

## تحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية ذات عقدة مصب متحركة بسرعة متكيفة

د. جمال خليفة\*

صفوان سليمان قاسم \*\*

(تاريخ الإيداع 3 / 3 / 2021. قُبِلَ للنشر في 4 / 10 / 2021)

### □ ملخص □

تجمع البيانات في شبكات الحساسات اللاسلكية من العقد التي تتحسس للتغيرات في الوسط المحيط من خلال عقدة المصبب التي يمكن أن تكون ثابتة أو متحركة، تقدم شبكات الحساسات اللاسلكية ذات عقدة المصبب المتحركة مزايا هامة بالمقارنة مع نظيرتها ذات عقدة مصبب ثابتة، من هذه المزايا: إطالة عمر الشبكة وتقليل التأخير في جمع البيانات وزيادة نسبة استلام الرزم. في بعض التطبيقات يكون مسار عقدة المصبب ثابتاً وسرعتها ثابتة أيضاً وبسبب المسار الثابت وحركة عقدة المصبب البطيئة والثابتة ظهرت لدينا مشكلة التأخير في جمع البيانات التي يمكن أن تكون بيانات هامة بالإضافة إلى زيادة احتمالية إسقاط الرزم.

في هذه الدراسة نقترح خوارزمية لجعل سرعة عقدة المصبب متكيفة، حيث سنجد السرعة الحدية الأعلى التي تسمح لعقدة المصبب بالمرور خلال الشبكة الفرعية والارتباط مع العقدة الحساسة وتبادل رزمة بيانات مما سيقلل التأخير في جمعها، أيضاً سنجعل سرعة عقدة المصبب أكبر خلال انتقالها إلى عقدة تملك بيانات هامة مما سيقلل أيضاً من التأخير في جمع هذه البيانات وزيادة نسبة استلام الرزم.

**الكلمات المفتاحية:** شبكة حساسات لاسلكية، مصبب متحرك، تأخير نهاية-نهاية، نسبة استلام الرزم.

\*أستاذ-قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية- سورية. بريد الكتروني: jadojam09@gmail.com

\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراة)- قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية. بريد الكتروني: Safwan.kasem88@gmail.com

## Improving the Performance of Wireless Sensor Network with Adaptive Speed Mobile Sink

Dr. Jamal Khalifah\*  
Safwan Kasem\*\*

(Received 3 / 3 / 2021. Accepted 4 / 10 / 2021)

### □ ABSTRACT □

In wireless sensor networks, data is collected from sensor nodes, that sense the changes in the environment, by a sink node that can be fixed or mobile. Wireless sensor networks with a mobile sink node offer important advantages compared to their counterpart with a fixed sink node, such as: prolonging network lifetime, reducing data collection delay and increasing packet reception ratio (throughput). In some applications, the sink node path is fixed and its speed is also constant, and due to the slow and steady sink node movement, we had a problem of delay in collecting data that could be important data, in addition to increasing the probability of dropped packets.

In this study we will propose an algorithm to make the sink node speed is adaptive, where we will find the highest boundary speed that allows the sink node to pass through the subnet and connect with the sensor node and exchange a packet of data, which will reduce the delay in its collection. We will also make the sink node speed faster as it moves to a node that has important data, which will also reduce the delay in collecting this data and increase the rate of receiving packets.

**Keywords:** wireless sensor networks, mobile sink, end to end delay, packet reception ratio

---

\* Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: jadojam09@gmail.com

\*\* Ph.D. student, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: Safwan.kasem88@gmail.com.

**مقدمة:**

تنتقل العقد الحساسة للبيانات عبر اتصال لاسلكي إلى عقدة المصب التي كانت ثابتة (في البداية)، ظهرت لدينا مشاكل متعددة في الشبكة كتوزيع الحمل غير العادل بين عقد الشبكة مما أدى إلى استهلاك غير متساوي من الطاقة وتقليل عمر الشبكة بشكل عام إضافة إلى مشاكل أخرى، فيما بعد استخدمت عقدة المصب المتحركة على نطاق واسع لتفادي السليبيات سابقة الذكر [1,2,3] حيث تستخدم عقدة واحدة أو أكثر لنقل البيانات عبر اتصال فقرة واحدة في أغلب الأحيان [4]. تسلك عقدة المصب مسارات محددة مسبقاً بحسب التطبيق المستخدم والهدف منه، وقد قدمنا في بحث سابق [5] مساراً متكيفاً لعقدة المصب لجمع البيانات الهامة من العقد دون التقريط بالبيانات العادية، وكما أن المسار يلعب دوراً هاماً في الحصول على البيانات الهامة والتقليل من التأخير في جمع البيانات، كذلك لسرعة عقدة المصب تأثير على البارامترين السابقين، فعندما تكون سرعة عقدة المصب عالية ستكون عملية الوصول للعقد أسرع وبالتالي تقليل التأخير لكن مع احتمال إسقاط للرمز، وعندما تكون بطيئة ستجمع البيانات لكن مع تأخير مرتفع، لكن من ناحية أخرى عند الانتقال لجمع بيانات هامة يجب أن تكون السرعة عالية للوصول إلى هذه العقد دون الارتباط بأي عقد على طول مسار عقدة المصب حتى الوصول إلى العقدة التي تملك البيانات الهامة ثم إرجاع السرعة إلى قيمتها الحدية التي تضمن الارتباط وتبادل البيانات ولا أكثر من ذلك.

نستعرض في الفقرة (2) بعض الدراسات الحديثة التي اهتمت بالمسار المتكيف وبعضها اهتم بسرعة عقدة المصب. نشرح في الفقرة (3) الخوارزمية المقترحة وآلية حساب السرعة الحدية. في الفقرة (4) نعرض بارامترات المحاكاة والنتائج التي حصلنا عليها، أما التوصيات فقد جاءت في الفقرة (5).

**أهمية البحث وأهدافه:**

تدخل شبكات الحساسات اللاسلكية في مختلف مجالات الصناعة والزراعة حماية المنشآت وغيرها، وبسبب أهميتها يعتبر تحسين أدائها أمراً هاماً، يهدف هذا البحث إلى تقليل تأخير نقل البيانات في شبكات الحساسات اللاسلكية والوصول إلى نسبة استلام رزم عالية وضمان الوصول للبيانات الهامة بأقل تأخير، مما ينعكس إيجاباً على أداء وفعالية الشبكة ككل.

**طرائق البحث ومواده:**

يدرس هذا البحث شبكة حساسات لاسلكية مقسمة إلى شبكات فرعية (مربعات صغيرة)، أجريت المحاكاة على برنامج NS 2.35 وهو برنامج محاكاة مفتوح المصدر يعمل على نظام LINUX، كما أن الدراسات السابقة استخدمته.

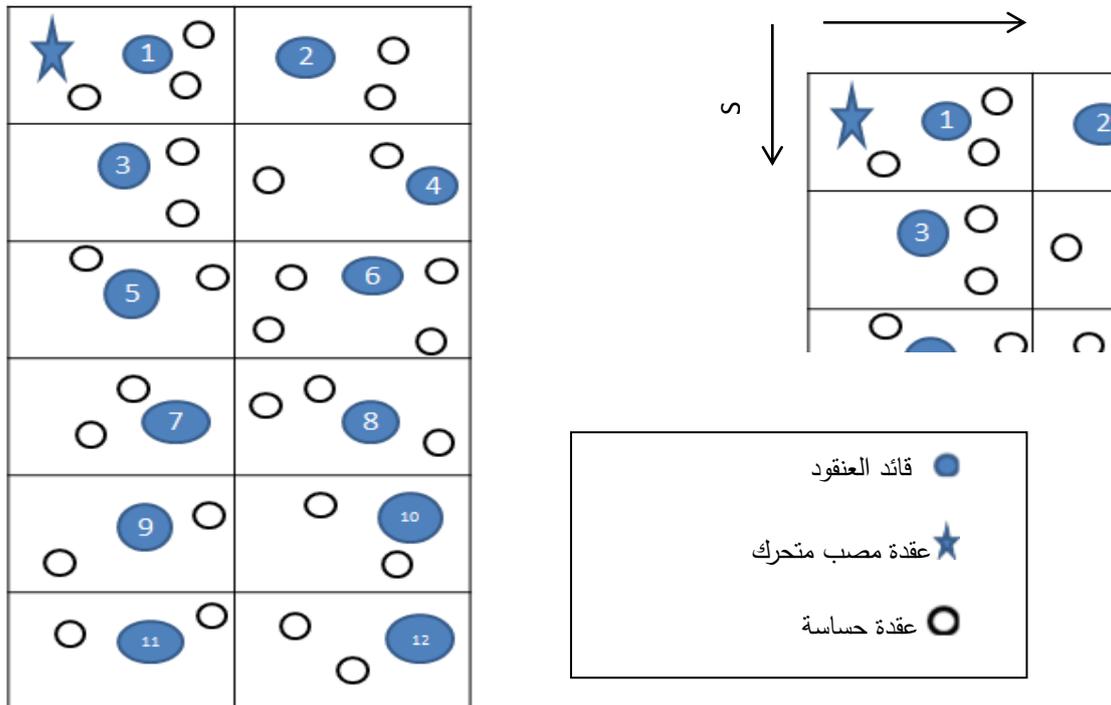
**1. الدراسات المرجعية:**

اهتمت العديد من الدراسات بتحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية من خلال مسار عقدة المصب أو سرعتها. تمت مناقشة وجود بيانات ذات أهمية في الشبكة حيث قسّمت الشبكة إلى مربعات لكل مربع قائد عنقود (الأعلى طاقة)، تتحرك عقدة المصب وفق مسار محدد مسبقاً (في حالة جمع البيانات الطبيعية)، وعند ورود رسالة طلب لإرسال البيانات ستقوم عقدة المصب بالتحرك نحو المربع الذي يحوي العقدة التي ولدت الطلب، وتتحرك وفق المسار

المحدد مسبقاً دون الوقوف عند أي عقدة في طريقها حتى الوصول إلى المربع المنشود[6]، وهي تطوير لدراسة سابقة [7]. وُضعت خوارزمية للوصول إلى البيانات ذات الأهمية العالية بأقصر مسار دون التفريط بالبيانات ذات الأهمية العادية، لكن في حالتي جمع البيانات (الهامة والعادية) لم تتغير سرعة عقدة المصب (ثابتة)[5]. أجريت حسابات للوصول إلى السرعة المثلى لعقدة المصب وتطبيقها على بروتوكول التوجيه الشجري الديناميكي (DTR) لم تناقش هذه الدراسة تكيف السرعة مع مختلف أنواع البيانات، ولا مسألة جمع بيانات هامة [8]. في دراسة أخرى تم تحسين جمع البيانات مع الحفاظ على الطاقة ومن بين الطرائق التي اقترحتها كان وضع سرعة وسطية مناسبة لجمع البيانات (غير حدية) إضافة إلى اقتراح سرعة أكبر في المناطق الفارغة، ولم تطرُق لنوعية البيانات[9]. اقترحت دراسة أخرى وجود عدة سرعات لعقدة المصب، عند الاقتراب من عقدة حساسة ستكون سرعة عقدة المصب منخفضة وعند الوقوع بين عقدتين حساستين سيكون لعقدة المصب سرعة أقل. لم تهتم هذه الدراسة بحساب السرعة الحدية ولا وجود لبيانات ذات أهمية أكبر من غيرها والمسار فيها ثابت [10]. سنحسب في بحثنا السرعة الحدية اللازمة لارتباط عقدة المصب المتحركة مع العقدة الحساسة (قائد العنقود) وتبادل رزمة بيانات واحدة، وسيكون لعقدة المصب (عند ورود طلب لاستقبال بيانات ذات أهمية عالية) سرعة أكبر للوصول بأقل وقت ممكن وسنطبق خوارزمتنا هنا على الدراسة [5] التي تتضمن حساب أقصر مسار.

## 2. الخوارزمية المقترحة:

سنقسم الشبكة إلى شبكتين  $S$  رعية كما هو مبين في الشكل الآتي:



الشكل (1): الشبكة المستخدمة وتقسيمها

تنتقل عقدة المصب المتحركة من مربع إلى مربع آخر بسرعة معينة وغالباً ما تبقى هذه السرعة ثابتة تُختار السرعة كرقم من ضمن مجال نتيجته عقدة المصب المتحركة، سنحسب أقصى سرعة لعقدة المصب بحيث تتمكن من الاتصال

واستقبال البيانات من العقدة الحساسة أو قائد العنقود، حيث أن الوصول لهذه السرعة يتيح لنا تقليل التأخير إلى أدنى حد ممكن، حيث لا تبقى عقدة المصّب لفترة أطول من اللازم ضمن المربع الذي تتلقى منه البيانات.

$$\text{سرعة عقدة المصّب} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن}} \dots (1)$$

المقصود بالزمن هنا هو زمن بقاء عقدة المصّب ضمن المربع وهو أدنى وقت يؤمن لها البحث ضمن القنوات والاتصال مع قائد العنقود أو العقدة الحساسة واستقبال البيانات (سنعتبر هنا رزمة واحدة). المسافة المقطوعة هي أبعاد المربع وهي تساوي إلى مدى إرسال العقدة الحساسة ورمزنا له بالخوارزمية السابقة بـ S. سنقوم بحساب الزمن وفق الآتي:

تبحث عقدة المصّب في ثلاث قنوات، في برنامج المحاكاة المعتمد سنفترض أسوأ سيناريو وهو كون عقدة المصّب قد انتهت من البحث في القناة الأولى وكان قائد العنقود قد أرسل لها رسالة beacon على نفس القناة في وقت سابق ولم تتلقاها عقدة المصّب أي ستضطر للبحث في القناتين اللاحقتين قبل أن تعود للقناة الأولى وتستقبل رسالة beacon. زمن البحث في القناة يجب أن يكون أكبر من الوقت الفاصل بين إرسال رسالتي beacon حتى نضمن استقبالها ويعطى الوقت الفاصل بين رسالتي beacon بما يلي [11]:

$$BI = 2^{B0} * a \text{ BaseSuperFrameDuration} \dots (2)$$

حيث أن B0 هو رقم طلب beacon.

ويما أن وقت البحث ضمن القناة يجب أن يكون أكبر من BI :

$$T_{\text{ChannelScanDuration}} = N(2^{B0} + 1) * a \text{ BaseSuperFrameDuration} \dots (3) \quad [11]$$

حيث N هي عدد القنوات التي يتم البحث بها وهي في حالتنا ثلاث قنوات، وتمثل هذه المعادلة زمن البحث ضمن القنوات. سنحسب الزمن اللازم للارتباط  $T_{\text{Associate}}$  بين عقدة المصّب و قائد العنقود أو العقدة الحساسة: يتم الارتباط في الطبقة الثانية ويشمل بعض الرسائل التي يكون زمنها قليل جداً من رتبة الميكرو ثانية وهي طلب الارتباط والتأكيد وطلب البيانات والتأكيد وهي مهمة مقارنة بزمن الانتظار الرد ويسمى  $\text{macResponseWaitTime}$  وهو يساوي [12]:

$$T_{\text{macResponseWaitTime}} = 32 * a \text{ BaseSuperFrameDuration} \dots (4)$$

سنحسب الزمن اللازم لإرسال رزمة واحدة (بيانات) كالاتي [15]: يعطى حساب الزمن اللازم لإرسال رزمة في تقنية IEEE802.15.4 بتردد 2.4GH بالمعادلة:

$$T_{\text{send}} = t_{B0} + t_{\text{frame}} + t_{\text{ta}} + t_{\text{ack}} + t_{\text{ifs}} \dots (5)$$

حيث  $t_{B0}$  هي Back-off period ويساوي 1.1245 m.s

$t_{\text{ta}}$  هي Turnaround time ويساوي 192  $\mu$ .s

$t_{\text{ack}}$  زمن التأكيد

$t_{\text{ifs}}$  هو Inter Frame Spacing time ويساوي 640  $\mu$ .s

$t_{\text{frame}}$  زمن الإطار ويمكن حسابه من خلال

$$T_{\text{frame}} = \frac{8(\text{framepayload} + \text{frameheaders})}{B} \dots (6) \quad [11]$$

حيث B هو معدل الإرسال ويساوي 250Kbps.

يمكننا حساب معدل إرسال بت واحد من خلال معدل الإرسال  $4\mu.s = 1/250000$

سنحسب زمن التأكد و زمن الإطار من خلال التعويض:

زمن التأكد : لا تحوي رسالة التأكد حمل بيانات، بل لديها 5 بايت ترويسة و ذيل لطبقة MAC ولديها 6 بايت

ترويسة من الطبقة الفيزيائية، فيصبح زمن إرسال رسالة التأكد هو  $t_{ack} = 8 * 11 * 4 = 352 \mu.s$

أما زمن الإطار: إن أقصى ما يحويه الإطار في طبقة MAC هو 127 بايت و 6 بايت من الطبقة الفيزيائية فيصبح

المجموع 133 بايت  $T_{frame} = 8 * 133 * 4 = 4.256 m.s$

ويكون زمن الإرسال مجموع الأزمنة السابقة وبالتعويض في المعادلة (5) يكون

$$T_{send} = 1.1245 + 4.256 + 0.192 + 0.352 + 0.64 = 6.5645 m.s$$

$$T_{total} = T_{ChannelScanDuration} + T_{send} + T_{macResponseWaitTime} \dots \dots (7)$$

باعتبار  $N=3$  قنوات، ولدينا في أسوأ سيناريو ستبحث عقدة المصب بقناتين تصبح لدينا المعادلة على الشكل الآتي:

$$\begin{aligned} T_{total} &= 2t_{scan} + 2t_{assosiate} + t_{send} \\ &= 2N((2^{B_0} + 1) + 32) * basesuperframe\_duration + 6.5645 m.s \\ &= 2 * 3((2^6 + 1) + 32) * 15.36 + 6.5645 = 8963.5445 ms = 8.9635445 s \end{aligned}$$

بتعويض  $BaseSuperFrameDuration=15.36ms$  و  $B_0=6$  لرسالة beacon وبعدها قنوات = 3 في المعادلة:

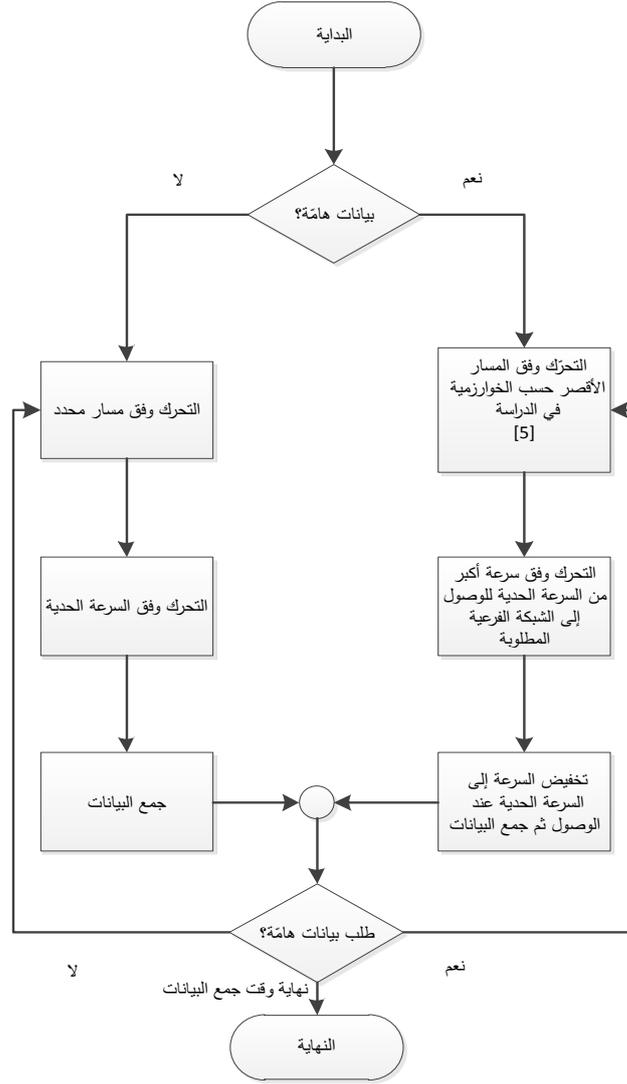
$$Speed_{thersh} = \frac{S}{T_{total}} \dots (6)$$

حددنا  $S=25 m$  لسهولة المقارنة مع الدراسات السابقة.

$$\begin{aligned} Speed_{thersh} &= \frac{25 m}{(2 * 3 * 2^6 + 1 + 2 * 3 * 32) * 15.36 m.s + 6.5645 m.s} = \frac{25 m}{8.9635445 S} \\ &= 2.79 m/s \end{aligned}$$

وهي أقصى سرعة وأفضلها لعقدة المصب وهي كافية لتأسيس الاتصال وتبادل رزمة بيانات وتتيح لنا هذه السرعة الوصول إلى الاستخدام الأمثل لطاقة عقدة المصب وتقليل التأخير في استلام رزم البيانات من مختلف أجزاء الشبكة. بالتالي سيكون لدينا سرعتين الأولى تكون السرعة الحدية هي المستخدمة عند استقبال البيانات العادية بما يضمن استقبال كامل البيانات ضمن الشبكة، والسرعة الثانية وتكون أعلى قيمة وذلك من أجل تجاوز المسافة بين مكان عقدة المصب و مكان تواجد العقدة التي تملك البيانات الهامة بأقصر وقت ممكن وبالتالي الحصول على هذه البيانات بالسرعة القصوى.

وبوضح الشكل (2) المخطط التدفقي للخوارزمية:



الشكل (2) المخطط التدفقي للخوارزمية

إذا كان هناك طلب لإرسال بيانات هامة من الشبكة تقوم عقدة المصب بتغيير سرعتها إلى 10 m/s للوصول إلى مربع الشبكة المطلوب ثم تغييرها إلى 2.79 m/s وجمع البيانات الهامة، أما في حال عدم وجودها فستتحرك عقدة المصب بسرعتها الحدية وبمسار محدد مسبقاً وتكرر العملية حتى نهاية وقت جمع البيانات أو المحاكاة هنا.

### 3. المحاكاة والنتائج:

في كل مربع ضمن الشبكة تُختار العقدة ذات الطاقة الأعلى كقائد للعنقود وينتخب قائد العنقود مرة ثانية بعد نهاية دورة جمع البيانات التي تنتهي عندما تزور عقدة المصب كافة مربعات الشبكة.

أُجريت عملية المحاكاة على برنامج NS-2.35 نُصّب على نظام Linux-mint 17 الذي بدوره منصّب على برنامج Virtual machine ضمن نظام التشغيل Windows 7.

بارامترات المحاكاة (مساحة المنطقة، عدد العقد ... ) موضحة ضمن الجدول (1)، والتي اختيرت كما هي في الدراسات السابقة، لسهولة مقارنة النتائج بين الخوارزمية المقترحة والخوارزميات الأخرى، وقد اخترنا سرعة مرتفعة لعقدة

المصب عند وجود بيانات هامة، كونها تتحرك من مربع لآخر فقط دون استلام البيانات وعند الوصول إلى المربع الذي يحوي البيانات الهامة ستخفض السرعة إلى السرعة الحديثة.

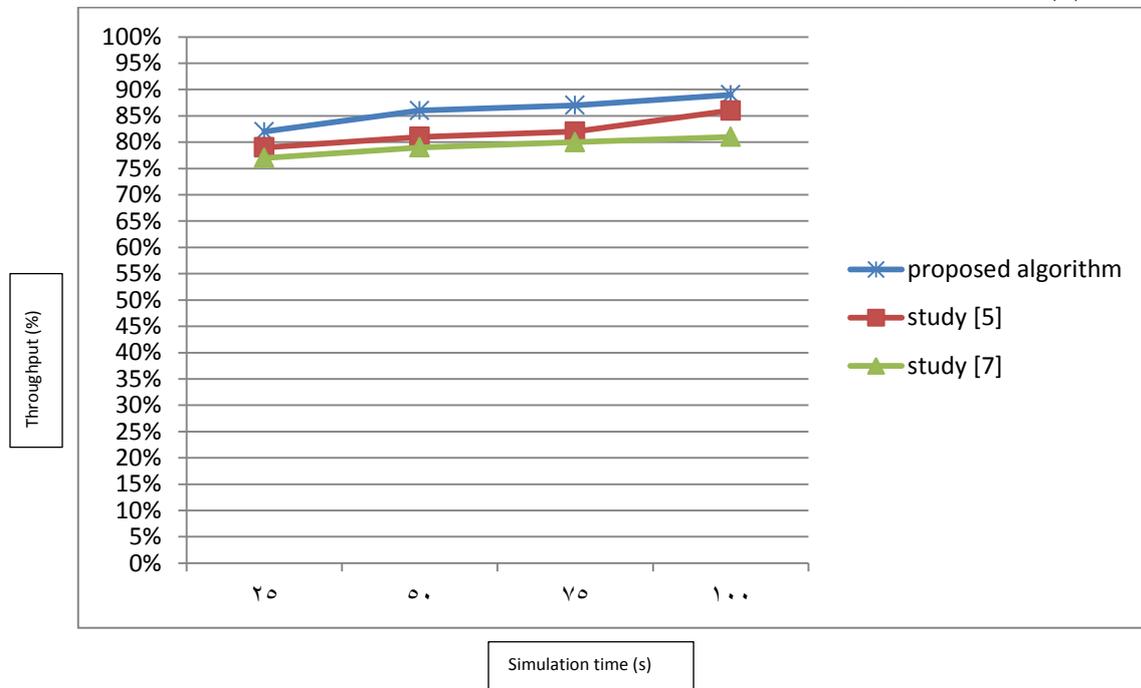
الجدول (1): بارامترات المحاكاة

100x100 m <sup>2</sup>	مساحة المنطقة
30	عدد العقد
1	عدد عقد المصب
IEEE802.15.4	بروتوكول الاتصال
100 s	زمن المحاكاة
2.79 m/s	سرعة عقدة المصب الحديثة
10 m/s	سرعة عقدة المصب عند وجود بيانات هامة
1j	الطاقة البدائية للعقدة الحساسة
25 m	نصف قطر منطقة الاتصال
عشوائي	توزيع العقد

قورنت نتائج الخوارزمية المقترحة (التي سيشار لها بـ proposed algorithm في الأشكال التي ستعرض النتائج)، مع الخوارزميات سابقة وفق بارامترين هما نسبة وصول الرزم وتأخير نهاية-نهاية .

## النتائج والمناقشة:

1. نسبة وصول الرزم (الإنتاجية): تعرف الإنتاجية بأنها النسبة المئوية لوصول الرزم السليمة إلى الهدف (المستقبل)، يبين الشكل (3) مقارنة بين الإنتاجية عند تطبيق الخوارزمية المقترحة والخوارزميات الأخرى سابقة الذكر.

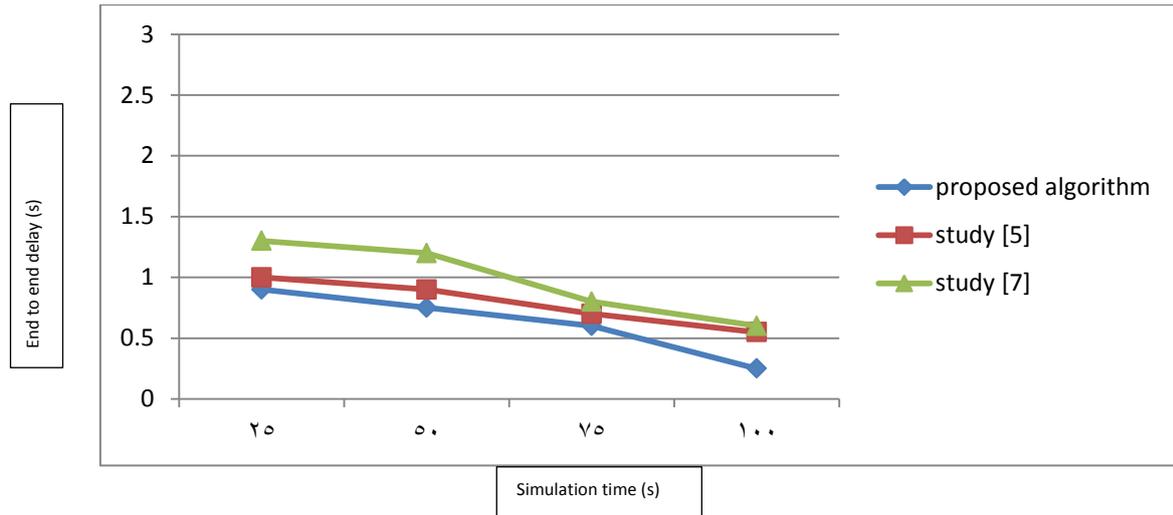


الشكل (3): مقارنة نسبة وصول الرزم للخوارزمية المقترحة مع الخوارزميات السابقة

أعطت دراستنا النتيجة الأفضل بالمقارنة مع الدراسة [5] والدراسة [7]، في الدراسة [7] والتي تعتمد على تحريك عقدة المصب نحو العقدة الحساسة التي تملك بيانات هامة وبسرعة ثابتة مروراً بالشبكات الفرعية في مسارها المحدد مسبقاً مما سينتج عنه تأخير (وهو ما ستوضحه النتائج) واحتمال إسقاط رزم أكثر كلما زاد تأخر وصول عقدة المصب نحو العقدة الحساسة، أظهرت الدراسة [5] نتيجة أفضل من الدراسة [7] كون عقدة المصب تسير بأقصر مسار ولكن السرعة غير متكيفة وثابتة في كل الأحوال، أما في الخوارزمية المقترحة فقد جاءت تطوير لدراستنا السابقة فاستفادت من المسار الأقصر وأضافت السرعة المتكيفة. كانت أفضل نتيجة لنا هي 90% حيث لا بد من وجود أخطاء بعضها يعود إلى طبيعة القناة وما يسبب من أخطاء في الإرسال والاستقبال، أيضاً حجم Buffer عقدة المصب يؤثر على الإنتاجية حيث أن حجمه المحدود يعني أنه سيمتلئ في وقت ما خلال المحاكاة إذا كانت كمية البيانات المجموعة كبيرة، وبالتالي زيادة حجم Buffer أو التقليل من حجم البيانات المولدة سيؤثر على الإنتاجية بشكل إيجابي.

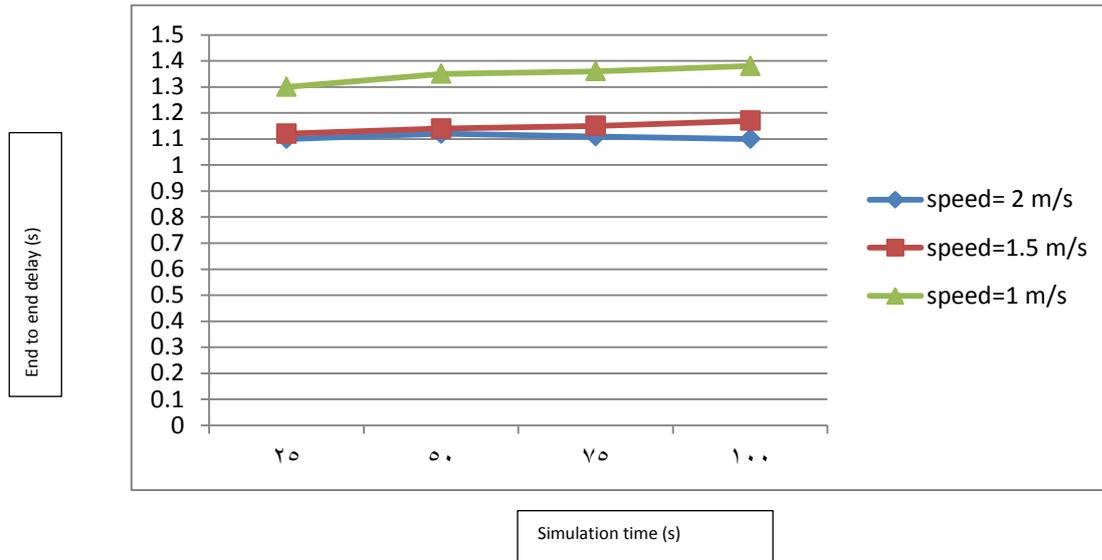
2. التأخير نهاية-نهاية:

يعرف هذا التأخير بأنه الفرق بين الزمن المتوقع لوصول الرزم (وهو في دراستنا  $T_{send}$ ) وبين وقت الوصول الفعلي لهذه الرزم. يبين الشكل (4) تأخير أقل عند تطبيق الخوارزمية المقترحة نتيجة أن عقدة المصب ستسلك أقصر مسار وأفضل سرعة للوصول إلى العقدة الحساسة التي تملك البيانات الهامة والسرعة الحدية الأقصى لتبادل البيانات.



الشكل (4): تأخير نهاية - نهاية في الخوارزمية المقترحة والدراسات السابقة

أعطت خوارزمتنا المقترحة أقل تأخير مقارنة بالدراستين [5]، [7] حيث أن عقدة المصب تسلك أقصر مسار بأقصى سرعة مسموحة للارتباط وتبادل رزمة البيانات وتزداد السرعة للوصول إلى العقدة التي تملك البيانات الهامة بأقل وقت ممكن وتعود السرعة إلى قيمتها الحدية عند الوصول لمربع الشبكة الذي يحوي العقدة التي تملك البيانات الهامة من أجل جمعها. غيرنا أيضاً سرعة عقدة المصب لإيجاد التغيير الحاصل في التأخير (للخوارزمية المقترحة)، يبين الشكل (5) تغيير التأخير عند تغيير سرعة عقدة المصب بالنسبة للزمن في نفس الشبكة. اخترنا السرعات أقل من السرعة الحدية لتبيان زيادة التأخير معها:



الشكل (5): أثر تغيير سرعة عقدة المصب على التأخير نهاية-نهاية

كما هو مبين في الشكل (5) عند تقليل سرعة عقدة المصب تحت السرعة الحدية فإن التأخير نهاية-نهاية يزداد، حيث يتم جمع البيانات لكن مع وجود بطء في عملية الجمع هذه على مستوى الشبكة ككل.

#### الاستنتاجات والتوصيات:

جاء هذا البحث تطويراً لبحث سابق اقترح فيه مساراً متكيفاً لعقدة المصب عند ورود طلب من عقدة حساسة لإرسال بيانات هامة. جعلنا في هذا البحث سرعة عقدة المصب متكيفة، وأوجدنا أقصى سرعة (السرعة الحدية) تُمكن عقد المصب من جمع البيانات. بينت النتائج أنه وعند دمج هذه الخوارزمية مع خوارزمتنا السابقة أنها أعطت نتائج أفضل على باقي الدراسات الحديثة مع مراعاة وجود بيانات ذات أهمية عالية، حيث قلّ التأخير وازدادت الإنتاجية.

#### References:

- [1] J. RAO, S. BISWAS, "Network-assisted sink navigation protocols for data harvesting in sensor networks," In Proceedings of the *IEEE Conference on Wireless Communications and Networking*, pp. 2887-2892, Apr 2008.
- [2] D.MARIO, S. K. FRANCESCO, D. GIUSEPPE, "Data Collection in Wireless Sensor Networks with Mobile Elements: A Survey", *the ACM the Transactions on Sensor Networks*, Vol.8, Issue 1, pp.7:1-31, August, 2011.
- [3] M. Chen , S. Gonzalez , and V. Leung, "Applications and Design Issues of Mobile Agents in Wireless Sensor Networks", *IEEE Wireless Communications Magazine*, Vol. 14, No. 6, pp. 20- 26, Dec.2007.
- [4] G.ANASTASI, etc, "Energy conservation in wireless sensor networks: A survey". *Ad Hoc Network*. 7, 3, pp.537-568, May 2009.
- [5] Kh. Jamal, K. Safwan. " Adaptive shortest path design for mobile sink in wireless sensor network" *Tartous University Journal for Research and Scientific Studies* Vol. (4) No. (11) 2020.
- [6] Kh. Jamal, K. Safwan. " Adaptive Path Design for Mobile Sink in Wireless Sensor Networks.", *IJCST*, vol(11)2: pp. 24-28, 2020.
- [7] Z. Ling, W.Cheng. Dynamic Path Planning Design for Mobile Sink with Burst Traffic in a Region of WSN. *Wireless Communications and Mobile Computing* 2019 (2019).

- [8] Kh. jamal, A. hasan, I. mohannad. *Mobile Dynamic Tree Routing Protocol (MDTR) in ZigBee /802.15.4 based Wireless Sensor Network*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (40) 2018.
- [9] X. Lan, Y. Zhang, etc. *Adaptive Transmission Design for Rechargeable Wireless Sensor Network With a Mobile Sink*. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 7, NO. 9, SEPTEMBER 2020.
- [10] K. Naween; D.Dinesh. Maximum data gathering through speed control of path-constrained mobile sink in WSN. In: *2017 7th International Symposium on Embedded Computing and System Design (ISED)*. IEEE, 2017. p. 1-4.
- [11] 802.15.4-2006 IEEE Standard for Information Technology- Telecommunications and Information Exchange Between Systems- Local and Metropolitan Area Networks- Specific Requirements Part 15.4: Wireless Med.
- [12] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Part 15.4: *wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LRWPANs)*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2003.