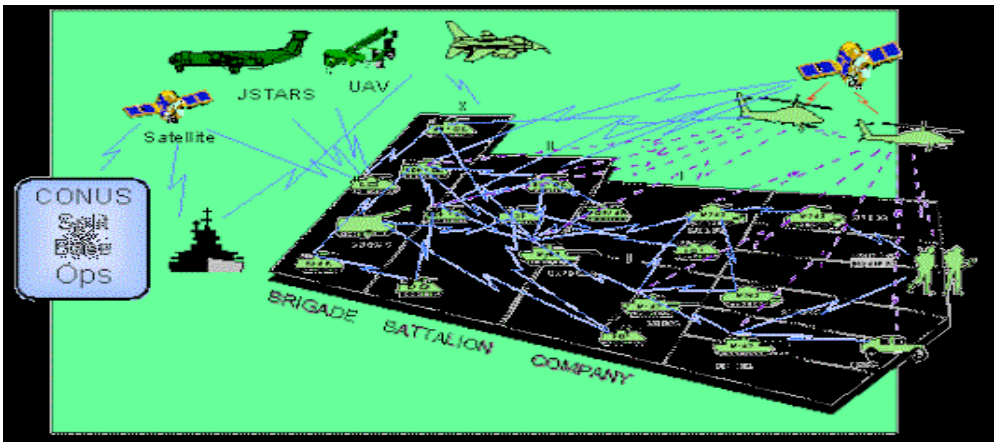
استلام قائد العنقود رسالة تأكيد من كافة العقد يتجوّل ضمن العنقود للاقتراب من كافّة العقد ضمن العنقود ليجمع البيانات التي قامت هذه العقد باستشعارها.

و في نهاية كل جولة يعود كل mule إلى موقعه الأولي لكي تبدأ الجولة الثالثة بعد ذلك.

مدّة الجولة 15 ثانية في هذا البحث [2]، تم اختيارها بشكل وسطي استناداً إلى دراسات سابقة (بروتوكول LEACH).

3-المرحلة الثالثة: تمرّ نقطة الوصول على كافة قادة العناقيد لتجميع البيانات منها.

نُفّذت هذه الآلية باستخدام محاكي الشّبكات NS2 ، إذ تمّت محاكاة هذه الآلية على شبكة تحتوي 49 عقدة حساس (هذا العدد اختيرَ بما يناسب منطقة البحث إذ يتناول هذا البحث استشعار منطقة عسكرية فتمّ وضع عقد حساسات تغطي كافة المنطقة بحيث يتم تحسُّس بيانات كافة المنطقة ، أي الشبكة متوسطة الكثافة فالعقد ذات تباعد وسطي فيما بينها)، مع إمكانية تطبيق هذه الآلية على عدد مختلف من العقد بما يتناسب مع كثافة الشبكة و مساحتها) و أبعاد هذه الشبكة 80 m *80 m ، تتحسّس عقد الحساسات معلومات عن الحرارة و الرطوبة و هذه الحساسات مزوّدة بكاميرات لتلقط صوراً للمنطقة الموجودة بها .



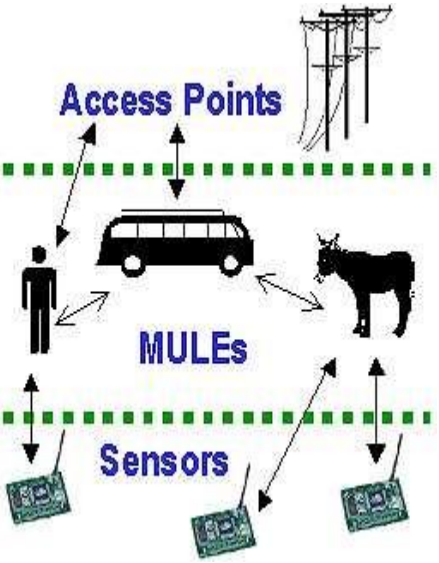
الشكل (4) توزع عقد الحساسات اللاسلكية في منطقة عسكرية لمراقبتها[8]

يوضح الشكل (4) وضع الشبكة و المنطقة التي يتم تطبيق الآلية المقترحة .

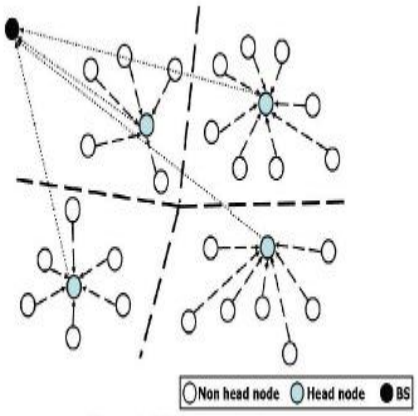
4-المناقشة

تضمّن هذا البحث مناقشة آلية استخدام طريقة Mobile-Sink-Based-Routing (رأس العنقود المتحرّك) لتخفيف استهلاك طاقة إرسال عقد الحسّاسات ، فكلمّا اقترب الهدف من المصدر تقلّ المسافة بينهما فيقوم المرسل عندها بإرسال البيانات بطاقة إرسال أقل من الحالة التي يكون فيها الهدف ثابتاً في موقعه.

يوضح الشكلين الآتيتين هذه الطريقة :



الشكل (5) قادة العناقيد المتحركة في الآلية المقترحة



الشكل (6) قادة العناقيد الثابتة في بروتوكول LEACH

يبين الشكل (5) الآلية المقترحة في البحث(في هذه الآلية تكون فقط قادة العناقيد mules و access points متحركة) ،إذ أن اقتراب قائد العنقود من الحساس يقلل البعد بينهما فيتم تبادل البيانات بطاقة إرسال و استقبال أقل مما هي عليه في الشكل(6) أي في حال كان قائد العنقود ثابت فهذه الحالة تكون مناسبة عندما تكون الشبكة صغيرة و المسافة بين قائد العنقود و العقد ضمن العنقود صغيرة بينما عندما تكون تلك المسافة كبيرة فإن العقد سترسل البيانات بطاقة إرسال أعلى.

ملاحظة: في الشكل (5) السهم ذو الاتجاهين لا يعبر عن اتجاه الحركة بل يعبر عن المسافة بين العقد و الـ mules و access point، إذ أنّ حركة قائد العنقود (Mule) تكون ضمن العنقود باتجاه عقد الحساسات الموجودة ضمن العنقود أثناء الجولة ، و في نهاية الجولة تتجوّل الـ access point باتجاه قادة العناقيد لجمع بيانات الجولة.

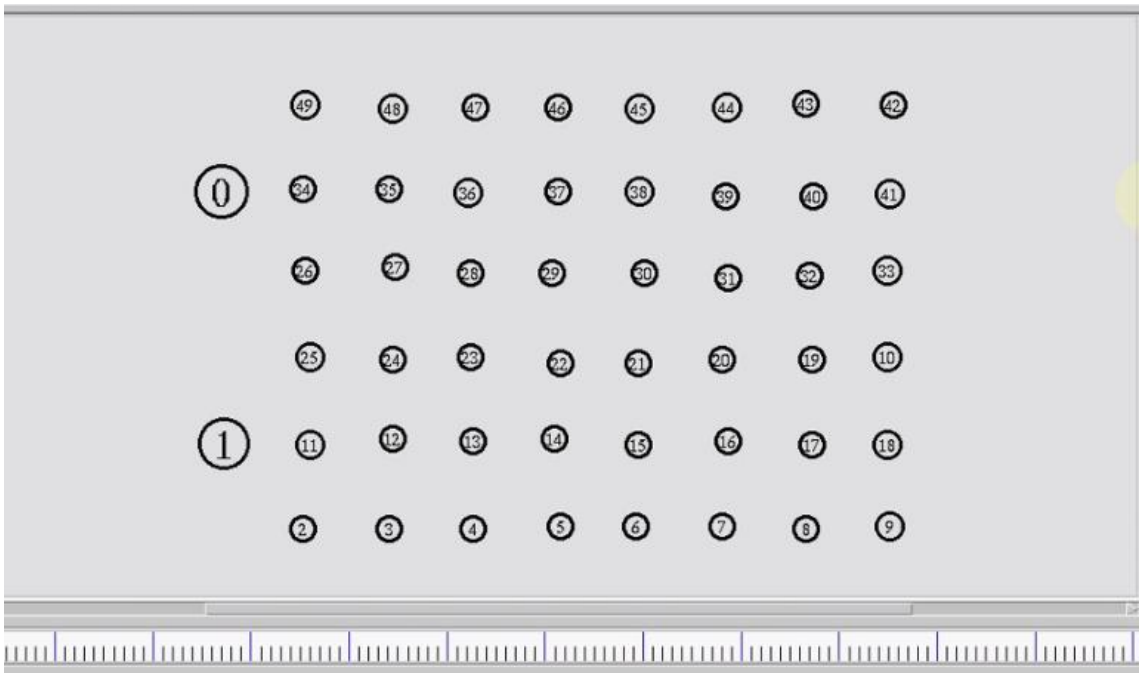
كما استخدمنا في هذا البحث وضع sleep / active ، فعندما يطلب أحد رؤساء العناقيد نوعاً من البيانات ، يُرسل رسالة طلب بيانات فقط لعقد الحساسات التي تتحسّس لهذا النوع من البيانات و ذلك وفقاً للـ id فكل نوع بيانات له id و كل عقدة تحتوي الـ id المعبّر عن البيانات التي توم بتحسسها (فكل عقدة حساس تتحسّس لبيانات محددة) و يرسل رسالة sleep لباقي العقد إذ تتوقف عندها تلك العقد عن تحسس البيانات لتوفير طاقتها ،تبقى تلك العقد في وضع sleep إلى أن يتمّ إرسال رسالة طلب بيانات أو رسالة إعلان بدء جولة .

تستخدم قادة العناقيد توابع تجميع لتجميع البيانات التي تلتقطها من الحساسات ، فعند وجود معلومات مكرّرة مثل درجة حرارة أو رطوبة المنطقة إذ تكون درجة الحرارة ثابتة في نفس المكان فتستشعر العقد في هذا المكان بنفس القيمة لذلك يتم الاحتفاظ بالمعلومة مرة واحدة فقط ، و إذا تمّ التقاط معلومات متقاربة بالقيمة فيتم تطبيق توابع مثل المتوسط الحسابي أو المدى و ذلك للاحتفاظ بقيمة واحدة فقط و هذا يخفّض من استهلاك عرض الحزمة.

لقد استخدمنا العنقدة (التصنيف) في هذا البحث نظراً لأهميّة هذا المجال في التحكم بالشبكة مهما كان حجمها ، فمهما كانت كثافة الشبكة لدينا فعند تقسيمها إلى عناقيد، عندئذ تصبح لدينا الشبكة عبارة عن عدة شبكات جزئية إذ تخفّ عندها كثافة العقد ضمن كل شبكة جزئية فيتم التحكم بتوجيه البيانات بشكل أفضل.

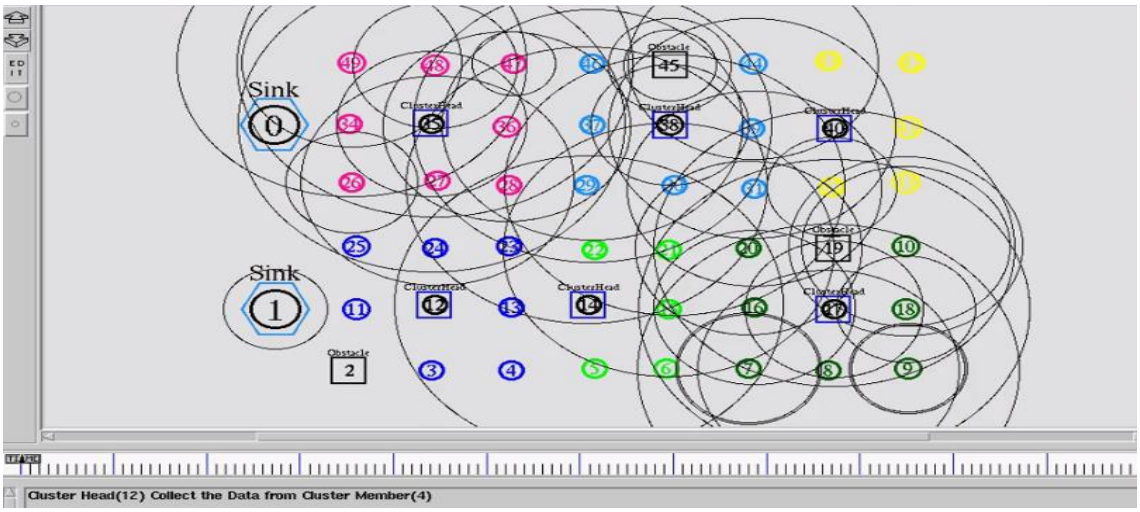
نظراً لأن قائد العنقود يتحرّك خلال الجولة ليقوم بجمع البيانات من العقد ضمن العنقود فلا يوجد لدينا عقد وسيطة بين قائد العنقود و العقدة فبذلك نكون قد تخلّصنا من مشكلة وجود عقد تمرير بين المصدر و الهدف ، و بالتالي وفرنا من طاقة العقد لأنه في حال وجود عقد تمرير سيتمّ استنزاف جزء من طاقتها لتمرير البيانات بين المصدر و الهدف.

المخططات البيانية التالية هي تطبيق الآلية المقترحة في هذا البحث على المحاكي ns2:



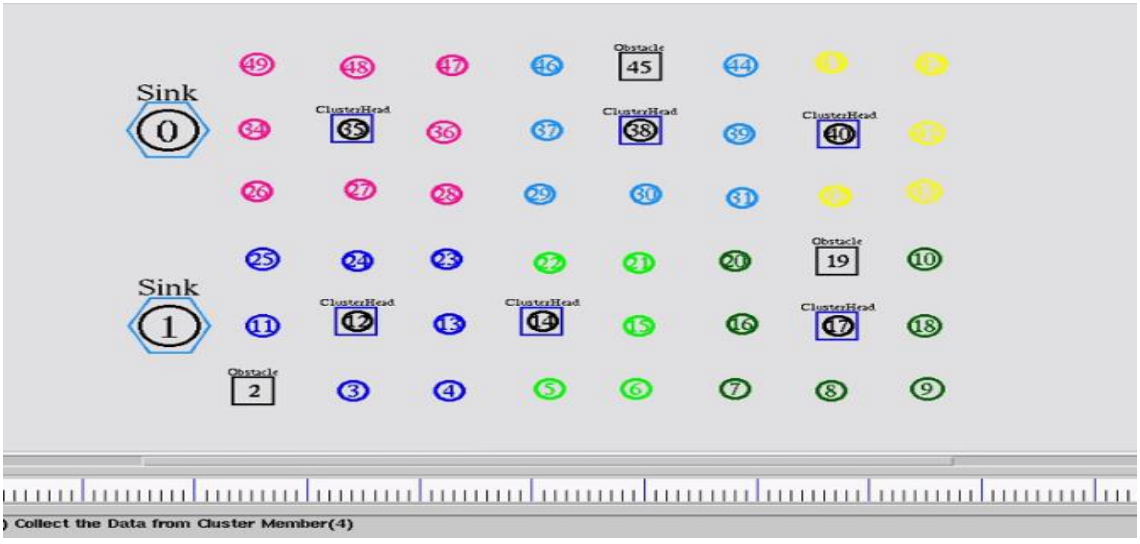
الشكل (7)الوضع الأولي للشبكة بعد توضّع العقد في أماكنها المحدّدة و قبل تشكيل العناقيد

يوضح الشكل (7)الشبكة المدروسة بعد وضع العقد بشكل يدوي في منطقة البحث إذ يتم تحديد إحداثيات موقع كل عقدة حساس مسبقاً من قبل مصمّم الشبكة.



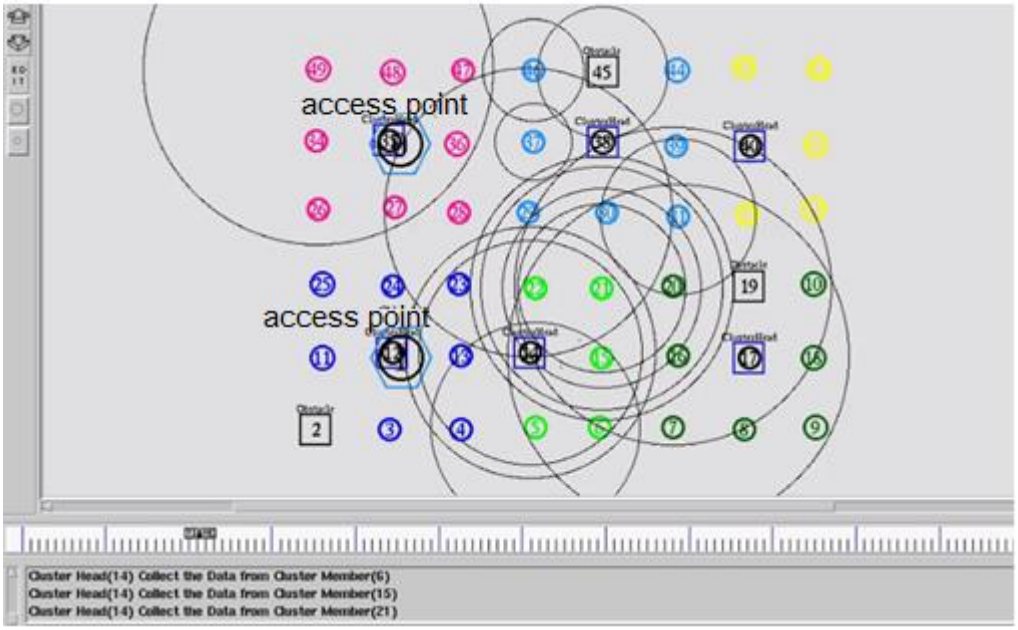
الشكل (8) تبادل رسائل ترحيب تحتوي موقع كل عقدة و مقدار الطاقة لدى كل عقدة

يوضح الشكل (8) تبادل الرسائل التي تحمل معلومات عن موقع وطاقة كل عقدة و اختيار قادة العناقيد إذ تقوم كل عقدة بإرسال رسالة الترحيب لباقي العقد الأخرى في الشبكة. تحتوي تلك الرسائل موقع العقدة و ذلك من أجل حركة قائد العنقود لينتقل إلى موقع كل عقدة.



الشكل (9) وضع الشبكة بعد انتخاب قادة العناقيد

يوضح الشكل (9) تشكيل العناقيد إذ يتم اختيار عدد العناقيد بشكل مسبق من قبل مصمم الشبكة



الشكل (10) حركة الـ access points في الشبكة بعد انتهاء الجولة الأولى

الشكل (10) تحرك الـ access points ضمن الشبكة بعد انتهاء الجولة لجمع البيانات من قادة العناقيد و ذلك بعد أن قام كل قائد عنقود بالتجول ضمن عنقوده لجمع البيانات من الحساسات ضمن الجولة.

البارامترات التي درسناها هي كالتالي:

استخدمنا برنامج Xgraph لإيجاد المنحنيات البيانية للآلية المقترحة .

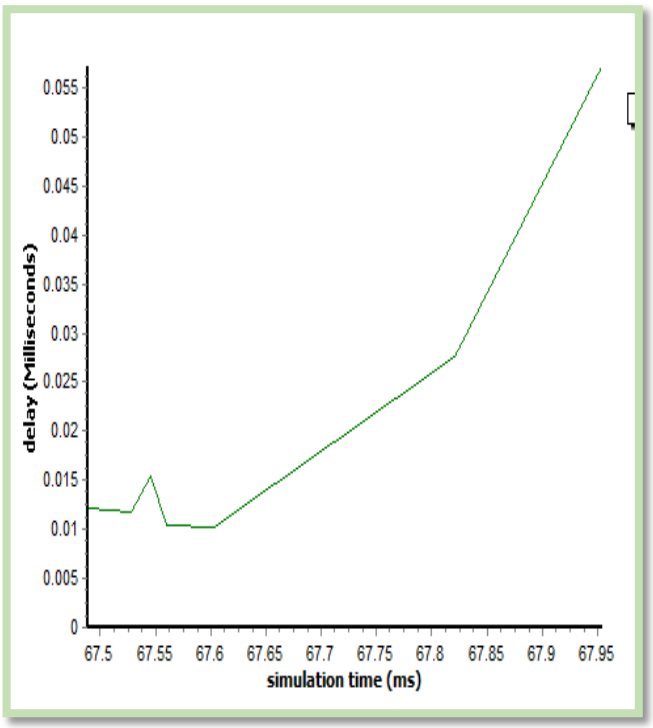
XGRAPH عبارة عن برنامج لرسم البيانات و الأغراض العامة على محورين x–y مع أزرار تفاعلية للتحريك والتكبير والطباعة واختيار خيارات العرض. سيقوم برسم البيانات من أي عدد من الملفات على نفس الرسم البياني ويمكنه التعامل مع أحجام غير محدودة لمجموعة البيانات وأي عدد من ملفات البيانات.

تنتج XGRAPH مخرجات wysiwyg PostScript و PDF و PPTX و ODP لطباعة النسخ المطبوعة و / أو التخزين و / أو مشاركة النتائج المرسومة ، ولاستيراد الرسوم البيانية مباشرة إلى معالجات النصوص لإنشاء الوثائق والتقارير وعرض الرسوم البيانية.

يتضمن XGRAPH القدرة على تحديد ألوان الرسم للمخططات متعددة الألوان ، بالإضافة إلى سمك الخط. لديه القدرة على استخدام أي عمود في ملف متعدد الأعمدة كمحور الإحداثي والإحداثيات. كما أنه يدعم تغيير حجم نافذته تلقائيًا. يمكنك التكبير بشكل تفاعلي في أي منطقة من الرسم البياني عن طريق سحب مربع حول المنطقة باستخدام الماوس

1-التأخير (delay):

التأخير هو الفرق بين زمن إرسال رسالة طلب المعلومة من قِبَل الـ access point و زمن استقبال لتلك المعلومة منقبل الـ access point. و كلما قل التأخير تكون استجابة الشبكة أعلى نظراً لأن الشبكة ترصد موقعاً عسكرياً و يجب أن تُنقَل البيانات في الزمن الحقيقي فكلما زاد التأخير تنخفض فعالية الشبكة في الرّصد.



الشكل (11) التأخير في الشبكة المدروسة في البحث

نلاحظ زيادة التأخير مع تقدم زمن المحاكاة و هذا منطقي لأن قائد العنقود (mule)سوف يمرّ على كافة العقد ضمن العنقود فكل عقدة تنتظر مرور قائد العنقود إليها و في بعض الأحيان يقوم قائد العنقود بتطبيق توابع تجميع على البيانات مما يستغرق زمناً أطول مقارنة بجمع البيانات فقط و هذا ما توضحه القمة الظاهرة في الشكل (11) إذ يزداد التأخير بشكل ملحوظ عند تطبيق توابع التجميع و هذا يستغرق وقتاً. و يستمر المنحني بالصعود مع تقدم زمن المحاكاة نظراً لمرور الـmule (قائد العنقود المتحرك) على كافة العقد لجمع البيانات منها، و نلاحظ أن أقصى مدة للتأخير في السيناريو لدينا تكون 0.055ms و هي أقل من زمن التأخير في حال كان قائد العنقود ثابتاً و ليس متحركاً.

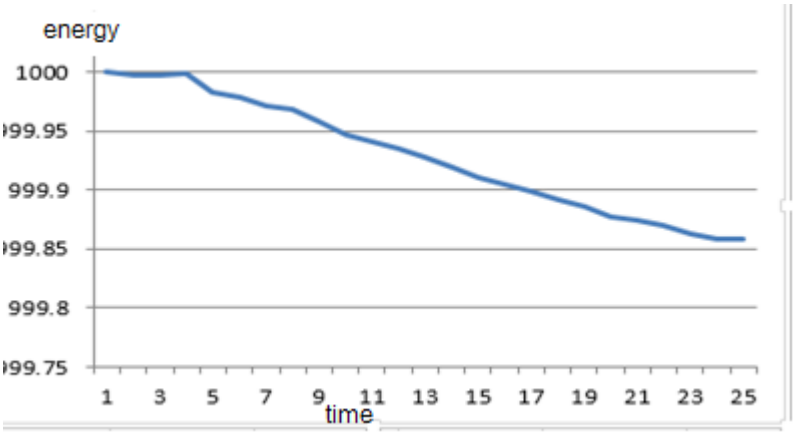
أي نلاحظ أن التأخير لم يؤثر على فعالية الشبكة هنا لأن أثناء الجولة إن تحرُك قائد العنقود على كافة العقد في العنقود زاد قليلا في مدة التأخير ضمن الجولة و لكن عند انتهاء الجولة و مرور المصب الأساسي لجمع البيانات من قادة العناقيد يكون التأخير منخفضاً نظراً لأن المصب فقط يقوم بالتحرك و جمع البيانات من القادة.

يتحرك قائد العنقود ضمن العنقود و فقاً للإحداثيات المخزنة لديه ، إذ أن كل عقدة ترسل له إحداثيات موقعها فيتحرك بناء على فرق الإحداثيات بين موقعه و موقع العقد إذ يتجه باتجاه أقرب نقطة (أي ذات فرق الإحداثيات الأقل).

ملاحظة (سرعة الـ access point أكبر من سرعة قائد العنقود نظراً لأنها ذات طاقة أعلى).

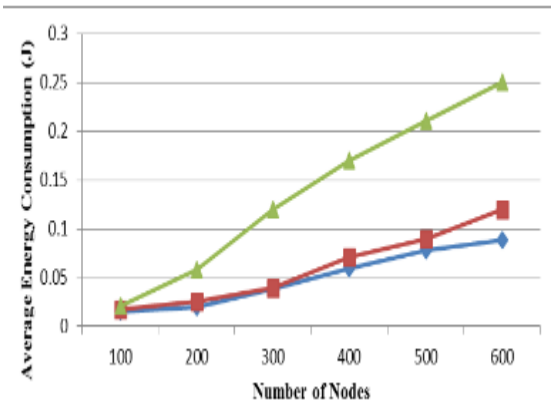
2 – استهلاك الطاقة (Energy Consumption):

هو الفرق بين مقدار الطاقة لكل عقدة عند انتهاء العمل في الشبكة و مقارنته بسوية الطاقة الأولية للعقد قبل البدء بالعمل .



الشكل (12)استهلاك الطاقة للعقد في الشبكة المدروسة

يوضح الشكل السابق أنّ مستوى طاقة العقد ينخفض إلى 999.86 J و هذا يقدم تحسناً ملحوظاً عن الطريقة التي يكون فيها رأس العنقود ثابت.



الطريقة المتّبعة في البحث[4]:

LEACH :

ZRP :

الشكل (13) استهلاك طاقة العقد في البروتوكولات السابقة للطريقة المقترحة في البحث

نلاحظ أن الطريقة المتبعة في البحث تعطي نتائج أفضل في تخفيض استهلاك الطاقة مقارنة ببروتوكول LEACH و ZRP و هذا نظراً لأن قائد العنقود يمر إلى كل عقدة من العقد فتقلّ المسافة بين المرسل و المستقبل فتقوم العقد بالإرسال بطاقة أقل مما هي عليه في حال كان رأس العنقود ثابتاً.

5-الاستنتاجات و التوصيات:

- ✓ إن موضوع تخفيض استهلاك طاقة عقد الحساسات من المواضيع الهامة التي يتطرّقها الباحثون إذ أن إطالة عمر الشبكة يتيح استخدامها في كافة المجالات و الاستفادة من مميزاتها.
- ✓ هذا البحث عالج طريقة تخفيض استهلاك الطاقة باستخدام العنقدة (التصنيف) و هو جيد إلى حد ما و لكن غير مناسب في الشبكات التي تكون طاقة العقد فيها متفاوتة فمثلا عندما عقد الشبكة جميعها متقاربة في سوية الطاقة عندها سيتشكل عنقود واحد و لا نستفيد من العنقدة و غيرها من الحالات مثلا عندما يوجد عنقود ذو عقدة واحدة حيث طاقتها أقل أو أكبر بكثير من طاقة باقي العقد (هذا يحصل عندما تكون العقد تجمع أنواع متعددة من البيانات فالعقد التي تستشعر الحرارة و الرطوبة تكون طاقتها أقل من العقد التي تصور فيديو لمناطق معينة التي تكون طاقتها أعلى) أو في الشبكات ذات الكثافة المتباعدة فالعقد الموجودة بعيداً عن باقي العقد تكون ذات طاقة أقل لأنها ترسل بيانات بطاقة إرسال عالية)
- ✓ لذا ننصح في الأبحاث المستقبلية اقتراح آليات توجيه أخرى لتجنب المشاكل التي تظهر في العنقدة
- ✓ ننصح باختيار آلية تخفض التأخير ضمن الجولة أثناء مرور قائد العنقود ضمن العنقود لجمع البيانات من عقد الحساسات فعندما يكون عدد العقد في العناقيد كبيراً سيزداد التأخير ضمن الجولة .

المراجع

[1] Devarajan, K., & Padmathilagam, V. (2015). An enhanced cluster gateway switch routing protocol (ECGSR) for congestion control using AODV algorithm in MANET. *International Journal of Computer Applications*, *123*(3).

[2] Kazemeyni, F., Johnsen, E. B., Owe, O., & Balasingham, I. (2012, June). MULE-based wireless sensor networks: probabilistic modeling and quantitative analysis. In *International Conference on Integrated Formal Methods* (pp. 143-157). Springer, Berlin, Heidelberg.

[3] Sugihara, R., & Gupta, R. K. (2011). Path planning of data mules in sensor networks. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, *8*(1), 1-27.

[4] Devarajan, K., & Padmathilagam, V. (2015). An enhanced cluster gateway switch routing protocol (ECGSR) for congestion control

using AODV algorithm in MANET. *International Journal of Computer Applications*, *123*(3).

[5] Purohit, R., & Keswani, B. (2015). Node mobility impact on Zone routing protocol. *International Journal of Computer Applications*, *975*, 8887.

[6] Gumaste, S. V., Kharat, M. U., & Thakare, V. M. (2013). Performance analysis of DSR protocol. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), ISSN (Online)*, 2347-3878.

[7] Mamoun, M. (2007, November). Important Characteristic of Differences between DSR and AODV Routing Protocol. In *MCN 2007 Conference, November* (Vol. 50, p. 20).

[8] Anbar, M., & Vidyarthi, D. P. (2009). On demand bandwidth reservation for real-time traffic in cellular ip network using evolutionary techniques. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, *2*(1), 150.

[9] Ali, L., Mathieu, H., & Biennier, F. (2006, April). Monitoring and Managing a Distributed Networks using Mobile Agents. In *2006 2nd International Conference on Information & Communication Technologies* (Vol. 2, pp. 3377-3382). IEEE.

[10] Saleh, S. (2005). *Méthodes de simulation des erreurs transitoires à plusieurs niveaux d'abstraction* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG).

[11] Jain, S., Shah, R. C., Brunette, W., Borriello, G., & Roy, S. (2006). Exploiting mobility for energy efficient data collection in wireless sensor networks. *Mobile networks and Applications*, *11*(3), 327-339.

[12] Al-Rahayfeh, A. A., Almi'ani, M. M., & Abuzneid, A. A. (2010). Parameterized Affect of Transmission-Range on Lost of Network Connectivity (LNC) of Wireless Sensor Networks.

[13] Heinzelman, W. R., Chandrakasan, A., & Balakrishnan, H. (2000, January). Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In *Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences* (pp. 10-pp). IEEE.