تقليل استهلاك الطاقة في الحساسات اللاسلكية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

إعداد الطلاب :

أحمد محمد سيد أحمد

فتح العليم محمد

مهند بابكر فرح

سامي زين العابدين محمد

إشراف :

د. مجاهد عمر حاج التوم

قسم الهندسة الكهربائية

كلـية الـهندسة

جـامعة الـشيخ عـبدالله الـبدري

يناير 2021م

الآيـة

قَالَ رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي (25) وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي (26) وَاحْلُلْ عُقْدَةً مِّن لِّسَانِي (27) يَفْقَهُوا قَوْلِي (28)

صدق الله العظيم

سورة طه (الآيات 25 – 28)

إهـــداء

يا من علمونا كيف نصبر على مصاعب الدنيا ... آباؤنا

إلى من كان دعائهن سر نجاحنا ... أمهاتنا الغاليات

إلى اخواننا الأعزاء

إلى استأذنا الأجلاء

إلي زملاؤنا الأفاضل

شكر و عرفان

في البد الشكر لله الذي منَّ عليّ بإكمال هذا البحث ومن ثم الشكر لمشرفنا :

الدكتور/ مجاهد عمر

الذي لم يبخل علينا بوقته وتوجيهاته نفعنا الله به وبعلمه.

كما نشكر العاملين بمكتبة كلية الهندسة ا جامعة الشيخ عبدالله البدري ، ونشكر كل الذين مدّو لنا يد العون والمساعدة.

وكذلك شكرنا موصول إلى جميع أساتذتنا وزملاؤنا واخواننا الذين وقفوا معنا جنباً إلى جنب حتى اكملنا هذا البحث.

المستخلص

لاقى حقل شبكات الإستشعار اللاسلكية في العقد الماضي إهتماما متزايداً نتيجة للتوسع الملحوظ في مجالاته العملية و تطوراته التقنية، كما ساعد الإتصال اللاسلكي على سهولة إنتشار المعلومات و تواصلها بما يفوق قدرة مجال الإنترنت السلكي، فحالياً يمكن للأجهزة اللاسلكية أن تتبادل المعلومات في ما بينها أو بينها و مجال الإنترنت السلكي من خلال بوابة (Gateway)، ومن جهة أخرى سهّلت تكنولوجيا الإستشعار للمستخدم إكتشاف محيطه و اكتساب معلومات قيمة قد تكون بسيطة كقياس درجة الحرارة أو معقدة كما في حالة استخدامها فى المجالات العسكرية ، ارتبط تطور هذه التكنولوجيا بشكل ملحوظ بتقدم تقنيات البنى التحتية مثل أشباه الموصلات وطاقة البطاريات و كفاءة الذاكرة، أضف إلى ذلك أن حجم جهاز الإستشعار في ضآلة متواصلة مما يسمح بنشر هذه الأجهزة في منطقة واحدة . و بالتالي مضاعفة مساحة التغطية للشبكة، وبذلك يمكن لمجموعة من أجهزة الإستشعار اللاسلكية أن تشكل شبكة مؤقتة(Ad-hoc) فيما بينها تعمل و كأنها جهاز إستشعار واحد ذو تغطية أشمل ووظائف أكثر تنوعاً، غير أنه لا يزال هناك تحديات جديرة بالإهتمام تواجه نمو هذا المجال، فمثلاً طوبولوجيا هذا النوع من الشبكات تجعلها ضعيفة لعدة إعتبارات منها تحرك أجهزة الإستشعار و عمرها الإفتراضي، وهذان الإعتباران يلعبان دوراً أساسياً في قوة الإتصال اللاسلكي.

Abstract

Contact us by calling, contacting them in communication. Currently, it is possible to connect to the Internet, the field of wired internet through the gateway,

On the other hand, sensor technology has made it easier for the user to discover his surroundings and gain valuable information that may be simple, such as measuring temperature or as complex as in the case of its use in military fields. That is because the size of the sensor is continuously diminishing, which allows the deployment of these devices in one area.

And thus doubling the coverage area of the network, and thus a group of wireless sensors can form a temporary network (Ad-hoc) between them that works as if it were a single sensor with more comprehensive coverage and more diverse functions, but there are still worthy challenges facing the growth of this field. For example, the topology of this type of network makes it weak for several considerations, including sensor mobility and life span, and these two considerations play a fundamental role in the strength of the wireless connection.

فهرس المحتويات

1.1	مقدمة	1
1.1.1	الطاقة في الحساسات اللاسلكية	1
2.1	مشكلة البحث	1
3.1	الهدف من البحث	2
4.1	بنية و هيكلة البحث	2
	الفصل الثاني	
1.2	مقدمة لشبكات الاستشعار اللاسلكية	4
2.2	تقنية شبكة الحساسات اللاسلكية	5
1.2.2	الخصائص	5
3.2	التطبيقات	9
4.2	عناصر شبكة الاستشعار اللاسلكية	12
1.4.2	أجهزة الاستشعار	12
2.4.2	المراقبون	12
3.4.2	اجسام الاستشعار	13
5.2	الخصائص	13
1.5.2	البيانات المتمركزة	13
2.5.2	الانتشار الواسع	13
3.5.2	الموثوقية العالية	14
6.2	البنية المادية لعقدة الاستشعار	14
1.6.2	المتحكم	14
7.2	مكونات اجهزة الاستشعار	14
1.7.2	مشغل امدادات الطاقة	15
2.7.2	وحدة التحكم الرئيسة	15
3.7.2	الزاكرة	16

4.7.2	جهاز الارسال والاستقبال	16
8.2	مهام جهاز الارسال والاستقبال وخصائصه	16
9.2	الحلات التشغيلية لجهاز الارسال والاستقبال	17
10.2	مولد الطاقة	18
1.10.2	تخزين الطاقة	18
2.10.2	القدرات	18
11.2	المرسلات اللاسلكية	21
12.2	نظام التشغيل وبيئة العمل	21
1.12.2	انظمة التشغيل المدمجة	21
13.2	الدخول الى الوسط الناقل (البروتكولات)	26
1.13.2	المقدمة	26
2.13.2	التحديات التى تقابلها	26
3.13.2	البرتوكولات المبنية على الخلاف	28
	التوجيه	34
	شبكة المجسات اللاسلكية	44
	الفصل الثالث	
	عناصر الدائرة	50

	الفصل الرابع	
	النتائج والمناقشة	**52**
	الاستنتاجات	**56**
	الخاتمة	**57**
	المراجع	**58**

فهرس الاشكال:

الشّكل (1.2). نموذج عام لشبكات الحساسات اللاسلكية	**7**
الجدول (1.2). خصائص ذرة حسّاس TelosB	**8**
الجدول (2.2). خصائص ذرة حسّاس MICA2	**8**
الشّكل (2.2). نظام CodeBlue مقتبسة من [Mal04]	**11**
الشّكل (3.2). منتجات أتمتة المنازل	**12**
الشّكل (4.2). نظام الحاسة السادسة	**12**

الفصل الاول

المقدمة

الفصل الاول

المقدمة

1.1 مقدمة :

1.1.1 الطاقة في الحساسات اللاسلكية:

إن التطبيقات الحديثة في مجالات أجهزة الاستشعار اللاسلكية تتطلّب من جهة أجهزة ذات عمر افتراضي كبير، ومن جهة أخرى تحتوي هذه الأجهزة عادة على مصدر محدود للطاقة، كما أن هناك عدة عوامل تؤثر في استهلاكها للطاقة ، فمثلاً تتأثر الطاقة بالعوامل الآتية:

أ) عدد مدخلات الجهاز

ب) عدد الخدمات المؤداة

ج) مدة الارسال والاستقبال

د) الظروف البيئيّة المحيطة كدرجة الحرارة

هـ) دقة القراءات المطلوبة

و) موجات الراديو المستخدمة.

يتم تزويد كل جهاز إستشعار -عادة- ببطاريتين من نوع AA قابلتين لإعادة الشحن، ولكن مع استخدام مئات الآلاف من هذه الأجهزة في حقل المراقبة فإن إعادة شحن البطاريات تعتبر وسيلة غير عملية، ولذا يتوجب البحث عن استراتيجيّات جديدة لترشيد الطاقة، كما في عملية دمج رقائق البرمجة المنطقية (FPGAs) بجهاز استشعار [4] (ATMEL)، وكما يمكن أيضاً الإستفادة من وسائل الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية [45،11] أو المتولدة عن طريق الإهتزاز [46]، ونحن في بحثنا استخدمنا كحل برمجي خوارزمية موف افريج Move Average لتقليل استهلاك الطاقة الناتج من عمليات الارسال المتكرر والتي تعد من الوسائل الهامة التي يمكن بواسطتها التغلب على مشكلة الطاقة في الحساسات اللاسلكية.

2.1 مشكلة البحث:

. رغم محدودية قدرات أجهزة الاستشعار من حيث المعالجة والتخزين والإتصال إلا أنه من المتوقع لهذه القيود أن تحل في المستقبل القريب، ولكن يبدو أن القيود في عملية استهلاك الطاقة تفرض تحدياً بسبب التقدم البطيء في تقنيات البطاريات، إن أجهزة الاستشعار هذه تتطلب التغيير المتكرر للبطاريات والذي قد يكون مستحيلاً في بعض الأحيان، ولهذا فإن بروتوكولات طاقة كفؤة تعتبر ضرورية لتحسين عمل شبكات الاستشعار.

3.1 الهدف من البحث:

ونهدف في مشروعنا الي :

- دراسة الحساسات اللاسلكية
- تقليل استهلاك الطاقة في الحساسات اللاسلكية من جراء الارسال المتكرر وبالتالي سنحصل علي زيادة العمر التشغيلي لأقصى حد ممكن.
- استخدام الحلول والادوات البرمجية كبديل للحلول الفيزيائية وعمل مقارنة عند ارسال البيانات بدون استخدام اي بروتوكول وعند ارسالها باستخدام بروتوكول وخوارزمية move averge algorism

4.1 بنية وهيكلة البحث :

سنقوم في بحثنا هذا بتضمين عدة فصول حيث سنتحدث في الفصل الأول عن الطاقة في الحساسات اللاسلكية واهميتها والهدف منها وبنية وهيكلة البحث وسننتقل في الفصل الثاني وسنتطرق إلى دراسة الحساسات اللاسلكية واستخداماتها في كافة مجالات الحياة والدراسات السابقة لتقليل استهلاك الطاقة في الحساسات اللاسلكية ثم سنقوم في الفصل الثالث بالتطرق الي عناصر الدائرة بشئ من التفصيل اما الباب الرابع والخامس من هذا البحث يحتوي علي النتائج ومناقشتها ثم الفصل الخامس سنقوم بكتابة مجموعة من النصائح والتوصيات في تقليل استهلاك الطاقة .

الفصل الثاني

شبكات الحساسات اللاسلكية تطورها وتطبيقاتها

1.2 مقدمة لشبكات الاستشعار اللاسلكية:

تم بناء شبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) من العقد والتي قد تصل إلى بضع مئات أو عدة آلاف من العقد.أن شعبية أجهزة الكمبيوتر المحمولة والهواتف المحمولة وأجهزة المساعد الرقمي الشخصي و أجهزة GPS والالكترونيات الذكية في عصر ما بعد الكمبيوتر والأجهزة الحاسوبية و التي أصبحت أرخص وأكثر قدرة على الحركة وأكثر انتشارا في الحياة اليومية وإمكانية دعم هذه النظم المضمنة مع تقليص أنظمة التشغيل للويندوز أوالليكس ساعد على ظهور شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSNs (هي في جوهرها تعتبر اتجاه آخر لقانون مور نحو التصغير وانتشار أجهزة الكمبيوتر بشكل عام .

ولان عقد الاستشعار اللاسلكية تعتمد على الاستشعارعن بعد يمكن لعقدة الاستشعار أن تعمل بالطاقة عن طريق بطاريات AA لمدة تصل إلى ثلاث سنوات مع انخفاض بنسبة 1٪ لوضع دورة العمل. وعادة ما تتألف شبكة الاستشعار (WSN) من عشرات الآلاف من العقد أن مثل هذاالتواصل من خلال القنوات اللاسلكية يمكن من تبادل المعلومات وتجهيزها و يمكن (WSNs) من نشرها على نطاق عالمي وذلك لأغراض عديدة منها مراقبة البيئة ودراسة الأوضاع في المعارك و المراقبة العسكرية والاستطلاع والبيئات الناشئة عن البحث والإنقاذ ومصانع الصيانة ومراقبة المنشات الصحية والبنى التحتية في المنازل الذكية وفي أجهزة مراقبة المرضى .

أن عقد الاستشعار هي المسؤولة عن التنظيم الذاتي للبنية التحتية شبلكات الاتصال المناسبة ، وأجهزة الاستشعارتعمل على البدء في جمع المعلومات الصوتية والزلازل أو الأشعة تحت الحمراء المغناطيسية حول البيئة وأيضا تحديد المواقع والمعلومات والتي يمكن الحصول عليها عن طريق نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) أوخوارزميات المواقع المحلية و. يمكن جمع هذه المعلومات من جميع أنحاء الشبكة ومعالجتها بشكل مناسب لبناء رؤية عالمية لرصد الظواهر أو الأشياء. أن الفلسفة الأساسية وراء شبكات الاستشعار (WSNs) هو أنها يمكن أن تقتصرقدرة كل عقدة استشعار فردية مع القوة الإجمالية لكامل الشبكة لتصبح كافية للمهمة المطلوبة ويمكن للمستخدمين من استرداد المعلومات التي تهمهم من (WSN) وذلك عن طريق جمع النتائج من محطات الهواتف الخلوية أو ما تسمى بـ (العقد) والتي تتصرف باعتبارها واجهة بين مستخدمي الشبكة، وبهذه الطريقة يمكن اعتبار (WSNs) كقاعدة بيانات موزعة. ومن المتصور أيضا أنه سيتم في نهاية المطاف بناء شبكات استشعار تكون متصلة بالإنترنت وذلك لكي يصبح من الممكن تبادل المعلومات .

أن مستقبل عصر (WSNs) بدء في القريب في سبتمبر 1999 حيث حددت Week Business الـ (WSNs) باعتبارها واحدة من أهم التقنيات للقرن 21 , وأيضا في كانون الثاني 2003 ذكرت مراجعة معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن (WSNs) هي واحدة من العشرة الأوائل من التكنولوجيات الناشئة . ومن المقدر أيضا أن (WSNs) تنتج أقل من 150 مليون دولار في المبيعات في عام 2004 ولكنها سوف

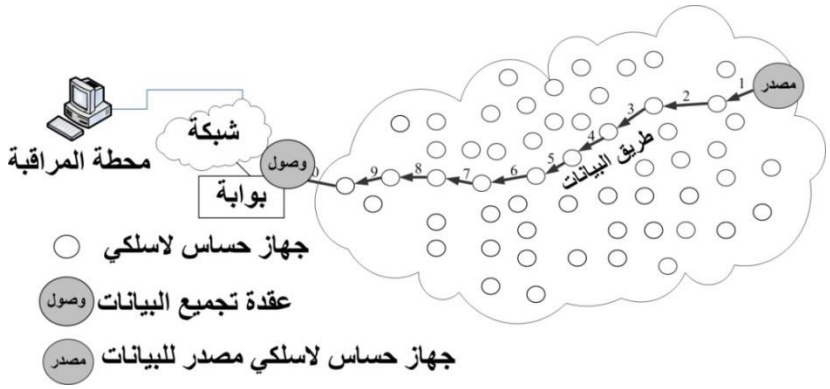
تصبح أعلى بـ 7 مليارات دولار بحلول عام 2010 و. في ديسمبر 2004 تم أطلاق WSN مع أكثر من 1000 عقدة في ولاية فلوريدا من قبل فريق ExScal والتي تعتبر أكبر شبكة استشعار لاسلكية (WSN) نشرت حتى الآن .

2.2 تقنية شبكة الحساسات اللاسلكية:

1.2.2 الخصائص:

ساهم التطور التقني لشبكات الاتصالات اللاسلكية والأنظمة الالكترونية في إنجاز أجهزة حساسات صغيرة الحجم وذات تكلفة منخفضة واستهلاك اقتصادي للطاقة ومتعددّة الوظائف. وتتصل هذه الأجهزة الصغيرة فيما بينها عبر مسافات قصيرة وتتعاون فيما بينها لنقل البيانات من جهاز إلى آخر وصولا إلى جهاز التحكم والمراقبة الذي يقوم باستقبال البيانات ومعالجتها، فتكوّن بذلك ما يعرف بشبكات الحساسات اللاسلكية [Ram07]. وتكمن أهمية هذه الشبكات في أنها مكّنت إنجاز العديد من التطبيقات للمراقبة والتحكم عن بعد، مختلفة عن التي تم تفعيلها من خلال تقنية التعريف بالتردّدات الرّاديوية، لأن نوعية المعلومات في هذه الشبكات لا تتعلق بتعريف أجسام مادية ولكن تتعلق بتحسس أحداث فيزيائية وحسيّة مختلفة كالبيانات البيئية [Geo06 Lun03 Swe04] مثل الحرارة، والضغط، والضوء، أو البيانات السمعية والمرئية كالصوت، والصورة وكذلك البيانات الصحيّة مثل دقّات القلب ومستوى ضغط الدم ونسبة السكري ونسبة الأوكسجين في الدم[Tim04, Mal04] وغيرها من البيانات المختلفة المرتبطة بنوعية التطبيق وأهدافه.

وتستشعر هذه الأجهزة الأحداث الفيزيائية من خلال أجهزة حسّاسات، وهي عبارة على دارة الكترونية مدمجة تقوم بتحسس الأحداث الفيزيائية في البيئة المراقَبَة وتحويلها إلى بيانات رقمية ومن ثمّ إرسالها لاسلكيا من جهاز إلى آخر بالتعاون فيما بينها إلى محطة مراقبة عبر بوابة تعمل كواجهة بينية بين شبكات الحساسات اللاسلكية وشبكات الحاسوب الأخرى، والتي تنقل هذه البيانات إلى محطة مراقبة. ومحطة المراقبة يمكن أن تتمثّل في جهاز حاسوب أو جهاز كفي يقوم بتجميع المعلومات من شبكة الحساسات اللاسلكية ثم معالجتها وتحليلها. يقدّم الشّكل 1 نموذجا عاما لشبكات الحساسات اللاسلكية حيث يقوم مصدر البيانات بإرسال المعلومات الحسّية التي استشعرها والتي يتم توجيهها من جهاز إلى آخر حتى الوصول إلى عقدة تجميع البيانات والتي تمرّر البيانات عبر البوابة إلى محطة المراقبة عبر الشبكة الحاسوبية



الشّكل (1.2). نموذج عام لشبكات الحساسات اللاسلكية

وتتميّز أجهزة الحسّاسات اللاسلكية مقارنة برقاقات التعريف الراديوية بالإضافة إلى تخزين البيانات وقرائتها، بقدرات أكبر تجعلها أكثر فاعلية وأحسن تفاعل مع البيئة المحيطة، ويشتمل ذلك القدرة على تحسّس الأحداث الفيزيائية وعلى معالجة البيانات، والاتصال اللاسلكي مع بقية الأجهزة بالاعتماد على التوجيه متعدّد المراحل للبيانات إلى أن تصل إلى محطة المراقبة. ومن خصائص أجهزة الحساسات اللاسلكية أنها تعمل كمصدر للبيانات حيث تقوم باستشعار البيانات الفيزيائية من جهة، وتعمل كموجِّهٍ للبيانات من جهة أخرى.

كما تتفرّد شبكات الحساسات اللاسلكية بخصائص عديدة منها قدرتها على العمل في بيئات قاسية وتحت ظروف مناخية شديدة، والتعامل الذاتي مع أعطال الأجهزة التي قد تطرأ فجأة على الشبكة، وتنقل الأجهزة خلال زمن التنفيذ للشبكة، والتكيف مع ديناميكية تغيرات جغرافية الشبكة، وتغاير الأجهزة، والانتشار على نطاق واسع.

ومن أهم ما يُميّز أجهزة الحساسات اللاسلكية محدوديّة مواردها وندرتها ويتمثل ذلك في قلة موارد الطاقة، وضعف سرعة المعالجة، و صغر سعة التخزين، و ضعف سرعة إرسال البيانات. ويرجع ذلك أساسا إلى قيود تتعلق بتصميم أجهزة الحسّاسات اللاسلكية حيث يجب أن تكون هذه الأجهزة صغيرة جدّا من حيث الحجم، وخفيفة الوزن و منخفضة الثمن. على سبيل المثال، يمثّل الجدول [1] بعض الخصائص الأساسية لحسّاس TelosB والجدول [2] بعض الخصائص الأساسية لحساس MICA2 وهو ما يبرهن ضعف الموارد لأجهزة الحسّاسات اللاسلكية مقارنة بالحواسيب العادية. يمكن ملاحظة التغاير بين خصائص أجهزة الحساسات اللاسكية من جهاز إلى آخر وهو ما يتيح العديد من الاختيارات لمصميمي شبكات الحساسات اللاسلكية وفقا لمتطلبات التطبيقات المطلوبة.

وقد نشأت العديد من اتفاقيات الاتصال المعيارية الخاصة بشبكات الحساسات اللاسلكية والتي تستجيب لمتطلباتها خاصة من ناحية محدودية الموارد. وتعتبر اتفاقية الاتصال اللاسلكي

IEEE 802.15.4/ZigBee [WG15.4, ZB07] من أول الاتفاقيات المعيارية التي صممت خصّيصا للشبكات ذات الطاقة المحدودة وذات سرعة إرسال بيانات منخفضة، وهو ما يتوافق مع متطلبات شبكات الحسّاسات اللاّسلكية. وتم توصيف مواصفة الاتفاقية المعيارية ZigBee من طرف مجموعة كبيرة من الشركات الصناعية الكبيرة في العالم تسمى ZigBee Alliance (أي تحالف زيجبي) بهدف تصميم شبكات لتطبيقات المراقبة والتحكم عن بعد. وقد اعتنى هذا التحالف بتوصيف أنماط التطبيقات والمنتجات الصناعية التي ستستفيد من الاتفاقية المعيارية وهي الاستغلال الذكي للطاقة، وأتمتة المنازل، وتطبيقات الاتصالات، وأتمتة المباني التجارية، والمجال الصحة [CON09].

الجدول (1.2) خصائص ذرة حسّاس TelosB

48 كيلو بايت	ذاكرة برامج وميضية
1024 كيلو بايت	ذاكرة قياسات وميضية
16 كيلو بايت	ذاكرة قراءة فقط قابلة للبرمجة والمحو
250 كيلو بايت	معدل البيانات
2.4 جيجا هرتز	موجة التردد
2 بطاريات من نوع أأ	بطارية
2.7 إلى 3.3 فولت	الطاقة الكهربائية الخارجية
6 x 31x 65	الحجم
23 جرام بدون بطاريات	الوزن

الجدول (2.2). خصائص ذرة حسّاس MICA2

128 كيلو بايت	ذاكرة برامج وميضية
512 كيلو بايت	ذاكرة قياسات وميضية
4 كيلو بايت	ذاكرة قراءة فقط قابلة للبرمجة والمحو
38.4 كيلو بايت	معدل البيانات
916 ميجا هرتز	موجة التردد
2 بطاريات من نوع أأ	بطارية
2.7 إلى 3.3 فولت	الطاقة الكهربائية الخارجية
58 x 32 x 7	الحجم
18 جرام بدون بطاريات	الوزن

ومؤخرا، توجه الاهتمام حول شبكات الحساسات اللاسلكية ليس إلى تقليص استهلاك الطاقة فحسب، بل لتحقيق توافق التشغيل مع تطبيقات الانترنت، وشكل هذا الاهتمام في أوّل الأمر تحديا كبيرا للباحثين وذلك لعدم توافق خصائص اتفاقيات شبكة الانترنت TCP/IP مع متطلبات الحساسات اللاسلكية وخصائصها المتمثلة في قلة الموارد والتي يقابلها استهلاك بروتوكول IP الشديد للموارد الحسابية والطاقة وفضاءات التخزين. ولكن، منذ عهد قريب تم تجاوز هذه العقبة باقتراح الاتفاقية المعيارية lowpan [Mul07]، والتي دمجت الاتفاقية المعيارية IEEE 802.15.4 مع الاتفاقية المعيارية لشبكة الانترنت IPv6 ومكنت بذلك الربط المباشر بين شبكة الانترنت وشبكات الحساسات اللاسلكية، وهو ما يعتبر قفزة عملاقة في تحقيق أنظمة الحوسبة المادية واسعة النطاق مستغلين بذلك ميزات شبكات الانترنت من حيث اتساع النطاق وشموليتها وميزات شبكات الحساسات اللاسلكية في التفاعل المباشر مع البيئة المحيطة.

ويتبين من خلال هذا دور التطور التقني للنظم المدمجة ونظم الاتصال في إنشاء شبكات عالمية جديدة تتيح تطبيقات مستحدثة واسعة النطاق وفي مجالات متعدّدة، والتي سنقوم بتقديم نظرة عامة عن أهمها في الفقرة اللاحقة.

3.2 التطبيقات:

إن التطبيقات الجديدة التي مكّنت من ظهورها شبكات الحسّاسات اللاسلكية أكثر من أن تحصر وتستخدم في مجالات مختلفة وحسب نوعية البيانات المتحسّسة المتعلقة بالتطبيق. نقدّم فيما يلي أهم المجالات التطبيقية لشبكات الحساسات اللاسلكية.

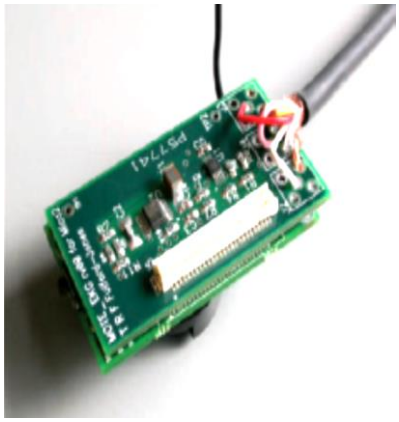
استفاد القطاع الصناعي استفادة عظيمة من هذه التقنية [CON09] حيث ساهمت ميزات شبكات الحساسات اللاسلكية في تسهيل تحصيل وتجميع البيانات الحِسيّة في النظم المدمجة والصناعية وذلك من خلال تخفيض تكلفة تنصيب الأجهزة بإمكانية اجتناب استخدام كيلومترات عديدة من الأسلاك للربط والتشبيك بين الأجهزة الصناعية بفضل قدرة أجهزة الحساسات على الاتصال اللاسلكي، وتيسير عملية تنصيب أجهزة الحساسات حتى في الأماكن الصعبة، ودعمها للتنقل وحركة الأجهزة، وتحقيق مرونة كبيرة من ناحية إدارة الشبكة وصيانتها. وتتعدّد مجالات استخدام شبكات الحسّاسات اللاّسلكية في المجال الصناعي ومنها ماقترحه الباحثون في [Kel05] من توصيف نظام لأتمتة إدارة السلع والمخزون وتعقّب المدّخرات التجارية بالاعتماد المزدوج على شبكات الحساسات اللاسلكية وتقنية التعريف بالتردّدات الراديوية. كما تم استخدام الحساسات اللاسلكية في مجال أجهزة الروبوت الذكية والمتنقلة في المجال الصناعي حيث ساهمت شبكة الحساسات اللاسلكية من تحسين جودة ملاحة أجهزة الروبوت بفضل التفاعل المباشر مع البيئة المحيطة، من خلال الحصول على المعلومات من أجهزة الحساسات المنتشرة والتي تسمح بإعطاء صورة أوضح وأشمل حول فضاء التنقل، خلافا لأجهزة الروبوت التقليدية المقتصرة على الحساسات المحدودة والمدمجة بها [Low05, But03]. واعتمد الباحثون في [Bal04] على تقنية شبكات الحساسات اللاسلكية لتجنب اتخاذ خريطة ملاحة أو تحديد موقع الروبوت خلال تنقله وذلك باستخدام أجهزة الحساسات كشارة إرشاد للروبوت لتفادي الحواجز المحيطة به.

كما يمكن استخدام الحساسات اللاسلكية كحل للقطاع الصناعي لاكتشاف التسرّبات، ومراقبة المناخ، وفحص الإشعاعات واكتشاف المتطفلين وغيرها، حيث يقع إرسال إنذارات إلى المدراء عند اكتشاف أي خلل مثل تسرب الغازات السامة، أو الإشعاعات الخطيرة لاتخاذ الإجراءات الوقائية [Low05].

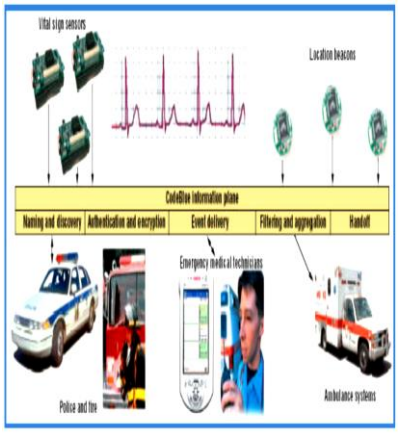
وتستخدم شبكات الحساسات اللاسلكية أيضا في مجال تعقب الحركة وتحديد المواقع للأشخاص، وغيرهم من الكائنات المتنقلة [Olf08, Kou10]. فقد قدّم الباحث في [Kou10] تصورا أوليا لنظام معلوماتي آلي خاص بالحج والعمرة يعتمد على شبكات الحساسات اللاسلكية، بيّن فيه مدى فاعلية استخدام هذه التقنية كبنية تحتية أساسية لتمكين العديد من التطبيقات التي ترقى بخدمات الحجاج والمعتمرين كالإرشاد والمراقبة الصحية من جهة، ومن جهة أخرى للمساهمة في جمع المعلومات والبيانات الإحصائية للعديد من الظواهر المتعلقة بالحج والعمرة لتحليلها وإيجاد الحلول للمشاكل المصاحبة لها. كما قدّمت الدراسة تصميم وإنجاز نموذج حقيقي لتعقّب حركات الحجّاج خلال أداء مناسك الحجّ والعمرة وذلك باستخدام

شبكات الحسّاسات اللاسلكية والذي يوضح كيفية إمكانية استخدام هذه التقنية للعثور على الحجّاج الضائعين ومراقبة حالتهم الصحية بطريقة سهلة وفعّالة.

أما في المجال الصحي، فقد مكنّت شبكات الحساسات اللاسلكية العديد من التطبيقات في مجال المراقبة الصحية عن بعد حيث يتمكن الفريق الطبي من مراقبة المرضى عند بعد واستقبال إنذارات في حالات الخطر التي تكتشفها الحساسات اللاسلكية من خلال تحسس البيانات الصحية للمريض مثل ارتفاع أو انخفاض شديد في ضغط الدّم، أو دقات القلب، أو مستوى السكّر وغيره. وقد وقع تصميم نماذج تجريبية للمراقبة الصحية باستخدام شبكات الحسّاسات اللاسلكية من فريق بحثي بجامعة هافارد يسمى CodeBlue [Mal04]، كما يتضح في الشكل 2.ب، والذي يقوم بمراقبة المرضى عن بعد، وإشعار الأطباء والطاقم الصحي من خلال إرسال إنذارات في حالات الطوارىء عبر الشبكة. ونشئ بعدها مفهوم شبكات حساسات الجسد اللاسلكية وهي شبكات لاسلكية تعتمد على حساسات بيولوجية تقوم باستشعار البيانات البيولوجية للجسم (الشكل 2أ) وإرسالها إلى الفريق الطبي لاسلكيا [Rah09]، وهو ما يرفع من مستوى الخدمات المراقبة الصحية خاصة وأنّ مثل هذه الحلول يمكن استخدامها لمراقبة المرضى وهم في منازلهم [Roz08].



2أ/ حساس الصورة البيانية الكهربائية للقلب



2ب/البنية التحتية لنظام CodeBlue

الشّكل (2/أ ، 2/ب) نظام CodeBlue مقتبسة من [Mal04]

ومن أهم تطبيقات تقنية الحساسات اللاسلكية، أتمتة المنازل والمباني والتي تتمثل في التحكم عن بعد في الأجهزة المنزلية مثل التحكم الآلي في أجهزة الإنارة والتحكم في الأبواب والنوافذ وإنجاز التطبيقات الأمنية وأنظمة المراقبة. وتعتبر أتمتة المنازل والمباني من أهم التطبيقات التي تركز عليها الشركات الصناعية الكبرى في الوقت الحالي مثل مجموعة ZigBee Alliance وغيرها، وقد بدأ السوق يشهد

إصدار العديد من المنتجات الصناعية للتحكم عن بعد ومراقبة المنازل والمنشئات، خاصة التي تدعم الاتفاقية المعيارية ZigBee. ومن بين هذه المنتجات الأزرار الذكية للتحكم بالإضاءة كالتي في الشكل 3.أ وتظهر أزرار إضاءة لديها قدرات إرسال لاسلكية داخل المنزل قابلة للبرمجة ويمكنها تشغيل أو إطفاء جزء من المصابيح في المنزل حسب برمجتها. ويظهر الشكل 3.ب نظام ذكي لإقفال المنازل، فحتى لو نسي صاحب المنزل إذا ما قام بإقفال منزله أولا، فلا يجب عليه العودة للتأكد، بل يمكنه الدخول على نظام الإقفال عبر شبكة الانترنت أو شبكة الاتصالات لإغلاق أو فتح الباب حسب الحاجة. أماّ الشكل 3.ج، فيقدّم ظابط حراري منزلي ذكي والذي يمكّن المستخدم من الدخول عليه من أي مكان من خلال بوابة الكترونية خاصة به. وبالاعتماد على هذا الجهاز يمكن لصاحب المنزل استقبال المعلومات حول التغيرات المناخية داخل المنزل وخارجه، والإنذارات الحرارية والعديد من الخدمات المتعلقة بمراقبة المنزل.

أ.أزرار ذكية للتحكم في الإضاءة	ب. قفل ذكي من شركة Kwikset	ج. ظابط حراري منزلي ذكي من شركة Ecobee

الشّكل (3.2). منتجات أتمتة المنازل

ومن أعجب الاختراعات التي صدرت مؤخرا في سنة 2009 اختراع [Mis09] sixthsense، ويعني الحاسة السادسة، والذي أنجزته جامعة MIT الأمريكية وقد تحصل على العديد من الجوائز العالمية. ويتمثل في نظام ذكي يعرض المعلومات، ليس على الشاشات أو الأوراق كما هو الحال في العادة، بل مباشرة في البيئة المادية المحيطة، وهو ما يعتبر نقلة نوعية في عالم المعلومات ونظم الحوسبة. ويعتمد هذا الاختراع على نظام إشارات إيحائي قابل للارتداء يَسْتَخدم جهاز كشّاف ضوئي صغير وجهاز كاميرا رقمية توضع فوق الرأس، والتي تشاهد ما يشاهده المستخدم فتخرج المعلومات من حدودها التقليدية، فتحيل الجدران والمساحات والكائنات الفيزيائية لمشاهدة المعلومات الرقمية والتفاعل معها باستخدام إشارة يدويّة حدسيّة.

أ. عرض جهاز هاتف افتراضي على الكف وإجراء مكالمة هاتفية ب. عرض المعلومات المستجدة حول الرحلة آليا من خلال قراءة تذكرة السفر ج. عرض ساعة افتراضية بعد تلقي الأوامر بالرغبة في معرفة الوقت الشّكل (4.2). نظام الحاسة السادسة

ويظهر الشكل 4 بعض تطبيقات نظام الحاسّة السادسة، حيث يظهر في الصورة أقصى اليمين عرض جهاز هاتف افتراضي بعد أن أوحى المستخدم إلى الجهاز عبر إشارة يدوية محددة رغبته في إجراء اتصال هاتفي، فقام الجهاز بعرض هاتف افتراضي يقع من خلاله تركيب الرقم المرغوب ثم إجراء الاتصال. أما الصورة التي في الوسط، يضع المستخدم تذكرة السفر أمام الكاميرا، فتقرأ آليا محتواها وتتصل آليا عبر الشبكة بمطار المغادرة لتبحث عن مستجدات الرحلة (مثلا التأخير) ثم تعرضها مباشرة على التذكرة. أما الصورة في أقصى اليسار فتعرض ساعة افتراضية لتزويد المستخدم بالوقت حسب طلبه من خلال الاشارات اليدوية.

ويمثل هذا النظام إبداعا جديدا في تحقيق التفاعل بين الإنسان وبيئته المحيطة باستخدام الحساسات اللاسلكية (جهاز الكاميرا) ويفتح آفاقا جديد لإنجاز العديد من التطبيقات الأخرى.

4.2 عناصر شبكة الاستشعار اللاسلكية:

بشكل عام، تتكون الشبكة من ثلاثة عناصر، أجهزة الاستشعار والمراقبون وأجسام الاستشعار، وفيما يلي شرح موجز لهذه العناصر:

1.4.2 أجهزة الاستشعار:

جهاز استشعار يتكون أساسا من الاستشعار عن بعد، ونقل وتخزين وحدات الطاقة.هذه المهام تتطلب جمع المعلومات من اجسام في العالم الحقيقي، وتخزين بيانات الاستشعار، واجراء بعض العمليات الحسابيه ونقلها إلى المراقبين.

2.4.2 المراقبون:

المراقبون هم مستخدمي شبكة الاستشعار اللاسلكية، الذين يتحققون، ويستفيدون من المعلومات المستشعره. ويمكن للمراقبين حتنقد يكونوا بشراوأجهزة كمبيوتر أوبعض المعدات الأخرى. وهم يحللون ويفسرون المعلومات المستشعرة من اجل اتخاذ القرارات.

3.4.2 اجسام الاستشعار:

الأجسام الاستشعار هي بعض الأهداف مثل الدبابات والجنود والحيوانات والغازات الضارة، وما إلى ذلك حتى المراقبين يهتمون بشكل عام، بعرض اجسام الاستشعار على شكل خصائص رقمية لبعض الظواهر الفيزيائية والظواهر الكيميائية وغيرها، بما في ذلك حركة الأجسام ودرجة الحرارة والرطوبة وهجريز الدخان الخ. ويمكن حتى تستشعر شبكة الاستشعار اللاسلكية عددا من الأمور داخل منطقة تغطية الشبكة.

5.2 الخصائص:

تم التعهد على شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSNs) كنظام يعيد تشكيل نفسه ذاتيا استجابة للظروف الخارجية كما انه يتكون من عدة عقد [nodes] (null مختلفة تتواصل فيما بينها لاسلكيا،وتحتوي على اجهزة استشعار ذكية ورخيصة الثمن تقوم برصد التغيرات المحيطه بها من ثم جمعها ومعالجتها ، وإرسالها إلى المراقبين . تمتاز شبكات الاستشعار اللاسلكي (WSNs) بعدة مميزات، ومجموعة خصائص تتمثل في:-

- **البيانات المتمركزه :** يعد استشعار المعلومات وايصالها إلى الشخص المعني ومن ثم حوسبتها، المهمه الاساسية التي أنشات شبكة الاستشعار اللاسلكيه (WSNs) من أجلها، ويتم ذلك من خلال جمع المعلومات ودمجها واستخلاص المفيد منها. ومن الجدير بالذكر انه عندما يرغب المستخدمون في الإستفسار عن بعض الحوادث إذا البيانات التي يتم رصدها من عقدة (node) واحدة ليست مصدر اهتمام لهم حيث حتى أي رد عمل يقوم به المستخدم ناتج عن البيانات المستخلصه من عدد كبير من العقد المترابطه في هذه الشبكة. إذا قدرة شبكات الإستشعار اللاسلكية (WSNs) على دمج البيانات التي تم جمعها تقلل كثافة البيانات المرسلة عبر هذه الشبكة.
- **الإنتشار على نطاق واسع:** تنتشر شبكات الاستشعار اللاسلكية [WSNs] (null) على مساحات شاسعة مما يدفعنا إلى زيادة كثافة العقد المستخدمه بناءا على طبيعة الحقل المطلوب إنتشار أجهزه الإستشعار فيه ، ومن طبيعي حتى تحدث حالات الفشل في الشبكات اللاسلكية، والتي عادة ما تضم فشل عقد(nodes) أجهزة الاستشعار، وفشل الاتصالات وما إلى ذلك. فبالتالي لا بد لنا من تصميم أجهزه وبرامج ذات متانه عاليه وقادره على الاستمرار في العمل في حالة إخفاق بعض مُكَوِّناتها وخاصة في حالة البيئة التي لا يمكن الوصول إليها .
- **الطوبولوجيا الديناميكية (dynamic topology):** تمثل توبولوجيا الشبكة الشكل الذي يسمح لأجهزة الشبكة بأن تتصل ببعضها البعض . إذا التبولوجيا في شبكات الاستشعار اللاسلكية(WSNs) لا بد من حتى تكون ديناميكية بسب تغيرات العقد [nodes] (null .على

سبيل المثال ، قد تفشل العقد (nodes) إما من نقص الطاقه أوالتدمير المادي، قد تنضم عقد جديده إلـى الشبكة وقد تكون عقد (nodes) الاستشعار متنقلة؛ لتوفير الطاقة. لذلك يجب حتى تكون الشبكة قادره على التكيف الذاتي وإعادة تكوين نفسها بشكل دوري.

- **الموثوقية العالية:** غالبا ما يتم نشر شبكات الإستشعار اللاسلكيه [WSNs] (null في مناطق نائية وغير مأهوله وتغطي مساحات كبيره .وهذا يجعل صيانة الشبكة عبر شبكة الانترنت أمر قاسي جدا. بالإضافه إلى ذلك يجب ضمان سرية البيانات التي يتم جمعها عن طريق هذه الشبكه لعدم التمكن من سرقتها أوالتجسس عليها وبالتالي من المهم جدا تطبيق بعض الآليات التي تضمن إتصال آمن عبر شبكات الإستشعار اللاسلكي. وهذا يحتاج حتى تكون الشبكه قوية وذات قدرة على تسليم [null أعطالها]، أي حتى تكون ذات موثوقية عالية.
- **التنظيم الذاتي:** تتعرض شبكات الاستشعار اللاسلكية [WSNs] (null إلى بيئات ذات طابع مختلف لذلك تقابل الكثير من المعيقات التي لا يمكن التنبؤ بها. فلا يمكن لنا حتى نحدد مسبقا مسقط العقد بشكل دقيق، ولا يكمن حتى نضمن جودة الاتصالات اللاسلكية في جميع البيئات ؛فهنالك بعض الظواهر البيئيه لا يمكن السيطره عليها. لهذا عقد (nodes) الاستشعار يجب حتى تكون ذاتية التنظيم حيث تكون قادره على إعادة تكوين نفسها إستنادا على ظروف الشبكة وبدون التدخل بشري .
- **الصلة بالتطبيقات:** إذا شبكات الإستشعار اللاسلكية(WSNs) تعتمد بشكل وثيق على التطبيق الذي صممت لأجله. لتتمكن من تحديد متطلباتها من حيث الأجهزة والبرمجيات وبروتوكلات الاتصالات المستخدمة. ومن أجل تحقيق التنظيم الفعال والآمن للشبكة ينبغي على مصمم الشبكة دمج معلومات التطبيق مع الهياكل الإدارية في شبكات الإستشعار اللاسلكية(WSNs).

6.2 البنية المادية لعقدة الاستشعار

- **المتحكِم:**

من الواضح حتى التطبيق وحجم التكاليف يلعبان دورا مهما طالما القيام بإنتقاء مكونات الأجهزة فيما يختص بمستشعر لاسلكي. وغالبا ما تعتبر أسلاك الاتصال ذات جودة مقبولة، ولكن تعتبر المفاضلة فيما بينها والتي تكون من خلال مزاياها والتكاليف أمراً بالغ الأهمية. وفي أقصى حالتها يجب حتنقد يكون جهاز الاستشعار الكامل أصغر من 1 سم مكعب، ويزن (إلى حد كبير) أقل من 100 غرام، ويكون أرخص بكثير من USSI، ويتبدد في أقل من uw100.

وتهدف العقد إلى حتى تقوم بتخفيض حجم أجهزة الاستشعار ليصل إلى حجم حبيبات الغبار. وفي تطبيقات أكثر واقعية، يعتبر حجم العقدة أمرا ليس مهما للغاية بل تعتبر إمدادات الطاقة البسيطة أمرا أكثر أهمية.

126 هوحجم هذه التفاوتات على الرغم من وجود اتجاه مشهجر معين يمكن ملاحظته في منصات

الأجهزة النموذجية لعقد الاستشعار اللاسلكية في حين لا يوجد بالتأكيد معيار واحد متاح، كما حتى معيارا كهذا لديه القدرة على دعم التطبيقات جميعها.

بالإضافة إلى ذلك، فإن هناك عددا من المشاريع البحثية التي تعمل على تقليص أي من المكونات المتعلقة بحجم واستهلاك الطاقة.

وتتكون عقدة الاستشعار الأساسية من خمسة مكونات رئيسية وحدة تحكم ووحدة تحكم لمعالجة جميع البيانات ذات الصلة، وقادرة على تطبيق رموز تعسفية على الذاكرة (بعض الذاكرة) لتخزين البرامج والبيانات المتوسطة.

تعتبر أجهزة الاستشعار والمحركات القابلة العملية إلى العالم المادي سواء تم استخدام أنواع مختلفة من الذاكرة للبرامج والبيانات أم لا، ويتطلب الاتصال تحويل الأوضاع إلى شبكة ما لإرسال المعلومات وتلقيها عبر قناة شانيل اللاسلكية.

7.2 مكونات أجهزة الاستشعار:

1.7.2مشغل إمدادات الطاقة: كما هوبالعادة بحيث لا تتوفر امدادات للطاقة المتوفرة، ويكون وجود بعض البطاريات ضروريا لتوفير الطاقة. وفي بعض الأحيان قد يكون هناك شكل من أشكال إعادة الشحن عن طريق الحصول على الطاقة من البيئة (مثل الخلايا الشمسية).

ويجب على جميع من هذه المكونات حتى تعمل على تحقيق التوازن بين طاقة صغيرة قدر الإمكان من ناحية والحاجة إلى أداء مهامهم من ناحية أخرى. ويجب على أجهزة التحكم حتى تكون غير مشغلة على سبيل المثال، يمكن تستخدم أجهزة التحكم مؤقتا مبرمجا مسبقا لإعادة تنشيط مرور بعض الوقت. وبدلا من ذلك، يمكن برمجة أجهزة الاستشعار لحمل القاطع إذا تجاوزت قيمة درجة الحرارة حدا معينا. ويتطلب دعم وظائف التنبيه لهذا التوصيل المناسب بين المكونات الفردية. وعلى ذلك، فإنه يجب تبادل جميع من معلومات التحكم والبيانات على طول هذه الاتصالات.

ويمكن لهذا الربط حتى قد يكون بسيطا جدا على سبيل المثال، يمكن حتى يقوم جهاز استشعار ببساطة بإبلاغ وحدة التحكم عن تجاوز قيمة (analog)، وإذا تم الكشف في وحدة التحكم الرئيسية عن الحدث العملي أي كشف تجاوز الحدود المسموح في المستشعر بدرجة حرارة بسيطة، فإن هذا التجاوز البسيط كاف ليعمل على تشغيل المستشار.

2.7.2 وحدة التحكم الرئيسية:

وحدة التحكم هي جوهر عقدة الاستشعار اللاسلكي. إذ تقوم بجمع البيانات من أجهزة الاستشعار ومعالجتها، وتقرر متى وأين يتم إرسالها؟! وتستقبل البيانات من العقد الأخرى، وتقرر سلوك المشغل. وتنفذ برامج مختلفة تتراوح بين معالجة الإشارات الحرجة وبروتوكولات الاتصال لبرامج التطبيق.

وفيما يتعلق بأدائها في العمل فإنه مثالي، ولا تعمل على استهلاك الطاقة بشكل مفرط، وهي مناسبة لل WSN لإنها تمتلك القابلية لتقليل استهلاك الطاقة بحيث يمكن حتى تكون بعض أجزائها في وضعية sleep والبعض الآخر نشط ويؤدي المهام.

بعض الأمثلة على استخدام وحدة التحكم المركزية:

1. Intel strong Arm (الذراع القوية).
2. MPS 430 (Texas instruments).
3. Atmel Atmega.

3.7.2 الذاكرة:

مكون الذاكرة سهل إلى حد ما. ومن الواضح حتى هناك حاجة إلى ذاكرة الوصول العشوائي (RAM) لتخزين قراءات أجهزة الاستشعار. في حين إذا العيب الرئيسي في ذاكرة الوصول العشوائي السريع هوأنها تفقد محتواها في حالة انقطاع التيار الكهربائي. بحيث يجب تخزين البرنامج في ذاكرة للقراءة فقط (ROM) أوبشكل أكثر شيوعا في الذاكرة القابلة للقراءة فقط القابلة للقراءة إلكترونيا) (EEPROM) (أوذاكرة الفلاش) التي تكون مماثلة في وقت لاحق ل (EEPROM) ولكن تسمح بتمرير البيانات أوكتابتها في أكثر من بايت بدلا من بايت واحد فقط في الوقت نفسه، ويمكن أيضا حتى تكون بمثابة تخزين وسائط من البيانات في حالة حتى تكون ذاكرة الوصول العشوائي غير كافية أوعندما بحاجة إمدادات الطاقة من ذاكرة الوصول العشوائي إيقاف التشغيل لبعض الوقت. وينبغي حتى تؤخذ في الاعتبار القراءة والكتابة الطويلة، وكذلك الطاقة كبيرة الحجم (ذاكرة البعد السليم). ويمكن حتى تكون حاسمة فيما يتعلق بالتكاليف واستهلاك الطاقة.

4.7.2 جهاز الإرسال والاستقبال:

يستخدم جهاز الاتصالات لتبادل البيانات بين العقد الفردية. في بعض الحالات، يمكن حتى تكون الاتصالات السلكية في الواقع طريقة الاختيار وكثيرا ما تطبق في الكثير من شبكات أجهزة الاستشعار مثل الإعدادات. تعد حالة الاتصالات اللاسلكية أكثر إثارة للاهتمام.

أما بالنسبة إلى الاتصالات العملية، فإن كلا من جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال مطلوبان في عقدة الاستشعار. المهمة الأساسية هي تحويل تيارالأرقام الثنائية القادمة من متحكم (أوسلسلة من بايت أوإطارات) وتحويلها من وإلى موجات الراديو. ولأغراض عملية،قد يكون من المناسب عادة استخدام جهاز يجمع بين هاتين المهمتين في كيان واحد. وتسمى هذه الأجهزة مجتمعة أجهزة الإرسال والاستقبال. وعادة ما تتحقق عملية نصف الازدواجية لأن الإرسال والاستقبال في نفس الوقت على وسط لاسلكي غير عملي في معظم الحالات.

8.2 مهام جهاز الإرسال والاستقبال وخصائصه: لتحديد أجهزة الإرسال والاستقبال المناسبة، ينبغي أخذ عدد من الخصائص في عين الاعتبار. وأهمها:

الخدمة إلى الطبقة العليا، استهلاك القدرة والطاقة، تردد الناقل وقنوات متعددة، أوقات وطاقة تغير الحالة، معدلات البيانات، التحوير، الترميز، التحكم بطاقة الانتنطق، النسبة بين الاشارات الداخلة والخارجة، كفاءة الطاقة، حساسية المستقبل، المدى، حجب الأداء، حساسية الناقل.

أجهزة الإرسال والاستقبال المناسبة لشبكات الاستشعار اللاسلكية متوفرة من الكثير من الشركات المصنعة. عادة، هناك مجموعة كاملة من الأجهزة للاختيار من بينها.

ومن الخصائص الهامة والفرق الرئيسي مقارنة بأجهزة الاتصال الأخرى هي حقيقة حتى أجهزة الإرسال والاستقبال البسيط هذه تفتقر في كثير من الأحيان إلى معهد فريد: فلكل جهاز أثيري، على سبيل المثال، عنوان على مستوى ماك يعهد هذا الجهاز بشكل فريد. وبالنسبة للمستقبلات البسيطة، فإن التكاليف الإضافية لتقديم مثل هذا المعهد مرتفعة نسبيا فيما يتعلق بالتكاليف الإجمالية للجهاز، وبالتالي لا يمكن الاعتماد على المعهدات الفريدة لكي تكون موجودة في جميع الأجهزة. توافر مثل هذه المعهدات في الأجهزة مفيد جدا في الكثير من بروتوكولات الاتصالات وغيابها سيكون له عواقب كبيرة على تصميم البروتوكول.

9.2 الحالات التشغيلية لجهاز الإرسال والاستقبال:

1.9.2 يمكن للعديد من أجهزة الإرسال والاستقبال حتى تميز أربع حالات تشغيلية:

- **الإرسال:** في حالة الإرسال، قد يكون جزء الإرسال من جهاز الإرسال والاستقبال نشطا والسلك الهوائي يشع الطاقة.
- **الاستقبال:** في حالة الاستقبال قد يكون جزء الاستقبال نشط.
- **الخمول:** جهاز الإرسال والاستقبال الذي هوعلى استعداد للاستقبال ولكنه لا يستقبل أي شيءقد يكون في حالة الخمول. وفي هذه الحالة الخاملة، تكون أجزاء كثيرة من دارات الاستقبال نشطة، بينما تكون أجزاء أخرى غير نشطة. على سبيل المثال، في دارات المزامنة، تكون بعض العناصر المعنية بالاقتناء نشطة، في حين حتى العناصر المعنية بالتتبع تكون غير نشطة وتنشط فقط عندما يحصل الجهاز على معلومات ما. مايرز وآخرون يناقشون أيضا تقنيات لإيقاف تشغيل أجزاء من دوائر الحصول على معلومات لأجهزة الإرسال والاستقبال المصدرة من معهد المهندسين الالكترونيين والكهربائيين802.11. والمصدر الرئيسي لتبديد الطاقة هوالتسرب.

- **الراحة:** في حالة الراحة، يتم إيقاف أجزاء كبيرة من جهاز الإرسال والاستقبال. هناك أجهزة الإرسال والاستقبال تقدم عدة حالات مختلفة للراحة، انظر لمرجع لمناقشة حالات الراحة لأجهزة الإرسال والاستقبال المصدرة من معهد المهندسين الالكترونيين والكهربائيين 802.11. تختلف حالات الراحة هذه في كمية الدارات قبالة غيرالنشطة وفي أوقات الاسترداد المرتبطة وطاقة بدء التشغيل. على سبيل المثال، في قوة كاملة أسفل جهاز الإرسال والاستقبال، تكاليف بدء التشغيل تضم التهيئة كاملة وكذلك تكوين الراديو، في حين حتى في حالات الراحة "الأخف"، بعض أجزاء جهاز الإرسال والاستقبال التي تقود الدارة المؤقتة يتم التحكم بها في حين يتم مراعاة عملية التكوين والوضع التشغيلي.

10.2 مولد الطاقة:

امدادات الطاقة من عقد الاستشعار بالنسبة لعقد أجهزة الاستشعار اللاسلكية غير المترابطة، فإن مصدر الطاقة هومكون أساسي للنظام. هنالك جانبين اساسين : أولا، تخزين الطاقة وتوفير الطاقة في النموذج المطلوب؛ ثانيا، في محاولة لتجديد الطاقة المستهلكة من قبل "الكسح" من بعض مصدر الطاقة العقدة الخارجية متأخر , بعد فوات الوقت يتم عادة تخزين الطاقة باستخدام البطاريات. كما التوجه الخام، العادي مخازن البطارية حوالي 2.2-2.5 آه في 1.5 V. تصميم البطارية هوالفهم والصناعة في حد ذاته، و وقد اجتذبت الكسح الطاقة الكثير من الاهتمام في البحوث. هذا القسم يمكن حتى توفر سوى بعض لمحات صغيرة من هذا المجال الشاسع. بعض الأوراق التي تتناول هذه الأسئلة (وتكون بمثابة الأساس لهذا القسم)

1.10.2 تخزين الطاقة: بطاريات البطاريات التقليدية مصدر الطاقة لعقدة الاستشعار هوبطارية، إما غير قابلة للشحن ("البطاريات الأولية") أو، إذا كان جهاز مسح الطاقة موجود على العقدة، قابلة لإعادة الشحن أيضا ("البطاريات الثانوية"). في بعض الأشكال أوغيرها، والبطاريات هي مخازن الكيماوية والكهربائية للطاقة - المواد الكيميائية التي هي العامل الرئيسي المحدد لتكنولوجيا البطاريات عند هذه البطاريات، تفرض متطلبات صعبة للغاية:

2.10.2 القدرات: وينبغي حتى قد يكون قدرة عالية في وزن صغير، حجم صغير، وانخفاض الأسعار. الرئيسية متري هوالطاقة في وحدة التخزين، J / CM3. ويبين الجدول 2-2 بعض القيم النموذجية لكثافة الطاقة، باستخدام التقليدية، وتقنيات البطارية ماكروسيل. وبالإضافة إلى ذلك، فإن البحث عن "ميكروسكيل" البطاريات، على سبيل المثال، أودعت مباشرة على رقاقة، ويجري حاليا.

1.2.10.2 القدرة تحت الحمل: يجب حتى تحمل أنماط الاستخدام المتنوعة كما عقدة استشعار يمكن حتى تستهلك مستويات مختلفة تماما من السلطة مع مرور الوقت ورسم عملا عالية الحالية في عملية معينة أساليب الأرقام الحالية على استهلاك الطاقة من العقد وسن تختلف ويتم التعامل معها بالتفصيل في القسم 2.2، لذلك فمن الصعب توفير مبادئ توجيهية دقيقة. ولكن بالنسبة لمعظم التكنولوجيات، و أكبر البطارية،

وأكثر قوة يمكن تسليمها فورا. وبالإضافة إلى ذلك، تصنيف سعة البطارية المحددة من قبل الشركة المصنعة صالحة فقط طالما أقصى التفريغ لا يتم تجاوز التيارات، لئلا تنخفض القدرة أوحتى فشل البطارية المبكرة يحدث :.

- التفريغ الذاتي: يجب حتى قد يكون التفريغ الذاتي منخفض؛ فإنها قد تضطر أيضا إلى حتى تستمر لفترة طويلة (باستخدام تكنولوجيات معينة، لا تعمل البطاريات إلا لبضعة أشهر، بصرف النظر عن سواء تم سحب الطاقة منها أم لا). فبطاريات الزنك - الهواء، على سبيل المثال، ليس لها سوى عمر قصير جدا (حسب ترتيب الأسابيع) والتي تعوض كثافة الطاقة العالية بشكل جذاب.
- إعادة الشحن الفعال: يجب حتى تكون عملية إعادة الشحن فعالة حتى عند توفرها بشكل متبتر ومتبتر إعادة شحن الطاقة؛ وبالتالي، يجب حتى البطارية لا تظهر أي "تأثير الذاكرة". بعض تقنيات استخراج الطاقة الموصوفة أدناه ليست قادرة إلا على إنتاج التيار في منطقة μA (ولكن من الممكن مستدامة) في عدد قليل فقط فولت في أحسن الأحوال. البطارية الحالية فإن التكنولوجيا لن تقوم أساسا بإعادة شحن هذه القيم .
- الاسترخاء: تأثير الاسترخاء - على ما يظهر إعادة شحن الذاتي فارغة أوفارغة تقريبا البطارية عندما لا يوجه أي تيار منه، على أساس عمليات نشر الكيميائية داخل الخلية - ينبغي فهمها بوضوح. عمر البطارية والقدرة القابلة للاستخدام هوإلى حد كبير تمديد إذا كان هذا التأثير هوالاستدانة. وكمثال واحد، فمن الممكن استخدام بطاريات متعددة بالتوازي مع "جدول" التفريغ من بطارية واحدة إلى أخرى، اعتمادا على الاسترخاء مخازن الطاقة غير التقليدية: وبصرف النظر عن البطاريات التقليدية، هناك أيضا أشكال أخرى من خزانات الطاقة التي يمكن التفكير فيها بمعنى أوسع، خلايا الوقود أيضا مؤهلة كتخزين الكهربائية والكيميائية للطاقة، مباشرة إنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق أكسدة الهيدروجين أوالوقود الهيدروكربوني. خلايا الوقود لديها بالعمل (مثل الميثانول كمخازن وقود 17.6 كيلوجول / سم 3)، ولكنها متاحة حاليا فإن الأنظمة لا تزال تتطلب حجم الحد الأدنى غير مؤهل للمضخات والصمامات، وما إلى ذلك. أكثر قليلا النهج التقليدي لاستخدام الطاقة المخزنة في الهيدروكربونات هواستخدام نسخ مصغرة من الحرارة محركات، على سبيل المثال، توربينات . تقلص هذه المحركات الحرارة إلى الأحجام المطلوبة لا يزال يتطلب جهد بحثي كبير في أنظمة ميكروإلكلترومكانيكال؛ التسقطات المتعلقة الطاقة تتراوح بين 0.1-10 واط في أحجام حوالي 1 سم مكعب . وأخيرا، حتى المواد المشعة قد اقترح كمخزن للطاقة وهناك خيار آخر يسمى "قبعات المضى"، وذات جودة عالية والمكثفات ذات قدرة عالية، والتي يمكن تخزين كميات كبيرة نسبيا من الطاقة، يمكن حتنقد يكون بسهولة و بسرعة إعادة شحنها، ولا تبلى مع مرور الوقت.

التحويل (التيار المباشر- التيار المباشر) لسوء الحظ، البطاريات (أوغيرها من أشكال تخزين الطاقة) وحدها ليست كافية ك مصدر طاقة مباشرة لعقدة الاستشعار. معضلة واحدة نموذجية هي الحد من الجهد البطارية كما لها قطرات القدرات. وبالتالي، يتم تسليم أقل قوة لدوائر عقدة أجهزة الاستشعار، مع فوري العواقب على الترددات مذبذب وقوة الإرسال - عقدة على بطارية ضعيفة سوف لديها مجموعة نقل أصغر من واحد مع بطارية كاملة، وربما رمي قبالة أي المعايرة القيام به لمجموعة في نطاقات البطارية كاملة. (التيار المباشر-التيار المباشر) محول يمكن استخدامها للتغلب على هذه المشكلة من خلال تنظيم الجهد تسليمها إلى الدوائر العقدة. لضمان الجهد المستمر على الرغم من انخفاض الجهد إمدادات البطارية، (التيار المباشر-التيار المباشر) تحويل لديه لرسم التيار أعلى على نحومتزايد من البطارية عندما تكون البطارية أصبحت بالعمل ضعيفة، وتسريع الموت البطارية، و(التيار المباشر-التيار المباشر) تحويل لا تستهلك الطاقة لتشغيلها الخاص، والحد من الكفاءة العامة. لكن ال مزايا عملية يمكن التنبؤ بها خلال دورة الحياة بأكملها يمكن حتى تفوق هذه العيوب.

- حصاد الطاقة: بعض من مخازن الطاقة غير التقليدية المذكورة أعلاه - خلايا الوقود، محركات الحرارة الصغيرة، النشاط الإشعاعي - تحويل الطاقة من بعض المخزنة، شكل ثانوي إلى كهرباء في أقل مباشرة وسهلة استخدام الطريقة من البطارية العادية ستعمل. يتم تخزين امدادات الطاقة بأكملها على العقدة نفسها - مرة واحدة يتم استنفاد امدادات الوقود، فشل عقدة لضمان عقد طويل الأمد حقا وشبكات الاستشعار اللاسلكية، ومثل هذا مخزن الطاقة محدودة غير مقبول. بدلا من ذلك، يجب استغلال الطاقة من بيئة العقدة وإتاحتها إلى العقدة - يجب حتى تجري عملية سحب الطاقة. توجد عدة مقاربات:
- الخلايا الكهروضوئية : يمكن استعمال الخلايا الشمسية المعروفة لعقد أجهزة الاستشعار. الطاقة المتاحة يعتمد على ما إذا كانت العقد تستخدم في الهواء الطلق أوفي الداخل، وفي الوقت المحدد من اليوم وما إذا كان للاستخدام في الهواء الطلق. تقنيات مختلفة هي الأنسب للاستخدام في الهواء الطلق أوفي الأماكن المغلقة وتتراوح الطاقة الناتجة بينعشرة ميكروواط/سم^2 في الداخل و15 ميجاواط/سم^2 في الهواء الطلق. خلايا واحدة تحقيق انتاج الناتج مستقرة إلى حد ما حوالي 0.6 V (وبالتالي يجب حتى يمكن استخدامها في سلسلة) طالما حتى تيار المسحوب لا يتجاوز عتبة حرجة، والتي يعتمد، من بين عوامل أخرى، على شدة الضوء. وبالتالي، عادة ما تستخدم الخلايا الشمسية لإعادة شحن البطاريات الثانوية. أفضل المقايضات بين تعقيد الدوائر إعادة شحن، وكفاءة الخلايا الشمسية، وعمر البطارية لا تزال أسئلة مفتوحة.
- تدرجات درجة الحرارة : يمكن تحويل الاختلافات في درجة الحرارة مباشرة إلى طاقة كهربائي من الناحية النظرية، حتى الفرق الصغيرة، على سبيل المثال،خمسة K يمكن حتى تنتج قوة

كبيرة، ولكن الأجهزة العملية تقع قصيرة جدا من الحدود العليا النظرية (نظرا لكفاءة كارنوت) عادة ما يتم النظر في مولدات الطاقة الحرارية الحرارية القائمة على تأثير سيبيك؛ مثال واحد هو مولد، والتي يفترض أن تكون متاحة تجاريا في وقت قريب، حتى يحقق حوالي 80 / μW CM2 في حوالي 1 V منخمسة الفرق في درجة الحرارة كلفن

- الاهتزازات: شكل واحد تقريبا من الطاقة الميكانيكية هوالاهتزازات: الجدران أوالنوافذ في المباني هي صدى مع السيارات أوالشاحنات المارة في الشوارع، وآلات غالبا ماقد يكون انخفاض التردد الاهتزازات، التهوية أيضا يسبب ذلك، وهلم جرا. تعتمد الطاقة المتاحة على سواء الاتساع والتردد للاهتزاز وتتراوح من حوالي 0.1 μW / CM3 تصل إلى 10، 000 μW / cm3 لبعض الحالات القصوى (الحدود العليا النموذجية هي أقل). تحويل الاهتزازات إلى الطاقة الكهربائية يمكن حتى يتم عن طريق وسائل مختلفة، على أساس الكهرومغناطيسية، كهرباء، أوكهرضغطية المبادئ. ، أ مولد يعتمد على مكثف متغير الأجهزة العملية من 1 CM3 يمكن حتى تنتج عنه 200 μW / CM3 من 2.25 م / ث 2، 120 هرتز مصادر الاهتزاز، في الواقع كافية لقوة بسيطة

11.2. المرسلات اللاسلكية:

- اختلافات الضغط: تشبه إلى حد ما الاهتزازات، ويمكن أيضا حتى تستخدم تباين الضغط كما مصدر الطاقة. وتستخدم هذه المولدات الكهربائية كهرضغطية بالعمل. واحد معروف على سبيل المثال هوإدراج مولد كهرضغطية في كعب حذاء، لتوليد الطاقة كما يمشي الإنسان حول هذا الجهاز يمكن حتى تنتج، في المتوسط μW / CM2. أنه، ومع ذلك، ليس من الواضح كيف من الممكن أن يمكن تطبيق هذه التكنولوجيات على الشبكات الاجتماعية.
- تدفق الهواء / السائل: آخر مصدر الطاقة المستخدمة في كثير من الأحيان هوتدفق الهواء أوالسائل في مصانع الرياح أوالتوربينات. التحدي هنا هومرة أخرى التصغير، ولكن بعض من العمل على ميليمترسكال قد تكون التوربينات الغازية ميمس قابلة لإعادة الاستخدام غير حتى هذا لم ينتج حتى الآن أي نتائج إشارة.

12.2. نظام التشغيل وبيئة العمل

1.12.2 أنظمة التشغيل المدمجة

المهام التقليدية لنظام التشغيل هي التحكم وحماية الوصول إلى الموارد(بما في ذلك دعم المدخلات / المخرجات) وإدارة تخصيصها لمختلف المستخدمين وكذلك دعم التطبيق المتزامن لعدة عمليات والاتصال بين هذه العمليات. غير حتى هذه المهام مطلوبة جزئيا فقط في نظام مضمن مثل التطبيق.الرمز هوأكثر تقييدا بكثير وعادة ماقد يكون أفضل بكثير من المواءمة في نظام للأغراض العامة.

أيضا، كما أظهرت وصف متحكم، هذه الأنظمة بشكل واضح لم يكن لديها الموارد اللازمة لدعم نظام التشغيل الكامل. بدلا من ذلك، نظام التشغيل أوبيئة التطبيق - من الممكن المصطلح الأكثر تواضعا هوالأكثر ملاءمة - بالنسبة إلى الشبكات الساتلية العالمية ينبغي حتى تدعم الاحتياجات المحددة لهذه الأنظمة.

خاصه، فإن الحاجة إلى التطبيق الموفرة للطاقة تتطلب دعما لإدارة الطاقة، على سبيل المثال، في شكل الإغلاق المراقب للمكونات الفردية أوديناميكية التحجيم لجهد التقنيات. أيضا، ينبغي التعامل مع المكونات الخارجية - أجهزة الاستشعار، مودم الراديو، أوأجهزة توقيت بسهولة وكفاءة، على وجه الخصوص، المعلومات التي تصبح متاحة بشكل غير متزامن (في أي نقطة تعسفية في الوقت المناسب). جميع هذا يحتاج نموذج البرمجة المناسبة، طريقة واضحة لهيكلة كومة البروتوكول،والدعم الصريح لإدارة الطاقة - دون حتى تفرض عبئا ثقيلا على الشح موارد النظام مثل الذاكرة أووقت التطبيق. يتم التعامل مع هذه الموضوعات الثلاثة في ما يلي أقسام، مع دراسة حالة استكمال اعتبارات نظام التشغيل.

- **برمجة النماذج قابلات برمجة التطبيقات البرمجة المتزامنة:**

واحدة من الأسئلة الأولى لنموذج البرمجة هوكيفية دعم التزامن. هذا الدعم للتطبيق المتزامن أمر بالغ الأهمية لعقد شبكة الاستشعار اللاسلكية ، كما لديهم لمعالجة البيانات كومونينغ من مصادر تعسفية - على سبيل المثال، أجهزة استشعار متعددة أوجهاز الإرسال والاستقبال الراديوي - في نقاط تعسفية في زمن. على سبيل المثال، يمكن للنظام استطلاع جهاز استشعار لتحديد ما إذا كانت البيانات متاحة وعملية البيانات على الفور، ثم استطلاع جهاز الإرسال والاستقبال للتحقق ما إذا كانت حزمة متاحة، وبعد ذلك وعلى الفور معالجة الحزمة، وهلم جرا. سيتم تشغيل هذا النموذج المتسلسل البسيط حال فقدان البيانات أثناء معالجة حزمة أوفقدان حزمة عندما تكون معلومات الاستشعار.تمت معالجت هذا الخطرالكبير بشكل خاص إذا أخذت معالجة بيانات الاستشعار أوالحزم الواردة كميات كبيرة من الوقت، والتي يمكن حتى تكون بسهولة الحال. وبالتالي، بسيطة، برمجة متتابعة نموذج غير كاف بشكل واضح

- **التزامن القائم على العملية:**

معظم أنظمة التشغيل الحديثة والأغراض العامة تدعم التطبيق المتزامن (على ما يظهر موازيا) من عمليات متعددة على وحدة المعالجة المركزية واحدة. وبالتالي، فإن مثل هذا النهج القائم على العملية سيكون أول مرشح لدعم التزامن في عقدة الاستشعار كذلك؛ في حين بل إذا هذا النهج يعمل من حيث المبدأ، ويحدد نموذج التطبيق هذا من العمليات المتزامنة إلى عقدة استشعار يظهر، مع ذلك، حتى هناك بعض عدم التطابق تحبب وظائف بروتوكول الفردية أوطبقات مع العمليات الفردية تنطوي على ازدياد النفقات العامة في التحول من عملية إلى أخرى. هذه المشكلة شديدة بشكل خاص إذا كان يجب حتى تكون المهام في كثير من الأحيان المنفذة التي هي صغيرة فيما يتعلق النفقات العامة المتكبدة للتبديل بين المهام –

التي هوالحال عادة في شبكات الاستشعار. أيضا، جميع عملية تتطلب مساحة المكدس الخاصة بها في الذاكرة، الذي يناسب مريض مع قيود الذاكرة الصارمة من العقدالاستشعار.

البرمجة القائمة على الحدث

ولهذه الأسباب، يظهر حتى نموذج البرمجة المختلف إلى حد ما أفضل. والفكرة هي احتضان الطبيعة التفاعلية لعقدة الشبكات الفضائية العالمية ودمجها في تصميم التشغيل النظام. النظام ينتظر أساسا لأي وقع حتى يحدث، حيث وقع عادة يمكن حتنقد يكون وتوافر البيانات من أجهزة الاستشعار، وصول حزمة، أوانتهاء الموقت. مثل هذا ثم يتم التعامل مع الحدث من خلال سلسلة قصيرة من التعليمات التي يخزن فقط حقيقة حتى هذا الحدث قد وقع وتخزين المعلومات اللازمة - على سبيل المثال، بايت وصوله إلى حزمة أوقيمة المستشعر - في مكان ما. لا تتم المعالجة العملية لهذه المعلومات في هذه الحالة إجراءات المعالج، ولكن بشكل منفصل، فصل من المظهر العملي للأحداث. هذا الحدث القائم برمجة.

يمكن لمثل هذا المعالج الحدث يبتر معالجة أي رمز عادي، ولكن كما هوسهل جدا وقصيرة، يمكن حتنقد يكون مطلوبا لتشغيل إلى الانتهاء في جميع الظروف دون إزعاج ملحوظ رمز آخر. يتعذر على معالجات الأحداث مقاطعة بعضها البعض (لأن هذا بدوره يحتاج تعقيدا إجراءات معالجة المكدس) ولكن يتم تطبيقها ببساطة واحدا تلوالآخر. ونتيجة لذلك، يميز هذا النموذج البرمجة القائم على الحدث بين اثنين مختلفة "سياقات": واحدة لمعالجات الحدث الحرجة الوقت، حيث لا يمكن انقطاع التطبيق والسياق الثاني لمعالجة التعليمات البرمجية العادية، والتي يتم تشغيلها فقط من قبل معالجات الحدث. نموذج البرمجة القائم على الحدث يختلف قليلا عن ما يستخدمه معظم المبرمجين ويتطلب عادة بعض التعود على. هوفي الواقع قابلة للمقارنة، على بعض المستويات، لوالتواصل، ومدد آلات الدولة محدودة، والتي تستخدم في بروكوريسمز تصميم البروتوكول كما وكذلك في بعض نماذج البرمجة المتوازية. فإنه يوفر مزايا كبيرة. لي وآخرون. مقارنة الأداء القائم على العملية ونموذج البرمجة القائم على الحدث (باستخدام تينيوس المشروحة أدناه) على نفس الجهاز وجدت حتى الأداء تحسن من قبل أ عامل من 8، تم تخفيض متطلبات الذاكرة / تعليمات / البيانات بعوامل من 2 و30، على التوالي، وانخفض استهلاك الطاقة بعامل قدره 12.

قابلات لنظام التشغيل

بالإضافة إلى نموذج البرمجة المنصوص عليه، إذا لم يكن في الواقع فرض، من قبل التشغيل النظام، فمن الضروري أيضا لتحديد بعض قابلات لكيفية الدولة الداخلية للنظام يمكن حتنقد يكون واستفسر وربما مجموعة. كما التمييز الواضح بين كومة البروتوكول وبرامج التطبيق تتلاشى إلى حد ما في الشبكات وس، ينبغي حتى تكون هذه القابلة قابلة للوصول من تطبيقات البروتوكول وينبغي حتى تسمح هذه التطبيقات بالوصول إلى بعضها البعض. ترتبط هذه القابلة أيضا ارتباطا وثيقا مع بنية مداخن البروتوكول التي نوقشت في القسم التالي. وتضم قابلة برمجة التطبيقات هذه (أبي)، بشكل عام، "قابلة وظيفية،

تجريدات الكائن، ودلالات السلوك التفصيلية ". التجريدات هي وصلات لاسلكية، العقد، وما إلى ذلك وهلم جرا؛ وتضم المهام الممكنة التحقيق الدولة والتلاعب، وإرسال ونقل والبيانات، والوصول إلى الأجهزة (أجهزة الاستشعار، والمشغلات، وأجهزة الإرسال والاستقبال)، ووضع السياسات، على سبيل المثال، مع فيما يتعلق بمقايضات الطاقة / الجودة. في حين حتى مثل هذه قابلة برمجة التطبيقات العامة ستكون مفيدة للغاية، لا يوجد حاليا معيار واضح – أوحتى مناقشة متعمقة - الناشئة عن الأدب. بعض المراحل الأولى في هذا الاتجاه هي أكثر المعنية بنية التشبيك ، وليس كثيرا مع الوصول إلى وظائف على أ عقدة واحدة. وحتى هذه التغييرات، سيستمر استخدام المعايير العملية ومن المرجح حتى تخدم بشكل معقول. ويصف القسم 2-3-5 معيارا من هذا القبيل بحكم الأمر الواقع.

هيكل نظام التشغيل وكدس البروتوكول

النهج التقليدي للبنية بروتوكول الاتصالات هواستخدام طبقات: الفردية يتم تكديس البروتوكولات فوق بعضها البعض، جميع طبقة فقط باستخدام وظائف الطبقة مباشرة 48 معمارية العقدة الواحدة أدناه. هذا النهج الطبقات له فوائد كبيرة في الحفاظ على كومة البروتوكول بأكمله يمكن التحكم فيها، في احتواء التعقيد، وفي تعزيز النمطية وإعادة الاستخدام. ولأغراض الشبكة الفضائية العالمية، ومع ذلك، ليس من الواضح ما إذا كان مثل هذا النهج الطبقات بدقة كافية. وكمثال على ذلك، ينبغي النظر في استعمال المعلومات المتعلقة بقوة الإشارة المستلمة من شريك اتصال. يمكن استعمال هذه المعلومات الطبقة المادية للمساعدة في الربط الشبكي بروتوكولات لتقرير التغييرات في التوجيه (تصبح الإشارة أضعف إذا تحركت العقدة بعيدا من الممكن لم تعد تستخدم قفزة المقبل)، لحساب معلومات المسقط من خلال تقدير أوالمسافة من قوة الإشارة، أولمساعدة بروتوكولات طبقة الوصلة في القناة التكييفية أوالهجينة فيك / أرق. ومن ثم، يمكن استعمال مصدر وحيد للمعلومات لمصلحة الكثيرين والبروتوكولات الأخرى غير المرتبطة مباشرة بمصدر هذه المعلومات. هذا تبادل المعلومات عبر الطبقات هومجرد وسيلة لتخفيف القيود الصارمة لل نهج الطبقات. كما حتى الشبكات النسائية ليست هي السبب الوحيد وراء طلب هذه التحريات. حتى في سيناريوهات الشبكة التقليدية، واعتبارات الكفاءة، والحاجة إلى دعم الشبكات السلكية بروتوكولات في الأنظمة اللاسلكية (على سبيل المثال تكب عبر اللاسلكي)، والحاجة إلى ترحيل الوظائف إلى العمود الفقري على الرغم من وصفات الإنترنت من نهاية إلى نهاية نموذج، أوالرغبة في دعم وآليات التسليم بواسطة معلومات الطبقة المادية في الشبكات الخلوية جميعها خلقت ضغوطا كبيرة من أجل طريقة مرنة وقابلة للإدارة وفعالة للهيكلة والتطبيق بروتوكولات الاتصال. هيل وكولر مناقشة بعض الأمثلة الأخرى التي عبر الطبقات والتحسين هومفيد بشكل خاص في وسن.

عند الخروج من العمارة الطبقات، والاتجاه السائد هواستخدام نموذج مكون. يتم تقسيم طبقات كبيرة نسبيا، متجانسة تصل إلى الصغيرة، ومكونات "بذاتها"، "بناء" كتل "أو" وحدات "(تختلف المصطلحات). هذه

المكونات فقط تلبية واحدة محددة جيدا على سبيل المثال، حساب فحص التكرار الدوري – والتفاعل مع بعضها البعض على قابلات واضحة. والفرق الرئيسي مقارنة مع بنية الطبقات هوحتى هذه التفاعلات لا تقتصر على الجيران مباشرة في علاقة أعلى / أسفل، ولكن يمكنقد يكون مع أي عنصر آخر. هذا النموذج المكون ليس فقط يحل بعض المشاكل هيكلة لمداخن البروتوكول، فإنه كما يناسب بشكل طبيعي مع نهج القائم على الحدث لبرمجة العقد الاستشعار اللاسلكية. التفاف الأجهزة، أوليات الاتصالات، وظائف في الشبكة تجهيز جميع يمكن حتنقد يكون مريح وتصميمها وتطبيقها كمكونات.

أحد الأمثلة الشائعة لنظام التشغيل الذي يتبع هذا النهج هوتينيوس بالتفصيل في وقت لاحق. ويستخدم مفهوم الأسلاك صريحة من المكونات للسماح تبادل الحدث لاتخاذ مكان بينهما. في حين حتى هذا مفيد لأنواع "دفع" من التفاعلات (الأحداث أكثر أوأقل توزعا على الفور على عنصر الاستقبال)، فإنه لا يخدم حالات أخرى جيدة حيث لا بد من وجود نوع "سحب" لتبادل المعلومات. وبالنظر إلى حالة الإشارة المستقبلة معلومات القوة المذكورة أعلاه، قد لا تكون مهتمة تلقي عنصر تلقي جميع هذه الأحداث؛ بدلا من ذلك، قد يكفي حتى تكون على فهم غير متزامن. حل جيد لهذا هوسبورة، استنادا إلى مبادئ النشر / الاشتراك، حيث يمكن إيداع المعلومات وتبادل مجهول، مما يسمح اقتران أكثر مرونة بين المكونات.

الطاقة الحيوية وإدارة الطاقة

تحويل المكونات الفردية إلى حالات النوم المتنوعة أوتقليل أدائها عن طريق التحجيم وانخفاض التردد والجهد العرض واختيار التشكيل والترميز معينة كانت أمثلة بارزة نوقشت في القسم 2.2 لتحسين كفاءة الطاقة. للسيطرة على هذه الاحتمالات، يجب اتخاذ القرارات من قبل نظام التشغيل، من قبل كومة البروتوكول، أويحتمل من قبل تطبيق عند التحول إلى واحدة من هذه الدول. إدارة الطاقة الديناميكية (دبم) جرا مستوى النظام هوالمشكلة في هان

واحدة من العوامل المعقدة ل دبم هوالطاقة والوقت اللازم للانتنطق من المكون بين أي ولايتين. إذا كانت هذه العوامل لا تذكر، فمن الواضح أنه سيكون الأمثل ل دائما وعلى الفور الذهاب إلى وضع مع أدنى استهلاك الطاقة ممكن. كما هووليس هوالحال، مطلوب خوارزميات أكثر تقدما، مع الأخذ بعين الاعتبار هذه التكاليف، ومعدل وتحديث قرارات إدارة الطاقة، وتوزيع الاحتمالات الزمنية حتى الأحداث المستقبلية، وخصائص الخوارزميات المستخدمة. وفي الواقع، فإن هذا المجال واسع جدا ولا يمكن إلا لعدد قليل من الأمثلة يمكن مناقشتها هنا ـ للحصول على نظرة عامة.

سياسات احتمالية انتنطق الدولة

سينها وتشاندراكاسان النظر في معضلة السياسات التي تنظم الانتنطق بين حالات النوم المتنوعة. أنها تبدأ من خلال النظر في أجهزة الاستشعار موزعة بشكل عشوائي أكثر من منطقة ثابتة وتفترض حتى الأحداث تصل مع بعض التوزيعات الزمنية (عملية بواسون) والتوزيعات المكانية. وهذا يسمح لهم

بحساب الاحتمالات في الوقت المناسب للحدث التالي، بمجرد معالجة الحدث (حتى بالنسبة للأحداث المتحركة). يستخدمون هذا الاحتمال لتحديد وأعمق حالة النوم من الكثير من تلك الممكنة التي لا تزال تلبي متطلبات عتبة المعادلة. وبالإضافة إلى ذلك، فإنها تأخذ في الاعتبار إمكانية الأحداث المفقودة عندما استشعار على هذا النحويتم إيقاف أيضا في وضع السكون. هذا يمكن حتنقد يكون مقبولا لبعض التطبيقات، وسينها وتشاندراكاسان إعطاء بعض القواعد الاحتمالية حول كيفية اتخاذ قرار ما إذا كان للذهاب إلى مثل هذا عميق وضع السكون.

13.2. الدخول إلى الوسط الناقل (البروتكولات)

1.13.2.المقدمة

القناة اللاسلكية تظهر على طبيعة (Broadcast) البث في جميع الاتجاهات ، بحيثقد يكون الإرسال من جهاز استشعار واحد ويتم الاستقبال من عدة اجهزة استشعار محيطه به ، جميع جهاز استشعار يتقاسم القناةاللاسلكية مع اجهزة اخرى توجد في نطاق انتنطقها ، تصميم البروتوكول(ماك) هومهم جدا في(WSN)يضمن البروتوكول ماك (MAC) الاتصال في الوسط اللاسلكي مثل انشاء وصلات اتصال بين العقد اوالاجهزة ويتم توفير الاتصال في جميع انحاء الشبكة ،وايضا يجب تنسيق الوصول للقنوات اللاسلكية التي يحدث فيها تصادمات ، تحدث هذه التصادمات عند وجود اثنتين من العقد القريبة من بعضها التي ترغب الإرسال في نفس الوقت ، فيجب التقليل اوالقضاء عليها . بالاضافة لبعض المتطلبات التقليدية في (MAC) اوشبكات الماك اللاسلكية هناك تحديات اضافية بسبب القدرات المحدودة لكل عقدة استشعار وبسبب طبيعة التوزيع لل (WSN) بالاضافة لخصائص حركةالمرور لتطبيقات اجهزة الاستشعار . لذلك في البداية يفترض أن نقوم بمناقشة بعض التحديات والحلول المحتملة والعوامل التي تؤثر على تصميم بروتوكول (MAC) لل(WSN). من اجل التصدي للتحديات التي تقابلها(MAC)لل (WSN)هناك عدد كبير من (MAC)بروتوكول تم تطويرها في السنوات الاخيرة يمكن تصنيفها كالتالي : الوصول المتوسط القائم على التنافس ،والوصول المتوسط القائم على التحفظ، والحلول الهجينة التي تدمج هذين المخططين ،سوف نناقشهم في هذا القسم .

2.13.2. التحديات التي تقابلها(MAC):

الكثير من بروتوكولات ماك تم تطويرها واصبحت تستخدم في مجالات عامة للشبكات اللاسلكية، هذه البروتوكولات هجرز بشكل اساسي على مقياسيين مهميين للاداء هما :الانتاجية والكمون ،واحتياطات الطاقة الصارمة لعقد الاستشعار جعلت استهلاك الطاقة من الاهميات الاساسية ،بالتالي فان بروتوكولات ماك المصممة ل(WSN) بحاجة الي تطوير وفقا لهذا التحدي .

وهنا يفترض أن نقوم بتوضيح هذه التحديات :

*'استهلاك الطاقة: إذا متطلبات التكلفة المنخفضة والطبيعة الموزعة لعقد أجهزة الاستشعار تقيد استهلاك الطاقة في جميع الطبقات ، ومن ثم، فإن كفاءة الطاقة ذات أهمية أساسية بالنسبة إلى طبقة تصميم بروتوكول ال ماك ، وينبغي حتى يضمن بروتوكول طبقة ماك حتى ترسل عقد الاستشعار معلوماتها في الحد الادني من استهلاك الطاقة . ومصادر استهلاك الطاقة في شبكات ال(WSN)هي لثلاث وظائف اساسية:الاستشعار والتجهيز والاتصالات. وتستهلك أجهزة الاستشعار ودوائر المعالجة كميات ضئيلة من الطاقةبالمقارنة مع الراديو.

ومن ثم، ينبغي تنسيق محاولات الاتصال بعنايةلتوفير التشغيل الموفر للطاقة في (WSN)،ف تصميم طبقة الماك في هذا الصدد يشكل تحدي مهم منذ ان اصبحت ماك الجوهر الاساسي في تنسيق الاتصالات ، وفقا لذلك يمكن تصنيف مصادر استهلاك الطاقة اثناء محاولة الاتصال كالتالي :

الاستماع الخامل : يشير هذا إلى الحالات التي يتم فيها تشغيل الراديوولا يتم استرجاع أية بيانات مفيدة من القناة. واحدة من المصادر الرئيسية للاستماع الخامل هجر الراديوعلى فترة طويلة مرات الخمول عندما يحدث أي وقع الاستشعار. فإنه يضيع الطاقة في حين تلقي هذه الحزمة،لذلك ينبغي تقليلها إلى أدنى حد في تصميم طبقة ماك.

الاصطدامات: تحدث هذه عندما يقوم عقدان أوأكثر من أجهزة الاستشعار الموجودة عن كثب بإرسال الرزم إلى نفس المتلقي في نفس الوقت . وتؤدي المعلومات المتداخلة إلى عدم استقبال المستقبل أي من الرزم، مما يؤدي إلى تصادم الرزمة. وتشكل التصادمات مصدرا رئيسيا في استهلاك الطاقة في (WSN)، فان تقنيات تجنب الاصطدام عادة ما تستغل بواسطة بروتوكولات ماك.

النفقات العامة للبروتوكول: مصدر رئيسي آخر لاستهلاك الطاقة هوالتحكم في نفقات بروتوكولات الاتصال. من أجل تنسيق الاتصال في قناة لاسلكية، تتطلب بروتوكولات ماك إرسال رزم التحكم. على الرغم من حتى هذه الحزم للتحكم توفر تشغيل متين وقوي لبروتوكولات ماك، فإنها بحاجة إلى الحد الأدنى لتحسين كفاءة استخدام الطاقة.

الإرسال لقاء القدرة المستقبلة: يشكل إرسال واستقبال الرزم المصدرين الرئيسيين استهلاك الطاقة في (WSN)ومع ذلك ، اعتمادا على بنية الاجهزة ،النقل اوالتلقي يمكن ان يسيطر على استهلاك الطاقة.

ونتيجة لذلك، ينبغي حتى قد يكون بروتوكول ماك مصمما لهذه العلاقات بين الإرسال والتلقي.

*'اسلوب البناء (الهندسة المهمارية): والوعي الطوبوغرافي للشبكة هوخاصية رئيسية ينبغي إدراجها في الماك بروتوكول لل (WSN) ، يمكن نشر عدد كبير من عقد الاستشعار ،لذلك فان زيادة الكثافة تؤدي إلى زيادة عدد العقد التي في متناول عقدة الاستشعار ،يمكن اعتبارها على حد سواء عيب وميزة ، ازدياد كثافة الشبكة يؤدي إلى زيادة في عدد العقد المتنازعة للقناة اللاسلكية، مما يؤدي إلى ازدياد احتمال الاصطدام. من ناحية أخرى، اتصال الشبكة يمكن تحسينه دون المساومة على زيادة قوة الإرسال بسبب

عدد كبير من العقد المجاورة. وعلاوة على ذلك، فإن طبيعة القفزات المتعددة للشبكة بحاجة إلى استغلالها في ماك لتحسين أداء التأخير واستهلاك الطاقة.

* الشبكات القائمة على الحدث : وينبغي استغلال الطبيعة الموجهة للتطبيق في شبكات (WSN)من أجل زيادة الأداء من بروتوكول ماك. في الشبكات التقليدية، الإنصاف في العقدة هوجانب هام من طبقة ماك بروتوكول نظرا للطبيعة التنافسية للعقد . ومع ذلك، فإن النظام مهتم في المعلومات الجماعية التي تقدمها أجهزة الاستشعار بدلا من المعلومات المرسلة من قبل جميع عقدة. بالتالي، وينبغي حتى تأخذ بروتوكولات طبقة ماك نهجا تعاونيا بحيث تكون المعلومات الخاصة بالتطبيقات يتم استغلالها لتعزيز الأداء. وكمثال على ذلك، لرصد التطبيقات حيث حركة المرور يتبع نمطا دوريا.

* علاقه مترابطه: نظرا للكثافة العالية لعقد الاستشعار، والمعلومات التي تم جمعها من قبل جميع عقدة يرتبط ارتباطا وثيقا وبشكل حدسي، فإن البيانات المستمدة من أجهزة الاستشعار المنفصلة مكانيا تكون أكثر فائدة في الحوض من الترابط الشديد للبيانات من أجهزة الاستشعار تقع عن كثب وبالتالي، قد لاقد يكون من الضروري لكل عقدة استشعار لنقل بياناتها؛ بدلا من ذلك، قد يحدث عدد أصغر من قياسات أجهزة الاستشعار كافية للاتصال ميزات الحدث إلى الحوض. وبالمثل، فإن طبيعة الظاهرة الفيزيائية المحسسة تؤدي إلى ارتباط المعلومات المستشعرة زمنيا.. وينبغي استغلال الارتباط بين عقد الاستشعار في طبقة ماك بروتوكول ويمكن حتنقد يكون نهجا واعدا لزيادة تحسين أداء الشبكة بشكل عام.

3.13.2. البروتوكولات المبنية على الخلاف(reservation-based)

هى واحدة من البروتوكولات الاساسية في التحكم في الوصول إلى الوسائط والقائمة على التنافس والتي تعتمد على التنافس بين النود لانشاء روابط تواصل . وتقدم البروتوكولات القائمة على التنافس مرونة فبالتالي جميع جهاز يتخذ قرار بصورة مستقلة دون الحاجة إلى تبادل الرسائل.ونتيجة لذلك,هذه البروتوكولات لا تتطلب اي بنية تحتية والتي تعتبر مهمة في تطبيقات عديدة في شبكة الاستشعار اللاسلكية. وبدلا من ذلك, فان جميع جهاز يحاول الوصول إلى القناة من خلال تقنية استشعار الناقل وتقدم البروتوكولات القائمة على التنافس, متانة وقابلية للتطويرعلى الشبكة. من ناحية اخرى, فان زيادة عدد الاجهزة زاد من احتمال حدوث تصادم. بروتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط القائم على تقنية تحسس الناقل متعددة الوصول يشكل اللبنة الاساسية لبناء الكثير من بروتوكولات شبكة الاستشعار اللاسلكية المتقدمة , ومع ذلك فان تقنية تحسس الناقل متعددة الوصول ضعيفة من حيث كفاءة الطاقة حيث جميع جهاز بحاجة إلى تحسس القناة قبل الإرسال. وكل جهاز يستهلك طاقة خلال فترة التحسس . وعلاوة على ذلك, فان كثافة الشبكة تجعل تقنية تجنب التصادم غير فعالة بسبب زيادة عدد الاجهزة المخفية .

في هذا النص يفترض أن نوصف البروتوكلات التحكم في الوصول إلى الوسائط الاساسية المستخدمة في شبكة الاستشعار اللاسلكية .بروتوكولات التحكم في الوصول إلى الوسائط الاساسية ثلاث هي : الساكن والبيركلي والقائم على التشارك .

1- برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط الساكن(C-MAC):

في تقنية تحسس الناقل متعددة الوصول يحتاج من الجهاز ان يتحسس القناة بشكل متواصل , وهذا الامر يحتاج استهلاك كبير للطاقة , وخاصة عندما لاقد يكون هناك بيانات لارسالها , ولكي نتغلب على هذه المشكلة , تم ادخال عملية إلى برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط الساكن وهي دورة العمل , باستخدام هذه العملية فان عمل الجهاز ينظم خلال فترة زمنية محددة تسمى فترة الاطار . وخلال هذا الاطار فان الجهازقد يكون في حالة خمول خلال فترة من الزمن , ويتحسس القناة خلال بقية فترة الاطار , نسبة فترة الاطار إلى الفترة الكلية تسمى دورة العمل . خلال فترة الخمول يفترض أن يتم وقف عملية التحسس للقناة لحفظ الطاقة . برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط الساكن يقوم على التنافس المتساوي الذي يعتمد على جداول السكون المنظمة لتقليل استهلاك الطاقة مع زيادة الإنتاجية وتقليل وقت الاستجابة .

2- برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط البيركلي(B-MAC):

برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط البيركلي صمم لجعل بروتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط سهل وقابل للتكوين من برتوكولات الاعلى مستوى , وتحقيق لهذه الغاية فان هذا البرتوكول يزود تقنية تحسس الناقل متعددة الوصول للطبقات العليا وعلاوة على ذلك يدعم تقنية الارتباط الاختباري من دون الحاجة إلى رسالة طلب الإرسال ورسالة طلب الاستقبال . تقنية تحسس الناقل متعددة الوصول يمكن تطبيقها في الطبقات العليا من خلال تغيير فترة التراجع . وبناء على ذلك فانة يتم تقليل استهلاك الطاقة وتطبيق تقنية تجنب التصادم .

3- برتوكول التحكم في الوصول إلى الوسائط القائم على التشارك(CC-MAC):

تتطلب معظم التطبيقات في شبكة الاستشعار اللاسلكية مستشعر مكاني كثيف لتحقيق التغطية الكافية . ونتيجة لذلك, فان جميع مستشعر يسجيل المعلومات الخاصة بحدث واحد. وبسبب الكثافة الكبيرة في بناء الشبكة, قد تكون سجلات استشعار مرتبطة مكانيا لنفس الحدث . ويمكن حتى يؤدي استغلال الترابط المكاني في سياق الطبيعة التعاونية لشبكة الاستشعار اللاسلكية إلى تحسن كبير في أداء بروتوكولات الاتصال . ويزيد الارتباط المكاني عندما تنخفض المسافة بين الاجهزة ، مما يجعل هذه الظاهرة ذات أهمية عالية, وبما حتى التداخلات المحلية بين الاجهزة يتم حلها عند طبقة التحكم في الوصول إلى الوسائط ، فمن الطبيعي استغلال هذا التكرار المحلي عند طبقة التحكم في الوصول إلى الوسائط, ويهدف هذا البروتوكول إلى معالجة هذه المسألة , ويستند تشغيل هذا بروتوكول إلى نموذج الارتباط المكاني .

4- البروتوكولات المبنية على الحجز

إن بروتوكولات الدخول للوسط الناقل المبنية على الحجز(reservation based MAC) قامت بحل معضلة كثْرة التصادمات الموجودة في البروتوكلات القائمة على الخلاف التي تضمنت احتمالية كبيرة للتصادم نتيجة لعدم وجود تأسيس للاتصال قبل البدء بالإرسال, بالتالي فإنه من الممكن جدا حتى تقوم أكثر من عقدة مستشعرة بالإرسال في نفس الوقت خصوصًا مع كثرة هذه العُقَد, بالتالي فإن تقنية الوصول المتعدد ذوالحساسية للحامل مع تجنب التصادم(CSMA/CA) ستتولى مهمتها بتفريغ الهواء من الرسائل المتداخلة التابعة لأكثر من عقدة, ثم سيتم إعادة الإرسال من جديد. بالتالي فإن التقنية هذه غير مجدية نوعًا ما طالما كان لدينا عدد كبير من عقد المستشعرات المنتشرة, لأنه ذلك سيؤدي للكثير من التصادمات بالتالي الكثير من التأخير.

فاتت البروتوكلات المبنية على الحجز لتقوم بحل هذه المشكلة. وأكثر ما يميز هذه البروتوكات هوعدم إمكانية حدوث التصادمات. وتستخدم هذه البروتوكولات تقنية الوصول المتعدد للوقت المقسم(TDMA) التي تقوم بتقسيم الوقت في قناة الاتصالات إلى أجزاء(شرائح slots), وجميع جزء منها تابع لإرسال معين, أي حتى جميع مرسل يُعطَى مدة زمنية معينة ليرسل معلوماته في القناة(الهواء في حالتنا), ثم بعد انتائها يدخل مستخدم آخر ليرسل ضمن مدة زمنية مساوية للمرسل الذي قبله, ثم بعد انتهاء جميع المرسِلين يعود المرسل الأول للارسال مرة أخرى وهكذا بشكل دوري.

بشكل عام, تقوم هذه البروتوكولات بعملية الاتصال وفقًا لإطار محدد, ويتكون هذا الإطار من جزئين, أولهما هوفترة الحجز, حيث تقوم العقد الاستشعارية التي ترغب إرسال بيانات معينة بإرسال طلب ليتم حجز شريحة زمنية معينة لها للإرسال إلى نقطة مركزية سواء كانت هذه النقطة عقدة أخرى أوجهازًا قائمًا على مجموعة من العقد(cluster head), أما الجزء الثاني فهوفترة إرسال البيانات التي يقوم خلالها جميع المرسلون بعملية الإرسال ضمن الشريحة الزمنية التي قاموا بحجزها في الجزء الأول من الإطار.

أما حجم الإطار(الفترتين الزمنيتين آنفتي الذكر) وطريقة حجز الشرائح الزمنية , بالإضافة إلى التنافس على حجز الشرائح الزمنية بين المرسلين(كم شريحة سيأخد المرسل خلال الإطار الواحد), فكل تلك الأمور تختلف من بروتوكول إلى بروتوكول.

ومن هذه البروتوكولات هوالتراما(TRAMA) الذي يقوم على استخدام الشرائح الزمنية بالإضافة أنه بتبع نظامًا في توزيع الشرائح يعتمد على اجراءات ومتطلبات الإرسال التي يقوم بها جميع مرسل, فلنذكر إمكانية حتى المرسلين لن يرسلوا الإشارات على نفس التردد ذلك بسبب اختلاف التصميم من مرسل إلى مرسل آخر, بالتالي فإن استخدم جهازان اشارتان تختلفات بالتردد فإن المستقبل سيستطيع التمييز بينهما, بالتالي فإن أوفدا في نفس الوقت فإن ذلك لنقد يكون مشكلة, بالتالي فقد قام هذا البروتوكول باستغلال هذه الميزة, حيث حتى الشريحة الزمنية التي يجب على مرسل معين استخدامها يتم تحديدها بحيث لا يحدث أي تصادم في الإرسال بينه وبين مرسل آخر.

بروتوكول الترامـا لا يحتـاج إلـى نقطـة مركزيـة تقوم بحجز الشرائح الزمنيـة, إنمـا حينمـا يقوم جهـازان بالتراسل, فإن العقد التي يتم عبرهاالاتصال تقوم بجدولة الشرائح بناءًا على الجهازين المرسلين. ويتكون الاتصال في هذا البروتوكول من أربعة مراحل:

استكشاف الجيران: حيث تفهم فيها جميع عقدة بخصوص جيرانها أي الذين على اتصال مباشر معها.

تبـادل معلومـات الإرسـال: حيـث تقـوم جميـع عقدة بإرسـال معلومـات الإرسـال قبـل حتـى تبـدأ بـه للعقدة الستقبلة, أي أنها تخبر العقدة المستقبلة بنيتها للارسال خـلال هذه الفترة,بـالطبع فـإن العقد المستقبلة تكون هي من الجيران لأن الاتصال سيتم عبر العقد حتى الوصول إلى المستقبل.

إنشاء الجدول الزمني:تستخدم جميع عقدة في هذه الفترة معلومات الإرسال التي استقبلتها من جيرانها وذلك لتعيين الشرائح الزمنية الخاصة بالإرسال والاستقبال.

فـي هـذه الفتـرة تخـرج العقد مـن طـور النـوم إلـى طـور النشـاط وتبـدأ بالاتصـال خـلال الشـريحة الزمنيـة المحددة.

ويستخدم الترام مجموعـة بروتوكـولات منهـا البروتوكـول الجـار(NP): كمـا قلنـا فـإن جميـع عقدة تحمل معلومات جيرانها من العقد, أما وظيفة هذا البروتوكول فهي القيام بنشر تلك المعلومـات إلـى بـاقي العقد بحيث تصل إلى جميع الشبكة, وذلك يتم في فترة حجز الشرائح ضمن الإطـار المذكور سـابقًا, وتحمل رسـائل الروتوكـول القائمـة الموجـودة فـي جميـع عقدة بخصـوص جيرانهـا, ثـم تتحـول إلـى حتـى تحمل التعديلات عليها, أي حتى الرسائل ستحمل فقط التعديلات التي حدثت في تلك القائمة وليست القائمـة كلهـا, وذلك لتقليل حجم هذه الرسائل لكيلا تستهلك مقدارًا كبيرًا من القدرة الإرسالية. أما إذا لم يحدث هناك تغيير في القائمـة, فستظل هذه الرسـائل موجودة بهدف التأكد من حتـى هذه العقدة لا تـزال تعمل, فـإن انبترت الرسائل المنبعثة من عقدة ما لفترة زمنية معينة فإن جيرانها من العقد ستفهم حتى هذه العقدة لم تعد تعمل.

5- البروتوكولات الهجينة:

توفر البروتوكـولات (Contention-based) و(reservation-based) إيجابيـات وسلبيات مختلفـة فـي اداء متوسط الوصول. حيث البروتوكولات (Contention-based) تتطلب اقل بكثير من النفقات وهذه البروتوكولات تنتج في استخدام عالي في حالاتقد يكون هناك تنافس منخفض. ومع ذلك، عندما يزداد عدد العقد المتنافسـة علـى القنـاة، ينـخفض استخدام القنـاة لأن هذه العقد غير منسقة. مـن نـاحيـة اخـرى، تـوفر بروتوكـولات (reservation-based) جدولـة الوصـول لكـل نقطـة وتقليـل التصـادمات. هـذا ينـتج فـي الاستخدام العـالي عندما تكون المنافسـة عاليـة ولكن أيضـا فـي الكمـون واحمـال. ويـؤدي هذا التبـاين إلـى التبادل بين القدرة على الوصول وكفاءة الطاقة. تهدف نظم الهجين فـي البروتوكـول MAC للاستفادة من المبادلة التي أدخلت في توزيع القنوات من خلال الجمع ما بين نظم الوصـول العشوائي مـع نهـج TDMA القـائم علـى (reservation-based). وتـوفر الحلـول الهجينـة تحسـينات فـي الأداء مـن حيـث تجنـب

الاصطدام وكفاءة استخدام الطاقة بسبب تحسين تنظيم القناة والتكيف مع حمولة الحركة الدينامية. بعد ذلك، نحن تصف اثنين من الحلول الهجينة المتقدمة ل WNSs.

1- Zebra-MAC: من أجل توفير عملية التكيف على أساس مستوى التنافس، (Z-MAC) يجمع بين مزايا جميع نظم في حل MAC الهجين. هيكل الاتصالات من (Z-MAC) لا يزال يعتمد على فتحات الوقت مماثلة للحلول القائمة TDMA. يتم تعيين جميع فاصل زمني مبدئيا إلى عقدة. بيد ان الفرق بين الحلول القائمة TDMA هوحتى جميع فاصل يمكن سرقته بواسطة العقد الأخرى إذا لم يستخدمه مالكه. وبالتالي، فإن (Z-MAC) يتصرف مثل CSMA تحت التنافس المنخفض ومثل TDMA تحت التنافس العالي. على غرار الكثير من البروتوكولات ((Z-MAC ،reservation-based)) يتكون من فترة الإعداد وفترة الاتصالات. فترة الإعداد لديها أربعة مكونات رئيسية هي:

• اكتشاف الجيران. • تخصيص الفاصل الزمني. • تبادل الإطار المحلي. • مزامنة الوقت العالمي.

يتم تطبيق اكتشاف الجوار مرة واحدة من قبل جميع عقدة لجمع المعلومات عن اثنين من هوب النشط له. خلال هذه الفترة، جميع عقدة تبث معلومات واحد هوب نشط لجيرانها. في نهاية تبادل الرسائل متعددة، يتم إبلاغ جميع عقدة عن معلومات اثنين من هوب النشط لها. الاصطدامات في قناة لاسلكية تؤثر على اثنين هوب نشط من جميع عقدة بسبب معضلة المحطة الخفية.

يتم تطبيق المهمة فتحة بواسطة بروتوكول DRAND، والتي تضمن جدول البث بحيث جميع عقدة يتم تعيين الفتحة التي لن يتزامن مع فتحات من الجيران الهيب اثنين لها. DRAND أولا يخلق خريطة التداخل الراديوي للشبكة. وتتصل العقد التي يمكن حتى تتداخل مع بعضها البعض بواسطة وصلات ثنائية الاتجاه في خريطة التداخل. يتم تطبيق التعيين فتحة تكرارا وفقا لهذه الخريطة.

يقدم Z-MAC أيضا هيكل الإطار المحلي. في كثير من الحلول المستندة إلى TDMA، يتم تثبيت حجم الإطار للشبكة كاملة. في حين حتى حجم الإطار كبير بما فيه الكفاية ضروري لاستيعاب جميع العقد المتنازع عليها في النشط المحلي، قد لاقد يكون الحجم المطلوب هونفسه لأجزاء مختلفة من الشبكة. اعتمادا على الكثافة في جميع مسقط من الشبكة، عقدة قد يحدث عدد أقل من الجيران للتنافس معها. وفي هذه الحالات، تكون أحجام الأطر الأصغر أكثر كفاءة لأن الفواصل الزمنية يمكن إعادة استخدامها بشكل متكرر. وبناء على هذه الملاحظة، Z-MAC يسمح لكل عقدة لتحديد حجم الإطار الخاص المحليين.

هيكل انتنطق Z-MAC يتبع هيكل الإطار هومشروح أعلاه. لكل فتحة، يتم الإشارة إلى العقدة باعتبارها المالك والعقد الأخرى غير المالكين. يتمتع الملاك بأولوية أعلى على غير الملاك في الوصول إلى القناة خلال الفواصل الزمنية المخصصة لهم. يتم تطبيق هذه الأولويات على نحومماثل ل CSMA. إذا كان المالك لديه حزمة لنقل خلال الفتحة، لأول مرة ينفذ CCA. وإذا كانت القناة خاملة، فإنها تنتظر كمية عشوائية من الوقت خلال فترة زمنية وترسل الحزمة الخاصة بها. إذا لم يكن لدى المالك حزمة لإرسالها،

يمكن لغير المالكين الاستفادة من فتحة الوقت. يتم تطبيق ذلك من خلال آلية التراجع مختلفة. وغير المالكين أولا الانتظار ل T0 الفترة الزمنية ثم تتراجع لفترة عشوائية من الوقت خلال فترة زمنية TN0. وهذا يوفر الأولوية للمالكين وتمكين غير المالكين لسرقة الفتحة إذا لم يتم استخدامها.

كما توظف Z-MAC آلية لتخفيف التنافس حول عقدة معينة. إذا كان صاحب يقابل تنافس عال خلال فتحة وقته، فإنه يرسل رسالة إعلام تنافس صريح (ECN) لجيرانها. يتم نشر رسالة ECN نحوالجيران الهيب اثنين على الطريق المؤدي إلى الوجهة. العقد تلقي التبديل رسالة ECN إلى وضع ازدياد مستوى التنافس (HCL). العقد في وضع HCL لعقدة معينة لا تتنافس للفتحات التي يملكها هذه العقدة. ونتيجة لذلك، ينخفض التنافس على المسار نحوالوجهة.

التقييم النوعي: مخطط الوصول المتوسط الهجين من Z-MAC يوفر الاتصال على التكيف إذا كان عدد من الفروع وأجهزة الاستشعار أوالتغيير تحميل حركة المرور. مقارنة البروتوكولات (Contention-based)، Z-MAC تحسين الإنتاجية عندما تكون تحميل حركة المرور عالية ولا تزال تحتفظ الكمون المقبول لانخفاض حركة المرور مقارنتا مع بروتوكولات القائمة على TDMA.

وقد تم تطوير Z-MAC لسيناريومعين، حيث عقد الاستشعار متحركة ولديها قدرات الاتصالات المتبترة. وبالتالي، فإنه قد لا تكون قابلة للتطبيق لمجموعة واسعة من التطبيقات WSN، حيث كانت الشبكة ثابتة.

IEEE 802.15.4: وقد وضعت IEEE 802.15.4 للشبكات اللاسلكية معدل انخفاض البيانات، ويجمع بين نهج جميع من (Contention-based) و(reservation-based). وقد وضعت IEEE 802.15.4 للشبكات اللاسلكية انخفاض معدل البيانات، ويجمع بين القائمة على التحفظ والنهج القائم على المنافسة. البروتوكول، بدعم أيضا من قبل اتحاد ZigBee، ويدخل بنية super frame مع فترتين متصلتين، أي خلاف فترة الوصول والفترة الخالية من التنافس. ويفترض حتى الشبكة إلى التجمع وكل رئيس كتلة، أي منسق PAN، تبث هيكل الإطار ويخصص فتحات لمرور ذا أولوية في الفترة الخالية من التنافس. في فترة التنافس، والعقد يتعامل تستخدم CSMA / CA أوفترة زمنية محددة CSMA / CA الوصول إلى القناة. ويمكن للفائزين تخصيص القناة لنقلها لفترة زمنية معينة. وهذا يوفر طريقة وصول مرنة للعقد مع حركة المرور غير متكررة. خلال الفترة الخالية من خلاف، يتم تقديم العقد مع ازدياد حركة المرور الأولوية من قبل منسق PAN. واستنادا إلى متطلبات حركة المرور، يتم تعيين جميع عقدة خلال الفترات الخالية من التنافس. وتخصص هذه الفواصل الزمنية لزوج واحد فقط ويتم منع التنافس على القناة لتوفير الأولوية. ونتيجة لذلك، يوفر بروتوكول IEEE 802.15.4 عملية الهجين من خلال المستندة إلى CSMA والعملية القائمة على TDMA. على الرغم من حتى هذا البروتوكول يهدف لوضع الأولويات وكفاءة الطاقة تصل إلى دورات واجب 1٪، فإنه يحتاج طوبولوجيا القائم العنقودية، التي قد لا تكون قابلة للتطبيق على بعض السيناريوهات WSN.

التوجيه

طبقة الشبكة: طبقة الشبكة هي واحده من أكثر الأبحاث تحقيقا في "wsn" ,معظم خوارزميات التوجيه والبروتوكولات تم اقتراحها من خلال تطوير "wsn".

في هذا الفصل نجد مشاكل وتحديات طبقة الشبكة في "wsn" أيضاً حلول لهذه المشاكل بالتفصيل ومحاولة تقديم مناقشة جيدة لهذه الحلول .

بروتوكولات التوجيه مقسمة إلى أربعة أقسام وهي : 1- مركزية البيانات والمعمارية المسطحة . 2- الهرمية. 3-المسقط القائم. 4-جودة الخدمة. تحديات التوجيه : • استهلاك الطاقة : في أي خوارزمية توجيه قد يكون استهلاك الطاقة هوالمحور الأساسي وهوما نهدف إلى تحسينه من خوارزمية لاخرى . بسبب تحديد مصادر الطاقة وعدم اتاحة طاقة لا نهائية من أجل عملية التوجيه وإلىقد يكون هدر للمصادر . ملاحظة : ان الكثير من خوارزميات التوجيه قد لا تكون مناسبة ,مثل خوارزمية المسار الأقصر. الأسباب الرئيسية لاستهلاك الطاقة في التوجيه في "wsn" هي :

1-اكتشاف الجيران:

الكثير من خوارزميات التوجيه تلزم على جهاز التوجيه حتى يتبادل المعلومات التي يمتلكها مع الأجهزة المتصل معها، وفي حالة خوارزميات التوجيه المسقطي يتم تبادل المواقع ايضا ويستمر استهلاك الطاقة في جميع الحالات . اذا ما الحل؟ لتحسين كفاءة خوارزميات التوجيه ينبغي انقد يكون تبادل المعلومات محلي فقط ويجب تقليل تبادل المعلومات ايضا دون التأثير على دقة المعلومات.

2-الاتصال لقاء الحساب : من الجيد حتى نفهم حتى الحساب رخيص جدا مقارنة بالاتصال على مقياس استهلاك الطاقة . في "wsn" الهدف هوتسليم المعلومات بدلا من الحزم الفردية , ايضا الحساب يجب انقد يكون مدمجا مع التوجيه لتقليل استهلاك الطاقة.

•قابلية التوسع : عادة ما تتكون "wsn" من عدد كبير من العقد "node" وضرورة مراقبة الظواهر الفيزيائية بالتفصيل سيحتم علينا نشر الكثير من العقد. ولأن المعلومات في الطبقات العالية أبرز من الحزم الفردية من جميع عقدة استشعار. يجب ان تكون بروتوكولات التوجيه تدعم دمج عدد كبير من العقد في شبكة واحده وتلقي معلومات من عدد كبير من العقد دون التأثير على استهلاك الطاقة.

•المعالجة: العدد الكبير من العقد في الشبكة قد يمنعنا من تعيين عناوين فريدة لكل عقدة . وهذه معضلة تقابل معظم بروتوكولات التوجيه لحلها يجب ان تصدر خوارزميات تعيين عناوين جديدة لا تعتمد على تعيين عنوان فريد لكل عقدة في الشبكة . •المتانة: "وسن" تعتمد على العقد داخل الشبكة على تسليم البيانات بطريقة متعددة القفزات . هذا قد يؤدي إلى فشل أوخلل مفاجئ في الشبكة لأن العقد من الممكن ان تصبح غير قادرة على تسليم البيانات بسبب الحمل الضخم عليها . لحل هذه المشكلة يجب خلق العقد بمتانة

عالية وضد هذه الاعطال وخصوصا ضد فشل النقطة الواحدة والذي يؤدي لفقدان المعلومات في حالة فشل أحد العقد في الشبكة. ايضا نضيف إلى تحدي فشل العقد فشل العقد اللاسلكية خلال الاتصال .

يجب على بروتوكول التوجيه حتى لا تعتمد كفاءته على حزمة فردية واحدة وهي من الممكن حتى تفقد خلال الاتصال . حتى تحت ضغط هائل البروتوكول يجب ان يوفر تسليم البيانات بين عقدتين بطريقة سلسة وبعيدة عن الفشل . •البنية: يمكن انقد يكون نشر الشبكة محددا مسبقا ويمكن انقد يكون عشوائيا ويمكن استغلال هذا من اجل تصميم بروتوكولات أكثر كفاءة . المواقع النسبية لجيران العقدة والمسقط للعقدة قد يؤثر على كفاءة واداء البروتوكول لهذا يجب توفير الفهم الشخصية للعقدة بحيث ان العقدة تستطيع ان تتفهم من حولها بمفردها هذا قد يزيد من كفاءة البروتوكول. عادة ما تفرض "wsn" ان العقد تكون ثابتة ولكن يجب على خوارزميات التوجيه ان تتوافق ايضا في حالة تغيير اماكن العقد اواضافة عقد بأماكن جديدة. •التطبيق : طبيعة التطبيق ايضا مهمة في تصميم بروتوكول التوجيه , ففي تطبيقات الرصد عادة ما توصل العقد المعلومات إلى بعضها بطريقة دورية . في حال حدوث وقع معين في أحد التطبيقات يجب انشاء واستخدام مسار لتقديم المعلومات حول هذا الحدث خلال الوقت المناسب . يجب انشاء مسار حديث لكل وقع حديث . ويمكن ان نستنتج هنا حتى تقنية التوجيه ترتبط بشكل مباشر مع التطبيق , وقد نحتاج تقنيات كثيرة اخرى وجديدة لتطبيقات مختلفة .

6- بروتوكولات مركزية البيانات:

العدد الكبير من عقد الاستشعار هوسبب اختلاف شبكات الاستشعار اللاسلكية عن غيرها ، فمن الصعب تحديد معهدات لكل عقد الاستشعار.

وبالتالي، لا يفضل استخدام بروتوكولات التوجيه المستندة إلى العناوين لشبكات الاستشعار اللاسلكية .

وللتغلب على ذلك، تم اقتراح بروتوكولات توجيه مركزية.

التوجيه المعتمد على هجرز البيانات يشير إلى نوع رسالة الاستعلام التي تبدأ من خلال مستقبل المعلومات .

بدلا من معهدات العقدة، يحتاج التوجيه المرتكز على البيانات التسمية المستندة إلى السمة.

بالنسبة للتسمية المستندة إلى السمات، فإن المستخدمين أكثر اهتماما بالاستعلام عن سمة، بدلا من الاستعلام عن عقدة فردية.

1. خوارزمية الغمر:

أبسط خوارزميات التوجيه التي تم تطويرها لشبكات متعددة القفزات، هي تقنية الفيضانات. وبناء على ذلك، حدثا تلقت العقدة رزمة، تبث هذه الرزمة إلى جميع جيرانها. ويستمر ذلك حتى تتلقى جميع العقد في الشبكة الحزمة . ونتيجة لذلك، تكون قد غمرت الحزمة الشبكة بأكملها.

يمكن التحكم في فيض البيانات من خلال الحد من إعادة البث حتى تصل الحزمة إلى الوجهة أويتم الوصول إلى الحد الأقصى لعدد القفزات.

الفيضانات هي بروتوكول رد العمل وتطبيقها واضح إلى حد ما. مزايا الفيضانات هي في بساطته حيث أنه لا يحتاج للعقدة فهم المعلومات عن العقد المجاورة ، والفيضانات لا تتطلب صيانة طوبولوجيا مكلفة وخوارزميات معقدة لاكتشاف الطريق.

2. النميمة:

أحد أبرز المشاكل الرئيسية في خوارزمية الفيضانات هي معضلة الانفجار، وتعود المشكلة لنسخ الحزمة نفسها أكثر من مرة في الشبكة . ويمكن تجنب ذلك من خلال خوارزمية النميمة . وهذه الخورارزمية تتجنب الانفجار من خلال اختيار عقدة واحدة لتتابع الحزمة. ونتيجة لذلك، حدثا تلقت عقدة رزمة لا تبث الرزمة ولكنها تتخذ عقدة عشوائية بين جيرانها وترسل الحزمة إلى تلك العقدة المعينة. بمجرد تلقي العقدة المجاورة الحزمة، فإنه يختار عشوائيا عقدة استشعار أخرى.

3. بروتوكولات الاستشعار للمعلومات عن طريق التفاوض:

هي عائلة من بروتوكولات التوجيه مصممة لمعالجة أوجه القصور في الفيضانات عن طريق التفاوض وتكيف الموارد ولهذا الغرض، يتبع نهجان رئيسيان. أولا، بدلا من إرسال جميع البيانات تقوم عقد أجهزة الاستشعار التفاوض مع بعضها البعض من خلال الحزم التي تصف البيانات. وبالتالي، يتم إرسال المعلومات الملاحظة فقط إلى العقد الاستشعار المهتمة نتيجة لهذا التفاوض. ثانيا، جميع عقدة تراقب مواردها للطاقة، والذي يستخدم لتطبيق القرارات التي تدرك الطاقة.

4. الانتشار الموجه :

يتم تقديم طلب المعلومات من خلال رسائل الفائدة التي بدأها مستقبل المعلومات. ويبدأ الانتشار الموجه عندما يرسل مستقبل المعلومات رسائل الفائدة إلى جميع أجهزة الاستشعار. وتسمى هذه الفترة انتشار الفائدة، حيث تغمر رسائل الفائدة عبر الشبكة. رسائل الفائدة تعتبر رسائل استكشافية للإشارة إلى العقد مع مطابقة البيانات لمهمة معينة.

أثناء المهمة، يستمر مستقبل في بث رسالة الفائدة بشكل دوري.

5.التقييم النوعي :

توفر بروتوكولات التوجيه التي هجرز على البيانات مسارات تعتمد على التطبيق بناء على اهتمامات المستخدم.

وتستخدم آلية مركزية البيانات لتحديد نقاط النهاية في الشبكة، مما يؤدي إلى عملية دينامية. حدثا تغيرت قراءات أجهزة الاستشعار، يتم تكييف مسارات الشبكة مع هذه التغييرات لتلبية طلبات المستخدم. وهذا يوفر كفاءة استخدام الطاقة نظرا لأن الطرق يتم إنشاؤها فقط عندماقد يكون هناك اهتمام وليس هناك حاجة للحفاظ على طوبولوجيا الشبكة العالمية. كما حتى الحلول المرتكزة على البيانات تقلل من استهلاك الطاقة في الشبكة عن طريق تحديد طرق مختارة لمصلحة معينة من مستقبل المعلومات . وبناء على ذلك، فإن تلك العقد فقط التي لها معلومات مطابقة تشارك في توليد المعلومات.

ومن العيوب الرئيسية لبروتوكولات التوجيه التي هجرز على البيانات أنها تستند عموما إلى طوبولوجيا مسطحة. وهذا يسبب مشاكل التدرجية وكذلك زيادة الازدحام بين العقد أقرب إلى مستقبل المعلومات .

وآليات التجميع الموزعة ضرورية لتقليل محتوى المعلومات المتدفقة في جميع جزء من الشبكة. وعلاوة على ذلك، تنطبق البروتوكولات مثل الانتشار الموجه على مجموعة فرعية من التطبيقات في الشبكات الفضائية العالمية، حيث حتى البلاغ يبدأ بالاستعلامات المتولدة من مستقبل البيانات . وهذا أيضا يجعل نشر الموجه ليس خيارا جيدا للتطبيقات الديناميكية، حيث التسليم المستمر للبيانات مهم. وعلاوة على ذلك، بحاجة أنواع الاستعلام فضلا عن إجراءات مطابقة الفائدة إلى تعريف لكل تطبيق. وعلاوة على ذلك، فإن النهج المرتكز على البيانات يؤدي إلى مخططات التسمية المعتمدة على التطبيق. وبناء على ذلك، ينبغي تحديد هذه المخططات مسبقا لكل تغيير في التطبيق.

وأخيرا، فإن عملية مطابقة البيانات والاستعلامات تسبب بعض النفقات العامة في أجهزة الاستشعار.

7- بروتوكولات هرميَّة:

وتؤدي بروتوكولات مركزية البيانات على البيانات والمعمارية المسطحة إلى غالبية المعلومات المولدة في أجهزة الاستشعار التي تهجرز بالقرب من مستقبل البيانات. ونتيجة لذلك، والبروتوكولات المسطحة تعاني من البيانات الزائد على مقربة من مستقبل البيانات مع زيادة الكثافة. العقد التي تقع بالقرب من مسار بالوعة مزيد من المعلومات من العقد في أجزاء أخرى من الشبكة. ونتيجة لذلك، تموت هذه العقد بشكل أسرع وتنتج انقطاعا بين مستقبل البيانات وشبكات الاستشعار اللاسلكية. ونتيجة لذلك، تؤدي بروتوكولات المعمارية المسطحة إلى استهلاك الطاقة غير المتكافئ في جميع أنحاء الشبكة والحد من قابلية البروتوكولات.

يمكن معالجة مساوئ بروتوكولات المسطحة من خلال تشكيل بنية هرمية حيث يتم تجميع العقد في مجموعات والتفاعلات المحلية بين أعضاء المجموعة يتم التحكم فيها من خلال رئيس الكتلة . تم تطوير الكثير من بروتوكولات التوجيه الهرمي لمعالجة تحديات التوسع في الطاقة واستهلاك الطاقة من الشبكات. مجموعات شكل العقد الاستشعار حيث رؤساء العنقودية البيانات المجمعة والصمامات للحفاظ على الطاقة. ويمكن لرؤوس العنقود أيضا حتى تشكل طبقة أخرى من العناقيد فيما بينها قبل الوصول إلى

مستقبل البيانات . بعض البروتوكولات الهرمية المقترحة لشبكات الاستشعار هي التسلسل الهرمي للتكتل منخفض الطاقة ، والتجمع الفعال للطاقة في أنظمة معلومات الاستشعار، وشبكة استشعار حساسة للعوامل تتكيف مع العتبات .

8-بروتوكولات جغرافية:

تستغل معلومات المسقط لكل عقدة لتوفير كفاءة لتوجيه المسار , وبما ان المكان القصود في wsn ع عادة ماقد يكون ثابت قانه يمكن استخدامه لتطوير قواعد لتوجيه البيانات .

بروتوكلات التوجيه الجغرافي توفر تقنيات لتوجيه البانات لتحسين استخدام الطاقة

MECN & SMECN-1

MECN (الحد الادنى للطاقة شبكة الاتصالات) تقلل الشبكة الفرعية من استهلاك الطاقة بين اي زوج من العقد في الشبكة, من خلال استخدام الرسم البياني للشبكة G', حيث ان جميع قمة تمثل عقدة والحواف تربط العقد ,ومن هذا الرسم نيستمد Gمع نفس عدد الروؤس وعدد اقل من الحواف

مخططات اعادة التوجيه الجغرافي للوصلات الخاطئة:

القناة اللاسليكة عرض للاخطاء وتغير الرسم البياني للشبكة مما يستلزم تبادل الرسائل بشكل متكرر بين العقد لاعادة بناء الرسم البياني . يمكن تصنيف مخططات اعادة التوجيه المحلية الي نظامين :الارسال عن بعد (لا تسخدم سوا معلومات المسافة) ,واعادة التوجيه المستقبلي .

ويهدف التوجيه الجغرافي الي اختيار أحد العقد لتكون النقطة الثانية لدفع الحزمة وبالتالي منع حدوث حلقات في التوجيه .

Greedy forwarding (بروتوكول اعادة التوجيه الجشع) من ابسط بروتوكلات اعادة التوجية.

يمكن تعريف نطاق إرسال عقدة كدائرة حول العقدة , توفر هذه التقنية تسليم سريع للحزمة من خلال عدد عقد اقل.

Distance-Based Blacklisting(القائمة السوداء القائمة على المسافة)

من اجل التخفيف من اثار المسافة بين العقد, يمكن ادراج بعض العقد التي تكون على الحدود من نطاق الإرسال إلى القائمة السوداء .

PRADA-2

بروتوكلات التوجيه الجغرافية تتطلب معلومات من الجيران لتحديد القفزة التالية وجمع هذه المعلومات مكلف.

اذا كانت العقدة لديها فهم عن الشبكة فانه يمكنها تحديد المسار الأمثل للوجهه ويمكن اختيار القفزة التالية ولكن من الناحيه العليمة لا يمكن فهم جميع المعلومات عن الشبكة . ومن ثم فان بروتوكلات التوجيه الجغرافي تهدف إلى توفير اليات خلق القرار باستخدام رأي محدود بالشبكة .

PRADA هوبروتوكول من اجل الحصول على فهم طوبولوجية أكبر من خلال ان تزيد العقدة من نطاق ارسالها , ويستخدم نظام يسمى نقل الفهم الطوبولوجية الجزئية (PTKF) يهدف إلى التقليل من الطاقة من خلال اختيار أقصر مسار للعقدة .

بروتوكولات مبنية على جودة الخدمة

الكثير من بروتوكلات التوجيه تعمل فقط على استهلاك الطاقة في الشبكة ويعتبر واحد من أبرز مقاييس الاداء في WSN لكنه ليس الوحيد , يحتاج تطوير تطبيقات جديدة مثل الانتاجية والتأخير , ومن ثم فان متطلبات جودة الخدمة (QOS) لهذه التطبيقات بحاجة ضمان .

SAR

توجيه التنازل المتسلسل (SAR) الهدف الرئيسي منه هوخلق اشجار متعددة تنشأ من عقدة الجذر وتنموجميع شجرة وتتجنب العقد ذات الخدمة المنخفضة (اي انخفاض الانتاجية\ التأخير العالي).وبالتالي , يمكن انشاء مسارات متعددة تربط اي عقدة في الشبكة .

تحدد جميع عقدة خاصيتين لكل مسار :

*موارد الطاقة : أكبر عدد من الحزم التي يمكن ارسالها بواسطة العقدة.

*مقياس جودة الخدمة الاضافي :وهومرتبط بالطاقة والتأخير .

بروتوكول الادنى لتوجيه المسار :

يجمع بين خصائص التأخير والانتاجية وخصائص استهلاك الطاقة لتحديد المسار بين العقد في الشبكة .ويعين البروتوكول وظيفة التكلفة ويحدد خوارزمية الشحن الأدنى التكلفة في جميع عقدة وبالتالي تدفق الحزم بالمسار الأقل تكلفة . ويتضمن مرحلتين :انشاء حقل التكلفة واعادة توجيه مسار التكلفة .

SPEED

تتصل متطلبات نوعية الخدمة في الشبكات عادة بالتأخير والانتاجية , ومع ذلك , الشبكات في WSN تتأثر بمسقط العقدة ,فان المسافة عامل اخر لجودة الخدمة .

بروتوكول SPEEDيستغل هذا .يتناسب التأخير الذي تتعرض له الحزمه مع المسافه بين المصدر والوجهه.

ويحتوي هذا البروتوكول على مكونات لضمان سرعة الحزم ,كل عقدة تبني جدول الجيران ويخزن المعلومات حول الجيران .

التقييم النوعي :

وتنظر بروتوكولات التوجيه القائمة على جودة الخدمة في مقاييس إضافية، بالإضافة إلى استهلاك الطاقة،

هيكلة الطرق. وهذا يوفر قدرات إضافية ل WSN، حيث تطبيقات أكثر تطورا يمكن تطويرها. غير حتى توفير ضمانات إضافية يزيد من التكلفة من حيث الطاقة,الاستهلاك، وبالتالي، عمر الشبكة. وينبغي حتى تكون التكاليف مصممة بعناية لمتطلبات التطبيقات.

الأمن

يحدد مجال أمن المعلومات أهدافا عديدة فيما يتعلق بحماية المعلومات ،حيث تعتبر السرية والسلامة وتوافر المعلومات أبرز ثلاثة أهداف في هذا المجال ، وتعتبر هذه المكونات الثلاثة المبادئ الأساسية لأمن المعلومات.

1. سرية المعلومات(confidentiality): هي إخفاء المعلومات ،بحيث لا يتم إتاحة أوكشف المعلومات إلا للأطراف المعنية.
2. سلامة المعلومات(integrity): هوحتى تكون المعلومات جديرة بالثقة ، بحيث لا يتمكن أي إنسان أخر غير المعني بذلك من إنشاء أوتعديل أوتدمير المعلومات ، بما في ذلك الحماية من حقن المعلومات الاحتيالية أوالمكررة أوالقديمة .
3. توافر المعلومات(availability): هوإمكانية الحصول على المعلومات في الوقت المناسب وبطريقة موثوق بها ، وتسمى عملية منع توافر المعلومات بهجوم الحرمان من الخدمة (denial of service attack).

ولضمان العناصر المذكوره أعلاه فإن هذا يحتاج حماية المكونات المادية(hardware) والبرمجيات (software)الخاصة بالنظام .

ومن العناصر الرئيسية الأخرى لأمن المعلومات ما يلي :

-المصادقة (Authentication): قدرة الطرف على التحقق من هوية الطرف أوالأطراف المتصلة الأخرى.

-عدم التنصل أوالانكار (Non-repudiation): القدرة على التأكيد على حتى طرفا معينا هومن قام بإنشاء المعلومات.

-التفويض (Authorization): القدرة على تقييد الوصول للمعلومات بحيث تنحصر فقط بالأطراف المسموح لهم بذلك.

-الموثوقية(Authenticity): القدرة على التحقق من حتى المعلومات تم إنشاؤها أوتعديلها من قبل الطرف المعلن.

-الخصوصية(Privacy): القدرة على إخفاء بيانات التعريف الخاصة بالكيان المولد للمعلومات ، مثال: مسقط أوهوية الكيان المنشئ للمعلومات المرسلة .

وكما هوالحال في معظم الشبكات، فمن المتسقط أيضا حتى تدعم شبكة الاستشعار اللاسلكية(WSN) مجموعة من أهداف أمن المعلومات وهذا يعتمد على نوع التطبيق المستخدم .

يتعلق الجانب الجديد من أمن شبكة (WSN) بالنهج التي تنفذ من خلاله أهداف أمن المعلومات المذكورة أعلاه. وعلى وجه الخصوص، فإن تحقيق الأهداف الأمنية المذكورة أعلاه يشكل تحديا خاصا بالنسبة لشبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) بسبب القيود على عقد الاستشعار(sensor nodes) (من حيث الطاقة، والحساب، والتخزين)، وكذلك بسبب أساليب تشغيل الشبكة(operational modes of the network) (على سبيل المثال، عدد العقد الكبير، عمر العقدة محدود، نشر ثابت، ظروف الانتشار المتغيرة أوالغير معروفة). وعلاوة على ذلك، يرجع ذلك إلى حقيقة حتى التكلفة في بعض التطبيقات تعد اعتبارا مهما، فعقد الشبكة الفردية(individual network nodes) تميل إلى حتى تكون غير مكلفة، وبالتالي، أقل موثوقية.

تحتاج الشبكة لدعم بعض مستويات الموثوقية المطلوبة، ولكن غالبا ما يحول النظر في التكاليف دون اعتماد الأجهزة الأكثر تكلفة مما يمكن حتى يقلل من تعقيد بعض البروتوكولات المتعلقة بالأمن.

القيود أمام البناء الأمني:

تؤثر خصائص أجهزة الاستشعار، ولا سيما محدداتها ، على تصميم بروتوكولات الحماية . على سبيل المثال، العقد في شبكة الاستشعار اللاسلكية هي عقد استشعار غير مكلفة ذات قدرات حسابية محدودة جدا، بالمقارنة مع الاجهزة في شبكات الاتصالات التقليدية. ونتيجة لذلك، يتعذرعلى عقد شبكة الاستشعار اللاسلكية تطبيق بروتوكولات الحماية المصممة للشبكات الأخرى. وعلاوة على ذلك، فإن قناة الاتصالات اللاسلكية والخصائص التشغيلية لشبكة الاستشعار اللاسلكية تطرح تحديات إضافية في التطبيق .

1-قيود الهاردوير إن تعقيد البرامج ومتطلبات الأداء الجيد تفرض كمية موارد الهاردوير اللازمة لتطبيق هذه البرامج ، بما في ذلك حجم الذاكرة / التخزين، ومساحة الكود ، وسرعة وحدة المعالجة المركزية، ومصدر الطاقة. عادة ما تكون أجهزة الاستشعار محدودة الحجم ، مما يحد من قدرتها على تخزين البيانات والكودات . معظم أجهزة الاستشعار الحديثة لديها أحجام ذاكرة الوصول العشوائي تتراوح(1-10) كيلوبايت، وذاكرة البرنامج أقل من 1 ميغابايت. وعلاوة على ذلك، فإن مساحة التعليمات البرمجية المطلوبة لدعم نظام التشغيل وحده هوفي حدود عدة كيلوبايت. على سبيل المثال، يحتاج نظام التشغيل العملي لأجهزة الاستشعار اللاسلكية (تينيوس) حوالي أربعة كيلوبايت من الذاكرة. لذلك، يجب حتنقد يكون تطبيق بروتوكول الحماية يتناسب مع الكود في الذاكرة المحددة في جهاز الاستشعار.

2- قيود الطاقة قيود الطاقة هي دائما مصدر قلق كبيرفي شبكة الاستشعار اللاسلكية ، لأن الحجم الصغيرلجهاز الاستشعار يحد من حجم البطارية، وبالتالي، سعتها التخزينية للطاقة.وايضا في الكثير من التطبيقات التي تعمل فيها أجهزة الاستشعار دون مراقبة، مرة واحدة يتم استخدام جهاز الاستشعار وبعد

ذلك من المحال استبدال البطارية. على الرغم من حتى إعادة الشحن ممكنة إذا تم تطبيق آلية سحب الطاقة وكثيرا ما تكون كمية الطاقة التي تم جمعها بهذه الطريقة محدودة وغير كافية لتقديم الدعم الكامل من احتياجات الجهاز للطاقه.

هناك ثلاثة مصادر رئيسية لاستهلاك الطاقة بسبب العمليات الأمنية في شبكة الاستشعار اللاسلكية:

1- المعالجة المطلوبة لوظائف الحماية ، مثل التشفير وفك التشفير وتوقيع البيانات والتحقق من التوقيع.

2- الطاقة اللازمة لنقل البيانات التي تتطلب حماية.

3- الطاقة اللازمة للحفاظ على معايير الحماية بطريقة آمنة، مثل تخزين مفاتيح التشفير.

4- القيود المادية بشكل عام ، وسائل الاتصالات اللاسلكية تجعل من الهجمات الأمنية امر سهل للغاية ، بالمقارنة مع الهجمات في الشبكات السلكية . على سبيل المثال، يمكن للمهاجم التنصت على الترددات اللاسلكية للشبكة وسرقة الرسائل المرسلة خلالها، أوأنه يمكن وضع رسائل ضارة في الشبكة . ومع ذلك فان شبكة الاستشعار اللاسلكية ضعيفة بسبب الكثير من الصفات الموجودة فيها ,منها وجود عدد كبير من الاجهزة في الشبكة وعدم وجود رابط مخصص بين هذه الاجهزة مما يجعل من السهل على المهاجم حتى يخترق بعض الاجهزة ، ويبقى المهاجم غير مكتشف . وعلاوة على ذلك، نظرا لبساطة الهاردوير فان اجهزة الاستشعار عادة ما تفتقر إلى خطط حماية متطورة ضد هجوم الطبقة المادية، مثل التشويش. وهناك في الكثير من شبكات الاستشعار اللاسلكية ، اجهزة الاستشعار لا يمكن الاعتماد عليها وهي عرضة لخلل في الهاردويرأواستنزاف في الطاقة. ولتوفير المستوى المطلوب من الأمان، يجب حتى يأخذ تصميم بروتوكول الأمان الخاص بشبكة الاستشعار اللاسلكية في الاعتبار هذه القيود المادية.

الهجومات المحتملة وصدّها:

لتحليل القضايا الأمنية وتحسين المتانة تم استغلال طبيعة بنية الطبقات في الشبكة. تنقسم طبقات الشبكة إلى : الطبقه المادية ،طبقة ربط البيانات ، طبقة الشبكة ، وطبقة النقل . بحيث حتى جميع طبقة عرضة لأنواع مختلفة من الهجمات . يأتي هنا دور الهجمات الأمنية بحيث يمكن استغلال التفاعل بين الطبقات. سأقوم هنا بوصف الثغرات الأمنية لكل طبقة وطرق الدفاع المحتملة.

هناك نوعان رئيسيان من الهجمات على الطبقة المادية هما : التشويش والتلاعب. التشويش يشير إلى التداخل في الإرسالات على الترددات الراديوية التي تستخدمها نقاط الشبكة. بحيث يمكن للخصم تعطيل الشبكة بالكامل.ويضم الدفاع المعتاد ضد التشويش أشكالا مختلفة من الاتصالات الطيفية الانتشار. ومع ذلك قد لاقد يكون هذا الدفاع متاحا لعقد أجهزة الاستشعار لأن أجهزة الاستشعار عادة ما يفترض حتى تكون منخفضة التكلفة،وأجهزة منخفضة الطاقة. وتضم الدفاعات الأخرى التحول لتعيين المنطقة المزدحمة وإعادة توجيه حركة المرور.بينما يشير التلاعب إلى المساس العملي بالعقد في الشبكة. وتنقسم حماية التلاعب إلى فئتين:غير فعال ونشط . الطريقه غير الفعالة لا تتطلب طاقه، وتضم تكنولوجيا تحمي

الدائرة من الكشف عنها مثل التدقيق في العبث . بينما الاليه النشطة تتطلب معدات خاصة لكنها تستهلك المزيد من الطاقة لذلك سيكون من الأنسب لعقد الاستشعار توظيف التقنيات غير الفعاله.

طبقة ربط البيانات عرضة لثلاث هجمات رئيسية : الاصطدام والإرهاق وعدم الإنصاف. يمكن استعمال تقنية رموز تسليم الخطأ للتخفيف من بعض آثار الاصطدام. ومع ذلك فإنها لا يمكن حتى تحل المشكلة تماما حيث حتى الخصم لا يزال يفسد المزيد من البيانات أكثر مما يمكن تسليمه من قبل الشبكة. ان كشف الاصطدام هوطريقة أخرى للتعامل مع الاصطدام لكنه لا يمكن حتى تدافع تماما ضد هجمات الاصطدام لأن الانتنطق السليم لا يزال بحاجة إلى التعاون بين العقد في حين حتى العقد المتضررة يمكن عمدا وبشكل متكرر تمنع الوصول للقناة.بينما يعود الاستنفاذ إلى الهجمات التي تستنزف مصدر الطاقة لعقد الشبكة مما يعرض وفرة الشبكة للخطر. وتقتصر تقنيات "mac" الحالية مثل عمليات العودة العشوائية والدخول المجدول على حل معضلة الاصطدام العشوائية. وعندما يصبح الاصطدام متعمد تصبح هذه التقنيات غير فعالة إلى حد كبير. الحل الممكن هوجعل الشبكة ببساطة تتجاهل الطلبات المفرطة التي تم إنشاؤها من قبل مهاجم دون الاستجابة لهذه الطلبات وبالتالي تجنب زيادة أخرى في حجم حركة المرور. مع ذلك هذه الميزة لها بعض العيوب. على سبيل المثال فإنه يقلل من القدرة الإجمالية للشبكة ويحد من معدل البيانات الأقصى للمستخدمين الفرديين حتى عندما تكون الشبكة غير مستغلة. ويمكن حتنقد يكون عدم الإنصاف ناجما عن تطبيق انتقائي متبتر للهجمات المذكورة أعلاه عن طريق إساءة استخدام مخطط أولي تعاوني لطبقة "mac" أوباحتكار القناة. دفاع واحد ضد هذا التهديد هواستخدام إطارات " frames " صغيرة ، بحيث العقد الفردية يمكنها التقاط القناة فقط لفترة زمنية قصيرة.

طبقة الشبكة عرضة لأربعة أنواع من الهجمات : الإهمال والجشع ، الرغبة بالعودة ، سوء التوجيه ، الثقوب السوداء. عندما يتم اهمال عقده تعسفا بسبب جشع يعطي الاولويه من لا لزوم له ،الحل هنا هواستخدام مسارات توجيه متعددة (بديلة) أوإرسال رسائل زائدة عن الحاجة.عند إعادة التوجيه الجغرافي قد تتعرض الشبكة إلى هجمات موجهه ، حيث يلاحظ الخصم حركة المرور للحصول على مسقط العقد الحرجة عندما يجدها ستكون العقد عرضة للهجوم. أحد الحلول لها هوتشفير مقدمه الرسالة ، بحيث لا يمكن للخصم فهم مسقط العقد الحرجة من قراءة المقدمه. سوء التوجيه هوهجوم أكثر قوة ، يوجه الرسائل على الطريق الخطأ.الدفاع عن هذا الهجوم هومماثل لهجوم الثقوب السوداء ، هجوم الثقوب السوداء هوهجوم أكثر فعالية ضد بروتوكولات التوجيه القائم على المسافات. في هذا الهجوم ، العقده الوسطيه تحدد الطرق الاقل تكلفه وبالتالي تتشكيل الثقوب السوداء داخل الشبكة. هناك حل يستند إلى التفويض ، يسمح فقط للعقد بتبادل معلومات التوجيه وبالتالي ضمان سرية وسلامة معلومات التوجيه.

ويمكن حتى تتعرض طبقة النقل للتهديد من جراء الفيضانات وهجمات إلغاء التزامن. الحل الساذج للفيضانات هوالحد من عدد الاتصالات المسموح بها ،بينما في هجوم الغاء التزامن يعطل الخصم

الاتصالات بين العقدتين عن طريق تزوير الرسائل التي تحمل أرقام متسلسلة أورسائل التحكم الأخرى.لمقاومة هذا الهجوم يجب معهده هوية جميع الحزم المتبادلة ، على افتراض حتى الخصم لا يمكن حتى يزيف اليه معهده هوية المرسل.

التطبيقات

شبكة المجسات اللاسلكية:

هي شبكة تتألف من عدد كبير من العقد المتحسسة حيث حتى هذه العقد تنتشر بشكل مكثف داخل المنطقة المراد تحسسها أوبالقرب منها . يتم ربط هذه العقد المتحسسة بعناصر الحاسبات عامة الغرض وتنتشر بأعداد كبيرة تصل إلى المئات أَوآلاف من هذه العقَد وتتميز بتكلفة اقل وبصغر حجمها وبحاجة لطاقة اقل . تشكل شبكات المتحسسات اللاسلكية Network Sensors Wireless والتي يشار لها اختصاراً WSN ثورة فهمية في مجال الاتصالات اللاسلكية والنظم المدمجة والمنتشرة نتيجة التطور السريع الذي تشهده النظم المدمجة خاصة من حيث تزايد صغر حجمها وإدماج إعداد متضاعفة من الترانزستورات في الدوائر المتكاملة وهوما يدعم قانون" مور" القائل بان عدد الترانزستورات التي تحتويها جميع شريحة من مادة السليكون يتضاعف أسياً مرة جميع سنتين تقريبا فقد أدى هذا التطور إلى تصنيع أجهزة مدمجة صغيرة الحجم ذات قدرات اتصال لاسلكية تتفاعل مباشرة مع البيئة المحيطة بها من خلال حساسات تقوم باستشعار الأحداث الفيزيائية مثل الحرارة والرطوبة والإضاءة والضغط وتعهد هذه الأجهزة باسم أجهزة المتحسسات اللاسلكية والتي تكون فيما بينها شبكة من المتحسسات اللاسلكية حيث تتعاون هذه الأجهزة فيما بينها لإيصال البيانات المتحسسة لاسلكيا إلى محطة المراقبة والتي تقوم بتجميع البيانات الفيزيائية للتحليل واتخاذ التدابير اللازمة . وبين يديك موضوع يوضح لك أهم تطبيقات شبكة المتحسسات اللاسلكية WSN .وشرح تفصيلي لخوارزميات توجيه المسار في WSN وتوجيه مسار SPIN .ونبذة بسيطة عن ما هومتوفر من البرمجيات المحاكية لشبكة المتحسسات اللاسلكية ومعمارية الاتصال لشبكة المتحسسات اللاسلكية وكيف يمكننا حماية هذه الشبكة.[1]

تطبيقات شبكة المتحسسات اللاسلكية:

تعتبر شبكات المتحسسات اللاسلكية أحد ابرز التقنيات الحديثة في مجال الحوسبة المتنوعة ذلك أنها فتحت المجال أمام ابتكار جيلٍ جديدٍ من التطبيقات في مجالات متنوعة مثل البيئة ورصد الأحوال الجوية والمراقبة وفحص سلامة الأبنية والمنشئات والأمن مثل اكتشاف المتطفلين وعمليات اقتحام المناطق المحظورة وحركة المرور وكشف الحرائق.

-التطبيقات العسكرية مثل:

مراقبة الهدف

الاكتشاف المبكر للهجمات النووية والكيميائية من العدو

-التطبيقات المدنية مثل:

تتبع واكتشاف العربات والسيارات.

اكتشاف ومراقبة سرقة السيارات

إدارة ومراقبة حركة المرور من خلال وضع هذه الأجهزة على تقاطعات الشوارع الرئيسة للحد من المخالفات المرورية، وتسهيل حركة السير.

-عمليات الطوارئ مثل:

مكافحة الحرائق وذلك بنشر كمية كبيرة من أجهزة المتحسسات في فصل الصيف ضمن الغابات للتنبؤ بالحرائق وقت حدوثها.

كشف الفيضانات.

كشف الزلازل

كشف تلوث الماء والهواء.

-المجالات الطبية والصناعية والتجارية:

مجال الزراعة والري، إذ إذا هناك شبكات تعتمد على متحسسات تقيس رطوبة التربة ومستوى المياه في الخزانات وتكون ذات جدوى اقتصادية عالية في البلاد التي تعاني من قلة الماء والأمطار.[2]

العقد المتحسسة والشبكة مكونات عقدة التحسس:

تتكون العقدة المتحسسة من متحسس + معالج + وسيلة اتصال، وحيث حتى عقدة التحسس node Sensor هي تعبير عن جهاز يحتوي على معالج دقيق وذوقدرة على الرصد والاتصال اللاسلكي، وهويعاني من صغر حجم الذاكرة ، بالإضافة لمحدودية مخزون الطاقة. تتكون عقدة التحسس من الوحدات التالية :

وحدة التحسس.

وحدة تخزين البيانات.

وحدة المعالجة.

الوحدة الراديوية.

بالاضافة إلى وحدة الطاقة.

خوارزميات توجيه المسار في WSN :

ينقسم توجيه المسار إلى مجموعتين رئيسيتين:

١ .التوجيه اعتمادا على العنوان : ويعني العثور على أقصر طريق بين الأزواج اعتمادا على عنوان العقد النهائية.

٢ .التوجيه اعتمادا على البيانات : ويبحث عن المسارات من مصادر متعددة إلى عمق واحد.

استخداماتها:

تستخدم شبكات الإستشعار اللاسلكيّة في الكثير من المجالات من أشهرها المجال العسكري والطبي والصناعي والتجاري والأبحاث الفهمية. ومثلا تستخدم في الزراعة لإعطاء صورة واضحة من الحرارة والرطوبة ومستوى المياة لمسقط معين. كما يمكن استخدامها في إدارة ومراقبة حركة المرور من خلال وضع هذه الأجهزة على التقاطعات والشوارع الرئيسية.

ما هوجهاز الاستشعار؟

جهاز الاستشعار (Sensor node) هوتعبير عن جهاز يحتوي على معالج دقيق وذوقدرة على الرصد والاتصال اللاسلكيّ. وبه ذاكرة إلكترونية بنوعيها الثابتة والمؤقتة، ويحتاج إلى مصدر للطاقة لتشغيله.

مكونات جهاز الاستشعار:

- مكونات جهاز الاستشعار
- يتكون جهاز الاستشعار اللاسلكي من الوحدات التالية:
- وحدة الاستشعار.
- وحدة تخزين البيانات ومعالجتها من خلال متحكم دقيق
- وحدة الإرسال والاستقبال.

فوحدة الاستشعار تتكون من جهاز للاستشعار وأداة تحويل البيانات من تناظرية إلى رقمية، والمهمة الرئيسية لهذه الوحدة هي تحويل البيانات المرسلة أوالمستقبلة إلى صيغة تتناسب وطبيعة البيانات المستخدمة في وحدة التخزين والمعالجة، ففي البداية تُقوّى الإشارة المستقبلة من جهاز الاستشعار ثمّ تُحوّل إلى شكل رقميّ عن طريق أداة تحويل البيانات، أما وحدة التخزين والمعالجة فهي تعبير عن رقاقة دقيقة فيها وحدة ذاكرة ومعالج بيانات محدودان، وكتكملة للوحدتين السابقتين توجد وحدة الإرسال والاستقبال، وتتكون هذه الوحدة من جهاز لإرسال واستقبال موجات الراديومن خلال الهوائي المثبت بجهاز الاستشعار.

وبالإضافة إلى الوحدات سابقة الذكر توجد ثلاثة وحدات اختيارية وهي:

وحدة تحديد المسقط- تعتمد بتصميمها على نوع التطبيق المستخدم- ووظيفتها تحديد احداثيات جهاز الاستشعار في حقل المراقبة مقارنة بنقطة ثابت.

وحدة التنقل وتستخدم لتحريك جهاز الاستشعار من مكان إلى آخر تبعاً لمتطلبات الشبكة.

وحدة توليد الطاقةّ حيث يتم فيها إعادة تعبئة محزون الطاقةّ.

إن التطبيقات الحديثة في مجالات أجهزة الاستشعار اللاسلكية تتطلّب من جهة أجهزة ذات عمر افتراضي كبير، ومن جهة أخرى تحتوي هذه الأجهزة عادة على مصدر محدود للطاقة، كما حتى هناك عدة عوامل تؤثر في استهلاكها للطاقة، فمثلاً تتأثر الطاقة بالعوامل الآتية:

- عدد المدخلات المُستَقبَلة
- عدد الخدمات المؤداة (Processing)
- مدة الإرسال والاستقبال
- الظروف البيئيّة المحيطة كدرجة الحرارة
- دقة القراءات المطلوبة
- موجات الراديوالمستخدمة.

الطاقة:

يتم تزويد جميع جهاز استشعار –عادة- ببطاريتين من نوع AA قابلتين لإعادة الشحن، ولكن مع استخدام مئات الآلاف من هذه الأجهزة في حقل المراقبة فإن إعادة شحن البطاريات تعتبر وسيلة غير عملية، ولذا يتوجب البحث عن استراتيجيّات جديدة لترشيد الطاقة، كما في عملية دمج رقائق البرمجة المنطقية (مصفوفة البوابات المنطقية القابلة للبرمجة) بجهاز استشعار (ATMEL)، وكما يمكن أيضاً الاستفادة من وسائل الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية أوالمتولدة عن طريق الاهتزاز، والتي تعد من الوسائل الهامة التي يمكن بواسطتها التغلب على معضلة الطاقة.

حجم الذاكرة:

إن أجهزة الاستشعار تحتوي على وحدات ذاكرة ذوات حجم صغير، مما يؤدي إلى قصر الفترة الزمنيّة المطلوبة لتخزين البيانات قبل تحليلها أوارسالها إلى الأجهزة المجاورة، ولقد عثر حتى الأنواع القديمة من أجهزة الاستشعار تستخدم تقنيات ذاكرة (حاسوب)المتطايرة بنوعيها SRAM وSDRAM، بينما تحتوي أجهزة الاستشعار الجديدة على هذين النوعين من الذاكرة معاً ولكنهما مدمجان مع رقاقة الجهاز نفسه بالإضافة إلى استخدام ذاكرة ومضية خارجيّة، عملى سبيل المثال جهاز الاستشعار Imote2 يحتوي على ذاكرة مدمجة تبلغ سعتها 256 كيلوبايت و32 ميجابايت من نوع SRAM و32 ميجابايت من نوع SDRAM بالإضافة إلى 32 ميجابايت من الذاكرة الومضية، وعلى الرغم من حتى تكنولوجيا الذاكرة الومضية تتطلّب حيزاً أكبر من رقاقة الجهاز مقارنةً بوحدات ذاكرة (حاسوب) من نوع SRAM أوSDRAM، إلا أنها الأكثر كفاءة في ترشيد الطّاقة، ولكنها أقل كفاءة في حالة التكرار الكثير للكتابة.

القدرة على معالجة البيانات

يلعب المعالج في جهاز الاستشعار دورًا مهماً في تحليل ومعالجة البيانات المرصودة من قبل الجهاز نفسه أوالمستقبلة من قبل أجهزة أخرى، وبعد الانتهاء من عملية تحليل هذه البيانات ترسل في رسالة –قد تكون مشفرة- إلى الأجهزة المجاورة، وهذا يتطلّب التّحكّم في موجات الرّاديووالتعامل مع شيفرة الرسالة وتخزينها، بالإضافة لذلك قد يقوم المعالج بوظيفة أخرى ألا وهي تجميع البيانات، وهذا التجميع –عادة-قد يكون مسوؤليّة جهاز استشعار معين يقوم بالدمج بين البيانات المحلية والمستقبلة، بعض هذه البيانات

المجمعة قد يرْفَض والبعض الآخر قد يرسل إلى الأجهزة المجاورة، وإحدى هذه الأجهزة الحديثة ذات المعالجات العالية الكفاءة جهاز يسمى Imote2 السابق ذكره، ويستخدم في هذا الجهاز معالج من نوع PXA271 Intel Xscale، كما يدعم الترددات المنخفضة -13 ميغاهرتز- ويمكنه العمل في النمط المنخفض لاستهلاك الطاقة -8.5 فولت-، وهوما يتناسب مع التطبيقات المعقدة مثل المراقبة باستخدام الكاميرات الرقمية.

الإتصال:

يعد الراديومن أهمّ مكونات جهاز الاستشعار، وهوأيضًا أكثر الوحدات استهلاكاً للطاقة، ويقدِّر حتى 97 % من الطّاقة المستهلكة متعلّقة بالارسال والاستقبال إمّا بالاستخدام المباشر لوحدة وإما نتيجة انتظار المعالج لوحدة الرّاديومن الانتهاء من الإرسال أوالاستقبال، ولقد لوحظ حتى تكنولوجيا الراديوالحاليّة تعمل على أساس إرسال بيانات على موجات قصيرة، وهذا يتضمّن تكنولوجيا قياسية مثل بلوتوث وZigBee وUWB، على سبيل المثال تكنولوجيا ZigBee تسمح باتصال 254 جهاز استشعار في آن واحد بتردد 2.4 ميغا هرتز، وقد تستخدم تكنولوجيا أخرى غير قياسية لنّقل البيانات المتنوعة وهذا قد يحد من قدرة شبكات أجهزة الاستشعار.

الفصل الثالث

عناصر الدائرة

الفصل الثالث

عناصر الدائرة

أ) لوحة Node Mcu:

هي عبارة عن لوحة مفتوحة المصدر قابلة للبرمجة وتوفر خاصية انترنت الاشياء (واالتي تسمح بربط االاشياء مع بعضها internet of things) واالتفاهم فيما بينها من خلال شبكة الانترنت.

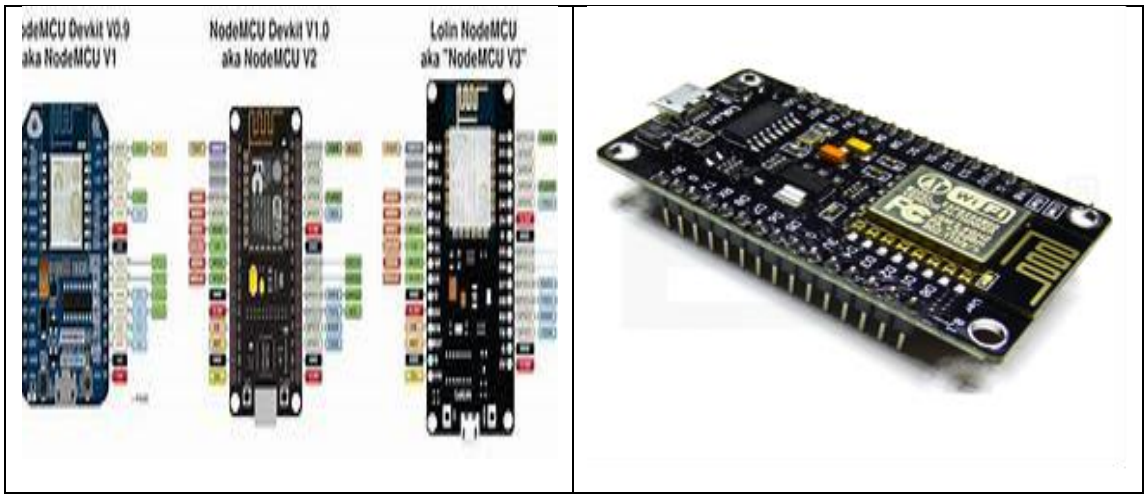
ويقصد بعبارة الاشياء انها جميع الاجهزة الذكية مثل: االتلفاز، الجوال، الساعات، النظارات، اجهزة الانذار . والمرااقبة... وغيرها، من الاجهزة التي يمكن ربطها مع بعضها البعض عبر شبكة االانترنت.

وتحتوي هذه االلوحة على شريحة ESP2866-12 وتعتبر هذه االلوحة جديدة نوعا ما وخاصة في عالمنا االعربي. حيث كان أول ظهور لها في عام 2014 .

【الميزة】 يتمتع ESP8266 بقدرات قوية للمعالجة والتخزين على اللوحة تسمح بدمجها مع المستشعرات وغيرها من الأجهزة الخاصة بالاستخدام من خلال GPIOs مع الحد الأدنى من التطوير من الأمام وبحد أدنى من التحميل أثناء وقت التشغيل. درجة عالية من الدمج على الشريحة تسمح بالحد الأدنى من الدوائر الخارجية، والحلول الكامل، بما في ذلك الجزء الأمامي للقاعدة مصممة لتشغل الحد الأدنى من مساحة PCB.

وحدة ESP8266 Wifi قوية】 1998) Nodemcu] تم ترقيتها إلى رقاقة CH340؛ تعمل على تطوير جهازك بأسرع طريقة مجتمعة مع البرنامج الثابت NodeMcu؛ إنها وحدة IOT مع جميع الموارد المتاحة على اللوحة، وتدعم الرابط الذكي والشبكة الذكية.

【ملائم】 متوافقة مع Arduino ، متوفر تركيب NodeMcu 3.0, NodeMcu2.0, NodeMCU 1.0 في Arduino IDE. يمكن استخدام لوحة تطوير نودمكو ESP8266 لمراقبة درجة الحرارة والرطوبة الصغيرة في مشروع إعادة الانتاج المنزلي وتعمل بشكل جيد مع منصة تطوير اردوينو.



شكل NodeMcu وبنيتها

ب) المفاتيح:

تحتوي اللوحة على مفتاحين من النوع الضغاط (button push).

* **المفتاح الاول (button flash):** يستخدم عند تثبيت نظام NodeMCU

* **المفتاح الثاني (button user):** يستخدم عند رفع برنامج (شيفرة برمجية) جديد على NodeMCU

ملاحظة:

إذا أردت استخدام أحد هذان المفتاحين، يجب الضغط عليه قبل أن تمد اللوحة بالطاقة.

ج) الطاقة:

شرائح ESP8266 تعمل على جهد 3.3 فولت. وكذلك قيمة الخرج (output) في شرائح ESP8266 هي 3.3 فولت. ولكن لوحة NodeMCU الاصدار الاول يمكن تشغيلها على جهد 3.3 أو 5 فولت والسبب أنها مزودة بمنظم للجهد (regulator) لتخفيض الجهد من 5 الى
.فولت 3.3 .

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

النتائج التجريبية :

بسبب ضيق المساحة والمرحلة المبكرة من عملنا , فان نتائجنا التجريبية ضعيفة جدا من وجهة نظر مقارنة بالخوارميات المقترحة لدينا مع العمل ذات الصلة والتي لها اهداف مماثلة لاهدافنا نحن

جدول يلخص الخوارزميات المختلفة ذات الصلة باهداف البحث:

Algorithm Name	First Node Dies	Last Node Dies	% of System Lifetime with 100% Utility
Direct[4 [	56	122	%45.90
Leach[4 [	690	1077	%64.07
Pegasis[4 [	1346	3076	%43.76
Direct[3 [	217	468	%46.37
MTE[3 [	15	843	%1.78
Static Clustering[3 [	106	240	%44.17
Leach[3 [	1848	2608	%70.86
Diffusion	3425	4323	%79.23

يحاول الجدول التقاط مقارنة عامة بين خوارزمية **MOVE AVERAGE** وخوارزميات 4 [] **Direct** [4], **Pegasis** [4], **Leach** [3], **Static Clustering** [3], **MTE** [3], **Direct** [3] و**Diffusion** .

توضح المقارنة من الجدول الرقم بوضوح من التكرارت التي عاشها النظام مع بقاء جميع العقد علي قيد الحياة ومع موت جميع العقد .

نلاحظ ان النظام عاش ما يقرب من 80% من عمره مع فائدة 100%

عدد الخوارزميات التكرارات التي استغرقتها كل خوارزمية قبل لاينبغي مقارنة موت العقدة الاولي والاخيرة بين خوارزميات مختلفة لان لكل افتراضات خاصة حول خصائص العقدة (تبديد طاقة الارسال /الاستقبال /التضخيم) والتالي مجموعة واسعة من عمر النظام ويجب ان تكون النسبة المئوية من الوقت لكل خوارزمية

سمح للشبكة بالعمل بنسبة 100%

تستنفذ الشبكة امدادات الطاقة بنفس المعدل والخوارزميات لديها ايضا القليل من النفقات العامة من حيث المصطلحات من مزامنة الاتصالات

اما خوارزمية الموف افريج **move average** تقوم بحساب المتوسط الحسابي اي جمع متوسط القراءات لكل حساس .

تعتمد هذه الخوارزمية علي تقليل الارسال المتكرر للبيانات تقرا كل قيمة (قيمتين .3قيم . 4قيم .....100قيمة واكثر) وتحتفظ بها وبعد كل فترة زمنية محددة (2ساعة , 4ساعات .....) تحسب المتوسط وترسله الي جهة الاستقبال (في هذا البحث لدينا وحدتين Node Mcu احداهما لارسال البيانات والاخري للاستقبال)

الخوارزمية التي يعمل بها ال Move average البسيط بكل بساطة :

POWER SMA =(P1+P2+P3+…….Pn)/N

حيث P تساوي المتوسط للقدرة في كل فترة معطاة

وN هو عدد الفترات الزمنية المعطاة

مثال يوضح القيم خلال 50 يوم حيث نستخدم الاطار الزمني لكل اربع ساعات اي ان كل شمعة علي المخطط تمثل اربع ساعات ، يقوم المتوسط المتحرك بجمع متوسط القيم لكل شمعة ثم يقوم بتقسيم القيم علي عدد الشموع

الشكل يوضح متوسط القراءات لكل 50 يوم

من الشكل المتوسطات المتحركة لديها اشارات مهمة من تلقاء نفسها او عندما يتقاطع المتوسطات حيث يشي المتوسط المتحرك الصاعد الي ان القيم في اتجاه صعودي ويشير المتوسط المتحرك الهابط الي ان القيم في اتجاه هبوطي

ويتم تاكيد احتمال الصعود الذي يحدث عندما يتقاطع المتوسط المتحرك علي المدي القصير مع المتحرك المتوسط علي المدي الطويل من الاسفل ويتم ايضا تاكيد اختمال الهبوط والذي يحدث عندما يقطع المتوسط المتحرك علي المدي القصيرالمتوسط المتحرك علي المدي الطويل من الاعلي

نلاحظ من الشكل انه عندما يقطع المتوسط التحرك الاحمر (قصير المدي) مع المتوسط المتحرك الاسود (طويل المدي)

يعتمد المتوسط المتحرك علي الهدف واهمية القيم

حساب الطاقة:

يتم حساب الطاقة في جهة الارسال فقط علي شاشة LCD 2*16 حسب القانون :

$P = VI$

بما ان الجهد في البطاريات ثابت فان بسهولة يمكن حساب التيار الانه صغير جدا

بما اننا قللنا الارسال فان الطاقة في البطارية شبه ثابتة لان الارسال يكون حسب الفترة الزمنية المحددة .

$P = 3.3I$

POWER SMA =(P1+P2+P3+…….Pn)/N

الاستنتاجات:

- يتم بناء شبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) من العقد والتي قد تصل إلى بضع مئات أو عدة آلاف من العقد. وان عقد الاستشعار اللاسلكية تعتمد على الاستشعار عن بعد .
- أن عقد الاستشعار تعمل بالطاقة المخزونة عن طريق البطاريات والتي يصل عمرها لمدة ثلاث سنوات .
- يوجد عدد كبير من طبولوجيا الاتصالات ولكن الشكل المثالي الذي يمكن استخدامه مع شبكة الحساس اللاسلكية (WSN) يتبع البيئة التي تم العمل عليها فهي أذا كانت جبلية فقد لا تنفعها شبكة Mesh ، وهكذا حسب نوع البيئة تتحدد نوع الطبولوجيا المستخدمة مع (WSN).
- في الوقت الحاضر تم استحداث العديد من المعايير والتي تمت المصادقة عليها من قبل عدد من هيئات التقييس وذلك لتطوير شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSN) وهذه المعايير هي : IEEE802.11 و ومعيار كل أن حيث ، IEEE 1451 و ZigBee و IEEE 802.15.4 (و IEEE802.15)
- لقد استطاعت شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSN) من التأثير على أهم مجالات الحياة وذلك من خلال دخولها في هذا المجالات حيث دخلت المجال العسكري والصحي والبيئي والمنزلي مما أدى إلى تسهيل العمل فيها وتقديم أفضل الأداء لها .
- يمكن من خلال ما قدمنا أن نقترح أن تكون شبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) هي الحل الأمثل للحماية بسبب خاصيتها للاستشعار عن بعد ، لذا اقترح أن يتم استخدام هذه التقنية الحديثة والرائعة في حماية الحدود من جميع محاولات التهريب والتهديدات التي تستهدف امن البلاد

التطورات المستقبلية:

لقد تم نشر أنواع عديدة من شبكات الاستشعار اللاسلكية في عام واحد أن. التطورالهائل في هذا التقنية أدى إلى المطالبة بتصميم ونشر بطاريات ذات كفاءة أفضل . حيث يتم تنفيذ العمل في المستقبل على الأنظمة التي تستغل المواد الكهروضغطية وذلك لحصاد الطاقة المحيطة وتخزين الطاقة في المكثفات، أو تصميم البطاريات القابلة لإعادة الشحن وذلك من خلال الجمع بين الطاقة الذكية والالكترونيات المتطورة مع توفير رقائق كيمائية للبطارية والتي تسمح بدورات تغذية لانهائى ويمكن لهذه النظم من أن توفرعلى المدى الطويل صيانة مجانية للشبكات اللاسلكية

الخاتمـــــة

في هذا البحث تناولنا موجز عن بعض الأبحاث الحالية في تقليل استهلاك الطاقة شبكات الإستشعار، وشرحنا خصائص ومكونات شبكة الإستشعار ، بالإضافة الى ذلك شرحنا بعض التحديات التي تواجه الشبكات الحالية والتي تحد من إنتشارها، هذه التحديات اشتملت على الأوجه المختلفة للشبكة من حيث إنتشار الأجهزة في مواقع المراقبة وتوجيه المعلومات وغيرهما، وتعرضنا للخوارزميات عموما وتناولنا خوارزمية المتوسط المتحرك بشكل اساسي علاوة على ذلك تم تصنيف تطبيقات الشبكة وبعض المسائل التي ماتزال تحتاج إلى المزيد من البحث.

المراجع

المراجع:

[18] E. A. Lee, “Cyber physical systems: Design challenges,” in International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), May 2008, invited Paper.

[19] E. A. Lee, “Cyber-physical systems - are computing foundations adequate?” in Position Paper for NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, October 2006.

[5] J. Lundquist, D. Cayan, and M. Dettinger., Meteorology and Hydrology in Yosemite National Park: A Sensor Network Application., Information Processing in Sensor Networks (IPSN), April 2003

[4] Geoff Werner-Allen, Konrad Lorincz, Jeff Johnson, Jonathan Lees, Matt Welsh, Fidelity and Yield in a Volcano Monitoring Sensor Network, 7th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2006), November, 2006.

[2] N.F. Timmons, W.G. Scanlon, “Analysis of the performance of IEEE 802.15.4 for medical sensor body area networking”, IEEE SECON 2004, October 2004

[3] D. Malan, T. F. Jones, M. Welsh, S. Moulton, “CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care”, MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004), June, 2004

MICA2 MICA2data sheet http://www.xbow.com

TelosB TelosB data sheet http://www.xbow.com

[1] R. Ramadan , M. Houri , A. Al-Nawisa , W. Jafala , Fahim W. , Aziz A., Mahjoub D. , and El-rewini H., “Introduction to sensor Networks, ” Journal of Computer Science and Engineering, in Arabic , Vol. 1, No. 1, April 2007m

[7] G. Mulligan, “The 6lowpan architecture,” in EmNets ’07: Proceedings of the 4th workshop on Embedded networked bsensors. New York, NY, USA: ACM, 2007.

Conet Roadmap, http://www.cooperating-objects.eu/, 2009 CON09

[9] McKelvin, M. L., Williams, M. L., and Berry, N. M. 2005. Integrated radio frequency identification and wireless sensor network architecture for automated inventory management and tracking applications. In Proceedings of the 2005 Conference on Diversity in Computing (Albuquerque, New Mexico, USA, October 19 - 22, 2005.

[10] Low, K.S.; Win, W.N.N.; Er, M.J.; “Wireless Sensor Networks for Industrial Environments”, International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, Volume 2, 28-30 Nov. 2005.

[11] J. Butler, “Robotics and Microelectronics: Mobile Robots as Gateways into Wireless Sensor Networks,” Technology@Intel Magazine, Intel Corporation, May 2003.

[12] Batalin, M.A.; Sukhatme, G.S.; Hattig, M.; “Mobile robot navigation using a sensor network”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Volume 1, Page(s):636 - 641 Vol.1, 2004

[13] أنيس قوبعة، " نحو استخدام شبكات الحسّاسات اللاسلكية كتقنية لجمع المعلومات

في تطبيقات الحج والعمرة"، مجلة دراسات المعلومات، الإصدار السابع يناير 2010

.

[14] Reza Olfati-Saber and Nils F. Sandell, “Distributed Tracking in Sensor Networks with Limited Sensing Range”, American Control Conference Westin Seattle Hotel, Seattle, Washington, USA, June 11-13, 2008

[3] D. Malan, T. F. Jones, M. Welsh, S. Moulton, “CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care”, MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004), June, 2004.

[15] Rahman, M.A.; Alhamid, M.F.; Gueaieb, W.; El Saddik, A.; “An ambient intelligent body sensor network for e-Health applications”, IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications, 2009.

[16] Rozeha A. Rashid, Sharifah Hafizah Syed Arifin, Mohd Rozaini Abd Rahim, Mohd Adib, Sarijari, Nur Hija Mahalin Home healthcare via Wireless Biomedical Sensor Network, PROCEEDINGS of IEEE INTERNATIONAL RF AND MICROWAVE CONFERENCE, Kuala Lumpur, MALAYSIA, December 2-4, 2008.

[17] P. Mistry, P. Maes. “SixthSense – A Wearable Gestural Interface”, in SIGGRAPH Asia 2009, Sketch. Yokohama, Japan. 2009

http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/