جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الشبكات المتحسسة اللاسلكية

الحاسوب وتقنية المعلومات/أجهزة الهاتف والحاسوب المحمول

الثالث

تأليف

د. محمد صبري سالم ايمان محمود أحمد شذى صبحي محمد

فاتن حميد وادي محمد عامر محمود

الطبعة الخامسة

1445هـ/ 2023م

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

مقدمة الكتاب

مع تزايد تقنية الشبكات وإدراك اهميتها ازداد العمل في تطوير الشبكات المتحسسة اللاسلكية وهي تقنية حديثة تستعمل في كثير من المجالات نظراً للدقة في عملية إرسال ومعالجة واستلام البيانات.

وبضمن خطة المديرية العامة للتعليم المهني بإحداث نقلة نوعية في التعليم المهني ولمواكبة التطورات الحاصلة في العلوم والتكنلوجيا وسد حاجة سوق العمل في بعض التخصصات وذلك باستحداث فروع وأقسام علمية جديدة مثل فرع الحاسوب وتقنية المعلومات بجميع تخصصاته.

ويهدف هذا الكتاب الى تزويد الطالب بالمعارف اللازمة بمبادئ الشبكات المتحسسة اللاسلكية ومكوناتها ومعمارية الشبكة وانظمة التشغيل الخاصة بها ويتألف الكتاب من ستة فصول، ويتناول الفصل الأول: نبذة تعريفية بالشبكات المتحسسة اللاسلكية وتطبيقاتها ويتناول الفصل الثاني: مكونات اجهزة التحسس ويتناول الفصل الثالث: معمارية الشبكات المتحسسة وتصنيفاتها ويتناول الفصل الرابع: انظمة التشغيل التي تعمل عليها الشبكات اما الفصل الخامس فيتناول امنية هذه النوعية من الشبكات ويتناول الفصل السادس الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

وفي الختام نرجو أن نكون قد وفقنا في عرض محتويات هذا الكتاب بالأسلوب السهل والمبسط، كما ونتقدم بالشكر والامتنان إلى الخبير اللغوي والخبيرين العلميين لجهودهم المبذولة في إجراء التقييم اللغوي والعلمي لفصول هذا الكتاب والى جميع من ساهم في إنجاز هذا الكتاب ومن الله التوفيق.

المؤلفون

المحتويات	رقم الصفحة
المقدمة	3
الفصل الأول: مبادئ الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	6
1-1تمهيد.	7
2-1 تعريف التحسس عن بعد.	9
3-1 خصائص الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	10
4-1 فوائد الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	11
5-1 تطبيقات شبكة المتحسسات اللاسلكية.	12
أسئلة الفصل الأول.	18
الفصل الثاني: إنموذج الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	19
1-2 مبدأ عمل اجهزة التحسس.	20
2-2 مكونات جهاز التحسس.	20
3-2 وحدة التحسس.	21
4-2 وحدة تخزين البيانات.	24
5-2 وحدة الإرسال والاستقبال.	24
6-2 وحدة معالجة البيانات.	25
7-2 وحدة الطاقة.	25
8-2 وحدة تحديد الموقع والتنقل.	26
أسئلة الفصل الثاني.	31
الفصل الثالث: معمارية الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	33
1-3 تصنيف الشبكات المتحسسة.	34
2-3 أنوع تقنيات الاتصال لوحدات التحسس في شبكة الاستشعار اللاسلكية.	40
3-3 المواصفات والمعايير للتقنيات المستعملة في شبكات الاستشعار اللاسلكية.	45
4-3 اسلوب عمل عناصر الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	53
5-3 معالجة المعلومات في وحدة التحسس.	58
أسئلة الفصل الثالث.	59
الفصل الرابع: أنظمة تشغيل الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	61
1-4 تمهيد.	62
2-4 نبذة تعريفية عن انظمة التشغيل.	62
3-4 امثلة على أنظمة التشغيل في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	67
أسئلة الفصل الرابع.	70
الفصل الخامس: أمن الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	71
1-5 مبادئ أمن الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	72
2-5 السرية، والتحقق من الهوية، والكمال، والتوفر، ومكافحة الإنكار.	73
3-5 أنواع التهديدات لشبكات التحسس.	78
4-5 تشفير البيانات والمعلومات.	80
5-5 إدارة المفاتيح.	81
6-5 المعايير القياسية في شبكات الاستشعار اللاسلكية .	82

أسئلة الفصل الخامس.	85
الفصل السادس: الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	87
1-6 خصائص وحدة توليد الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.	88
2-6 العوامل المؤثرة في إستهلاك الطاقة.	89
3-6 أساليب إدارة الطاقة في الشبكات المتحسسة.	96
4-6 التحديات.	99
أسئلة الفصل السادس.	101
جدول المصطلحات.	103

الفصل الأول

مبادئ الشبكات المتحسسة اللاسلكية

Principles of Wireless Sensor Network

أهداف الفصل الأول:

معرفة الطالب ماهي الشبكات المتحسسة وخصائصها و فوائدها وتطبيقاتها في المجالات العسكرية، والتطبيقات المدنية، وعمليات الإغاثة والطوارئ، والمجالات الطبية والزراعية والصناعية والتجارية.

محتويات الفصل الأول:

1-1 تمهيد.

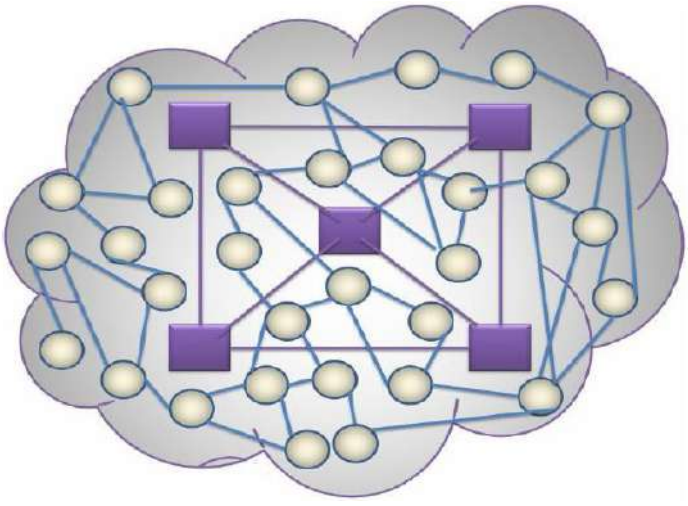
2-1 تعريف التحسس عن بعد.

3-1 خصائص الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

4-1 فوائد الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

5-1 تطبيقات شبكة المتحسسات اللاسلكية:

- التطبيقات العسكرية.
- التطبيقات المدنية.
- عمليات الاغاثة والطوارئ.
- المجالات الطبية والزراعية والصناعية والتجارية.



الفصل الأول

مبادئ الشبكات المتحسسة اللاسلكية

1-1 تمهيد

أصبحت تكنولوجيا المعلومات في خلال أقل من عقد واحد جزءاً رئيساً في حياتنا، فقد أثرت قدرة الحواسيب المتقدمة في أداء العمليات المعقدة بالإضافة إلى التقدم في كل من شبكات الحواسيب والأنظمة المدمجة في جوانب عديدة من حياة البشرية.

ويمكن وصف شبكة المتحسسات بانها شبكة تتألف من عدد كبير من العقد المتحسسة إذ تنتشر هذه العقد بشكل مكثف في داخل المنطقة المراد تحسسها أو الإقتراب منها، ويتم ربط هذه العقد المتحسسة بعناصر الحاسبات عامة الغرض (PC) وتنتشر بأعداد كبيرة تصل الى مئات او آلاف من هذه العقد وتتميز بتكلفة أقل وبصغر حجمها وتحتاج الى طاقة أقل.

-عزيزي الطالب- يجب التنويه الى وجود نوعين من الشبكات المتحسسة الخاصة، وهي الشبكات السلكية (Wire) وهذا النوع من الشبكات قل استخدامه حالياً، والنوع الثاني: الشبكات اللاسلكية (Wireless) والذي يتم إستخدامه حالياً، إذ توفر الاسلاك خيارات فعالة لتبادل البيانات والموارد عبر الشبكات، ولكن الأسلاك تعد وسط إرسال لا يخلو من العيوب، والتي أهمها:

1. اكبر عيب في هذه الشبكات فهو يحد من التنقل لا توفر اتصالا للمستخدمين كثيري التنقل.
2. عدم مرونتها لأنها إذا وضعت في مكان لاستعمالها يصبح من الصعب نوعاً ما إعادة تركيبها في مكان آخر من دون بذل جهد ومضايقة للمستخدمين.
3. يمكن للأسلاك أن تنفصل أو تتعطل أو تتحطم بسهولة مما يؤدي إلى فشل الاتصال
4. كثرة التكلفة في حال استخدامها للمباني الكبيرة

لذلك -عزيزي الطالب- سنركز في الفصول التالية على التقنية الثانية من الشبكات وهي الشبكات المتحسسة اللاسلكية WSN (Wireless Sensors Network).

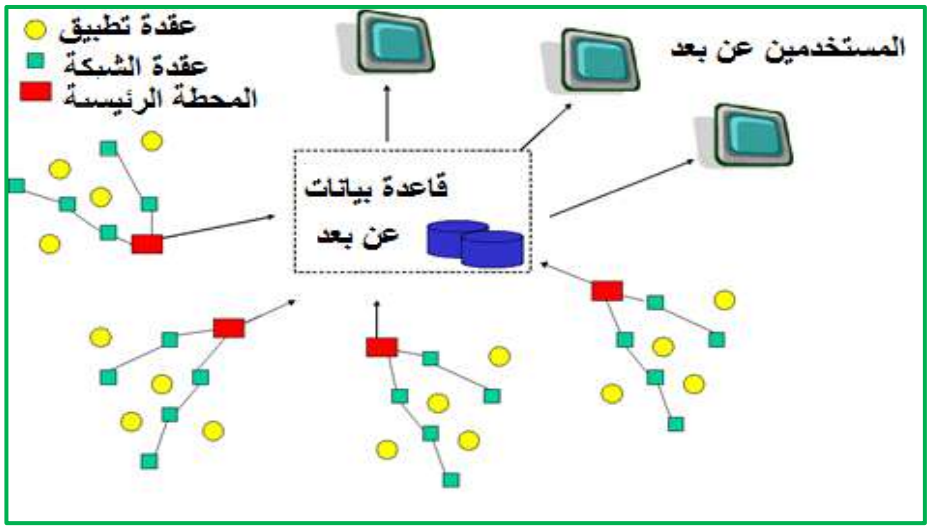
تشكل شبكة الاستشعار اللاسلكية WSN ثورة علمية في مجال الاتصالات اللاسلكية والنظم المدمجة والمنتشرة نتيجة التطور السريع الذي تشهده الأنظمة المدمجة (والنظام المدمج يحتوي على معالج دقيق يقوم بتشغيل برنامج أو برامج محددة لا يمكن تعديلها بوساطة المستخدم العادي) بخاصة من حيث تزايد صغر حجمها ودمج أعداد مضاعفة من الترانزستورات في الدوائر المتكاملة وهو ما يدعم قانون "مور" القائل بأن عدد الترانزستورات التي تحتويها كل شريحة من مادة السيليكون يتضاعف بآلاف المرات كل سنتين تقريبا، فقد ادى هذا التطور الى تصنيع أجهزة مدمجة صغيرة الحجم ذات قدرات إتصال لاسلكية تتفاعل مباشرة مع البيئة المحيطة بها من خلال متحسسات تقوم بإستشعار الأحداث الفيزيائية مثل الحرارة والرطوبة والإضاءة والضغط، وتعرف هذه الأجهزة باسم المتحسسات اللاسلكية والتي تكَون فيما بينها شبكة من المتحسسات اللاسلكية تتعاون فيما بينها لإيصال البيانات المتحسسة لاسلكياً الى محطة المراقبة والتي تقوم بتجميع البيانات الفيزيائية للتحليل وأتخاذ التدابير اللازمة.

وقد تم جذب العديد من الباحثين والشركات لتطوير شبكات المتحسسات اللاسلكية WSN إذ تكونت قناعة بأن هذا النوع من الشبكات سيصبح إحدى التقنيات السائدة في السنوات القليلة المقبلة، فعلى سبيل المثال تنفق الشركات ملايين من الاموال لتصميم أجهزة استشعار ذكية مشابهة لذرات الغبار، ومن المتوقع أن تحول هذه

الأجهزة العالم المادي إلى نظيره الرقمي بوساطة تجميع المعلومات المتعلقة بالبيئة التي ستنشر فيها هذه الأجهزة.

تعاني أجهزة المتحسسات المار ذكرها من التكلفة المرتفعة والحجم الكبير، وهذا ما دفع العلماء الى البحث في امكانية بناء وتطوير أجهزة إستشعار أصغر حجماً وأقل كلفة، وقد تم تصميم العديد من النماذج التجريبية التي يتضح منها مدى جدوى نشر عدد كبير من أجهزة المتحسسات على رقعة محدودة المساحة، إذ تتعاون في تكوين شبكة اتصال لاسلكية تهدف إلى مراقبة ورصد الظواهر الخاضعة للدراسة، وينشر هذا النوع من الأجهزة طبقاً لآلية محددة المعالم او بصورة عشوائية، ففي النوع الأول يكون حقل الانتشار معروف المعالم، و يمكن تحديد أماكن انتشار الأجهزة الاستشعارية مسبقاً، أما في حالة الانتشار العشوائي فعادة ما يتم نشرها بوساطة مروحيات، وفي كلتا الحالتين فإن أجهزة الاستشعار المنتشرة في الحقل المراد دراسته تبث البيانات التي يتم رصدها إلى المحطة الرئيسة، وكما هو مبين في الشكل رقم (1–1) والتي بدورها تتيح للمستخدم التعامل مع البيانات التي تخزن في قاعدة البيانات عن بعد.

وحتى تكون الشبكات اللاسلكية قادرة على الأداء بفاعلية فإن هنالك العديد من التحديات التي تواجه تطور الشبكات اللاسلكية، ومنها أن هذه الأجهزة تعاني من محدودية الطاقة، وصغر الذاكرة، والقدرة المحددة على الانتشار والتوجيه ودمج البيانات، ومعالجة المعلومات بالإضافة إلى درجة الموثوقية.

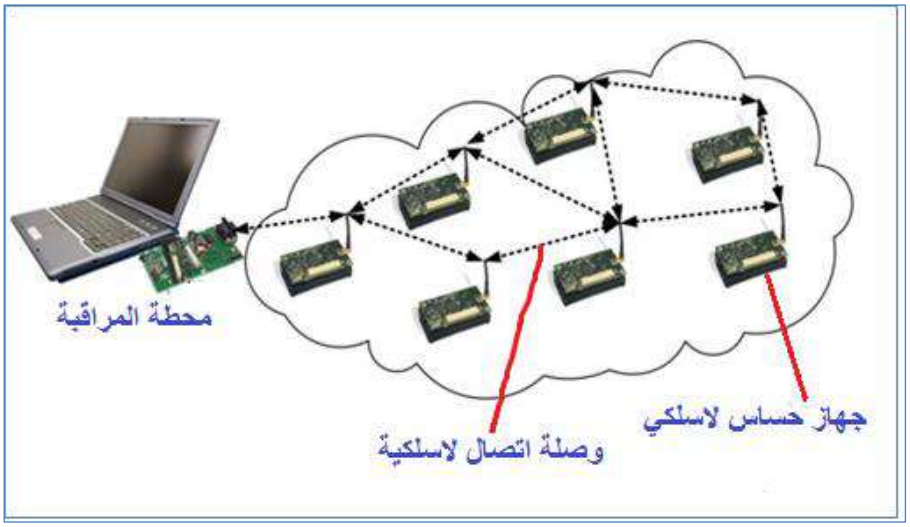


الشكل 1-1 نموذج لشبكة المتحسسات اللاسلكية

وتكمن آلية عمل شبكات المتحسسات اللاسلكية WSN في إن الأجهزة المدمجة الصغيرة الحجم ذات قدرات إتصال لاسلكية تتفاعل مباشرة مع البيئة المحيطة بها من خلال جهاز الاستشعار التي تقوم بتحسس العوامل الفيزيائية مثل- الحرارة، والضغط، والضوء، والصوت- وغير ذلك من خلال أجهزة لاسلكية صغيرة الحجم، إذ تحتوي هذه الأجهزة على المستشعر الذي يقوم بالتقاط وجمع المعلومات المتحَسّسة في البيئة المراقَبَة، ومن ثم تقوم بإرسالها لاسلكياً من جهاز الى آخر بالتعاون فيما بينها الى محطة مراقبة، التي تكون غالباً جهاز حاسوب يقوم بتجميع المعلومات من أجهزة الحسّاسات اللاسلكية المتناثرة ومعالجتها وتحليلها، وكما في الشكل (1-2)، ومما تقدم يتبين لنا ان شبكات الاستشعار اللاسلكية WSN تشكل خياراً للتواصل بين مكونات الشبكة في الآونة الأخيرة للأسباب المذكورة آنفاً والتي يمكن تلخيصها بالآتي:

1. التطورات المتلاحقة في التقنيات والمنتجات اللاسلكية.
2. الأنخفاض المتواصل بالأسعار، نظراً للتنافس المتزايد بين المصنعين.

3. الطلب المتزايد على هذه الشبكات بسبب الحرية الكبيرة التي توفرها للمستخدمين في التنقل من دون ان يؤثر ذلك في عملهم.



الشكل 1-2 يوضح إنموذجاً عاماً لشبكات التحسس اللاسلكية WSN

2-1 تعريف التحسس عن بعد

هناك تعريفات متعددة لمصطلح التحسس عن بعد او الاستشعار عن بُعد، جميعها تشترك بمفهوم أساس، وهو جمع المعلومات والبيانات من مسافة (بعد). وفيما يأتي عرض لأهم اربعة من هذه التعريفات:

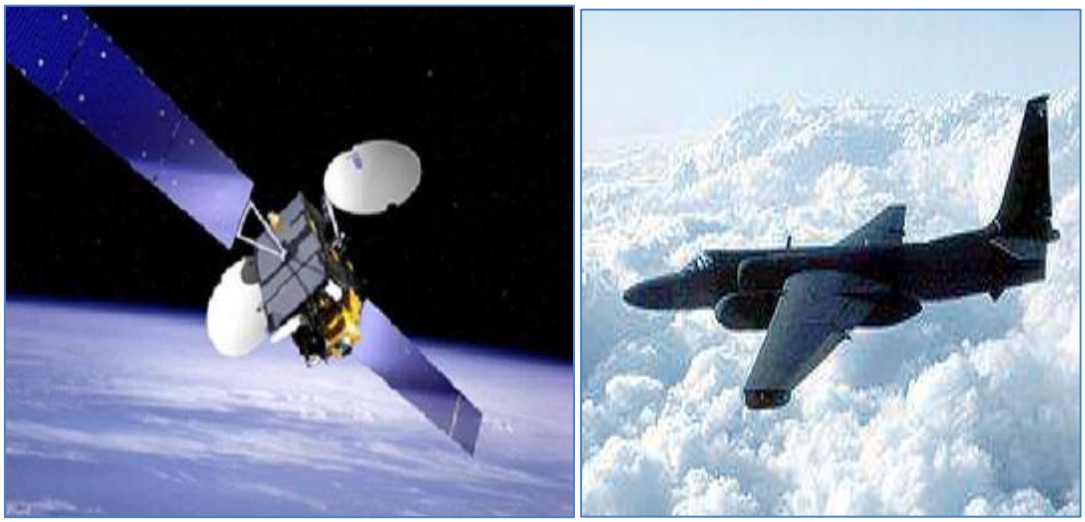
1. تعريف جيمس كامبل الذي يعرف علم التحسس عن بعد على أنه علم استخلاص المعلومات والبيانات عن سطح الأرض والمسطحات المائية باستخدام صورة ملتقطة من أعلى، بوساطة تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض.
2. مجموع العمليات التي تسمح بالحصول على معلومات عن شيء ما، من دون ان يكون هناك اتصال مباشر بينه وبين جهاز التقاط هذه المعلومات.
3. مجموعة الوسائل من طائرات، واقمار اصطناعية،وبالونات، واجهزة التقاط البيانات، ومحطات الاستقبال، ومجموعة البيانات المستقبلة التي تسمح بفهم المواد والظواهر عن طريق خواصها الطيفية.
4. هو علم يمكّن من الحصول على بيانات الانعكاس والسلوك الطيفي للأشياء التي يمكن ان تتحول الى معلومات من خلال عمليات المعالجة والإستقراء.

وتبنّى عدد غير قليل من العلماء بضرورة إستخدام الصور الجوية الرقمية والمرئية الفضائية، نظراً للبيانات التي تزودها لدراسة أشكال سطح الأرض، ودراسة المناخ. وقد ارتبط ذلك بالتطور التكنولوجي في تسجيل البيانات ونظم معالجتها، ووسائل النقل الجوي. وقد بدأت التطبيقات في أول الأمر بصورة محدودة، بالملاحظة البصرية فقط، وأصبحت المنصات الجوية ذات أهمية كبيرة، حينما اكتشفت معالجات الصور الضوئية، على أساس وجود مركبات كيميائية معينة ذات حساسية للضوء.

فعلم التحسس عن بعد يهتم بمعرفة ماهية الأجسام من دون تماس فيزيائي أو كيميائي مباشر مع هذه الأجسام ومن أهم وأكثر تطبيقاته في الوقت الحالي هو الصور الفضائية التي تلتقط بالأقمار الصناعية، والتصوير بالرادار أو الصور الجوية باستعمال الطائرات لاحظ الشكل (1-3).

إذ تعالج هذه الصور بإستعمال برامج معالجة خاصة لأهداف متعددة منها:

1. جيولوجية: الكشف عن النفط، والمياه، والمعادن، والفلزات، والفوالق، ومتابعة التشوهات الجيولوجية.
2. زراعية: وجود الأمراض عند النباتات، ومعرفة أنواع النباتات في منطقة معينة.
3. علم الجليد: متابعة حركة الكتل الجليدية وذوبانها.



الشكل 1-3 التصوير بالرادار أو الصور الجوية بإستعمال الطائرات

3-1 خصائص الشبكات المتحسسة اللاسلكية

بناءاً على الذي مر آنفا يمكن تشبيه الشبكات اللاسلكية بشبكات داينميكية تمتاز بالمرونة في تشكيلها والتعامل مع اجزائها من حيث الحجم والمهام المكلفة بها واعداد المتحسسات التي يمكن ان تربط بها وامكانية اتصالها مع بعضها الآخر بعدة اشكال على وفق بروتوكول معين. ويمكن تشبيه شبكات التحسس اللاسلكية بالهاتف المحمول، فالمستخدم يستطيع التنقل الى أي مكان يريده ويبقى مع ذلك متصلاً بشبكته ما دام يقع في المدى الذي تغطيه الشبكة، لذلك فإن هذا النوع من الشبكات يتميز بالخصائص الآتية:

1. استهلاك الطاقة: احدى اكبر التحديات التي تواجه الشبكات المتحسسة اللاسلكية هي موارد الطاقة التي يزداد استهلاكها في عملية الأرسال والاستقبال إذ يكون من الصعب تغيير أو إعادة شحن البطاريات عند نشرها في بيئة يصعب الوصول إليها.
2. التداخل والتشويش: تكون هذه الشبكات أكثر عرضة لإشارات التشويش والتداخل الموجودة في الجو ولذلك نجد أن كل عقدة تحسس مجهزة بمكونات مادية تسمى المرشحات، إذ يقوم المرشح بتمرير الاشارة المرغوب بها ويستبعد باقي الإشارات حفاظاً على دقة المعلومات المتضمنة في هذه الإشارة، ولأجل التغلب على بيئة يكثر فيها إشارات التشويش يجب زيادة استهلاك الطاقة.
3. السرية: من العيوب الشائعة للاتصالات اللاسلكية بشكل عام هو إمكانية استراق المعلومات المرسلة ضمن الشبكة وهذا ما تعانيه الشبكات المتحسسة اللاسلكية، إذ أقدم الباحثون في هذا المجال على تطوير تقنيات التشفير للبيانات والأوامر المرسلة أو المستقبلة بغية إضفاء السرية الكاملة لعملها.
4. المرونة: تمتاز الشبكات المتحسسة بمرونتها إذ يمكن زيادة كثافة نشر عقد التحسس في بيئة معينة وقابليتها على تغيير شكل تصميم الشبكة بصورة مستمرة بسبب فشل بعض العقد أو نفاذ الطاقة منها وبالإمكان إضافة عقد أخرى عند الحاجة.

5. الكلفة: استنادا إلى ما تقدم يمكن التنبؤ بكلفة تصميم الشبكات المتحسسة اللاسلكية حيث تمتاز هذه الشبكات بأنها عالية الكلفة نوعاً ما مقارنة مع الشبكات السلكية فمعظم مكوناتها يتم تصنيعها وفق تكنولوجيا عالية جداً لضمان تفردها بالخصائص التي أنشأت لأجلها ومع ذلك فأن كلف الشبكات اللاسلكية تشهد الانخفاض المتواصل بالأسعار نظراً للتنافس الشديد بين المصنعين.

4-1 فوائد الشبكات المتحسسة اللاسلكية

يمكننا حصر فوائد الشبكات المتحسسة اللاسلكية WSN من خلال قدرتها على أداء المهام كذلك على مجال إستعمالاتها حيث تستعمل في جميع المجالات وبخاصة العسكرية كما تعم فوائدها لتغطي مجالات اوسع مثل المجالات الزراعية والري والمجال الطبي والصناعي والتجاري وفي جميع المجالات الإجتماعية الاخرى ومن التطبيقات الحديثة لهذه المتحسسات هي استعمالها في اجهزة الهاتف المحمول عن طريق ربطها بالإنترنت إذ سيسمح بمشاركة واسعة للمعلومات التي تجمع بوساطة المتحسسات الذكية (Smart Sensors) مما يؤدي الى خلق شبكة او شبكات متعددة معلوماتية منتشرة في اماكن مختلفة من العالم وذات استعمالات وتطبيقات مختلفة حيث تهتم هذه الشبكات برصد الظواهر الفيزيائية (مثل: الحرارة، والضغط، والضوء ....الخ)، والطبيعية (مثل: البراكين، والاعصارات ...الخ)، والكيميائية (مثل: التفاعلات النووية، والمحاليل ومراقبة تأثيراتها...الخ) وقد فجرت هذه الشبكات ثورة علمية في مجال الاتصالات اللاسلكية والنظم المدمجة إذ فتحت المجال في ابتكار جيل جديد من التقنيات والتطبيقات المتنوعة منها رصد الاحوال الجوية وكذلك في المجال الامني، مثل: إكتشاف المتطفلين، وعمليات الاقتحام المحظورة، وحركة المرور، وكشف الحرائق، وفحص سلامة الأبنية، ويعزو هذا التطور السريع في إستخدامات الشبكات المتحسسة الى تطور تكنولوجيا تصنيع المتحسسات المختلفة والتي تشكل بدورها مع الشبكات اللاسلكية قفزة كبيرة في مجال المراقبة والكشف والقياس، ويمكن تلخيص فوائد الشبكات اللاسلكية الآتي:

1. توفير إتصالات مؤقتة لشبكات سلكية في حال فشل هذه الأسلاك بتوفير الإتصال المطلوب لأي سبب كان.
2. المساعدة في عمل نسخة إحتياطية من البيانات على شبكة سلكية الى جهاز متصل لاسلكياً.
3. توفير درجة من الحرية في التنقل لبعض المستخدمين في شبكة سلكية.
4. إمكانية الإنتشار لتغطية أي شكل للمكان أو البيئة المطلوب مراقبتها.
5. إمكانية عملها في المناطق التي يصعب العمل فيها لخطورتها أو صعوبة الوصول إليها (مناطق الكوارث الطبيعية وغيرها).

5-1 تطبيقات الشبكات المتحسسة اللاسلكية

تقنيات شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSN) اتاحت فرصا غير مسبوقة لمجموعة من التطبيقات في مجالات متنوعة مثل البيئة ورصد الأحوال الجوية، والمراقبة الصحية، وفحص سلامة الأبنية والمنشآت، والأمن (مثل اكتشاف المتطفلين) وعمليات اقتحام المناطق المحظورة، وحركة المرور وكشف الحرائق.

وفيما يأتي شرح التطبيقات الرئيسة للشبكات المتحسسة اللاسلكية:

أولا:- التطبيقات العسكرية:-

ان شبكات التحسس اللاسلكية يمكن ان تكون جزءاً لا يتجزأ من القيادة العسكرية والسيطرة والاتصالات والاستخبارات والمراقبة والاستطلاع وأنظمة الاستهداف، ومن اهم الخدمات التي تقدمها أجهزة التحسس في هذا المجال هي:-

1. رصد القوات والمعدات والذخيرة.
2. مراقبة ساحة المعركة.
3. الاستطلاع في القوات المعادية.
4. الاستهداف.
5. تقييم اضرار المعركة.
6. الكشف المبكر لهجمات العدو النووية والكيميائية.

ثانيا:- التطبيقات المدنية مثل:-

1. تتبع واكتشاف المركبات والسيارات.
2. اكتشاف ومراقبة سرقة السيارات.
3. ادارة ومراقبة حركة المرور من خلال وضع هذه الاجهزة على تقاطعات الشوارع الرئيسة للحد من المخالفات المرورية، وتسهيل حركة السير.

مثال (1):-

تطبيق استعمال اجهزة التحسس للتحذير المبكر للسائقين من الازدحام أو الحوادث في الطرق السريعة، لاحظ الشكل (1-4).

الشكل 1-4 تطبيق الشبكات المتحسسة لتحذير المبكر للسائقين في الطرق السريعة

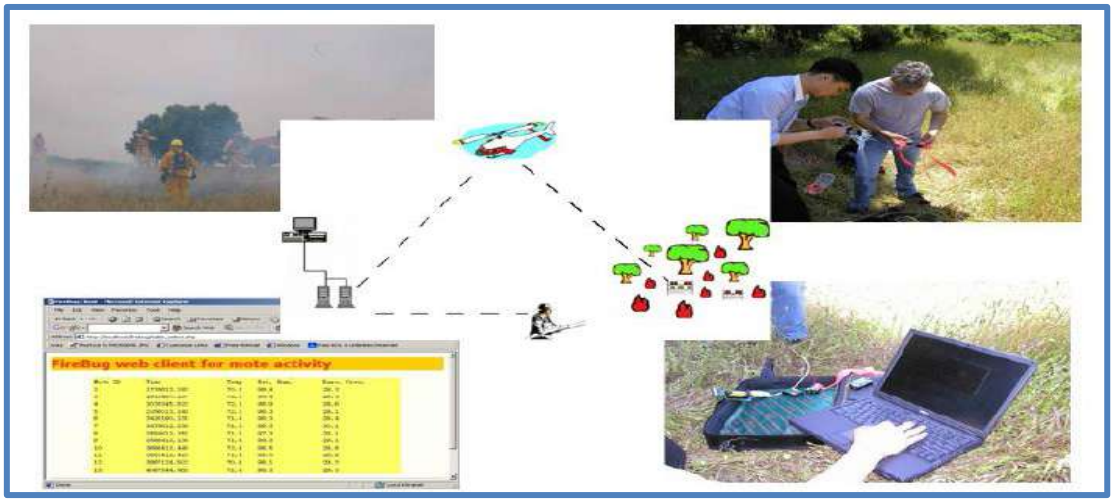
وبالإضافة الى ذلك يمكن استعمال المعلومات المرصودة من أجهزة المراقبة الاخرى لتوجيه السائقين لأفضل طريق بديل يمكن اتخاذه وكذلك لتحديد الأماكن الخالية في مرآب ما، ففي داخل السيارة توجد اداة تستقبل المعلومات بشكل دوري من أجهزة التحسس المنتشرة في المرآب وكذلك تتيح للسائقين فحص الاماكن المحجوزة لهم حتى قبل الوصول اليها.

ثالثاً:- عمليات الاغاثة والطوارئ:-

1. في مجال الجيولوجيا :يساعد الإستشعار عن بعد على:
   أ- عمل الخرائط الجيولوجية.
   ب- تحديد خطوط التصدعات المختلفة.
   جـ- البحث عن المصادر الطبيعية والمواد الخام.
   د- تحديد مواقع البراكين وتحديد تحرك الطبقات الأرضية في برنامج مراقبة البراكين المقترحة.
2. في مجال مكافحة الحرائق: وذلك بنشر أعداد كبيرة من أجهزة المتحسسات في فصل الصيف ضمن الغابات للتنبؤ بالحرائق وقت حدوثها.
3. في مجال كشف الفيضانات.
4. في مجال كشف الزلازل والبراكين.
5. كشف تلوث الماء والهواء.

مثال (2):-

قام مجموعة من الباحثين بعمل إنموذج تجريبي للمساعدة على استخراج معلومات عن حريق في موقع ما، تم إستخدام عدداً من الاجهزة المتحسسة أطلق عليها إسم (Fire Net) للإنقاذ من الحرائق والتي صممت لقياس درجة الحرارة، وهذه الشبكة تفترض وجود أجهزة تحسس مع رجال الإطفاء وفي سيارات الإطفاء بينما السيارة الرئيسية تكون مجهزة بجهاز حاسوب آلي محمول يقوم بمثابة البوابة، ويتم تحديد مواقع رجال مكافحة الحرائق باستعمال اجهزة GPS (أجهزة تحديد المواقع) وبناءاً على هذا النموذج او الشبكة يمكن لاجهزة التحسس الابلاغ عن المعلومات المتوافرة لديها الى المحطات الفرعية بالإضافة الى تلقي الأوامر من المحطات الرئيسة، وكما في الشكل (1-5).



الشكل 1-5 شبكة (Fire Net)

مثال (3):-

في برنامج مراقبة البراكين يوجد ستة عشر جهاز تحسس في الشبكة مجهزة بقدرات صوتية نُشرت على بركان ريفينتادور (Volcanic Reventador) شمالي الاكوادور لمتابعة مختلف الاحداث البركانية، وقد وجد الباحثون في هذا البرنامج إن أجهزة التحسس كانت قادرة على التسجيل والتبليغ عن (229) زلزالاً بالإضافة الى رصد الإنفجارت وغيرها من الاحداث الصوتية.

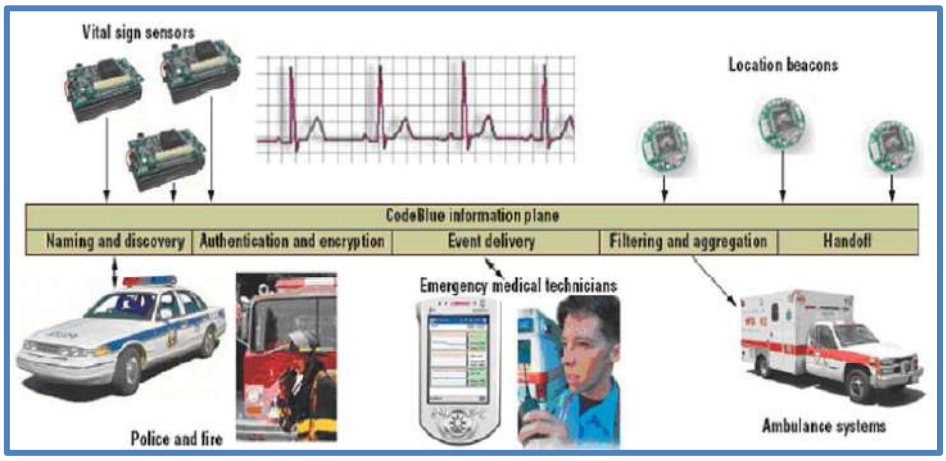
رابعاً:- المجالات الطبية والصناعية والزراعية والتجارية:-

1. المجالات الطبية:-

تستعمل الشبكات المتحسسة اللاسلكية في نطاق واسع في المجالات الطبية، ففي بعض المؤسسات الصحية توضع شبكات التحسس (WSN) الحديثة لرصد البيانات الفسيولوجية للمرض، وللتحكم في مسارأدارة كمية التخدير في غرف العمليات وتحسس الضغط، ومراقبة المرضى، والأطباء داخل المستشفى، وكذلك استعمال الشبكات المتحسسة اللاسلكية في دور رعاية المسنين لمراقبة المرضى من كبار السن.

مثال (4):-

في حالات الطواريء استعمل إنموذج شبكة الشفرة الزرقاء (Code Blue) للإستجابة لحالة الطواريء المبينة في الشكل (1-6) وتتألف هذه الشبكة من أجهزة تحسس وغيرها من الأجهزة اللاسلكية مثل: أجهزة المساعد الرقمي الشخصي Personal Digital Assistance (PDA) (الهاتف المحمول، والحاسب الصغير وغيرها) وفكرة الشبكة هي إستعمال الإستشعار أو التحسس لمراقبة المرضى وإنذار الأطباء والممرضات بإستعمال المساعد الرقمي في حالات الطوارئ، وبالاضافة الى ذلك يتم حفظ المعلومات المرصودة بأجهزة التحسس في سجل المريض لأجراء المزيد من التحاليل، وعلى الرغم من ان هذا الإنموذج من الشبكة يوضح قدرة شبكات التحسس اللاسلكية على الإستجابة للطوارئ إلا أن بعض القضايا مثل درجة الوثوقية والامان بحاجة الى امعان الدراسة والتحليل فيها.



الشكل 1-6 شبكة (Code Blue)

2. مجال الزراعة والري:-

أ- في مجال التربة:- إذ يتم (تقسيم التربة وتصنيفها، وعمل خرائط مناخية للتربة، ودراسة امكانية حفظ التربة وتحسينها، ومراقبة جفاف الاراضي والبحيرات) اذ ان هناك شبكات تعتمد على متحسسات تقيس رطوبة التربة لأغراض الري فقط للمناطق التي تحتاج اليها ومستوى المياه في الخزانات وتكون ذات جدوى اقتصادية عالية في البلاد التي تعاني من قلة الماء والإمطار.

مثال (5):-

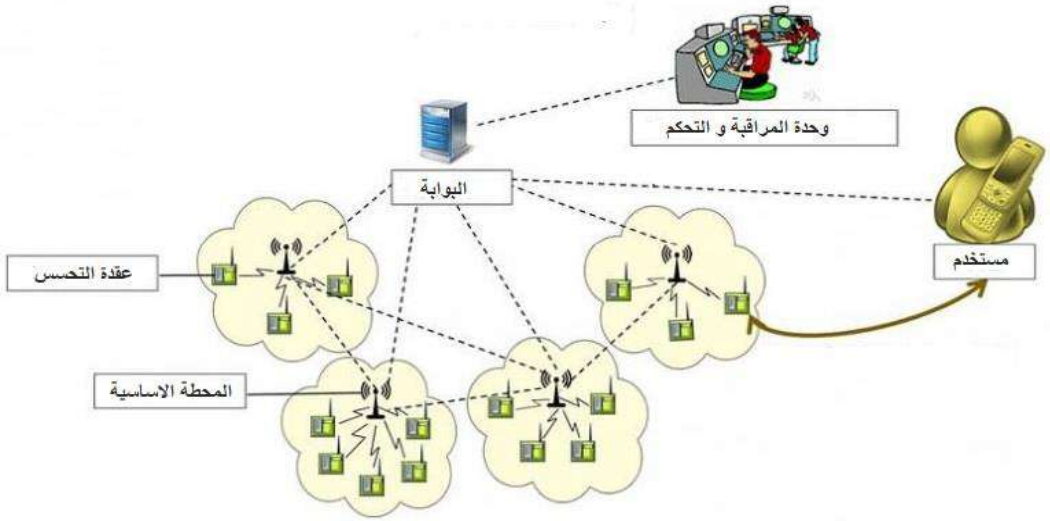
قام مجموعة من الباحثين في (جامعة جون هوبكنز) ببناء إنموذجاً نشرت فيه مجموعة من اجهزة شبكات متحسسة في غابة بمنطقة (Baltimore) لدراسة خصائص التربية، اذ قامت هذه الاجهزة بقياس درجات الرطوبة وحرارة التربة، حيث اثبتت النتائج كفاءة هذا النوع من الشبكات في اكتشاف ودراسة خصائص التربة، وكما في الشكل (1-7).

الشكل 1-7 جهاز الاستشعار المستخدم لفحص التربة في منطقة Baltimore

ب- المجال الزراعي:- من خلال وضع شبكات متحسسة لاسلكية في الاراضي الزراعية يتم تحديد وتوقع مقدار المحاصيل الزارعية وعمل الخرائط اللازمة لتحديد المناطق الزراعية وكذلك اكتشاف الآفات الزراعية وامراض النباتات والاشجار ويساعد في وضع سياسة معينة لحفظ المناطق الزراعية من التلوث وذلك من خلال المراقبة المستمرة، وكما موضح في الشكل (1-8).

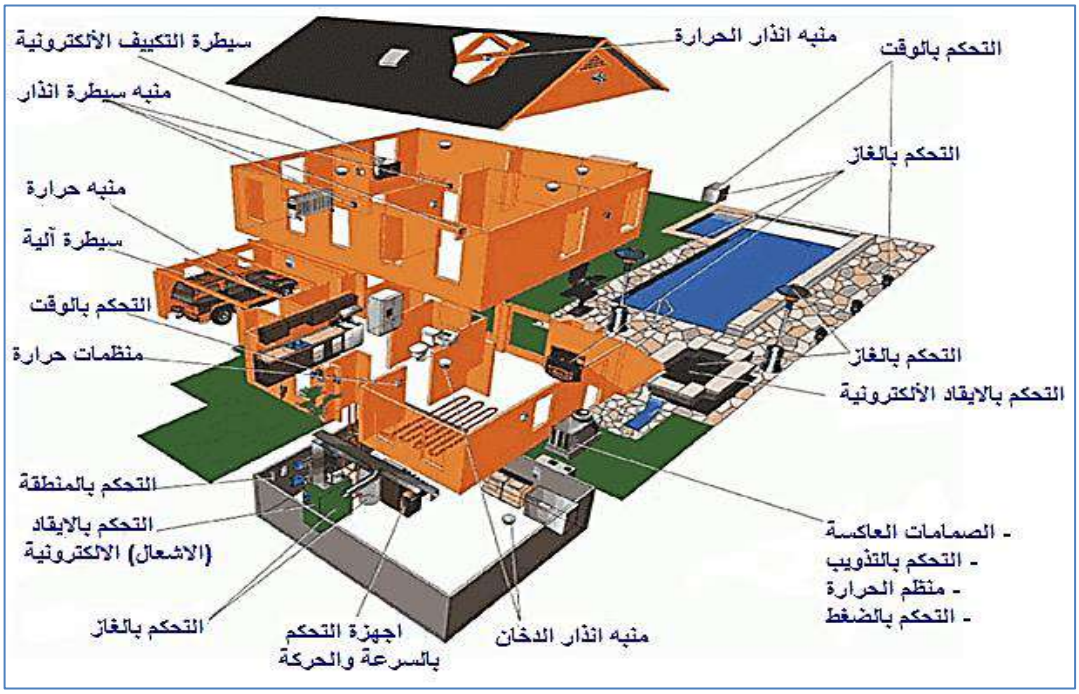
الشكل 1-8 يوضح طرائق ووضعية تركيب شبكات التحسس في المجال الزراعي

3. مجال الصناعة والتجارة:- أثبتت الشبكات المتحسسة فاعليتها في المجال الصناعي والتجاري من خلال عملية المراقبة والتحكم في البيانات وذلك بتثبيت عقد استشعار صغيرة لاسلكية حيث تراقب هذه المستشعرات الضغط والرطوبة ودرجة الحرارة والاهتزاز وجمع هذه البيانات من خلال أجهزة الاستشعار ونقلها لاسلكياً إلى نظام التحكم المركزي لتحليل البيانات من كل مستشعر ومراقبة أداء المعدات قبل أن تقل كفاءتها لاستبدالها أو لإخطار الموظفين بأي مشاكل محتملة في النظام كما في الشكل (1-9)



الشكل1-9) يوضح ربط الشبكة المتحسسة اللاسلكية بالأنترنت

لا تقتصر تطبيقات الشبكات المتحسسة اللاسلكية (WSN) على المجالات العسكرية والصحية والزراعية وحسب وإنما التطبيقات المنزلية سهمها من هذه التطبيقات، حيث صممت شبكات متحسسة خاصة للمهندسين المعماريين والتي ظهرت بشكل (الروضة الذكية والمنزل الذكي). ان مفهوم المنزل الذكي بوضع الشبكات المتحسسة اللاسلكية بالمنزل، (ففتح باب المنزل تلقائياً، وتشغيل ضوء الطاولة والتلفزيون، وتشغيل غلاية الماء تلقائياً، وأيضا تعمل أجهزة التحسس على استشعار حالة الجو في الغرفة وتوفير الجو المناسب فيها بوساطة التحكم بأجهزة التبريد أو التدفئة، وتشغيل أجهزة الإنذار عند الحاجة وفي الوقت نفسه تقوم بالاتصال بالشرطة عند إختراق اللصوص للمنزل)، يصمم (المنزل الذكي) من خلال وضع عدد من المجسات أو المتحسسات في كل زاوية من المنزل وحسب الحاجة. ومثلما تعمل هذه المجسات على تشغيل الاجهزة الكهربائية عند دخول المنزل فإنها تعمل كذلك على إطفائها عند الخروج منه، والشكل (1-10) يبين كيفية ربط الأجهزة الكهربائية بشبكة المتحسسات اللاسلكية.



شكل 1-10 يوضح ربط الشبكات المتحسسة اللاسلكية بالأجهزة الكهربائية في البيت الذكي

أسئلة الفصل الأول

س1/ إكتب كلمة (صح) أمام العبارة الصحيحة وكلمة (خطأ) أمام العبارة الخاطئة مع تصحيح الخطأ إن وجد:

1. يمكن وصف شبكة المتحسسات بأنها شبكة تتألف من عدد محدود جداً من العقد.
2. يعرّف التحسس عن بعد بإنه: جمع المعلومات والبيانات من بعد.
3. تمتاز شبكة المتحسسات اللاسلكية بكثرة إستخدامها للأسلاك الكهربائية.
4. من اهم عيوب الشبكة المتحسسة اللاسلكية إمكانية سرقة المعلومات المرسلة أو المستقبلة.
5. التطبيقات المدنية تشمل مكافحة الحرائق وكشف الفياضانات.
6. من فوائد الشبكات المتحسسة اللاسلكية إمكانية عملها في المناطق التي يصعب عمل الشبكات المتحسسة السلكية فيها لخطورتها.

س2/ ماذا يقصد بعلم التحسس عن بعد؟ بين ذلك موضحاً كيف يتم معالجة الصور فيه؟.

س3/ إملأ الفراغات الآتية:

1. علم التحسس عن بعد يهتم بمعرفة ماهية الأجسام دون تماس ..... و..... مباشر مع هذه الأجسام.
2. تمتاز أجزاء الشبكات المتحسسة اللاسلكية بأنها أجزاء ..... بينما أجزاء الشبكات المتحسسة السلكية هي أجزاء الكترونية.....
3. تمتاز الشبكات المتحسسة اللاسلكية بأنها ذات .....عالية.
4. إن الشبكات المتحسسة اللاسلكية تتعرض الى إشارات .....
5. غالباً ما يتعرض ..... في الشبكات المتحسسة السلكية الى القطع.

س4/ إشرح آلية عمل الشبكات المتحسسة اللاسلكية مع الرسم.

س5/ ما هي خصائص الشبكات المتحسسة اللاسلكية؟ عددها مع الشرح.

س6/ ما هي التحديات التي تواجهها الشبكات المتحسسة اللاسلكية لتكون قادرة على الأداء بفاعلية؟

س7/ بين أهمية الشبكات المتحسسة اللاسلكية في التطبيقات الآتية:

1. التطبيقات العسكرية.
2. التطبيقات المدنية.
3. تطبيقات عمليات الطواريء.
4. التطبيقات الطبية والصناعية والزراعية والتجارية.

الفصل الثاني

أنموذج الشبكة المتحسسة اللاسلكية

أهداف الفصل الثاني:

معرفة الطالب لإنموذج الشبكة المتحسسة واساسيات عملها ومكوناتها وخصائصها.

محتويات الفصل الثاني:

2-1 مبدأ عمل اجهزة التحسس.

2-2 مكونات جهاز التحسس.

2-3 وحدة التحسس.

2-4 وحدة تخزين البيانات.

2-5 وحدة الإرسال والإستقبال.

2-6 وحدة معالجة البيانات.

2-7 وحدة الطاقة.

2-8 وحدة تحديد الموقع والتنقل.

الفصل الثاني

نموذج الشبكة المتحسسة اللاسلكية

2-1 مبدأ عمل اجهزة التحسس

يمكن استخلاص مبدأ اشتغال جهاز التحسس (عقدة التحسس Sensor Node) من خلال المفهوم الأساس للتحسس الذي ورد ذكره في الفصل الاول، إذ يمكن ان يلخص تعريف جهاز التحسس، بكونه:

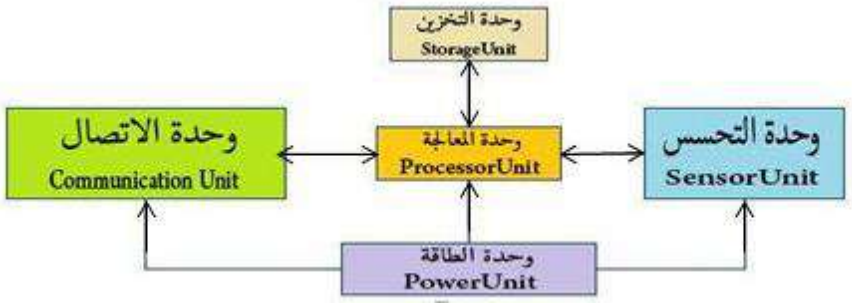
جهازاً اليكترونياً يقوم بتجميع ومعالجة البيانات المستخلصة من الاشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة من الاشياء من دون ان يكون هنالك اتصال مباشر بينهما.

إذ تمثل البيانات المجمعة للوسط المراد دراسته او مراقبته كميات فيزيائية مثل (الحرارة، السرعة، الضغط، الضوء،...الخ) والتي يقوم جهاز التحسس بتحويلها الى اشارات كهربائية قابلة للتحليل والقياس وكما موضح في الشكل (2-1).

الشكل 2-1 يوضح مبدا عمل جهاز التحسس

2-2 مكونات جهاز التحسس

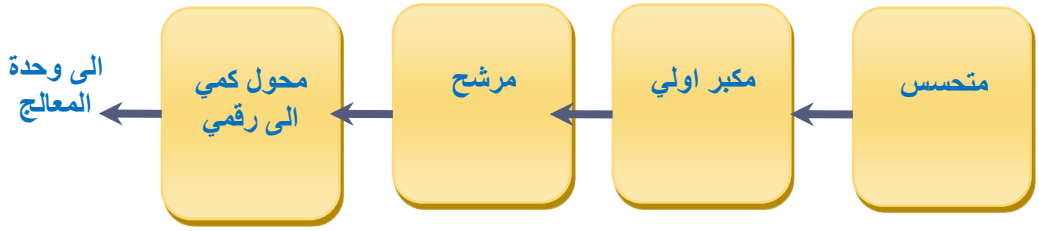
ان لعقدة التحسس القابلية على رصد الظاهرة الفيزيائية المطلوبة وتحليلها ومعالجتها وارسالها من خلال المكونات المادية التي تتكون منها عقدة التحسس. غالبا ما تتكون عقدة التحسس من خمسة اجزاء رئيسة هي وحدة الاستشعار او التحسس، وحدة المعالجة، وحدة التخزين، وحدة الارسال والاستقبال، واخيرا وحدة الطاقة وكما موضح بالشكل (2-2).



الشكل 2-2 مكونات عقدة التحسس Sensor Node

3-2 وحدة التحسس

تتكون وحدة التحسس من عنصر متحسس يقوم باستشعار الاشارات الفيزيائية للمحيط المراد دراسته ثم تحويلها الى إشارات كهربائية إذ يكون جهدها منخفضاً لذلك تغذى هذه الاشارة الى مكبر اشارة اولي يقوم بتكبيرها الى مستوى جهد يمكن لباقي مكونات وحدة التحسس ادراكها، وتعاني الاشارة الكهربائية المتحسسة من ظاهرة التداخل الكهرومغناطيسي لمصادر مختلفة موجودة في المحيط المراد دراسته والتي توهن اشارة التحسس لذا توجب اشراك مرشح (Filter) ضمن مكونات وحدة التحسس، إذ يقتصر عمل المرشح على استخلاص اشارة التحسس فقط من بين الاشارات الكهربائية الداخلة لوحدة التحسس. ولأجل فهم اشارة التحسس التي تكون غالبا اشارة كمية وجب استعمال محول كمي الى رقمي (ADC) يقوم بتحويل الاشارة المتحسسة الى اشارة رقمية يمكن معالجتها وتحليلها وخزنها في وحدات المعالج والذاكرة لجهاز التحسس. والشكل (2-3) يوضح مكونات وحدة التحسس.



الشكل 2-3 مكونات وحدة التحسس

يوجد نوعان من وحدات التحسس بناءً على نوع المتحسس المستعمل فيها، اذ يمكن تصنيف المتحسسات الى:

1. الحساسات النشطة (Active Sensor):

وهذا النوع من المتحسسات يحتاج إلى مصدر قدرة خارجية لتحفيزه. إذ يجب تمرير تيار كهربائي في الحساس ليتم قياس الجهد الهابط على طرفيه ومن خلاله نستطيع قياس قيمة مقاومة الحساس إذ ان هذه القيمة هي مرادفة للإشارة الفيزيائية المراد قياسها. وكمثال على هذا النوع من الحساسات المقاومات الحرارية والشد والاشارة المرتدة من الحواجز.

2. الحساسات الغير نشطة (الخاملة) (Passive Sensor):

المتحسسات الخاملة (Passive Sensor) على النقيض من المتحسسات النشطة فان المتحسسات الخاملة لاتتطلب مصدر قدرة خارجية للاشتغال او التحفيز بل تقوم بالكشف والاستجابة لبعض الاشارات الداخلة اليها من البيئة.

إن التصوير الفوتوغرافي، والحرارة، والأشعة الحرارية والحقل الكهربائي او الكيميائي والاشعة تحت الحمراء والزلازل أمثلة على تكنولوجيا المتحسسات الخاملة. واعتمادا على طبيعة الظواهر الفيزيائية المراد تحسسها، يوجد العديد من اجهزة التحسس التي يمكن ان تثبت في الطائرات او الاقمار الصناعية او القوارب او الغواصات.

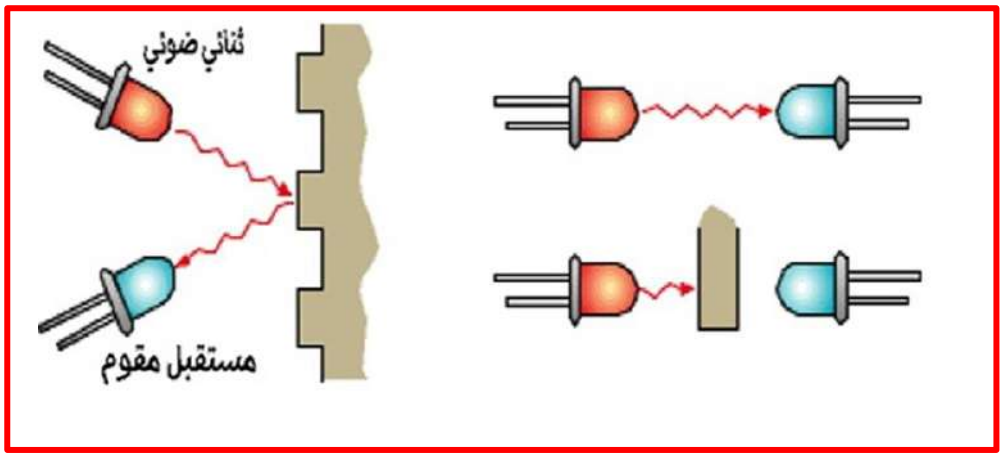
وكلا النوعين من أجهزة التحسس لديها مزايا وعيوب. إذ لا يمكن الكشف عن تقنيات التحسس الخاملة من قبل أطراف الرصد لأنها تستشعر ما هو موجود في بيئتها فقط بدلاً من الإعتماد على الإرسال (في حال إستعمال حساسات نشطة) الذي قد يكشف عنه بمعدات الكشف اللاسلكي.

1-3-2 امثلة لبعض الحساسات المستعملة في الشبكة المتحسسة

اولاً: الحساسات البصرية Optical Sensors

وهي إحدى أنواع الحساسات الرقمية، إذ تستعمل الحساسات البصرية الضوء لتحسس الأشياء، في الماضي كانت الحساسات البصرية غير كفؤة، لأنها تستعمل الضوء المعتاد، وبالتالي فإنها كانت تتأثر بالضوء المحيط، وهذا يسبب مشاكل عديدة، أما الحساسات الضوئية اليوم فقد حلت هذه المشاكل ، كما أنها أصبحت أكثر موثوقية بسبب الطريقة التي تعالجها هذه الحساسات.

إن الحساسات البصرية كلها تعمل بالطريقة نفسها تقريباً، إذ يكون هناك مصدر ضوئي (المرسل) وكاشف ضوئي (المستقبل) ليتحسس بوجود الضوء أو انعدامه، تستعمل الثنائيات المولدة للضوء كنوع من مصادر الضوء، إذ تستعمل بسبب صغر حجمها ودرجة تحملها العالية وكفاءتها، كما يمكن تشغيلها وإطفائها بسرعة عالية وتعمل بطول الموجات الضيقة وبكفاءة جيدة، كما تستعمل الثنائيات الضوئية في الحساسات بأسلوب نبضي، من خلال إرسالها لذبذبات (اشتغال وإطفاء بسرعة) ويكون زمن الاشتغال صغير جداً بالمقارنة مع زمن الإطفاء، وبالتالي تتذبذب لهذين السببين، وعندها لن يتأثر الحساس بالضوء المحيط، وبالتالي يفرز الكاشف جميع الأشعة الضوئية المحيطة ويبحث عن الضوء المتذبذب، وتكون مصادر الضوء المنتقاة مرئية لعين الإنسان كما في الشكل (2-4).



الشكل 2-4 الحساسات البصرية

ثانياً: حساسات الليزر Laser-Sensors

يستعمل الليزر كمنبع للضوء في الحساسات الليزرية، ويمكن أن تستعمل حساسات الليزر للحصول على دقة عالية في الفحص، كما أن الخرج فيما يخص هذه الحساسات يمكن أن يكون تماثلياً أو رقمياً. وبشكل عام فإن الخرج الرقمي يستعمل ليشير إلى فشل أو نجاح العملية أو دلالات أخرى، ويمكن استعمال الخرج التماثلي، للإشارة إلى التغيرات وتسجيل القياسات الفعلية، وكما في الشكل (2-5).

الشكل 2-5 حساس الليزر

ثالثاً: الحساسات الذكية Smart Sensors

وهي الحساسات التي تمتلك وظائف منطقية ولها إمكانية إتخاذ القرارات، وهذا النوع من الحساسات قادر على القيام بالوظائف الآتية:

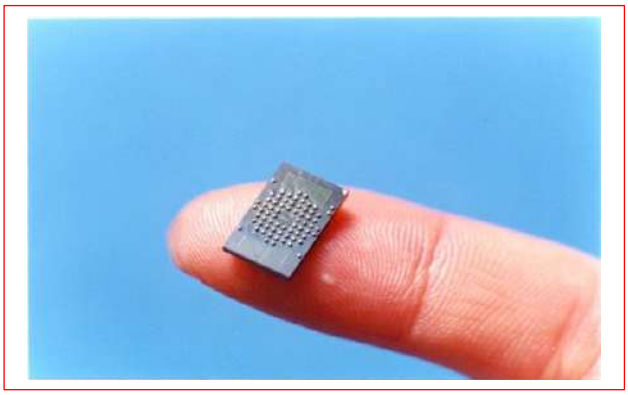
1. المعايرة الذاتية: إذ إنها تمتلك في بنيتها معالجاً مصغراً يمتلك في ذاكرته وظيفة التصحيح التلقائي من خلال الملاحقة الذاتية، وهي أيضاً قادرة على تشخيص الأعطال، وهذا ضروري في التطبيقات المعقدة الباهظة الثمن، كما أنها قادرة على تصليح الأعطال.
2. العمليات الحسابية: ويتم الاعتماد على قدرة الحساس الحسابية في تعويض التغيرات الناتجة عن الوسط المحيط.
3. الاتصال: وهو من خلال قدرة الحساس على تبادل المعلومات، وهذه القدرة تستعمل عند الحاجة من أجل أغراض المعايرة.
4. تعدد التحسس: وهي قدرة الحساس على قياس أكثر من معامل فيزيائي أو كيميائي في آن واحد كقياس الضغط ودرجة الحرارة في نفس الوقت وكمثال عن الحساسات الذكية الحساس الذي تم تطويره من أجل معالجة الإشارات و أيضا حساس التدفق والمصفوفة المتحسسة للأشعة تحت الحمراء، وتستعمل في أنظمة التحكم المعقدة، نظراً لأنها تحل الكثير من المشكلات المتعلقة بالجودة وبإمكانية تحسس عدة اوساط فيزيائية مختلفة .

وعند إختيار حساس لاستعماله في تطبيق معين هناك عدة اعتبارات يجب أن تأخذ بالحسبان وهي كالآتي:

1. خواص الجسم الذي يراد تحسسه.
2. نوع المادة المصنوع منها بلاستيكية، معدنية، حديدية.
3. حجم الحساس صغير ام كبير.
4. سطح المتحسس عاكس ام غير عاكس.
5. مساحة كافية لتنصيب الحساس.
6. مشاكل في البيئة كالتلوث.
7. سرعة الاستجابة المطلوبة.
8. مسافة التحسس المرغوبة.
9. الضجيج كهربائي.
10. الدقة المطلوبة.

4-2 وحدة تخزين البيانات

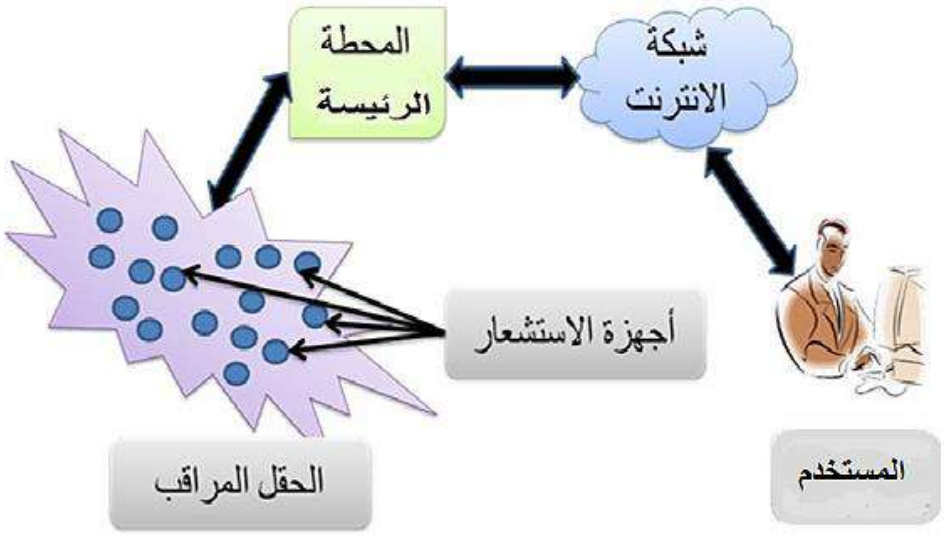
بعض اجهزة التحسس قادرة على إعطاء معلومات او بيانات بشكل مستمر طيلة وقت عملها او حين طلبها مما يتطلب وجود وحدة لخزن البيانات بشكل دائمي او مؤقت. لذا فان اجهزة التحسس تحتوي على وحدات ذاكرة ذوات حجم صغير لاحظ الشكل (2-6) والتي تساهم بإعطاء الوقت اللازم لمعالجة وتحليل المعلومات مبدئيا. وتستعمل الانواع القديمة من اجهزة التحسس تقنيات الذاكرة المتطايرة بنوعيها (SRAM) او (SDRAM) بينما تحتوي اجهزة التحسس الجديدة على هذين النوعين من الذاكرة معاً ولكنهما مدمجان مع رقاقة الجهاز نفسه بالإضافة الى استعمال ذاكرة ومضية (Flash memory) خارجية فعلى سبيل المثال جهاز التحسس المسمى (IMOTE2) يحتوي على ذاكرة مدمجة تبلغ سعتها 256 كيلو بايت من نوع (SRAM) و 32 ميجابايت من نوع الذاكرة الومضية وعلى الرغم من أن تكنلوجيا الذاكرة الومضية تتطلب حيزا من رقاقة الجهاز مقارنة بوحدات الذاكرة من نوع SRAM او SDRAM الا انها تتميز بكفاءة في ترشيد الطاقة ولكنها اقل كفاءة في حالة التكرار الكثير للكتابة، كما ان حجم الذاكرة يعتمد على نوعية وتصميم أجهزة التحسس فمثلا اجهزة التحسس نوع RFID يحتوي على ذاكرة EEPROM لحفظ المعلومات حتى حينما لا تكون موصلة لأي مصدر للطاقة. وسعة هذه الذاكرة تصل إلى 64 كيلو بايت كما ان زيادة السعة تؤدي إلى زيادة حجم الشريحة وكلفتها. وهذا الشيء الذي لا تحبذه الجهات المستفيدة او المستعملة لهذه التقنية إذ يفضلون صغر حجم العقدة المتحسسة لاستعمالها في مجال اوسع من التطبيقات .



الشكل 2-6 حجم ذاكرة جهاز التحسس

5-2 وحدة الإرسال والإستقبال

تمتلك غالبية عقد التحسس على اجهزة ارسال واستقبال، يقوم جهاز الإرسال في عقدة التحسس بدور المرسل للإشارات الفيزيائية التي تم كشفها ومعالجتها في عقدة التحسس إذ يقوم بأرسالها الى الوحدة المركزية للشبكة اللاسلكية. بينما يقوم جهاز الاستقبال في عقدة التحسس بإستلام إشارات أوامر التشغيل من الوحدة المركزية للشبكة اللاسلكية وإشارات من عقد تحسس اخرى داخل الشبكة، كما موضح في الشكل (2-7)، وتعد وحدة الإرسال والإستقبال من أهمّ مكونات أجهزة التحسس، وهو أيضًا أكثر الوحدات استهلاكاً للطاقة، إذ أن 97 % من الطّاقة المستهلكة متعلّقة بالاستعمال المباشر لوحدة الارسال والاستقبال او نتيجة انتظار المعالج لوحدة البث من الانتهاء من الإرسال أو الاستقبال.



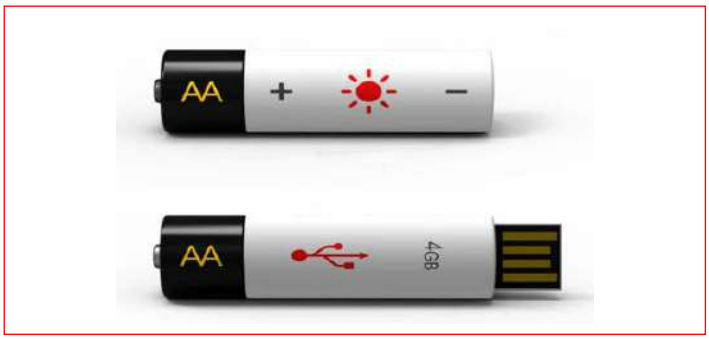
الشكل 2-7 الإرسال والإستقبال في الشبكات المتحسسة

6-2 وحدة معالجة البيانات

يلعب المعالج في جهاز التحسس دورًا مهماً في تحليل ومعالجة البيانات المرصودة من الجهاز نفسه أو المستقبلة من أجهزة أخرى، وبعد الانتهاء من عملية تحليل هذه البيانات ترسل في رسالة (قد تكون مشفرة) إلى الأجهزة المجاورة، وهذا يتطلّب التّحكّم في موجات الرّاديو والتعامل مع شيفرة الرسالة وتخزينها، ويقوم المعالج بوظيفة أخرى هي تجميع البيانات في الذاكرة، واستردادها عند الحاجة اليها.

7-2 وحدة الطاقة

يتم تزويد كل جهاز تحسس عادة ببطاريتين من نوع AA كما في الشكل (2-8)، قابلتين لإعادة الشحن كما في الشكل، ولكن مع استعمال مئات الآلاف من هذه الأجهزة في حقل المراقبة فإن إعادة شحن البطاريات تعد وسيلة غير عملية، ولذا يتوجب البحث عن استراتيجيات جديدة لترشيد الطاقة.



الشكل 2-8 بطارية نوع AA

وكما يمكن أيضاً الإفادة من وسائل الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية أو المتولدة عن طريق الاهتزاز، والتي تعد من الوسائل المهمة التي يمكن بوساطتها التغلب على مشكلة الطاقة.

فنعني بالطاقة المتجددة تلك الطاقة المولدة من مصدر طبيعي غير تقليدي، ومستمر لا ينضب، ويحتاج، إلى تحويله من طاقة طبيعية إلى أخرى يسهل استعمالها بوساطة تقنيات العصر، ويعيش الانسان في محيط الطاقة فالطبيعة تعمل من حولنا من دون توقف معطية كميات ضخمة من الطاقة غير المحدودة إذ لا يستطيع الإنسان أن يستعمل إلا جزءاً ضئيلاً منها، فأقوى المولدات على الإطلاق هي الشمس، ومساقط المياه وحدها

قادرة على أن تنتج من القدرة الكهرومائية ما يبلغ 80% من مجموع الطاقة التي يستهلكها الإنسان والشكل (2-9) يوضح احدى مصادر الطاقة الطبيعية.

الشكل 2-9 خلايا توليد الطاقة الشمسية

وسنتطرق -عزيزي الطالب- في الفصل السادس الى تفاصيل أكثر فيما يخص مصادر الطاقة في الشبكات المتحسسة، وخصائصها، والعوامل المؤثرة على استهلاكها.

8-2 وحدة تحديد الموقع والتنقل

تزود بعض أجهزة التحسس بوحدات اضافية مثل وحدات تحديد الموقع لعقدة التحسس او رصد مسار تنقل جهاز التحسس، لذا لابد من التعرف على آلية إشتغال هذه الوحدات وفائدتها في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

1-8-2 تعريف تقنية تحديد الموقع وطريقة عملها

تقنية تحديد الموقع (GPS) Global Positioning System هي نظام يستعمل عالميا لتحديد ورصد موقع الاجسام، او المركبات المتحركة بدقة شديدة وذلك بواساطة شبكة من الاقمار الصناعية يزداد اعدادها بمرور الوقت إذ تغطى أعدادها فضاء الكرة الارضية، اقتصر استعمال GPS بالماضي على المؤسسات العسكرية الكبرى والتي كانت تستغلها لمعرفة تحركات القوات والمعدات العسكرية في مناطق الحروب والنزاعات ومراقبة مواقع تلك القوات بصفة مستمرة، ويعمل نظام GPS في أي طقس وطوال اليوم وبدون تكلفة تذكر، وقد سمح للجهات المدنية باستعمال بداية الثمانينات GPS في شتى الاغراض لمتابعة حركة وسائل النقل وتأمينها وقت اللزوم وخاصة حركة القطارات والسفن.

تمسح الاقمار الصناعية الخاصة بـ GPS الكرة الارضية مرتين يوميا وترسل معلوماتها الى المحطات الارضية حيث يوجد جهاز الاستقبال الخاص بـ GPS والذى يحلل معلومات الاقمار الصناعية لتحديد احداثيات الاشياء بدقة، ويمكن تمثيله في الشكل (2-10).

الشكل 2-10 مجموعة من الاقمار الصناعية حول الكرة الارضية

يرصد جهاز الإستقبال الوقت الذى تم فيه إرسال الإشارة التي تحتوى على معلومات أو احداثيات الهدف المتحرك من القمر الصناعي وكذلك وقت استقبال الاشارة في المحطة الارضية إذ ان الفارق بين الوقتين يحدد مسافة الهدف او بعده عن هذا القمر الصناعي ومع تكرار الاشارات المرسلة من اكثر من قمر صناعي يستطيع جهاز استقبال GPS تحديد موقع الهدف واظهاره على خريطة موضوعة على شاشة الكترونية.

2-8-2 مكونات نظام GPS

يتكون نظام تحديد المواقع GPS من ثلاثة وحدات رئيسة وهي:

1. الأقمار الصناعية Satellites.
2. نظام التحكم الأرضي Ground Control Segment.
3. جهاز الاستقبال Receiver.

يتمثل دورة القمر الصناعي في تحديد المواقع من خلال الوظائف الآتية:

أ- استقبال وتخزين البيانات المُرسلة من محطة التحكم.

ب- الحصول على التوقيت الدقيق عن طريق ساعات الروبيديوم والسينيزيوم (وهي عبارة عن ساعات ذرية غاية في الدقة والصغر وتضبط بوساطتها تزامن شبكة الانترنت في شتى انحاء العالم وتشغيل نظام الملاحة العالمي).

جـ- إرسال المعلومات للمستخدم عن طريق إشارات مختلفة، و كما في الشكل (2-11).

د- المناورة لتعديل المدار عن طريق التحكم الأرضي.

الشكل 2-11 ارسال الاشارات بوساطة الاقمار الصناعية

هنالك ثلاثة أنواع لأجهزة GPS توزع استعمالها بأشكال مختلفة تماماً سواء في الإستعمالات المدنية أم الاستعمالات العسكرية او الاستعمالات العلمية وهي:

1. نظام الملاحة اليدوي:

وهو المتوفر في الجوالات، و PAD، و الأجهزة المحمولة، ويسمى Handheld GPS، وكما في الشكل (2-12).

الشكل 2-12 نظام الأجهزة المحمولة

2. نظام الملاحة للمركبات:

ويركب في المركبات ويقوم بإرشاد المركبات إلى الطرق التي يجب إتباعها للوصول إلى الهدف ويقوم بعرض أقرب الطرائق وما إلى ذلك ومن هذا النوع الذي يستعمل في الملاحة البحرية او في السيارات والناقلات و يسمى In-Dash GPS، وكما في الشكل (2-13).

الشكل 2-13 نظام الملاحة للمركبات

3. نظام التعقب (وحدة التنقل):

وحدة التنقل او نظام التعقب يعرف بانه النظام الذي يحدد مكان حامل الجهاز مرسل الإشارة سواء أكان ثابت أم متحرك ويسمى بجهاز المتابعة (GPS- Tracking system) والموضح في الشكل (2-14) إذ يكون هذا النوع مناسب لتضمينه مع مكونات عقدة التحسس وذلك لإمكانية تحديد موقع العقدة وبالتالي تحديد بشكل دقيق مكان الاشارة المرصودة. كمثال على ذلك نشر شبكة التحسس اللاسلكية لأغراض كشف الحرائق في

الغابات، إذ تقوم عقدة التحسس بالإضافة الى عملها الأساس والمتعلق بالكشف عن الحرائق بإرسال وبشكل دوري احداثيات موقعها الجغرافي بشكل دوري لتمكين فرق الاطفاء من التوجه مباشرة الى موقع الحريق.

الشكل 2-14 نظام التعقب

وكمثال آخر حول وحدة التنقل او التعقب المستعملة في الحيوانات، هناك العديد من الحيوانات المحمية أو المهددة بالانقراض فقد قامت بعض الشركات بإنتاج اجهزة لتعقب ومتابعة تلك الحيوانات بأشكال كثيرة ومتعددة باستعمال أجهزة الكمبيوتر. فعلى سبيل المثال انتجت اجهزة تعقب مزودة بأداة تحسس لبعض السلاحف النادرة وكما في الشكل (2-15)، هذه الأجهزة مزودة بجهاز إستقبال لإشارات أنظمة الملاحة عن طريق الأقمار الصناعية وهوائي بطول معين، كما أنه مغلف بإطار خارجي واقٍ من المياه ويستطيع المستعمل تعقب أثر السلحفاة التي ترتدي الجهاز الإلكتروني، كما ان الطرف الاخر أي الشخص الذي يتابع الحيوان لديه جهاز محمول بحجم كف اليد يساعده في تعقب أثر الحيوان من دون الحاجة إلى الاعتماد على الكمبيوتر.

وتتحكم شريحة معالجة صغيرة بجهاز البث الصغير الذي يتطلب قدراً بسيطاً من الطاقة لتشغيله، ويتم برمجة الجهاز قبل وضعه على ظهر الحيوان، وترسل الشريحة الصغيرة الأوامر حول تخزين المعلومات ووقت إرسال المعلومات الى الأقمار الصناعية. يوجد أربعة أقمار صناعية تستعمل حالياً في تعقب الحيوانات البرية، هذه الأقمار مماثلة للأقمار الصناعية والمستخدمة في مراقبة أحوال الطقس حول العالم، وتشمل أدوات ومعدات خاصة بهذه الأقمار الصناعية، وتقوم بعض الشركات العالمية بإدارتها من خلال المتابعة المستمرة لأجهزة التعقب وتحديد مكان صدور الإشارات والأجهزة، قد تبدو هذه المهمة سهلة، ولكنها تعد مهمة صعبة. ويستغرق كل قمر لإكمال دورته حول كوكب الأرض 101 دقيقة. ويعني ذلك بأن هذه الأقمار تمر ستة أو ثمانية مرات يومياً فوق خط الاستواء وفوق نقطة محددة مرة قرابة كل 10 دقائق، ويستغرق القمر الصناعي خمس دقائق للتحديد الدقيق لتحسس الإشارة، ومكان صدورها.

الشكل 2-15 جهاز تعقب للسلحفاة

ولعلك تسأل -عزيزي الطالب- لماذا يوجد اختلاف في معدل فترات الإرسال؟ وما الذي يحدث عند توقف الجهاز عن إرسال الإشارات؟

إذ تعتمد فترة الإرسال العامة على طول عمر البطارية لكل جهاز، بالإضافة الى طريقة تصرف السلحفاة، ويدرك جميعنا أن البطاريات التي نستعملها في أمور حياتنا اليومية لا يكون طول عمر عملها واحداً، فقد تدوم لمدة طويلة، أو قصيرة. كذلك هو الحال مع بطاريات أجهزة التعقب صغيرة الحجم كما في الشكل (2-16)، وعلى الرغم من التطورات التقنية المستمرة والخاصة بتقليل استهلاك الجهاز للبطارية، لا يمكننا أن نضمن عملها بالتساوي. ويرجع سبب ذلك إلى توقف بعض أجهزة إرسال الإشارات قبل غيرها ،وسبب آخر يعود إلى اختلاف التصرف من حيوان إلى أخر، فقد تفضل سلحفاة قضاء وقت أطول فوق سطح الماء، مما يعني مزيداً من استعمال البطارية، بينما تفضل أخرى قضاء أوقات أكثر تحت سطح الماء، مما يعني عمراً أطولاً للبطارية. ويعود ذلك إلى ان الجهاز يعمل تلقائياً حينما يكون فوق سطح الماء، ويغلق تلقائياً حينما تكون السلحفاة تحت سطح الماء.

الشكل 2-16 حجم بطارية جهاز التعقب

اسئلة الفصل الثاني

س1- ما هي الوحدات التي تتكون منها عقدة التحسس Sensor Node؟ عددها مع رسم المخطط الكتلي الخاص بتلك العقد.

س2- ما هي طرق تصنيف أجهزة التحسس؟

س3- ما هي انواع ذاكرة RAM بحسب علاقتها بالسرعة؟

س4- ما هي مكونات نظام GPS؟

س5- ما هي انواع اجهزة GPS؟ عددها مع الشرح.

س6- ما الذي يحدث عند توقف جهاز التعقب عن إرسال الإشارات؟

س7- ماهي مصادر الطاقة الموجودة في حياتنا اليومية؟

س8- اشرح وحدة الطاقة في جهاز التحسس.

س9- وضح عمل وحدة الإرسال والإستقبال في وحدة التحسس؟

س10- هنالك عدة اعتبارات يجب ان تؤخذ بالحسبان عند اختيار حساس لاستعماله في تطبيق معين، ما هي هذه الاعتبارات؟

س11- وضح عمل حساسات الليزر.

س12- ما هو مبدا عمل الحساسات البصرية؟

س13- ما هو الفرق بين الحساسات النشطة والخاملة؟

س14- ارسم شكلا يوضح مكونات وحدة التحسس.

س15- ارسم شكلا يوضح مكونات عقدة التحسس.

س16- ارسم شكلا يوضح مبدا عمل جهاز التحسس.

س17- عرف كل مما يأتي:

أ- جهاز التحسس.
ب- وحدة التحسس.
ت- الذاكرة.
ث- تقنية GPS.
ج- أجهزة التحسس النشطة.
ح- الحساسات الخاملة.
خ- وحدة التخزين والمعالجة.

س18- املأ الفراغات الآتية بما يلائمها:

أ- جهاز التحسس هو عبارة عن جهاز اليكتروني له قدرة على.....و..... و..... وربما يحتوي أيضاً على شاشة صغيرة لعرض البيانات.
ب- تتكون وحدة التحسس من متحسس و..... و..... و.....

ت- تستعمل الأنواع القديمة من أجهزة التحسس تقنيات الذاكرة بنوعيها .....و .....، بينما تحتوي أجهزة التحسس الجديدة على هذين النوعين من الذاكرة معاً.

ث- تحتفظ ذاكرة.....بمحتوياتها حتى بعد انقطاع التغذية الكهربائية، لذلك تعد ذاكرة .....

ج- نظام .....هو نظام يحدد مكان حامل جهاز مرسل الإشارة.

ح- تحتوى عقدة التحسس على جهاز ارسال يسمى ..... وهو الجهاز المسؤول عن تبادل المعلومات بشكل مباشر مع المحطة المركزية او غير مباشر بالاتصال بالمحطة المركزية عبر اقرب برج للاتصالات.

الفصل الثالث
معمارية الشبكات المتحسسة اللاسلكية

الأهداف:

معرفة الطالب بتصنيف الشبكات المتحسسة وربط وحدات التحسس في الشبكة وإسلوب عمل الشبكات اللاسلكية المتحسسة ومعالجة المعلومات في وحدة التحسس.

محتويات الفصل:

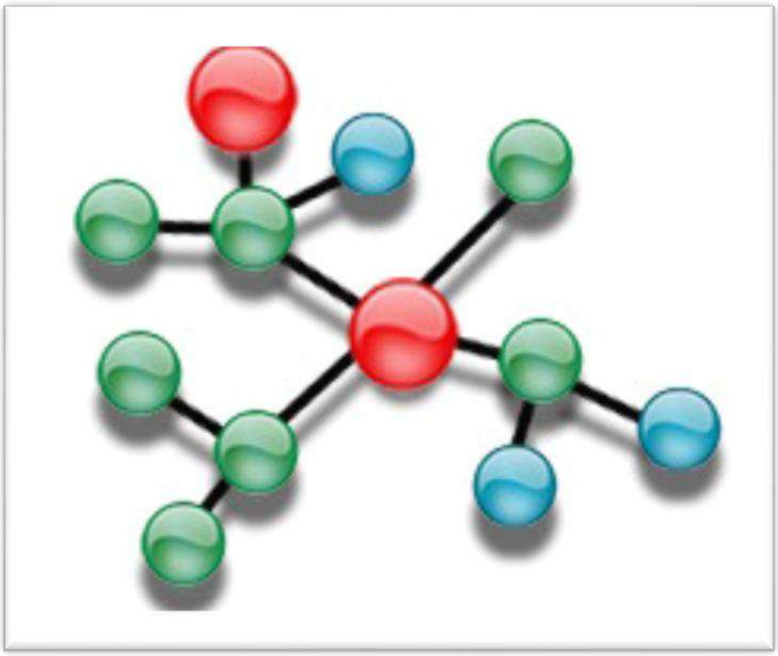
3-1 تصنيف الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

3-2 طرق ربط وحدات التحسس في الشبكة.

3-3 المواصفات والمعايير للتقنيات المستعملة في شبكات التحسس.

3-4 اسلوب عمل عناصر الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

3-5 معالجة المعلومات في وحدة التحسس.



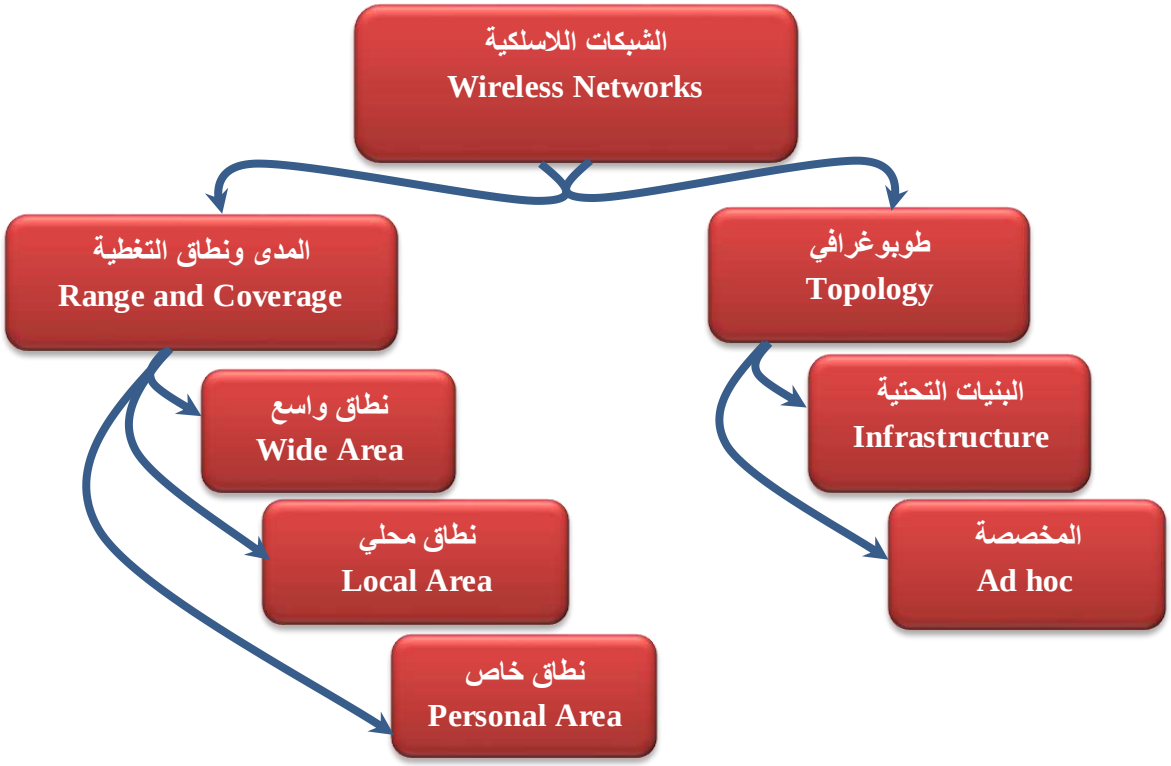
الفصل الثالث

معمارية الشبكات المتحسسة اللاسلكية

1-3 تصنيف الشبكات المتحسسة اللاسلكية

يمكن تصنيف الشبكات المتحسسة اللاسلكية الأكثر شيوعاً اليوم بالإعتماد على طوبوغرافية ونطاق تغطية الشبكة اللاسلكية.

وفي شبكات الاتصالات، طوبوغرافية الشبكة اللاسلكية (Wireless Network Topology) تعني وصفاً تخطيطياً لترتيب شبكة لاسلكية، بما في ذلك العقد، وخطوط الإتصال والشكل (3-1) يبين مخطط لتصنيف الشبكات اللاسلكية.



الشكل 3-1 تصنيف الشبكات اللاسلكية

تمثل شبكات البنية التحتية الخلوية (Cellular Infrastructure Networks) الطريقة الأكثر شيوعاً للتغلب على مشكلة محدودية مديات التغطية. بينما تعد الشبكات المخصصة (Ad hoc) ملائمة لمديات التغطية القصيرة إذ يتم ربط الأجهزة مثل عقد التحسس او أجهزة الكمبيوتر مباشرة من دون محطة مركزية باستعمال تقنية Bluetooth لتبادل البيانات مباشرة. وفيما يأتي تصنيف الشبكات تبعاً لمديات التغطية وطبوغرافية الشبكة.

ا) مديات الشبكة اللاسلكية:

1. الشبكات اللاسلكية واسعة النطاق (Wireless Wide Area Network (WWAN))

إن عقد الشبكة اللاسلكية واسعة النطاق WWAN تغطي مسافات 100 متر حتى 35 كم. ويكون الطيف الترددي المستعمل عادة ليس حراً، مما يعني أنه يجب أن تكون مرخصة، لهذا برزت اجيال لشبكات WWAN، ومنها:

جيل الصفر (G0): التماثلية.

الجيل الأول (G1): التماثلية.

الجيل الثاني (G2): الرقمية، إذ يتراوح معدل نقل البيانات بين (9.6- 14) كيلو بايت في الثانية.

الجيل الثاني والنصف (G2.5): الرقمية، إذ يتراوح معدل نقل البيانات فيها بين (20-115) كيلو بايت في الثانية.

الجيل الثالث (G3): واسع النطاق الرقمي، ليصل نقل معدل البيانات إلى 2 ميكابايت في الثانية.

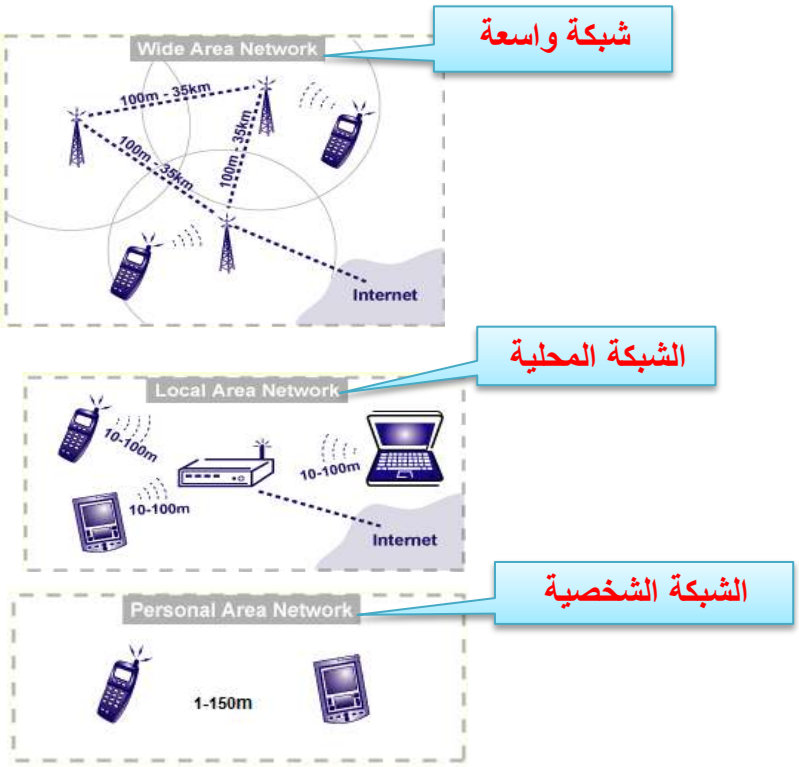
الجيل الرابع (G4): الرقمي مستمر في التطور.

2- الشبكات المحلية اللاسلكية (Wireless Local Area Networks)

الشبكات المحلية اللاسلكية WLAN التي تغطي المسافات بين 10م إلى 150م (300 متر في الهواء). إذ أنها تستعمل الطيف الترددي غير المرخص إذ توفر معدلات نقل للبيانات أعلى بكثير من (100 ميكابت في الثانية) من WWAN، وتتميز شبكات WLAN باستعمال البنى التحتية البسيطة مع اجهزة نقاط الوصول (Access Point) بدلا من محطات الهواتف الخلوية أو يمكن الاتصال مع بعضها الآخر بشكل مباشر باستعمال ربط الشبكات المتخصصة (Ad hoc).

3- الشبكات اللاسلكية الشخصية (Wireless Personal Area Networks)

الشبكات اللاسلكية الشخصية WPAN توفر اتصالاً قصيرَ المدى مثل ربط الكامرات الرقمية أو سماعات الرأس وغيرها، إذ تبلغ نصف قطر المساحة المغطاة بـ 10 متر وممكن أن يطور ليصل الى 100 متر، والطيف الترددي المستعمل هو غير مرخص وتكون معدلات البيانات المنتقلة هي حوالي 0.5 ميكابايت في الثانية، وبالتالي يكون هذا النوع من الشبكات ما بين WWAN و WLAN.



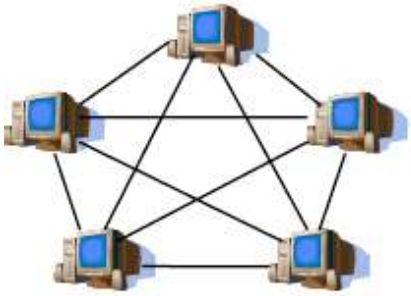
الشكل 3-2 يبين انواع الشبكات اللاسلكية المتحسسة حسب مدى التغطية

ب) تصنيف الشبكات حسب طوبوغرافيتها (شكلها)

وتقسم هذه الشبكات الى نوعين:

1. الشبكات الموصولة بالكامل (Fully Connected Networks)

وتكون هذه الشبكات معقدة جدا لاحتوائها على عدد كبير من العقد والروابط التي تربطها فيما بينها؛ لذلك تكون شبكات كبيرة جداً لذلك تعاني هذه الشبكات من التعقيد نتيجة تكوينها وتعقيدها هذا يولد تعقيداً في توجيه ارسال البيانات (حيث تكون هناك مسارات التوجيه بين العقد) رغم توافر القدرات الحاسوبية الكبيرة، وكما موضح في الشكل (3-3).



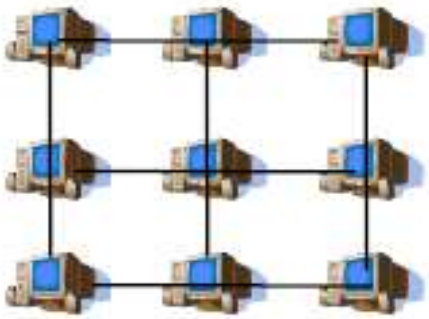
الشكل 3-3 الشبكات الموصولة بالكامل Fully Connected Networks

2. الشبكات الغير موصولة

وتكون على انواع كثيرة تعتمد على بيئة العمل للشبكة وتقسم الى:

أ) الشبكة المتداخلة (Mesh Network):

تكون العقد في هذه الشبكات متطابقة وهي توزع بانتظام في الشبكات بحيث يمكن ان تنتقل الاشارة من عقدة الى العقدة التي بجانبها، وكما يمكن ان تبين هذه الشبكات إنموذجاً جيداً من شبكات الاستشعار اللاسلكية والتي يتم توزيعها عبر منطقة جغرافية معينة ولكن ميزة الشبكات المتداخلة الأهم هي تطابق المعالجات وقدرات الاتصال للعقد جميعا ويمكن تحديد احدى العقد في المجموعة بحيث تأخذ وظائف اضافية اخرى في حالة تعطل العقدة المركزية او بعض العقد الاخرى، وكما موضح في الشكل (3-4).

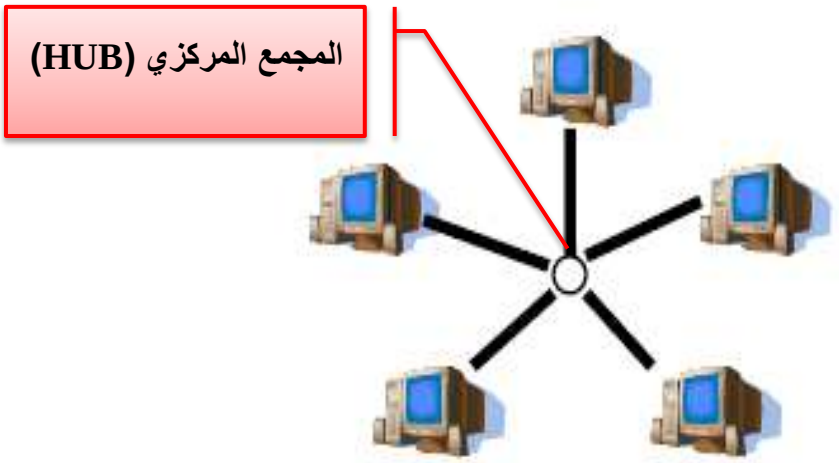


الشكل 3-4 الشبكات المتداخلة Mesh Network

ب) الشبكة النجمية (Star Network):

ويتم ربط جميع العقد في هذه الشبكة بشكل نجمة (Star) إلى مجمع مركزي مثل (Hub). ويمتاز هذا الربط بامتلاك كل عقدة او جهاز وصلته الخاصة بالمجمع المركزي الامر الذي يزيد درجة التسامح بالخطأ على الشبكة فاذا فشل الاتصال من عقدة واحدة بالمجمع المركزي نتيجة قطع الوصلة الخاصة به قليلاً لن يتأثر سوى العقدة المتصلة بتلك الوصلة، وباقي العقد ستواصل عملها على مايرام وكما موضح في الشكل (3-5).

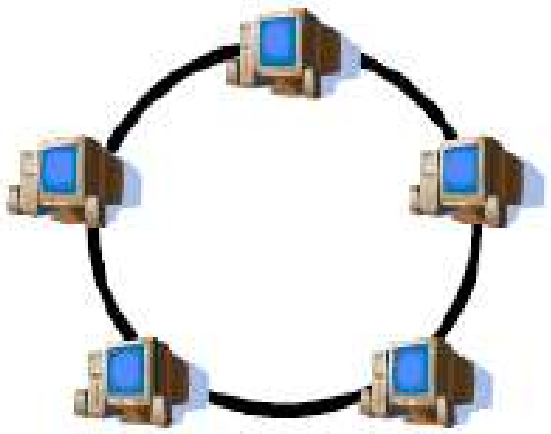
إذ إن وظيفة المجمع المركزي هو اعادة ارسال البيانات لكل العقد المعنية والمرتبطة بالشبكة، كما انه من السهل تعديل واضافة عقدة جديدة من دون تعطيل عمل الشبكة. ان وجود المجمع المركزي (HUB) هو الاساس لذلك في حالة حدوث عطل في المجمع المركزي يتوقف عمل الشبكة بالكامل ولو ان حدوث ذلك يكون نادراً.



الشكل 3-5 الشبكات النجمية Star Network

ج) الشبكة الحلقية (Ring Network):

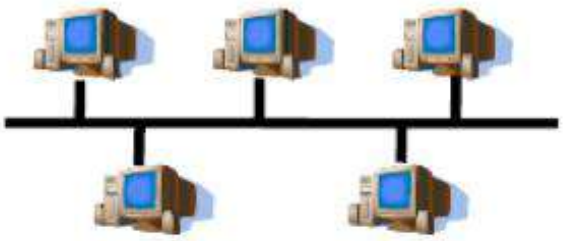
تربط العقد في هذا النوع من الشبكات على شكل حلقة (طوق) إذ تشبه في تركيبها الشبكة الخطية من حيث الاجهزة على قناة واحده ولكن الفرق بينهما هو عدم وجود نهايات للكابل ولا تحتاج الى سدادات (Terminators) لأن القابلو متصل على شكل حلقه تسمح للإشارات المتولدة من الأجهزة ان تمر عبر الحلقة على الأجهزة الاخرى كافة وتعود ثانية الى مكان انطلاقها ويعمل كل جهاز متصل بهذه البنيه كمسترجع للإشارة التي تصله ان لم تكن تعنيه، وفي حالة تعطل عقدة او اكثر في الشبكة تتوقف الشبكة عن العمل بشكل كامل، وكما موضح في الشكل (3-6).



الشكل 3-6 الشبكات الحلقية Ring Network

ح) الشبكة الخطية (Bus Network):

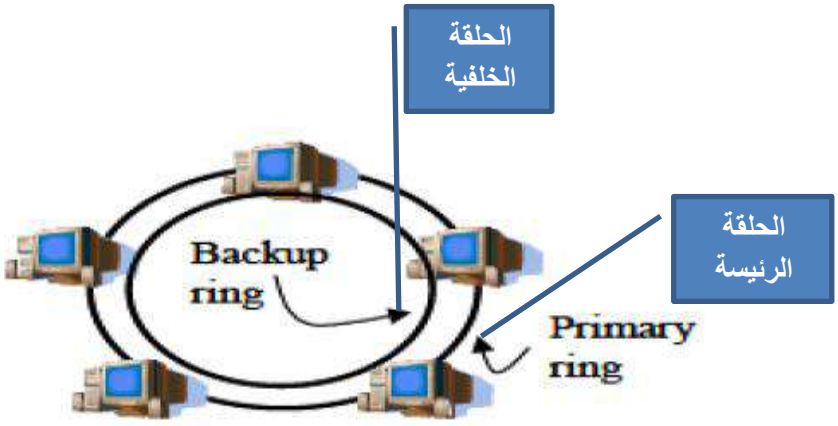
وقد سميت بالشبكة الخطية نسبة الى الشكل المستقيم الذي يربط العقد في الشبكة وتسمى بشبكة الناقل في بعض الاحيان، وتستعمل في الشبكات الكبيرة والصغيرة. إذ يكون تصميم الشبكة هذه بتوصيل العقد في صف على طول سلك واحد يسمى العمود الفقري (Backbone)، إذ ان كل جهاز يرتبط بالجهاز الذي يليه وكما موضح في الشكل (3-7). توفر آلية تقويه للاشارات المرسلة من عقدة الى اخرى، وعند ارسال اي رساله من اي حاسب على السلك فانها تصل الى العقد في الشبكة كلها لكن عقدة واحد فقط تستطيع ان تتقبلها. لذا فان عقدة واحدة فقط يسمح لها بالارسال في الوقت نفسه ونستنتج من ذلك ان عدد الاجهزة او العقد فيها يؤثر على سرعة انتقال البيانات في هذا النوع من الشبكات. ومن أهم الأدوات المستعملة في هذه الشبكة هو جهاز الغلق او السدادات (Terminators) إذ يستعمل لإمتصاص الاشارات ومنعها من الانعكاس مرة اخرى، وتتمثل عيوب شبكة الناقل بأن اي فشل لعقدة ما على هذه الشبكة يسبب فشل الشبكة بالكامل. وإن قطع السلك الرئيس للشبكة يؤدي الى شطرها الى نصفين ويؤدي بالتالي الى وجود تصادم في البيانات، وكما موضح في الشكل (3-7).



الشكل 3-7 الشبكة الخطية (Bus Network)

د) شبكة المعالجة الذاتية (Self-Healing Ring):

ويرمز لشبكة المعالجة الذاتية بـ (SHR) وتربط على شكل حلقتين متعاكستين وذلك لإمكانيه معالجة الأخطاء الحاصلة في الشبكة ولكل عقدة فيها وظيفة محددة، وكما موضح في الشكل (3-8).



الشكل 3-8 شبكة المعالجة الذاتية (Self-Healing Ring)

إن جميع الشبكات المذكورة آنفاً لا يمكن ان تحدد الشكل المثالي للعمل مع الشبكات المتحسسة إذ تعتمد على البيئة التي تعمل بها الشبكة ففي المكانات المرتفعة ذات الصفة الجبلية تستعمل نوع الشبكة المتداخلة (Mesh Network) مع مراعاة المعايير والمواصفات المصادق عليها من عدد من هيآت التقييس وذلك للعمل على تطويرها وبشكل مستمر.

جـ) تصنيف الشبكات بحسب قدرات أجهزة التحسس الى أربعة اصناف:

1. شبكات ذات اجهزة خاصة.
2. شبكات ذات اجهزة عامة.
3. شبكات ذات اجهزة نطاق تردد عالٍ.
4. شبكات ذات قدرات عالية.

وتتميز كل فئة من هذه الفئات بمقدار الطاقة وحجم الذاكرة والقدرة على الاتصال وتستعمل هذه المواصفات لتقييم كفاءة الاجهزة.

كما تتفرّد شبكات الحساسات بخصائص عديدة منها قدرتها على العمل في بيئات قاسية وتحت ظروف مناخية صعبة، والتعامل الذاتي مع أعطال الأجهزة التي قد تطرأ فجأة على الشبكة، وتنقل الأجهزة خلال زمن التنفيذ للشبكة، والتكيف مع ديناميكية التغيرات الجغرافية للشبكة. وفي الآونة الاخيرة تم التوجه والاهتمام بالشبكات الحساسات اللاسلكية ليس إلى تقليص استهلاك الطاقة فحسب، بل لتحقيق توافق التشغيل مع تطبيقات الانترنت، الذي كان يعد تحدياً كبيراً لعدم التوافق بين خصائص اتفاقيات شبكة الانترنت (TCP/IP) مع مستلزمات الشبكات الحساسة اللاسلكية وخصائصها المتمثلة في قلة الموارد والتي تقابل استهلاك الموارد الحسابية والطاقة ومساحات التخزين. إذ تم تجاوز هذا التحدي باقتراح الاتفاقية المعيارية (6Lowanpano) التي دمجت بين معيارية (IEEE 802.15.4) مع معيارية (IPV6) لشبكة الإنترنت إذ ربط بين شبكة الإنترنت وشبكات المتحسسة اللاسلكية والذي عدّ طفرة كبيرة في تحقيق أنظمة الحوسبة المادية إذ تم الإفادة من ميزات شبكات الانترنت من حيث اتساع النطاق وشموليتها وميزات الشبكة المتحسسة التي تتفاعل مع البيئة المحيطة مباشرةَ.

ويمكننا أن نقول بعد ظهور فكرة أنظمة الحوسبة التي تتعامل مع الماديات، اتجه العديد من الآراء إلى إعادة التفكير في أسس الحوسبة لتخطي الحواجز التي تعيق إنشاء أنظمة الحوسبة المرتبطة ببيئتها المادية.

3-1-1 نطاق عمل انظمة الشبكات اللاسلكية

منذ نشأة أنظمة الحوسبة وشبكات الاتصال العنكبوتية، دأب الباحثون على تصميم آليات وبروتوكولات قابلة للاتساع وإنشاء أنظمة واسعة النطاق ممتدة على مساحات جغرافية شاسعة وتتكون من العديد من الأجهزة.

وقد كانت الفكرة الأولى هي إنشاء شبكات متكونة من مئات الأجهزة، ولكن مع التقدم والتطور التكنلوجي أصبحت تهدف إلى استعمال الآلاف وعشرات آلاف من الأجهزة.

مثال على ذلك: المشروع الأوربي المسمى (EMMON) والذي يهدف إلى إنشاء شبكة قوية من اجهزة المراقبة يصل عددها إلى مئة ألف جهاز، وبسبب هذا الإتساع في نطاق انظمة الشبكات بزيادة عدد الأجهزة إزداد التعقيد في تصميم الشبكة اللاسلكية.

وقد كانت المعماريات الهرمية للشبكة المعقدة أحد الحلول الأساس لمعالجة اتساع النطاق من خلال تكوين شبكات متعددة الطبقات أو شبكات عنقودية. وتتميز هذه المعماريات بقوة فعاليتها في التحكم في استهلاك الطاقة

إذ أمكن تنظيمها على شكل جدولة لحقب الخمول وحقب النشاط وتكييفها حسب الحاجة، كما انها لها قدرة كبيرة على ضمان جودة خدمة أفضل من التي تقدمها المعماريات الاخرى. إلاّ أنّ المعماريات الهرمية تعاني من تعقيد عملية صيانتها والمحافظة عليها وهو ما يعد من أحد التحديات النظرية لتنشيطها مع عدم الاستقرار في الوصلات اللاسلكية وتغيرها بشكل عشوائي، لذلك يجب تطوير آليات التحكم في طوبولوجيا هذه الشبكات مع الأخذ بالنظر خصائص الطبقة الفيزيائية للشبكات اللاسلكية. ولدعم اتساع نطاق أنظمة الحوسبة المادية بالاستعانة بشبكات أنظمة الحوسبة اللاسلكية ذات الموارد المحدودة بشبكات أخرى واسعة النطاق ذات موارد أكبر مثل شبكة الانترنت وشبكات الاتصالات المتطورة مثل الواي ماكس وغيرهما من الحلول التقنية الأخرى من خلال تصميم بوابات متخصصة للتواصل بين البروتوكولات المختلفة.

2-3 أنواع تقنيات الاتصال لوحدات التحسس في شبكة الاستشعار اللاسلكية

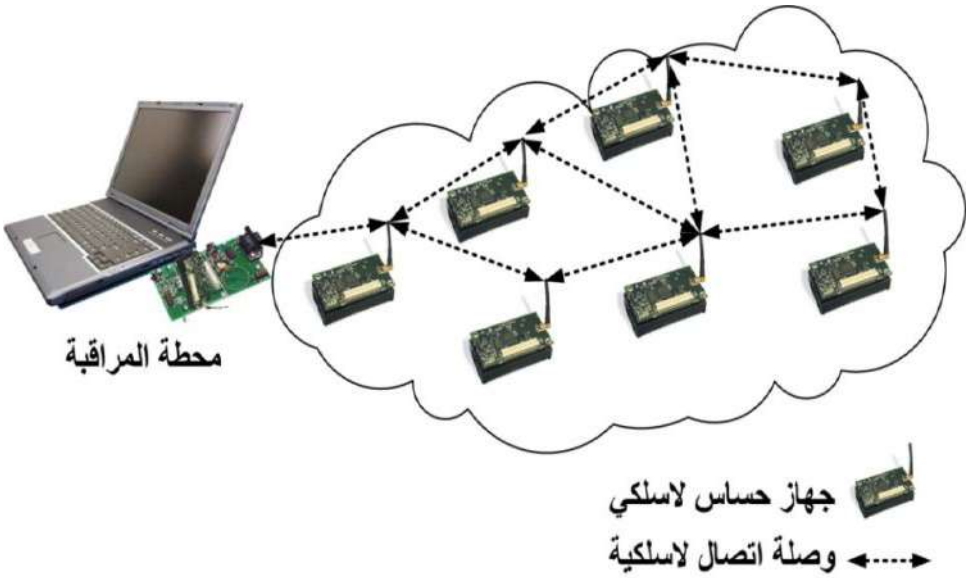
في البداية كان الغرض من شبكات التحسس اللاسلكية هي تطبيقها في المجال العسكري إذ كان هدفها هو تزويد ميادين القتال العسكرية بأعداد هائلة من المتحسسات الالكترونية الدقيقة (Sensors) والتي ترصد وتقرأ أجواء المعركة وظروفها من درجات ضغط وحرارة وسرعة رياح واحتمالات وجود تهديدات كيميائية أو بيولوجية، وكذلك تقوم اجهزة المتحسسات برصد اماكن تواجد آليات الخصم وجنوده وتقوم أخيراً بتبادل هذه القراءات وتحليلها فيما بينها قبل أن ترسل نتيجة نهائية عبر الشبكة اللاسلكية إلى مركز المراقبة الرئيس التابعة لهذه الشبكة وقد سمي هذا المشروع الغبار الذكي (Smart Dust) وذلك للإشارة الى وضعية اجهزة التحسس التي تنثر في الموقع المراد معرفة بياناته مثل ذرات الغبار. ان نشر أجهزة التحسس هي اول مرحلة من مراحل تكوين شبكات أجهزة التحسس اللاسلكي وفي هذه المرحلة يجب اتخاذ الدقة والحيطة في نشر هذه الأجهزة لإداء مهامها بشكل جيد، قد تتم عملية نشر اجهزة التحسس اما يدوياً أو باستعمال إنسان آلي، في المناطق التي يصعب الوصول إليها، أو أن هناك عدداً كبيراً من أجهزة التحسس التي يجب نشرها. ويمكننا ان نقول بان عملية نشر اجهزة التحسس يجب ان يكون على وفق مخطط واضح المعالم إذ يمكن تحديد اماكن انتشار الأجهزة المتحسسة.

وهناك طريقتين تنشر فيها أجهزة التحسس، وهي:

1- تنشر أجهزة التحسس بشكل منسق وواضح بحيث يمكن ان نحدد كل جهاز تحسس في موضعه نظراً لوجود تنسيق في عملية التوزيع.
2- تنشر أجهزة التحسس بشكل عشوائي إذ تنشر بوساطة مروحيات تتوزع بمواقع مختلفة ولكن بضمن مدى محدد.

وفي كلتا الحالتين فان آلية عمل اجهزة التحسس المنتشرة في الحقل المراد مراقبته تقوم ببث البيانات التي ترصدها الى المحطة الرئيسة لمعالجتها، وكما موضح في الشكل (3-9).

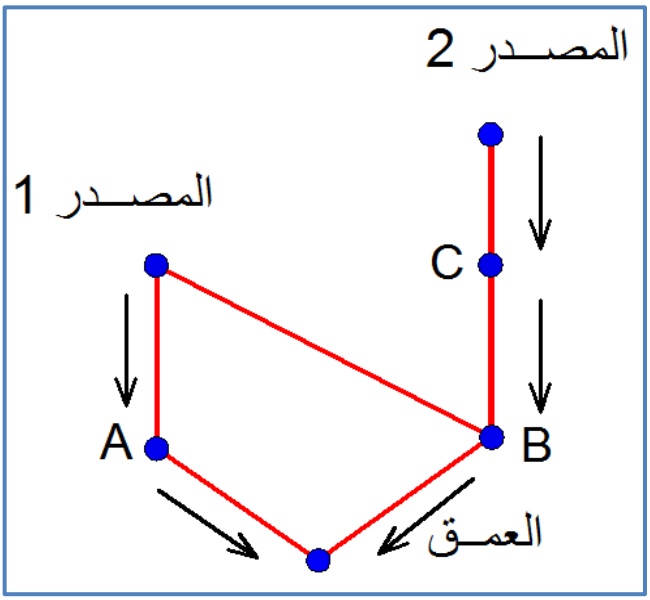
وهناك كثير من التحديات التي تواجهها الشبكات اللاسلكية المتحسسة والتي تقلل من كفاءة عملها إذ تعاني هذه الاجهزة من محدودية الطاقة وصغر الذاكرة التي لا تساعد على تمثيل القدرة نحو الانتشار والتوجيه ودمج المعلومات بالإضافة الى الموثوقية.



الشكل 3-9 إنتشار أجهزة التحسس في حقل محدد

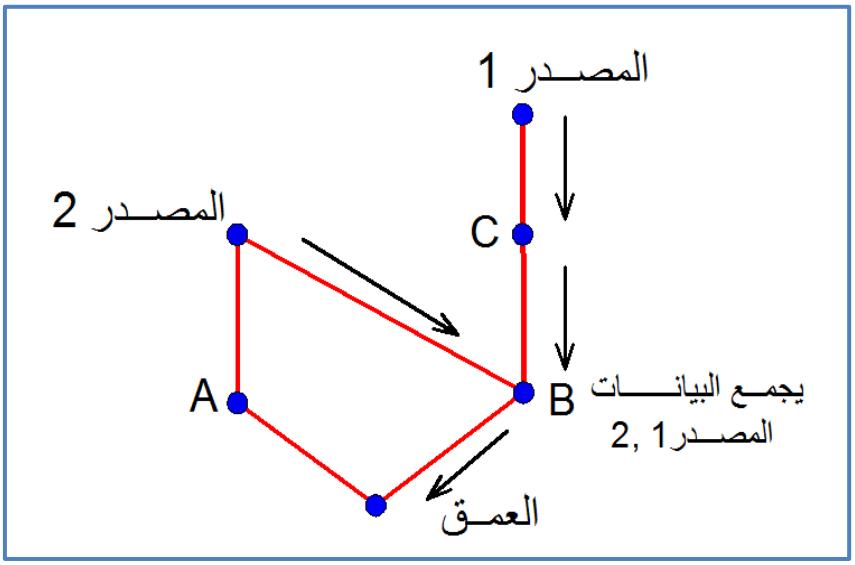
كما إن هناك بعض الخصائص التشغيلية لأجهزة التحسس لا يمكن معرفتها إلا بعد نشرها وتنظيمها، لذا فإن هيكل وبنية شبكات التحسس اللاسلكية تختلف في الكثير من الأمور ونظرا لمحدودية قدرة اجهزة التحسس فهناك كثير من العمليات يجب ان تنفذ بالتوالي، مثل: الرصد، والتشفير، ونقل البيانات، كما انها لا تزال تعتمد على التقنيات والبروتوكولات المستعملة في هيكليات الشبكات التقليدية. ان معمارية الاتصال لشبكة المتحسسات اللاسلكية قد جمعت مفهوم التوجيه والاحتفاظ بالطاقة، ولتوضيح مفهوم التوجيه يجب تقسيمه بحسب نوع العمل الذي تقوم به الشبكة الى قسمين أساسين، وهما:

1- تقنية التوجيه اعتمادا على العنوان: يعتمد هذا التوجيه على عنوان العقد النهائية بعد ان يسلك اقصر طريق بين ازواج العقد، لاحظ الشكل (3- 10).



الشكل 3-10 مخطط التوجيه إعتماداً على العنوان

2- تقنية التوجيه اعتمادا على البيانات: يتم تجميع البيانات إذ يعتمد التوجيه على مسارات من عدة عقد في عمق واحد، لاحظ الشكل (3-11).



الشكل 3-11 مخطط التوجيه اعتمادا على البيانات

3-2-1 طبقة شبكات الاستشعار اللاسلكية

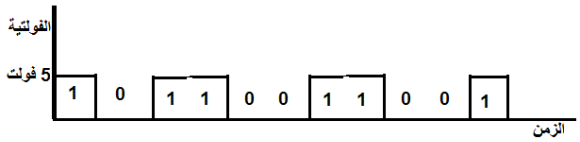
الشبكات المتحسسة لها معمارية خاصة إذ تجمع بين الاحتفاظ بالطاقة (Power) ومفهوم التوجيه (Routing) إذ انها تعمل بنظام الطبقات، وكل طبقة تخضع لبروتكول معين لاحظ الشكل (3-12) لتحسين الاتصال بين العقد المتحسسة وفيما يأتي نستعرض هذه الطبقات:

1- Physical Layer	1- الطبقة الفيزيائية
2- Data Link Layer	2- طبقة ربط المعلومات
3- Network Layer	3- طبقة الشبكة
4- Transport Layer	4- طبقة النقل
5- Application Layer	5- طبقة التطبيقات

الشكل 3-12 طبقات بروتوكولات الشبكة اللاسلكية Wireless Network Protocol Stack

1- الطبقة الفيزيائية Physical Layer:

هي الطبقة التي تربط بها العقدة المتحسسة بالوسط الناقل، ووظيفة هذه الطبقة تحويل المعلومات المراد إرسالها إلى إشارات لاسلكية تلائم الوسط الناقل بالإضافة إلى اختيار التردد المناسب، تشكيل الموجة الحاملة، كشف الإشارات وتشفير البيانات.

الكلمة	التجفير الرقمي	الاشارة الرقمية
Hello	10110011001	

2- طبقة ربط البيانات Data Link Layer:

من أهم وظائف هذه الطبقة MAC (Media Access Control) إذ ان الهدف الأساسي لنظام MAC هو مشاركة موارد الاتصال بشكل عادل وفعال بين عقد أجهزة الاستشعار المتعددة من أجل تحقيق أداء جيد للشبكة من حيث استهلاك الطاقة وزمن التسليم بالإضافة إلى التحكم بالأخطاء للبيانات المرسلة.

3- طبقة الشبكة Network Layer

الوظيفة الرئيسة لهذه الطبقة هي التوجيه (Routing) إذ تتعامل مع توجيه البيانات عبر الشبكة من نقطة الأرسال إلى نقطة الاستقبال مع الأخذ بنظر الاعتبار محدودية الطاقة والذاكرة، إذ يعد المسار الموفر للطاقة والتوجيه المركزي للبيانات وتجميع البيانات من المهام التي يتم إجراؤها عن طريق طبقة الشبكة. ومن أشهر البروتوكولات في هذه الطبقة برتوكول التسلسل الهرمي التكيفي للمجموعات منخفض الطاقة Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) الذي يقسم الشبكة إلى مجموعات للقيام بمهمة التوجيه من مجموعة إلى أخرى.

4- طبقة النقل Transport Layer

بشكل عام تكون طبقة النقل مسؤولة عن التسليم الموثوق للبيانات بين عقد الاستشعار والوحدة المركزية ولكن نظراً لمحدودية الطاقة والتخزين للعقد المستشعرة لا يمكن تطبيق بروتوكولات طبقة النقل التقليدية (TCP) و (UDP) مباشرة على شبكات الاستشعار دون تعديل. ومن أشهر البروتوكولات المستخدمة في هذه الطبقة برتوكول التحكم بالنقل للمستشعر(STCP) sensor Transmission Control protocol الذي يوفر موثوقية عالية بالإضافة لقدرته على التحكم في تدفق البيانات بين العقد المستشعرة والوحدة المركزية.

5- طبقة التطبيقات (Application Layer)

تتضمن طبقة التطبيق مجموعة من البروتوكولات التي تنفذ العديد من تطبيقات شبكات الاستشعار مثل تحديد العقدة المتحسسة، ومزامنة الوقت وأمن الشبكة. ويعتبر بروتوكول إدارة أجهزة الاستشعار(SMP) sensor Management protocol وبروتوكول الاستعلام عن أجهزة الاستشعار ونشر البيانات Sensor Query and Data Dissemination Protocol (SQDDP) من أشهر البروتوكولات المستخدمة في هذه الطبقة.

3-3 المواصفات والمعايير للتقنيات المستعملة في شبكات الاستشعار اللاسلكية

قبل دراسة المواصفات ومعايير الشبكات اللاسلكية، يجب أن نتعرف -عزيزي الطالب- الى مفهوم (المعيار) ولماذا نهتم بالمعايير او المواصفات للشبكات بأنواعها كافة؟

في عام 1978 وضعت اللجنة الإستشارية لسياسة المعايير الوطنية US-NSPAC تعريفا للمعيار، وهو:

((مجموعة محددة مسبقاً من القواعد والشروط أو المتطلبات المتعلقة بتعريف المصطلحات، تصنيف المكونات، تحديد المواد، الأداء أو الإجراءات، تخطيط العمليات، القياسات الكمية أو الجودة لتوصيف المواد، المنتجات، الأنظمة، الخدمات أو الممارسة)).

إذ يمكن تصنيف المعايير الى:

1- المعايير مفتوحة:

وهي معايير مفتوحة لعموم المستخدمين ومن أمثلتها مواصفات لغة الربط التشعبي (HTML) تساعد المعايير المفتوحة على رفع مستوى التوافقية بين التجهيزات ، البرمجيات أو الأنظمة لكونها متاحةً لأي شخصٍ يرغب في إستعمالها.

مما يعني عملياً أن بإمكان أي شخصٍ يملك الخبرة والدراية الكافية أن يبني منتجه الخاص ليعمل مع المنتجات الأخرى المتوافقة مع المعيار المفتوح نفسه الذي استخدمه في بناء منتجه.

و تعد المعايير المنشورة من قبل المنظمات الدولية مثل ITU، ISO و IEEE مفتوحةً إلا أنها ليست مجانيةً على الدوام.

2- المعايير المغلقة:

وهي المعايير التي لاتتاح إلا بشروط صارمة ومقيدة مع الجهة المالكة إذ تعد معايير مغلقة من الجهة المالكة لضمان حقوق الملكية الفكرية. مثال على المعايير المغلقة صيغ مستندات حزمة برمجيات Microsoft Office المتضمنة معالج النصوص (Microsoft Word) ومعالج البيانات (Excel and Excess) وغيرها حيث تكون مقيدة جداً للحفاظ على حقوق الملكية الفكرية.

ولتحسين اداء شبكات التحسس اللاسلكية (WSN) فقد تمت المصادقة على عدة معايير من قبل هيآت عالمية لتحسين ادائها ومن هذه الهيآت جمعية او هيأة مهندسي الكهرباء والإلكترونيات:-

(Institute of Electrical and Electronics Engineers) والتي يرمز لها IEEE.

بالإضافة الى أن هنالك الكثير من المنظمات غير القياسية تستعمل معايير اقل بكثير من المعايير والمواصفات المستعملة من هيأة IEEE ومع ذلك فيمكننا الاعتماد على المعايير الثابتة والشائعة الاستخدام في شبكات التحسس ومن اكثر هذه المعايير شيوعاً مجموعة معايير (IEEE 802 LAN/WAN)، ونذكر منها:

1) معيار الشبكات اللاسلكية IEEE 802.11 والتي سيتطرق لها في الفصل الخامس.
2) معيار شبكات الإيثرنت IEEE 802.3
3) معيار بلوتوث (Bluetooth) IEEE 802.15.1
4) معيار زكبي (Zigbee) IEEE 802.15.4 .

1-3-3 تقنيات الاتصال اللاسلكي

يوجد العديد من الوسائل التي تربط بوساطتها الأجهزة الإلكترونية ببعضها الآخر, ومن هذه الوسائل: الكوابل والأسلاك الكهربائية، وكوابل الإيثرنت، وتقنية الواي فاي، واشارات الأشعة تحت الحمراء؛ ومن الجدير بالذكر ان تقنية الواي فاي Wi-Fi قد احدثت ثورة في مجال شبكات الحاسوب وذلك من خلال:

- تسهيل الاتصال بالشبكات الداخلية حينما نكون بالخارج.
- سهلت لنا هذه التقنية التوصيلات بين الاجهزة، من خلال تقليل عدد القابلوات بشكل كبير جداً.

أدى ذلك إلى إهتمام الشركات بهذه التقنية والعمل على تطويرها وكذلك جذبت المستخدمين المنزليين لإستعمالها. فقد بدأت الشركات بتطوير التقنيات اللاسلكية، إذ ظهرت تقنيات لاسلكية متعددة بمختلف تردداتها ومن هذه التقنيات:

1. تقنية GSM

يعد النظام العالمي للاتصالات المتنقلة GSM (Global System for Mobile communications) من أشهر بروتوكولات نقل البيانات المتعارف عليها فى مجال الاتصالات من خلال الهواتف المحمولة، ويخصص في هذه التقنية تردداً ثابتاً لكل مشترك على الشبكة ولايتم تغييره، وتنقل البيانات فى بروتوكول GSM بسرعة تصل الى 9.5 ك ب/ث، إذ تعد GSM التقنية الاشهر فى الدول الاوروبية والاسيوية ومعظم الدول الأخرى.

وأهم ما يميز تقنية GSM استخدامها بطاقات الذاكرة المعروفة بـ SIM Card وهي بطاقة صغيرة سهلة التثبيت والازالة فى الهاتف ويقوم المستخدم بتخزين بعض المعلومات الهامة عليها مثل ارقام التليفونات الخاصة به وبعض الملفات الاخرى، ولايحتاج المستخدم الى التعامل مع شركة الهاتف عند رغبته فى ازالة الشريحة (SIM Card) وتغييرها باخرى، وكذلك يمكنه وضع الشريحة فى هاتف آخر يرغب فى إستعماله وبالطبع سيجد شريحة الكارد محتفظة بجميع بياناته المخزنة عليها، وتنتشر تقنية GSM بسرعة كبيرة وتثبت نجاحا فعلياً مع المستخدمين.

2. تقنية CDMA

بروتوكول CDMA، او Code Division Multiple Access لنقل البيانات، وهو بروتكول مستخدم بصورة اساسية فى الولايات المتحدة الامريكية وبعض الدول القليلة الاخرى وفى هذا البروتكول لايكون هناك تردداً ثابتاً للمشترك بل يتم تغييره من وقت لآخر عند حدوث ضعف او تشويش فى الاشارة المستقبلة وذلك لضمان مستوى جودة متميز عند نقل الصوت والبيانات بين المشتركين، ولايعتمد بروتكول CDMA على شريحة SIM Card ولكن يرتبط الهاتف الخاص بالمشترك بشبكة الهاتف المقدمة للخدمة ارتباطا وثيقا ولذلك لايستطيع المشترك تغيير هاتفه واستخدام الهاتف الجديد الا بعد الاتصال بالشركة صاحبة الشبكة وذلك لتنشيط الهاتف الجديد والغاء عمل الهاتف القديم.

واذاً -عزيزي الطالب- حينما تكون مسافراً الى دولة أخرى لابد أن تعرف بأي برتوكول تعمل هذه الدول GSM، أو CDMA، أو الاثنين معا حتى تختار أحدهما لسبب بسيط هو أن الهاتف يعمل بتقنية واحدة فى الوقت نفسه وعامةً فإن GSM هى الأوسع إنتشاراً الآن.

ومن جانب آخر واجهت الشركات والمؤسسات المتخصصة بالشبكات اللاسلكية مشكلة إستهلاك الطاقة وكلفة بناء المشاريع باستعمال هذه التقنيات. كما كانت هنالك شركات ومؤسسات تعاني من مشكلة كبيرة جداً وهي أن عطل جهاز واحد يؤدي إلى توقف عمل الأجهزة الأخرى.

ومن ذلك المنطلق بدأ المهندسون يفكرون بتقنية جديدة بحيث تكون مستهلكة للطاقة بكيفية ضئيلة وتكلفة تصنيعها زهيدة. فقد لاحظ المهندسون حركة النحل حينما تجتمع مع بعضها الآخر، تستطيع أن تؤدي مهمات معقدة وصعبة بمشاركة كل نحلة بطاقتها المتاحة، وكما لاحظوا أيضاً أن النحل يستعمل لغة ورقصة خاصة به ليتعارف فيما بينه.

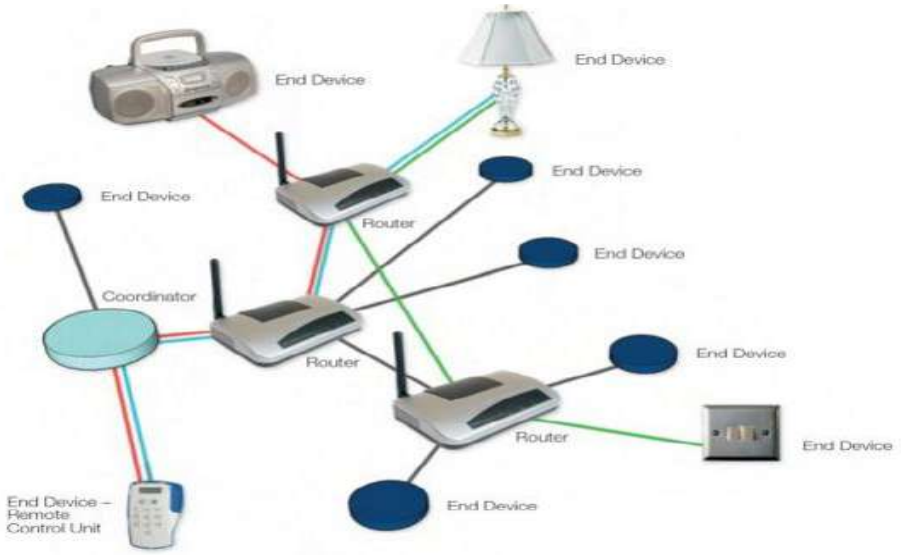
ومن هنا أبتكر المهندسون التقنية الجديدة التي أطلقوا عليها أسم (ZigBee)، أي دوي النحل وهي اللغة المستعملة من قبل النحل للتخاطب فيما بينه لانجاز مهمة معينة، والفقرات الآتية توضح مفهوم هذه التقنية.

3. تقنية الزكبي ZigBee

وهي تقنية ربط شبكي صممت خصيصا للإستخدامات التي تحتاج إلى ربط شبكي يعمل لمدد زمنيةٍ طويلة من دون الحاجة للتزود بالطاقة الكهربائية لمدد طويلة. إذ زودت هذه التقنية ببطاريات مدة عملها تصل الى 360 يوما من العمل بشكلٍ متواصل، من دون الحاجة لشحنها سوى مرة واحدة. كذلك فقد صممت خصيصاً للإستخدامات التي تحتاج إلى توافر الخدمة بدرجة عالية بحيث يكون هنالك بديل مباشر في حال تعطل أحد الأجهزة.

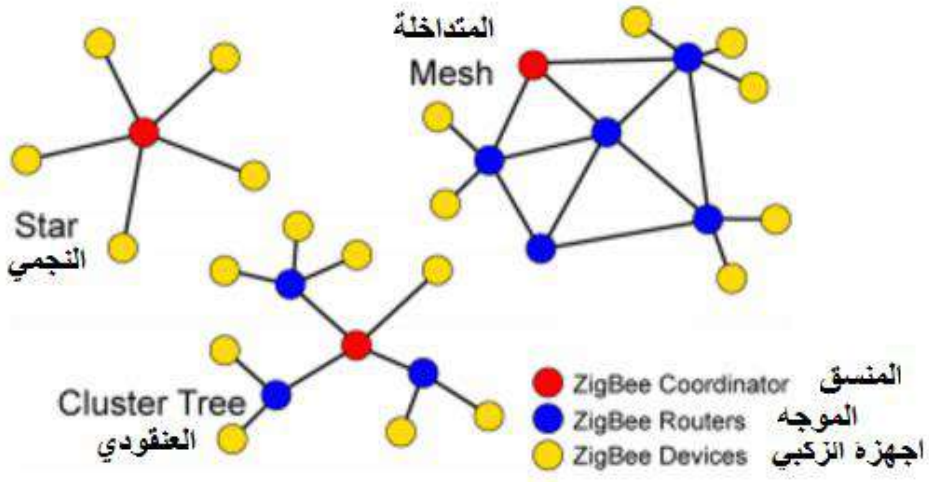
وتجاوز تركيز الشركات المطورة لهذه التقنية استخداماتها للمؤسسات والمشاريع بل طورتها ليمكن إستعمالها أيضاً في المنازل بحيث توفر ربطاً شبكياً لأجهزة التبريد والتسخين وغيرها من أجهزة منزلية ترفيهية لتكون لها وحدة تحكم مركزية. والجدير بالذكر أن هذه التقنية توفر المرونة لتوسيعها بسهولة وتمتاز أيضـاً بتوفيرها حماية قوية للشبكة .

وتندرج هذه التقنيـة في ضمن المعيار (IEEE 802.15.4) وتستعمل ترددات مختلفة بحسب تصنيفها في الدول مثل التردد 902 MHz، و 868 MHz ، ويوضح الشكل (3-13) أستعمال هذه التقنيـة فـي المنـازل لربـط الاجهـزة المنزلية:



الشكل 3-13 ربط شبكة لاسلكية للتحكم بالأجهزة المنزلية باستعمال تقنية الزكبي

بنية تقنية الزكبي ZigBee تتكون من عدة عناصر رئيسة إذ أن هذه العناصر تكون موصولة فيما بينها بعدة أنواع من الطوبولوجيا مثل الربط الشبكي (المتداخل)، أو العنقودي، او النجمي (Star, Cluster-Tree, Mesh)، وكما موضح بالشكل (3-14) الآتي:



الشكل 3-14 يبين انواع الربط لتقنية الزكبي ZigBee

ولكل عنصر من هذه العناصر المرتبطة مع بعضها الآخر وظيفة معينة. إذ أن:

المنسق Coordinator: مسؤول عن بدء العمل في الشبكة والتحكم بها، وكما أنه يخزن المعلومات عن الشبكة والمتضمنة معلومات عن الحماية والمراكز الموثوقة للبث.

الجهاز الموجه Routers: وهو المسؤول عن عملية توسيع الشبكة بطريقة دينمايكية وعن توفير نسخة من اعدادت الموجهات وايضا يوفر تقنية السماح بوجود العطل Fault Tolerance أي عدم توقف الأجهزة الأخرى في حال توقف أحد الأجهزة.

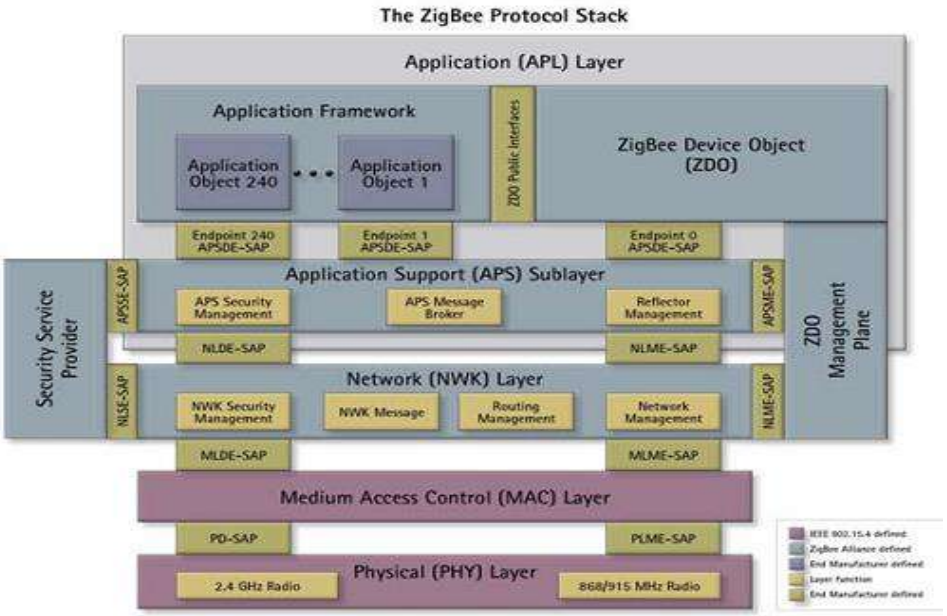
أما اجهزة الزكبي ZigBee فهي الأجهزة المسؤولة عن الارسال والاستقبال فقط.

ان الربط الشبكي هو الأكثر شيوعا في ربط عناصر تقنية الزكبي ZigBee، وكما هو موضح في الشكل (3-15).

الشكل 3-15 ربط مكونات شبكة Zigbee باستعمال ربط المتداخل Mesh.

ويتميز هذا النوع من الربط بأنه الاكثر ضماناً لوصول البيانات، وكما أنه صعب الانهيار او العطل. بالإضافة الى قدرته على إتاحة امكانية القضاء على مشكلة أجزاء الشبكة المتوقفة عن نقل البينات او الضعيفة في نقل البيانات بمعالجتها بكل يسر وذلك بإضافة موجه Router جديد موصول بهذه الأجزاء لتكوين جزء جديد يساعد على رفع قابلية أداء الشبكة. ومن المهم ذكره أن هذا النوع من الربط يتميز ايضاً عن باقي الانواع الاخرى، بإمكانيته على نقل البيانات بإستعمال الأجهزة الأخرى المرتبطة بالشبكة في حال توقف أحد الاجهزة عن العمل او ظهور عطل مفاجيء في التوصيل.

ومن الجدير بالذكر ان تقنية Zigbee تمتلك الكثير من البروتوكولات الشبكية التي تعمل على إنجاز خدمات هذه التقنية، ويوضح الشكل (3-16) هذه البروتوكولات.



الشكل 3-16 البروتوكولات المستعملة في تقنية الزكبي ZigBee (للإطلاع)

4. تقنية البلوتوث Bluetooth

وكما مر ذكره آنفاً عندما تستخدم - عزيزي الطالب - الحاسوب أو أنظمة الترفيه أو الهواتف فإن الأجزاء والمكونات المتعددة للأنظمة تقوم بإنشاء حلقة اتصال من الأجهزة الإلكترونية فيما بينها, بحيث يزداد ربط الأجهزة ببعضها تعقيداً يوماً بعد يوم, سنسلط الضوء هنا على إحدى تقنيات الربط شائعة الاستعمال والتي تدعى "البلوتوث" (Bluetooth), إذ بمقدور هذه التقنية تحسين عملية الربط والتوصيل. إن تقنية البلوتوث لا تستعمل الأسلاك وهي ذاتية التشغيل وتملك العديد من الخصائص المفيدة التي تستطيع تبسيط حياتنا اليومية.

الشكل 3-17 سماعة اذن هاتف نقال تعمل بتقنية البلوتوث

(1) أسباب ظهور تقنية البلوتوث Bluetooth

حينما يحتاج جهازان إلى التواصل والتراسل ببعضهما فعلى المستخدم الموافقة على نقطتين رئيستين قبل بدء النقاش، وهما:

أ) البعد الفيزيائي, بمعنى هل سيؤمن الإتصال عبر الأسلاك أم عبر الإشارات اللاسلكية؟ وان استعملنا الاسلاك، فما العدد المطلوب في ذلك، هل هو: واحد، أم اثنان، أم خمسة وعشرون سلكاً؟

ب) الخواص الفيزيائية، حينما تحدد الخواص الفيزيائية تظهر المزيد من الأسئلة ضمن هذا المجال:

- كم يبلغ مقدار البيانات المتبادلة في المرة الواحدة ؟ فعلى سبيل المثال: يرسل الناقل المتسلسل ما مقداره 1 بت من البيانات في المرة الواحدة , في حين يرسل الناقل الموازي الكثير منها في المرة الواحدة.
- كيف تتم آلية نقل الحديث؟ يحتاج أطراف النقاش الإلكتروني إلى معرفة ما يعني البت وفيما إذا كانت الرسالة التي تلقوها هي نفسها التي أرسلوها, وهذا معناه تطوير مجموعة من الأوامر والردود المعروفة باسم "البروتوكول".

ومن ذلك يتضح، ان إرساء أسس حوار بين أجهزة متعددة في الغالب يتطلب وجود مجموعات كبيرة من الأسلاك والوصلات, ومن أجل جعل الأجهزة الإلكترونية المنزلية أكثر سهولة للمستخدم فإننا نحتاج وسيلة أفضل لجعل الأجزاء الإلكترونية تتحادث فيما بينها, وهنا يأتي دور تقنية البلوتوث, وهي معيار تم تطويره من قبل مجموعة من صانعي الإلكترونيات ويتيح التواصل بين مختلف الأجهزة الإلكترونية سواء كانت حواسيب أم هواتف نقالة أم لوحات مفاتيح أم سماعات أذن من دون الحاجة إلى أسلاك أو كوابل أو أي وسط اتصال مباشر مع المستخدم. بالإضافة الى ذلك فان نقاط ربط البلوتوث تسمح لأجهزة الحاسوب العادي المحمول والحواسيب الدفترية بالإتصال مع شبكات الإتصال المحلية.

ومما تقدم فان تقنية البلوتوث Bluetooth تجاوزت الحاجة للآتي:

1) الاتصال المباشر بين مختلف الاجهزة بوساطة Cables او الاسلاك الكهربائي .
2) تدخل المستخدم في عمليات الاتصال.
3) تُبقي استهلاك الطاقة في الحد الأدنى.

فإذا إستخدم هاتفاً نقالاً يشغل تقنية البلوتوث وتقف خارج باب منزلك, وطلبت من المتصل أن يعاود الإتصال بعد خمس دقائق لتتمكن من الدخول للمنزل وترتيب أغراضك, وما أن تدخل للمنزل حتى يتم إرسال

الخريطة التي استلمتها على هاتفك من نظام تحديد المواقع العالمي في هاتفك بشكل تلقائي إلى حاسوبك الذي يشغل البلوتوث أيضاً, والسبب أن هاتفك يلتقط إشارة البلوتوث من حاسوبك ثم يرسل المعلومات التي حددها تلقائياً, وحينما يتصل صديقك بعد خمس دقائق يرن هاتف المنزل الذي يشغل البلوتوث بدلاً من الهاتف النقال.

صديقك يطلب ذات الرقم لكن هاتف المنزل يلتقط إشارة البلوتوث من الهاتف النقال ويعيد توجيه المكالمة آلياً لأنها أدركت أنك داخل المنزل.

تستهلك الإشارة من وإلى الهاتف النقال 1 ميلي واط فقط من الطاقة لذا لا تتأثر طاقة الهاتف النقال عملياً بكل هذه العمليات. وتعمل تقنية البلوتوث في الأساس على مستويين:

1. توفير التوافق عند المستوى الفيزيائي, فالبلوتوث عبارة عن معيار تردد إشارات الراديو.
2. توفير التوافق عند مستوى البروتوكول لأن المنتجات لابد أن تتوافق عند إرسال إشارات البايت وكم منها سيتم إرساله في المرة الواحدة وكيفية ضمان أن أطراف المحادثة للرسالة المستقبلة هي ذاتها التي تم إرسالها.

كما تبين لنا ان ما يميز تقنية البلوتوث كونه عديم الأسلاك وزهيد التكلفة وآلي التشغيل.

الشكل 3-18 بطاقة بلوتوث لاسلكية خاصة بالحاسوب

وهناك طرائق عدة معتمدة تستغني عن استعمال الأسلاك بما فيها الإتصال بالأشعة تحت الحمراء, وهي موجات ضوئية منخفضة التردد, إذ تستعمل هذه الأشعة في أنظمة تشغيل أجهزة السيطرة عن بعد الخاصة بالتلفاز او الاجهزة الالكترونية الاخرى, وهو موثوق إلى حد لا بأس به ولا يكلف تركيبه على الأجهزة كثيراً، ومع ذلك توجد عوائق بالأتصال بواساطة الأشعة تحت الحمراء وهي:

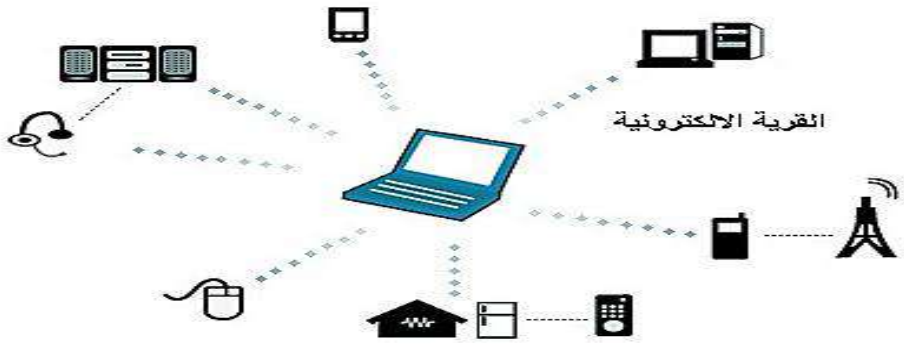
- تعد الأشعة دون الحمراء من التقنيات التي تعتمد على " خط الرؤية " Line of Sight, فعلى سبيل المثال عليك توجيه جهاز التحكم عن بعد نحو التلفاز أو جهاز تشغيل الاسطوانات المضغوطة (DVD) ليتلقى الإشارة .
- تعمل الأشعة تحت الحمراء بتقنية "واحد مقابل واحد" (One-to-One), فأنت تستطيع تبادل المعلومات بين الحاسوب الشخصي والحاسوب المحمول, ولكن ليس بين الحاسوب المحمول والمساعدات الشخصية الرقمية الاخرى في الوقت نفسه.

ومع ذلك يعد هذان النوعان من العوائق مفيدان فيما يخص بعض الحالات, ولأنه يجب توصيل مرسلات ومستقبلات الأشعة تحت الحمراء ببعضيهما فالتداخل بين الأجهزة غير وارد, كما أن طبيعة تقنية "واحد مقابل واحد" لموصلات الأشعة تحت الحمراء مفيدة من حيث أنه يمكنك التأكد أن الرسالة قد وصلت إلى وجهتها المقصودة حتى في غرفة ممتلئة بمستقبلات الأشعة تحت الحمراء .

والهدف من البلوتوث هو تجاوز المشاكل التي تطرأ على أنظمة الأشعة تحت الحمراء, فالجيل القديم من البلوتوث (1.0) يملك سرعة نقل قصوى تقدر بـ (1) ميكابايت في الثانية, في حين أن البلوتوث (2.0) يستطيع تحقيق سرعة تصل إلى 3 ميغابايت في الثانية, كما أن أجهزة البلوتوث (2.0) متوافقة لتعمل مع اجهزة (1.0) ولا يحتاج الى ضبطها على وفق خط الرؤيا.

(2) طريقة اشتغال البلوتوث Bluetooth

تنقل شبكة البلوتوث المعلومات عبر موجات الراديو المنخفضة التردد, وهي تعمل على تردد 2.45 GHz (عملياً بين 2.40 و 2.480) كيكاهرتز من أجل الدقة وتندرج هذه التقنية ضمن المعيار (IEEE 802.15.1)، وتعمل العديد من الأجهزة التي تستعملها في حياتك اليومية بوساطة موجات الراديو والجيل الأحدث من الهواتف اللاسلكية وكلها تعمل بموجات الراديو. وتشكل مسألة ضمان عدم التداخل بين البلوتوث وتلك الأجهزة الأخرى نقطة حاسمة في تصميم هذه المنظومة، وأحد الوسائل التي يعتمدها البلوتوث لتجنب التداخل بينه وبين الأنظمة الأخرى بإرسال إشارات ضعيفة للغاية تقدر بنحو 1 ميلي واط, فعلى سبيل المقارنة تستطيع أقوى الهواتف النقالة بث إشارة قوتها 3 واط, وتحد الطاقة المنخفضة من مدى أجهزة البلوتوث لتصل إلى 10 أمتار (أو 32 قدماً) مما يضعف فرص التداخل بين أنظمة الحاسوب وبين الهاتف النقال أو التلفاز، ولا يلزم بث الإشارة في خط مستقيم حتى بوجود طاقة منخفضة (Line of Sight), ولا تشكل جدران المنزل عائقاً أمام إشارة البلوتوث مما يجعل هذه التقنية مفيدة للتحكم بأجهزة متعددة وفي غرف مختلفة والشكل (3-19) يوضح ارتباط عدد من الاجهزة مع بعضها الآخر بتقنية البلوتوث.



الشكل 3-19 شبكة محلية ترتبط بتقنية البلوتوث Bluetooth

يمكن توصيل ثمانية أجهزة في آن معاً عن طريق البلوتوث, وحينما تضع أكثر من جهاز في نطاق 10أمتار فإنك قد تفكر في إمكانية تداخلها مع بعضها الآخر، ولكن هذا بعيد الإحتمال مع تقنية البلوتوث, ويعتمد البلوتوث تقنية تدعى "تردد الطيف المنتشر" (Spread Spectrum Frequency Hopping) التي تمنع أكثر من جهاز من العمل على التردد نفسه وفي الوقت نفسه ويعمل الجهاز على 79 تردد مستقل منتقى بشكل عشوائي ضمن مدى محدد ويتغير من واحد لآخر بناء على قاعدة منتظمة. لكن مع البلوتوث تقوم المرسلات بتغيير الترددات 1600 مرة في الثانية, مما يعني أن الجهاز يمكن أن يعمل بكامل طاقته على مقدار ضئيل من طيف الراديو, وحيث أن كل مرسل بلوتوث يرسل الطيف المنتشر آلياً فمن غير المحتمل أن يستعمل مرسلان

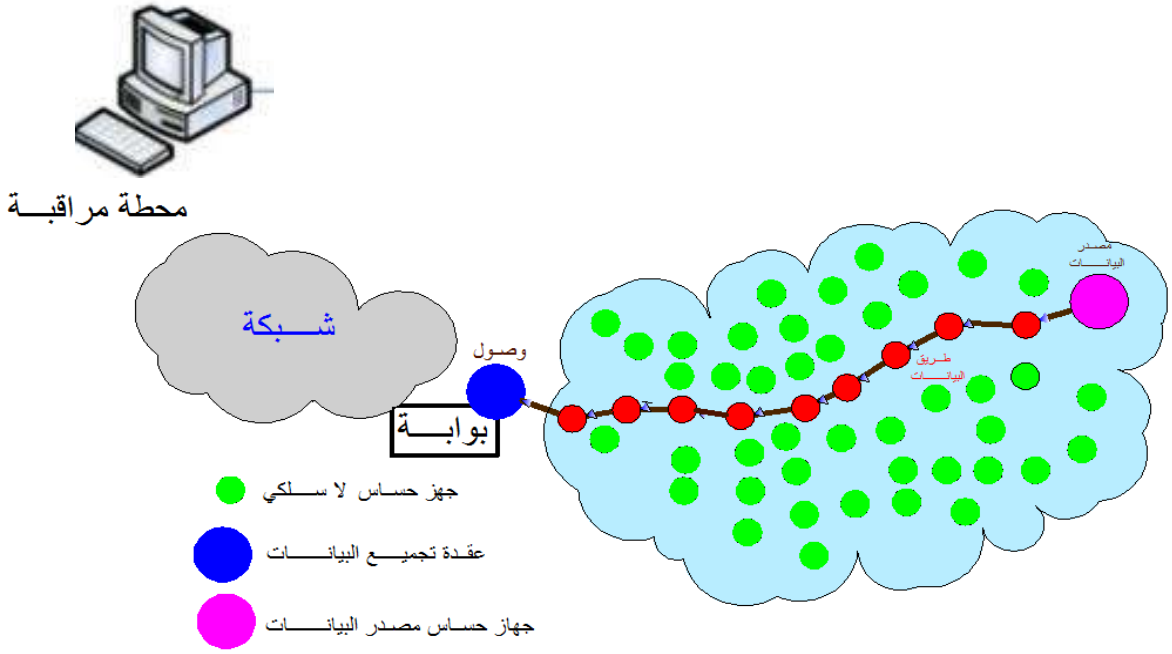
التردد نفسه، وتقوم هذه التقنية بتخفيض مخاطر عرقلة (التشويش) على الهواتف النقالة أيضاً من قبل الأجهزة المزودة بالبلوتوث لأن أي اعتراض على تردد معين يدوم جزءاً يسيراً من الثانية.

وعلى سبيل المثال حينما يقع جهاز مزود بالبلوتوث في نطاق جهاز آخر يحدث نوعاً من الحوار الإلكتروني لتحديد فيما إذا كان لديهما معلومات للمشاركة أو إذا كان أحدهما بحاجة للسيطرة على الآخر, وليس على المستخدم الضغط على زر ما أو إعطاء أمر ما؛ لأن الحوار الإلكتروني يبدأ آلياً, فما أن يحدث حتى تنشأ الأجهزة شبكة فيما بينها, سواء أكانت هذه الأجهزة حاسوباً أم نظاماً سمعياً، ويولد نظام البلوتوث شبكة شخصية يمكن أن تشغل مساحة غرفة أو لا تتعدى المسافة بين هاتف نقال معلق على حزامك وبين سماعة على أذنك, وحينما يتم إنشاء الشبكة المحلية يقفز الأطراف (مثلا الهاتف، وسماعة الاذن) بين الترددات بصورة عشوائية على نحو متناغم بحيث يبقون على اتصال ويتجنبون الشبكات الأخرى التي ربما توجد في الغرفة نفسها.

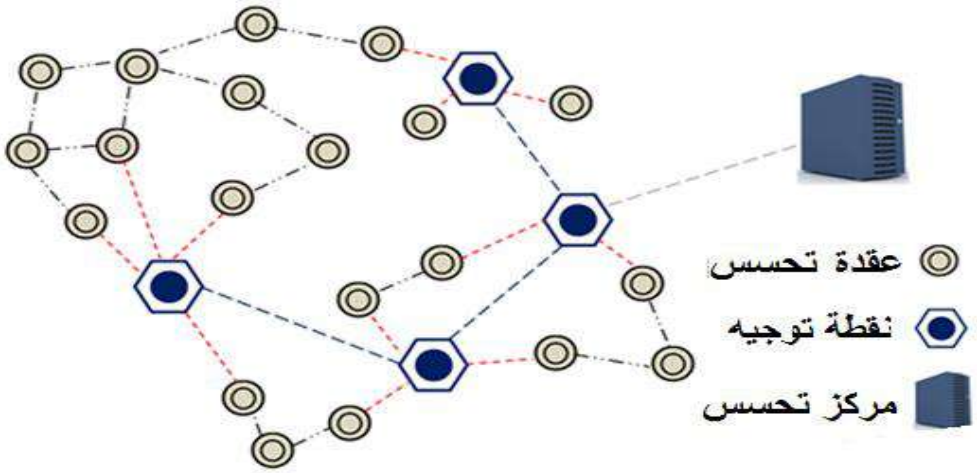
4-3 إسلوب عمل عناصر الشبكات المتحسسة اللاسلكية

ما يزال مجال شبكات التحسس اللاسلكية في مراحله الأولية، كما أن الهيكلية والبروتوكولات المعتمدة في هذا المجال ماتزال في حالة تطور مستمر وهذا ما يستدعي وجود مقاييس يمكنها أن تساعد على معاينة وتحديد مقدار الكفاءة، وقد وضعت كثير من معايير اثناء دراسة وتطوير الشبكات ليتم الاعتماد عليها في ارسال البيانات. ان القدرة على الاتصال ترجع الى الموجات الحاليّة وتعد من اهم مكونات التحسس وتعمل هذه التكنلوجيا على أساس إرسال بيانات على شكل موجات قصيرة، وكمثال على هذه التكنولوجيا الـ Bluetooth، و ZigBee، و UWB. ان كل عقدة تبث البيانات الى العقدة المجاورة ثم تقوم العقدة الاخيرة بالبث الى العقدة الاخرى المجاورة لها وهكذا تستمر الى ان يتم تحقيق الهدف المطلوب وبعدها يتم تحديث جدول التوجيه الخاص بهذه المعالجة فمثلا تكنولوجيا Zigbee تسمح باتصال (154) جهاز تحسس في آن واحد بتردد 204 ميكاهرتز وقد تستعمل تكنولوجيا اخرى غير قياسية لنقل البيانات المختلفة وهذا ما يحدد من قدرة شبكات اجهزة التحسس ويكون عمل الشبكة بان تتحسس اجهزة التحسس الأحداث الفيزيائية من خلال وحدات التحسس في الموقع المراد اخذ او ارسال البيانات منه ثم تحويلها إلى بيانات رقمية ومن ثم إرسالها لاسلكياً من جهاز إلى آخر إذ تتعاون اجهزة التحسس فيما بينها لنقل المعلومات إلى محطة المراقبة 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 يقوم بتجميع المعلومات من شبكة الحساسات اللاسلكية ثم معالجتها وتحليلها. لاحظ الشكل (3-20)

تستعمل هذه الشبكة بروتوكولات عديدة للإرسال والإستقبال، ومن أهم هذه البروتوكولات بروتوكولاً يسمى (SPIN) وهو اختصار لـ (Sensor Protocol for Information via Negotiation) وتعني بروتوكول تحسس البيانات وتبادلها عن طريق التفاوض، وفي هذا البروتوكول تقوم نقطة التحسس بعد قراءة البيانات بإرسال بيانات إعلانية (Advertise Data) لنقاط التحسس المجاورة وذلك لتوفير الطاقة و للتأكد من أن البيانات المقروءة لم يتكرر وصولها إلى النقاط المجاورة؛ وبعد ذلك تقوم النقاط المجاورة التي لم تصلها البيانات من قبلُ بإرسال رسالة طلب البيانات (Request For Data) ومن ثم تقوم النقطة الأولى بإرسال البيانات المقروءة إلى كل نقطة تُرسل في طلب البيانات. وهكذا يستمر الإرسال إلى أن تصل البيانات المقروءة إلى نقطة التوجيه والتي تقوم بدورها بتقوية إشارة هذه البيانات و من ثم توجيهها إلى نقطة التوجيه المجاورة أو إلى مركز المعلومات مباشرة إذا كانت المسافة بينهما في نطاق الارسال، لاحظ الشكل (3-21).



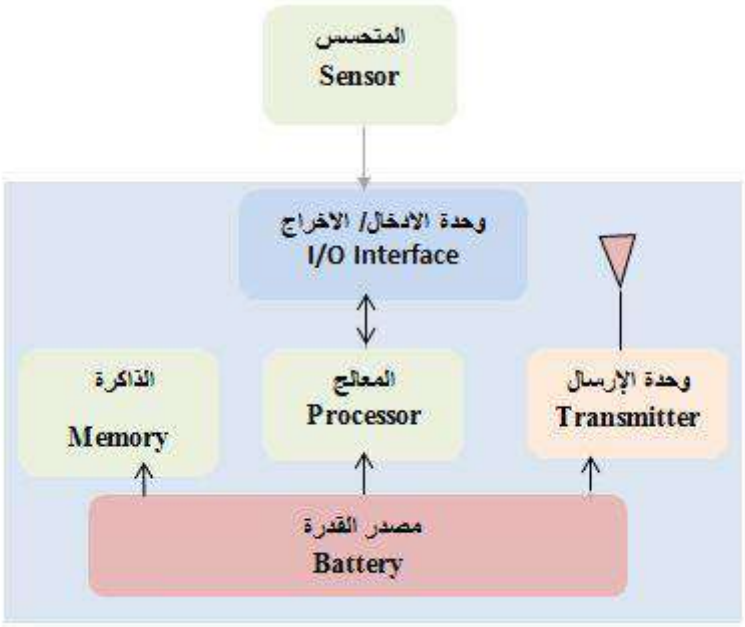
شكل 3-20 مسار البيانات في الشبكات المتحسسة



شكل 3-21 اسلوب عمل الشبكات المتحسسة

ويمكننا أن نلخص آلية عمل الشبكة بالنقاط الآتية:

1. يعمل المتحسس على شكل استشعار المحيط ويقوم بتحويل الاشارة الفيزيائية الى اشارة كهربائية مثل متحسس درجة الحرارة. إذ يتم تمكينها وتحويلها الى اشارة رقمية ترسل الى المعالج في وحدة عقدة التحسس. والشكل (3-22) يوضح مكونات وعمل جهاز التحسس.



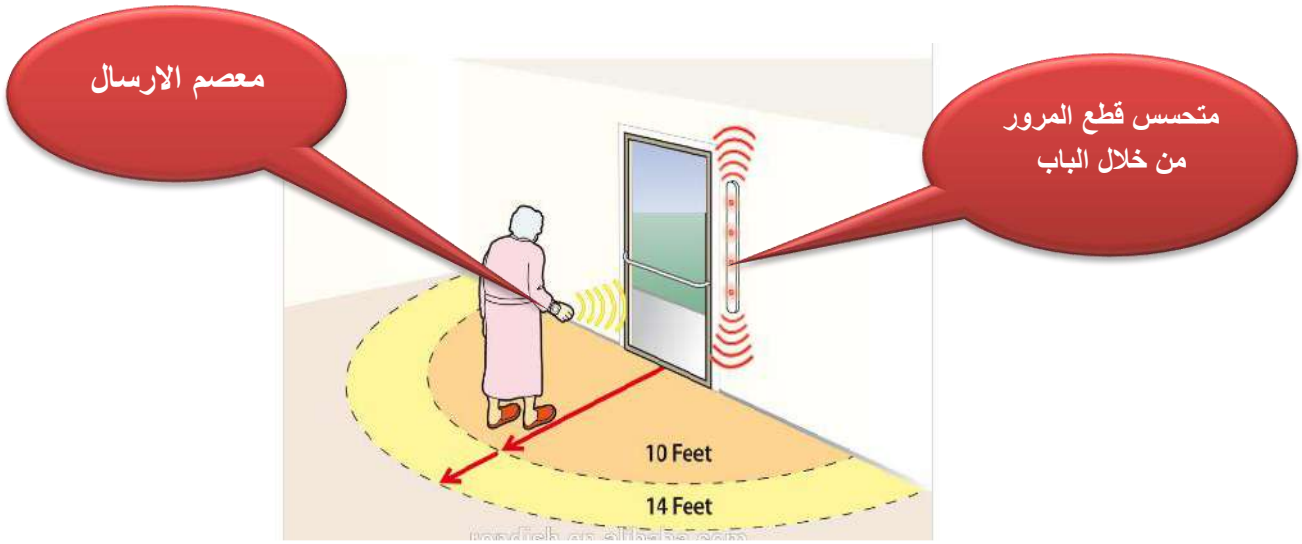
شكل 3-22 مخطط عمل جهاز التحسس

2. يتم برمجة معالج العقدة مسبقا وفيه العمل الذي جهزه من أجله (مثلا تحليل وقياس درجة الحرارة المحيط) حيث يستلم لإشارة من المتحسس ويقوم بتحليلها ومعالجتها مبدئيا ثم يرسلها الى وحدة الارسال الراديوي.
3. تقوم وحدة الارسال الراديوي بإرسال الاشارة المستلمة من المعالج وبعد تكبير قدرتها عن طريق هوائي العقدة الى المحطة الرئيسة في الشبكة اللاسلكية لتجميع المعلومات ومعالجتها.

لنأخذ مثالاً بسيطاً يبين عمل اجهزة التحسس داخل شبكة معينة.

مثال:

نظام الإنذار الأمني لمراقبة المسنين، الهدف من هذا النظام مراقبة المسنين والاشخاص الذي لديهم مرض الزهايمر في عدم خروجهم من المؤسسة التي تؤيهم وذلك حرصا عليهم من الاخطار التي تواجهم في حالة خروجهم بدون مرافق لهم لاحظ الشكل (3-23)



الشكل 3-23 شبكة الإنذار الأمني لمراقبة المسنين

ويتكون هذا النظام من شبكة متكونة من عدة، أجزاء وهي:

1. متحسس قطع المرور من خلال الباب Door Strip Sensor: ويوضع بجانب الباب، لاحظ الشكل (3-24)

الشكل 3-24 جهاز تحسس مرور الأشخاص من الباب

2. معصم الإرسال Ristband Transmitter: معصم يوضع على يد المريض، لاحظ الشكل (3-25).

الشكل 3-25 معصم الإرسال

3. وحدة الإختبار Testing Unit: وحدة الاختبار والسيطرة على فتح الباب وذلك بإطلاق جرس إنذار عند فتح الباب، لاحظ الشكل (3-26).

الشكل 3-26 وحدة الإختبار

4. وحدة المراقبة والانذار Monitoring And Alarm Unit: تعمل على مراقبة الأشخاص وإطلاق الإنذار في حالة خروجهم، لاحظ الشكل (3-27).

الشكل 3-27 وحدة المراقبة والانذار

وتعمل الشبكة على نحوٍ متكامل إذ يتم اعطاء تنبيه بمجرد فتح الباب نتيجة لتقاطع الاشارة الراديوية الصادرة من متحسس قطع المرور من الباب والاشارة الصادرة من خلال المعصم الذي يلبسه المسن، لاحظ الشكل (3-28).

الشكل 3-28 تقاطع الاشارة بين المتحسس في الباب ومعصم المسن

5-3 معالجة المعلومات في وحدة التحسس

هناك إختلاف في نهج تصميم العقد للشبكات اللاسلكية ولكنها جميعاً تصمم لتلبية احتياجات مجموعة كبيرة من التطبيقات لكل عقدة لاسلكية لها معالج وذاكرة وبحسب ما ذكر آنفاً إن ذاكرة الفلاش تساعد عقد الشبكة اللاسلكية في الحصول على إسلوب عمل العقدة والذي تحدده المحطة الرئيسية، اما فيما يخص معالج العقدة فله مهام يمكن ان تحديدها بالآتي:

1. إدارة تجميع البيانات من عناصر التحسس في العقدة.
2. إدارة عمل وظيفة مصدر الطاقة.
3. ربط بيانات التحسس لطبقة الراديو الفيزيائية.
4. ادارة برتوكول الشبكة اللاسلكية.
5. تجميع كل المعلومات التي في العقد المضمنة في الشبكة اللاسلكية والتي يتم استلامها من المتحسسات المرتبطة مع عقدة التحسس.
6. معالجتها مبدئيا او بشكل نهائي وتهيئتها للارسال الى المحطة المركزية او العقد المجاورة حسب نوع عمل العقدة.
7. امكانية المعالج في استلام الاشارة من المحطة المركزية او من العقد المجاورة لتحليلها ومعالجتها.

وبذلك فإن المعالج له دور مهم في جهاز التحسس إذ يتم تحليل ومعالجة البيانات بصورة مبدئية او نهائية تبعاً لمهمة العقدة نفسها إذ يقوم المعالج بإرسال البيانات بشكل مشفر الى الأجهزة المجاورة، وهذا يتطلّب التحكم في موجات الراديو والتعامل مع شيفرة الرسالة وتخزينها، بالإضافة لذلك قد يقوم المعالج بوظيفة أخرى ألا وهي تجميع البيانات، وهذا التجميع عادة ما يكون مسؤولية جهاز التحسس معين يقوم بالدمج بين البيانات المحلية والمستقبلة، وبعض هذه البيانات المجمعة قد يرفَض والبعض الآخر قد يرسل إلى الاجهزة المجاورة. وتعتمد سرعة الاستجابة في معالجة البيانات على مقدار التردد الذي يعمل به المعالج.

اسئلة الفصل الثالث

س1/ كيف تصنف الشبكات بحسب عملها؟ عددها واشرح واحدة منها.
س2/ عرف الشبكة النجمية Star Network.
س3/ عرف شبكة المعالجة الذاتية Self-Hedging Ring.
س4/ كيف تصنف الشبكات حسب قدرات اجهزة التحسس؟
س5/ ماذا نقصد بتوسع نطاق عمل انظمة الشبكة اللاسلكية؟
س6/ ما هي طرائق نشر اجهزة التحسس في الشبكات المتحسسة؟
س7/ إرسم مخطط توجيه المسار إعتماداً على العنوان.
س8/ إرسم مخطط توجيه المسار إعتماداً على البيانات.
س9/ عدد طبقات الشبكات المتحسسة.
س10/ عرف الطبقة الفيزيائية للشبكات المتحسسة.
س11/ عرف طبقة ربط البيانات.
س12/ بين عمل الشبكات المتحسسة بالنقاط.
س13/ اعط امثلة من الحياة اليومية على الشبكات المتحسسة.
س14/ ما هو مهام عمل المعالج لأجهزة التحسس.
س15/ ارسم مخطط تصنيف الشبكات اللاسلكية.
س16/ عدد اجيال الشبكات اللاسلكية.
س17/ مالمقصود بالمعيار في الشبكات التحسس اللاسلكية؟
س18/ صنف المعايير في الشبكات التحسس اللاسلكية.
س19/ وضح كيفية مساعدة المعايير المفتوحة في رفع مستوى التوافقية بين التجهيزات، البرمجيات أوالأنظمة؟
س20/ مالمقصود بالمعايير المغلقة ؟ ومافرقها عن المعايير المفتوحة؟ عزز اجابتك بامثلة.
س21/ اذكر اربعة معايير مستعملة في الشبكات اللاسلكية.
س22/ ماهي الوسائل التي يمكن بوساطتها ربط الأجهزة الإلكترونية ببعضها الآخر.
س23/ ان تقنية الواي فاي Wi-Fi ثورة في مجال شبكات الحاسب الآلي من خلال نقطتين رئيستين، ماهما؟
س24/ وضح سبب اهتمام الشركات بتطوير التقنيات اللاسلكية.
س25/ عدد اربع من التقنيات المستعملة في الشبكات اللاسلكية.
س26/ وضح عمل تقنية النظام العالمي للاتصالات المتنقلة GSM.
س27/ ماميزة تقنية GSM؟ وكيف يتجسد ذلك؟
س28/ وضح عمل تقنية CDMA.
س29/ قارن بين تقنية GSM و CDMA.
س30/ يتطلب من المسافر الى دولة أخرى معرفة نوع التقنية المستعملة في تلك الدولة وهل هي GSM ام CDMA ام الاثنان معاً، علل سبب ذلك.
س31/ كيف تم التغلب على مشكلة إستهلاك الطاقة وكلفة بناء المشاريع باستعمال تقنيات الاتصال اللاسلكي من الشركات والمؤسسات المتخصصة بالشبكات اللاسلكية؟ وضح ذلك.
س32/ ماهي تقنية الزكبي ZigBee؟
س33/ عدد مزايا تقنية الزكبي ZigBee؟
س34/ ماهو المعيار والترددات المستعملة في تقنية الزكبي ZigBee؟
س35/ اذكر عناصر بنية تقنية الزكبي ZigBee، وإرسمها.

س36/ مالمقصود بالمنسق والموجه في تقنية الـزكبي ZigBee؟
س37/ ماهو الربط الأكثر شيوعا في ربط عناصر تقنية الـزكبي ZigBee؟ ادعم اجابتك بالرسم.
س38/ قارن بين تقنية البلوتوث والزكبي.
س39/ ماهي تقنية البلوتوث؟
س40/ ما الشروط الواجب توافرها بين جهازين ليربطا الكترونياً ؟
س41/ وضح الية النقل الحديثة باستعمال تقنية البلوتوث.
س42/ اذكر المشاكل التي تم تجاوزها بتقنية البلوتوث للاتصال بين الاجهزة.
س43/ اعط مثالاً يوضح عمل تقنية البلوتوث.
س44/ اذكر المستويات التي تعمل فيها تقنية البلوتوث.
س45/ ماهي ميزات تقنية البلوتوث ؟
س46/ يعاني الاتصال بوساطة الاشعة تحت الحمراء من بعض العوائق، وضحها؟
س47/ وضح طريقة اشتغال البلوتوث.
س48/ كيف يتم معالجة التعقيد الناتج من توسع نطاق عمل الشبكات اللاسلكية؟

الفصل الرابع

أنظمة تشغيل الشبكات المتحسسة اللاسلكية

الأهداف:

معرفة الطالب مقدمة في برمجيات الشبكات المتحسسة اللاسلكية، ومهامها وميزاتها مدعمة بأمثلة على انظمة التشغيل في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

محتويات الفصل:

4-1 تمهيد.

4-2 نبذة تعريفية بأنظمة التشغيل.

4-3 امثلة على انظمة التشغيل في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

أسئلة الفصل الرابع.

الفصل الرابع

أنظمة تشغيل الشبكات المتحسسة اللاسلكية

1-4 تمهيـــد

نظام التشغيل (OS) في WSN هو عبارة عن طبقة رقيقة من البرمجيات الموجودة بشكل متناسق بين المكونات المادية لعقدة التحسس والتطبيق المصممة لها إذ يوفر القواعد البرمجية الأساسية لمطوري التطبيقات.

وتلخص المهمة الرئيسة لأنظمة التشغيل بنقاط ثلاث، وهي:

1. تمكين التطبيقات من التفاعل (العمل المشترك) مع المكونات المادية لعقدة الاستشعار.
2. جدولة وتحديد أولويات المهام المراد تنفيذها.
3. تقوم بالتحكيم بين التطبيقات والخدمات المتنازعة التي تحاول الاستيلاء على العقدة.

ولأنظمة التشغيل ميزات اضافية، وهي:

1) إدارة الذاكرة.
2) إدارة الطاقة.
3) إدارة الملفات.
4) تنفيذ الربط الشبكي.
5) توفر مجموعة من بيئات البرمجة والادوات - الأوامر ومنها اوامر الترجمة الفورية واوامر التحرير والمحول البرمجي ومصححات البرامج وما إلى ذلك، لتمكين المستخدمين من تطوير وتصحيح وتنفيذ البرامج الخاصة بهم.
6) نقاط دخول مسموح بها في نظام التشغيل للوصول الى المصادر الحساسة كالكتابة في عناصر الإدخال.

2-4 نبذة تعريفية عن انظمة التشغيل

تصنف انظمة التشغيل الى ذي (مهمة مفردة/ متعددة المهام) و (مستخدم منفرد/ متعددة المستخدمين). ويتمكن النظام التشغيلي ذو المهمة المفردة من معالجة مهمة واحدة فقط لزمن محدد بينما يستطيع النظام التشغيلي متعدد المهام معالجة عدة متطلبات في ان واحد، ويتطلب النظام التشغيلي متعدد الطلبات الى ذاكرة كبيرة لإدارة الحالات متعددة الطلبات والتي تسهل لمستخدم معالج العقدة او النظام الفرعي من الارتباط او الاتصال بعقدة اخرى وفي الوقت نفسه توفر امكانية تجميع المعلومات من عقدة متحسسة اخرى بضمن الشبكة. لذلك يفضل النظام التشغيلي المتعدد الطلبات بالعمل في مثل هذه البيئات.

وفي أنظمة التشغيل ذي المستخدم المنفرد يتم السماح لمستخدم واحد من إستغلال جميع امكانيات النظام بينما يتشارك عدد كبير من المستخدمين امكانيات النظام في انظمة التشغيل المتعدد.

لذلك تعتمد عملية اختيار نوع النظام التشغيلي على عوامل عدة والتي يمكن الالمام بها من خلال التعرف إلى الجوانب الوظيفية وغير والوظيفية في شبكات التحسس اللاسلكية والتي سنتناول بعض جوانبها الوظيفية في الفقرات الآتية:

1-2-4 أنواع البيانات

في شبكات التحسس اللاسلكية (WSNs)، يعد الإتصال بين الأنظمة الفرعية المختلفة للشبكة أمر حيوي. وهذه النظم الفرعية تتصل فيما بينها لأسباب مختلفة مثل تبادل البيانات او وظائف المندوبين او لتبادل الإشارات، وهذه الاتصالات او التفاعلات بين الانظمة الفرعية تتم من خلال بروتوكولات مصاغة بشكل جيد

اضافة الى أنواع البيانات التي يوفرها من قبل نظام التشغيل. وتمتلك تركيب البيانات المعقدة قوة التعبير والايضاح ولكنها تشغل امكانيات كثيرة من النظام الفرعي، بينما انواع البيانات البسيطة تشغل موارد او امكانيات النظام الفرعي بصورة مقبولة ولكنها تعاني تحديد وضوح التعبير. وتجهز انظمة التشغيل او بيئات التشغيل في شبكات الاتصال اللاسلكية كافة غالباً بأنواع المعلومات الاساسية من لغة البرمجة وبعض الانواع المعقدة للمعلومات مثل البنية والحساب (Struct and Enum).

4-2-2 الجدولة Schedule

جدولة الطلب هو احد المهام الاساسية لأنظمة التشغيل. إذ يمكن تعريف الجدولة بانها مقياس كفاءة نظام التشغيل من حيث التنظيم وتحديد الأولويات والتنفيذ. وبشكل عام توجد أليتان للجدولة، وهما:

(1) جدولة الطابور (صف الانتظار) Queuing-based Scheduling

الجدولة باعتماد الطابور ويمكن ان تنقسم الى طريقتين:

(أ) طريقة أول داخل أول خارج FIFO:

وفي هذه الطريقة تعالج الطلبات بحسب اولوية وصولها إذ تحدث المعالجة حال اكمال معالج النظام الفرعي من المهام التي لديه. ويكون لنظام التشغيل اثرا في معالجة البيانات إذ يقوم نظام التشغيل غير الوقائي بإنجاز المهمة لنهايتها وبعدها يمكنه تقبل معالجة مهمة اخرى.اما في انظمة التشغيل الوقائية، فان الطلب ذو الاولوية العليا يمكن يوقف معالجة الطلب ذي الاولوية الادنى.

إن جدولة FIFO هي ابسط انواع الجدولة واكثر الانواع اقتصادياً ولا تحمل نظام التشغيل كثيراً. وعامةً فإن جدولة FIFO لا تعالج جميع المهام بعدالة بسبب شغل المهام التي لها زمن طويل للتنفيذ او المعالجة تطغي الوقت الأكبر على حساب تلك التي تمتلك زمن معالجة اقصر.

(ب) طابور الفرز Sorted Queue:

طريقة طابور الفرز تتم فرز المهام أو الطلبات حسب بعض المعايير. واحدى هذه المعايير هي فرز المهام تبعا للمقدار الزمني المتوقع لتنفيذها، هذه الطريقة تمنع المهام التي لها وقت تنفيذ طويل من حجب تنفيذ او معالجة المهام ذات وقت التنفيذ القصير. وهذه الطريقة تعرف ايضا بنظام المهمة القصيرة الاولى SJF .
وتحمل الجدولة بطريقة الفرزSJF نظام التشغيل لكون كل مهمة او طلب في الطابور تعالج لاستخراج الوقت اللازم لتنفيذها واتمام فرز المهمات الاخرى تبعا لذلك.

(2) جدولة روند روبن Round robin Scheduling:

جدولة روند روبن، وهي تقنية جدولة الزمن المشترك الذي تعالج فيه مهام عدة او طلبات بوقت واحد. وتعرف الجدولة بانها الاطار الزمني الناتج من تقسيم الوقت الى خانات وتخصص خانة زمنية لكل مهمة بطريقة المضاعفة (Multiplexed Manner) وتعالج بهذه الطريقة جميع المهام في آن واحد.

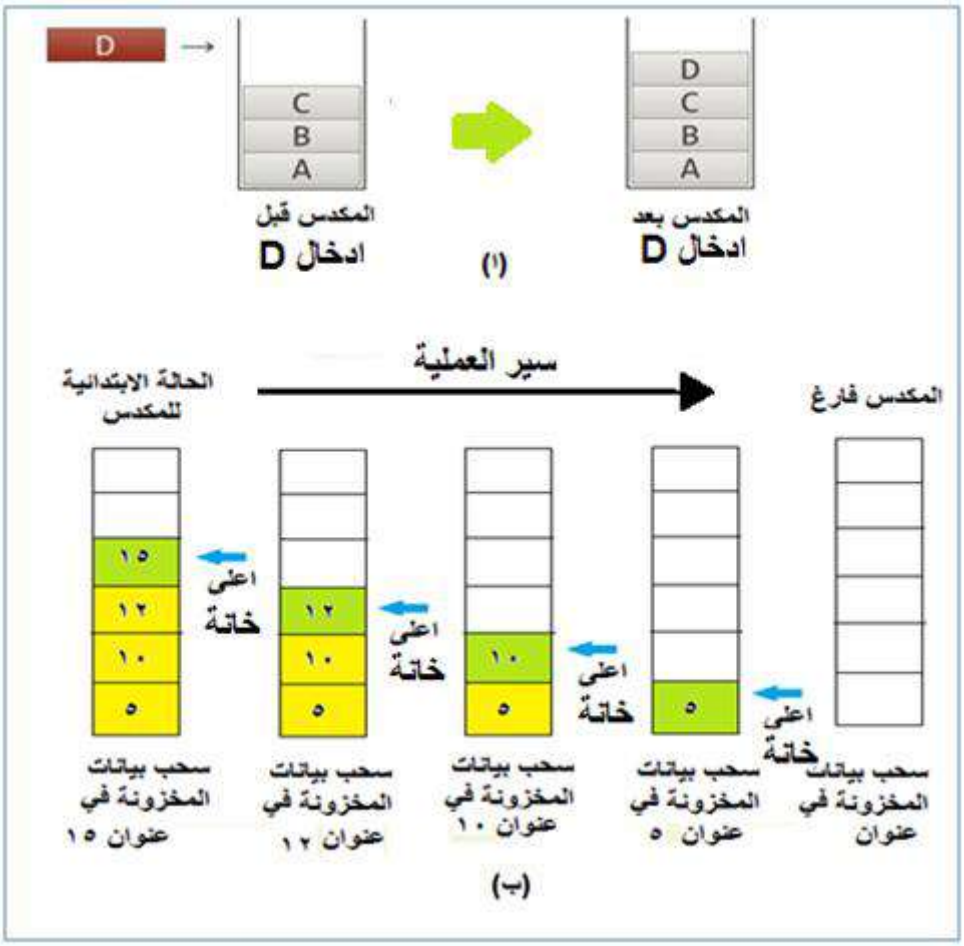
4-2-3 المكدس Stacks

يحتوي نظام التشغيل على مؤشرات ترابط (Multithreaded OS) وكل مؤشر ترابط يتطلب مركم خاص به لإدارة معلومات حالة معينة. إذ يعد هذا احد الأسباب التي تجعل أنظمة التشغيل ذات مؤشرات الترابط عالية الكلفة في شبكات التحسس اللاسلكية WSNs.

ولفهم عمل المكدس يمكن تعريفه بانه هيكلية او بنية المعلومات التي تستعمل للتخزين مؤقتا لكائنات بيانية في الذاكرة عن طريق تراكمها واحدة على أخرى. ويتم الوصول إلى الكائنات البيانية المخزونة باستعمال طريقة (LIFO) وهو مختصر لـ (Last-In-First-Out) ويقصد بها (المعلومة التي تصل او تخزن أخيراً تخرج أولا) إذ يستعمل المعالج طريقة التراكم في خزن بيانات حالة النظام حالما يبدأ بتنفيذ الوظائف الفرعية (Subroutines)، وبهذه الطريقة "يتذكر" المعالج الى اين سيرجع بعد انتهاء تنفيذ الوظائف الفرعية.

ويمكن أيضاً إستدعاء الوظائف الفرعية لوظائف فرعية اخرى عن طريق تخزين حالة النظام الفرعي الحالي في أعلى من معلومات الحالة السابقة في المكدس.

وحينما ينتهي تنفيذ الوظيفة الفرعية يقوم المعالج بسحب العنوان الأول الذي يجده في الجزء العلوي من المكدس ويقفز اليه ليواصل تنفيذ المهام الاخرى.



الشكل 4-1 يبين عمل المكدس بطريقة (LIFO)

(ا) عملية ادخال بيانات الى المكدس، (ب) طريقة سحب البيانات من المكدس

4-2-4 المقاطعات Interrupts

المقاطعة هي إشارة غير متزامنة تتولد بوساطة مكونات مادية مثل متحسس او جهاز لاسلكي وتسبب هذه الاشارة توقف تنفيذ المعالج الإيعاز الحالي ويستدعي بدلا منه برنامجاً فرعياً مرتبطاً بنوع اشارة المقاطعة وبعد الانتهاء من تنفيذ البرنامج الفرعي يعود الى الخطوة التالية للبرنامج الرئيسي.

ومثال ذلك اشارة القطع إذ يمكن ان تظهر في نظام اتصال فرعي حالما يستقبل حزمة من المعلومات التي تتطلب معالجة مباشرة. بالإضافة الى المكونات المادية فان نظام التشغيل يمكنه التعرف الى احداث عدة والتي يمكن ان تولد اشارات التقاطع، وفي بعض الحالات بإمكان نظام التشغيل ان يولد اشارات تقاطع دورية بنفسه للسماح للمعالج بمراقبة حالة مصادر المكونات المادية.

وفي شيء مشابه لمستويات اهمية الطلبات فان اشارات التقاطع لها مستويات افضلية مختلفة، لذا فان اشارة تقاطع ذات اهمية قصوى يمكنها ان توقف اشارة تقاطع مستوى أقل أهمية، وفي مثل هذه الانظمة يمكن ان تختار البرامج حالة تنفيذ او عدم التنفيذ لإشارة التقاطع المستقبلة.

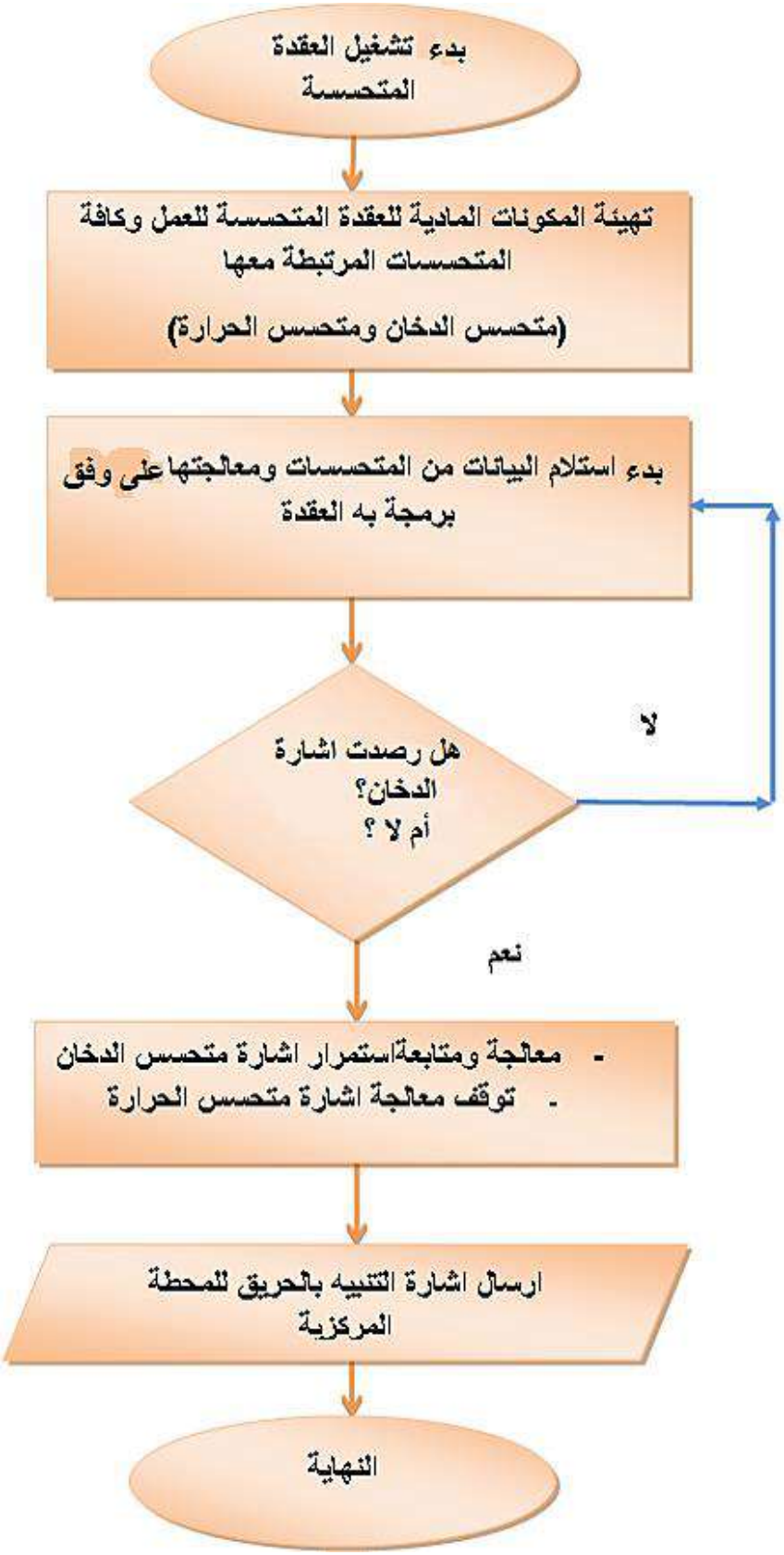
مثال: منظومة كشف الحرائق

شبكة تحسس لاسلكية مكونة من مئة عقدة منتشرة بشكل عشوائي لتغطي مساحة من الغابة بنصف قطر 0.5 كيلومتر، وقد كان الغرض من هذه الشبكة هو التنبيه المبكر للحرائق الممكن حدوثها في اوقات محددة من السنة. تم تزويد العقد بمتحسسات للحرارة والدخان وكانت اولوية (الاكثر اهمية) المعالجة والاستجابة لمتحسس الدخان قبل متحسس الحرارة. إذ تم برمجة العقدة لتسلم اشارة درجة حرارة المحيط وارسالها الى المحطة المركزية ومراقبة اشارة تقاطع Interrupt من متحسس الدخان.

بدأ عمل الشبكة بنجاح بتسلم المحطة المركزية قراءات درجة حرارة المنطقة المراقبة من الغابة واثناء استمرار تدفق بيانات درجة الحرارة ظهرت اشارة من متحسس الدخان تشير الى بداية نشوب الحريق، وهذه الاشارة تقوم بقطع ارسال البيانات المتعلقة بدرجة الحرارة أي يصدر النظام التشغيلي ايعازاً الى المعالج بضرورة الانتقال الى برنامج فرعي لمعالجة اشارة متحسس الدخان وهي اشارة التقاطع وعلى وفق نتائج المعالجة يصدر المعالج أمراً بإرسال اشارة تنبيهية الى المحطة الرئيسة تخبرها باحتمالية بدء نشوب الحريق. وتبعا لنوع البرمجة للعقدة يمكن ان يستمر المعالج بعد الابلاغ عن احتمالية نشوب الحريق بمعالجة اشارات درجة الحرارة والعودة لإرسالها ام يتوقف عنها وينحصر بمراقبة ومعالجة وارسال اشارة متحسس الدخان.

ومما تقدم تبين لنا كيفية عمل اشارة التقاطع وتأثيرها على سير معالجة البيانات في عقدة التحسس اللاسلكية وفيما يأتي خوارزمية مبسطة ، لاحظ الشكل (4-2) لسير عمل عقدة التحسس اللاسلكية في المثال آنف الذكر.

1) بدء تشغيل عقدة التحسس اللاسلكية.
2) تهيئة المكونات المادية للعقدة والمتحسسات المرتبطة معها (متحسس الحرارة والدخان).
3) في حال عدم وجود إشارة التقاطع التي من الممكن ان يرسلها متحسس الدخان ينتقل المعالج بقراءة وتحليل اشارة درجة حرارة المحيط وارسالها الى المحطة الرئيسية.
4) في حال ظهور اشارة متحسس الدخان تتوقف معالجة اشارة متحسس الحرارة حالا وترسل بدلها اشارة الدخان والتي تشير إلى بدء حدوث حريق في المنطقة التي تغطيها العقدة.
5) الاستمرار بإرسال اشارة التنبيه (الدخان) طالما يستمر متحسس الدخان بذلك.



الشكل 4-2 مخطط انسيابي يبين سير عمل العقدة المتحسسة لمنظومة كشف الحرائق

4-2-5 وحدة الذاكرة

كما مرّبنا في الفصل الثاني تعد الذاكرة من المكونات الاساس لأي وحدة استشعار اونظام تحسس فرعي إذ يخزن فيها البرنامج التشغيلي بالإضافة الى حفظ مؤقت للمعلومات ولجفرة برامج التطبيقات، وتحدد سرعة تنفيذ المهام بكيفية ومدة حفظ جزء من البرنامج في الذاكرة.وكأسلوب متبع لزيادة سعة الذاكرة لوحدة الاستشعار اللاسلكية فان اغلب المصممين يستعملون ذاكرات نوع EEPROM لخزن جفرة البرنامج، ونتيجة لذلك فمن الممكن حفظ التطبيقات المعقدة واتفاقيات الاتصال.

4-3 امثلة على أنظمة التشغيل في الشبكات المتحسسة اللاسلكية

هناك انوع كثيرة من انظمة التشغيل التي تشتغل عليها الشبكات المتحسسة، ومنها:

4-3-1 نظام تشغيل Tiny OS

قاد اعتماد وحدات الاستشعار اللاسلكية على مصدر طاقة بسيط كخلايا البطاريات الجافة فريقاً بحثياً برئاسة الدكتور دايفيد كولر لتقديم مساهمتهم الكبرى الأخرى في مشروع المتحسسات والمتمثلة في نظام التشغيل TinyOS الخاص بهذه التقنية. وهو نظام برمجي يبلغ حجمه بضعة كيلوبايتات تتيح تثبيت نسخة منه على كل وحدة تحسس لاسلكية كلاً على حدة، وهويقدم حلولاً مبتكرة لمشاكل استهلاك الطاقة ولكفاءة تبادل البيانات وتشفيرها ولتوزيع مسارات البث على الشبكات اللاسلكية بشكل لم يسبق التطرق اليه من قبل. ويقوم نظام التشغيل هذا بإدخال وحدات الاستشعار التي لا تقدم أي قراءات في حالات (سبات) لتوفير طاقتها حتى تستجد متغيرات معينة في منطقتها تدفعها لإعادة تشغيل ذاتها، كما يقوم النظام بالتعامل مع حالات تغير شكل الشبكة بسبب تعطل أي من وحداتها أو توقفه عن العمل لأي سبب ليعيد رسم هيكل الشبكة ويعيد توزيع خطوط تبادل البيانات. وقد تم تزويد نظام التشغيل هذا بقاعدة بيانات خاصة TinyDB مهمتها تولي تجميع البيانات التي تلتقطها الوحدات المنفصلة واستخلاص القراءات النهائية منها. ولعل هذه القدرة المدمجة على التراسل اللاسلكي والحوسبة الموزعة بين آلاف الوحدات تمثل وجهاً آخر من أوجه تميز تقنية تصميم المتحسسات اللاسلكية والتي يرى الكثير من المراقبون أنها قد تشكل مستقبل الحوسبة البديل للحالة المركزية التي نعتمدها اليوم.

ولتشجيع تقدم البحث العلمي في هذا الصدد فقد تم توفير نظام (TinyOS) بشكل مفتوح لكل من يرغب في الاطلاع عليه وتطويره. وبالمثل فالتصميم الالكتروني للوحدات الأولى التي قدمها كولر وفريقه متاح للكل وقد تم تطويره بالفعل من قبل مجموعات بحثية مختلفة، ولا يشكل الغرض العسكري اليوم سوى جزء يسير من تطبيقات هذه التقنية التي لا يفتأ المهتمون بها يخرجون بالمزيد من الاستخدامات لها. فالمسؤولون عن المحميات الطبيعية يوزعونها في الغابات لتسجل مرور الحيوانات المهددة، والأطباء قد يستخدمونها لمراقبة نبض مرضاهم ومستوى حيوية أجسادهم فيما هم مقيمون في بيوتهم، وتتوالى قائمة التطبيقات لتشمل مراقبة حالة الطقس والنشاطات الزلزالية ومستويات التوتر في هياكل المباني والمنشآت وحركة مرور السيارات. وإذا ما كتب لهذه التقنية أن تتطور إلى المستويات المنشودة فقد تدمج وحدات بالغة الدقة من المتحسسات اللاسلكية مع الاسفلت الذي تعبد به الطرقات والطلاء الذي يغطي جدران بيوتنا ومكاتبنا لنعيش نحن وما نمتلك تحت حالة رقابة مستمرة من مليارات الوحدات التي تلتقط كل نبضة وحرف وترسل سيلاً من البيانات الى مراكز مراقبة فيما يفترض به أن يكون التصور الأمثل لنظام الأمن والسلامة المتكامل، الأمر الذي يعده الكثيرون انقياداً أكبر الى سطوة التقنية التي تسيطر بالفعل على كثير من مجريات حياتنا اليوم.

2-3-4 النظام التشغيلي المغناطيسي MagnetOS

النظام التشغيلي المغناطيسي هو نظام تكيفي صمم خصيصاً من اجل التكيف مع الطلب والحفاظ على الطاقة وهو نظام الصورة الواحدة، وأنظمة التشغيل الأخرى لا توفر آلية التكيف مع سياسات تصميم الشبكة لتطبيق اساليب الاستخدام الفعال لمكونات العقدة المتحسسة اللاسلكية.

ان أهداف نظام التشغيل المغناطيسي هي:

1. للتكيف مع المكونات الاساسية لعقدة التحسس اللاسلكية والتغيرات بطريقة مستقرة.
2. لتكون فعالة فيما يتعلق بالحفاظ على الطاقة.
3. لتوفير الاخراج العام للتطبيقات.
4. أن تكون قابلة للتطوير للشبكات الكبيرة.

يطلق على النظام التشغيلي المغناطيسي نظام الصورة الواحدة Single System Image (SSI) وذلك لتضمنه مكونات ثابتة وديناميكية.

وتعيد المكونات الثابتة في هذا النظام كتابة التطبيق في شفرة رقمية وتضيف الاوامر اللازمة على دلالات التطبيقات الأصلية. بينما تستعمل المكونات الديناميكية لمراقبة التطبيق، وإنشاء كائن، والاستدعاء، والترحيل. ويوفر SSI الكثير من المرونة في وضع الكائنات وييسط تطوير التطبيقات.كذلك فإن هذا النظام يوفر خوارزميتين لإدارة الطاقة عن طريق الشبكة العنكبوتية، وهما مركز الشبكة (NetCenter) وسحب الشبكة (NetPull) لاستخدامها في ازالة عناصر داخل الشبكة لتقليل الطاقة المستهلكة وتمديد عمر الشبكة.

وتعمل خوارزمية سحب الشبكة بشكل قفزة – قفزة في الطبقة المادية من الشبكة بينما خوارزمية مركز الشبكة تعمل وتتوافر بعدة قفزات، تتوافر حاليا في الاسواق نوع اخر من الخوارزميات يطلق عليها خوارزمية التوجيه المتخصص (Adhoc) والفرق بينها وبين خوارزمية سحب الشبكة،هي ان نهايات الاتصالات في التوجيه المتخصص تكون ثابتة بينما في خوارزمية سحب الشبكة يتم تغيير النهايات للحفاظ على الطاقة.

3-3-4 نظام التشغيل Sen OS

نظام التشغيل (Sen OS) وهو نظام تشغيلي يتكون من ثلاثة عناصر رئيسة:

(أ) النواة:

تحتوي النواة على تسلسل الحالة وطابور الأحداث. ان تسلسل الحالة ينتظر الإدخال من طابور الأحداث.

(ب) جدول انتقال الحالة:

جدول انتقال الحالة يحتوي على بيانات حول حالة الانتقال او التحويل و الوظائف المسترجعة، وكل جدول لتحويل الحالة يعرف تطبيقاً واحداً. باستعمال جداول حالات تحويل متعددة والانتقال فيما بينها، أنّ نظام (Sen OS) يدعم تطبيقات متعددة بطريقة متزامنة.

(جـ) مكتبة استرجاع الوظائف:

المقصود بمكتبة الاسترجاع او استدعاء الوظائف، ان الحدث الوارد سيرصف في صف الانتظار والحدث الاول في هذا الصف يجدول والذي يسبب تحويل الحالة وبالمقابل استدعاء الوظائف المرتبطة بها.

ان النواة ومكتبة الاستدعاء هي مبنية بشكل ثابت ومخزونة في ذاكرة Flash ROM) في عقدة الاستشعار او التحسس، في حين يمكن لجدول انتقال الحالة إن يعاد تحميله او يعدل اثناء التشغيل بسبب كونه يعتمد على التطبيق. ولكون (Sen Os) يعتمد حالة الماكنة المحددة (FSM) فيمكننا ان ندرك التزامن واعادة التشكيل، بالإضافة الى امكانية امتدادها لتشمل ادارة الشبكة.

4-3-4 نظام التشغيل PicOS

والخاصية التي تميز نظام (Pic OS) Peripheral Interface Controller Operation System هي إمتلاكه ذاكرة صغيرة الحجم لنظام تشغيل الحاكم الدقيق (Microcontroller) نوع ذاكرة الوصول العشوائي RAM وهي متخصصة لحفظ دوال العمليات. ان نظام (Pic OS) مكتوب بلغة ($C^{+}{}^{+}$) للحاكم الدقيق ولذاكرة سعتها بحدود 4 كيلوبايت، في (Pic OS) فإن كل المهام تتقاسم المكدس العام نفسه. ان خوارزمية تشغيل نظام (Pic OS) فعالة لتطبيقات رد الفعل التي تلعب الدور الأساسي للاستجابة على الحدث بدلاً من معالجة البيانات أو الأرقام.

إن النظام يحتاج الى موارد قليلة وبالمقابل يعالج مهاماً كثيرة، وهيكلية موحدة للمعالجة ولكن ربما ليست جيدة لتطبيقات الواقع.

اسئلة الفصل الرابع

س1: لأنظمة التشغيل ميزات، بينها.
س2: لخص المهمة الرئيسة لأنظمة التشغيل بنقاط.
س3: صنف أنظمة التشغيل.
س4: ماهي الجوانب الوظيفية وغير الوظيفية في شبكات التحسس اللاسلكية؟
س5: أملأ الفراغات الآتية:-

1. يعد الاتصال بين الأنظمة الفرعية المختلفة للشبكة أمراً.....
2. النظام التشغيلي ذو المهمة المفردة يتمكن من علاج مهمة ..... فقط لزمن محدد.
3. نظام التشغيل.....في WSN هو عبارة عن طبقة رقيقة من البرمجيات.
4. تكون معالجة الطلبات في طريقة ..... بحسب اولوية وصولها إذ تتم المعالجة حال فروغ معالج النظام الفرعي من المهام التي لديه.
5. ..... هي إشارة غير متزامنة تتولد بوساطة مكونات مادية مثل متحسس او جهاز لاسلكي وتسبب هذه الاشارة إيقاف المعالج تنفيذ الايعاز.
6. ان اغلب المصممين يستخدمون ذاكرات نوع .....لخزن شفرة البرنامج.

س6: ماهي الأسباب التي تجعل أنظمة التشغيل ذات مؤشرات ترابط عالية الكلفة في شبكات التحسس اللاسلكية WSNs؟
س7: بين ماهي جوانب الجدولة (Schedule) الوظيفة.
س8: ما هو نظام تشغيل Tiny OS؟
س9: ما هو النظام التشغيلي المغناطيسي Magnet OS؟
س10: ماهي عناصر نظام التشغيل Sen OS؟
س11: ماهي أهداف نظام التشغيل المغناطيسي؟
س12: بين الفرق بين مكونات النظام التشغيلي المغناطيسي، والذي هو صورة جهاز منفرد Single System Image (SSI)؟
س13: شبكة تحسس لاسلكية مكونة من 50 عقدة منتشرة بشكل منتظم في معمل للبتروكيمياويات، والغرض من هذه الشبكة هو التنبيه المبكر للحرائق الممكن حدوثها. مانوع المتحسس (أو أكثر من متحسس) الذي ترجحه والممكن ربطه مع عقدة التحسس اللاسلكية ليحقق الغرض من هذه الشبكة.
س14 : إعطي خوارزمية عمل الشبكة المتحسسة اللاسلكية في السؤال 13.
س15: وضح بمثال عمل اشارة التقاطع Interrupt Signal في شبكة تحسس لاسلكية.
س16: ما فائدة كل من الآتي:

1. المكتبة في نظام التشغيل SenOS؟
2. نظام التشغيل Pic OS؟

س17: إقترح تصميماً لشبكة تحسس لاسلكية لغرفة عناية المرضى في مستشفى محلي.

الفصل الخامس

أمن الشبكات المتحسسة اللاسلكية

معرفة مبادئ أمن المعلومات والشبكات السرية، والتحقق من الهوية، والكمال التوافر، ومكافحة الإنكار.
بالإضافة الى التعرف لأنواع تشفير البيانات وإدارة المفاتيح.

محتويات الفصل:

5-1 مبادئ امن الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

5-2 السرية، التحقق من الهوية، والكمال، والتوفر، ومكافحة الانكار.

5-3 أنواع التهديدات لشبكات التحسس.

5-4 تشفير البيانات والمعلومات.

5-5 إدارة المفاتيح.

5-6 المعايير القياسية في شبكات التحسس.

اسئلة الفصل الخامس

الفصل الخامس

أمن الشبكات المتحسسة اللاسلكية

1-5 مبادئ أمن الشبكات المتحسسة اللاسلكية

شهدت الشبكات المتحسسة اللاسلكية انتشاراً واسعاً حتى أصبحت تشكل جزءاً مهماً في حياتنا اليومية. و من المعلوم أن للشبكات المتحسسة اللاسلكية خصائصها التي تميزها عن غيرها من النظم الحاسوبية، ومن هذه الطبيعة الخاصة انبثق عدد من الثغرات الأمنية تساهم في تسهيل اختراق الشبكات المتحسسة اللاسلكية مما يحتم إعادة النظر في النواحي الأمنية لهذه الشبكات، ويعتمد تعريف الأمن إلى حد كبير على السياق، لأن كلمة الأمن تشير إلى طيف واسع من المجالات بضمن وخارج حقل تقنية المعلومات، وقد نتكلم مثلاً عن الأمن عند توصيف الإجراءات الوقائية على الطرق العامة أو عند استعراض نظام حاسوبي جديد يتمتع بمناعة عالية ضد فيروسات البرمجيات. لقد طورت أنظمة عدة لمعالجة الجوانب المختلفة لمفهوم الأمن، وبناء على ذلك فقد تم صياغة مصطلح "أمن الشبكات اللاسلكية" ضمن تصنيف محدد للأمن بغية تسهيل مهمتنا في دراسة الأمن في مجال الشبكات اللاسلكية. إذا ادرج تعريف أمن الشبكات اللاسلكية ضمن سياق أمن المعلومات، أي أننا حينما نتحدث عن أمن الشبكات اللاسلكية فإننا نعني أمن المعلومات في الشبكات اللاسلكية WLAN. لقد ظل هذا المجال من الأمن حتى أواخر السبعينيات معروفاً باسم أمن الاتصالات Communication Security والذي حددته توصيات أمن أنظمة المعلومات والاتصالات بالاتي:

أ- حماية أنظمة المعلومات ضد أي وصول غير مرخص أو تعديل المعلومات أثناء حفظها ومعالجتها أو نقلها، وضد إيقاف عمل الخدمة لصالح المستخدمين المخولين أو تقديم الخدمة لأشخاص غير مخولين بما في ذلك جميع الإجراءات الضرورية لكشف و توثيق ومواجهة هذه التهديدات. تضمنت النشاطات المحددة لأمن الاتصالات (COMSEC) أربعة أجزاء، وهي:

1. أمن التشفير Crypto security.
2. أمن النقل Transmission Security.
3. أمن الإشعاع Emission Security.
4. الأمن الفيزيائي Physical Security.

كما تضمن تعريف أمن الاتصالات خاصيتين هما (السرية والتحقق من الهوية).

وقد بدأت حقبة جديدة من الأمن Compusec في الثمانينيات مع النمو المضطرد للحاسبات الشخصية تسمى بأمن الحواسيب (Computer Security) والتي حددتها توصيات أمن أنظمة المعلومات والاتصالات بالاتي:

ب- المعايير والإجراءات التي تضمن سرية وكمال وتوفر مكونات أنظمة المعلومات بما فيها التجهيزات، و البرمجيات، والبرمجيات المدمجة firmware، والمعلومات التي تتم معالجتها و تخزينها ونقلها. ويتضمن أمن الحواسيب الشخصية خاصيتين إضافيتين تتعلق بـ (الكمال والتوافر). وقد دمج لاحقاً وفي التسعينيات من القرن الماضي مفهومي الأمن (أمن الاتصالات، وأمن الحواسيب) لتشكيل ما أصبح بما يعرف باسم (أمن أنظمة المعلومات) Information Systems Security (INFOSEC)، وتضمن مفهوم أمن أنظمة المعلومات الخصائص الأربع المعرفة مسبقاً ضمن مفاهيم أمن الاتصالات وأمن الحواسيب وهي السرية، و التحقق من الهوية، و الكمال والتوافر، كما أضيف إليها خاصية جديدة، وهي مكافحة الإنكار.

1-1-5 تطبيق الخصائص الامنية للشبكات اللاسلكية

يقوم النموذج المرجعي للطبقات وكما هو موضح في الفصل الثالث بتقسيم وظائف الأتصال المختلفة إلى خمسة طبقات رئيسة مختلفة تعمل بشكل مستقل عن بعضها البعض.

إن استخدام انموذج البروتوكولات يعمل على وفق مبدأ الطبقات أو التكديس والذي يعني أن كل طبقة ستستخدم وظائف الطبقة الأدنى منها فقط في حين تقوم بخدمة الطبقة التي تعلوها مباشرة فقط. اذ ينعكس أسلوب التصميم على وفق مبدأ الطبقات بشكل مباشر على كيفية تطبيق الخصائص الأمنية.

ملاحظة:

ترتبط معايير الشبكات اللاسلكية عادة بالطبقتين الأولى والثانية من بروتوكول OSI من دون المساس بالطبقات الأعلى أو حزم بروتوكول الإنترنت IP. اذ يتم نقل حزم بروتوكول الإنترنت IP، وضمن بروتوكولات لاسلكية خاصة بالطبقة الفيزيائية وطبقة ربط البيانات.

مثال/ إذا ما إعتبرنا سرية البيانات المنقولة بين نقطتي دخول فإن تحقيق النتيجة ذاتها سرية البيانات يمكن أن يتم بعدة أساليب:

- طبقة التطبيقات (عبر بروتوكولات TLS / SSL).
- طبقة بروتوكول الإنترنت IP (عبر بروتوكول IPSEC).
- طبقة ربط البيانات (عبر التشفير اللاسلكي).

تذكر -عزيزي الطالب- بأننا حينما نتحدث عن أمن الشبكات اللاسلكية فإننا نعني آليات الأمن المتواجدة ضمن الطبقتين الأولى والثانية، أي التشفير اللاسلكي (على مستوى الوصلة).

2-5 السرية، التحقق من الهوية، والكمال ، والتوافر، ومكافحة الانكار

ان أمن المعلومات يشمل على خمس خصائص وهي:

1. السرية:

هي التأكد من عدم وصول المعلومات الى اشخاص أو عمليات أو أجهزة غير مخولة بالحصول على هذه المعلومات (الحماية من افشاء المعلومات غير المرخصة).

يتضمن تعريف سرية الشبكات اللاسلكية أن المعلومات المرسلة بين نقاط الوصول AP وحواسيب المستخدمين لن تصل إلى أشخاص غير مخولين.

لقد إرتبط مفهوم سرية الشبكة اللاسلكية بمصطلح السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP). وقد شكلت (WEP) جزءاً من المعيار الأساس IEEE 802.11 للشبكات اللاسلكية في العام 1999. إن الهدف الرئيس من السرية المكافئة للشبكة السلكية WEP هو تأمين الشبكات اللاسلكية بمستوى من السرية مماثل للسرية المتوافرة في الشبكات السلكية،وكذلك فإن الحاجة إلى هذا البروتوكول كانت جلية، فالشبكات اللاسلكية تستخدم الأمواج اللاسلكية وبالتالي فهي أكثر عرضةً للسطو من اشخاص غير مخولين لدخول الشبكة.

لقد كان عمر بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP) قصيراً للغاية، فقد أدى تصميمه الرديء وغير الشفاف إلى نجاح العديد من الهجمات في اختراق الشبكات التي تستعمل هذا البروتوكول، و لم

يستغرق الأمر سوى عدة أشهر من إطلاق البروتوكول حتى تم خرقه وتركه. على الرغم من أن طول مفاتيح التشفير كان محدوداً نتيجة بعض قوانين حظر التصدير إلا أن هذا البروتوكول قد أثبت ضعفه بغض النظر عن طول مفتاح التشفير المستخدم. ولم تكن العيوب التصميمية السبب الوحيد في فشل بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية WEP، بل أن عدم توافر نظام لإدارة مفاتيح التشفيربضمن البروتوكول نفسه قد ساهم أيضاً في إفشاله،و لم يتضمن بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP) أي نظام لإدارة مفاتيح التشفير على الإطلاق، وكانت الوسيلة الوحيدة لتوزيع مفاتيح التشفير تتطلب إعداد إدخال هذه المفاتيح يدوياً في كل وحدة من التجهيزات اللاسلكية لذلك لم تكن مفاتيح التشفير سرية.

وقد ادخلت على بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP)عدد من التعديلات الخاصة ببعض منتجي التجهيزات اللاسلكية إلا أن هذه التعديلات لم ترق إلى المستوى المطلوب لإنجـــاح البروتوكـــول (مثال ذلك بروتوكول WEP+ من شركة Lucent وبروتوكول WEP2 من شركة Cisco).بعد ترك بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP) اقترح بروتوكول الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية (WPA) في العام 2003 ليعتمد فيما بعد كجزء من معيار الشبكات اللاسلكية IEEE 802.11i عام 2004 تحت اسم (WPA2).

لقد صمم بروتوكولي (WPA و WPA2) للعمل مع أو دون وجود خادم لإدارة مفاتيح التشفير. في حال غياب خادم إدارة مفاتيح التشفير فإن جميع المحطات ستستخدم "مفتاح تشفير مشترك مسبقاً Pre-Shared Key (PSK)، ويعرف هذا النمط من التشغيل باسم بروتوكول (WPA أو WPA2) الشخصي،و يتطلب بروتوكول WPA2 المؤسساتي وجود خادم يعمل بمعايير IEEE 802.1X لتوزيع مفاتيح التشفير.

ومن أهم فقرات التطويرات المضمنة في بروتوكول WPA2 مقارنة بسلفه (WEP) هو إمكانية تبادل مفاتيح التشفير ديناميكياً بوساطة بروتوكول تكامل مفاتيح التشفير المؤقتة Temporal (TKIP) Protocol KeyIntegrity.

2- التحقق من الهوية

إجراء أمني للتأكد من صلاحية الاتصال أو الرسالة أو المصدر أو وسيلة للتحقق من صلاحية شخص ما لاستقبال معلومات ذات تصنيف محدد (التحقق من مصدر هذه المعلومات). ويعرف التحقق من الهوية في سياق الشبكات اللاسلكية بالإجراءات الهادفة لضمان صلاحية الاتصال بين نقاط الدخول والى المحطات اللاسلكية وهذا الاتصال يبدأ بعملية تدعى الربط (Association). وقد أُضيفت آليتان الى عملية الربط عند تصميم معيار IEEE 801.11b للشبكات اللاسلكية هما:

- ❖ التحقق المفتوح من الهوية.
- ❖ التحقق من الهوية باستخدام المفتاح المشترك.

ان التحقق من الهوية يعني ضمنيا عدم وجود اي آلية للأمن مما يمكن اي شخص كان من الإتصال مع نقطة الدخول، اذ تقوم هذه النقطة بالتحقق من الهوية باستخدام المفتاح المشترك بتشارك كلمة سر مع محطة المستخدم و نقطة الدخول، وتتيح آلية طلب الاستجابة التحدي لنقطة الدخول وذلك بالتحقق من ان المستخدم يمتلك كلمة السر المشتركة والتي تسمح له بالوصول او الولوج الى الشبكة اللاسلكية، وكآلية حماية من الدخول غير المشروع من إنتحال الهوية تم إستخدام أربعة آليات لمنع ذلك وهي:

أ- ايقاف ارسال معرّف مجموعة الخدمات SSID كإجراء لتعزيز أمن الشبكة اللاسلكية:

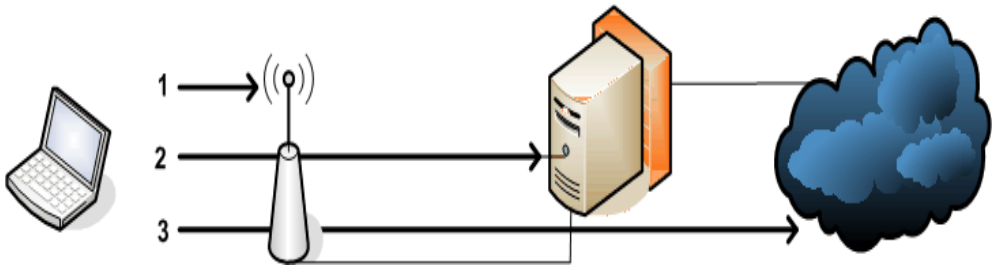
طورانموذج مشتق من آلية التحقق المفتوح من الهوية سمي بالشبكة المغلقة Closed Network، وتختلف الشبكات المغلقة عن الشبكات اللاسلكية المعيارية العامة على وفق معيار 802.11b بأنه نقاط الدخول لن ترسل اطارات ارشاد لمعرفة مجموعة الخدمات SSID بشكل دوري. إن أيقاف ارسال معرّف مجموعة الخدمات يعني ضمنيا بإن على مستخدمي الشبكة اللاسلكية الحصول مقدما على معرّف مجموعة الخدمات الذي يجب استخدامه للربط مع نقطة دخول أو مجموعة من نقاط الدخول، وقد أُستعملت هذه الميزة الجديدة من الكثيرين من مصنعي تجهيزات الشبكات اللاسلكية كإجراء لتعزيز أمن الشبكة. في واقع الأمر فإنه وعلى الرغم من أن إيقاف إرسال معرّف مجموعة الخدمات سيمنع المستخدمين غير المخولين من الحصول على هذا المعرّف عبر الإطار المرشد، إلا أنها لن تمنع إيجاد معرّف مجموعة الخدمات باستخدام برمجيات التجسس على إطارات الربط المرسلة من محطات أخرى. إن إيجاد معرّف مجموعة الخدمات لشبكة مغلقة يعني ببساطة انتظار أحد ما ليقوم بالربط بالشبكة اللاسلكية واستخلاص معرّف مجموعة الخدمات من إطار الربط المرسل.

ب- إستخدام مرشح العناوين الفيزيائية MAC كإجراء لتعزيز أمن الشبكة اللاسلكية:

لقد إنتشر استخدام العنوان الفيزيائي لبطاقة الشبكة اللاسلكية كآلية لتحديد أو توفير الوصول إلى الشبكة اللاسلكية بين الكثير من مزودي خدمات الإنترنت اللاسلكية. يعتمد هذا الخيار على أن العناوين الفيزيائية MAC مسجلة ضمن المكونات الإلكترونية لبطاقة الشبكة وبالتالي يستحيل على المستخدمين العاديين تغييرها. إلا أن الواقع يخالف هذه الميزة، لأنه من الممكن وببساطة تغيير العناوين الفيزيائية في معظم بطاقات الشبكة اللاسلكية.

جـ - البوابات المقيّدة للشبكات اللاسلكية:

للبوابات المقيّدة للشبكات اللاسلكية اهمية كبيرة نظراً لارتباطها بأمن الشبكات اللاسلكية،وعلى الرغم من تعدد أساليب تطبيق البوابات المقيّدة للشبكات اللاسلكية إلا أن أغلبها يعتمد على المبدأ نفسه. عند استخدام البوابات المقيدة كآلية للتحقق من الهوية في شبكةٍ ما فإن مستخدمي هذه الشبكة سيتمكنون من الربط مع أية نقطة وصول (دون استخدام آليات التحقق من الهوية في الشبكة اللاسلكية) والحصول على عنوان إنترنت IP عبر بروتوكول الإعداد التلقائي للمضيف DHCP من دون تحققٍ من هوية المستخدم للحصول على عنوان إنترنت IP. وبعد حصول المستخدم على عنوان إنترنت IP ستقوم الشبكة بالتقاط جميع طلبات الوصول إلى الإنترنت عبر بروتوكول HTTP لإجبار المستخدم على "تسجيل الدخول" إلى صفحة إنترنت. تضطلع البوابات المقيّدة بمهمة التأكد من صحة كلمة السر التي أدخلها المستخدم وتعديل حالة الجدار المانع وتعتمد قواعد الجدار الناري على قيم العنوان الفيزيائي MAC وعنوان الإنترنت IP الذي حصل عليه المستخدم عبر بروتوكول DHCP.



الشكل رقم 5-1 بوابة مقيّدة مع الخطوات الثلاث للتحقق من الهوية

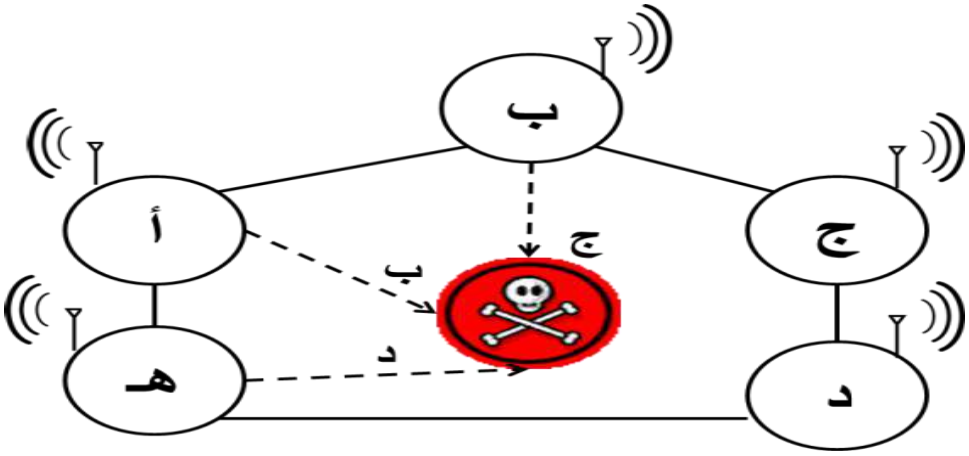
ويظهر الشكل رقم (5-1) الخطوات الثلاث لعملية التحقق من الهوية باستخدام البوابات المقيّدة وهي على الشكل الآتي:

1. الخطوة الأولى: ربط المستخدم مع الشبكة اللاسلكية. إذ لاتتطلب هذه المرحلة التحقق من هوية المستخدم عبر بروتوكولات WEP/WPA وتقوم الشبكة عادةً بإرسال معرّف مجموعة الخدمات SSID.
2. الخطوة الثانية: يحصل المستخدم على عنوان إنترنت IP عبر بروتوكول الإعداد التلقائي للمضيف DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) تقوم نقطة الولوج بتمرير سيل البيانات IP من دون أي تحقق من هوية المستخدم.
3. الخطوة الثالثة: والأخيرة تحول طلبات الوصول إلى الشبكة جميعا عبر بروتوكول الربط التشعبي HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) الواردة من الزبون إلى خادم البوابة المقيّدة.

ويقوم المستخدم بتسجيل الدخول إلى الخادم (ويكون ذلك عادة بإرسال اسم المستخدم وكلمة السر عبر بروتوكول HTTPS الآمن). أخيراً يقوم خادم البوابة المقيّدة بتعديل أو إضافة قاعدة ضمن الجدار الناري للسماح للمستخدم بالوصول إلى الإنترنت.

إعتداء سيبيل Sybil Attack:

وهنا يعمد المعتدي إلى انتحال هوية أكثر من عقدة داخل الشبكة مما يؤثر على موثوقية و صحة البيانات، و من خلال تزييف الهوية يمكن للمعتدي أن يخترق التخزين الموزع للبيانات، وآلية التوجيه المستخدمة في الشبكة وآلية تجميع البيانات، وتوزيع الموارد. و إذا دمجت الهويات المزيفة مع مواقع مزيفة يصبح بإمكان المعتدي أن يظهر في مواقع مختلفة من الشبكة بهويات مختلفة مما يزيد من احتمالية اختيار عقدة (سيبيل) كجزء شرعي من مسار التوجيه. و قد تعمل مجموعة من العقد المزيفة إلى إرسال تعزيزات سلبية تطعن في صحة مجموع البيانات التي أرسلتها العقد، ويظهر الشكل رقم (5-2) عقدة سيبيل التي تنتحل هوية أكثر من عقدة.



الشكل 5-2 عقدة سيبيل التي تنتحل هوية أكثر من عقدة

3- التكامل

إن مدى صحة و وثوقيه نظام التشغيل يعرب عن جودة أي نظام للمعلومات بالإضافة الى التكامل المنطقي للتجهيزات والبرمجيات التي توفر آليات الحماية ومدى تناغم بنى المعلومات مع البيانات المخزنة.

يمكننا تعريف كمال البيانات في الشبكات اللاسلكية بقدرة بروتوكول الاتصال اللاسلكي على كشف أي تحريف في البيانات المنقولة من قبل أشخاص غير مخولين.

وكان من المفترض ان يضمن بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP) في العام 1999 كمال البيانات المنقولة، إلا إن آلية كمال البيانات المستخدمة حينها التحقق الدوري من الأخطاء Cyclic Redundancy Check (CRC) لم تكن آمنة، ولقد أتاحت الأخطاء التصميمية في بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية (WEP) إمكانية تعديل البيانات المنقولة وتحديث قيمة (CRC) الخاصة بهذه البيانات حتى من دون معرفة مفتاح تشفير (WEP)، أي أنه بالإمكان تحريف البيانات المنقولة من دون أن يكشف هذا التحريف.

وقد حلّت بروتوكولات WPA و WPA2 مشكلة كمال البيانات الموجودة في سلفها WEP بإضافة شيفرةٍ أكثر أمناً للتحقق من الرسالة والذي يمنع ما يسمى بـ "هجمات الإعادة Replay Attacks" التي يقوم بها المهاجم بتسجيل المحادثة بين أحد مستخدمي الشبكة اللاسلكية ونقطة الولوج بغية الحصول على وصول غير مخول إلى هذه الشبكة. لذلك فان كمال البيانات هو بروتوكول السرية المكافئة للشبكة السلكية WEP مقارنةً ببروتوكول الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية WPA. ونستنتج من ذلك ان كمال البيانات عبر بروتوكول WEP صار منقرضاً. ولأجل بلوغ كمال البيانات يجب استخدام بروتوكول الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية WPA أو WPA2 لتحقيق كمال البيانات في الشبكات اللاسلكية عبر التشفير على مستوى الوصلة.

لقد صمم بروتوكول الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية WPA كخطوة انتقالية باتجاه بروتوكول WPA2 (معيار IEEE802.11i). يتضمن بروتوكول WPA جزءاً من الميزات المتوفرة في معيار IEEE802.11i ويركّز على التوافقية الرجعية مع بطاقات الشبكة العاملة وفق معايير WEP IEEE802.11b.عالج بروتوكول الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية WPA العيوب الموجودة في سلفه WEP عبر زيادة حجم المفاتيح المستخدمة وإضافة شيفرة جديدة آمنة للتحقق من الرسائل. لقد اختيرت خوارزمية ميخائيل Michael لكونها أقوى الحلول القادرة على التعامل مع بطاقات الشبكة القديمة، ولكن خوارزمية ميخائيل ما تزال عرضة للهجمات ولهذا السبب تحتوي الشبكات اللاسلكية المعتمدة على بروتوكول WEP آليةً لإيقاف عمل الشبكة لمدة 30 ثانية عند اكتشاف هجمة ما.

4- التوافر

التوافر يعني الوصول الموثوق الى البيانات وخدمات المعلومات حينما يحتاجها الاشخاص المخولون بذلك. ومن الأمور الواجب فهمها أنه من غير اليسير أن تمنع شخصاً ما من التشويش على إشارة شبكتك اللاسلكية. تعمل الشبكات اللاسلكية، وضمن نطاقٍ محدد للقنوات الراديوية و يمكن استخدامه لأي شخص لإرسال إشارات لاسلكية ومن شبه المستحيل منع الأشخاص غير المخولين من التشويش على شبكتك. ان كل ما يمكنك عمله أن تقوم بمراقبة وصلاتك لتحديد المصادر المحتملة للتشويش.

5- إيقاف الخدمة

تكون الشبكات اللاسلكية عرضةً لإيقاف الخدمة (Denial of Service DoS) بسبب التشويش اللاسلكي، وخذ على سبيل المثال الحالة التي يقرر بها مشغّل شبكةٍ أخرى إعداد تجهيزاته اللاسلكية لتعمل ضمن القنوات الراديوية نفسها المستخدمة في شبكتك. تخيل أيضاً أن هذه الشبكة سترسل معرّف مجموعة الخدمات SSID الخاص بشبكتك،و لتجنب هذه الهجمات المقصودة أو غير المقصودة ينبغي عليك القيام بمسحٍ دوريٍ للترددات اللاسلكية، ولتجنب تشويش على شبكات أخرى يجب عليك ألا تفرط في زيادة طاقة وصلاتك اللاسلكية.

وهناك العديد من الأسباب التي قد تخفض من أداء الشبكة اللاسلكية أو توقف عملها بالكامل. مثال ذلك قد يتسبب وجود نقاطٍ مخفيةٍ في تدنٍ كبيرٍ في أداء الشبكات العاملة ببروتوكول IEEE 802.11، كما قد تسبب فيروسات برمجيات (الند للند) (Peer-to-Peer) بالإضافة إلى الرسائل المرسلة عشوائياً SPAM وغيرها في تخفيض سعة نقل البيانات المتوافرة للوصول المخول إلى الخدمات الأساسية.

وكما ذكرنا في فقرة "التحقق من الهوية" في هذا الفصل فإنه من الصعب منع المستخدمين غير المخولين من الاتصال بنقطة الولوج أو البوابة المقيّدة الخاصة بك،و يتطلب توافر الشبكة اللاسلكية القيام بمهام مراقبة الشبكة بشكلٍ جيد.

6- مكافحة الانكار (المسؤولية)

مكافحة الانكار تعني التأكيد بأن مرسل البيانات قد حصل على إثبات بوصول البيانات الى المرسل اليه وبأن المستقبِل قد حصل على إثبات لشخصية المرسل مما يمنع احتمال إنكار اي من الطرفين كونه قد عالج هذه البيانات.

ولاتحتوي بروتوكولات الشبكات اللاسلكية على آليةٍ للتأكيد على أن مرسل البيانات قد حصل على إثباتٍ لتسلم المستقبل لرسالته أو على أن المستقبل قد حصل على إثباتٍ لهوية المرسل. لذلك يجب إعداد المسؤولية ضمن بروتوكولات الطبقات العليا.

3-5 انواع التهديدات لشبكات التحسس

تبعا لأنواع تهديدات الاختراق لمنظومات الاتصال اللاسلكية يوضح مجموعة من المقترحات لمعالجة كل نوع من هذه التهديدات، لاحظ الجدول رقم (5-1).

جدول رقم 5-1 انواع التهديدات الامنية في الشبكات اللاسلكية المتحسسة وكيفية الوقاية منها

ت	نوع امن المعلومات	تأثير التهديد	نوع الوقاية والمعالجة المقترحة للتهديد
1	السرية	خطر التجسس، قد يصل المستخدمون غير المخولين إلى البيانات المنقولة عبر شبكتك اللاسلكية	1-استخدم التشفير على مستوى الوصلة ضمن وصلاتك اللاسلكية (WPA2). 2- استخدام التشفير ضمن الطبقات ذات المستوى الأعلى (HTTPS, Secure SMTP).
		خطر سرقة البيانات المنقولة، إذ يتمكن المستخدمون غير المخولين من تطبيق هجمات الشخص الوسيط.	راقب نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR، معرّف مجموعة الخدمات SSID بالإضافة إلى العنوان الفيزيائي لنقطة الولوج AP MACالمستخدمة في وصلاتك.

2	التحقق من الهوية	خطر الوصول غير المخول إلى شبكتك اللاسلكية	1- قم بإعداد بروتوكول (WPA2 802.11X IEEE). 2- لا تعتمد على أساليب التحقق من الهوية باستخدام العنوان الفيزيائي MAC فقط. 3- لا ترسل معرّف مجموعة الخدمات SSID الخاص بشبكتك.
		خطر الوصول غير المخول لشبكتك الداخلية.	1- قم بتركيب الشبكة اللاسلكية خارج حدود الجدار المانع. 2- استخدم الشبكة الافتراضية VPN الخاصة واسمح بالوصول الى شبكتك الداخلية عبر مركز الشبكة الافتراضية الخاصة فقط.
3	السرية	خطر الوصول غير المخول إلى شبكتك والى الانترنت	1- قم بإعداد بروتوكول IEEE 802.11X 2- قم بإعداد بوابة مقيدة Captive Portal.
4	التكامل	خطر تحريف البيانات أثناء نقلها لاسلكياً.	1- ينصح باستخدام "التشفير" ضمن الطبقات ذات المستوى الأعلى (HTTPS, Secure SMTP). 2- استخدم التشفير على مستوى الوصلة ضمن وصلاتك اللاسلكية (WPA2).
5	التوافر	إيقاف عمل الخدمة بسبب التشويش اللاسلكي (التداخل)	راقب طيف الترددات اللاسلكية دورياً.حاذر من الزيادة المفرطة في طاقة وصلاتك.
		خطر انخفاض سعة النقل نتيجة الإرسال المتكرر للإشارات اللاسلكية.	1- تأكد من عدم وجود نقاط مخفية أومصادر أخرى للتشويش. 2- راقب نقاط الولوج لكشف أية إرسالات متكررة على مستوى الوصلة.
		خطر انخفاض سعة النقل نتيجة البرمجيات المؤذية.	1- راقب البيانات المنقولة لبروتوكول الإنترنت IP وبشكل خاص بروتوكولي ICMP و UDP. 2- ركّب أنظمة كشف التسلل Intrusion Detection Systems إذا دعت الحاجة.
6	الوصول إلى الشبكة	خطر الاستخدام غير المخول لموارد الشبكة والشبكة اللاسلكية.	1- قم بإعداد بروتوكول IEEE 802.11X 2- استخدم البوابات المقيدة المعتمدة على التواقيع الإلكترونية Digital signature.

4-5 تشفير البيانات والمعلومات

يشكل التشفير على مستوى الوصلة آليةً لتأمين البيانات أثناء انتقالها بين نقطتين متصلتين الوصلة الفيزيائية نفسها (ويمكن أيضاً أن يتصلا عبر وصلتين فيزيائيتين مربوطتين بمكرر الاشارة كما هو الحال في وصلات الأقمار الصناعية). يتيح التشفير على مستوى الوصلة حماية البروتوكولات أو البيانات المارة عبر الوصلة الفيزيائية من أعين المتطفلين، و يتطلب التشفير توافر مفتاح محدد أو سر مشترك بين الأطراف التي تشترك في عملية التشفير بالإضافة إلى الإتفاق على خوارزمية مشتركة للتشفير. في حال عدم تشارك المرسل والمستقبل في الناقل الفيزيائي نفسه وينبغي فك تشفير البيانات وإعادة تشفيرها عند كل نقطة مرورفي أثناء انتقالها إلى المستقبل. ويستعمل التشفير على مستوى الوصلة عادة عند غياب التشفير على مستويات أعلى.

1-4-5 التشفير على مستوى الوصلة في الشبكات اللاسلكية العاملة على وفق معايير 802.11

تعد خوارزمية السرية المكافئة للشبكة السلكية (Wired Equivalent Privacy WEP) أكثر خوارزميات التشفير استعمالاً في الشبكات اللاسلكية العاملة على وفق معايير 802.11 . لقد أثبت عملياً بأن هذه الخوارزمية غير آمنة، واستحدثت نتيجة ذلك بدائل أخرى عديدة منها الوصول المحمي للشبكة اللاسلكية (Wi-Fi Protected Access (WPA)) والتي اعتمدت كصيغة معيارية،و سيتضمن المعيار الجديد للشبكات اللاسلكية 802.11iإصدار مطور من WPA تدعى WPA2.لا يوفر التشفير على مستوى الوصلة أمناً مطلقاً خارج مجال الوصلة الفيزيائية، لذا يجب عدّه مجرد إجراء أمني إضافي لدى تصميم الشبكة اللاسلكية دائماً و يستهلك التشفير على مستوى الوصلة مزيداً من موارد التجهيزات في نقاط الولوج كما يتطلب تصميم النواحي الأمنية المتعلقة بتوزيع وإدارة مفاتيح التشفير.

5-5 إدارة المفاتيح

ويهدف هذا الجزء من الفصل إلى تزويد الطالب بمبادئ عمل الحلول الأمنية المصممة خصيصاً لشبكات المتحسسات اللاسلكية وتحديداً التشفير و إدارة المفاتيح، وبروتوكولات التوجيه الآمنة، ووسائل الحماية من هجمات حجب الخدمة، وأخيراً وسائل كشف التسلل.

1-5-5 التشفير و إدارة المفاتيح

إن آليات التشفير المصممة للشبكات السلكية غير قابلة للتطبيق في الشبكات اللاسلكية الحساسة، لأن تطبيقها يتطلب زيادة في استهلاك قدرات العقد الحاسوبية و موارد طاقتها كما أنه قد يزيد من حدوث تأخير في الإرسال أو فقدان حزم البيانات واقترح هيلي في عام 2007 آلية لتقليل تكاليف التشفير و ذلك عن طريق استغلال مورد متوافر في معظم الحساسات و هو وحدة التشفير الموجودة في رقاقة Chipcon CC2420. و من جهة أخرى قام تشانج 2008 بدراسة إستهلاك الطاقة في تنفيذ عمليات التشفير البرمجية و يدرج مبادئ توجيهية لتطبيق التشفير في الشبكات اللاسلكية المتحسسة بفاعلية.

وآليات التشفير المقترحة للتطبيق داخل شبكات اللاسلكية الحساسة ومما خلصوا إليه أن آليات التشفير المتناظرة تتفوق على الآليات اللامتناظرة أو ما يعرف بالتشفير باستخدام المفتاح العام - من حيث السرعة في التنفيذ والتقليل من مستوى استهلاك موارد العقد المحدودة مما يجعل التشفير المتناظر الاختيار الأمثل فيما يخص شبكات الحساسات اللاسلكية. إلا أنه من أكبر العقبات أمام آليات التشفير المتناظر تأمين عملية توزيع المفاتيح بين الأطراف المتواصلة في الشبكة.

إن تطبيق التشفير في الشبكات اللاسلكية المتحسسة يثير بعض الأسئلة المهمة فيما يخص إدارة مفاتيح التشفير. و تعد بروتوكولات إدارة مفاتيح التشفير من أكثر القضايا تناولاً في مجال تأمين شبكات المتحسسات

اللاسلكية إذ يتطلب منها إدارة المفاتيح بين العقد بطريقة آمنة و موثوقة و بما أن العقد في شبكات اللاسلكية الحساسة تعاني من قدرات و طاقات محدودة فإن هذه البروتوكولات تواجه تحديات يمكن تلخيصها بالعناصر الآتية:

1. التوزيع المسبق للمفاتيح و الذي قد يكون صعب التطبيق نظراً لحجم الذاكرة المحدود في الحساسات.
2. اختيار آلية اكتشاف العقد المجاورة والتي يجب أن تكون قوية لمنع المخترق من استغلالها في اكتشاف المفاتيح السرية.
3. تغيير المفتاح تلقائيا و الذي لن يكون سهل التحقيق بسبب صعوبة توقع الوقت اللازم لاكتشاف المفتاح و صعوبة تحديد طول المدة التي تمثل صلاحية المفتاح.
4. معالجة العقد المخترقة و التي قد يستغلها المعتدي للتوصل إلى المفتاح، بالإضافة إلى تأمين الوصول المباشر من طرف لطرف و التأخير المصاحب لعمليات إنشاء المفاتيح.

وعلى الرغم من التحديات التي تواجه إدارة المفاتيح في الشبكات اللاسلكية المتحسسة تمكن العديد من الباحثين من تقديم بروتوكولات تصنف بحسب هيكل الشبكة إلى بروتوكولات مركزية و أخرى موزعة و بحسب احتمالية الاشتراك بالمفتاح بين عقدتين إلى بروتوكولات احتمالية و أخرى حتمية. وفي البروتوكولات المركزية يوجد ما يسمى بمركز توزيع المفاتيح و الذي يتولى مسؤولية إصدار و توزيع المفاتيح، مما يشكل نقطة ضعف يمكن أن تستغل لاختراق الشبكة فبمجرد اختراق مركز توزيع المفاتيح تسقط الشبكة بأكملها في قبضة المعتدي. و على النقيض من ذلك نجد أن البروتوكولات الموزعة توظف أكثر من جهة لتوزيع و إنشاء المفاتيح مما يعزز قوتها في مواجهة الاختراق لذا نجد أن أغلب البروتوكولات تستعمل المنهجية الموزعة.

ويصنف البروتوكول على أنه حتمي إذا كان يضمن وجود مفاتيح مشتركة بين أي عقدتين وسطيتين في الشبكة، على العكس من البرتوكول الاحتمالي الذي لا يضمن ذلك.

وركز الباحثون في عام 2009 على استعراض مجموعة من برتوكولات التوزيع المسبق للمفاتيح بحكم إنها الأنسب لشبكات الحساسات اللاسلكية المتجانسة التي تعد الأكثر شيوعاً. و قد عرض الباحثون تقييماً مفصلاً لمجموعة كبيرة من البروتوكولات تنتمي إلى تسع فئات مختلفة، و لإجراء التقييم عرفت معايير لقياس فعالية و مرونة البروتوكول تتلخص بالآتي:

ا) حجم الذاكرة المستهلكة في تخزين المفاتيح.

ب) عدد دورات المعالج اللازمة لإصدار المفاتيح.

جـ) كمية البيانات المتبادلة بين العقد خلال عملية إصدار المفاتيح.

د) حجم الطاقة المستهلكة في إصدار المفاتيح.

هـ) ضمان ترابط العقد من خلال توافر مفاتيح مشتركة بينها.

و) عدم الاعتماد على المعرفة المسبقة لمواقع العقد في داخل الشبكة.

ز) القدرة على العمل في نطاق واسع.

ح) سهولة إضافة عقد جديدة للشبكة.

تتعدد أنواع المفاتيح المستعملة داخل الشبكات اللاسلكية المتحسسة لتشمل:

أولاً: المفاتيح الشاملة: إذ تشترك جميع عقد الشبكة في المفتاح نفسه و الذي يستعمل في تشفير و فك تشفير الرسائل المتبادلة جميعاً .

ثانياً: المفاتيح الزوجية للعقد: والذي يفترض أنه إذا كان للعقدة عدد (س) من العقـــد المجاورة فإن عليها تخزيـــن (س) من المفاتيح المختلفة للتواصل مع جيرانها، والمفاتيح الزوجية للمجموعات تستعمل العقد داخل العنقود مفتاحاً مشتركاً و يتواصل بين رؤوس العناقيد باستعمال مفاتيح زوجية. و نستطيع القول إن المفاتيح الزوجية أقوى من المفاتيح الشاملة، لأنه في حال اختراقها سيفشل جزء محدود من الشبكة على خلاف المفاتيح الشاملة التي قد يسبب اختراقها انهيار الشبكة بأكملها.

ثالثاً: المفاتيح الفردية: إذ يخصص لكل عقدة مفتاح خاص، معلوم لدى مجمع الشبكة فقط

6-5 المعايير القياسية في شبكات الاستشعار اللاسلكية

1-6-5 المعيار

قبل الخوض في معايير الشبكات المتحسسة اللاسلكية، دعنا نتعرفّ أولاً الى مفهوم المعيار واهميته.

لقد عرفّت اللجنة الاستشارية لسياسة المعايير الوطنية (US-NSPAC) "المعيار" في العام 1978 بأنّه:

"مجموعة محددة مسبقاً من القواعد، الشروط أو المتطلبات المتعلقة بتعريف المصطلحات، وتصنيف المكونات، وتحديد المواد، والاداء أو الاجراءات، وتخطيط العمليات، والقياسات الكمية أو الجودة لتوصيف المواد، والمنتجات، والانظمة، والخدمات أو الممارسة".

ولو كانت معايير التجهيزات، البرمجيات والانظمة عديمة الفائدة فيما يخص المنتجين لكان من المؤكد عدم الحاجة أساسا لتكبدّ عناء وضع المعايير ولما وجدت أساسا أيا من هذه المعايير. وفيما يخص المنتجين فإن إنتاج منتج متوافق مع معيار محدد يعني ضمنيا إمكانية تشغيل هذا المنتج مع جميع المنتجات الاخرى المتوافقة مع هذا المعيار. كما يمنح ذلك أيضا هذا المنتج إمكانية الوصول إلى أسواق عالمية يعرف زبائنها هذا المعيارأنهم يألفون هذا المنتج بعينه. تستعمل المعايير من المنتجين لكي تضمن للمستهلك تساوياً في الجودة والتناغم في منتجاتهم. أما فيما يخص المستهلك فإن المنتج المتوافق مع معيارٍ ما يضمن إمكانية تشغيل هذا المنتج مع منتجاتٍ أخرى وبالتالي تحريرهم من قيد الارتباط بمنتجٍ واحد.

(1) المعايير المفتوحة و المغلقة

لأجل تسهيل تصنيف المعايير إلى مفتوحة ومغلقة. تكون المعايير المفتوحة متاحةً للعموم، على خلاف نظائرها المغلقة، فالمعايير المغلقة تتاح فقط (هذا فيما إذا كانت متاحة في الإساس) ضمن شروط تعاقدية صارمة ومقيدة جدا مع الجهة التي تملك حقوق الملكية الفكرية لمواصفات هذه المعايير. أما مواصفات المعايير المغلقة فخير مثالٍ عليها لغة توصيف الربط التشعبي HTML، اما أمثلة المعايير المفتوحة هي صيغ مستندات حزمة البرمجيات Microsoft Office .

وتساعد المعايير المفتوحة على رفع مستوى التوافقية بين التجهيزات، والبرمجيات أو الانظمة لكونها متاحة لأي شخص يرغب في استخدامها. مما يعني عمليا أن بإمكان أي شخص يملك الخبرة والدراية الكافية أن يبني منتجه الخاص به ليعمل مع المنتجات الأخرى المتوافقة مع المعيار المفتوح نفسه الذي استخدمه في بناء منتجه.

إن مجرد كون المعيار مفتوحا لا يعني بالضرورة تحريره من حقوق الترخيص أو براءات الاختراع. في حين يمكننا عدّ المعايير المجانية جميعاً مفتوحة فإن العكس قد لا يكون صحيحا على الدوام، وبعض المعايير المفتوحة متاحة بالمجان، بينما قد يطلب مالكو براءات الاختراع معايير أخرى مفتوحة أيضا تعويضا ماديا لقاء استخدام هذه المعايير. وتعد المعايير المنشورة من المنظمات الدولية مثلIEEE و ITU، ISO مفتوحة إلا أنها ليست مجانية على الدوام، وباختصار فلا تقتصر أهمية المعايير المفتوحة على تمكين جميع الاطراف في

بناء حلول متوافقة مع بعضها الآخر بكلفة أقل، بل تتعدى ذلك إلى تشجيع التنافس بين المنتجين عبر التحديد الواضح لقواعد اللعبة.

(2)IEEE ومجموعات العمل التابعة له:-

IEEE يعد المعهد الدولي لمهندسي الكهرباء والإلكترون وهو منظمة دولية لا تهدف للربح المطور الاساس للمعايير الدولية، وعلى وجه الخصوص تلك المتعلقة بالاتصالات، وتقنية المعلومات وتوليد الطاقة الكهربائية؛ يملك المعهد مجموعةً من 900 معيارقيد الاستخدام و 400 أخرقيد التطوير،ومن أكثر معايير IEEE شيوعا مجموعة معايير IEEE 802 LAN/WAN والتي تتضمن معيار شبكات معايير IEEE 802.3 ومعيار الشبكات اللاسلكية IEEE 802.11.

(3)معايير IEEE 802 لشبكات المناطق المحلية و الحضرية :

تشير عائلة معايير IEEE 802 إلى شبكات المناطق المحلية LAN وشبكات المناطق الواسعة WAN. وينحصر تعريف معايير IEEE 802 بالشبكات التي تنقل حزم البيانات متفاوتة الاحجام مقارنة بالشبكات التي تنقل البيانات ضمن وحدات قصيرة ذات حجم موحد تدعى بالخلية (cells) وتهتم لجنة معايير شبكات المناطق المحلية والحضرية LAN/MAN بمتابعة عائلة معايير IEEE 802، ومثال عليها معيار IEEE 802.11 للشبكات اللاسلكية ومعيار IEEE 802.16 للشبكات اللاسلكية السريعة.

2-6-5 الجوانب التقنية لمعايير

يتضمن معيار802.11 مجموعةً من التعديلات المرتبطة بالشبكات اللاسلكية، وتختلف هذه التعديلات فيما بينها بشكل رئيس في تقنيات التشفير، ونطاق الترددات وجودة الخدمة QoS.

ويغطي معيار802.11 IEEE كما هو الحال في جميع معايير IEEE 802 الطبقتين الاولى والثانية من إنموذج OSI المعياري Open Systems Interconnection وهي الطبقة الفيزيائية (L1) وطبقة وصلة البيانات (L2).

3-6-5 تعديلات معايير IEEE 802.11

تعد التعديلات (a, b, g) والتي قد حققت انتشارا واسعا في السوق بفضل منتجات متوافقة ذات كلف معقولة هي أكثر التعديلات شيوعا ضمن عائلة معايير 802.11 وهي عبارة عن تحسينات مواصفات سابقة ضمن العائلة وفيما ياتي توضيح هذه التعديلات:

أولاً: IEEE 802.11b

يتضمن معيارIEEE 802.11b تحسينات عن المعيار الاصلي 802.11 لدعم نقل البيانات بسرعاتٍ أكبر (5.5 و 11 ميگابايت في الثانية)، يستعمل هذا المعيار أسلوب الوصول نفسه إلى الناقل المحدد في المعيار الاصلي802.11، ويستعمل معيارIEEE 802.11b تقنية الطيف الموزع عبر التتابع المباشر DSSS والمحددة ايضا في المعيار الاصلي.

ثانياً: IEEE 802.11a

يستعمل هذا المعيار تماما كما هو الحال في معيار IEEE 802.11b البروتوكول المحدد في المعيار الاصلي نفسه. ويعمل معيار IEEE 802.11a ضمن حزمة التردد 5 گيگاهرتز ويستعمل تقنية ترميز تقسيم التردد المتعامد OFDM مما يعطيه القدرة على بلوغ سرعةٍ قصوى لنقل البيانات تعادل 54 ميگابايت في الثانية.

إذا ما اقتضت الحاجة يمكن تخفيض هذه السرعة باستعمال الاختيار المكيفّ لسرعة نقل البيانات إلى (6, 9,12,18, 24, 36 ,48) ميگابايت في الثانية. لم يبلغ معيارIEEE 802.11a الإنتشارالواسع الذي حققه نظيره IEEE 802.11b ومن معوقات استخدام هذا المعيار تواجد المعيار السابق IEEE 802.11b على نطاق واسع، وضعف المنتجات الأولية التي صممت على وفق هذا المعيار والقوانين الأكثر صرامة في حزمة الترددات 5 گيگاهرتز.

ثالثاً: IEEE 802.11g

لقد إعتمد التعديل الثالث لمعيار 802.11 في حزيران من عام 2003 وأعطي الاسم IEEE802.11g ويعمل هذا المعيار شأنه شأن نظيره IEEE 802.11b ضمن حزمة الترددات 2.4 گيگاهرتز. ويستعمل معيار 802.11g تقنية الترميز المعتمدة في معيار (802.11 a OFDM) نفسها مما يمكنّه من بلوغ سرعةٍ قصوى لنقل البيانات تصل حتى 54 ميگابايت في الثانية،و لضمان التوافقية مع المنتجات العاملة على وفق معيار 802.11b فإن هذا المعيار يعود إلى استعمال تقنيات الترميزCCK+DSSS (مثل تلك المستخدمة في 802.11b) عند سرعات نقل البيانات 11 و 5.5 ميگابايت في الثانية في حين يستعمل ترميز DBPSK/DQPSK+DSSS عند سرعات 1 و2 ميگابايت في الثانية.

وفيما يأتي ملخص مقارنة التعديلات الثلاثة الاكثر اهمية لمعيار 802.11.

جدول 5-2 مقارنة التعديلات الثلاثة الاكثر اهمية لمعيار 802.11

المعيار	التردد	تقنية الترميز	السرعة القصوى لنقل البيانات	الملاحظات
802.11 a	5 كيكاهيرتز	OFDM	54 ميكابايت/ثانية	8 قنوات غير متداخلة لايوجد جودة للخدمة
802.11b	2.4 كيكاهيرتز	DSSS,CCK	11 ميكابايت/ثانية	14 قناة متداخلة
802.11g	2.4كيكاهيرتز	OFDM,CCK,DSSS	54 ميكابايت/ثانية	14 قناة متداخلة متوافق مع معيار 802.11b.

أســئلة الفصـل الخـامس

س1/ اكمل العبارات الآتية:

1. تضمنت النشاطات المحددة لأمن الإتصالات أربعة أجزاء، وهي.....و ..... و ..... و .....
2. إن السرية والتحقق من الهوية خاصيتين تتعلق بـ.....
3. سيتضمن المعيار الجديد للشبكات اللاسلكية 802 إصداراً مطوراً من WPA يدعى .....
4. المعيار 802.11 a له تردد..... أما تقنية الترميز..... وله سرعة قصوى 54 ميكابايت/ثانية.
5. .....إذ تشترك جميع عقد الشبكة في المفتاح نفسه و الذي يستعمل في تشفير و فك تشفير جميع الرسائل المتبادلة.
6. أمن المعلومات يشمل خمس خصائص، وهي: 1.....2.....3.....4.....5.....
7. تكون الشبكات اللاسلكية عرضةً لإيقاف الخدمة (Denial of Service DoS) بسبب .....
8. تتعدد أنواع المفاتيح المستعملة في داخل شبكات اللاسلكية الحساسة لتشمل.....

س2/ تعديلات معايير IEEE 802.11 عبارة عن تحسينات لمواصفات سابقة ضمن العائلة، وضح هذه التعديلات.

س3/ تعاني الشبكات اللاسلكية الحساسة من قدرات و طاقات محدودة وان هذه البروتوكولات تواجه تحديات يمكن تلخيصها في عناصرمحددة، ماهي وضحها؟

س4/ ماهي معايير القياس لفعالية و مرونة البروتوكول؟ عددها.

س5/ ما نوع الوقاية والمعالجة المقترحة للتهديدات الآتية:

1. خطر الوصول غير المخول إلى شبكتك اللاسلكية.
2. خطر التجسس، قد يصل المستخدمون غير المخولين إلى البيانات المنقولة عبر شبكتك اللاسلكية.
3. إيقاف عمل الخدمة بسبب التشويش اللاسلكي (التداخل).
4. خطر سرقة البيانات المنقولة، إذ يتمكن المستخدمون غير المخولين من تطبيق هجمات الشخص الوسيط.
5. خطر الاستعمال غير المخول لموارد الشبكة والشبكة اللاسلكية.
6. خطر التجسس، قد يصل المستخدمون غير المخولين إلى البيانات المنقولة عبر شبكتك اللاسلكية.

س6/ ماهي الأساليب التي يتم من خلالها تحقيق سرية البيانات؟

س7/ كيف يتم تشفير البيانات والمعلومات؟ وضح ذلك.

س8/ في اعتداء سيبيل على ماذا يعتمد المعتدي؟ إشرح ذلك معززا اجابتك بمخطط لعقدة سيبيل.

س9/ التعرف على الهوية هي احد خمس خصائص أمن المعلومات بين هذه الخاصية، وإشرح كيفية التحقق

من الهوية؟

س10/ وضح كيفية عمل المفاتيح الزوجية للعقد والمفاتيح الفردية والفرق بينهما.

س11/ بين الفرق بين المعايير الثلاثة الآتية (802.11a, 802.11b, 802.11g) من حيث التردد، وتقنية الترميز، و السرعة القصوى لنقل البيانات.

الفصل السادس

الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية

أهداف الفصل السادس:

معرفة الطالب خصائص وحدة توليد الطاقة في الشبكات المتحسسة والعوامل المؤثرة على استهلاكها واساليب الادارة المستخدمة لتقليلها بشكل مثالي واهم التحديات التي تواجه ذلك.

محتويات الفصل السادس:

6-1 خصائص وحدة توليد الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية .

6-2 العوامل المؤثرة في استهلاك الطاقة.

6-3 أساليب ادارة الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية.

6-4 التحديات.

اسئلة الفصل السادس

الفصل السادس

الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية

1-6 خصائص وحدة توليد الطاقة في الشبكات المتحسسة اللاسلكية

يشكل استهلاك الطاقة في شبكة التحسس اللاسلكية (WSN) مصدر قلق بالغ الأهمية وذلك لشحة او ندرة الطاقة. ويعزى اسباب تضخيم مشكلة الطاقة في شبكات التحسس اللاسلكية الى خصائص عدة تنفرد بها الشبكة، وهي:

أ- بمقارنة حجم عقدة التحسس الصغير مع تعقيد المهام التي تقوم بها العقدة من تحسس وتجهيز وإدارة ذاتية واتصالات، تحتاج العقدة الى مصدر كبير للطاقة.

ب- ومن الناحية العملية، تتكون شبكة التحسس اللاسلكية من عدد كبير من العقد، وهذا يجعل تغيير أو إعادة شحن البطاريات صعباً للغاية.

ج-على الرغم من التقدم العلمي والبحثي في مجال تحسين ادارة الطاقة للشبكات المتحسسة من خلال استعمال الطاقة المتجددة وآليات إعادة الشحن الذاتي، الا ان حجم العقد ما يزال عاملاً مقيداً.

د- فشل بعض العقد قد يسبب عطل الشبكة بشكل كامل.

ان خاصية استهلاك الطاقة والتي تعد احد ابرز المشاكل (التي لا بد منها) في الشبكات المتحسسة اللاسلكية والتي يجب ان تحدد إذ يمكن النظر اليها من خلال زاويتين، الاولى هي تطوير انظمة (بروتوكولات) كفوءة في استخدام الطاقة للأغراض الاتصال والتي تشمل التنظيم الذاتي، والوصول إلى الوسيط Medium Access، وبروتوكولات المسار Routing Protocol التي بدورها تأخذ سمات خاصة في شبكات الاستشعار اللاسلكية. اما الزاوية الاخرى لمشكلة استهلاك الطاقة فهي تحديد الأنشطة الغير ضرورية والتي تؤدي الى اسراف في استهلاك الطاقة في الشبكة ومحاولة التخفيف من آثارها.

ويمكن وصف الأنشطة المسرفة والغير ضرورية على نحو خاص على انها تحديداً لفعاليات العقدة وأما بشكلها العام هو تحديد نطاق عمل الشبكة. في كلتا الحالتين، يمكن عدّ هذه الأنشطة نقاط ضعف جانبية للشبكة او كنتائج غير مثالية للبرمجيات والمكونات المادية (Software And Hardware).

وعلى سبيل المثال، أوضحت الملاحظات التي جمعت من الاستعمال الميداني للشبكة ان بعض العقد قد استنفدت بطارياتها قبل الأوان بسبب الأفراط الغير متوقع للمعلومات من الشبكة والتي تسبب تشغيل انظمة الاتصالات الثانوية لمدة اطول من الوقت المطلوب. وبالفعل استنفدت بعض العقد بطارياتها قبل الأوان لأنها حاولت بشكل عشوائي إقامة اتصال مع شبكة لم تعد مبرمجة لقبول الاتصال بها. وكما ذكر انفا فإنّ معظم الأنشطة غير الفعالة هي نتيجة للتصميم الغير مثالي للبرمجيات والمكونات المادية، على سبيل المثال، يضيع قدرا كبيرا من الطاقة في معالجة الخمول (Idle Processing) أو الاتصال بمحطة ثانوية. بالإضافة الى عملية الارسال العشوائي للشبكة (لتحسس) المحيط بغية ربط العقد فيما بينها وهذا يتطلب استهلاكاً كبيراً في الطاقة.

وتضمن استراتيجية الإدارة الديناميكية للطاقة (DPM) استهلاكاً اقتصادياً للطاقة. والتي يمكن تطبيقها بشكل خاص (في العقدة) او بشكل عام (في الشبكة) أو في كليهما. إذ تهدف استراتيجية (DPM) تقليل استهلاك الطاقة في العقد الفردية من خلال تجهيز كل نظام فرعي بنظام الصف لمعالجة المهام Queue Processing.

6-1-1 جوانب إدارة الطاقة المحلية Local Power Management Aspects

تمكن الخطوة الأولى تطوير استراتيجية إدارة الطاقة المحلية في فهم كيفية استهلاك الطاقة في الأنظمة الفرعية المختلفة لعقدة التحسس اللاسلكية. إذ تمكن هذه المعرفة على تفادي الفعاليات غير الضرورية للعقدة وبالنتيجة تقليل الاسراف في استهلاك الطاقة. فضلاً عن ذلك، تمكننا من تقدير المعدل الكلي لتبديد الطاقة في العقدة وكيفية تأثيره على معدل عمر الشبكة بالكامل، وفي فقرات الفصل الآتية، شرح تفصيلي للأنظمة الفرعية لعقدة التحسس.

6-1-2 معالج النظام الفرعي Processor Subsystem

معظم النظم الفرعية تستخدم المتحكمات (Microcontroller Control)، مثل Strong ARM أو Atmel's AVR. يمكن تكوين هذه المتحكمات Microcontrollers Control للعمل بأوضاع مختلفة للطاقة.

على سبيل المثال، المتحكم atmega128l لديه ستة اوضاع مختلفة للطاقة:

1) وضع الخمول Idle Mode: تتوقف فيه وحدة المعالجة المركزية بينما يسمح لذاكرة الوصول العشوائي الساكنة SRAM والمؤقت/العدادات ومنفذ التوالي للسطح البيني SPI، ونظام المقاطعة Interrupt بمواصلة العمل.
2) وضع توفير الطاقة: يستمر المؤقت المتزامن بالعمل مما يسمح للمستخدم ضبط المؤقت في حين أن تدخل العناصر المتبقية من الجهاز في وضع السكون او النوم (Sleeping Mode).
3) وضع الحد من الضوضاء: تتوقف فيه وحدة المعالجة المركزية وجميع وحدات الادخال والاخراج (I/O)، باستثناء المؤقت المتزامن والمحول الكمي الرقمي. والهدف من ذلك هو تقليل ضوضاء التبديل اثناء عملية التحويل من الكمي الى الرقمي ADC.
4) وضع الاستعداد: يبقى المذبذب الرنيني يعمل بينما باقي المكونات المادية تدخل في وضع (النوم) او السكون. مما يعطي (استيقاظاً سريعا) التشغيل السريع للمتحكم بالإضافة الى انخفاض استهلاك الطاقة اللازمة لذلك.
5) وضع تمديد الاستعداد: يستمر بالعمل كل من المذبذب الرئيس والمؤقت غير المتزامن.

بالإضافة الى التكوينات المذكورة آنفاً. يمكن ان تعمل معالجة الانظمة الفرعية مع جهود وترددات مختلفة. من خلال عمل معالج النظام الفرعي بمختلف اوضاع الطاقة وتتجسد استراتيجية كفاءة الطاقة من خلال الانتقال من وضع تشغيلي الى آخر، ويتبين لنا ممّا مّر ضرورة النظر في عامل استهلاك الطاقة قبل اتخاذ قرار الانتقال من وضع طاقة الى آخر.

6-2 العوامل المؤثرة في استهلاك الطاقة

يتأثر استهلاك الطاقة في عقدة التحسس بعوامل عدة، ومنها:

1. نوع التعديل.
2. مكبر قدرة الارسال.
3. كفاءة الهوائي.
4. مدى ومعدل الإرسال.
5. مقدار حساسية المستقبل.

وحُلت بعض من هذه المشاكل جذرياً، فمثلاً يمكن تفعيل نظام الاتصال في العقدة بحد ذاته أو إيقاف تشغيل جهاز الإرسال والاستقبال، أو كليهما. بسبب وجود عدد كبير من المكونات المادية النشطة في نظام الاتصال

للعقدة (مثل: المكبرات، والمذبذبات) لذا فهنالك كمية كبيرة من التيار تسري حتى ان كانت العقدة المتحسسة في وضع الخمول (السكون).

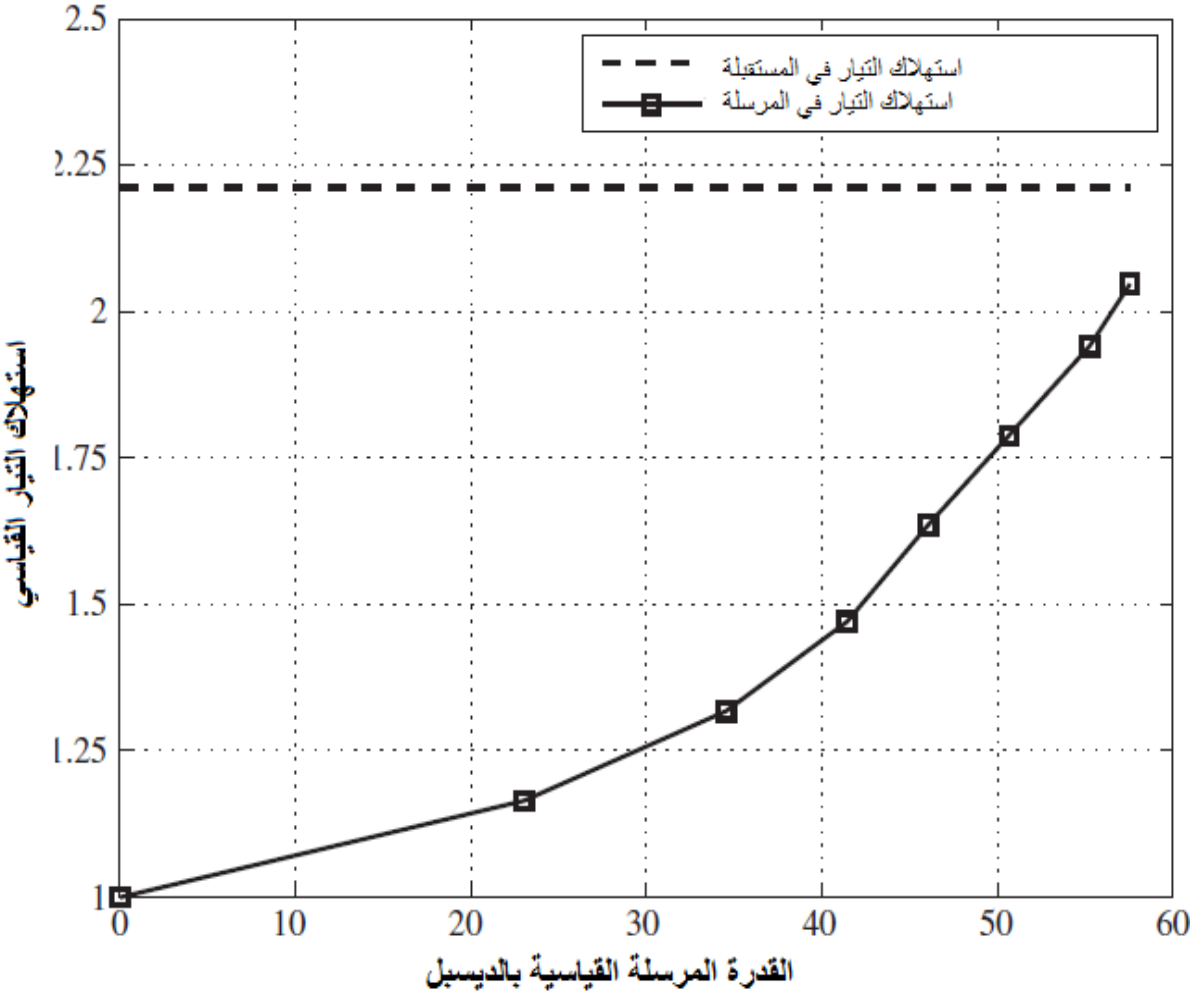
ان عملية تحديد وضع التشغيل ليست بالحالة اليسيرة، وكمثال على ذلك، ليس من الضروري ان ينخفض استهلاك الطاقة في المرسلة بانخفاض يسير في مدى الارسال او قدرة الإرسال، والسبب في ذلك هو وجود علاقة تبادلية بين الطاقة المطلوبة لإرسال البيانات والطاقة المستهلكة بشكل حرارة متبددة في مكبر قدرة الارسال، وعادة تزداد القدرة المبددة (الطاقة الحرارية) كلما قلت قدرة الارسال. تعمل اغلب المرسلات التجارية بشكل كفوء عند مستوى ارسال طاقة واحد او اثنين اقل من مستوى محدد مسبقا الذي تنحدر بعده كفاءة قدرة الارسال بشكل كبير. في بعض أجهزة الإرسال والاستقبال الزهيدة، على الرغم من تنظيم العقدة على وضع أقصى ارسال للطاقة فان أكثر من 60٪ من إمدادات الطاقة تتبدد في شكل حرارة غير مفيدة.على سبيل المثال، جهاز الإرسال والاستقبال* Chipcon Cc2420 يمتلك ثمانية مستويات للطاقة مددها تتراوح بين (-24) ديسبل لغاية (0) ديسبل (الديسبل هو وحدة لقياس الطاقة)، وكما مبين بالجدول رقم (6-1). إذ تعبر أعمدة الجدول عن انتاج الطاقة والاستهلاك الحالي، وإستهلاك الطاقة عند استعمال بطارية ذات جهد مستمر (1.8 فولت).

جدول 6-1 مستويات قدرة الخرج ومقدار التيار المستهلك لجهاز الإرسال والاستقبال Chipcon Cc2420

*** V_{DD}=1.8V**

رقم المستوى	قدرة الخرج المبرمجة		التيار المستهلك	القدرة المستهلكة
	القدرة مقاسة بالديسبل dB	**القدرة مقاسة بالملي واط** mW	**mA** ملي امبير	**mWatt** ملي امبير
31	**0**	**1**	**17.4**	**31.32**
27	**1-**	**0.79432**	**16.5**	**29.7**
23	**3-**	**0.50118**	**15.2**	**27.36**
19	**5-**	**0.31622**	**13.9**	**25.02**
15	**7-**	**0.19952**	**12.5**	**22.5**
11	**10-**	**0.1**	**11.2**	**20.16**
7	**15-**	**0.03162**	**9.9**	**17.82**
3	**25-**	**0.00316**	**8.5**	**15.3**

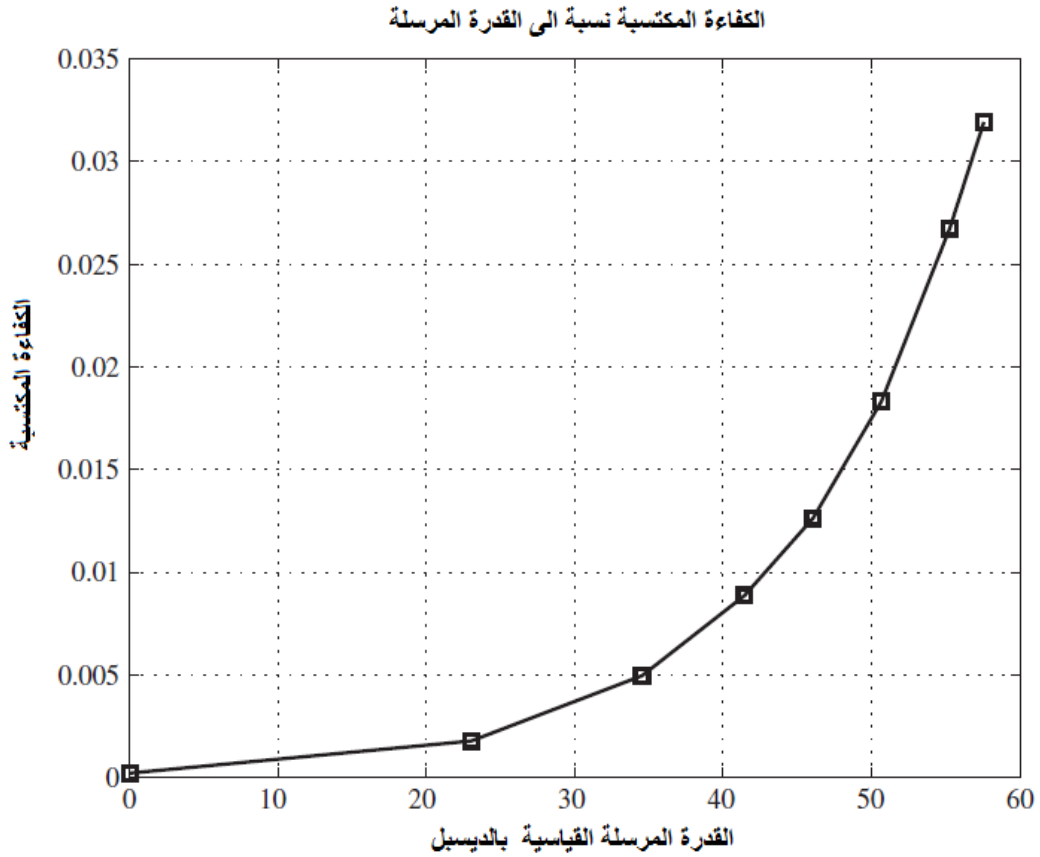
والشكل (6-1) يوضح الإستهلاك الطبيعي للتيار والعلاقة بين مستويات إرسال الطاقة وإستهلاك التيار. ومما يمكن ملاحظته في الشكل (6-1) هو زيادة مستوى قدرة الارسال بنحو 55 ديسيبل والذي يؤدي الى مضاعفة استهلاك التيار.



الشكل 6-1 يوضح العلاقة بين القدرة المرسلة والتيار المستهلك لجهاز Chipcon CC2420

اما الشكل (6-2) يوضح كفاءة مكبر القدرة إذ يمكن تعريف كفاءة المكبر بانها معدل ارسال القدرة الى مقدار القدرة المستمرة المستهلكة بالمكبر.

وتوجد عقبة أخرى في القدرة للعقدة المتحسسة وهي الوقت المستغرق بوساطة نظام الاتصال للعقدة للنهوض من وضع الخمول او وضع الانتظار الى وضع فعال.



الشكل 6-2 كفاءة المكبر لجهاز Chipcon CC2420

6-2-1 توافق ناقلات التردد وذاكرة الوصول العشوائي

يستهلك معالج عقدة التحسس طاقة حينما يتصل مع عقدة تحسس اخرى من خلال ناقلات داخلية ذات سرعة فائقة، ويتوقف تحديد مقدار استهلاك الطاقة على مقدار التردد وعرض حزمة الاتصال، ويمكن تصميم هذين العاملين بشكل مثالي بالاعتماد على نوع الاتصال بين العقدتين في حين تصمم استراتيجية توافق الناقل بناءً على ترددات الناقل، وعند تغير تردد الناقل يجب اعادة ضبط مسوق الناقل على وفق القيمة الجديدة للتردد لضمان الاداء الامثل.

6-2-2 الذاكرة النشطة

تتكون الذاكرة النشطة من خلايا كهربائية مرتبة بشكل صفوف واعمدة، وكل صف يشكل وحدة خزن مستقلة. ويجب ان يعاد تحميل هذه الخلايا بشكل دوري للحفاظ على خزن المعلومة. ويكون المعدل الزمني للتحديث او لتحميل المعلومة هو مقياس لعدد الصفوف المطلوب تحديثها. يتوافق المعدل الزمني المنخفض للتحديث مع هبوط نبضة التشغيل والتي يجب ان تنتهي قبل حدوث عملية التحديث. وعلى خلاف ذلك فإن المعدل الزمني الصاعد للتحديث يتوافق مع صعود نبضة التشغيل وكذلك يجب ان تنتهي قبل حدوث عملية التحديث، ويمكن تشكيل وحدة الذاكرة للعمل في واحدة من اوضاع الطاقة الآتية:

a) وضع درجة الحرارة التعويضية.
b) وضع التحديث الذاتي لمجموعة جزئية.
c) وضع خفض الطاقة.

ومن الجدير بالذكر ان معدل التحديث القياسي لوحدة الذاكرة يمكن ضبطه تبعاً لدرجة حرارة المحيط. ولهذا السبب بعض الانواع التجارية توفر ذاكرات نوع (DRAM) والتي تحتوي على متحسسات لحرارة المحيط.

ويمكن لعملية تحديث الذاكرة ان تحدد لجزء من الذاكرة والتي ستخزن فيها المعلومات، حيث تسمى هذه الطريقة بوضع التحديث الذاتي الجزئي، وفي حال عدم توافر معلومات لتخزينها فان القدرة الكهربائية تقطع عن معظم الذاكرة الموجودة في عقدة التحسس. يعد التوقيت لذاكرة الوصول العشوائي (RAM) عاملاً اساسياً آخراً يؤثر باستهلاك الطاقة إذ انه يشير الى الزمن المستغرق للوصول الى وحدة الذاكرة. عملية خزن معلومة في خلية معينة بالذاكرة تتم بتنشيط صف الخلايا المتضمن لهذه الخلية إذ يتم ذلك بإرسال اشارة الى الصف المعني من قبل معالج عقدة التحسس ويرمز لها بـ (RAS) وهي مختصر لجملة (Row Access Strobe). حالما يتم تنشيط صف الخلايا المعني نتمكن من الوصول مباشرة الى الخلية المقصودة وبذلك يتم خزن المعلومات بشكل تام. اما الوقت المستغرق لتنشيط صف من الخلايا في الذاكرة يسمى بـ (T_{ras}) ويكون مقداره ضئيل، ولكن يمكن ان يسبب مشاكل في عمل عقدة التحسس في حال عدم ضبطه بصورة صحيحة.

ويحدث الشيء نفسه فيما يخص تنشيط عمود في الذاكرة إذ يرمز له بـ (CAS) وهي مختصر للجملة (Column Access Strobe). زمن التأخير المستغرق لتنشيط صف الخلايا وبالتالي الخلية المعنية وكتابة (خزن) المعلومة او قراءتها (استعادتها) من الخلية يرمز له بـ (T_{rcd}) إذ يمكن ان يكون هذا الوقت قصيراً او طويلاً تبعا لكيفية الوصول الى خلية الذاكرة، وفي حال الوصول المتتابع للخلية يكون (T_{rcd}) قصيرا بينما يكون طويلاً عند الوصول الى الخلية بشكل عشوائي إذ يترتب على ذلك استهلاك اكبر للقدرة.

6-2-3 مصدر الطاقة لعقدة التحسس

ان مصدر الطاقة لعقدة تحسس مكون من بطارية ومحول للجهد المستمر (DC-DC Converter). وفي بعض الحالات يمكن ان يتضمن لعناصر اخرى كمنظم للجهد.

محول الجهد المستمر مسؤول عن تثبيت الجهد للقيمة الصحيحة لمختلف الاجزاء الاليكترونية. عملية التحويل تستهلك طاقة ويمكن ان تكون هذه العملية غير كفوءة، وستناقش الفقرات الآتية اسباب استهلاك الطاقة من خلال مكونات مصدر الطاقة.

6-2-4 البطارية

البطارية هي المصدر الرئيس للطاقة لعقدة تحسس لاسلكية وقد تعاني من النضوب. وهناك عدة عوامل تؤثر على كفاءة هذه البطاريات وتعد التكلفة العامل الرئيسي فيها. وتحدد البطاريات من خلال سعة معدل التيار (C) ويقاس بوحدة أمبير- ساعة. وهذه الكمية تشير الى المعدل الذي عنده تفرغ البطارية شحنتها بدون ان تأثر على جهد المصدر. عمليا فحينما يزداد معدل التفريغ للبطارية فان معدل السعة ينخفض.

ويكون أغلب معدل البطاريات مساوياً (1C) وهذا يعني بطارية بسعة (1000ملي امبير– ساعة) يمكن ان تزودنا بـ (1000 ملي امبير لمدة ساعة واحدة)، وتعطي بطارية بسعة (0.5 C) 500 ملي امبير ل ساعة واحدة. ويكون اداء البطاريات غالباً على نحو اقل من المعدل المذكور لها ويمكن حساب سعة البطارية بالمعادلات الآتية:

معادلة بيوكرت (Peukert):

$$\text{زمن الشحنة} = \quad t = \frac{C}{I^n} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6-1)$$

$$\text{سعة البطارية الحقيقية} = \quad C_T = \frac{C*I}{I^n} \ldots\ldots\ldots \quad (6-2)$$

إذ إن:

C_T: سعة البطارية الحقيقية.

C: سعة البطارية مقاسة بوحدة (الامبير – ساعة).

I: التيار المسحوب بالحمل مقاس بالأمبير.

t: زمن التفريغ مقاس بالثانية.

n: ثابت بيوكرت (Peukert)، وهي تمثل ثابت مقاومة البطارية.

مثال1/

احسب السعة الحقيقية لبطارية سعتها 250 امبير – ساعة، ومعدل التفريغ هو 20 امبير وللبطارية ثابت بيوكرت (Peukert) مقداره 1.3.

$$C_T = \frac{C*I}{I^n}$$

$$\text{سعة البطارية الحقيقية} = \text{امبير} - \text{ساعة} \quad 101.77 = \frac{250*20}{20^{1.3}} =$$

مثال 2/

ومن المثال السابق كم يكون الزمن الكلي لتفريغ بطارية.

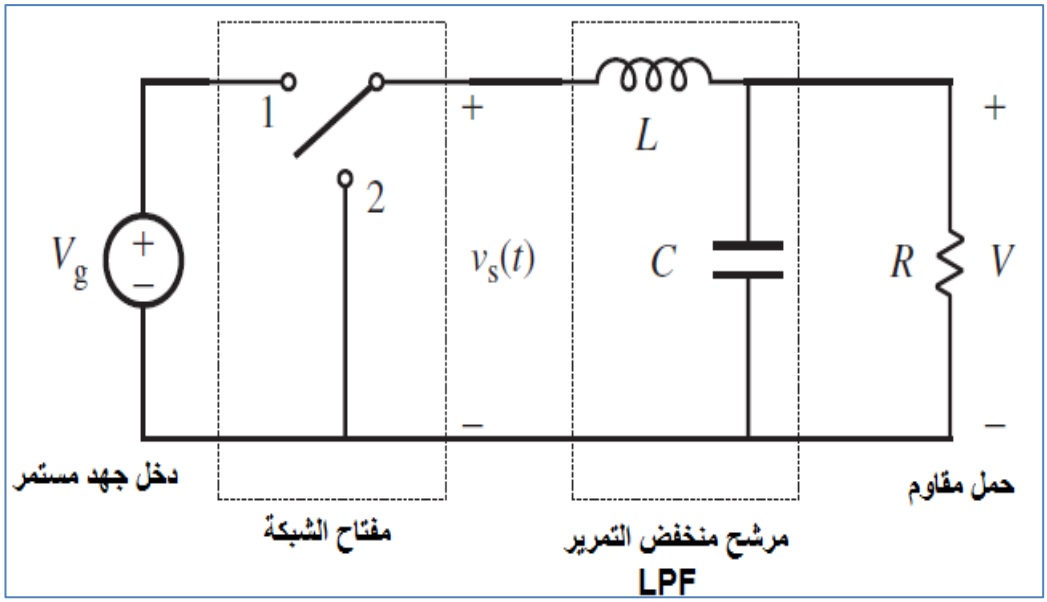
الحـــل/

بما ان

$$t = \frac{C}{I^n} = \frac{250}{20^{1.3}} = 5.088 \quad \text{ساعة}$$

5-2-6 محول DC-DC

يمكن تعريف المحول DC-DC بانه محولاً اليكترونياً لمستوى جهد مستمر الى آخر. وهو مشابه لعمل المحولة الكهربائية التي تقوم بتحويل مستوى جهد متناوب الى آخر، واحدى المساوئ الرئيسة للمحول هي كفاءة التحويل. عمليا يتكون المحول من مصدر للجهد ودائرة المفتاح ومرشح وحمل (مقاومة)، والشكل (3-6) يوضح الدائرة الاساس لمحول DC-DC.



شكل 6-3 يبين مكونات محول DC-DC

ولا يوجد في الحالة المثالية استهلاكاً للطاقة ولكن عملياً فلهذا المحول حملاً مقاوماً، لذا يكون فيه استهلاكاً للطاقة وعلى الرغم من ذلك فان النسبة المئوية للتحويل ما بين (70% - 90%). فضلاً عن ذلك فان هذه الدائرة تنتج بالإضافة الى إشارة التحويل اشارات توافقية غير مرغوب فيها لذا تطلب وجود مرشح تمرير منخفض (LPF) يمنع ظهور هذه الاشارات مع اشارة الجهد المستمر. ويحدد تردد القطع بالآتي:

$$f_c < f_s \text{.....(6-3)}$$

إذ ان f_c هو تردد القطع لمرشح التمرير المنخفض، و f_s تردد مفتاح دائرة التحويل. ويمكن حساب تردد القطع بالمعادلة الأتية:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ .....(6-4)}$$

حيث ان L هو الحث ويقاس بالهنري و C السعة وتقاس بالمايكروفاراد.

ان نسبة التحويل M(D) تعرف بانها نسبة مقدار جهد الخرج الى الجهد الدخل.

$$M(D) = \frac{V_o}{V_i} \text{ .....(6-5)}$$

مثال3/

احسب مقدار تردد القطع المطلوب لدائرة ترشيح تمرير منخفض لمحول DC-DC اذا علمت ان سرعة المفتاح هي(1kHz) وان مقدار الملف L = (1 ملي هنري) والمتسعة C = (100 مايكروفاراد).

الحـــل/

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1x10^{-3}x100x10^{-6}}} = 503.5\ Hz$$

3-6 أساليب ادارة الطاقة في الشبكات المتحسسة

تسهم الجوانب التي تناولناها في الفقرات السابقة بشكل فعال في تطوير عقدة التحسس اللاسلكية فيما اذا اخذت بنظر الاعتبار عند تصميم العقدة.

وحالما تثبت العوامل الداخلة في تصميم عقدة التحسس فان استراتيجية ادارة الطاقة الديناميكي تعمل على الحد من استهلاك الطاقة من خلال تحديد شروط التشغيل الاقتصادية. إذ تشمل هذه الشروط متطلبات التطبيق لعقدة التحسس وترتيب العقد ونوع التوصيل فيما بينها داخل الشبكة المتحسسة مع الاخذ بالاعتبار مقدار معدل التواصل بين الشبكات الفرعية.

وهنالك اساليب مختلفة لاستراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية يمكن تصنيفها بالآتي:

1. اوضاع التشغيل الديناميكي Dynamic Operation Modes.
2. المعيار الديناميكي Dynamic Scaling.
3. تجميع الطاقة Energy Harvesting.

1.اوضاع التشغيل الديناميكي

انظمة التحسس اللاسلكية يمكن ان تعمل بأوضاع طاقة مختلفة بالاعتماد على شغلها الحالي والمستقبلي بشكل عام بعض العناصر الاليكترونية المكونة لعقدة التحسس لها (N) وضع مختلف للطاقة. فاذا كان هناك (U) عنصر اليكتروني في العقدة الواحدة والتي تمتلك مستوى إستهلاك للطاقة مختلف فان استراتيجية الطاقة الديناميكي يمكن تعريفه بـ (N X U) وضع طاقة مختلف يمكن تشكيله، ومن الواضح ان كل هذه التشكيلات لا يمكن تنفيذها بسبب اختلاف القيود ومدى استقرارية عمل الشبكة بشكل عام، ولذلك فان استراتيجية الطاقة الديناميكية هي اختيار التشكيل الامثل الذي يوافق عمل العقدة المتحسسة اللاسلكية.

ويُوجد شرطان يبنى عليها اختيار تشكيل الطاقة المطلوبة، وهما:

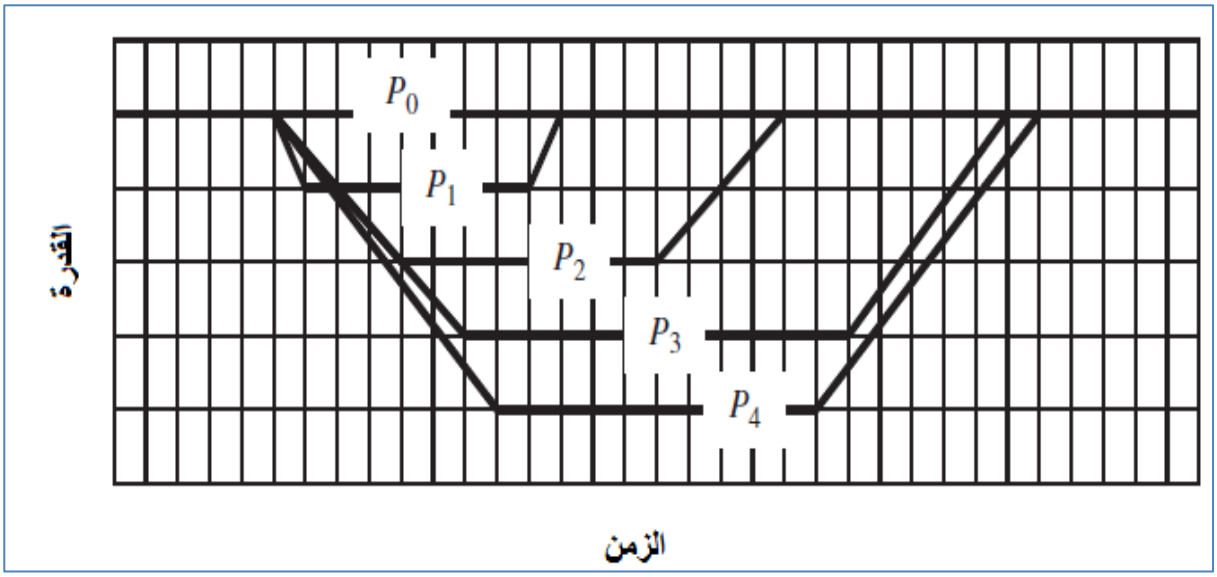
1. الانتقال بين تشكيلات الطاقة المختلفة تكلف طاقة مستهلكة اضافية.
2. الانتقال بين تشكيلات الطاقة المختلفة يستغرق وقتاً لذلك مع احتمالية فقدان بعض الاحداث (المعلومات) المهمة.

والجدول (6-2) يبين مثال إستراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية التي تمتلك ستة اوضاع للطاقة (Po,P1,P2,P3,P4,P5).

جدول 6-2 تشكيلات حفظ الطاقة

نوع التشكيل	حالة المعالج	الذاكرة	حالة التحسس	نوع الاتصال
P_0	نشط	نشط	يعمل	ارسال\استقبال
P_1	نشط	يعمل	يعمل	ارسال
P_2	خامل	يعمل	يعمل	استقبال
P_3	ساكن	يعمل	يعمل	استقبال
P_4	ساكن	لا يعمل	يعمل	لا يعمل
P_5	ساكن	لا يعمل	لا يعمل	لا يعمل

الشكل (6-4) يوضح الانتقال بين خمسة اوضاع للطاقة.



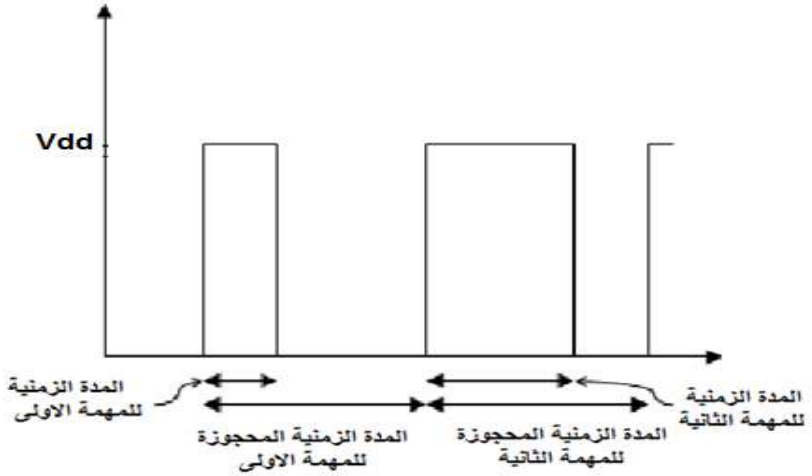
الشكل 6-4 يبين الانتقال بين اوضاع مختلفة للطاقة وكلفة الطاقة المستهلكة للانتقال

2. المعيار الديناميكي

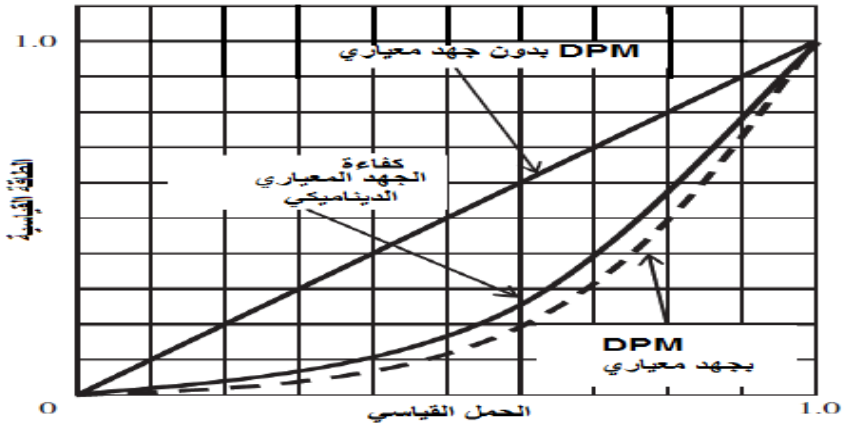
معيار الجهد والتردد الديناميكي، وهما معياران يهدفان الى ضبط اداء المعالج والذاكرة وكذلك نواقل الاتصال لعقدة التحسس اللاسلكية حينما تكون العقدة في وضع فعال، ولاتحتاج المهام المطلوبة من المعالج الى اداء مثالي في كثير من الأحيان؛ لذلك حينما تنجز بعض المتطلبات قبل الزمن المحدد لها مسبقا يدخل المعالج في وضع الخمول او السكون للوقت المتبقي لها. ويبين الشكل (6-5) اداء المعالج لعقدة التحسس اللاسلكية في ذروة الاداء. إذ يلاحظ استمرار المعالج بالعمل على الرغم من انجاز المهام قبل انتهاء الوقت المخصص لها عند اقصى جهد للمصدر واقصى تردد ويعد هذا تبذيراً في الطاقة. ان عمل معياري الجهد والتردد في هذه الحالة هو ايجاد المستوى الامثل للجهد والتردد المطلوب لإنجاز المهام بدون تبديد للطاقة والتي تحدث بإستمرار عمل المعالج لما بعد انجاز المهام.

يهدف معيار التردد والجهد في استراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية الى التحديد الذاتي لمقدار جهد التشغيل (V_{dd}) ومقدار التردد المطلوب لعمل معالج العقدة التحسسية. ويستند اختيار قيمة الجهد والتردد الى عوامل عدة تتضمن المدة الزمنية للتطبيق ولمعدل انجاز المهمة.

ومن هذه العوامل للقيم المطلوبة من الناحية المثالية؛ لذلك تنجز المهمة بوقتها المحدد، وفي هذه الطريقة لايظل المعالج في وضع الخمول او السكون وهذا يعني استهلاكا للطاقة غير مبرر. عملياً، ان مهام المعالج لعقدة التحسس اللاسلكية غير معروفة مسبقا لذلك فان التخمينات او التقديرات تتضمن حدوث الخطأ ونتيجة لذلك ولا يمكن تجنب دورات السكون او الخمول للمعالج بشكل تام، والشكل (5-6) يوضح اقصى اشتغال لمعالج عقدة تحسس لاسلكية، اما الشكل (6-6) يظهر مقارنة لاستراتيجية الجهد المثالية والحقيقة وتطبيقاً للجهد المعياري الديناميكي بالاستناد الى قيمة الحمل المتوقعة.



الشكل 6-5 يوضح اقصى اشتغال لمعالج عقدة تحسس لاسلكية



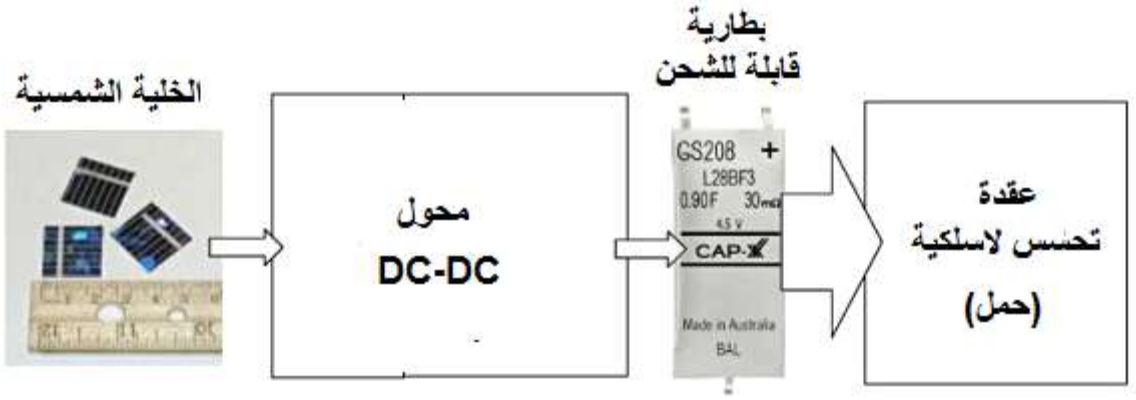
الشكل 6-6 يبين تطبيقاً للجهد المعياري الديناميكي بالاستناد الى قيمة الحمل المتوقعة

3. تجميع الطاقة

يحتاج بناء شبكة لاسلكية مكونة من العديد من العقد المتحسسة لدراسة محيط معين الى زمن طويل وقد يستمر الى اشهر او سنوات، ولذلك فان كل عقدة تحتاج الى مصدر قدرة ذي سعة كبيرة لضمان الاشتغال لمدة طويلة لعقد الشبكة اللاسلكية، وكما هو معروف تمثل البطارية المصدر التقليدي للطاقة إذ يستطيع تزويد العقدة المتحسسة بالطاقة اللازمة لإجراء المهام المكلفة بها ولكن لمدة زمنية محدودة، لذا توجب البحث عن مصادر بديلة للبطارية تؤمن اشتغالاً مستمراً للعقدة المتحسسة فكان توجه العلماء الى تطوير

خلايا الطاقة الشمسية لاستغلالها لهذا الغرض. ان معدل كمية الطاقة الشمسية الساقطة على المتر المربع عند خط الاستواء لكوكب الأرض هو 1000 واط \ متر مربع.ويختلف هذا العدد بصورة عشوائية بناءً على تغيير الظروف والمكان ومع ذلك فانهما يوضحان الطاقة الشمسية التي يمكن أن توفر كميات كبيرة من الطاقة للتطبيقات اللاسلكية في الاماكن المفتوحة.

لذا وبناءً على وفرة الطاقة الشمسية وتواجدها في الغالبية العظمى من سطح الكرة الارضية صارت المصدر الرئيس للطاقة في الشبكات اللاسلكية. نظر للمصلحة التجارية في مجال التكنولوجيا الخضراء ومصادر الطاقة البديلة، فان الطاقة الشمسية أو الضوئية مستمرة في التطور التكنولوجي للخلايا وبوتيرة سريعة، سواء من حيث زيادة الكفاءة أم انخفاض تكاليف إنتاجه، والشكل (6-7) يبين إنموذجاً لتجميع الطاقة الشمسية لعقدة تحسس لاسلكية.



الشكل 6-7 يبين نموذج لتجميع الطاقة لعقدة تحسس لاسلكية.

4-6 التحديات

ان مفهوم إستراتيجية إدارة الطاقة الديناميكية النموذجية هي مراقبة فعاليات كل محطة فرعية او عقدة تحسس لاسلكية واتخاذ القرارات بشان نوع وضع الطاقة الانسب والذي يسهم بتقليل استهلاك الطاقة، وهذا القرار يجب ان يوافق طلبات التطبيق، وتتطلب عملية اصدار هكذا اوامر لنوع وضع طاقة الاشتغال بذل طاقة لإظهاره وهذه الكمية المستهلكة من الطاقة لها ما يبررها وخصوصاً حينما تكون الطاقة الموفرة اكبر من التي استهلكت.

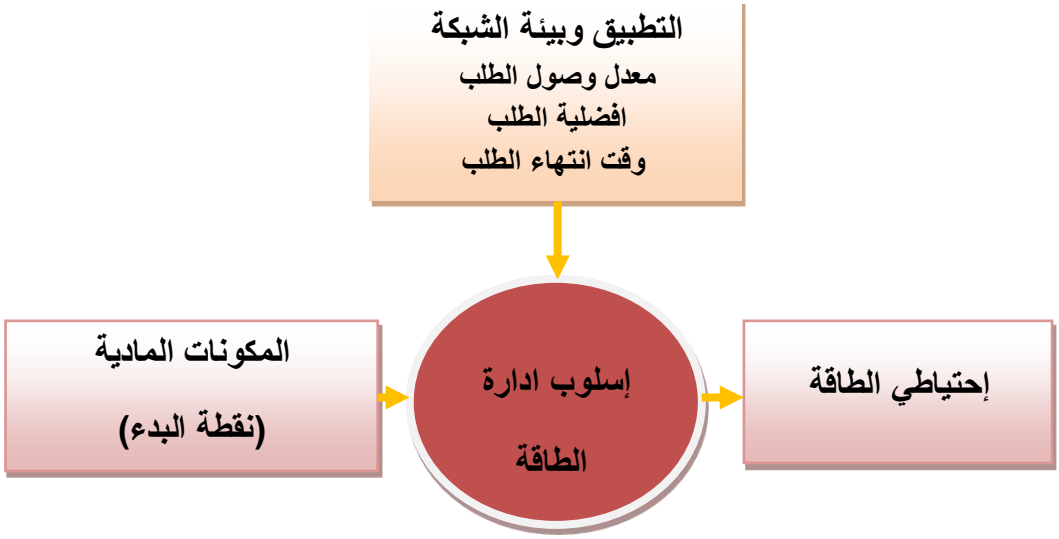
يمكن حصر التحديات التي تواكب المفهوم المعماري لعقدة تحسس لاسلكية المتضمنة تفعيل استراتيجية ادارة الطاقة الديناميكي في ثلاثة محاور:

1. تقليل استهلاك الطاقة، من خلال محاولة تحديد كمية المهام الاضافية التي يجب أن تنجز بإستعمال إستراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية.
2. يجب ان يكون استعمال استراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية على اساس مركزي او على وفق استراتيجية انتشار خاصة.
3. يجب تسمية المكونات الفرعية المسؤولة عن انجاز المهمة في حال الاستعمال المركزي.

وبناءً على ما تقدم فحينما يقترح تصميم استراتيجية او اسلوب لإدارة الطاقة الديناميكي لشبكة تحسس لاسلكية، فمن الضروري ادراج العوامل الآتية في التصميم وهي:

- متطلبات التطبيق الذي صممت له الشبكة اللاسلكية.
- نوع ربط الشبكة لإعطاء استراتيجية ادارة طاقة تفي بالغرض.

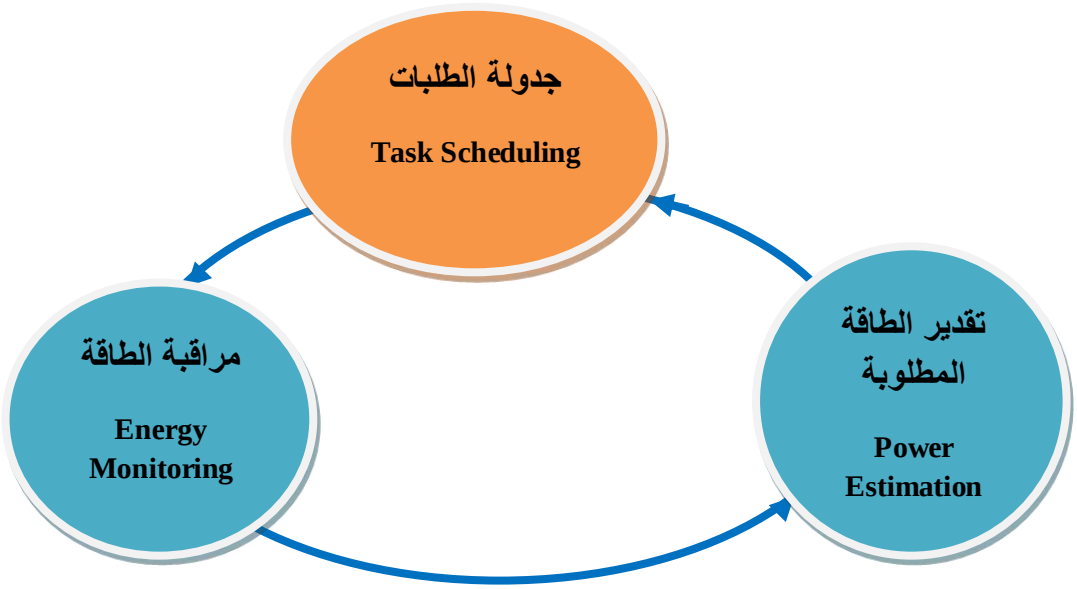
الشكل (6-8) يوضح الشكل العام لتصميم اسلوب ادارة الطاقة لشبكة لاسلكية والعوامل المؤثرة فيه.



الشكل 6-8 العوامل المؤثرة في إستراتيجية إدارة الطاقة

إذ تمثل المكونات المادية القاعدة الاساس لاختيار وضعيات متعددة لطاقة الاشتغال وامكانية التنقل فيما بينها. بعد ذلك تقوم استراتيجية ادارة الطاقة بتسمية القوانين التي تصف سلوك وكيفية الانتقال لوضع طاقة بالاعتماد على فعالية عقدة الاستشعار او بالاستناد الى امر من برنامج ادارة الطاقة. ويمكن تمثيل ذلك بدوائر معالجة إذ تتضمن ثلاثة اسس للاشتغال، وهي مراقبة الطاقة والتنبؤ بوضع الطاقة المطلوبة، وجدولة الطلبات.

والشكل (6-9) يوضح استراتيجية ادارة الطاقة الديناميكية التي تمثل حلقة مغلقة لو بدأنا من جدولة الاحداث للعقدة المتحسسة اللاسلكية يليها تحديد الطاقة الحالية للعقدة والتي يبنى عليها تقديراً كاملاً لكمية القدرة المطلوبة للأحداث جميعاً.



الشكل 6-9 ملخص تصميمي لعمل استراتيجية ادارة الطاقة للشبكة اللاسلكية

أسئلة الفصل السادس

س1: بين ثلاثة أسباب، لكون إدارة الطاقة الديناميكية هي مصدر قلق بالغ الأهمية في شبكات التحسس اللاسلكية.

س2: ما هو الفرق بين استراتيجيات إدارة الطاقة المحلية والعالمية؟

س3: وضح بمثال كيف يمكن أن تتحقق إدارة الطاقة العالمية في طبقة الارتباط.

س4: أعط مثالين لأسباب عارضة من استهلاك الطاقة في شبكة التحسس اللاسلكية.

س5: كيف يمكن لاستراتيجية إدارة الطاقة المحلية تحقيق كفاءة استهلاك الطاقة في عقدة تحسس لاسلكية؟

س6: يتأثر استهلاك الطاقة في عقدة التحسس بعوامل عدة وضحها.

س7: ما هو العيب الرئيس لاستراتيجيات إدارة الطاقة الديناميكية التي تستند على سكون (النوم) المتزامن؟

س8: بين الفكرة التي تقف وراء استراتيجيات إدارة الطاقة التي تعتمد على الوضع غير المتزامن للسكون (Sleeping).

س9: اشرح ستة طرق تشغيلية مختلفة لمتحكم Atmega128l.

س10: ما هو معدل التحديث من الذاكرة النشطة؟

س11: ماذا تعني المصطلحات الآتية في سياق توقيت ذاكرة الوصول العشوائي RAM

1) RAS.
2) CAS.
3) Trcd.
4) Tcl.

س12: ماوظيفة المحولات DC-DC؟ اشرحها باختصار.

س13: عرف معدل سعة البطارية.

س14: لماذا تعمل البطاريات عملياً بمعدل أقل من سعة البطارية؟

س15: صف مكونات محول (DC-DC) إنموذجي معززاً اجابتك بالرسم.

س16: بين ذروة اداء (اقصى اشتغال) لمعالج عقدة تحسس لاسلكية، مستعينا بالرسم.

س17: عند التحويل من وضع طاقة منخفضة الى وضع طاقة اعلى يكلف استهلاكاً في الطاقة في الأنظمة الفرعية الآتية:

أ- معالج نظام فرعي.
ب- نواقل الاتصال للأنظمة الفرعية، مبيناً سبب ذلك؟

س18: وضح بالرسم مقارنة استراتيجية الجهد المثالية و الحقيقية.

س19: وضح ملخصاً تصميمياً لعمل استراتيجية ادارة الطاقة للشبكة اللاسلكية معززا اجابتك بالرسم.

س20: ما تأثير تجميع الطاقة البديلة مثل الطاقة الشمسية على عمر اشتغال العقدة المتحسسة اللاسلكية؟ وضح ذلك.

س21) احسب معدل تيار التفريغ لبطارية لها سعة مقدارها 210 امبير– ساعة، اذا كان ثابت البطارية بيوكرت مقداره 1.3 و زمن تفريغ 0.5 ساعة.

س22) احسب سعة بطارية لها سعة حقيقية مقدارها 101.77 امبير– ساعة، ومعدل التفريغ هو 20 امبير وللبطارية ثابت بيوكرت مقداره 1.3.

س23) احسب مقدار تردد القطع المطلوب لدائرة ترشيح تمرير منخفض لمحول DC-DC اذا علمت ان سرعة المفتاح هي (1 kHz) وان مقدار الملف L = (1 ملي هنري) والمتسعة C = (100 مايكروفاراد).

س24) وضح معادلة بيوكرت (Peukert).

جدول المصطلحات

ت	المصطلح بالعربي	المصطلح بالإنكليزي	الرمز
1	الشبكات المتحسسة اللاسلكية	Wireless Sensor Networks	WSN
2	مبادىء	Principles	
3	محطة	Station	
4	عقد التحسس	Sensor Nodes	
5	حقل التحسس	Sensor Field	
6	المتحسسات الذكية	Smart sensors	
7	المساعد الرقمي الشخصي	Personal Digital Assistance	PDA
8	الحساسات الضوئية	Optical Sensors	
9	حساسات الليزر	Laser-Sensors	
10	الحساسات غير النشطة (الخاملة)	Passive Sensor	
11	الحساسات النشطة	Active Sensor	
12	مرشح	Filter	
13	محول كمي الى رقمي	Analog to Digital Converter	ADC
14	ذاكرة الوصول العشوائي الثابتة	Static Random Access Memory	SRAM
15	ذاكرة الوصول العشوائي الثابة الداينميكية	Static Dynamic Random Access Memory	SDRAM
16	تحديد الهوية باستعمال التردد الراديوي	Radio Frequency Identification	RFID
17	ذاكرة القراءة المبرمجة القابلة للمسح الكهربائي	Electrical Erasable Programmable Read Only Memory	EEPROM
18	نظام تحديد المواقع	Global Positioning System	GPS
19	القمر الصناعي	Satellites	
20	قطاع التحكم الأرضي	Ground Control Segment	
21	جهاز المتابعة	system Tracking	
22	المستلم	Receiver	
23	شبكات البنية التحتية الخلوية	Cellular Infrastructure Networks	CIN
24	الشبكات اللاسلكية ذات المديات الواسعة	Wireless Wide Area Networks	WWAN
25	الشبكات المحلية اللاسلكية	Wireless Local Area Networks	WLAN
26	الشبكات اللاسلكية الشخصية	Wireless Personal Area Networks	WPAN
27	الشبكات الموصولة بالكامل	Fully Connected Networks	FCN
28	الشبكة المتداخلة	Mesh Network	
29	الشبكة النجمية	Star Network	
30	الشبكة الحلقية	Ring Network	
31	الشبكة الخطية	Bus Network	
32	الاساس	Backbone	
33	السدادات	Terminators	
34	شبكة المعالجة الذاتية	Self-Healing Ring	SHR
35	المشروع الاوربي	EMMON	

36	الغبار الذكي	Smart Dust	
37	التوجيه	Routing	
38	الطبقة الفيزيائية	Physical Layer	
39	الوسط الناقل للبيانات	Transmission Media	
40	طبقة ربط البيانات	Data Link Layer	
41	التحقق من التكرار الدوري	Cyclic Redundancy Check	CRC
42	ضبط وصول الوسائط	Media Access Control	
43	طبقة الشبكة	Network Layer	
44	طبقة النقل	Transport Layer	
45	تهيئة الاتصال	Connection-oriented	
46	برتوكول مخطط بيانات المستخدم	Datagram protocol User	UDP
47	بروتوكول التحكم بالإرسال	Control Protocol Transmission	TCP
48	غير متصل	Connectionless	
49	طبقة الفصول	Sessions Layer	
50	طبقة العرض	Presentation Layer	
51	طبقة التطبيقات	Application Layer	
52	اللجنة الإستشارية لسياسة المعايير الوطنية	standards Policy national Advisory Committee	US-NSPAC
53	مواصفات لغة الربط التشعبي	Text Markup Language Hyper	HTML
54	هيئة مهندسي الكهرباء والاليكترونيات	Institute of Electrical and Electronics Engineers	IEEE
55	شفرة التقسيم للوصول المتعدد	Code Division Multiple Access	CDMA
56	تقنية الزكبي	ZigBee	
57	المنسق	Coordinator	
58	تقنية البلوتوث	Bluetooth	
59	خط الرؤية	Line of Sight	
60	واحد مقابل واحد	One-to-One	
61	الطيف المنتشر	Spread Spectrum	
62	النطاق الترددي فائق العرض	ultra wideband	UWB
63	بروتوكول تحسس البيانات وتبادلها عن طريق التفاوض	Sensor Protocol for Information via Negotiation	SPFIN
64	البنية والحساب	Structure and Enumeration	
65	جدولة	Schedule	
66	جدولة صف الانتظار	Queuing-based Scheduling	
67	طابور الفرز	Sorted Queue	
68	جدولة روند روبن	Round robin Scheduling	
69	المضاعفة	Multiplexed Manner	
70	المكدس	Stacks	
71	المعلومة الاخيرة الداخلة هي الاولى خارجة	Last-In-First-Out	LIFO
72	الوظائف الفرعية	Subroutines	
73	نظام التاشيرات	Multithreaded OS	
74	المقاطعات	Interrupts	

75	نظام التشغيل المصغر	TinyOS	
76	النظام التشغيلي المغناطيسي	MagnetOS	
77	نظام الصورة الواحدة	Single System Image	SSI
78	واجهة التحكم الطرفية للنظام التشغيلي	Peripheral Interface Controller Operation System	PicOS
79	أمن الاتصالات	Communication Security	
80	أمن التشفير	Crypto security	
81	أمن النقل	Transmission Security	
82	أمن البث	Emission Security	
83	الأمن المادي	Physical Security	
84	أمن أنظمة المعلومات	Information Systems Security	INFOSEC
85	ترابط الأنظمة المفتوحة	Open Systems Interconnect	OSI
86	نظام التوزيع اللاسلكي	Wireless Distribution System	WDS
87	بروتوكول تكامل مفاتيح التشفير المؤقتة	Temporal Key Integrity Protocol	TKIP
88	الشبكة المغلقة	Closed Network	
89	برتوكول تشكيل المضيف الديناميكي	Configuration Dynamic Host Protocol	DHCP
90	بروتوكول نقل النص التشعبي الآمن	Transfer Protocol Hypertext Secure	HTTPS
91	اعتداء سيبيل	Sybil Attack	
92	هجمات الإعادة	Replay Attacks	
93	عرضة لإيقاف الخدمة	Denial of Service	DoS
94	الوصول المتوسط	Medium Access	
95	بروتوكولات المسار	Routing Protocol	
96	معالجة الخمول	Idle Processing	
97	جوانب إدارة الطاقة المحلية	Local Power Management Aspects	
98	معالج النظام الفرعي	Processor Subsystem	
99	وضع السكون	Sleeping Mode	
100	الوصول للصف المعني	Row Access Strobe	RAS
101	الوصول للعمود المعني	Column Access Strobe	CAS
102	اوضاع التشغيل الديناميكي	Dynamic Operation Modes	DOM
103	المعيار الديناميكي	Dynamic Scaling	
104	تجميع الطاقة	Energy Harvesting	