

# Més enllà de la 3G

Antonio Satué Villar

PID\_00158030



# Índex

<b>Introducció</b> .....	5
<b>Objectius</b> .....	6
<b>1. Evolució de les xarxes de comunicacions mòbils</b> .....	7
<b>2. Estàndards HSPA</b> .....	8
2.1. HSDPA .....	8
2.2. HSUPA .....	10
2.3. HSPA+ .....	11
<b>3. LTE</b> .....	13
<b>4. DVB-H</b> .....	20
<b>5. Futur de les comunicacions mòbils</b> .....	24
<b>Activitats</b> .....	25
<b>Exercicis d'autoavaluació</b> .....	25
<b>Solucionari</b> .....	26
<b>Glossari</b> .....	26
<b>Bibliografia</b> .....	27



## Introducció

En aquest mòdul parlarem dels estàndards que han anat sortint posteriorment a l'aparició de les primeres xarxes de tercera generació.

Primer parlarem dels estàndards HSPA (High Speed Packet Access) que, com el seu nom indica, volen aconseguir més velocitat en la transmissió de dades. Aquesta és una constant en tots aquests sistemes, ja que la principal característica de cada estàndard és la velocitat que pot donar. Inicialment es va donar més velocitat en l'enllaç descendent (estàndard HSDPA, High Speed Downlink Packet Access), després en l'ascendent (estàndard HSUPA, High Speed Uplink Packet Access) i finalment en tots dos (estàndard HSPA+). Tots s'anomenen la generació 3.5G.

Posteriorment es va començar a definir un sistema encara més ràpid, que s'anomena *LTE*. Parlarem d'aquest estàndard, conegut també com a 3.9G.

Finalment, en el mòdul parlem dels estàndards de recepció de televisió digital en el mòbil. Es pensa que aquests sistemes poden dinamitzar el mercat dels telèfons mòbils i, per això, explicarem de quina manera és possible la recepció de televisió en terminals en moviment. Concretament, parlarem de l'estàndard DVB-H.

## Objectius

Els materials didàctics d'aquest mòdul han de permetre als alumnes:

- 1.** Comparar les prestacions (velocitat, abast...) dels estàndards HSDPA, HSUPA i LTE.
- 2.** Descriure els mecanismes de funcionament d'HSDPA i HSUPA.
- 3.** Descriure el funcionament d'LTE.
- 4.** Explicar el significat d'un *resource block*.
- 5.** Explicar les diferències més importants entre WiMAX i LTE.
- 6.** Descriure l'estàndard DVB-H i explicar les diferències amb l'estàndard DVB-T.

## 1. Evolució de les xarxes de comunicacions mòbils

Els sistemes mòbils 2G van representar una gran revolució ja que ràpidament la societat va valorar una tecnologia que li permetia parlar (i enviar missatges de text) des de qualsevol lloc. Amb la popularització d'Internet i el correu electrònic, la societat també ha acceptat els sistemes 2.5G (GPRS), ja que permeten estar atent a la nostra bústia de correu o consultar algunes pàgines web des de qualsevol lloc.

Aquest *boom* de les comunicacions de dades va propiciar la creació del programa europeu IST per a definir com haurien de ser els sistemes 4G. A aquests sistemes se'ls demanarà:

- Molta velocitat (fins a 155 Mbps).
- Provisió de serveis a través de xarxes heterogènies. És a dir, que l'usuari pugui treballar amb les múltiples tecnologies d'àrea local, metropolitana i gran abast disponibles (802.11, GSM, GPRS, 802.16...) des d'un mateix terminal.
- Qualitat de servei garantida (QoS).
- Arquitectures d'ordinador de poc consum. Si un usuari es vol connectar a una xarxa mòbil molt possiblement ho farà amb un equip alimentat amb bateries.
- Disposar d'interfícies amb les xarxes d'àrea personal. És a dir, que el nostre terminal pugui entendre's amb les múltiples tecnologies d'àrea personal (Bluetooth, NFC, RFID...) amb qui puguem interactuar en la vida quotidiana (gestió d'alarmes mecàniques en vehicles, dispositius domòtics a la llar, pagament en transports públics, compres en supermercats...).

Caldrà veure també quin paper hi tindran les tecnologies de xarxes locals i metropolitanes sense fils, vistes en el mòdul didàctic "Xarxes locals i metropolitanes sense fils". Si en una ciutat disposem d'accés gratuït a la xarxa amb l'estàndard 802.16e, els operadors de 3G o 4G no tindran interès a instal·lar infraestructura en aquell espai.

Però, tot i aquestes amenaces, la tecnologia no s'atura i els operadors segueixen en el camí de donar cada vegada més velocitat a les xarxes. A continuació es comentarà el primer estàndard 3.5G.

## 2. Estàndards HSPA

En aquest apartat farem una descripció dels estàndards de la 3.5G: HSDPA, HSUPA i HSPA+.

### 2.1. HSDPA

HSDPA (*high speed downlink packet access*) és una tecnologia disponible en el *release 5* d'UMTS/3GPP però que es va començar a implantar 2006. Per a un operador només implica una actualització del programari de la xarxa. Els usuaris han de disposar de terminals compatibles amb HSDPA.

HSDPA multiplica la velocitat de baixada fins a un factor de 10, i encara té menor latència que UMTS.

	Velocitat teòrica	Velocitat pràctica
GPRS	115 kbps	40 kbps
EDGE	470 kbps	120 kbps
UMTS	2 Mbps	200-300 kbps
HSDPA	14 Mbps	500-1000 kbps

#### Latència

La latència són els retards que es poden produir a la xarxa. Veu i vídeo requereixen baixa latència però suporten la pèrdua d'alguns bits. Les dades, al revés (no tenen restriccions de latència però no es poden perdre bits).

HSDPA usa:

- Canals compartits *downlink* d'alta velocitat (HS-DSCH, *high speed downlink shared channel*)

En UMTS les transmissions d'un usuari s'assignen durant 10-20 ms; en HSDPA ho fan cada 2 ms, i això permet adaptar-se millor a l'entorn (permet adaptar-se a les condicions instantànies del canal).

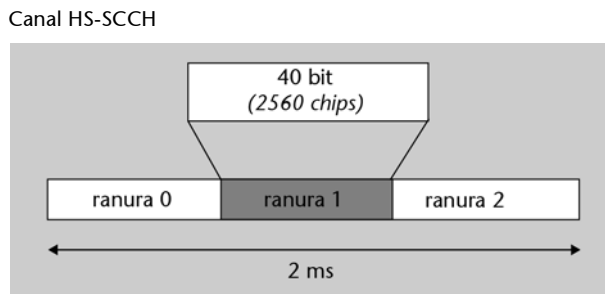
- QPSK (com UMTS), però si les condicions de ràdio són bones, disposa de 16QAM.
- Taxa de codificació variable, d'1/4 (1/4 dels bits són d'usuari i 3/4 de correcció) fins a 4/4 (no hi ha redundàncies)

Vegem d'on surten els 14 Mbps de velocitat teòrica. En UMTS, amb 640 bits/ranura, i tenint en compte que en una trama (10 ms) hi ha 15 ranures, la velocitat és  $640 \cdot 15 / 10 \text{ ms} = 960 \text{ kbps}$ . Com en HSDPA, podem unir les 15 ranures, la velocitat és 15 vegades superior. O sigui, 14,4 Mbps.

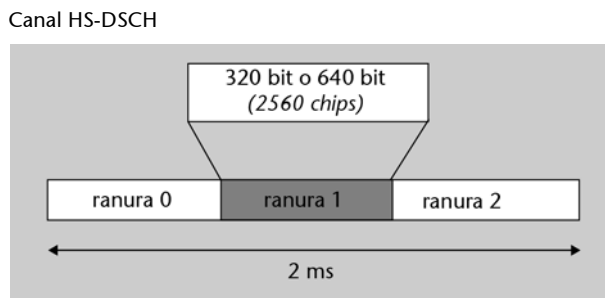


Un usuari coneix l'estructura de l'HS-DSCH llegint el nou canal *downlink* HS-SCCH (*high speed shared control channel*). Aquest canal porta la senyalització associada amb la transmissió del canal HS-DSCH.

HS-SCCH és un canal descendent, que ens diu com estan organitzats els recursos de l'HS-DSCH. Treballa a 60 kbps (40 bits/ranura, com es mostra en la figura següent):

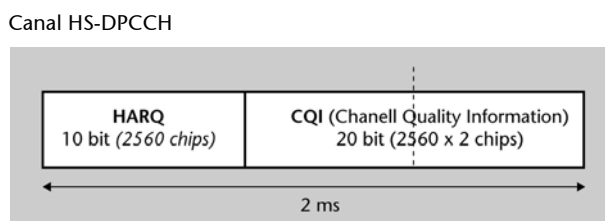


HS-DSCH és un canal descendent compartit. A cada ranura posa 320 bit si modulem amb QPSK o 640 bit si modulem amb 16QAM (vegeu la figura següent). En tot cas, una ranura sempre són 2.560 xips.



Es defineix també un nou canal *uplink* anomenat *HS-DPCCH* (*high speed dedicated physical control channel*) que té dues utilitats (vegeu la figura següent):

- 1) Si el mòbil rep amb errors les dades de l'HS-DSCH, llavors envia un NACK a través de l'HS-DPCCH. Aquest protocol de retransmissió de dades l'anomenem *HARQ* (*hybrid automatic repeat request*). La base li podrà retransmetre el paquet amb més redundància.
- 2) El mòbil envia a través de l'HS-DPCCH unes indicacions de la qualitat del canal (CQI). Així, la base pot decidir quin esquema de codificació aplica en la següent transmissió.



HSDPA augmenta la velocitat de baixada (velocitat de base a terminal). La tecnologia HSUPA (definida en la *release 6* del 3GPP), augmenta la velocitat de terminal a base. Aquests sistemes (HSDPA/HSUPA) estan pensats per a baixa mobilitat (menys de 30 km/h).

#### Les primeres proves HSDPA a Espanya...

... es van fer el febrer de 2006 amb motiu del congrés 3GSM de Barcelona i es va aconseguir una velocitat mitjana real de 400-700 kbps. Hi ha empreses que ja ofereixen targetes PCMCIA HSDPA per navegar des del portàtil a aquestes velocitats comparables a les de l'ADSL.

Categoria de terminal	Velocitat	Modulació
1	1,2 Mbps	QPSK/16QAM
2	1,2 Mbps	QPSK/16QAM
3	1,8 Mbps	QPSK/16QAM
4	1,8 Mbps	QPSK/16QAM
5	3,6 Mbps	QPSK/16QAM
6	3,6 Mbps	QPSK/16QAM
7	7,2 Mbps	QPSK/16QAM
8	7,2 Mbps	QPSK/16QAM
9	10,2 Mbps	QPSK/16QAM
10	14,4 Mbps	QPSK
11	0,9 Mbps	QPSK
12	1,8 Mbps	QPSK

## 2.2. HSUPA

HSUPA està incorporat en el *release 6* del 3GPP. Un terminal que suporti HSUPA ha de suportar HSDPA. La idea bàsica de l'HSUPA és fer créixer la velocitat de transmissió de l'enllaç ascendent mitjançant mecanismes semblants als de l'HSDPA, com per exemple una configuració de l'enllaç ascendent més dinàmica i protocols híbrids de repetició automàtica (ARQ), entre d'altres.

Les característiques més importants de l'HSUPA són les següents:

- Afegeix un nou canal E-DCH, no compartit, en el qual podem usar fins a 4 codis.
- Disposa d'un TTI opcional de 2 ms. O sigui, es pot enviar amb 2 ms (3 ranures) o 10 ms (15 ranures).
- En mode macrodiversitat hi ha cel·les servidores (s'encarrega de la capa 3 i controla la potència d'enllaç de pujada –hi ha un nou canal) i no servidores (no pot augmentar la potència; la pot mantenir o reduir)

La velocitat màxima s'aconsegueix amb 4 canals (2 amb SF = 2 i 2 amb SF = 4).  
 $Tenim 2 \cdot 960 + 2 \cdot 1920 = 5,7 \text{ Mbps}$

Els terminals es classifiquen des de la categoria 1 (0,73 Mbps) fins a la categoria 6 (5,76 Mbps).

Categoria de terminal	Canals i spreading	TTI	Velocitat amb TTI = 10 ms	Velocitat amb TTI = 2 ms
1	1 × SF4	10 ms	0,73 Mbps	
2	2 × SF4	2 ms/10 ms	1,46 Mbps	1,46 Mbps
3	2 × SF4	10 ms	1,46 Mbps	
4	2 × SF2	2 ms/10 ms	2 Mbps	2,92 Mbps
5	2 × SF2	10 ms	2 Mbps	
6	2 × SF2 + 2 × SF4	2 ms/10 ms	2 Mbps	5,76 Mbps

És important adonar-se que, al contrari del que succeïa en l'HSDPA, en l'HSUPA no s'utilitza modulació adaptativa.

#### Exemple d'HSUPA

Un exemple de producte HSUPA és la família Huawei UMTS RAN6.0:

- Inclou RNC i Node B
- Basat en 3GPP R6, Vodafone la va començar a instal·lar el 2008
- HSDPA fase 3: 14.4 Mbps per cel·la, 7.2 Mbps per usuari, 64 usuaris per cel·la, suport de les 12 categories del terminal
- HSUPA fase 1: 1.92 Mbps per usuari, 20 usuaris per cel·la

### 2.3. HSPA+

HSPA+ està incorporat en la *release 7* del 3GPP. L'estàndard HSPA+ intenta explotar al màxim el potencial dels 5 MHz d'amplada de banda del canal d'UMTS. Usa modulació fins a 64QAM per a HSDPA i fins a 16QAM per a HSUPA. També fa ús de tècniques MIMO 2 × 2.

Les velocitats màximes són d'11 Mbps en l'enllaç ascendent i 28 Mbps en el descendent. La latència de les dades és inferior a 50 ms.

Per a categoritzar els terminals es fan servir dues taules, una per a HSDPA i una altra per a HSUPA. Les noves categories que apareixen respecte a les que hi havia en HSDPA i HSUPA són degudes a les noves modulacions que s'usen i a l'ús de MIMO. Així, dins d'HSPA+ hi ha 18 categories de terminals HSDPA i 7 categories de terminals HSUPA. De les 18 categories HSDPA, les 12 primeres són les HSDPA originals, la 13 i la 14 afegeixen 64QAM i la 15 i la 16 usen MIMO. La 17 i la 18 són combinacions de les 4 anteriors. De les 7 categories HSUPA, les 6 primeres són les HSUPA originals i la setena usa 16QAM.

MIMO  $2 \times 2$ : dues antenes transmissores en el node B per a transmetre informació a les dues antenes receptors del terminal receptor. Amb aquesta diversitat en l'espai s'aconsegueixen millores en tots dos enllaços.

	MIMO 2 × 2 DL	NO MIMO
DL	28 Mbps (16QAM)	14 Mbps (16QAM) 21 Mbps (64QAM)
UL	5,76 Mbps (QPSK) 11 Mbps (16QAM)	5,76 Mbps (QPSK) 11 Mbps (16QAM)

En la *release 8* tenim DL MIMO amb 64QAM a 42 Mbps.

Un altre avantatge és la DTX/RTX (transmissió/recepció discontinua). Amb aquest mecanisme es pot apagar el transmissor del mòbil si el mòbil no té res per transmetre i es pot apagar el receptor del mòbil si aquest ha acordat amb el node B que no tindrà res per rebre durant un temps. D'aquesta manera aconseguim:

- reduir el consum de bateria
- reduir la interferència en l'aire (i, per tant, augmentar la capacitat)

### 3. LTE

En aquest apartat farem una descripció de l'estàndard LTE, considerat un estàndard de la 3.9G. És un estàndard totalment IP però permet als operadors una introducció progressiva de tal manera que els permet mantenir els serveis de veu sobre les plataformes existents i aprofitar els avantatges d'LTE per als serveis de dades. En aquest últim punt, s'ha de dir que l'objectiu d'LTE és proporcionar l'Internet de banda ampla que tenim en xarxes fixes, però en xarxes mòbils.

L'estudi de l'estàndard LTE es va iniciar el desembre de 2004 per a assegurar la competitivitat d'UMTS davant tecnologies emergents com WiMAX. Està definit per la *release* 8 del 3GPP.

LTE permet amplades de banda escalables fins a 20 MHz (1,25, 1,6, 2,5, 5, 10, 15 i 20). El cas de 5 MHz és el d'UMTS.

Sobre 20 MHz, ofereix 100 Mbps en l'enllaç descendent i 50 Mbps en l'ascendent.

Permet una interacció fàcil entre xarxes de tercera generació de tipus UMTS i xarxes de tercera generació de tipus Wi-Fi/WiMAX. La latència és inferior als 10 ms. Amb aquesta latència podem tenir aplicacions en temps real (jocs en xarxa, veu sobre IP...) sense que l'usuari noti els retards que sí que tenien altres estàndards previs. Els operadors poden oferir serveis com reproducció en temps real, xarxes per a compartir continguts multimèdia (vídeo...), TV d'alta definició, videoconferència d'alta qualitat..., serveis que fins a l'aparició d'LTE només es podien donar sobre xarxes fixes de manera massiva.

A més de tenir amplada de banda variable segons la necessitat, també podem usar diferents bandes segons els diversos condicionants (per exemple, bandes de freqüència més baixes en entorns rurals per a tenir més abast).

Una de les principals innovacions que incorpora és l'ús de MIMO. MIMO es refereix a l'ús d'antenes múltiples en transmissió i recepció i aprofita fenòmens físics com la propagació multicamí per a augmentar la velocitat i reduir la taxa d'error.

Vegem amb més detall aquestes característiques.

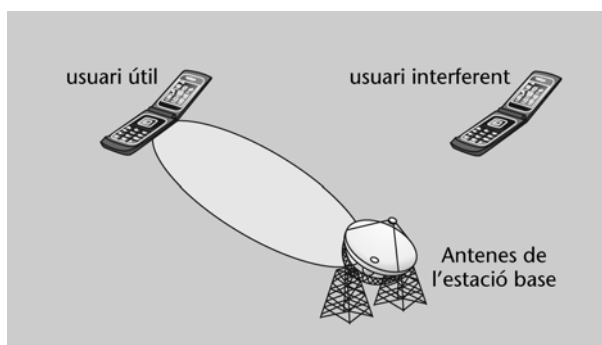
Tenim 3 tècniques MIMO:

1) **MIMO TxD (Tx diversity) [MISO]**. Transmetem diverses vegades el mateix per diverses antenes. Habitualment al receptor arriben diverses versions d'una mateixa informació i les pot combinar per a obtenir una relació senyal-soroll millor en el receptor.

2) **MIMO SM (spatial multiplexing)**. Enviem diferents cadenes de dades (del mateix o de diferents usuaris) simultàniament a antenes diferents. Fent-ho així, augmentem la velocitat.

3) **MIMO beamforming**. Es tracta de formar un feix intel·ligent al diagrama de radiació de les antenes que en cada moment apunti allà on sigui més convenient.

MIMO beamforming



L'amplada de banda dels canals és flexible (des d'1,25 MHz fins a 20 MHz) i l'ús de les portadores és més eficient (pot usar qualsevol banda freqüencial definida pel 3GPP), característiques molt interessants des del punt de vista de l'operador de xarxa. Si s'usen les bandes freqüencials altes (més enllà de 5 GHz), podem tenir una gran capacitat (com més espectre disponible, més capacitat) però menys cobertura (ja sabem que com més freqüència, més atenuació); si treballem en bandes inferiors, tindrem més cobertura però menys velocitat. Les prestacions màximes d'LTE es poden tenir a distàncies de fins a 5 km de l'estació base però podríem arribar a tenir servei, amb prestacions limitades, fins a 100 km.

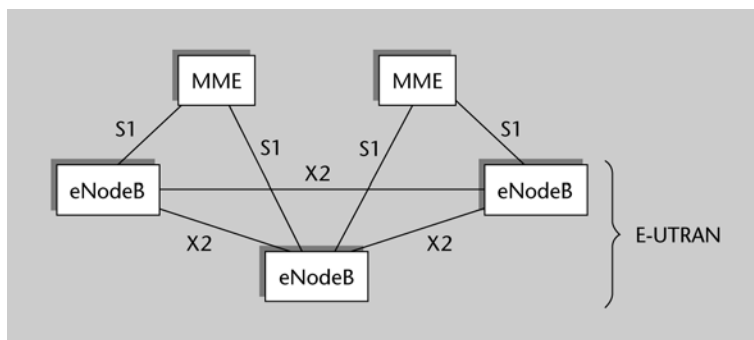
La bona eficiència espectral d'OFDM es complementa amb modulacions d'alt ordre (com 64QAM), tècniques de correcció d'errors FEC i tècniques MIMO fins a 4 antenes. Amb tot això aconseguim una velocitat 5 vegades més gran que en HSPA. En l'enllaç descendent podem tenir fins a 300 Mbps sobre un espectre de 20 MHz. En l'ascendent podem tenir fins a 75 Mbps sobre 20 MHz i suportar 200 usuaris actius en una cel·la sobre 5 MHz.

Pel que fa al transport, no hi ha canals dedicats (només compartits).

Hi ha nous elements de xarxa: apareix una nova interfície (X2) que uneix els nodes B per a facilitar els traspasos. La integració amb altres xarxes és possible

amb interfícies que s'han definit. Per exemple, entre l'SGSN (de les xarxes 3G) i l'MME (Mobility Management Entity) d'LTE.

Interfícies definides en LTE



S'usen els HARQ que s'usaven en HSPA.

Usa un TTI de 0,5 ms. En l'HSPA el TTI era de 2 ms, cosa que fa que l'assignació de recursos sigui més eficient en LTE.

LTE pot conviure amb estàndards previs. Així, un usuari d'LTE pot fer trucades de veu i accedir a serveis bàsics de dades encara que no tingui cobertura LTE, aprofitant xarxes existents com HSPA o GPRS.

Permet compartir elements de l'accés ràdio (RAN) entre els operadors i disposa d'eines d'optimització de la xarxa, de manera que redueix el cost d'exploració.

S'usen nous esquemes d'accés al medi: OFDMA en l'enllaç descendent i SC-FDMA (Single Carrier FDMA) en l'ascendent:

- **OFDMA s'usa en WiMAX, WLAN, DVB...** En lloc de posar les dades en una portadora ampla, les distribueix en portadores estretes. Aquestes portadores són ortogonals entre si (l'espectre de cada portadora té un zero en la freqüència central de la resta de portadores). És robust en el multicamí i té una bona eficiència espectral.
- **SC-FDMA encara no s'usa en altres estàndards.** És semblant a OFDMA. Fa més eficients els amplificadors de potència dels mòbils (per això l'usen en l'enllaç ascendent).

Descripció de l'OFDMA que es fa servir en l'enllaç descendent (DL): de moment, només cal saber que la modulació OFDM es basa en la FFT (Fast Fourier Transform) i la IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) per a transmetre la informació mitjançant diverses subportadores.

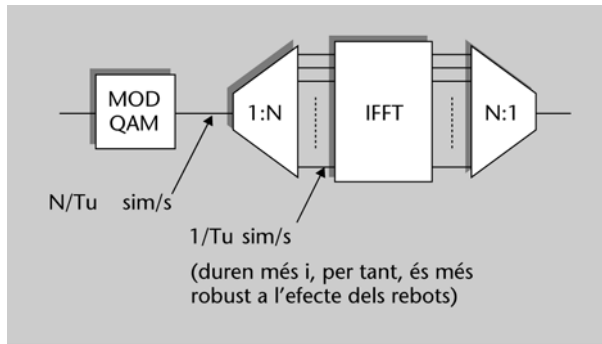
Cada subportadora es modula independentment.

#### Interconnexió de xarxes

El febrer de 2008 hi havia uns 20 milions d'usuaris de xarxes HSDPA i més de 25 operadors que també incorporaven HSUPA. També han aparegut altres tecnologies com el Mobile WiMAX (que és el sisè mètode d'accés ràdio d'IMT-2000 –anomenat OFDMA TDD WMAN). És per aquest motiu que LTE simplifica la interconnexió amb altres xarxes, ja que en el futur aquest serà un aspecte que l'usuari tindrà en compte a l'hora d'adoptar una tecnologia.

En altres assignatures s'estudia en detall la modulació OFDM.

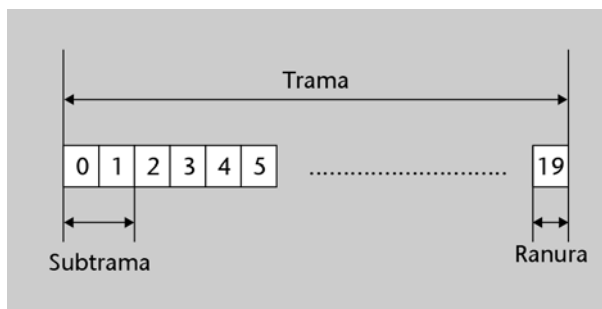
## OFDMA



OFDM usa moltes subportadores estretes, separades 15 KHz. La durada d'un símbol OFDM és  $1/15.000$  + prefix cíclic, en què el prefix cíclic és per a mantenir l'ortogonalitat entre les subportadores.

Una ranura dura 0,5 ms. Dues ranures formen una subtrama ràdio (1 ms). 20 ranures (10 subtrames ràdio) formen una trama. Aquesta trama dura 10 ms.

## Trama, subtrama i ranura

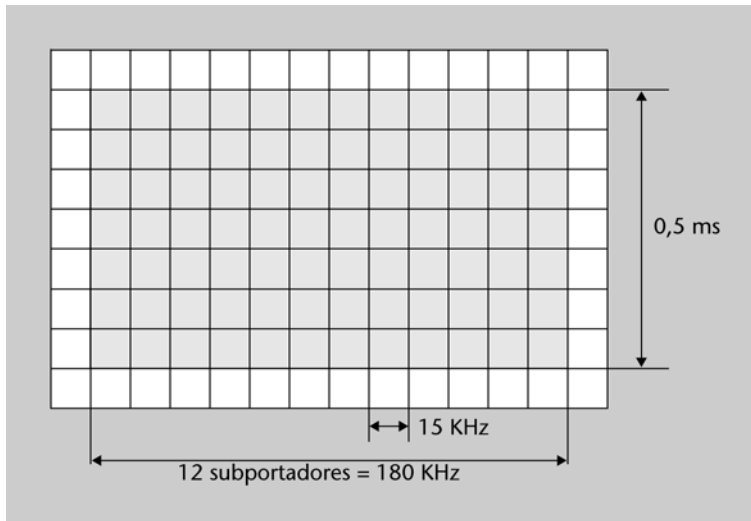


Un *resource block* és la mínima porció de recurs físic assignable a un usuari, i consta d'un nombre determinat de subportadores durant un període de temps determinat.

Un LTE *resource block* són 12 subportadores (o sigui,  $12 \times 15 = 180$  KHz) durant 0,5 ms. Si ens fixem en l'eix de temps, en 0,5 ms podem tenir 6 o 7 símbols OFDM consecutius (7 si s'usa prefix cíclic normal o 6 si el prefix cíclic és estès). Per tant, un *resource block* consta de 6 o 7 símbols OFDM consecutius en temps i 12 subportadores de 15 KHz consecutives en freqüència.

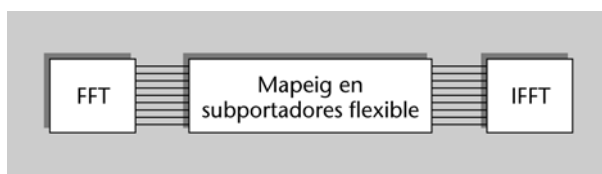
El nombre de bits que porta cada símbol depèn de la modulació usada (6 bits amb 64QAM, 4 bits amb 16QAM o 2 bits amb QPSK).



Visió temps-freqüència d'un *resource block*

Descripció de l'SC-FDMA que es fa servir en l'enllaç ascendent (UL): en OFDMA cada subportadora només porta informació d'un símbol. En SC-FDMA cada subportadora porta informació de tots els símbols.

SC-FDMA



La mida del *resource block* és com en DL (o sigui, 12 subportadores i 1 ranura).

OFDM té una PAPR (*peak to average power ratio*) gran i requeriria amplificadors de potència molt lineals (cars i amb elevat consum). SC-FDMA agrupa els *resource blocks* de manera que no cal tanta linearitat i el consum és menor.

Finalment, comentarem els canals que fan servir els enllaços ascendent i descendent.

#### 1) Canals de l'enllaç descendent:

- Physical Broadcast Channel (PBCH)
  - Usa QPSK
  - Porta informació de la cel·la
  - El trobem en part dels símbols 3 i 4 de la ranura 0 i en part dels símbols 0 i 1 de la ranura 1.
- Physical Downlink Control Channel (PDCCH)
  - Usa QPSK
  - Porta ACK i *scheduling* (assignació de recursos)

- El trobem en part del símbol 0 i en els símbols 1 i 2 de la ranura 0
- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
  - Usa QPSK, 16QAM i 64QAM
  - Pot estar a la resta d'ubicacions
- Canals de control o referència:
  - RS (Reference Signal). És una referència, que està en els símbols 0 i 4 de cada ranura.
  - P-SCH (Primary Synchronization Channel). Està en el símbol 6 de la ranura 0.
  - S-SCH (Secondary Synchronization Channel). Està en el símbol 5 de la ranura 0.

Per a una comprensió millor, en el gràfic següent tenim la ranura 0 d'una trama (recordem que la trama té 20 ranures). En l'eix horitzontal tenim els 7 símbols OFDM d'aquesta ranura (suposem prefix cíclic normal) i en l'eix vertical tenim les 12 subportadores (de 15 KHz d'amplada de banda cadascuna).

Ranura 0 d'una trama descendent

		Símbols OFDM						
		0	1	2	3	4	5	6
Subportadores	1	RS i PDCCH	PDCCH	PDCCH	PBCH i PDSCH	RS i PDSCH	S-SCH i PDSCH	P-SCH i PDSCH
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							

## 2) Canals de l'enllaç ascendent:

- Physical Random Access Channel (PRACH). Usa QPSK i es fa servir per a l'establiment de trucades (*call setup*).
- Physical Uplink Control Channel (PUCCH). Usa QPSK i BPSK. Es fa servir per a ACK i *scheduling*.
- Physical Uplink Shared Channel (PUSCH). Usa QPSK, 16QAM i 64QAM.
- RS (Reference Signal). És una referència, que està en el símbol 3 de cada ranura

És important destacar que no s'usen canals dedicats (tots els canals són compartits), cosa que permet optimitzar els recursos disponibles a escala d'operador.

Abans s'ha comentat que WiMAX i LTE són molt semblants. Fem a continuació una enumeració de les diferències més importants:

- WiMAX es basa en TDD; LTE suporta FDD i TDD.
- WiMAX té més *overhead* (més redundàncies a les trames).
- La separació entre portadores en WiMAX és 11 KHz i en LTE és 15 KHz. O sigui, LTE permet més mobilitat dels terminals.
- WiMAX és OFDMA en DL i UL mentre que LTE és OFDMA només en el DL. O sigui, LTE té més autonomia (menys consum).
- Els terminals WiMAX són més simples que els terminals LTE.

## 4. DVB-H

En aquest apartat farem una descripció de l'estàndard DVB-H, que ens permet la recepció de televisió en un terminal alimentat per bateries i que pot estar en moviment.

En la Televisió Digital en Mobilitat es poden diferenciar dues modalitats de treball:

- **Unidestinació, *unicast*.** S'estableix un canal exclusiu (comunicació punt per punt) entre l'estació base i l'usuari. Aquesta modalitat només pot ser utilitzada per un limitat nombre d'usuaris de manera simultània, tants com canals exclusius de comunicació es puguin establir entre l'estació base i els usuaris. És la modalitat que utilitzen els operadors de telefonia mòbil.

Aquest model es basa en *streaming unicast*. Cada terminal sol·licita una sessió de *streaming* als servidors i per a cada sol·licitud que reben els servidors s'origina una transmissió de l'*stream*. Hi ha una transmissió diferent per a cada usuari encara que sol·licitin el mateix canal. Això és clarament ineficient.

- **Difusió (TDT mòbil), *broadcast*.** Consisteix en un autèntic servei de difusió, ja que s'estableix una comunicació punt (estació emissora) - multipunt (dispositius mòbils), sense limitació en el nombre d'usuaris que accedeixen al servei de manera simultània.

En un model unidestinació tenim fortes limitacions a l'hora de comprimir la informació. Tot i que un mòbil 3G pot rebre dades a 384 kbps sense problemes, si els canals els codifiquem a aquesta velocitat arribarem de seguida al límit de capacitat del node B. Per aquest motiu, es limiten a uns 128 kbps. A aquesta velocitat, una pantalla de  $176 \times 144$  píxels (mida QCIF) es veu amb qualitat acceptable. Però apareixen dos problemes:

- 1) si a la imatge hi ha petits objectes en moviment (per exemple, un partit de tennis) la qualitat serà dolenta;
- 2) hi ha pantalles amb més resolució (QVGA,  $320 \times 340$ ) que requeriran més velocitat. Per aquest motiu, els models de difusió són els més apropiats per a TV en el mòbil.

A més, la modalitat de difusió és la que més similituds té amb el servei de televisió digital proporcionat per la resta de tecnologies (terrestre, cable, satèl·lit, ADSL) .

DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld) és un estàndard obert desenvolupat per DVB. La tecnologia DVB-H constitueix una plataforma de difusió IP orientada a terminals portàtils que combina la compressió de vídeo i el sistema de transmissió de DVB-T, estàndard utilitzat per la TDT (Televisió Digital Terrestre).

DVB-H fa compatible la recepció de la TV terrestre en receptors portàtils alimentats amb bateries. És a dir, DVB-H és una adaptació de l'estàndard DVB-T adaptat a les exigències dels terminals mòbils.

El competidor més important per a aquest estàndard és la tecnologia DMB. DVB-H és un estàndard obert.

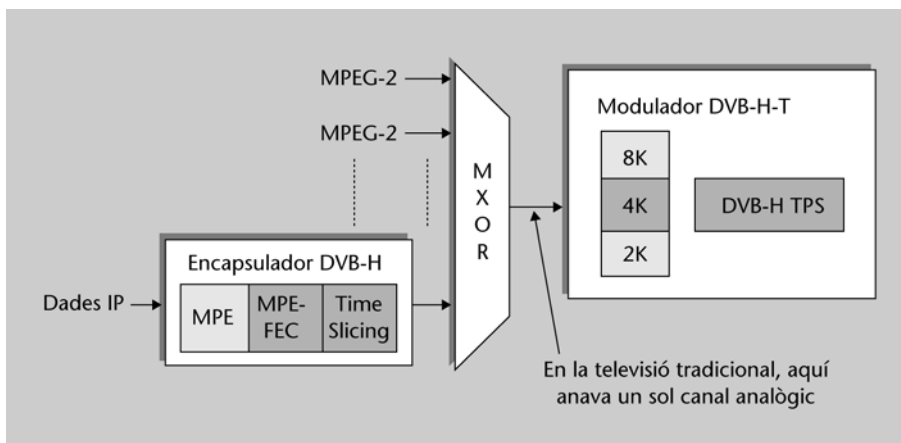
A causa d'algunes especificacions tècniques dels dispositius per als quals s'ha creat l'estàndard, DVB-H s'ha hagut de sotmetre a alguns canvis respecte al seu estàndard predecessor DVB-T. Alguns dels canvis més destacables s'enumeren a continuació:

- **Baix consum.** El primer problema a què s'havia de fer front era la necessitat de reduir el consum d'aquesta nova tecnologia, ja que està enfocada a terminals portàtils. Per a l'usuari és important el fet de no haver de recarregar constantment el terminal, per la qual cosa s'havia de buscar una solució que l'estàndard DVB-T no oferia. Aquesta solució rep el nom de *time-slicing*. A partir de les esperes introduïdes per aquest mecanisme s'estalvia fins a un 90% de bateria respecte al funcionament proporcionat per DVB-T. A més, el mecanisme de *time-slicing* és especialment útil per a fer el traspàs.
- **Millora la recepció.** El segon problema a què s'havia de fer front té lloc en recepció, ja que els terminals portàtils als quals es dirigeix aquest estàndard tenen antenes de reduïdes dimensions. El nou estàndard proposa la solució anomenada MPE-FEC (MultiProtocol Encapsulation / Forward Error Correction), sistema que proporciona una sòlida protecció davant d'errors. Malgrat que MPE-FEC és opcional en aquest estàndard, el seu ús proporciona una notable millora en la relació portadora de soroll (C/I) i una minimització de l'efecte Doppler, un dels principals problemes presents en els receptors mòbils.
- **Qualitat de recepció.** El mode 4k, que proporciona un total de 4.096 portadores, presenta un compromís entre qualitat de recepció en moviment i mida de la xarxa. Per tant, aquest estàndard introdueix un mode addicional als ja previstos per DVB-T.

Ja que DVB-H està basat en DVB-T, és compatible introduir serveis DVB-H a la banda de freqüència en què es troba DVB-T. Per tant, DVB-H, igual que el seu predecessor, utilitza canals de 5 MHz d'amplada de banda.

- **Traspàs.** DVB-H suporta el traspàs de manera molt eficient. Aquest fet es deu en gran manera als períodes de silenci generats gràcies al *time-slicing*. En aquests períodes de silenci el receptor pot escanejar altres freqüències per a trobar la que li subministri més potència i, arribat el cas, executar el traspàs. Es pot destacar que la possibilitat de fer l'avaluació de freqüències alternatives en aquests períodes de silenci sense pertorbar la recepció del servei en curs és una característica molt important de l'estàndard DVB-H.
- **Ús dels bits reservats de la trama TPS (Transmitter Parameter Signaling).** Amb això senyalitzem de manera ràpida l'existència de serveis DVB-H en un canal. Un receptor no necessita descodificar el canal per a tenir aquesta informació. Faciliten el traspàs. S'usen durant la recerca de nous canals en els temps entre ràfegues. Un receptor no-DVB-H ignora aquesta senyalització.

#### Diferències entre DVB-H i DVB-T



Els canals TDT de cobertura autonòmica o nacional estan entre els 758 i 862 MHz i cadascun ocupa 8 MHz. A cada canal podem tenir uns 3-5 programes. En canvi, en l'espai d'un canal TDT podem tenir uns 10-50 canals per a DVB-H.

A més de DVB-H tenim altres estàndards:

- El **DVB-SH** és una versió millorada del DVB-H i farà possible que realment la televisió arribi a dispositius mòbils de tercera generació (3G) no solament en àrees urbanes, sinó també en àrees rurals on seria molt costós per als operadors de telefonia mòbil enviar el seu senyal. El DVB-SH emprava tant senyals terrestres com via satèl·lit, i ofereix més ample de banda, cosa que permet captar més canals i a un menor cost que el de les solucions utilitzades fins ara.
- **MediaFLO** de Qualcomm, principal competidor de DVB-H, que pot enviar contingut de manera més econòmica utilitzant tecnologia multitransmissió per a emetre molts canals a través de l'amplada de banda requerida per un únic canal UHF de TV.

- **DMB (Digital Media Broadcasting)**, que ha tingut èxit a l'Àsia. També conegut com a DMB-T, Digital Media Broadcasting - Terrestrial, és el més jove dels principals estàndards i brinda la millor qualitat de recepció per a la potència requerida. Ha evolucionat de l'estàndard European Digital Audio Broadcasting (DAB), el qual va ser àmpliament suportat pels fabricants coreans.

La major part dels ingressos s'espera que provinguin dels serveis interactius, no pas de la subscripció mensual. També hi haurà ingressos per publicitat. Els serveis interactius són una bona font d'ingressos, ja que les comunicacions de retorn es fan per la xarxa de telefonia.

**Mòbils que incorporen  
DVB-H**

Alguns terminals mòbils que incorporen receptor DVB-H són el Nokia N92 i l'LG KU950.

## 5. Futur de les comunicacions mòbils

En aquest mòdul hem parlat dels estàndards que es troben per damunt la 3G. Globalment es considera que hi ha tres tipus d'estàndards de 4G, englobats dins les sigles IMT-2000+. Aquests són:

- 802.16e
- LTE *release 9*
- HSPA *release 9*

Ja s'està pensant en els estàndards 5G. La nomenclatura prevista és:

- 802.16m
- LTE *release 10*
- HSPA *release 10*

De tots aquests, s'espera que l'LTE sigui el que més evolucioni. A continuació tenim una taula comparativa amb les prestacions de les diferents actualitzacions d'LTE on es veu el gran potencial d'aquesta 5G. Es donen les dades independents dels enllaços descendent (DL) i ascendent (UL).

		LTE <i>release 8</i> (3G)	LTE <i>release 9</i> (4G)	LTE <i>release 10</i> (5G)
Nombre de portadores	DL	1	5	5
	UL	1	2	2
Amplada de banda	DL	20	20	100
	UL	20	20	40
Modulació d'ordre superior	DL	64	64	64
	UL	16	16	64
Velocitat en Mbps	DL	10,3; 51; 102; 151; 302	10,3; 51; 102; 151; 302	10 a 1000
	UL	5,2; 25,5; 51; 75	5,2; 25,5; 51; 75	5 a 200



## Activitats

1. En aquest mòdul s'ha parlat de l'estàndard DVB-H com un sistema per a poder rebre televisió en el terminal mòbil. Una de les innovacions tecnològiques que incorpora és el *time-slicing*.
  - a) Expliqueu per què no és possible fer *time-slicing* amb el DVB-T. També incorpora mecanismes de protecció davant errors.
  - b) Expliqueu el mecanisme MPE/FEC que incorpora el DVB-H. Tots els sistemes de telecomunicacions que usen l'espectre radioelèctric han de complir unes normes nacionals (UN).
  - c) Indiqueu quina és la UN que regula les transmissions de televisió digital (incloent-hi el DVB-H) i expliqueu la situació actual del DVB-H dins aquest marc. A més del DVB-H, hi ha altres estàndards per a recepció de televisió en el mòbil.
  - d) Expliqueu les principals característiques dels estàndards DVB-SH, T-DMB, FLO, ISDB-T, OneSegment, CMMB i S-DMB. Especialment indiqueu quin és l'organisme promotor, les freqüències de treball i els avantatges i inconvenients respecte a DVB-H.

## Exercicis d'autoavaluació

1. Una de les principals innovacions del futur estàndard LTE (quasi quarta generació) és l'ús de tècniques MIMO. Expliqueu què són aquestes tècniques i els tipus de tècniques MIMO.
2. Expliqueu el concepte de *fast scheduling* en l'estàndard HSDPA.
3. En HSDPA es defineix un canal HS-DPCCH, que conté dues informacions: el HARQ (*hybrid automatic repeat request*) i el CQI (*channel quality information*). Expliqueu què són aquestes dues informacions, per a què serveixen i aclariu si van de mòbil a base o de base a mòbil.
4. Una certa base UMTS accepta HSDPA fase 3 i HSUPA fase 1. Expliqueu què vol dir això.
5. Un sistema LTE que sense MIMO doni 60 Mbps, quina velocitat pot donar amb un MIMO 4 × 4? Raoneu-ho.
6. Enumereu els canals de l'enllaç ascendent d'LTE i expliqueu la modulació que usen.
7. Què és el *time-slicing* en l'estàndard DVB-H?
8. Quants programes de televisió en DVB-H podem tenir en l'espai freqüencial que ocupa un programa de televisió en TDT?
9. Quan parlem de televisió en el mòbil, què és el DVB-SH?
10. En l'estàndard de televisió pel mòbil DVB-H es parla de les SFN (*single frequency network* o xarxes de freqüència única). Expliqueu què vol dir aquest concepte i per què és d'utilitat en els sistemes de televisió pel mòbil.

## Solucionari

1. Les tècniques MIMO (*multiple input multiple output*) són aquelles que usen diverses antenes per a transmetre o rebre. Hi ha tres tècniques principals: l'anomenada *beamforming* (que combina les antenes per a crear un diagrama de radiació a la nostra mida en cada moment), la de diversitat en transmissió (transmetem el mateix per diverses antenes, amb la qual cosa millorem la relació senyal/soroll) i la de multiplexatge en espai (enviem diferents cadenes de dades simultàniament a antenes diferents).

2. El *fast scheduling* és un mecanisme d'assignació de recursos que té en compte la qualitat de l'enllaç de cada usuari. Així, en cada instant, s'assignen els recursos del canal compartit a l'usuari que té més qualitat en el seu enllaç (el que té un C/I millor).

3. El HARQ és una informació que el mòbil envia a la base per a dir-li que les dades que aquest li ha enviat són errònies; llavors el mòbil sol·licita una repetició selectiva d'aquestes dades.

El CQI l'envia el mòbil i indica la qualitat del canal, per tal que la base decideixi quin és l'esquema de codificació per aplicar en l'enviament següent.

4. *HSDPA fase 3* vol dir que podem tenir fins a 14,4 Mbps/cel·la, 7,2 Mbps/usuari i 64 usuaris/cel·la. A més, suporta les 12 categories de terminals. *HSUPA fase 1* vol dir que podem tenir fins a 1,92 Mbps/usuari i fins a 20 usuaris/cel·la.

5. En un MIMO  $4 \times 4$  el que tenim són 4 antenes transmissores que es reparteixen el flux de dades originals. O sigui, que si teníem 60 Mbps ara tindrem una velocitat unes 4 vegades superior (uns 240 Mbps).

6. El canal PRACH (Physical Random Access Channel) s'usa per a establir trucades i fa servir QPSK. El canal PUCCH (Physical Uplink Control Channel) s'usa per als ACK i l'*scheduling* i usa BPSK o QPSK. El canal PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) fa servir QPSK, 16QAM o 64QAM.

7. El *time-slicing* és la tècnica que permet que el receptor DVB-H no hagi d'estar tota l'estona mirant el canal sinó que només caldrà que ho faci en els instants de temps assignats. Entre altres avantatges, això fa que el consum elèctric sigui menor.

8. Cada programa en DVB-H requereix uns 256 kbps. Tenint en compte que cada programa en TDT requereix uns 4 Mbps, podem tenir uns 15 canals, aproximadament.

9. DVB-SH són les sigles de *DVB satellite handheld*. Es tracta del DVB pensat per a mòbils però que s'ajuda de satèl·lits per a difondre les imatges. D'aquesta manera pot aconseguir una cobertura global.

10. DVB-H permet treballar amb xarxes de freqüència única. Això significa que tots els transmissors radien la mateixa informació a la mateixa freqüència i al mateix temps. D'aquesta manera, se simplifica el terminal, ja que no haurà de canviar de freqüència de recepció. A més, podem tenir estacions emissores molt properes i emetent amb poca potència, fet especialment interessant en ciutats on és habitual l'aparició de zones d'ombra.

## Glossari

**DL** *m* Downlink. Fa referència a l'enllaç descendent.

**DVB-H** *m* Digital Video Broadcasting Handheld. És un estàndard de vídeo digital pensat per a recepció en terminals portables.

**DVB-T** *m* Digital Video Broadcasting Terrestrial. És un estàndard de vídeo digital que s'emet des d'antenes terrestres.

**HARQ** *m* Hybrid Automatic Repeat Request. És un protocol de repetició i control d'errors.

**HSPA** *m* High Speed Packet Access. Accés de paquets a alta velocitat.

**HSUPA** *m* High Speed Uplink Packet Access. Accés de paquets a alta velocitat en l'enllaç ascendent.

**LTE** *m* Long Term Evolution. És un sistema que connecta els estàndards HSPA amb la 4G.

**MIMO** *m* Multiple input multiple output. Amb aquesta paraula es descriuen els sistemes que tenen diverses entrades i diverses sortides.

**MISO** *m Multiple input single output*. Amb aquesta paraula es descriuen els sistemes que tenen diverses entrades i una sola sortida.

**MME** *m Mobility management entity*. És un bloc encarregat de la gestió de la mobilitat en xarxes mòbils.

**QAM** *f Quadrature amplitude modulation*. Modulació d'amplitud en quadratura.

**RAN** *m Radio access network*. Són els elements que formen part de l'accés ràdio (estacions base...)

**SF** *m Spreading factor*. És el factor d'eixamplament en els sistemes basats en CDMA.

**SM** *m Spatial multiplexing*. Multiplexatge espacial.

**TTI** *m Time transmission interval*. És el temps durant el qual s'assigna un recurs en sistemes de transmissió digital.

**UL** *m Uplink*. Fa referència a l'enllaç ascendent.

**WMAN** *f Xarxa d'àrea metropolitana sense fils*

## Bibliografia

**Agustí, R.** (2010). *LTE: Nuevas tendencias en comunicaciones móviles*. Ed. Fundación Vodafone España

**Holma, H.** (2007). *WCDMA for UMTS-HSPA evolution and LTE*. John Wiley.

**Huidobro.** (2002). *Comunicaciones móviles*. Editorial Paraninfo.

**Sauter, M.** (2006). *Communication Systems for the Mobile Information Society*. John Wiley.

**Sendín.** (2004). *Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles*. Ed. McGraw Hill.

