
Introducció als sistemes de comunicació sense fils

PID_00245985

Josep Prieto Blázquez
Javier Salvador Calvo

Temps mínim de dedicació recomanat: 3 hores





Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu modificar l'obra, reproduir-la, distribuir-la o comunicar-la públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), i sempre que l'obra derivada quedi subjecta a la mateixa llicència que el material original. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
Objectius	7
1. Xarxes de computadors	9
2. Comunicacions sense fils	12
2.1. Classificació	12
2.1.1. Xarxes personals sense fils (WPAN)	13
2.1.2. Xarxes d'àrea local sense fils (WLAN)	16
2.1.3. Xarxes d'àrea estesa sense fils (WWAN)	19
2.2. Avantatges de les comunicacions sense fils respecte de les tradicionals	23
2.3. Limitacions de les comunicacions sense fils respecte de les tradicionals	24
3. Passat, present i futur de les comunicacions sense fils	25
3.1. El passat de les comunicacions sense fils	25
3.2. Present i futur de les comunicacions sense fils	26
Resum	28
Activitats	29
Glossari	30

Introducció

Actualment, estem immersos en la que s'anomena *revolució tecnològica de les comunicacions sense fils*, una revolució similar a la que van protagonitzar, en el seu moment, l'electricitat, la televisió, l'ordinador o les comunicacions mateixes amb cable, que van comportar nous models de negoci.

Un dels principals avantatges d'aquesta tecnologia és la mobilitat, no dependre del cable. El fet que el punt d'entrada a la xarxa de comunicacions no estigui lligat a una ubicació fixa i que el medi de transmissió ja estigui preparat n'afavoreix l'expansió, que pot ser més ràpida que la de qualsevol altre tipus de tecnologia. Hi ha un exemple que ho corrobora: en només cinc anys d'existència, la telefonia mòbil ja va tenir més usuaris que la telefonia fixa.

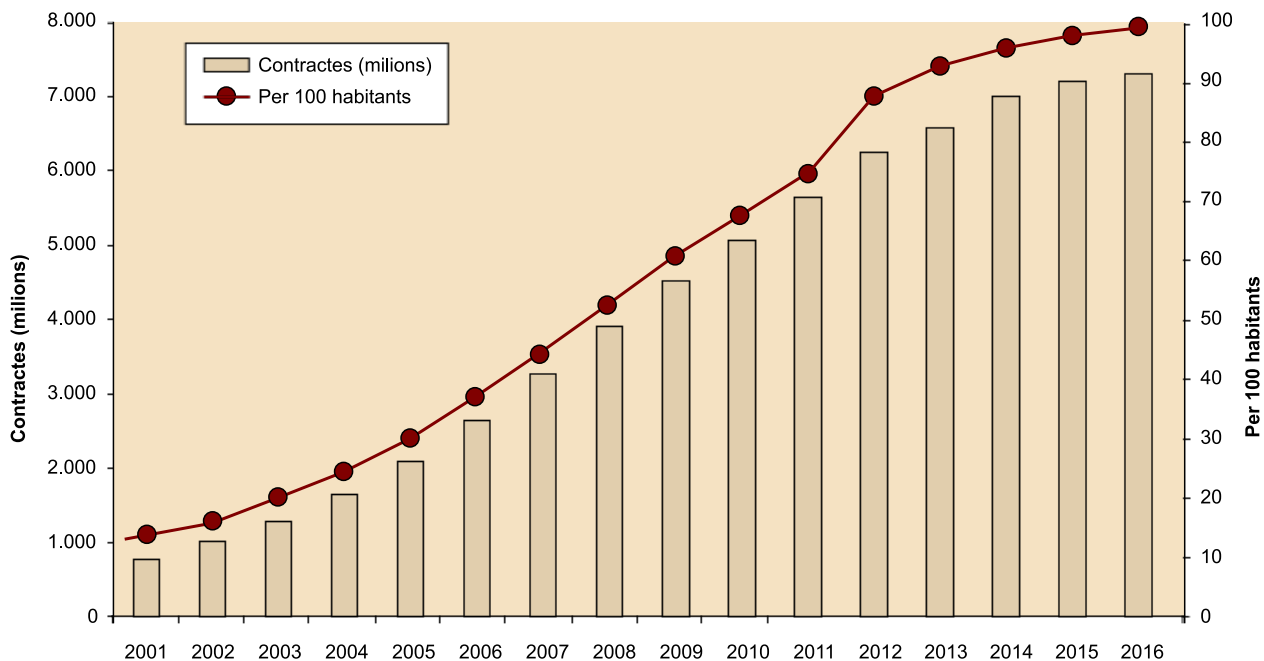
L'enfocament d'aquest mòdul està clarament orientat a introduir els enginyers informàtics en les tecnologies de les comunicacions sense fils, amb l'objectiu d'oferir-los un valor afegit important en la seva carrera professional com a desenvolupadors d'ampliacions o serveis sobre dispositius mòbils.

Internet també s'ha beneficiat d'aquesta tecnologia, fet que ha donat pas al que es coneix com a *Internet mòbil*, que permet que dispositius mòbils i persones s'hi connectin des de qualsevol lloc i en qualsevol moment, cosa que ha facilitat l'aparició de nous serveis i aplicacions sobre aquests dispositius.

Difusió de les tecnologies mòbils

El 2016 es va arribar al 99% de població amb contracte de telefonia mòbil. Això vol dir que la telefonia mòbil de veu té més de 7.377 milions d'usuaris. A més, al 2016 per primera vegada el tràfic a Internet des de dispositius mòbils (51,3%) va superar l'accés des de dispositius fixos (48,7%).

Contractes de telefonia mòbil al món, total i per 100 habitants, 2001-2016.



Font: ITU World Telecommunication / ICT Indicators database.

Objectius

Amb l'estudi d'aquest mòdul es pretén que l'estudiant assoleixi els objectius següents:

- 1.** Adquirir una visió global de les comunicacions sense fils i conèixer quins són els trets característics que tenen.
- 2.** Saber quin és el medi de transmissió de les comunicacions sense fils.
- 3.** Diferenciar els diversos tipus de comunicacions sense fils.
- 4.** Identificar els avantatges de la comunicació sense fils.
- 5.** Tenir una visió històrica de les comunicacions sense fils.

1. Xarxes de computadors

En una xarxa de computadors, podem distingir quatre elements importants que intervenen per a definir-les:

1) El **protocol de comunicació** defineix el llenguatge i el conjunt de regles que faciliten la comunicació entre l'emissor i el receptor, amb l'objectiu que es puguin entendre i intercanviar informació. Hi ha molts protocols, però segurament el més conegut i més estès entre els ordinadors és el TCP/IP¹ que utilitza Internet.

⁽¹⁾protocol de control de transmissió / protocol d'Internet o *transport control protocol / Internet protocol*

2) La **topologia** defineix la manera com els nodes de comunicació estan interconnectats entre si. Les topologies de xarxa més comunes són en bus, estrella, anell o punt a punt.

3) La **seguretat** és l'element que permet de garantir la confidencialitat, l'autenticació i la integritat de les dades.

4) El **medi de transmissió** és l'element que diferencia més clarament les tecnologies de comunicació amb fil i les sense fils. És el medi pel qual viatja el senyal que porta les dades.

Actualment, les comunicacions amb cable (guiades) utilitzen diversos mitjans de transmissió; entre altres, el parell trenat (UTP o STP²), el cable coaxial, la fibra òptica o els cables d'alta tensió.

⁽²⁾parell trenat sense protecció o *unshielded twisted pair (UTP)*
parell trenat amb protecció o *shielded twisted pair (STP)*

El medi de transmissió de les comunicacions sense fils (no guiades) és l'espectre electromagnètic que col·loquialment anomenem *aire*.

1.1. L'espectre electromagnètic

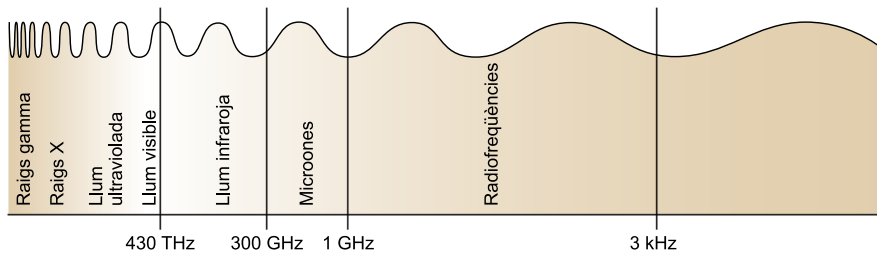
L'espectre electromagnètic és el rang de freqüències de totes les ones electromagnètiques que es poden propagar a través de l'espai lliure, ordenades segons la longitud d'ona i la freqüència que tenen.

Com el nom mateix indica, aquestes ones tenen un component magnètic i un altre d'elèctric. La forma més familiar de radiació electromagnètica és la llum visible.

Exemples de freqüències

La llum visible té una freqüència de 500.000 GHz i la ràdio FM, entre 80 MHz i 110 MHz.

Espectre electromagnètic

**Ordenació de freqüències**

Des del 1999, el comitè de l'IEEE 802.16 treballa per definir els estàndards de les comunicacions sense fils d'aquest rang de freqüències. Per a saber-ne més podeu visitar l'adreça següent:

<http://standards.ieee.org/wireless>

Els rangs de freqüències més utilitzats en les comunicacions sense fils són els següents:

- **Infrarojos (IR).** S'utilitzen en comunicacions punt a punt de curt abast, són molt direccionables i no poden travessar obstacles. Aquest medi s'utilitza habitualment per al comandament a distància amb la televisió i fins fa uns anys era també un sistema de comunicació que s'utilitzava sovint per a connectar dispositius situats l'un al costat de l'altre (un PDA³ amb l'ordinador o amb un mòbil i el teclat amb l'ordinador). És el rang de freqüència més alt per a comunicacions sense fils.
- **Microones (MW).** Aquest rang de freqüències és adequat per a transmissions de llarg recorregut (comunicacions per satèl·lit, comunicacions terrestres punt a punt com a alternativa al cable coaxial o la fibra òptica, i també la majoria de tecnologies sense fils més habituals que hi ha actualment i que explicarem breument en aquesta assignatura, com UMTS, Bluetooth o WLAN). Les microones solen ser direccionals i utilitzen una part de l'espectre amb freqüències més petites que els infrarojos.
- **Radiofreqüències (RF).** És el rang que utilitzen les transmissions de ràdio (FM, AM) i televisió digital terrestre (TDT). Les radiofreqüències són omnidireccionals i poden travessar obstacles sense cap problema.

⁽³⁾organitzador personal o *personal digital assistant*

Altres freqüències

Hi ha altres rangs de freqüències de l'espectre electromagnètic, com ara la llum ultraviolada, els rajos X o els rajos gamma, que podrien tenir prestacions millors que els infrarojos, les microones i les radiofreqüències, atesa la freqüència tan alta que tenen, però no s'utilitzen perquè poden arribar a ser perillosos per als éssers vius i, a més, són difícils de produir i modular.

Per a ordenar la utilització de l'espectre electromagnètic, hi ha acords nacionals i internacionals que regulen qui pot utilitzar quina freqüència. Hem de pensar que l'espectre és limitat i que hi ha molts serveis que el volen fer servir: la ràdio, la televisió, els telèfons sense fils, les companyies telefòniques, els agents de policia, els militars, les xarxes d'àrea local, etc.

L'ITU⁴ en l'àmbit mundial i l'FCC⁵ als Estats Units s'encarreguen de regular l'ús de les freqüències de l'espectre electromagnètic.

⁽⁴⁾International Telecommunications Union (<http://www.itu.int>)

Les bandes autoritzades per aquests organismes internacionals s'anomenen *bandes ISM*⁶, i, a l'hora de concedir autoritzacions, tenen en compte que la potència de transmissió no sigui perjudicial per a la salut.

⁽⁵⁾Federal Communications Commission (<http://www.fcc.gov>)

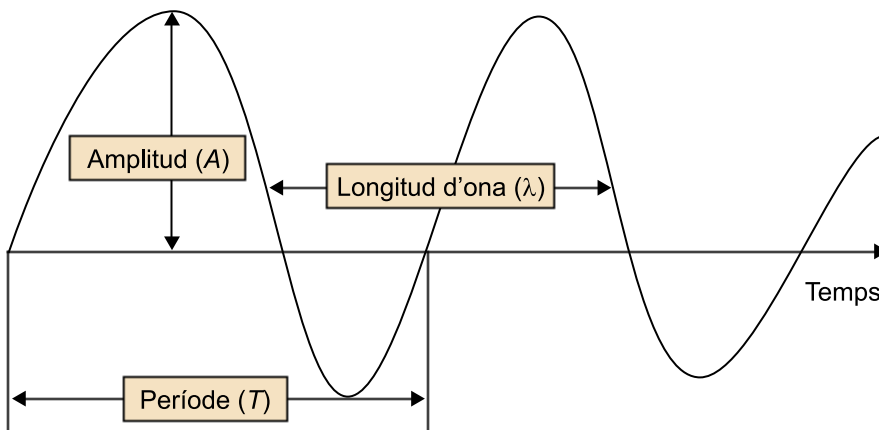
⁽⁶⁾bandes industrials, científiques i mèdiques o *industrial, scientific and medical bands*

1.1. Components d'una ona

Per a entendre les comunicacions sense fils és necessari conèixer els conceptes fonamentals que defineixen una ona electromagnètica:

- **Freqüència (f)**. Nombre d'oscil·lacions per segon d'una ona o senyal; es mesura en hertz (Hz). Una ona que fa cinc cicles per segon té una freqüència de 5 Hz.
- **Període (T)**. Quantitat de temps que triga una ona a completar un cicle:
 $T = 1/f$.
- **Fase (Φ)**. Posició relativa en el temps dintre del període simple d'una ona.
- **Longitud d'ona (λ)**. Espai que ocupa un cicle complet d'una ona, mesurat en metres: $\lambda = c/f$, en què c és la velocitat de la llum en el buit (aproximadament $3 \cdot 10^8$ m/s).
- **Amplitud (A)**. Màxim valor o potència d'una ona en el temps, típicament mesurat en volts o decibels.

Components d'una ona



2. Comunicacions sense fils

Abans d'entrar a abordar els diferents mòduls d'aquesta assignatura, és important entendre l'abast de les comunicacions sense fils.

En un sentit ampli i general, entenem per **comunicacions sense fils** aquelles comunicacions entre dispositius (mòbils o no), o bé entre persones, que intercanvien informació utilitzant l'espectre electromagnètic.

Exemples de comunicacions sense fils

La definició de comunicacions sense fils engloba des d'una comunicació Bluetooth entre un telèfon mòbil i un ordinador portàtil fins a una comunicació de dos terminals de telefonia mòbil GSM. Fins i tot, la comunicació verbal entre dues persones seria una comunicació sense fils: utilitzen un canal com l'aire per a l'intercanvi d'informació.

En aquesta assignatura ens centrarem en les comunicacions sense fils relacionades amb les noves tecnologies i amb les noves possibilitats de negoci.

2.1. Classificació

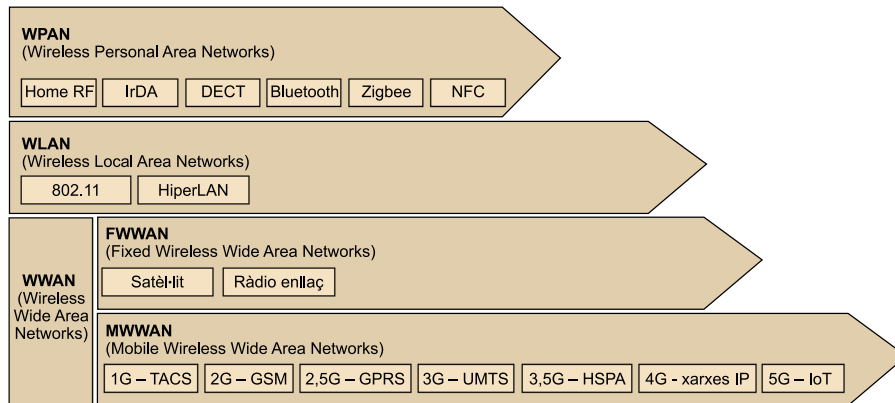
Segons la documentació que es consulti, es poden trobar diferents classificacions de les comunicacions sense fils. En aquesta assignatura, les classificarem atenent a l'abast que tenen i la manera de controlar l'accés a la xarxa.

Segons l'abast, podem establir tres grans grups:

- **Xarxes d'àrea personal sense fils** o *wireless personal area networks* (WPAN).
- **Xarxes d'àrea local sense fils** o *wireless local area networks* (WLAN).
- **Xarxes d'àrea estesa sense fils** o *wireless wide area networks* (WWAN). Podem diferenciar dos tipus de WWAN, segons qui en controla l'accés:
 - **Comunicació fixa** o *fixed wireless wide area networks* (FWWAN).
 - **Comunicació mòbil** o *mobile wireless wide area networks* (MWWAN).

Enllaç d'interès

Per a saber més sobre la comunicació Bluetooth podeu visitar l'adreça següent d'Internet: <http://www.bluetooth.com>

**IoT**

IoT és l'acrònim d'«Internet de les coses» (en anglès, *Internet of Things*), l'escenari on qualsevol tipus de dispositiu pot disposar de connectivitat per a enviar o rebre dades, per exemple, per a ser controlat remotament.

2.1.1. Xarxes personals sense fils (WPAN)

Les xarxes personals sense fils (WPAN) presenten una important limitació d'abast: els dispositius que s'hi pretenguin comunicar han d'estar poc separats. Generalment, s'accepta com a límit l'espai d'una habitació o un despatx.

Usos de les xarxes WPAN

Les xarxes WPAN són una tecnologia que ha arribat de manera progressiva a la nostra vida quotidiana amb l'objectiu de fer les comunicacions més còmodes i més fàcils d'utilitzar: la tecnologia Bluetooth permet de comunicar una impressora i un ordinador sense cap cable, sempre que estiguin a una distància entorn dels deu metres; mitjançant la tecnologia Wi-Fi la distància pot arribar fins als cent metres.

Les tecnologies més utilitzades de WPAN són les següents: Bluetooth, DECT⁷, IrDa⁸, NFC⁹ i Zigbee.

Bluetooth

Bluetooth és una especificació, regulada pel grup de treball IEEE 802.15.1, que permet la transmissió de veu i dades entre diferents dispositius mitjançant un enllaç de radiofreqüència en la banda ISM de 2,4 GHz.

Bluetooth, rei víking

El nom *Bluetooth* prové del rei víking Harald Blatand (segle X aC), que va unificar i controlar Dinamarca i Noruega. D'aquí ve la inspiració del nom: amb aquesta tecnologia es pretén unificar i interconnectar dispositius.

Es creu que una de les aficions d'aquest rei era menjar móres, i per això tenia el «tint» blau de les dents (*bluetooth* vol dir 'dent blava' en anglès).

Bluetooth permet connectar sense fils diferents dispositius electrònics, com ara organitzadors personals (PDA), telèfons mòbils, *tablets*, rellotges intel·ligents (*smartwatches*) o ordinadors portàtils, de manera que facilita, abarateix i garanteix la interoperabilitat entre dispositius de diferents fabricants.

Bluetooth defineix un abast curt (entorn de 10 m) i, opcionalment, un abast mitjà (entorn de 100 m).

Enllaç d'interès

El grup de treball IEEE 802.15 defineix els estàndards referents a les WPAN. Els podeu consultar a l'adreça següent: <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/>

⁽⁷⁾telecomunicació sense fils millorada digitalment o *digital enhanced cordless telecommunication*

⁽⁸⁾Infrared Data Association

⁽⁹⁾comunicació de camp proper o *near field communication*

Evolució històrica

L'evolució històrica de la tecnologia Bluetooth és la següent:

- **1994:** Ericsson promou un estudi de comunicacions sense fils de baix cost i baixa potència.
- **1998:** es crea l'SIG (Special Interest Group), format inicialment per Ericsson, IBM, Intel Nokia i Toshiba.
- **1999:** apareix la versió 1.0 de l'estàndard.
- **2001:** apareix la versió 1.1 de l'estàndard.
- **2002:** l'IEEE treu l'estàndard 802.15.1, que és compatible amb la versió 1.1 de Bluetooth.
- **2004:** apareix la versió 2.0 de l'estàndard, que destaca per l'augment de la velocitat de transferència (fins a 3 Mbps).
- **2007:** apareix la versió 2.1 de l'estàndard, que destaca per les millores en temes de seguretat.
- **2009:** apareix la versió 3.0 de l'estàndard, que destaca per l'augment considerable de la velocitat de transferència (fins a 300 Mbps).
- **2011:** apareix la versió 4.0 de l'estàndard, que destaca per la reducció significativa del consum de bateria.
- **2014:** apareix la versió 4.2 de l'estàndard. Introdueix millores importants per al desenvolupament d'IoT (IPv6 per Bluetooth Smart). S'incorporen millores a nivell de seguretat.
- **2016:** apareix la versió 5.0 de l'estàndard. Es crea per al desenvolupament massiu d'IoT. La seva velocitat (2 Mbps) en el cas de transmissió de baixa energia multiplica per dos la velocitat de la versió 4.x. Augmenta per quatre la distància de transmissió respecte a la versió 4.x: això és molt important per a poder crear solucions que cobreixin tota la superfície d'una casa. També augmenta per vuit la mida de les dades que pot transmetre (paquets de 255 octets).

En una xarxa Bluetooth qualsevol dispositiu pot actuar com a màster o com a esclau:

- El dispositiu màster s'encarrega de definir com s'estableix la comunicació físicament (freqüència de salt, fase, etc.).
- Els dispositius esclaus coordinen les transmissions segons les especificacions del màster. Normalment el primer que demana el servei actua com a màster, excepte quan la xarxa ja ha estat establerta.

DECT

La tecnologia de telecomunicació sense fils millorada digitalment (DECT, *digital enhanced cordless telecommunications*) apareix com una necessitat perquè les comunicacions analògiques entorn de la telefonia del principi de la dècada dels vuitanta evolucionessin envers un context digital. La transmissió digital sense fils ofereix una sèrie d'avantatges respecte de l'analògica: menys interferències, més capacitat de dispositius en una mateixa zona, més seguretat (es pot xifrar la informació) i més mobilitat (es poden establir mecanismes per a saltar d'una xarxa a una altra, característica que rep el nom d'*itinerància* o *roaming*).

Enllaç d'interès

Per a saber més sobre la comunicació Bluetooth podeu visitar l'adreça següent d'Internet: <http://www.bluetooth.com>



El DECT opera en la banda de freqüències que va de 1.880 MHz a 1.900 MHz.

L'estàndard DECT apareix oficialment al començament de 1988 impulsat per l'ETSI. Inicialment, es va centrar en la definició del radioenllaç entre els dispositius sense fils i les estacions fixes, i en els protocols i estàndards necessaris per a desenvolupar funcions de traspàs (*handover*) entre estacions base.

L'estàndard DECT, que originalment admetia transferències de dades fins a 552 kbps, ha evolucionat fins a permetre transferències de 2 Mbps.

Més de cent països han reservat bandes de freqüències per a la transmissió de dades amb DECT. A més, en un gran nombre de països opera en una banda de freqüències protegida, és a dir, lliure d'interferències amb altres tecnologies.

IrDa

La Infrared Data Association (IrDA) és una associació que integra més de cent seixanta companyies. L'estàndard IrDA utilitza l'espectre de freqüència d'infraroig per a transmetre informació.

L'ús de la tecnologia IrDA s'ha estès molt, sobretot als anys noranta i començaments de segle, a causa del baix cost d'implementació i al baix consum de bateria. A més, és molt flexible i capaç d'adaptar-se fàcilment a un gran nombre d'aplicacions i dispositius, com ara tauletes, telèfons, impressores o ordinadors portàtils.

Els dispositius que utilitzen IrDA es comuniquen mitjançant l'ús del díode emissor de llum o *light emitting diode* (LED). Cal que aquests dispositius estiguin alineats els uns amb els altres. La desviació màxima permesa és de 30°.

NFC

La tecnologia de comunicació *near field communication* (NFC) permet la transmissió de dades d'una manera simple entre diferents dispositius mitjançant un enllaç de radiofreqüència en la banda ISM de 13,56 MHz.

Atès que la connexió es produeix quan dos dispositius NFC són molt pròxims entre si, menys de 20 cm, la comunicació és inherentment segura.

NFC va ser aprovat per l'estàndard ISO 18092 el 2003. Philips, Sony i Nokia van formar l'NFC Forum per avançar en el desenvolupament de les especificacions NFC i vetllar-ne per la interoperabilitat.

La tecnologia NFC és una extensió de l'estàndard ISO/IEC-14443 per a targetes de proximitat sense contactes que combina la interfície d'una targeta intel·ligent i un lector en un únic dispositiu, cosa que ho fa compatible amb tota la infraestructura de pagament sense contactes existent actualment.

Enllaç d'interès

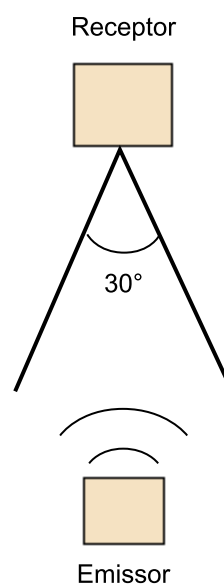
ETSI és la sigla de l'European Telecommunications Standards Institute. Podeu trobar informació sobre aquest estàndard en l'adreça següent: <http://portal.etsi.org/>

Usos de DECT

Els aparells de telefonia sense fils d'ús domèstic són els que fan servir més freqüentment el DECT i, a més, solen operar amb un rang de 50 m.

Enllaç d'interès

Per a saber més sobre l'IrDA podeu visitar la pàgina web següent: <http://www.irda.org>



Encara que la tecnologia NFC permet l'intercanvi de dades entre dispositius, no està dirigida a la transmissió massiva de dades, com per exemple Bluetooth, sinó a la comunicació entre dispositius amb capacitat de càlcul com telèfons mòbils, tauletes, o PC, ja que és una tecnologia complementària per a donar altres serveis, com ara la identificació i la validació de persones.

NFC és la tecnologia que permet el funcionament de les targetes bancàries *contactless* i els serveis de pagament basats en el mòbil d'Apple (Apple Pay), Google (Android Pay), Samsung (Samsung Pay) i altres. Els sistemes de pagament mòbils combinen la facilitat d'ús del *contactless* amb la verificació d'empremta dactilar. Molts rellotges intel·ligents (*smartwatches*) també compten amb aquesta tecnologia.

Zigbee

Zigbee és un estàndard de comunicacions sense fils, regulat pel grup de treball IEEE 802.15.4 el 2004, que permet habilitar xarxes sense fils amb capacitats de control i monitoratge que siguin segures, de baix consum energètic i de baix cost de processador, de manera bidireccional.

ZigBee és promoguda per la ZigBee Alliance, que és una comunitat internacional de més de cent companyies com Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung, Honeywell i Siemens. De fet, ZigBee no és una tecnologia, sinó un conjunt estandarditzat de solucions que poden ser implementades per qualsevol fabricant.

2.1.2. Xarxes d'àrea local sense fils (WLAN)

Una xarxa d'àrea local sense fils (WLAN) és una xarxa de cobertura geogràfica limitada, velocitat de transmissió relativament alta, baix nivell d'errors i administrada de manera privada que es comunica bàsicament mitjançant microones.

Avantatges d'una WLAN

La necessitat d'una WLAN no es justifica per la possible millora en amplada de banda o en fiabilitat, seguretat o eficiència de les comunicacions, sinó per la comoditat que proporciona a l'usuari i la mobilitat que li permet, i també per la instal·lació fàcil i ràpida.

Les WLAN són una extensió o una alternativa a les LAN amb cables. Els usuaris d'una WLAN poden accedir als recursos que els ofereix la LAN sense haver de dependre d'infraestructures de xarxa (cablatge, connectors, etc.).

La gran difusió de les WLAN es deu als importants avantatges que presenten respecte de les LAN:

- **Mobilitat:** els usuaris d'una WLAN poden accedir a informació en temps real des de qualsevol lloc de l'organització.

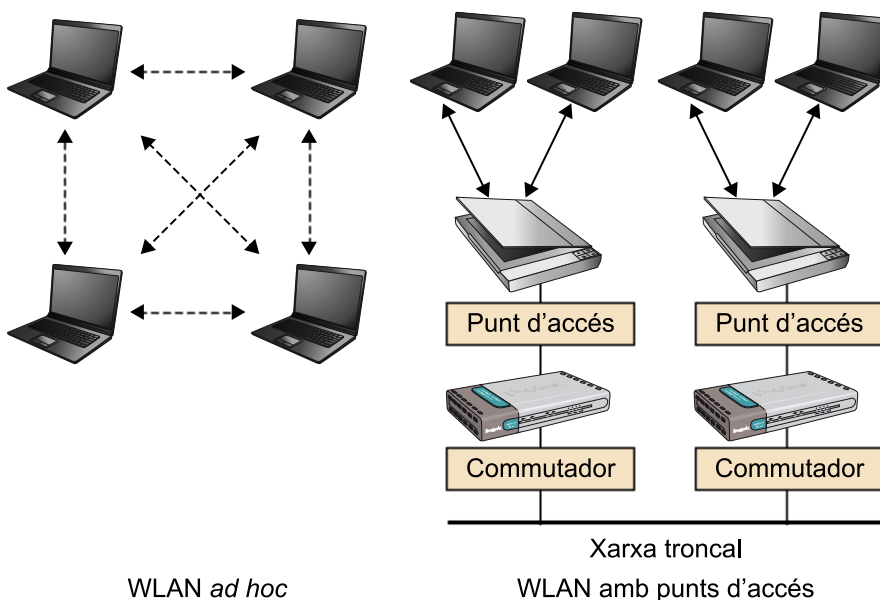
Zigbee

L'origen del nom *Zigbee* va sorgir d'un rusc d'abelles que es comunicaven volant a prop del rusc.

Enllaç d'interès

Per a saber més de l'estàndard Zigbee podeu visitar l'adreça següent: www.zigbee.org/

- **Instal·lació simple:** no cal preocupar-se per la instal·lació de cables dins el radi de cobertura.
- **Flexibilitat:** permet d'accedir a llocs que una LAN cablada no assoliria mai.
- **Baix cost:** encara que el cost inicial d'instal·lació de les WLAN pot ser superior a les LAN amb cable, a llarg termini pot comportar un estalvi, sobretot en entorns amb canvis freqüents d'ubicació dels dispositius.
- **Escalabilitat:** les WLAN es poden configurar amb diferents topologies d'una manera senzilla segons la necessitat de l'entorn. Podem tenir les WLAN *ad hoc* (on els dispositius es van afegint a la xarxa) i les WLAN amb punts d'accés connectats a la xarxa principal.



Tot i els avantatges mencionats anteriorment, les WLAN tenen una sèrie de limitacions i requisits, com ara:

- **Velocitat:** les WLAN han de poder transmetre informació a velocitats comparables a les LAN (més de 500 Mbps).
- **Retards:** són importants en qualsevol aplicació, però especialment en les transmissions sense fils.
- **Accessos difícils:** dins un edifici podem tenir factors que esmorteixen el senyal. Un dispositiu mòbil pot rebre molta menys potència que un altre.
- **Consum:** els dispositius mòbils se solen alimentar amb bateries; per tant, cal dissenyar-los perquè tinguin un consum eficient (mode repòs, mode baix consum, poca despesa en la transmissió de paquets, etc.).

- **Màxim nombre de nodes i màxima cobertura:** una WLAN pot necessitar suportar centenars de nodes. L'àrea de cobertura típica d'una WLAN va de 10 m² a 100 m², la qual cosa implica retards de propagació inferiors a 1.000 nsegons.
- **Seguretat:** el medi en què es transmet la informació (ones electromagnètiques) és obert per a qualsevol que es trobi dins el radi de cobertura. Per a garantir la seguretat s'utilitzen algorismes de xifratge.
- **Interferències:** es poden produir a causa de dues transferències simultànies (col·lisions), o bé de dos emissors que comparteixen la mateixa banda de freqüència. Les col·lisions també es produeixen quan diverses estacions que esperen que el canal estigui lliure comencen les transmissions al mateix temps. A diferència de les xarxes locals amb fil, en les WLAN es produeix un efecte de node ocult que comporta un augment de col·lisions.

Les tecnologies més utilitzades de WLAN són principalment les diverses variants de l'IEEE 802.11, tot i que també n'hi ha d'altres, com la HiperLAN.

IEEE 802.11

L'IEEE 802.11 és una família d'estàndards per a xarxes locals sense fils desenvolupat per l'IEEE que va ser definit el 1997 (el 1999 es van definir els estàndards 802.11a i 802.11b). L'estàndard garanteix la interoperabilitat entre diferents fabricants. És a dir, per exemple, que una targeta WLAN per a PC d'un fabricant funcioni amb un punt d'accés d'un altre fabricant.

L'estàndard 802.11 descriu la funcionalitat de les capes i les subcapes i les relacions que tenen entre si, però no especifica com s'han de fer; només indica com s'ha de comportar l'equip i deixa via lliure al fabricant en la manera d'implementar-lo.

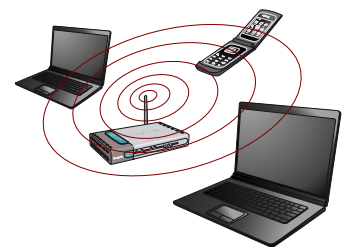
L'objectiu principal de l'estàndard 802.11 és garantir la funcionalitat de les aplicacions sense que hàgim de pensar si la comunicació es fa amb fil o sense.

L'estàndard 802.11 és una família d'especificacions, entre les quals destaquem les següents:

- **IEEE 802.11a:** suporta velocitats de fins a 54 Mbps i utilitza la banda de freqüències de 5 GHz. Aquest protocol està orientat a la transmissió de paquets, però no suporta funcions de qualitat de servei.
- **IEEE 802.11b (inicialment anomenat *Wi-Fi*):** suporta velocitats de fins a 11 Mbps i utilitza la banda de freqüències de 2,4 GHz.

Enllaç d'interès

Podeu obtenir més informació sobre aquest estàndard a l'adreça següent: <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>



- **IEEE 802.11g**: suporta velocitats de fins a 54 Mbps. És una evolució de l'IEEE 802.11b i utilitza la mateixa banda de freqüències de 2,4 GHz.
- **IEEE 802.11i**: es va crear per a superar les vulnerabilitats de seguretat per a protocols d'autenticació i de codificació. L'estàndard inclou els protocols 802.1x, TKIP i AES i s'implementa amb WPA2.
- **IEEE 802.11n**: suporta velocitats de fins a 600 Mbps i pot treballar en dues bandes de freqüències: 2,4 GHz (la que fan servir 802.11b i 802.11g) i 5 GHz (la que fa servir 802.11a). 802.11n és compatible amb dispositius basats en totes les especificacions anteriors de 802.11. El fet que treballi a la banda de 5 GHz li permet assolir més rendiment, ja que està menys congestionada.
- **IEEE 802.11ac**: l'especificació indica una taxa de transferència d'almenys 1 gigabit per segon amb configuracions de múltiple antena i una taxa d'almenys 500 megabits per segon amb una sola antena. Treballa en la banda de freqüències de 5 GHz.

HiperLAN

La xarxa d'àrea local de ràdio d'alt rendiment (HiperLAN, *high performance radio local area network*) és un estàndard de xarxes locals sense fils desenvolupat per l'ETSI.

La primera versió de l'estàndard, HiperLAN1 (HiperLAN Type 1), va aparèixer el 1996 i admetia velocitats de fins a 20 Mbps. L'evolució d'aquest estàndard, apareguda el 2000, s'anomena *HiperLAN2* (HiperLAN Type 2) i admet velocitats de fins a 54 Mbps. Tots dos estàndards operen en la banda de freqüències de 5 GHz.

2.1.3. Xarxes d'àrea estesa sense fils (WWAN)

Les xarxes d'àrea estesa sense fils (WWAN) permeten la connexió de xarxes i usuaris de zones geogràficament distants. Se'n poden distingir dos tipus:

- WWAN fixes, que utilitzen radioenllaç o satèl·lit.
- WWAN mòbils, que utilitzen les companyies o altres serveis públics en la transmissió i recepció de senyals.

Sense cap mena de dubte, les xarxes WWAN mòbils (MWWAN) són les que han viscut una expansió més espectacular en els darrers anys. Actualment les MWWAN són el sistema de comunicació sense fils més utilitzat, ja que són les que utilitzen els operadors de telefonia mòbil i tenen més de 5.000 milions d'usuaris en tot el món.

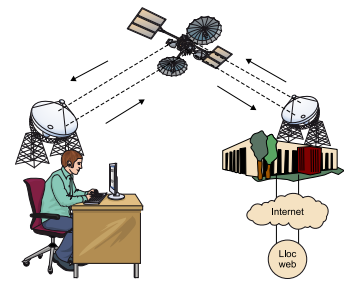
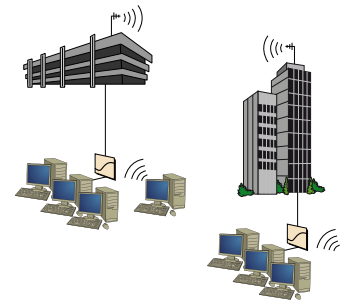
WWAN i IEEE

El grup de treball 802.16 de l'IEEE defineix els estàndards WWAN.

WWAN fixes (FWWAN)

Les xarxes WWAN fixes (FWWAN) poden utilitzar dues tecnologies:

- **Radioenllaç.** Utilitzant radioenllaços es poden connectar xarxes separades geogràficament amb diferents bandes de l'espectre electromagnètic (infrarojos, microones, làser, etc.), que poden ser punt a punt o punt a multipunt.
- **Satèl·lit.** Les comunicacions per satèl·lit cobreixen una gran superfície de la Terra, tenen una gran amplada de banda i el cost de la transmissió és independent de la distància; presenten l'inconvenient dels retards de propagació del senyal.



Actualment la major part de xarxes de satèl·lit s'utilitzen per a la difusió de televisió. L'ús d'aquestes xarxes per a la transmissió de dades sense fils és molt limitat, atès que cal tenir en compte les grans despeses que comporten en equipament, els problemes del retard que es produeix en propagar-se el senyal i el cost elevat per minut de transmissió.

WWAN mòbils (MWWAN)

En les xarxes WWAN mòbils (MWWAN) el terminal que envia i rep la informació està en moviment. En aquestes xarxes normalment hi ha molts usuaris connectats simultàniament (accés múltiple) que utilitzen els serveis.

Actualment a Europa, hi ha diferents tecnologies de MWWAN, agrupades per generacions; les més destacades són les sis següents:

1) **2G (segona generació).** Tecnologia de segona generació, utilitzada per a descriure les xarxes mòbils digitals com les GSM, que van substituir les xarxes mòbils analògiques de primera generació. Bàsicament estaven dissenyades per a comunicacions de veu, missatgeria instantània (SMS) i, esporàdicament, per a transmissió de dades bàsiques que requereixen molt poca amplada de banda. La generació abasta el sistema GSM:

- **GSM¹⁰.** El Group Special Mobile va ser l'organisme que es va encarregar de la configuració tècnica d'una normativa de transmissió i recepció per a la telefonia mòbil. A Europa les bandes de freqüències ISM que s'utilitzen són 900 MHz i 1.800 MHz. Aquesta tecnologia va aparèixer el 1990 amb una velocitat de transmissió de 9,6 kbps. GSM opera per comunicació de circuits; això vol dir que hi ha una fase d'establiment de la connexió que afegeix temps d'espera i que la trucada sempre estarà oberta, tot i que no hi hagi transferència de dades, mentre no es tanqui la connexió.

⁽¹⁰⁾ sistema global per a comunicacions mòbils o *global system for mobile communications*

2) **2.5G (segona generació i mitja)**. Considerada una tecnologia intermèdia entre 2G i 3G basada en les actualitzacions tecnològiques de les xarxes mòbils GSM per a augmentar la velocitat de transmissió de dades i l'eficàcia d'aquesta transmissió. La generació abasta els sistemes GPRS i EDGE:

- **GPRS¹¹**. És una tècnica de commutació de paquets que es va començar a fer servir el 2001 i que es va integrar amb l'estructura actual de xarxes GSM. Aquesta tecnologia permet una velocitat de dades entre 56 kbps i 115 kbps. Els avantatges que té són múltiples, i s'apliquen fonamentalment a les transmissions de dades que requereixen trànsit discontinu, com per exemple Internet i missatgeria electrònica (SMS i MMS). Amb aquesta tecnologia, desapareix el concepte de *temps de connexió*, i deixa pas al de *quantitat d'informació transmesa*, passant de commutació de circuits a commutació de paquets. Els proveïdors de servei de telefonia mòbil podran facturar pels paquets realment enviats i rebuts. L'amplada de banda podrà ser lliurada a la carta, segons les necessitats de la comunicació.
- **EDGE¹²**. També coneguda com a *EGPRS* (Enhanced GPRS), és una tecnologia apareguda el 2003 considerada una evolució del GPRS. EDGE proporciona una amplada de banda superior al GPRS, entre 236 kbps i 384 kbps, que permet executar aplicacions que requereixen més velocitat de transferència de dades, com vídeo i altres serveis multimèdia.

(11) servei general de paquets per ràdio o *general packet radio service*

(12) dades avançades per a evolució GSM o *enhanced data for GSM evolution*

3) **3G (tercera generació)**. Les tecnologies de 3G són la resposta a l'especificació IMT-2000 de la Unió Internacional de Telecomunicacions (ITU) per a disposar de banda ampla en telefonia mòbil i transmetre un volum de dades important per la Xarxa. Amb la tercera generació seran possibles les videoconferències, baixar vídeos, veure televisió en temps real i poder fer la majoria de coses des del mòbil. La generació abasta el sistema UMTS:

- **UMTS¹³**. L'estàndard UMTS està basat en la tecnologia WCDMA. UMTS és gestionat per l'organització 3GPP versió 4, també responsable de GSM, GPRS i EDGE. UMTS es va comercialitzar per primera vegada el 2005 i la velocitat màxima de transmissió de dades que té és 1,92 Mbps.

(13) sistema de telecomunicacions mòbils universals o *universal mobile telecommunications system*.

3GPP

El Third Generation Partnership Project (3GPP) es va crear per a conduir la preparació i el manteniment d'una gamma completa d'especificacions tècniques aplicables per a un sistema mòbil 3G basat en les xarxes GSM centrals evolucionades.

4) **3.5G (tercera generació i mitja)**. De la mateixa manera que el 2.5G, està considerada una tecnologia intermèdia entre 3G i 4G, amb el principal objectiu d'augmentar considerablement la velocitat de transmissió de dades per a les necessitats actuals dels clients consumidors. És, per tant, l'evolució de 3G i es considera el pas previ abans de la quarta generació (4G). La generació abasta els sistemes HSPA i HSDPA:

- **HSPA¹⁴**. És la combinació de tecnologies posteriors i complementàries a 3G, com HSDPA o HSUPA. Teòricament admet velocitats de fins a 14,4

(14) accés a paquets d'alta velocitat o *high speed packet access*

Mbps en baixada i fins a 2 Mbps en pujada, depenent de l'estat o la saturació de la Xarxa i de la implantació que tingui.

- **HSDPA**¹⁵. És l'optimització de la tecnologia espectral UMTS/WCDMA, inclosa en les especificacions de 3GPP versió 5, i consisteix en un nou canal compartit en l'enllaç de baixada (*downlink*) que millora significativament la capacitat màxima de transferència d'informació fins a arribar a taxes de 14,4 Mbps, i suporta taxes de transmissió mitjana properes a 1 Mbps. És totalment compatible amb UMTS i la majoria dels proveïdors UMTS donen suport a aquesta tecnologia.

(15) accés a baixada de paquets d'alta velocitat o *high speed downlink packet access*

WCDMS

En l'accés múltiple per divisió de codi de banda ampla o *wideband code division multiple access* (WCDMS) les dades i la veu es transmeten en banda ampla, dividits en paquets abans de la transmissió. Aquests paquets es reuneixen al terminal abans de presentar la informació.

5) **4G (quarta generació)**. El WWRF¹⁶ defineix 4G com una integració de xarxa que funciona amb la tecnologia d'Internet en què tota la xarxa és IP, combinant-la amb altres usos i tecnologies com ara Wi-Fi i WiMAX. En aquests moments, 4G no és una tecnologia o estàndard definit, sinó una col·lecció de tecnologies i protocols per a permetre el màxim rendiment i amb una xarxa sense fils més barata. 4G inclou tècniques sense fils d'alt rendiment com MIMO¹⁷ i per a l'accés ràdio abandona l'accés de tipus CDMA característic d'UMTS (3G) per a passar a OFDMA¹⁸ per optimitzar l'accés ràdio. La generació abasta els sistemes LTE i WiMAX:

(16) Wireless World Research Forum

(17) canal d'entrada i sortida múltiples o *multiple input multiple output channel*

(18) accés múltiple per divisió ortogonal de freqüència o *orthogonal frequency division multiple access*

- **LTE**¹⁹. És l'estàndard de la norma 3GPP versió 8, 9 i 10, definida com una evolució de la norma 3GPP UMTS (3G) i un nou concepte d'arquitectura evolutiva (4G). LTE és clau per a l'enlairament d'Internet mòbil, ja que és possible la transmissió de dades a més de 300 Mbps en moviment, fet que possibilita la transmissió de vídeos o TV d'alta definició.
- **WiMAX**²⁰. És una tecnologia, entre WLAN i WWLAN, que permet fer connexions a grans distàncies, amb grans amplades de banda i sense necessitar línia de visió directa entre antenes. WiMAX compleix els estàndards IEEE 802.16 i és compatible amb altres estàndards com l'IEEE 802.11 per a establir sistemes de telecomunicacions conjunts.

(19) evolució a llarg termini o *long term evolution*

(20) Worldwide Interoperability for Microwave Access

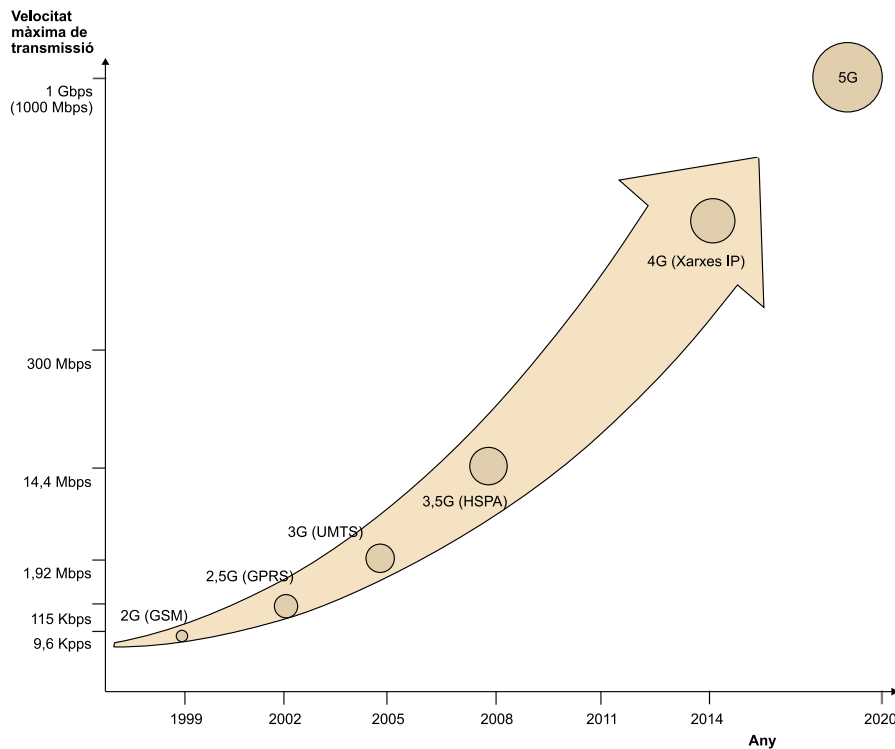
6) **5G**. L'objectiu del 5G és donar resposta a l'increment d'usuaris per àrea de cobertura i a l'increment de consum de dades fins a arribar a quantitats de gigabits per mes. A causa del desenvolupament de l'Internet de les coses (IoT), molts d'aquests usuaris seran dispositius que de forma autònoma s'estaran connectant a internet. Per exemple, parlem de dispositius com ara vehicles,

sistemes de senyalització viària, sistemes domòtics, etc. Per altra banda, el 5G permetrà que es generalitzi el consum de vídeo en alta definició des de dispositius mòbils.

Algunes de les característiques d'aquest estàndard són les següents:

- Permet multiplicar per 10 la velocitat LTE (1 Gbps).
- Latència reduïda significativament en comparació amb LTE (1-10 ms).
- Permet centenars de milers de connexions simultànies per a xarxes massives de sensors sense fils.
- Millora en la cobertura.

Evolució de les tecnologies mòbils MWWAN



2.2. Avantatges de les comunicacions sense fils respecte de les tradicionals

A continuació, detallem alguns dels avantatges que comporta la utilització de la tecnologia sense fils respecte de la comunicació tradicional amb cable:

- **Accessibilitat i flexibilitat.** Les comunicacions sense fils arriben a llocs on els cables no tenen accés.

- **Cost.** Les comunicacions sense fils ens estalvien el cost associat a la instal·lació del cablatge i els derivats dels canvis d'entorn físic, que podrien ser encara més importants.
- **Mobilitat.** Les comunicacions sense fils permeten de tenir informació en temps real i a qualsevol lloc del món. Aquesta funcionalitat pot fer que moltes empreses puguin millorar la seva productivitat i les seves possibilitats de negoci.
- **Comoditat.** El fet de poder prescindir dels cables que connecten els dispositius fa que l'ús de comunicacions sense fils comporti un guany important en comoditat.

La importància de la comoditat

Només amb els dispositius d'entrada i sortida d'un ordinador podem trobar fins a onze connexions: teclat, ratolí, monitor, altaveus, micròfon, cable de xarxa, mòdem, càmera digital, impressora, escàner i palanca de control (*joystick*). Si això ho multipliquem pel nombre d'ordinadors que té una empresa, ens farem millor el càrrec de què volem dir en parlar de comoditat.

- **Escalabilitat.** Les comunicacions sense cables s'adapten fàcilment als canvis de topologia de la xarxa i, a més, la reubicació dels terminals es facilita enormement.

2.3. Limitacions de les comunicacions sense fils respecte de les tradicionals

Les limitacions principals que ens podem trobar en les comunicacions sense fils són les següents:

- **Consum.** Els terminals mòbils solen treballar amb bateries que limiten la potència de transmissió dels dispositius, la qual cosa repercuteix directament en l'abast de les xarxes.
- **Capacitat de transferència limitada.** L'espectre electromagnètic és un recurs limitat.
- **Qualitat.** Les transferències sense fils estan sotmeses a interferències i sorolls.
- **Seguretat.** La utilització de l'espectre electromagnètic com a medi de comunicació implica que qualsevol persona pot accedir a la informació sense cap mena de limitació física.

3. Passat, present i futur de les comunicacions sense fils

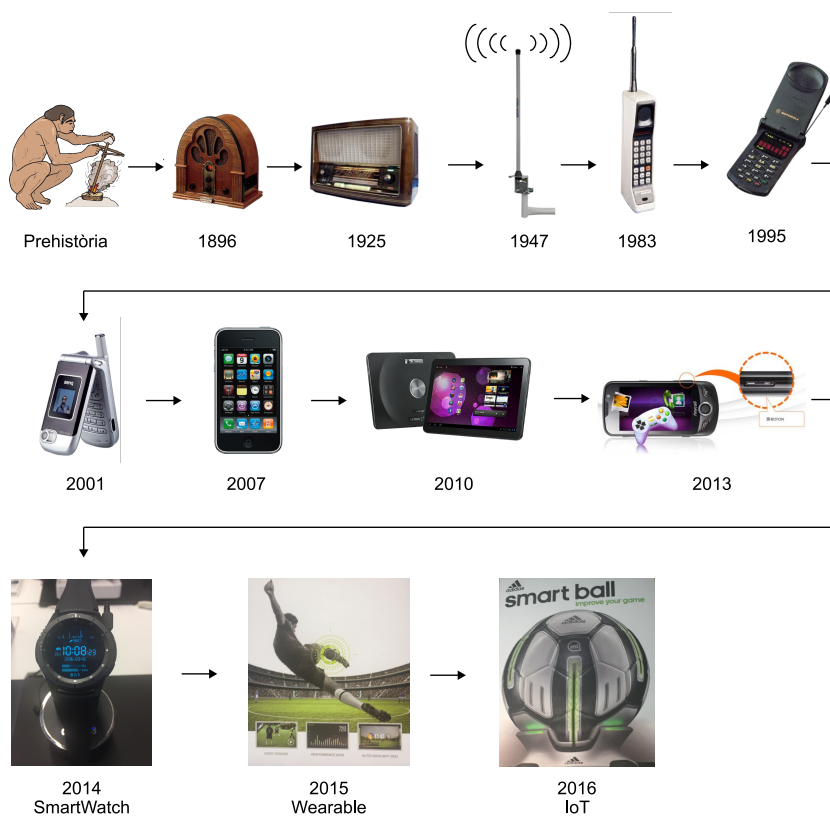
3.1. El passat de les comunicacions sense fils

Si ens remuntem a milers d'anys enrere, comprovarem que els nostres avantpassats ja feien servir el fum com a sistema de comunicació sense fils per a llargues distàncies.

Evidentment, no començarem el nostre repàs des de tan lluny, i ens fixarem en esdeveniments relacionats amb l'electricitat i l'electrònica, que són els antecedents que més ens interessin amb vista al tema que ens ocupa:

- El 1896 l'italià Guglielmo Marconi va transmetre i rebre el primer senyal de ràdio local a Itàlia.
- El 1924 l'NBC establí la primera xarxa de ràdio amb vint-i-quatre estacions.
- El 1925 es feia la primera demostració de televisió.
- Des del 1947 es feien proves del servei de telefonia mòbil, però no va ser fins al 1983 que se'n va comercialitzar el primer.
- L'origen de les WLAN es remunta al 1979, quan es van publicar els resultats d'un experiment fet per enginyers d'IBM que van crear una xarxa local amb infrarojos en una fàbrica.
- Al començament de la dècada dels noranta, un consorci d'empreses de primera línia (IBM, Intel, Toshiba, Ericsson i Nokia) van crear la tecnologia Bluetooth, que, posteriorment, l'IEEE ha incorporat a l'estàndard 802.15.1.
- El 1994 va aparèixer el primer esborrany de l'estàndard IEEE 802.11.
- El 1995 Movistar i Airtel començaven a operar sobre GSM a Espanya; tres anys més tard, Amena es va incorporar a aquesta tecnologia.
- El 2001 es dona servei sobre GPRS a Europa.
- El 2002 es va fer el llançament comercial de 3G (UMTS) a la majoria de països d'Europa.

- A partir del 2005 les xarxes UMTS evolucionen a partir de les tecnologies HSPA, amb el principal objectiu d'augmentar la velocitat de transmissió de dades.
- El 2006 apareix el primer esborrany de 802.11n, que suporta velocitats properes a 600 Mbps.
- El 2011 apareix l'estàndard Bluetooth 4.0, que destaca per la reducció significativa del consum de bateria i amb una velocitat de transmissió màxima superior a 300 Mbps.
- El 2012 es comencen a fer les primeres proves sobre 4G.
- El 2015 es comencen les primeres proves sobre 5G.
- El 2016 es presenta l'estàndard Bluetooth 5.0. Un dels seus objectius és permetre el desenvolupament massiu de l'internet de les coses (IoT).
- El 2018 comença el desplegament de les xarxes 5G.



Evolució de les comunicacions sense fils

3.2. Present i futur de les comunicacions sense fils

Les comunicacions sense fils han tingut un creixement espectacular els darrers anys. En aquest moment hi ha més de set mil milions de contractes de comunicacions mòbils WLAN a tot el món; fet que ha permès un augment molt

significatiu de les aplicacions i dels serveis que es realitzen a partir d'aquest mitjà de comunicació que està a l'abast de la majoria de persones. La tecnologia mòbil és, amb molta diferència, el sector de les tecnologies de la informació i les comunicacions que més canvis està vivint en els darrers vint anys.

Paral·lelament, els dispositius mòbils, com els telèfons intel·ligents (*smartphones*), els rellotges intel·ligents (*smartwatches*) o les tauletes digitals també s'han beneficiat d'aquest creixement i actualment ja es poden trobar en el mercat una gran varietat de dispositius mòbils que permeten executar i visualitzar aplicacions d'altres prestacions en xarxa, com per exemple televisió en alta definició i jocs 3D, que necessiten gran capacitat de càlcul. Des del 2016 s'estan desenvolupant multitud d'aplicacions relacionades amb la realitat augmentada (aparadors virtuals, Pokemon Go, etc.) i la realitat virtual (videojocs, simuladors de tot tipus, etc.). També s'ha incrementat l'ús d'aplicacions de veu (VoIP, *Voice Over Internet Protocol*) com ara WhatsApp, Telegram o Skype, algunes de les quals també incorporen videoconferència. Com a conseqüència, han aparegut contractes de telefonia mòbil que redueixen el cost de la tarifa de dades a canvi d'incrementar el cost de la tarifa de veu.

De totes maneres, és important destacar que en aquests moments estem en plena fase d'evolució d'aquesta tecnologia de comunicació, ja que s'espera que l'any 2020 s'hagin desplegat les xarxes 5G, fet que encara dispararà més les possibilitats de noves aplicacions que permetin generar un elevat volum de negoci a partir d'aquesta infraestructura.

En els darrers anys, dues de les noves professions més demanades són: l'expert en tecnologia mòbil i el desenvolupador d'aplicacions mòbils. Aquests professionals han de ser capaços de construir aplicacions mòbils a mida, dissenyar estratègies de negoci amb una arquitectura mòbil i garantir la seguretat de la informació entre els diferents dispositius.

Respecte al desenvolupament d'aplicacions mòbils, actualment hi ha tres tendències. La primera requereix coneixements de programació específics dependent de la plataforma nativa del dispositiu mòbil, per exemple Swift i Objective-C per a l'iOS d'iPhone, o Java per a Android. La segona tendència és programar en HTML5, que permet el desenvolupament web multiplataforma; és a dir, que el mateix codi de programació es pot fer servir en l'iOS d'iPhone, Android o BlackBerry. La tercera és fer servir entorns que utilitzen un llenguatge de programació comú per a la generació d'aplicacions natives per a les diferents plataformes. Com a exemples d'aquesta tendència tenim Xamarin per a desenvolupament d'aplicacions genèriques i Unity per al desenvolupament de videojocs.

Resum

Un dels esdeveniments més importants dins de les tecnologies de la informació dels darrers anys ha estat l'expansió de les comunicacions sense fils com a mètode d'intercanvi d'informació. Un dels principals avantatges que té recau en la no-dependència de cablatge, ja que el punt d'entrada a la xarxa de comunicacions no es troba lligat a una ubicació física. El medi de transmissió ja està llest, sense caldre crear la infraestructura prèvia.

De mica en mica, aquesta tecnologia ha guanyat molt protagonisme dins les possibilitats de fer negoci, i han estat els serveis i les aplicacions que es desenvolupen sobre aquestes les que han marcat el present i en determinaran també el futur.

Activitats

1. Busqueu informació de les novetats dels diferents grups de treball de l'IEEE que treballen l'estandardització de les xarxes sense fils (IEEE 802.15, IEEE 802.11, IEEE 802.16).
2. Busqueu informació de quines tecnologies sense fils de les que hem vist en aquest mòdul ofereixen actualment els grans operadors de telefonia, i a quina velocitat es pot transmetre informació per cada una.
3. Quins serveis i quines aplicacions penseu que poden arribar a ser un valor afegit pel fet d'utilitzar les comunicacions sense fils?

Glossari

3GPP3 (*third generation partnership project*) Norma que es va crear per conduir la preparació i el manteniment d'una gamma completa d'especificacions tècniques aplicables per a un sistema mòbil 3G basat en les xarxes GSM centrals evolucionades.

bandes IMS (*Industrial, Scientific and Medical Bands*) *f pl* Bandes de freqüències autoritzades per organismes internacionals, en què es té en compte que la potència d'aquestes freqüències estiguin dintre d'un marge no perjudicial per a la salut.

Bluetooth *m* Tecnologia sense fils d'abast molt limitat, normalment no superior a 10 m, que permet connectar dos dispositius a una velocitat molt acceptable, que va ser creat per un consorci d'empreses de primera línia com IBM, Intel, Toshiba, Ericsson i Nokia.

DETC (*digital enhanced cordless telecommunication*) Tecnologia d'àrea personal que s'utilitza freqüentment en els aparells de telefonia sense fils d'ús domèstic, els quals solen operar amb un rang no superior a 50 m.

EDGE (*enhanced data rates for gsm of evolution*) Tecnologia que proporciona un amplada de banda superior a GPRS, entre 236 kbps i 384 kbps, que permet executar aplicacions que requereixen una major velocitat de transferència de dades, com vídeo i altres serveis multimèdia.

espectre electromagnètic *m* Rang de freqüències de totes les ones electromagnètiques que es poden propagar a través de l'espai lliure, ordenades segons la longitud d'ona i la freqüència que tenen.

FCC (*Federal Communications Commission*) Agència federal dels Estats Units responsable de regular la indústria de les telecomunicacions, incloent-hi la gestió de freqüències i el desenvolupament de regles d'utilització de l'espectre.

GPRS (*general packet radio service*) Estàndard WWAN de generació 2.5 que utilitza la infraestructura de ràdio de GSM per a assolir velocitats de transferència de 115 kbps. Permet serveis de pagament segons la quantitat d'informació tramesa i gràcies a la seva tecnologia de commutació de paquets permet estar sempre connectat als recursos de la Xarxa.

GSM (*global system for mobile communications*) Estàndard WWAN de segona generació (2G) que permet la transmissió de veu, dades i missatges curts SMS (servei de missatges curts).

HomeRF *m* Estàndard de xarxes d'àrea personal que permet la transferència de dades i veu sense fils, que facilita la integració de dispositius com l'ordinador i la telefonia.

HSDPA (*high speed packet access*) Optimització de la tecnologia espectral UMTS / WCDMA, inclosa en les especificacions de 3GPP versió 5 i consisteix en un nou canal compartit en l'enllaç descendent (downlink) que millora significativament la capacitat màxima de transferència d'informació fins a arribar a taxes de 14,4 Mbps, suportant taxes de transmissió mig properes a 1 Mbps.

HSPA (*high speed downlink packet access*) Combinació de tecnologies posteriors i complementàries a 3G, com HSDPA o HSUPA.

LTE (*long term evolution*) Evolució de la norma 3GPP UMTS (3G) i un nou concepte d'arquitectura evolutiva (4G).

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) Associació internacional d'enginyers, formada per més 300.000 membres i més de 300 països, que regulen els estàndards de comunicació.

infraroig (IR) Rang de freqüències superiors a 300 GHz de l'espectre electromagnètic, utilitzades en comunicacions punt a punt de curt recorregut, són molt direccionables i no poden travessar obstacles.

IoT (*Internet of Things*) Escenari on tot tipus de dispositiu disposa de connectivitat, ja sigui a internet i/o entre si, per tal d'enviar o rebre informació. Els dispositius connectats poden ser de qualsevol mena, com ara dispositius mòbils, electrodomèstics, sistemes domòtics, vehicles, components d'un dispositiu més complex, etc.

IrDa Associació de 160 companyies que se centren a donar estàndards per a comunicacions sense fils per infrarojos (IR).

ITU (Internacional Telecommunications Union) *m* Òrgan internacional responsable de gestionar les diferents freqüències de l'espectre electromagnètic.

microona (MW) *f* Part de l'espectre electromagnètic de freqüències superiors a 1 GHz i inferiors a 300 GHz, on hi ha moltes comunicacions sense fils, entre altres les WLAN i les comunicacions per satèl·lit.

NFC (near field communication) Tecnologia que permet la transmissió de dades d'una manera simple entre diferents dispositius mitjançant un enllaç de radiofreqüència en la banda ISM de 13,56 MHz.

radiofreqüència (RF) *f* Part de l'espectre electromagnètic entre les freqüències de 10 MHz i 300 MHz, on es troben entre altres els senyals de radio i televisió.

UMTS (universal mobile telecommunications system) *m* Estàndard WWAN de tercera generació (3G) que permet la transmissió sense fils de serveis multimèdia i accés a Internet a alta velocitat.

WCDMA (wideband code division multiple access) Les dades i la veu es transmeten en banda ampla, dividits en paquets abans de la transmissió. Aquests paquets es reuneixen al terminal abans de presentar la informació.

WiMAX (worldwide interoperability for microwave access) Tecnologia que permet fer connexions a grans distàncies, amb grans amplituds de banda i sense necessitar línia de visió directa entre antenes.

WLAN (wireless local area network) *f* Xarxa local sense fils que permet la transmissió de dades digitals sense fils entre dispositius (ordinadors, perifèrics, etc.) fixos o mòbils. És un complement o una alternativa a les xarxes locals cablades. Té un abast mitjà (centenars de metres) i ha de poder operar amb gran velocitat (comparable a les LAN amb fil), fiabilitat i seguretat. Té un cost superior a les WPAN.

WPAN (wireless personal area network) *f* Xarxa personal sense fils que permet que els dispositius personals (telèfons mòbils, agendes electròniques, accessoris, etc.) es comuniquin. Té un abast limitat (pocs metres), de baix cost, i els dispositius generalment estan dotats de bateries i gran mobilitat.

WWAN (wireless wide area network) *f* Xarxa de gran abast sense fils que permet la connexió de dispositius geogràficament molt allunyats. Els dispositius poden ser fixos (s'utilitzen radioenllaços o satèl·lits) o bé mòbils (xarxes GSM, GPRS o UMTS). Atès que té un gran abast podem tenir molts usuaris connectats als serveis simultàniament.

Zigbee Tecnologia que permet habilitar xarxes sense fils amb capacitats de control i monitoratge que siguin segures, de baix consum energètic i de baix cost de processador, de manera bidireccional.

