

Índice general

Acrónimos	XI
Lista de autores	XXV
1. Introducción	1
<i>J. F. Monserrat, M. García Lozano, J. Olmos y N. Cardona</i>	
1.1. La sociedad del futuro	1
1.2. ¿Qué es y qué no la 5G?	3
1.3. Objetivos técnicos de la 5G	6
1.4. Objeto y organización del libro	8
Referencias	11
2. Densificación	13
<i>M. García Lozano</i>	
2.1. Introducción	13
2.2. Clasificación y tipos de nodos de baja potencia	15
2.2.1. Picoceldas	15
2.2.2. RRH	17
2.2.3. Femtoceldas	18
2.2.4. Relays	19
2.3. Distribución de la carga entre macroceldas y picoceldas	20
2.3.1. Expansión de rango de celda en terminales en modo idle	22
2.3.2. Expansión de rango de celda en terminales en modo conectado	24
2.4. Gestión de la interferencia	26
2.4.1. Gestión de la interferencia en el dominio de la frecuencia con agregación de portadoras	27
2.4.2. Gestión de interferencias en el dominio del tiempo, eICIC	29
2.4.3. Mejoras en la gestión de la interferencia, feICIC	31
2.5. Gestión de la movilidad	32
2.5.1. Mejoras al algoritmo de handover	34
2.5.2. Mejor estimación del estado de movilidad	35
2.5.3. Reducción del tiempo de recuperación tras un RLF	35

ÍNDICE GENERAL

2.5.4. Separación de los planos de control y usuario mediante conectividad dual	37
2.6. Gestión de la energía	39
Referencias	40
3. Transmisión y coordinación multipunto	43
<i>M. García Lozano y J. Olmos</i>	
3.1. Introducción	43
3.2. Consideraciones de implementación	46
3.2.1. Estimación de canal e interferencias	46
3.2.2. Diferentes mapeos del PDSCH en la capa física	48
3.2.3. Estrategias de clustering	50
3.3. Coordinación de scheduling y beamforming	51
3.4. Selección dinámica del punto de transmisión	53
3.5. Transmisión conjunta	55
3.5.1. Transmisión multipunto no coherente	55
3.5.2. Transmisión multipunto coherente	56
3.6. CoMP en el uplink	64
Referencias	64
4. Tecnologías SON	69
<i>J. Cabrejas, D. García, I. Alepuz, C. Herranz y S. Giménez</i>	
4.1. Introducción	69
4.2. Self-configuration	73
4.2.1. Automatic Neighbour Relation	74
4.2.2. Planificación de PCIs	76
4.3. Self-optimization	79
4.3.1. Mobility Load Balancing Optimization	80
4.3.2. Mobility Robustness Optimization	81
4.3.3. Enhanced Inter-Cell Interference Coordination	83
4.3.4. Capacity and Coverage Optimization	85
4.3.5. RACH Optimization	87
4.3.6. Ahorro energético	91
4.4. Self-healing	92
4.4.1. Función de self-healing	92
4.4.2. Casos de uso 3GPP	94
4.5. Interacción entre funciones SON	95
4.5.1. Enfoques	96
4.5.2. Coordinación MLBO/MRO	98
4.5.3. Arquitecturas	98
4.5.4. Propuestas de coordinación SON	99
4.6. Evolución de SON en los estándares 3GPP	99
4.6.1. Release 8 (2006-2009)	100
4.6.2. Release 9 (2008-2010)	102
4.6.3. Release 10 (2009-2011)	103

4.6.4. Release 11 (2010-2013)	104
4.6.5. Release 12 (2011-2015)	104
4.6.6. Release 13 (2012-2016)	105
Referencias	106
5. Comunicaciones D2D y relaying	111
<i>J. Olmos</i>	
5.1. Introducción	111
5.2. Necesidad de D2D en 5G	112
5.3. Comunicaciones móviles de emergencia: Un escenario relevante para D2D	113
5.4. D2D en el estándar 4G LTE	114
5.4.1. Arquitectura de red para LTE ProSe	115
5.4.2. Estructura de canales del interfaz SL	116
5.4.3. RRM en servicios LTE ProSe	118
5.4.4. Descubrimiento de terminales próximos en modo D2D	119
5.5. D2D en 5G	120
5.5.1. RRM para soporte de D2D asistido por la red	121
5.5.2. D2D entre UEs de operadores diferentes	122
5.6. Relaying	123
5.6.1. Relaying en 4G	125
5.6.2. Relaying en 5G	128
Referencias	132
6. Evolución del estándar LTE-A de Release 10 a Release 12	135
<i>D. Calabuig</i>	
6.1. Introducción	135
6.2. LTE Release 10	137
6.2.1. Agregación de portadoras	137
6.2.2. Mejoras en canales UL y DL	146
6.2.3. Relays	151
6.2.4. Redes heterogéneas e ICIC	155
6.3. LTE Release 11	156
6.3.1. Nuevas funcionalidades de CoMP	156
6.3.2. Agregación de portadoras	157
6.3.3. Mejoras en canales UL y DL	158
6.3.4. Redes heterogéneas e ICIC	160
6.4. LTE Release 12	161
6.4.1. Nuevas categorías de terminales	161
6.4.2. Mayor orden de modulación	162
6.4.3. Conectividad dual	164
6.4.4. Comunicaciones D2D	166
6.4.5. Redes heterogéneas	166
6.4.6. Agregación de portadoras	167
Referencias	168

ÍNDICE GENERAL

7. LTE broadcast/multicast (eMBMS y SC-PTM)	169
<i>D. Gómez Barquero</i>	
7.1. Introducción	169
7.2. Arquitectura de red eMBMS	174
7.2.1. Entidades lógicas de red eMBMS	174
7.2.2. Canales lógicos, canales de transporte y canal físico de eMBMS	176
7.3. Redes MBSFN	177
7.3.1. Concepto de redes de frecuencia única	177
7.3.2. Parámetros de capa física OFDM para eMBMS	178
7.3.3. Área MBSFN	180
7.3.4. Sincronización de las estaciones base	180
7.3.5. Multiplexación de datos unicast y broadcast en modo MBSFN	182
7.3.6. Recuento de usuarios para activar MBSFN	183
7.4. Mecanismos de transferencia de datos en MBMS: streaming y download	183
7.4.1. Códigos raptor AL-FEC	185
7.4.2. Procedimiento de reparación de ficheros	186
7.5. eMBMS bajo demanda (MooD)	187
7.6. LTE multicast sobre una celda SC-PTM	188
7.7. eMBMS release 14	191
Referencias	193
8. Comunicaciones entre máquinas y vehiculares	195
<i>J. F. Monserrat</i>	
8.1. Introducción	195
8.2. Procedimientos simplificados de acceso y señalización	199
8.2.1. Diseño simplificado en capa PHY	200
8.2.2. Reducción del consumo de potencia	203
8.2.3. Acceso múltiple	207
8.3. Comunicaciones ultrafiabiles y de baja latencia	209
8.3.1. Requisitos	210
8.3.2. Tecnologías habilitantes	211
8.4. Comunicaciones V2X	215
8.4.1. Estado de la tecnología	217
8.4.2. Proceso de estandarización del 3GPP	219
8.4.3. Evolución y siguientes pasos	220
8.5. Conclusiones	221
Referencias	222
9. Virtualización de redes	225
<i>S. Ruiz</i>	
9.1. Introducción	226
9.2. Arquitectura C-RAN	229
9.2.1. Evolución de la arquitectura de las estaciones base	230
9.3. Ventajas de C-RAN	233
9.3.1. Adaptabilidad al tráfico no uniforme y escalabilidad	234

9.3.2. Ahorro energético y en coste	235
9.3.3. Aumento del throughput	235
9.3.4. Más fácil de mantener y actualizar	238
9.4. Requisitos de implementación de C-RAN	238
9.4.1. Red de transporte	239
9.4.2. Virtualización de la red	244
9.4.3. Cooperación entre BBU, interconexión y clusterización	245
9.5. Virtualización: NFV y SDN	247
9.5.1. Virtualización del BBU pool	247
9.5.2. Network Function Virtualization	247
9.5.3. Software Defined Network	248
9.6. Escenarios y ejemplos	248
Referencias	251
10.MIMO masivo	257
<i>S. Roger</i>	
10.1. Introducción	257
10.2. Evolución hacia los sistemas MIMO masivos	261
10.2.1. MIMO punto a punto	261
10.2.2. MIMO multiusuario	265
10.3. Retos en la adquisición de CSI en sistemas MU-MIMO masivos	268
10.3.1. Sistemas TDD	268
10.3.2. Sistemas FDD	271
10.4. Arquitecturas banda base y RF para MIMO masivo	273
10.4.1. Precodificación digital	273
10.4.2. Beamforming analógico	274
10.4.3. Beamforming híbrido	275
10.5. Limitaciones prácticas e imperfecciones hardware	277
10.5.1. Conocimiento imperfecto del estado del canal	277
10.5.2. Uso de componentes hardware no ideales	278
10.6. Aplicaciones de los sistemas MIMO masivos	280
10.6.1. Backhaul inalámbrico para small cells	280
10.6.2. Cancelación de interferencias en comunicaciones D2D	281
10.7. Conclusiones	282
Referencias	283
11.El estándar LTE-Advanced Pro: Releases 13 y 14	289
<i>D. Martín-Sacristán</i>	
11.1. Introducción	289
11.2. Conectividad dual	290
11.3. CoMP	291
11.4. Comunicaciones D2D	292
11.5. Uso del espectro	293
11.5.1. Agregación de portadoras	294
11.5.2. Uso de espectro no licenciado: LAA	295

ÍNDICE GENERAL

11.5.3. Agregación LTE-WLAN	298
11.6. Comunicaciones entre máquinas	299
11.6.1. Categoría M1	300
11.6.2. Categoría NB-IoT	305
11.6.3. DRX mejorado (eDRX)	308
11.6.4. Mejoras en la red troncal para IoT	309
11.7. Técnicas multiantena y mejoras en recepción	310
11.7.1. Beamforming tridimensional	310
11.7.2. Sistemas de antenas activas	313
11.7.3. Cancelación de interferencias en el enlace ascendente	313
11.7.4. Superposición de múltiples usuarios	314
11.8. Otras características	315
11.8.1. Mejoras en la operación de la red	315
11.8.2. Localización en interiores	315
11.8.3. Multicast sobre una celda	316
11.9. Release 14: evolución hacia la 5G	316
11.9.1. Mejora de la latencia de LTE	316
11.9.2. Comunicaciones vehiculares	317
11.9.3. Licensed-Assisted Access	318
Referencias	318