

# Analysis of single-hop routing protocol evaluation models in wireless sensor networks

تحليل نماذج تقييم بروتوكول التوجيه أحادي القفزة في شبكات الاستشعار اللاسلكية

إعداد: نوح عبود



# الملخص

---

يتم تحليل نماذج تقييم بروتوكول التوجيه أحادي القفزة في شبكات الاستشعار اللاسلكية، مع التركيز على المعلومات التي تؤثر على الموثوقية والأداء. تنفذ الدراسة بروتوكول أحادي القفزة باستخدام أدوات المحاكاة لتحليل العلاقات بين الكثافة ونصف القطر والموثوقية والعمر، وتقدم نماذج تقييم ذكية للتنبؤ بعمر الشبكة وموثوقيتها دون الحاجة إلى عمليات المحاكاة. تتناول الدراسة أيضاً عيوب هذا الأسلوب في تطبيقات شبكات الاستشعار اللاسلكية.

# الباحثون

---

## Ning Cao

- باحث في هندسة البرمجيات
- لديه أكثر من 100 ورقة بحثية تقنية في المجالات والمؤتمرات الدولية (الأمن وإنترنت الأشياء)

## Guofu

- متخصص في الاتصالات الرقمية، والتعلم الآلي، ومعالجة اللغات الطبيعية.

## Hua Yu

- أبحاث في إنترنت الأشياء والتجارة الإلكترونية

## Yingyin

- تركزت أبحاثها على مجالات مثل استخراج البيانات، واسترجاع المعلومات، والتصفية في مجال هندسة المعلومات

## Mei Wu

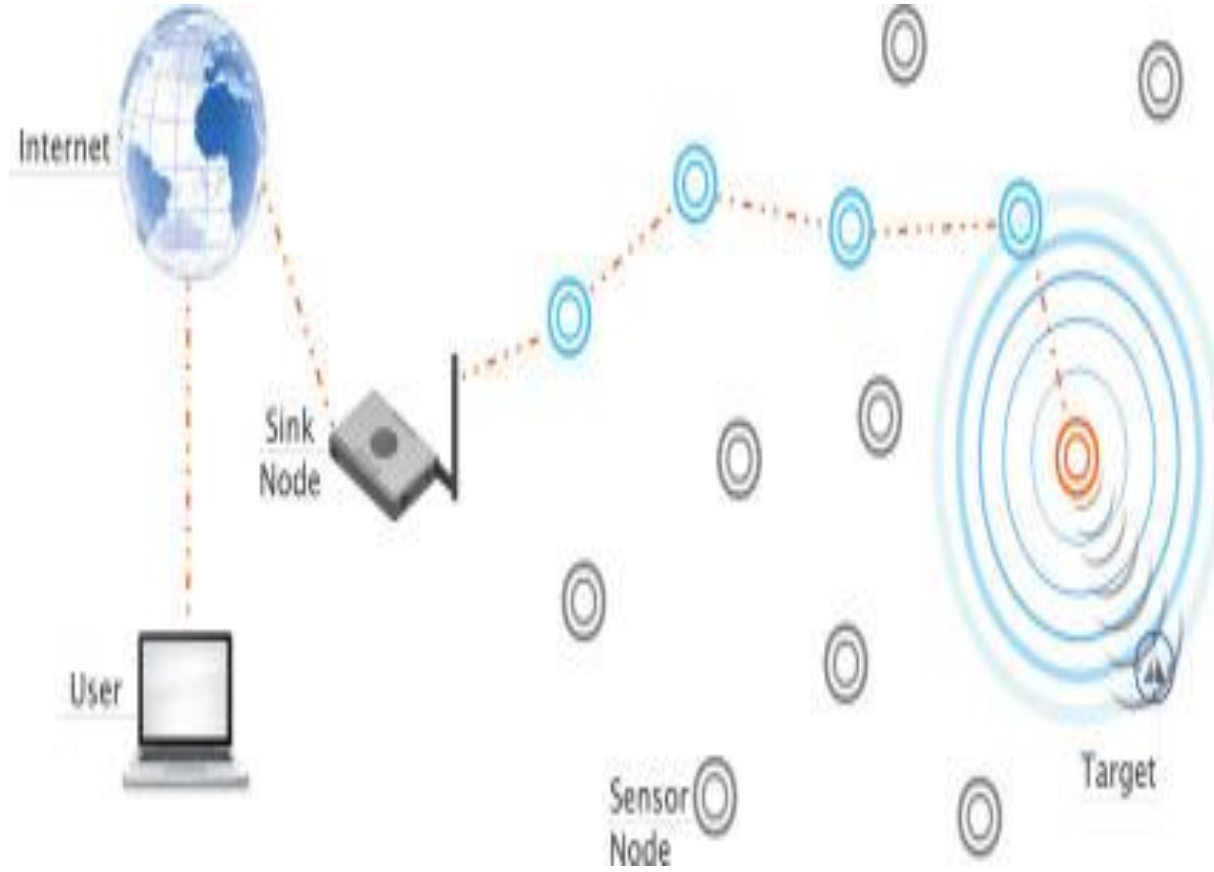
- تركز أبحاثها على شبكات الاستشعار اللاسلكية، وبروتوكولات التوجيه الموفرة للطاقة، وتطوير تطبيقات الويب/الهاتف المحمول

## Chenjing Gong

- يتضمن عملها استكشاف التطبيقات والتطورات في تكنولوجيا إنترنت الأشياء (IoT) وهندسة البرمجيات

# Wireless Sensor Networks(wsn)

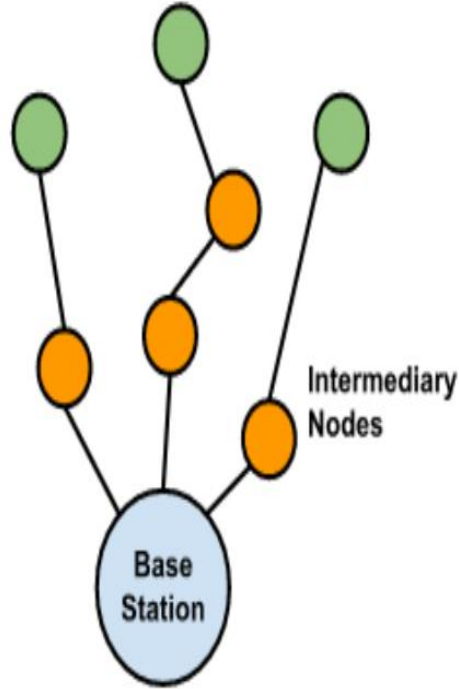
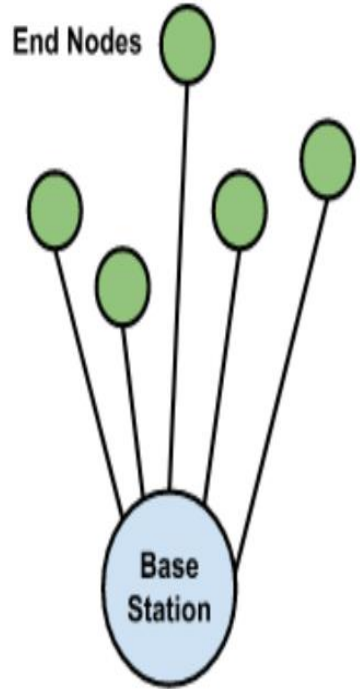
## مقدمة



تتكون شبكة WSN من أجهزة استشعار موزعة مكانياً وعقدة sink واحدة أو أكثر تسمى أيضاً المحطة الأساسية. تقوم أجهزة الاستشعار بمراقبة الظروف المادية في الوقت الفعلي، مثل درجة الحرارة أو الاهتزاز أو الحركة...، وتنتج بيانات حسية. يمكن لعقدة الاستشعار أن تعمل كمنشئ البيانات وجهاز توجيه البيانات. ومن ناحية أخرى، تقوم sink node بجمع البيانات من أجهزة الاستشعار. قد تتواصل sink node مع المستخدم النهائي عبر الاتصالات المباشرة أو الإنترنت أو أي نوع من الروابط اللاسلكية.

# Single hop & multi hop protocol

➤ تشير القفزة إلى عدد الشبكات المختلفة أو العقد التي يجب أن "تنتقل" حزمة البيانات عبرها للوصول إلى عنوان الوجهة النهائي.



➤ Single hop: (الشكل على اليسار)

- يتم نقل البيانات مباشرة من العقدة المصدر إلى العقدة الوجهة.
- يجب أن يكون لكل عقدة رابط اتصال مباشر مع العقدة الوجهة

➤ Multi hop: (الشكل على اليمين)

- يتم استخدام عقد وسيطية المعروفة أيضاً باسم المرحلات، لتسهيل الاتصال بين العقدة المصدر والوجهة.
- يتم إرسال البيانات بطريقة قفزة تلو الأخرى، حيث تستقبل كل عقدة ترحيل البيانات وتعيد إرسالها إلى المرحل التالي أو العقدة الوجهة.

➤ يتم توجيه البيانات من خلال تعيين عنوان فريد لكل عقدة في الشبكة واستخدامه كمعرّف لتوجيه البيانات بشكل مباشر.

# Single hop protocol

نقل البيانات يحدث مباشرة بين عقدتي المصدر والوجهة  
لا توجد مراحل أو قفزات إضافية لإحداث تأخيرات



Low latency



التصميم والنشر والإدارة أسهل مما يجعل استكشاف  
الأخطاء وإصلاحها أمرًا بسيطًا نسبيًا



simplicity



المزايا

البيانات يتم نقلها مباشرة دون عقد وسيطة وبالتالي فإن  
شبكات القفزة الواحدة تستهلك طاقة أقل بشكل عام مقارنة  
بالشبكات متعددة القفزات



Lower energy  
consumption



# Single hop protocol

يجب أن تكون كل عقدة ضمن مسافة اتصال مباشرة من العقدة الوجهة.

Limited range

القيود

مع زيادة عدد العقد، يزداد تعقيد الحفاظ على روابط الاتصال المباشرة بشكل كبير.

Scalability challenges

# multi hop protocol

يتم ترحيل البيانات عبر عقد متعددة وهذا يتيح الاتصال عبر مسافات أطول



Extended  
range



يتم تحسين الموثوقية من خلال إنشاء مسارات متكررة لنقل البيانات في حالة فشل عقدة الترحيل أو انقطاع الاتصال، يمكن استخدام مسارات بديلة للحفاظ على الاتصال، مما يضمن مرونة أعلى للشبكة



Increased  
reliability

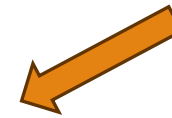


المزايا

تتميز الشبكات متعددة القفزات بقابلية توسع فائقة مقارنة بشبكات القفزات الفردية ومن خلال إضافة عقد الترحيل يمكن توسيع الشبكة



scalability





# multi hop protocol

يوفر نقل البيانات في شبكات متعددة القفزات زمن وصول إضافيًا مقارنة بشبكات القفزة الواحدة تتعرض كل عقدة ترحيل إلى تأخير، مما قد يؤثر على تطبيقات الوقت الفعلي الحساسة لزمن الوصول، مثل بث الفيديو أو الألعاب عبر الإنترنت

Higher latency

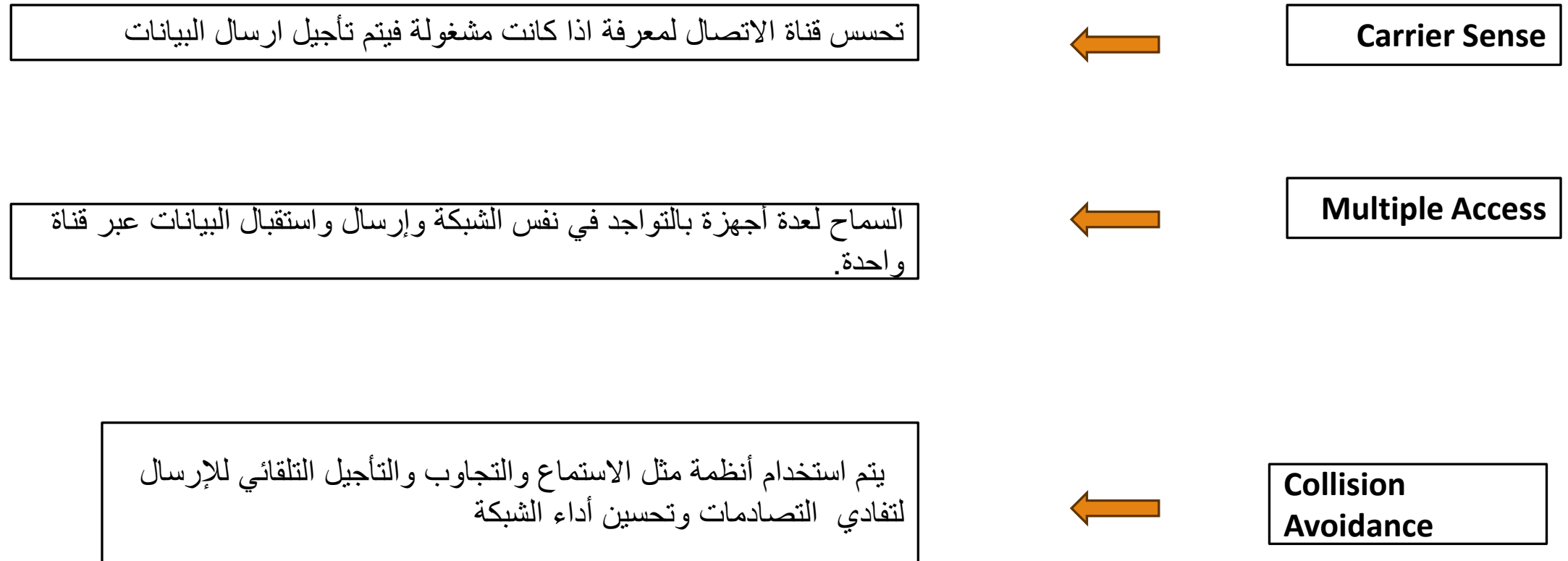
القيود

مع إشراك عقد ترحيل متعددة تتطلب المرحلات طاقة إضافية لتضخيم الإشارة، والتوجيه، ومعالجة البيانات

Increased  
energy  
consumption

# CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

لتقليل التصادمات في شبكات الاستشعار اللاسلكية، يتم استخدام تقنيات مثل CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) لتنظيم وتنسيق الاتصالات بين العقد.



# نماذج المحاكاة

## ❖ نموذج استهلاك الطاقة

➤ يعتبر أن الطاقة المستهلكة أثناء قفزة واحدة لنقل البيانات بين أجهزة الاستشعار تتناسب بشكل مباشر مع مربع مسافة الإرسال اللاسلكي.

➤ مع زيادة المسافة بين أجهزة الاستشعار، فإن الطاقة اللازمة لنقل البيانات تزداد أيضاً بشكل تربيعي

➤ يساعد هذا النموذج في فهم كيفية استخدام الطاقة في نقل البيانات عبر شبكة الاستشعار اللاسلكية التي تمت محاكاتها باستخدام J-

Sim.

# نماذج المحاكاة

## ❖ نموذج الموثوقية

---

➤ نجاح أو فشل نقل البيانات بين أجهزة الاستشعار يعتمد على ما إذا كانت المسافة ضمن نصف قطر الإرسال

➤ هذا النموذج بسيط، على الرغم من سهولة تنفيذه، قد لا يعكس بدقة تعقيدات العالم الحقيقي

➤ هناك نموذج أكثر تقدمًا، مثل نموذج العتبة أو نموذج رايلي للتلاشي، يأخذ في الاعتبار عوامل مثل نسبة الإشارة إلى التداخل والضوضاء

signal-to-interference-and-noise ratio (SINR) لنقل البيانات بنجاح في الشبكات اللاسلكية.

# بارامترات التقييم

## ❖ الموثوقية (Reliability)

- نسبة الحزم التي تستقبلها العقدة المركزية إلى الحزم المرسلّة إلى العقدة المركزية
- تقييم أداء الشبكة من حيث دقة نقل البيانات ويمكن استخدامه لتقدير خسائر الحزم وتحليل كفاءة الاتصال بين عقد الاستشعار
- تقييم قوة الشبكة وتحديد المجالات المحتملة للتحسين في عمليات نقل البيانات.

## ❖ العمر (Lifetime)

- المدة التي تبدأ من نشر أجهزة الاستشعار حتى تصبح الشبكة غير عاملة
- الوقت الذي تصل فيه الحزمة الأخيرة إلى عقدة المركز
- يتأثر عمر الشبكة بعوامل مثل استنفاد أجهزة الاستشعار، أو فقدان التغطية، أو قيود نصف قطر الاتصال، مما يؤثر على موثوقية الشبكة وكفاءتها..

# بارامترات التقييم

## ❖ العمر (Lifetime)

➤ شبكة الاستشعار لن يكون لها أي معنى إذا كانت أي حزمة خارج نطاق العقدة المركزية

➤ نصف قطر الاتصال محدد مسبقا

## ❖ الكثافة (Density)

➤ عدد عقد الاستشعار المنتشرة في منطقة ثابتة

➤ قد يؤدي وجود المزيد من أجهزة الاستشعار إلى زيادة تصادم البيانات وتعقيد الاتصالات

➤ ومع زيادة عدد عقد الاستشعار، يمكن أن تتحسن كفاءة الشبكة أو تنخفض

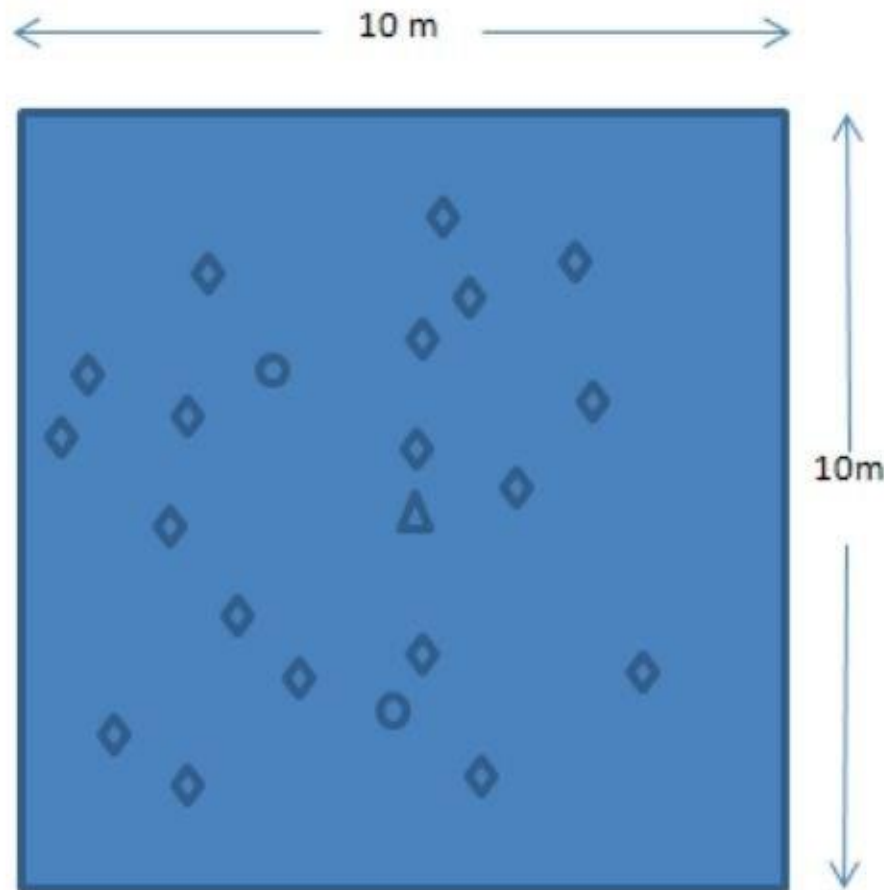
# أداة المحاكاة والاعداد التجريبي

## أداة المحاكاة j-sim

- أداة محاكاة شبكة مفتوحة المصدر تم تطويرها في Java استنادًا إلى معيار IEEE 802.11 للشبكة المحلية اللاسلكية
- تم اختيار J-Sim كأداة محاكاة نظرًا لأدائه المتفوق مقارنةً بـ NS-2 (متطلبات ذاكرة أقل بكثير)
- واجهة المستخدم الرسومية سهلة الاستخدام
- قادر على التشغيل لفترة طويلة لإكمال المحاكاة، ودعم ما لا يقل عن 300 عقدة

# الإعداد التجريبي

**Figure 1** Simulation area (see online version for colours)



➤ مساحة 10م \* 10م

➤ أجهزة استشعار موضوعة بشكل عشوائي وعقدة مركزية.

➤ وقت محاكاة أقصى يبلغ 100000 ثانية لقياس عمر الشبكة

➤ جميع العقد في الشبكة نشطة دون أي سبات



# النتائج والتحليل

## ❖ الكثافة والعمر والموثوقية (Density-lifetime-reliability)

### ❖ الكثافة والموثوقية:

➤ بدأ عدد الحساسات من 10، وتصل إلى 60

➤ نصف قطر الإرسال 15 متر لكل حساس

➤ تنخفض موثوقية الشبكة مع زيادة عدد أجهزة الاستشعار حيث زيادة عدد

أجهزة الاستشعار يزيد من عمليات التصادم مما يؤثر على الموثوقية

➤ لا تزال أعلى من 99% وذلك بسبب بروتوكول single hop الذي يحاول تقليل

التصادمات

### ❖ العمر والموثوقية

➤ قيمة العمر الأدنى عندما يكون عدد المستشعرات 40، بينما وصلت القيمة القصوى للعمر

عند حالة 20 مستشعراً

➤ يتراوح العمر الافتراضي بين 14,900 و 16,100 ثانية

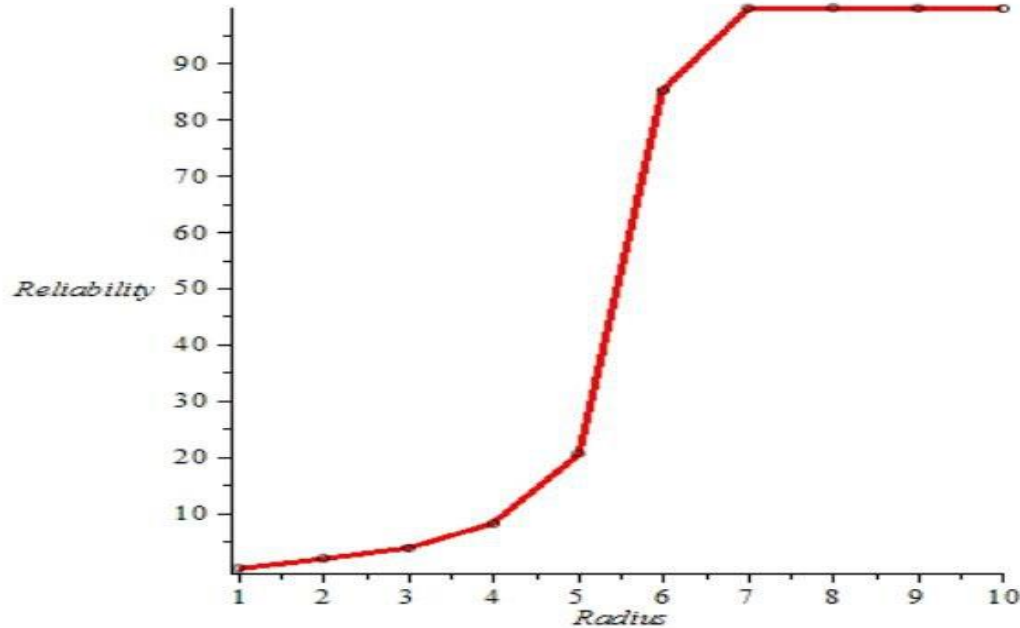
➤ متوسط العمر حوالي 15600

# النتائج والتحليل

## ❖ نصف القطر والعمر والموثوقية

❑ نصف قطر الارسال (1---10) وبخطوة بمقدار 1 متر/ عدد المستشعرات 20/ جميع المستشعرات تطبق بروتوكول single hop

**Figure 2** Radius, reliability relationship for single-hop  
(see online version for colours)



✓ عندما يكون نصف قطر الإرسال صغير يكون هناك عدد قليل من أجهزة الاستشعار الواقعة داخله مما يعني أن لدينا عمليان نقل بيانات قليلة فتكون الموثوقية قليلة ومع زيادة نصف قطر الارسال يزداد عدد الأجهزة الواقعة ضمنه مما يزيد عمليات نقل البيانات فتزداد الموثوقية

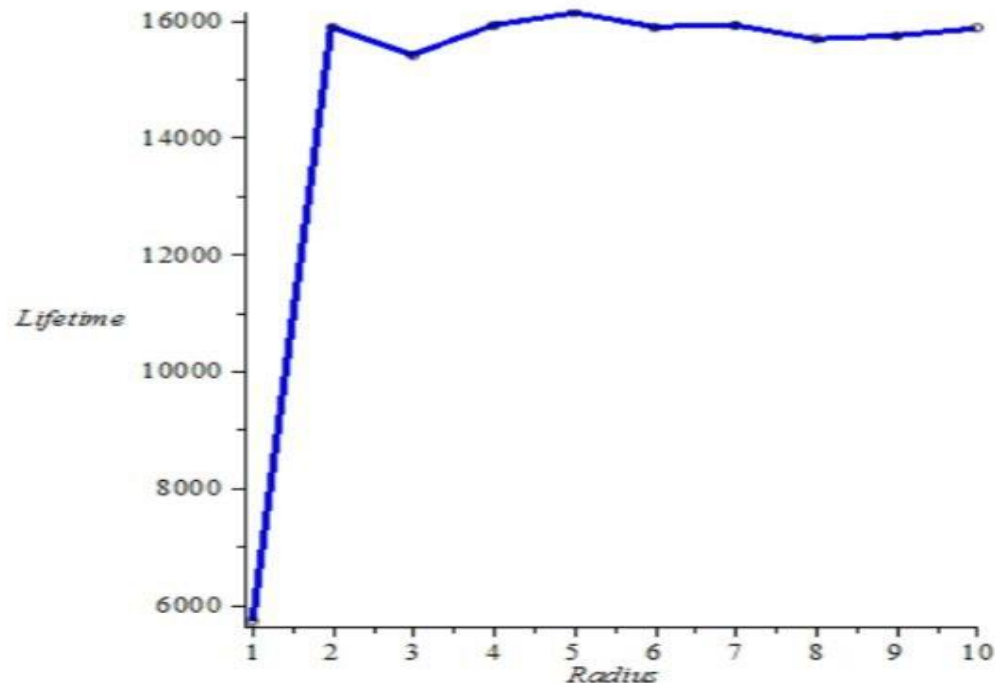
✓ عند ما يصبح نصف قطر الإرسال بين 7 و 10 نلاحظ أن الموثوقية تبقى ثابتة وذلك بسبب وقوع جميع أجهزة الارسال داخل نطاق الارسال أي لا تزداد عمليات نقل البيانات وبالتالي لا تزداد الموثوقية

# النتائج والتحليل

## ❖ نصف القطر والعمر والموثوقية

□ نصف قطر الارسال (1---10) وبخطوة بمقدار 1 متر/ عدد المستشعرات 20/ جميع المستشعرات تطبق بروتوكول single hop

**Figure 3** Radius, lifetime relationship for single-hop (see online version for colours)



✓ عندما يكون نصف قطر الارسال صغير يكون لدينا عدد قليل من أجهزة الاستشعار واقعة ضمنه مما يعني ان لدينا استهلاك قليل للطاقة وبالتالي عمر أكبر للشبكة ومع زيادة نصف القطر يزداد عدد أجهزة الاستشعار مما يزيد من استهلاك الطاقة وبالتالي ينخفض عمر الشبكة

✓ عندما يصبح نصف القطر بين 2 و 10 تصبح أغلب أجهزة الاستشعار ( والتي عددها 20 هنا ) واقعة ضمن نطاق الارسال وهنا وجدنا ان متوسط العمر كان ثابتا يبلغ 15600

# التجارب (عمر الشبكة)

❖ تجربة نصف القطر الثابت

➤ عمر الشبكة

➤  $K/e$  (حيث  $k$  العمر الإجمالي للبطارية و  $e$  معدل استهلاك الطاقة في الجهاز بالثانية)

$$R=15$$

$$k/e=15600s$$

$$E(d^2) = 16.6 \text{ (متوسط بعد العقد عن المركز)}$$

➤ عند أخذ بعد المستشعرات عن المركز

○ يصبح العمر

$$K/16.6\alpha$$

(3)

where  $\alpha$  is a constant. So we can have  $e = 16.6\alpha$  or equivalently  $K = 258,960\alpha$ .

# التجارب (عدد أجهزة الاستشعار)

❖ نموذج نصف قطر متغير

➤ عدد أجهزة الاستشعار

$$\frac{20\pi r^2}{100}, \quad \text{for } 0 \leq r \leq 5$$

for  $r \geq 5\sqrt{2}$  metres

➤ 20

$$\text{When } 5 < r < 5\sqrt{2}, \quad A = 2(5 - \sqrt{r^2 - 25})^2 + 2(50 - r^2) - 4\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right)r^2 \quad (5) \quad \theta = \tan^{-1}(\sqrt{r^2 - 25}/5).$$

$$20 - A/5 ,$$

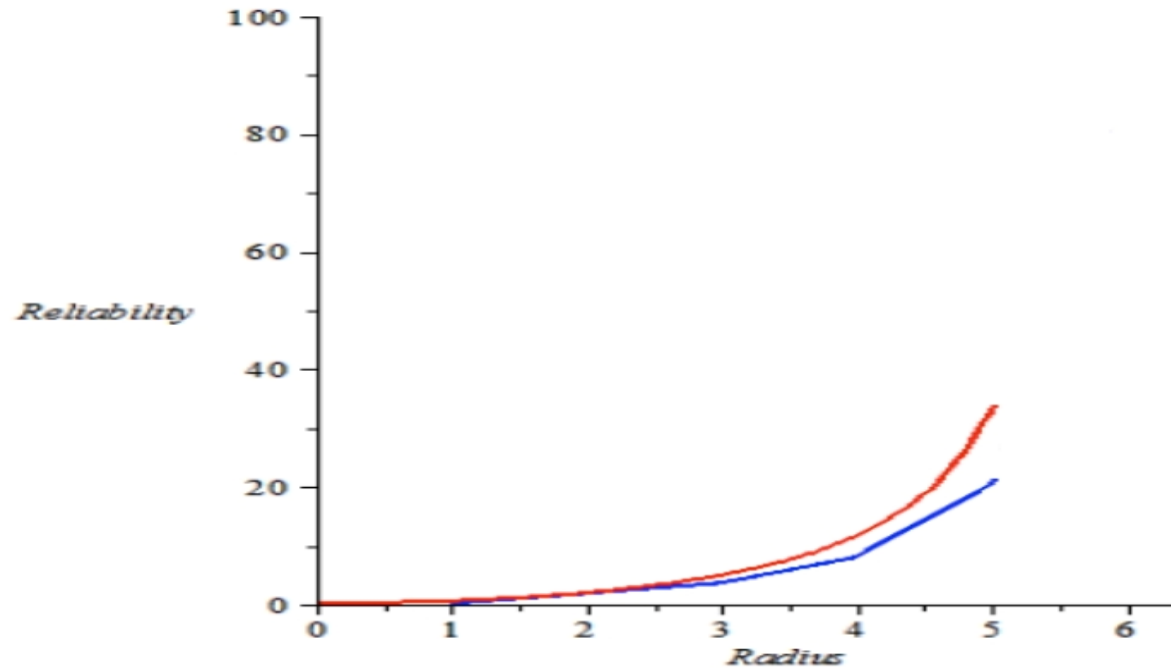
➤ عدد المستشعرات داخل دائرة الارسل

# التجارب

نصف قطر متغير:

الموثوقية

**Figure 4** A model of the reliability (see online version for colours)



➤ 20 جهاز استشعار/نصف قطر ارسال بين 0 و 5

$$\frac{436.736796908544 + 1,280.42582653499 \frac{\pi r^2}{5}}{206,230.002000859 - 9,193.82884070416 \frac{\pi r^2}{5}} \quad (8)$$

➤ قد تبالغ الصيغة السابقة في تقدير أرقام الموثوقية التي تم الحصول عليها في التجارب التي أجريت.

# التجارب

## العمر

➤ ينفي استهلاك الطاقة ومعدل النقل بعضهما البعض بشكل فعال مما يؤدي إلى عمر ثابت

$$\left(1 - \frac{E(s)}{20}\right)^{20}$$

➤ الاحتمال لعدم وجود أجهزة استشعار ضمن نطاق الإرسال

$$15,600(1 - p).$$

➤ عمر الشبكة

$$15,600 \left( 1 - \left( 1 - \frac{\pi r^2}{100} \right)^{20} \right)$$

$$r \geq 3$$

➤ العمر المتوقع

# الاستنتاجات

➤ موثوقية شبكة الاستشعار تتناقص مع زيادة عدد أجهزة الاستشعار من 10 إلى 60 ولكنها تظل أعلى من 99%.

➤ تزداد الموثوقية مع زيادة نصف القطر من 1 إلى 7 أمتار

➤ مع زيادة نصف القطر من 7 أمتار إلى 10 أمتار، تتوقف الموثوقية عن الزيادة

➤ العمر يتغير بين 14900 ثانية 16100 ثانية عندما يزيد عدد أجهزة الاستشعار من 10 إلى 60

➤ العمر هو خط أفقي عندما يكون نصف القطر يساوي 2 أو أكبر من 2 متر

➤ العمر لا يتأثر بعدد أجهزة الاستشعار بافتراض أن هذا العدد ليس صغيرًا أو كبيرًا جدًا



- 
- عدم وجود تجارب على أجهزة استشعار حقيقية
  - تعتمد جميع المعادلات في العمل على نتائج المحاكاة
  - نشر المستشعرات عشوائيا
  - اختيار موضع عقدة المركز في وسط منطقة المحاكاة الثابتة
  - توسيع نطاق مساحة الشبكة إلى  $100 \times 100$  متر مربع قد يؤدي إلى سلوكيات جديدة

# الدراسات المستقبلية

---

□ أجهزة الارسال خارج نطاق الارسال

□ أجهزة الاستشعار الزائدة عن الحاجة

□ نشر أجهزة الاستشعار بشكل منظم

□ موضع العقدة المركزية