
Xarxes personals sense fils

PID_00265428

Antonio Satué Villar

Temps mínim de dedicació recomenanat: 3 hores



Universitat
Oberta
de Catalunya

**Antonio Satué Villar**

Doctor enginyer de Telecomunicació per la Universitat Politècnica de Catalunya l'any 2007. Des de l'any 1994 és professor de l'Escola Universitària Politècnica de Mataró i secretari acadèmic des de l'any 2009.

La seva línia de recerca se centra principalment en l'àmbit del reconeixement de locutor i les aplicacions biomètriques. En aquest sentit, participa en diversos projectes a escala nacional i europea.

La revisió d'aquest recurs d'aprenentatge UOC ha estat coordinada pel professor: Ferran Adelantado Freixer (2019)

Segona edició: setembre 2019

© Antonio Satué Villar

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realització editorial: FUOC

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.còpia, o per altres mètodes, sense l'autorització

Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Introducció	7
2. Tecnologies	8
2.1. IRDA	8
2.2. DECT	8
2.2.1. Evolució històrica	8
2.2.2. Aplicacions	9
2.2.3. Arquitectura	10
2.3. RFID	12
2.4. NFC	18
2.5. Bluetooth	19
2.5.1. Gestió de l'enllaç	20
2.5.2. Bluetooth Mesh	22
2.6. UWB	24
2.7. ZigBee	24
2.8. WiBree	26
2.9. ANT+	31
2.10. EnOcean	32
2.11. L'estàndard 802.11ah	33
2.12. Human Body Communications (HBC)	35
Activitats	37
Exercicis d'autoavaluació	37
Solucionari	38
Glossari	38
Bibliografia	39

Introducció

En aquest mòdul parlarem de les xarxes personals sense fils. El concepte de xarxa personal s'aplica quan la distància que volem cobrir amb l'enllaç de ràdio és d'uns quants metres. Així, una connexió sense fils entre un ordinador i una impressora o entre un ordinador i una càmera fotogràfica es pot considerar de tipus "personal". Fins i tot hi ha autors que diuen que aquestes xarxes poden comunicar dispositius que estan en una mateixa sala.

En els diferents apartats del tema fem un recorregut per les diverses tecnologies disponibles. La tecnologia IrDA és la que suporta els ports d'infraroig dels ordinadors. El seu cost és molt reduït però requereix que emissor i receptor es vegin mútuament. Aquest inconvenient va propiciar l'aparició de la tecnologia Bluetooth, que no requereix visió directa.

Bluetooth és un estàndard pensat per a baixes velocitats. La tecnologia *ultra wide band* (UWB) corregeix aquest defecte.

Si les informacions que volem intercanviar per la connexió sense fil no són dades sinó veu, llavors l'estàndard de referència és el DECT, pensat per a aquest propòsit.

En aquest mòdul també s'esmenten altres estàndards. Parlarem de l'RFID, que pretén substituir els codis de barres. Per llegir el codi no cal «enfocar» un feix de llum, sinó que n'hi ha prou d'apropar l'etiqueta RFID al lector RFID. També parlarem del ZigBee, que és semblant al Bluetooth però més econòmic. El preu que paguem és menys velocitat. I també farem menció de l'estàndard NFC, que és semblant al ZigBee però per a distàncies molt petites i que està pensat directament per integrar-lo dins de terminals mòbils. ANT+, EnOcean, 802.11ah i HBC són altres estàndards als quals es fa esment.

Objectius

Els continguts d'aquest mòdul han de permetre als estudiants:

1. Comparar les prestacions (velocitat, abast...) de les xarxes de comunicació personal sense fils més habituals (Bluetooth, UWB...).
2. Descriure l'arquitectura DECT.
3. Descriure el mecanisme d'accés dels usuaris en DECT.
4. Descriure els conceptes de picoxarxa i *scatternet* en Bluetooth.
5. Descriure com combinar els enllaços síncron i asíncron en Bluetooth.
6. Descriure el mecanisme de funcionament de RFID.
7. Diferenciar les funcions dels diferents dispositius que defineix ZigBee.

1. Introducció

Una xarxa personal és una xarxa amb un abast reduït (fins a uns 10 metres, aproximadament). Així, una impressora i un ordinador domèstic estan comunicats mitjançant una xarxa personal (que és simplement un cable). Si a casa tenim dos telèfons connectats (un al saló i un altre a l'habitació), també es poden considerar components d'una xarxa personal. Si la comunicació no es fa a través d'un cable, llavors parlem d'una xarxa personal sense fils. Podria ser el cas dels dos telèfons de casa però connectats via ràdio.

Als anys vuitanta i noranta les xarxes personals sense fils van sorgir per a poder transmetre veu sense necessitat de cables (estàndard DECT, per exemple). Però amb la popularització dels ordinadors i dels dispositius multimèdia portàtils (càmeres, reproductors de música digital, telèfons...), aquestes xarxes s'han orientat de manera especial a la comunicació de dades. Així, podem comunicar un ordinador amb un telèfon a través d'un cable, però sovint serà més còmode fer-ho amb sistemes com infraroig o Bluetooth. De la mateixa manera, podem portar les fotos d'una càmera al televisor amb un cable, però un estàndard sense fils com NFC pot ser molt més pràctic.

2. Tecnologies

En aquest capítol farem un repàs de les diverses tecnologies existents, prestant especial atenció a DECT per al cas de transmissió de veu i Bluetooth per a la transmissió de dades. No és un objectiu d'aquest capítol fer una explicació tècnica detallada, ja que aquestes dades es poden trobar en les diverses pàgines web que anirem esmentant en els diversos apartats.

2.1. IRDA

Els ports d'infraroig es coneixen com a *ports IrDA (infrared data association)*, que és també un grup de fabricants i proveïdors de serveis que des de 1993 estudia la substitució dels cables que uneixen l'ordinador amb els perifèrics. Bàsicament ofereix dos estàndards:

1) **IrDA DATA**: pensat per a oferir connectivitat entre un PC i dispositius externs del tipus càmeres, PDA, impressora... Ofereix fins a 4 Mbps i garanteix el seu funcionament amb distàncies fins a 1 metre.

2) **IrDA CONTROL**: pensat per a oferir connectivitat entre un PC i dispositius externs controlats per l'ésser humà (ratolí, teclat, *joystick*...). Ofereix velocitats fins a 75 kbps a distàncies fins a 5 m.

El principal inconvenient dels estàndards basats en la transmissió en longituds d'ona visibles pels humans, com l'infraroig, és que no podem tenir obstacles en el camí. Per aquest motiu, en els últims anys la indústria aposta per altres tecnologies basades en ones radioelèctriques que puguin superar obstacles.

2.2. DECT

DECT és un estàndard europeu de tercera generació que va néixer per a normalitzar la transmissió sense fils de la veu. Fins aquell moment hi havia diversos estàndards de primera i segona generació que presentaven importants limitacions, com veurem a continuació.

2.2.1. Evolució històrica

La **primera generació** de dispositius per a la transmissió sense fils de la veu s'inicia als anys vuitanta. Són sistemes analògics, pensats per a ús domèstic, en els quals una base controla un sol usuari en un radi de 100-200 m.

El primer estàndard de primera generació (CT0, *cordless telephone 0*) va sorgir als Estats Units als anys vuitanta. Treballa entre els 46-48 MHz amb modulació FM. En ser una modulació analògica, és fàcil que una tercera persona intercepti les comunicacions. A més, té poques freqüències disponibles (15) i, per tant, usuaris propers poden interferir-se. El gran inconvenient és la poca seguretat (possibilitat d'un ús fraudulent de la línia), tot i que alguns fabricants van incorporar codis d'accés als terminals. Com a avantatge, és molt econòmic.

L'estàndard CT1, també de primera generació, el va proposar el CEPT el 1983. Treballa al voltant dels 900 MHz. En establir una trucada, se selecciona el canal de més qualitat entre els 40 canals disponibles per assignació dinàmica. Per contra, els terminals són cars.

Ja als anys noranta, van sorgir els sistemes de **segona generació**. Són sistemes digitals. Segueixen tenint una única cèl·lula però diversos usuaris poden fer servir la mateixa base al mateix temps. L'estàndard CT2 sorgeix a Anglaterra el 1989, s'ubica a la banda de 866 MHz i ofereix quaranta canals (FDMA/TDD) sobre quaranta portadores. Quan el CT2 ja s'estava imposant, va sorgir el DECT. A Espanya hi ha espectre per a l'estàndard DECT, però no per a l'estàndard CT2. Al Canadà es va desenvolupar el CT2+, que permet rebre trucades i fer traspassos entre cèl·lules adjacents, per la qual cosa suporta mobilitat.

Els estàndards de **tercera generació** són sistemes digitals en els quals es poden fer traspassos entre cèl·lules. L'any 1990, Ericsson va proposar l'estàndard CT3. Ofereix trenta-dos canals sobre quatre portadores amb una estructura TDMA/TDD en la mateixa banda que el sistema CT2. El sistema DECT (*digital european cordless telecommunication*) és molt similar al CT3, amb la diferència que ofereix cent vint canals sobre deu portadores en la banda de 1.900 MHz.

Observació

En realitat, el CEPT va estandaritzar el DECT davant la impossibilitat d'unificar els dos estàndards digitals CT2 i CT3.

2.2.2. Aplicacions

Les principals aplicacions de DECT són:

- 1) **Telefonia:** és un enllaç radioelèctric entre una base i un telèfon. El seu objectiu és substituir el típic cordó telefònic.
- 2) **Telepunt:** el sistema té estacions base en determinats llocs poblats. Els usuaris podran trucar si estan en la zona de cobertura. És unidireccional.
- 3) **Bucle d'abonat via ràdio (*radio in the local loop*, RLL):** el bucle d'abonat té un gran cost per a les companyies telefòniques. Amb l'RLL se substitueix el bucle per un enllaç via ràdio. Algunes aplicacions són reduir el cablejat a les ciutats i donar servei a zones rurals.

4) **Xarxes locals (WLAN) i centraletes (WPABX) sense fils:** es fan servir per a dotar de mobilitat les comunicacions internes d'una empresa.

2.2.3. Arquitectura

En aquest apartat presentarem les característiques tècniques més destacades de l'estàndard DECT.

1) Nivell físic

La tecnologia DECT fa servir deu portadores separades 1,728 MHz entre 1.880 i 1.900 MHz (s'ha calculat per a suportar 10.000 E/km²/pis).

És TDMA perquè cada portadora es divideix en vint-i-quatre ranures. És TDD perquè d'aquestes vint-i-quatre ranures n'hi ha dotze per a recepció i dotze per a transmissió.

E

Un E (*erlang*) és el trànsit corresponent a una línia telefònica individual que sempre estigui ocupada.

Cada trama (vint-i-quatre ranures) dura 10 ms. A les dotze primeres ranures se'ls assignen les comunicacions entre EB (estació base) i mòbil i a les altres les mòbil-EB, com veiem en la figura següent. Així, cada trama té dotze canals físics. Així, com a màxim podem tenir cent vint canals de veu bidireccionals.

Estructura de la trama en DECT

TRAMA	EB → MÒBIL (5 ms)				MÒBIL → EB (5 ms)			
	0	1	...	11	12	13	...	23
	Ch.1	Ch.2	...	Ch. 12	Ch. 1	Ch. 2	...	Ch. 12

Com veiem en la figura anterior, a cada ranura es transmeten 420 bits (32 de sincronització i 388 de dades). A més, es deixen 60 bits de guarda entre ranures per a compensar l'efecte de la distància mòbil-base (típic, 30 m de radi).

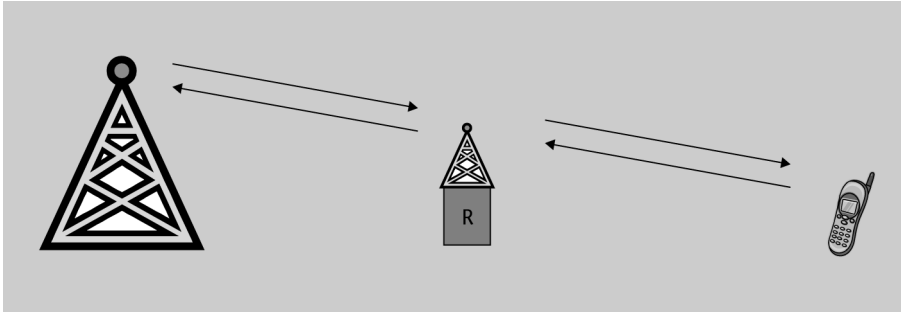
Els 388 bits de dades es divideixen en 48 bits de senyalització, 16 de CRC, 320 de dades i 4 de protecció dels 320 bits (només detecció).

Estructura de la ranura en DECT

RANURA	guarda	sinc.	senyalitz.	CRC	dades	prot.	guarda
	30	32	48	16	320	4	30

La distància es pot augmentar amb repetidors, que col·loquen el senyal en altres ranures. En la figura següent, sense el repetidor potser el terminal no tindria cobertura.

Repetidors en l'estàndard DECT



Velocitat de la trama:

$$v_{\text{trama}} = (32 + 388 + 60) \text{ bit/ranura} \cdot (24 \text{ ranures} / 10 \text{ ms}) = 1.152 \text{ kbps}$$

Velocitat de les dades d'usuari:

$$v_{\text{usuari}} = 1.152 \text{ kbps} \cdot ((320 \text{ bits útils}) / (32 + 388 + 60 \text{ bits totals})) \cdot (1 \text{ usuari} / 24 \text{ ranures}) = 32 \text{ kbps/usuari}$$

El sistema utilitza una codificació ADPCM de 32 kbps amb modulació GFSK de paràmetre $B \cdot T = 0,5$.

Si agrupem ranures, podem tenir accessos a XDSI: amb dues ranures, aconseguim 64 kbps; amb dotze ranures en cada sentit tenim 384 kbps i amb vint-i-dues ranures en una direcció tenim més de 500 kbps.

2) Nivell d'accés

En l'apartat anterior hem vist que hi ha deu portadores DECT i que cada portadora consta de dotze ranures bidireccionals. En aquest apartat parlarem de la manera com els terminals accedeixen a aquests recursos.

A cada trucada, el terminal escull el millor canal. Per això, quan el terminal està en repòs, va fent una llista de la interferència en cada parell freqüència-ranura. El sistema transmet informació de sistema en tots els parells freqüència-ranura.

Mentre un terminal està en repòs, aquest comprova si algú li truca.

Quan un terminal vol accedir al sistema, busca un canal lliure i transmet el codi adient. El mòbil senyalitza a l'EB en el mateix canal pel qual vol fer la trucada. Potser l'EB està escoltant un altre canal. Per això l'EB emet la **seqüència d'exploració**, mitjançant la qual l'EB diu al mòbil quina freqüència està escoltant. D'aquesta manera, com a màxim esperarem deu trames (100 ms).

XDSI

Sigles de Xarxa Digital de Serveis Integrats. En anglès s'anomena ISDN (Integrated Services Digital Network).

Beacon

Aquesta informació de sistema que es radia cap a tots els terminals es diu *beacon*.

El terminal mòbil decideix en quin moment s'ha de fer un traspàs. El terminal, mentre té una comunicació, explora la resta de canals. Si detecta que hi ha algun canal lliure amb més qualitat, transmet una petició a l'EB. Quan el nou enllaç està establert, el terminal demana la commutació de canals, que és imperceptible (10 ms).

3) Perfils

L'estàndard defineix perfils, que serveixen per a assegurar que els dispositius DECT són compatibles entre ells o amb dispositius d'altres xarxes. Els més coneguts són el **PAP** (*public access profile*), que descriu l'accés a xarxes quan la interfície és DECT (per exemple, en les aplicacions de telepunt), i el **GAP** (*generic access profile*), que assegura la interoperabilitat entre equips DECT. Altres perfils són el DECT/GSM, DECT/ISDN...

2.3. RFID

L'estàndard RFID és un codi de barres evolucionat. El codi de barres tradicional és un sistema que permet llegir aquests codis amb lector de rajos infrarojos (el raig ha d'apuntar al codi, sense obstacles al mig). RFID és semblant però les ones no són direccionals i poden travessar obstacles.

La potencialitat d'aquesta tecnologia és molt gran. Un clar exemple és la compra en supermercats. Quan passem per caixa, la persona que hi ha a la caixa ha de llegir un per un els codis de barres dels articles que adquirim. Amb aquest sistema no caldria ni treure els objectes del carro; el mateix sistema podria llegir totes les etiquetes alhora. Per a poder capturar diversos senyals alhora, disposa de mecanismes de resolució de col·lisions.

En general és útil per a identificar objectes a petites distàncies. Per a aquestes aplicacions, les velocitats de 10 kbps que dona aquesta tecnologia solen ser suficients.

RFID

Són les sigles de Radio Frequency IDentification.

Preus

Els preus han anat baixant. Mentre el 2006 es podien aconseguir lectors per uns 400 euros i etiquetes per uns 20 cèntims, el 2010 ja es podien trobar alguns lectors senzills per uns 30 euros i etiquetes per uns 10 cèntims. Es considera que quan les etiquetes estiguin per sota de 2 cèntims serà quan el mercat farà un ús massiu d'aquesta tecnologia.

El sistema pot treballar a diverses **bandes de freqüència**:

- **125 KHz**: són les que tenen menys abast (uns pocs centímetres) però es fan servir per a identificar animals o a les claus del cotxe, com a sistema de seguretat abans d'arrencar.
- **13 MHz**: d'abast intermedi, es fan servir com a sistema antirobatori als llibres de biblioteques o per accedir a edificis.
- **960 MHz, 2,4 GHz**: són els que tenen més abast (fins a uns 30 metres) i es fan servir per a fer el seguiment de contenidors i pagar peatges.

Les dues últimes són les més usades. La de 13 MHz es coneix com a HF i la dels 900 MHz com a UHF.

A continuació es poden observar les diferències que hi ha entre totes dues tecnologies:

- **HF**
 - Freqüència de 13,56 MHz (internacional)
 - Traçabilitat i identificació a escala d'ítem
 - Distància de lectura curta (màx. 1,5 m) depenent de la mesura de l'etiqueta
 - Alta fiabilitat (propera al 100%) i camp de cobertura uniforme
 - Hi ha un estàndard universal únic
 - Possibilitat d'utilitzar etiquetes petites
 - Insensible a l'orientació de l'etiqueta
 - Treballa en ambients amb líquids
 - Sensible al metall, però pot treballar en ambients metàl·lics amb certes limitacions
 - Resistent a les interferències elèctriques
 - Diversitat d'etiquetes en mida, forma i capacitat
 - Mida més gran de les antenes lectores

- **UHF**
 - 868 MHz (Europa) o 915 MHz (Estats Units)
 - Identificació de palets i caixes
 - Distància de lectura llarga (diversos metres, 3 m - 5 m)
 - Baix preu de les etiquetes
 - Dimensions reduïdes de l'antena lectora
 - Diversitat d'etiquetes en forma
 - Sensible a líquids, persones i metalls
 - A partir d'una determinada distància el camp de lectura pot tenir algun forat
 - Diferents estàndards de freqüència (Estats Units, Europa, Àsia)

Com es pot apreciar, als Estats Units s'ha autoritzat la banda de 915 MHz per a l'ús d'RFID UHF, mentre que Europa ha adoptat la banda 868 MHz com a estàndard d'RFID. Per tant, queda clar que en aquests moments no hi ha encara un estàndard universal d'RFID a la banda UHF, però en canvi sí que és a la banda HF, on se situa als 13,56 MHz.

Hi ha dos **tipus d'etiquetes**: passives i actives.

- **Passives**: no fan servir bateria. L'etiqueta consta d'una bobina. El mínim corrent induït pel lector sobre la bobina dóna energia a l'etiqueta per transmetre una resposta a curta distància.

De vegades l'emissor fa servir dues bobines: una per a transmetre energia i una altra per a transmetre les dades. D'aquesta manera, la resposta de l'etiqueta pot arribar a més distància.

- **Actives**: fan servir una bateria per a transmetre les respostes. Aquests sistemes tenen un abast més gran.

Detallem una mica més les seves característiques:

1) Etiquetes passives

- La característica diferenciadora de les etiquetes passives és que no disposen d'alimentació elèctrica ni bateria. Com que no disposen de bateria, obtenen l'energia necessària per al funcionament correcte del xip de l'energia pròpia que emet el lector RF, el qual envia ones electromagnètiques (senyal d'excitació) que transporten l'energia suficient a l'antena de l'etiqueta passiva. És a dir, s'activen en passar per la proximitat d'una antena i rebre la seva petició i excitació.
- A causa de les limitacions d'energia, el senyal de resposta té un temps de vida bastant curt, una distància de lectura menor i menys capacitat de memòria. Per contra, tenen l'avantatge que la seva mida pot ser més petita que les etiquetes actives.
- El seu cost varia depenent de l'encapsulament i de les quantitats, però a causa del seu cost més baix i al fet que no necessiten bateries, la gran majoria d'etiquetes RFID del mercat són passives.
- Les etiquetes RFID passives acostumen a ser exclusivament de lectura, similars als codis de barres, però identifiquen els productes individualment.
- Dins les passives trobem les etiquetes semipassives. Són molt similars a les passives, però incorporen una petita bateria. Aquesta bateria permet activar el circuit intern de l'etiqueta, però l'energia per a generar la comunicació la recull, igual que les etiquetes passives, de les ones de ràdio del lector (principal diferència amb les etiquetes actives).

Etiquetes semipassives

A causa de la utilització de la bateria, les etiquetes semipassives són més grans i cares que les passives, però responen més ràpidament, i això implica una millora en el ràtio de lectura respecte a les etiquetes passives.

2) Etiquetes actives

- Les etiquetes RFID actives disposen de la seva font interna d'alimentació pròpia en forma de bateria o una altra connexió elèctrica. Aquesta energia és utilitzada per a activar els circuits interns i enviar el senyal a l'antena. Tenen més capacitat de lectura-escriptura, més capacitat de memòria i més distància d'abast que les etiquetes passives.
- La seva mida és més gran que les etiquetes passives, cosa que fa que puguin emmagatzemar més dades. La majoria d'etiquetes actives tenen un rang d'abast d'uns 10 metres i una durada de la bateria d'anys.
- Tot i això, el seu alt cost, en comparació de les etiquetes passives, impedeix que puguin ser utilitzades en productes de gran consum i s'acostumen a re-

servar per a altres usos, com ara la identificació d'empleats i persones o productes de gran valor.

EPCglobal és un consorci creat per EAN International. La principal aportació de l'EPCglobal al procés d'estandardització de l'RFID és la creació del codi electrònic de producte o EPC (*electronic product code*).

La intenció va ser promoure un concepte de tecnologia que pretenia canviar la cadena de subministrament actual amb un estàndard obert i global, que permetés la identificació en temps real de qualsevol producte en qualsevol empresa situada arreu del món.

EAN International

EAN International és l'organisme encarregat d'assignar un codi electrònic d'identificació a cada producte en el sistema de codi de barres actual.

L'EPC associa una sèrie numèrica unitària i inequívoca a cada objecte.

La taula següent mostra alguns dels estàndards que s'han creat per a la tecnologia RFID.

Banda de freqüències	Nom de l'estàndard	Detalls
13,55 ~ 13,57 MHz	ISO 18000-3	Ús comú
433 MHz	ISO 18000-7	Etiquetes actives a l'Àsia
868 ~ 870 MHz	ISO 18000-6 A/B	Europa
902 ~ 928 MHz	AutoID classe 0/1 (EPCGlobal)	EUA
860 ~ 960 MHz	EPCGlobal Gen2	Mundial
8.725 ~ 5.785 MHz	ISO 18000-5	Rarament utilitzat per RFID

Com s'aprecia en la taula anterior, l'estandardització en el camp de l'RFID es caracteritza per l'existència de diferents grups d'especificacions competidores: per una banda ISO i per l'altra Auto-ID Centre (conegut des d'octubre de 2003 com a EPCglobal).

L'Organització Internacional d'Estándardització (ISO) ha desenvolupat diferents estàndards per a RFID en funció de la utilització que se li vulgui donar i els diferents mercats.

Actualment la tecnologia RFID encara disposa d'altres estàndards de comunicació, segons l'aplicació per a la qual es vol utilitzar.

Tot i això, el nou estàndard EPCglobal Gen2 sembla que es convertirà en l'estàndard universal, ja que s'ha desenvolupat amb l'objectiu d'aconseguir la interoperabilitat amb els estàndards d'ISO.

El procés de creació d'un estàndard únic va resultar més complex quan l'Auto-ID Center va desenvolupar el seu propi estàndard de comunicació RFID: l'EPC.

L'Auto-ID Center es va crear als Estats Units l'any 1999 per tal de desenvolupar el codi de producte electrònic (EPC). El seu objectiu era que el seu estàndard fos adoptat per tot el món, basant-se en estàndards oberts.

La necessitat de crear un estàndard universal era clara, ja que permetria rastrejar mercaderies a qualsevol part del món, cosa que amb protocols diferents seria evidentment un problema.

D'aquesta manera va néixer l'EPC, també amb la idea, mitjançant la xarxa d'Internet, de poder identificar qualsevol element físic i poder consultar informació associada a un determinat identificador emmagatzemat en una etiqueta. Aquest sistema es pot comparar a la xarxa Internet, en què s'etiqueten (mitjançant adreces IP) els ordinadors que estan connectats a la xarxa. Per això es parla del sistema RFID com la "Internet dels productes".

L'any 2003, l'Auto-ID Center es va dividir en 2 organitzacions independents: l'Auto-ID Labs, que, juntament amb algunes universitats de tot el món, va continuar la seva investigació en RFID, i l'UCC (Uniform Code Council), que es va encarregar d'estandarditzar l'EPC. D'aquí va sorgir l'estàndard EPCglobal, el qual va estandarditzar les etiquetes de classe 0 i classe 1 el setembre de 2003.

La taula següent mostra les diferents classes existents d'etiquetes EPC:

Classe EPC	Característiques	Tipus d'etiqueta
Classe 0	Només lectura	Passiva (64 bits)
Classe 1	Una escriptura, moltes lectures (WORM)	Passiva (96 bits)
Classe 2 (Gen2)	Lectura / escriptura	Passiva (96 bits)
Classe 3	Lectura / escriptura	Semipassiva
Classe 4	Lectura / escriptura	Activa

Tant la classe 0 com la classe 1 tenien alguns problemes, com per exemple el fet que la classe 0 treballava amb unes freqüències que a Europa no estaven autoritzades completament.

L'any 2004 sorgeix la millora del primer estàndard: l'EPCglobal Gen2, amb la intenció de no ser compatible amb els anteriors (Classe 0 i Classe 1), però fer-lo d'acord a les normatives ISO per tal que fos admès internacionalment. Finalment, molts fabricants han adoptat aquest nou estàndard, fet que facilita una adopció global de manera progressiva.

Exemples d'aplicació d'RFID en diferents camps

Etiquetatge de llibres en biblioteques, Biblioteca Bücherhallen d'Hamburg*. Amb el nou sistema basat en RFID, la biblioteca central i les 17 restants de la ciutat d'Hamburg

Difusió de l'estàndard EPCglobal

Les grans empreses del sector de la distribució estan adoptant l'EPCglobal i, amb la publicació de l'estàndard ISO 18000-6C, s'accepta el protocol EPC UHF Gen2 com a estàndard internacional per a la identificació RFID en l'espectre UHF.

*<http://www.buecherhallen.de>

es beneficien d'un servei millor al client al mateix temps que els treballadors disposen de més temps per a dedicar-lo a ajuda i suport als clients.

Abans d'implantar les solucions d'RFID els treballadors s'encarregaven de gestionar manualment cadascun dels ítems de la biblioteca. Això provocava que els valuosos recursos de personal estaven centrats en els processos de préstec de material o gestió de l'inventari, mentre que el servei d'atenció a l'usuari que es proporcionava era bastant pobre pel que fa a consultes d'ubicació i altres recomanacions.

El sistema està format per portes de seguretat, estacions de préstec i devolucions i un sistema de classificació automàtic. També s'ha desenvolupat tot el programari necessari per a integrar el sistema amb l'aplicació existent de gestió de la biblioteca.

El gener de 2007 s'havien adherit prop de 300.000 etiquetes RFID als llibres, CD i altres articles de la biblioteca Bücherhallen.

Identificació de peces de roba, Marks & Spencer*. Amb la implantació de la tecnologia RFID a totes les seves botigues, Marks & Spencer vol arribar al 100% de precisió en el seu control d'estoc. Després de l'èxit experimentat en 42 de les seves botigues, quan el 2003 van iniciar la identificació a escala de producte en el cas de la roba d'home, Marks & Spencer ho va fer extensiu, durant el 2007, a tota la resta de departaments de roba de les seves 450 botigues. D'aquesta manera expandeixen l'etiquetatge RFID a escala d'ítem als seus productes tèxtils, que comporten una complexa gestió pel que fa a colors i talles.

*<http://www.marksandspencer.com>

Les etiquetes RFID es troben ubicades en unes etiquetes enganxades a les peces de roba. Aquestes etiquetes no estan incrustades a la roba, sinó que es poden treure. Els treballadors de Marks & Spencer van equipats amb lectors mòbils RFID que permeten fer inventari d'estoc en els diferents departaments de les botigues. Les etiquetes RFID tenen una mida de 12,7 cm de llarg i són enganxades a la roba abans de sortir de la fàbrica, tot i que són il·legibles fins que no arriben a la botiga.

Els treballadors utilitzen lectors mòbils amb un rang de lectura d'uns 70 cm que captura i identifica un nombre únic per cada etiqueta. La base de dades associa aquest identificador amb les característiques de talla, color i producte.

Identificació de delinqüents en llibertat condicional, Ministeri de Justícia de Taipei. Per tal d'identificar en tot moment els delinqüents sexuals, el Ministeri de Justícia de Taipei ha implantat una solució RFID consistent a col·locar una polsera RFID a les 7 persones amb més probabilitat de reincidència.

El mecanisme impedeix que ells mateixos es puguin treure la polsera. La polsera RFID avisa la policia si els individus abandonen el seu domicili després de les 8 de la nit. Aquest horari respon a un toc de queda establert pel Ministeri de Justícia de Taipei als empresidaris, el qual comença a les 8 de la nit i s'allarga fins les 7 del matí. És en aquesta franja horària on es cometen més actes violents. En el cas que alguna de les persones identificades abandoni el domicili després de les 8 de la nit, un ordinador del ministeri registrarà el número d'identificació de la polsera RFID i enviarà un senyal a la policia per tal que localitzi la persona.

Identificació de persones a congressos, Softcongres*. Amb la motivació de trobar una solució que permetés la identificació de les persones que assisteixen a un acte, congrés o esdeveniment en general, sense necessitat de molestar-la demanant-li l'acreditació, es requeria una solució que permetés llegir aquesta acreditació d'un format similar al d'una targeta de crèdit que l'usuari portaria penjada. Amb l'ús de la tecnologia RFID es satisfan tots aquests requisits.

*<http://www.softcongres.com>

Cada persona porta una identificació RFID amb un format similar a una targeta. Les instal·lacions es preparen amb antenes de pas RFID. Aquestes antenes han de ser mòbils, ja que no estaran instal·lades permanentment en una mateixa ubicació. Les antenes estan connectades per mitjà d'un sistema Wi-Fi a una base de dades central on es recullen les fitxes de les persones inscrites. Aquestes antenes identifiquen la targeta sense contacte ni visió, per tal de permetre una identificació amable sense haver de demanar cap acreditació.

El sistema permet alhora registrar tots els moviments, a banda de poder donar la benvinguda, o qualsevol altra dada estadística, per mitjà d'una pantalla.

Senyalització accessible per RFID, Signalètics. L'objectiu és el de facilitar a persones amb discapacitat la identificació de la senyalització en l'entorn de l'edifici i dels seus accessos, mitjançant l'ús de senyals electrònics de tecnologia RFID.

A diferència de les aplicacions més habituals i generalitzades de l'RFID com són la d'identificació d'objectes i de persones, en aquest projecte s'identifica amb RFID un senyal i una posició en un edifici o entorn. D'aquesta manera, etiquetes RFID especialment dissenyades són adossades al costat o a prop de la senyalització de l'edifici actual, especialment en els senyals d'indicació d'evacuació d'emergència. L'usuari porta una PDA amb lector RFID de llarg abast que en apropar-se a aquests senyals els representa en imatge i veu per a ser identificats amb el seu idioma. A més, també s'identifica el punt en el qual es troba la persona a l'edifici.

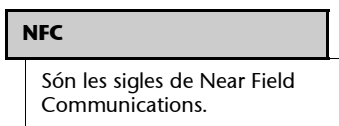
Els beneficis són més independència i privacitat per als usuaris, que ja no necessiten que els guiïn assistents, ni els cal preguntar contínuament la ubicació d'oficines, lavabos i altres destinacions habituals.

Actualment hi ha un cert debat quant a la seguretat d'aquests sistemes, ja que les etiquetes poden envair la intimitat de les persones. Per exemple, si comprem una camisa amb una d'aquestes etiquetes, l'etiqueta delatarà la nostra presència a tots els llocs que disposin de lectors de RFID. En aquest sentit, ja hi ha etiquetes que es poden desactivar de manera permanent.



2.4. NFC

L'estàndard NFC és molt semblant a l'estàndard RFID en aplicacions de curt abast. Es basa en l'acoblament de dos circuits inductius, però està pensat per a integrar-lo en terminals mòbils.



Algunes aplicacions són:

- Pagament de parquímetres, autobusos... a través del mòbil.
- Transferència de fotografies d'una càmera a una televisió.
- Obertura de portes.
- Informació turística.

Té un abast de fins a 20 cm, tot i que les més típiques són de 5 cm. Es considera un sistema segur, bàsicament pel seu curt abast. Dóna velocitats de 106 kbps, 212 kbps i 424 kbps.

Un dispositiu NFC pot ser lector i escriptor alhora. Dos dispositius lector/escriptor poden compartir dades. L'etiqueta és passiva i només pot ser llegida. Es defineixen tres **modes de treball**:

- **Lectura/escriptura:** una aplicació pot ser en visites turístiques (lectura d'etiquetes situades en punts d'especial interès).
- **Punt a punt o peer to peer:** per a intercanviar dades entre dos dispositius.

- **Emulació de targetes:** com el seu nom indica, fa les funcions d'una targeta però sense ser necessari el contacte entre emissor i receptor. Una aplicació pot ser el pagament en autobusos.

Podem trobar més informació a www.nfc-forum.org

WEB

NFC està reconegut per organismes d'estandardització internacionals. Les empreses fabricants de mòbils tendeixen a incorporar aquesta tecnologia en els seus terminals, ja que permetrà substituir els moneders clàssics.

2.5. Bluetooth

Els elements d'una oficina mòbil (PC, mòbil, impressora...) s'han d'interconnectar. Primer es va fer amb cables, després amb infrarojos i després va arribar l'estàndard Bluetooth. Bluetooth és una interfície de ràdio (treballa a 2,4 GHz) per a distàncies curtes i serveis multimèdia, com ara la transmissió sense fils d'imatges entre càmeres de fotos digitals i mòbils.

Bluetooth

Bluetooth deu el seu nom al rei danès Harald Blåtand (s. X), Harold Bluetooth en anglès, que va unificar Dinamarca i Noruega, de la mateixa manera que fa Bluetooth amb els protocols de comunicacions.

La idea de Bluetooth sorgí l'any 1994 amb la iniciativa d'Ericsson. L'any 1998, Ericsson, IBM, Nokia, Toshiba i Intel van formar el grup d'interès SIG (*Special Interest Group*), al qual ara pertanyen més de 34.000 empreses, que han adoptat aquesta tecnologia per desenvolupar els seus productes. La versió actual (gener del 2019) és la 5.1 i, respecte a l'anterior, inclou facilitats per determinar la direcció d'arribada del senyal d'altres dispositius i petites millores en el consum energètic. Aquestes prestacions i el fet que no necessiti una trajectòria neta d'obstacles l'ha convertit en un estàndard de referència de les PAN. Si emetem una potència de 0 dBm, l'abast del Bluetooth és d'uns 10 metres; si emetem 20 dBm, l'abast arriba a uns 100 metres.

Recordem...

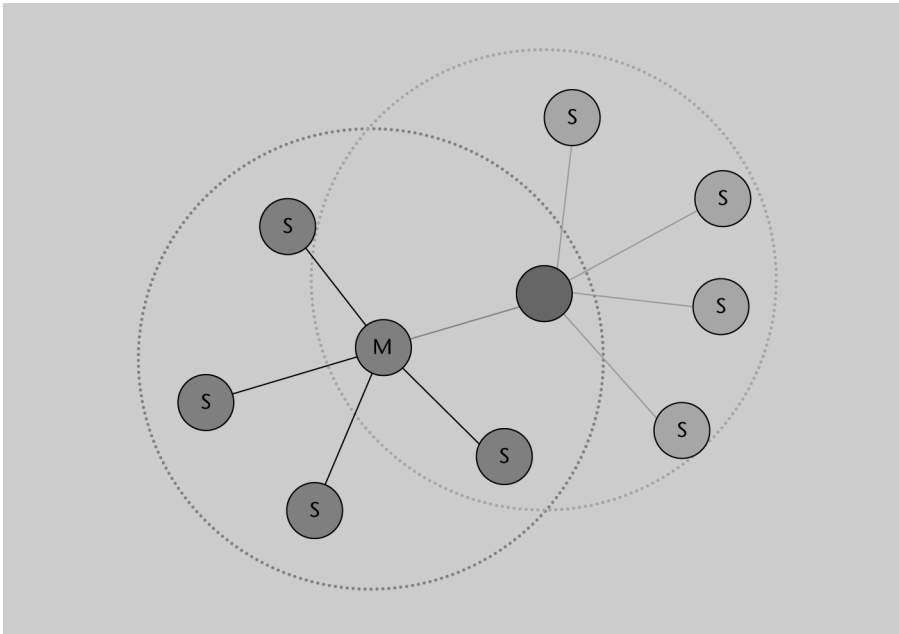
... que 0 dBm equival a 1mW de potència, i 20 dBm a 100 mW.

L'arquitectura de l'estàndard Bluetooth és molt simple, ja que consta de dispositius que s'anomenen *mestres* o *esclaus* en funció de si controlen altres dispositius o de si són controlats.

Una piconarxa (*piconet*) està formada per un dispositiu mestre (*master*), que assigna les freqüències i controla el correcte funcionament de la xarxa. Els altres dispositius són esclaus (*slaves*) del mestre. Els esclaus poden oferir serveis però depenen del mestre per a la seva sincronització. Un mestre pot tenir fins a 7 esclaus actius, però pot tenir més en estat aparcat (*parked*). Cada piconarxa només pot tenir un mestre i a la vegada un mestre d'una piconarxa pot ser esclau d'un altre formant així una *scatternet*. Així, un mòbil GSM podria ser mestre per a un auricular i esclau per a un PC portàtil. En cada piconarxa, els papers de mestre/esclau poden canviar dinàmicament.

En la figura següent representem una estructura formada per dues piconarxes, amb cinc esclaus cadascuna.

Estructura de dues picoxarxes



Una *scatternet* és útil per a la connexió de dispositius que no disposen de visibilitat radioelèctrica directa.

2.5.1. Gestió de l'enllaç

Bluetooth treballa amb setanta-nou canals d'1 MHz, al voltant dels 2,4 GHz. Les comunicacions canvien constantment de portadora. Així, si una comunicació ocupa una ranura de la freqüència F , la següent ranura d'aquesta comunicació anirà en una altra freqüència. Cada ranura dura 625 μ s i, tal com s'ha comentat, fa el canvi de portadora 1.600 vegades per segon ($1 / 625 \mu$ s). El mestre diu als elements de la picoxarxa en quines seqüències de freqüències s'emet i es rep. Per això, poden conviure diverses picoxarxes en una sala. Si n'hi ha moltes i tenim coincidències, es demana retransmissió.

Per a facilitar les comunicacions, l'estàndard obliga que el mestre sempre transmeti en les ranures parelles. L'esclau llegeix el que li diu el mestre perquè en la capçalera va l'adreça del dispositiu destinació.

Un dispositiu pot tenir diferents necessitats de transmissió. Així, una comunicació entre un telèfon mòbil i un auricular equipats amb Bluetooth pot requerir una ranura bidireccional; però una comunicació entre una càmera fotogràfica i un ordinador equipats amb Bluetooth pot requerir dues o tres ranures en un sol sentit. És per això que es defineixen dos tipus d'enllaç:

1) Síncron (SCO)

- Simètric (pensat bàsicament per a veu).
- Reserva de ranura a intervals fixos (64 kbps/ranura).

Observació

Quan es concatenen ranures no es fan salts de portadora.

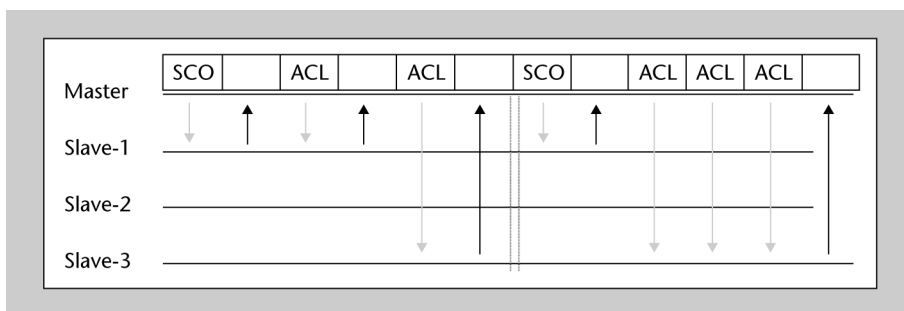
- Un mestre pot suportar 3 SCO amb els esclaus. Un esclau pot suportar 3 SCO del mateix mestre o 2 SCO de mestres diferents.

2) Asíncron (ACL)

- Asimètric (pensat bàsicament per a dades) i simètric.
- El mestre assigna les ranures.
- Entre un mestre i un esclau només podem tenir 1 ACL.
- Els 721 kbps són per al cas d'un enllaç ACL 5+1, on obtenim 721 kbps (57 kbps) sense FEC o 477 kbps (36 kbps) amb FEC.

En la figura següent podem veure un exemple dels tipus d'enllaç que es poden establir entre un mestre i tres esclaus. El mestre té un enllaç síncron i un enllaç asíncron amb l'esclau número 1 i un enllaç asíncron amb l'esclau número 3.

Exemple d'assignació de recursos en l'estàndard Bluetooth.



El mestre realitza dues funcions fonamentals en una picoxarxa: la recerca de dispositius i la connexió a aquests:

1) **Master inquire**: el mestre busca dispositius. Entre d'altres, aquests li diuen la seva adreça (48 bits), el tipus de dispositiu (impressora, auriculars...) i la fase del seu rellotge.

2) **Master paging**: el mestre inicia una connexió amb el dispositiu que li interessa.

Un dispositiu pot oferir diferents serveis als altres dispositius de la picoxarxa. En el Bluetooth, a més de fer la recerca dels dispositius, també s'ha de fer la recerca dels serveis que ofereixen aquests dispositius (SDP, *service discovery protocol*). Aquesta última recerca és bastant lenta, cosa que fa que l'estàndard Bluetooth estigui pensat per a entorns estàtics.

Bluetooth és l'estàndard 802.15.1. Hi ha altres estàndards relacionats amb Bluetooth, com el 802.15.2, que vol facilitar la coexistència amb les xarxes locals sense fils (treballen a la mateixa freqüència, com veurem en el proper mòdul), i el 802.15.3a, també anomenat *UWB (ultra wide band)* i que, com veurem més endavant, és un Bluetooth però amb més velocitat.

2.5.2. Bluetooth Mesh

Bluetooth Mesh és una evolució de Bluetooth. L'especificació tècnica de Bluetooth Mesh actua d'una manera similar a la xarxa WiFi creant una xarxa en xarxa amb equips de baix consum mitjançant connexió Bluetooth.

Així, en lloc d'anar de punt a punt, les comunicacions en malla «salten» de dispositiu en dispositiu, la qual cosa permet aconseguir una cobertura a llarga distància amb connexió sense fil que no aconseguirem amb una connexió punt a punt. Les xarxes en malla són molt importants si tenim una casa gran i no volem utilitzar repetidors ni cables.

Alguns dels dispositius en aquest tipus de xarxes utilitzen la bateria, per la qual cosa és important que el consum sigui tan baix com es pugui. Per això, gràcies al Bluetooth Mesh, no tots els dispositius hauran de ser capaços de reenviar el senyal sense fil per així mantenir al mínim el consum. Un exemple d'això el trobem en els termòmetres que regulen la temperatura dels termòstats.

Quant a seguretat, Bluetooth Mesh requereix que totes les comunicacions que es facin amb aquest estàndard estiguin totalment codificades. A més, és compatible amb tots els dispositius que suporten Bluetooth 4.0 o posteriors.

Les especificacions defineixen els requisits per habilitar una solució de xarxes mallades interoperable per a la tecnologia sense fil Bluetooth Low Energy, ideal per a xarxes de dispositius a gran escala per donar suport a l'automatització de l'edifici, xarxes de sensors, seguiment d'actius i altres solucions en què els diversos dispositius necessiten comunicar-se de manera fiable i segura:

- *Mesh profile specification*: defineix els requisits fonamentals per permetre una solució interoperable de xarxes mallades per a la tecnologia sense fil Bluetooth LE.
- *Mesh model specification*: presenta models utilitzats per definir la funcionalitat bàsica dels nodes en una xarxa de malla.
- *Mesh device properties*: defineix les propietats del dispositiu requerides per a l'especificació del model de malla.

En les especificacions de Mesh es parla de sensors. Els sensors consten de quatre estats: un estat de descripció del sensor (que no canvia), dos estats de configuració (que, com el seu nom indica, són configurables) i un estat que conté el valor del sensor, totalment canviant.

L'arquitectura de capes és la següent:

Model layer (capa de model)
Foundation model layer (capa de model fundacional)
Access layer (capa d'accés)

Upper transport layer (capa de transport superior)
Lower transport layer (capa de transport inferior)
Network layer (capa de xarxa)
Bearer layer (capa portadora)
Especificació base del Bluetooth Low Energy

Model layer

Defineix models que s'utilitzen per estandarditzar el funcionament dels escenaris d'usuari típics i estan definits en l'especificació del model de malla Bluetooth o en altres especificacions de la capa superior. Exemples d'especificacions de models de capes superiors inclouen models d'il·luminació i sensors.

Foundation Model layer

Defineix els estats, els missatges i els models necessaris per configurar i gestionar una xarxa de malla.

Access layer

Defineix com les aplicacions de capa més alta poden utilitzar la capa de transport superior. Defineix el format de les dades de l'aplicació; defineix i controla el xifrat i desxifrat de dades de l'aplicació fet a la capa de transport superior, i comprova si s'han rebut les dades d'aplicació entrants en el context de la xarxa adequada i les claus d'aplicació abans de reenviar-la a la capa superior.

Upper transport layer

Xifra, desxifra i autentica les dades de l'aplicació, i està dissenyada per proporcionar confidencialitat als missatges d'accés. També defineix com s'utilitzen els missatges de control de transport per gestionar la capa de transport superior entre els nodes, fins i tot quan la utilitza la funció Friend.

Lower transport layer

Defineix com els missatges de la capa de transport superior se segmenten i es munten a diverses PDU de transport inferior per lliurar grans missatges de la capa de transport superior a altres nodes. També defineix un únic missatge de control per gestionar la segmentació i el muntatge.

Network layer

Defineix com s'adrecen els missatges de transport cap a un o més elements. Defineix el format del missatge de xarxa que permet transportar les PDU per la capa *bearer*. La capa de xarxa decideix si retransmetre/reenviar missatges, ac-

ceptar-los per processar-los o rebutjar-los. També defineix com se xifra i s'autentica un missatge de xarxa.

Bearer layer

Defineix com es transporten els missatges de xarxa entre nodes. Hi ha dos portadors definits, el portador de la publicitat i el portador del GATT. Es pot definir un portador addicional en el futur.

2.6. UWB

Podem definir UWB com un Bluetooth però que permet més velocitat (de 100 Mbps a 2 Gbps). El seu inconvenient és que l'abast queda limitat a uns 10 metres.

UWB

Són les sigles d'Ultra Wide Band.

L'estàndard UWB fa servir una amplada de banda de 500 MHz entre 3 i 10 GHz (inicialment, es pensa en 3,1-4,8 GHz, on caben 3 subbandes). Té un **consum molt reduït** i no provoca interferències significatives sobre sistemes existents, ja que distribueix la seva energia sobre 500 MHz.

UWB està basat en OFDM i per a transmetre fa servir polsos molt estrets (10-1000 ps) i de baixa potència. Com que els polsos són molt estrets, ocupen una gran amplada de banda. Tecnològicament, se'l considera l'USB sense fils (l'USB 2.0 arriba a 480 Mbps).

UWB (802.15.3a) està emmarcat dins l'estàndard 802.15.3. Aquest és un estàndard de xarxes personals d'alta velocitat que dóna qualitat de servei i està pensat per a distribuir continguts multimèdia en temps real.

Més informació
a www.uwbforum.org

WEB

Algunes aplicacions són:

- Bolcatge de so, fotos, vídeos... entre càmeres, PC, TV, MP3...
- Distribució de contingut en sistemes d'oci per a vehicles
- Transmissió de fotografies de càmera a ordinador en botigues de fotografia
- Baixada de jocs en aeroports
- Cinema a casa

2.7. ZigBee

L'estàndard 802.15.4, anomenat també *ZigBee*, treballa a 2,4 GHz, la mateixa banda que Bluetooth, però també fa servir altres bandes lliures.

Estrictament parlant, l'estàndard obert IEEE 802.15.4 només defineix les capes física i d'enllaç, i és sobre aquest que ha aparegut ZigBee (entre d'altres, com 6LowPAN i WirelessHART). Nosaltres només parlarem de ZigBee.

En realitat és com el Bluetooth però amb menys prestacions (velocitats entre 20 kbps i 250 kbps), cosa que fa que pugui ser més econòmic (es parla d'un preu objectiu de 2 euros).

Una altra diferència respecte de Bluetooth són els seus **mecanismes d'estalvi de potència**, que redueixen el seu consum (les bateries poden durar fins a 2 anys).

Mentre Bluetooth és un estàndard orientat a la mobilitat i a reduir cables, ZigBee està **orientat al control remot**. Amb tot i això, és un estàndard ideal en aplicacions domòtiques (calefacció, control de llums...) ja que els volums d'informació que s'han de transmetre són petits.

Una possible aplicació pot ser la reducció de cables elèctrics a les llars. Per a encendre un llum, no caldria estendre cables elèctrics des del llum fins a l'interruptor; les ordres de l'interruptor podrien anar al mòdul ZigBee incorporat a la mateixa llum. Val a dir que els dispositius ZigBee ja estan en el mercat.

ZigBee treballa amb topologia en forma de malla, per a poder augmentar el seu abast. Es poden definir fins a 255 nodes i l'estàndard incorpora un mecanisme pregunta-resposta per determinar en cada moment quines són les rutes òptimes.

Tècnicament es defineixen quatre **tipus de paquets**:

- De dades (estan numerats).
- ACK (reconeixement de cada paquet de dades).
- D'accés al medi (per a configurar dispositius).
- De balisa (cada cert temps – entre 15 ms i 4 min– “desperter” els dispositius que escolten).

Hi ha tres **tipus de dispositius**:

- Coordinador.
- Dispositiu de funció completa (FFD): es fa servir en dispositius que actuen d'interfície amb els usuaris. Tenen memòria i capacitat de càlcul. Els dispositius FFD poden actuar de coordinadors.
- Dispositiu de funció reduïda (RFD).

ZigBee pot treballar en dos modes:

- **Mode sense balisa:** cada dispositiu és autònom i inicia la comunicació en el moment que vol. Els elements “desperter” regularment per anunciar que segueixen estant a la xarxa. Si es produeix un esdeveniment, es desperta instantàniament i ho transmet al coordinador, que està alimentat a través de la xarxa elèctrica (el seu consum elèctric és moderat, perquè sempre ha d'estar mirant l'estat de la xarxa –no es pot adormir–). Aquest és el mode típic en sistemes de seguretat.
- **Mode amb balisa:** permet controlar el consum, ja que cada dispositiu sap en quin instant pot transmetre. És ideal si el coordinador ha d'anar alimentat amb bateries, ja que un cop ha fet l'abalisament dels dispositius que controla, el coordinador pot tornar a dormir.

2.8. WiBree

Fa uns anys que s'està treballant en un altre estàndard molt semblant anomenat **WiBree** o, més recentment, *Bluetooth low-energy technology*. Diuen que, quan aquest estàndard aparegui, substituirà el ZigBee, ja que té un consum molt inferior i això el fa particularment interessant per a incorporar-lo a elements que han de funcionar amb bateries.

El *Bluetooth low-energy technology* treballa als 2,4 GHz i oferirà fins a 1 Mbps.

El 2001 es va començar l'estudi i el 2006 es va anomenar *Wibree*. El juny de 2007 s'anuncia com a *Bluetooth low-energy technology*.

Els comandaments a distància proveïts amb xips *Bluetooth low-energy* tindran tots els avantatges de la tecnologia d'RF a un cost només una mica superior als infrarojos. Mentre que RF té alguns avantatges inherents sobre els infrarojos com a solució de control remot moderna, hi ha alguns desafiaments per vèncer:

- Consum de potència baix, de manera que les piles durin un temps prudencial.
- Temps d'espera baix, de manera que l'usuari no sigui conscient de qualsevol retard entre prémer el botó del control remot i la resposta des de l'electrodomèstic que es controla.
- La capacitat per a controlar uns quants mecanismes simultàniament en una xarxa d'àrea personal, de manera que l'usuari pugui fer servir només un control remot per a tots els electrodomèstics.

A més, la majoria dels protocols estan patentats, fet que limita la possibilitat que un fabricant els incorpori en els seus productes a preus competitiu.

Bluetooth low-energy detalla una tecnologia de comunicació d'RF de curt abast que presenta un consum molt baix, una pila de protocols lleugera i integració amb tecnologia sense fils Bluetooth.

L'organisme regulador del Bluetooth diu que el consum de pic serà menor de 15 mA en transmetre a 0 dBm (suficient per a un abast de fins a 10 metres mentre obeeixen les restriccions de potència de les autoritats en la banda de 2,4 GHz) i una mica menys que això quan s'està rebent.

El compromís està entre la potència de transmissió –que puja amb l'amplada de banda– i el cicle de treball –que disminueix amb l'amplada de banda per a una quantitat donada de dades. Per exemple, *Bluetooth low-energy* a 1 Mbps només ha de transmetre un corrent de pic de 15mA durant el 25% del temps que ho faria un enllaç IEEE 802.15.4 típic que funcionaria a 250 kbps i amb un corrent de transmissió de 28 mA, per a enviar la mateixa quantitat de dades.

Posant el transceptor de RF en un mode de “son” profund es pot reduir el consum de potència en el control remot. Aquest nivell de consum és prou baix perquè un parell de piles AA durin durant mesos o anys.

Un xip *Bluetooth low-energy* es podrà “despertar”, per exemple, cada 10 ms, escoltarà transmissions (consumirà uns 15 mA en un període molt curt) i llavors retornarà a un estat de son profund mentre manté un consum tan petit com algunes desenes de microamperes.

Si, per exemple, posem aquest xip a un rellotge, aquest es podria connectar a una àmplia gama de perifèrics, com monitors de batec cardíac, telèfons, reproductors MP3, etc.

Wibree pot transmetre un petit paquet de dades aproximadament cada segon durant un any usant una pila de botó. Si el cicle de treball es redueix a una transmissió cada 15 o 30 segons, llavors la vida de la pila augmenta en proporció. Aquest baix consum s'aconsegueix amb un protocol que fa que la part ràdio del dispositiu estigui “adormida” (inactiva) la major part del temps. Es pot despertar de pressa, moment en el qual dirà als altres dispositius que té dades per transmetre. El receptor, que és probable que contingui una pila més gran que estarà encesa per més temps, farà confirmació de recepció del missatge i dirà al primer dispositiu a quin canal ha d'enviar les seves dades. Aquest farà un reconeixement de les dades rebudes i els dos podran tornar a dormir. Aquest procés es farà en menys de tres o quatre mil·lisegons.

Aquest procediment permet que el receptor seleccioni el canal de ràdio per utilitzar, i això introdueix el concepte d'agilitat de freqüència, en què les comunicacions es poden fer en parts de l'espectre amb poc soroll. En la majoria dels

Observació

Bluetooth low-energy no es comunicarà amb els xips actuals de Bluetooth, ja que aquests requeriran uns certs afegits.

“Despertar-se” un xip *Bluetooth low-energy*

Encara no s'ha fet públic el temps que triga a “despertar-se” un xip *Bluetooth low-energy* però es pensa en uns 2,5 ms, un temps insignificant des de la perspectiva de l'usuari.

casos, aquest dispositiu de recepció serà un telèfon mòbil. El mateix xip Bluetooth que conté Wibree dins del telèfon estarà escanejant constantment l'espectre per a veure quina part està més lliure. Té molt sentit que comparteixi aquesta informació amb el Wibree.

La generació més recent de Bluetooth té sensibilitats entorn de -85 dBm i pot transmetre potències entorn de $+4$ dBm. Això dóna un abast en camp obert d'uns 200 metres. L'índex de modulació més alt de Wibree suggereix que en les mateixes condicions l'abast ha de millorar un 20%. Afegint un amplificador de potència per a sortir a 100 mW ($+20$ dBm) hauria de ser possible arribar a un quilòmetre.

El receptor no necessita estar estàtic. Si considerem un transmissor amb 100 metres de cobertura, un vehicle que es mou a 100 km/h estarà dins el seu radi d'acció uns 4 segons –temps suficient per a agafar informació d'una balisa.

Hi ha 3 grans àrees d'aplicació: les de perfil “rellotge”, els sensors sense fils i les aplicacions amb dispositius que actuen com a interfícies davant les persones (*human interface devices*, HID). Sobre aquestes podem dir que:

- Potser la “*killer application*” del perfil rellotge, *watch profile*, és utilitzar-lo per a control remot dels diferents dispositius d'oci a la llar.
- Els sensors sense fils són un altre gran mercat. No cobreix només monitors industrials en fàbriques, sinó que inclou l'extracció d'informació de dispositius mèdics, alarmes a casa i qualsevol aplicació en què un dispositiu necessiti enviar informació.

El baix consum de Wibree el fa adequat per a funcionar amb piles o simplement amb energia solar.

- Les aplicacions HID han de tenir en compte la latència. Aquest és el temps d'espera en sistemes sense fils entre que passa alguna cosa al sensor i l'instant en què s'informa d'això al sistema de recepció. Els retards poden passar per moltes raons. Per a algunes aplicacions és vital que aquest temps estigui molt controlat.

Alguns dels nous mercats són:

- **Salut i fitness:** podem tenir sabates, bàscules, comptaquilòmetres de bicicleta, mesuradors de batec... Aquests dispositius es connectaran amb el telèfon i permetran a tothom controlar el rendiment dels seus cossos mentre es fa exercici. S'inclouen dispositius com mesuradors d'oxigen de sang, mesuradors de glucosa a la sang, etc., que poden donar alarmes quan hi ha problemes, o enviar les seves dades als serveis web de control d'assistència sanitària per al control mèdic.

- **A casa:** des d'utilitzar el telèfon com a control remot per al sistema d'oci fins a controlar els sistemes de calefacció i ventilació.
- **Oficina:** els típics ratolins i teclats utilitzaran aquesta tecnologia.
- **Automoció:** monitors de pressió de pneumàtics i control remot de dispositius per a reduir el pes del cablatge dins d'un cotxe.
- **Rellotge:** l'únic ordinador de canell que la majoria de les persones acceptarà és el rellotge. El rellotge pot mostrar informació d'identificació d'usuaris i permetre a l'usuari acceptar o rebutjar trucades, tot sense mirar el telèfon.

Bluetooth low-energy té dos modes de treball:

- **Single mode:** serà de molt baix consum. Els perfils inclouran suport per a rellotges, dispositius d'esports...
- **Dual mode:** es posaran en auriculars, ordinadors, etc. Compartiran molta de la funcionalitat existent de tecnologia Bluetooth però el consum no serà tan petit com els de "single mode". Es calcula que serà un 75% del consum de l'actual Bluetooth. Aquests xips suporten Bluetooth i *Bluetooth low-energy*.

Bluetooth low-energy aconsegueix aquesta eficiència optimitzant tres àrees bàsiques de funcionalitat: els processos de connexió i descobriment de dispositius, el nombre de paquets transmesos durant les connexions i la mida de cada paquet individual.

En la tecnologia Bluetooth clàssica, perquè un mecanisme sigui connectable o es pugui descobrir, ha d'estar amb el receptor actiu un llarg temps per tal que estigui despert quan algú li podria estar transmetent un paquet; això equival a uns 22 μ s d'activitat. Aquest temps és necessari perquè la tecnologia Bluetooth clàssica escanejarà 32 freqüències diferents, i això porta un temps. Amb el *Bluetooth low-energy*, el mecanisme de connexió i descobriment només necessita transmetre tres paquets curts i llavors escoltar per veure si algun dispositiu vol començar una conversa. Aquests tres paquets i el temps per a escoltar una resposta equival a només 1,4 ms.

Quan es demana una connexió, tota la informació sobre aquesta connexió es troba en un paquet transmès del mestre a l'esclau. Això inclou el mapa de salts en freqüència. Aquesta informació significa que no s'ha de fer cap negociació addicional dels paràmetres de connexió abans d'enviar dades reals d'aplicació. Això estalvia temps i energia.

Els esdeveniments de comunicació són instants de temps en què dos dispositius han acceptat rebre o transmetre paquets per a sincronitzar-se. En la tecnologia Bluetooth clàssica, aquests esdeveniments de comunicació tenen un

temps mínim en què els dispositius s'han d'estar escoltant. En el *Bluetooth low-energy*, cada paquet inclou un bit addicional que manifesta si hi ha més dades per enviar.

Quan un esclau no té dades per transmetre, ni tan sols s'ha de molestar a escoltar els paquets d'esdeveniment de comunicació del mestre. Això permet a l'esclau quedar-se en mode de baix consum. Tanmateix, si té alguna cosa important per dir, llavors es pot despertar al pròxim esdeveniment de comunicació i transmetre les seves dades molt de pressa.

Una altra optimització és l'esquema de confirmació de recepció. Quan un paquet es transmet en la tecnologia Bluetooth clàssica, el pròxim paquet ha d'indicar si aquest paquet es rebia correctament o no. Si aquell paquet de confirmació de recepció no incloïa dades d'aplicació, llavors es transmet un paquet buit, i es malgasta temps i energia. *Bluetooth low-energy* utilitza un esquema en què només es fa confirmació de recepció quan és absolutament necessari.

Bluetooth low-energy pot transmetre 1 milió de bits per segon a la capa física. Per a la tecnologia Bluetooth clàssica, l'*overhead* del paquet és de 210 µs, mentre que per al *Bluetooth low-energy* és de només 112 µs. Així, s'usa molta menys energia per a transmetre la mateixa quantitat de dades d'aplicació.

Les característiques principals del *Bluetooth low-energy* són:

- **Baix consum.** El consum de potència de la tecnologia Bluetooth ha millorat en totes les versions. *Bluetooth low-energy* millorarà aquesta eficiència i també disposa de mecanismes per a enviar una quantitat petita de dades molt de pressa des d'un estat desconnectat.
- **Baix cost.** Això s'aconsegueix relaxant alguns paràmetres de l'especificació i reduint la mida física a aproximadament la meitat.
- **Curt abast.** La tecnologia Bluetooth mai no ha intentat ser una tecnologia de llarg abast. Concentrant-se en aplicacions de curt abast, s'ha convertit en un referent.
- **Mundial.** Es pot utilitzar tecnologia Bluetooth a gairebé tots els països.
- **Robust**

La nova especificació té un cert nombre de trets que la fan molt atractiva en una varietat àmplia de mercats. Això inclou:

- **Nombre de dispositius.** El nombre de dispositius que poden estar actius dins d'una xarxa s'ha augmentat significativament fins a alguns milers.

- **Integració de servei web.** La capacitat dels dispositius per a enviar una quantitat petita de dades a un servei web és vital per a un gran nombre de casos.
- **Connexions ràpides.** Es fan en 3 ms. Això vol dir que un dispositiu es pot despertar, connectar, pot enviar algunes dades i es pot desconnectar en 3 ms.
- **Sensors compatibles.** S'han creat perfils per a salut i *fitness* i els mercats de la medicina i l'automatització, cosa que dona lloc a sistemes plenament compatibles.

Enllaços d'interès

Podem trobar informació a:
http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Products/low_energy.htm
<http://www.ieee802.org/15/pub/2001/Jul01/>
<http://www.ezurio.com/dl/?id=110>

2.9. ANT+

ANT és un protocol sense fil d'ultra baixa potència (ULP) que s'encarrega d'enviar informació sense fil des d'un dispositiu a un altre, de manera robusta i flexible. Amb milions de nodes desplegats, ANT s'adapta perfectament a qualsevol tipus de topologies de xarxes de sensors de baixa velocitat de dades, des de xarxes punt a punt o estrella fins a xarxes *mesh*, que són ideals per a aplicacions orientades a esports, condicionament físic, benestar i aplicacions de salut a la llar. A més, ANT és una solució pràctica per a xarxes d'àrea local (LAN) en llars i aplicacions d'automatització industrial dissenyada específicament per a xarxes sense fil de sensors (WSN) que requereixen:

- Potència ultrabaixa: anys de funcionament autònom.
- Optimització alta en recursos: s'adapta a una memòria de grandària compacta.
- Flexibilitat i escalabilitat de la xarxa: autoadaptatiu i capaç de treballar de manera mallada (*mesh*).
- Baix cost del sistema: funciona de manera independent amb un sol xip.

Els dispositius ANT poden usar qualsevol freqüència d'RF de 2400MHz a 2524MHz, amb l'excepció de 2457MHz, que està reservat per a dispositius ANT+. De manera similar, els dispositius ANT poden utilitzar clau de xarxa pública o privada, però no poden fer servir la clau de xarxa ANT+, que també està reservada per a dispositius ANT+.

ANT+ és un conjunt de definicions acordades mútuament en allò que representa la informació enviada per mitjà d'ANT. Aquestes definicions, anomenades perfils de dispositius, generalment estan vinculades a un cas d'ús específic. Per exemple, un monitor de freqüència cardíaca enviarà informació sobre la freqüència cardíaca, que es defineix en el perfil del dispositiu ANT+ per a un monitor de freqüència cardíaca. Aquests perfils de dispositiu es comparteixen entre tots els adoptants ANT+, fet que permet a qualsevol adoptant ANT+ crear un monitor de freqüència cardíaca o un receptor de monitor de freqüència

cardíaca que funcionaran de manera intercanviable entre si. Quan un dispositiu és ANT+ vol dir que ha estat certificat per ser interoperable amb altres dispositius ANT+.

Atès que ANT+ es basa en el protocol ANT de potència ultrabaixa, la xarxa està optimitzada en consum d'energia, cost, latència, comunicació fiable i facilitat d'implementació.

En conclusió, ANT+ és un subsistema del protocol ANT. És una tecnologia sense fil patentada que té accés obert. ANT+ està dissenyat per garantir que les dades del dispositiu ANT siguin interoperables (que no és necessàriament el cas entre dispositius ANT). Conceptualment és similar a Bluetooth Smart, però està destinat a l'ús amb sensors. ANT(+) utilitza la freqüència de 2,4 GHz ISM. Admet velocitat de dades de fins a 60 kbps i té un rang de comunicació de 30 metres. Els exemples d'ús d'ANT+ són: monitors d'activitat, monitors de freqüència cardíaca, control de llum i sensors de temperatura.

2.10. EnOcean

L'energia, que està a l'abast de tots, només necessita ser capturada: aquest és el principi de la «recol·lecció» d'energia (en anglès, *energy harvesting*). EnOcean utilitza aquest principi per als seus mòduls sense fil, que obtenen l'energia de l'entorn circumdant. Els petits convertidors d'energia alimenten els sensors i els interruptors, cosa que els permet funcionar sense bateries ni cables i, per tant, sense manteniment. Reemplaçar les bateries vol dir despeses, tant des del punt de vista de la maquinària com del manteniment. Amb EnOcean no és mai necessari substituir les bateries.

Hi ha tres fonts principals d'energia que utilitza la tecnologia EnOcean: moviment, llum i diferències de temperatura. En el procés, un convertidor d'energia electrodinàmic empra moviment cinètic, o un mòdul solar miniaturitzat genera energia a partir de la llum disponible en una habitació. Amb aquestes petites quantitats d'energia recollida n'hi ha prou per transmetre i rebre senyals sense fil, a més de permetre el funcionament de nombroses solucions de sensors sense manteniment. Això inclou interruptors sense bateria, finestres intel·ligents, sensors de temperatura, humitat i llum alimentats per energia solar, així com sensors d'ocupació autoamplificats o fins i tot receptors de retransmissió.

EnOcean obté energia de les maneres següents:

- **Energia del moviment.** El convertidor d'energia mecànica converteix l'energia mecànica, en pressionar un interruptor, per exemple, en energia elèctrica. Funciona de manera similar a una dinamo i fa que l'energia estigui disponible immediatament.

- **Energia de la llum.** Els mòduls solars miniaturitzats poden utilitzar fins i tot llum interior per subministrar electricitat als mòduls de ràdio sense fil de potència ultrabaixa.
- **Energia de les diferències de temperatura.** Els generadors termoelèctrics obtenen l'energia. El convertidor que es fa servir comença a ressonar amb una petita tensió d'entrada, de tal manera que amb petites diferències de temperatura ja es produeix energia.

La tecnologia EnOcean utilitza l'estàndard internacional ISO/IEC 14543-3-1X (també conegut com a estàndard EnOcean), que està optimitzat per a aplicacions sense fil d'energia ultrabaixa i recollida d'energia.

Per a una efectivitat d'RF òptima, el protocol de ràdio fa servir bandes de freqüència sub 1 GHz (per sota d'1 GHz). La fiabilitat d'RF està garantida perquè els senyals sense fil tenen una durada inferior a un mil·lisegon i es transmeten a una velocitat de dades de 125 kbps.

Els dispositius que operen a la banda de freqüència ISM sub 1 GHz ofereixen robustesa de transmissió a través de parets, interferències mínimes i una comunicació de fins a 30 metres en edificis i 300 metres en camp obert. Aquestes característiques fan que l'estàndard EnOcean sigui altament adequat per al control integrat d'edificis.

Els mòduls EnOcean transmeten paquets de dades a intervals aleatoris per garantir que la probabilitat de col·lisió i interferència sigui extremament petita. Com a resultat d'això, una àmplia gamma d'interruptors i sensors que utilitzen la banda de freqüència sub 1 GHz poden operar molt a prop l'un de l'altre. A més, cada mòdul estàndard EnOcean inclou un número d'identificació (ID) únic de 32 bits, que no es pot canviar ni copiar i, per tant, protegeix contra la duplicació.

Aquest mètode d'autenticació ofereix una comunicació segura i fiable provada en camp en l'automatització d'edificis. Per a aplicacions que sol·liciten seguretat de dades addicional, com ara en els sistemes domèstics intel·ligents, EnOcean protegeix la comunicació amb mesures de seguretat per evitar la reproducció o l'espionatge d'atacs i la falsificació de missatges. Aquestes característiques inclouen un encriptat usant l'algorisme AES amb una clau de 128 bits.

2.11. L'estàndard 802.11ah

L'estàndard 802.11ah es va aprovar l'any 2016. La gran diferència d'aquest estàndard HaLow (802.11ah) amb els seus predecessors és que utilitza la banda de 900 MHz per a la transmissió de dades, cosa que permet duplicar l'abast dels

estàndards, que funcionen sobre la banda de 2,4 GHz utilitzant menys potència. Això permet tenir connectivitat a totes les parts d'una casa, i així avançar cap a la internet de les coses (IoT). El nom de HaLow li va donar la WiFi Alliance.

L'estàndard no està pensat per augmentar les velocitats de transmissió, i per navegar per internet continuem utilitzant algun dels estàndards que operen en les bandes de 2,4 GHz o 5 GHz, però permetrà connectar molts elements del domicili (electrodomèstics, sensors, càmeres de seguretat, mobles...). En usar una freqüència més baixa (900 MHz) es controlen millor les interferències i les pèrdues de senyal ocasionades per obstacles, com ara les parets, són molt més baixes. L'objectiu és consumir poc. L'estació d'usuari típica té un mode de suspensió per conservar la càrrega de la bateria. Es minimitzen els paquets de dades breus i l'ús de l'energia en general.

En aquest estàndard, els amples de banda dels canals utilitzats són d'1 MHz i 2 MHz per a la majoria dels casos i de 4, 8 i 16 MHz per a aquells dispositius que necessiten més velocitat. Els petits amples de banda de canal utilitzats per 802.11ah no estan pensats per transmetre a velocitats de Gbps o Mbps, sinó per transmetre a velocitats de kbps. És un estàndard totalment pensat per a l'IoT i per això no són necessàries altes velocitats de transmissió. Està optimitzat per tenir molts nodes connectats sense que això produeixi una saturació.

Aquest estàndard pot utilitzar qualsevol espectre de freqüència industrial, científica i mèdica (ISM) per sota d'1 GHz, però la banda principal és la banda lliure de llicències de 902 a 928 MHz als Estats Units. Bandes similars just per sota d'1 GHz es troben en altres països, com ara 863-868 MHz a Europa, 717-723 MHz a Corea, 916-927 MHz al Japó i 755-787 MHz a la Xina. En condicions ideals, HaLow pot arribar fins a 1 km.

L'espectre de 902 a 928 MHz ofereix 26 MHz d'ample de banda dividit en canals d'1, 2, 4, 8 o 16 MHz. L'esquema de modulació és OFDM, que utilitza 24 subportadores en un canal d'1 MHz i 52 subportadores de dades en els amples de banda més grans.

La modulació pot ser BPSK, QPSK o 16QAM, 64QAM o 256QAM amb múltiples opcions de codificació, cosa que proporciona una àmplia gamma de velocitats de dades. Es poden aconseguir fàcilment 100 kbps en un canal d'1 MHz i fins a uns quants centenars de megabits per segon en un canal de 16 MHz.

L'estàndard admet una gran quantitat d'estacions de xarxa possibles (8191). Un tipus d'estació especial és el punt d'accés del retransmissor, que ajuda perquè totes les altres estacions passin els missatges a distàncies més llargues amb poca potència.

També es proporciona assistència de fins a quatre fluxos de dades espacials per augmentar encara més la velocitat de dades. A més, la funció de segmentació de l'antena fa particions de l'àrea de cobertura.

2.12. Human Body Communications (HBC)

HBC (Human Body Communications) és una de les especificacions descrites en l'estàndard 802.15.6-2012. Treballant en la banda dels 21 MHz permet obtenir velocitats en el rang dels 100 kbps-1.000 kbps, depenent de la sensibilitat del receptor.

En HBC, la transmissió de dades d'un dispositiu a un altre es fa a través del cos d'un usuari i els dispositius poden comunicar-se fent ús de la conductivitat de la pell, aprofitant la diferència de potencial entre dos punts del cos. L'usuari simplement toca els dispositius, que estan connectats entre si mitjançant la tecnologia *touch-and-play* (TAP).

Un dispositiu que utilitza HBC inclou un elèctrode, un component analògic per restaurar el senyal de dades des d'un senyal rebut i un element controlador per generar dades de transmissió o obtenir les dades transmises del senyal restaurat. L'elèctrode és per transmetre o rebre un senyal elèctric a través del cos mentre està en contacte amb el cos. El component analògic està format per un preamplificador que amplifica el senyal rebut a través de l'elèctrode, un filtre passabanda per eliminar el soroll del senyal amplificat i un comparador per comparar el senyal filtrat amb una tensió de referència.

La tecnologia HBC és molt adequada per proporcionar un servei basat en TAP. Els ID de dispositiu s'assignen a cada dispositiu, que pot connectar-se a través del cos com un canal de transmissió, i després els serveis que es proporcionen mitjançant les interaccions entre els dispositius s'assignen a cada parell de dispositius, a l'estil del que es fa en Bluetooth, on té lloc un descobriment de les propietats de cada dispositiu per saber el tipus de serveis que poden gestionar (pensem, per exemple, en un mòbil que genera dades cap a una impressora o àudio cap a uns auriculars).

Un dispositiu rep l'ID de dispositiu d'un altre dispositiu si aquests estan connectats a través del cos com a canal de comunicació i, a continuació, es reconeixen els serveis corresponents entre els dispositius identificats i es troba el servei que es proporciona a l'usuari mitjançant la interacció entre els dos dispositius. L'execució del servei identificat es determina segons el nivell d'execució. La informació requerida per proporcionar el servei determinat s'identifica automàticament i, a continuació, es proporciona el servei. Un bon exemple n'és un servei de publicitat. Un dispositiu per al servei de publicitat es compon d'un elèctrode per contactar amb el cos, un controlador per detectar el contacte del cos amb l'elèctrode i un component HBC per utilitzar HBC.

Quan un usuari selecciona una icona d'anunci en una pantalla posant en contacte l'elèctrode, el controlador adquireix el seu contingut, definit com a contingut associat al contacte d'usuari, i envia el contingut a l'HBC. L'HBC converteix els continguts adquirits en un senyal per HBC i envia el senyal a un terminal de dades per a l'usuari, com una PDA, per mitjà de l'elèctrode i el cos de l'usuari.

Activitats

1. Últimament estan agafant força les aplicacions del tipus RFID (*radio frequency identification*). Aquestes aplicacions suposaran una revolució en la identificació d'objectes, tal com ho va ser el codi de barres fa uns quants anys. Mentre que per a llegir un codi de barres cal que el lector sigui molt a prop de l'etiqueta (tots ho hem vist en els supermercats), RFID permet que el lector estigui més allunyat de l'etiqueta. Bàsicament el lector emet ones de ràdio que detecten les etiquetes que són en el seu radi d'acció. Fins i tot hi ha etiquetes que emeten ones (*active tags*) per poder augmentar encara més aquest radi d'acció. L'inconvenient és que en aquest cas, el producte s'encareix.

Clarament el sistema té moltes aplicacions en l'àmbit del control/seguretat de mercaderies, però també es pot aplicar al control/següiment de persones.

Aquest exercici pretén que us introduïu en aquest tema, i que parleu de la tecnologia RFID. Heu de parlar, com a mínim, dels següents temes:

- Fonaments bàsics de la tecnologia RFID.
- Aplicacions reals: empreses que el fan servir.
- Alguns subministradors de dispositius a Espanya i alguns dels seus productes, indicant el seu radi d'acció i el preu.

Exercicis d'autoavaluació

1. Una de les principals aplicacions del DECT és el telepunt. En què consisteix?
2. Per quin motiu el sistema DECT seria lent per a transmetre/commutar paquets?
3. Bluetooth és un estàndard útil per a connectar via ràdio dispositius que estan a poca distància entre ells. Si volem connectar dos dispositius que estan a més distància, ho podem fer formant una *scatternet*. En què consisteix?
4. En una mateixa sala hi ha dos sistemes Bluetooth ($v_{\max} = 700$ kbps) configurats com a dues picoxarxes. Podem tenir dos enllaços cadascun dels quals gaudeix de tota l'amplada de banda o s'han de repartir els 700 kbps entre tots dos? Raoneu-ho.
5. En un sistema DECT, on troba el terminal la informació del sistema?
6. En l'estàndard RFID, quina és la diferència entre les etiquetes actives i les passives?

Solucionari

1. El telepunt és una aplicació unidireccional en la qual l'operador DECT posa unes estacions base en uns llocs poblats de manera que els usuaris que estiguin dins l'àrea de cobertura podran fer trucades. Per exemple, en una estació de tren servida per un telepunt els usuaris que disposin de terminals DECT podran fer trucades.
2. El sistema DECT és lent per a transmetre/commutar paquets a causa del mecanisme d'accés. La base escolta cadascuna de les deu portadores de manera seqüencial. Si un usuari demana un accés a la portadora N i el sistema està escoltant la $N + 1$, haurà d'esperar 10 trames (100 ms) per a tenir accés. Aquest temps és acceptable per a una comunicació de veu, però no podem esperar aquest temps en una transmissió de paquets per cadascun dels paquets, ja que cada un d'ells necessita les 10 trames i, per tant, seria molt lent.
3. En Bluetooth, una picoxarxa és una estructura d'un mestre i diversos esclaus. El mestre controla els esclaus perquè té visibilitat radioelèctrica amb ells. Si posem de forma consecutiva dues picoxarxes de manera que un element sigui esclau en una picoxarxa i mestre en l'altra, estem formant una *scatternet*, que permet la comunicació entre dos dispositius que, per si sols, potser no tindrien visibilitat radioelèctrica directa.
4. Una picoxarxa té un mestre que la controla, i aquest mestre disposa de tota la velocitat (700 kbps) per a gestionar-la com cregui convenient. Si en una àrea hi ha dos sistemes (amb dos mestres), l'un és independent de l'altre i tots dos poden fer servir la totalitat de recursos.
5. La informació de sistema va en tots els parells freqüència-ranura. D'aquesta manera, el terminal la coneix en tot moment, independentment del parell que estigui fent servir.
6. Les etiquetes actives fan servir bateries. Les etiquetes passives fan servir l'energia rebuda de l'antena lectora per a transmetre les seves dades (això sí, a menys distància).

Glossari

ADPCM *f* Modulació de tipus PCM però que codifica les diferències entre mostres i amb un pas de quantificació variable.

CEPT *f* Conferència europea d'administracions de correus i telecomunicacions. És un Organisme europeu que agrupa als reguladors de comunicacions.

CRC *m* Codi de redundància cíclica que serveix per a detectar errors.

CT *m* Telèfon sense fils.

DECT *m* Estàndard de tercera generació de telefonia sense fils.

EB *f* Estació base.

FDMA *m* Accés múltiple per divisió en freqüència.

FEC *m* Mecanisme que permet la correcció d'errors sense retransmetre la informació original.

FFD *m* Dispositiu de funció completa en ZigBee.

FM *f* Modulació en freqüència.

GAP *m* Perfil d'accés genèric del DECT.

GFSK *f* Modulació digital de freqüència que incorpora un filtre gaussià.

IRDA *f* Associació relacionada amb la transmissió de dades per infraroig.

ISDN *f* Xarxa digital de serveis integrats.

OFDM *f* Tècnica de modulació per divisió en freqüència on el senyal es transmet simultàniament en diverses freqüències ortogonals entre elles.

PAN *f* Xarxa d'àrea personal.

PAP *m* Perfil d'accés públic del DECT.

QPSK *f* Modulació de fase en quadratura.

RFD *m* Dispositiu de funció reduïda en ZigBee.

RFID *f* Tecnologia d'identificació per radiofreqüència.

RLL *m* Bucle local de ràdio.

SDP *m* Protocol de descobriment de serveis.

TDD *m* Duplexat en temps.

TDMA *m* Accés múltiple per divisió en temps.

USB *m* Bus sèrie universal. És una interfície per a transmetre/rebre dades.

UWB *f* Tecnologia que treballa amb una amplada de banda molt gran.

WLAN *f* Xarxa d'àrea local sense fils.

WPABX *f* Centraleta sense fils.

Bibliografia

Huidobro, J. M. (2002). *Comunicaciones móviles*. Madrid: Paraninfo.

Sendín Escalona, A. (2004). *Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles*. Madrid: McGraw Hill.

