

تحسين بروتوكول LEACH ليتكيف مع بعد الحساسات عن المحطة الأساسية

م. أحمد الهلال^١، د. صلاح الدوه جي^٢

^١ Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria

^١ طالب ماجستير – قسم النظم والشبكات الحاسوبية، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة دمشق، سوريا

^٢ Associated professor, Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria

^٢ أستاذ مساعد، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة دمشق، سوريا

الملخص:

تحتاج بعض التطبيقات إلى نشر حساسات في حقل العمل لتقوم هذه الحساسات بتحسس البيئة وتوجيه المعطيات المحسوسة إلى المحطة الأساسية حيث تتم معالجتها، وهذه الحساسات تعتمد على بطاريات غير قابلة للتبديل أو إعادة الشحن، ولذلك فإن خوارزميات التوجيه المقترحة للشبكات من هذا النوع من العقد (الحساسات) يجب أن تكون فعالة للطاقة. أحد البروتوكولات المقترحة لهذه الشبكات هو بروتوكول التوجيه الهرمي LEACH الذي يُساعد على توفير الطاقة ويتكيف مع الطاقة المنخفضة في هذه الحساسات.

سنقوم في هذا البحث بدراسة شبكات الحساسات المتجانسة و تحسين بروتوكول LEACH (الذي يعمل في الأساس بكفاءة وينتج أداء عالي في هذا النوع من الشبكات) ليتكيف مع البعد عن المحطة الأساسية، وبالتالي توفير أكثر في الطاقة من أجل أبعاد للمحطة الأساسية عن حقل العمل.

يعتمد بروتوكول LEACH المحسن على نموذج رياضي لحساب معدل طاقة الشبكة بشكل تقديري في كل جولة من جولات العمل وبالتالي الاستفادة من الطاقة المتبقية في العقد في توزيع دور رأس العقود Cluster Head على باقي العقد، ويعتمد أيضاً على نموذج رياضي لحساب بعد المحطة الأساسية عن حقل العمل، بينما لا يأخذ بروتوكول LEACH أي اعتبارات للطاقة المتبقية في العقد.

ستوضح نتائج المحاكاة أن بروتوكول LEACH المحسن يعطي أداء أفضل من LEACH في الحالات التي تكون فيها المحطة الأساسية ضمن حقل العمل والأداء يتمثل في زيادة استقرار ووثوقية الشبكة، ويتمثل مع أداء LEACH في الحالات التي تكون فيها المحطة الأساسية خارج حقل العمل.

الكلمات المفتاحية: شبكات الحساسات اللاسلكية، البيئة المتجانسة، فعالية الطاقة، بروتوكولات التوجيه الهرمية.

١. المقدمة:

تُعتبر شبكات الحساسات من التقنيات الحديثة في عالم التكنولوجيا، حيث تتيح هذه الشبكات طيف واسع من التطبيقات الجديدة المتمثلة في ربط منظومات التحكم والمراقبة بالعالم الحقيقي عن طريق نشر حساسات قريبة من الظاهرة أو الحدث قيد الدراسة، وتقوم هذه الحساسات بجمع المعطيات وإرسالها إلى مركز اتخاذ قرار (المحطة الأساسية) والذي يقوم بدوره بتحليلها ومن ثم اتخاذ القرار المناسب.

وتُعرف شبكات الحساسات اللاسلكية على أنها مجموعة من العقد الحساسة التي تتصل مع بعضها لاسلكياً دون الحاجة إلى بنية تحتية وتعتمد العقد الحساسة على بطاريات لتزويدها بالطاقة، ومن أهم وظائفها استشعار الوسط المحيط ونقل المعطيات المحسوسة عن طريق عقد تمرير أو بونتها إلى العقدة الوجهة (المحطة الأساسية)، كما هو وارد في المراجع [٢-٤].

تتميز شبكات الحساسات اللاسلكية بمحدودية موارد العقد المكونة لها من حيث مدى الإرسال وعرض الحزمة المتاحة وقدرة هذه العقد على المعالجة والتخزين، بالإضافة إلى محدودية موارد الطاقة التي تغذي هذه العقد والتي تتمثل ببطارية غير قابلة لإعادة الشحن أو التبديل في معظم الحالات.

١.١. تطبيقات هذه الشبكات :

- مراقبة البيئة : رطوبة التربة، درجات الحرارة...
- تطبيقات عسكرية: الكشف عن الهجمات البيولوجية والكيميائية ومراقبة ساحة المعركة.
- تطبيقات صناعية : مراقبة خطوط الإنتاج وضبطها في الاماكن التي يصعب وصول الانسان إليها.
- تطبيقات طبية: رصد البيانات الفيزيولوجية عن بعد.
- تطبيقات البيت الذكي : بيئة ذكية.

٢.١. أنواع بروتوكولات التوجيه:

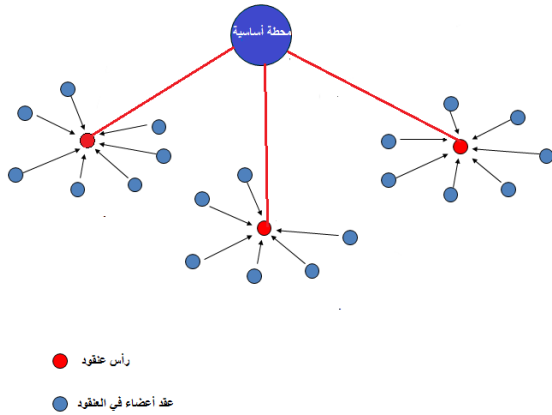
قُدمت الأبحاث [٣،٤] تصنيفاً لبروتوكولات التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية وفق الأنواع التالية :

١.٢.١. التوجيه المسطح (Flat routing):

تعتمد على استعلامات تُنشأ من قبل المحطة الأساسية ومن ثم تُنشر عبر الشبكة.

٢.٢.١. التوجيه الهرمي (Hierarchical routing):

تقوم هذه البروتوكولات بتقسيم الشبكة إلى مجموعة من العناقيد، وتتعامل مع نوعين من العقد، النوع الأول العقد العادية التي تقوم بمهام استشعار الوسط، والنوع الثاني عقد تعمل رؤوساً للعناقيد وتقوم هذه الأخيرة بتجميع البيانات الواردة من العقد وتجميعها وإرسالها إلى المحطة الأساسية (BS) حيث تتم معالجتها والإستفادة منها في التطبيق الذي وُظِّفت من أجله كما في الشكل (١).



الشكل (١) تقسيم شبكة الحساسات في بروتوكولات التوجيه الهرمية هناك عدة بروتوكولات مُستخدمة في هذا النطاق نذكر منها:

➤ Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH):

خوارزمية توجيه هرمية تعتمد على العناقيد للتكثيف مع الطاقة المنخفضة.

➤ Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems (PEGASIS):

فعالية طاقة جمع المعلومات في أنظمة الاستشعار [٨].

➤ Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol (TEEN):

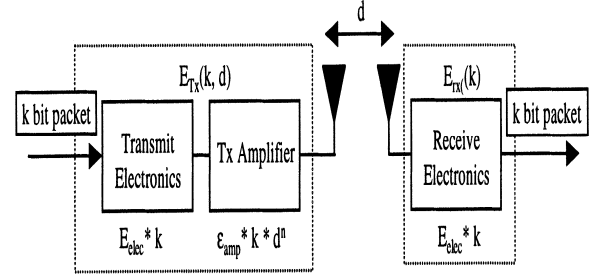
خوارزمية توجيه هرمية فعّالة بالنسبة للطاقة وحساسة للعتبة.

٣.٢.١. التوجيه المعتمد على موقع العقد (Location based routing): تعتمد على معلومات مواقع العقد بهدف نقل المعطيات عبر الشبكة باتجاه العقدة الوجهة.

٤.٢.١. التوجيه المعتمد على جودة الخدمة (QoS based routing): تأخذ قضايا جودة الخدمة بعين الاعتبار نذكر مثلاً زمن التأخير طرف-طرف عند بناء المسارات في شبكة الحساسات اللاسلكية.

٣.١. النموذج الراديوي لتحليل الطاقة:

سنعتبر نموذج راديوي بسيط لتوصيف الطاقة المبددة من عتاديات الأشعة الراديوية، فالحساس المرسل يبذل طاقة لتشغيل الإلكترونيات الراديوية وطاقة لتضخيم الطاقة لأبصال البيانات إلى مسافات أطول، بينما المستقبل يبذل طاقة لتشغيل الإلكترونيات الراديوية كما في الشكل (٢).



الشكل (٢) الإرسال والاستقبال في الحساسات

تستخدم بروتوكولات التوجيه في هذه الشبكات نوعين من نماذج القنوات كطريقة لفقدان الطاقة :

- فقدان الطاقة في حال فضاء حر وتحتاج طاقة تضخيم $\epsilon_{fs} d^2$ حيث ϵ_{fs} هي طاقة التضخيم في حال فضاء حر و d هي البعد بين المرسل والمستقبل.
- فقدان الطاقة في حال تخادم متعدد المسارات $\epsilon_{mp} d^4$ حيث ϵ_{mp} هي طاقة التضخيم في حال استخدام نموذج التخادم متعدد المسارات.

يمكن استخدام متحكم طاقة لإختيار أحد نماذج القنوات السابقة وذلك بإعداد مناسب لمضخم الطاقة كالتالي:

- إذا كان البعد بين المرسل والمستقبل أقل من عتبة d_c عندها يُستخدم نموذج الفضاء الحر.
- وإلا يُستخدم نموذج التخادم متعدد المستويات.

تستهلك الأشعة الراديوية من أجل رسالة مؤلفة من k بت والبعد d مايلي :

طاقة الإرسال :

$$E_{TX}(k, d) = kE_{elec} + k\epsilon_{fs}d^2 \quad (1)$$

وهو الشكل المبسط لطاقة الإرسال على مسافات قريبة ، أما الشكل العام فهو :

$$E_{TX}(k, d) = \begin{cases} kE_{elec} + k\epsilon_{fs}d^2, & d < 0 \\ kE_{elec} + k\epsilon_{mp}d^4, & d \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

حيث k عدد بتات الرسالة ، d مسافة الإرسال ، E_{elec} الطاقة الإلكترونية، E_{mp} طاقة التضخيم.

طاقة الإستقبال:

تستهلك عتاديات الأشعة الراديوية طاقة لإستقبال الرسالة كالتالي:

$$E_{RX}(k, d) = kE_{elec} \quad (3)$$

حيث E_{elec} هي طاقة الإلكترونيات وتعتمد على عوامل مثل الترميز الرقمي ، التعديل ، الفترة و توسيع الإشارة، بينما يعتمد مضخم الطاقة $\epsilon_{fs}d^2$ أو $\epsilon_{mp}d^4$ على المسافة إلى المرسل ومعدل خطأ ترميز مقبول.

الطاقة المستهلكة في رأس العقود:

يستهلك رأس العقود طاقة لإستقبال الإشارات من العقد ، وطاقة لتجميع الإشارات وطاقة لنقل الإشارة المجمعة إلى المحطة الأساسية.

نعتبر مسبقاً أن الطاقة المبددة تتبع نموذج التخادم متعدد المسارات d^4 بما أن المحطة الأساسية بعيدة عن العقد، وبناءً على ذلك فإن الطاقة المبددة في رأس العقود لإرسال رسالة تُحسب كالتالي :

$$E_{CH} = kE_{elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + kE_{DA} \frac{N}{K} + k\epsilon_{mp}d_{toBS}^4 \quad (4)$$

حيث d_{toBS} هو البعد بين رأس العقود والمحطة الأساسية و E_{DA} هي طاقة تجميع المعطيات و N هو عدد العقد.

الطاقة المستهلكة في العقد غير الرأسية:

تحتاج كل عقدة غير رأسية إلى نقل معطياتها إلى رأس العقود فقط مرة من أجل كل إطار وبما أن البعد بين العقدة و رأس العقود صغير وبالتالي فالطاقة المبددة تستخدم نموذج فقدان طاقة في فضاء حر ، لذلك فالطاقة المستخدمة في هذه العقد تُحسب كالتالي:

$$E_{non-CH} = kE_{elec} + k\epsilon_{fs}d_{toCH}^2 \quad (5)$$

حيث d_{toCH} هو البعد بين العقدة ورأس العقود.

سندرس في هذا البحث بروتوكول التوجيه الهرمي LEACH ونقوم بالتحسين عليه إنطلاقاً من مساوئه.

٥. محتوى البحث:

٢.٢. بروتوكول LEACH المتكيف للبعد عن المحطة الأساسية:

تُحسب العتبة في هذا البروتوكول على غرار تلك التي في بروتوكول LEACH وفق العلاقة (٦)، ولكنه لا يعتمد فقط على هذه العتبة لإنتخاب رأس العقود فهو يعتمد أيضاً على معدل طاقة الشبكة وبالتالي فإنه يعتمد في الإنتخاب على مايلي:

١. يقوم أيضاً باختيار رقم عشوائي ضمن المجال [٠,١]، فإذا كان الرقم أصغر من العتبة عندها يختبر الشرط الثاني.

٢. طاقة العقدة أكبر من معدل طاقة الشبكة المقرة.

يمكننا نظرياً حساب الطاقة الوسطية للشبكة (معدل طاقة الشبكة) في الجولة رقم (i) كالتالي :

حساب الطاقة الوسطية في الجولة رقم (i) = مجموع طاقات العقد في الجولة رقم (i) مقسوماً على عدد العقد الحية وهي تُعبر عن الطاقة الوسطية الحقيقية للشبكة. فعلياً لا يمكننا حساب هذه القيمة في كل عقدة لأنها تتطلب معرفة طاقات باقي العقد في الشبكة وطبعاً هذا صعب ويولد عبء على الشبكة واستهلاك أكبر في طاقة العقد ولتجنب ذلك سنلجأ إلى تقدير معدل طاقة الشبكة كما اقترحتها الباحثون Li Qing, Qingxin Zhu, Mingwen Wang في المرجع [٦].

١.٢.٢. تقدير معدل طاقة الشبكة:

تقوم كل عقدة بحساب طاقة الشبكة الكلية وفق العلاقة التالية:

$$E_{total} = NE_0 \quad (7)$$

تتطلب كل عقدة في حساب الطاقة الكلية من كون الشبكة متجانسة وبالتالي كل العقد تمتلك نفس الطاقة لإبتدائية E_0 ، ثم تقوم كل عقدة بتقدير معدل طاقة الشبكة دون الحاجة إلى معرفة طاقة بقية العقد وذلك حسب العلاقة التالية:

$$\bar{E}(r) = \frac{1}{N} E_{total} \left(1 - \frac{r}{R}\right) \quad (8)$$

حيث R هو عدد الدورات الأعظمي الذي يمكن أن تستغرقها عمليات الشبكة ويتم حسابها وفق العلاقة التالية:

$$R = \frac{E_{total}}{E_{round}} \quad (9)$$

تُحسب الطاقة المستهلكة في كل جولة وفق العلاقة التالية:

$$E_{round} = L(2NE_{elec} + NE_{DA} + k\epsilon_{mp}d_{toBS}^4 + N\epsilon_{fs}d_{toCH}^2) \quad (10)$$

حيث E_{elec} طاقة الإرسال، E_{DA} طاقة التجميع، d_{toBS} البعد بين رأس العقود والمحطة الأساسية، d_{toCH} البعد بين رأس العقود وأعضائه.

قَمَّ البحث [١] الذي اقترحه الباحثان A. Al-Hilal, S. Dowaji تقييماً لأداء بروتوكولات التوجيه الهرمية حسب مستوى التجانس والذي استنتج الباحثان من خلاله بأن بروتوكول التوجيه الهرمي LEACH هو البروتوكول الأكثر فعالية من حيث أدائه في شبكة الحساسات اللاسلكية المتجانسة، لذلك سينطلق هذا البحث من هذا البروتوكول ويحاول التحسين عليه بحيث نحصل على أداء أعلى للشبكة (دورة حياة، فترة استقرار، فترة عدم استقرار)، وسنستخدم LEACH للمقارنة مع البروتوكول الذي سينتجه البحث.

١.٢. بروتوكول LEACH :

كما هو وارد في المرجع [٥]، اقترح الباحثان W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan بروتوكول LEACH والذي يعتمد في انتخابه لرؤوس العناقيد على عتبة تُحسب وفق العلاقة التالية:

$$T(s) = \begin{cases} \frac{P_{opt}}{1 - P_{opt}(r \bmod \frac{1}{P_{opt}})} & \text{if } s \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

نعرف أولاً عمليات الشبكة على أنها عمليات انتخاب رؤوس العناقيد وتحسب البيانات وإرسالها واستقبالها ويتم تقسيم عمليات الشبكة إلى جولات (rounds) والجولة تعني فترة زمنية معينة يتم في بدايتها عمليات انتخاب جديدة لرؤوس العناقيد.

في المعادلة (٦) تمثل r رقم الجولة الحالية، P_{opt} هي الاحتمالية الأمثلية التي يتم انتخاب رؤوس العناقيد وفقها وهي قيمة تجريبية تم تحديدها في برمترات المحاكاة على أنها ٠.٠٠٥، G هي مجموعة العقد التي لم تُنتخب رؤوساً للعناقيد في آخر epoch (فترة مكونة من عدة جولات) واحتمالية هذه العقد تزداد بعد كل جولة في نفس epoch.

يقوم بروتوكول LEACH باختيار رقم عشوائي ضمن المجال [٠,١]، فإذا كان الرقم أصغر من العتبة عندها يتم اختيار العقدة كرأس للعنقود.

نلاحظ بأن بروتوكول LEACH يعتمد على قيمة عشوائية ومجموعة العقد G لإنتخاب رأس العنقود وهو الأمر الذي لا يضمن الإنتخاب بطريقة عادلة (الإنتخاب حسب الطاقة المتبقية الأكبر) وبالتالي عدم استقرار في الشبكة حيث تتبدد طاقة عقد مبكراً وتستمر طاقة عقد أخرى لفترات أطول.

٢.٢.٢. حساب بعد المحطة الأساسية عن حقل العمل:

دُعِرْفَ أولاً عتبة البعد على أذنها العتبة التي نقرر من خلالها فيما إذا كانت المحطة الأساسية خارج حقل العمل أو ضمنه وحسب وفق العلاقة التالية:

$$d_{th} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{fs}}{\varepsilon_{mp}}} \quad (11)$$

حيث E_{fs} هي الطاقة اللازمة لتضخيم طاقة الإرسال في حال استخدام النموذج الراديوي في فضاء حر و E_{mp} هي الطاقة اللازمة لتضخيم طاقة الإرسال في حال استخدام النموذج الراديوي في فضاء متعدد المسارات.

يُحسب بعد العقدة عن المحطة الأساسية وفق المعادلة التالية:

$$BS_{distance} = \sqrt{(S(i).x - Sink.x)^2 + (S(i).y - Sink.y)^2} \quad (12)$$

نقارن بعد العقدة عن المحطة الأساسية $BS_{distance}$ مع عتبة البعد d_{th} لمعرفة الطريقة التي سوف تستخدم في إنتخاب رؤوس العناقيد، وبالتالي يمكننا تحديد فيما إذا كانت المحطة الأساسية داخل أو خارج حقل العمل، فإذا كانت خارج حقل العمل عندها يتم تطبيق منطق خوارزمية LEACH التقليدية للإنتخاب والا سيتم تطبيق منطق خوارزمية LEACH المُحسَّنة للقيام بالإنتخاب.

٣.٢.٢. المخطط التدفقي لخوارزمية LEACH المُحسَّنة:

For each round{

Calculate the energy spent in each round E_r .

Calculate Estimated total energy $E_t = E_t - E_r$.

Calculate Estimated average energy E_a .

- Cluster Head Election**

For each node{

If (BS inside work field){ // $BS_{distance} \leq d_{th}$

If ($E_a > 0$ && ($s(i).G \leq 0$))

Select random number rand

If ($rand < T(s)$ && node's energy > average energy)

Elect node as Cluster Head

}

Else { //BS outside work field

If ($E_a > 0$ && ($s(i).G \leq 0$))

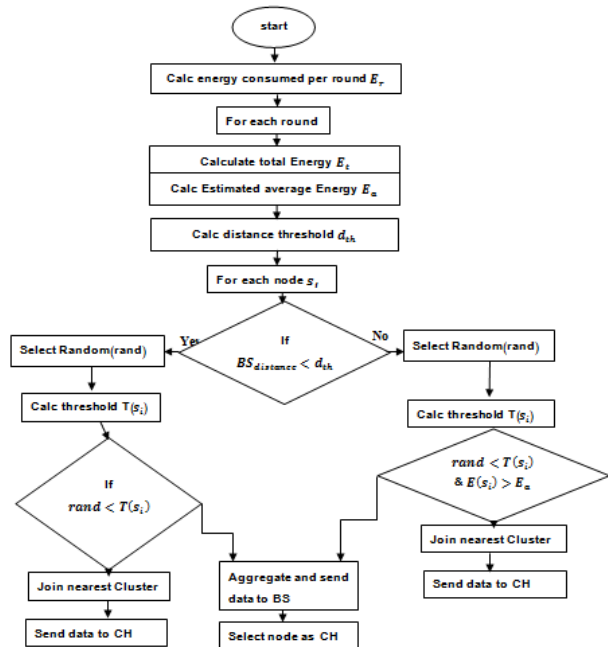
Select random number rand

If ($rand < T(s)$)

Elect node as Cluster Head

}

} //end for each node



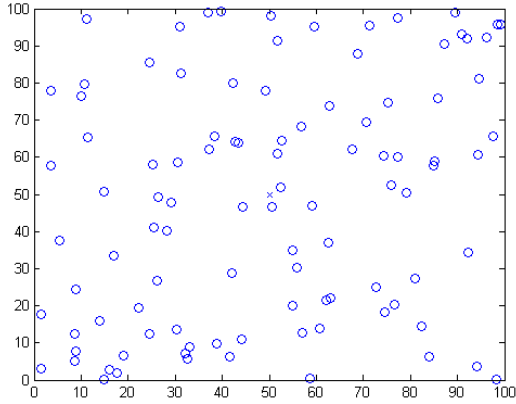
الشكل (٣) مخطط تدفقي لخوارزمية LEACH المُحسَّنة

تحسين بروتوكول LEACH ليتكيف مع بعد الحساسات عن المحطة الأساسية

٤. مقارنة بين بروتوكول LEACH و بروتوكول LEACH المُحسّن:

سندرس حالتين من موقع المحطة الأساسية هما:

١.٤. الحالة الأولى : المحطة الأساسية ضمن حقل العمل

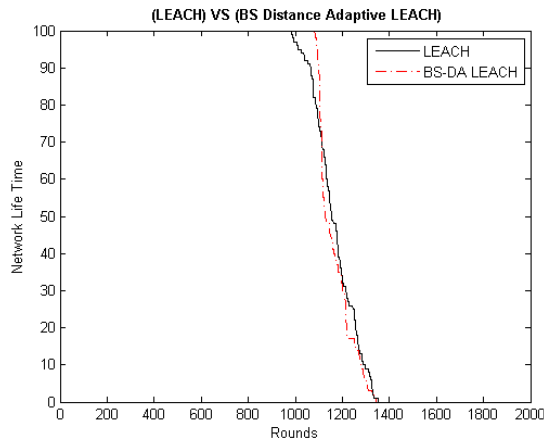


الشكل (٥) نشر العقد وتموضع BS في وسط حقل العمل
تتوضع المحطة الأساسية في الشكل (٥) في منتصف الحقل
وذلك في النقطة (٥٠,٥٠).

سنقارن بين البروتوكولين حسب مقاييس الأداء التي ذكرها
الباحثون G. Smaragdakis, I. Matta, A. Bestavros
في المرجع [٧].

١.١.٤ دورة حياة الشبكة:

هي الوقت الفاصل بين بدء عمليات الشبكة وحتى موت
آخر عقدة حية.



الشكل (٦) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المُحسّن

نلاحظ من الشكل (٦) أنَّ دورة حياة الشبكة في LEACH
تتماثل مع تلك التي في LEACH المُحسّن وهذا المقياس ليس

• Joining clusters

```
if(node is normal){ //not CH
```

```
Join nearest cluster
```

```
}
```

• CH assignment

```
if(node is CH){
```

```
Aggregate data then send it to BS
```

```
}
```

• Normal node assignment

```
if(node is normal){ //not CH
```

```
Send data to CH
```

```
}
```

```
} //end rounds
```

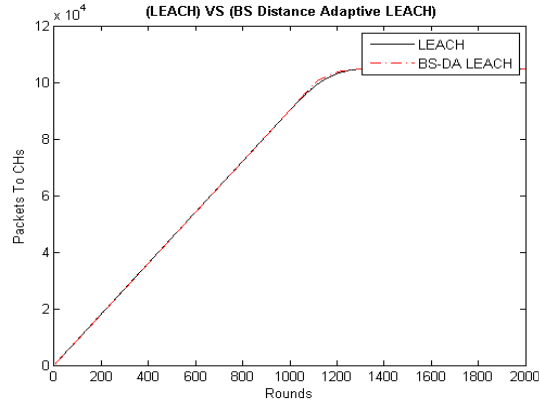
الشكل (٤) pseudo Code لخوارزمية LEACH المُحسّنة

٣. بارامترات المحاكاة:

سوف نستخدم برنامج Matlab كوسيلة للمحاكاة
والمقارنة بين أدائي بروتوكول LEACH و بروتوكول
LEACH المُحسّن وسننقيد بوسطاء المحاكاة المستخدمة
في LEACH والواردة في الجدول (١):

البارامتر	معناه	القيمة
E_{elect}	طاقة الكرونيات الإرسال والإستقبال	50 nJ/bit
ϵ_{mp}	طاقة نموذج تعدد المسارات	10 pJ/bit/m^2
ϵ_{fs}	طاقة نموذج الفضاء الخالي	$0.0013 \text{ pJ/bit/m}^4$
E_0	الطاقة الابتدائية	0.5 J
E_{DA}	طاقة التضخيم	50 nJ/bit/msg
d_0	عتبة البعد	70 m
P_{opt}	الاحتمال الأمثلي	0.05
K	حجم الرسالة	4000 bits
n	عدد العقد	100

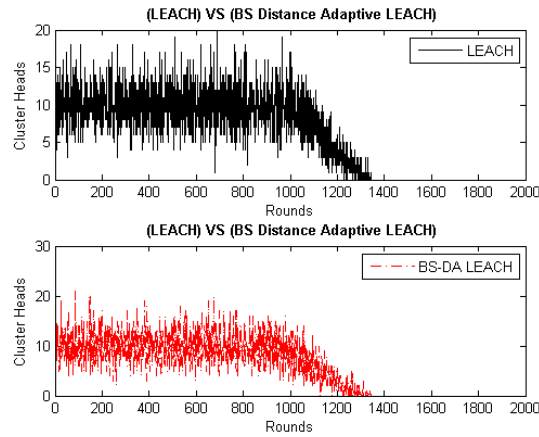
الجدول (١) برامترات المحاكاة والمقارنة



الشكل (٨) عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد

نلاحظ من الشكل (٨) أن إنتاجية LEACH المُحسّن من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد تتطابق مع إنتاجية LEACH.

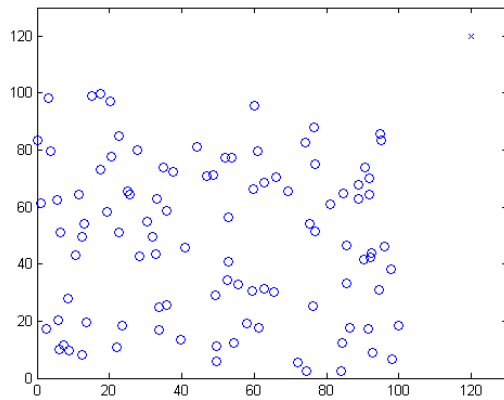
٥.١.٤. عدد رؤوس العناقيد في كل جولة:



الشكل (٩) عدد رؤوس العناقيد بكل جولة

نلاحظ تطابق عدد رؤوس العناقيد في كل جولة في كل من LEACH و LEACH المُحسّن وذلك حسب الشكل (٩).

٢.٤. الحالة الثانية : المحطة الأساسية خارج حقل العمل



الشكل (١٠) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (١٢٠، ١٢٠)

بالضرورة أن يكون مفيداً دائماً نظراً لأن بعض التطبيقات تحتاج لأن تكون التغذية الراجعة من العقد موثوقة، ودورة حياة شبكة أكبر ليس بالضرورة أن يكون مفيداً إلا إذا قدّرنا بفترة استقرار أطول.

٢.١.٤. فترة الاستقرار:

وهي الوقت الفاصل بين بدء عمليات الشبكة حتى موت أول عقدة وتدعى أيضاً منطقة الاستقرار .

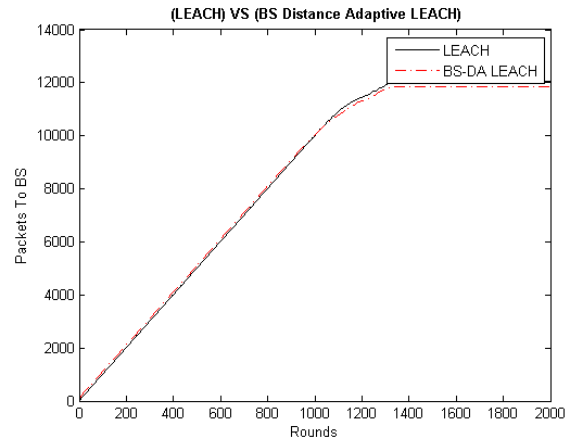
نلاحظ من الشكل (٦) أن فترة الاستقرار في LEACH المُحسّن أكبر منها في LEACH في حال كون المحطة الأساسية ضمن الشبكة وبالتالي فإن بروتوكول LEACH المُحسّن يعطي أداء أفضل من أجل مقياس فترة الاستقرار .

٣.١.٤. فترة عدم الاستقرار:

تُعرف بأنها الفترة ما بين موت أول عقدة وآخر عقدة ، ويعتبر المقياس ضروري للتطبيقات التي تحتاج إلى وثوقية عالية عند إرسال تقارير (تغذية راجعة) من شبكة الحساسات.

نلاحظ من الشكل (٦) أن فترة عدم الاستقرار في LEACH المُحسّن أصغر منها في LEACH، وبالتالي يُعتبر LEACH المُحسّن البروتوكول الأنسب للتطبيقات التي تحتاج لوثوقية.

٤.١.٤. الإنتاجية :



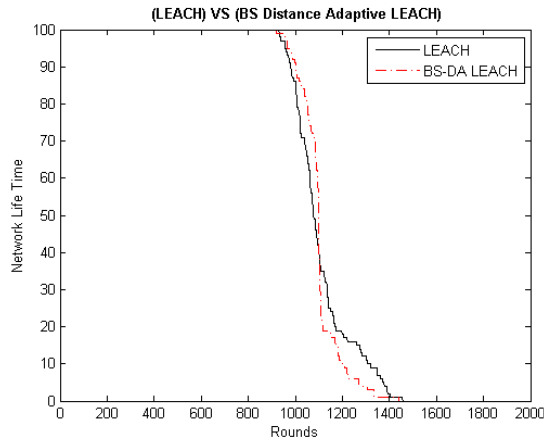
الشكل (٧) عدد الطرود المُرسلة إلى المحطة الأساسية

نلاحظ من الشكل (٧) أن إنتاجية LEACH المُحسّن من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى المحطة الأساسية أصغر بقليل منها في LEACH (اختلاف بسيط بين إنتاجيتي البروتوكولين).

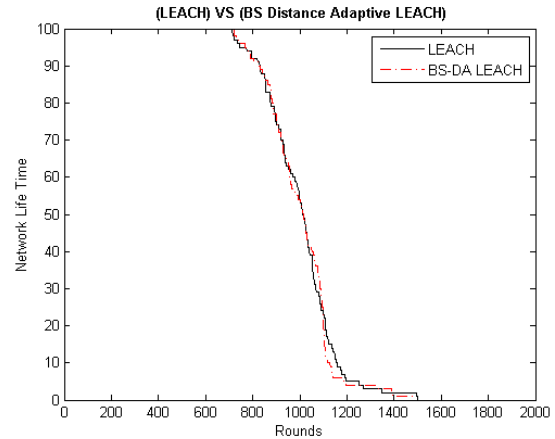
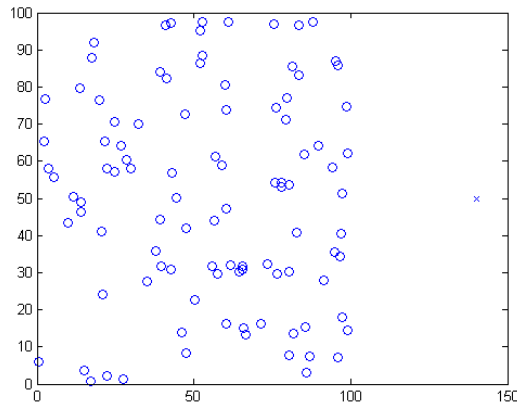
تحسين بروتوكول LEACH ليتكيف مع بعد الحساسات عن المحطة الأساسية

يوضح الشكل (١٠) بأن المحطة الأساسية تتوضع خارج حقل، حيث تم نشر العقد على مساحة 100×100 وتوضعت المحطة الأساسية في النقطة (١٢٠، ١٢٠).
١.٢.٤. دورة حياة الشبكة:

هي الوقت الفاصل بين بدء عمليات الشبكة وحتى موت آخر عقدة حية.

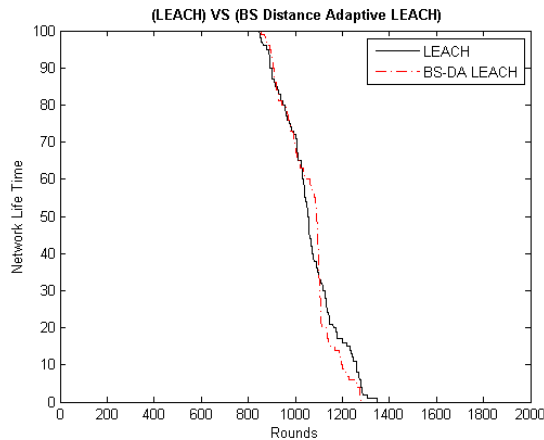


الشكل (١٣) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسن



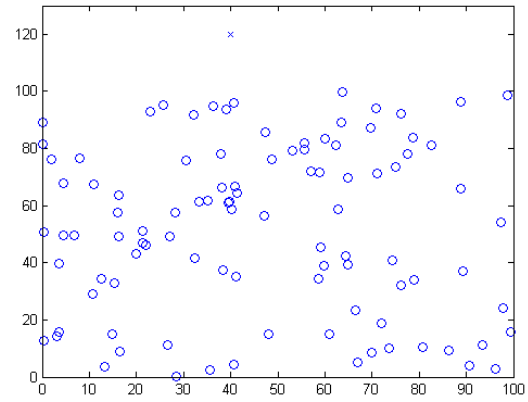
الشكل (١١) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسن

الشكل (١٤) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (١٤٠، ٥٠)



الشكل (١٥) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسن

نلاحظ من الأشكال (١١)(١٣)(١٥) تطابق دورة حياة الشبكة في كل من LEACH و LEACH المحسن مع اختلاف بسيط في بروتوكول LEACH المحسن حيث تكون فترة عدم الاستقرار أقصر ويظهر ذلك بشكل واضح في الشكل (١٥) حيث تكون فترة الاستقرار أطول بعدة جولات.



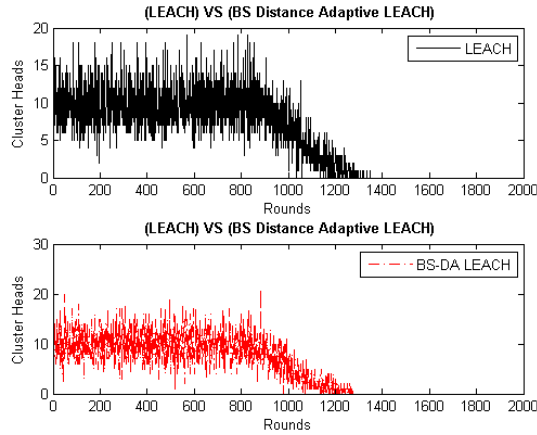
الشكل (١٢) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (٤٠، ١٢٠)

يوضح الشكل (١٢) بأن المحطة الأساسية تتوضع خارج حقل، حيث تم نشر العقد على مساحة 100×100 وتوضعت المحطة الأساسية في النقطة (٤٠، ١٢٠).

٢.٢.٤. فترة الاستقرار:

نلاحظ من الشكل (١٧) تطابق الإنتاجية من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد في كل من LEACH و LEACH المحسّن.

٥.٢.٤. عدد رؤوس العناقيد في كل جولة:



الشكل (١٨) عدد رؤوس العناقيد بكل جولة

نلاحظ من الشكل (١٨) تطابق عدد رؤوس العناقيد تقريباً في كل جولة من أجل كلا من LEACH و LEACH المحسّن.

٥. الخلاصة:

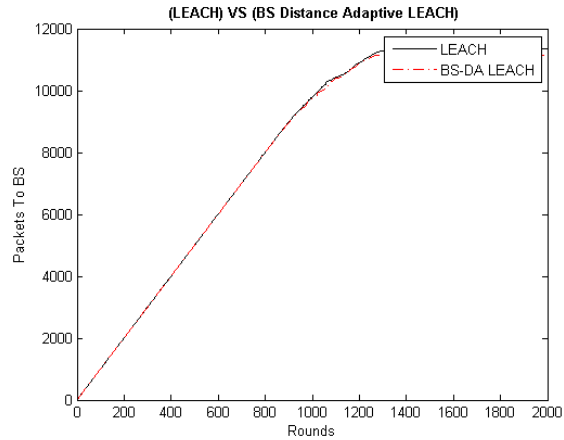
قام بروتوكول LEACH المُتكيف مع البعد عن المحطة الأساسية (LEACH المُحسّن) بالتحسين على مقياسين مهمين جداً من مقياسي الأداء وهما (فترة الاستقرار وفترة عدم الاستقرار)، حيث أعطى هذا البروتوكول فترة استقرار أكبر وفترة عدم استقرار أصغر وذلك في حال توضع المحطة الأساسية ضمن حقل العمل، كما خلق توازن في استهلاك الطاقة وتوزيع الإستهلاك بشكل يضمن استقرار الشبكة بشكل أكبر، أما في حالة توضع المحطة الأساسية خارج حقل العمل فيعطي أداء مماثل تقريباً لأداء بروتوكول LEACH.

نلاحظ تطابق فترة الاستقرار في كل من LEACH و LEACH المحسّن مع اختلاف بسيط أحياناً حيث يميل LEACH المحسّن إلى استقرار أكبر كما تظهر الأشكال (١١) و (١٥).

٣.٢.٤. فترة عدم الاستقرار:

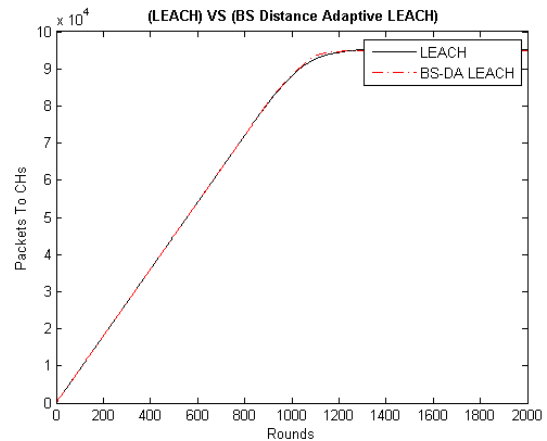
كما عرفنا مسبقاً فترة عدم الاستقرار بأنها الفترة ما بين موت أول عقدة وآخر عقدة، وهذا المقياس ضروري للتطبيقات التي تحتاج إلى وثوقية عالية عند إرسال تقارير (تغذية راجعة) من شبكة الحساسات، ونلاحظ تطابق فترة عدم الاستقرار في كل من LEACH و LEACH المحسّن مع اختلاف بسيط في بروتوكول LEACH المحسّن حيث تكون فترة عدم الاستقرار أقصر.

٤.٢.٤. الإنتاجية:



الشكل (١٦) عدد الطرود المُرسلة إلى المحطة الأساسية

نلاحظ أنّ إنتاجية LEACH المُحسّن من حيث عدد الطرود المرسلة إلى المحطة الأساسية مُائل تقريباً تلك التي في LEACH.



الشكل (١٧) عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد

٦. المراجع:

- [١] A. Al-Hilal, S. Dowaji. "Evaluation of WSN hierarchical routing protocols according to energy efficiency heterogeneity levels", International Review on Computers and Software (I.RE.CO.S), Vol. ٨, N. ٥, May ٢٠١٣.
- [٢] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E.Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks* ٣٨ (٢٠٠٢): ٣٩٣-٤٢٢, ٢٠٠١.
- [٣] K.Akkaya, M.Younis. "A survey on routing protocols for wireless sensor networks", *Ad Hoc Networks* ٣ (٢٠٠٥): ٣٢٥-٣٤٩, September ٢٠٠٣.
- [٤] Al-Karaki, Jamal N. "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey", *Wireless Communications, IEEE*, ٦-٢٨, Dec. ٢٠٠٤
- [٥] W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks ", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, ١(٤):٦٦٠-٦٧٠, October ٢٠٠٢.
- [٦] Li Qing, Qingxin Zhu, Mingwen Wang. "Design of distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks" *Computer Communications* ٢٩, ٢٢٣٠-٢٢٣٧, ٢٠٠٦.
- [٧] G. Smaragdakis, I. Matta, A. Bestavros, "SEP: A Stable Election Protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks," *Second International Workshop on Sensor and Actor Network Protocols and Applications (SANPA ٢٠٠٤)*, ٢٠٠٤.
- [٨] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems," *Proceedings of IEEE Aerospace Conference*, ١١٢٥-١١٣٠, Montana, USA, Mar. ٢٠٠٢.

٧. مسرد المصطلحات:

المصطلح العربي	المعنى الإنكليزي
شبكة الحساسات اللاسلكية	Wireless sensor network
المحطة الأساسية أو المصرف	Base Station or Sink node
LEACH المحسن	Base station distance adaptive LEACH
فترة عدم الاستقرار	Instability period
فترة الاستقرار	Stability period
دورة حياة الشبكة	Network lifetime
نشر عقد الشبكة	Network deployment
النموذج الراديوي	Radio model
تغذية راجعة	Feedback
معدل طاقة الشبكة المقننة	Estimated average energy $\bar{E}(r)$ or E_a
العقد الرأسية	Cluster Heads (CH)
العقد غير الرأسية	Non-Cluster Head Nodes(Normal Node)
التوجيه المسطح	Flat routing
التوجيه الهرمي	Hierarchical routing
التوجيه المعتمد على موقع العقد	Location based routing
التوجيه المعتمد على جودة الخدمة	QOS based routing
برمترات المحاكاة	Simulation parameters