



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FINAL DE CARRERA

PLANTEJAMENT D'UNA SOLUCIÓ PER
GESTIONAR EFICIENTMENT L'ESPECTRE EN
ESCENARIS DE HOME NETWORKING
*SOLUTION APPROACH FOR EFFICIENT
SPECTRUM MANAGEMENT IN HOME NETWORKING
SCENARIOS*

Estudis: Enginyeria de Telecomunicació

Autor: Francesc Casellas López

Director/a: Ramon Ferrús Ferre

Any: 2011

Índex general

Índex general	1
Agraïments.....	3
Resum del Projecte	4
Resumen del Proyecto.....	5
Abstract.....	6
1. Introducció.....	7
1.1 Context del projecte.....	7
1.2 Objectius.....	7
1.3 Estructura de la memòria.....	7
2. Aplicacions i requeriments de les tecnologies.....	9
2.1 Aplicacions	10
2.2 Requeriments	12
3. Solucions Tecnològiques	14
4. Caracterització d'escenaris	24
4.1 Escenari 1.....	25
4.2 Escenari 2.....	30
4.3 Escenari 3.....	36
4.5 Conclusions dels escenaris	40
5. Solució proposada:HNM	43
5.1 Introducció.....	43
5.2 Marc de la solució.....	44
5.3 Requeriments del sistema HNM	45
5.4 Arquitectura funcional del sistema HNM.....	45
5.4.1 HNM client	46
5.4.2 HNM Server	48
5.5 Procediments.....	50
5.5.1 Procediment d'activació d'un dispositiu HNM i registre al servidor HNM	51
5.5.2 Descobrimet d'altres dispositius HNM.....	52
5.5.3 Gestió de les comunicacions entre HNM Clients	52
5.5.4 Procediment amb un nou HNM Server	54
5.6 Opcions d'implementació.....	55

5.6.1 Xarxa de control.....	55
5.6.2 Protocols i llenguatges de representació de la informació	56
5.6.3 Exemples detallats dels procediments	56
6. Conclusions.....	69
A. Annex	71
A.1 Solucions tecnològiques.....	71
A.1.1 Wi-Fi	71
A.1.2 WiGig Alliance	79
A.1.3 UWB	81
A.1.4 ZigBee	83
A.1.5 Cordless phones i wireless intercoms.....	87
A.1.6 Bluetooth	89
A.1.7 WirelessHD.....	90
A.1.8 ECMA-392	92
A.1.9 WHDI	94
A.2 Comparativa JSON i XML	96
A.3 Llistat d'acrònims.....	98
A.4 Glossari de termes	100
B.Bibliografia consultada.....	106
C.Altre bibliografia d'interès	108

Agraïments

Al Professor Ramon Ferrús, professor del departament de Teoria del Senyal i Comunicacions (TSC) de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria en Telecomunicacions de Barcelona (ETSETB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i tutor d'aquest projecte, vull agrair-li la seva inestimable ajuda, comprensió i paciència en la direcció d'aquest projecte. A la vegada que m'ha estimulat a introduir-me en el món de la recerca tecnològica. Sense la seva guia no hagués estat possible la realització d'aquest projecte.

A la meva família i, sobretot, a la meva estimada Sara, pel seu suport incondicional, i la paciència que han tingut amb mi en les hores de treball i de recerca. Així com, pels seus suggeriments i opinions que, sens dubte, m'han ajudat molt a tirar endavant i completar aquest projecte.

A tots els meus amics i companys que també m'han ajudat sempre que el he necessitat.

Resum del Projecte

En aquest projecte es realitza un estudi qualitatiu del grau de congestió i utilització de l'espectre radioelèctric en escenaris de *Home Networking*, a la vegada que es proposa una solució a aquesta problemàtica.

En la fase inicial del projecte s'estudien amb detall les tecnologies existents i en desenvolupament que, per les seves característiques, poden tenir un paper molt important en les comunicacions radio entre els diferents dispositius que poden utilitzar-se en habitatges o entorns d'oficines.

Un cop detallades totes aquestes tecnologies i els seus funcionaments, mitjançant tres casos pràctics, s'estudia si existeix o no una problemàtica de congestió de l'espectre radio disponible per aquestes comunicacions quan volem utilitzar de forma simultània diferents aplicacions i serveis en un entorn de *Home Networking*. Per fer-ho, es va des d'un cas més actual, on només es tenen en compte les tecnologies que disposem avui en dia, fins a un cas més futurista, on ja es valora l'impacte de totes les tecnologies estudiades en aquest mateix projecte.

Aquests casos pràctics portaran a una conclusió sobre la problemàtica que hi ha en quant a la congestió de l'espectre freqüencial, sobretot en les bandes ICM (ISM en anglès) que són les més utilitzades per les tecnologies existents en escenaris de *Home Networking*. Finalment, en aquest projecte es proposa un marc de solució que pretén resoldre aquesta problemàtica mitjançant mecanismes de coordinació en l'ús de l'espectre. En particular, es planteja el disseny funcional d'aquesta solució, s'identifiquen els principals procediments i s'aporten consideracions pràctiques a tenir en compte de cara a una possible implementació de la solució proposada.

Resumen del Proyecto

En este proyecto se realiza un estudio cualitativo del grado de congestión y utilización del espectro radioeléctrico en escenarios de *Home Networking* a la vez que se propone una solución a esta problemática.

En la fase inicial del proyecto se estudian con detalle todas las tecnologías de que se dispone actualmente, así como todas las tecnologías que se están desarrollando actualmente y que, por sus características, pueden tener un papel muy importante en las comunicaciones radio entre distintos dispositivos que pueden usarse en viviendas o entornos empresariales.

Una vez detalladas todas estas tecnologías y sus correspondientes funcionamientos, mediante tres casos prácticos, se estudia si existe o no una problemática de congestión del espectro radio cuando se usan distintas aplicaciones y servicios simultáneamente en entornos de *Home Networking*. Para hacerlo, se va desde un caso más actual, donde solo se tienen en cuenta las tecnologías de que disponemos actualmente, hasta un caso más futurista, donde ya se valora el impacto de todas las tecnologías estudiadas en este mismo proyecto.

Estos casos prácticos nos llevarán a una conclusión sobre la problemática en cuanto a la congestión del espectro frecuencial, sobre todo en las bandas ICM, ya que son las más usadas para las aplicaciones en escenarios de viviendas y pequeñas empresas. Finalmente, en este proyecto se propone una solución que resuelve esta problemática de forma eficiente. De este modo, se plantea una solución que gestiona eficientemente el espectro frecuencial en escenarios de *Home Networking*.

Abstract

This Project is researching the congestion and the utilization of the frequency spectrum in Home Networking scenarios. The final aim of this project is to provide an efficient solution to this problem.

The Project is divided into three main parts. The first one extracts the main features of the current technologies and, additionally, of the most important technologies which are currently under development. For their characteristics, it is worth taking all these technologies into account.

Once all these technologies have been detailed, through three use cases, we will study whether there is a congestion problem when different applications and services are used simultaneously in *Home Networking scenarios*. Thus, the three use cases are divided into three levels in which contributions of all technologies will be studied from current to future technologies.

These three use cases will provide a conclusion about the congestion problem in the frequency spectrum and, especially in ISM bands as they are the most used by applications and services in home and small business scenarios. Finally, the third part of the Project provides an efficient solution that resolves the planned problem. Thereby, a solution that controls the usage of bandwidth in *Home Networking scenarios* is given.

1. Introducció

1.1 Context del projecte

En la societat actual i, per tant, en les vivendes modernes, cada vegada s'utilitzen més dispositius de comunicacions sense fils pels molts avantatges i comoditat que ofereixen als usuaris. Tanmateix, actualment la gran majoria de tecnologies que ofereixen aquests serveis *wireless* treballen a les mateixes bandes freqüencials i, en conseqüència, si es segueix amb aquesta tendència d'augment dels dispositius sense fils, les interferències mútues i la falta d'espectre disponible seran un problema irreversible i que causaran que aquests serveis i aplicacions no funcionin correctament.

És en aquest context en que s'estudia una possible solució a aquesta problemàtica. Una solució que, englobada en un entorn domèstic, gestioni l'ús que es fa de l'espectre freqüencial en aquests escenaris de *Home Networking* i, d'aquesta manera, faci possible la contínua domotització que es fa de les vivendes, així com el continu canvi de les connexions cablejades per connexions *wireless*.

1.2 Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar la problemàtica de la congestió de l'espectre freqüencial que pot donar-se en entorns domèstics i empresarials, a la vegada que proposar una solució a aquest problema.

D'aquesta manera, el treball es divideix en dues parts. En la primera s'estudien amb detall les tecnologies existents i algunes de les que es troben en fase de desenvolupament en l'actualitat i que, per tant, podran ser utilitzades en un futur molt proper. En aquesta mateixa part, un cop estudiades les tecnologies, es fa un estudi mitjançant tres casos sobre la necessitat d'organitzar i controlar l'ús que es fa de l'espectre radioelèctric i, a la vegada, de la necessitat de disposar d'aquest ample ventall de tecnologies en l'ambient domèstic i empresarial.

Pel que fa a la segona part del projecte, es planteja i es descriu una solució per afrontar el problema de la manca de freqüències lliures i que permeti organitzar la banda espectral de freqüències per obtenir-ne una millor eficiència i un millor rendiment.

Així doncs, l'objectiu principal d'aquest treball és aportar diverses consideracions en termes d'aplicacions, tecnologies de comunicacions i disponibilitat d'espectre que justifiquin la necessitat de disposar de solucions per millorar les comunicacions en un escenari de *Home Networking*, a la vegada que proposar una solució a aquesta problemàtica.

1.3 Estructura de la memòria

Aquest projecte consta de dues parts clarament diferenciades, una primera part on es fa un estudi de l'entorn, les necessitats i la utilització de l'espectre freqüencial, així com de totes aquelles tecnologies que poden ser

utilitzades en aquest entorn de *Home Networking*. Per altra banda, a la segona part del projecte es proposa una solució eficient a la problemàtica estudiada en la part anterior.

Així doncs, en el capítol 2 es fa una introducció sobre les necessitats i aplicacions que els usuaris necessiten així com dels requeriments que tenen els usuaris en referència a les tecnologies i dispositius que s'utilitzen en els escenaris de *Home networking*.

Posteriorment, en el capítol 3 s'estudien totes les tecnologies existents i que estaran disponibles per tal d'intercomunicar dispositius en les xarxes locals i que, per tant, cal conèixer amb detall per saber quina tecnologia és més òptima en cada cas concret. Complementant aquest capítol, en l'Annex A.1 es detallen totes les tecnologies estudiades en el tema.

Un cop estudiades les tecnologies, en el capítol 4, s'estudiarà la necessitat real de tenir un ventall tant ampli de tecnologies. Per fer-ho, s'estudiarà una sèrie d'escenaris diferents. Per cadascun d'aquests escenaris es veuran tres casos diferents, anant des de la utilització només de les tecnologies actuals fins a un tercer cas més flexible on ja poden ser utilitzades totes les tecnologies. D'aquesta manera, un cop estudiades totes aquestes situacions, s'arribarà a una conclusió clara sobre si existeix una problemàtica amb les tecnologies actuals i el ús que aquestes en fan de l'espectre freqüencial.

Un cop el problema estigui totalment definit, serà el moment d'afrontar-lo. D'aquesta manera, en el capítol 5 es planteja una solució que pretén resoldre el problema mitjançant una gestió apropiada de l'espectre freqüencial i de les tecnologies que coexisteixen en un determinat escenari.

Pel que fa al capítol 6, s'extreuen les principals conclusions derivades de les tasques realitzades en el projecte i s'elabora una visió futura d'aquest. Finalment, es posen a disposició els annexos i un glossari de termes on es defineixen els conceptes i termes tecnològics que han sorgit en el projecte.

2. Aplicacions i requeriments de les tecnologies

És un fet que en la última dècada s'ha observat un canvi dràstic en els escenaris residencials. Cada vegada es desenvolupen més dispositius i tecnologies pensats per fer la vida quotidiana més còmoda i, en conseqüència, hi ha un important augment en les tecnologies de la informació i comunicacions que s'utilitzen en les vivendes. A més, aquest augment és cada vegada més accelerat ja que hi ha una clara tendència de substituir les tecnologies anteriors cada menys temps.

Les necessitats dels usuaris en les comunicacions també està en continu augment, els usuaris cada vegada demanen més serveis que només poden ser oferts per tecnologies més potents.

També, en aquests escenaris residencials, hi ha una clara tendència de separar el lloc d'emmagatzematge de la informació amb el dispositiu on després aquesta informació serà reproduïda o utilitzada. Un exemple d'això és el cas dels *Network Attached Storage (NAS)*¹, dispositiu d'emmagatzematge amb una gran capacitat i que permet emmagatzemar una gran quantitat d'informació. A més, aquest dispositiu es pot connectar sense fils amb una gran quantitat d'aparells que utilitzen i reproduïxen la informació continguda en aquest.

Una altra tecnologia que s'està estenent ràpidament són els sensors. Les cases futures estan pensades per ser molt més automatitzades i, amb l'ajut dels sensors, es vol contribuir a que la vida quotidiana de l'usuari sigui més fàcil i agradable. Per altra banda, amb aquestes tecnologies també es busca augmentar la seguretat de les cases en front a accidents i a robatoris.

De fet, les cases futures no seran, ni molt menys, com ho són actualment. La casa del futur estarà digitalitzada i plena de tecnologies que faran la vida més confortable i fàcil [1]. En aquest treball s'analitzen les necessitats i els requeriments de les futures cases i s'estudia si és possible dur a terme tots els nous serveis amb les tecnologies actuals o, si per contra, seran necessàries noves i millors tecnologies capaces de donar servei a aquests requeriments.

En l'actualitat ja podem adonar-nos d'una sèrie d'inconvenients que dificulten, i molt, que es compleixin els requeriments de les aplicacions del futur. Algunes de les raons més importants que s'han de valorar són [2]:

- Actualment, la majoria de sistemes i estàndards són incompatibles entre ells i, a més, cadascun d'aquests sistemes funciona per una sola aplicació i utilitzant un medi de transmissió particular. Aquest fet provoca que si s'intenta treballar amb diferents sistemes a la vegada es produeixen interferències.
- Les tecnologies actuals tenen poca capacitat d'integració, ja que no són capaces d'intercanviar informació i aplicacions entre els diferents dispositius de la casa.
- Gran part dels sistemes actuals requereixen coneixements que estan per sobre de la majoria de població per tal de fer les tasques de manteniment i instal·lació.

- La capacitat màxima que ofereixen les tecnologies actuals queda molt per sota de la requerida pels serveis futurs.
- La relació entre la capacitat i la qualitat de servei (QoS) de les tecnologies d'avui en dia està lluny de la requerida per algunes de les aplicacions.

D'aquesta manera, tot fa indicar que amb les tecnologies actuals no és suficient. A continuació, en aquest mateix capítol, s'estudiarà amb més profunditat quines són les necessitats dels usuaris, així com els requeriments que les tecnologies hauran de complir.

2.1 Aplicacions

Les necessitats dels usuaris, i per tant, les aplicacions que els dispositius i tecnologies hauran de ser capaces de suportar, es poden separar segons el tipus de servei que ofereixen. D'aquesta manera es diferencien[2],[3]:

Informació i entreteniment

Les aplicacions més importants estan emmarcades en les necessitats referents a la informació i l'entreteniment. Gairebé tothom té a casa un televisor i un ordinador amb connexió a Internet mitjançant tecnologies *wireless*, a més d'altres dispositius com poden ser les consoles.

Es dona el cas, que l'evolució d'aquestes tecnologies va encaminada a donar un servei més personalitzat. Un usuari vol veure una determinada classe de programa a una hora determinada i utilitzant una tecnologia en concret. Per aquest motiu, en un futur molt proper, l'usuari no tan sols podrà gaudir d'un servei més personalitzat on pugui escollir el que vol, sinó que el sistema "aprendrà" el comportament de l'usuari i li podrà oferir aquella classe de programes que ell prefereix.

A més, es separaran els llocs d'emmagatzematge de la informació del dispositiu final on es visualitzaran. És a dir, els dispositius es comunicaran entre ells per tal d'oferir més serveis a l'usuari. Per exemple, es podran visualitzar els continguts emmagatzemats en un ordinador en una pantalla de televisió que estigui situada en l'altre punta de la casa, acabar de veure pel mòbil una pel·lícula que estaves veient en el televisor, etc.

D'aquesta manera, els continguts estaran emmagatzemats en un dispositiu de la casa i l'usuari, sense saber realment on estan emmagatzemats, podrà fer ús d'aquests continguts mitjançant els altres dispositius de la casa. És per això que tots els dispositius han de ser capaços de comunicar-se entre ells sense generar interferències.

També, en un futur més llunyà, la pròpia casa podrà analitzar els continguts de l'usuari per fer un perfil seu i buscar per Internet per trobar aquells continguts que detecti que li poden ser més interessants i, així, adaptar el seu funcionament a les necessitats de l'usuari.

Automatització de la casa

La casa del futur serà molt més automatitzada que avui en dia per tal de fer la vida més còmoda. Però això no és un tema de ciència-ficció, actualment ja es duen a terme moltes aplicacions automàtiques mitjançant sensors i temporitzadors. Alguns exemples són els sensors que permeten engegar uns aspersors al vespre perquè et reguin les plantes, els que encenen o apaguen les llums segons si hi ha gent o no, portes automàtiques o petits robots que netegen la casa automàticament. Tanmateix, les aplicacions que es donen avui en dia no estan connectades entre elles i no s'engeguen de forma intel·ligent, sinó que només responen a una senyal de control.

Doncs bé, s'espera que les futures cases disposaran d'una xarxa de sensors que aportaran intel·ligència als dispositius alhora de prendre decisions i funcionar. A més, com que els dispositius també estaran connectats entre ells, es podran encadenar una sèrie d'aplicacions com, per exemple, si s'encén l'aire condicionat d'una sala o si s'han de tancar les finestres d'aquesta mateixa.

Cura de nadons i avis

És un fet que la mitjana d'edat de la població està augmentant, i que l'esperança de vida cada vegada és més elevada. Per aquest motiu, noves tecnologies en la casa poden ser una solució molt més econòmica i confortable que no pas construir més residències per la tercera edat. La gent gran necessita una monitorització de la seva salut, mobilitat, localització i accidents constant. A més, les persones amb discapacitats sovint tenen les capacitats de moure's lliurement per la casa limitades.

Per aquest motiu, disposar d'una xarxa de sensors en la casa, així com d'alarmes en cas de caiguda o accident, pot ser de gran utilitat per tal de millorar les condicions de vida a la vegada que permet disminuir el temps de reacció en cas d'accident. Tècniques similars poden ser utilitzades també per garantir la cura dels nens i nadons.

Seguretat

La sensació de seguretat, i la tranquil·litat que d'aquesta se'n deriva, és un valor de gran importància per als usuaris i, en conseqüència, un dels objectius de les cases del futur és oferir aquest tipus de servei.

Així doncs, per oferir serveis de seguretat cal tenir una xarxa de sensors, de vídeo càmeres i de control dels accessos connectats entre ells. D'aquesta manera, cal tenir en compte que una quantitat important dels fluxos de dades que s'hauran de suportar seran dedicats a aquests tipus de servei.

Per altra banda, s'espera que una de les claus més importants per a què els usuaris es decantin per aquestes noves tecnologies és la capacitat d'aquestes de garantir un estalvi energètic així com de prevenir

situacions de risc que es poden generar dins d'una casa com, per exemple, fugues de gas, incendis, curtcircuits, etc.



2.2 Requeriments

Després de veure una primera pinzellada de les aplicacions que s'espera han de complir les cases del futur, val la pena fer una primera ullada a tots aquells requeriments que els usuaris esperen que es compleixin i que, per tant, les tecnologies hauran d'oferir [2],[3],[4].

- ✓ Integració: Els dispositius han de poder operar sense problemes ni interferències en un entorn on es treballi amb múltiples estàndards, tecnologies i sistemes. Per aquest motiu és molt important que tots els estàndards i tecnologies siguin compatibles entre ells independentment de l'empresa que els ha dissenyat.
- ✓ Escalabilitat: Els escenaris residencials són molt variants ja que difícilment trobarem dues cases iguals o que estiguin situats en un entorn igual. Per tant, els sistemes han de ser capaços de treballar amb qualitats de servei (QoS) diferents, diferents velocitats de transmissió, diferents freqüències de treball i ocupant radis de cobertura diferents.
- ✓ Múltiples medis de transmissió: Tot i que les connexions sense fils guanyen pes cada dia, s'ha de garantir que es puguin utilitzar també tecnologies que utilitzin altres medis com, per exemple, la fibra òptica.
- ✓ Facilitat d'ús: Les tecnologies no han de necessitar que l'usuari que les utilitza tingui molts coneixements sobre el tema sinó tot el contrari. La majoria dels usuaris que gaudeixen de la tecnologia no

entendran el funcionament d'aquesta, i per tant, les tecnologies han de funcionar correctament sense la necessitat que l'usuari les configuri prèviament.

✓ **Tecnologies auto-adaptatives:** Els dispositius han de ser capaços d'adaptar-se contínuament a l'entorn on es troben i, en conseqüència, han de ser capaços de ser configurats i administrats segon convingui. Això implica que els dispositius han de ser capaços d'utilitzar més d'una tecnologia diferent i, sobretot, ser capaços de seleccionar i treballar en diferents canals dins d'una determinada banda freqüencial.

✓ **Resposta a temps real:** La majoria de les aplicacions i serveis requereixen que la informació que s'intercanvia entre els diferents dispositius sigui a temps real.

✓ **Tecnologies aptes per tothom:** Les tecnologies que es desenvolupen han de poder ser utilitzades per totes les persones independentment de l'edat o de les característiques físiques d'aquesta. És a dir, per exemple, una persona en cadira de rodes, o amb altres discapacitats físiques, també ha de poder ser capaç de fer ús d'aquesta tecnologia.

✓ Serà important, doncs, que la solució que es plantegi per resoldre la problemàtica que s'haurà d'enfrontar compleixi tots aquests requeriments per, d'aquesta manera, ser el més òptima possible.

3. Solucions Tecnològiques

Hi ha un ample ventall de tecnologies, ja siguin mitjançant cables o *wireless*, que s'estan desenvolupant per millorar la connectivitat dins de la llar. Les tecnologies sense fils que s'utilitzen en les cases inclouen els controls remots, *cordless phones*, *wireless intercom*, xarxes de sensors com, per exemple, ZigBee, xarxes personals (WPAN²) com, per exemple, Bluetooth i xarxes locals (WLAN³) com, per exemple, Wi-Fi. Així com altres tecnologies que s'estan desenvolupant com són els sistemes *UWB*, sistemes que treballen en la banda dels 60 GHz o sistemes capaços d'aprofitar les bandes buides que deixa la televisió.

El medi sense fils permet la mobilitat, però està subjecte a interferències i és vulnerable en quant a seguretat. Tanmateix, les futures cases utilitzaran àmpliament aquest medi, sobretot, en les bandes freqüencials que no requereixen de llicència (bandes ICM⁴). Les bandes ICM freqüencials més baixes, com, per exemple, la de 2,4 GHz, tenen menys ampla de banda disponible, menys pèrdues i més bona capacitat per penetrar sòlids, com poden ser les parets. En canvi, les bandes freqüencials elevades com ho pot ser la de 60 GHz, tenen un gran ampla de banda disponible, però menys capacitat de penetrar les parets. D'aquesta manera, es pot veure que caldrà conèixer perfectament totes les tecnologies de les que disposem per tal d'utilitzar-les en l'entorn i amb les necessitats més convenients. En la següent taula es pot veure algunes de les bandes de ICM i de ús comú que són de més interès per al projecte, així com les principals aplicacions d'aquestes bandes en Espanya [5]:

Banda freqüencial ICM	Aplicacions
13,553 – 13,567 MHz	Dispositius RFID i de vigilància.
26,957 – 27,283 MHz	Comandaments a distància i altres aplicacions de control tant de veu com de dades a baixa potència.
40,66 – 40,70 MHz	Comandaments a distància i radiocontrol de models ja siguin aeris o sobre superfície.
433,05 – 434,79 MHz	Dispositius no específics de curt abast (SRD), excepte per aplicacions d'àudio i vídeo.
2,4 – 2,5 GHz	Sistemes de transmissió de dades de banda ampla i d'accés sense fils a xarxes de comunicacions electròniques incloent xarxes d'àrea local. Així com dispositius

	genèrics de baixa potència en recintes tancats o exteriors de curt abast, incloent aplicacions de vídeo.
5,15 – 5,35 GHz	En aquesta banda d'ús comú la utilització de servei mòbil en sistemes d'accés sense fils incloent comunicacions electròniques i xarxes d'àrea local, està restringida per al seu ús únicament en recintes interiors.
5,47 – 5,725 GHz	Aquesta banda d'ús comú pot ser utilitzada per sistemes d'accés sense fils a xarxes de comunicacions electròniques, així com per xarxes d'àrea local en l'interior o l'exterior de recintes.
5,725 – 5,875 GHz	Sistemes d'accés sense fils amb diferents capacitats de mobilitat del terminal i diferents configuracions d'arquitectura de xarxa, incloent aquells dispositius amb tecnologies de banda ampla.
24 – 24,25 GHz	Dispositius de curt abast i baixa potència, incloent sistemes de radar en aplicacions de detecció de moviment i vigilància, determinació de la posició, velocitats i altres característiques d'un objecte.
57 – 66 GHz	En aquesta banda d'ús comú poden treballar aplicacions de banda ampla i curt abast per transmissió de dades a molt alta velocitat, tant en les seves modalitats de servei fix punt a punt com en infraestructures de xarxa local i xarxes personals locals en aplicacions d'interior.
61 – 61,5 GHz	Dispositius de curt abast i baixa potència

Taula 3.1 Taula d'algunes de les bandes freqüencials ICM i d'ús comú de més interès

Doncs bé, en aquest apartat es veurà una descripció de les principals solucions tecnològiques basades en transmissió via radio que existeixen i que s'estan introduint recentment en el mercat, i seran estudiades segons les diferents bandes freqüencials que treballen. D'aquesta manera, es farà una comparativa entre les diferents tecnologies per saber quines capacitats i característiques ofereixen. Per altra banda, cal destacar que en l'apartat *A.1 Solucions tecnològiques* de l'Annex es troben totes les tecnologies explicades amb detall.

El desenvolupament d'estàndards de tecnologies sense fils que s'utilitzen en l'entorn que ens ocupa s'ha promogut principalment des de *IEEE⁵* (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), tot i que cal destacar la

importància d'altres iniciatives privades i consorcis industrials que s'han possibilitat el consens i desenvolupament de noves tecnologies; com és el cas, per exemple, de ECMA, LG, Samsung, Sony i Toshiba.

Pel que fa a escenaris de *Home Networking* hi ha varies tecnologies que val la pena destacar ja que poden tenir un paper molt rellevant en un futur molt proper. Aquestes tecnologies són:

- **Wi-Fi.** Wi-Fi és un protocol de comunicacions que defineix una connexió via radio (WLAN) de mig/curt abast i elevades velocitats de transmissió. Aquesta tecnologia treballa en les bandes ICM a 2,4 GHz i 5 GHz segons l'estàndard IEEE 802.11. D'aquesta manera, amb aquesta tecnologia s'assoleixen radis de cobertura d'unes desenes de metres, permetent cobrir per exemple tota la zona residencial i assolint capacitats de fins a 54 Mbps. Així doncs, pel que fa a l'estàndard que treballa a 2,4 GHz, es pot treballar en tres canals independents i que ocupen un ampla de banda de 22 MHz cadascun. Per altra banda, l'estàndard que treballa a 5GHz especifica fins a 8 canals no solapats de 20 MHz cadascun.

- **WiGig Alliance.** WiGig és un estàndard de comunicacions que ha establert un consorci d'empreses per tal d'unificar l'estandardització en la banda freqüencial dels 60 GHz. L'estàndard WiGig esta pensat per suportar aplicacions de vídeo, dades i àudio amb unes capacitats més elevades a les que ofereixen les tecnologies actuals. Un punt fort del WiGig és que els seus dispositius són tribanda, de forma que poden treballar, a més dels 60 GHz, en la banda dels 2,4 i 5 GHz, assolint una capacitat de fins a 7 Gbps en distàncies de uns 10 metres. La banda dels 60 GHz es divideix en 4 subbandes de 2,16 GHz cadascuna.

- **Ultra-Wide Band (UWB).** Ultra-Wide Band és una tecnologia que transmet senyals amb una amplada de banda que pot arribar a ser de varis GHz, concretament des de 3,1 GHz fins al 10,6 GHz. Aquesta amplitud del rang de freqüències permet transportar de forma simultània àudio, vídeo i dades. Tot i ocupar una banda freqüencial molt ampli, la tecnologia UWB transmet a molt baixa potència per tal de no produir interferències amb les altres tecnologies. Aquesta tecnologia té una canalització de 528 MHz i es poden utilitzar fins a 14 canals diferents, assolint capacitats de fins a 480 Mbps en distàncies de poques desenes de metres.

- **IEEE 802.15.4 (ZigBee).** ZigBee és un estàndard de comunicació que destaca pel seu baix consum i la capacitat de crear una xarxa mallada, que el fan ideal per aplicacions domòtiques. Aquesta tecnologia ocupa radis de cobertura de fins a 75 metres, assolint capacitats de fins a 250 kbps. Cal destacar que a Europa aquesta tecnologia treballa principalment en 2,4 GHz, on utilitza fins a 16 canals. Tanmateix, a Estats Units també pot treballar en la banda dels 868 MHz i, a alguns altres països entre els que es troben Austràlia i Nord Amèrica, també pot treballar en la banda dels 915 MHz, on té fins a 10 canals disponibles [6].

- **Cordless phones i wireless intercoms.** S'entén per *cordless phones* a un telèfon *wireless* que es comunica amb l'estació base sense necessitat de cables. Aquesta tecnologia té la capacitat de treballar en diferents bandes freqüencials, essent la banda dels 915-916 MHz i 1,9 GHz les més utilitzades. Pel

que fa als 915 MHz, hi ha una canalització de 25 kHz i amb un total de fins a 40 canals disponibles. En canvi, en la banda dels 1,9 GHz la canalització és de 1,728 MHz i el total de canals disponibles és 10, assolint els 32 kbps a distàncies de 50 metres.

➤ Bluetooth. Bluetooth és un estàndard global de comunicació sense fils per serveis de transmissió de dades i veu entre diferents dispositius mitjançant radiofreqüència en la banda ICM dels 2,4 GHz. Aquesta tecnologia està pensada per assolir capacitats de fins a 1 Mbps en distàncies curtes, d'uns 10 metres. L'estàndard utilitza una canalització de 1 MHz, i divideix l'espectre en 79 canals diferents que va recorrent de forma pseudo-aleatòria segons una tècnica de salt de freqüència ràpid (*fast frequency hopping*).

➤ WirelessHD. Aquest estàndard permetrà la transmissió digital de senyals de dades i, d'àudio i vídeo d'alta definició sense la necessitat de comprimir prèviament, aprofitant la banda freqüencial dels 60 GHz, poc utilitzada fins ara. Així doncs, dividirà l'espectre radioelèctric dels 60 GHz en 4 canals diferents, de 2,16 GHz cadascun. Aquest estàndard ens permetrà assolir capacitats de 4 Gbps en distàncies de 10 metres, i sempre que hi hagi visió directa entre els dispositius, ja que la freqüència de treball és molt elevada.

➤ ECMA-392. Aquest estàndard està concebut per funcionar en certs canals de TV en la banda UHF dels 470 als 790 MHz que no s'estiguin utilitzant en una determinada localització. D'aquesta manera, amb aquest estàndard es pot disposar de 150 MHz disponibles en mitja [7], dividits en canals de 8 MHz cadascun, assolint els 20 Mbps a distàncies d'unes desenes de metres. Addicionalment, el fet de treballar en freqüències baixes, fa que aquesta tecnologia sigui molt robusta a travessar obstacles.

➤ WHDI. WHDI estableix un nou estàndard que proporciona un acoblament sense fils, que pot assolir capacitats de fins a 3 Gbps de vídeo sense comprimir en un canal de 20 o 40 MHz en la banda lliure dels 5 GHz. També destaca la distància a la que pot arribar, de fins a 35 o 40 metres, travessant parets i amb una latència menor a 1 mil·lísegon, el que permet que els dispositius WHDI puguin servir tota la casa. Cal destacar també que aquesta tecnologia treballa utilitzant tècniques MIMO⁶, fet que facilita assolir capacitats tant elevades. Aquesta tecnologia és utilitzada per aplicacions de vídeo d'alta definició sense fils.

En la següent imatge es poden veure de forma clara i esquemàtica les freqüències a les que treballen les anteriors tecnologies, i les diferents capacitats que poden assolir.

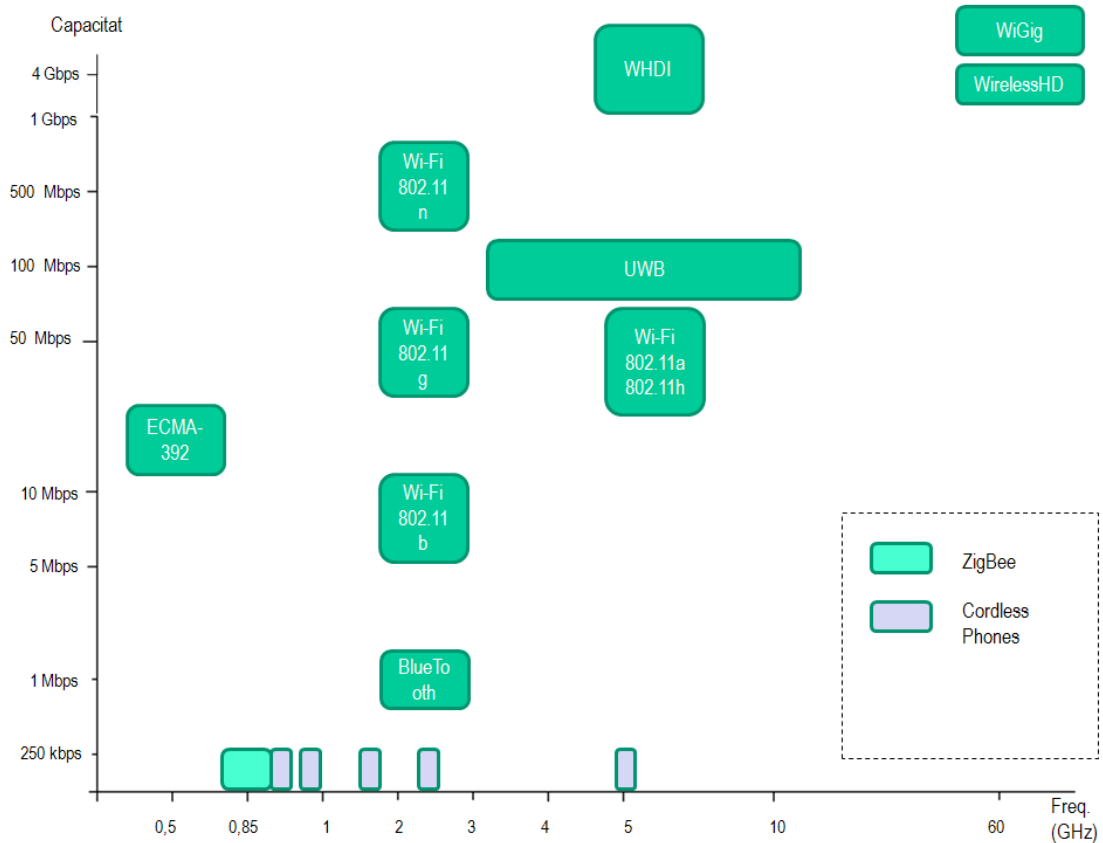


Figura 3.1. Comparativa de totes les tecnologies estudiades

Es pot veure en la Figura 3.1 que hi ha uns rangs freqüencials que estan molt utilitzats, això és degut a que la gran majoria de les tecnologies que s'utilitzen en l'entorn de *Home Networking* estan concebudes per treballar en les bandes ICM, ja que són les bandes sense llicència. Així doncs, totes les tecnologies actuals treballen a 2,4 o 5 GHz i és per això que interessa, i molt, que es portin a terme les tecnologies que s'estan desenvolupant. Són les tecnologies futures, les que treballen en bandes com les de 60 GHz o les buides de televisió, les que poden contribuir a alliberar l'espectre freqüencial i, d'aquesta manera, permetre una major convivència entre les diferents tecnologies [8]. Tanmateix, hi ha moltes bandes freqüencials que es podrien aprofitar quan no estan essent utilitzades per cap altra tecnologia en aquella localització com, per exemple, ja s'està començant a realitzar amb les bandes buides de la televisió.

En la Figura 3.1 es pot observar que dins d'unes mateixes bandes freqüencials específiques treballen diferents tecnologies que competeixen amb diferents característiques i capacitats. A més, segons el país també varien aquestes bandes. És per això que val la pena destacar les taules següents, ja que, de forma sintetitzada, es veuen les freqüències de treball i les característiques de les tecnologies anteriors a Europa.

En aquestes taules s'observen les característiques principals de les tecnologies més rellevants. D'aquesta manera, s'explica la canalització i el nombre de canals que requereixen aquestes tecnologies, així com la taxa de bps que ofereixen i quin radi de cobertura són capaces de cobrir. Per tal de tenir uns valors que permetin

comparar millor les diferents tecnologies, a partir de les dades obtingues en documentació especialitzada així com informació contrastada en múltiples pàgines web, s'ha calculat també l'eficiència i la capacitat agregada de cadascuna de les tecnologies. Pel que fa a l'eficiència, s'ha calculat fent la divisió entre la taxa de transmissió i la canalització, i d'aquesta manera, s'obté la informació sobre els bits per segon que s'estan transmeten per cada Hz. Per altra banda, la capacitat agregada fa referència a la capacitat total de bits per segons que es poden transmetre tenint en compte tots els canals que estan disponibles. Així doncs, la capacitat agregada s'obté fent el producte entre la taxa de transmissió pel nombre de canals disponibles. Tanmateix, val la pena veure l'apartat A.1 de l'Annex, on es troben totes aquestes tecnologies estudiades per separat i, en conseqüència, explicades detalladament les seves característiques, les seves aplicacions i les seves formes de funcionament.

Es pot observar que aquestes taules estan separades segons la banda freqüencial en la que treballen les tecnologies, això és així ja que les freqüències de treball marcaran molt la funcionalitat i la utilitat de la tecnologia. Cal destacar que les bandes freqüencials que més utilitzen aquest tipus de tecnologies són les bandes ICM, és a dir, a 2,4 GHz, 5 GHz i 60 GHz. Addicionalment a aquestes bandes freqüencials, hi ha la banda *UHF (Ultra High Frequency)*, que va des dels 470 als 862 MHz, i que fins ara era utilitzada per la televisió i que, en Estats Units, ja existeix una regulació vigent que permet el seu ús per dispositius sense llicència de baixa potència. Pel que fa a Europa, actualment s'està desenvolupant una regulació similar que s'espera que pugui permetre l'ús d'aquesta banda en un futur pròxim. Finalment, destaca el cas de la tecnologia UWB, ja que es tracta d'una tecnologia que transmet en escenaris residencials amb una potència molt limitada per tal de no produir interferències amb altres tecnologies i, en conseqüència, pot transmetre en una banda freqüencial que arriba fins als 10,6 GHz [5].

A. Prestacions assolibles en 470-790 MHz

Espectre buit en mitja	Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
150 MHz [7]	ECMA-392 [9]	8 MHz	18	20 Mbps – 55m	2,5 bps/Hz – 55m	360 Mbps – 55m
				3 Mbps – 100m	0,375 bps/Hz – 100m	54 Mbps – 100m

Taula 3.2. Tecnologies a 480-790 MHz

B. Prestacions assolibles en la banda de 868 i 915-916 MHz

Subbanda	Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
868 – 868,6 MHz	ZigBee [6]	600 kHz	1 [6]	20 kbps – 10 a 75m [10]	0,034 bps/Hz – 10 a 75m	20 kbps – 10 a 75m
870-871 MHz i 915-916 MHz [5]	Cordless Phones (CT1-E) [5]	25 kHz	40	Tecnologia que utilitza comunicacions analògiques. Es poden realitzar fins a 40 comunicacions de veu simultàniament.		

Taula 3.3. Tecnologies als voltants de 900 MHzC. Prestacions assolibles en la banda de 1,9 GHz (de 1880 a 1900 MHz)

Subbanda	Tecnologia	Canalització	Canals disponible	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
1880-1900 MHz	Cordless Phones (DECT) [11]	1,728MHz/12comunicacions= 144 kHz	10	32 kbps – 50m	0,23 bps/Hz – 50m	320 kbps - 50m

Taula 3.4. Tecnologies a 1,9 GHz

D. Prestacions assolibles en la banda de 2,4 GHz (de 2,4 a 2,483 GHz)

Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
Wi-Fi (11b)	22 MHz	3	11 Mbps – 50m 5,5 Mbps – 75m 2 Mbps – 100m 1Mbps – 150m	0,5 bps/Hz – 50m 0,25 bps/Hz – 75m 0,09 bps/Hz – 100m 0,05 bps/Hz – 150m	33 Mbps – 50m 16,5 Mbps – 75m 5,99 Mbps - 100m 2,97 Mbps – 150m
	[12]	[13]	[14]		
Wi-Fi (11g)	22 MHz	3	54 Mbps – 27m 36 Mbps – 30m 6 Mbps – 90m	2,45 bps/Hz – 27m 1,64 bps/Hz – 30m 0,27 bps/Hz – 90m	162 Mbps – 27m 108 Mbps – 30m 18 Mbps – 90m
	[15]	[13]	[14]		
Wi-Fi (11n) [16]	20 MHz	3	300 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	900 Mbps – 10m
	40 MHz	2	600 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	1,2 Gbps – 10m
WiGig [17]	WiGig Alliance ha establert que aquest estàndard sigui compatible amb Wi-Fi. Així, aquesta tecnologia utilitza Wi-Fi en aquesta freqüència quan la banda de 60 GHz no està disponible.				
ZigBee	5 MHz	16	250 kbps – 10m	0,05 bps/Hz – 10m	4 Mbps – 10m
	[6]	[18]	20 kbps – 75m	0,004 bps/Hz – 75m	320 kbps – 75m
Cordless Phones	És important destacar que Cordless Phones poden treballar en aquesta banda freqüencial, ara bé, les característiques depenen en bona part del fabricant.				
Bluetooth	1 MHz	79	1 Mbps – 10m	1 bps/Hz – 10m	79 Mbps – 10m
	[19]	[20]	[20]		

Taula 3.5. Tecnologies a 2,4 GHz

E. Prestacions assolibles en la banda dels 5 GHz (de 5,15 a 5,725 GHz)

Subbanda	Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
5.15-5.35 GHz	Wi-Fi (11a/h)	20 MHz	8	54 Mbps – 10m 36 Mbps – 25m 12 Mbps – 50m 6 Mbps – 70m	2,7bps/Hz – 10m	432Mbps – 10m
					1,8bps/Hz – 25m	288Mbps – 25m
		[12]		[14]	0,6bps/Hz – 50m	96Mbps – 50m
					0,3bps/Hz – 70m	48Mbps – 70m
5.15-5.35 GHz	Wi-Fi (11n) [16]	20 MHz	8 [21]	300 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	900 Mbps – 10m
		40 MHz	4 [21]	600 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	1,2 Gbps – 10m
5.470-5.725 GHz	Wi-Fi (11a/h)	20 MHz	10	54 Mbps – 10m 36 Mbps – 25m 12 Mbps – 50m 6 Mbps – 70m	2,7bps/Hz – 10m	540Mbps – 10m
					1,8bps/Hz – 25m	360Mbps – 25m
		[12]		[14]	0,6bps/Hz – 50m	120Mbps – 50m
					0,3bps/Hz – 70m	60 Mbps – 70m
5.470-5.725 GHz	Wi-Fi (11n) [16]	20 MHz	10 [21]	300 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	900 Mbps – 10m
		40 MHz	5 [21]	600 Mbps – 10m	15 bps/Hz – 10m	1,2 Gbps – 10m
	WiGig [22]	WiGig Alliance ha establert que aquest estàndard sigui compatible amb Wi-Fi. Així, aquesta tecnologia utilitza Wi-Fi en aquesta freqüència quan la banda de 60 GHz no està disponible.				
	Cordless Phones	És important destacar que Cordless Phones poden treballar en aquesta banda freqüencial, ara bé, les característiques depenen en bona part del fabricant.				
	WHDI [23]	20/40 MHz	De 15 a 30	3 Gbps -35m	75 bps/Hz – 35m	3 Gbps – 35m

Taula 3.6. Tecnologies a 5 GHz

F. Tecnologies UWB en la banda de 3,1 a 10,6 GHz

Banda	Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
3,1 – 10,6 GHz	UWB [24]	528 MHz	14	480 Mbps – 10m	0,91bps/Hz – 10m	6,72 Gbps – 10m
				53,3 Mbps – 20m	0,1 bps/Hz – 20m	746,2Mbps – 20m

Taula 3.7. Tecnologies UWB a 3,1-10,6 GHz

G. Prestacions assolibles en la banda de 60 GHz (de 57 a 66 GHz)

Tecnologia	Canalització	Canals disponibles	Taxa – Distància	Eficiència	Capacitat agregada
WiGig [17]	2,16 GHz	4	7 Gbps – 10m	3,24 bps/Hz – 10m	28 Gbps – 10m
WirelessHD	2,16 GHz [25]	4 [25]	4 Gbps - 10m [26]	1,85 bps/Hz – 10m	16 Gbps – 10m

Taula 3.8. Tecnologies a 60 GHz

4. Caracterització d'escenaris

En l'apartat anterior, s'han vist les principals solucions tecnològiques que hi ha disponibles així com aquelles que hi haurà disponibles d'aquí a poc temps. S'ha pogut veure que hi ha una gran varietat de tecnologies, totes elles amb unes característiques i capacitats diferents. Però, realment podran conviure totes aquestes tecnologies a la vegada? Quin serà l'estat de l'espectre radioelèctric?

L'objectiu d'aquest apartat és respondre aquestes preguntes per tal de fer-nos una idea de la congestió que pot haver-hi en entorns de *Home Networking*. Per fer-ho, s'exposen tres possibles escenaris basats en tres dels casos estudiats en el projecte "*Final Usage Escenario Report*" d'*Omega* [1]. Així doncs, els dos primers casos estaran situats en entorns residencials, però en cadascun d'ells s'afrontaran serveis diferents. D'aquesta manera, en el primer cas els fluxos al que s'haurà de donar servei seran bàsicament deguts a aplicacions d'entreteniment. En canvi, el segon cas donarà una idea sobre la congestió de l'espectre degut, no tan sols a fluxos d'entreteniment, sinó també a la presència de fluxos d'aplicacions de seguretat i automatització.

Pel que fa al tercer escenari, aquest està situat en un entorn empresarial. Així, aquest escenari permetrà donar una idea de la quantitat d'espectre requerit i que s'ocupa en aquests entorns. Pel que fa als fluxos que s'hauran d'afrontar en aquest escenari, la majoria seran fluxos d'aplicacions de comunicacions així com altres d'aplicacions de seguretat i automatització.

Així doncs, en aquest apartat es descriuen els serveis típics en diferents entorns per tal de veure de quina manera es poden portar a terme tots simultàniament i, a la vegada, donar una idea de les conseqüències en quant a espectre ocupat que comportaria donar servei a tota aquesta quantitat de fluxos.

Val la pena remarcar que per a cadascun dels escenaris es donen tres casos diferents. En el primer cas es fa ús només de les tecnologies que hi ha en l'actualitat. El segon cas és lleugerament més futurista i té en compte, a més de les tecnologies actuals, la tecnologia de ECMA-392, ja que actualment ja s'està realitzant una regulació per al seu possible ús a Europa. En aquest segon cas també es tindrà en compte IEEE 802.11n. El tercer cas és el més futurista ja que ja s'utilitzaran totes les tecnologies estudiades en l'apartat anterior. El fet d'estudiar tres situacions diferents per a cada cas permetrà donar una idea més clara de l'evolució que hi haurà en la congestió de l'espectre radioelèctric ja que la utilització que se'n faci variarà amb el temps i amb les diferents tecnologies que es vagin utilitzant. Així, estudiant des de les situacions presents fins a situacions més futuristes es podrà donar una idea de la congestió de l'espectre que s'haurà d'afrontar i, això, pot ajudar a la hora de plantejar una solució que persegueixi gestionar l'ús que es faci de l'espectre freqüencial.

També val la pena destacar el procediment que s'ha seguit a la hora d'escollir les tecnologies utilitzades per cadascun dels fluxos. Per fer la selecció s'ha tingut en compte la distància que el flux tenia que recórrer així com el nombre de parets que tenia que travessar. Aquests dos factors s'han de tenir molt en compte ja que les diferents tecnologies, segons la freqüència a la que treballin, faran front a unes atenuacions més o menys

elevades i, per tant, es veurà directament reflectit en una degradació en el rendiment. També cal valorar el *bit rate* que requereix el flux, ja que les diferents tecnologies que es poden utilitzar tenen diferents capacitats i, en conseqüència, hi ha tecnologies que s'adaptaran molt millor a les necessitats de l'aplicació, mentre que altres no podran donar servei al flux.

4.1 Escenari 1

Aquest primer escenari es situa en un entorn residencial. S'ha de tenir en compte el disseny del pis ja que, tant les distàncies que separen els diferents dispositius, com el nombre de parets i obstacles que tindran que travessar seran de gran importància a la hora d'escollir una tecnologia o una altra. Això és així ja que les freqüències baixes tenen menys atenuacions a la hora de travessar parets i, en conseqüència, el seu rendiment no variarà tant segons les parets que travessin o la distància que recorrin. En canvi, a mida que la distància augmenta o que s'ha de fer front a més parets o obstacles, les freqüències elevades tindran més problemes i, per tant, serà menys recomanable que siguin utilitzades.

A més, al tractar-se d'un entorn residencial, s'ha de valorar la presència de veïns al voltant. Aquest fet és molt important ja que, com s'ha vist, hi ha tecnologies que poden travessar parets i, en conseqüència, segueixen ocupant una banda freqüencial en l'entorn veí i, per tant, es generaran interferències amb el veí.

Els dispositius sense fils que participen en aquest primer escenari són els següents:

- ✓ Operator Home Gateway⁷
- ✓ Network Attached Storage (NAS)
- ✓ Ordinadors
- ✓ Diverses pantalles repartides en diferents llocs de la casa
- ✓ Reproductor de música
- ✓ Telèfons de veu sobre IP (VoIP)⁸

En aquest escenari es donen les següents situacions que generen varius fluxos d'informació i entreteniment simultàniament i que, per tant, ocuparan una part de l'espectre freqüencial.

- Es vol reproduir un programa HDTV⁹ que està guardat en el servidor de la casa (NAS) i que es veu en el televisor del menjador. Això genera un flux de HDTV.
- Es vol visualitzar un vídeo emmagatzemat en el disc dur de l'ordinador d'una de les habitacions a la pantalla de televisió que hi ha en l'habitació més gran de la casa. D'aquesta manera es genera un flux de Vídeo.
- El programa que s'estava reproduint en la pantalla del menjador ara es vol reproduir també en una altra pantalla situada en la cuina. Aquest fet genera un segon flux de HDTV.
- Es vol reproduir la música emmagatzemada en l'ordinador de la casa per a què soni en el reproductor de música d'alta fidelitat. Això genera un flux de música.

➤ Finalment, hi ha una trucada per a un altra membre de la família. Com que els telèfons dels que disposen treballen amb veu sobre IP, es genera un altre flux VoIP.

En la figura 4.1 es pot observar la distribució dels diferents dispositius per la casa, així com una representació dels fluxos que s'han generat.

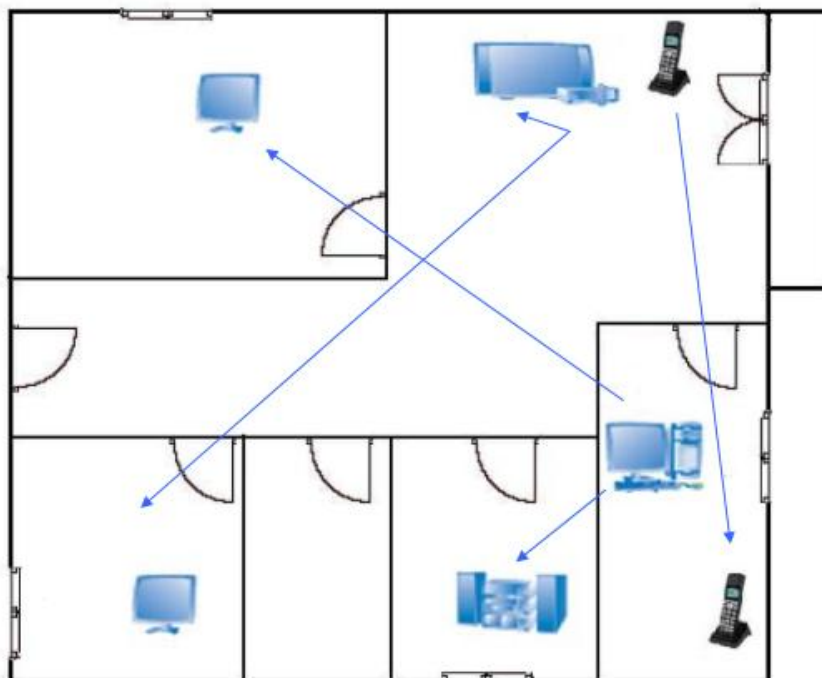


Figura 4.1. Escenari 1

En un primer cas, s'intenta tractar tots cinc fluxos simultàniament fent ús únicament de les tecnologies que hi ha disponibles actualment.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
HDTV (1)	20 Mbps	5 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,18 GHz	20 MHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11g	2,412 GHz	20 MHz (1canal)
Música	0,1-0,5 Mbps	25 m	1	Wi-Fi 802.11g	2,437 GHz	20 MHz (1canal)
Vídeo	50 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11g	2,462 GHz	20 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	10 m	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,22 GHz	20 MHz (1canal)

Taula 4.1. Escenari 1 amb tecnologies actuals

Pel que fa al primer flux HDTV, com que no ha de travessar cap paret, i la distància que ha de recórrer és curta, s'ha seleccionat IEEE 802.11a/h. Cal tenir en compte que aquesta tecnologia, com que treballa a la banda dels 5 GHz, té pèrdues quan travessa parets i altres obstacles. A més, les capacitats d'aquesta tecnologia permeten donar servei als 20 Mbps que requereix aquest flux. Pel que fa al segon flux HDTV, s'ha escollit IEEE 802.11g ja que, com que aquest flux ha de travessar dues parets, aquesta tecnologia pot donar aquest servei ja que treballa a una freqüència més baixa com és la de 2,4 GHz. El cas del flux de vídeo és una mica especial, ja que amb les tecnologies que s'està valorant no és possible donar servei a una capacitat tant elevada i, que al mateix temps, té que travessar dues parets. La tecnologia que s'hauria d'utilitzar és la de Wi-Fi g, ja que al treballar a 2,4 GHz afrontarà menys pèrdues però, degut a les característiques d'aquesta tecnologia, no es podrà donar resposta als 50 Mbps requerits.

Pel que fa al cas del flux de música, s'ha utilitzat IEEE 802.11 g ja que la distància que té que recórrer és molt elevada i, en conseqüència, el més aconsellable és utilitzar tecnologies que treballin en freqüències el més baixes possible. L'inconvenient d'haver utilitzat aquesta tecnologia per a aquest flux és que ja s'ha ocupat tota la banda disponible en els 2,4 GHz i que, a més, per aquest flux aquesta tecnologia està treballant molt per sota de les seves possibilitats. Així doncs, pel flux de VoIP ha estat necessari utilitzar la tecnologia de Wi-Fi a/h ja que no hi ha més canals disponibles en la banda dels 2,4 GHz. Igual que passava amb el flux de Música, aquesta tecnologia està treballant molt per sota de les seves possibilitats quan dona servei al flux de VoIP.

Així doncs, en la Taula 4.1 s'ha pogut observar que amb les tecnologies que hi ha actualment, tot i haver ocupat tota la banda de 2,4 GHz, no s'ha pogut donar servei a tots els fluxos. A més, al haver utilitzat tots els canals de la banda ICM dels 2,4 GHz, ja no es pot donar cap més servei amb tecnologies que treballin en aquesta banda freqüencial en aquesta casa. Si, per exemple, es volgués connectar un ordinador a Internet o generar qualsevol altre flux de dades que hagués de travessar varies parets, ja no quedarien canals suficients per a ser utilitzats, i per tant, no seria possible. A més, a l'ocupar tota la banda de 2,4 GHz no es deixa cap canal lliure per que l'utilitzin dispositius de vivendes veïnes, en conseqüència, els veïns estaran treballant en la mateixa banda freqüencial i es generaran interferències mútues que degradaran el rendiment fins a impedir el seu correcte funcionament.

Així doncs, queda clar que utilitzant només les tecnologies que tenim a l'abast avui en dia l'espectre freqüencial queda totalment congestionat en la banda ICM de 2,4 GHz. En la següent taula s'exposa un cas no tant futurista, utilitzant les mateixes tecnologies anteriors i, a més, les tecnologies que utilitzen els espais blancs que deixa la televisió (ECMA-392) ja que actualment ja s'està realitzant la regulació que permeti el seu possible ús a Europa. En canvi, a Estats Units ja hi ha una regulació vigent que permet el seu ús. En aquest cas es valora també l'ús de Wi-Fi n. En aquest segon cas, una possible assignació freqüencial és la que es mostra en la següent taula:

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
HDTV (1)	20 Mbps	5 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,18 GHz	20 MHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	20 MHz (1canal)
Música	0,1-0,5 Mbps	25 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Vídeo	50 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,462 GHz	20 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	10 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)

Taula 4.2. Escenari 1 amb tecnologies actuals, Wi-Fi n i ECMA-392

En aquest cas, el primer flux de HDTV segueix utilitzant la mateixa tecnologia que en el primer cas. Això és així ja que aquesta tecnologia segueix sent la que més s'adapta als requeriments de *bit rate* del flux. Pel que fa al segon flux de HDTV, en aquest cas s'ha utilitzat la tecnologia de IEEE 802.11n en la banda freqüencial dels 2,4 GHz, aquest canvi de tecnologia respecte el cas anterior ha estat degut a que Wi-Fi n pot oferir unes capacitats més elevades que les ofertes per IEEE 802.11g. En quant al flux de vídeo, en aquest segon cas si que se li podrà donar servei ja que Wi-Fi n si que pot assolir les capacitats de 50 Mbps requerides, a la vegada que, al poder treballar en la banda ICM de 2,4 GHz, pot travessar les dues parets que el flux recorre.

Adicionalment, en aquest cas el flux de Música es dona servei mitjançant ECMA-392, això és així ja que aquesta tecnologia treballa a molt baixa freqüència (en la banda UHF) i, per tant, pot recórrer fàcilment la distància requerida. També s'ha escollit aquesta tecnologia ja que aquest flux requereix un *bit rate* baix i, per tant, ECMA-392 es pot adaptar perfectament a les necessitats d'aquest flux. Un cas molt similar és el del flux de VoIP, ja que els requeriments en quant a taxa de transmissió d'aquest flux són molt baixos i, per tant, utilitzant un sol canal de ECMA-392 podem donar servei a aquest flux sense ocupar canals d'altres tecnologies més congestionades i que ofereixen capacitats molt superiors.

Així doncs, en aquest segon cas s'ha guanyat una mica de flexibilitat i això s'ha traduït en l'alliberació d'un canal per la banda de 2,4 GHz així com la possibilitat de deixar gairebé tota la banda dels 5 GHz disponible. Tanmateix, la banda de 2,4 GHz segueix molt ocupada i, per tant, encara podrien seguir produint-se interferències amb altres dispositius de llars veïnes. A més, en el cas de la Taula 4.2 es segueix estant molt limitat en quant al nombre de serveis que es poden oferir i hi haurà poques possibilitats d'afegir més serveis als anteriors. Per altra banda, es calcula que, en mitja, hi ha només uns 150 MHz lliures en la banda buida de la televisió, en conseqüència, el nombre de canals disponibles estarà força limitat. Quan s'utilitzi aquest tipus de

tecnologia caldrà tenir en compte que les freqüències on treballa tenen poca atenuació i poden travessar les parets perfectament, per tant, caldrà transmetre a una potència més baixa.

Es pot veure, doncs, que se segueixen afrontant una sèrie d'inconvenients ja que la banda ICM de 2,4 GHz segueix força congestionada. Val la pena estudiar un tercer cas on ja s'utilitzen totes les tecnologies que estaran disponibles en un futur proper.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
HDTV (1)	20 Mbps	5 m	0	WiGig	57,24 GHz	2,16 GHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	20 MHz
Música	0,1-0,5 Mbps	25 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Vídeo	50 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,462 GHz	20 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	10 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)

Taula 4.3. Escenari 1 amb totes les possibles tecnologies

El fet de poder utilitzar tecnologies fins ara no disponibles fa que es puguin utilitzar tecnologies que s'adaptin molt millor a les necessitats i requeriments de cadascun dels fluxos. Aquest fet s'acabarà traduint en una reducció en la congestió d'unes bandes freqüencials en concret ja que, amb l'ús de més tecnologies, també es poden diversificar més les freqüències de treball.

En el cas de la Taula 4.3, per donar servei al primer flux HDTV s'ha escollit una tecnologia com WiGig. Això és així ja que aquest flux no ha de travessar cap paret i, per tant, es poden utilitzar tecnologies que treballin a la banda dels 60 GHz. Cal recordar que aquestes tecnologies requereixen de visió directa entre l'emissor i el receptor i, per això, només podran ser utilitzades quan no s'hagin d'afrontar obstacles. Un altre avantatge d'utilitzar WiGig per donar servei a aquest flux és que, com que no travessa la paret, el mateix canal estarà disponible per a que es torni a utilitzar en una altra habitació o en la casa del veí. Addicionalment, aquesta tecnologia compleix amb els requeriments de taxa de transmissió que té el flux.

Pel que fa al segon flux de HDTV s'ha decidit seguir utilitzant Wi-Fi n ja que aquesta tecnologia treballa a una freqüència que li permet travessar les dues parets a la vegada que compleix amb els requeriments de *bit rate*. De

la mateixa manera, els fluxos de música i de VoIP segueixen oferint-se per ECMA-392 ja que, com s'ha explicat anteriorment, aquesta tecnologia s'adapta millor als requeriments de bps del flux.

Cal destacar que, per donar servei al flux de Vídeo, s'ha de seguir utilitzant la tecnologia de IEEE 802.11n en comptes d'una altra tecnologia com, per exemple, UWB. No es podria utilitzar UWB ja que, tot i que aquesta tecnologia té un ampla de banda disponible molt ampli i pot assolir capacitats molt elevades, aquesta tecnologia transmet a molt baixa potència i, en conseqüència, no podria travessar les dues parets que el flux requereix. Per tant, per seguir donant servei als 50 Mbps que requereix el flux és necessari seguir utilitzant Wi-Fi n.

Així doncs, en aquest últim cas s'ha pogut veure que, utilitzant les diferents tecnologies que hi ha disponibles, s'ha pogut donar servei a tots els fluxos. Aquest fet demostra que, tot i la gran quantitat de fluxos als que s'ha de donar servei simultàniament, si es fa una bona gestió de l'espectre radioelèctric es pot evitar que es congestionin les diferents bandes freqüencials. Per tant., queda palesa la importància de fer una bona gestió de l'espectre freqüencial i de seleccionar sempre la tecnologia que més s'adeqüi a les necessitats del flux, ja que, d'aquesta manera, es propiciarà que no es produeixin interferències mútues amb els dispositius de les llars veïnes i que, en conseqüència, el rendiment sigui l'esperat.

4.2 Escenari 2

Per tal d'estudiar la problemàtica sobre la necessitat d'utilitzar una banda espectral més ampla, val la pena que, per a realitzar aquest segon escenari, es canviï el disseny de la casa. Com en el cas anterior, la casa en que succeeix l'escenari és un bloc de pisos ja que una gran majoria de la població viu en edificis i, per tant, es podrà generalitzar més. A més, en aquest segon cas a part de fluxos deguts a aplicacions d'entreteniment també s'hauran de donar servei a fluxos de seguretat, ja que en aquest escenari s'inclou l'ús de sensors de seguretat en portes i finestres. Així doncs, en aquest escenari hi participen els següents dispositius *wireless*:

- ✓ Operator Home Gateway
- ✓ Pantalles
- ✓ Un vídeo projector
- ✓ Ordinador
- ✓ Telèfons de veu sobre IP
- ✓ Una consola
- ✓ Càmera
- ✓ Network Attached Storage (NAS)

En aquest escenari s'afronten les següents situacions que estan ocupant una part de la banda espectral.

➤ Es vol realitzar una video conferencia. Aquest fet genera un flux d'informació entre la càmera i la Operator Gateway.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	20 Mbps	3 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,18 GHz	20 MHz (1canal)
HDTV (1)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11g	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descarrega de música	1000 pic	4 m	1	Wi-Fi 802.11g	2,462 GHz	22 MHz (1canal)
VoIP	0,03 – 0,1 Mbps	7 m	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,22 GHz	20 MHz (1canal)
Jocs On-line	0,3 Mbps	11 m	1	Wi-Fi 802.11g	2,437 GHz	20 MHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	3 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,26 GHz	20 MHz (1canal)
Sensors	250 kbps pic	14 m màxim	2 màxim	ZigBee	868 MHz	600 kHz (1canal)

Taula 4.4. Escenari 2 amb tecnologies actuals

Pel que fa al flux de vídeo conferència s'ha utilitzat la tecnologia de IEEE 802.11a/h ja que, com que aquest flux no ha de travessar parets, es poden utilitzar tecnologies que treballin en freqüències més elevades. Addicionalment, aquesta tecnologia pot assolir els 20 Mbps que requereix el flux. En canvi, pel que fa al primer flux HDTV generat, s'ha escollit la tecnologia de Wi-Fi 802.11g per a que li doni servei. Això ha estat així ja que aquesta tecnologia compleix amb els requeriments de taxes de velocitat del flux a la vegada que, al treballar en la banda dels 2,4 GHz, pot travessar les dues parets que s'han d'afrontar.

De la mateixa manera que amb el primer flux HDTV, Wi-Fi g també donarà servei al flux de descàrrega de música. S'ha escollit aquesta tecnologia ja que, de les tecnologies que hi ha en l'actualitat, aquesta és la que pot oferir millors capacitats tot i travessar obstacles. Tanmateix, aquesta tecnologia queda lluny dels 1000 Mbps de pic que pot requerir el flux de descàrrega de música i, per tant, aquesta taxa no es podrà assolir quan assoleixi el valor de pic. També el flux de jocs On-line és ofert per aquesta tecnologia, ja que aquest flux té que recórrer una llarga distància i, a més, té que travessar una paret i, en conseqüència, aquesta tecnologia és la que més s'adapta a les necessitats del flux.

En canvi, els fluxos de VoIP s'haurà de suportar amb la tecnologia de IEEE 802.11 a/h ja que no queden canals disponibles a la banda de 2,4 GHz i, en conseqüència, s'han d'utilitzar els canals de la banda dels 5 GHz.

Adicionalment, el fet que Wi-Fi a/h doni servei a aquest flux també té l'inconvenient que s'està desaprofitant aquesta tecnologia ja que aquesta pot treballar a capacitats molt superiors a la requerida per aquest flux.

Un cas totalment diferent és el del segon flux HDTV, ja que els requeriments d'aquest flux són del 20 Mbps a la vegada que no s'ha de travessar cap paret. D'aquesta manera, la tecnologia Wi-Fi a/h pot ser la millor elecció ja que treballa a una freqüència de la banda ICM dels 5 GHz i compleix amb els requeriments de *bit rate*.

Pel que fa al flux que generen els sensors, la tecnologia escollida ha estat ZigBee ja que és una tecnologia que està plantejada per donar servei a les aplicacions referents als sensors. Així doncs, aquesta tecnologia s'adapta molt bé a les necessitats del flux dels sensors ja que ofereix una capacitat de 250 kbps que és la requerida pel flux. Adicionalment, com que aquesta tecnologia treballa a freqüències baixes (868 MHz) no patirà atenuacions importants a la hora de travessar obstacles i recórrer distàncies llargues.

Així doncs, per al cas de la Taula 4.4 ha fet falta ocupar tota la banda de 2,4 GHz i tres canals de la banda de 5 GHz. Per tant, no queden canals lliures per ser utilitzats ni dins de la mateixa casa ni pels veïns. A més, algun dels canals que s'estan utilitzant estan desaprofitats ja que les tecnologies que s'han hagut d'utilitzar poden oferir unes capacitats molt superiors a les que són requerides per alguns dels fluxos d'aquest segon escenari. Així doncs, es pot concloure que s'està produint una plena congestió de la banda freqüencial dels 2,4 GHz. En el següent cas, s'utilitza ECMA-392 i Wi-Fi n sumat a totes les tecnologies actuals.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	20 Mbps	3 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,18 GHz	20 MHz (1canal)
HDTV (1)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descarrega de música	1000 pic	4 m	1	Wi-Fi 802.11n	2,462 GHz	44 MHz (2canal)
VoIP	0,03 – 0,1 Mbps	7 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Jocs On-line	0,3 Mbps	11 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	3 m	0	Wi-Fi 802.11a/h	5,26 GHz	20 MHz (1canal)
Sensors	250 kbps pic	14m màxim	2 màxim	ZigBee	868 MHz	600 kHz (1canal)

Taula 4.5. Escenari 2 amb tecnologies actuals, ECMA-392 i IEEE 802.11n

Pel que fa a aquest segon cas, el flux de vídeo conferència, el segon flux HDTV i el flux generat pels sensors se segueixen oferint mitjançant les mateixes tecnologies que les escollides en el primer cas. Això és així ja que les tecnologies que s'han utilitzat en el primer cas segueixen sent les que millor s'adapten als requeriments d'aquests fluxos.

En canvi, els fluxos de VoIP i dels jocs On-line en aquest cas són oferits mitjançant ECMA-392. Això és així ja que aquests fluxos han de recórrer distàncies més elevades i, a més, han de fer front a l'obstacle causat per la paret. Això, sumat al fet que requereixen baixes taxes de bps, fa que aquesta tecnologia sigui la més adequada.

Pel que fa al primer flux de HDTV i al generat per la descàrrega de música, en aquest cas s'ha escollit que funcionin sobre IEEE 802.11n. Això és degut a que aquesta tecnologia pot assolir capacitats molt més elevades que Wi-Fi g podent treballar en la mateixa banda freqüencial. Cal destacar que per donar servei al flux de descàrrega de música s'utilitzen dos canals de 22 MHz per, d'aquesta manera, donant un ampla de banda més ampli es puguin oferir capacitats més elevades per tal de fer front al alt requeriment en bps d'aquest flux.

Així doncs, tot i el fet de poder utilitzar més tecnologies que en el primer cas, es pot veure que la banda freqüencials dels 2,4 GHz segueix estant molt congestionada i, en conseqüència, els veïns no tindran canals lliures per utilitzar ja que es crearan interferències mútues. Per altra banda, el fet d'utilitzar una tecnologia com ECMA-392 ha permès descongestionar la banda ICM dels 5 GHz però cal tenir en compte que, com que aquesta tecnologia té poques atenuacions degut als obstacles, les potències de transmissió amb les que treballarà tenen que ser baixes per tal de no produir interferències amb els dispositius de les cases veïnes.

Val la pena realitzar una tercera possible assignació freqüencial utilitzant totes les tecnologies disponibles d'aquí a poc temps.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	20 Mbps	3 m	0	WirelessHD	58,32 GHz	2,16 GHz (1 canal)
HDTV (1)	20 Mbps	8 m	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descarrega de música	1000 pic	4 m	1	Wi-Fi 802.11n	2,462 GHz	44 MHz (2canal)
VoIP	0,03 – 0,1 Mbps	7 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)

Jocs On-line	0,3 Mbps	11 m	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
HDTV (2)	20 Mbps	3 m	0	WiGig	62,64 GHz	2,16 GHz (1 canal)
Sensors	250 kbps pic	14m màxim	2 màxim	ZigBee	868 MHz	600 kHz (1canal)

Taula 4.6. Escenari 2 amb totes les possibles tecnologies

En aquest tercer cas, la tecnologia escollida per a que doni servei al flux de vídeo conferència ha estat WirelessHD. Això ha estat així ja que, com que aquesta tecnologia treballa a la banda ICM dels 60 GHz, pot donar servei a aquest flux sense que això repercuteixi en l'estat de l'espectre de les habitacions contigües o de les vivendes veïnes, ja que en aquestes freqüències no es poden superar obstacles i, en conseqüència, el canal podrà ser reaprofitat sense que hi hagin interferències. Addicionalment, aquesta tecnologia compleix amb els requeriments de bps d'aquest flux. Per aquests mateixos motius s'ha escollit WiGig per a que doni servei al segon flux de HDTV, ja que aquest flux tampoc té que travessar parets i les capacitats requerides són també elevades.

En canvi, el primer flux generat de HDTV se seguirà transmetent mitjançant una tecnologia com Wi-Fi n ja que aquesta tecnologia s'adapta molt bé a les necessitats de *bit rate* i de distàncies que ha de fer front aquest flux. Igual que el flux de HDTV, els fluxos de VoIP i jocs On-line no han canviat de tecnologia en aquesta tercera situació. En aquest cas la tecnologia utilitzada és ECMA-392 ja que és la que pot fer front millor a les distàncies i als obstacles que tenen que travessar aquests dos fluxos. També ZigBee és la tecnologia que s'adapta més a les necessitats del flux generat pels sensors i, per aquest motiu, és la que segueix donant-li servei.

Pel que fa al flux generat per la descàrrega de música, com en el cas anterior, com que les taxes requerides no es poden assolir quan arriben al valor de pic, s'han assignat dos canals de la banda ICM dels 2,4 GHz per a que li donin servei a aquest flux. Així doncs, la tecnologia escollida ha estat Wi-Fi n.

En la Taula 4.6 s'ha pogut observar que, per poder donar servei a tots els fluxos, s'han d'utilitzar una gran quantitat de tecnologies i, en conseqüència, ocupar una part important de l'espectre. Per tant, serà molt important que es pugui seleccionar la tecnologia més adequada per a cada flux, escollint sempre les tecnologies que treballin en freqüències el més altes possibles, ja que d'aquesta manera es poden evitar més interferències amb els dispositius veïns i, a la vegada, deixar més canals lliures per a que puguin ser utilitzats si és necessari. Així doncs, es pot observar que caldrà gestionar l'ús que es fa de l'espectre radioelèctric.

4.3 Escenari 3

En aquest tercer escenari s'estudia la problemàtica des d'un punt de vista diferent als casos anteriors. En els altres escenaris s'ha vist que hi ha problemes de congestió en l'espectre quan es tracta d'entorns residencials, i en aquest últim escenari s'estudia l'estat de l'espectre radioelèctric en un entorn empresarial. En aquest escenari es proposa el cas d'una petita empresa que té la seu en una planta d'un edifici, de forma que també caldrà tenir en compte que en les plantes superiors i inferiors també hi haurà altres empreses o veïns que facin ús de l'espectre radioelèctric i, per tant, això serà un fet a tenir en compte a la hora d'escollir les tecnologies que donin servei als diferents fluxos. En aquest cas, els dispositius als que s'ha de donar servei són els següents:

- ✓ Operator Home Gateway
- ✓ Ordinadors
- ✓ Vídeo Projectors
- ✓ Càmera
- ✓ Pantalles
- ✓ Reproductor de música
- ✓ Telèfons de veu sobre IP
- ✓ Detector d'incendis

En el següent escenari s'han de fer front a les següents situacions que ens generen fluxos:

- S'està duent a terme una important vídeo conferència en una de les sales. Aquest fet genera un flux entre el Operator Home Gateway i la càmera.
- Es fa una presentació d'un producte mitjançant el vídeo projector. Així doncs, es genera un flux que va des de l'ordinador d'un despatx fins al vídeo projector situat a la sala de presentacions.
- Paral·lelament, s'està fent una presentació d'un producte de forma remota. D'aquesta manera, es genera un nou flux de dades.
- S'estan produint actualitzacions del software dels ordinadors. És per això que s'estan fent descàrregues d'Internet des de l'ordinador d'uns dels despatxos.
- En la cuina de l'oficina hi ha un fil musical per tal d'ajudar a relaxar els treballadors mentre fan els seus àpats. Així es genera un flux de música.
- Hi ha una trucada per a un dels gerents de l'empresa. Com que els telèfons dels que es disposen treballen amb veu sobre IP, es genera un flux VoIP.
- En un moment donat, la cafetera es deixa encesa massa estona. Aquest fet fa que surti fum i que el detecti el sensor antiincendis instal·lat en la cuina. El sensor envia una imatge de la situació a la pantalla principal.

En la següent figura es pot veure un croquis de l'escenari així com dels diferents fluxos que s'hi donen.



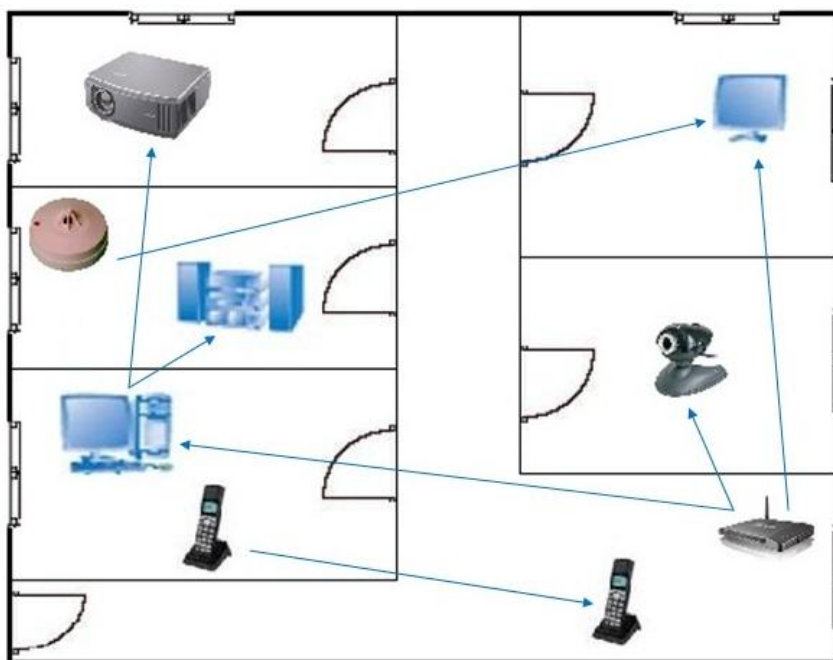


Figura 4.3. Escenari 3

S'analitza un primer cas on s'intentarà donar servei a tots aquests fluxos i situacions utilitzant tan sols les tecnologies que hi ha a l'abast avui en dia.

Flux	Bit Rate	Distancia	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	50 Mbps	5	1	Wi-Fi 802.11g	2,437 GHz	22 MHz (1canal)
Presentació	1 Mbps	9	2	Wi-Fi 802.11g	2,462 GHz	22 MHz (1canal)
Demostració On-line	20 Mbps	10	2	Wi-Fi 802.11g	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descàrrega de fitxers	10 Mbps	7	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,18 GHz	20 MHz (1canal)
Música	5 Mbps	3	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,22 GHz	20 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	5	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,26 GHz	20 MHz (1canal)
Alarma d'incendi	10 Mbps	4	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,30 GHz	20 MHz (1canal)

Taula 4.7. Escenari 3 amb tecnologies actuals

Pel que fa al flux de vídeo conferència requereix una taxa de 50 Mbps i, a més, té que travessar una paret. Aquest fet fa que no es pugui donar servei amb les tecnologies actuals. Tanmateix, la tecnologia que més s'ajusta i que millor servei pot donar és Wi-Fi g, ja que treballa a una freqüència de 2,4 GHz i, per tant, podrà travessar la paret patint menys atenuació que tecnologies que treballin en bandes més elevades.

Pel que fa al flux generat per la presentació, la tecnologia seleccionada per donar-li servei ha estat IEEE 802.11g ja que aquesta tecnologia compleix amb els requeriments de bps a la vegada que pot travessar obstacles degut a la seva freqüència de treball. Aquests mateixos arguments han portat a escollir aquesta mateixa tecnologia per a que doni servei al flux generat per la demostració On-line.

Per donar servei a la resta de fluxos s'han utilitzat la tecnologia IEEE 802.11 a/h ja que la banda ICM de 2,4 GHz ja no té més canals disponibles. Tanmateix, cal destacar que aquesta tecnologia esta treballant per sota de les seves possibilitats en tots els fluxos ja que les taxes de transmissió a les que treballa estan molt per sota de les seves possibilitats. A més, tots els fluxos han de travessar almenys una paret i, en conseqüència, hagués estat millor poder escollir altres tecnologies que treballessin a freqüències inferiors.

Així doncs, queda evident que hi ha una falta de flexibilitat en quant a l'ús de l'espectre radioelèctric si s'utilitzen només les tecnologies actuals, ja que ha estat necessari utilitzar tota la banda de 2,4 GHz (els tres canals de 22 MHz) i, a la vegada, s'han utilitzat la meitat dels canals que hi ha disponibles en la banda de 5 GHz. Està clar, per tant, que es necessari treballar en altres bandes freqüencials menys utilitzades ja que, com en l'exemple, actualment aquestes dues bandes estan molt saturades i ja no poden ser utilitzades per més serveis. D'aquesta manera, es pot observar pel cas de la Taula 4.7 que l'espectre radioelèctric es troba molt congestionat en les bandes ICM dels 2,4 i 5 GHz.

En el cas de la taula 4.8, s'analitza que passaria si fos possible utilitzar aquelles tecnologies que funcionen en la banda buida de la televisió, junt a les tecnologies ja utilitzades en el cas anterior i de IEEE 802.11n.

Flux	Bit Rate	Distancia	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	50 Mbps	5	1	Wi-Fi 802.11n	2,437 GHz	22 MHz (1canal)
Presentació	1 Mbps	9	2	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Demostració On-line	20 Mbps	10	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descàrrega de	10	7	1	Wi-Fi	2,462 GHz	22 MHz

fitxers	Mbps			802.1n		(1canal)
Música	5 Mbps	3	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	5	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Alarma d'incendi	10 Mbps	4	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,26 GHz	20 MHz (1canal)

Taula 4.8. Escenari 3 amb tecnologies actuals, Wi-Fi n i ECMA-392

En la taula 4.8, els fluxos generats per vídeo conferència i per la demostració On-line han passat de treballar en Wi-Fi g a treballar en IEEE 802.11n, aquest canvi ha estat degut a que aquesta segona tecnologia pot oferir capacitats superiors i, en conseqüència, pot oferir un millor servei als fluxos. Pel que fa al flux generat per la descàrrega de fitxer, també s'ha escollit que utilitzi Wi-Fi n. Això ha estat així ja que, com que té que recórrer una distància força elevada i superar una paret, el millor és que treballi a la banda ICM dels 2,4 GHz. A més, aquesta tecnologia compleix amb els requeriments de *bit rate* del flux.

En canvi, el flux generat per la presentació, el flux generat per VoIP així com el flux generat per la música ara han passat a treballar amb tecnologia ECMA-392, ja que aquesta tecnologia s'adapta molt més a les seves necessitats. Això és així ja que aquesta tecnologia treballa a freqüències baixes i, per tant, no es veu afectada pel obstacles. A més, aquesta tecnologia pot assolir les capacitats requerides per aquests fluxos.

Pel que fa al flux generat per l'alarma d'incendis, com que ja no queden canals lliures en la banda dels 2,4 GHz, s'haurà de donar servei mitjançant IEEE 802.11a/h. El fet que aquest flux tingui que travessar una paret pot ser un inconvenient, ja que al treballar en la banda dels 5 GHz patirà atenuacions, però com que requereix una taxa de transmissió força assequible, augmentant una mica la potència de transmissió es podria assolir la velocitat requerida.

Pel que fa a l'estat de l'espectre radioelèctric, en aquest segon cas es pot veure que, tot i que s'ha augmentat el nombre de tecnologies disponibles, s'ha mantingut la banda dels 2,4 GHz congestionada. Per altra banda, fent una millor gestió de les tecnologies utilitzades s'ha pogut descongestionar la banda ICM dels 5 GHz. En aquest últim cas, s'estudia la situació que es dona si s'utilitzen totes les tecnologies que hi haurà al mercat en els propers anys.

Flux	Bit Rate	Distància	Nombre parets a travessar	Tecnologia utilitzada	Banda Freqüencial	Espectre requerit
Vídeo Conferència	50 Mbps	5	1	Wi-Fi 802.11n	2,437 GHz	22 MHz (1canal)
Presentació	1 Mbps	9	2	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)

Demostració On-line	20 Mbps	10	2	Wi-Fi 802.11n	2,412 GHz	22 MHz (1canal)
Descàrrega de fitxers	10 Mbps	7	1	Wi-Fi 802.11n	2,462 GHz	22 MHz (1canal)
Música	5 Mbps	3	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
VoIP	0,03-0,1 Mbps	5	1	ECMA-392	470-790 MHz	8 MHz (1canal)
Alarma d'incendi	10 Mbps	4	1	Wi-Fi 802.11a/h	5,26 GHz	20 MHz (1canal)

Taula 4.9. Escenari 3 amb totes les possibles tecnologies

En aquest tercer cas, per donar servei als fluxos s'han hagut d'utilitzar les mateixes tecnologies que en el cas anterior. Això ha estat degut a que cap de les noves tecnologies estudiades en aquest projecte poden aportar millores significatives en el rendiment ofert per les tecnologies anteriors. Aquest fet és degut a diferents causes segons les tecnologies.

Pel que fa a WiGig i WirelessHD, no poden ser utilitzades perquè, com que són tecnologies que treballen en la banda freqüencial dels 60 GHz, no poden travessar obstacles i, com es pot observar en la Taula 4.9, tots els fluxos d'aquests tercer escenari han de travessar com a mínim una paret.

El cas de UWB és una mica diferent, ja que aquesta tecnologia pot treballar en freqüències que sí farien possible el seu ús. Tanmateix, no pot ser utilitzada ja que aquesta tecnologia treballa a potències de transmissió molt baixes per tal de no generar interferències amb els dispositius veïns i, en conseqüència, aquesta tecnologia tampoc pot fer front als obstacles. Per altra banda, tecnologies que treballen a freqüències baixes com, per exemple, ZigBee, no podrien oferir capacitats superiors a les que assoleixen les tecnologies utilitzades en la Taula 4.9.

Es pot veure, doncs, que tot i tractar-se d'un escenari molt diferent als anteriors les conclusions acaben sent les mateixes, la existència d'una congestió en certes bandes ICM de l'espectre freqüencial que pot causar interferències i una degradació en el rendiment de les tecnologies.

4.5 Conclusions dels escenaris

Actualment ens trobem en una nova revolució tecnològica només frenada en part per l'actual crisi econòmica. Tanmateix, s'espera que en els propers anys tothom pugui accedir als seus documents personals a qualsevol hora i qualsevol lloc mitjançant les tecnologies. Aquesta mateixa evolució es veurà dins de les cases,

on es podran reproduir vídeos, fotografies i documents independentment de on es trobin emmagatzemats. Aquest fet, però, obliga a disposar de tecnologies *wireless* amb amplitud de banda importants.

La mentalitat de les persones, així com la forma de vida dels països desenvolupats, empenten el mercat de les tecnologies a inventar-se contínuament i treure nous serveis. El problema apareix quan tots aquests nous serveis han de conviure en un mateix espai i en un mateix temps. És aleshores quan tots aquests serveis lluiten per un mateix espai de l'espectre freqüencial i, finalment, generen interferències uns amb els altres.

La immensa majoria dels nous serveis que surten al mercat busquen millorar la forma de vida dels individus que les compren, de forma que gairebé tots aquests nous serveis requereixen de tecnologies sense fils ja que permeten a l'usuari gaudir de tots els avantatges dels serveis *wireless* com, per exemple, un increment en la mobilitat.

Doncs bé, en aquest apartat s'han analitzat tres escenaris totalment diferents, anant des de les necessitats d'un entorn familiar fins a un entorn empresarial, i la conclusió ha estat sempre la mateixa: hi ha unes certes bandes freqüencials que estan cada vegada més congestionades i que, de seguir així, finalment no es podrà donar servei a totes les aplicacions.

Actualment els rangs freqüencials que es poden utilitzar estan molt limitats ja que les tecnologies actualment disponibles només treballen en dues possibles bandes freqüencials: la de 2,4 GHz i la de 5 GHz. En aquestes dues bandes hi ha molts pocs canals disponibles, fet que provoca que estiguin molt saturades i que, per tant, no puguin suportar tots els serveis. Com que hi ha pocs canals per a cada banda, tots els veïns han d'utilitzar els mateixos canals i es creen interferències mútues que degraden el rendiment. S'ha de tenir en compte que les bandes freqüencials de 2,4 i 5 GHz poden travessar varies parets i, per tant, els veïns sí que es veuran afectats. A més, la tendència mostra un clar augment en el nombre de dispositius sense fils que es troben en les cases, fet que agreuja més la falta de canals disponibles.

Per aquest motiu és tant important el desenvolupament i la utilització de noves tecnologies que gaudeixin de característiques diferents a les actuals. Per una banda s'estan desenvolupant tecnologies que utilitzen els espais en blanc que deixa la televisió, augmentant així el nombre de canals que tenim disponibles.

Per altra banda, s'estan desenvolupant diverses tecnologies que treballen en la banda dels 60 GHz, aquesta banda no ha estat utilitzada fins ara i pot oferir capacitats molt elevades. Un altre avantatge d'aquesta freqüència és que té una elevada atenuació al travessar les parets i obstacles i, en conseqüència, no genera interferència amb els veïns. Aquest és un punt molt important ja que ens permet gaudir de més canals tot i ja ser utilitzats a tan sols uns metres de distància.

Adicionalment, cal remarcar que només disposant de més tecnologies no es soluciona totalment el problema. Per solucionar-lo, caldrà fer un ús òptim d'aquestes tecnologies, a la vegada de gestionar eficientment l'espectre radioelèctric de l'escenari en que es trobin. D'aquesta manera, serà de vital importància que sigui possible gestionar per quina freqüència ha d'estar treballant cadascun dels fluxos d'informació així com quin canal estan utilitzant cadascun. Només d'aquesta manera podran conviure tots els diferents fluxos d'informació sense causar interferències ni degradar el rendiment de les tecnologies utilitzades.

En conclusió, mitjançant tres escenaris totalment diferents s'ha observat que, per tal de suportar tots els serveis sense estar lligats a cables, no es poden utilitzar només les tecnologies disponibles avui en dia sinó que necessitem utilitzar més i millors tecnologies. A més, s'ha fet palesa la necessitat de gestionar l'ús que es fa de l'espectre freqüencial, distribuint, el més òptimament possible, tots els fluxos d'informació en les diferents tecnologies i bandes freqüencials segons les característiques i capacitats que requereixin.

5. Solució proposada:HNM

5.1 Introducció

En anteriors apartats del document s'ha vist que les necessitats dels usuaris en les comunicacions està augmentant molt. Cada vegada es disposen de més dispositius a les nostres cases i, a més, s'està donant una proliferació en els dispositius sense fils. La tecnologia sense fils és la que ha augmentat més en aquests darrers anys, i la que té una major projecció de futur.

Tanmateix, el fet que s'estigui incrementant tant el nombre de dispositius *wireless* porta, com s'ha vist en aquesta primera part del treball, a un problema amb l'espectre freqüencial.

S'ha observat que la gran majoria de les tecnologies que s'utilitzen actualment per donar els serveis sense fils treballen en les mateixes bandes freqüencials. L'espectre radioelèctric és un bé escaç, no es poden utilitzar les freqüències sense cap control i, per això, l'augment d'aquests tipus de dispositius incrementa el risc d'interferències.

Actualment, els dispositius funcionen sense tenir en compte el seu entorn. Cadascun treballa en una banda freqüencial, sovint la de 2,4 o 5 GHz, independentment de si el dispositiu que té al costat treballa a la mateixa freqüència o de si una de les bandes està més saturada que l'altra. Aquesta anarquia en el funcionament fa que es produeixin saturacions en unes certes freqüències mentre que altres bandes estan totalment desocupades.

És un fet que coexisteixen diferents tecnologies, totes amb freqüències de treball i característiques totalment diferents. Tanmateix, totes aquestes tecnologies utilitzen les bandes sense llicència. Això crea problemes d'interferències i, per tant, neix una necessitat de gestionar adequadament la coexistència de múltiples dispositius.

Cal ser capaços de, utilitzant totes aquestes tecnologies, coordinar l'ús que se'n fa de cada una d'elles, seleccionant amb quina tecnologia és més òptim que es treballi en cada moment segons l'estat de l'espectre freqüencial i de l'entorn del dispositiu.

L'objectiu principal de la solució que es planteja en aquest projecte és coordinar l'ús que es fa de les dues bandes freqüencials més saturades, la de 2,4 i 5 GHz, així com aprofitar altres bandes freqüencials menys utilitzades actualment. En particular, l'ús de la banda de TV de forma oportunista pot resultar un element clau per aconseguir millors prestacions en les comunicacions en un entorn domèstic o d'oficines.

Així doncs, es pot concloure que per solucionar aquest problema i fer possible que es doni servei a tots els requeriments i necessitats dels usuaris, així com de les futures cases digitals, es necessita disposar de solucions que coneguin l'estat d'utilització de l'espectre freqüencial en tot moment i s'encarreguin de gestionar la utilització

de les tecnologies i les freqüències de treball dels diferents aparells de la casa de la forma més adequada. En els següents apartats es proposa i desenvolupa una solució en aquesta línia.

En que consisteix el HNM

HNM, les sigles del qual signifiquen *Home Networking Management*, és una solució per resoldre el problema de la falta d'espectre freqüencial i les interferències que aquest comporta, organitzant la banda freqüencial de l'entorn on es troba.

Aquesta solució distribueix les freqüències de treball i les tecnologies que utilitzen tots els aparells de la casa per tal d'evitar que es produeixin interferències entre diferents aplicacions i, d'aquesta manera, permetre que es duguin a terme més serveis. Així mateix, la solució plantejada pretén configurar adequadament els principals paràmetres de funcionament de les interfícies radio com, per exemple, la potència de transmissió [27]. A més, HNM engloba la casa i tot el seu entorn per tal d'evitar que es generin interferències tant a dins com a fora de casa.

5.2 Marc de la solució

El primer requisit indispensable que s'ha de complir quan es pensa en qualsevol solució tecnològica, és que aquesta solució la pugui utilitzar qualsevol usuari sense la necessitat que aquest entengui com funciona la tecnologia. Addicionalment, qualsevol solució d'aquestes característiques requereix d'una gran infraestructura darrera, que doni suport tècnic i permeti més i millors aplicacions. Per aquest motiu, HNM és un servei que ha de ser proveït per un òrgan especialitzat.

Si s'analitza el mercat, s'observa que les Operadores de Xarxes Mòbils ja ofereixen connectivitat i que, a més, amb la incursió de les femtocel·les¹¹ oferiran una connectivitat integral tant d'accés com de *Home Networking* amb uns requeriments importants de QoS. D'aquesta manera, una de les possibilitats és que la funcionalitat de HNM Server ha d'estar integrada dins de les femtocel·les, i que el servei de HNM l'han d'oferir les mateixes Operadores de Xarxes Mòbils. Cal destacar que en la resta d'aquest document s'assumeix aquesta opció com a l'opció escollida.

A més, el fet que aquest servei sigui suportat per les Operadores de Xarxes Mòbils permet que els HNM puguin oferir més serveis ja que, en cas de necessitat, l'Operadora pot atorgar temporalment les freqüències i canals reservats per la telefonia mòbil. D'aquesta manera, es pot disposar d'uns recursos extra si no hi ha disponible prou espai freqüencial per donar servei a totes les aplicacions. També, el fet de que les Operadores proveeixin el servei ofert per HNM permet utilitzar la infraestructura que tenen aquestes.



Per altra banda, el servei del Home Networking Management podria sustentat-se en la utilització d'una base de dades global a la que el operador tindria accés i on s'hi trobaria informació de l'entorn on es troba el HNM i que, per tant, indiqui en quines freqüències es possible treballar i quines estan ocupades.

5.3 Requeriments del sistema HNM

El gran objectiu d'aquesta solució, i en conseqüència el primer requeriment que s'ha de contemplar, és que el HNM conegui en tot moment l'estat de l'espectre radioelèctric local. Serà de gran importància tenir tota la informació dels aparells de la casa actualitzada, i que qualsevol nou event sigui transmès immediatament per tal que tots els dispositius involucrats n'estiguin al corrent.

També, s'ha de poder assegurar una certa coordinació entre gestors HNM veïns per tal d'evitar, no tant sols les interferències dins d'una mateixa casa, sinó també les interferències mútues amb els veïns.

Pel que fa a les xarxes de HNM dins de la casa, és requisit indispensable que tots els dispositius que disposen de funcionalitats HNM siguin capaços de comunicar-se entre ells. D'aquesta manera, tots els aparells de la xarxa formada han de poder comunicar-se entre si per tal de donar robustesa i, així, assegurar la connexió en cas que l'enllaç entre dos punts no funcioni correctament.. Aquest requeriment és molt important ja que s'ha de garantir que totes les aplicacions i serveis que estiguin en marxa funcionin sense cap mena d'error.

També es pretén que el sistema HNM pugui operar en un escenari on no tots els dispositius poden ser gestionats. És a dir, cal considerar que en l'entorn en que es treballa no tots els aparells podran ser gestionats però, tot i no formar part d'aquesta xarxa de control, generaran interferències i, en conseqüència, també els haurem de tenir en compte.

5.4 Arquitectura funcional del sistema HNM

Al llarg d'aquest apartat s'estudia amb detall el funcionament d'aquesta solució així com les diferents variants de funcionament que té. Bàsicament, el HNM està format per tres funcionalitats bàsiques: el HNM Client, el HNM Server i tota aquella infraestructura de les Operadores que s'encarrega d'administrar les femtocel·les així com les bases de dades globals. El HNM Client s'entén com una funcionalitat dins dels aparells amb interfícies sense fils que funcionarien a la casa. Aquesta funcionalitat es pot trobar implementada en forma de software o firmware¹² i, com es podrà veure, ofereix una gran varietat de configuracions que donaran una gran flexibilitat. Els aparells amb aquesta funcionalitat s'anomenen aparells o dispositius HNM. Per altra banda, el HNM Server és la funcionalitat que gestiona les comunicacions ràdio dels dispositius HNM de la casa, i els indica, entre altres, amb quina tecnologia tenen que funcionar i quina banda de freqüències tenen que utilitzar en cada moment. Així doncs, el Server s'encarrega de regular i coordinar els diversos aparells HNM. Finalment, com s'ha dit, en la infraestructura de les Operadores de Xarxa Mòbil s'ha d'incloure unes funcionalitats que donin suport als serveis del HNM.

Cal destacar que aquesta solució contempla una gran flexibilitat en el funcionament i capacitats dels dispositius HNM. Així, hi haurà aparells que solament suporten un tipus de tecnologia en concret, i altres que podran ser configurats en múltiples tecnologies i bandes freqüencials. Tanmateix, tant si poden utilitzar una o més d'una tecnologia sempre es podrà configurar el canal dins de la banda on treballen.

El HNM Server sap en tot moment quin és l'estat de l'espectre freqüencial, com està distribuït i quines bandes estan més plenes, i opera en conseqüència. A mode d'exemple, si en una zona de la casa s'arribés a saturar una certa banda freqüencial, el HNM Server li comunicaria al HNM Client dels aparells afectats per a que canviïn la seva freqüència de treball o, en un cas extrem, que aturin temporalment l'aplicació que està duent a terme.

Per tal que el HNM Server conegui amb exactitud quin és l'estat de l'espectre en cada instant, hi ha diferents variacions en la forma de treballar d'aquests sistemes. Totes aquestes variacions s'analitzaran amb més detall posteriorment en aquest mateix apartat.

La figura 5.1 ajuda a fer una idea de com és l'arquitectura del sistema.

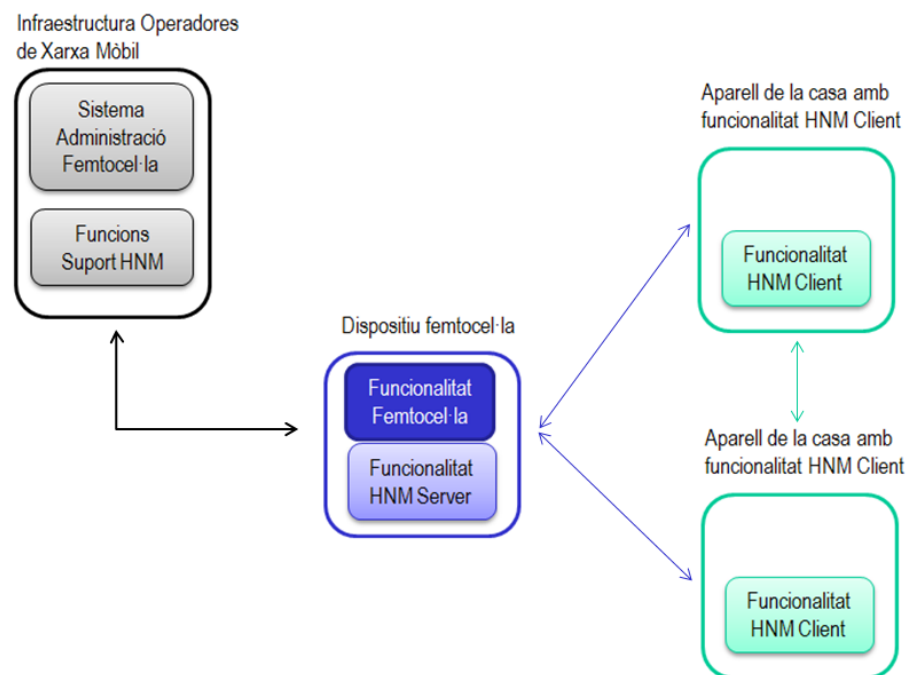


Figura 5.1. Arquitectura funcional del sistema HNM

5.4.1 HNM client

S'entén HNM client com una funcionalitat incorporada en els dispositius, i que pot estar implementada en forma de software o firmware. Per dur a terme aquesta solució, és necessari que els aparells de la casa que tinguin la capacitat d'utilitzar varies tecnologies radio, o bé la capacitat de configurar-les segons les diferents freqüències i canals, tinguin incorporada aquesta funcionalitat.

HNM client interactua amb les capes de protocols associades a les interfícies de comunicacions radio dels dispositius així com amb la capa d'aplicacions. En particular, el client HNM pot gestionar la configuració de la capa física o ràdio de la torre de protocols i pot rebre informació associada als serveis des de la capa d'aplicació. La interacció es duu a terme en els dos sentits, tant des del HNM client cap a les funcions de la torre de protocols com viceversa (veure Figura 5.2). Per altra banda, el HNM client també coneix el perfil del dispositiu, és a dir, la seva descripció i les capacitats HNM suportades.

Abans d'explicar amb més detall cadascun dels fluxos anteriors, cal destacar que no s'ha de veure el HNM client com una solució única, sinó que poden tenir diferents característiques i diferents nivells de configuració. Així, n'hi ha que solament suporten un tipus de tecnologia com, per exemple Wi-Fi a/g, però que a la vegada també poden ser configurats com, per exemple, amb la selecció del canal on treballen. Per altra banda, hi ha dispositius que poden suportar múltiples tecnologies i que, en conseqüència, poden oferir moltes més alternatives per ajudar a no saturar tant unes certes bandes freqüencials.

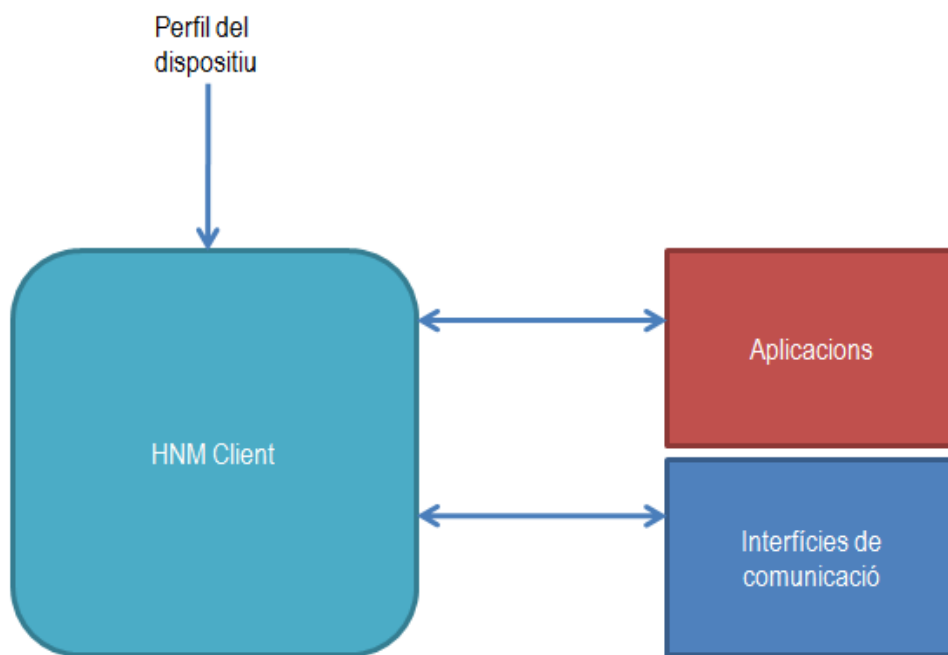


Figura 5.2. Dispositiu HNM Client

Pel que fa al flux que connecta el HNM client amb la Interfície de comunicació, és un flux on el HNM client informa al dispositiu de quina configuració ha d'utilitzar alhora de transmetre. Mitjançant aquest flux el HNM client informa a l'aparell de:

- ✓ La banda freqüencial on té que treballar el dispositiu. Aquesta selecció es fa segons els tipus de tecnologies que pugui utilitzar el dispositiu així com segons l'aplicació que es tingui que dur a terme. La banda freqüencial on el dispositiu treballarà l'escull el HNM server, i aquest informa al HNM client de l'aparell en

concret. El HNM client modifica la freqüència de treball mitjançant aquest flux d'informació que fa arribar a la capa radio.

- ✓ Canalització. De la mateixa manera que la banda freqüencial, el HNM server informa al HNM client de la freqüència central on té que treballar i de l'ampla de banda que disposa.
- ✓ La potència màxima a la que pot transmetre el dispositiu.
- ✓ Execució de tests i monitorització. Mitjançant aquest flux el client indica a l'aparell que testegi una sèrie de paràmetres importants per al correcte funcionament de la comunicació. A la vegada, mitjançant aquest flux, el dispositiu informa al client del resultat dels tests. Alguns dels paràmetres que podrien ser importants calcular són:

- Nivell d'interferència
- Indicatiu de congestió
- Duty cycle
- Eficiència espectral

La llista anterior constitueix una primera proposta que podria ampliar-se amb altres paràmetres segons les capacitats de les tecnologies involucrades, per exemple, configurar el sistema de radiació de l'aparell o limitar el cicle de treball.

Pel que fa al flux entre el HNM client i les aplicacions, en aquest cas, el dispositiu i el HNM client hauran d'estar en contínua comunicació per estar informats, en tot moment, sobre quines aplicacions i quines velocitats de transmissió són requerides pel correcte funcionament. D'aquesta manera, comparteixen uns requeriments de QoS que poden ser especificats per un grup de dispositius de la casa així com per unes certes aplicacions. Aquest flux es genera abans de començar l'aplicació, i un cop començada es pot mantenir per tal de tenir les necessitats del dispositiu actualitzades en tot moment. Així doncs, aquest flux d'informació s'ocupa de:

- ✓ Aplicacions de l'aparell. Poden ser vídeo, dades i àudio.
- ✓ Velocitat de transmissió.

5.4.2 HNM Server

El HNM Server és la funcionalitat externa a tots els aparells de la casa i s'ocupa de distribuir i organitzar les diferents tecnologies i aplicacions en l'espectre freqüencial. Per fer-ho, és necessari que tingui un ampli coneixement de l'estat en que es troba l'espectre radioelèctric i dels requeriments de les aplicacions.

Així doncs, el HNM Client ha de comunicar les característiques del dispositiu, l'adreça IP de l'aparell i els requeriments de QoS i de velocitats de transmissió de les aplicacions. Amb aquesta informació, el HNM Server ha de ser capaç d'informar al HNM Client de la configuració que ha de tenir per treballar en aquest entorn.

Pel que fa a l'arquitectura funcional del servidor HNM, en la següent figura es poden veure els diferents blocs que el formen.

La MMI (Man Machine Interface) és una interfície que permet que l'usuari pugui configurar en certa manera el comportament del gestor HNM.

Aquesta solució és molt flexible, i entre altres característiques, destaca el fet que el HNM Server pot aprendre l'ús que s'està fent de l'espectre freqüencial de nombroses maneres. Una d'elles és posant una sèrie de sensors distribuïts per la casa i que envien la informació respectiva al HNM Server. És en aquest context que té importància el bloc d'interfície del subsistema de sensors de la casa (veure Figura 5.3), ja que és el que permet que hi hagi comunicació entre el HNM Server i els sensors que es troben distribuïts per la casa.

El mateix passa amb el bloc d'interfície de subsistemes externs. Una alternativa al cas anterior, és que el HNM Server conegui l'estat de l'espectre radioelèctric a partir d'una base de dades externa que li informa. En aquest altre cas, la interfície del subsistemes externs és el que fa possible la comunicació entre el HNM Server i aquesta base de dades global.

A més de les bases de dades global i interna, el HNM Server també es pot comunicar amb altres HNM Servers veïns per tal de compartir informació o posar-se d'acord alhora de fer l'ús de l'espectre freqüencial. És la interfície de cooperació de HNM Servers la que fa possible aquesta comunicació.

Per altra banda, el HNM Server també ha de poder comunicar-se tant amb l'usuari final com amb l'operadora de la femtocel·la on es troba instal·lat, per tal d'indicar-li, per exemple, les opcions específiques per la casa. Per fer-ho, utilitza la interfície de configuració.

Finalment, cal destacar la interfície HNM Server-Client ja que és la que possibilita la comunicació entre el HNM Server i els HNM Clients que es troben en la casa. Mitjançant aquesta interfície el HNM Server gestiona els aparells HNM. Les interaccions entre el servidor HNM i els dispositius HNM no pressuposa que hi hagi un enllaç directe entre ells, sinó que el intercanvi de missatges pot fer-se a través d'altres dispositius HNM que facin d'intermediaris. Així, tots els dispositius HNM i el Server estan interconnectats per una xarxa de control que no necessàriament ha de basar-se en una única tecnologia de transmissió ni tampoc en la existència d'enllaços directes entre el HNM Server i els aparells.

5.5 Procediments

En aquest apartat es defineixen els principals procediments que sustentarien l'operativa del sistema HNM plantejat. La descripció dels procediments es fa de forma agnòstica a les tecnologies radio concretes que poden formar part de la solució així com a la tecnologia utilitzada per implementar la xarxa de control que sustenta els procediments entre el servidor HNM i els clients. Posteriorment, en l'apartat 5.6 s'analitzen possibles opcions d'implementació i característiques concretes dels dispositius.

5.5.1 Procediment d'activació d'un dispositiu HNM i registre al servidor HNM

En primer lloc, cal tenir molt clars quins són els procediments que s'han de dur a terme des del moment que s'introdueix un nou aparell HNM a la casa. Així doncs, a continuació s'explica detalladament cadascun d'aquests procediments.

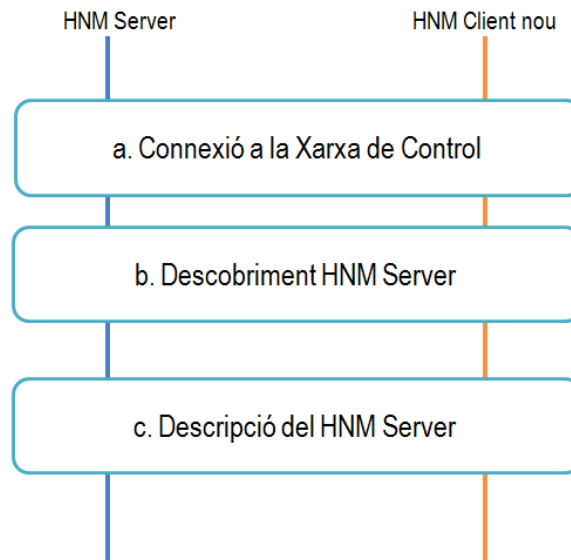


Figura 5.4. Procediment d'activació d'un dispositiu HNM

El primer que s'ha d'aconseguir quan es disposa d'un nou HNM Client és introduir-lo en la xarxa de control que formen la resta de dispositius de la casa (pas (a) en el Figura 5.4). S'entén per xarxa de control, aquella xarxa que formen tots els aparells de la casa i que és utilitzada per transmetre dades de control i configuració per implementar el servei HNM.

Per introduir un dispositiu en aquesta xarxa s'han de dur a terme dos passos essencials. Primerament, el nou aparell ha d'escollir mitjançant quina tecnologia s'ha de comunicar en aquesta xarxa de control, ja que es poden utilitzar diverses tecnologies indistintament segons sigui millor en cada cas. Així, el HNM Client, abans de poder comunicar-se amb cap altre dispositiu, ha de descobrir quina és la tecnologia que estan utilitzant en la xarxa de control en que es vol introduir per tal de poder utilitzar el mateix medi per comunicar-se.

Per descobrir-ho, el nou Client ha d'escollir els diferents medis de les diverses tecnologies per tal de veure en quin d'ells està treballant la xarxa de control. Un cop descoberta, l'aparell selecciona aquesta tecnologia per utilitzar-la en aquesta xarxa. Posteriorment, el següent pas consistirà en la connexió del nou dispositiu a la xarxa de control. Aquesta connexió pot contemplar aspectes d'autenticació i autorització.

Com a resultat del procés de connexió, el dispositiu ja disposa de la connectivitat necessària per intercanviar informació a través de la xarxa de control, per exemple, si la xarxa de control utilitza el protocol IP com a protocol de xarxa, en aquest punt el dispositiu ja tindria assignada una adreça IP operativa.

Un cop aquests dos passos ja estan realitzats, el nou Client ja es troba operatiu en la xarxa de control. Tanmateix, és necessari que es comuniqui i estableixi un lligam amb el HNM Server de la llar. Per fer-ho, és necessari primer descobrir quin és aquest Server al que s'ha de presentar i, posteriorment, intercanviar-se una descripció de cadascun d'ells (pas (b) de la Figura 5.4). Així doncs, quan un nou HNM Client està introduït en la xarxa, ha d'avisar dels seus serveis i aplicacions al HNM Server que gestiona la xarxa de control de la llar per a que aquest descobreixi l'existència del Client.

Després que el HNM Server i el Client s'hagin descobert encara coneixen molt poc d'ells. Per tant, és necessari que interactuïn per tal que el Server conegui més sobre el nou dispositiu i les seves aplicacions. D'aquesta manera, el Client ha de transmetre una descripció de les seves característiques i serveis al HNM Server (pas (c) de la Figura 5.4).

Arribats a aquest punt, tot està preparat perquè es pugui dur a terme la comunicació entre dispositius Clients, ja que tots els aparells ja formen part de la xarxa de control i tots estan controlats pel mateix HNM Server. Tanmateix, els HNM Clients encara no estan al corrent de quins altres Clients existeixen en la xarxa i, per això, s'ha de realitzar la funció de Descobriment dels HNM Clients.

5.5.2 Descobriment d'altres dispositius HNM

Aquesta funció de HNM és la que permet als Clients descobrir i conèixer els altres Clients de la mateixa xarxa de control. Aquest descobriment es pot dur a terme en diversos moments de la comunicació, ja que pot realitzar-se just al finalitzar la configuració inicial, és a dir, després de finalitzar la descripció del HNM Client; o, realitzar-se quan l'usuari vol iniciar una comunicació amb algun altre dispositiu.

En aquest procediment el HNM Client sol·licitant ha de descobrir la resta de Clients. Aquesta funció és molt important ja que serveix per a que l'usuari final seleccioni el dispositiu de la llista amb el que vol realitzar la comunicació. Per això, un cop el dispositiu ja disposa d'aquest llistat d'aparells disponibles, ja està preparat per iniciar la comunicació.

Un cop l'usuari selecciona un dispositiu de la llista, s'inicia el procediment de comunicació entre HNM Clients, explicat en els apartats 5.5.3 i 5.6.3.3.

5.5.3 Gestió de les comunicacions entre HNM Clients

Un cop els HNM Clients ja formen part de la xarxa de control i s'han registrat amb el HNM Server corresponent; ja es pot iniciar el procediment de comunicació. Així, abans d'establir una comunicació entre clients s'ha de dur a terme uns passos essencials. No s'ha d'oblidar que el HNM Server és l'encarregat de decidir en quina freqüència i mitjançant quina tecnologia es durà a terme la comunicació i, per tant, abans d'iniciar la comunicació el Server ha de decidir com es realitzarà.



Per fer-ho, primerament ha d'obtenir una sèrie de dades necessàries perquè el Server seleccioni quina tecnologia i freqüència han d'utilitzar els dos dispositius. I, a continuació, ha de comunicar aquesta decisió als dos HNM Clients afectats. Només en aquest moment es podrà començar la comunicació.

En el següent diagrama s'observen representats el procediment i tots els passos que cal seguir per establir la configuració d'una comunicació entre HNM Clients.

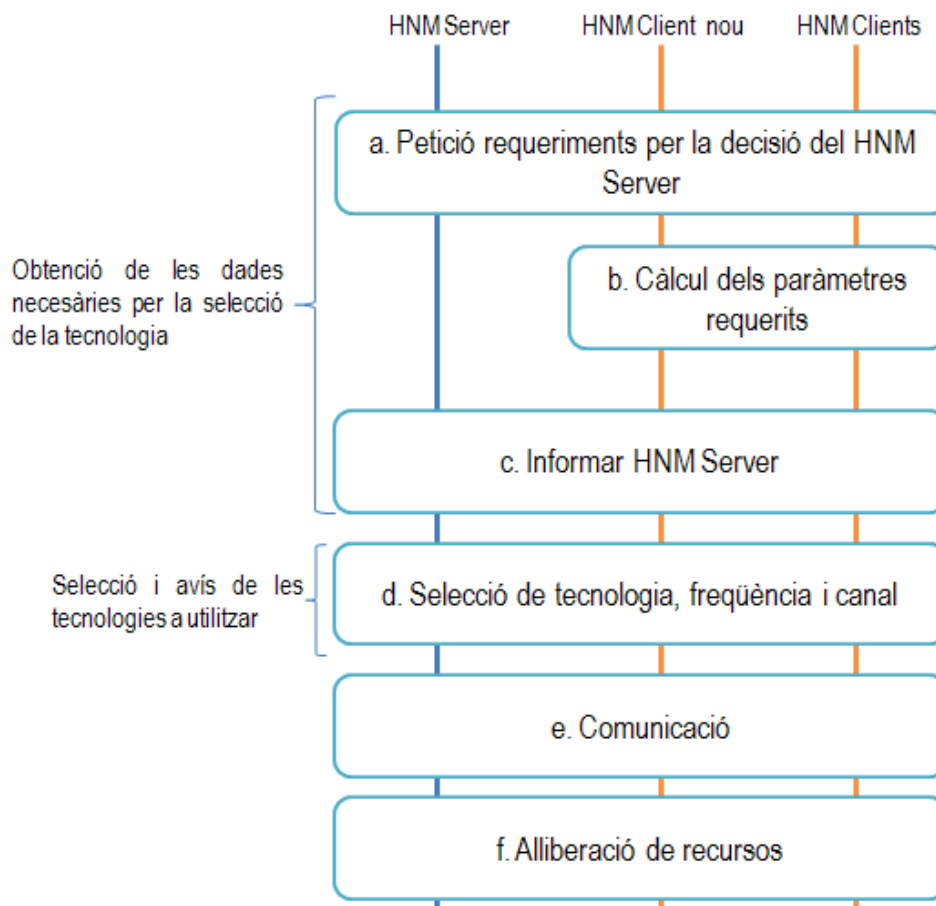


Figura 5.5. Gestió de les comunicacions entre HNM Clients

Així doncs, inicialment el HNM Client que escull l'usuari es comunica amb el dispositiu destinatari de la comunicació, ja que el Client intenta establir una connexió. A partir d'aquí, per poder procedir, es demana permís al Server. Aquest sol·licitarà informació addicional als Clients per poder prendre una decisió (pas (a) de la Figura 5.5).

Un cop els Clients són informats de quins paràmetres han de calcular, inicien un procediment de càlcul (pas (b) de la Figura 5.5). Quan els dos dispositius ja han realitzat les mesures de tots els paràmetres que el HNM Server requeria, tots dos li envien un paquet amb la informació (pas (c) de la Figura 5.5). És llavors, quan el Server ja pot prendre una decisió i selecciona una tecnologia, una freqüència i un canal per a que es dugui a terme la comunicació (pas (d) de la Figura 5.5).

Després d'una prova per assegurar que la configuració és adequada, els HNM Clients inicien la comunicació entre ells, mantenint informat i actualitzat al Server en tot moment de qualsevol canvi que hi hagi en la comunicació i en l'estat de la banda freqüencial (pas (e) de la Figura 5.5).

Cal destacar que en qualsevol moment es pot establir comunicació amb el Server per a que aquest estableixi una configuració diferent.

Finalment, quan la comunicació finalitza s'alliberen els recursos per tal que es puguin tornar a utilitzar posteriorment (pas (f) de la Figura 5.5). Arribats a aquest punt, els dos dispositius es troben en la fase inicial on, es troben connectats a la xarxa de control i pendents d'iniciar un servei quan sigui necessari. Un exemple detallat de la implementació d'aquest procediment, una vegada introduïdes certes consideracions tecnològiques, s'explica en l'apartat 5.6.3.3.

5.5.4 Procediment amb un nou HNM Server

En aquest apartat s'estudia el cas en que s'introdueix un nou HNM Server en un entorn en que els dispositius ja estan en funcionament. Així, quan s'introdueix el nou HNM Server ha de buscar els dispositius d'interès que es troben en la xarxa de control per, a continuació, intercanviar missatges d'informació com, per exemple, el tipus de l'aparell, l'identificador d'aquest i una descripció més detallada de l'aparell.

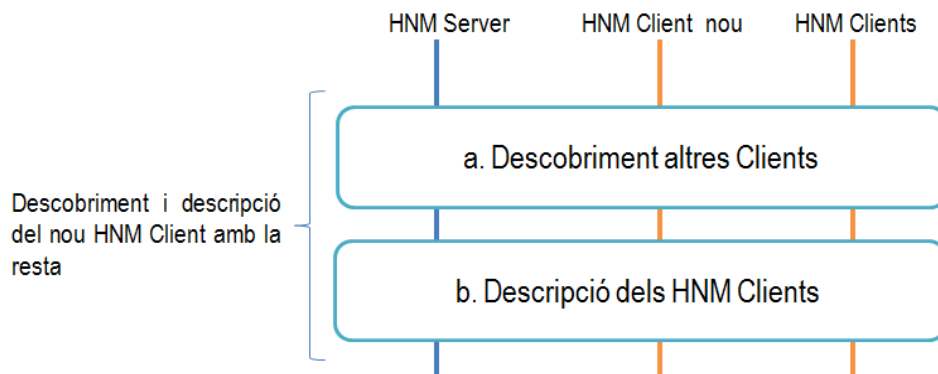


Figura 5.6. Procediment amb un nou HNM Server

Un cop el Server ja ha localitzat tots els Clients de la xarxa (pas (a) de la Figura 5.6), i ja ha establert comunicació per tal de conèixer-los millor a tots (pas (b) de la Figura 5.6), els dispositius ja formen part de la nova xarxa de control i ja estan controlats pel nou HNM Server i, en conseqüència, ja estan preparats per ser utilitzats quan sigui necessari.

Tanmateix, cal recordar que abans d'iniciar la comunicació s'haurà de realitzar el Descobriments dels HNM Clients, anteriorment explicat en l'apartat 5.5.2.

5.6 Opcions d'implementació

5.6.1 Xarxa de control

El primer requeriment que s'ha de complir és que tots els dispositius, tant la femtocel·la que conté el HNM Server com tots els aparells amb els HNM Clients, han de disposar d'una tecnologia que els permeti comunicar-se entre ells. Aquesta tecnologia ha d'assegurar que cobreixi radis de cobertura grans ja que a de permetre comunicar els aparells encara que es trobin un a cada punta de la casa. A més, aquesta tecnologia ha de requerir velocitats de transmissió fàcilment assolibles i, finalment, a un preu molt baix ja que sinó encariria en excés el preu del producte final. Possibles tecnologies que es poden utilitzar són:

- ✓ Zigbee
- ✓ 802.11
- ✓ Power Line Communications (PLC)¹³

També es possible pensar en una combinació de tecnologies de forma que algun dels dispositius haurien de fer de pont entre dispositius que no podessin parlar directament entre ells.

De cara a suportar una xarxa de control que integrés diferents tecnologies de nivell d'enllaç, es planteja la utilització del protocol IP per independitzar la connectivitat entre dispositius de les tecnologies de nivell d'enllaç específiques. Així, per poder-se comunicar tots els aparells entre si, tots tindrien assignada una direcció IP. Aquesta direcció IP l'assignaria un servidor DHCP¹⁴, que podria forma part de la femtocel·la, en el moment en que l'aparell és connecta per primer cop a la xarxa de control. A partir d'aquí, cada aparell ja és capaç de intercanviar informació amb la resta d'aparells connectats a la xarxa de control.

Així doncs, el Server ha d'incloure funcionalitats de DHCP per tal que els nodes de la xarxa de control puguin obtenir els seus paràmetres de configuració automàticament, és a dir, per tal d'assignar dinàmicament direccions IP als diferents HNM Clients que conformen la xarxa.

D'aquesta manera, la xarxa de control que es proposa tracta d'una sèrie de dispositius HNM juntament amb un Server, que es comuniquen entre ells utilitzant una mateixa tecnologia i un mateix protocol IP (veure la Figura 5.7).

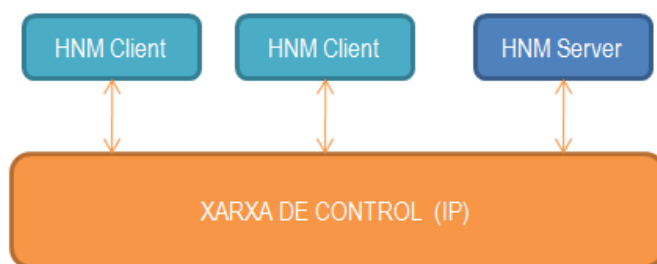


Figura 5.7. Diagrama de la xarxa proposada

Val la pena destacar que aquesta mateixa idea de xarxa de control que es proposa en aquesta solució és similar a la que utilitzen altres tecnologies ja en ús, com és el cas de UPnP [28] o DLNA [29].

5.6.2 Protocols i llenguatges de representació de la informació

Per plantejar aquesta solució s'ha tingut en compte altres tecnologies existents com, per exemple, UPnP i DLNA. Així doncs, de la mateixa manera que aquestes altres solucions, els dispositius HNM poden utilitzar com a protocol de nivell d'aplicacions el HTTP. I, per aquest protocol, s'enviarien objectes amb llenguatge XML [30].

Una alternativa que es podria utilitzar al XML, seria l'ús de JSON (Java Script Object Notation) [31]. JSON és un format per al intercanvi de dades que, de la mateixa manera que XML, construeix una llista de valors, objectes i taules *hash* que pot ser transmesa per la xarxa i fàcilment parsejada per a que els dispositius puguin interpretar els seus continguts. En l'Annex A.2 *Comparativa JSON i XML* es pot trobar més informació del JSON així com una comparativa amb XML.

Pel que fa a protocols de nivell de transport, s'utilitzen dues opcions segons si es transmet en *multicast*¹⁵ o en *unicast*¹⁶. Cal destacar que s'utilitzarà *multicast* quan s'hagi de descobrir el HNM Server, i *unicast* per la comunicació entre dos dispositius HNM.

Així doncs, quan es transmeten paquets de tipus *multicast* s'utilitza el protocol UDP¹⁷. Això és així ja que UDP és un protocol basat en la transmissió de datagrames i, per tant, permet la transmissió de datagrames a través de la xarxa sense que s'hagi establert una connexió prèvia. Addicionalment, cal remarcar que el propi datagrama incorpora informació de direccionalment suficient en la seva capçalera. A més, aquest protocol no necessita confirmació ni control de flux. De fet, el protocol UDP ja és utilitzat per altres tecnologies com, per exemple, BOOTP¹⁸, DNS¹⁹ o DHCP.

Per altra banda, quan es transmet en *unicast* el protocol utilitzat és TCP²⁰. S'utilitza aquest protocol ja que permet crear connexions entre dispositius a través de les quals es pot enviar el flux de dades. A més, el protocol garanteix que les dades siguin entregades al destinatari sense errors i en el mateix ordre que s'havien transmès. També, igual que amb UDP, proporciona un mecanisme per distingir diferents aplicacions dins un mateix aparell, a través del concepte conegut com port.

Finalment, el protocol que s'utilitzaria per la capa de xarxa és el protocol IP, ja que és un protocol no orientat a connexió i utilitzat per la comunicació de dades. A més, aquest protocol és àmpliament utilitzat en molts tipus de xarxes de comunicacions.

5.6.3 Exemples detallats dels procediments

En aquest apartat s'analitza detalladament la implementació dels procediments explicats en l'apartat 5.5.

5.6.3.1 Implementació activació d'un dispositiu HNM i registre al servidor HNM

Com ja s'ha vist en l'apartat 5.5.1, la introducció d'un nou dispositiu HNM a la xarxa de control comporta l'execució de tres passos (veure la Figura 5.4). Aquests passos són explicats detalladament a continuació.

a. Connexió a la Xarxa de control

El primer que ha de fer el nou aparell en ser introduït és escollir la tecnologia amb la que treballarà en la xarxa de control. Ja que hi ha diferents opcions d'implementació com, per exemple, utilitzar tecnologia ZigBee o PLC per la comunicació entre dispositius.

Per escollir la tecnologia, el dispositiu introduït escolta els diferents medis de transmissió per detectar quin d'ells és el que està essent utilitzat. Un cop detectat el medi, el dispositiu selecciona aquesta tecnologia.

Un cop escollida la tecnologia, encara falta que se li assigni una direcció IP a l'aparell per tal d'estar totalment introduït a la xarxa de control. Per fer-ho, cada dispositiu HNM Client ha de disposar d'una funcionalitat de DHCP Client i, quan l'aparell és connectat per primera vegada a la xarxa de control, aquest DHCP Client busca el DHCP Server, que és una funcionalitat interna de la femtocel·la. El HNM Client ha d'utilitzar la direcció IP que li ha assignat aquest DHCP Server.

En cas que no hi hagi el DHCP disponible, el HNM Client ha de fer un *automatic IP addressing (Auto-IP)*. Un Auto-IP consisteix en que, un cop el dispositiu verifica que no hi ha un DHCP Server disponible, selecciona aleatòriament una de les direccions IP que té emmagatzemades internament en una base de dades de direccions IP locals.

Totes aquestes direccions tenen la propietat de formar part del rang de direccions que s'utilitzen en aquestes xarxes de control i, per tant, es poden comunicar perfectament dins d'aquestes.

Un cop l'aparell ha seleccionat una direcció IP, ha d'assegurar-se que no està essent utilitzada per cap altre dispositiu de la xarxa. Per testejar aquesta direcció, el HNM Client utilitza el protocol ARP (*Address Resolution Protocol*), és a dir, s'envia un *request* des de la direcció MAC²¹ del dispositiu a una direcció IP tot 0's. El Client escolta les respostes d'aquest *request* per verificar que no rep cap paquet amb la mateixa direcció IP. En el cas que la direcció IP escollida ja estigues essent utilitzada, el HNM Client escolliria una altra de diferent.

Els dispositius que han utilitzat la funció d'Auto-IP per tal d'escollir la seva direcció IP, han de revisar periòdicament la existència d'un DHCP Server en la xarxa. Un cop troba un DHCP Server, l'aparell ha d'alliberar la direcció IP que tenia per una que li assigni el DHCP. Tanmateix, pot mantenir la mateixa direcció IP durant un període de temps per tal de no perdre la connectivitat.

Un cop el Client ja té una direcció IP vàlida, ja es pot considerar que aquest està dins la xarxa de control.

Hi pot haver situacions en que l'usuari final necessiti localitzar e identificar un altre dispositiu de la xarxa. En aquestes situacions, que l'aparell tingui un nom és molt més còmode i fàcil d'identificar per les persones que no pas utilitzant les direccions IP. Així, l'usuari haurà de proporcionar un nom per a l'aparell, aquest nom quedarà registrat en la descripció del dispositiu. Hi ha altres tecnologies, com per exemple UPnP, en les que el nom de l'aparell es registra en un servidor DNS. En qualsevol cas, el dispositiu s'ha d'assegurar que el nom escollit és únic.

b. Descobrimet del HNM Server

Quan el nou HNM Client ja està afegit a la xarxa de control, avisa dels seus serveis mitjançant un missatge *multicast* que transmet a una direcció IP i a un port anteriorment establerts, per exemple, l'adreça IP i el port establerts en UPnP són 239.255.255.250:1900. El Server escolta constantment aquest port per tal de detectar quan hi ha nous aparells disponibles en la xarxa.

Si al cap d'un cert temps d'espera, el Client no hagués rebut cap resposta per part del Server, aquest torna a enviar un paquet de *multicast* (veure la Figura 5.8). Quan el HNM Server detecta aquesta petició respon amb un ACK per tal de començar el següent pas: descripció del Client.

De la mateixa manera, quan un HNM Client és eliminat de la xarxa de control, aquest transmet un missatge *unicast* al Server anunciant que el seu dispositiu i serveis ja no estaran disponibles. A continuació, el Server actualitza la seva base de dades interna.

Cal destacar, que els paquets que es transmeten per comunicar-se entre les funcionalitats HNM utilitzen el protocol HTTP. Tanmateix, els paquets que són del *multicast* seran del tipus UDP, mentre que els *unicast* són del tipus TCP, ja que TCP necessita establir una connexió de forma prèvia.

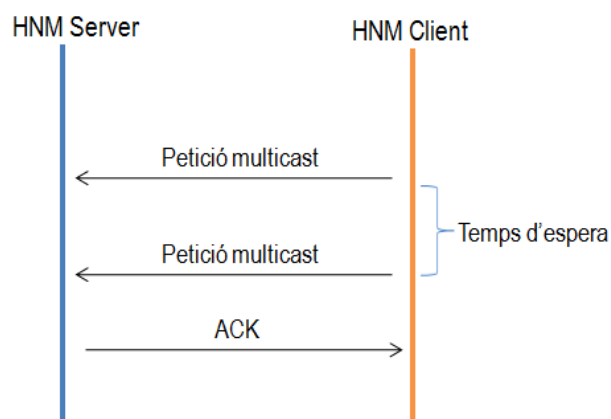


Figura 5.8. Descobrimet del HNM Server

c. Descripció del HNM Client

La descripció d'un dispositiu es divideix en dues parts. Per una banda, la descripció de l'aparell on es descriu la informació que fa referència a la part física i lògica com, per exemple, la marca i el número de sèrie del

dispositiu, la direcció IP i la direcció MAC, les tecnologies amb que pot treballar, i les freqüències i canals que pot utilitzar el HNM Client. Per altra banda, la descripció dels serveis on s'informa dels serveis i aplicacions que pot tenir aquest dispositiu (veure la Figura 5.9).

Així doncs, el HNM Server inicia aquesta part de la presentació transmetent un *request* sol·licitant la descripció de l'aparell. Un cop el Client ja li ha enviat aquesta informació, el Server demana al nou dispositiu que envii la descripció dels serveis.

Quan el Server ha rebut tota la informació i garanteix que no hi ha hagut cap error en la transmissió, li envia un *ACK* al Client per a que aquest estigui al corrent que la descripció ha finalitzat correctament. Si, pel contrari, el Server no rep totes les dades que esperava, transmet un *NACK* per tal que el nou aparell torni a transmetre la descripció.

Cal destacar que el llenguatge amb el que s'envia tant la descripció com els missatges *ACK* i *NACK*, és XML. A més, com que la descripció es porta a terme de forma *unicast*, el protocol que s'utilitza és HTTP (TCP).

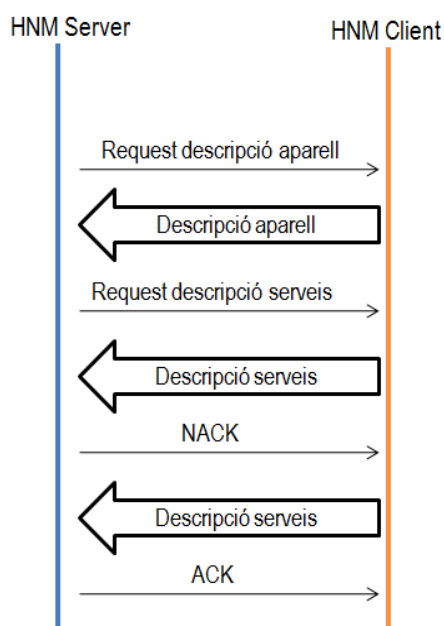


Figura 5.9. Descripció HNM Client

Com s'ha vist, de la mateixa manera que altres tecnologies com UPnP, la descripció del dispositiu es pot fer mitjançant XML. Un exemple de codi XML que es podria escriure per a la descripció del dispositiu i dels seus serveis és el següent::

```
<?xml version="1.0"?>
<root xmlns="urn:domain_name:device-1-0">
  <specVersion>
    <major>1</major>
    <minor>0</minor>
  </specVersion>
```

```

<URLBase>URL de la descripció del dispositiu</URLBase>
<device>
  <deviceType>urn:domain_name:device:deviceType:v</deviceType>
  <friendlyName>Nom del dispositiu </friendlyName>
  <manufacturer>Nom del fabricant</manufacturer>
  <manufacturerURL>URL a la web del fabricant</manufacturerURL>
  <modelDescription>Descripció del dispositiu per l'usuari</modelDescription>
  <modelName>Nom del model</modelName>
  <modelName>Número del model</modelName>
  <modelURL>URL de la web del model</modelURL>
  <serialNumber>Número de sèrie del fabricant</serialNumber>
  <UDN>uuid:Identificador únic del dispositiu</UDN>
  <UPC>Universal Product Code</UPC>
  <iconList>
    <icon>
      <mimetype>image/format</mimetype>
      <width>píxels horitzontals</width>
      <height>píxels verticals </height>
      <depth>Nombre de bits de color per píxel</depth>
      <url>URL de la icona</url>
    </icon>
  Declaració d'altres icones del dispositiu
  </iconList>
  <serviceList>
    <service>
      <serviceType>urn:domain_name:service:serviceType:v</serviceType>
      <serviceId>urn:domain_name:serviceId:serviceID</serviceId>
      <SCPDURL>URL de la descripció del servei</SCPDURL>
      <controlURL>URL de control</controlURL>
      <eventSubURL>URL de events</eventSubURL>
    </service>
  Declaració d'altres serveis del dispositiu
  </serviceList>
  <deviceList>
  Declaració d'altres dispositius, només si l'aparell té integrat altres dispositius
  </deviceList>
</device>
</root>

```

En aquest text, s'observa una primera part obligatòria que fa referència a característiques del dispositiu. En canvi, la setena línia de codi (<URLBase>URL de la descripció del dispositiu</URLBase>) és opcional ja que descriu la URL on està la descripció del dispositiu. A partir d'aquesta línia de codi, es comença a definir el dispositiu. Per fer-ho, cal omplir camps obligatoris com, per exemple, el nom amigable del dispositiu i el nom del fabricant, i d'altres camps opcionals com són una descripció del model o la URL del fabricant. Així doncs, en aquesta primera part del codi es defineix el dispositiu amb totes les seves característiques. Un cop això, en la part de *IconList* es defineixen les característiques de la icona del dispositiu i, per tant, aquest camp només serà necessari en cas que el dispositiu tingui un icona.

Un cop ja s'ha omplert la descripció del dispositiu i els seus possibles icones, cal omplir tots aquells camps que fan referència als serveis que pot oferir l'aparell. Així doncs, el *ServiceList* és el llistat dels serveis que té el dispositiu i, dins d'aquest llistat, es defineixen cadascun dels serveis que ofereix. Per fer-ho, s'omplen una sèrie de camps com són el tipus de servei i el seu identificador, així com altres camps que contenen URL's de control i d'events. A continuació es podrien definir, de la mateixa manera, la resta de serveis que té l'aparell.

Es pot definir també altres dispositius que es trobin integrats amb l'aparell indicant-los en la llista *DeviceList*. Es finalitza el codi XML amb `</root>` i, d'aquesta manera, ja esta realitzada la descripció del dispositiu.

Arribats a aquest punt, ja estan tots els aparells preparats per a que es pugui dur a terme la comunicació entre dispositius Clients. Tanmateix, abans d'iniciar aquesta comunicació caldrà implementar el descobriment dels HNM Clients.

5.6.3.2 Implementació del descobriment dels HNM Clients

En l'apartat 5.5.2 s'ha vist que el procediment de descoberta dels HNM Clients consta de dues funcionalitats. En la primera funcionalitat, el Client envia un *request* al Server sol·licitant-li informació de la resta de dispositius de la xarxa (veure la Figura 5.10). Com s'ha explicat anteriorment, si és el Server el que li interessa iniciar aquest procediment, ell mateix avisa al HNM Client que li vol transmetre aquesta informació, i el Client respon amb un *ACK* per garantir que està disponible.

Un cop els dos dispositius estan preparats per compartir aquesta informació, el HNM Server envia un document amb la informació dels altres dispositius al Client. Aquest últim respon un *NACK* si no ha rebut satisfactòriament el fitxer, o un *ACK* si la transmissió s'ha dut a terme correctament.

En aquest document, el Server informa al Client de les direccions IP, la informació dels aparells i de les aplicacions i serveis que poden realitzar els altres dispositius de la xarxa.

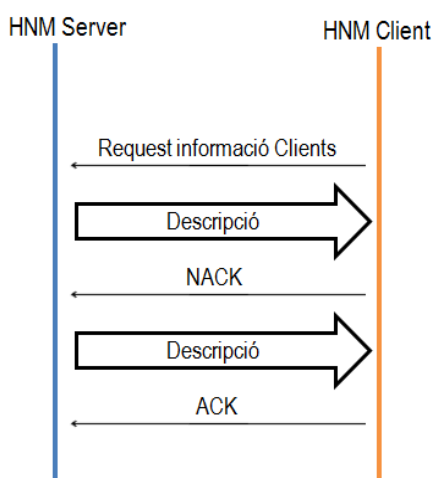


Figura 5.10. Descobrimet de HNM Clients

Aquesta descripció es recull en forma de llista, amb totes les característiques dels dispositius de la llar. Això permet que l'usuari pugui escollir d'aquesta llista amb quin aparell vol realitzar la comunicació. Quan ja s'ha realitzat aquest intercanvi d'informació, el dispositiu ja està preparat per iniciar la comunicació.

5.6.3.3 Implementació de la comunicació entre HNM Clients

Per poder dur a terme la comunicació entre els HNM Clients, s'han de realitzar uns quants passos imprescindibles explicats en l'apartat 5.5.3 (veure la Figura 5.5), dels quals detallarem la seva implementació en aquest apartat.

Aquesta funció s'inicia en el moment que l'usuari ha escollit un dispositiu amb el que es vol utilitzar un servei o aplicació.

a. Petició requeriments per la decisió del HNM Server

Com s'ha vist, aquesta primera funció té l'objectiu d'informar als dos HNM Clients quins paràmetres hauran de calcular per poder informar al Server. El diagrama següent mostra la implementació d'aquest procediment:

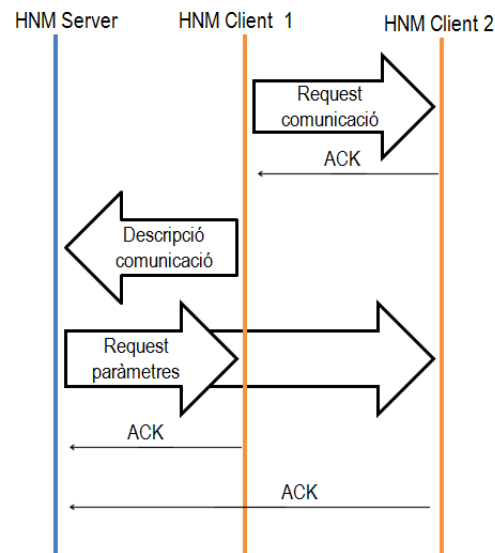


Figura 5.11. Petició requeriments per a comunicació

Inicialment, el HNM Client que vol iniciar la comunicació transmet un *request* de comunicació al altre Client, junt amb el qual es transmet una descripció del dispositiu sol·licitant. Aquest segon dispositiu respon *ACK* si està disponible per realitzar la comunicació.

Aquesta petició de comunicació es fa automàticament quan l'usuari final decideix i selecciona amb quin dispositiu vol utilitzar. Per exemple, si un usuari vol connectar el televisor amb el DVD, en quan aquest escollí del menú del televisor que es vol comunicar amb el DVD, el televisor li transmetrà el *request* de comunicació amb una descripció del televisor al segon, i d'aquesta manera es començaran els tràmits per a poder-se comunicar.

Un cop això, el Client sol·licitant transmet una descripció de la comunicació que es vol realitzar al HNM Server. En aquesta descripció s'indica quin tipus de transmissió es vol realitzar (vídeo, àudio o dades) i quins dos dispositius intervindran en la comunicació.

Si el servidor HNM requereix disposar d'informació de context addicional per fer una decisió, a continuació, el HNM Server sol·licita la informació necessària a cadascun dels aparells per tal de poder decidir per quin canal i amb quina tecnologia serà millor dur a terme la comunicació. La informació requerida pel servidor HNM pot comportar l'execució d'algunes procediments de monitorització i mesura en els aparells.

Els dos dispositius, abans d'iniciar cap acció, responen un *ACK* per confirmar al Server que s'ha rebut correctament la informació. En cas que el Server no rebés resposta d'algun dels aparells tornaria a transmetre la informació.

b. Càlcul dels paràmetres requerits

Alguns dels paràmetres que haurien de calcular els Clients poden ser l'estat del canal en les diferents freqüències pels dos dispositius, i el nivell d'interferència i atenuació que hi ha en la transmissió entre els dos aparells.

Per calcular l'estat del canal, els dispositius podrien disposar de sensors amb capacitat per escoltar el canal en les diferents freqüències i, d'aquesta manera, fer una aproximació de l'estat en que es troba cadascuna de les bandes.

Per altra banda, també es poden suportar mecanismes de mesura per calcular l'atenuació entre els aparells. En aquest cas, inicialment, el HNM Client 1 transmetria una petició de senyal al HNM Client 2. Aquest, al rebre la petició li transmet un senyal en cadascuna de les bandes freqüencials que el Server havia sol·licitat comprovar. És a dir, segons les tecnologies que puguin utilitzar els Clients, el Server els hi podria demanar que es comprovin les bandes que podran utilitzar. Per exemple, si els dos aparells només poden utilitzar les bandes de 2,4 i 5 GHz, el Server els pot sol·licitar que comprovin les dues bandes. En canvi, si els aparells poden utilitzar també WirelessHD, el Server els pot fer comprovar a més de 2,4 i 5 GHz, la banda de 60 GHz.

Així doncs, el HNM Client 1 rep un nivell de senyal en cadascuna de les bandes segons les interferències i atenuacions que pateixin. Així, com que el Client 1 coneix la potència transmesa i detecta una certa potència rebuda, pot calcular fàcilment quina és l'atenuació i la interferència que afecten cada banda freqüencial.

Per donar més robustesa a la solució, a continuació és torna a realitzar l'operació però de manera inversa, és a dir, ara és el HNM Client 1 qui emet els senyals i el Client 2 el que calcula el nivell d'interferència i atenuació en les freqüències. En la següent figura podem veure els passos explicats sobre aquest procediment.

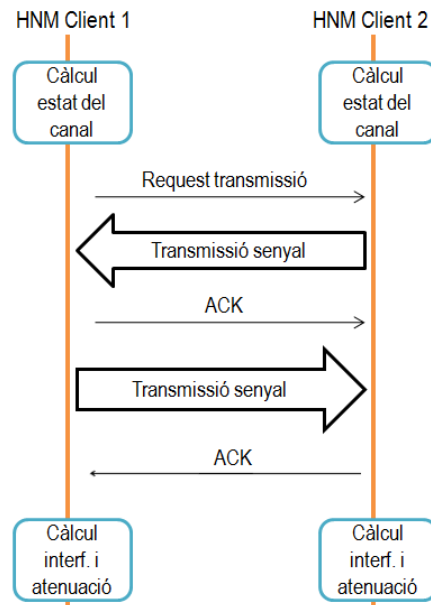


Figura 5.12. Càlcul dels paràmetres requerits

c. Informar HNM Server

Quan els dos dispositius ja haguessin calculat tots aquells paràmetres que el HNM Server li hauria demanat, tots dos li transmetrien un paquet amb aquests resultats (veure la Figura 5.13). Un cop més el llenguatge amb el que s'enviaria la descripció seria XML, i utilitzaria protocol HTTP (TCP) ja que la transmissió es realitzaria en *unicast*.

El Server ha de confirmar als Clients si la transmissió s'ha fet correctament i, per tant, si ha rebut tota la informació satisfactòriament. En cas que el Client no rebi cap resposta després d'un temps d'espera, o que rebi un *NACK*, aquest tornarà a transmetre el paquet al Server.

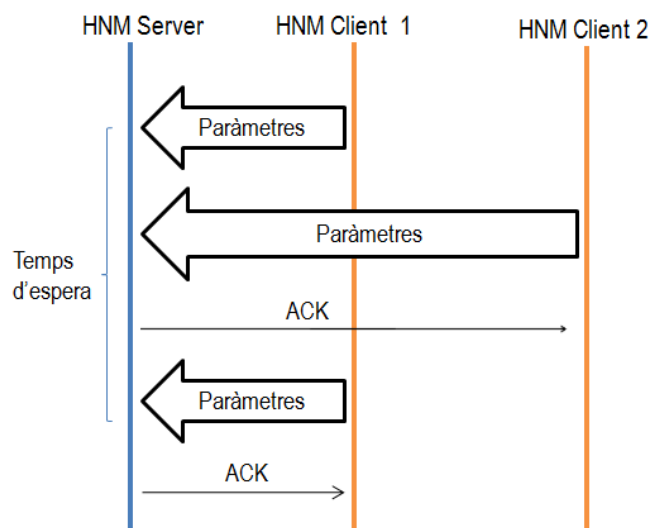


Figura 5.13. Informar dels paràmetres al servidor

Un cop el Server té aquesta informació ja pot prendre una decisió.

d. Selecció de tecnologia, freqüència i canal

Per prendre una decisió sobre quina tecnologia, freqüència i canal és millor seleccionar, té en compte els següents paràmetres:

- ✓ Tecnologies que poden utilitzar els dos aparells.
- ✓ Freqüències i canals en els que poden treballar els dos aparells.
- ✓ Interferència i atenuació en les diferents bandes freqüencials entre els dos dispositius.
- ✓ Estat del canal en l'entorn de cadascun dels Clients.
- ✓ Estat del canal global de tota la xarxa de control.
- ✓ Tipus de transmissió i QoS requerida per la comunicació.

Amb tots aquests paràmetres el HNM Server pren una decisió i la comunica al HNM Client sol·licitant de la comunicació. Aquest testeja que aquesta configuració sigui correcte, i s'encarrega de comunicar-li aquesta informació al Client amb el que es vol comunicar, què respon amb un *ACK* si li va bé aquesta configuració o amb un *NACK* si té problemes amb la configuració (veure la Figura 5.14).

Si ha transmès un *ACK*, el Client sol·licitant respon al Server confirmant que la configuració és correcta i que es preparen per iniciar la comunicació. En canvi, si ha transmès un *NACK*, el Client sol·licitant respon al Server demanant una nova configuració. Aquest farà una nova elecció i es tornarà a repetir el mateix procés.

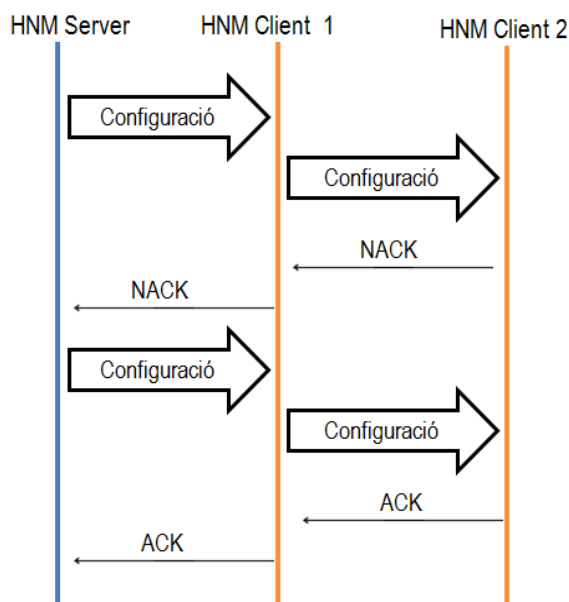


Figura 5.14. Informar sobre la configuració

En aquesta figura queda representat el procediment anteriorment explicat. Cal destacar que el HNM Client 1, abans d'enviar-li la Configuració al Client 2, també analitza si li va bé la configuració donada. En cas que no fos

correcte, en comptes d'enviar la Configuració al Client 2 el que faria seria transmetre un *NACK* al Server perquè aquest la modifiqui.

e. Comunicació

Arribats a aquest punt els dos aparells inicien ja les seves aplicacions i serveis. Si es produís qualsevol error al llarg de la comunicació, s'informaria al Server dels problemes i aquest actuaria en conseqüència. Així doncs, si en qualsevol moment cal fer un canvi en la configuració, es pot establir comunicació amb el HNM Server per a que aquest canvi la configuració.

f. Alliberació de recursos

En primer lloc, el HNM que finalitza la comunicació transmet un *request* d'alliberació. El Client que el rep li respon amb un mateix *request* per confirmar que s'ha finalitzat la comunicació entre ells. De forma que, si més endavant volen tornar a establir comunicació, s'han de seguir tots els passos explicats en aquest apartat (veure la Figura 5.15).

Un cop això, el HNM Client sol·licitant es comunica amb el Server informant-li que aquests dos dispositius han finalitzat les seves aplicacions i que alliberen els recursos que els havien assignat.

D'aquesta manera, el HNM Server actualitza la seva Base de dades interna amb els nous recursos que tornen a estar disponibles per al seu futur ús.

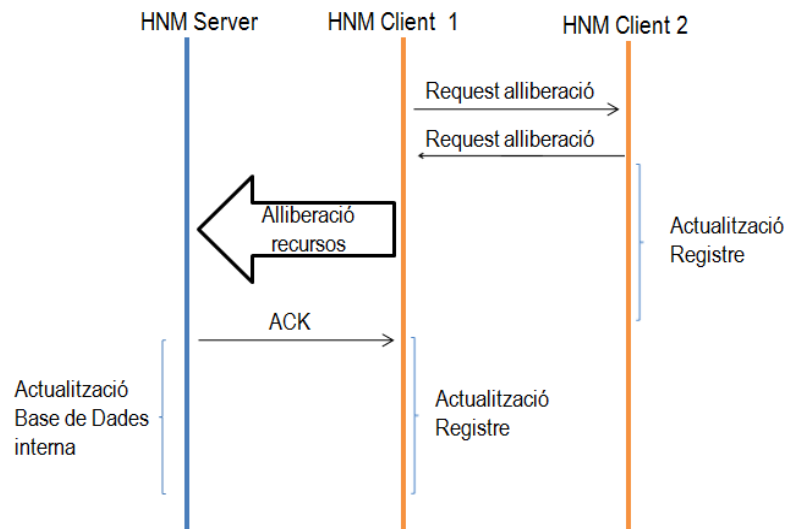


Figura 5.15. Alliberació de recursos

Arribats aquest punt, es torna a estar en la fase inicial en què els dos dispositius estan connectats a la xarxa de control i estan pendents d'iniciar un servei en qualsevol moment. En el moment que aquest s'iniciï s'hauran de tornar a seguir els passos explicats en aquest apartat, mentrestant segueixen comunicant-se periòdicament amb el Server per actualitzar la configuració referent a la xarxa de control.

5.6.3.4 Implementació amb un nou HNM Server

Com s'ha explicat en l'apartat 5.5.4, quan s'introdueix un nou HNM Server s'ha de dur a terme dos procediments bàsics: el descobriment dels Clients i la descripció d'aquests (veure la Figura 5.6).

És important tenir en compte que, quan s'introdueix un nou HNM Server també s'introdueix un nou DHCP Server, ja que aquesta funcionalitat també es troba integrada en la femtocel·la. Per tant, serà necessari que es porti a terme una reassignació de les direccions IP dels dispositius, tal i com està explicada en l'apartat 5.6.3.1 (b. Assignació de direcció IP).

a. Descobriment altres Clients

De forma similar a quan s'introdueix un nou Client, quan s'introdueix un nou HNM Server ha de buscar els dispositius que li interessin, i això ho fa mitjançant la transmissió d'un missatge *multicast* a una direcció i port específics, per exemple, la tecnologia UPnP ha establert l'adreça IP i el port 239.255.255.250:1900. Tots els dispositius de la xarxa de control han d'escoltar aquesta direcció i aquest port, i respondre si aquests aparells corresponen a la recerca que s'està realitzant.

Cal destacar que el llenguatge utilitzat per aquesta comunicació és el XML i que, al tractar-se de missatges *multicast*, utilitza un protocol HTTP (UDP).

b. Descripció dels HNM Clients

Aquesta descripció es realitza de forma molt similar a la estudiada en l'apartat 5.5.1. Inicialment els HNM Clients esperen un temps aleatori, anomenat temps de *Backoff*, abans d'enviar-li al Server un *request* de descripció. Quan el Server està disponible li respon amb un *ACK*, en canvi, si el Server no està disponible el Client espera un altre temps de *Backoff* superior a l'anterior abans de tornar a transmetre un *request*.

Quan el Client ja ha rebut el *ACK* del Server s'inicia la transmissió de la descripció. Com s'ha vist, la descripció està formada per dues parts. Una primera descripció del dispositiu i una descripció dels serveis (veure la Figura 5.16). Així doncs, el Client comença transmetent la descripció de l'aparell. A continuació, el Server li sol·licita la descripció dels serveis, i aquest li envia. Si el Server no rebés aquesta descripció al cap d'un cert temps d'espera, o la descripció no contingués tots els camps que el servidor espera, aquest enviaria un senyal *NACK* al Client per tal que aquest segon torni a transmetre la seva descripció.

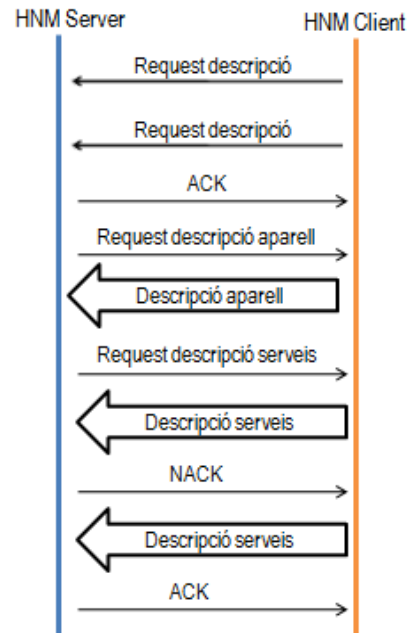


Figura 5.16. Descripció HNM Client

En aquest cas, el protocol que s'utilitza per transmetre els objectes XML són HTTP (TCP), ja que es tracta d'una comunicació *unicast*.

Arribats a aquest punt, els dispositius ja estan introduïts a la nova xarxa de control i ja estan controlats pel nou HNM Server i, per tant, ja estan a punt per ser utilitzats quan sigui necessari. Tanmateix, cal recordar que abans d'iniciar la comunicació s'haurà de realitzar el descobriment dels HNM Clients, anteriorment explicat en els apartats 5.5.2 i, amb més detall, en el 5.6.3.2.

6. Conclusions

Abans d'iniciar aquest projecte, ens marcàvem com a objectiu l'estudi de la utilització i gestió que es fa de l'espectre freqüencial en escenaris de *Home Networking* i, en cas de concloure una congestió d'aquest espectre, proposar una solució el més eficient possible.

Doncs bé, en la part inicial del projecte s'ha pogut arribar a la clara conclusió que s'està fent un mal ús de l'espectre freqüencial. S'ha observat mitjançant tres casos pràctics que amb les tecnologies que disposem actualment no es pot donar a l'abast a tots els serveis i necessitats del futur més pròxim.

Per altra banda, s'ha estudiat amb detall com funcionen totes aquelles tecnologies que hi ha disponibles i, addicionalment, totes aquelles tecnologies que s'estan desenvolupant actualment i que podran ser utilitzades en el futur.

Un cop totes aquestes tecnologies ja han estat perfectament definides, s'ha tornat a comprovar els tres casos pràctics anteriors per tal de comprovar si, amb l'ajut de les tecnologies avui en desenvolupament, es podria donar servei a totes aquelles aplicacions que s'espera que es donin en escenaris de *Home Networking*. La conclusió d'aquests tres casos pràctics ha estat que sí que es podrien tenir recursos suficients per a tots els serveis i aplicacions, però que seria necessari algun dispositiu que sigui capaç de gestionar l'ús que es fa d'aquests recursos.

Així doncs, un cop arribats a aquesta conclusió, s'ha plantejat una solució que gestioni l'espectre freqüencial de forma més eficient. D'aquesta manera, mitjançant la solució HNM es podria donar servei a totes les aplicacions i necessitats dels usuaris sense crear interferències mútues amb altres aplicacions ni una degradació en el rendiment. Això és possible gràcies a la gestió que es faria de les diferents bandes freqüencials i tecnologies que en elles treballen, i de la gestió de la utilització dels diferents canals de freqüència.

En aquest projecte s'ha plantejat la solució a aquesta problemàtica, definint l'ordre dels protocols de comunicació que s'hauria d'establir entre els diferents dispositius de la casa així com descrivint com s'hauria de crear una xarxa de control entre els diferents aparells. Un cop descrits aquests ordres de protocols i com s'haurien de crear, caldria començar a realitzar els codis en XML per cadascun dels dispositius.

Inicialment, valdria la pena començar escrivint els codis XML pel que fa a la comunicació entre el HNM Server i el HNM Client, tant el procediment de descobriment com el de descripció del dispositiu. Un cop realitzats aquests codis, ja es podria començar a implementar els altres codis que fan referència a la comunicació entre HNM Clients.

Per altra banda, en un futur caldria fer una revisió de les tecnologies de les que es podrà disposar ja que hi ha tecnologies en continu desenvolupament i, per tant, valdrà la pena estudiar sempre totes aquelles tecnologies

amb les que es pot treballar per tal de millorar el rendiment i les capacitats en les comunicacions entre dispositius.

A. Annex

A.1 Solucions tecnològiques

Les tecnologies enfocades a escenaris familiars i de jocs han esdevingut una força molt potent en el mercat, ja que els consumidors busquen tenir més serveis i amb velocitats superiors. A més, els usuaris volen que aquestes tecnologies utilitzin majoritàriament el medi sense fils.

Actualment, les bandes ICM de 2,4 GHz i 5 GHz són les més utilitzades ja que gairebé totes les tecnologies *wireless* de les que gaudim hi treballen. És per aquest fet que, malgrat la bona cobertura i bones capacitats que ofereixen, s'està començant a congestionar de forma molt important aquesta banda amb la corresponent aparició d'interferències mútues que això comporta. A més, la possibilitat de treballar en altres bandes de freqüències pot oferir assolir radis de cobertura majors o capacitats més elevades segons on treballem [32]. Per exemple, noves tecnologies comencen a utilitzar la banda de 60 GHz pels nombrosos avantatges que ofereix. En aquesta freqüència es poden assolir velocitats de transmissió molt elevades i, a la vegada, ofereixen transmissions molt segures pel baix radi de cobertura que tenen.

Una altra possibilitat que es comença a utilitzar és la de treballar en les bandes deixades per la televisió. Tanmateix, com que la disponibilitat d'espais deixats per la televisió varia molt segons la localització, és essencial utilitzar tecnologies de *cognitive radio*. Així doncs, en aquest apartat estudiarem detalladament totes les característiques i capacitats que ens ofereixen les tecnologies de transmissió via radio que disposem actualment així com les que s'estan desenvolupant i que, per tant, en un futur proper ja estaran en el mercat.

A.1.1 Wi-Fi

Wi-Fi és un protocol de comunicacions estàndard que defineix una connexió via radio (WLAN) en entorns empresarials i privats. Aquesta tecnologia s'ha desplegat molt ràpidament degut a la gran millora en termes de velocitat de transmissió i de qualitat, i a la gran demanda que ha generat. El fet que les antenes Wi-Fi s'instal·lin sense necessitat d'obra civil també ha contribuït molt positivament al seu ràpid desplegament.

Inicialment Wi-Fi utilitzava xarxes *Ad-Hoc*²², és a dir, no utilitzava punts d'accés. Això provocava que les velocitats de transmissió fossin molt baixes i que amb nivells de tràfic moderat es generessin moltes interferències que arribaven a fer caure la xarxa.

Actualment, en canvi, s'utilitzen tècniques de *Mesh Networking*²³ en les quals cada estació és un potencial repetidor que retransmet la informació a les estacions veïnes. Aquest fet ha contribuït a eliminar gran part de les interferències. Pel que fa al marc legal de les Wi-Fi en Espanya cal destacar:

- Llei General de Telecomunicacions 32/2003.
- Resolucions de la CMT²⁴ (Comissió del Mercat de les Telecomunicacions).

- El *CNAF*²⁵ (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias) [5] i el seu marc legislatiu, el Reial Decret 1066/2001.
- L'Ordre Ministerial CTE/23/2002 sobre emissions radioelèctriques, així com els *Reials Decrets* 1/1998 i 401/2003.
- L'Ordre Ministerial CTE/1296/2003 sobre Infraestructures Comuns de Telecomunicació.
- Normes d'Utilització Nacional com per exemple *UN-85* i la *UN-128*.

L'estàndard principal que utilitza Wi-Fi és el IEEE 802.11. Ara bé, *IEEE* ha estat treballant en aquest estàndard i ha generat una extensa família d'estàndards IEEE 802.11:

Grup	Contingut
IEEE 802.11a	Banda 5 GHz. Transmissió fins a 54 Mbps. Amèrica.
IEEE 802.11b	Banda 2,4 GHz. Transmissió de fins a 11 Mbps.
IEEE 802.11d	Funcionament en nivells variables de potència.
IEEE 802.11e	Millores en la qualitat de servei
IEEE 802.11f	Protocol per la comunicació entre Punts d'Accés: Itinerància.
IEEE 802.11g	Banda 2,4 GHz. Transmissió de fins a 54 Mbps.
IEEE 802.11h	Banda 5 GHz. Transmissió fins a 54 Mbps. Europa
IEEE 802.11i	Seguretat: Correcció d'errors del protocol WEP.
IEEE 802.11j	Banda de 4,9 i 5 GHz a Japó.
IEEE 802.11k	Millores en la medició de recursos radio.
IEEE 802.11m	Revisió e interpretació dels estàndards.
IEEE 802.11n	Alt rendiment.
IEEE 802.11p	Accés sense fils per vehicles en moviment.
IEEE 802.11r	Roaming radio.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

IEEE 802.11s	Extended Service Set.
IEEE 802.11t	Recomanacions per avaluació del rendiment.
IEEE 802.11u	Interoperabilitat amb xarxes externes
IEEE 802.11v	Gestió de xarxes <i>wireless</i> .

Taula A.1.1. Estàndards IEEE

Tanmateix, els estàndards més importants i que, en conseqüència, aprofundirem més són IEEE 802.11a/b/g/h i n.

IEEE 802.11a

Aquest estàndard és anomenat Wi-Fi 5 ja que la seva freqüència de funcionament és la dels 5 GHz. És per aquest motiu que els dispositius 802.11a no són compatibles amb els 802.11 b/g ja que treballen en freqüències diferents. Tanmateix, existeixen dispositius que incorporen ambdós xips, el de 802.11a i el de 802.11 b/g , aquests dispositius s'anomenen de banda dual. El fet d'utilitzar la freqüència de 5 GHz té l'avantatge de que tindrà menys interferències ja que la gran majoria de dispositius es troben en la banda de 2,4 GHz. Per altra banda, el fet d'utilitzar freqüències més altes té la contrapartida que l'atenuació produïda per les parets serà més significativa.

Aquest estàndard es basa en la tecnologia OFDM²⁶ amb 64 subportadores, de les qual s'utilitzen 52 tons modulats i codificats. D'aquests 52 tons 48 són dedicats a dades mentre que els altres 4 són pilots. És important destacar que la separació entre tons és de 312,5 kHz i que admet una gran varietat de modulacions, des de BPSK²⁷ fins al 64 QAM²⁸.

802.11a disposa de 12 radiocanals diferents, però només disposa de 8 canals no solapats per a interiors ja que els altres 4 canals són dedicats per a exteriors. A més, l'ampla de banda de cada canal és de 20 MHz. En la següent taula (Taula A.1.2) podem observar els diferents canals amb les seves respectives freqüències centrals segons el país.

Canal	Freq. Central (MHz)	País				
		Amèrica	Japó	Singapur	Taiwan	Europa
34	5170	-	X	-	-	-
36	5180	X	-	X	-	X
38	5190	-	X	-	-	-
40	5200	X	-	X	-	X
42	5210	-	X	-	-	-
44	5220	X	-	X	-	X
46	5230	-	X	-	-	-
48	5240	X	-	X	-	X
52	5260	X	-	-	X	X
56	5280	X	-	-	X	X
60	5300	X	-	-	X	X
64	5320	X	-	-	X	X
100	5500	-	-	-	-	X
104	5520	-	-	-	-	X
108	5540	-	-	-	-	X
112	5560	-	-	-	-	X
116	5580	-	-	-	-	X
120	5600	-	-	-	-	X

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment
l'espectre en escenaris de Home Networking

124	5620	-	-	-	-	X
128	5640	-	-	-	-	X
132	5660	-	-	-	-	X
136	5680	-	-	-	-	X
140	5700	-	-	-	-	X

Taula A.1.2. Canalització IEEE 802.11a

En la següent imatge (Figura A.1.1) podem veure representat aquests canals amb les seves corresponents bandes espectrals.

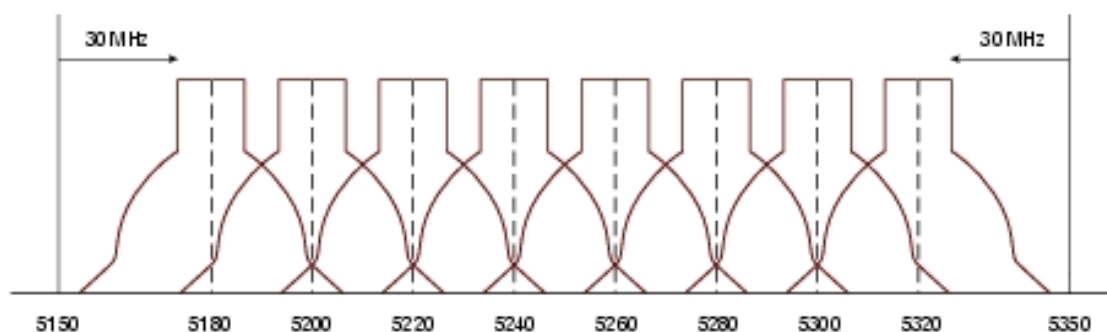


Figura A.1.1. Canalització IEEE 802.11a [33]

Aquest estàndard té una capacitat màxima de 54 Mbps, però el *throughput* mig és d'un 36 Mbps. De totes maneres, aquesta velocitat de transmissió dependrà també del tipus de modulació emprada així com de la distància a la que es trobi el dispositiu. Amb la taula A.1.3 ens podem fer una idea de la variació d'aquestes velocitats en funció de la distància.

Velocitat (Mbps)	Distància (metres)
54	10
48	17
36	25
24	30

12	50
6	70

Taula A.1.3. Relació Velocitat - Distància *IEEE 802.11a* [14]

IEEE 802.11b

Aquest estàndard, que va ser el primer de WLAN, treballa en la banda de 2,4 GHz i té una capacitat màxima de 11 Mbps. El fet de treballar en la banda de 2,4 GHz generarà interferències recíproques amb altres tecnologies com els *cordless phones* o el *Bluetooth* i es poden arribar a produir pèrdues de paquets en ambdós serveis. Per altra banda, aquesta tecnologia penetrarà bé les parets i ens permetrà una major cobertura.

Una altra característica important d'aquest estàndard és el conegut com *Dynamic Rate Shifting* o *Adaptadors de Xarxes Sense Fils*, que consisteix en que a més d'arribar als 11 Mbps també són possibles altres velocitats de transmissió com 1, 2 o 5,5 Mbps.

IEEE 802.11b fixa 13 radiocanals cadascun d'amplada 22 MHz i amb una separació de 5MHz entre ells, tot i que només es poden utilitzar 3 canals sense solapament. El fet d'utilitzar diferents canals no solapats ens permetrà construir varies xarxes *wireless* independents entre elles en una mateixa zona. En la següent figura podem veure els diferents canals i totes les possibilitats que ofereixen:

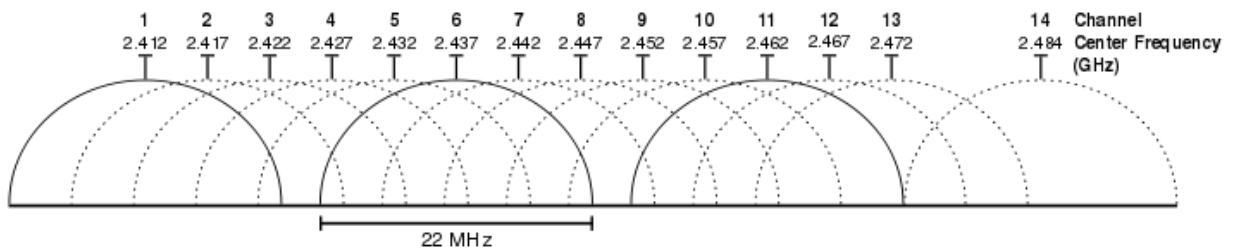


Figura A.1.2. Canalització *IEEE 802.11b* [34]

En la taula següent (Taula A.1.4) podem veure els diferents canals segons el país.

Canal	Freq. Central (MHz)	País			
		Amèrica/Xina	EMEA	Japó	Israel
1	2412	X	X	X	-
2	2417	X	X	X	-

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

3	2422	X	X	X	X
4	2427	X	X	X	X
5	2432	X	X	X	X
6	2437	X	X	X	X
7	2442	X	X	X	X
8	2447	X	X	X	X
9	2452	X	X	X	X
10	2457	X	X	X	-
11	2462	-	X	X	-
12	2467	-	X	X	-
13	2472	-	X	X	-
14	2484	-	-	X	-

On EMEA es refereix a Europa, Orient mitjà i Àfrica.

Taula A.1.4. Canalització IEEE 802.11b

Finalment, val la pena destacar que utilitza Direct Sequence SpreadSpectrum²⁹ (DSSS) com a interfície aire i una modulació Complementary Code Keying³⁰ (CCK). Com hem comentat anteriorment, aquesta tecnologia està molt exposada a interferències i per aquest motiu utilitza un mecanisme d'accés CSMA/CA³¹.

IEEE 802.11g

L'estàndard 802.11g ofereix un ampla de banda elevat, amb una capacitat que pot arribar fins als 54 Mbps, i en el rang de freqüència de 2,4 GHz. Aquest estàndard és compatible amb l'estàndard anterior, el 802.11b, i això significa que els dispositius que admeten l'estàndard 802.11g també poden funcionar amb el 802.11b. De fet, aquest estàndard i l'anterior utilitzen la mateixa banda d'operació així com la mateixa canalització freqüencial.

Una característica molt important a tenir en compte és que, a diferència del 802.11b, l'estàndard 802.11g pot operar amb tecnologies DSSS o OFDM indistintament. En conseqüència, quan opera amb OFDM li permet arribar a capacitats de 54 Mbps, i quan opera amb DSSS li permet relacionar-se amb IEEE 802.11b.

IEEE 802.11h

Aquest estàndard és una evolució del IEEE 802.11a que permet una assignació dinàmica de canals i un control automàtic de potència per tal de minimitzar els efectes interferents. IEEE 802.11h treballa en la banda de 5 GHz, i ens donarà capacitats de fins a 54 Mbps segons la modulació utilitzada, com podem veure en la Taula A.1.5.

Velocitat en Mbps	Tipus de transmissió	Modulació
54	OFDM	64QAM
48	OFDM	64 QAM
36	OFDM	16 QAM
24	OFDM	16 QAM
18	OFDM	QPSK
12	OFDM	QPSK
11	DSSS	CCK
9	OFDM	BPSK
6	OFDM	BPSK
5,5	DSSS	CCK
2	DSSS	QPSK
1	DSSS	BPSK

Taula A.1.5. Relació Velocitat – Modulació *IEEE 802.11h*

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

IEEE 802.11n

Aquest últim estàndard és el més complex ja que dona una gran flexibilitat al sistema de transmissió i a la xarxa. Per una banda, aquest estàndard utilitza la tecnologia OFDM i a la vegada pot utilitzar tecnologies MIMO. Aquest fet permetrà utilitzar varius canals per enviar i rebre dades gràcies a la incorporació de diverses antenes. La conseqüència directa de tot això és que la velocitat màxima que podria assolir és de 600 Mbps en la capa física [16].

A diferència de les altres versions de Wi-Fi, 802.11n pot treballar en dues bandes de freqüència: 2,4 GHz (la que utilitzen 802.11b i 802.11g) i 5 GHz (la que utilitzen 802.11a i 802.11h). Per aquest motiu és compatible amb dispositius basats en totes les edicions anteriors de Wi-Fi. A més, és útil que treballi en la banda de 5 GHz ja que actualment està molt menys congestionada i permetrà obtenir un rendiment més alt.

Un altre tret important és que l'amplada de banda dels canals que utilitza poden ser tant de 20 MHz com de 40 MHz, la qual cosa ens permetrà doblar la velocitat de la capa física que tenim amb un sol canal de 20 MHz.

Es pot veure, doncs, que la Wi-Fi gaudeix d'un gran ventall d'estàndards que la fan molt flexible i adaptable a diferents situacions. En la següent taula trobarem un resum de les característiques més rellevants dels principals estàndards Wi-Fi.

Tecnologia Wi-Fi	Banda de freq. (GHz)	Capacitat (Mbps)	Nombre de canals no solapats
IEEE 802.11a	5	54	8
IEEE 802.11b	2,4	11	3
IEEE 802.11g	2,4	54	3
IEEE 802.11h	5	54	8
IEEE 802.11n	2,4 o 5	600	

Taula 3.6. Resum comparatiu IEEE 802.11

A.1.2 WiGig Alliance

Algunes de les empreses tecnològiques més importants com poden ser Broadcom Corporation, Dell, Intel, LG, Microsoft, etc. formen una organització anomenada Wireless Gigabit (WiGig) Alliance, i que té l'objectiu d'establir una especificació unificada per la tecnologia sense fils utilitzant la banda dels 60 GHz.

Les especificacions WiGig volen fer possible que aplicacions de dades, vídeo i àudio tinguin capacitats molt més elevades que utilitzant les tecnologies actuals. Un dels punts forts d'aquesta tecnologia és que els dispositius WiGig són tri-banda, és a dir, poden operar a les bandes de 2.4, 5 i 60 GHz, i això permet que les velocitats de transmissió de les dades sigui de fins a 7 Gbps en distàncies d'uns 10 metres; o el que és el mateix, un augment de x10 vegades la capacitat de IEEE 802.11n [35].

Aquesta tecnologia podria ser utilitzada per diverses aplicacions, des de la transferència de dades fins a l'entreteniment, eliminant molts dels cables que s'utilitzen actualment per connectar els diferents dispositius de la casa.

La banda dels 60 GHz està molt poc utilitzada actualment, i per tant, aquestes tecnologies no hauran de fer front a masses interferències que li causin pèrdues en el seu rendiment. Per altra banda, en aquesta banda freqüencial les pèrdues per travessar una paret són molt grans, i en conseqüència, les zones de cobertura hauran de ser petites.

Una de les seves característiques és un control de potència avançat el qual permet que aquesta tecnologia la utilitzin dispositius de tota mena, des d'aquells que consumeixen menys potència com, per exemple, un mòbil, fins a un ordinador.

Com ja hem comentat anteriorment, la banda de 60 GHz està molt menys utilitzada que les de 2,4 i 5 GHz, i per aquest motiu els canals utilitzats en WiGig tenen un ampla de banda més gran. Així és que WiGig utilitza 4 canals no solapats de 2,16 GHz d'ampla de banda cadascun. Això propicia que els canals WiGig siguin capaços de suportar aplicacions que requereixen d'unes comunicacions molt ràpides com, per exemple, la transmissió de vídeo sense comprimir. En la següent imatge podem veure els quatre canals que hi ha en el WiGig i com estan situats en la banda segons el país.

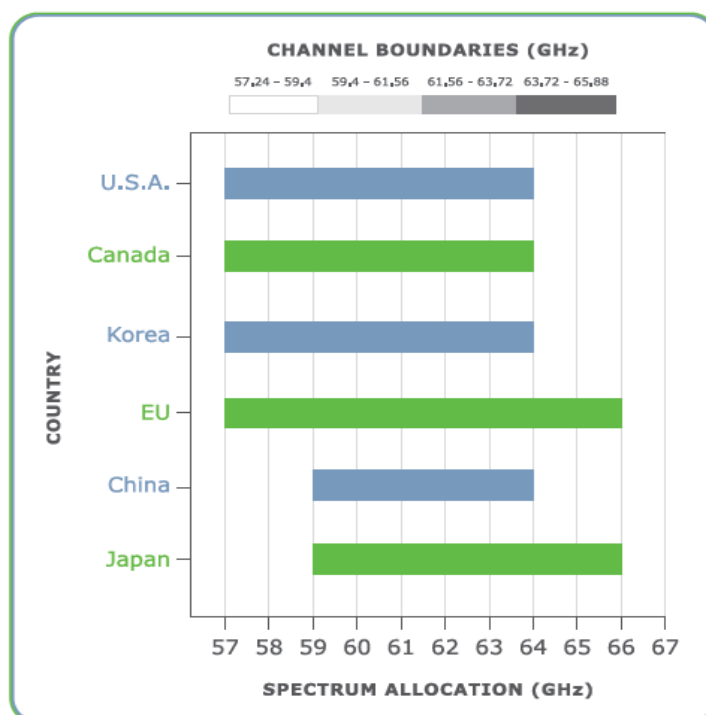


Figura A.1.3. Utilització de l'espectre freqüencial de WiGig

Aquesta tecnologia utilitza tècniques OFDM per tal de poder assolir les velocitats de 7 Gbps. Mentre que per dispositius que consumeixen poca potència s'utilitzen tècniques de SC (Single Carrier) per tal d'assolir velocitats de transmissió pròximes als 4,6 Gbps. A més, s'utilitzen tècniques per fer més estret el lòbul principal i, d'aquesta manera, reduir la interferència amb dispositius veïns [17].

A.1.3 UWB

Ultra-WideBand es presumeix com una de les tecnologies punteres per tal d'oblidar els cables per fer les connexions, permetent la transmissió de vídeo, àudio i altres dades de banda ampla amb una connexió sense cables i de gran capacitat. Avui en dia estan treballant en aquest estàndard un grup europeu, *ETSI EM TG31*, i un de nord-americà, *IEEE*, de forma que l'estàndard per la UWB és el IEEE 802.15.3a.

Aquesta tecnologia connecta diferents dispositius a una distància de fins a uns 10 metres combinant un espectre freqüencial ampla amb una potència de transmissió baixa. Fet que permet assolir velocitats de transmissió majors generant una interferència menor.

La banda freqüencial en la que treballa UWB va des dels 3,1 GHz fins als 10,6 GHz. Aquesta amplitud del rang de freqüències permet transportar de forma simultània àudio, vídeo i dades. Tot i que treballa en bandes ja utilitzades per altres tecnologies, UWB ha de distribuir l'energia sobre tot aquest ampla de banda, de forma que la densitat espectral d'energia serà molt més petita, i en conseqüència, no produirà interferència a la resta de senyals.

Concretament, la FCC³² (*Federal Communications Commission*) defineix que el límit de densitat espectral de potència emès pels sistemes UWB ha de ser menor a $-41,3$ dBm/MHz. Tanmateix, el límit emès pels dispositius en altres segments de l'espectre pot ser inferior de -75 dBm/MHz [24]. La figura A.1.4 representa la comparativa entre amplituds de banda i nivell de potència utilitzats en diferents tecnologies com són UWB o WLAN.

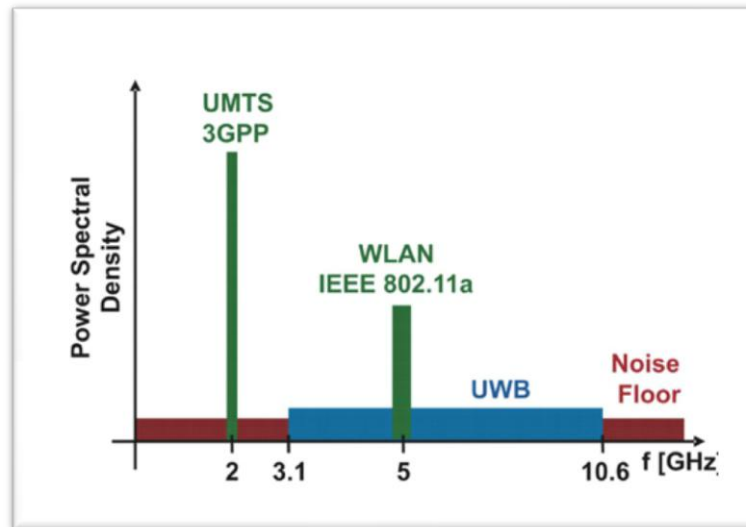


Figura A.1.4. Relació entre amplituds de banda i nivell de potència [36]

Tècnicament, els 7 GHz de banda es divideixen en canals de 500 MHz, l'ús combinat dels quals junt a l'ús de tecnologies OFDM permet assolir velocitats de transmissió molt més elevades. D'aquesta manera, amb l'ús d'aquesta tecnologia es pot arribar a assolir una capacitat màxima de fins a 480 Mbps [37]. En la següent figura podem veure com es distribueixen els canals en l'espectre freqüencial.

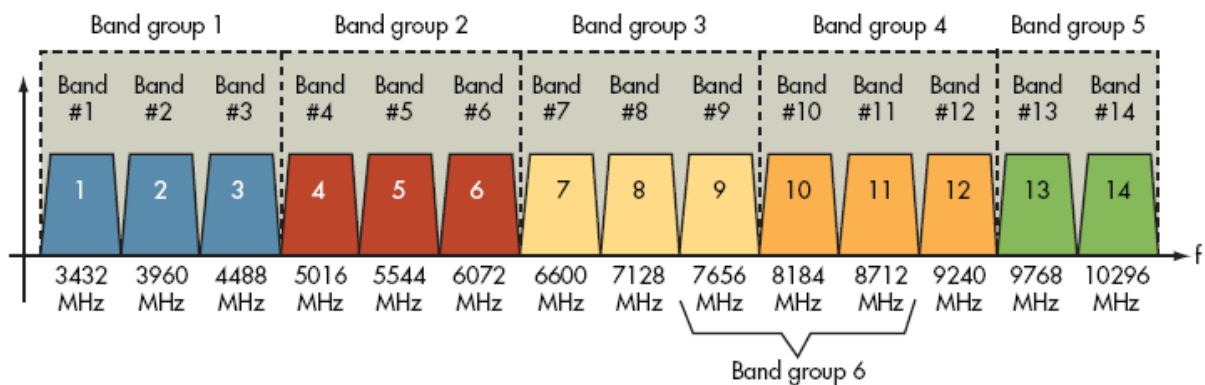


Figura A.1.5. Canalització UWB

Un dels punts més dèbils del UWB és la distància a la que arriba, ja que si volem augmentar molt aquesta distància s'haurà de reduir la velocitat de transmissió. A més, aquesta distància es veurà molt afectada en el cas de presència d'obstacles.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

Per altra banda, la gran varietat d'aplicacions existents pel 802.15.3a fan d'aquest estàndard una opció amb molt de futur. Les principals aplicacions que podria tenir aquesta tecnologia són:

- ✓ Substituir els ports FireWire³³ i USB per connexions *wireless* que utilitzin UWB com a capa de transport.
- ✓ Fluxos de vídeo com per exemple passar les imatges gravades en una càmera a un HDTV.
- ✓ Fluxos d'àudio des de un reproductor de MP3 portàtil fins a un sistema d'alta qualitat.
- ✓ Flux de dades connectant un ordinador a un projector digital.
- ✓ Transferència de fotografies des de un ordinador a un marc digital.
- ✓ Connectar un ordinador amb una impressora o un escàner.
- ✓ Els dispositius UWB poden ser utilitzats per mesurar distàncies amb gran precisió així com capturar imatges d'objectes enterrats. Això, combinat amb el baix nivell de potència emès, facilitaria el seu ús en serveis d'emergència, vigilància, sanitat, seguretat o construcció.
- ✓ Millorar les prestacions dels descodificadors de TV per cable i satèl·lit, afegint la capacitat de proporcionar accés a Internet de banda ampla, i distribuir el senyal de vídeo i àudio descodificats a tots els dispositius de televisió d'una mateixa casa.

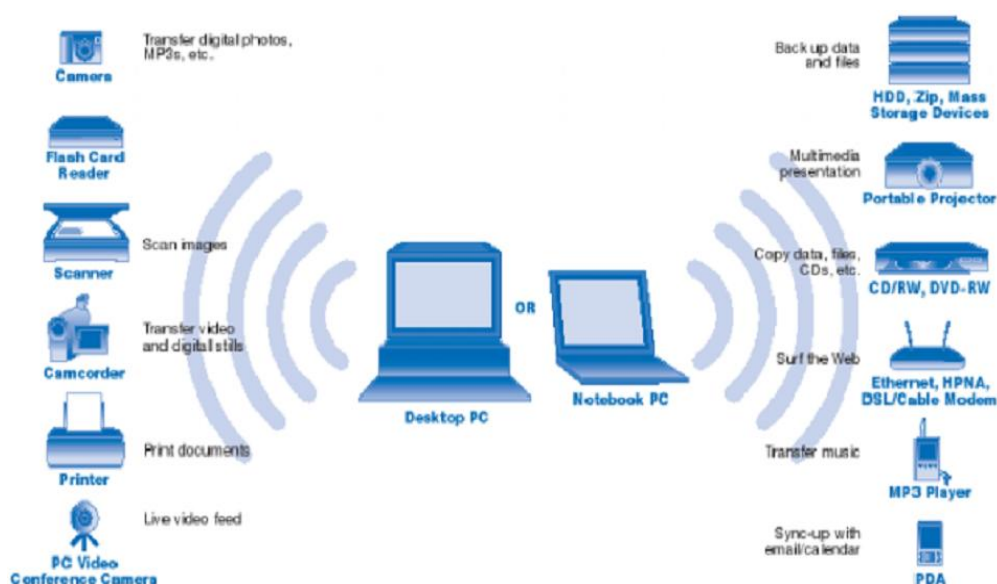


Figura A.1.6. Exemple aplicacions UWB

A.1.4 ZigBee

ZigBee és el nom que rep l'especificació d'un conjunt de protocols d'alt nivell de comunicacions sense fils per la seva utilització amb ràdios digitals de baix consum, basat en l'estàndard IEEE 802.15.4. L'objectiu principal és les aplicacions per xarxes *wireless* que requereixen comunicacions segures i fiables amb taxes de transmissió de dades baixes, i maximització de la vida útil de les bateries dels dispositius que la formen.

Particularment, *ZigBee Alliance* proposa ZigBee com el nou estàndard global per l'automatització de la llar, ja que permet que aplicacions domòtiques desenvolupades per fabricants diferents puguin operar entre si sense cap problema, garantint a l'usuari final fiabilitat, control, seguretat i comoditat.

Les característiques principals que fan d'aquesta tecnologia la ideal per aplicacions domòtiques són el seu baix consum combinat amb la seva topologia de xarxa mallada, fet que permet augmentar la seva zona de cobertura. De fet, ZigBee pot estar formada per fins a 255 nodes, els quals la major part del temps estan "dormits" allargant així el temps de vida del dispositiu. Aquest fet converteix aquest estàndard en ideal per a connexions punt a punt o punt a multipunt.

Un altre fet rellevant és la poca infraestructura necessària, ja que al tractar-se d'una xarxa mallada els nodes es troben molt a prop els uns dels altres. De fet, les zones de cobertura oscil·len entre els 10 i els 75 metres. Aquest últim punt afavoreix encara més al baix consum dels dispositius.

Entre els aspectes més importants es troba l'adequació d'aquest sistema per aplicacions que requereixin aplicacions en temps real, evitant les col·lisions mitjançant mecanismes d'accés per CSMA/CA. També s'inclouen funcions de control del consum d'energia, de qualitat de l'enllaç i de detecció d'energia.

Pel que fa a la freqüència de treball, aquesta tecnologia pot operar en tres possibles bandes de freqüència. En Europa, la banda dels 868-868,8 MHz. En la versió del 2003 es permetia un canal de comunicació en aquesta banda. Posteriorment, en la revisió de l'any 2006, aquest nombre de canals es va ampliar fins a 30. Per aquesta banda podem distingir tres modes segons la modulació que utilitzen. En funció d'aquesta modulació les velocitats de transmissió que es poden assolir són de 20 kbps, 40 kbps o 250 kbps [18].

De la mateixa manera, en la banda de 902-928 MHz de Nord Amèrica en la versió del 2003 es permetien fins a deu canals, i es van estendre fins a trenta canals en la versió posterior del 2006. En aquesta banda hi ha un petit augment en la velocitat de transmissió respecte a la banda anterior ja que per aquesta banda es poden assolir els 40 kbps. Tant per aquesta banda freqüencial com per la banda anterior, la modulació empleada és una BPSK [18].

La banda de 2400-2483,5 MHz és d'ús mundial i es permeten setze canals en les dues versions realitzades. Per aquest cas el senyal es modula en O-QPSK, fet que augmenta la velocitat de transmissió fins als 250 kbps.

Com es pot veure en la següent figura A.1.7, hi ha diferents canals segons la banda de freqüència en la que treballarem. A més, la separació entre canals també variarà segons aquesta banda.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

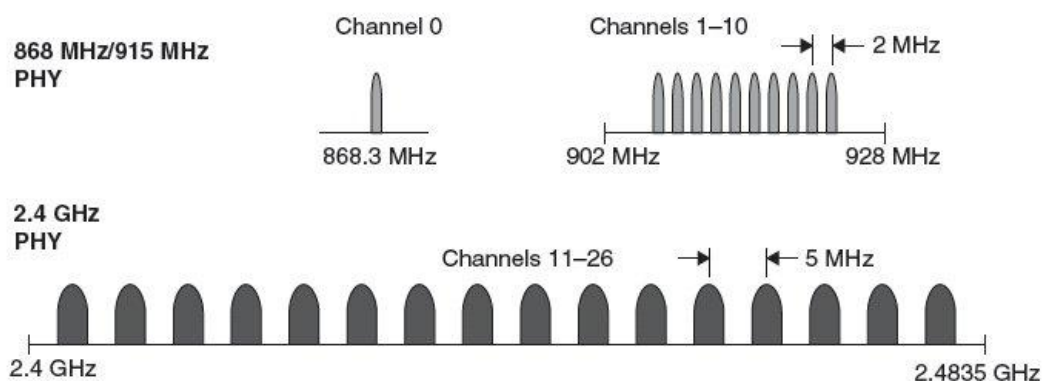


Figura A.1.7. Canalització ZigBee

L'estàndard 802.15.4 especifica una sensibilitat en el receptor de -85 dBm en la banda dels 2,4 GHz. I una sensibilitat de -92 dBm en la banda dels 865 i 915 MHz [38]. Tanmateix, cal tenir en compte que aquestes xarxes són capaces de canviar els canals de forma dinàmica en cas d'interferències.

Com hem vist, els protocols ZigBee estan definits per ser utilitzats per aplicacions amb velocitats de transmissió de dades baixes i baix consum energètic. Per exemple, poden ser de gran utilitat per realitzar control industrial, albergar sensors, recol·lectar dades mèdiques, tasques de detecció de fum o intrusos, etc. Pel que fa a les aplicacions en cases, les aplicacions principals poden ser:

- ✓ Control de temperatura i clima
- ✓ Controls remots per TV, VCR³⁴, DVD, etc.
- ✓ Connectar l'ordinador amb els diferents perifèrics (teclats, ratolí, etc).
- ✓ Aplicacions referents a la seguretat com, per exemple, control dels accessos.
- ✓ Control de les llums
- ✓ Reg de jardins.

En la següent imatge (Figura A.1.8) podem veure un exemple de les nombroses aplicacions que pot tenir aquest estàndard, connectant diferents sensors així com altres tecnologies.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment
l'espectre en escenaris de Home Networking

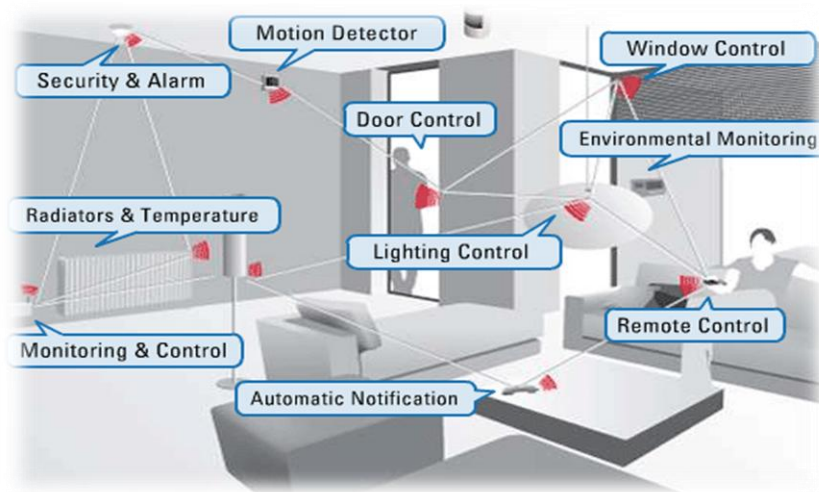


Figura A.1.8. Exemple de les aplicacions de ZigBee [39]

En la següent taula queden reflectides les característiques principals d'aquest estàndard 802.15.4 d'una forma clara i concisa.

Bandes de freqüència	868 MHz
	915 MHz
	2,4 GHz
Taxa de transferència	20, 40 o 250 kbps (868 MHz)
	40 kbps (915 MHz)
	250 kbps (2,4 GHz)
Nombre de canals	1 (868 MHz)
	10 (915 MHz)
	16 (2,4 GHz)
Tipus de dades	Digital
Zona de cobertura	10-100 metres
Nombre de dispositius	De 255 fins a 6500

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

Consum de potència	Molt baix
Arquitectura	Estrella, arbre, punt a punt i malla.

Taula A.1.7. Resum característiques ZigBee

A.1.5 Cordless phones i wireless intercoms

Bàsicament quan parlem de *cordless phones* ens referim a un telèfon *wireless* que es comunica amb l'estació base sense necessitat de cables. L'estació base és la que està subscripta per l'usuari com si es tractés d'un telèfon fix qualsevol. De la mateixa manera, *wireless intercoms* és un dispositiu electrònic que permet comunicació de veu sense cables. A més, hi ha alguns dispositius cordless phones que poden contestar a les trucades mitjançant tecnologies Bluetooth.

En Estats Units i Canadà la *Federal Communications Commission (FCC)* ha assignat diferents bandes freqüencials per l'ús d'aquesta tecnologia. La freqüència que treballa millor per aquestes aplicacions no dependrà tan sols del dispositiu en si, sinó també de l'entorn on es troba. Per exemple, si en una residència s'està utilitzant una Wi-Fi que treballa en el rang del 2,4 GHz, un wireless intercom que operi en la mateixa banda pot generar interferències mútues que degradin el rendiment d'ambdós serveis. Les bandes en les que poden treballar són [40]:

- **1,7 MHz.** El primer model d'aquesta tecnologia treballava en aquesta freqüència i ja ha quedat força obsoleta. La selecció del canal s'ha de fer manualment per l'usuari i la transmissió és AM. A més, són molt vulnerables a interferències.
- **43-50 MHz.** Malgrat ser menys susceptible a interferències, aquesta banda freqüencial també es considera obsoleta degut a la mala qualitat del so i, sobretot, degut a que aquestes freqüències són fàcilment recollides per escàners radio i pels monitors dels bebès. Aquesta tecnologia ja utilitza modulacions FM.
- **870 i 915 MHz.** Ja disposa de més canals que les tecnologies anteriors i té una major resistència a les interferències. Dins d'aquesta tecnologia podem trobar tres models diferents. El més senzill és el model analògic que, com en el cas anterior, és susceptible a l'espionatge. El segon model és el de transmissió digital, és més immune a les interferències, però pateix importants pèrdues de senyal quan sobrepassem la zona de cobertura de l'estació base. Cal destacar la norma *UN-105* de la *CNAF* que contempla les bandes de freqüències de 870-871 MHz i de 915-916 MHz per l'ús de telèfons fixes sense cable. De fet, la part portàtil transmet en la banda de 870-871 MHz mentre que la part fixa ho fa en la banda de 915-916 MHz. Pel que fa a canalització, es disposen de 40 canals de 25 kHz cadascun, essent la freqüència dels canals extrems:

- ❖ Canal 1: 870,0125 i 915,0125 MHz.

- ❖ Canal 40: 870,9875 i 915,9875 MHz.

Per últim, hi ha el model digital d'espectre expandit (DSSS). Aquest és més resistent a les pèrdues del senyal degut a la característica del seu espectre freqüencial. Cal destacar que la FCC només permet transmetre els models DSS a una potència de fins a 1 W.

- **1,9 GHz.** Aquesta banda va ser assignada més recentment i és la banda més segura. Aquest rang està reservat per aquells dispositius que utilitzin l'estàndard DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*), que és l'estàndard més utilitzat pels dispositius cordless phones. En aquesta banda freqüencial hi ha menys interferències ja que hi ha menys tecnologies que la utilitzin. Pel que fa a potència transmesa, no es poden superar els 250 mW de potència de pic ni els 10 mW de potència mitja. Defineixen 10 canals de 1728 kHz cadascun, utilitzant la banda dels 1881,792 MHz als 1897,344 MHz.

- **2,4 GHz.**

- **5,8 GHz.**

Com podem veure, hi ha diferents bandes que poden ser utilitzades. De fet, molts cordless phones transmeten en 5,8 GHz des de la base al telèfon, i a 2,4 GHz o 915 MHz del telèfon a la base per tal d'estalviar bateria i allargar la vida del dispositiu. Malgrat la diversitat de freqüències, cal anar amb molt de compte al seleccionar la freqüència de treball ja que poden haver-hi interferències. Per exemple, les bandes de 915 MHz i 2,4 GHz pateixen interferències de microones, IEEE 802.11 b/g/n, etc. Mentre que la banda de 5,8 GHz pateix interferències de IEEE 802.11 a/n.

Cal destacar que aquesta tecnologia té unes zones de cobertura força petites, per exemple, per les bandes de 2,4 i 5,8 GHz les zones de cobertura són d'uns 30 metres. A més, el nombre de canals a utilitzar també variarà segons la freqüència de treball.

Entre 10 i 25 canals	Bandes de 43-50 MHz, així com alguns dispositius de 915 MHz de baix cost. Dispositius de 1,9 GHz.
Entre 25 i 60 canals	La majoria dels dispositius de 900 MHz.
Entre 50 i 100 canals	Els dispositius de 2,4 i 5,8 GHz així com els dispositius de 915 MHz de gamma més alta.

Taula A.1.8. Nombre de canals segons la banda



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

A.1.6 Bluetooth

Bluetooth és el nom comú de l'especificació IEEE 802.15.1, que defineix un estàndard global de comunicació sense fils per serveis de transmissió de dades i veu entre diferents dispositius mitjançant radiofreqüència en la banda ICM dels 2,4 GHz [41].

A més de facilitar la comunicació entre terminals mòbils i fixos, ofereix la possibilitat de crear petites xarxes sense fils de tipus PAN i facilitar la sincronització de dades entre equips personals sense la necessitat de cablejat.

Entre els dispositius de Bluetooth podem diferenciar tres classes, segons la qual es transmetrà a una potència major o menor i, en conseqüència, tindrà una zona de cobertura més gran o més petita (veure Taula A.1.9).

Classe	Potència transmesa	Zona de cobertura
Classe 1	100 mW (20 dBm)	100 metres
Classe 2	2,5 mW (4 dBm)	25 metres
Classe 3	1 mW (0 dBm)	1 metre

Taula A.1.9. Relació entre classes de dispositiu [41]

Els dispositius són totalment compatibles amb els de les altres classes, de forma que es poden comunicar entre ells sempre i quan es trobin dins de la seva zona de cobertura. L'estàndard 802.15.1 especifica una capacita bruta de 1 Mbps, el que equival a un màxim de 720 kbps, i la possibilitat de transmetre en mode full dúplex. Una versió més recent d'aquest estàndard utilitza modulació PSK que li permet assolir els 3 Mbps. Aquesta tecnologia treballa en la banda freqüencial que va des de 2,4 GHz fins a 2,48 GHz, dividint-la en 79 canals de 1 MHz cadascun [42].

Degut a que la banda de treball del IEEE 802.15.1 està utilitzada també per altres tecnologies, el sistema de radio Bluetooth haurà d'estar preparat per evitar les múltiples interferències que es podran produir. Per fer-ho utilitza un sistema de salt de freqüència (*Frequency Hopping*), ja que aquesta tecnologia esta integrada en equips de baixa potència i baix cost. El mètode de salt de freqüència utilitzat consisteix en dividir la banda freqüencial en diferents canals. Posteriorment, durant la connexió, els dispositius van canviant d'un canal a un altre de forma pseudo-aleatòria [43]. D'aquesta forma aconseguim un ampla de banda instantani molt petit i, per tant, més resistència a les interferències.

Bluetooth fa possible la transmissió de veu i dades. Així doncs, entre les aplicacions d'aquest sistema destaquen els dispositius de mans lliures pel cotxe, dispositius que reemplacen les tradicionals connexions per cable per transferència de fitxers, enviar petits anuncis d'empreses al públic general, controls remots, comandaments sense fils per consoles com *Sony Playstation 3* o *Nintendo Wii*, etc.

A.1.7 WirelessHD

WirelessHD és una tecnologia sense fils fruit de la unió d'esforços de varies grans empreses d'electrònica com per exemple LG, Samsung, Sony, Toshiba, SIBeam, etc. per tal de definir l'estàndard d'una nova interfície de xarxes digitals sense fils dedicades a la transmissió de senyals d'alta definició.

Aquest estàndard permetrà la transmissió digital de senyals de dades i, d'àudio i vídeo d'alta definició sense la necessitat de comprimir prèviament, és a dir, funcionarà com una connexió HDMI³⁵ però amb els avantatges que li ofereix el fet de ser *wireless*. WirelessHD ofereix capacitats de fins a 4 Gbps i promet que les velocitats de transmissió que es podran assolir oscil·laran entre els 10 i els 28 Gbps, fet que permetrà un major rang de resolucions i de colors, així com un major ritme de refresc de la pantalla.

WirelessHD ha estat dissenyada per connectar pantalles i monitors amb ordinadors, dispositius portàtils i altres aparells d'electrònica de consum sense fils i amb altes velocitats de transmissió.

Aquesta tecnologia utilitza la banda dels 60 GHz (dels 57 als 66 GHz en Europa), per tant, requereix de visió directa entre transmissor i receptor per al seu correcte funcionament. Tanmateix, mitjançant tècniques de *beamforming* és pretén superar aquesta limitació per tal de connectar diversos aparells d'interior sense visibilitat i a una distancia de fins a 10 metres.



Figura A.1.9. Aplicacions de WirelessHD [26]

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

Per altra banda, el fet de que la freqüència de treball sigui tan elevada afavoreix a que hi hagi poca interferència amb altres tecnologies i dispositius. De fet, la única tecnologia amb la que compartirà banda freqüencial serà WiGig. Les agències reguladores europees limiten la potència efectiva isotròpica radiada, EIRP, a 10 W. Motiu pel qual es pot assolir unes capacitats tan elevades [25].

El fet que aquesta tecnologia permeti la transmissió de dades, vídeo i àudio d'alta definició i sense comprimir permet a l'usuari final oblidar-se dels cables. Això és un gran avantatge ja que és podrà separar el televisor de la resta de dispositius que fins ara estaven "lligats" a aquest, a la vegada que s'augmenta la velocitat de transmissió entre els dispositius. A més, WirelessHD permetrà augmentar la resolució actual i definirà el format en 3D en els seus dispositius. Un altre dels punts forts d'aquesta especificació és que suporta dispositius que operen a baixes potències així com *Digital Still Camera (DSC)*, *Digital Video Camera*³⁶ (*DVC*) i *Digital Video Recorder (DVR)* [44]. Així doncs, els dispositius que poden utilitzar aquesta tecnologia són:

- ✓ DTV: Televisió Digital
- ✓ STB³⁷ (*Set-Top Box*): dispositiu que rep i, opcionalment, descodifica el senyal digital per posteriorment ser mostrat per un dispositiu de televisió.
- ✓ Reproductors i gravadors de DVD/BD/HD-DVD
- ✓ Receptors A/V³⁸
- ✓ Ordinadors
- ✓ Projectors vídeo
- ✓ Consoles
- ✓ DVC, DSC i DVR
- ✓ PDA³⁹
- ✓ Reproductors de MP3
- ✓ Telèfons

Pel que fa a l'ús espectral, WirelessHD utilitza unes bandes freqüencials segons el país on ens trobem:

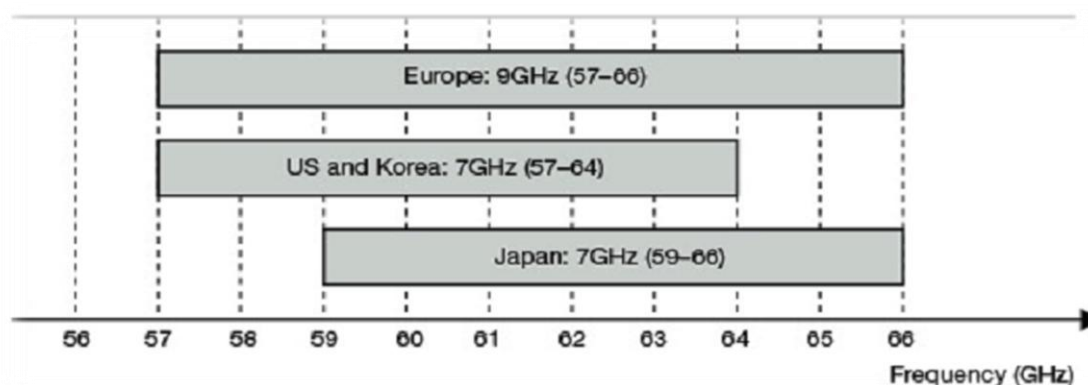


Figura A.1.10. Canalització WirelessHD segons el país

Pel que fa a Europa, podem distingir els següents canals:

Índex canal	Freqüència inicial	Freqüència central	Freqüència final
1	57.240 GHz	58.320 GHz	59.400 GHz
2	59.400 GHz	60.480 GHz	61.560 GHz
3	61.560 GHz	62.640 GHz	63.720 GHz
4	63.720 GHz	64.800 GHz	65.880 GHz

Taula A.1.10. Canalització WirelessHD a Europa

A.1.8 ECMA-392

ECMA International està desenvolupant un estàndard per transmissió *wireless* d'alta velocitat utilitzant els espais blancs que ha deixat la televisió analògica. ECMA-392 utilitzarà tecnologies de *cognitive radio* per tal d'evitar interferències amb serveis amb llicència i complir la normativa donada per la FCC.

D'aquesta manera, es vol aprofitar la banda dels 470 als 790 MHz ja que es calcula que hi ha fins a 150 MHz lliures en mitja dins d'aquesta banda. A més, mentre que a 5 GHz les pèrdues per les parets interiors són de 4 dB i per 2,4 GHz de 3 dB, en aquesta banda les pèrdues són només de 1 dB, fet que permet ocupar radis de cobertura més grans [7].

Aquesta especificació oferirà una gran varietat d'aplicacions, que aniran des de la transmissió de vídeo i àudio a alta velocitat fins a l'accés a Internet, així com aplicacions per dispositius electrònics de la casa i altres perifèrics. A més, el fet que aquest nou estàndard operi en la banda freqüencial de la *UHF* es tradueix en una major cobertura, ja que pot travessar les parets amb menys pèrdues que altres tecnologies.

Aquest sistema utilitza tècniques *OFDM*, ara bé, els paràmetres d'aquest *OFDM* variaran segons si l'ampla de banda del senyal és de 6, 7 o 8 MHz. En la taula A.1.11 podem veure una comparativa d'alguns dels paràmetres més importants segons aquest ampla de banda [9].

Ampla de banda del senyal	Nombre de subportadores	Espai entre subportadores
5.518 MHz	128 (98 per dades)	53.571 kHz
6.438 MHz	128 (98 per dades)	62,5 kHz
7.357 MHz	128 (98 per dades)	71,429 kHz

Taula A.1.11. Paràmetres importants de ECMA-392

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

A més de la flexibilitat en amplituds de banda, aquest estàndard també pot utilitzar diverses modulacions (QPSK, 16QAM i 64QAM). Això permet un gran ventall de capacitats assolibles. En la següent taula (Taula A.1.12) podem veure les diferents velocitats de transmissió que es poden aconseguir segons els paràmetres anteriors.

Ampla de banda	Modulació	Velocitat de transmissió	Eficiència espectral
6 MHz	QPSK (codi 2/3)	6.33 Mbps	1,05 bps/Hz
	16QAM(codi 2/3)	12.66 Mbps	2,11 bps/Hz
	64QAM(codi 2/3)	18.99 Mbps	3,16 bps/Hz
	64QAM(codi 5/6)	23.74 Mbps	3,96 bps/Hz
7 MHz	QPSK (codi 2/3)	7.38 Mbps	1,05 bps/Hz
	16QAM(codi 2/3)	14.77 Mbps	2,11 bps/Hz
	64QAM(codi 2/3)	22.15 Mbps	3,16 bps/Hz
	64QAM(codi 5/6)	27,69 Mbps	3,96 bps/Hz
8 MHz	QPSK (codi 2/3)	8.44 Mbps	1,05 bps/Hz
	16QAM(codi 2/3)	16,88 Mbps	2,11 bps/Hz
	64QAM(codi 2/3)	25.32 Mbps	3,16 bps/Hz
	64QAM(codi 5/6)	31,65Mbps	3,96 bps/Hz

Taula A.1.12. Velocitats assolibles a ECMA-392 [9]

ECMA-392 permet assolir capacitats de 20 Mbps a una distància de 55 metres i de fins a 3 Mbps a distàncies de 100 metres. Els canals més utilitzats són els de 8 MHz ja que és el mateix amplitud de banda que ocupen els canals de televisió.

Aquest estàndard permetrà connectar televisors d'alta definició distribuïts per tota la casa de forma *wireless*. A més, les propietats de propagació de les que gaudeix aquesta especificació permetran zones de cobertura majors que les d'altres tecnologies sense llicència. Això fa que aquesta tecnologia també sigui una bona solució per a l'accés a Internet. Altres aplicacions que pot tenir són:

- ✓ Transmissió de vídeo d'alta definició en tota la casa, travessant parets si es necessari.
- ✓ Aplicacions de dades com per exemple servies de VoIP.
- ✓ Augmentar la zona de cobertura per aplicacions com, per exemple, l'accés a Internet.
- ✓ Aplicacions que permetin fer una televisió més interactiva com, per exemple, actualitzacions de notícies i del temps, jocs, anuncis interactius i accés web.

A.1.9 WHDI

Wireless Home Digital Interface (WHDI) estableix un nou estàndard per a la connectivitat sense fils per a vídeo d'alta definició. Proporciona un acoblament sense fils, que pot proporcionar capacitats de fins a 3 Gbps de vídeo sense comprimir en un canal de 20 o 40 MHz en la banda lliure dels 5 GHz. També destaca la distància a la que pot arribar, de fins a 35 o 40 metres, travessant parets i amb una latència menor a 1 mil·lísegon, fet que permet que els dispositius WHDI puguin servir tota la casa [45].

WHDI ofereix unes capacitats menors que WirelessHD ja que, en aquest cas, la informació ha de ser processada abans de ser transmesa. A més, aquesta tecnologia treballa amb tècniques *MIMO (Multiple In Multiple Out)*, és a dir, utilitza diverses antenes en transmissió i recepció per enviar simultàniament varius fluxos d'informació per un mateix canal.

Aquest estàndard permet la connectivitat entre habitacions de HD vídeo sense compressió amb una cobertura de tota la casa. D'aquesta manera, WHDI permet als usuaris connectar qualsevol dispositiu de la casa amb un altre reproductor. Per exemple, es pot connectar la televisió en el menjador perquè mostri les pel·lícules emmagatzemades en el reproductor de Blue Ray que hi ha a l'habitació, o que la televisió de la cuina reproduïxi els continguts que hi ha en un ordinador de la casa, o mostrar un joc per un projector sense la necessitat de moure la consola de l'habitació on es troba.

A més de la transmissió de HD vídeo, amb aquesta estandardització també es pot transmetre àudio. També inclou un protocol de control que permet als usuaris controlar els seus dispositius A/V des de qualsevol punt de la casa; a la vegada que permet enllaçar vídeo i àudio de forma separada sense problemes de sincronització. Alguns exemples de les utilitats de WHDI són els següents (veure també la figura A.1.11):

- ✓ Ordinadors i portàtils: Connectar l'ordinador del despatx o l'habitació amb la HDTV del menjador.
- ✓ Mòbils: Reproduir el contingut o jocs d'un mòbil en el televisor.
- ✓ Connectar televisors a qualsevol punt de la casa sense necessitat de cables.
- ✓ Jugar amb la consola en el televisor del menjador mentre la consola segueix a l'habitació.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

- ✓ Connectar Blue Ray i *Set-Top Boxes* (STB) des de qualsevol punt de la casa.

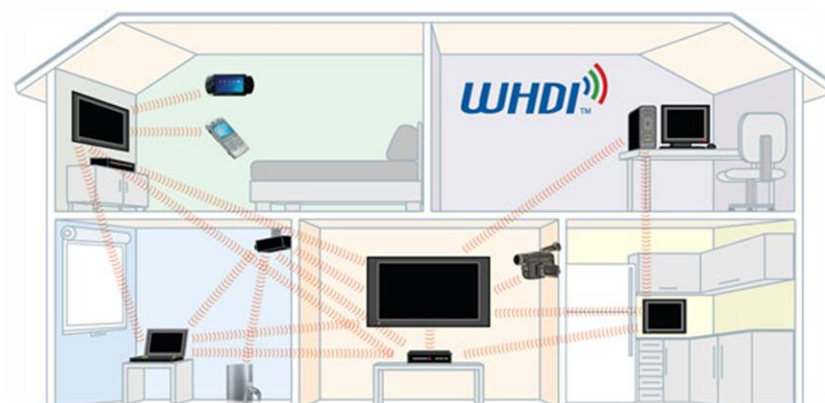


Figura A.1.11. Aplicacions de WHDI [46]

Així doncs, aquest estàndard és una clara competència per WirelessHD ja que els dos transmeten vídeo d'alta definició. Tanmateix, la gran diferència és que mentre WirelessHD transmet a la banda de 60 GHz, WHDI ho fa en la banda dels 5 GHz, amb la conseqüència que WirelessHD no pot travessar parets ni assegurar una cobertura de tota la casa i WHDI sí.

Pel que fa a 802.11n, WHDI és un estàndard específic per la transmissió de vídeo i àudio mentre que 802.11n, tot i que també pot transmetre HD vídeo, només pot transmetre vídeo comprimit.

En aquest cas, aquestes dos tecnologies sí que treballen en la mateixa freqüència. Tanmateix, WHDI utilitza tècniques de selecció automàtica de freqüència i de control de la potència transmesa per no produir interferències. De fet, la banda lliure de 5 GHz ocupa aproximadament 600 MHz i, WHDI, com 802.11n, té un ampla de banda de 20/40 MHz i té entre 15 i 30 canals disponibles, la qual cosa permet treballar els diferents dispositius en el mateix ambient [47].

A.2 Comparativa JSON i XML

XML, igual que JSON, permet compartir les dades amb les que posteriorment es treballa en tots els nivells, per totes les aplicacions i suports [30]. D'aquesta manera, aquests dos llenguatges juguen un paper molt important en l'actualitat, ja que aquestes tecnologies permeten compartir la informació entre dispositius diferents de forma segura, fiable i fàcil, i independentment del llenguatge amb el que s'hagin programat les aplicacions.

Adicionalment, aquests estàndards també fan les tasques de validació dels objectes que es transmeten, així com inclouen funcions per extreure i incloure fàcilment les dades que contenen.

Cal remarcar, que si bé inicialment l'ús de XML era el més freqüent, recentment s'està expandint l'ús del JSON en substitució al XML [31]. En aquest sentit, habitualment s'utilitza JSON en entorns on el tamany del flux de dades entre el client i el servidor es de vital importància i quan la font de dades es de confiança [48]. Així doncs, aquest estàndard és utilitzat, entre altres, per Yahoo i Google, així com per moltes aplicacions de mòbils.

Per altra banda, tecnologies com UPnP i DLNA utilitzen XML. Tanmateix, JSON i XML no tenen perquè estar enfrontades ja que hi ha aplicacions que utilitzen les dues tecnologies simultàniament com, per exemple, Google Maps. Finalment, val la pena veure un petit fragment d'un mateix codi realitzats per cadascun dels estàndards per tal de fer-nos una idea més clara de com es programen.

Per XML:

```
<menu id="file" value="File">
  <popup>
    <menuitem value="New" onclick="CreateNewDoc()" />
    <menuitem value="Open" onclick="OpenDoc()" />
    <menuitem value="Close" onclick="CloseDoc()" />
  </popup>
  <poblacions>
    <poblacio id="0">Barcelona</poblacio>
    <poblacio id="0">Vic</poblacio>
    <poblacio id="2">El Masnou</poblacio>
  </poblacions>
</menu>
```

Per JSON:

```
{"menu": {
  "id": "file",
```



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

```
"value": "File",
"popup": {
  "menuitem": [
    {"value": "New", "onclick": "CreateNewDoc()"},
    {"value": "Open", "onclick": "OpenDoc()"},
    {"value": "Close", "onclick": "CloseDoc()"}
  ]
}
"poblacions":{
  {"poblacio": { "@id": "0", "#text": "Barcelona" }},
  {"poblacio": { "@id": "1", "#text": "Vic" }},
  {"poblacio": { "@id": "2", "#text": "El Masnou" }}
}
}}
```

A.3 Llistat d'acrònims

ACK	Acknowledgement
AM	Amplitude Modulation
ARP	Address Resolution Protocol
Auto-IP	Automatic IP Addressing
A/V	Audio/Video
BD	Blue-Ray Disc
BPSK	Binary Phase-Shift Keying
BOOTP	Bootstrap Protocol
CCK	Complementary Code Keying
CMT	Comissió del Mercat de les Telecomunicacions
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DLNA	Digital Living Network Alliance
DNS	Domain Name System
DSC	Digital Still Camera
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DTV	Digital Television
DVC	Digital Video Camera
DVD	Digital Versatile Disc
DVR	Digital Video Recorder
ECMA	European Computer Manufacturers Association
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power
EMEA	Europa, Orient mitjà i Àfrica.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission
FM	Frequency Modulation
GSM	Global System for Mobile communications
HD	High Definition
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HDTV	High Definition Television
HNM	Home Networking Management
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICM	Industrial, Científica i Mèdica
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
ISM	Industrial, Scientific and Medical
JSON	JavaScript Object Notation
MAC	Media Access Control
MIMO	Multiple In Multiple Out
MMI	Man Machine Interface
MP3	MPEG1 – Layer3
NACK	Negative Acknowledgement
NAS	Network Attached Storage
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment
l'espectre en escenaris de Home Networking

O-QPSK	Offset-Quadrature Phase-Shift Keying
PAN	Personal Area Network
PDA	Personal Digital Assistant
PLC	Power Line Communications
PSK	Phase-Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
QoS	Quality of Service
SC	Single Carrier
STB	Set-Top Box
TCP	Transmission Control Protocol
TV	Television
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
UPnP	Universal Plug and Play
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultra-Wide Band
VCR	Video Cassette Recording
VoIP	Voice over IP
WEP	Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiGig	Wireless Gigabit
WHDI	Wireless Home Digital Interface
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
XML	Extensible Markup Language

A.4 Glossari de termes

1.NAS (Network Attached Storage): Tecnologia d'emmagatzemament dedicada a compartir la capacitat d'emmagatzemament amb un ordinador o altres dispositius mitjançant una xarxa sense fils. D'aquesta manera, NAS té una funcionalitat molt similar a la d'un servidor. Aquest dispositiu, que pot estar format per més d'un dispositiu d'emmagatzematge per augmentar la seva capacitat total, s'hi pot accedir des dels equips i aparells mitjançant el protocols de xarxa, normalment TCP/IP.

2.WPAN (Wireless Personal Area Network): Xarxa personal basada en tecnologia sense fils, ja sigui òptica o via radio, per la comunicació entre varius dispositius. Aquestes xarxes acostumen a tenir un rang de cobertura d'entre un i pocs metres, normalment uns deu metres en condicions normals. Algun exemple de WPAN són les tecnologies de Bluetooth, infrarojos i ZigBee.

3.WLAN (Wireless Local Area Network): Xarxes de comunicació de dades sense fils que pot arribar a tenir rangs de cobertura de fins a uns pocs kilòmetres. Utilitza tecnologia de radiofreqüència que permet major mobilitat als usuaris ja que minimitza les connexions cablejades. S'utilitza per connectar ordinadors personals i equipament de treball per compartir informació i recursos així com per donar connectivitat a Internet.

4.ICM (Industrial, Científica i Mèdica): En anglès ISM (Industrial, Scientific and Medical), són bandes reservades per un ús no comercial de radiofreqüència electromagnètica en àrees industrials, científica i mèdica. Tanmateix, actualment s'han popularitzat ja que són les que més s'utilitzen en les comunicacions WLAN i WPAN. Aquestes bandes freqüencials van ser definides per la ITU en l'article 5 de *Regulacions Radio*. La característica principal d'aquesta banda freqüencial és que és una banda oberta, ja que no requereix de llicència, sempre que es respectin les regulacions que limiten els nivells de potencia transmesa. Així doncs, les tecnologies que treballen en les bandes ICM són reservades per ús comú i, en conseqüència, han de tenir una certa tolerància als errors i, en conseqüència, utilitzar mecanismes de protecció en front a interferències. En el CNAF es troben detallats els diferents usos reservats per les diferents freqüències de la banda ICM [5].

5.IEEE (Institute of Electrical and Electronical Engineers): Associació tècnic-professional mundial dedicada, entre altres coses, a l'estandarització de les tecnologies i l'espectre freqüencial.

6. MIMO (Multiple Input – Multiple Output): Tècnica d'antenes intel·ligents que aprofita l'efecte multicamí i la diversitat espacial per aconseguir més velocitat de transmissió o més robustesa. S'utilitzen varies antenes en transmissió i en recepció i, utilitzant tècniques de formació del feix i de multiplexació espacial i diversitat de codi, crea tants fluxos paral·lels i ortogonals entre ells com el nombre d'antenes. Aquests diferents fluxos els podem utilitzar per enviar informació diferent, aleshores estariem augmentant la velocitat de transmissió, o per enviar la mateixa informació, en aquest cas estariem augmentant la robustesa en front a interferències.



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

7.Operator Home Gateway: Dispositiu de *home networking*. S'utilitza com a porta d'enllaç per connectar diferents dispositius d la casa amb Internet o altres xarxes WLAN. Aquest dispositiu pot fer les tasques que realitzen un punt d'accés sense fils, d'un router, d'un hub i d'un mòdem.

8.VoIP: La senyal de veu viatja a través de la xarxa mitjançant protocols IP, és a dir, la senyal de veu s'envia de forma digital i empaquetada com si es tractés de dades, en comptes d'enviar-la de forma analògica.

9.HDTV (High Definition TeleVision): Aquest format de televisió es caracteritza per emetre senyals televisives a un definició digital més alta que els sistemes tradicionals analògics de televisió en color. HDTV té més del doble de resolució, motiu pel qual es pot mostrar molt més detall que amb la televisió analògica o un DVD normal.

10. DVR (Digital Video Recorder): Aparell de gravació de vídeo digital, dissenyat com a substitut dels reproductors de vídeos convencionals. La característica principal d'aquests dispositius és que no graben sobre un dispositiu extraïble, cinta o DVD, sinó que tant poden emmagatzemar en un disc dur integrat en l'aparell, en un USB, en una targeta de memòria SD o en un disc dur extraïble. Una particularitat d'aquests és que són capaços de reproduir el contingut a la vegada que s'està gravant.

11.Femtocel·la: Estació base de dimensions petites i baixa potència, dissenyada especialment pel seu ús en les cases. Les femtocel·les es connecten al proveïdor del servei mitjançant banda ampla, generalment ADSL. L'objectiu és augmentar la cobertura en interiors, oferint serveis tant d'interior com d'exterior. D'aquesta manera, es poden alliberar canals de comunicació de les estacions base més properes, amb la consegüent millora en la qualitat del servei.

A més, les femtocel·les són una gran alternativa pel que fa a convergència mòbil-fix ja que fins ara aquesta convergència només era possible amb terminals duals i, amb aquest dispositiu, també serà factible amb terminals 3G.

12.Firmware: Programa que s'emmagatzema en memòries de tipus volàtil (ROM; flash, EEPROM,...) i estableix la lògica a més baix nivell que controla els circuits electrònics d'un dispositiu. Es pot considerar part hardware, ja que està integrat en l'electrònica de l'aparell, i part software, ja que proporciona la lògica. Està programat mitjançant llenguatges de programació, i és l'intermediari entre les ordres externes i l'electrònica del dispositiu, ja que s'encarrega de controlar l'aparell perquè executi correctament les ordres externes que rep.

13. PLC (Power Line Communications): Tecnologia que utilitza les línees d'energia elèctrica convencionals per transmetre senyals radio per propòsits de comunicació. D'aquesta manera, converteixen la xarxa elèctrica en una línia digital d'alta velocitat de transmissió de dades, permetent, entra altres coses, l'accés a Internet mitjançant banda ampla.

14.DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): Conjunt de regles per proporcionar adreces IP i opcions de configuració als ordinadors i elements que treballen en una mateixa xarxa. L'objectiu principal és simplificar el funcionament de la xarxa.

Bàsicament, hi ha un DHCP Server, que té una adreça IP fixa, i que és l'encarregat de proporcionar la configuració als DHCP Clients que li sol·liciten accés a la xarxa.

15.Multicast: Servei de xarxa en el qual un únic flux de dades, provinent d'una determinada font, pot ser transmès simultàniament a diversos receptors de la xarxa. Així doncs, aquest servei està orientat a aplicacions del tipus "un per molts" i "molts per molts". En multicast, a diferència de amb broadcast, la font envia una única copia dels paquets a una adreça del tipus multicast.

16.Unicast: Transmissió d'informació des d'un únic transmissor a un únic receptor.

17.UDP: Protocol del nivell de transport que es basa en el intercanvi de datagrames. Així doncs, permet la transmissió de datagrames a través de la xarxa sense que la necessitat d'establir una connexió prèvia, ja que és el propi datagrama el que té informació de direccionament en la seva capçalera.

18.BOOTP: *Bootstrap Protocol*. Protocol UDP que permet als clients d'una xarxa obtenir la direcció IP automàticament.

19.DNS: Base de dades distribuïda i jeràrquica que emmagatzema informació associada a noms de domini en xarxes. Tot i que el DNS és capaç d'associar diferents tipus d'informació a cada nom, l'ús més estès que se'n fa és l'assignació de noms de domini a direccions IP.

20.TCP: Protocol del nivell de transport orientat a connexió, així doncs, es realitza una comunicació extrem a extrem mitjançant circuits virtuals.

21.Adreça MAC: Identificador de 48 bits (6 blocs hexadecimal) que correspon de forma única a un ethernet de la xarxa. També es coneix com a adreça física del dispositiu, i és única e individual.

22.Xarxes Ad-Hoc: Xarxes que no tenen punt d'accés que gestioni les comunicacions amb la resta de nodes i, per tant, tots els terminals de la xarxa tenen la capacitat d'enrutar els paquets de dades.

23.Mesh Networking: Topologia de xarxa en que cada node està connectat a tots els altres. D'aquesta manera, la xarxa té més robustesa ja que es poden entregar els paquets d'un node a un altre per múltiples camins diferents.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

24.CMT (Comissió del Mercat de les Telecomunicacions): Autoritat nacional de regulació espanyola. Els objectius d'aquesta comissió són regular per mantenir unes condicions de mercat i de competència òptimes, així com garantir el compliment de les condicions d'interconnexió de xarxa i resoldre les disputes entre operadors.

25.CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias): Instrument legal, depenent del Ministeri d'Indústria, Mercat i Comerç d'Espanya, utilitzat per assignar les diferents bandes freqüencials als diferents serveis de radiocomunicacions, així com especificar la metodologia de l'ús de l'espectre radioelèctric a Espanya. Les bandes freqüencials que contempla van des dels 9 kHz fins als 105 GHz.

26.OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing): Tècnica de multiplexat multiportador. Divideix l'ampla espectral en subbandes d'igual amplada, independents i disjunctes espectralment. Com que els tons són ortogonals entre ells fem un ús eficient de l'ampla de banda. Aquesta tècnica és una molt bona solució per canals dispersius i per la presència de multicamí. Per aquest motiu és molt utilitzat per les comunicacions digitals de banda ampla.

27.PSK (Phase-Shift Keying): Modulació angular que consisteix en fer variar la fase de la portadora entre un nombre de valors discrets. El nombre d'estats és limitat ja que la senyal moduladora és digital. Podem diferenciar varies modulacions en funció del nombre de fases que pot prendre, sempre essent una potència de dos. Per exemple, **BPSK** pot prendre només dues fases, **QPSK** quan pot rebre quatre fases, **8-PSK** podem tenir 8 fases diferents, **16-PSK**, etc. D'aquestes, BPSK i QPSK són les més robustes en front d'errors.

28.QAM (Quadrature Amplitude Modulation): Tècnica de modulació. Consisteix en modular amb desplaçament en amplitud dues senyals portadores que tenen la mateixa freqüència però que estan en quadratura, és a dir, que estan desfasades 90° entre si. Les amplituds de les dues senyals moduladores prenen diferents valors discrets, a_n i b_n , que formen el total N d'estats o nivells de la modulació.

29.DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum): Mètode de modulació en espectre eixamplat per transmissió de senyals digitals. Aquesta tècnica utilitza un codi per modular directament la portadora de forma que augmenta l'ampla de banda de transmissió reduint la densitat de potència espectral i, d'aquesta manera, no genera interferència amb els altres dispositius ja que el detecten com si fos soroll. El dispositiu receptor el pot descodificar utilitzant la seqüència de Barker que prèviament han acordat.

30.CCK (Complementary Code Keying): Tècnica de modulació utilitzada per xarxes sense fils que utilitzen per exemple 802.11b. CCK substitueix la seqüència de Barker ja que té menys bits, dels 11 bits de Barker es passen a 8, de forma que no augmentem tant l'ampla de banda del senyal i, així, augmentem la velocitat de transmissió. Per contra, és més vulnerable a interferències.

31.CSMA/CA: Protocol de control de xarxes que permet que múltiples estacions utilitzin un mateix canal de transmissió sense que es produeixin col·lisions. Cada terminal anuncia que vol enviar, de forma que la resta d'estacions de la xarxa saben si el canal està ocupat o buit. Quan un terminal vol transmetre i el canal està ocupat s'espera fins que el canal es buidi, un cop això, espera un temps aleatori (temps de Backoff) abans de transmetre.

32.FCC (Federal Communications Commission): Agència independent dels Estats Units que regula els serveis de telecomunicació i els proveïdors de serveis de telecomunicació sense fils. La FCC atorga llicències a les estacions transmissores de radio i televisió, assigna freqüències de radio i garanteix que es compleixin les condicions de mercat i competència.

33.Ports FireWire: Port d'alta velocitat dissenyat per Apple per la connexió de perifèrics en els ordinadors. La interfície va rebre el nom de **IEEE 1394**. S'acostuma a utilitzar per la interconnexió amb dispositius digitals com càmeres digitals i vídeo-càmeres. La característica principal és que, mentre que USB arriba a uns 12 Mbps, aquest estàndard pot arribar fins als 400 Mbps.

34.VCR (Video Cassette Recorder): Magnetoscopi d'ús domèstic, que grava en una cinta magnètica el vídeo i l'àudio del televisor per poder-lo reproduir posteriorment. La immensa majoria de VCR contenen un sintonitzador de televisió així com un temporitzador programable. Aquesta tecnologia ha quedat obsoleta amb l'entrada de nous dispositius que cobreixen les mateixes necessitats però oferint millors característiques.

35.HDMI (High-Definition Multimedia Interface): Interfície entre qualsevol font d'àudio i vídeo xifrat sense compressió. Permet interconnexió de dispositius com un sintonitzador de TDT, un reproductor de BlueRay, un ordinador o un receptor A/V amb un Televisor digital. Entre els avantatges del HDMI destaquen augment de resolució, oferint vídeo d'alta definició.

36.DVC (Digital Video Cassette): Estàndard de vídeo que permet gravar en petites cintes. Va ser desenvolupat l'any 1996 com un format de vídeo digital per a indústries, però la seva relació qualitat-preu va fer que s'estengués per a un ús domèstic. Va ser el primer format de gravador de vídeo i és un dels predecessors dels DVR's.

37.STB (Set-Top Box): STB és un dispositiu que fa les funcions de recepció i descodificació de senyals de televisió digital (terrestre, per cable o per satèl·lit) i les adapta per ser posteriorment reproduïdes per un dispositiu de televisió. Addicionalment, permet la connexió del televisor amb la línia telefònica així com amb altres perifèrics com, per exemple, un sistema d'altaveus digitals.

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

38.Receptor A/V: Equip al que s'hi connecten les entrades de vídeo i àudio d'altres equips com DVD, VHS, CD, BR, MP3, etc. La sortida d'aquest receptor en vídeo es connecta al televisor o projector, mentre que la sortida d'àudio es connecta als altaveus. Els receptors A/V tenen també descodificador d'àudio digital.

39.PDA (Personal Digital Assistant): PDA és un ordinador de mà que originalment feia les funcions d'una agenda electrònica. Avui en dia pot realitzar moltes de les funcions que pot realitzar un ordinador convencional (veure pel·lícules, crear documents, jocs, navegar per Internet, etc) amb els avantatges de ser portàtil. Les característiques principals és que té pantalla tàctil, memòria per emmagatzemar dades, connectivitat per cable mitjançant USB i connectivitat *wireless* mitjançant tecnologies com els infraroigs, BlueTooth i Wi-Fi.

B. Bibliografia consultada

- [1] Meyer Sylvain, Javaudin Jean-Philippe, Varoutas Dimitris, Rebernik Silke, Goni Gilles, Karathanos Evangelos, Fernández Enrique. "Omega_D1.1", Omega project.
- [2] Yunxin Li. "Cognitive and Integrated Digital Home via Dynamic Media Acces"
- [3] Monk Andrew, "Universal Requirements for Home Technologies", University of York
- [4] <http://www.techrepublic.com/whitepapers/integration-of-telecommunication-technologies-for-power-utilities-migrating-present-and-future-requirements-for-power-utilities/2560805>
- [5] *Notas de Utilización Nacional, CNAF 2010.*
- [6] ZigBee June 2009 "ZigBee and Wireless Radio Frequency Coexistence"
- [7] Kawade S., Nekovee M. "Can Cognitive Radio Access to TV White Spaces"
- [8] Lawton George, Technology news. "Wireless HD Video Heats Up"
- [9] ECMA International, ECMA Standard first edition. "ECMA-392: MAC and PHY for Operation in TV White Space"
- [10] <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/DECT>
- [12] http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [13] http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps4570/products_white_paper09186a00801d61a3.shtml
- [14] <http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11g
- [16] http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n
- [17] Wireless Gigabit Alliance. July 2010. "WiGig White Paper"
- [18] http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
- [19] <http://es.kioskea.net/contents/bluetooth/bluetooth-intro.php3>
- [20] <http://tecnio.com/%C2%BFque-es-bluetooth/>
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_WLAN_channels
- [22] <http://wirelessgigabitalliance.org/news/wigig-alliance-publishes-multi-gigabit-wireless-specification-and-launches-adopter-program/>
- [23] <http://www.whdi.org/Technology/>
- [24] Llano G., Reig J., Rubi Modeling L. "Modeling and Analysis in Frequency of the UWB Channel with Lognormal Statistics for MB-OFDM"
- [25] WirelessHD August 2009. "WirelessHD Specification Overview"
- [26] <http://www.wirelesshd.org/about/technology/>
- [27] "Home Spectrum Management -v2"
- [28] UPnP Forum. "UPnP Device Architecture 1.1"



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

- [29] <http://www.dlna.org/home>
- [30] <http://www.desarrolloweb.com/manuales/18/>
- [31] <http://es.wikipedia.org/wiki/JSON>
- [32] Siuad Isabelle, Roblot Sandrine, Hamon Marie-Hélène, Caldera Peter, Max Sebastian, Choi Chang-Soon, Grass Eckhard, Helard Jean-François, Stephan Antoine, Tonello Andrea, Bellin Marco, Hoffman Oliver. "OMEGA_D2.1_v1.2"
- [33] <http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob30dg/RFDesign.html>
- [34] http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/product_data_sheet09186a008008883b.html
- [35] <http://wirelessgigabitalliance.org/specifications/>
- [36] http://www.iss.rwth-aachen.de/Projekte/Theo/OFDM/OFDM_en.html
- [37] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-wideband>
- [38] <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml#xzig>
- [39] <http://ambientintelligence.wordpress.com/2008/05/15/zigbee-2008/>
- [40] http://en.wikipedia.org/wiki/Cordless_telephone
- [41] <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [42] L'estàndard Bluetooth. IEEE 802.15.1
- [43] http://www.bluezona.com/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=50/
- [44] WirellesHD January 2010 "The next generation Wireless Digital Interface for Consumer Electronics"
- [45] <http://es.wikipedia.org/wiki/WHDI>
- [46] <http://www.xataka.com/otros/wireless-hd-tambien-se-actualiza-pensando-en-los-dispositivos-portatiles>
- [47] <http://www.whdi.org/WHDISIG/FAQ.htm>
- [48] <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=prototypejsAjaxJSON>

C. Altre bibliografia d'interès

Solucions tecnològiques

Tabla de Atribución de Frecuencias

Jeffrey M. Gilbert, Chinh H. Doan, Sohrab Emami, C. Bernard Shung. SiBEAMA. "4-GBPS uncompressed wireless HD AV transceiver chipset"

Harkirat Singh, Huaning Niu, Xiangping Qin, Huai-rong Shao, ChangYeul Kwon, Guoping Fan, Seong Soo Kim, Chiu Ngo. "Supporting Uncompressed HD Video Streaming without retransmissions over 60GHz Wireless Networks"

Siudad Isabelle, Roblot Sandrine, Hamon Marie-Hélène, Caldera Peter, Max Sebastian, Choi Chang-Soon, Grass Eckhard, Helard Jean-François, Stephan Antoine, Tonello Andrea, Bellin Marco, Hoffman Oliver. "OMEGA_D2.1_v1.2", Omega project.

A. Wi-Fi

<http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps4570/products_white_paper09186a00801d61a3.shtml

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b

<http://www.wi-fi.org>

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11g

B. UWB

<http://www.idg.es/pcworldtech/mostrarnoticia.asp?id=55333&seccion=actualidad>

Ultra-Wideband (UWB) Technology

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ultrawideband>

<http://www.intel.com/technology/comms/uwb/index.htm>



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ultrawideband.php>

C. WiGig

<http://wirelessgigabitalliance.org/news/wigig-alliance-publishes-multi-gigabit-wireless-specification-and-launches-adopter-program/>

<http://www.networkworld.es/WiGig-Alliance-busca-un-estandar-para-las-redes-wireless-gig/seccion-Telecomunicaciones/noticia-80294>

<http://es.engadget.com/2009/05/06/wigig-alliance-todos-unidos-por-la-conectividad-inalambrica-en/>

D. Cordless phones, wireless intercom

http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_intercom

http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Enhanced_Cordless_Telecommunications

http://wiki.radioreference.com/index.php/Cordless_Phone

<http://telecom.hellodirect.com/docs/Tutorials/5.8GHzFrequency.1.031903.asp>

E. Bluetooth

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15

F. ZigBee

<http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml#xzig>

http://www.zigbee.es/wp/?page_id=4

<http://www.zigbee.org/>

IEEE 802.15.4

G. ECMA: WirelessHD

<http://es.wikipedia.org/wiki/WirelessHD>

<http://www.in-stat.com/>



H. ECMA-392

Challapali Kiran. "First Cognitive Radio Networking Standard for Personal/Portable Devices in TV White Spaces AND Initial Results of DVB-T and PMSE Detection"

Filin Stanislav, Baykas Tuncer, Rahman Aziz, Sean Sum Chin, Wang Junyi. "IEEE SCC41 ad-hoc on White Space Radio"

I. WHDI

<http://www.madboxpc.com/grandes-de-la-electronica-anuncian-whdi-2/>

<http://www.earthtimes.org/articles/press/training-cedia-2010,1460258.html>

http://wifinetnews.com/archives/2009/12/whdi_completes_wireless_high_def_spec.html

Solució proposada: HNM

"Home Spectrum Management –v1"

UPnP Forum. *"UPnP Device Architecture 1.0"*

TV White Space Coexistence Methods

<http://www.upnp.org/>

Glossari de termes

WPAN

<http://es.wikitel.info/wiki/WPAN>

<http://es.wikipedia.org/wiki/WPAN>

WLAN

http://es.wikitel.info/wiki/Redes_de_%C3%81rea_Local_%28LAN%29

<http://es.wikipedia.org/wiki/WLAN>

IEEE



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

<http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE>

<http://www.ieee.org/index.html>

ISM

http://es.wikipedia.org/wiki/Banda_ISM

Xarxa Ad-Hoc

http://es.wikilingue.com/pt/Redes_ad_hoc

http://es.wikipedia.org/wiki/Red_Ad_hoc

Mesh Networking

http://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_networking

http://es.wikipedia.org/wiki/Topolog%C3%ADa_en_malla

CMT

http://www.cmt.es/cmt_ptl_ext/SelectOption.do

http://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n_del_Mercado_de_las_Telecomunicaciones_de_Espa%C3%B1a

CNAF

<http://es.wikipedia.org/wiki/CNAF>

Operator Home Gateway

http://en.wikipedia.org/wiki/Residential_gateway

NAS

http://es.wikipedia.org/wiki/Network-attached_storage

VoIP

http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_IP

HDTV

http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_de_alta_definici%C3%B3n

http://es.wikipedia.org/wiki/Alta_definici%C3%B3n

Femtocel·la

<http://es.wikitel.info/wiki/Femtocelda>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Femtocelda>

Firmware

<http://en.wikipedia.org/wiki/Firmware>

<http://www.alegsa.com.ar/Dic/firmware.php>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Firmware>

DHCP

<http://es.kioskea.net/contents/internet/dhcp.php3>

<http://www.ordenadores-y-portatiles.com/dhcp.html>

BOOTP

<http://es.wikipedia.org/wiki/BOOTP>

DNS

http://en.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System

http://es.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System

PLC

http://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications

Adreça MAC

Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_MAC

Multicast

<http://en.wikipedia.org/wiki/Multicast>

<http://www.rnp.br/es/multicast/sobre.html>

Unicast

<http://es.wikipedia.org/wiki/Unicast>

UDP

http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol

TCP

http://es.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol

OFDM

http://es.wikipedia.org/wiki/Multiplexaci%C3%B3n_por_Divisi%C3%B3n_de_Frecuencias_Ortogonales

http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing

<http://es.wikitel.info/wiki/OFDM>

PSK

http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying

http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_desplazamiento_de_fase

QAM

http://en.wikipedia.org/wiki/Quadrature_amplitude_modulation

http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_de_amplitud_en_cuadratura

DSSS

http://en.wikipedia.org/wiki/Direct-sequence_spread_spectrum

http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_ensanchado_por_secuencia_directa

CCK

http://en.wikipedia.org/wiki/Complementary_code_keying

CSMA/CA

http://es.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_avoidance

MIMO

http://es.wikitel.info/wiki/Antenas_inteligentes

<http://es.wikipedia.org/wiki/MIMO>

<http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>

FCC

<http://www.fcc.gov/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n_Federal_de_Comunicaciones

Ports FireWire

<http://www.wilkinsonpc.com.co/free/articulos/firewire.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_1394

http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_serie

VCR

http://en.wikipedia.org/wiki/Videocassette_recorder

<http://es.wikipedia.org/wiki/Videograbadora>

HDMI



Plantejament d'una solució per gestionar eficientment l'espectre en escenaris de Home Networking

<http://www.redcoon.es/index.php/cmd/wiki/a/HDMI/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>

<http://es.wikipedia.org/wiki/High-0.3>

DVC

<http://en.wikipedia.org/wiki/Videotape#Camcorders>

http://es.wikipedia.org/wiki/Digital_Video

DVR

http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_video_recorder

<http://es.wikitel.info/wiki/DVR-PVR>

PDA

<http://es.wikipedia.org/wiki/PDA>

STB

http://es.wikipedia.org/wiki/Set-top_box

http://es.wikitel.info/wiki/Set_Top_Box