مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

تحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية في مراقبة المرضى في أجنحة العناية الصحية.

الدكتور جمال خليفة*

(تاريخ الإيداع 23 / 3 / 2015. قُبِل للنشر في 8/ 4 / 2015)

□ ملخّص □

دخلت تطبيقات شبكات الحساسات اللاسلكية بشكل واسع في نظم المراقبة الصحية، حيث أسهمت في التطور النوعي لهذه الشبكات بما يؤمن المراقبة الحثيثة على مدار الساعة، مع تحسين جودة هذه المراقبة وتنظيمها. ويرتبط تحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية WMSN بتحسين آلية نقل المعطيات الذي يعد من أهم المجالات التي تهتم بها الأبحاث والدراسات في الآونة الأخيرة.

ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة بنى شبكات الحساسات اللاسلكية التي يمكن أن تستخدم في مراقبة الأجنحة في المشافي ومراكز العناية والمراقبة الصحية، واستخلاص التوصيات والاقتراحات الضرورية من أجل اختيار بنية شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية المناسبة واقتراح آليات الدخول المناسبة. وذلك من أجل بنى شبكية مختلفة بالحجم. وقد تم ذلك من خلال اقتراح السيناريوهات المناسبة لتطبيقات المراقبة هذه، وإجراء المحاكاة في ظروف عمل مشابهه لعمل الشبكة، بما يؤمن نقل معطيات عقد هذه الشبكة إلى نقطة النفاذ الرئيسية، مع دراسة تأثير بنية الشبكة وطريقة استخدام تقنية نقل المعطيات، وتحديداً استخدام تقنية ZigBee سواء مع تمكين إشارة المنارة أو بدون تمكين إشارة المنارة. حيث تم تقييم التحسن اعتماداً على البارامترات الأساسية في مثل هذه الشبكات مثل النفاذية، والتأخير الزمني، ونسبة التسليم. وقد توصلت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات بخصوص حجم الشبكة ونوع البنية المستخدمة وآلية الدخول إلى الوسط.

الكلمات المفتاحية: WBSN، WMSN, ZigBee ، النفاذية، نسبة التسليم، التأخير الزمني.

*أستاذ مساعد – قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

Improving the performance of wireless medical sensors networks monitoring the patient in the health care wards.

Dr. Jamal Khalifeh*

(Received 23 / 3 / 2015. Accepted 8 / 4 / 2015)

□ ABSTRACT □

The wireless sensors network applications are widely used in health monitoring systems. In fact, they contribute to the qualitative development of these networks so as to ensure the tireless clock surveillance, and improve and regulate the quality of monitoring. Associated with improving the performance of wireless medical sensor networks WMSN is improving data transfer mechanism which is one of the most important areas of interest to research and study in recent times.

Hence the importance of this research lies in the study of the structures of wireless sensor networks that can be used to control the wards in hospitals, health centers and monitoring care. The research also draws necessary recommendations and suggestions for the selection of appropriate medical wireless sensors networks structure and proposees appropriate medium access control mechanism in order to build networks of different sizes.

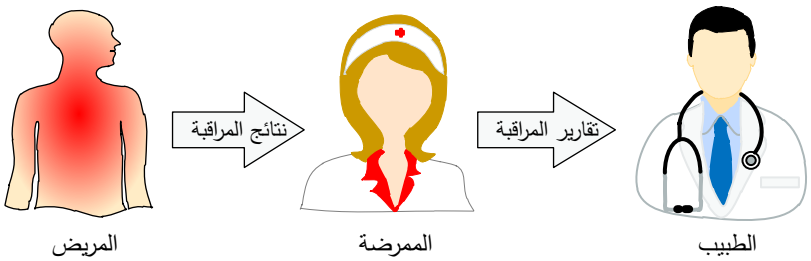
This has been done by proposing appropriate scenarios for surveillance applications to perform simulation that is similar to the working conditions of the networks. This can ensure the transfer of nodes data to the main access point and can give an opportunity to study the impact of network architecture and how to use the data transfer technology, specifically the use of ZigBee technology, both with beacon mode enabled inenabled. Improvement was evaluated based on the basic parameters in such networks, such as throughput, the time delay, and the delivery ratio. The study found a set of recommendations regarding the size of the network, the type of structure and the mechanism used to access medium.

Keywords: WBSN, WMSN, Zig Bee, throughput, delivery ratio, time delay.

***Associate Professor, Communication & Electronic Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

فتحت التطورات الحديثة في تصنيع الحساسات اللاسلكية المجال واسعاً أمام إدخالها في تطبيقات الحياة اليومية على مختلف المستويات. وبنتيجة ذلك فقد ازداد الاعتماد عليها في تنظيم ومراقبة وتشغيل العديد من التجهيزات الصناعية والزراعية وفي مراقبة الطبيعة والحوادث المؤثرة فيها والمرتبطة بها. تعتمد الطرق التقليدية في مراقبة المرضى في المستشفيات على العمل الحثيث للممرضات المختصات، واللواتي يقمن على مدار الساعة بمراقبة حالة المريض كما هو مبين في الشكل (1) وإعداد التقارير من أجل تقديمها للطبيب الاختصاصي.



الشكل (1): الطرق التقليدية المتبعة في مراقبة المرضى في المشافي

يوفر استخدام شبكات الحساسات اللاسلكية في المراقبة تطوراً نوعياً يؤمن المراقبة الحثيثة على مدار الساعة مع تحسين جودة هذه المراقبة وتنظيمها. وأصبحت هذه الحساسات والشبكات، المعتمدة في بنيتها عليها، عنصراً أساسياً في العديد من التطبيقات الصحية المتعلقة بمراقبة حالة المرضى في المستشفيات أو حتى في أماكن معيشتهم [1]. وظهر نوع جديد من الشبكات تسمى شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية Wireless medical sensor networks (WMSN) التي أصبحت جزءاً هاماً من بنية منظومة العناية الطبية في العديد من المستشفيات حول العالم[2]. تضم هذه الشبكات في أجزائها المكونة عنصراً هاماً يسمى شبكة حساسات الجسم اللاسلكية Wireless Body sensor networks (WBSN). إذ تقوم حساسات هذه الشبكات بقياس مختلف المؤشرات الفيزيولوجية وإرسالها إلى مركز المراقبة. ومن هنا يكتسب تحسين أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية WMSN أهمية بالغة. وهذا التحسين يشمل كافة المستويات ابتداء من تحسين أداء العناصر المكونة وانتهاءً بأداء الشبكة وظيفياً. ويعتبر تحسين أداء شبكة نقل المعطيات من أهم المجالات التي تهتم بها الأبحاث والدراسات في الآونة الأخيرة، لما للموضوع من أهمية ومردود على صعيد التوفير في الوقت والجهد والتكلفة.

أهمية البحث وأهدافه:

يكتسب هذا البحث أهميته من كونه يدرس إمكانية تطبيق شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية في المراقبة وتحسين أدائها بما يوفر الكثير من الجهود المبذولة في مراقبة المرضى في أجنحة المشافي، واختصار الزمن اللازم لهذه المراقبة بما ينعكس بشكل مباشر على نوعية الخدمة المقدمة للزبائن وعلى تخفيض الكلف المادية اللازمة لمثل هذه المراقبة. سيما وأن التوقعات العالمية تشير إلى نمو السوق العالمية الخاصة بشبكات المراقبة الطبية المعتمدة على الحساسات اللاسلكية والتي تتوقع أن تفوق قيمة المبالغ المدفوعة على هذا المجال 500 مليون دولار [3].

يهدف هذا البحث إلى دراسة بنى شبكات الحساسات اللاسلكية التي يمكن أن تستخدم في مراقبة الأجنحة في المشافي ومراكز العناية والمراقبة الصحية لاستخلاص التوصيات والاقتراحات الضرورية من أجل اختيار بنية شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية المناسبة. وذلك بما يراعي حجم الشبكة الذي يعكس عدد الحساسات التي تعتمد عليها، وكذلك اختيار التقنية المناسبة لتطبيقها في آلية نقل المعطيات بما يحقق أداءً أفضل وفقاً لمعايير معتمدة في هذا المجال، وتحديداً النفاذية Throughput والتأخير الزمني Time Delay ونسبة تسليم المعطيات Delivery Ratio.

طرائق البحث ومواده:

تعتمد طريقة البحث على دراسة البنى الشبكية المطبقة في شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية، ودراسة الآليات المتبعة في نقل معطيات مراقبة المرضى، وكذلك دراسة إمكانية تطبيق آليات جديدة، واختبارها في بيئات المراقبة، وذلك من خلال اقتراح السيناريوهات المناسبة لتطبيقات المراقبة هذه، من خلال إجراء المحاكاة في ظروف عمل مشابهه لعمل الشبكة، بما يؤمن نقل معطيات عقد هذه الشبكة إلى نقطة النفاذ الرئيسية، مع دراسة تأثير مجموعة من المعايير التي تؤثر في عمل الشبكة ككل. وعلى وجه التحديد تأثير بنية الشبكة وطريقة استخدام تقنية نقل المعطيات، وتحديداً استخدام تقنية ZigBee سواء مع تمكين المنارة أو بدون تمكين المنارة. وذلك من أجل البارامترات الأساسية في مثل هذه الشبكات مثل النفاذية، والتأخير الزمني، ونسبة التسليم. ويمكن صياغة طريقة البحث بالخطوات التالية:

- دراسة موقع البحث ضمن الأبحاث التي تعنى بحل نفس المشكلة أو المشاكل المشابهة.
- اختيار السيناريوهات المناسبة لعمل الشبكة انطلاقاً من واقع عمل بيئات المراقبة الطبية في أجنحة المشافي ومراكز العناية الصحية.
- وضع وتشغيل نموذج المحاكاة لكل سيناريو اعتماداً على المحاكي الشبكي NS-2.
- استخلاص النتائج والتوصيات وفقاً للمعايير المطلوبة.

علاقة البحث بالأبحاث المماثلة

اهتم عدد من الأبحاث بشبكة الحساسات اللاسلكية المعتمدة على تقنية ZigBee في تصميم أو تقييم أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية وقد تطرقت هذه الأبحاث إلى تحسين بارامترات الأداء بالاعتماد على اختيار نوعية أجهزة ZigBee وطرق ربطها مع بعضها دون أن تتطرق إلى أثر اختيار آلية الدخول إلى الوسط على أداء هذه الشبكات [4،5].

بينما اتجهت أبحاث أخرى إلى تحسين الأداء بالاعتماد على نقل معطيات شبكات ZigBee باستخدام تقنيات أخرى مثل الشبكات النقالة. واقترحت هذه الدراسات بنى شبكية مختلفة لتعمل في هذا المجال اعتماداً على تصميم بوابات العبور وجعلها ملائمة لهدف نقل المعطيات في الزمن الحقيقي سواء في تطبيقات المراقبة المنزلية أو في تطبيقات المراقبة في المستشفيات دون التطرق إلى تأثير اختلاف بنى شبكات ZigBee على أداء شبكات المراقبة بشكل عام [6،7،8،9]. هذا إضافة إلى اهتمام هذه الأبحاث باستخدام تقنيات إضافية مثل التقنيات الخليوية أو تقنيات WiFi ينتج عنه كلفاً مادية غير مبررة نتيجة استخدامها في التطبيقات المتعلقة بالمراقبة في أجنحة المشافي حيث المكان والحركة محدودتان.

أعطى البحث [10] اهتماماً خاصاً لتحقيق المراقبة في الزمن الحقيقي وذلك من خلال سيناريوهين يعتمدان على السماح للمريض بالحركة وتأمين نقل المعطيات من حساساته إلى المجمع. وهنا أيضاً تم استخدام تقنية ZigBee ولكن بالاعتماد على وجود إشارة المنارة في الدخول المجزأ إلى الوسط في كلا السيناريوهين ودون التطرق إلى استخدام التقنية الأخرى التي تعتمد على عدم استخدام المنارة.

قام الباحثون في [11] باستقصاء تأثير بنى الشبكة المختلفة في أداء شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية وقد اتسمت هذه الدراسة بتنوع البنى المستخدمة من حيث اعتمادها على موجهات ومنسقات متنوعة ومتعددة ولكنها اقتصرت من ناحية على بنى شبكية تعتمد في مجملها على البنية الشجرية أو النجمية كما أن طريق الدخول إلى الوسط اقتصرت على استخدام آلية الدخول باستخدام إشارة المنارة مع التقسيم المجزأ للوسط.

تنوعت الدراسة في البحث [12] واتسعت لتشمل البنى الشبكية المتنوعة المعتمدة على ZigBee باستخدام الدخول المجزأ أي باستخدام المنارة، وغير المجزأ أي بدون استخدام المنارة وقد توصلت هذه الدراسة إلى توصيات هامة في هذا المجال ولكنها اقتصرت على أحجام الشبكات التي تحوي عدداً كبيراً من الحساسات دون الاهتمام بالشبكات التي تحوي عدداً صغيراً من الحساسات والتي تناسب أجنحة مراقبة وعناية ذات حجم صغير.

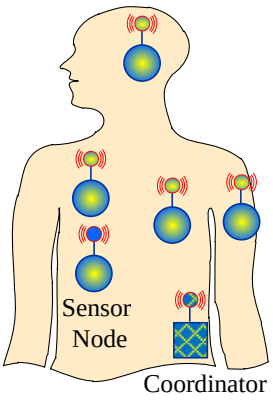
لذلك فإن أهمية هذا البحث تكمن في اعتماده على تنوع النماذج الشبكية المستخدمة والتي تغطي كافة البنى الشبكية التي يمكن تشكيلها باستخدام ZigBee. وكذلك باستخدامه طريقتي الدخول المستخدمتين بوجود وبدون وجود المنارة، مع تركيزه على تغطية طيف من السيناريوهات التي تغطي أحجاماً مختلفة للشبكات من حجم الشبكات التي تراقب مريضاً واحداً وحتى الحجم المدروس في العمل [12].

بنية شبكات الحساسات اللاسلكية الطبية

تعتمد شبكات WMSN في عملها بشكل أساسي شبكات حساسات الجسم اللاسلكية Wireless body sensor networks (WBSN) [1]، حيث تشكل كل شبكة WBSN كياناً شبكياً يتألف من 5 حساسات لمراقبة حالة المريض متوضعة على الجسم بشكل مشابه لما هو موجود في الشكل (2)، بما يضمن تحصيل المعطيات وإرسالها إلى عقدة مركزية خاصة بهذه الشبكة تتوضع على جسم المريض أيضاً. يسمح هذا التشكيل للمريض بحرية أكبر للحركة وتكون الشبكة متحركة ككل. ولكن بسبب طبيعة حركة المريض ضمن جناح المشفى فإن هذه الحركة تكون محدودة مما يعطي سهولة في تحصيل المعطيات من قبل النظام من خلال منسقات رئيسية ثابتة في أماكن محددة في الجناح المعني أو باستخدام المنسقات الموضوعة على الجسم.

تعطي هذه التشكيلة حرية في اختيار البنى الشبكية وتنويعها بين نجمي ومختلط وشجري، وبما يخدم هدف البحث ولكن إمكانية تطبيق هذه البنى سيكون محصوراً بالمنسقات، إذ لا تتحرك الحساسات الخمسة بعد تثبيتها على جسم المريض.

وفي هذه الحالة فإن السيناريوهات ستختلف باختلاف العلاقة بين المنسقات. وهنا يمكن أن ترتبط المنسقات بين بعضها بشكل نجمي، أو أن ترتبط هذه المنسقات بين بعضها بشكل مختلط أو بشكل شجري مع إمكانية تحرك هذه المنسقات وفقاً لحركة الجسم الذي ثبتت عليه. وتكون هذه الحركة محدودة ضمن غرفة المريض نظراً لما يعاني منه المرضى الذين تفرض عليهم عدم مغادرة أجنحة المشافي الخاصة بمراقبة ومتابعة أوضاعهم.



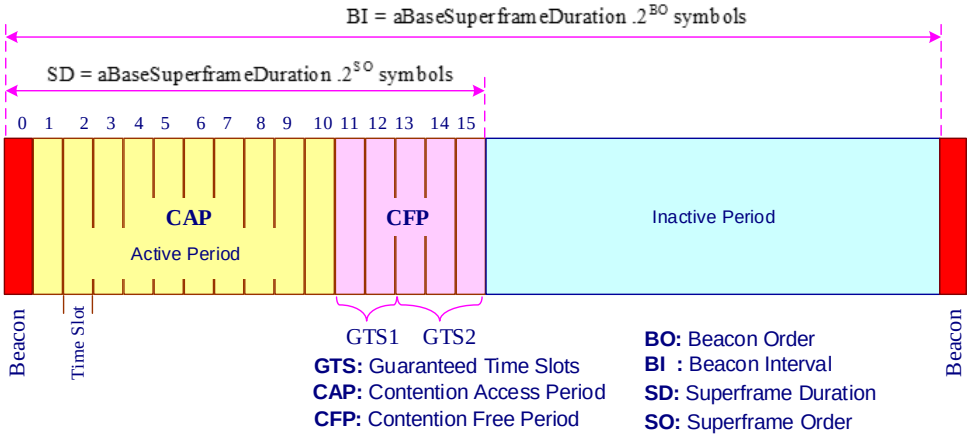
الشكل(2): نموذج شبكة WBSN

كما يختلف أداء هذه الشبكات باختلاف طريقة الدخول إلى الوسط المتبعة في أجهزة ZigBee. ففي حين تتبع أغلب السيناريوهات المطروحة في الأبحاث السابقة طريقة الدخول بتمكين المنارة، أي بعبارة أخرى باستخدام CSMA/CD المجزأ، فإن بعض الشبكات تعتمد على استخدام طريقة دخول بدون تمكين المنارة أي باستخدام CSMA/CD غير المجزأ. ولذلك فقد تم إجراء المحاكاة من أجل كل سيناريو باستخدام المنارة في المرة الأولى وعدم استخدامها في الحالة الثانية والمقارنة بينهما.

بروتوكول ZigBee:

تستخدم تقنية ZigBee بشكل واسع في الشبكات اللاسلكية الشخصية WPAN وذلك بالاعتماد على المعيار IEEE 802.15.4. وقد تم اعتماد شبكات ZigBee في عام 2004 حيث تؤمن تشبيكاً لاسلكياً قصير المدى، وبساطة في التركيب، واستهلاكاً منخفضاً للطاقة، وذلك من أجل التطبيقات ذات معدلات الإرسال المنخفضة [13]. تتمتع هذه الشبكات بالتنظيم الذاتي، وصغر حجم البنية الطبقية مما ينعكس على بساطة العمليات بشكل إيجابي. كما تمتاز بكبر حجم فضاء العناوين الذي تعتمده. وقد جعلت هذه الميزات استخدام هذه التقنية أمراً مرغوباً في كثير من التطبيقات الهامة في المجال الطبي كمراقبة المرضى في المنازل ومراقبة المرضى في أجنحة العناية في المشافي والمراكز الطبية. تعتمد تقنية ZigBee في الطبقتين الأولى والثانية على المعيار IEEE 802.15.4 والذي يستخدم بروتوكول الدخول العشوائي الذي يسمى الدخول المتعدد بتحسس الحامل مع تجنب التصادم CSMA/CA [14]. تعتمد طبقة دخول الوسط MAC في المعيار IEEE 802.15.4 على طريقتين في الدخول إلى الوسط. تستخدم الطريقة الأولى آلية الدخول بتمكين المنارة أما الثانية فتعتمد على الدخول بدون تمكين المنارة. ويبين الشكل(3) إطار ZigBee وتجزيئه في حال استخدام الطريقة الأولى [15].

يجزأ الإطار في نظام تمكين المنارة إلى حيزات زمنية time slots يخصص واحد منها على الأقل لكل مشترك. كما يقسم الإطار إلى جزء فعال وجزء غير فعال حيث لا ترسل أي معطيات في هذا الجزء. ترسل المنارة بشكل دوري في الشبكة مما يساعد الأجهزة في كافة المستويات على تنظيم أوقات إرسالها وضبطها وذلك بالعمل ضمن ما يسمى الدخول المتعدد المجزأ زمنياً بتحسس الحامل مع تجنب التصادم slotted Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA).



الشكل(3): بنية الإطار الكلي ZigBee بين منارتين

ولدعم استخدام ZigBee في التطبيقات الحساسة للزمن يتم في نظام المنارة استخدام حيزات زمنية محجوزة مسبقاً لمثل هذه التطبيقات، بحيث إنه ليس على العقد المحددة في هذه التطبيقات البحث عن حيز زمني عند كل منارة من أجل إرسال معطياتها أي بعبارة أخرى ليس عليها أن تدخل في المنافسة مع أي عقد أخرى. يتم تقسيم كل إطار إلى جزأين، الأول يستخدم للدخول بالمنافسة على الحيزات الزمنية المتوفرة Contention Access Period (CAP) والثاني لا يستخدم المنافسة Contention Free Period (CFP) [16].

يتحدد زمن الإطار الرئيس فيZigBee بالفاصل الزمني بين إشارتي منارتين متتاليتين. ويمكن حسابه بالاعتماد على قيمة كل من ترتيب المنارة Beacon order (BO) وترتيب الإطار الكلي Super frame order (SO) وذلك باستخدام العلاقتين التاليتين:

$$BI = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{BO}, \quad 0 \le BO \le 14 \qquad (1)$$

$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO}, \quad 0 \le SO \le BO \qquad (2)$$

حيث إن aBaseSuperframeDuration هي القيمة الصغرى لزمن الإطار الرئيس وذلك عند $SO=0$ وهذه القيمة هي 15.36 ms [15].

أما في نظام عدم تمكين المنارة فلا يتم الاعتماد على أي نوع من الضبط أو التجزيء أو المزامنة لغياب المنارة. وهذا ما يسمى الدخول المتعدد غير المجزأ زمنياً بتحسس الحامل مع تجنب التصادم slotted Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) [17].

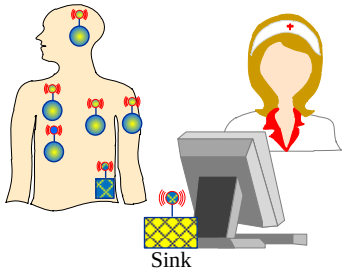
الدراسة التجريبية:

تختلف سعة أجنحة المشافي المخصصة لمراقبة المرضى وتتبع المؤشرات الفيزيولوجية الخاصة بتطور مرضهم وتنوع إنذاراتها. فبعض المشافي الصغيرة تخصص سريراً واحداً وبعضها يخصص جناحاً أو أجنحة بعشرات الغرف.

تعتمد جميع الشبكات في السيناريوهات المختلفة التي نقترحها على بنى تختلف من سيناريو لآخر ولكنها تشترك جميعها بكون الوحدة الأساسية غير المتغيرة في هذه الشبكات هي شبكة حساسات الجسم اللاسلكية WBSN. وتختلف بنية الشبكات السيناريوهات المختلفة باختلاف سعة الأجنحة. ففي حين لا معنى لاستخدام بنية شبكية أو شجرية في شبكة WBSN وحيدة مكونة من خمس حساسات ومنسق، جميعها موجودة على جسم مريض

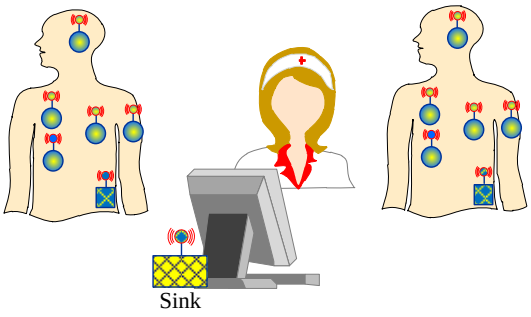
واحد. فإن البنية الشجرية أو المختلطة قد تكون حلاً لكثير من مسائل النقل في الزمن الحقيقي لمعطيات الحساسات كالتأخير الزمني والنفاذية وزيادة عدد الأطر المهملة وذلك في الأجنحة التي تتسع لعدد أكبر من المرضى. لذلك فقد اعتمدنا في الشبكات الصغيرة على استخدام البنية النجمية فقط. بينما تنوعت البنى بين نجمية ومختلطة وشجرية في الشبكات الأخرى. ونجم عن هذا السيناريوهات التالية:

السيناريو الأول: ويتضمن وجود غرفة واحدة تتسع لمريض واحد فقط، كما في الشكل(4)، تعتمد البنية النجمية لإيصال معطيات الحساسات إلى المنسق الموجود أيضاً على جسم المريض. وتعتمد الاتصال نقطة إلى نقطة بين المنسق والمجمع الموجود في غرفة المراقبة. وفي هذا السيناريو لا معنى لاستخدام بنية شجرية أو مختلطة فهي غير قابلة للتحقيق أصلاً لعدم وجود منسق آخر.



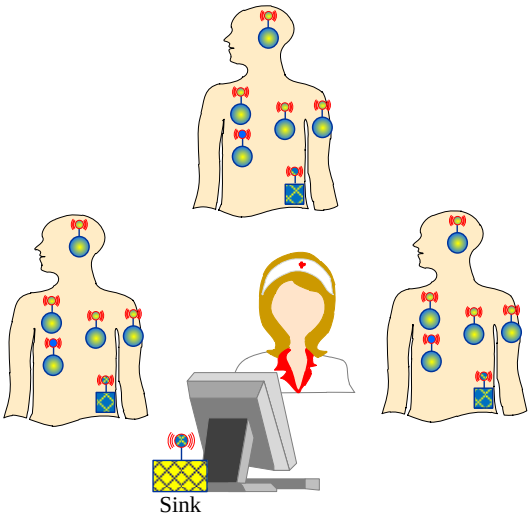
الشكل(4): السيناريو الأول، مريض واحد

السيناريو الثاني: ويتضمن وجود غرفتين تتسع كل واحدة لمريض واحد فقط، كما في الشكل(5)، تعتمد البنية النجمية لإيصال معطيات الحساسات إلى المنسق الموجود أيضاً على جسم المريض. وتعتمد البنية النجمية بين المجمع الموجود في غرفة المراقبة والمنسقات. وهنا أيضاً لا معنى لاستخدام البنية المختلطة أو الشجرية.



الشكل(5): السيناريو الثاني، مريضين

السيناريو الثالث: ويتضمن وجود ثلاث غرف تتسع كل واحدة لمريض واحد فقط، كما في الشكل(6)، تعتمد البنية النجمية لإيصال معطيات الحساسات إلى المنسق الموجود أيضاً على جسم المريض. وتعتمد البنية النجمية أيضاً بين المجمع الموجود في غرفة المراقبة والمنسقات.



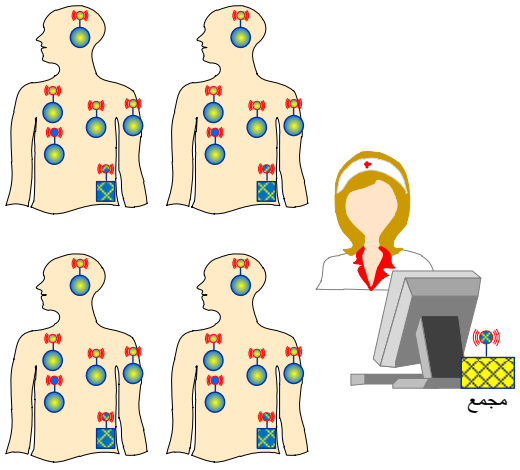
الشكل(6): السيناريو الثالث، ثلاث مرضى

مع ازدياد عدد الغرف المخصصة للمرضى تحت المراقبة فإن استخدام البنى المختلطة والشجرية يصبح ذا معنى، كما نوهنا سابقاً. لذلك تم تكرار المحاكاة في السيناريوهات الناتجة بحيث يزداد عدد المرضى من 4 إلى 20 مريضاً وتم اعتماد السيناريوهات التالية:

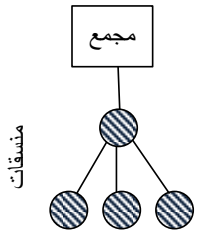
السيناريو الرابع: يفترض هذا السيناريو وجود أربعة مرضى، كما في الشكل(7)، وفي مثل هذه الحالة فإن السيناريو يأخذ أشكالاً مختلفة وفق ما يلي:

- بنية الوصل النجمي بين المنسقات والمجمع.
- بنية الوصل المختلط التي تعتمد على الوصل المختلط بين المنسقات وبين المنسقات والمجمع.
- بنية الوصل الشجري بين المنسقات وبين المنسقات والمجمع بحيث يكون المجموع هو رأس الشجرة

لا يأخذ الوصل النجمي أو المختلط بين المنسقات أشكالاً مختلفة، بينما يأخذ الوصل الشجري أشكالاً مختلفة، تختلف عن بعضها بعدد الأبناء والأحفاد. وقد حددنا البنية الشجرية في هذا السيناريو بالبنية المبينة في الشكل(8)، وهو مالا يؤثر على صحة الاستنتاجات الخاصة بالبنية الشجرية كونها مرتبطة بعدد المرضى ككل وهو عدد صغير مقارنة بالشبكات التي تحوي عدداً كبيراً من العقد.

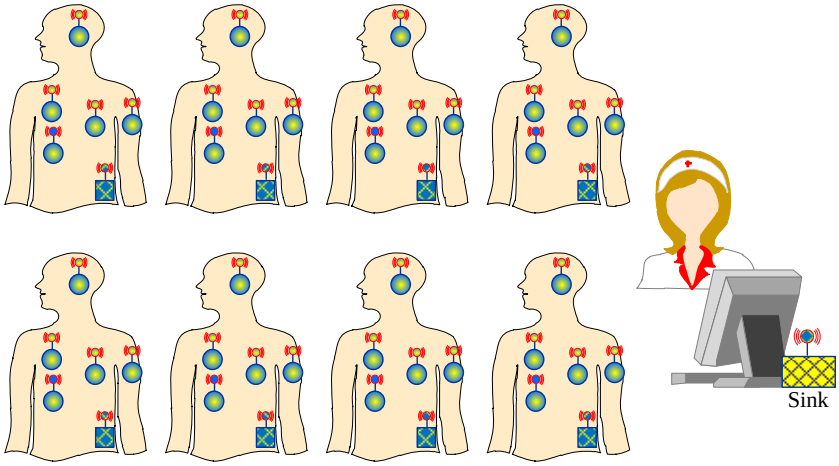


الشكل (7): السيناريو الرابع

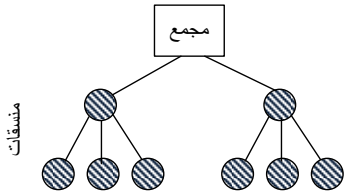


الشكل (8): البنية الشجرية بين المنسقات في السيناريو الرابع

السيناريو الخامس: وهو نفس السيناريو الرابع ولكن عدد المرضى يصبح في هذا السيناريو ثمانية مرضى. كما يبين الشكل(9)، وتتوزع المنسقات في البنية الشجرية لهذا السيناريو بالطريقة المبينة في الشكل (10).

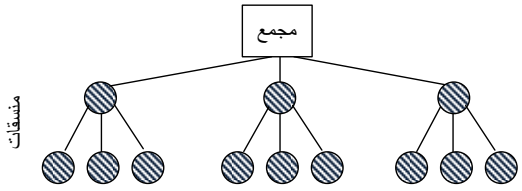


الشكل (9): السيناريو الخامس



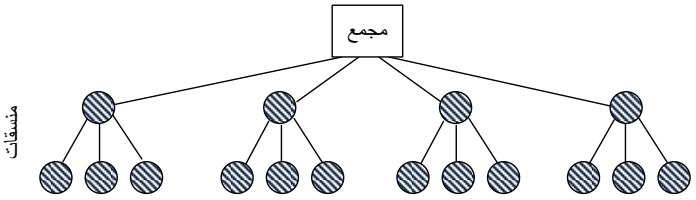
الشكل (10): البنية الشجرية بين المنسقات في السيناريو الخامس

السيناريو السادس: وهو نفس السيناريو الخامس ولكن عدد المرضى يصبح في هذا السيناريو 12 مريضاً. كما يبين الشكل(11) توزع المنسقات في البنية الشجرية لهذا السيناريو.



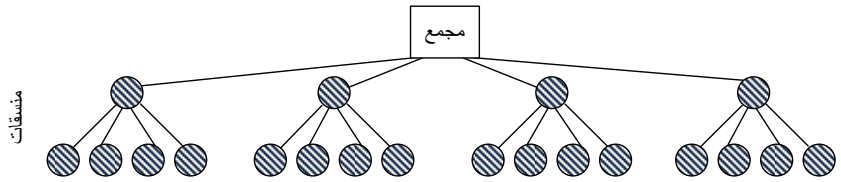
الشكل (11): البنية الشجرية بين المنسقات في السيناريو السادس

السيناريو السابع: وهو نفس ما سبق ولكن عدد المرضى يصبح في هذا السيناريو 16 مريضاً. كما يبين الشكل(12) توزع المنسقات في البنية الشجرية لهذا السيناريو.



الشكل (12): البنية الشجرية بين المنسقات في السيناريو السابع

السيناريو الثامن: وهو نفس ما سبق ولكن عدد المرضى يصبح في هذا السيناريو 20 مريضاً. كما يبين الشكل(13) توزع المنسقات في البنية الشجرية لهذا السيناريو.



الشكل (13): البنية الشجرية بين المنسقات في السيناريو الثامن

اعتمدنا في تقييم أداء البنى الشبكية المختلفة على معايير النفاذية والتأخير الزمني ونسبة التسليم، وذلك لكونها الأكثر استخداماً في الأبحاث المتعلقة بالبحث من ناحية، مما يسهل عملية المقارنة في الأداء بين الأبحاث. ولكونها تعطي تصوراً كافياً عن أداء هذه الشبكات من ناحية ثانية.

متوسط نفاذية الشبكة Average network throughput: وهو متوسط إرسال المعطيات الحقيقي في الشبكة ويرتبط بعدة عوامل مثل حمل الشبكة والاختناقات التي قد تحدث والتصادمات التي لابد منها حين استخدام البروتوكولات المعتمدة على الدخول العشوائي إلى الوسط المشترك. يمكن قياس النفاذية بعدد الخانات الثنائية التي تستطيع الشبكة نقلها بشكل صحيح في واحدة الزمن. كما يمكن قياسها بعدد الرزم أو الأطر التي تستطيع الشبكة نقلها في واحدة الزمن. وقد اعتمدنا قياس النفاذية بالبيت في الثانية الواحدة.

متوسط التأخير الزمني الذي يتعرض له الإطار Average frame Delay: التأخير الزمني للإطار هو الزمن اللازم للإطار كي يصل من منبعه إلى مستقره. ومتوسط التأخير الزمني هو القيمة المتوسطة لتأخير الأطر مأخوذاً من أجل جميع الأطر على كامل زمن المحاكاة، ومن أجل عدد مرات المحاكاة.

نسبة التسليم Delivery ratio: وهي نسبة الأطر التي تصل إلى مستقرها إلى الأطر التي يتم إرسالها من منابعها.

وقد تم الاعتماد في تقييم هذه البارامترات على دراسة تغيراتها مع تغير **حمل الشبكة** Network load، **الذي يرتبط ارتباطاً مباشراً بعدد المرضى تحت المراقبة.**

يسمح المحاكي NS2 ببناء الشبكة وفق السيناريوهات المبينة أعلاه ومحاكاة عملها [18]. وقد اختيرت القيم التي يعمل عندها المرسل وفق بروتوكول 802.15.4 لتكون كما في الجدول (1) وقد تم اعتماد هذه القيم انطلاقاً من القيم الحقيقية لمواصفات وشروط عمل أجهزة تراسل ZigBee [15]:

الجدول (1): مواصفات مرسل العقدة

التردد	استطاعة الإرسال	الحساسية	المدى
2.4 GHZ	0.05 W	–85 dbm	200 m

كانت الخطوة الآتية أنه تمت تهيئة المحاكي ليعمل وفق بارامترات الجدول (2).

الجدول (2): بارامترات عمل المحاكي

البارامتر	القيمة
BO: ترتيب المنارة (في نظام تمكين المنارة)	6 (لاعتماده في الأبحاث المشابهة)
SO: ترتيب الإطار الكلي (في نظام تمكين المنارة)	5 (لاعتماده في الأبحاث المشابهة)
معدل توليد الأطر في كل عقدة تحسس	2 frame/sec.
حجم الإطار للحساس الواحد	128 Bytes
طريقة توليد الأطر	دورية
زمن المحاكاة	1000 sec
عدد العقد	مبينة على كل سيناريو
بنية الشبكة	حسب السيناريو
استطاعة الإرسال	0.05 W
عدد مرات المحاكاة	10
المسافة العظمى بين العقد	200 متر
اتجاه نقل المعطيات (حالة المراقبة)	من عقد التحسس إلى المنسق وعبره إلى المجمع

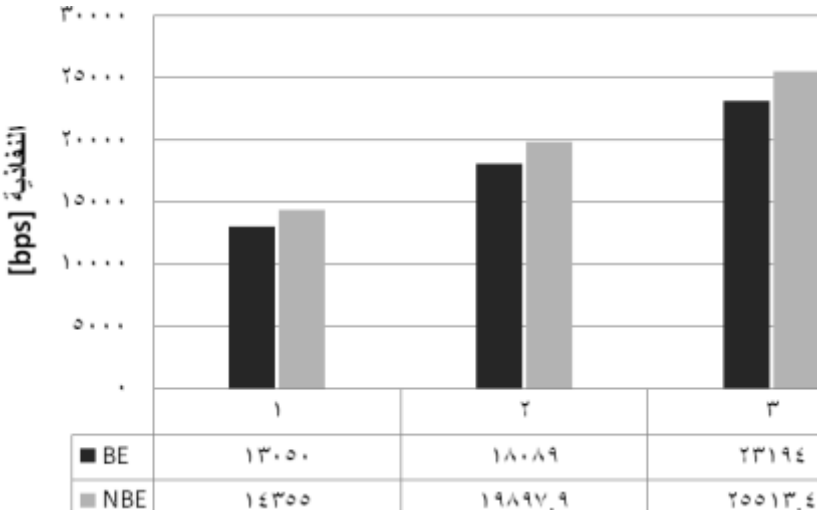
كما قمنا بتهيئة الشبكة في المحاكي انطلاقاً من أن جميع الحساسات المثبتة على جسم المريض ترتبط بمنسقها المثبت أيضاً على جسم المريض بطريقة نجمية.

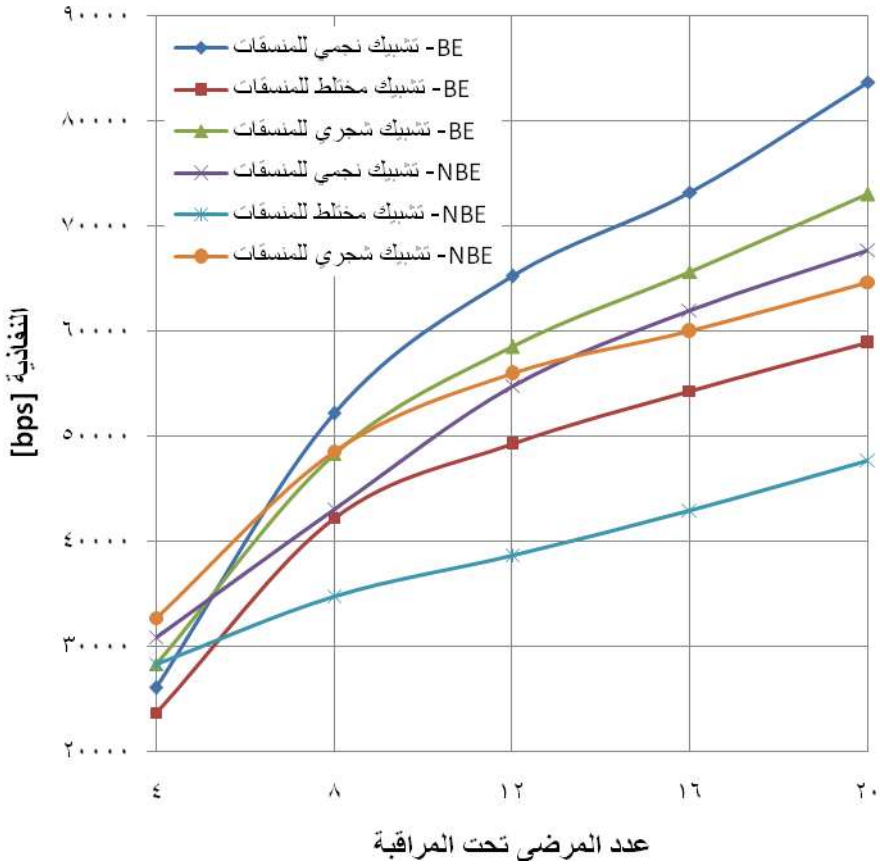
النتائج والمناقشة:

طبقت المحاكاة وفقاً للسيناريوهات المبينة أعلاه، وذلك بتكرار المحاكاة لعشر مرات لكل حالة وأخذت القيم المتوسطة لمجموع القيم الناجمة عن محاكاة هذه الحالات. واستخلصت جداول بقيم بارامترات التقييم التي عرضت سابقاً من أجل كل سيناريو ومن أجل كل تكرار. كما تم بعدها أخذ المتوسط الحسابي لقيم البارامترات المذكورة. ومن ثم رسمت المخططات البيانية التي تبين تغير أداء الشبكة في السيناريوهات الموضوعة وفقاً لتغير بنية الشبكة وحجمها وطريقة الدخول إلى الوسط. ومن ثم مقارنة أداء الشبكات في السيناريوهات الموضوعة.

مقارنة الأداء في السيناريوهات الثلاثة وفقاً لنفاذية الشبكة:

يتضح مباشرة أن نفاذية الشبكة تكون أفضل في السيناريوهات الثلاثة الأولى حين استخدام طريقة الدخول غير المجزأ، وحيث يبين المحور الأفقي عدد المرضى. ويعزى ذلك إلى عدم انتظار العقد الحساسة لفترات زمنية من أجل ضبط إرسالها مع بداية كل حيز زمني. وهو ما لم يلحظه البحث [11] كونه لم يهتم بالدخول بدون تمكين المنارة. كما لم يلحظه البحث [12] كونه لم يهتم بالبنى الصغيرة.



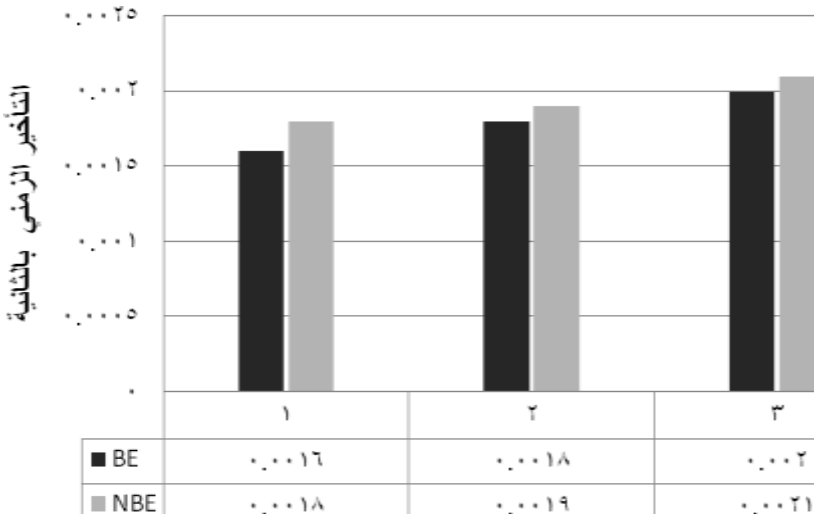


ولكن تفوق البنى التي لا تعمد المنارة لا يستمر على حاله في بقية السيناريوهات. ففي حين إن الشبكات التي لا تعتمد تمكين المنارة تستمر في تفوقها من حيث النفاذية في السيناريو الرابع أي من أجل 4 مرضى فإن الوضع سرعان ما يتغير لصالح البنى التي تعتمد تمكين المنارة مع ازدياد عدد المرضى أكثر ليصبح أكثر من 4، وهذا ما لم يلحظه الباحثون في البحث [11]. كما لم تشر إليه بقية الأبحاث المذكورة سابقاً.

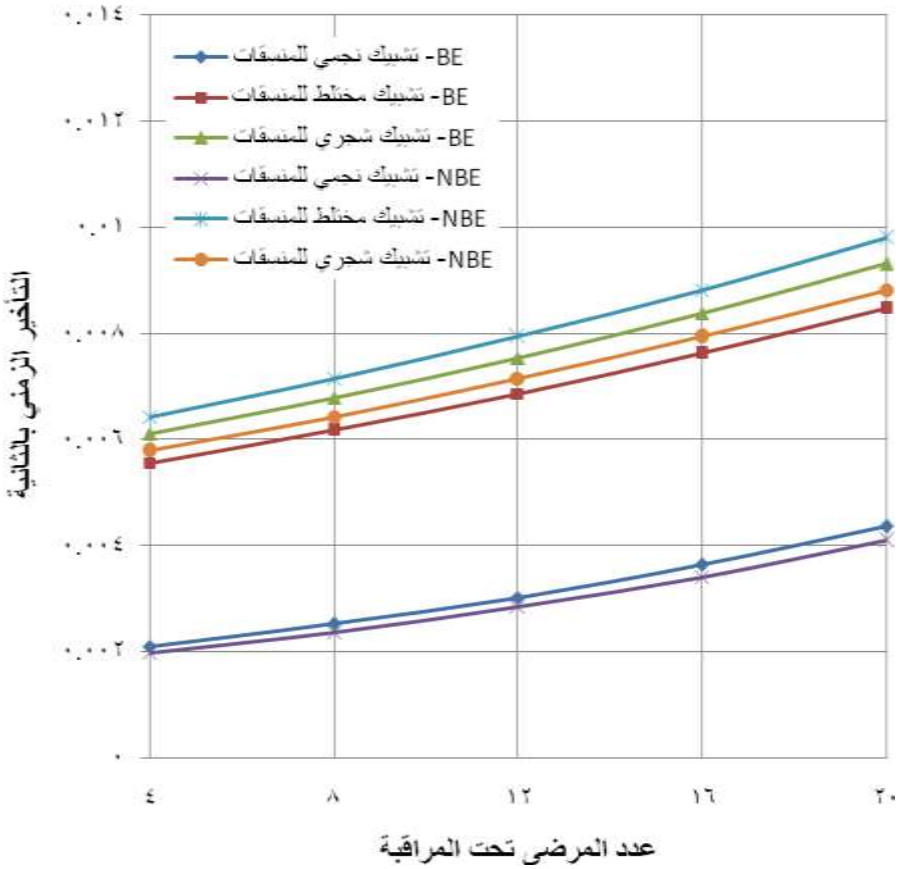
أما من حيث تأثير بنية الشبكة فإننا نلاحظ أن أداء شبكات البنى النجمية هو الأفضل وأن أداء الشبكات ذات البنى المختلطة هو الأسوأ من أجل جميع السيناريوهات التي تحوي عدداً أكبر من 4 مرضى وهو ما لم يلحظه البحث [11]. وتعزز هذه النتيجة ما توصل إليه البحث [12] بهذا الخصوص وتعممه على البنى ذات الحجم الصغير، حيث لم يلحظ البحث المذكور أن حساسات المستويات الأدنى جميعها موصولة بشكل نجمي.

مقارنة الأداء في السيناريوهات الثلاث وفقاً لمتوسط تأخير الأطر:

مقابل التحسن في أداء الشبكات في السيناريوهات الثلاثة الأولى من أجل عدم تمكين المنارة، وحيث يبين المحور الأفقي عدد المرضى، فقد لاحظنا انخفاض هذا الأداء الطفيف فيما يخص التأخير الزمني مقارنة بالبنى التي تعتمد تمكين المنارة ولكن ذلك الانخفاض لا يؤثر على الأداء لصغره مقارنة بالتأخير الكلي لكل إطار في الحالتين. وهذا لم يلحظ أيضاً في البحث [11] كونه لم يهتم بالدخول بدون تمكين المنارة. كما لم يلحظه البحث [12] كونه لم يهتم بالبنى الصغيرة.

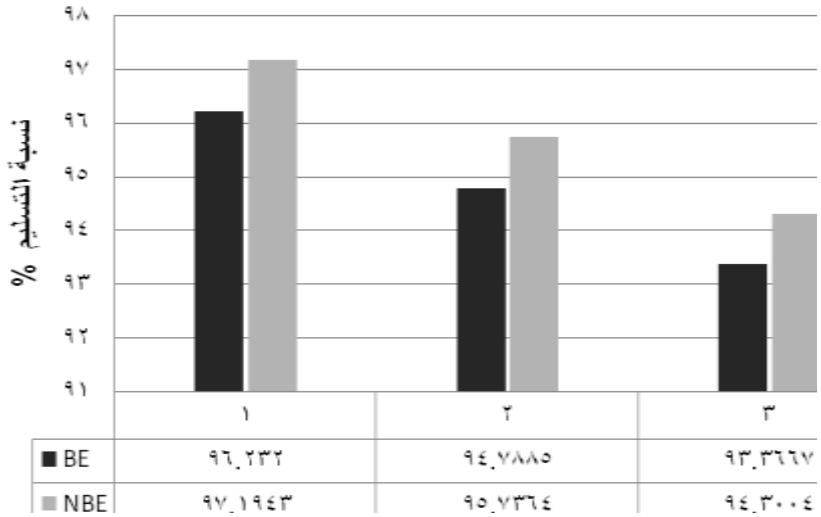


وقد تفوق أداء الشبكات في السيناريوهات التي تعتمد التوصيل النجمي من حيث التأخير الزمني على جميع السيناريوهات الأخرى التي تفترض توصيلاً مختلطاً أو شجرياً كما كان التوصيل الشجري هو الأسوأ أداء في جميع هذه السيناريوهات وهو ما لحظه البحث [12] من في الشبكات الكبيرة على الرغم من عدم اهتمامه بالسيناريوهات الصغيرة، بينما لم يتطرق إليه البحث [11] إطلاقاً.

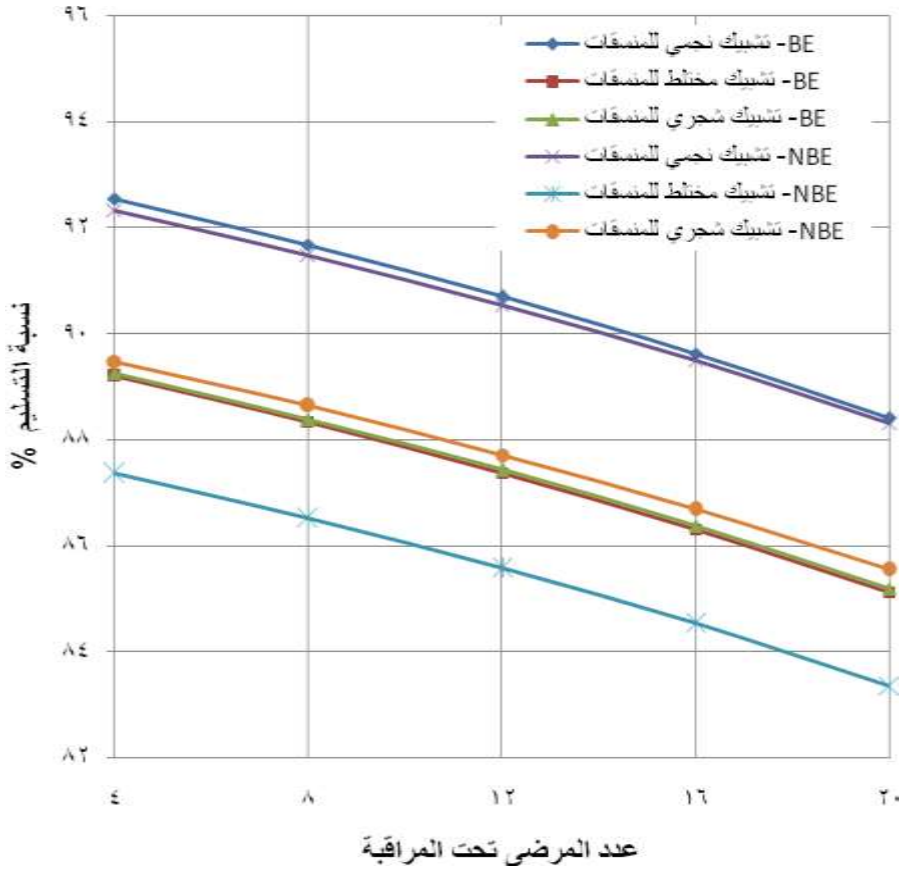


مقارنة الأداء في السيناريوهات الثلاث وفقاً لنسبة التسليم:

أظهر المؤشر الثالث من مؤشرات الأداء المعتمدة إلى تفوق ملحوظ في نسب التسليم في حال عدم تمكين المنارة في السيناريوهات الثلاثة الأولى، وحيث يبين المحور الأفقي عدد المرضى، وهذا أيضاً ما لم يلحظه البحث [11] لعدم اهتمامه بنظام العمل بدون تمكين المنارة. كما لم يلحظه البحث [12] لكونه لم يهتم بالبنى الصغيرة الحجم.



كما أظهر التشبيك النجمي تفوقاً واضحاً في الأداء على كافة البنى الأخرى من أجل الشبكات الكبيرة أيضاً. كما أظهر نظام تمكين المنارة تفوقاً على نظام عدم تمكين المنارة من أجل جميع البنى. وتعزز هذه النتيجة ما توصل إليه البحث [12] بهذا الخصوص وتعممه على مختلف البنى حيث إن البحث المذكور لم يتطرق إلى حالة كون حساسات المستويات الأدنى جميعها موصولة بشكل نجمي. كما تختلف النتائج عما قدمه البحث [11] في كون البحث المذكور لم يهتم في أي بنية بالدخول بدون تمكين المنارة.



الاستنتاجات والتوصيات:

1. بينت النتائج أفضلية استخدام التوصيل النجمي على التوصيل الشجري والمختلط من أجل مختلف الشبكات المطروحة في السيناريوهات المذكورة وينتج عنه تحسن ملموس في الأداء.
2. بينت النتائج أفضلية استخدام نظام عدم تمكين المنارة على نظام تمكين المنارة من أجل جميع البنى في السيناريوهات التي يكون عدد المرضى تحت المراقبة صغيراً ويحسن أداء المنظومة.
3. بينت النتائج تحسن أداء منظومة المراقبة من أجل البارامترات المذكورة باستخدام نظام تمكين المنارة على نظام عدم تمكين المنارة من أجل جميع البنى في السيناريوهات التي يكون عدد المرضى تحت المراقبة كبيراً.
4. نوصي بضرورة استخدام التوصيل النجمي بين منسقات WBSN المستخدمة في شبكات المراقبة الصحية في أجنحة المستشفيات ومراكز العناية مع الانتباه إلى اختيار العمل بنظام تمكين المنارة عندما يزداد عدد المرضى ليصبح أكثر من أربعة.

5. نوصي بضرورة استخدام التوصيل النجمي بين منسقات WBSN في هذه المراكز، مع الانتباه إلى اختيار العمل بنظام عدم تمكين المنارة عندما يكون عدد المرضى أربعة أو أقل وهو ما يناسب المستشفيات والمراكز الصغيرة.

المراجع:

[1] B. P. L. Lo, S. Thiemjarus, R. King and G.-Z. Yang, "Body Sensor Network—A Wireless Sensor Platform for Pervasive Healthcare Monitoring," *Proceedings of the* 3*rd International Conference on Pervasive Computing*, Munich, 2005, pp. 77-80.

[2] R. Sanati-Mehrizy and others, Application of wireless sensor **networks** in health care system, 120th ASEE Annual Conference and Exposition, 2013.

[3] C. Chakraborty, B. Gupta, and S. K. Ghosh. "A Review on Telemedicine-Based WBAN Framework for Patient Monitoring," *Telemedicine and e- Health*, vol. 19, no. 8, pp. 619-626, July 2013.

[4] Dayu H. The ZigBee Wireless Sensor Network in medical care applications. 2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering (CMCE), pp. 497–500. 2010

[5] Zimu Li, Guodong F, Fenghe L, Jia QD, Ridha K, Wendy T. Wireless Health Monitoring System. Appl. Technol. Conf. (LISAT), pp. 1-4. 2010

[6] Jeong S, Youn C.H, Shim E.B, Kim M, Cho Y.M and Peng L, *"An Integrated Healthcare System for Personalized Chronic Disease Care in Home–Hospital Environments"*, IEEE Conference on Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 16, pp. 572-585, 2012.

[7] Kalidas U and Raghavendran P.S, *"Effective Wireless Transmission for Body Sensor Networks of Plant Operators"*, IEEE International Conference on computing, Electronics and Electrical Technologies, pp. 682-686, Kumaracoil, 2012.

[8] *K. Navya et al.* A Zigbee Based Patient Health Monitoring System *Int. Journal of Engineering Research and Applications* www.ijera.com *Vol. 3, Issue 5, pp.483-486, Sep-Oct 2013*.

[9] Alumona T.L., Idigo V.E., and Nnoli K.P. Remote Monitoring of Patients Health using Wireless Sensor Networks (WSNs). *IPASJ International Journal of Electronics & Communication (IIJEC) Volume 2, Issue 9, September 2014*.

[10] Zhongwei Zhang, Xiaohu Hu, ZigBee based Wireless Sensor Networks and Their Use in Medical and Health Care Domain, Seventh International Conference on Sensing Technology 2013.

[11] Sabbar Insaif Jassim & Shayma Wail Nourildean, IEEE 802.15.4 ZigBee-Based Wireless Sensor Network in Medical Application. Iraqi Journal of Science, December 2012, Vol. 53, No. 4, Pp. 1055-1066

[12] Amritpal Kaur, Jaswinder Kaur, Gurjeevan Singh. Modeling and Simulation of CSMA/CA Slotted and Unslotted Mode in Zigbee Routing Schemes. *International Journal of Computer Applications, Volume 103 – No.7, October 2014*

[13] Zavosh Abdollahzadeh Davani, Azizah Abdu Manaf, "A Survey on Key Management of ZigBee Network", The International Conference on E-Technologies and Business on the Web, 2013.

[14] Shi Longlonga, Qiu Chunlinga, Gao Penga, Jia Zhengsena, "The Research and Simulation of CSMA/CA Mechanism of Zigbee Protocol", 2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), Procedia Engineering 29 (2012) 3466 – 3471.

[15] IEEE Std. 802.15.4, 2003: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). Approved 12 May 2003.

[16] Faiza Charfi, Mohamed Bouyahi, "Performance Evaluation Of Beacon Enabled IEEE 802.15.4 Under NS2",International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS) Vol.3, No.2, March 2012.

[17] Surender.R, P. Samundiswary, "Performance Analysis of Node Mobility in Beacon and Non-Beacon enabled IEEE 802.15.4 based Wireless Sensor Network", IJCA (0975 – 8887), Volume 76– No.12, August 2013.

[18] NS2: the network simulator, http://www.isi.edu/nsnam/ns (Online; accessed March 20, 2015)