تحسين بروتوكول LEACH ليتكيّف مع بعد الحساسات عن المحطة الأساسية

م.أحمد الهلال 1 , د. صلاح الدوه جي

¹ Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria طالب ماجستير – قسم النظم والشبكات الحاسوبية، كلية الهندسة المعلوماتية, جامعة دمشق, سوريا

²Associated professor, Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria أستاذ مساعد. كلية الهندسة المعلوماتية. جامعة دمشق. سوريا

الملخص:

تحتاج بعض التطبيقات إلى نشر حساسات في حقل العمل لتقوم هذه الحساسات بتحسُّس البيئة وتوجيه المعطيات المحسوسة إلى المحطة الأساسية حيث تتم معالجتها, وهذه الحساسات تعتمد على بطاريات غير قابلة للتبديل أو إعادة الشحن, ولذلك فإنَّ خورازميات التوجيه المُقترحة للشبكات من هذا النوع من العقد (الحساسات) يجب أن تكون فعّالة للطاقة. أحد البروتوكولات المقترحة لهذه الشبكات هو بروتوكول التوجيه الهرمي LEACH الذي يُساعد على توفير الطاقة ويتكيّف 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) ليتكيّف مع البعد عن المحطة الأساسية, وبالتالي توفير أكثر في الطاقة من أجل أبعاد للمحطة الأساسية عن حقل العمل.

يعتمد بروتوكول LEACH المُحسَّن على نموذج رياضي لحساب معدّل طاقة الشبكة بشكل تقديري في كل جولة من جولات العمل وبالتالي الإستفادة من الطاقة المتبقية في العقد في توزيع دور رأس العنقود 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.

ستوضِّح نتائج المحاكاة أنَّ بروتوكول LEACH المُحسَّن يعطي أداء أفضل من LEACH في الحالات التي تكون فيها المحطة الأساسية ضمن حقل العمل. العمل والأداء يتمثّل في زيادة استقرار ووثوقية الشبكة, ويتماثل مع أداء LEACH في الحالات التي تكون فيها المحطة الأساسية خارج حقل العمل.

الكلمات المفتاحية: شبكات الحساسات اللاسلكية, البيئة المتجانسة, فعاليّة الطاقة, بروتوكولات التوجيه الهرميّة.

Base-Station Distance Adaptive LEACH

Ahmad Alhilal¹ and Salah Dowaji²

¹ Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria ²Associated professor, Faculty of Information Technology Engineering, Damascus University, Syria

Abstract:

For some applications, we need to deploy a network of sensors in working field to sense the environment and send collected data to a base-station for processing; these sensors depend on non rechargeable batteries, so the routing protocols for a such network of sensors need to be efficient. LEACH is one of these protocols which is a hierarchical routing protocols and helps in saving energy in wireless sensor networks.

Enhanced LEACH depends on mathematical model to calculate an estimated average energy in each round consequently make using on node's remaining energy to ensure rotating cluster head role across all nodes, It also depends on mathematical model to calculate base station distance from work field whereas LEACH doesn't take into its account any consideration for remaining energy of node.

In this paper, we enhance LEACH (work efficiency in homogeneous networks) to adapt with base-station distance, thus more energy saving for certain distances from base-station. The obtained simulation results show that enhanced LEACH saves energy better than LEACH and increase network stability and reliability when base-station is inside working field and consume same energy as LEACH when base-station is outside work field.

Keywords: Wireless sensor networks (WSN); LEACH; Homogeneous environment; energy-efficiency.

1. المقدمة:

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

وتُعرَّف شبكات الحساسات اللاسلكية على أنَّها 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 بدونها إلى العقدة الوجهة (المحطة الأساسية), كما هو وارد في المراجع [2-4].

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 تغذّي هذه العقد والتي تتمثّل ببطارية غير قابلة لإعادة الشحن أو التبديل في معظم الحالات.

1.1. تطبیقات هذه الشبکات:

- مراقبة البيئة: رطوبة التربة, درجات الحرارة...
- تطبيقات عسكرية: الكشف عن الهجمات البيولوجية والكيميائية ومراقبة ساحة المعركة.
- تطبيقات صناعية: مراقبة خطوط الانتاج وضبطها في
 الاماكن التي يصعب وصول الانسان إليها.
 - تطبیقات طبیة: رصد البیانات الفیزبولوجیة عن بعد.
 - تطبیقات البیت الذکی: بیئة ذکیة.

2.1. أنواع بروتوكولات التوجيه:

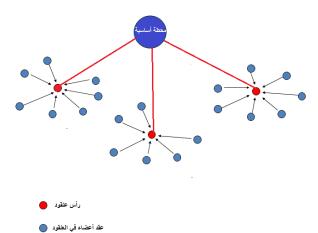
قدَّمت الأبحاث [3,4] تصنيفاً لبروتوكولات التوجيه في شبكات الحساسات اللاسلكية وفق الأنواع التالية:

1.2.1. التوجيه المسطّح (Flat routing):

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

2.2.1. التوجيه الهرمي (Hierarchical routing):

نقوم هذه البروتوكولات بنقسيم 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 و إرسالها إلى المحطة الأساسية(BS) حيث تتم معالجتها و الإستفادة منها في التطبيق الذي وُظِفت من أجله كما في الشكل(1).



الشكل (1) 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 للتكيُّف مع الطاقة المنخفضة.
- Power–Efficient Gathering in Sensor > Information Systems (PEGASIS):

فعاليّة طاقة جمع المعلومات في أنظمة الإستشعار [8].

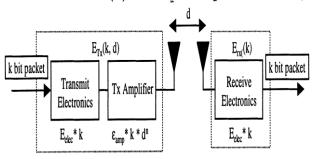
Threshold sensitive Energy Efficient > sensor Network protocol (TEEN):

خوارزمية توجيه هرمية فعّالة بالنسبة للطاقة وحسّاسة للعتبة.

- 3.2.1. التوجيه المعتمد على موقع العقد (based routing): تعتمد على معلومات مواقع العقد بهدف نقل المعطيات عبر الشبكة باتجاه العقدة الوجهة.
- based QOS). التوجيه المعتمد على جودة الخدمة (4.2.1 routing): تأخذ قضايا جودة الخدمة بعين الإعتبار نذكر مثلاً زمن التأخير طرف-طرف عند بناء المسارات في شبكة الحساسات اللاسلكية.

3.1. النموذج الراديوي لتحليل الطاقة:

سنعتبر نموذج راديوي بسيط لتوصيف الطاقة المبددة من عتاديات الأشعة الراديوية, فالحساس المُرسل يبدد طاقة لتشغيل الالكترونيات الراديوية وطاقة لتضخيم الطاقة لأيصال البيانات إلى مسافات أطول, بينما المستقبل يبدد طاقة لتشغيل الإلكترونيات الراديوية كما في الشكل (2).



الشكل (2) الإرسال والإستقبال في الحساسات

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

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

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

- d_0 إذا كان البعد بين المرسل والمستقبل أقل من عتبة \sim عندها يُستخدم نموذج الفضاء الحر.
 - ﴿ وَإِلاَّ يُستخدم نموذج التخامد متعدد المستويات.

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

طاقة الإرسال:

 $E_{TX}(k,d)=kE_{elec}+karepsilon_{fs}d^2$ (1) وهو الشكل المبسَّط لطاقة الإرسال على مسافات قريبة , أما الشكل العام فهو :

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

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

طاقة الإستقبال:

تستهلك عتاديات الأشعة الراديوية طاقة لإستقبال الرسالة كالتالي:

$$E_{Tx}(k,d) = kE_{elec} (3)$$

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

الطاقة المستهلكة في رأس العنقود:

يستهلك رأس العنقود طاقة لإستقبال الإشارات من العقد , وطاقة لتجميع الإشارات وطاقة لنقل الإشارة المجمّعة إلى المحطة الأساسية.

نعتبر مسبقاً أنّ الطاقة المبدّدة تتبع نموذج التخامد متعدد المسارات d^4 بما أن المحطة الأساسية بعيدة عن العقد, وبناءاً على ذلك فإنّ الطاقة المبددة في رأس العنقود لإرسال رسالة تُحسب كالتالى :

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

حيث d_{toBS} هو البعد بين رأس العنقود 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 العنقود فقط مرة من أجل كل إطار وبما أنّ البعد بين العقدة و رأس العنقود صغير وبالتالي فالطاقة المبددة تستخدم نموذج فقدان طاقة في فضاء حر, لذلك فالطاقة المستخدمة في هذه العقد تُحسب كالتالى:

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

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

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

5. محتوى البحث:

قدّم البحث [1] الذي اقترحه الباحثان البحث الذي التجانس تقييماً لأداء بروتوكولات التوجيه الهرمية حسب مستوى التجانس والذي استنتج الباحثان من خلاله بأنَّ بروتوكول التوجيه الهرمي لحكم LEACH هو البروتوكول الأكثر فعاليّة 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.

1.2. بروتوكول LEACH :

كما هو وارد في المرجع [5], اقترح الباحثان كما هو وارد في المرجع (5], اقترح الباحثان بروتوكول Heinzelman, A. P. Chandrakasan والذي يعتمد في انتخابه لرؤوس العناقيد على عتبة تُحسب وفق العلاقة التالية:

$$T(s) = \begin{cases} \frac{Popt}{1 - Popt(r \, mod \, \frac{1}{Popt})} & if \, s \in G \\ 0 & otherwise \end{cases}$$
 (6)

نعرّف أولاً عمليات الشبكة على أنّها عمليات انتخاب رؤوس العناقيد وتحسّس البيانات وإرسالها وإستقبالها ويتم تقسيم عمليات الشبكة إلى جولات (rounds) والجولة تعني فترة زمنية معينة يتم في بدايتها عمليات إنتخاب جديدة لرؤوس العناقيد.

في المعادلة (6) تمثل r رقم الجولة الحالية, Popt هي الإحتمالية الأمثلية التي يتم انتخاب رؤوس العناقيد وفقها وهي قيمة تجريبية تمّ تحديدها في برمترات المحاكاة على أنها 0.05, G هي مجموعة العقد التي لم تُنتخب رؤوساً للعناقيد في آخر epoch(فترة مكوّنة من عدة جولات) واحتمالية هذه العقد تزداد بعد كل جولة في نفس epoch.

يقوم بروتوكول LEACH باختيار رقم عشوائي ضمن المجال [0,1], فإذا كان الرقم أصغر من العتبة عندها يتم اختيار العقدة كرأس للعنقود.

نلاحظ بإنّ 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.

2.2. بروتوكول LEACH المتكيّف للبعد عن المحطة الأساسية:

تُحسب العتبة في هذا البروتوكول على غرار تلك التي في بروتوكول LEACH وفق العلاقة (6), ولكنه لايعتمد فقط على هذه العتبة لإنتخاب رأس العنقود فهو يعتمد أيضاً على معدل طاقة الشبكة وبالتالى فإنه يعتمد في الإإنتخاب على مايلى:

1. يقوم أيضاً باختيار رقم عشوائي ضمن المجال [0,1], فإذا كان الرقم أصغر من العتبة عندها يختبر الشرط الثاني.

2. طاقة العقدة أكبر من معدل طاقة الشبكة المقدّرة.

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 تُعبِّر عن الطاقة الوسطية الحقيقة للشبكة. فعلياً لا يمكننا حساب هذه القيمة في كل عقدة لأنَّها تتطلب معرفة طاقات باقي العقد في الشبكة وطبعاً هذا صعب ويولِّد عبء على الشبكة واستهلاك أكبر في طاقة العقد ولتجنب ذلك سنلجاً إلى تقدير معدل طاقة الشبكة كما اقترحها الباحثون Li Qing, Qingxin في المرجع [6].

1.2.2. تقدير معدل طاقة الشبكة:

نقوم كل عقدة بحساب طاقة الشبكة الكلية وفق العلاقة التالية: $E_{total} = NE_0$ (7)

تنطلق 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:

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

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

$$R = \frac{E_{total}}{E_{round}} \tag{9}$$

تُحسب الطاقة المستهلكة في كل جولة وفق العلاقة التالية: $E_{round} = L ig(2NE_{elec} + NE_{DA} + karepsilon_{mp} d_{toBS}^4 + Narepsilon_{fs} d_{toCH}^2 ig) \quad (10)$

حيث d_{toBS} طاقة الإرسال, E_{DA} طاقة التجميع, البعد البعد بين رأس العنقود والمحطة الأساسية, d_{toCH} البعد بين رأس العنقود وأعضائه.

أ. الهلال – ص. الدوه جي

مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية

فتكون الخوارزمية الناتجة (pseudo Code) وفق الشكل التالى:

For each round{

Calculate the energy spent in each round Er.

Calculate Estimated total energy Et=Et-Er.

Calculate Estimated average energy Ea.

• Cluster Head Election

For each node{

} //end for each node

```
If (BS inside work field){ // BSdistance<=dth

If (Ea> && (s(i).G<= •))

Select random number rand

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

Elect node as Cluster Head

}

Else { //BS outside work field

If (Ea> && (s(i).G<= •)){

Select random number rand

If(rand<T(s)){

Elect node as Cluster Head

}

}
```

2.2.2. حساب بعد المحطة الأساسية عن حقل العمل:

نُعرِّف أولاً عتبة البعد على أنّها العتبة التي نقرر من خلالها فيما إذا كانت المحطة الأساسية خارج حقل العمل أو ضمنه وتُحسب وفق العلاقة التالية: $d_{th}=1$

$$\frac{\overline{\varepsilon_{fs}}}{\varepsilon_{mp}} \tag{11}$$

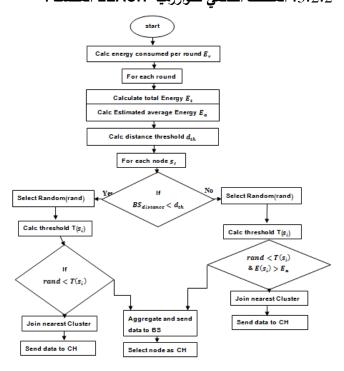
حيث E_{fs} هي الطاقة اللازمة لتضغيم طاقة الإرسال في حال استخدام النموذج الراديوي في فضاء حر و E_{mp} هي الطاقة اللازمة لتضغيم طاقة الإرسال في حال استخدام النموذج الراديوي في فضاء متعدد المسارات.

يُحسب بعد العقدة عن المحطة الأساسية وفق المعادلة التالية:

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

نقارن بعد العقدة عن المحطة الأساسية $BS_{aistance}$ 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 وإلا سيتم تطبيق منطق خوارزمية LEACH المُحسّنة للقيام بالإنتخاب.

3.2.2. المخطط التدفقي لخوارزمية LEACH المُحسّنة:



الشكل (3) مخطط تدفقي لخوارزمية LEACH المُحسّنة

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 (pseudo Code (4) لخوارزمية

بارامترات المحاكاة: .3

سوف نستخدم برنامج Matlab كوسيلة للمحاكاة والمقارنة بين أدائى بروتوكول LEACH و بروتوكول LEACH المحسَّن وسنتقيد بوسطاء المحاكاة المستخدمة في LEACH والواردة في الجدول (1):

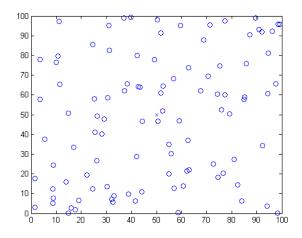
القيمة	معناه	الباراميتر
5 nJ/bit	طاقة الكترونيات	E _{elect}
	الإرسال والإستقبال	
10 pJ/bit/m ²	طاقة نموذج تعدد	$\epsilon_{\sf mp}$
	المسارات	
0.0013	طاقة نموذج الفضاء	$\epsilon_{\sf fs}$
pJ/bit/m ⁴	الخالي	
0.5 J	الطاقة الابتدائية	Eo
5 nJ/bit/msg	طاقة التضخيم	E _{DA}
70 m	عتبة البعد	d_{o}
0.05	الاحتمال الأمثلي	P _{opt}
4000 bits	حجم الرسالة	K
100	عدد العقد	n

الجدول (1) برمترات المحاكاة والمقارنة

مقارنة بين بروتوكول LEACH و .4 بروتوكول LEACH المُحسّن:

سندرس حالتين من موقع المحطة الأساسية هما:

1.4. الحالة الأولى: المحطة الأساسية ضمن حقل العمل

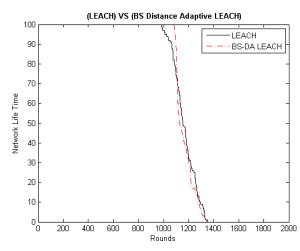


الشكل (5) نشر العقد وتموضع BS في وسطحقل العمل تتوضّع المحطة الأساسية في الشكل (5) في منتصف الحقل وذلك في النقطة (50,50).

سنقارن بين البروتوكولين حسب مقاييس الأداء التي ذكرها G. Smaragdakis, I. Matta, A. Bestavros الباحثون في المرجع [7].

1.1.4. دورة حياة الشبكة:

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



الشكل (6) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسّن

نلاحظ من الشكل (6) أنَّ دورة حياة الشبكة في LEACH تتماثل مع تلك التي في LEACH المُحسّن وهذا المقياس ليس مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية أ. الهلال – ص. الدوه جي

بالضرورة أن يكون مفيداً دائماً نظراً لأنّ بعض التطبيقات تحتاج لأن تكون التغذية الراجعة من العقد موثوقة, ودورة حياة شبكة أكبر ليس بالضرورة أن يكون مفيداً إلّا إذا اقتُرنَ بفترة استقرار أطول.

2.1.4. فترة الاستقرار:

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

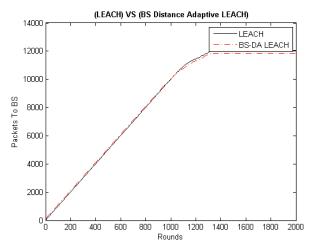
نلاحظ من الشكل (6) أنّ فترة الاستقرار في LEACH المحسَّن أكبر منها في LEACH في حال كون المحطة الأساسية ضمن الشبكة وبالتالي فإنّ بروتوكول LEACH المُحسّن يعطي أداء أفضل من أجل مقياس فترة الاستقرار.

3.1.4. فترة عدم الاستقرار:

تُعرَّف بأنها الفترة مابين موت أول عقدة وآخر عقدة , ويعتبر المقياس ضروري للتطبيقات التي تحتاج إلى وثوقية عالية عند إرسال تقارير (تغذية راجعة) من شبكة الحساسات.

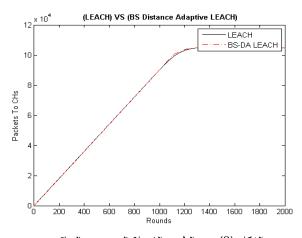
نلاحظ من الشكل (6) أنّ فترة عدم الاستقرار في LEACH المحسّن أصغر منها في LEACH, وبالتالي يُعتبر LEACH المحسّن البروتوكول الأنسب للتطبيقات التي تحتاج لوثوقية.

4.1.4. الإنتاجية :



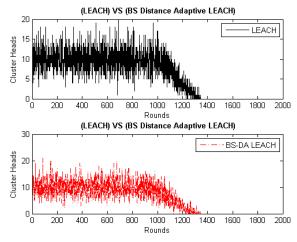
الشكل (7) عدد الطرود المُرسِلة إلى المحطة الأساسية

نلاحظ من الشكل (7) أنّ إنتاجية LEACH المُحسَّن من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى المحطة الأساسية أصغر بقليل منها في LEACH (اختلاف بسيط بين انتاجيتي البروتوكولين).



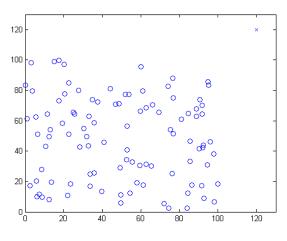
الشكل (8) عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد نلاحظ من الشكل (8) أنّ إنتاجية LEACH المُحسَّن من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد تتطابق مع انتاجية LEACH.

5.1.4. عدد رؤوس العناقيد في كل جولة:



الشكل (9) عدد رؤوس العناقيد بكل جولة في كل من نلاحظ تطابق عدد رؤوس العناقيد في كل جولة في كل من LEACH وLEACH المحسّن وذلك حسب الشكل (9).

2.4. الحالة الثانية: المحطة الأساسية خارج حقل العمل

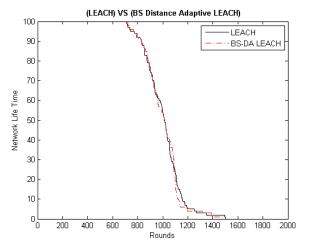


الشكل (10) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (120,120)

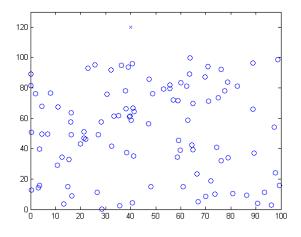
يوضِّح الشكل (10) بأنَّ المحطة الأساسية تتوضَّع خارج حقل, حيث تمّ نشر العقد على مساحة 100*100 وتوضَّعت المحطة الأساسية في النقطة (120,120) .

1.2.4. دورة حياة الشبكة:

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

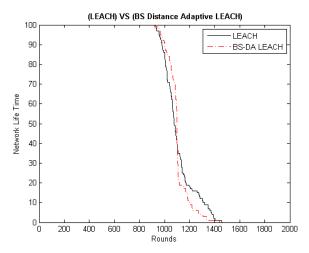


الشكل (11) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسّن

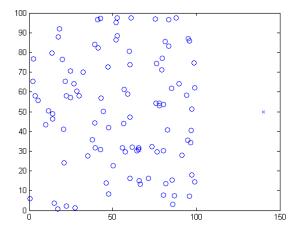


الشكل (12) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (40,120)

يوضّح الشكل (12) بأنَّ المحطة الأساسية تتوضَّع خارج حقل, حيث تمّ نشر العقد على مساحة 100*100 وتوضّعت المحطة الأساسية في النقطة (40,120).



الشكل (13) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسّن



الشكل (14) نشر العقد وتموضع BS في النقطة (140,50) (LEACH) VS (BS Distance Adaptive LEACH) LEACH 90 -BS-DA LEACH 80 70 letwork Life Time 60 50 40 30 10 400 1000 1200 1400 1600 1800 2000 600 800

الشكل (15) مقارنة دورة حياة الشبكة بين LEACH و LEACH المحسّن

نلاحظ من الأشكال (11)(13)(13) تطابق دورة حياة الشبكة في كل من LEACH و LEACH المحسَّن مع اختلاف بسيط في بروتوكول LEACH المحسَّن حيث تكون فترة عدم الاستقرار أقصر ويظهر ذلك بشكل واضح في الشكل (15) حيث تكون فترة الاستقرار أطول بعدة جولات.

مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية أ. الهلال – ص. الدوه جي

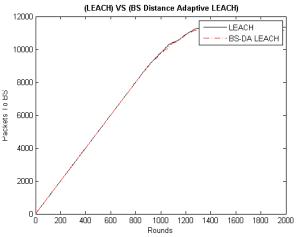
2.2.4. فترة الاستقرار:

نلاحظ تطابق فترة الاستقرار في كل من LEACH و LEACH المحسَّن المحسَّن مع اختلاف بسيط أحياناً حيث يميل LEACH المحسَّن إلى استقرار أكبر كما تُظهر الأشكال (11) و (15).

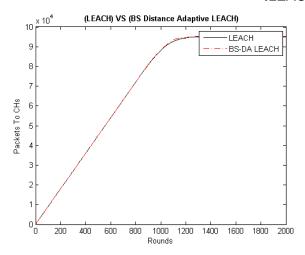
3.2.4. فترة عدم الاستقرار:

كما عرفنا مسبقاً فترة عدم الاستقرار بأنها الفترة مابين موت أول عقدة وآخر عقدة , و هذا 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.

4.2.4. الإنتاجية :



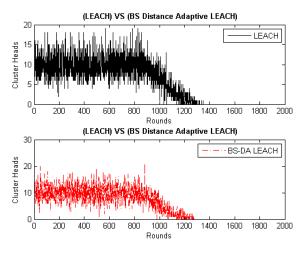
الشكل (16) عدد الطرود المُرسِلة إلى المحطة الأساسية نلاحظ أنّ انتاجية LEACH المُحسّن من حيث عدد الطرود المرسلة إلى المحطة الأساسية تُماثل تقريباً تلك التي في LEACH.



الشكل (17) عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد

نلاحظ من الشكل(17) تطابق الإنتاجية من حيث عدد الطرود المُرسلة إلى رؤوس العناقيد في كل من LEACH و LEACH المحسَّن.

5.2.4. عدد رؤوس العناقيد في كل جولة:



الشكل (18) عدد رؤوس العناقيد بكل جولة نلاحظ من الشكل(18) تطابق عدد رؤوس العناقيد تقريباً في كل جولة من أجل كلاً من LEACH و LEACH المحسّن.

5. الخلاصة:

قام بروتوكول LEACH المُتكيِّف مع البعد عن المحطة الأساسية (LEACH المُحسّن) بالتحسين على مقياسين مهمين جداً من مقاييس 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 مروتوكول LEACH.

7. مسرد المصطلحات:

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

6. المراجع:

- [1] A. Alhilal, 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. 8, N. 5, May 2013.
- [2] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E.Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks* 38 (2002): 393–422, 2001.
- [3] K.Akkaya, M.Younis. "A survey on routing protocols for wireless sensor networks", *Ad Hoc Networks 3 (2005)*:325–349, September 2003.
- [4] Al-Karaki, Jamal N. "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey", Wireless Communications, IEEE, 6-28, Dec. 2004
- [5] 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.
- [6] Li Qing, Qingxin Zhu, Mingwen Wang. "Design of distributed energy–efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks" *Computer Communications* 29, 2230–2237, 2006.
- [7] 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 2004), 2004.
- [8] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS: Power–Efficient Gathering in Sensor Information Systems," Proceedings of IEEE Aerospace Conference, 1125–1130, Montana, USA, Mar. 2002.