

Treball Fi de Carrera

Bluetooth Low Energy

Autor: Antonio Pascual del Riquelme Benavent
10/01/2013

Índex de Continguts

1.	Títol del projecte	3
2.	Descripció del projecte	3
3.	Objectius del projecte	3
4.	Tecnologies sense fils	3
4.1	Que vol dir sense fils?	3
4.2	Origen	4
4.3	Tipus i Classificació.	6
4.3.1	WPAN (<i>Wireless Personal Area Network</i>).	8
4.3.2	WLAN (<i>Wireless Local Area Network</i>).	11
4.3.3	WMAN (<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>).....	14
4.3.4	WWAN (<i>Wireless Wide Area Network</i>).	18
5.	La tecnologia Bluetooth.....	35
5.1	Principis del Bluetooth.....	37
5.2	Com treballa la tecnologia Bluetooth	39
5.2.1	Especificacions del Nucli Bluetooth	39
5.2.2	Arquitectura del Nucli	41
5.2.3	Perfils.....	46
5.3	Bluetooth 4.0 – Low Energy	47
5.3.1	Bluetooth vs. Energia ultra baixa propietària (Proprietary ultra low power)	48
5.3.2	Un conte de dos xips	49
5.3.3	Les Marques Bluetooth.	50
5.3.4	Que hi ha de nou a v4.0?.....	51
5.3.5	Aplicacions Bluetooth Low Energy	52
5.3.6	Tecnologies sense fils de baix consum energètic	56
6.	Conclusions.....	65
7.	Glossari de termes i abreviatures.	66
8.	Bibliografia.....	67
8.1	Articles	67

1. Títol del projecte

Estudi sobre el Bluetooth Low Energy

2. Descripció del projecte

Es tractarà de fer un estudi complet de la tecnologia Bluetooth en general i de la versió 4.0 low energy en particular.

S'estudiaran les actuals tecnologies sense fils de baix consum energètic i es compararan amb la estudiada en aquest projecte.

Es parlarà de la tecnologia Bluetooth des dels seus principis fins a l'actual versió que centra l'estudi d'aquest projecte.

Es farà un estudi de les aplicacions que poden fer servir aquesta tecnologia i es conclourà quina/es son més adients.

3. Objectius del projecte

Estudi sobre la modalitat de baix consum (Low Energy) incorporada a la versió 4.0 de la tecnologia Bluetooth.

4. Tecnologies sense fils

4.1 Que vol dir sense fils?

El terme sense fils o "Wireless" en anglès, es coneix a la transmissió de senyals mitjançant ones de radio invisibles, en comptes de per cable.

Els comandaments a distància de les portes dels pàrkings i els controls remot de les televisions van ser els primers dispositius sense fils que van formar part de les nostres vides. Avui dia també podem trobar dispositius d'ús quotidià com teclats, ratolins, tabletas i smartphones.

Les tecnologies sense fils actuals es fan servir avui dia per quelcom tant senzill com fer una trucada de telèfon o tant complex com obtenir certa informació en un moment determinat d'un [ERP](#).

Avui dia les connexions sense fils ens fan poder estar comunicat en temps real amb qualsevol i en qualsevol moment, independentment de on et trobis i que estiguis fent.

Segons una enquesta realitzada per la publicació digital cio.com, la omnipresència de les comunicacions sense fils ha estat confirmada pels [CIOs](#) com:

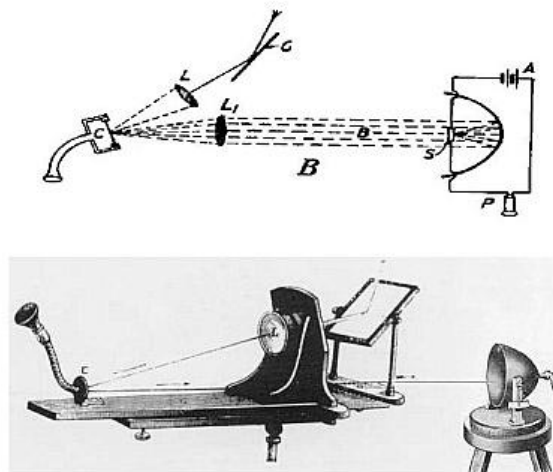
- 83% dels CIOs tenen activada accés sense fils al seu e-mail.
- 75% dels enquestats estan portant a terme un projecte amb aquesta tecnologia.
- 68% va dir que aquesta tecnologia es tant important com quelcom important.
- 16% va dir que aquesta tecnologia era extremadament important pels seus objectius de negoci.
- Gaire be un 10% dels CIOs estan començant a implantar projectes sense fils com accés a sistemes [CRM](#) y [ERP](#).

Pels negocis, les tecnologies sense fils signifiquen nous camins d'estar en contacte amb clients, proveïdors i empleats.

El futur de la tecnologia sense fils radica en mètodes més ràpids i fiables de transferència de dades i en menys mida l'ús de comandes per veu i millores d'àudio.

4.2 Origen

Per parlar de l'origen de les tecnologies sense fils ens hem de remuntar a l'any 1880, en que Graham Bell i Summer Tainter van inventar el primer aparell de comunicació sense cables, el fotòfon. Aquest permetia la transmissió del so per mitja d'una emissió de llum.



Fotòfon Bell-Tainter, 1880.

Fig 4.2.1: Fotòfon Bell-Tainter

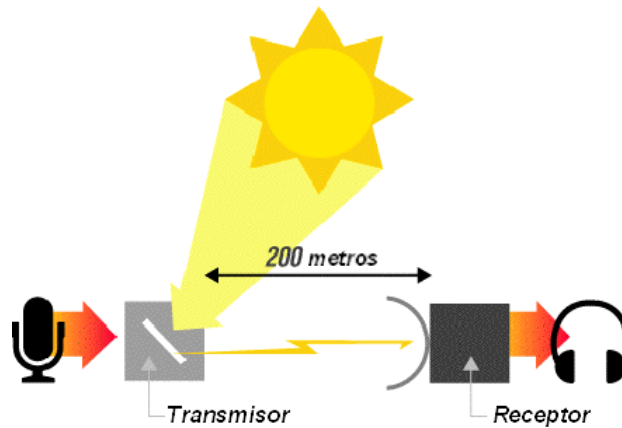


Fig 4.2.2: Mètode de funcionament del fotòfon

Al 1888 el físic alemany Rudolf Hertz va realitzar la primera transmissió sense cables amb ones electromagnètiques mitjançant un oscil·lador com a emissor i un ressonador com a receptor. Només sis anys després les ones de ràdio eren un mitjà de transmissió.

A l'any 1899 Guillermo Marconi va aconseguir establir comunicacions sense fils a través del canal de la manxa, entre Dover i Wilmereux i al 1907 es van transmetre els primers missatges complets a través de l'Atlàntic.

No va ser fins a l'any 1971 que un grup d'investigadors sota la direcció de Norman Abramson, a la universitat de Hawaii, que van crear el primer sistema de commutació de paquets mitjançant una xarxa de comunicació per ràdio que van anomenar ALOHA.

Segons algunes fonts, aquesta va ser la primera xarxa d'àrea local sense fils (WLAN), estava formada per 7 computadores situades a illes diferents i cadascuna d'elles es comunicava amb un computador central al que demanaven càlculs.

Un dels primers problemes que van tenir va ser el control d'accés al mitjà, es a dir, el protocol a seguir per evitar que diferents estacions solapin els seus missatges entre si.

En un primer moment es va solucionar fent que la estació central emetis un senyal intermitent a una freqüència diferent a la de la resta de computadores mentre estigues lliure, de manera que quan una de les estacions exteriors volia transmetre, primer havia de assegurar-se que l'estació central estava emetent el seu senyal, per llavors enviar el seu missatge. Això es coneix com CSMA (Carrier Sense Multiple Access).

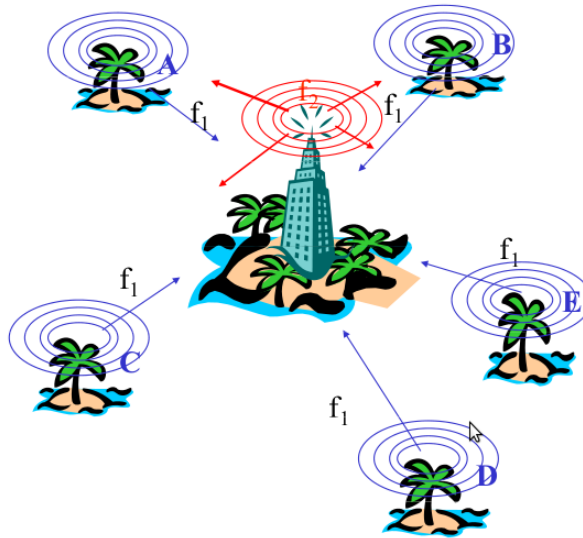


Fig 4.2.3: Xarxa Aloha

Un any després Aloha va ser connectada mitjançant ARPANET al continent americà.

ARPANET va ser una xarxa de computadores creada pel departament de defensa dels EEUU com a mitjà de comunicació pels diferents organismes del país. D'aquí va sorgir el que avui coneixem com a Internet.

Segons altres fonts, el punt de partida de les xarxes sense fils va ser un experiment realitzat per IBM l'any 1979. Els enginyers van voler construir amb infrarojos una xarxa local a una fabrica suïssa. Els resultats es van publicar al volum 67 de los Proceeding del IEEE.

4.3 Tipus i Classificació.

Les tecnologies sense fils es poden classificar en diferents tipus segons les distàncies a que es poden transmetre les dades:

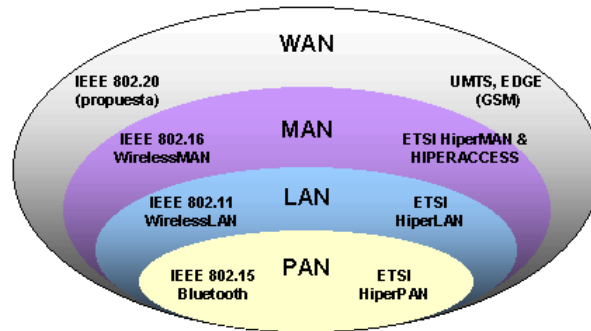
- WPAN (Wireless Personal Area Network)
- WLAN (Wireless Local Area Network)
- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)
- WWAN (Wireless World Area Network)

A la tercera i quarta categoria WAN/MAN es pòden incloure les xarxes que cobreixen des de desenes fins a milés de kilòmetres. A la segona categoria LAN posarem les xarxes compreses entre varis metres fins a desenes. I a la primera i nova categoria PAN, posarem les xarxes compreses des de metres fins a 30 metres.

En el cas de la categoria LAN, la norma IEEE 802.11 va establir al juny de 1997 l'estàndar per a xarxes sense fils. Una xarxa d'àrea local es pot definir com una xarxa d'abast local que té per mitjà de transmissió l'aire. La creació d'aquest estàndar va ser definitiu per la introducció i desenvolupament dels sistemes WLAN al mercat. Aquests tipus de xarxes sense fils es coneixen com a Wi-Fi.

L'estàndar 802.11 és molt similar al 802.3 (Ethernet). En aquest estàndar es troben les especificacions tant físiques com a nivell de MAC.

A continuació un gràfic on es podrà identificar els diferents estàndards per a tecnologies sense fils:



Esquema de distribució de l'ús de la longitud d'ones amb el rang de les freqüències utilitzades.

Tecnologia	IrDA	Bluetooth	DS/SS	FH/SS	802.11b	802.11a	803.22g
Data Rate (bps)	9,6K-4M	3M	11M	1-2M	11M	54M	54M
Rang (m)	1-2	20	20-100 interiors	20-100	100	100	100
Longitud d'ona	850-900nm	2,4Ghz ISM	2,4Ghz ISM	2,4Ghz ISM	2,4Ghz ISM	5Ghz U- NII	2,4Ghz ISM

4.3.1 WPAN (*Wireless Personal Area Network*).

Les Xarxes d'àrea Personal sense fils (WPAN – *Wireless Personal Area Network*) estan enteses com a xarxes de curta distància, centrades en les persones i que permeten que aquestes es puguin comunicar amb els seus dispositius personals.

Regulat a l'estàndard 802.15: Especialitzat en xarxes WPAN o Wireless PAN.

Tecnologies com:

4.3.1.1 *Home RF Shared Wireless Access Protocol (SWAP)*

Va ser dissenyat per portar veu i dades a dintre de casa. Per exemple els telèfons sense fils. Fa servir la banda dels 2,4GHz i el mètode de salt de freqüència (protocol d'accés sense fils compartit) per evitar interferències. Admet la comunicació de dades fins a 2Mbit/s i permet connectar fins un total de 127 dispositius. Suporta la comunicació de veu i dades permetent fins a 6 converses.

4.3.1.2 Bluetooth → Es veurà en profunditat més al punt 5.

4.3.1.3 ZigBee → És el nom de l'especificació d'un conjunt de protocols d'alt nivell de comunicació sense fils per la seva utilització amb ràdio digital de baix consum, basada en l'estàndard 802.15.4 de WPAN.

El seu **objectiu** son les aplicacions que requereixen comunicacions segures amb una baixa taxa d'enviament de dades i maximització de la vida útil de les seves bateries.

Fa servir la banda ISM (Industrial, científica i mèdica), en concret, 868 MHz en Europa, 915 en USA i 2,4GHz a tot el món. Tot i que les empreses opten per la banda dels 2,4GHz per que ser de lliure utilització a tot el món.

El desenvolupament de la tecnologia es centra en la senzillesa i el baix cost.

L'àmbit on es preveu que aquesta tecnologia cobri més força és a la domòtica, degut a diverses característiques que la diferencien d'altres com el baix consum, la seva topologia de xarxa en malla i la seva facilitat d'integració.

El seu **ús** també està relacionat amb controls industrials, allotjar sensors encrestats, recollir dades mèdiques, exercir labors de detecció de fum o intrusos, etc.

Com a exemple d'aplicació en Domòtica, a una habitació de la casa tenim diferents dispositius finals (interruptor i una llum) i una xarxa d'interconnexió realitzada amb routers ZigBee i governada per un Coordinador.

4.3.1.4 RFID → De l'anglès, *Radio Frequency Identification* és un terme genèric que es fa servir per descriure un sistema que transmet la identitat (en forma d'únic nombre de sèrie) d'un objecte o persona utilitzant ones de ràdio. Està classificat sota l'amplia categoria de

“[Automatic Identification Technologies](#)”. Dintre de les Tecnologies Auto ID trobem els lectors de codis de barres, lectors òptics de caràcters i algunes tecnologies biomètriques com els escàners de retina.

Els tecnologies Auto-ID s’estan utilitzant per reduir la quantitat de temps i feina necessària a introduir les dades manualment i a millorar la precisió de les dades.

Algunes de les tecnologies d’Auto-ID com els lectors de codis de barres, sovint requereixen una persona que escanegi una etiqueta per capturar les dades. En canvi, RFID esta dissenyat per que uns lectors capturin les dades de les etiquetes i les transmetin a un sistema informàtic, sense necessitat d’involucrar una persona.

Un sistema típic d’etiquetatge RFID consisteix en un microxip adjunt a una radio antena muntat en un suport.



Figura 4.3.1.4.1: Xip RFID



Figura 4.3.1.4.2: Antenes RFID

Els xips podem emmagatzemar fins a 2KB de dades. Com per exemple, informació sobre un producte o data d’enviament de fabrica, destinació i vendes per data, pot ser escrit a l’etiqueta.

Com funciona RFID? Quan una *companyia A* envia un palet sencer de refrescs, les etiquetes de les caixes i el palet s’escanegen quan l’enviament surt i el software es fa servir per a que automàticament li digui a la *companyia B* que l’enviament ha sortit del magatzem. La

companyia B pot mirar les dades amb els nombres de sèrie i saber que li arribarà, quant, etc. Quan la *companyia B* rep l'enviament, escaneja les etiquetes, i automàticament se li envia un missatge a la companyia A informant que l'enviament ha arribat.

Amb aquests sistemes, les companyies seran capaços de reduir inventaris, a la vegada que s'asseguren que les productes estan sempre en el lloc correcte en el moment correcte. Com que la presència humana no és necessària per escanejar les etiquetes, els costos de personal i els errors seran també reduïts d'aquesta manera.

Les aplicacions empresarials que fan servir aquesta tecnologia treballen amb el seguiment de recursos, fabricació o cadenes de muntatge, cadenes de subministració , retail , sistemes de pagament (tele-tac), seguretat i control d'accés.

4.3.1.5 NFC (Near Filed Communication)

La tecnologia NFC fa la vida més senzilla i més pràctica pels consumidors del mon fent més simple fer transaccions, intercanvi de contingut digital i connexió de dispositius electrònics amb un toc.

La tecnologia NFC harmonitza diverses tecnologies sense contacte d'avui dia, permetent solucions actuals i futures en àrees com:

- Control d'accés
- Electrónica de consum
- Assistència mèdica
- Recollida i intercanvi de informació
- Pagaments
- Transport.

Proporciona un rang de beneficis als consumidors i empreses com:

- Intuïtiu: Les interaccions NFC no requereixen més d'un simple toc
- Versàtil: NFC està ideat per la majoria de industries, entorns i usos.
- Obert i basat en estàndards: Facilita la ràpida i simple configuració de tecnologies sense fils com Bluetooth, Wi-Fi, etc
- Intrínsecament segura: Les transmissions NFC son de curt abast (d'un toc a pocs centímetres)
- Interoperable: NFC treballa amb les tecnologies de targetes sense contacte existents.
- Preparat per seguretat: NFC suporta aplicacions de seguretat.

4.3.2 WLAN (*Wireless Local Area Network*).

La tecnologia de les Xarxes d'àrea Local sense fils (WLAN – *Wireless Local Area Network*) és molt utilitzada com a alternativa a les xarxes LAN cablejades o bé com a extensió d'aquestes.

Trobarem dues tecnologies:

4.3.2.1 Hiperlan (*High Performance Radio LAN*):

És la iniciativa europea d'estàndard de la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) per amples de banda WLAN que operen en les freqüències 5.15-5.3 GHz i 17.1-17.3 GHz.

Serveix per assegurar la possible interoperabilitat dels equips de diferents fabricants que es comuniquen sense fils i operen en aquest espectre de freqüències.

No interfereix amb aparells de casa ja que la majoria d'aquests treballen a 2,4GHz.

Es tracta d'una Radio LAN (RLAN) on tots els nodes es comuniquen utilitzant un canal de comunicació compartit.

Dissenyat com a alternativa on les LANs cablejades no son pràctiques o econòmicament inviables, per ex. edificis antics, serveis financers, degut a la seva alta flexibilitat, sistemes mèdics, educació, indústria i xarxes *ad-hoc*.

4.3.2.2 WI-FI:

Marca de la *WIFI-Alliance*, organització global de la indústria sense ànim de lucre amb l'objectiu d'impulsar l'adopció de xarxes d'àrea local d'alta velocitat sense fils. Composta per centenars de companyies líders dedicada a la connectivitat sense fils.

Amb el desenvolupament de la tecnologia, la creació de mercat i la regulació de programes, la WI-FI Alliance ha permès la adopció general de WI-FI a tot el mon.

El programa WI-FI CERTIFIED™ va ser llençat al març del 2000. Proporciona la molt reconeguda designació d'interoperabilitat i qualitat i ajuda a assegurar que els productes *WI-FI-enabled* proporcionen la millor experiència de l'usuari.

La WI-FI Alliance ha completat més de 15.000 certificacions de productes , animant l'ús estes dels productes WI-FI i els serveis en mercats nous i establerts.

El WI-FI és connectivitat. A casa WI-FI et connecta al teu contingut i comunicacions favorites al teu telèfon mòbil, ordinador, reproductors i altres dispositius, tots sense els incomodes cables.

Quan et mous, WI-FI et deixa connectar a Internet o a la teva oficina des de un aeroport o cafeteria i t'ajuda a estar productiu quan estàs fora de casa.

Les xarxes WI-FI fan servir tecnologies de Radio anomenades 802.11 per proporcionar seguretat, fiabilitat i una ràpida connectivitat sense fils. Una xarxa WI-FI pot ser utilitzada per connectar dispositius electrònics entre ells, a Internet, i a xarxes cablejades que fan servir tecnologies Ethernet. Per operar fan servir les bandes de Radio de 2,4 i 5 GHz, alguns productes contenen les dues bandes (*dual band*). Poden proporcionar un rendiment real similar a les xarxes cablejades.

Grans companyies i campus fan servir tecnologia corporativa i productes WI-FI CERTIFIED™ per estendre les xarxes cablejades Ethernet a àrees públiques com sales de reunions, classes de formació i grans auditoris. Moltes companyies també proporcionen xarxes sense fils als seus treballadors externs o teletreballadors per treballar a casa o a les oficines remotes. Grans companyies i campus també fan servir WI-FI per connectar edificis.

També funcionen be per petites companyies donant connectivitat al personal de vendes, la planta de personal i els departaments de finances i comptabilitat. Degut al dinamisme de les petites empreses, la incorporada flexibilitat de les xarxes WI-FI fa més fàcil i assequible el seu canvi i creixement.

Arribar on estem avui dia, ha comportat la gran cooperació entre milers de companyies, investigadors i enginyers per desenvolupar productes que funcionen junts sense problemes.

A mitjans dels 90's, un consorci internacional d'experts enginyers de moltes companyies tecnològiques van començar a treballar juntes per mitjà d'una organització anomenada IEEE (*Institute of Electronic Engineers*, coneguda com "I-triple E"), a desenvolupar els estàndards de la indústria per com haurien d'interactuar entre ells els nous productes sense fils. Arrel d'aquesta cooperació la *WI-FI Alliance* va néixer i ha desenvolupat aquestes normes i laboratoris de proves a tot el mon per provar i certificar que els productes també compleixen amb els estàndards d'interoperabilitat i seguretat.

Els productes WI-FI operen sobre ones de radio, de la mateixa manera que ho fan els telèfons mòbils, el comandament a distància del garatge, la TV, la radio, el navegador GPS, o el microones. Cadascun d'aquests productes operen en una porció o banda de freqüència de l'espectre de radio.

Exemples de Bandes de Radio:

- Banda AM (530-1610kHz)
- Banda Curta (5,9-26,1 MHz)
- Banda ciutadana (26,965-27,405 MHz)
- Canals de TV (54-88 MHz)
- WI-FI (2,4 o 5 GHz)

Els productes WI-FI son designats per un sistema como el Dewey Decimal, desenvolupat pel IEEE per diferenciar entre les diferents famílies tecnològiques. Els productes WI-FI son identificats amb el 802.11 i després amb una lletra minúscula que identifica quina tecnologia específica opera, com la 802.11a. Cada certificació es defineix per un conjunt de característiques relacionades amb el rendiment, la freqüència i l'ample de banda. Cada generació també proporciona avanços de seguretat i d'altres avenços que els fabricants poden decidir implementar.

A dia d'avui han hagut 4 generacions de productes WI-FI disponibles, i més que estan sent treballats per afegir-los en un futur amb millores en el rendiment i la seguretat.

Tecnologia WI-FI	Banda de freqüència	Ample de banda o velocitat màxima
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	11 Mbps
802.11g	2,4 GHz	54 Mbps
802.11n	2,4 GHz, 5 GHz 2,4 o 5 GHz (a seleccionar) o 2,4 i 5 GHz (concurrents)	450 Mbps

Els productes WI-FI CERTIFIED™ son testejats per assegurar que treballen amb les prèvies generacions de productes WI-FI que operen amb la mateixa banda de freqüència. Per exemple, la 802.11g indica que el producte està certificat pels estàndards de 802.11g i que operarà amb dispositius 802.11b o 802.11n (suport a 2,4 GHz). Això vol dir que a mesura es vagin afegint dispositius a les xarxes WI-FI existents, es pot estar segur que treballaran be juntes.

Els productes WI-FI CERTIFIED™ contenen un logo identificatiu que verifica que les característiques han estat testejades i compleixen els estàndards de la notació.



4.3.3 WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*)

Les Xarxes d'Àrea Metropolitana sense fils (WMAN – *Wireless Metropolitan Area Network*) permeten establir als usuaris connexions entre múltiples localitzacions amb un àrea metropolitana (per exemple, entre diferents edificis d'oficines en una ciutat o un campus universitari) sense l'alt cost del cablejat de fibra o coure i llogues de les línies. A més les WMANs es poden fer servir com a backups per xarxes cablejades, en cas que les línies principals arrendades per les xarxes de cable no estiguin disponibles. Les WMANs fan servir tant ones de ràdio com llum infraroja per transmetre les dades. Les xarxes sense fils d'accés a la banda ampla que proporcionen accés molt ràpid a Internet als usuaris cada dia son més demandades.

4.3.3.1 Els estàndards actuals per les WMANs

4.3.3.1.1 HiperMAN

La *High Performance Radio Metropolitan Area Network* (HiperMAN) està dirigida a proporcionar solucions sense fils de banda ampla per xarxes d'àrea metropolitana. Serà l'accés sense fils de banda ampla interoperable que opera a freqüències de radio entre 2GHz i 11 GHz. La interfície de l'aire serà optimitzada per les configuracions Punt a Multipunt (PMP), però també permetrà els desplegaments de xarxes de malla.

4.3.3.1.2 HiperACCESS

La *High Performance Radio Access* (HiperACCESS) és un estàndard interoperable adaptat per proveir accés a banda ampla tant a casa com a petita i mitjanes companyies, així com proveir BackHaul (es defineix una mica més endavant) pels sistemes mòbils (p. exemple. W-CDMA, CDMA2000, GSM, GPRS).

L'estàndard HiperACCESS va ser desenvolupat per proporcionar un sistema de banda ampla fiable amb velocitats de fins a 100 Mbit/s, tot i que 25Mbit/s s'espera que sigui el ràtio més desenvolupat. Està dirigit a bandes de freqüències altes, especialment per la banda dels 40,5-43,5 GHz.

HiperAccess i *HiperMAN* estan adreçades als mateixos mercats però han estat separades degut a que *HiperAccess* utilitza les altes freqüències que requereixen diferents tècniques i les baixes freqüències utilitzades per *HiperMAN* per proporcionar el requerit QoS i d'altres sistemes mètrics.

L' Institut d'Enginyers Elèctrics i Electronics Associació Estàndard (IEEE-SA) va buscar que l'accés sense fils a la banda ampla (*Broadband Wireless Access* – BWA) fos àmpliament

disponible desenvolupant l'estàndard IEEE 802.16 qui especifica les interfícies *WirelessMAN Air* per les xarxes d'àrea metropolitana sense fils.

4.3.3.1.3 802.16

La IEEE 802.16 adreça les connexions "primera/última milla" a les xarxes d'àrea metropolitana sense fils. Es focalitza en l'ús eficient de l'ample de banda entre els 10 i 66 GHz i defineix la capa del control d'accés al medi (MAC – *Medium Access Control*) que dona suport a les especificacions de la múltiple capa física personalitzada per l'ús de bandes de freqüència.

Els estàndards de freqüència de 10 a 66 GHz donen suport als continus i variants nivells de tràfic segons les freqüències llicenciades (ex. 10.5, 25, 26, 31, 38 i 39 GHz) per comunicacions bidireccionals. Proporciona interoperabilitat entre dispositius i per tant els portadors poden utilitzar productes de diferents fabricants i garantir la disponibilitat dels dispositius a menor preu.

4.3.3.2 Tipus de WMANs

4.3.3.2.1 Back Haul

És per xarxes corporatives, torres de connexions mòbils i WI-FI hotspots. Es tracta d'una opció per empreses que no poden afrontar la instal·lació o lloguer de fibra per connectar les seves instal·lacions a un campus o ciutat gran. També tenen sentit quan no es pot justificar el cost de 50.000\$ a l'any per una connexió de fibra de 10-Mbps que requereix el lloguer de sis línies T1. Una connexió sense fils fixa costa la meitat de preu sense despesa mensual. Tot i que les línies DSL o T1 van sobre Back Haul, un sistema privat sense fils de banda ampla molt sovint proveeix transmissions 10 vegades més ràpides. Els costos son 5 vegades majors, però la inversió es veurà retornada en només uns quants mesos. Per interconnectar uns quants llocs es poden instal·lar un o més links punt a punt (PTP - *point to point*); per més seus, la instal·lació d'una WMAN privada multipunt te més sentit.

4.3.3.2.2 Última Milla (Last Mile)

Les xarxes BackHaul tenen la seva atracció a curt termini, però les solucions d'última milla poden establir les sense fils com una alternativa a les connexions residencials de banda ampla. Alguns ISPs que treballen amb tecnologies sense fils competeixen cara a cara amb la banda ampla, oferint una instal·lació ràpida i de menys cost així com servei d'Internet sense fils en àrees sense accés. Les WMANS d'última milla son pràctiques per xarxes temporals, també per a seus o àrees on no arriben els serveis convencionals.

Trobem molts models per xarxes d'àrea metropolitana. La més senzilla i comú són els centres de les ciutats amb accés WI-FI (*downtown hotzone*). S'anomena *Hotzone* a un clúster continu de hotspots WI-FI. Moltes ciutats proporcionen aquestes zones per promoure's elles mateixes com centres de negocis *high-tech*.

Els tipus de WMAN que cobreix un gran àrea més ambiciós són les que cobreixen ciutats senceres. Hi trobem varies operant en l'actualitat a Finlàndia, petites ciutats com Vantaa i Porvoo. Sobre grans ciutats com a Nova York o Paris no existeixen. Hi ha moltes raons per això.

4.3.3.3 Avantatges de WMANs

Les avantatges d'utilitzar les WMAN son molt simples de distingir. Inicialment el cost és significativament menys que les LANs basades en la fibra per moltes raons. WMANs estenen, reemplacen o fan de backup de les infraestructures existents de fibra en qüestió d'hores, estalviant temps i costos de personal. Eliminen també l'obra i el cost de les línies, una gran part del lloguer de les fibres.

Un altre avantatge d'implementar una WMAN és el fet que es tanca "la brecha digital" connectant comunitats que fins ara no han tingut accés a connexions d'Internet.

Finalment, la instal·lació de WMAN permet a les companyies, agències de governs, etc expandir el seu servei d'Internet a nous mercats i augmentar els ingressos.

4.3.3.4 Desavantatges de WMANs

Una de les principals desavantatges de les WMANs es que presenta un àrea molt gran pels hackers per atentar contra la xarxa. Com a qualsevol xarxa sense fils, un punt d'accés sense fils és una temptació per algú que vulgui hackejar una xarxa segura. Una WMAN no és més que una WAN més extensa i per tant presenta una major oportunitat de hackeig.

4.3.3.5 WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) té el potencial de reemplaçar un nombre d'infraestructures de telecomunicacions existents. Una configuració fixa sense fils pot reemplaçar les xarxes cablejades de coure de les companyies telefòniques, la infraestructura del cable de TV coaxial i a la vegada oferint serveis de proveïdor de serveis d'Internet. A la seva variant mòbil, té el potencial de reemplaçar les xarxes mòbils.

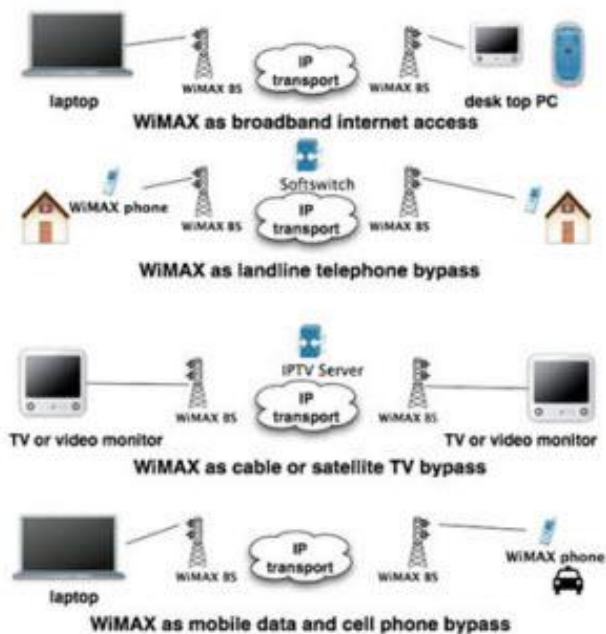


Figura 4.3.3.5.1: Potencial per impactar totes les formes de telecomunicacions.

WiMAX és un estàndard designat pel IEEE 802.16-2004 per aplicacions fixes sense fils i 802.16e-2005 per aplicacions mòbils.

El WiMAX Fòrum és un consorci sense ànim de lucre, constituïda per empreses del sector, i amb l'objectiu comú de certificar la compatibilitat i, encara més important, la interoperabilitat dels productes. Va definir el WiMAX com l'accés sense fils de banda ampla de l'última milla (*BWA – Broadband Wireless acces*), alternativa al servei del cable mòdem, els xDSL basats en línies de telèfon o els serveis E1/T1 quina fortlesa és la de tenir la possibilitat d'arribar a llocs geogràfics on els xDSL i els cable-modem no poden arribar.

A diferència d'altres tecnologies com IEEE 802.11, WiMAX cobreix molts rangs de freqüència diferents. L'estàndard està establert pel rang 10-66GHz. Però també es van afegir els rangs del 2-11GHz. Com a resultat, posseeix un rang de fins a 31 milles i per tant pot ser fet servir per proveir connectivitat de xarxa tant a nivell de campus com l'accés a última milla sense fils, facilitant xarxa d'alta velocitat i servei d'Internet directa als clients. WiMAX teòricament espera proporcionar una pujada i una descàrrega de fins a 75 Mbits per segon per canal, però degut al llicenciament de les freqüències no es podrà arribar a aquesta velocitat. Unint diferents canals es pot augmentar la velocitat considerablement. A part de actuar com a banda ampla troncal s'espera que complementi WI-FI, l'estàndard 802.11b.

El que fa el WiMAX fix molt excitant és l'ampli rang d'aplicacions que fan possible, però no limitat, l'accés a la banda ampla. T1/E1 com a substituïts per negocis, veu sobre IP com a substituït de companyia telefònica, *Internet Protocol Television* (IPTV) com el substituït del cable TV, BackHaul pels punts d'accés WI-FI i torres de telefonia mòbil, servei de telefonia mòbil, TV pel mòbil, serveis de resposta d'emergència mòbils, BackHaul sense fils com a substituït del cable de fibra òptica.

El WiMAX mòbil fa que la versió fixa de WiMAX hi vagi una mica més enllà i permet aplicacions de l'estil a la telefonia mòbil però a una escala major. Per exemple, el WiMAX mòbil permet que un streaming de vídeo sigui enviat i controlat per una política o per un altre sistema a velocitats superiors a 110km/h. Potencialment reemplaça els telèfons mòbils i les ofertes de dades mòbils dels operadors de telefonia com [EvDO](#), [EvDV](#) i [HSDPA](#).

A més ofereix millor penetració als edificis i mesures de seguretat millorades que al WiMAX Fix. Mobile WiMAX serà molt valuós pels serveis emergents com la TV Mòbil i els jocs.

Bandes de freqüència a Espanya.

- 3400-3600 MHz, amb excepció d'algunes subbandes. És una banda llicenciada. El detall es pot trobar a la nota UN-107 del CNAF ([Quadre Nacional d'atribució de freqüències](#)).
- 5470-5725 MHz, és una banda d'ús comú ("banda lliure"). El detall es pot trobar a la nota UN-128 del CNAF.
- 5725-5875 MHz, dividit en dues subbandes. Una d'ús comú ("banda lliure"). El detall es troba a la nota UN-143 del CNAF.

Com a xarxa de transports, és més recomanable utilitzar la banda llicenciada, per evitar interferències.

En desplegaments en zones rurals amb visió directa (LOS), és més recomanable utilitzar enllaços de banda lliure, ja que es disposa de major ample de banda a la banda dels 5 GHz, a part de ser més econòmic per no exigir títol pel seu ús.

4.3.4 WWAN (*Wireless Wide Area Network*).

Les Xarxes d'Àrees extenses sense fils (WWAN – *Wireless Wide Area Network*) difereixen d'una WLAN en que fa servir tecnologies de xarxa cel·lular de comunicacions mòbils com WiMAX (Aplica millor a WMAN), UMTS, GPRS, EDGE, CDMA2000, CDPD, Mobitex, HSPA i 3G per transferir les dades.

La velocitat en aquestes xarxes depenen de la tecnologia utilitzada. Per exemple, les xarxes GPRS (*General Packet Radio Service*) permet al voltant dels 115 kbps. A les CDMA (*Code Division Multiple Access*) l'actual ample de banda ha incrementat fins els 153kbps.

Al principi d'aquesta evolució de la tecnologia sense fils, les investigacions van indicar que les tècniques d'encryptació als inicis de les tecnologia GSM va ser defectuosa i amb conseqüència hi havia riscos de seguretat. Però amb el temps i els avenços a la tecnologia existent aquest fre va ser vençut.

Els avantatges d'aquesta tecnologia inclou connectivitat des de qualsevol lloc, relació cost - rendiment, connexions ràpides, backup sobre línies fixes, fàcil instal·lació i connectivitat de dades pels usuaris de telefonia mòbil.

4.3.4.1 Tecnologies WWAN

Organismes d'estandardització:

- ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)
 - o Estandardització inicial de GSM, GPRS i UMTS.
 - o www.etsi.org
- 3GPP (*Third Generation Partnership Project*)
 - o Creat al 1988
 - o Acord de col·laboració entre ETSI i d'altres mecanismes d'estandardització oficials (Japó, China, Korea, USA)
 - o Actualment s'ocupa de la definició de GSM, GPRS i UMTS.
 - o Format per fabricants, operadors i d'altres (afiliats a un organisme d'estandardització: ETSI o d'altres.
 - o www.3gpp.org
- 3GPP2
 - o Creat al 2000
 - o Similar al 3GPP per sistemes americans (cdma2000)
 - o www.3gpp2.org

Generacions de les comunicacions mòbils:

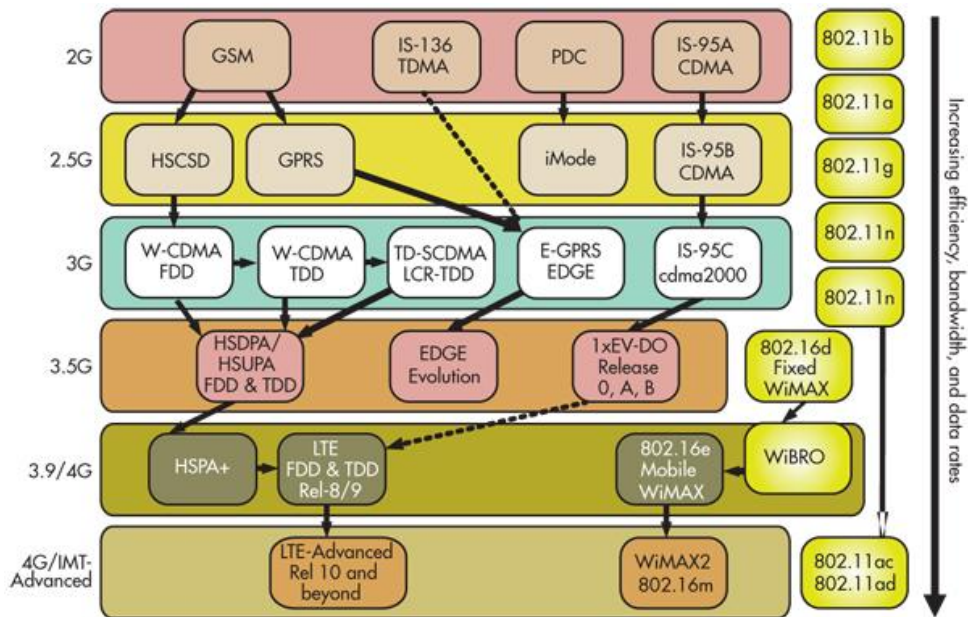


Fig1. In the evolution of wireless cellular standards, all paths eventually lead to some form of LTE or a WiMAX alternative. (courtesy of Agilent Technologies)

4.3.4.1.1 Sistemes clàssics (FDMA/TDMA)

Els sistemes de inici, no cel·lulars, estaven composts per una única estació base per cobrir la zona desitjada (ciutat i voltants). Es feien servir receptors de satèl·lit per equilibrar la cobertura ascendent amb la descendent. S'utilitzava el sistema FDMA (FM de 25-30KHz, veu) i tenia bastants limitacions de cobertura i capacitat. El mètode de funcionament era mitjançant la divisió de la zona de cobertura en zones més petites anomenades cèl·lules o cel·les que cadascuna d'elles era atesa per una base.

Les primeres xarxes analògiques van ser:

- AMPS (Advanced Mobile Phone System)
 - o USA al 1983-2008 i Austràlia al 1987-2000
 - o Banda dels 800MHz
- NMT (Nordisk MobilTelefoni, Nordic Mobile Telephony)
 - o Es va iniciar als països nòrdics (Dinamarca, Noruega, Suècia i Finlàndia)
 - o Empleat en d'altres països europeus (Holanda, Suïssa, Polònia, Hongria, República Checa, ...)
 - o NMT 450 (@450MHz) i NMT900 (@900 MHz)
 - o Pràcticament desaparegut a l'actualitat (GSM)
- TACS (Total Access Communication System)

- Versió de AMPS utilitzada al Regne Unit, Espanya, Italia, etc
- Banda de 900 MHz
- No es fa servir a l'actualitat
- Al Japó es va anomenar JTACS

4.3.4.1.2 Sistema GSM

El sistema GSM (Global System for Mobile Communications) és una tecnologia cel·lular, digital i oberta que proporciona serveis de veu i dades en mobilitat.

Ofereix:

- Serveis de Veu
- Serveis de dades (fins a 9,6kbps)
- SMS

Opera a les bandes:

- Europa: 900MHz i 1800MHz
- EEUU: 850MHz i 1900MHz
- Sud-amèrica, Canadà i Austràlia: 850 MHz

Cobertura pràcticament global:

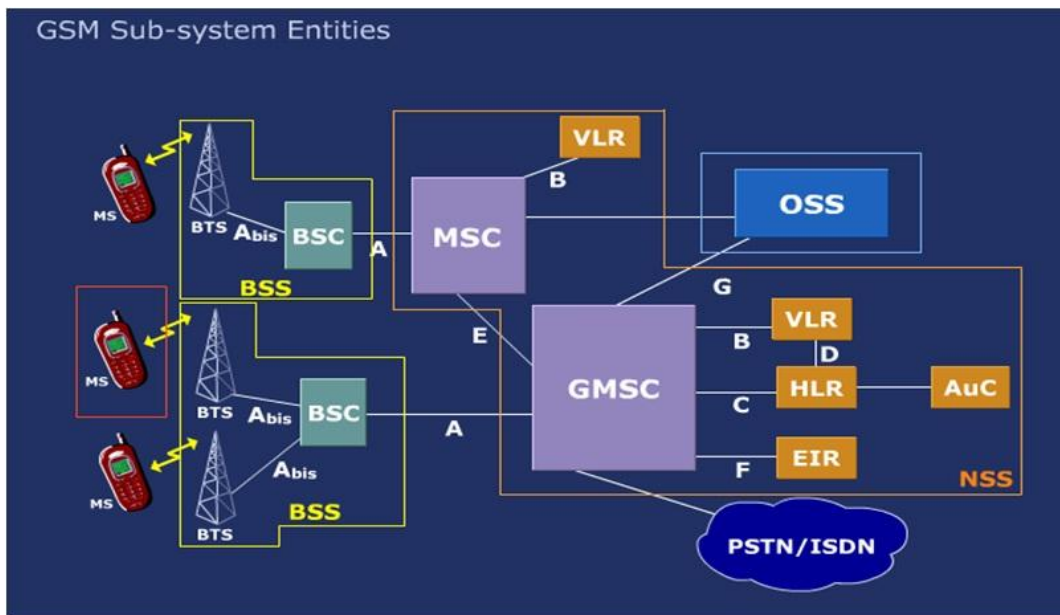
- Servei disponible a més de 218 països – Roaming amb el mateix nombre.
- Les xarxes terrestres GSM cobreixen aproximadament el 80% de la població mundial.

Historia de GSM :

- 1982 → CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*), predecessora de la ETSI.
- Tasca: Especificar un nou sistema cel·lular en 900MHz
 - 1ª Decisió: Digital
 - 2ª Decisió: Verificació de diferents sistemes de radio cel·lular a països europeus.
- 1986 → A París es van debatre 9 propostes.
- 1991 → Primera trucada GSM a Finlàndia
- 1992 → S'envia el primer SMS. Operació comercial en alguns països.
- 1998 → Milliores en la transmissió de dades: GPRS
- 2000 → S'envien $5 \cdot 10^9$ SMS en un més.
- 2004 → $1 \cdot 10^9$ usuaris GSM
- 2005 → S'envien $>1 \cdot 10^{12}$ SMS en tot un any.
- 2006 → $2 \cdot 10^9$ usuaris de GSM

- 2008 → > 3.10⁹ connexions GSM

Arquitectura GSM:



- MS, ME i SIM
 - o MS és el terminal mòbil GSM. Es divideix en ME (*Mobile Equipment*) i SIM.
 - o ME: servei de veu; altres: sms, WAP,...
 - o SIM: targeta que identifica l'usuari i conté entre d'altres:
 1. IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) Identitat de l'usuari, única al mon.
 2. TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*) Identitat temporal de l'usuari.
 3. PIN i PUK (Codis d'accés i desbloqueig)
 4. Informació d'abonat (agenda, sms rebuts)
 5. Identitat de l'últim àrea de localització
 6. PLMN (public land mobile network) no autoritzades.
 7. Algoritmes de xifrat i autenticació.
- BTS (*Base Transceiver Station*)
 - o Equips ràdio de l'estació base:
 1. Transceptors (un per portadora): TRX
 2. Antena
 3. Elements de connexió amb l'antena: cable, combinadors, multiacobladors.

4. Connexió amb BSC; típicament mitjançant radioenllaç.
 5. Les BTS han de ser lo més simple possible, i fiable (sol estar en llocs de difícil accés).
- BSC (Base Station Controller)
 - Equip de control de l'estació base
 - Pot controlar varis BTS
 - S'encarrega de:
 1. Configuració de la base
 2. Gestió de canals de ràdio: assignació, liberació, control de potència, traspessos intra-BSC.
 3. Es connecta amb el OMC (Operation and Maintenance Center) per operació i manteniment. Recull estadístiques i alarmes.
 - MSC (Mobile Switching Center)
 - Central telefònica, amb funcions addicionals derivades de la mobilitat dels usuaris.
 - S'encarrega de:
 1. Encaminament de les trucades
 2. Traspessos inter-BSC i inter-MSC
 3. Es connecta amb l'omc per operació i manteniment. Recull estadístiques i alarmes.
 - Els G-MSC donen accés a xarxes externes a la PLMN GSM.
 - HLR (Home Location Register)
 - Base de dades (registre) general d'usuaris
 - És única (funcionalment) a cada xarxa (físicament pot estar distribuïda, o duplicada per motius de redundància).
 - Per cada usuari conté informació:
 1. Estàtica: IMSI, MSISDN (nombre de telèfon de l'usuari), serveis contractats.
 2. Dinàmica: zona de VLR (MSC) actual
 - VLR (Visitors Location Register)
 - Base de dades (registre) d'usuaris itinerants.
 - Existeix un per cada MSC (de fet, MSC i VLR solen estar integrats en un mateix equip físic)
 - Conté informació per a cada usuari que estigui en la zona que gestiona.
 - AuC

- Base de dades d'autenticació
- Associat al HLR
- Conté per cada usuari:
 1. IMSI
 2. Clau secreta d'autenticació (continguda a la SIM)

Una trucada entre dos mòbils comença al MS (*Mobile Station* o terminal mòbil) que arriba al BTS (*Base Transceiver Station* o torre que proporciona cobertura mòbil) per a continuació seguir fins al BSC (*Base Station Controller*) arribant a un (G)MSC (*Gateway*) (*Mobile Switching Center*) on es comença el procediment de cerca i localització de l'abonat, anomenat senyalització. Un cop l'abonat ha estat cercat, la trucada es encaminada en sentit contrari a com havia estat establerta, es a dir, del (G) MSC corresponent arriba a la BSC (*Base Switch Controller*) on l'abonat que rep la trucada està localitzat per, passant per la BTS (*Base Transceiver Station*) més propera a l'usuari trucat, aquest rep la trucada.

4.3.4.1.3 Sistema GPRS

El sistema GPRS, General Packet Radio Service, és l'evolució del sistema GSM per a transmissió de dades a ràfegues, mitjançant la commutació de paquets.

Definit pel ETSI/3GPP com a part de la fase 2+ d'especificacions GSM. Considerada com la Generació "2,5".

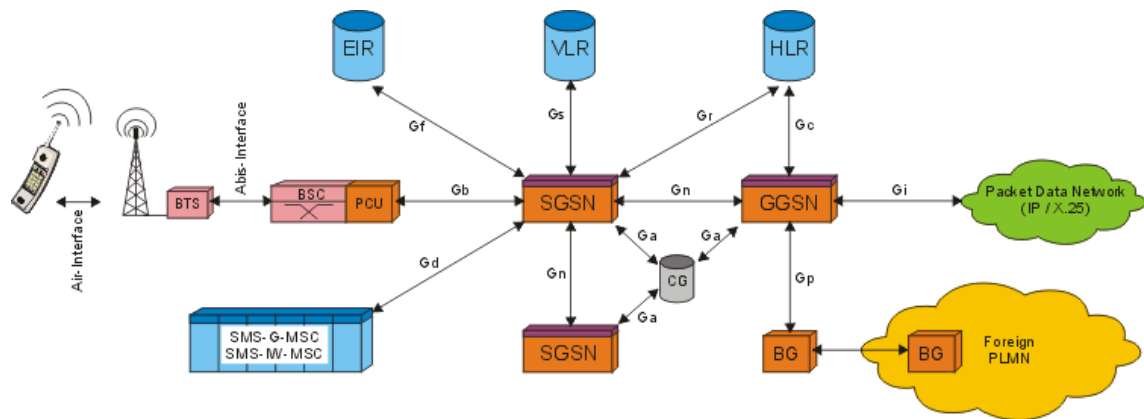
La creació de la tecnologia GPRS va ser motivada degut a que GSM no és una tecnologia apropiada per a la transmissió de dades:

- Commutació de circuits: poc eficient
- Recursos simètrics
- Velocitat de 9,6 kbps
- Facturació per temps de connexió.
- Temps d'establiment elevat.

GPRS permet oferir serveis de transmissió de dades:

- Es basa en commutació de paquets.
- Es pot assignar diferents nivells de qualitat de servei.
- Només es transmet quan hi ha tràfic i disponibilitat de recursos.
- Tarificació basada en volum d'informació.
- Establiment de connexió més ràpid.

Arquitectura de Xarxa GPRS:



- GPRS aprofita part de la xarxa de GSM: comparteix la xarxa d'accés
 - o Els MT (a partir de 2002, terminals duals) i el BSS
- S'introdueixen dos nous elements al nucli de xarxa.
 - o **SGSN (Serving GPRS Support Node):**
 1. S'encarrega de la commutació de paquets a la xarxa GPRS.
 2. Es connecta al BSC (Interfície Gb) → Punt d'accés al servei.
 3. Retransmissió de dades entre terminal i GGSN
 4. Gestió de mobilitat i registre de terminals.
 5. Paging: Avís al terminal per a que passi d'estat repòs a actiu.
 6. Recollida de dades per la facturació
 7. Gestió protocol IP
 - o **GGSN (Gateway GPRS Support Node):**
 1. Connexió terminal a xarxes externes (IP).
 - El GGSN es vist com un router per l'exterior.
 2. Rep dades externs i els encamina cap al SGSN corresponent.
 3. Rep els paquets d'un terminal, elimina les capçaleres del túnel i l'encamina a l'exterior.
 4. Assignació d'adreces IP (estàtiques o dinàmiques).
 5. Serveis bàsics per accedir al ISP
 6. Privacitat i seguretat (gateway entre xarxes externes i xarxa GPRS)
- És necessari portar a terme lleugeres modificacions en d'altres elements de l'arquitectura GSM
 - o Actualitzacions de software a MSC, VLR i HLR
 - o Canvis hardware a BTS
 - o Canvis hardware i actualitzacions software a BSC

- Definició de noves interfícies.
 - BG – *Border Gateway*
 1. Porta de connexió amb d'altres PLMN
 2. Intercanvi segur de dades entre xarxes GPRS de manera directa
 - CG - *Charging gateway*: Recull els registres de detall de trucades (CDR) per passar-los al sistema de facturació.
 - DNS – *Domain Name System*: Traducció de noms lògics, nodes a adreces físiques.
 - Servidor DHCP: Només si es fa servir adreçament dinàmic
 - Servidor Radius: Per funcions d'autenticació, autorització i comptabilitat.
 - Tallafocs: Seguretat amb xarxes externes.

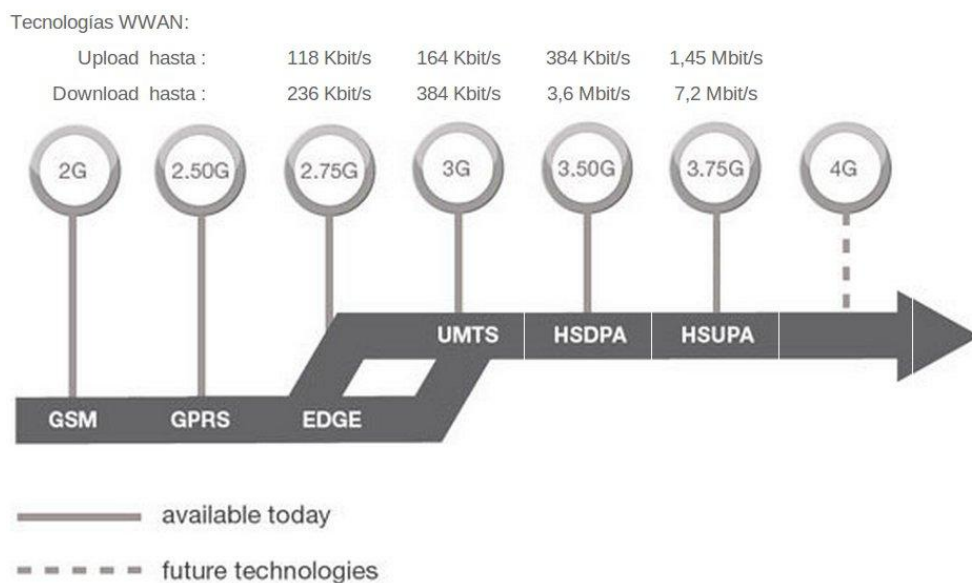
Tipus de terminals:

- Classe A:
 - Ús simultani de GSM i GPRS
 - 1 ranura per GSM i 1 o més ranures per GPRS
 - No hi ha degradació de cap dels dos serveis.
- Classe B:
 - Suporta GPRS i GSM però no simultàniament.
 - Un dels dos està suspès de mentre l'altre està actiu.
 - Prioritat per GSM.
 - Només GPRS deu patir degradació de QoS.
 - La senyalització pot ser simultània.
- Classe C:
 - Elecció manual de GPRS o GSM
 - No es pot utilitzar simultàniament.
 - Si està activat GPRS no es poden rebre trucades GSM.

4.3.4.1.4 Sistema UMTS

- La tercera generació de telefonia mòbil es va anomenar *Universal Mobile Telecommunications System* o UMTS .
- La feina a UMTS (WCDMA) va començar en varis projectes d'investigació de la Unió Europea.
- La ETSI decideix al 1998 que WCDMA serà l' interfície pels sistemes 3G. La feina d'especificació va ser portada a terme pe 3GPP.

- Al 1999 apareix la primera especificació completa (Release99).
 - o Primera xarxa comercial → Japó 2001
 - o A Europa les primeres proves es van realitzar al 2002 i al 2003 va començar amb el desplegament comercial.
- Evolucions rellevants:
 - o HSDPA (*High Speed Download Packet Access*) 2005
 - o HSUPA (*High Speed Upload Packet Access*) 2007
 - o LTE (*Long Term Evolution*) 2008 i en evolució.
- Al 2008 es van superar més de 200 milions de connexions UMTS.



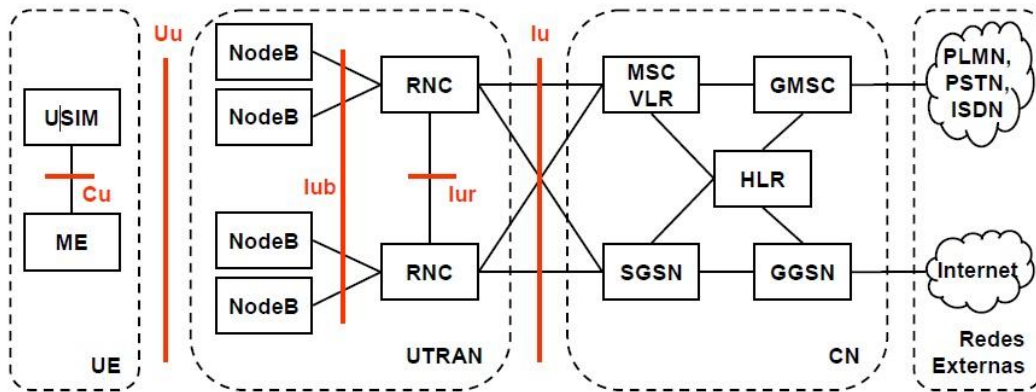
Estandardització UMTS

Es va pretendre aconseguir una tecnologia global ja que existien tecnologies diferents, treballant en paral·lel.

Es decideix crear el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) (www.egpp.org) per unificar esforços. Està compostat per 6 organitzacions (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA i la TTC) que treballen conjuntament pel desenvolupament de telecomunicacions i proveeixen als seus membres un entorn estable per produir gran quantitat de reportes i especificacions que defineixen les tecnologies 3GPP.

El 3GPP està dividit en 4 grups d'especificació tècnica o *Technical Specification Groups* (TSG). Aquests son *Radio Access Networks* (RAN), *Service and Systems Aspects* (SA), *Core Network and Terminals* (CT) i *GSM EDGE Radio Access Networks* (GERAN).

Arquitectura UMTS



Es distingeixen 3 elements principals:

- *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN).*
- *Core Network (CN).*
- *User Equipement (UE).*

UTRAN i UE aporten dissenys completament nous – en funció de les necessitat concretes de WCDMA.

El CN es recolza/adapta al sistema GSM.

User Equipement (UE)

- *Mobile Equipement (ME).*
 - o Terminal radio empleat per comunicacions.
 - o Interfície amb el NodeB a través de Uu.
- *UMTS Subscriber Identity Module (USIM).*
 - o Targeta intel·ligent de dades d'usuari (identificació...).
 - o Algoritmes de xifrat i autenticació.
 - o Claus de seguretat.
 - o Informació de subscripció a serveis.
 - o Semblant a la que es fa servir a GSM.

UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)

- Format per un o varis *Radio Network Subsystems (RNS)*
 - o Los RNS podrien estar connectats entre si.
- RNS

- Un *Radio Network Controller* (RNC).
- Un o varis NodeBs.
- Requeriments per la UTRAN
 - Suport de “soft handover”, que implica que un terminal tingui simultàniament 2 o més connexions a la xarxa.
 - Aspectes específics de WCDMA (algoritmes de gestió de recursos radio).
 - Integració en la gestió de connexions de commutació de paquets/circuits.
 - Maximitzar els punts en comú amb GSM.
 - Us d’ATM com mecanisme de transport principal.
 - Incorporació de IP a partir de la R5..

Radio Network Controller (RNC)

- Es correspon amb els BSC de GSM
 - Es connecta amb el CN (MSC i SGSN).
 - Protocols RRC (Control Recursos Radio).
 - Encarregat dels procediments RRM (*Radio Resource Management*).
 1. Control de carrega i congestió de les seves cel·les.
 2. Control d’admissió i de l’assignació de codis a les noves comunicacions.
 3. Traspassos.
- Quan un UE està connectat a dues cel·les pertanyents a dos RNS es distingeixen (pel “soft handover”)
 - Serving RNC – el que controla la comunicació en un moment determinat.
 - Drift RNC – únicament gestiona la pertinença del mòbil a la cel·la.

NodeB

- S’encarrega del processat (capa1) radio, proporcionant l’ interfície entre el UE i la xarxa.
- Es pot associar amb la BTS de GSM.
- Funcions
 - Realitza funcions de control de potència al llaç intern.
 1. Mesura la SIR, la compara amb el valor objectiu i ajusta la potència de transmissió.
 - Report de mesures al RNC.
 - Microdiversitat

1. Combina les senyals dels diferents sectors als que es connecta el UE abans de enviar el senyal al RNC.

Core Network

- L'evolució en la CN és més gradual.
- En el R99 es maneguen dos dominis: commutació de circuits i commutació de paquets.
 - o Els elements de commutació de circuits es tenen que modificar
 - o Els elements de commutació de paquets son similars als introduïts pel GPRS
- En el R4.
 - o El transport dels protocols es basa en IP
 - o El MSC tradicional es divideix en dos entitats
 1. Apareix el CS-MGW (*Circuit Switched Media Gateway*), que s'encarrega de la transferència en mode commutació de circuits
 2. El MSC Server controla varis CS-MGW.
- En el R5.
 - o Apareix el IMS (*IP multimedia Subsystem*) → Marc de senyalització i control per aplicacions IP, independent de la tecnologia de xarxa.

WCDMA

- Espectre eixamplat per seqüència directa
 - o Chip rate: 3.84 Mchips/seg
- Ample de banda de 5 MHz
- Avantatges
 - o Accés múltiple i robustesa davant l' interferència multitrajecte.
 - o Seguretat: pel codi d'eixamplament.
 - o No es requereix una sincronització "estricta" entre els usuaris
 - o No hi ha una capacitat "concreta" d'usuaris.
 1. Degradació progressiva
- Dificultats
 - o Càlcul de capacitat complex.
 - o Interferència mútua entre terminals limita la capacitat
 - o Necessitat de control de potència estricte → efecte "a prop-lluny"
 1. Sense control de potència, els mòbils mes propers serien una interferència notable pels mes llunyans.

4.3.4.1.5 Sistema HSPA

HSPA (*High Speed Paquet Data Access*) és una millora de l'estàndard 3G per a la transmissió de dades. Només pot haver cobertura HSPA a les zones amb 3G. Tot i això, hi ha zones on 3G no suporta HSPA, ni tant sol HSDPA.

HSPA és la unió de HSDPA (*High Speed Down Link Packet Data Access*) i HSUPA (*High Speed Uplink Packet Data Access*), millores de velocitat de baixada i pujada respectivament. Típicament permet arribar a velocitats de 3,6 i 7,2 Mbps de descarrega i 1,4 Mbps de pujada.

La inserció es va realitzar en diferents passos; HSDPA, introduït a la Release 5 del 3GPP, i HSUPA introduït a la Release 6.

HSDPA

Des de que UMTS va ser introduït pel 3GPP Release 99 (R99) la necessitat de millorar el suport pels serveis de descarrega de dades ha incrementat. Ratis més alts i menors retards, van ser els grans motius per la introducció de HSDPA en la Release 5, així com la decisió que els canvis de nodes serien els mínims, i tant pels mòbils UMTS com als de HSDPA farien servir la mateixa xarxa.

Per fer decisions ràpides a la localització del canal de radio, adaptar a la qualitat del canal canviant i per reduir els retards s'han hagut d'afegir algunes funcions a prop de la interfície ràdio, per exemple, al NodeB:

- Programar, seleccionar quin Equip d'usuari (UE) va a utilitzar les recursos de radio a cada interval de temps de transmissió.
- Adaptació del link, configuració del rati de codificació del canal i modulació (QPSK o 16QAM) de manera que es facin servir els recursos de manera efectiva.

A UMTS el RNC (*Radio Network Controller*) és l'encarregat de tot el que està relacionat amb els recursos de radio, programació, selecció del format de transport i la configuració de l'objectiu del control de potència per proporcionar la velocitat requerida pel servei específic dels equips dels usuaris.

La major característica a HSDPA és que les codis de canalització poden ser compartits no només per multiplexació per codis com a UMTS, sinó que també utilitzant multiplexació en el temps.

El màxim rati de canal per HSDPA és 14,4 Mbps, amb un rati de pic de dades d'usuari de 13,4 Mbps, comparat amb el màxim rati de dades d'usuari de 384kbps per UMTS.

HSUPA

Per acabar d'omplir la necessitat de millora també per la pujada de paquets de dades, HSUPA va ser introduït al Release 6 del 3GPP.

La major diferència entre la descarrega i la pujada és que per la descarrega hi ha UN transmissor per cel·la, encara que per la pujada pot haver molts transmissors, cada equip d'usuari amb una pujada activa, movent-se i enviant independentment.

A la Release 6 el màxim rati de canal per HSUPA és 5,8 Mbps, amb un rati de pic de 5,4 Mbps.

HSPA+

Estàndard per incrementar més les velocitats a l'evolució de HSPA, anomenat coma HSPA+, van ser afegides noves funcions, per exemple, modulacions de major ordre 64QAM (DL) i 16QAM (UL) així com *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), utilitzat només a la descarrega.

MIMO, per exemple, la Multiplexació Espacial, es fa servir per incrementar el bitrate general de les transmissions en dos (o més) feixos de dades diferents en dos (o més) diferents antenes – utilitzant els mateixos codis de canalització al mateix temps – per ser rebuts per dos o més Antenes receptores. A la Release 7 de 3GPP per HSPA hauran 2 antenes transmissores i dos receptores (2x2 MIMO).

A la Release 7 de 3GPP MIMO no pot ser utilitzat en combinació de 64 QAM, però si que ho serà a la Release 8. El nou màxim rati de dades pel canal quan MIMO és utilitzat son 28 Mbps en combinació amb 16QAM (R7) i 42 Mbps quan és utilitzat amb 64 QAM (R8).

Altres funcions que han estat afegides a HSPA+ en posteriors releases, per exemple a la Release 8 és el Dual Cell-HSDPA (també anomenat com Dual Carrier-HSDPA, DC-HSDPA), on l'agregació del portador de dos bandes adjacents de 5 MHz, cobrint el mateix àrea, es fa servir per augmentar el rendiment.

4.3.4.1.6 LTE



LTE o *Long Term Evolution* és un estàndard de comunicacions mòbils desenvolupat per la 3GPP, l'associació que va desenvolupar i manté GSM i UMTS. La interfície radio (nivell físic) del sistema LTE és quelcom completament nou, així que LTE és una nova generació respecte a UMTS (3^o generació o 3G) i a la vegada GSM (segona generació o 2G).

LTE va néixer per cobrir principalment les següents necessitats:

- Els usuaris volen una connexió de dades que descarregui i pugi a més velocitat.
- Els fabricants i operadors volen un estàndard menys complex i que redueixi costos.
- S'ha d'assegurar la competitivitat del 3G en el futur davant, per exemple, a WiMAX.

El primer servei públic de LTE es va desplegar a les capitals escandinaves de Estocolm i Oslo el 14 de desembre de 2009. A Espanya, Telefónica va començar a donar servei d'aquesta tecnologia a Madrid i Barcelona el Setembre de 2011. Vodafone calcula que l'extensió massiva de LTE al nostre país es produirà al 2015.

Característiques de LTE

LTE és una tecnologia molt bona i estable amb tres característiques clau: permet altes velocitats amb baixa latència, es barat i fàcil de desplegar pels operadors i evita la fragmentació pel tipus de duplexació.

Les tasses de pujada i baixada poden arribar a velocitats de pic de 173 Mbps de baixada i 86 Mbps de pujada, amb dues antenes a l'estació base i 2 al terminal (i fins a 300Mbps de baixada amb 4x4 antenes). La latència és de 10ms.

Respecte que sigui fàcil el seu desplegament, la clau està en que els serveis de LTE només utilitzen commutació de paquets. LTE no pot gestionar SMS o trucades amb commutació de circuits, d'això es seguirà encarregant les xarxes GSM i demés, amb la consegüent optimització de costos d'infraestructura. El sistema d'encaminament de paquets de LTE està molt optimitzat per un món que cada cop fa més coses sobre IP (VOIP en lloc de trucades, WhatsApps en comptes de SMS, ...

Per últim també està pensat per evitar la fragmentació dels terminals a nivell mundial pel tipus de duplexació, a les últimes revisions de l'estàndard son compatibles tant amb FDD (*Frequency Division Duplex*) que fa servir varies zones de l'espectre i TDD (*Time Division Duplex*) que ocupa només una zona. Així un telèfon xinés LTE TDD funcionarà a Espanya sense cap inconvenient.

5. La tecnologia Bluetooth

Bluetooth és un conjunt d'especificacions comunes per aplicacions de curt abast sense fils. Intenta reemplaçar els cables connectant dispositius portables i/o fixes mantenint alts nivells de seguretat.

El Bluetooth *Special Interest Group* (SIG), una associació comercial formada per líders en telecomunicacions, informàtica i indústries de xarxa, és l'encarregada del desenvolupament i introducció al mercat d'aquesta tecnologia sense fils.

La tecnologia Bluetooth comprèn Hardware, Software i requeriments de interoperabilitat, per que pel seu desenvolupament ha estat necessària la participació dels principals sectors de les telecomunicacions i la informàtica com Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia i Toshiba. Posteriorment s'han anat incorporant moltes més companyies i es preveu que ho facin també empreses de sectors tant variats com l'automatització industrial, maquinària, oci i entreteniment, fabricant de joguines, electrodomèstics, etc amb el que en poc temps es presentarà un panorama de total connectivitat amb els nostres aparells tant a casa com a la feina.

El nom ve de Harald Bluetooth, un viking i rei de Dinamarca del segle X, conegut per les seves capacitats comunicatives.

El punt fort de la tecnologia sense fils Bluetooth es l'habilitat de manegar simultàniament transmissions de dades i veu que proporciona als usuaris una gran varietat de solucions innovadores com els auriculars mans lliures per trucades mòbils, possibilitats d'impressió i fax i sincronització de PC's i telèfons mòbils, nomes anomenant uns quants.

El rang de la tecnologia Bluetooth és específica a aplicacions. No hi ha cap límit establert i els fabricants poden sintonitzar les seves implementacions per proporcionar el rang necessari per a recolzar els casos d'ús de las seves solucions.

Especificació del Nucli Bluetooth.

A diferència d'altres estàndards sense fils, l'especificació Bluetooth Core proporciona als desenvolupadors de productes definicions tant de la capa d'enllaç com la d'aplicació, per que suportin aplicacions de dades i veu.

Spectrum

La tecnologia Bluetooth opera a la banda sense llicència industrial, científic i mèdica (ISM) dels 2,4 a 2,485GHz, utilitzant un espectre ampli, salt de freqüència i senyal full-duplex a un rati nominal de 1600 salts/seg. La banda 2,4 GHz ISM està disponible i sense llicència a la majoria del països.

Interferències

La capacitat d'adaptar el salt de freqüència (*AFH, Adaptive Frequency Hopping*) de la tecnologia Bluetooth va ser dissenyat per reduir les interferències entre les tecnologies sense fils que compartien l'espectre dels 2,4 GHz. AFH treballa dintre de l'espectre per treure avantatge de les freqüències disponibles. Es fa detectant els altres dispositius que hi ha a l'espectre i cancel·lant les freqüències que fan servir. Aquest salt adaptatiu entre les 79 freqüències a intervals de 1MHz proporciona un alt grau d'immunitat a les interferències i també permet unes transmissions més eficients a dintre de l'espectre. Pels usuaris de la tecnologia Bluetooth aquests salts proporcionen un major rendiment inclús quan d'altres tecnologies són utilitzades amb la tecnologia Bluetooth.

Rangs

El rang és específic de l'aplicació, tot i que el mínim rang és imposat per l'especificació Core, no hi ha límit i els fabricants el poden ajustar la seva implementació.

El rang pot variar depenent de la classe de radio utilitzat a la implementació:

- Radis de Classe 3 → Tenen un radi de fins a 1 metre.
- Radis de Classe 2 → Normalment trobats als dispositius mòbils, tenen un rang de 10 metres.
- Radis de Classe 1 → Utilitzat principalment a la indústria, tenen un rang de 100 metres.

Potència

La radio més utilitzada normalment és la Classe 2 i fa servir 2,5mW de potència. La tecnologia Bluetooth està dissenyada per tenir un consum de potència molt baix. Està enfortit a l'especificació permetent que s'apagui les ràdios quan estiguin inactives.

A l'especificació Bluetooth Core v3.0 HS permet descobrir remots AMPs per dispositius molt ràpids i encendre la radio només quan es necessari per la transferència de dades donant un

benefici en l'optimització de freqüència de la mateixa manera que ajuda a la seguretat de les radis.

La tecnologia Bluetooth Low Energy (a partir d'ara BLE), Optimitzada per dispositius que requereixen una vida màxima de bateria en comptes de un alt rati de transferència de dades, consumeix entre ½ i 1/100 de potència que la tecnologia Bluetooth clàssica.

5.1 Principis del Bluetooth

Al 1994, Ericsson va iniciar un estudi per investigar la viabilitat d'una interfície via ràdio, de baix cost i baix consum, per la interconnexió entre telèfons mòbils i d'altres accessoris amb l'intenció d'eliminar els cables entre aparells. L'estudi partia d'un llarg projecte que investigava a sobre d'uns multicomunicadors connectats a una xarxa cel·lular, fins que es va arribar a un enllaç de radio de curt abast, anomenat *MC Link*. A mesura que el projecte avançava s'anava veient clar que aquest tipus d'enllaç podria ser utilitzat àmpliament en un gran nombre d'aplicacions, degut a que tenia com a principal virtut el que es basava en un xip de radio relativament econòmic.

Historia del Bluetooth SIG

1998

- El *Bluetooth Special Interest Grup (SIG)* es forma amb 5 companyies.
- El nom de Bluetooth® es adoptat oficialment.

1999

- L'especificació Bluetooth 1.0 es publicada.

2000

- Es treu al mercat el primer telèfon mòbil i la primera targeta de PC amb tecnologia Bluetooth.
- Prototip de ratolí i portàtil mostrat al CeBIT 2000
- Primer xip per integrar funcions de radio freqüència, banda base i microprocessador i software sense fils Bluetooth.

2001

- Primera impressora, portàtil i mans lliures sense i amb reconeixement de veu per cotxes.
- Bluetooth SIG Inc. és formada com una empresa privada associació comercial.

2002

- Primer combo teclat i ratolí, receptor GPS i càmera digital.
- IEEE aprova l'especificació 802.15.1 conforme la tecnologia Bluetooth sense fils.

2003

- Primer reproductor MP3 i sistema mèdic per Bluetooth aprovat per la FDA amb tecnologia Bluetooth.
- El Bluetooth SIG adopta l'especificació Bluetooth Core Versió 1.2.

2004

- El SIG adopta l'especificació Core Versió 2.0 *Enhanced Data Rate (EDR)* o Rati de Dades Avançat.
- La tecnologia Bluetooth és instal·lat uns 250 milions de dispositius.
- Primers auriculars estèreo.

2005

- El SIG dona la benvinguda al membre numero 4000.
- El SIG llença *Profile Testing Suite (PTS) v.1.0* un eina de testeig i qualificació.

2006

- Primeres Ulleres de sol, rellotge i marc de fotos.
- La tecnologia Bluetooth sense fils arriba a 1 bilió de dispositius.
- El sistema de testeig *Profile Tuning Suite (PTS)* arriba a ser part obligatori del procés de qualificació dels productes Bluetooth.

2007

- Primer radio rellotge despertador i televisió.
- El SIG dona la benvinguda al membre 8000.

2008

- El SIG celebra el 10é aniversari.
- A prop de 2 bilions de productes permesos amb Bluetooth en 10 anys.
- El SIG arriba als 10.000 membres.
- Es llançada la Versió 3.0 de *Profile Tuning Suite (PTS)* que inclou actualitzacions automàtiques i més millores en la generació de informes.

2009

- El SIG adopta la Versió 3.0 HS de l'especificació Core, fent realitat al Bluetooth com una tecnologia d'alta velocitat.
- El SIG Anuncia l'adopció de la tecnologia Bluetooth sense fils Low Energy, la marca característica a l'especificació Bluetooth Core Versió 4.0

2010

- El nombre de membres del SIG Arriben a 13.000 companyies.
- El Bluetooth SIG anuncia l'adopció formal de l'especificació Bluetooth Core Versió 4.0 amb tecnologia Low Energy.
- *Profile Tuning Suite (PTS) v.4.1* és llançada, incloent tests per la tecnologia Low Energy.

2011

- Els membres del SIG passen del 15.000.
- Apple i Nordic Semiconductor s'uneixen al SIG Board fo Directors.
- Apple llença al Juliol al mercat els primers dos ordinadors (MacMini i MacBook Air) amb tecnologia Bluetooth 4.0.

- El SIG presenta les extensions de la marca *Bluetooth Smart* i el *Bluetooth Smart Ready*.
- Microsoft anuncia que Windows 8 donarà suport a Bluetooth v4.0.
- Apple anuncia que el nou iPhone 4S donarà suport a Bluetooth v4.0 i es converteix en el primer telèfon Bluetooth Smart Ready.
- El SIG adopta 29 perfils Bluetooth v4.0, serveis, protocols i especificacions de prototips, creant una infraestructura per dispositius Bluetooth Smart.

2012

- Els membres del SIG superen el 17.000
- El SIG llença *New Resources for app developers*.
- La primera tableta *Bluetooth Smart Ready* i reproductors de música arriben al mercat.
- El SIG anuncia la seva expansió cap als mercats dels esports i fitness amb un nou grup de treball i perfils pel monitoreig de dades en temps real en la pràctica del running i la bicicleta.

5.2 Com treballa la tecnologia Bluetooth

5.2.1 Especificacions del Nucli Bluetooth

Especificació del Nucli Bluetooth v2.1 + EDR

La versió 2.1 amb avançada tecnologia sense fils de curt abast, fa que sigui més fàcil pels consumidors connectar dispositius Bluetooth. Aparellar dispositius amb la versió 2.1 és tant senzill com engegar el dispositiu i seleccionar “Afegeix Dispositiu Bluetooth” des del menú de connexions sense fils. Els dispositius es troben i es connecten entre ells automàticament.

Aquestes especificacions del Core van proporcionar:

- Menys consum de potència
- Seguretat millorada
- Near Field Communication (NFC)

Especificació del Nucli Bluetooth v3.0 + HS (High Speed)

A l’Abril de 2009, el Bluetooth SIG va anunciar la release de la tecnologia Bluetooth d’alta velocitat. L’especificació Bluetooth Core v3.0 + HS permet l’ús de *Generic Alternate MAC/PHY (AMP)*, permetent als ja coneguts protocols Bluetooth, perfils, seguretat i aparellament ser utilitzat als dispositius dels consumidors mentre s’obté un rendiment més alt amb l’ús momentani d’una segona radio ja present al dispositiu.

Alternate MAC/PHY permet l’ús d’adreces MAC (L2) o PHY (Físiques L1) per transportar les dades dels perfil Bluetooth.

La versió 3.0 + HS avançat de l'especificació del Bluetooth Core proveirà als consumidors amb potents connexions sense fils molt més robustes que mai.

- Optimització de potència
- Seguretat millorada
- Control de potència Avançat
- Menys ratis de latència

Especificació del Nucli Bluetooth v4.0 amb la característica distintiva de la tecnologia Bluetooth Low Energy.

Al Juliol 2010, el Bluetooth SIG va anunciar la adopció formal de l'especificació Bluetooth Core versió 4.0 amb la característica distintiva, tecnologia BLE. Aquest pas final en el procés d'adopció va obrir el programa de qualificació del Bluetooth SIG per la qualificació de tots els tipus de productes Bluetooth a la versió 4.0.

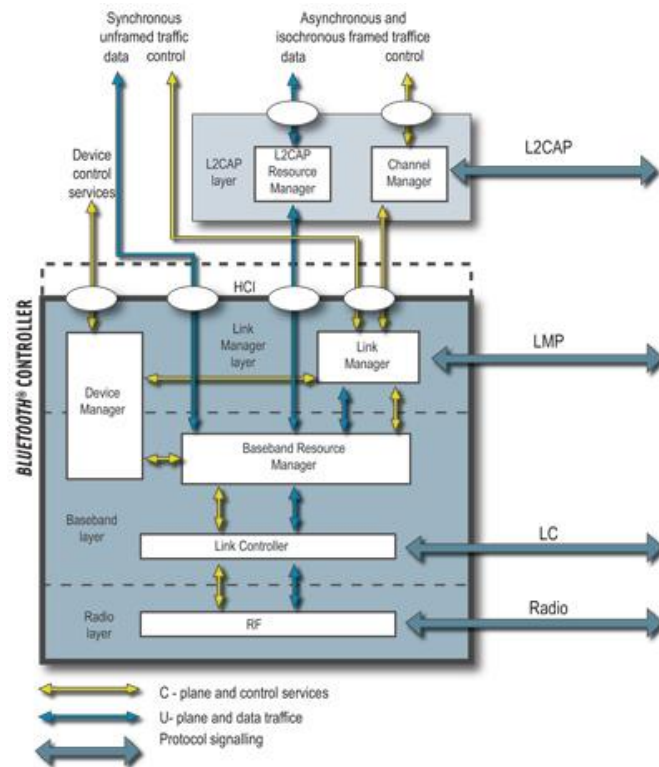
Gràcies al seu innovador disseny, la tecnologia sense fils BLE consumeix només una fracció de la potència de les ràdios Bluetooth clàssiques. Aquest disseny permet que la tecnologia que es fa servir en dispositius accionats per petites bateries de botó, fa que sigui possible utilitzar aquests dispositius durant més d'un any sense necessitat de recarrega.

Característiques de la tecnologia sense fils BLE, amb la característica distintiva de la tecnologia Bluetooth Core Low Energy:

- Consum d'energia Ultra baix de pic, en modes promig i inactiu.
- Habilitat de funcionar durant anys amb bateries de botó.
- Baix cost
- Interoperabilitat multi-venedor.
- Rang avançat.

Aquests dispositius amb un únic mode es beneficiaran de l'estalvi d'energia proporcionat per v.4.0 i també de baix cost d'implementació.

5.2.2 Arquitectura del Nucli



Definició del Nucli del sistema

El nucli del sistema Bluetooth cobreix les quatre capes més baixes i els protocols associats definits per l'especificació Bluetooth, així com un protocol comú de la capa de servei, el protocol de servei de descobriment (*Service Discovery Protocol - SDP*) i els requisits generals del perfil que estan especificats en el perfil d'accés genèric (*Generic Acces Profile - GAP*). Una aplicació completa Bluetooth requereix un nombre addicional de serveis i protocols de capes més altes que son definits a l'especificació Bluetooth.

Controlador Bluetooth

Les tres capes més baixes son sovint agrupades en un subsistema conegut com el controlador Bluetooth. Aquesta és una implementació comú que involucra una interfície de comunicacions física estàndard entre el controlador Bluetooth i la resta del sistema Bluetooth, incloent la L2CAP, les capes de serveis i les capes superiors (conegut com l'amfitrió Bluetooth). Encara que aquesta interfície sigui opcional, la arquitectura està designada a permetre la seva existència i característiques. L'especificació Bluetooth permet l'interoperabilitat entre sistemes independents Bluetooth definint l'interfície comú entre els controladors Bluetooth i els amfitrions.

Es mostren un nombre de blocs funcionals i els camins de serveis i dades entre ells. Els blocs funcionals mostrats al diagrama son informatius; en general l'especificació Bluetooth no defineix els detalls de les implementacions excepte a on aquest es requereix per interoperabilitat.

Protocols del Nucli del sistema

Les interaccions estàndard son definides per totes les operacions entre dispositius, a on els dispositius Bluetooth intercanvien el protocol de senyalització segons l'especificació Bluetooth. Els protocols Bluetooth del nucli del sistema son el protocol de radio (RF), el protocol de control de link (LC), el protocol link manager (LM) i el protocol de link lògic de control i d'adaptació (L2CAP – logical link control and adaptation protocol), tots son ben definits a les parts subseqüents de l'especificació Bluetooth. A més, el protocol de servei de descobriment (SDP – Service Discovery protocol) és un protocol de la capa de servei requerit a totes les aplicacions Bluetooth.

El Nucli del sistema Bluetooth ofereix serveis mitjançant un nombre de serveis de punt d'accés que son mostrats al diagrama amb el·lipses. Aquests serveis consisteixen en els principis basics que controlen el nucli del sistema Bluetooth. Els serveis poden ser partits en 3 tipus. Hi ha serveis de control dels dispositius que modifiquen el comportament i els modes del dispositiu Bluetooth, els serveis de control de transport que crea, modifica i allibera portadores (canal de tràfic i enllaços), i serveis de dades que proporcionen dades per transmissió sobre portadores de tràfic. És habitual considerar els primers dos, part del Pla-C i l'últim part del Pla-U.

Amfitrió a l'interfície del controlador (*Host to Controller Interface – HCI*): Separació de la pila Bluetooth en Controlador i Amfitrió.

La interfície cap al sub-sistema del controlador Bluetooth es defineix de manera que el controlador de Bluetooth ha de ser considerat una part estàndard. En aquesta configuració, el controlador de Bluetooth opera les tres capes més baixes i la capa L2CAP conté la resta de l'aplicació Bluetooth a un sistema amfitrió. La interfície estàndard s'anomena "Interfície de control de l'amfitrió" (Host to controller interface – HCI). La implementació d'aquesta interfície de servei estàndard és opcional.

Com l'arquitectura Bluetooth està definida amb la possibilitat d'un amfitrió i un controlador separats comunicant pel HCI, es fan moltes suposicions. El controlador Bluetooth s'assumeix que posseeix capacitats de buffer de dades limitats en comparació amb l'amfitrió. Per tant, la capa L2CAP s'espera que porti a terme alguna gestió de recursos simple quan entregui els

PDU's L2CAP al controlador pel seu transport a un dispositiu aparellat. Això inclou la segmentació de L2CAP SDUs a dintre del PDUs més manejables i després la fragmentació de PDUs en paquets d'inici i continuació d'un tamany adequat pels buferes del controlador, i la gestió de l' utilització del buffer del controlador per assegurar la disponibilitat de canals amb compromisos de qualitat de servei (QoS).

Detecció d'errors a la capa L2CAP.

La capa "baseband" proveeix el protocol bàsic ARQ a la tecnologia Bluetooth. La capa L2CAP pot proveir opcionalment una detecció d'errors més a fons i retransmissió dels PDUs L2CAP. Aquesta característica es recomanada per aplicacions amb requeriments de baixa probabilitat d'errors no detectats a les dades de l'usuari. Una característica més de L2CAP es control de flux basat en finestres que pot ser utilitzat per gestionar l'assignació de buffer al dispositiu receptor. Aquestes dues característiques augmenten el rendiment de QoS en certs escenaris.

Encara que aquestes suposicions no requereixin implementacions integrades de la tecnologia Bluetooth que combinin totes les capes en un únic sistema, els models generals d'arquitectura i QoS es defineixen amb aquestes suposicions en ment, afectant al mínim comú denominador.

Testeig d'interfícies: RF i Interfície de control de test (*Test Control Interface - TCI*)

Es requereix un testeig automàtic de conformitat de les implementacions del Nucli del sistema Bluetooth. S'aconsegueix permetent al testador el control de la implementació per la interfície RF, comú a tots els sistemes Bluetooth, i per la interfície de control del test (Test Control Interface - TCI) demanada només pels tests de conformitat.

El que realitza els tests fa servir intercanvis amb el "test sota implementació" (*Implementation Under Test – IUT*) a través de l' interfície RF per assegurar les respostes correctes des dels dispositius remots. El tester controla la IUT per la TCI per provocar que el IUT origini intercanvis per la interfície RF de manera que aquests també puguin ser verificats com conforme.

La TCI utilitza un set de comandos diferents (interfície de serveis) pel testeig de cadascuna de les capes i protocols de l'arquitectura. Un subconjunt de comandos de HCI publicats com la interfície de servei TCI per cadascuna de les capes i protocols a dintre del subsistema controlador de Bluetooth. Una interfície de servei separada es fa servir pel testeig de la capa i el protocol L2CAP. Com la interfície de servei L2CAP no està definida a l'especificació del nucli

de Bluetooth, està definida a part a l'especificació TCI. La implementació de l'interfície de servei L2CAP només es requereix pels tests de conformitat.

Blocs del Nucli de l'Arquitectura

Gestor del canal (*Channel Manager*)

El gestor del canal és el responsable de crear, gestionar i destruir els canals L2CAP pel transport dels protocols de servei i el flux de dades de l'aplicació. També fa servir el protocol L2CAP per interactuar amb el gestor del canal del dispositiu remot (peer) per crear aquest canal L2CAP i connectar les seves terminacions a les entitats apropiades. DE la mateixa manera interactua amb el seu gestor local del link per crear nous links lògics (si és necessari) i configurar aquests links per proporcionar QoS pel tipus de dades que es vol transportar.

Gestor de recursos L2CAP (*L2CAP Resource Manager*)

El bloc gestor de recursos L2CAP és el responsable de manegar l'ordre de presentació dels fragments PDU a la "capa baseband" i alguna programació relativa entre els canals per assegurar que els canals L2CAP amb requeriments de QoS no son denegats al canal físic degut a l'esgotament del controlador de recursos Bluetooth. Això està requerit perquè el model d'arquitectura no assumeix que els controlador del Bluetooth te un buffer sense límits, o que el HCI es una canonada de ample de banda infinit.

Els gestors de recursos L2CAP poden també portar a terme les polítiques de conformitat del tràfic per garantir que les aplicacions estan presentant les SDUs L2CAP a dintre dels límits dels paràmetres de QoS negociats. El model general de transport de Bluetooth assumeix el bon comportament de les aplicacions, i no defineix com una implementació espera encarregar-se del problema.

Gestor de Dispositius (*Device Manager*)

El gestor de dispositius és el bloc funcional en el "baseband" que controla el comportament general del dispositiu Bluetooth habilitat. És el responsable de tota l'operació del sistema Bluetooth que no està relacionada amb el transport de les dades, com la cerca de la presència d'altres dispositius Bluetooth propers, connectant a d'altres dispositius Bluetooth habilitats o fent que el dispositiu local sigui descobert o connectable per d'altres dispositius.

El gestor de dispositius demana accés al medi de transport des del controlador de recursos de la "baseband" per portar les seves funcions.

També controla el comportament local del dispositiu implícit pel nombre de comandos HCI, com la gestió del nom del dispositiu, claus emmagatzemades i d'altres funcionalitats.

Gestor del link (*Link Manager*)

El gestor del link és el responsable de la creació, modificació i alliberació dels links lògics (i si es necessita, els seus associats transports lògics), així com l'actualització dels paràmetres relacionats amb els links físics entre dispositius. Ho aconsegueix comunicant-se amb el gestor de links dels dispositius Bluetooth remots utilitzant el protocol de gestió de links (Link Management Protocol – LMP).

El protocol LMP permet la creació de nous links lògics i transports lògics entre dispositius quan cal, així com el control general del link i atributs de transport com permetent l'enciptació del transport lògic, l'adaptació de l'energia de transmissió del link físic o l'ajust de la configuració de QoS per un link lògic.

Gestor de Recursos de la baseband (*Baseband Resource Manager*)

El gestor de recursos de Baseband és el responsable de tot l'accés al medi radio. Té dos funcions principals. La principal és la programació que garanteixi el temps als canal físics per totes les entitats que han negociat un contracte d'accés. L'altre funció principal és negociar els contractes d'accés amb aquestes entitats. Un contracte d'accés és efectivament un compromís d'entregar un cert QoS per proporcionar una aplicació d'usuari amb un rendiment esperat.

La funció del contracte d'accés i programació ha de tenir en compte qualsevol comportament que requereixi l'ús de la radio Bluetooth. Això inclou, per exemple, el intercanvi normal de dades entre els dispositius connectats per links lògics i transports lògics així com l'ús del medi radio per portar peticions, fer connexions, ser descobert o connectable, o fer lectures de portadores que no es fan servir durant l'ús del mode AFH.

En alguns casos la programació de un link lògic resulta de canviar a un canal físic diferent de un que va ser utilitzat anteriorment. Això pot ser, per exemple, degut a la participació en *scatternet*, una funció de consulta periòdica o anàlisi de pàgina. Quan els canal físics no estan alineats en una ranura de temps, llavors el gestor de recursos també conta pel temps de alineament entre les ranures al canal físic original i ranures al nou canal físic. En alguns casos les ranures seran naturalment alineats degut a l'ús com a referència del mateix rellotge de dispositiu pels dos canals físics.

Controlador del Link (*Link Controller*)

El controlador del link és el responsable de codificar i descodificar els paquets Bluetooth de la càrrega de dades i paràmetres relacionats amb el canal físic, transport lògic i link lògic.

El controlador del Link porta la senyalització del protocol de control del link (en conjunció propera amb la funció de programació del gestor de recursos), que es fa servir per a comunicar el control de flux i la confirmació i retransmissió de les senyal de petició. L' interpretació d'aquestes senyals és una característica del transport lògic associat amb el paquet de la baseband. L' interpretació i el control de la senyalització de control del link està normalment associat al programador del gestor de recursos.

RF

El bloc RF és el responsable de la transmissió i recepció de paquets d'informació del canal físic. Un camí de control entre la baseband i el bloc RF permet al bloc baseband controlar el portador del temps i la freqüència del bloc RF. El bloc RF transforma un flux de dades de i cap al canal físic i el baseband en els formats requerits.

5.2.3 Perfils.

Per utilitzar la tecnologia sense fils Bluetooth, un dispositiu ha de ser capaç d'interpretar certs perfils Bluetooth. Aquests son definicions de possibles aplicacions que especifiquen comportaments generals que els dispositius Bluetooth fan servir per comunicar-se amb d'altres.

Hi ha un rang ampli de perfils Bluetooth que descriuen els diferents tipus d'aplicacions o casos d'ús pels dispositius. Seguint la guia de l'especificació Bluetooth, els desenvolupadors poden crear aplicacions per treballar amb d'altres dispositius Bluetooth.

Com a minimum, cada perfil de Bluetooth conté informació dels següents temes:

- Dependències amb d'altres perfils.
- Formats d'usuari suggerits.
- Parts específiques de la pila del protocol Bluetooth utilitzat pel perfil. Per realitzar aquesta tasca, cadascun dels perfils utilitza les seves opcions particulars i paràmetres a cada capa de la pila i ha d'incloure, si és apropiat, un esquema del registre del servei requerit.

Perfils

- *Advanced Audio Distribution Profile (A2DP)*: Descriu com la qualitat d'àudio estèreo pot ser transferit d'un medi de comunicació a un dispositiu de reproducció o gravació. Per exemple, un reproductor MP3 que transmet per Bluetooth utilitzant el perfil A2DP el so cap a uns auriculars estèreo.
- *Audio/Video Remote Control Profile (AVRCP)*: Dissenyat per proporcionar una interfície estàndard per controlar TVs, equips d'àudio estèreo, o d'altres dispositius A/V. Aquest perfil permet control remot únic (o altre dispositiu) per controlar tots els equips A/V que l'usuari pugui accedir.
- *Basic Imaging Profile (BIP)*: Defineix com un dispositiu d'imatge pot ser controlat remotament, com un dispositiu d'imatge pot imprimir, i com pot transferir imatges a un dispositiu d'emmagatzematge.
- *File Transfer Profile*: Defineix com les carpetes i fitxers a un dispositiu servidor pot ser examinat pel dispositiu client.
- *Hands-Free Profile (HFP)*: HFP descriu com un dispositiu d'entrada es pot utilitzar per fer i rebre trucades des de un dispositiu de mans lliures.
- *Human Interface Device Profile (HID)*: Defineix el protocol, procediments i característiques que han d'utilitzar el teclats, ratolins, punters, dispositius de joc i monitors remots Bluetooth.
- Entre d'altres

5.3 Bluetooth 4.0 – Low Energy

El Bluetooth SIG ha estat criticat per moltes coses, però no es pot fer darrera l'èxit de l'implantació de la marca Bluetooth a la ment dels consumidors.

Amb el llançament de Bluetooth v4.0, el SIG s'enfronta amb el repte renovat d'explicar exactament el que fa la tecnologia. Això es deu a que aquesta nova versió no és com les anteriors; ara l'arquitectura Bluetooth v4.0 inclou dos tipus de ràdios i protocols. Y mentre un pot comunicar-se amb les versions anteriors, l'altre no ho pot fer.

La resposta del SIG és la nova marca, per ajudar al consumidor a escollir exactament el producte que necessita a la botiga. Anomenat *Bluetooth Smart* i *Bluetooth Smart Ready*, la nova identitat no ha arribat un minut abans pel Bluetooth v4.0, la tecnologia darrera de la marca es ven per ella mateixa. Per exemple, l'Apple iPhone 4S i el nou iPad compleixen totalment els requeriments de Bluetooth Smart Ready., Microsoft ha anunciat que li donarà

suport en la versió 8 de Windows i Motorola també ha anunciat auriculars amb Bluetooth Smart Ready.



Figura 5.3.1 – El Nou iPad posseeix el requeriments de Bluetooth Smart Ready.

Però, que fa que la marca Bluetooth Smart i Bluetooth Smart Ready tingui realment un significat i com el Bluetooth v4.0 es diferencia de les versions anteriors de la tecnologia?

5.3.1 Bluetooth vs. Energia ultra baixa propietària (Proprietary ultra low power)

Va ser una vegada que hi havia dos tipus de tecnologies sense fils de baixa potència.

Hi havia el Bluetooth, una tecnologia de curt abast a 2,4GHz llegat d'Ericsson al món, alimentat amb bateries de gran capacitat (com AA o majors), oferint un ample de banda al voltant de 1Mbps (incrementat posteriorment) i suficient per aplicacions com la transferència de veu des dels telèfons mòbils als auriculars.

I llavors hi havia un altre tecnologia sense fils, inclús de més baixa potència, comandades per companyies com Nordic Semiconductor que li van anomenar ultra baixa potència (*ultra low power*) per descriure la tecnologia, també operant a la banda dels 2,4GHz i oferint 1 Mbps d'ample de banda. Aquesta última tecnologia es caracteritza pel funcionament molt baix del cicle de treball (0,1 o inclús menys), els corrents promitjos en el rang de microampers i mesos o anys funcionant amb una pila de botó. S'inclouen aplicacions com el cinturons per mesurar el ritme cardíac que es comuniquen amb rellotges d'esport i ratolins i teclats sense fils.

Aquestes dues tecnologies van ser aptes a diferents mercats (amb alguna petita superposició) i mai es van parlar un a l'altre per que parlaven idiomes diferents. (Bluetooth fa servir un protocol estàndard obert per assegurar la interoperabilitat i la tecnologia sense fils *ultra low power* utilitza protocols altament eficients per mantenir el consum de potència baix).

Però llavors, un equip innovador d'enginyers del fabricant Nokia es va adonar d'un nou gran mercat pels productes de la companyia s'obriria si podien comunicar-se amb els milions de *Ultra Low Power* ràdios del mon. En lloc de que un corredor comprés una cinta molt cara per mesurar la freqüència cardíaca i després trobés el seu rellotge per guardar les seves activitats, per exemple, el seria capaç de comprar una cinta cardíaca barata i unir-la al mòbil que ja té.

De la idea dels enginyers, va néixer una aliança entre Nokia, els especialistes Nordic Semiconductor en Radio *Ultra Low Power* i d'altres firmes. Però Nokia va ser comprensiblement reticent a afegir un altre xip de radio als telèfons mòbils que ja portaven 3 o 4 dispositius de RF, optant en el seu lloc d'aprofitar el xip Bluetooth ja instal·lat a la majoria dels seus telèfons mòbils per fer la feina.

Un parell d'anys de projecte, quan tota l'arquitectura del xip havia estat planejada, la bona lògica s'havia imposat, i l'aliança va aparèixer amb el Bluetooth SIG i la tecnologia dient-se "Ultra Low Power Bluetooth".

Sis anys, amb tot l'esforç dels enginyers de Nordic i d'altres SIGs per completar l'especificació, després que comencés la iniciativa, Bluetooth v4.0 (que incorpora "BLE" com a marca característica) finalment arriba.

5.3.2 Un conte de dos xips

La diferència fonamental entre les versions anteriors de la tecnologia Bluetooth (v2.1 i v3.0) i v4.0 és que aquesta última utilitza dos protocols.

El protocol BLE és la nova part de l'especificació Bluetooth, és la tecnologia que va ser dissenyada per les aplicacions *Ultra Low Power* que tradicionalment feia servir tecnologia propietària. (Això no vol dir que la tecnologia propietària desapareixerà, moltes aplicacions en aquest sector no necessiten la interoperabilitat que el BLE ofereix, i en canvi es pot beneficiar del cost més baix i l'optimització del rendiment que ofereix la tecnologia propietària). L'especificació exigeix radio que estan específicament dissenyades per funcionar exclusivament amb el protocol BLE i per consegüent es refereix amb ell com a dispositius monomode o "Single Mode".

Bluetooth v4.0 també presenta ràdios de silici que poden suportar el protocol Bluetooth tradicional però tenen alguns circuits extra, afegint al cost mínim, per facilitar que es puguin comunicar amb el xip de BLE (Single Mode). Degut a que aquests xips poden manegar tots dos protocols, se'ls coneix com dispositius duals o "dual mode".

Els xips duals es faran servir a qualsevol lloc on es feien servir abans. Telèfons mòbils, tabletetes, PCs, GPS, consoles de videojocs i “SmartTVs” així com dotzenes d’altres aplicacions.

5.3.3 Les Marques Bluetooth.

La marca del producte qualificat **Bluetooth Smart** deu complir tres requisits:

- Incorporar l’especificació del Nucli Bluetooth v4.0 (o superior) amb la arquitectura bàsica Generic Attribute (GATT).
- La característica de radio monomode (Single Mode)
- L’ús de l’arquitectura basada en GATT per permetre alguna particular funcionalitat del dispositiu.

La marca del producte qualificat **Bluetooth Smart Ready** ha de complir tres requisits:

- Incorporar l’especificació del Nucli Bluetooth v4.0 (o superior) amb la arquitectura bàsica Generic Attribute (GATT).
- La característica de la radio en mode dual (Dual Mode) (BR/EDR + BLE) on els dos modes de radio poden ser activats, individualment o simultàniament, i proporcionar els mitjans per que l’usuari final pugui escollir actualitzar la funcionalitat d’un dispositiu *Bluetooth Smart* a un dispositiu *Bluetooth Smart Ready*.

Els fabricants de productes *Bluetooth Smart Ready* haurien de proporcionar un camí a tercers per crear i distribuir aplicacions que rebin dades de dispositius Bluetooth Smart.

Pel consumidor, els productes *Bluetooth Smart Ready* proporcionen un mecanisme pels usuaris finals per actualitzar la funcionalitat de un producte Bluetooth Smart. L’usuari pot descarregar i instal·lar nous perfils(programes específics d’optimització d’aplicacions) per suportar els nous dispositius que compren en comptes de dependre del dispositiu entremig proporcionat amb el suport preinstal·lat.

Les noves marques del Bluetooth SIG estan dissenyades per gestionar les expectacions del públic. Després de molts anys promovent la compatibilitat i interoperabilitat de la tecnologia Bluetooth amb dispositius antics, ara ha de fer arribar el missatge que les coses han canviat.










If your product bears this logo...	It's compatible with products bearing any of these logos...
	  
	 
	

Figura 5.3.3.1. – Compatibilitat *Bluetooth Smart* i *Bluetooth Smart Ready*

Les noves marques son importants pel consumidor per que els ajudarà a escollir el producte correcte per les seves activitats. Per exemple, no es possible comprar una cita per mesurar la freqüència cardíaca marca *Bluetooth Smart* i esperar parlar amb un telèfon mòbil amb un xip Bluetooth. Més be, l'auricular ha de ser *Bluetooth Smart Ready* per que significa que te el xip v4.0. i l'altre infraestructura i el suport requerit per Bluetooth Smart Ready- en lloc de un que no sigui compatible amb BLE (dispositiu amb v2.1 o v3.0).

5.3.4 Que hi ha de nou a v4.0?

La Bluetooth SIG no malgasta el temps traient noves versions a menys que ofereixi quelcom fundamentalment nou. Però que es exactament el que enginyers de disseny i finalment, consumidors han guanyat amb Bluetooth v4.0? Per respondre aquesta qüestió necessitem endinsar-nos a la tecnologia.

La tecnologia del Bluetooth tradicional presenta radio orientada a connexió i interval de connexió fixa ideal per comunicacions d'alta activitat. Els xips duals (Dual Mode) continuaran fent aquesta tasca.

És important entendre que el consum de potència d'un xip dual quan opera en mode Bluetooth antic no és diferent a les versions anteriors de la tecnologia. Hi ha un petit estalvi d'energia quan el dispositiu està utilitzant la seva capacitat Low Energy, però els xips no son dispositius de potència ultra baixa. La funcionalitat del xip, el seu tamany, cost i règim de compliment està a prop de la versió anterior.

En altres paraules, si un enginyer està dissenyant un producte que requereix un alt cicle de treball, curs abast, tecnologia radio interoperable a 2,4GHz, escollirà Bluetooth v4.0 amb xip dual del seu proveïdor de la mateixa manera que va aconseguir els de les versions anteriors.

Però l'enginyer haurà guanyat una avantatge significant, es veurà a continuació.

En contrast, la tecnologia BLE fa servir un interval de connexió variable que pot ser establert des de uns quants milisegons a segons depenent de l'aplicació, A més, com té una connexió molt ràpida, pot estar en un estat "no connectat" (estalvi d'energia) a on els dos dispositius estan al corrent un de l'altre, però només "connecten" quan és absolutament necessari i pel mínim temps possible.

Els xips de BLE poden operar durant llargs períodes (mesos o inclús anys) amb una bateria del tipus botó de 3V, 220mAh CR2032. El problema es que aquest dispositius nomes poden suportar operacions amb cicles de treball molt baixos.

Si el dissenyador està buscant una tecnologia radio interoperable a 2,4GHz per una transmissió complerta asíncrona des d'un dispositiu que necessita enviar baixos volums de dades (uns pocs bytes) amb poca freqüència (per exemple, uns quants cops per segon a un cada minut o més rarament) llavors BLE és la millor opció. Els sensors compactes sense fils com els monitors de freqüència cardíaca, per mesurar la velocitat d'una bicicleta i els podòmetres de distància, o els monitors de glucosa a la sang son els típic exemples d'aquests dispositius.

La tecnologia *BLE* fa servir alguns trucs interessants per reduir el seu consum de potència. La tecnologia redueix el temps en l'aire fent servir només tres canals de "publicitat" per buscar altres dispositius o per promoure la seva presència a dispositius que pot ser l'estan buscant per fer una connexió. En comparació, la tecnologia Bluetooth convencional fa servir 32 canals.

Això vol dir que la tecnologia *BLE* ha de fer una cerca en busca d'altres dispositius en 0,6 a 1,2 ms, en canvi el Bluetooth convencional requereix 22,5ms per escanejar 32 canals.

Conseqüentment, la tecnologia *BLE* utilitza entre 10 i 20 vegades menys potència a localitzar d'altres ràdios. Un cop connectat, la tecnologia canvia a un dels 37 canals de dades i llavors fa un salt en un patró pseudo-aleatori utilitzant la tecnologia del Salt de Freqüència Adaptatiu (Adaptative Frequency Hopping – AFH) liderat per la tecnologia Bluetooth convencional (tot i que l'últim fa servir 79 canals de dades).

Té també un ample de banda brut de 1Mbps que permet que la informació sigui enviada ràpidament i d'aquesta manera la radio pot, ràpidament, tornar a l'estat dormit de potència ultra baixa. Una connexió (pe exemple, cerca d'altres dispositius, link, enviament de dades, autenticació i termini elegant) porta 3ms. Amb el Bluetooth convencional, un cicle de connexió similar triga centenars de milisegons. Recorda, més temps en l'aire, més energia de la bateria.

La tecnologia BLE també manté un pic de potència en els dos sentits: fent servir més paràmetres de RF "relaxats" que els seu germà gran, i enviant paquets molt curts. Paquets mes curts minimitzen el temps en l'aire i també manté el silici fred, eliminant la necessitat de la recalibració del consum de potència i una arquitectura de llaç tancat.

5.3.5 Aplicacions Bluetooth Low Energy

La tecnologia Bluetooth Low Energy es pot trobar a moltes aplicacions que intentarem resumir:

Automoció

Els auriculars sense fils Bluetooth i els sistema de mans lliures dels cotxes han ajudat sempre als conductors a fixar-se a la carretera. Avui en dia, les noves versions d'aquests dispositius son millor que mai, amb característiques que assegurin una experiència en trucades sense mans complerta amb el reconeixement de veu, la tecnologia de lectura de texts, entre d'altres, fan que encenguis el dispositiu de mans lliures dient un comando.

- **Telèfons mòbils:** Accedeix i navega per l'agenda del teu telèfon mòbil des del navegador del teu cotxe i fes trucades utilitzant el mans lliures. Escolta musica des del teu telèfon a través del sistema de so, sense cables, adaptadors o connectors.
- **Kits de cotxe:** Els cotxes que no vinguin amb tecnologia Bluetooth de sèrie es poden instal·lar els Kits de cotxe Bluetooth i els altaveus amb els que es podrà parlar com si vingués de sèrie.
- **Navegadors GPS:** Amb BLE es podrà connectar a Internet a través d'un telèfon mòbil i actualitzar la base de dades dels Punts d'Interès i dades dels mapes fàcilment, sense fils.
- **Reproductors de música portàtil:** Es pot utilitzar un adaptador Bluetooth per reproduir musica des del iPod o reproductor MP3 cap al sistema d'àudio del cotxe.

- **Monitors de Salut:** Els displays del cotxe poden ajudar a persones amb diabetis monitoritzant el seu nivell de sucre en sang en el mateix moment que condueix, utilitzant un dispositiu que per Bluetooth s'emparelli amb el cotxe.

Electrónica de Consum

Crea una llista de reproducció i connecta-la als teus auriculars o altaveus i canta. O agafa les teves melodies en la carretera i connecta'l al teu sistema Bluetooth de l cotxe.

Experimenta més de la teva musica a més llocs. Amb la tecnologia sense fils Bluetooth, las possibilitats son impresionants.

- **Reproductors de musica portàtil:** escolta el teu reproductor MP3 en uns auriculars sense fils.
- **Auriculars Estéreo:** Talla la corda i escolta la musica al teu telèfon o reproductor de musica portàtil amb uns auriculars estéreo amb Bluetooth.
- **Altaveus portàtils:** Escolta la teva musica des de qualsevol reproductor amb Bluetooth a qualsevol lloc.
- **Ordinadors i Tablettes:** Reprodueix fitxers de musica des del teu portàtil a altaveus o auriculars sense fils.
- **Telèfons Mòbils:** Experimenta la música al teu telèfon mòbil sense necessitat de connectar-lo.
- **Cotxes:** Reprodueix musica des del teu telèfon al teu sistema d'àudio per Bluetooth. O afegeix un adaptador per reproduir-la des del teu reproductor MP3.
- **Home Entertainment:** Reprodueix la musica del teu telèfon, portàtil o tableta a un receptor A/V amb Bluetooth o uns altaveus sense fils. Veu les teves fotos i vídeos al teu TV sense fils.

Ordinadors Personals

Amb la tecnologia Bluetooth es pot sincronitzar el teu ordinador o tableta amb el teu telèfon mòbil i compartir calendaris i contactes, connectar teclats o ratolins sense fils, imprimir sense cables i més.

- **Portàtils:** Reprodueix música des del portàtil a altaveus o auriculars sense fils. Veu unes diapositives a la teva TV amb Bluetooth. O transfereix fotos i vídeos del telèfon a un portàtil amb Bluetooth.
- **Tabletes:** Emparella un teclat per Bluetooth per ser més productiu. Reprodueix musica des de la teva tableta a altaveus sense fils o auriculars. Veu una presentació a la teva TV amb Bluetooth.
- **Teclats i Ratolins:** Afegeix un petit ratolí de viatge al teu portàtil.
- **Tauletes Gràfiques:** La llibertat sense fils s'estén al disseny gràfic i d'altres aplicacions que requereixen la precisió d'una tableta d'entrada.
- **Presentador:** La llibertat sense fils permet fer una presentació amb seguretat des de qualsevol part de la sala de reunions.

- **Impressores:** Imprimeix amb facilitat des del teu portàtil o tableta a la teva impressora, no es necessiten cables.

Salut i Benestar

Amb la tecnologia Bluetooth es pot llençar tots els cables enredats. Els reproductors de MP3, les unitats de GPS i els monitors de pols, fa que els aficionats a la salut hi vagin sense fils.

- **Dispositius Mèdics i de Salut:** La tecnologia Bluetooth es la tecnologia sense fils ideal per connectar dispositius de salut i benestar per que son simples, segurs, i estan a tot arreu.
 - **Estetoscòpis:** El doctor pot focalitzar en escoltar els bateigs del cor i de mentre l'estetoscopi fa la resta, envia l'informació sense fils a un PC, portàtil o a un telèfon.
 - **Monitors de Glucosa:** El mesurador de glucosa pot mirar els nivells de glucosa amb facilitat i enviar la informació directament al telèfon o PC i mantenir els registres actualitzats.
 - **Oxímetre de Pols:** Monitoritza el pols i el ritme cardíac d'una manera fàcil només inserint un dit a dintre del dispositiu.
 - **PCs o portàtils:** Retransmet les dades recollides a l'ordinador directament des del dispositiu mèdic. Hi ha menys possibilitats d'errada humana quan els dispositius parlen directament entre ells.
 - **Telèfon Mòbils:** Actualitza les dades mèdiques sobre la marxa. Sensors de cos, monitors del cor, i d'altres dispositius sense fils que poden sincronitzar dades fins i tot quan no estan a prop de l'ordinador.
- **Esports i Benestar:** Registra totes les sortides i rendiments sense fils. Els atletes d'avui dia, tant amateurs com professionals, estan ansiosos de millorar el seus resultats. LA tecnologia sense fils Bluetooth esta fent el possible per obtenir reaccions precises i uns registres clars dels seus entrenaments. Monitors de ritmes cardíacs, rellotges, podòmetres i localitzadors GPS son només uns quants dels dispositius que poden ajudar als atletes a millorar els seus resultats.
 - **Monitors de ritmes cardíacs:** Enregistra el teu ritme cardíac quan surts al teu smartphone i analitza les dades després amb una aplicació al teu telèfon o online. El nou dispositiu *Bluetooth Smart* com el Polar H7 et deixa connectar el monitor de ritme cardíac al smartphone sense un receptor.
 - **Monitors de cos:** Enregistra el teu hàbits del treball diari, els patrons de la son utilitzant un dispositiu fitness tot en un com el BodyMedia Fit.
 - **Auriculars Estèreo:** La última cosa en que vols preocupar-te quan estàs entrenant és enrotllar-te amb els auriculars.
 - **Ordinadors i Tauletes:** Envia la teva informació de l'entreno al portàtil o tableta directament des del teu dispositiu mòbil.
 - **Smartphones:** Actualitza els teus estats sobre la marxa. Sensors de cos, monitors de ritme cardíac, podòmetres i molt més pot ser sincronitzat automàticament fins i tot no estan a prop de l'ordinador.

Telèfons

Amb la tecnologia Bluetooth es pot parlar sense fils utilitzant un auricular aparellat amb el telèfon, mitjançant un sistema de mans lliures, o escoltar música al teu telèfon amb uns auriculars Bluetooth sense fils.

- **Dispositius de proximitat:** Gaudeix de major seguretat personal amb una clau sense fils que li avisa quan s'ha oblidat el telèfon. Els monitors de nens per Bluetooth també funcionen amb els telèfons per avisar quan el teu fill està a punt de quedar fora de la teva vista.
- **Salut i Benestar:** LA tecnologia Bluetooth afegeix comoditat al seu règim de salut. Connexió sense fils a escales de pes, monitors de la pressió arterial, monitors de la glucosa a la sang, fins i tot estetoscòpis sense fils. Actualitzar la informació al teu telèfon i mantenir un registre de les mesures sanitàries diàries.
- **Esport i Fitness:** Emmagatzema els resultats dels entrenaments fàcilment i eficientment amb els monitors de ritme cardíac, podòmetres i sensors de cadència de bicicletes que es poden aparellar amb el teu telèfon. Enregistra la distància, velocitat, nombre de passos.
- **Rellotges:** Amb un rellotge amb Bluetooth, es pot veure qui et truca, notificacions de missatges de text i acceptar o rebutjar trucades, tot sense haver de tocar el telèfon. També et pot avisar si te'n oblidés el telèfon.
- **Impressores:** Imprimeix les teves fotos favorites directe des del teu telèfon amb una impressora amb Bluetooth.
- **Auriculars i mans lliures:** Talla la corda i escolta la música al teu telèfon o reproductor de música portàtil.
- **Ordinadors i Tauletes:** Amb Bluetooth es podrà transferir fotos i fitxers de del telèfon mòbil dins al PC o portàtil.
- **Cotxes:** Agafa els teus contactes, música i molt més al teu telèfon. Un sistema de mans lliures per Bluetooth instal·lat al cotxe posa la potència de les comunicacions sense fils als teus dits.

La casa intel·ligent

Fes la teva casa sense fils i la vida més còmode.

- **Casa Automatitzada:** Els dispositius Bluetooth a casa ofereixen control de llums, de temperatura, d'electrodomèstics, finestres, portes, sistemes de seguretat i més. Pots monitoritzar i controlar tot el que et preocupi, el temps de la migdiada del bebè, el sopar, etc.
- **Energia Intel·ligent:** Els preus de les energies no deixen de pujar. El seu ús eficient és una prioritat per tothom. Una comunicació en els dos sentits permetrà als contadors intel·ligents enviar en temps real les dades del consum d'energia en temps real.
- **Entreteniment:** Avui dia els dispositius d'entreteniment de casa estan plens de tecnologia, molts d'ells amb comandaments de control molt sofisticats. Les solucions BLE canvia tot això. Comença amb el control complet sobre el control remot i finalment proporcionant la satisfacció de total interoperabilitat amb el sistema d'entreteniment.

5.3.6 Tecnologies sense fils de baix consum energètic

5.3.6.1 Els requeriments clau:

- **Consum de potència molt baixa** → Degut a la necessitat que els dispositius operin durant períodes de temps llargs normalment alimentats amb piles de botó.
- **Baix Cost** → A part de les avantatges obvies pel cost dels xips, la despesa global del producte es veu afectat a gran mida per la font d'alimentació.
- **Petit Tamany.**

5.3.6.2 Les tecnologies de Baix Consum Energètic:

Bluetooth LE

Vist en profunditat als punts anteriors.

ANT™

ANT és una tecnologia sense fils propietària de baix consum que opera a l'espectre dels 2,4GHz. Va ser creada l'any 2004 per la companyia de sensors Dynastream. Per lo general, el dispositiu transmissor - receptor ANT es tracta com una caixa negra i no hauria de necessitar molt d'esforç de disseny per implementar a una xarxa. El seu primer objectiu és permetre als sensors d'esports i fitness comunicar-se amb una unitat de display, per exemple un rellotge. Treballa també normalment amb una pila de botó. ANT+™ ha pres el protocol ANT i ha fet que els dispositius siguin interoperables a una xarxa administrada, garantint que tots els dispositius de la marca ANT+ funcionin. Igual que Bluetooth LE, els dispositius ANT funcionen durant anys amb una pila de botó.

ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee es una especificació sense fils de baix consum energètic basat en l'estàndard IEEE 802.15.4-2003 establert a l'any 2002 per un grup de 16 companyies. Introdueix la creació de xarxes malla a l'espai sense fils del baix consum energètic i dirigit a aplicacions com comptadors intel·ligents, automatització de la casa i unitat de control remot. Desafortunadament, el requeriments de potència i complexitat de ZigBee no ho fan particularment adequat per dispositius sense manteniment que necessiten operar durant períodes llargs de temps amb una font d'energia limitada. Els canals de ZigBee són similars als de BLE en que són de 2MHz d'amplada. En canvi, estan separats 5MHz, malgastant l'espectre. ZigBee no treballa amb tecnologia de salt en freqüència, per tant requereix d'una acurada planificació durant la implementació amb el fi d'assegurar-se que no hi ha senyals d'interferència per la zona.

RF4CE

Radio freqüència per l'electrònica de consum (*Radio Frequency for Consumer Electronics* (RF4CE)) està basat en ZigBee i estandarditzat a l'any 2009 per quatre companyies d'electrònica de consum com Sony, Philips, Panasonic i Samsung. També hi ha dues companyies de silici que la suporten com son Texas Instruments i Freescale Semiconductor, Inc. L'ús principal de RF4CE es per dispositius per sistemes de control remot, per exemple, descodificadors. La intenció es que superi els problemes comuns associats amb els infrarojos: interoperabilitat, visibilitat i característiques avançades limitades.

WI-FI

En els últims anys, s'han realitzat una sèrie de millores a la tecnologia Wi-Fi IEEE 802.11, quins faran possible la reducció del seu consum de potència, incloent l'estàndard IEEE 802.11v i d'altres propietaris. Tot i que la tecnologia Wi-Fi és molt eficient, està optimitzada per transferències grans de dades utilitzant un ample de banda molt ràpid i no és molt adequat per funcionar amb piles de botó. Algunes companyies estan intentant utilitzar Wi-Fi per dispositius d'usos humanitaris. Es requereix un software propietari, però, només es pot aconseguir una funcionalitat limitada.

NIKE+

NIKE+ és una tecnologia propietària de Nike i Apple que permet als usuaris monitoritzar la seva activitat a la vegada que fan exercici. El seu consum energètic és relativament alt, 41 dies de bateria amb una pila de botó. Amb una radio propietària, només treballarà entre dispositius Nike i Apple. Els dispositius Nike+ van empaquetats en una sola unitat.: processador, radio i sensor. El disseny és una solució de dos xips, que consisteix en un processador i un circuit integrat amb un radio receptor Nordic.

IrDA

LA tecnologia IrDA (*Infrared Data Association* - IrDA) és un SIG de 36 membres. IrDA ha anunciat recentment una versió de connectivitat de velocitat ultra ràpida, donant 1Gbps. En canvi, només funciona a una distància de menys de 10cm. Un dels principals problemes amb els Infrarojos (IR) és que els dispositius han de ser enfrontats un amb l'altre, fet que RF4CE a superat. IrDA no és també molt eficient amb l'energia (*power per bit*) quan es compara amb altres tecnologies de radio. Per la seva naturalesa, és una solució de dos components ja que necessita un processador i un transceptor.

NFC

El sistema NFC (*Near Field Communication*) és significativament diferent de les altres tecnologies de baix consum energètic. Només funciona en un rang de aproximadament 5cm i consumeix relativament més energia. Les etiquetes de NFC passiu poden no consumir res, només quan es tornen actives quan el camp NFC està present. Això elimina a la tecnologia NFC de molts dels usos aquí parlats. Té molt poca competència.

5.3.6.3 Comparativa de les tecnologies de baix consum energètic.

Topologies de xarxa:

Existeixen cinc topologies de xarxa principals:

- **Difusió (Broadcast):** S'envia un missatge des d'un dispositiu amb l'esperança que sigui rebut pel receptor dintre d'un rang. L'emissor no rep cap senyal.
- **Malla (Mesh):** Un missatge pot ser transmès des de un punt a una xarxa a un altre saltant per múltiples nodes.
- **Estrella (Star):** Un dispositiu central pot comunicar amb un nombre de dispositius connectats. Bluetooth és un exemple.
- **Exploració (scanning):** Un dispositiu d'escaneig es`ta constantment en mode receptor, esperant agafar un senyal d'algú que transmet a dintre d'un rang.
- **Punt a punt (Point-to-Point):** En aquest mode, existeix una connexió un a un, on només dos dispositius es connecten, semblant a una trucada bàsica de telèfon.

Topologies de Xarxa suportades per les tecnologies sense fils:

	LA	A	A+	Zi	RF	Wi	Ni	Ir	NF
Difusió	√	√ ¹	√ ¹	x	x	x	x	x	x
Malla	√ ²	√	√	√	√	x	x	x	x
Estrella	√	√	√	√	√	√	x	x	x
Escaneig	√	√ ³	√	√	√	x	√	x	x
Punt a Punt	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Notes: LE: Bluetooth Low Energy, A (ANT), A+(ANT+), Zi (ZigBee), RF (RF4CE), Wi (Wi-Fi), Ni (Nike+), Ir (IrDA), NF (NFC).

1 – No només difusió, també es necessita escoltar.

2- Una aplicació pot ser canviada a baix consum per habilitar el mallat.

3 – Si totes les connexions s'aturen, el consum de potència les alt.

Facilitat d'implementació:

Bluetooth Low Energy: Hi ha dos categories de xips:

- Mode Simple: Un sol xip que conté el processador i la radio. La pila de protocols va integrat al silici que fa que la programació de l'usuari sigui molt simple.
- Mode Dual (Bluetooth + LE): Utilitzats a mans lliures, tenen els seus propis processadors presents i al silici ve també la pila de protocols. La programació es més complicada en aquest cas.

RF4CE: És una tecnologia fàcil d'implementar que requereix aproximadament 64 KB de pila de protocols que siguin transferits al processador. Alguns porten un processador d'aplicació que simplifica l'esforç del hardware.

ANT: És una solució de dos xips que els desenvolupadors han d'escollir quina radio i processador utilitzar. Es troben kits de desenvolupament ANT al mercat que ve amb varis mòduls i tot el software necessari, que fan la vida del desenvolupador més fàcil. La pila de protocols es tracta com una caixa negra, el que implica que els productes basats en ANT seran fàcils de desenvolupar.

IrDA: Té protocols simples que es poden obtenir amb un microprocessador simple IC+LED i un receptor. La complexitat augmenta quan la velocitat de les dades augmenten, per que la pila total de protocols IrDA i un processador potent son necessaris.

NFC: HA estat simplificat últimament amb la pila de protocols de codi obert. Es requereix alguns esforços d'adaptació i coneixements per implementar NFC en un sistema quan es dissenya una antena òptima. Requereix com a mínim dos xips (radio i processador) i una font d'alimentació.

Wi-Fi: És probablement la tecnologia més complicada per integrar en un sistema. Requereix diversos drivers i una pila de protocols complerta. El hardware també necessita ser dissenyat amb una estreta tolerància per assegurar que s'aconsegueix el rendiment de radio específic.

Cost de fabricació

Alguns dels principals costos associats a sensors de baixa potència son el processador, la radio, l'antena, la bateria, el connector de la bateria, el sensor, el regulador i la placa de circuit imprés.

S'assumeix que la bateria, els connectors de la bateria i els sensors son iguals a totes les plataformes i pera això no s'han inclòs.

	Processador	Radio	Antena	Regulador	Placa Circuit Imprès
LE	No disp.	\$2.95/1 k ⁽¹⁾	Impresa 8mm ⁽²⁾	No disp.	20 mm ²⁽³⁾
A	\$ baix	\$3.95/10 k	Impresa 'F' 15 mm	No disp.	125 mm ²
A+	No disp.	\$3.33/1 k	Impresa 'F' 15 mm	No disp.	306 mm ²
Zi	No disp.	\$3.20/1 k	Impresa 'F' 15 mm	No disp.	305 mm ²
RF	No disp.	\$2.75/1 k	Impresa 'F' 15 mm	No disp.	305 mm ²
Wi	\$ alt	\$3	Impresa 8 mm ⁽²⁾	\$1.50 ⁽⁴⁾	60 mm ²
Ni	\$low	\$1.60/10 k	Metal 2 cm	No disp.	300 mm ²
Ir	No disp.	\$1.97/10 k	8 mm	No disp.	21 mm ² +CPU
NF	\$ alt	\$1	50 mm x 30 mm	\$0.33 ⁽⁵⁾	100 mm ²

Notes: LE: Bluetooth Low Energy, A (ANT), A+(ANT+), Zi (ZigBee), RF (RF4CE), Wi (Wi-Fi), Ni (Nike+), Ir (IrDA), NF (NFC).

1- Si es fa servir com a part d'un disseny Bluetooth, el cost serà menys del 20% més.

2- Cambridge Silicon Radio (CSR) va patentar que el disseny de l'antena impresa ha de ser utilitzat amb xips CSR.

3- Bluetooth i LE. Només LE està dirigit cap a tecnologies de Plaques de circuits imprès de cot mitjà. Per tant, el mòduls son de aproximadament 96mm² incloent l'antena.

4- Wi-Fi requereix 1,8V @200mA i 3,3V @400mA = 0,86£. Amb un canvi de 1,75£ a 1\$ = 1,50\$

5- NFC necessita 50mA @3,3V = 0,194£. Amb un canvi de 1,75£ a 1\$ = 0,33\$

Eficiència

Protocol

Una transmissió sense fils consisteix en dos components principals: Dades útils i dades extres a un paquet de dades. Aquests solen assegurar que els paquets han estat entregats fiablement. L'eficiència del protocol es pot mesurar com el rati de dades útils de la longitud total del paquet. Si un protocol es molt ineficient i utilitza la major part del seu temps enviant la informació no útil, ràpid descarregarà la bateria i haurà transferit poques dades. Al contrari, un

protocol a prop del 100% d'eficiència transferirà significativament més dades en una sola carrega.

ANT: Un paquet ANT consisteix en 8bytes de dades útils envoltat entre varis components. L'eficiència de la tecnologia ANT es del 47%.

Bluetooth Low Energy: És una estàndard obert.

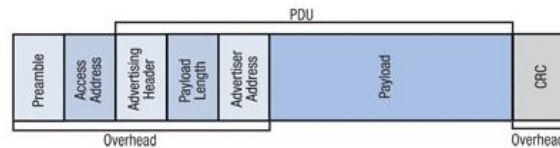


Figura 5.3.6.3.1: Paquet Bluetooth Low Energy

Preamble = 1 octet

Access Address = 4 octets

PDU (Protocol Data Unit (packet or message)) = 39 octets

Advertising Header = 1 octet

Payload length = 1 octet

Advertiser Address = 6 octets

Payload = 31 octets

CRC (Cyclic Redundancy Check) = 3 octets

D'aquestes dades podem extreure l'eficiència del protocol LE: Dades útils/Longitud total= $31/47=0,66 > 66\%$ d'eficiència.

Eficiència Energètica

L'eficiència energètica es requereix pels clients que estan interessats en la prolongació de la vida de la bateria del seus dispositius. La magnitud derivada és la mesura potència per bit o *power per bit*.

ANT: Un dispositiu està configurat per enviar: 32 bytes/segon i consumeix 61 μA

- Un byte consisteix de 8 bits, per tant $32 \times 8 = 256$ bits/segon
- Potència = $VI = 3\text{V} \times 61 \mu\text{A} = 0,183 \text{ mW}$
- Potència per bit = $0,183 \text{ mW} / 256 \text{ bits} = 0,71 \mu\text{W/bit}$

BLE: Els paquets que anuncien la connectivitat son transferits cada 500ms. Cadascun dels paquets te 20 bytes de dades útils i consumeix 49 μA a 3V.

- Consum de potència = $49 \mu\text{A} \times 3\text{V} = 0,147 \text{ mW}$

- Bytes per segon = $20 \times (1 \text{ segon}/500\text{ms}) \times 3 \text{ canals} = 120\text{bytes/segon}$
- Bits per segon = $120 \text{ bytes/segon} \times 8 = 960 \text{ bits/segon}$
- Potència per bit = $0,147 \text{ mW} / 960 = 0,153 \text{ } \mu\text{W/bit}$

IrDA: Un comandament de TV enviar 14 bits de dades útils. Això està implementat amb un processador de ultra baix consum que consumeix $0,1 \text{ } \mu\text{A}$ quan està en mode sleep. La transacció son $1,5\text{ms}$ a $170 \text{ } \mu\text{A}$, llavors 114ms a $55 \text{ } \mu\text{A}$.

- Potència: $0,163\text{mW}$
- Bits: 14
- Potència per bit = $0,163 \text{ mW}/14\text{bits} = 11,7 \text{ } \mu\text{W/bit}$

Nike+: Te una durada de 1000 Hores i transmet la dades útils cada segon i un total de 34bytes. El processador te 225mAh .

- Corrent consumida: $225\text{mAh}/1000\text{h} = 0,225\text{mA}$
- Potència = $3 \times 0,225\text{mA} = 0,675\text{mW}$
- Bits per segon = $34 \times 8 = 272 \text{ bits/segon}$
- Potència per bit = $0,675\text{mW}/272 = 2,48 \text{ } \mu\text{W/bit}$

Wi-Fi: Consumeix aproximadament 116mA a $1,8\text{V}$ quan transmet 40Mbps paquets UDP.

- Potència = $116\text{mA} \times 1,8\text{V} = 0,210\text{W}$
- Potència per bit = $0,210/40.000.000 = 0,00525 \text{ } \mu\text{W/bit}$

ZigBee: Consumeix $0,035706\text{W}$ quan transmet 24 bytes de dades.

- Bits per segon = $24 \times 8 = 192 \text{ bits}$
- Potència per bit = $0,035706/192 = 185 \text{ } \mu\text{W/bit}$

Rendiment

El rang a la tecnologia sense fils molt sovint es pensa que és proporcional a la sensibilitat de la radiofreqüència (RF) del receptor i de la potència del transmissor. Això és cert fins a cert punt. De totes maneres, hi ha molts més factors que afecten al rang real dels dispositius sense fils. Per exemple, l'entorn, la freqüència del portador, el disseny, els mecanismes, l'esquema de codificació, etc.

La següent llista mostra els rangs típics que es poden esperar de les tecnologies de ultra baix consum en ambients oberts:

- NFC → 5cm
- IrDA → 10cm
- Nike+ → 10m
- ANT(+) → 30m
- ZigBee → 100m
- RF4CE → 100m
- Wi-Fi → 150m
- LE → 280m

Ample de Banda

L'ample de banda en xarxes sense fils es pot mesurar de dues maneres:

- Velocitat de senyalització a l'aire, molt sovint escrit a la capsa Wi-Fi 54Mbps.
- Mesurant com de ràpid poden ser transmeses les dades útils, un mètode més útil.

La següent llista mostra la comparació de l'ample de banda de les dades útils:

- IrDA ~ 1Gbps
- Wi-Fi (potència més baixa en mode 802.11b) ~ 6Mbps
- NFC ~ 424kbps
- LE ~ 305kbps
- ZigBee ~ 100Vkbps
- RF4CE = ZigBee
- ANT+ ~ 20kbps
- Nike+ ~ 272bps

Latència

La latència d'un sistema sense fils es pot definir com l'enviament fet per un usuari a un dispositiu receptor.

La següent llista descriu les típiques latències:

- ANT ~ zero
- Wi-Fi ~ 1,5ms
- LE ~ 2,5ms
- ZigBee ~ 20ms
- IrDA ~ 25ms
- NFC ~ específic de cada fabricant
- Nike+ ~ 1 segon

Mercats de destí de la tecnologia sense fils de baix consum energètic

	LE	A	A+	RF	Zi	Wi	Ni	Ir	NF
Control Remot	√	x	x	√	x	√	x	√	x
Seguretat	√	x	x	x	√	√	x	x	√
Salut i Benestar	√	√	√	x	x	x	√	x	x
Contadors intel·ligents	√	x	x	x	√	√	x	x	x
Telèfons mòbils	√	x	√	x	x	√	x	√	√
Automoció	√	x	x	x	x	√	x	x	√
Ritme cardíac	√	x	√	x	x	x	x	x	x
Glucosa en sang	√	x	√	x	x	x	x	x	x
Posicionament	√	x	x	x	√	√	x	x	x
Enregistrament	√	x	x	x	√	x	x	x	√
Pagament	x	x	x	x	x	x	x	x	√
Jocs	√	x	x	x	x	x	x	√	x
Claus de seguretat	√	x	x	√	x	x	x	√	√
3D TV	√	x	x	x	x	x	x	√	x
Aplicacions Intel·ligents	√	x	x	x	√	x	x	x	x
Sistemes de transport Intel·ligent	√	√	√	x	√	x	x	x	x
PCs	√	x	x	x	x	√	x	√	√
TVs	√	x	x	√	x	√	x	√	x
Etiquetatge Animal	√	x	x	x	√	x	x	x	√
Vivenda Assistida	√	√	√	x	x	x	x	x	√

6. Conclusions

En ple segle XXI la tecnologia ha canviat i ha canviat molt ràpid, tal i com es pot observar a l'evolució de les tecnologies sense fils des dels seus començaments fins al dia d'avui.

Analitzant aquestes tecnologies podem dir que les xarxes LAN, juntament amb les Wi-Fi i les connexions per dispositius mòbils HSPA/HSPA+ son l'estàndard actual de comunicacions tant a nivell particular com a nivell corporatiu.

Totes aquestes evolucions tecnològiques han fet que la qualitat de vida dels usuaris millori, ja que podem disposar de connexions a Internet des de gaire bé qualsevol part del món des de dispositius portàtils, tauletes, smartphones, etc i disposar tota la informació necessària a l'abast nostre de manera molt fàcil i intuïtiva.

De la mateixa manera, i molt sovint sense adonar-nos, la tecnologia Bluetooth s'ha convertit en un estàndard d'ús quotidià per parlar per telèfon al cotxe, per transferir dades entre dispositius, per connectar una cinta que mesura el ritme cardíac a un pulsòmetre, etc.

El futur de les tecnologies sense fils estarà molt lligada als sistemes *IMT-Advanced* o simplement 4G d'estàndards de telecomunicacions mòbils que la ITU va establir:

- Que estigui basat en un model de xarxa "all-IP" que faci servir commutació de paquets.
- Que aconseguixi tasses de pic de 1Gbps en mobilitat de baixa velocitat (usuari quiet i a peu) i de 100 Mbps en mobilitat d'alta velocitat (trens, cotxes, ...)
- Que aconseguixi pics d'eficiència espectral d'enllaç de 15bits/Hz en baixada i 6,75bits/Hz en pujada (es a dir, que puguem descarregar a 1Gbps amb un ample de banda de menys de 67MHz).

Dit d'un altre manera: les xarxes 4G estaran optimitzades per un món en que les comunicacions seran gaire be totes sobre IP, ens permeten descarregues molt més ràpides i també aprofiten extremadament l'espectre radioelèctric.

A dia d'avui, les úniques tecnologies aprovades per la ITU com estàndard son LTE-Advanced i WiMAX 2. El primer sent desenvolupat per la 3GPP i l'altre (oficialment IEEE 802.16m) pel IEEE. Tots dos son els successors de LTE i WiMAX.

El creixement dels smartphones encara no ha acabat, els hi donen potència de computació per córrer aplicacions que mai havien estat possibles, i al mateix moment recullen i analitzen informació pels seus sensors de manera noves i innovadores.

El següent pas dintre de la tecnologia Bluetooth serà l' incorporació de xips mode dual que amb tecnologia Bluetooth clàssica i LE en tots el telèfon mòbils.

Aquesta nova generació de telèfons funcionaran com a portes d'entrada per recollir informació vital mèdica de persones des de petits sensors del seu cos i s'enviarà al doctor directament per Internet.

7. Glossari de termes i abreviatures.

- **ERP (Enterprise Resource Planning):** Planificació de Recursos Empresarials.
- **CIOs (Chief Information Officer):** Gerent de Sistemes.
- **CRM (Customer Relationship Management):** Es tracta tant d'un model de gestió de les organitzacions basades en l'orientació al client, com del software per l'administració de la relació amb els clients.
- **Automatic Identification technologies (RFID):** Les Tecnologies d'automàtica identificació és un terme ampli que cobreix els mètode de recol·lecció de dades i la seva introducció directa als sistemes informàtics sense la necessitat de persones. Tecnologies incloses trobaríem els codis de barres, biomètrics, RFID i sistemes de reconeixement de la veu.
- **DS/SS:** Direct Sequence spread spectrum, també conegut en comunicacions mòbils com DS-CDMA (Code Division Multiple Access). És un de los mètodes de codificació de canal (abans de la modulació) en espectre eixamplat per la transmissió de senyals digitals sobre ones radiofòniques.
- **EvDO:** Accés a banda ampla que fa servir tècniques de multiplexació com CDMA (*Code Division Multiplexing*) i TDMA (*Time Division Multiple Access*) per maximitzar la quantitat de dades transmesa. És l'estàndard 3G per xarxes IS-95/CDMA2000, per la seva banda WCDMA és l'estàndard 3G per les xarxes GSM.
- **EvDV:** És la tecnologia 3G per veu i dades per les xarxes CDMA.
- **HSDPA (High Speed Download Packet Access):** També anomenada com a 3.5G, 3G+ o mini 3G. És l'optimització de la tecnologia UMTS/WCDMA. Consisteix en un nou canal compartit a l'enllaç descendent que millora la capacitat màxima de transferència de informació i aconseguir transferències de fins a 14Mbps.

8. Bibliografia

8.1 Articles

http://www.cio.com/article/40797/Wireless_Definition_and_Solutions

<http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>

<http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc784756%28v=ws.10%29.aspx> → Introducció a les xarxes sense fils.

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.maestrosdelweb.com/principiantes/evolucion-de-las-redes-inalambricas/>

→Evolució xarxes sense fils.

<http://www.zigbee.org> → Pagina oficial de la tecnologia Zigbee.

<http://www.zigbee.es> → Pàgina no oficial en espanyol.

<http://www.rfidjournal.com> → Pagina oficial sobre tecnologia RFID.

<http://www.nfc-forum.org> → Tecnologia NFC

<http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr01/wrlslans/hiperlan.htm>

→ HiperLan

<http://www.wi-fi.org> →Organització sense ànim de lucre amb l'objectiu de conduir l'adopció de les xarxes molt ràpides sense fils LAN.

www.etsi.org → Organització Europea d'estàndards de la unió europea per Informació i tecnologies de comunicacions.

<http://web.mst.edu/~mobildat/WMAN/index.html> → Breu descripció WMAN

<http://www.wimax.com> →Pàgina d'una consultora que ofereix serveis professionals i de consultoria relacionat amb aquesta tecnologia. Ofereix uns grans recursos educatius sobre aquesta tecnologia.

http://ticylamejorasocial.blogspot.com.es/2012_05_01_archive.html → Blog d'un enginyer de telecomunicacions entusiasta de les noves tecnologies on fa un breu resum de la tecnologia WiMAX.

<http://www.wanredundancy.org/resources/wan-routing/introduction-to-wide-area-networks/wireless-wan> → Pàgina web amb articles referents a tecnologies WAN.

<http://www.tlmat.unican.es/siteadmin/submaterials/560.pdf> -->Xarxes de telefonia cel·lular (GSM, UMTS). Universitat de Cantàbria.

<http://www.3gpp.org> → Pàgina de l'organisme 3GPP

<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/gsm>

<http://www.xataka.com/moviles/que-es-lte> --> Pagina de referència tecnològica que parla de la tecnologia LTE.

<http://freewimaxinfo.com/wimax-2-technology.html> -->What is WiMAX 2 Technology?

<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/hardware/262-claudio-garcia> --> Pàgina del ministeri d'educació que fa un resum de les característiques de Bluetooth.

<https://www.bluetooth.org/> →Pàgina oficial del Bluetooth.

<http://www.electronicnews.com.au/technical-articles/bluetooth-v4-0-s-smart-start> →
Bluetooth 4.0

<http://www.digikey.com/us/en/techzone/wireless/resources/articles/comparing-low-power-wireless.html> → Comparativa tecnologies de Baix Consum