

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Enginyeria de Telecomunicacions especialitat Telemàtica

XARXES DE SENSORS SENSE FILS

Memòria

ALBERTO PÉREZ LÓPEZ
PONENT: PERE BARBERAN

TARDOR 2011



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Dedicatòria

“Dedicat a tota aquella gent que ha confiat en mi en tot moment, per tot el suport que m'han donat, i en especial a la meva àvia que li hagués agradat veurem, gràcies”

Resum

Durant l'última dècada han sortit un munt de dispositius que utilitzen sensors o motes pel monitoratge i control de les coses. Gràcies a l'evolució en prestacions i mida que ens ofereix la telemàtica actual, disposem de sensors capaços de comunicar-se sense cables, tenint una autonomia pròpia. Aquest tipus de dispositius ens permet obrir un gran ventall d'oportunitats per dissenyar i crear tot tipus d'aplicacions, protocols i sistemes capaços de facilitar el treball a l'usuari i així mateix reduint costos.

Les xarxes de sensors sense fils també anomenades WSN per les seves sigles en anglès, poden estar composades per desenes de sensors, o fins i tot milers de petits computadors que operen amb bateries anomenades motes i que son distribuïdes sobre un ambient d'interès particular. Cada node o mota en una xarxa ad-hoc recol·lecta dades del seu ambient. Cada node sensor, pot enviar les dades recol·lectades als seus veïns, aquest a la seva vegada als seus propis veïns i així successivament, fins que la informació arriba al seu destí específic, on serà processada per un ordinador base, on es compila tota la informació de les motes en un temps real.

Les aplicacions d'aquestes xarxes de sensors sense fils son infinites, des de la monitorització d'un camp de cultiu, el seguiment dels animals en el seu habitat natural, control de la pressió dels pneumàtics del cotxe, fins el seguiment mèdic d'un pacient. Tot això és possible amb les xarxes de sensors per la seva infraestructura bastant simple, o que a vegades ni té, pel seu baix cost d'instal·lació, la seva llarga vida de les bateries i la seva fiabilitat en les transmissions de dades. Tot això està regulat per l'estàndard 802.15.4 on expliquem més detalladament les capes que actuen, els seus mecanismes de funcionament, a més de la compatibilitat entre les diferents tecnologies sense fils i els diferents protocols d'encaminament. I tot això te com objectiu trobar noves tècniques que suprimeixin les ineficiències en el consum d'energia que disminueixen la vida de la xarxa.

Resumen

Durante la última década han salido un montón de dispositivos que utilicen sensores o motas por la monitorización y control. Gracias a la evolución en prestaciones y tamaño que nos ofrece la telemática actual, disponemos de sensores capaces de

comunicarse sin cables, tenemos una autonomía propia. Este tipo de dispositivos permite abrir un gran abanico de oportunidades para diseñar y crear cualquier tipo de aplicaciones, protocolos y sistemas capaces de facilitar el trabajo al usuario y así mismo reduciendo costes.

Las redes de sensores inalámbricas también llamadas WSN por sus siglas en inglés, pueden estar compuestas por decenas de sensores, o incluso miles de pequeños computadores que operan con baterías llamadas motas y que son distribuidas sobre un ambiente de interés particular. Cada nodo o mota en una red ad-hoc recolecta datos de su ambiente. Cada nodo sensor, puede enviar los datos recolectados a sus vecinos, éste a su vez a sus propios vecinos y así sucesivamente, hasta que la información llega a su destino específico, donde será procesada por un ordenador base, donde se compila toda la información de las motas en un tiempo real.

Las aplicaciones de estas redes de sensores inalámbricas son infinitas, desde la monitorización de un campo de cultivo, el seguimiento de los animales en su hábitat natural, control de la presión de los neumáticos del coche, hasta el seguimiento médico de un paciente. Todo esto es posible con las redes de sensores para su infraestructura bastante simple, o que a veces ni tiene, por su bajo coste de instalación, su larga vida de las baterías y su fiabilidad en las transmisiones de datos. Todo esto está regulado por el estándar 802.15.4 donde explicamos más detalladamente las capas que actúan, sus mecanismos de funcionamiento, además de la compatibilidad entre las diferentes tecnologías inalámbricas y los diferentes protocolos de enrutamiento. Y todo esto tiene como objetivo encontrar nuevas técnicas que supriman las ineficiencias en el consumo de energía que disminuyen la vida de la red.

Abstract

During the last decade have left a lot of devices that use sensors or motes for monitoring and control. With the evolution in performance and size gives us the current telematics, have sensors that communicate wirelessly, we have autonomy. These devices

will enable a wide range of opportunities to design and create any type of applications, protocols and systems that facilitate the work the user and likewise reducing costs.

Wireless networks also known by its acronym WSN in English, may be composed of dozens of sensors, or even Millers small battery-powered computers called motes and are distributed on an environment of interest. Each node or mote in ad-hoc network collects data from its environment. Each sensor node can send the collected data to its neighbors, it in turn to their own neighbors and so on, until the information reaches its specified destination, which will be processed by a computer database, which compiles all the information specks in real time.

Applications of these wireless sensor networks are endless, from the monitoring of a crop field, tracking animals in their natural habitat, control of the pressure of car tires to the medical monitoring of a patient. All this is possible with networks of sensors for infrastructure fairly simple, or sometimes not, by its low installation cost, long battery life and reliability in data transmissions. All this is regulated by the 802.15.4 standard where we explain more fully the layers that act, their operating mechanisms, as well as the compatibility between the different wireless technologies and the different routing protocols. All this aims to find new techniques to remove inefficiencies in energy consumption decrease the lifetime of the network.

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	V
Glossari de termes.	VII
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.	1
1.2. Finalitat.	1
1.3. Objecte.	1
2. Introducció a les xarxes de sensors	3
2.1. Xarxes de sensors.....	3
2.2. Funcionament xarxes de sensors.....	3
2.3. Dispositius de les Xarxes de sensors	4
2.4. Àrees Aplicacions.	7
2.5. Exemples Xarxes de sensors	9
2.6. Xarxes Personals WPAN	9
2.7. Tipus de WPAN.....	10
3. Xarxes LR-WPAN	11
3.1. Característiques de les xarxes LR-WPAN	11
3.2. Arquitectura de les xarxes LR-WPAN	11
3.3. Funcionament de les xarxes LR-WPAN.....	12
4. Estàndard IEEE 802.15.4	13
4.1. Capa Física (PHY)	15
4.1.1. Modulacions PHY.....	17
4.1.2 Modulacions BPSK i O-QPSK.....	18
4.2. Capa control d'accés al medi MAC.....	19
4.2.1. Modes de funcionament	20
4.3. Estructura d'una trama	21
4.4. Topologia de les Xarxes IEEE 802.15.4.....	23
4.4.1. Topologia punt a punt (peer to peer).....	24
4.4.2. Topologia en estrella (Star network).....	24
4.4.3. Tipus de transferències de dades.....	25

4.5. Evolució del Estàndard IEEE 802.15.4	28
4.5.1 IEEE 802.15.4e	28
4.5.2 IEEE 802.15.4f.....	29
5. Tecnologies de L'estàndard	30
5.1. ZigBee	30
5.1.1. Funcionament del ZigBee	31
5.1.2. Funcionament a la capa de xarxa	35
5.1.3. Característiques del ZigBee	36
5.1.4. Dispositius en una xarxa ZigBee.	37
5.1.5. Seguretat ZigBee	38
5.2. Tecnologia WirelessHart	39
5.2.1. Funcionament del WirelessHart.....	39
5.2.2. Característiques del WirelesHart.....	41
5.2.3. Seguretat de WirelessHart	42
5.2.4. Aplicacions WirelessHart.....	42
5.3. Tecnologia ISA 100.11a	43
5.3.1 Funcionament del ISA 100.11a.....	43
5.3.2 Dispositius ISA 100.11a	44
5.3.3 Aplicacions ISA 100.11a.....	46
6.Mercat i futur de la tecnologia WSN.	47
6.1.Mercat de la tecnologia WSN.....	47
6.2.Potencial de la tecnologia WSN.	49
6.3. Aplicacions futures	50
7. Conclusions.	54
8. Referències.	55
9. Pressupost.....	57

Índex de figures.

Fig 2.1. Esquema d'una mota.	5
Fig. 2.2. Diferents classes de motes.	5
Fig. 2.3. Esquema físic mota.	7
Fig. 2.4. Aplicacions amb WSN.	8
Fig 4.2. Estructura dels canals del Estàndard 802.15.4.	14
Fig 4.4 Capes del model OSI estructurat per l'estàndard 802.15.4.	15
Fig 4.5. Estructura de la PPDU.	17
Fig 4.7. Gràfic BPSK i O-QPSK.	19
Fig 4.8. Estructura de la trama de dades PHY+MAC.	22
Fig 4.9 Contingut del camp Control de la trama.	22
Fig 4.10. Topologies estrella i punt a punt.	25
Fig 4.11. Comunicació a un coordinador PAN amb la balisa habilitada.	26
Fig 4.12. Comunicació al coordinador PAN amb la balisa no habilitada.	26
Fig 4.13. Comunicació des de un coordinador PAN amb la balisa habilitada.	27
Fig. 4.14. Comunicació des de un coordinador PAN amb la balisa no habilitada.	28
Fig. 5.2. Arquitectura ZigBee al model OSI.	33
Fig. 5.3. Trama ZigBee.	34
Fig. 5.4. Model de xarxa ZigBee.	35
Fig. 5.5. Estructura xarxa wirelessHart.	40

Fig. 5.6. Estructura d'una xarxa ISA 100.11a.	45
Fig. 6.1. Evolució estudi mercat WSN.	47
Fig. 6.2. Gràfic de barreres per WSN.	48
Fig. 6.3 Ranking d'anuncis d'interès.	51
Fig. 6.4 Pulsioximetria de Nintendo Wii.	51
Fig. 6.5 Pàgina web Pachube.	52
Fig. 6.5 Serveis Pachube.	53

Índex de taules.

Taula 4.1. Característiques dels Canals Europa, Amèrica del Nord i Lliure.	14
Taula 4.3. núm. De canals per freqüència.	15
Taula 4.6. Modulacions de la capa física.	18
Taula 5.1. Comparativa de les xarxes Wireless.	32
Taula 9.1. Cost ma d'obra.	57
Taula 9.2. Cost material.	58
Taula 9.3. Cost Total.	58

Glossari de termes.

WSN	Xarxes de sensors sense fils (Wireless Sensor Network)
WLAN	Xarxes d'àrea local sense fils (Wireless Local Area Network)
PAN	Xarxes d'Àrea Personal (Personal Area Network)
WPAN	Xarxes d'Àrea personal sense fils (Wireless Personal Area Network)
LR-WPAN	Xarxes d'Àrea personal sense fils de baix consum (Low Rate Wireless Personal Area Network)
PDA	Dispositiu d'Àrea Personal (Personal Device Area)
QoS	Qualitat i Seguretat (Quality and Securty)
CSMA-CA	Accés Multiple per Detecció de Portadora amb Evasió de Col·lisions (Carrier Sense Multiple Acces with Colission Avoidance)
DE	Detecció D'energia (Detection Energy)
LQI	Indicació de l'enllaç de qualitat (Link Quality Indication)
PHY	Capa Física (Physical Layer)
MAC	Control d'Accés al Medi (Medium Acces Control)
CAP	Punt d'Accés a la Connexió (Connection Acces Point)
RF	Radio freqüència (Radio Frequency)
CCA	Detecció de la Portadora (Clear Channel Assessment)
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
PPDU	Unitat de Dades del Protocol de Presentació (Presentation Protocol Data Unit)

SHR	Capçalera de Sincronització (Synchronization Header)
PHR	Capçalera Física (Physical Header)
PSDU	Unitat de Dades del Servei Físic (Physical Service Data Unit)
PSK	Phase Shift Keying
BPSK	Binary Phase Shift Keying
O-QPSK	Orthogonal Quadrature Phase Shift Keying
SAP	Punt d'Accés al Servei (Service Access Point)
GTS	Temps de Slot Garantit (Guaranteed Time Slot)
ACK	ACKNOWLEDGEMENT
FCS	Seqüència de Revisió de Trama (Frame Check Sequence)
FFD	Dispositiu de Funció Completa (Full Function Device)
RFD	Dispositiu de Funció Reduïda (Reduced Function Device)
RFID	Identificador de Radio Freqüència (Radio Frequency Identification)
UWB	Banda Ultra ample (Ultra wide band)
GOF	Trama d'Operacions Generals (General Operation Frame)
HART	Traductor Remot Direccional de Alta Velocitat

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

El objectiu principal d'aquest projecte és portar a terme un estudi sobre les xarxes de sensors sense fils, demostra'n que aquesta tecnologia té un gran ventall de possibilitats en aplicacions, la seva creació i adaptació en funció de les necessitats de cada escenari, donant importància als protocols per la seva comunicació.

1.2. Finalitat.

Amb aquest projecte volem fer una cerca bibliogràfica de gran quantitat d'informació perquè sigui possible que altres usuaris interessats és puguin informar i aprendre com funciona aquesta nova tecnologia, a més a més d'explicar amb més detall apartats de hardware, software, protocols i aplicacions sobre aquesta nova tecnologia.

1.3. Objecte.

Aquest projecte està format per una memòria, on hi ha els primers punts on ens introduïm a les xarxes de sensors, el següents punts consta de els estàndards què compleixen la normativa i les seves especificacions, també tenim les tres tecnologies més importants on s'implementen aquests protocols i aplicacions i per finalitzar tenim un estudi de mercat, el seu potencial, i aplicacions futures.

2. Introducció a les xarxes de sensors

2.1. Xarxes de sensors.

Una xarxa de sensors és una xarxa de nodes o motes, que col·laboren en una tasca comuna. Aquests nodes o motes tenen algunes capacitats de comunicació sense fil que permet formar xarxes ad-hoc, és a dir, xarxes sense una infraestructura física establerta.

Aquest tipus de xarxes es caracteritzen per la seva facilitat al ser auto-configurables, en tot moment poden treballar de emissor com receptor, oferir així serveis de encaminament entre nodes sense visió directa, així com guardar dades referents als sensors locals de cada node.

Uns dels principals problemes la gestió eficient de l'energia, de forma que es pugui aconseguir una alta taxa d'autonomia de forma que siguin totalment operatives.

2.2. Funcionament xarxes de sensors

Cada node o mota de la xarxa consta d'un dispositiu amb microcontrolador, sensors i transmissors/receptors. Per altre part, un sensor pot processar una limitada quantitat de dades. Però quant coordinem la informació entre un nombre important de motes, aquests tenen l'habilitat de poder escollir el camí més idoni per la seva transferència.

Amb tot això, una xarxa de sensors pot ser descrit com un grup de motes que es coordinen per portar una aplicació específica. Al contrari que les xarxes tradicionals, les xarxes de sensors portaran amb més precisió les seves tasques depenent de la magnitud del treball o de la coordinació que tinguin.

En els últims anys, les xarxes de sensors han estat formades per un petit número de nodes que estaven connectats per un cable a una estació central de processament de dades. Avui en dia, en canvi, ens centrem més en xarxes de sensors distribuïdes i sense fils.

A més, en molts dels casos, es requereixen molts sensors per evitar obstacles físics que dificulten o tallen la comunicació. El medi que està motoritzat no té una infraestructura, ni per el subministre energètic, ni per la comunicació. Per això, es necessari que els nodes funcionin amb petites fonts de energia i que es comuniquin per medi de canals sense fils.

Un altre requisit per les xarxes de sensors serà la capacitat de processament distribuït. Això es necessari per que, la comunicació és el principal consumidor d'energia, un sistema distribuït significarà que alguns sensors necessitaran comunicar-se a través de llargues distàncies, lo que es traduirà a major consum. Per tant, es una bona idea processar localment la major quantitat d'energia, per minimitzar el número de bits transmesos. [19]

2.3. Dispositius de les Xarxes de sensors

Les xarxes de sensors estan constituïdes per motes i aquestes motes estan formades per:

- **Processador:** El processador pot estar en diferents estats (dormit, inactiu, actiu)
- **Sensors:** tenen la funció de mesura una magnitud física com per exemple temperatura, humitat, llum visible, etc...
- **Convertidor analògic/digital:** la seva funció es convertir una magnitud analògica que prové dels sensors a una senyal digital.
- **Microcontrolador:** Processa principalment la informació que prové dels sensors així com executant el software del usuari
- **Xip de comunicacions de radio:** La seva funció es enviar i rebre informació des de/fins altres motes utilitzant el canal de radio adient.
- **Font d'alimentació:** Bateries tipus AA o tipus moneda, panels solars, etc...

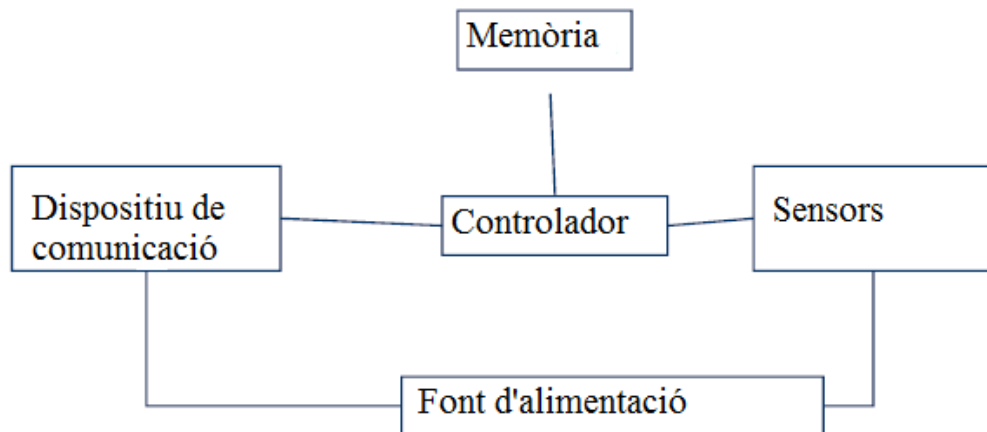


Fig. 2.1. Esquema d'una mota

Observem les diferents tipus de motes que podem trobar en el mercat, que poden ser des de una mota de uns 10cm de diàmetre, fins a motes de grans com un botó.



Fig. 2.2. Diferents classes de motes

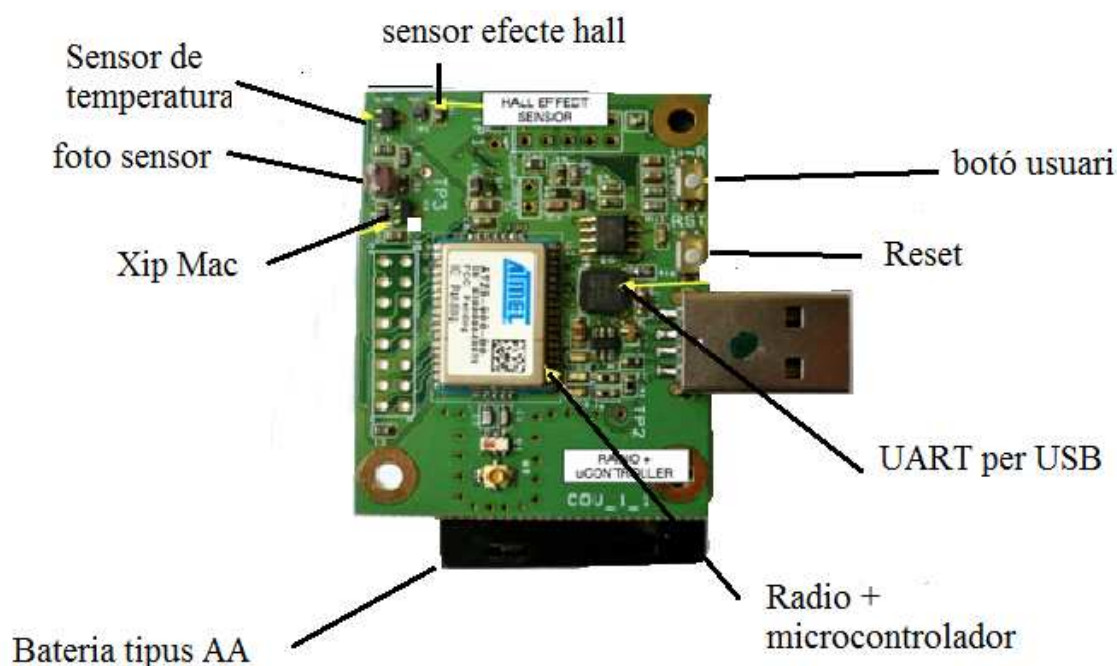


Fig. 2.3. Esquema físic mota

2.4. Àrees Aplicacions.

Les àrees on s'apliquen les xarxes de sensors sense fils són les següents:

- **Medicina:** A l'àrea de medicina amb aquests sensors la qualitat de vida dels pacients augmentarà considerablement, ja que amb aquests sensors o motes podrien tindrà controlat les seves constants vitals (pulsacions del cor, pressió arterial, nivell de sucre a la sang, etc....) en temps real, és a dir, les seves funcions vitals estaran controlades les 24h del dia.
- **Entorns de alta seguretat:** Hi han llocs que necessiten o requereixen un alt nivell de seguretat per evitar atacs de tota mena, com pot ser centrals nuclears, aeroports, edificis del govern, bancs, etc... en tots aquests llocs, gràcies a una xarxa de sensors es poden detectar situacions que amb una simple càmera seria impossible.
- **Sensors ambientals:** El control ambiental de boscos o de oceans, seria impossible sense les xarxes de sensors. El control de múltiples variables, com la temperatura, humitat, foc, activitat sísmica, etc... També pot ajudar a expert a diagnosticar o prevenir un problema o una urgència i a més a més minimitzar l'impacte ambiental de la presència humana.
- **Sensors Industrials:** Dintre de les fàbriques existeixen complexos sistemes de control de qualitat, amb la mida d'aquest sensors es possible posar-los on es requereixi.

- **Automoció:** Les xarxes de sensors es un complement ideal a les càmeres de tràfic, ja que poden informar de la situació del tràfic allà on les càmeres no poden arribar, és a dir, als punts morts. També hi ha la manera d'informar als conductors d'alguns accidents, o un embús.
- **Domòtica:** Per el seva mida, la seva velocitat i el seu consum, aquestes característiques li fan ideal per automatitzar les tasques domèstiques de la llar, i tot això a un preu bastant assequible.



Fig. 2.4 Aplicacions amb WSN

Les aplicacions per el *Wireless Sensors Network* (WSN) tenen un ampli ventall de possibilitats, com es veuen en aquest dibuix, van des de aplicacions per la llar, que s'estén en l'àrea de domòtica fins l'àrea industrial, i en aquest grups de WSN, és diferèncien en tres tecnologies que són:

- ZigBee: Domòtica
- WirelessHart: Sector Industrial
- ISA 100.11a: Sector Industrial

Aquestes tecnologies les expliquem més detalladament al punt 4.

2.5. Exemples Xarxes de sensors

Operacions de recuperació de desastres:

- Llançar nodes sensors des de una aeronau sobre un incendi forestal
 - o Cada node mesura la temperatura de la zona on caigui
 - o Produeix un mapa de temperatura
- Mapatge de Biodiversitat
 - o Usa nodes sensors per observar la vida salvatge i així veure en el seu estat pur la naturalesa.

Edificis o ponts intel·ligents:

- Reducció del desaprofitament d'energia per el control apropiat de la humitat, ventilació i aire condicionat
- Es requereix mesura la ocupació dels ambients, temperatura, flux de l'aire, ...
- Motorització d'esforç mecànic després d'un terratrèmol.

Supervisió i manteniment preventiu de maquinaria.

- Instal·lar funcions de control en llocs inaccessibles pels cables (Ex: Monitorització de la pressió de neumàtics)

Agricultura de precisió.

- Subministrament de fertilitzants, pesticides o altres productes, però només on sigui necessari

Medicina i salut.

- Cures intensives post-operatoris
- Supervisió a llarga durada de pacients amb malalties cròniques o de gent gran.

2.6. Xarxes Personals WPAN

Les xarxes WPAN per les seves sigles en anglès volen dir *Wireless Personal Area Network*, són xarxes que es poden comunicar entre elles en distàncies relativament curtes, normalment són utilitzades per connectar varis dispositius portàtils personals sense necessitat d'utilitzar cables. Aquesta comunicació entre dispositius normalment és peer to peer, que no requereix grans paquets de transferències de dades. La tecnologia sense fils Bluetooth, per exemple, té un índex nominal de 10 metres amb índex de dades de fins a 1Mbps. Aquests tipus d'àmbits i els relatius baixos índex de dades tenen com resultat un baix consum de

energia, fem a la tecnologia WPAN la més adequada per l'ús amb dispositius mòbils petits, que normalment funcionen amb bateries, com per exemple els telèfons cel·lulars, PDA's, etc.

Tradicionalment s'han utilitzat cables de propòsit específic per interconnectar aparells personals. Per això es va fer indispensable l'estudi i desenvolupament de solucions per la connexió d'aparells de forma sense fils. I es així com va néixer la necessitat de crear una forma eficient, ràpida i fiable per transmetre informació sense la necessita d'utilitzar els cables. Aquesta solució es basa al concepte de WPAN.

Les característiques principals d'aquest tipus de xarxes són que enfoquen els seus sistemes de comunicacions en una àrea d'uns 10 metres a 20 a la rodona aproximadament. A diferència de les xarxes de àrea local WLAN, una connexió feta a través de una WPAN té una infraestructura nul·la o molt escassa o són connexions directes amb l'exterior. Aquest tipus de tecnologies també té com objectiu fer un ús eficient dels recursos, per lo que s'han dissenyat protocols simples i lo més òptim possible per cada necessitat de comunicació i aplicació.

En WPAN, l'usuari és relacionat amb els dispositius electrònics que ell té, on estan a la seva proximitat. La definició de xarxa d'àrea personal (PAN) es va posar per descriure aquests diferents tipus de connexions en la xarxa. La versió sense fils s'anomena WPAN. Una WPAN pot entendre com una càpsula personal de comunicació al voltant d'una persona. Dins d'aquesta càpsula que es mou en la mateixa forma que ho fa una persona, els dispositius personals es poden connectar entre ells.

2.7. Tipus de WPAN

El grup de treball IEEE 802.15 ha definit tres classes de WPAN's que és diferencien per el seu rang de dades, consum d'energia i qualitat del servei. Les WPAN's amb un rang elevat de velocitat (802.15.3) dissenyat per aplicacions multimèdia que requereixen alts nivells de QoS. WPAN's de rang mitja (802.15.1/Bluetooth) que gestionen una quantitat de tasques que van de telèfons mòbils fins a comunicacions entre PDA's i tenen QoS apropiat per aplicacions de veu. L'última classe d'aplicacions son les LR-WPAN (baixa transmissió, low-rate) que venen definides al estàndard 802.15.4 i que aprofundirem més a l'apartat 3.

3. Xarxes LR-WPAN

Les xarxes *Low Rate Wireless Personal Area Network* són xarxes de comunicació senzilles i de baix cost que permeten connectivitat sense fils en aplicacions amb potència limitada i de baix requisits de rendiment. Els principals objectius del LR-WPAN són, fàcil instal·lació, fiabilitat en la transmissió de dades, operacions de curt abast, cost extremadament baix i bateries amb raonable durada de vida, mantenint al mateix temps un protocol simple i flexible..

3.1. Característiques de les xarxes LR-WPAN

- Taxa de dades en l'aire de 250kbps, 100kbps, 40kbps i 20kbps
- Topologies estrella i punt a punt (peer to peer)
- Adreces assignades en 16 bits o 64 bits
- Assignació opcional de slots en un temps garantitzat
- CSMA-CA prevenció de col·lisions en els canals d'accés
- Reconeixement del protocol de transferència.
- Consum baix de potència
- Detecció d'Energia (de)
- link quality indication (LQI)
- 16 canals en 2450MHz, 30 canals en 915 Mhz i 3 canals en 868Mhz

3.2. Arquitectura de les xarxes LR-WPAN

Un dispositiu LR-WPAN té una capa física que conté el transmissor-receptor de ràdio freqüència junt amb un mecanisme de control de baix nivell i subnivell MAC que proporciona accés al canal físic per tot tipus de transferències.

3.3. Funcionament de les xarxes LR-WPAN

El IEEE 802.15.4 LR-WPAN utilitza dos tipus de mecanismes de canal d'accés, depenen de la xarxa de configuració. NonBeacon habilitat per usar una PAN sense slots CSMA-CA pel mecanisme d'accés al canal.

I l'altre amb el Beacon habilitat per usar un slot PAN amb el mecanisme d'accés al canal CSMA-CA, on les ranures de Backoff coincidiran amb el començament de la transmissió de la balisa.

La diferència més significativa és que les xarxes amb el beacon no habilitat s'utilitzen per xarxes més senzilles, on tenen una infraestructura molt petita o a vegades ni tenen. Ja que no hi ha un coordinador que distribueixi la xarxa, és a dir, els nodes enviaran la informació quan ells vulguin, i depenen del medi si està ocupat o no, s'envia en aquell moment, o esperar un temps aleatori. En canvi en les transmissions amb la balisa habilitada un coordinador determina quan s'enviarà la informació i a on. Normalment aquest tipus de transferències s'utilitza més per xarxes més gran i amb una mínima infraestructura.

En definitiva segons els tipus de xarxa que utilitzis necessitaràs un mecanisme o un altre, amb una xarxa amb pocs dispositius i amb una infraestructura molt petita o cap, utilitzarem el NonBeacon, en canvi per xarxes més grans, amb una infraestructura o simplement volem una seguretat i fiabilitat en les nostres transferències utilitzarem amb el Beacon habilitat, ja que t'assegura uns slots determinats per cada transferència.

4. Estàndard IEEE 802.15.4

Es un estàndard que defineix el protocol de interconnexió i compatibilitat per els dispositius de comunicació de dades amb baixa velocitat de dades, baix consum de energia, baixa complexitat i de baix rang de radiofreqüència (RF) en les transmissions de una xarxa de àrea personal sense fils.

Aquest Estàndard te el propòsit de definir els nivells de xarxa bàsics per donar un servei a un tipus específic de xarxes sense fils de àrea personal anomenat WPAN, que es centren bàsicament en l'habilitació de la comunicació entre els dispositius amb baix cost i baixa velocitat. I això és fa gràcies a la comunicació de nodes entre si de 10 a 20 metres, i sense una infraestructura o amb molt poca, per afavorir encara més el baix consum.

Uns dels aspectes més importants és el seu ús en temps real per mitja de slots en un temps garantit, es a dir, interactua amb el món real, emet respostes correctes i és regeix per restriccions temporals. També treballa amb el canal d'accés CSMA-CA, per evitar les col·lisions i suporta topologies estrella i punt a punt (peer-to-peer). [1]

Qualsevol dispositiu que implementi l'estàndard 802.15.4 pot transmetre en una dels tres possibles canals de freqüència.

- **868 Mhz:** (Europa) permet un canal de comunicació (versió 2003) en la nova versió del 2006 permet fins a 3.
- **915 Mhz:** (Estats Units) permet fins a 10 canals de comunicació (versió 2003) versió 2006 permet fins a 30 canals.
- **2450 Mhz** (tot el món) permet fins a 16 canals de comunicació iguals en les dues versions.

En aquesta taula mostrem les propietats i els rangs d'aquestes freqüències:

Property	Range
Raw data rate	868 MHz: 20 kb/s; 915 MHz: 40 kb/s; 2.4 GHz: 250 kb/s
Range	10–20 m
Latency	Down to 15 ms
Channels	868/915 MHz: 11 channels 2.4 GHz: 16 channels
Frequency band	Two PHYs: 868 MHz/915 MHz and 2.4 GHz
Addressing	Short 8-bit or 64-bit IEEE
Channel access	CSMA-CA and slotted CSMA-CA
Temperature	Industrial temperature range –40 to +85 C

Taula 4.1 Característiques dels Canals Europa, Amèrica del Nord i Lliure

En la revisió del 2006 hi han un parell de canvis en els canals de freqüència de 868/915 Mhz que permet fins 100 i 250 kbps.

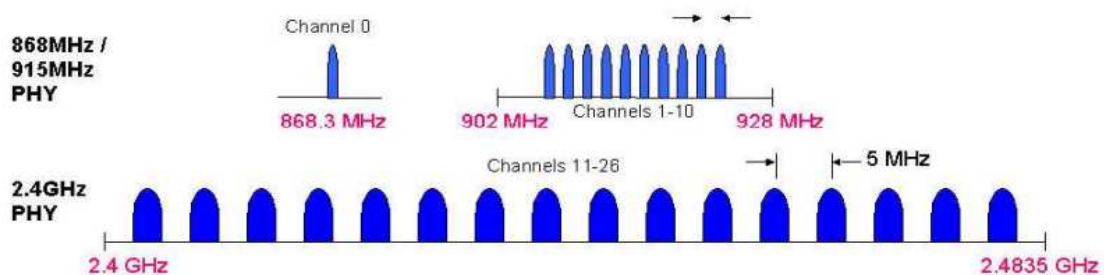


Fig. 4.2 Estructura dels canals del Estàndard 802.15.4

Número de Canals	Freqüència central del canal (Mhz)
K=0	868.3
K=1,2,.....10	906+2(k-1)
K=11,12,.....26	2405+5(k-11)

Taula 4.3. núm. De canals per freqüència

La capa física esta dividida en dos parts, una amb els canals 868 Mhz i 915 Mhz corresponents a Europa i Estats Units i l'altre canal 2450Mhz destinat per tot el món.

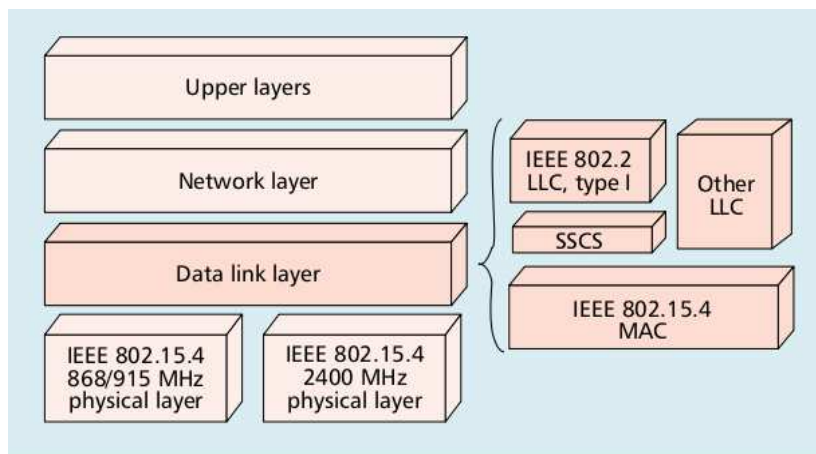


Fig 4.4 Capes del model OSI estructurat per l'estàndard 802.15.4

4.1. Capa Física (PHY)

La capa física la tenim dividida en dues subcapes, una d'elles és la capa de dades i l'altre és la capa de control, que són les encarregades de transmetre informació i rebre a través del medi ràdio.

Aquesta capa té unes característiques, uns mecanismes i paràmetres, que són els següents:

- L'activació i desactivació del transceptor
- Detecció d'energia (ED)
- Qualitat de l'enllaç
- Selecció del canal
- Detecció de la portadora (CCA)

Podem dir que és l'encarregada de transmetre i rebre els paquets pel medi ràdio.

Aquest enllaç anomenat ràdio pot operar en les següents bandes de freqüència lliures segons la zona geogràfica on s'està utilitzant.

- 868 - 868,6 MHz (Europa)
- 902 - 928 MHz (Amèrica del Nord)
- 2400 - 2483,5 MHz (Universal)

En la banda 2.4 Ghz disposa de 16 canals de 2MHz i amb una distància de 5MHz entre canals per evitar la interferència del canal adjacent.

En aquesta banda s'utilitza la modulació O-QPSK i s'eixampla l'espectre amb el Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). La velocitat nominal de la transmissió es de 250kbps.

La unitat de dades a nivell físic PPDU, està composta per tres parts:

- SHR: permet que un dispositiu que escolta el medi, es pugui sincronitzar per poder llegir correctament la informació continguda a la PPDU.
- PHR: indica la longitud de la informació que està continguda a la PSDU, ja que aquesta informació pot ser variable. La PSDU té una longitud màxima de 127 bytes.

- PSDU: és la informació provinent de les capes superiors, es a dir, és la trama transportada.

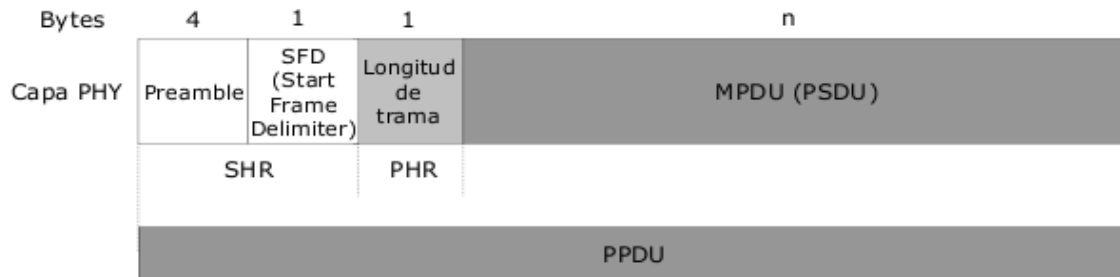


Fig. 4.5 Estructura de la PPDU

4.1.1. Modulacions PHY

PHY de 2.4GHz

- Velocitat de dades es de 250kbps (4 bits/ símbols, Ksymbols 62.5/s)
- Xip de modulació es O-QPSK amb mesura d'ona en forma de pols
- La taxa de xip és de 2.0Mxip/s

Nota: el terme xip s'utilitza per representar un bit del codi d'eixamplat d'espectre

PHY de 868/915 Mhz

- La velocitat de dades és de 20kbps a 868MHz, 40kbps a 915 Mhz
- La modulació amb la que treballa és BPSK amb codificació diferencial
- Difondre codi a 15 m -xip-seqüència
- Xip de modulació es BPSK amb forma d'un pols en cosinus (alpha=1.0)
- La taxa de xip és de 0.3 Mxip/s de 868 Mhz, 0.6 Mxip/s a 915 Mhz

PHY	Frecuencia(MHz)	Spreading parameters		Data Parameters		
		Chip Rate (Kchip/s)	Modulation	Aplicaciones	Ksimbols/s	2 ⁿ
868/915	868-868,6	300	BPSK	20	20	1
	902-928	600	BPSK	40	40	1
2450	2400-2483,5	2000	O-QPSK	250	62,5	4

Taula 4.6. Modulacions de la capa física

4.1.2 Modulacions BPSK I O-QPSK

Modulacions PSK (Phase Shift Keying)

Modulació PSK: La modulació PSK consisteix en cada estat de modulació està donat per la fase que porta la senyal respecte de l'original.

Dintre de les Modulacions PSK, el nostre estàndard treballa amb la BPSK i O-QPSK.

BPSK(2-PSK): Consta d'una modulació de desplaçament de fase de 2 símbols. És la més senzilla de totes, ja que només treballa amb dos símbols, amb 1 bit d'informació per cadascun. Aquesta modulació és la més immune al soroll, ja que la diferencia entre símbols es de 180°, però en canvi la seva velocitat de transmissió és la més baixa de totes les modulacions de fase, ja que només aporta cada símbol 1 bit d'informació.

Aquesta modulació també té una taxa d'errors molt baixa, degut a la seva màxima separació entre salts de fase.

O-QPSK (Offset-QPSK): La modulació Offset-QPSK consisteix en una modulació QPSK de polsos rectangulars en 4 símbols desplaçats entre si a 90°, cada símbol aporta 2 bits en el qual queda limitat a la màxima variació de fase instantània. Així com en una modulació QPSK convencional, s'arriba a produir salts de $\pm\pi$ rad. Entre dos símbols consecutius, en la modulació Offset-QPSK (OQPSK) aquests salts de fase instantània és reduïen a la meitat $\pm \pi$ rad. Així evita que la component en fase i la 2^a component en quadratura canviï de signe simultàniament. [10]

Per evitar aquest canvis de signe simultàniament en el transmissor, la component en quadratura és retardada temporalment en un temps equivalent a mig període del símbol (T) i posteriorment en recepció, en el pas baix, es retarda la 2 component en fase temporalment un temps equivalent a mig període del símbol ($T/2$) i d'aquesta manera queden les dues components sincronitzades. [10]

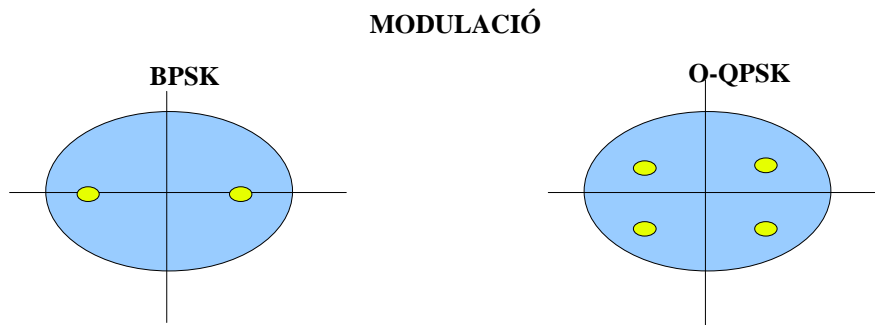


Fig. 4.7 Gràfic BPSK i O-QPSK

4.2. Capa control d'accés al medi MAC

La capa MAC proporciona dos serveis, la capa MAC de dades i el servei de gestió de la interfície MAC per la gestió de la entitat de la capa MAC (**MLME**¹) punt d'accés del servei (SAP). La MAC de serveis de dades permet la transmissió i la recepció del protocol MAC d'unitats de dades (**MPDUs**²) a través del servei de dades de la capa física.

Les característiques de la capa MAC són la gestió del beacon o balisa, el canal d'accés, gestió de GTS (Temps de slot Garantit), validació del frame, reconeixement de la entrega del frame. A més, la capa MAC proporciona enllaços per l'aplicació de adequada per els mecanisme de seguretat.

¹ **MLME**: Suports per capa control d'accés Entitat de la gerència de la subcapa (MAC). MLME és l'entitat de la gerència on la capa física (PHY). Les màquines de l'estat del MAC resideixen. Exemples d'estats del MLME (autenticar, des autenticar, associat, re-associar, balisa...)

² **MPDU**: Protocol MAC dades de la unitat o MPDU és un missatge (Protocol d'unitat de dades) intercanviades entre entitats MAC en un sistema de comunicació basat en la capa del model OSI.

La capa de control d'accés al medi (MAC) està definida per l'estàndard i ofereix dos tipus de servei a les capes superiors, una és MAC data service i l'altre MAC Management service. Aquests serveis van interactuant amb la capa MAC i això permet la transmissió i recepció de les dades a través de la capa física.

La capa MAC té diferents mecanismes, que són, accés al canal, generació d'ACK's, validació de la trama, Control de garantia de les ranures de temps (GTS), Control de guies (Beacon). Una altra característica que té la capa MAC és que aquesta pot proporcionar funcionalitats de seguretat, que podrem veure més endavant en altres tecnologies.

L'estructura de la trama de la capa MAC està definida per quatre tipus de trames dins de l'estàndard 802.15.4, que són: la trama beacon, la trama de dades, la trama de confirmació ACK i la trama de comandes MAC.

L'estàndard està definit per dos tipus d'adreces, una es de 16 bits i l'altre de 64 bits. Es poden utilitzar unes o altres o fins i tot es poden utilitzar les dues alhora en una mateixa xarxa. [2]

4.2.1. Modes de funcionament

El funcionament de la capa MAC està definit per l'estàndard, que aquest estàndard defineix dos tipus de funcionament alhora d'enviar o transmetre les dades, un és el mode beacon i l'altre beaconless que vol dir sense beacons.

La transmissió en mode beacon està orientat a xarxes de sensors on existeix el paper d'un coordinador central, per exemple una topologia estrella (Mesh). En aquest funcionament el node central és l'encarregat de transmetre els beacons cada cert temps, aquest temps estarà establert per la xarxa, i els altres dispositius de la xarxa reben aquest beacon i llavors es poden sincronitzar. Aquest tipus de transmissions estan pensades per a dispositius que tinguin molt pocs requisits de latència en la xarxa, ja que aquests dispositius és tenen que esperar a que rebin una trama beacon per tal de començar a transmetre les dades. Com a mecanisme d'accés al medi s'utilitza el CSMA-CA ranurat.

El mode de transmissió beaconless (sense beacons), aquest mode està pensat per xarxes on tots els dispositius es comuniquen entre ells per igual. En aquest mode de transmissions s'utilitza com a mecanisme d'accés al medi, el CSMA-CA no ranurat, és a dir, cada dispositiu pot transmetre dades sense esperar-se a que rebi un beacon d'un coordinador central.

En el mecanisme CSMA-CA no ranurat, un dispositiu que vulgui transmetre, escoltarà el medi, i si aquest medi està lliure, esperarà un temps aleatori de backoff, si una vegada finalitzat aquest temps aleatori de backoff, el medi està encara lliure, llavors començarà la seva transmissió i esperarà una confirmació (ACK). En canvi si al finalitzar el temps de backoff, el medi segueix estant ocupat, tornaria a esperar un altre temps de backoff, i així successivament fins a un màxim d'intens, aquest temps d'espera del backoff cada vegada seria més gran, és a dir, es un temps d'espera exponencial. I també dir que l'ús de confirmacions o ACK's és opcional, segons l'estàndard. [1]

4.3. Estructura d'una trama

Les estructures de les trames s'han dissenyat per mantenir la complexitat d'un temps mínim, o al mateix temps fer-los el suficientment resistents per el transport d'un canal sorollós. Cada successiva capa del protocol afegeix una estructura amb una capa específica de capçaleres i peus de pàgina. Aquest estàndard defineix quatre estructures de la trama:

- Una trama de balisa, utilitzat per un coordinador per transmetre les balises als seus nodes
- Una trama de dades, que utilitza per totes les transferències de dades
- Un reconeixement de la trama, que s'utilitza per confirmar la recepció de trames amb èxit. (ACK)
- Una comanda frame MAC, que s'utilitza per manejar totes les transferències de control de entitat.

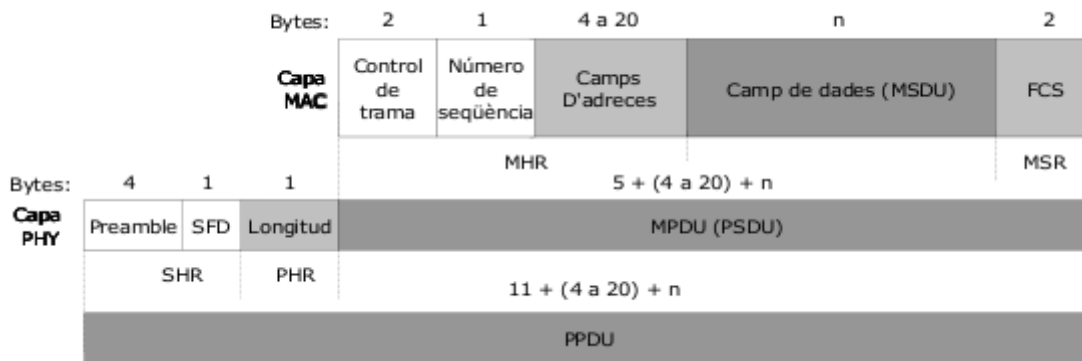


Fig. 4.8 Estructura de la trama de dades PHY+MAC

Ara analitzarem com està formada la trama de dades

Control de la trama

Aquest camp està format per 16 bits, que contenen la informació que defineix el tipus de trama, els camps d'adreces i altres tipus de control. Aquí podem veure en la imatge com està estructurada.

3	1	1	1	1	2	2	2	2
Tipus de trama	Seguretat	Trames pendents	Ack	Intra xarxa	Reservat	Mode D'@ destí	Reservat	Mode D'@ origen

Fig. 4.9. Contingut del camp Control de la trama

Tipus de trama: conté 3 bits, que ens indiquen el tipus de trama 802.15.4 que estem transportant. Hi han quatre opcions com hem parlat anteriorment. Beacon [000], Data [001] ACK [010] comanda MAC [011].

Seguretat: si està activada estarà amb un "1" la seguretat 802.15.4, que com he parlat anteriorment, pot ser opcional.

Trames pendents: amb un “1” si en la transmissió que estem transmeten està encara amb trames pendents d'enviar.

ACK: Aquest camp ens indica si està activada la trama de confirmació ACK

Intraxarxa: Aquest camp ens indica si la trama està dirigida a un altre dispositiu de la mateixa xarxa o no. si esta activat, vol dir que està en la mateixa xarxa.

Mode adreçament: Els dos camps que ens resten són pel mode d'adreçament, que indica quin tipus de direccions estan transportan en els camps d'adreces de la trama MAC. Les opcions disponibles són les següents: identificador de xarxa no present [00] adreces de 16 bits [10] adreces de 64 bits [11].

Número de seqüència

En aquest camp ens identifica la trama que està dins d'una transmissió i les seves possibles trames associades (trama ACK) de manera única. El valor inicial que tindrà, serà un número aleatori, llavors a partir d'aquest número, totes les trames posteriors aniran augmentant de 1 en 1 en el camp de número de seqüència.

Camps d'adreces

En aquest camp pot estar format per un nombre variable de camps, amb una mida variable, segons el tipus d'adreces que transportem a la trama. Això bàsicament be definit pels camps Mode d'adreçament del camp i control de la trama. Per sàpiga si esta dintre de la mateixa xarxa o no.

FCS

El FCS conté una seqüència CRC de 16bits per tal de verificar errors durant l'enviament de la trama. Aquest camp es calcula mitjançant un polinomi generador sobre tota la trama MAC (capçalera + dades). El camp s'omple a l'origen i es torna a calcular al destí per tal de comparar-los.

4.4. Topologia de les Xarxes IEEE 802.15.4

L'estàndard defineix dos tipus de nodes en les xarxes, un es el full-function device (FFD) i l'altre és el reduced-function device (RFD). El FFD pot funcionar com coordinador d'una xarxa d'àrea personal (PAN) o també com a node normal. Implementa un model general de comunicació que pot permetre establir un intercanvi amb qualsevol altre dispositiu, a més a més pot encaminar missatges, aquesta funció rep el nom de coordinador de la PAN, que és el responsable de tota la xarxa i no només del seu entorn.

En canvi el RFD, dispositius de funcionalitat reduïda, son dispositius molt senzill amb recursos i necessitats de comunicació molt limitats. Per això només poden comunicar-se amb FFD's, i mai podran ser coordinadors.

Les xarxes de nodes poden fer-se tan com xarxes punt a punt o en estrella. En qualsevol cas, tota xarxa necessita almenys un FFD que faci de coordinador. Les xarxes estan compostes per un grup de dispositius separats per distàncies reduïdes, cada dispositiu té un identificador únic de 64 bits, però si es citen específiques condicions es poden utilitzar identificadors de 16 bits, però aquest s'utilitzaran dintre del domini de cada PAN per separat.

4.4.1. Topologia punt a punt (peer to peer)

Les xarxes punt a punt utilitzen l'arbre de clústers com una estructura que aprofita que els dispositius de funció reduïda (RFD) només es poden connectar amb els dispositius de funció completa (FFD), per formar xarxes en la que els RFD's són sempre les fulles de l'arbre, i on la majoria dels nodes son FFD's, és a dir, tindrem una PAN coordinadora per cada arbre com a local per cada clúster, i junt amb això un coordinador global, que engloba tota la xarxa punt a punt. A la figura 4.10, és pot veure una topologia punt a punt.

4.4.2. Topologia en estrella (Star network).

Les xarxes amb estrella, es formen amb un node central, que sempre es el coordinador i les altres són nodes de funcionalitat reduïda. Les xarxes en estrella es formen quant un FFD decideix crear la seva pròpia PAN i es nombra a si mateix coordinador, una vegada tenim un identificador de PAN únic, altres dispositius poden unir-se a la xarxa.

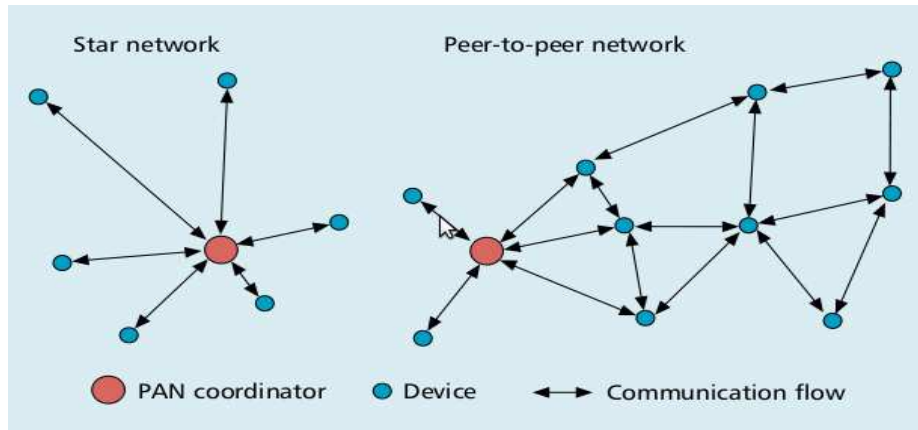


Fig. 4.10 Topologies estrella i punt a punt

4.4.3. Tipus de transferències de dades

Existeixen tres tipus de transferència de dades. La primera es la transferència de dades a un coordinador, en el que el dispositiu transmet les dades. La segona operació es la transferència de dades d'un coordinador en el que el dispositiu rep la informació. I la tercera operació es la transferència de dades entre dos dispositius iguals.

Transferència de dades a un coordinador

Quan el dispositiu vol transferir dades a un coordinador en una balisa habilitada per la PAN, el primer de tot, es detectar la xarxa de la balisa. Quant la balisa es troba, el dispositiu es sincronitza com la estructura de la super-trama. Al moment oportú, el dispositiu transmet les dades del frame, amb ranures CSMA-CA, per el coordinador. El coordinador pot reconèixer la recepció amb èxit de les dades mitjançant la transmissió de una opció de reconeixement del frame.

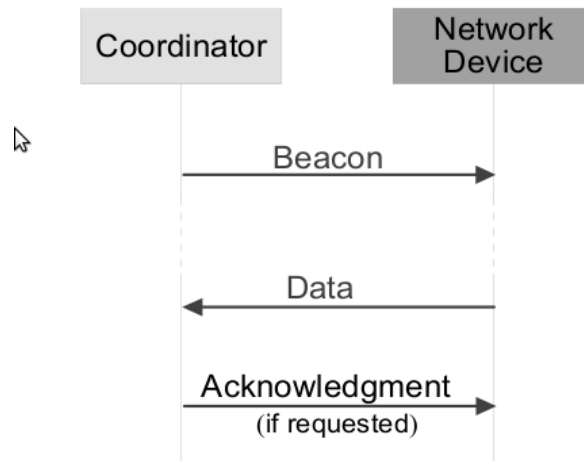


Fig. 4.11 Comunicació a un coordinador PAN amb la balisa habilitada

Quant un dispositiu vol transferir dades de una PAN nonbeacon-enabled, es limita a transmetre la seva trama de dades utilitzant un ranurat CSMA-CA, per el coordinador. El coordinador reconeix la recepció amb èxit de les dades mitjançant la transmissió de una trama de confirmació opcional. La transacció s'ha completat.

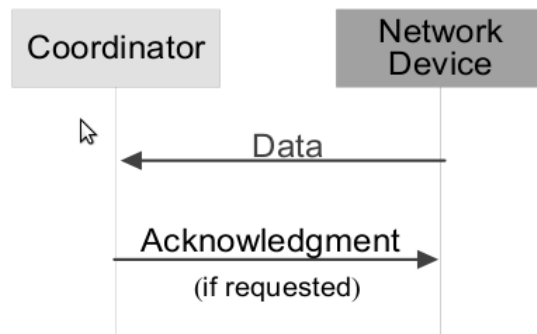


Fig. 4.12. Comunicació al coordinador PAN amb la balisa no habilitada

Transferència de dades de un coordinador

Quant el coordinador desitja transferir les dades a un dispositiu en una balisa habilitada PAN, s'indica en la xarxa de la balisa, que el missatge de dades es troba pendent. El dispositiu escolta periòdicament la balisa de la xarxa i si un missatge queda pendent, transmet una instrucció de MAC per sol·licitar les dades, utilitzant CSMA-CA ranurat.

El coordinador reconeix amb èxit la recepció de la sol·licitud de dades mitjançant la transmissió d'un frame de reconeixement. El frame en espera de dades s'envia utilitzant CSMA-CA ranurat o, si és possible, en l'instant després del reconeixement. El dispositiu la pot reconèixer amb èxit la recepció de les dades per la transmissió d'una trama de confirmació opcional. La transacció s'ha completat. Una vegada completat amb èxit la transacció de dades, el missatge s'elimina de la llista de missatges pendents en la balisa.

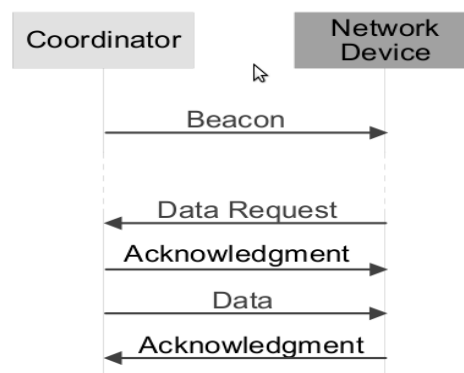


Fig. 4.13 Comunicació des de un coordinador PAN amb la balisa habilitada

Quant un coordinador desitja transferir dades a un dispositiu amb la PAN balisa no habilitada, que emmagatzemi les dades del dispositiu adequat per posar-se en contacte i sol·licitar les dades. Un dispositiu pot posar-se en contacte mitjançant la transmissió de una comanda MAC per sol·licitar les dades, utilitzant CSMA-CA no ranurat, al seu coordinador en una aplicació definida per el tipus de canvis. El coordinador reconeix amb èxit la recepció de la sol·licitud de dades mitjançant la transmissió de un reconeixement del frame. Si una trama de dades està pendent, el coordinador transmet la trama de dades, utilitzant ranurat CSMA-CA, en el dispositiu. Si una trama de dades no està pendent, el coordinador indica que aquest fet és el reconeixement del frame seguit de la sol·licitud de dades o en una trama de dades amb una carga útil de longitud zero. Si es sol·licita, el dispositiu reconeix la recepció amb èxit de la trama de dades mitjançant la transmissió de un reconeixement del frame.

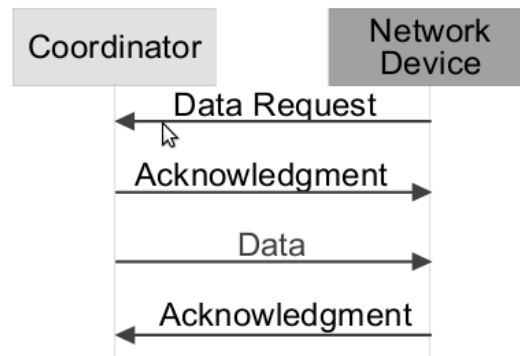


Fig. 4.14 Comunicació des de un coordinador PAN amb la balisa no habilitada

Transferència de dades punt a punt (Peer-to-Peer)

En un dispositiu PAN peer-to-peer, tots els dispositius poden comunicar-se amb qualsevol dispositiu en la seva esfera de ràdio freqüència, amb el fi de fer això amb eficàcia, els dispositius que desitgin comunicar-se tindran que rebre constantment o sincronitzar uns amb altres. El primer cas, el dispositiu només es capaç d'enviar dades a través del ranurat CSMA-CA. En aquest últim cas, altres mesures es tenen que prendre amb el fi de aconseguir la sincronització. Aquestes mesures estan fora del rang de la norma.

4.5. Evolució del Estàndard IEEE 802.15.4

4.5.1 IEEE 802.15.4e

Aquest estàndard millorat per el grup de treball 4e va ser creat al 2006 per corregir o millorar aspectes a la capa MAC per poder ser utilitzat en aplicacions industrials, la intenció de la correcció a l'estàndard 802.15.4 de la versió del 2006 va ser millorar i agregar funcionalitats a la capa MAC, primer de tot va ser una millora al suport dels mercats industrials i permetre la compatibilitat amb les modificacions que es proposen dintre de la WPAN i així donar un recolzament a la tecnologia ISA SP100.11a en les seves aplicacions. [4]

4.5.2 IEEE 802.15.4f

El IEEE 802.15.4f sistema RFID actiu del grup de treball ha sigut creat per definir noves capes físiques i millorar en la capa MAC del estandard actius del sistema RFID bi-direccional i la localització d'aplicacions determinades. [4]

Que es el RFID?

El RFID (Radio Frequency Identification) és un sistema per emmagatzemar i recuperar dades remotament, que usa dispositius com etiquetes, targetes o tags RFID. La tecnologia RFID consisteix en transmetre la identitat d'un objecte mitjançant ones de ràdio freqüència. I aquestes són agrupades dins dels denominats Auto ID (Automatic Identification).

Les etiquetes RFID són uns dispositius petits, similars a un adhesiu o un botó, que poden ser incorporades a un producte, animal o persona. Conté antenes per permetre rebre i respondre a peticions per radio freqüència des de un emissor-receptor RFID.

Aquestes etiquetes es separen en dos grups, les actives que necessiten una alimentació elèctrica, m'entres que les passives no ho necessiten. Un dels avantatges més importants es que no necessiten una visió directe entre el emissor i el receptor, com per exemple els codis de barres amb els infrarojos. [5]

5. Tecnologies de L'estàndard

5.1. ZigBee

Explicarem una miqueta d'història de com es va crear i el per que del ZigBee.

El 13 de juny del 2005 es van fer públiques i disponibles per universitats, centres de desenvolupament les especificacions en San Ramon, Califòrnia, per part de ZigBee Alliance.

El 5 de Novembre del 2007, es va anuncia la finalització de l'aplicació pública ZigBee Home Automation i la seva disponibilitat al públic de forma gratuïta. Amb la tecnologia ZigBee HA es va oferir als fabricants, integrants, desenvolupadors, etc... la opció de treballar sota una manera d'estàndards a l'hora d'introduir els nous productes destinats a la domòtica o automatització de la llar, eliminant així la necessitat de fer-ho sobre una tecnologia patentada.

Aquesta nova aplicació, definida per la pròpia companya ZigBee Alliance com el nou estàndard global per la automatització de la llar, permet que les aplicacions domòtiques desenvolupin per els fabricants siguin completament iter-operables entre elles, garantint així al client final fiabilitat, control, seguretat i comoditat.

A més, la ZigBee Alliance també deixa disponible per el seu accés la **ZigBee Cluster Library**, oferint d'aquesta manera els enginyers i mes integradors, desitjosos de treballar sota aquest estàndard mundial idoni per els serveis domòtics, blocs de construcció per aplicacions amb necessitats sota el denominador comú de la automatització residencial, reduint d'aquesta manera les tasques del desenvolupament i permeten implementacions més precises.

El ZigBee es converteix en els ciments necessaris per la domòtica més racional i amb més sentit comú, el seu baix consum, el seu sistema de comunicació molt ràpid, normalment topologies MESH, la seva integració que permet fabricar nodes amb molt poca electrònica, i el fet de que ja tinguem el ZigBee versió 1.0 ho fan possible.

El estàndard de ZigBee proporciona a la xarxa de comunicacions, la seguretat amb algoritmes incrustats, és a dir, els serveis de recolzament per aplicacions que operant sobre la capa 802.15.4, el control MAC i la capa física (PHY), i una topologia de xarxa tan variada com aplicacions pugui ser imaginades, però en compte que la topologia escollida té que ser la més apropiada per l'aplicació final trobada.

En el nostre cas normalment la nostra topologia es la topologia en malla o també es diu Mesh, sense oblidar algunes aplicacions específiques que ens obligaran a tenir en conté les topologies estrella. [21]

5.1.1. Funcionament del ZigBee

ZigBee també conegut com HomeRF Lite, és una tecnologia sense fils amb velocitats que van des de 20kb/s i 250kb/s i rangs de 10 mts. a 75 mts. Poden usar les bandes lliures ISM de 2.4Ghz, 868Mhz (Europa) i 915Mhz (EEUU).

Una xarxa ZigBee pot estar formada per fins 255 nodes, els quals tenen la major part de temps el transceiver ZigBee dormit com objecte de consumir menys que altres tecnologies sense fils. L'objectiu, és que un sensor equipat amb un transceiver ZigBee pot ser alimentat amb dues piles AA durant al menys 6 mesos i fins 2 anys.

Com comparativa, la tecnologia Bluetooth es capaç de arribar a 1Mb/s en distàncies de fins 10mts operant en la mateixa banda de freqüència 2.4Ghz, només pot tindre 8 nodes per cela i està dissenyat per mantenir sessions de veu fe forma continuada, però poden construir-se xarxes que cobreixin grans superfícies ja que cada ZigBee actua de repetidor enviant la senyal al següent, etc.

Estàndard	Ample de Banda	Consum de Potència	Avantatges	Aplicacions
Wi-Fi	Fins 54Mbps	400ma transmeten 20ma en repòs	Gran ample de banda	Internet, xarxes d'ordinadors, transferències de fitxer
Bluetooth	1Mbps	40ma transmeten 0.2ma en repòs	Operativitat, substitut del cable	Wireless USB, mòbils, informàtica
ZigBee	250Kbps	30ma transmeten 3ma en repòs	Bateria de llarga durada, baix cost	Control remot, productes dependents de les bateries, sensors, joguines

Taula 5.1. Comparativa de les xarxes Wireless

S'espera, que els mòduls ZigBee siguin els transmissors sense fils més barats que es puguin produir de forma massiva, amb un cost estimat de 2€. Disposaran d'una antena integrada, control de freqüència i una petita bateria. ZigBee ofereix una solució tan econòmica ja que la radio es pot fabricar amb menys circuits analògics dels que es necessiten habitualment.

Com a curiositat, l'origen del nom és una mica rebuscat, però la idea prové d'un rusc d'abelles pul·lulant per la bresca i comunicant-se entre elles, és així com la comunicació que es produeix entre elles. [11]



Fig. 5.2. Arquitectura ZigBee al model OSI

Seguint l'estàndard del model de referència OSI, en el gràfic superior, apareix l'estructura de l'arquitectura en capes. Les primeres dues capes, la física (PHY) i la d'accés al medi (MAC), són definides per l'estàndard 802.15.4 i que ja hem explicat més detalladament en els primers punts. Les capes superiors són definides per la ZigBee Alliance. El grup de treball de IEEE va passar el primer esborrany de la capa física i la d'accés al medi en 2003. Una versió final de la capa de xarxa va ser revistat a finals del 2004, i al juny del 2005 tenim ja un ZigBee 1.0 públic.

Els productes ZigBee treballen en una banda de freqüències que inclou la 2.4Ghz (mundial), de 902 a 928 Mhz (EEUU) i 866Mhz (EU). La transferència de dades de fins 250kbps pot ser transmet en la banda de 2.4Ghz (16 canals), fins 40kbps en 915Mhz (10 canals) i a 20Kbps en la de 868Mhz (1 canal). La distància de transmissió pot variar des de els 10mts fins als 75mts, depenent de la potència de transmissió i del seu entorn. Al igual que WiFi, ZigBee usa DSSS (seqüència directa de espectre eixamplat) en la banda 2.4Ghz. En les bandes de 868 i 900Mhz també s'utilitzen la seqüència directa del espectre eixamplat però amb una modulació de fase binària.

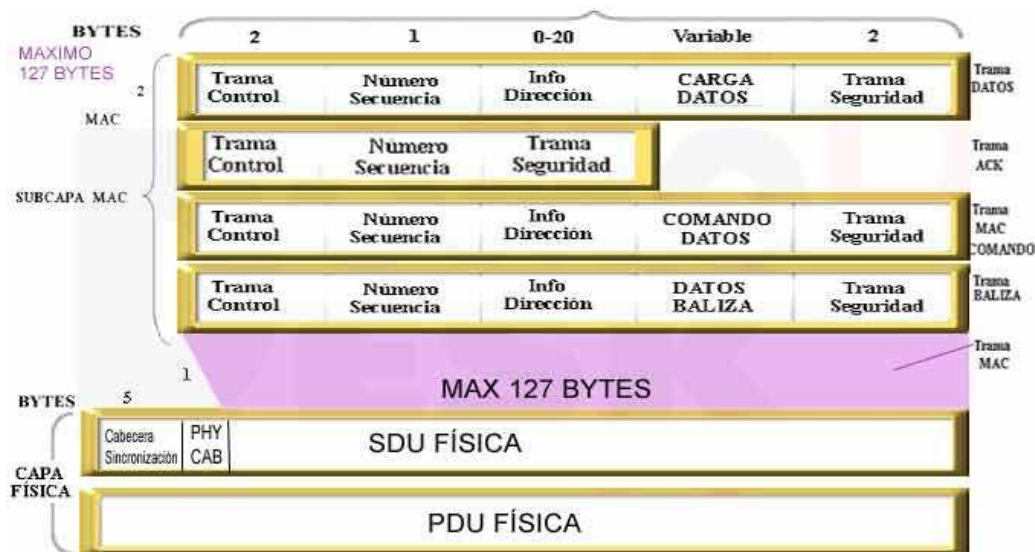


Fig. 5.3. Trama ZigBee

El paquet de dades té una carga de dades de fins 104bytes. La trama està numerada per assegurar que tots els paquets arribin. Un camp ens assegura que el paquet s'ha rebut sense errors. Aquesta estructura augmenta la fiabilitat en condicions complicades de transmissió.

Un altre estructura important és la ACK, o reconeixement. Aquesta trama és una realimentació des de el receptor al emissor, per confirmar que el paquet s'ha rebut sense errors. Es pot incloure un temps de silenci entre trames, per enviar un petit paquet després de la transmissió de cada paquet.

El paquet MAC, s'utilitza per el control remot i la configuració de dispositius/nodes. Una xarxa centralitzada utilitza aquest tipus de paquets per configurar la xarxa a distancia.

Per acabar el paquet balisa “desperta” els dispositius, que escolten i després tornen al mode “dormir” si no reben res més. Aquest paquets són importants per mantindre tots els dispositius i els nodes sincronitzats, sense tindre que gastar una gran quantitat de bateria, ja que no estan tota l'estona desperts i això vol dir encesos.

5.1.2. Funcionament a la capa de xarxa

La capa de xarxa uneix o separa dispositius a través del seu controlador de xarxa, implementa seguretat, i encamina trames als seus respectius destins. A més, la capa de xarxa del controlador de xarxa es responsable de crear una nova xarxa i assignar direccions a els dispositius de la mateixa.

La capa de xarxa suporta múltiples configuracions de xarxa, incloent estrella, arbre i punt a punt, com es mostra al gràfic 4.1.5

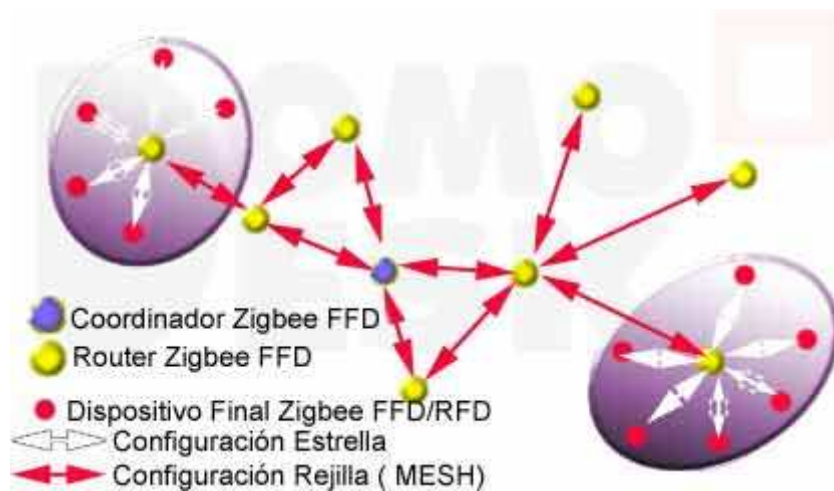


Fig. 5.4. Model de xarxa ZigBee

En la configuració en estrella, un dels dispositius tipus FFD assumeix el rol de coordinador de xarxa i és el responsable d'inicialitzar i mantindre els dispositius en la xarxa. Tots els altres dispositius ZigBee, coneguts amb el nom de dispositius finals, parlen directament amb el coordinador. En la configuració de punt a punt, el coordinador ZigBee és el responsable de inicialitzar la xarxa i de escollir els paràmetres de la xarxa, però la xarxa pot ser ampliada a través de l'ús de routers ZigBee. L'algoritme d'encaminament utilitza un protocol pregunta-resposta (request-response) per eliminar les rutes que no siguin òptimes, la xarxa final pot tenir fins 254 nodes i utilitzant el encaminament local, pots configurar la xarxa de més de 65000 nodes (2^{16}).

La trama general d'operacions (GOF) és una capa que existeix entre la d'aplicacions i la resta de capes. La GOF normalment cobreix varis elements que són comuns a tots els dispositius, com el sub-encaminament i els modes de encaminament, i la descripció de dispositius, com el tipus de dispositiu, potència, modes de dormir i coordinadors de cada un. Utilitzant un model, la GOF especifica mètodes, esdeveniment i formats de dades que són utilitzats per constituir comandes i les respostes a els mateixos.

5.1.3. Característiques del ZigBee

Les empreses que més treballem amb aquesta tecnologia són, Mitsubishi, Honeywell, Philips i Motorola que treballen per crear un sistema estàndard de comunicacions, via ràdio i bidireccional per utilitzar-ho en dispositius de domòtica, automatització de edificis, control industrial, perifèrics de PC, joguines, sensors mèdics, etc. Els membres d'aquesta aliança justifiquen el desenvolupament d'aquest estàndard per cobrir les necessitats que deixa descuidat el Bluetooth.

En aquesta taula representem una comparativa de les tres tecnologies més conegudes i ja en procés d'expansió.

Com es pot veure a la taula la tecnologia ZigBee comparat amb les altres tecnologies, trobem que moltes d'aquestes comunicacions que es realitzen amb petits paquets de dades, per enviar informació d'un sensor, o simplement per controlar l'estat dels sensors. A més de ser paquets petits d'informació, la gran majoria dels dispositius poden estar en mode "sleep" fins que enviïn la informació i activar-se al detectar alguna cosa. Les principals característiques d'aquests sensors són:

- Un consum de potència extremadament baix
- La possibilitat d'estar "adormits" durant grans períodes de temps
- La seva senzillesa
- El seu baix cost

Un sistema de domòtica ha de poder controlar diferents configuracions: en estrella, punt a punt, per poder cobrir l'àrea d'una casa, i sobretot la configuració estrella que ens permet no dependre del rang.

5.1.4. Dispositius en una xarxa ZigBee.

ZigBee conté tres tipus de dispositius que els definint de la següent manera:

- **El coordinador de xarxa**, que manté en tot moment el control del sistema. És el més sofisticat dels tipus de dispositius, requereix memòria i capacitat de computació
- **El dispositiu de funció completa (FFD)** capaç de rebre missatges de l'estàndard 802.15.4. Aquest pot funcionar com a coordinador de xarxa. La memòria addicional i la capacitat de computar, el fan ideal per fer les funcions d'encaminador o per ser usat en dispositius de xarxa que actuïn de interfície amb els usuaris
- **El dispositiu de funció reduïda (RFD)** de capacitat i funcionalitat limitada (especificada en l'estàndard) per el baix cost i simplicitat. Són els sensors/actuadors de la xarxa.

El baix consum de potència és lo que fa que la tecnologia ZigBee tingui una llarga vida sense tenir que recarregar els dispositius. Les xarxes ZigBee estan dissenyades per conservar la potència en els nodes "esclaus". Durant molt temps, un dispositiu "esclau" està en mode "adormit" i només es posa en mode "despert" per una fracció de segon per confirmar que està viu en la xarxa. Per exemple, la transacció del mode "adormit" al mode "despert" quant és transmet dura uns 15ms i la enumeració de "esclaus" dura uns 30ms.

Les xarxes ZigBee poden usar-se en l'entorn amb balises o sense balises. Les balises són usades per sincronitzar els dispositius de la xarxa, identificant la xarxa, i descrivint l'estructura de la super-trama. Els intervals de les balises son determinats per el coordinador de la xarxa i poden variar des de els 15ms fins els 4 minuts.

El mode sense balises és senzill, s'usa l'accés múltiple al sistema en una xarxa punt a punt, funciona com una xarxa de dos camins, on cada dispositiu és autònom i pot iniciar

una conversa on els altres poden interferir. El dispositiu destí pot no escoltar la petició o el canal pot estar ocupat.

El mode balisa es un mecanisme de control de consum de potència a la xarxa. Aquest mode permet a tots els dispositius saber quan poden transmetre. En aquest mode els dos camins de la xarxa tenen un distribuïdor que controla el canal i dirigeix les transmissions. La principal avantatge d'aquest mètode de treball es que, és redueix el consum de potència.

El mode sense balisses es típicament usat en sistemes de seguretat, on els dispositius, per exemple, sensors, detectors de moviment, dormen el 99.99% del temps. Aquest element desperten de manera regular per anunciar que segueixen en la xarxa. Quant es detecta alguna cosa, el sensor desperta instantàniament i transmet la alarma. El coordinador de xarxa, alimentat de la xarxa principal tot el temps, rep el missatge i l'activa l'alarma respectiva.

El mode balisa es més recomanable quant el coordinador de xarxa treballa amb una bateria. Els dispositius escolten al coordinador de xarxa durant el abalissament (enviament de missatges a tots els dispositius, broadcast, entre 0.015 i 252 segons). Un dispositiu es registra per el coordinador i mira si hi ha missatges per ell. Si no hi han missatges, el dispositiu torna al seu estat “adormit” despertant segons l'horari establert per el coordinador. Una vegada fet tot el procés de abalissament el coordinador torna a adormir-se.

5.1.5. Seguretat ZigBee

ZigBee és un sistema bastant segur de comunicació, ja que la seguretat de les transmissions i de les dades són punts clau en la tecnologia ZigBee. Aquesta utilitza el model de seguretat de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, el qual especifica 4 serveis de seguretat.

- Control d'accessos, el dispositiu manté una llista dels dispositius “comprovats” en la xarxa.
- Dades encriptades, les quals usen una encriptació amb un codi de 128 bits.
- Integració de trames per protegir les dades de ser modificades per altres.

- Seqüències de refresc, per comprovar que les trames no han sigut reemplaçades per altres.
- El controlador de la xarxa comprova aquestes trames de refresc i el seu valor, per veure si són les esperades.
- Depèn del dispositiu final que serà la nostra decisió donar-li més o menys seguretat.

5.2. Tecnologia WirelessHart

El protocol de comunicació HART (Transductor Remot Direccional de Alta velocitat) va ser introduït per primera vegada per la Industria Rosemount Inc en 1986 com un estàndard de disseny exclusiu per la comunicació de transmissors. Poc després de la seva introducció, Rosemount va decidir permetre al seu accés per altres fabricants. Des de aquesta data, aquest protocol ha adquirit una ampla popularitat, i ara forma part de uns dels estàndards de major desenvolupament per la instrumentació de camps de processos. En la actualitat, més de 60 fabricants ofereixen productes amb el protocol HART. El estàndard està regulat en el present i pot adquirir-se en la HART Communication Foundation (HCF), un consorci de proveïdors i usuaris HART.

El motiu de l'acceptació obtinguda per el protocol es deu a les avantatges que ofereix HART al usuari. Es un protocol de comunicació que pot usar-se en els existents sistemes de control de 4-20mA amb costos mínims per la seva implementació. Podem utilitzar-se els actuals cablejats de camp i les Sortides i Entrades de sistemes de control. Degut a que HART combina la senyalització analògica i digital, el protocol ofereix un control notablement ràpid de variable primaria i permet la transmissió simultània de informació que no sigui de control.[24]

5.2.1. Funcionament del WirelessHart

Es un dispositiu autònom que elimina les connexions analògiques cap al sistema de control. El dispositiu es pot instal·lar en qualsevol part de la planta de l'empresa sense la necessitat d'utilitzar cables. Les variables de procés (VP) i les dades HART es connectan a un sistema de control o de gestió de actius mitjançant un porta de enllaç (gateway) WirelessHART.

WirelessHART és una tecnologia robusta i simple d'implementar. Permet als usuaris obtenir de manera ràpida i fàcil els beneficis de la tecnologia sense fils a a la vegada que es manté la compatibilitat amb els dispositius HART existents, així com amb altres sistemes i eines. WirelessHART es la manera simple, fiable i segura d'utilitzar les seves aplicacions de monitoreig i control de processos, i de gestió d'actius.

Una de les avantatges que te WirelessHART alhora de instal·lar-ho és que ja coneixes les eines, el flux de treball i els procediments utilitzats. Aquesta tecnologia té múltiples opcions d'alimentació, el seu cost de instal·lació i cablejat es mínim, també te una compatibilitat amb altres xarxes sense fils. WirelessHART pot treballar en diferents topologies, la estrella i la de punt a punt.

Es una tecnologia bastant simple, és a dir, fàcil d'implementar i robusta. Permet als usuaris obtindre els beneficis de forma ràpida i senzilla, de la tecnologia sense fils, ón es manté la compatibilitat amb els dispositius, eines i sistemes HART que ja estaven instal·lats anteriorment.

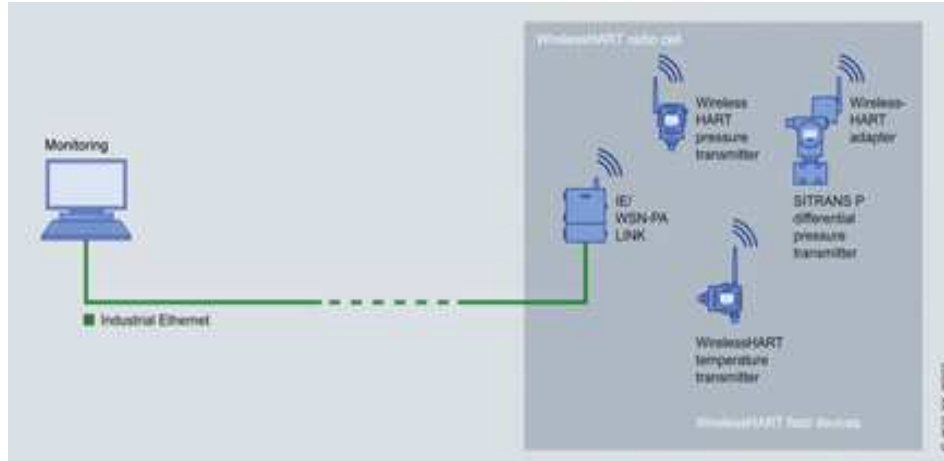


Fig. 5.5. Estructura xarxa wirelessHart

5.2.2. Característiques del WirelessHart

Aquesta tecnologia es basa bàsicament en instal·lacions industrials amb infraestructures de gran tamany, el moviment freqüent dels grans equips, les condicions canviant, o de nombroses fonts de radio-freqüència i la interferència electromagnètica poden tenir problemes de comunicació. WirelessHART inclou una sèrie de característiques que proporcionen una gran fiabilitat. [25]

Aquestes característiques son:

- Les ràdios compleixen amb els estàndards IEEE 802.15.4-2006
- Llicència per banda de freqüència lliure de 2.4Ghz
- Salta canals per evitar interferències
- Ofereix alta fiabilitat en entorns de ràdio adversos

Si coexisteix amb altres xarxes sense fils

- Avaluació de canal lliure per canals disponibles
- Crea una llista negra per evitar utilitzar els canals usats freqüentment
- Optimitza l'amplitud de banda i el temps de ràdio
- Sincronització de temps per missatges puntuals

Xarxa Auto-correctible

- Busca sempre les rutes de comunicació més òptimes per el seu rendiment
- Monitoreja rutes per la degradació i es repara ella mateixa
- Troba rutes alternatives si hi han obstruccions
- Xarxa de malla i múltiples punts d'accés

5.2.3. Seguretat de WirelessHart

WirelessHART també es una de les xarxes més segures ja que aporta grans mesures de seguretat per protegir la xarxa i assegurar les dades en tot moment. Aquestes mesures inclouen les últimes tècniques de seguretat per proporcionar el màxim nivell de protecció disponible.

Aquestes són les característiques que li fan una xarxa robusta i segura.

- Robust, a varis nivells, seguretat sempre activa
- Xifrats AES de 128bits estàndard de l'industria
- Clau de xifrat única per cada missatge
- Integritat de les dades i autenticació dels dispositius
- Rotació de claus de xifrat utilitzades per unir-se a la xarxa
- Salt de canals
- Nivells ajustables de potència de transmissió
- Múltiples nivells de claus de seguretat per l'accés
- Indicació de d'accessos a claus fals
- Fora de perill d'atacs tipus WiFi a Internet

5.2.4. Aplicacions WirelessHart

Aquesta tecnologia sense fils ofereix oportunitats per una àmplia gama d'aplicacions, des de la addició de mesuraments on abans estaven fora de l'abast físic o econòmic, a permetre que les funcions de tota la planta, tals com els actius i seguiments de persones, la seguretat i productivitat dels treballadors.

En canvi, la tecnologia WirelessHART es basa en les funcions bàsiques de automatització de processos en els quals no existeix norma adient per allò.

Al igual que la tecnologia HART amb cable, WirelessHART dona suport a la gama completa de aplicacions de control i monitoratge de processos, com poden ser:

- Monitoratge d'equips i processos
- Monitoratge ambiental, gestió d'energia, compliment regulatiu
- Gestió d'actius, manteniment predictiu, diagnòstic avançat
- Control de circuits tancats

5.3. Tecnologia ISA 100.11a

Aquesta tecnologia esta relacionada amb la tecnologia WirelessHart, explicada anteriorment, també és un estàndard obert per la comunicació sense fils, però en aquest cas, aquesta és encara més recent que el WirelesHart. Està basat en el 6LoWPAN i proporciona característiques molt similars a la tecnologia dita anteriorment, de fet són inter-operables. Aquesta tecnologia especifica els diferents rols funcionals de les diferents operacions necessàries per executar i gestionar una xarxa sense fils industrial. Cada funció es una descripció de alt nivell de funcionalitat que és te que aplicar en un dispositiu. [3]

5.3.1 Funcionament del ISA 100.11a

ISA 100.11a especifica un estàndard per xarxes sense fils industrials. La norma especifica com la comunicació entre els dispositius que estableix i com la infraestructura sense fils que pot ser utilitzada per executar aplicacions de control industrial.

Per satisfer les necessitats dels usuaris industrials i operadors sense fils, el estàndard ISA 100.11a ofereix una robustesa en presencia de interferències en entorns industrials i amb el llegat de no-ISA-100 compatible amb els sistemes sense fils.

Aquesta xarxa esta basada en la tecnologia **6LoWPAN** i proporciona característiques molt similars a la tecnologia WirelessHART.

La tecnologia **6LoWPAN** és un acrònim de Ipv6 over Low power Wireless Personal Area Network. Més que un protocol es un mètode per comprimir el protocol IP en xarxes 802.15.4. Està definit en el RFC4944.

El **RFC4944** permet l'enviament de paquets utilitzant les direccions de 64 bits o les de 16 bits que s'assignen en les subxarxes i permet també les topologies de xarxa en estrella. La implementació és oberta i existeixen diversos sistemes operatius lliures i gratuïts que l'incorporen. [3]

Aquest protocol treballa directament sobre la capa MAC del estàndard 802.15.4.

5.3.2 Dispositius ISA 100.11a

El ISA 100.11a estàndard especifica els diferents rols funcionals de les diferents operacions necessàries per executar i gestionar una xarxa sense fils industrial. Cada funció es una descripció de alt nivell de funcionalitat que és te que aplicar en un dispositiu. Els diferents dispositius que formen part d'una xarxa industrial tenen un o més de les següents funcions:

- **Dispositiu de entrada/sortida:** Un dispositiu que proporciona o utilitza les dades de control. L'únic propòsit d'aquest dispositiu és executar aplicacions de control per recollir i entregar les dades de control.
- **Encaminador:** Un dispositiu que pot encaminar els missatges a la capa de enllaç i la capa de xarxa definida per la norma ISA 100.11a. Els Encaminadors anuncien la seva presència en la capa d'enllaç. Els anuncis inclouen informació sobre com establir una associació de capa d'enllaç amb el encaminador. Una vegada associat això, el dispositiu pot comunicar-se amb el encaminador en la capa d'aplicació i pot entregar els paquets què és remeten a la capa d'enllaç o a la capa de xarxa.
- **Aprovisionament:** Un dispositiu que pot autenticar altres dispositius i la presentació d'ells amb la informació necessària per unir-se amb un enllaç de dades.

Un dispositiu utilitza el servei de aprovisionament del gestor de seguretat per autenticar altres dispositius.

- **Encaminador BackBone:** És un dispositiu que pot encaminar paquets de ISA 100.11a sobre una infraestructura de xarxa tradicional (Ex: Ipv4/IPv6)
- **Gateway:** Un dispositiu que tingui accés al control de dispositius de detecció en la xarxa de ISA 100.11a industrial i que és capaç de traduir entre els protocols d'aplicació en el teixit industrial i altres protocols d'aplicació en la xarxa.
- **Administrador del sistema:** Un dispositiu ha de gestionar la informació de configuració en els dispositius que participen en la xarxa ISA 100.11a això inclou dispositius d'assistència durant l'associació de capa d'enllaç i l'establiment de sessions de capa d'aplicació i dels contractes.
- **Security Manager:** Treballa en conjunt amb l'administrador del sistema i els sistemes externs de seguretat per proporcionar la funcionalitat de seguretat relacionades, tals com la autenticació de dispositius i gestió de materials de manipulació

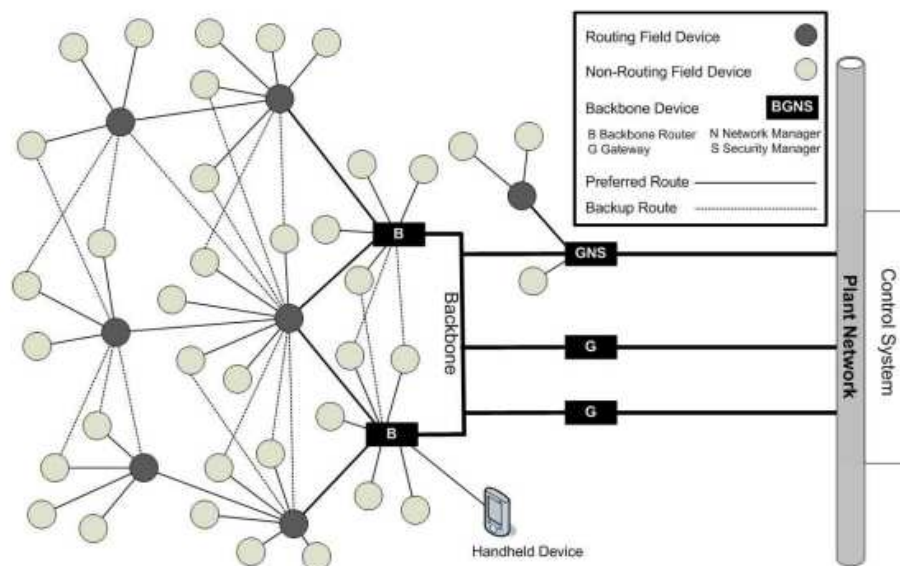


Fig. 5.6. Estructura d'una xarxa ISA 100.11a

5.3.3 Aplicacions ISA 100.11a

La tecnologia ISA 100.11a va dirigit al camp de fabricants de sistemes sense fils i de controls, aquesta tecnologia més barata que el WirelessHart, però no tan segura, té un gran ventall de possibilitats que pot satisfer les necessitats en diferents àrees:

- Ambients en el qual la tecnologia sense fils es DEPLOYED.
- Cicles de vida de la tecnologia per equips i sistemes sense fils.
- Aplicacions de tecnologia sense fils.
- Aplicacions de Domòtica

Els entorns sense fils inclouen, la definició de xarxes sense fils, radio freqüència (punt d'inici), vibració, temperatura, humitat, EMC, interoperativitat, coexistència amb sistemes existents i localització de equips físics.

6.Mercat i futur de la tecnologia WSN.

6.1.Mercat de la tecnologia WSN.

En l'any 1998 Crossbow Technologies, el major fabricant de nodes en l'actualitat i el major proveïdor dins dels principals grups de investigació, va posar al mercat el primer model de node iniciant així una evolució que continua actualment. Amb aquest nodes amb hardware de referència, la Universitat de Berkley té la iniciativa més important i la que més repercussió a tingut, el desenvolupament en l'any 2003 d'un sistema operatiu capaç de gestionar els recursos de les motes i permetre l'execució d'aplicacions. Aquest sistema operatiu, denominat TinyOS es considerat en l'actualitat l'estàndard universal. Probablement l'èxit de TinyOS és degut a que va oferir un referència comuna a treballar i per tant donant cohesió a les diferents solucions.

Un estudi realitzat per "On World" anomenat "Wireless Sensor Networks: Growing Markets, Accelerating Demand" ens mostra l'evolució que està tenint any darrere any, els sensors sense fils al nostre mercat. [15]

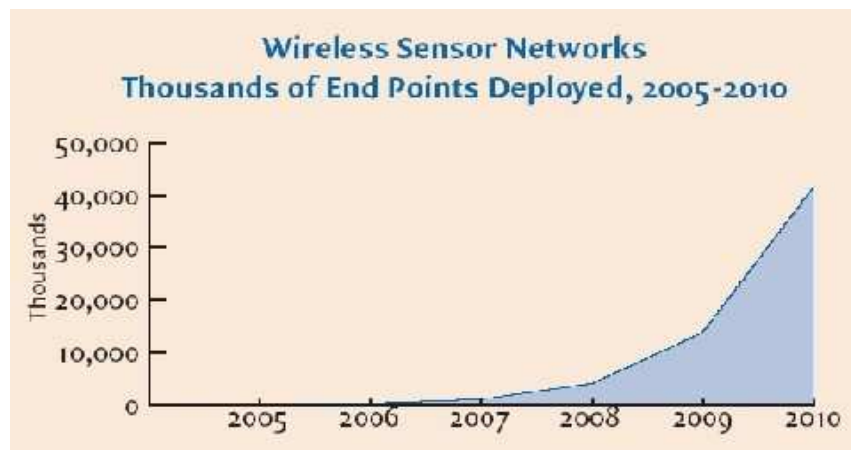


Fig. 6.1. Evolució estudi mercat WSN

Aquest estudi de mercat esta realitzat per 147 empreses, inclouen prediccions sobre produccions i ingressos en 8 mercats de xarxes de sensors sense fils, a més d'anàlisis i resultats sobre la motivació del sector.

L'informe finalitza puntualitzant que existeixen a l'actualitat un demanda enorme de solucions oferides per xarxes de sensors sense fils per part d'empreses industrials. De les empreses utilitzades per l'estudi, un 29% utilitzant WSN i més d'un 40% considerant molt probable la possibilitat de provar aquests sensors en un marge de un any.

Però tot no són avantatges per aquestes sensors que presenten un gran futur per les nostres tecnologies, ja que encara hi han barreres que fan, que moltes empreses no escullin aquesta opció.

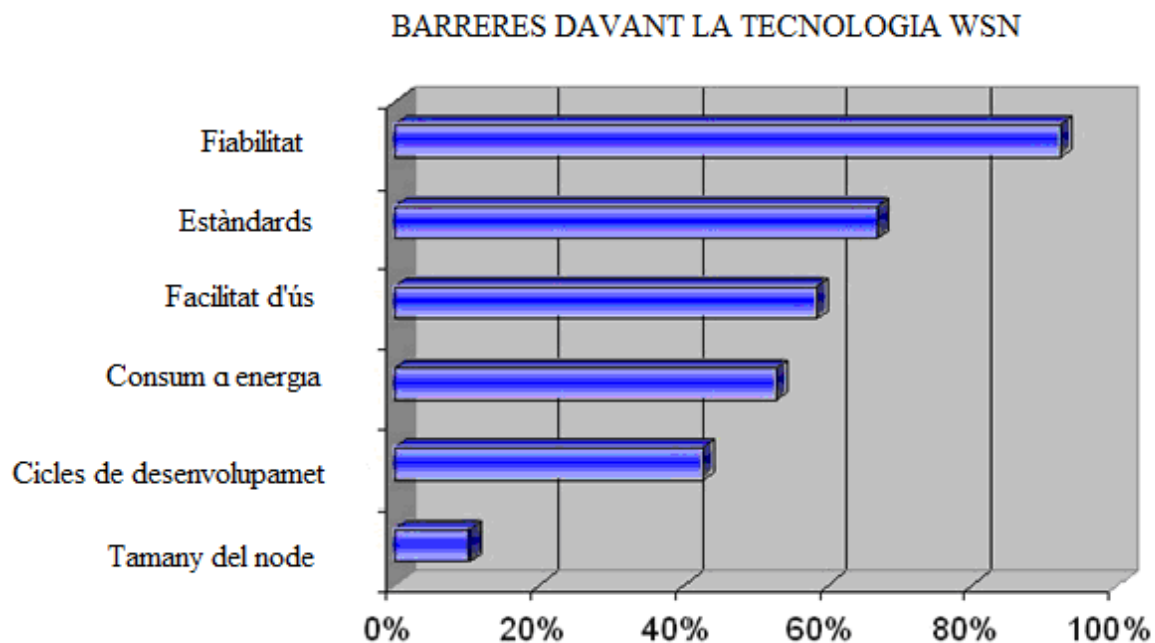


Fig. 6.2. Gràfic de barreres per WSN

Les xarxes de sensors WSN tenen molt poca història, però això no implica que molts fabricants treballen en la seva tecnologia:

- **CROSSBOW:** Especialitzat en el món dels sensors, es una empresa que desenvolupa plataformes hardware i software que donen solucions per les xarxes de sensors sense fils. Entre els seus productes trobem les plataformes Mica, Mica2, Micaz, Mica2dot, telos i telosb.

- **MOTEIV:** Joseph Polastre, antic doctorat de un grup de treball de la universitat de Berkeley va formar la companyia Moteiv. Ha desenvolupat la plataforma Tmote Sky i Tmote Invent.
- **SHOCKFISH:** Empresa suïssa que desenvolupa TinyNode. A partir d'aquest tipus de mota en Laussane han portat a terme un projecte, en el que implementen una xarxa de sensors en tot el campus de la “Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne”.

6.2.Potencial de la tecnologia WSN.

Ara que ja sabem com funciona, on s'aplica i quines funcions té, comentarem una mica com funciona al món real les tecnologies WSN, i quines expectatives de futur tenen. Hi ha diferents revistes que parlem sobre aquest tema, jo he fet un petit recull d'algunes d'aquestes revistes, per veure com evolucionen o com evolucionaran al món real.

La revista Nature va publicar al Març del 2006 un article anomenat “2020 computig: everything, everywhere” que parla sobre les tecnologies WSN i constava aquest article sobre les tecnologies wireless sensor network, que seran unes de les tecnologies més importants en un futur.

Article publicat per la revista Nature:

“Computers could go from being back-office number-crunchers to field operatives. Twenty-four hours a day, year-in, year-out, they could measure every conceivable variable of an ecosystem or a human body, at whatever scale might be appropriate, from the nanometric to the continental. These new computers would take the form of networks of sensors with data-processing and transmission facilities built in. Millions or billions of tiny computers — called ‘motes’, ‘nodes’ or ‘pods’ — would be embedded into the fabric of the real world.”

The world’s stock of computing power, and the number of devices over which it is distributed, has increased exponentially since then, as has the capacity of networking technology. These trends show no sign of slowing down, and that makes pervasive sensor nets not so much possible as inevitable.

Aquesta és la base de l'article en la que posa sobre la taula una sèrie de realitats actuals de investigació científica plenament incorporades a aquesta massiva utilització dels sensors. Lo que hem crida més la atenció, és què això sigui la forma de entendre la tecnologia d'informació i comunicació del futur. No seran ni ordinadors, ni portàtils, ni mòbils, si no seran sensors en xarxa què és comunicaran entre si i amb un dispositiu central que farà de interfície.

Entre els exemples que cita Nature, podem destacar aquests:

- **Kirt Martinez, de la Universitat de Southampton (UK)**, que té col·locats en un glacial una dotzena de sensors capacitats per mesurar unes quantes variables en cada moment. *You can get the pods talking to each other, and deciding that nothing much has happened recently as most of our readings have been the same, so lets the rest of us go to sleep and save batteries, with one waking us up if something starts happening.*
- **Kris Pister, fundador i responsable del àrea de tecnologia de Dust Networks**, qui en col·laboració amb la Universitat de Califòrnia, Berkeley ha encunyat el terme *smart dust* to describe his vision of sensors smaller than the eye could see joined into networks larger than the mind could comprehend.
- **Robert Detrik, de la US National Science Foundation's Ocean Observatories Initiative**, comenta amb referència a les investigacions en curs utilitzant sensors en el fons del Oceà Pacífic. *Instead of handling individual data files you will be handling continual streams of data. You will be combining inputs from different sensors interactively to construct virtual observatories: sensors will be in everything.*
[13][16]

6.3. Aplicacions futures

Ara mostrarem algunes aplicacions futures que és volem treure a mercat amb la tecnologia WSN.

El futur del màrqueting i TV, biometria per potenciar el mercat.

Ningú sap conèixer com funciona els rankings d'audiència ni com es mesuren, però segur que no posen sensors en els espectadors per mesurar les constants vitals en resposta a lo que estan veient per TV.

Això a fet la revista Wired durant l'última Super Bowl. Per fer això, van mesurar tres paràmetres: la conductància de la pell, és a dir, el suor, el ritme cardíac i la activat. La combinació d'aquestes mesures és va anomenar “enganxe” amb el anunci que s'estava posant en aquell moment. Els resultats es poden veure a la imatge següent, del qual va guanyar el joc Dante's Inferno, va ser el de major interès.



Fig. 6.3 Ranking d'anuncis d'interès

Nintendo Wii fa de la pulsioximetria un joc

Nintendo ha anunciat en la seva exposició E3 que vol treure al mercat un pulsioxímetre per la Wii anomenat Vitality Sensor i comenta que el dispositiu, inicialment mesurarà el pols de l'usuari i altres senyals corporals. D'acord amb la companya japonesa, "Nintendo vol oferir informació a l'usuari sobre el seu món interior" Una possible aplicació seria en combinació amb la Wii Fit, per fer programes de rehabilitació, etc.

O potser oferir un final alternatiu a Resident Evil, diria alguna cosa com: El teu pols és massa alt, o massa dèbil.... GAME OVER.



Fig. 6.4 Pulsioximetria de Nintendo Wii

Pachube: El Youtube dels sensors.

Pachube és un servei web que permet compartir en temps real informació q d'objectes equipats amb tags, o sensors, ja sigui una persona o un objecte en qualsevol part del món. L'objectiu és facilitar la comunicació entre entorns remots, tan físics com virtuals.

Pachube és com Youtube, però aquest no comparteix vídeos, aquest servei permet monitoritzar i compartir informació del entorn o en temps real provinent de sensors amb connexió a Internet. Pachube fa de mesurador en entorns, actuant com entrada (captura informació dels sensors remots), o sortida (actuadors remots). [17]



Fig. 6.5 Pàgina web Pachube

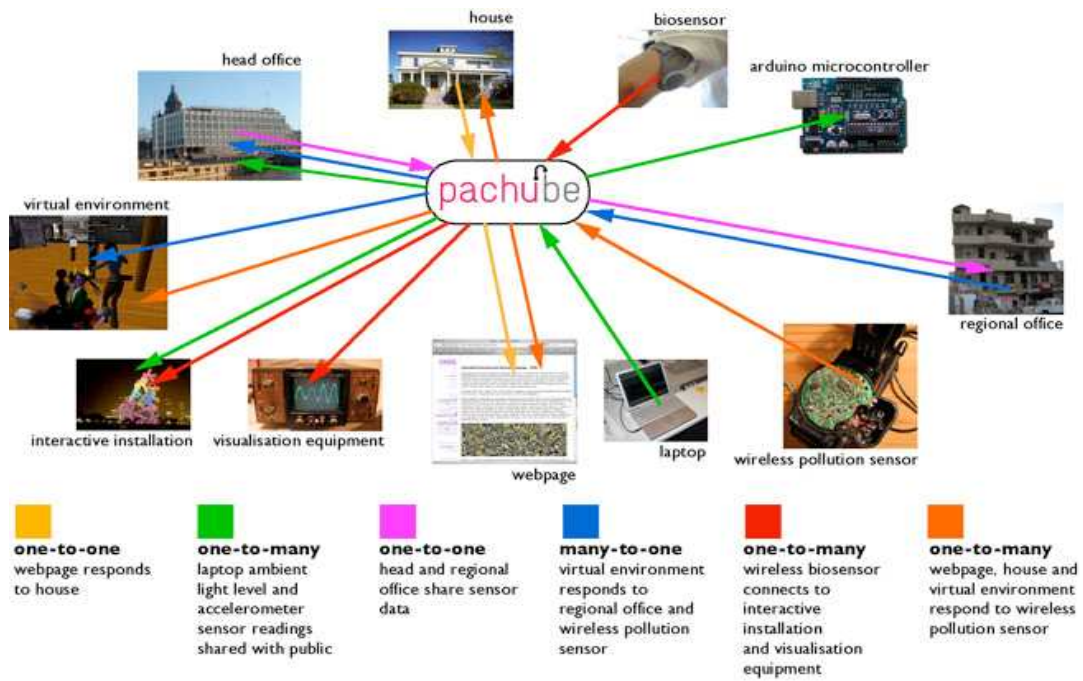


Fig. 6.6 Serveis Pachube

7. Conclusions.

Després d'haver estudiat les xarxes de sensors sense fils observem que són una millora bastant evident respecte a les xarxes wireless que tenim avui dia (Ex: Bluetooth, Wifi), degut a diferents factors com són ara la durabilitat del temps de vida de les bateries, el qual permet una gran quantitat d'informació al poder estar més temps en certs llocs on abans era inaccessible, els protocols d'encaminament de les xarxes de sensors permeten que a part de guanyar durabilitat també es guanya en eficiència a l'hora d'evitar col·lisions entre paquets, amb això ens assegurem també un menor nombre de tràfic innecessari a la xarxa, i en quant al preu, cada vegada és més assequible respecte una xarxa wireless, per lo que és i serà, una competència directa.

En l'actualitat s'estan utilitzant xarxes de sensors en infinitat de projectes de diferents sectors industrials, com ho són: la domòtica, l'agricultura, la salut, la construcció d'estructures, l'àmbit militar, etc...

Gràcies a aquesta tecnologia en els camps esmentats anteriorment, s'està assolint un major nivell de control i monitorització, el qual comporta una millora en el medi en el que s'estigui utilitzant.

Aquestes xarxes actualment estan assolint una revolució tecnològica similar a la que va ser l'aparició d'Internet, ja que les aplicacions semblant ser infinites, a més es parla d'un futur de xarxes de vigilància global del planeta, registrant el seguiment de persones o objectes. Però això també implica inconvenients, ja que aquests nodes tan petits poden ser posats en qualsevol lloc sense que siguin vistos, i així finalitzar amb la privacitat de les persones, per això esperem que es faci un bon ús d'aquesta tecnologia que mica en mica va creixent, i serveixi per facilitar les nostres vides.

8. Referències.

- [1] In-Home networking: Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard For Low-Rate Wireless Personal Area Networks (Ed Callaway, Paul Gorday, Lance Hester, Motorola Laboratories, Jose A. Gutierrez and Marco Naeve, Eaton Corporation, Bob Heile, Appairant Technologies and Venkat Bahl, Philips Semiconductors)
- [2] Part 15.4: Wireless Medium Acces Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)
- [3] <http://blog.cilab.es/2011/06/ieee-802-15-4-un-estandar-para-unirlo-todo/>
- [4] <http://andreaswm.blogspot.com/2011/09/norma-ieee-80215.html>
- [5] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4fOLD.html>
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15#MAC_Amendment_for_Industrial-Applications_.284e.29
- [8] <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ultrawideband.php> uwb
- [9] http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_servicio
- [10] http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_desplazamiento_de_fase
- [11] <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>
- [12] <http://www.nebusens.com/index.php?pag=productos&spag=n-Cor>
- [13] <http://www.aainteligencia.cl/?p=116>
- [14] www.onworld.com/wsn/wirelessensors.htmEn caché - Similares
- [15] <http://www.controldesign.com/industrynews/2005/040.html>

- [16] <http://www.nature.com/nature/journal/v440/n7083/full/440402a.html>
- [17] <https://pachube.com/>
- [18] <http://bitelia.com/2011/07/logmein-compra-pachube-hacia-el-internet-de-las-cosas>
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network
- [20] http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_sensores
- [21] <http://www.zigbee.org/>
- [22] <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [23] <http://rii.galeon.com/aficiones2095541.html>
- [24] <http://en.wikipedia.org/wiki/WirelessHART>
- [25] http://www.hartcomm.org/hcf/news/pr2008/wirelessHART_approved_by_IEC.html
- [26] http://www.andeswireless.com/w_detalle_aviso.php?tx=12
- [27] <http://www.ihs.com/news/wireless/2009/isa-100-industrial-automation-091109.htm>
- [28] <http://en.wikipedia.org/wiki/Isa100.11a>
- [29] <http://www.rtve.es/alacarta/videos/television/tres14---sensores/755090/>
- [30] <http://ambientintelligence.wordpress.com/tag/wsn/>

9. Pressupost.

Ara exposem el cost econòmic del meu projecte final de carrera d'enginyeria de Telemàtica, on intervenen totes aquelles despeses que han sigut realitzades per fer el meu Projecte de l'estudi de Xarxes de sensors sense fils.

El preu de l'hora del meu projecte té un cost de 25€/hora, he consultat Al col·legi d'Engeniyers de Barcelona i el seu cost d'hora és de 40€/hora aproximat, però en els temps que estem ara, he adaptat el preu a un preu més raonable i assequible.

També he utilitzat per redactar la memòria i la presentació un software lliure com és OpenOffice.org per tal de reduir costos.

Tasca	Núm. D'hores	Cost
Recerca d'informació i consulta de manuals	150	3750
Redactar memòria i Pressupost	150	3750
Viatges, dietes i reunions	20	500
Total:		8000
Cost hora:		25

Taula 9.1 Cost mà d'obra

Cost del material empleat per fer el meu projecte:

Material	Quantitat	Cost
Ordinador Portàtil Samsung	1	700
Motes proporcionades per la Universitat	2	30
OpenOffice.org	1	0
	Total	730

Taula 9.2 Cost Material

El cost final del Projecte consta del cost del material empleat per realitzar-ho i el temps estimat d'elaboració, això dona un cost total de 8.730€

Concepte	Cost
Ma d'obra	8000
Material	730
Total:	8730

Taula 9.3 Cost Final

