

Trabajo Fin de Máster

DE

**ANÁLISIS DE EMBMS (RELEASE 14) COMO ALTERNATIVA
DE RADIODIFUSIÓN 4G**

Anexo II - eMBMS: Análisis del Desarrollo en la Release 14 de 3GPP

Alumno *Ander Barroso García*

Titulación *Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación*

Fecha *Septiembre de 2016*

Profesores de Proyectos

Sr. Otegi

Sra. Toledo

Directores del Proyecto

Sr. Angueira

Sr. Montalban

Curso Académico

2015 - 2016

Índice

1. Lista de tablas e ilustraciones.....	4
1.1 Tablas.....	4
1.2 Ilustraciones	5
2. Introducción	6
3. Especificaciones de MBMS/eMBMS.....	6
4. RAN.....	9
4.1. Meetings.....	9
4.1.1. RAN 70.....	10
4.1.1.1. RP-151916	10
4.1.1.2. RP-152273	11
4.1.2. RAN 71.....	11
4.1.2.1. RP-160675	12
4.1.3. RAN 72.....	13
4.1.3.1. RP-161297	13
4.2. Work Item: eMBMS enhancements for LTE.....	14
4.2.1. RP-160675	15
4.2.1.1. Introducción	15
4.2.1.2. Justificación	15
4.2.1.3. Objetivos.....	17
4.2.1.4. Especificaciones afectadas	18
4.2.1.5. Participantes.....	18
4.2.2. RP-161297	19
4.2.2.1. Objetivos.....	19
4.2.2.2. Especificaciones afectadas	19
4.2.2.3. Respaldo	20
4.2.3. RP-160825	20
4.2.3.1. Justificación	21
4.2.3.2. Escenarios.....	22
4.3. RAN1.....	24
4.3.1. RAN1 84b.....	24
4.3.1.1 Ericsson.....	25
4.3.1.2 Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell	29

4.3.1.3 Intel.....	35
4.3.1.4 Huawei y HiSilicon	37
4.3.1.5 Qualcomm	44
4.3.1.6 Discusión y acuerdos	51
4.3.2. RAN1 85	55
4.3.2.1 Ericsson.....	55
4.3.2.2 Nokia y Alcatel	60
4.3.2.3 Intel.....	64
4.3.2.4 Huawei y HiSilicon	68
4.3.2.5 Qualcomm	73
4.3.2.6 ZTE	83
4.3.2.7 Discusión y acuerdos	84
4.4. RAN2	85
4.4.1. Ericsson.....	86
4.4.2. Nokia y Alcatel	90
4.4.3 Huawei y HiSilicon	94
4.4.4 Qualcomm	97
4.4.5. LG.....	101
4.5. RAN3	102
4.5.1. Nokia y Alcatel	104
4.5.2. Huawei.....	105
4.5.3. Discusión y acuerdos	108
5. Conclusiones.....	108

1. Lista de tablas e ilustraciones

1.1 Tablas

1. Tabla: Especificaciones MBMS *	8
2. Tabla: reuniones RAN	9
3. Tabla: WI eMBMS en RAN 70	10
4. Tabla: WI eMBMS en RAN 71	12
5. Tabla: WI eMBMS en RAN 72	13
6. Tabla: WI relacionados con RP-160675	15
7. Tabla: Especificaciones afectadas	18
8. Tabla: Participantes en RP-160675	18
9. Tabla: Especificaciones afectadas	20
10. Tabla: Participantes en RP-161297	20
11. Tabla: reuniones RAN1	24
12. Tabla: parámetros de simulación Ericsson	26
13. Tabla: parámetros de simulación Nokia y Alcatel	31
14. Tabla: Nuevos CP de Nokia y Alcatel	31
15. Tabla: EVM propuestos por Intel	37
16. Tabla: parámetros de simulación Huawei y HiSilicon	39
17. Tabla: parámetros OFDM definidos en TS 36.211	39
18. Tabla: Eficiencia espectral de MBSFN con ISD de 1732m	39
19. Tabla: parámetros de simulación Qualcomm	45
20. Tabla: numeraciones propuestas por Qualcomm	48
21. Tabla: parámetros generales acordados	53
22. Tabla: características del canal acordadas	54
23. Tabla: parámetros del receptor acordados	54
se sitúa en torno a 4.2 bps/Hz)	57
24. Tabla: símbolos utilizables y sin definir en subtramas con 1 región de control	65
25. Tabla: símbolos utilizables y sin definir en subtramas con 2 regiones de control	65
26. Tabla: Valores de CP y espaciado de subportadoras simulados	69
27. Tabla: SNR y eficiencia espectral, recepción portable en interiores	76
28. Tabla: SNR y eficiencia espectral, recepción fija en lo alto del tejado	76
29. Tabla: Numeraciones de nuevos CP propuestos	77
30. Tabla: parámetros relacionados con el diseño de la señal de referencia MBSFN	78
31. Tabla: reuniones RAN2	85
32. Tabla: asignación de subtramas al paging	90
33. Tabla: asignación de subtramas al paging	94
34. Tabla: reuniones RAN3	103

1.2 Ilustraciones

1. Imagen: ISD de redes Telstra	21
2. Imagen: Suburbios metropolitanos	22
3. Imagen: centros regionales	23
4. Imagen: zonas rurales.....	23
5. Imagen: Limitación de modelos propuestos por Intel	35
6. Imagen: Potencia de la interferencia	36
7. Imagen: Ganancia SINR por aumento de CP	36
8. Imagen: Adjudicación de subtramas MBSFN actual en LTE	40
9. Imagen: Multiplexación propuesta por Huawei y HiSilicon	41
10. Imagen: Gráfico de recepción de servicios de televisión	43
11. Imagen: simulaciones de Qualcomm en escenario 1	46
12. Imagen: simulaciones de Qualcomm en escenario 2	46
13. Imagen: numeracións de 15, 7.5 y 3.75 kHz, con longitudes de CP de 16.6, 33.3 y 66.6 μ s,.....	47
14. Imagen: Opciones de CP y numeracións para subtramas MBSFN con y sin región de control.....	48
15. Imagen: procedimiento de adquisición de celda propuesto por Qualcomm.....	50
16. Imagen: resultados de SNR y SINR basados en Okumura-hata.....	56
17. Imagen: resultados de la eficiencia espectral basados en Okumura-hata (no se observa la de SNR, se sitúa en torno a 4.2 bps/Hz)	57
18. Imagen: resultados de SNR y SINR basados en el modelo de ITU-R	57
19. Imagen: resultados de la eficiencia espectral basados en ITU-R (no se observa la de SNR, se sitúa en torno a 4.2 bps/Hz).....	57
20. Imagen: PDP (Power Delay Profile) de trayectorias con línea de vista	58
21. Imagen: Descripción de MBSFN-SubframeConfig	61
22. Imagen: simulación de SNR vs CDF de Huawei y HiSilicon	69
23. Imagen: Simulación de recepción portable en interiores de Qualcomm.....	74
24. Imagen: Simulación de recepción fija en los alto del tejado de Qualcomm	75
25. Imagen: ejemplo de configuración de la señal de referencia	77
26. Imagen: probabilidad de detección de PSS y SSS in canal AWGN.....	80
27. Imagen: diferentes CP y numeraciones con y sin región de control	82
28. Imagen: ejemplo de transmisión unicast mediante SCell MBSFN sin región de control unicast....	95
29. Imagen: opción 1 de red eMBMS compartida con sincronización por áreas PLMN MBSFN	98
30. Imagen: opción 2 de red eMBMS compartida con sincronización por áreas PLMN MBSFN	98
31. Imagen: componentes del usuario en el modo Receive Only Mode	99
32. Imagen: comportamiento del usuario.....	100
33. Imagen: arquitectura UTRAN	102
34. Imagen: arquitectura E-UTRAN	103
35. Imagen: arquitectura de seguridad de MBMS	107

2. Introducción

En este segundo Anexo, se trata el tema principal de este Trabajo de Fin de Máster, eMBMS (Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) o, dicho de otra manera, la implementación de MBMS en LTE. Si bien es cierto el recorrido de MBMS es extenso dentro de 3GPP, como ya se ha mencionado anteriormente, este proyecto se centra en el análisis de los avances más recientes de eMBMS en 3GPP. Estos avances están siendo tratados dentro de la Release 14, mencionada en el apartado previo.

eMBMS es una tecnología emergente de LTE que permitirá la distribución de contenido a los suscriptores haciendo un uso más eficiente del espectro y de las redes móviles, ya que incluye la posibilidad de transmitir contenido multimedia mediante radiodifusión a múltiples usuarios y de manera simultánea. Con la adopción de eMBMS los operadores podrán hacer un mejor uso del limitado espectro radioeléctrico del que disponen, liberando así capacidad de la red para otros usos.

La radiodifusión en LTE mediante eMBMS será especialmente útil en eventos en directo, como conciertos de música o eventos deportivos, donde miles de usuarios estarán viendo el mismo contenido multimedia simultáneamente. Por ejemplo, en eventos deportivos se podrá ofrecer contenidos complementarios como cámaras desde diferentes ángulos.

3. Especificaciones de MBMS/eMBMS

El desarrollo de MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) comenzó en la Release 6, que fue puesta en marcha en el año 2000. Este es un dato a tener en cuenta, ya que si bien es cierto que el paso realmente cualitativo de MBMS será su implementación en las redes de LTE, principalmente por la mayor capacidad que proporciona el 4G frente a sus antecesoras (2G y 3G), su desarrollo es anterior.

En la tabla que se muestra a continuación, se resumen las especificaciones publicadas por 3GPP que están relacionadas con MBMS y eMBMS. Además, también se añaden las especificaciones relacionadas con los servicios de televisión, ya que este es uno de los servicios que se pretende ofrecer mediante eMBMS.

La primera y segunda columna de la tabla muestran el número identificativo de cada especificación, que sigue la numeración de 3GPP mencionada en apartados previos y el título completo de las mismas. A continuación, se muestra el WG o Grupo de Trabajo de 3GPP responsable del desarrollo de cada especificación. Es importante tener en cuenta que no sólo ese WG ha trabajado sobre cada especificación, sino que es el responsable de su desarrollo con la colaboración de otros grupos de trabajo. Finalmente, se muestra la última versión de cada especificación, agrupadas por Releases. La primera Release que se tiene en cuenta es la Release 6, ya que fue a partir de esta cuando se empezó a desarrollar MBMS. Por otra parte, cabe destacar que la última Release tenida en cuenta es la Release 14, sobre la cual se basa este Trabajo de Fin de Máster.

Especificación	Título	WG	Rel-6	Rel-7	Rel-8	Rel-9	Rel-10	Rel-11	Rel-12	Rel-13	Rel-14
22.146	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1	S1	6.8.0	7.3.0	8.4.0	9.0.0	10.1.0	11.1.0	12.0.0	13.0.0	
22.246	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) user services; Stage 1	S1	6.3.0	7.4.0	8.5.0	9.0.0	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
22.816	3GPP enhancement for TV service	S1									14.1.0
23.246	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description	S2	6.12.0	7.4.0	8.4.0	9.6.0	10.3.0	11.2.0	12.6.0	13.3.0	
23.741	Study on enhancements to Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) for LTE	S2								13.0.0	
23.746	Study on System Architecture Enhancements to eMBMS for Television Video Service	S2									0.2.0
23.780	Study on Multimedia Broadcast and Multicast Service (MBMS) usage for mission critical communication services	S6									0.3.0
23.846	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 2	S2	6.1.0								
25.346	Introduction of the Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (RAN); Stage 2	R2	6.13.0	7.7.0	8.4.0	9.1.0	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
25.446	MBMS synchronisation protocol (SYNC)	R3			8.2.0	9.2.1	10.2.0	11.0.0	12.2.0	13.1.0	
25.803	S-CCPCH performance for Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS)	R1	6.0.0								
25.905	Feasibility study on improvement of the Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) in UTRAN	R2		7.2.0							
25.992	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); UTRAN/GERAN requirements	RP	6.0.0	7.0.0	8.0.0	9.0.0	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
26.116	Television (TV) over 3GPP services; Video profiles	S4								13.0.0	
26.237	IP Multimedia Subsystem (IMS) based Packet Switch Streaming (PSS) and Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) User Service; Protocols	S4			8.7.0	9.11.0	10.8.0	11.3.0	12.1.0	13.0.0	
26.346	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs	S4	6.14.0	7.11.0	8.7.0	9.15.0	10.13.0	11.13.0	12.9.0	13.5.0	
26.347	MBMS URLs and APIs	S4									0.3.0
26.848	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Enhanced MBMS operation	S4							12.0.0		
26.849	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) improvements; MBMS operation on demand	S4							12.1.0		
26.851	Enhancements to Multimedia (EMM); Download Delivery Enhancements (DDE) and IMS-based PSS and MBMS streaming synchronization Enhancements (IPME) aspects	S4						11.2.0			
26.852	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Extensions and profiling	S4								13.1.0	14.1.0
26.879	Mission Critical Push To Talk (MCPTT); Media, codecs and Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) enhancements for MCPTT over LTE	S4								13.0.0	
26.880	Study on MBMS usage and codecs for MC Video Service	S4									0.1.1
26.903	Improved video support for Packet Switched Streaming (PSS) and Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) Services	S4				9.0.0	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	

Especificación	Título	WG	Rel-6	Rel-7	Rel-8	Rel-9	Rel-10	Rel-11	Rel-12	Rel-13	Rel-14
26.946	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) user service guidelines	S4	6.1.0	7.0.0	8.0.0	9.0.1	10.0.0	11.2.0	12.2.0	13.0.0	
26.917	MBMS/PSS Enhancements to Support Television Services	S4									0.1.1
26.947	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Selection and characterisation of application layer Forward Error Correction (FEC)	S4						11.0.0	12.0.0	13.0.0	
26.950	Study on Surround Sound codec extension for Packet Switched Streaming (PSS) and Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS)	S4				none	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
26.979	Mission Critical Push To Talk; Media, codecs and MBMS enhancements for Mission Critical Push to Talk over LTE spec withdrawn	S4								none	
26.981	MBMS Extensions for Provisioning and Content Ingestion	S4									0.0.4
26.989	Mission Critical Push To Talk (MCPTT); Media, codecs and Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) enhancements for MCPTT over LTE	S4								13.1.0	
29.846	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); CN1 procedure description	C1	6.0.0								
32.273	Telecommunication management; Charging management; Multimedia Broadcast and Multicast Service (MBMS) charging	S5	6.6.0	7.1.0	8.2.0	9.4.0	10.2.0	11.3.0	12.3.0	13.2.0	
33.246	3G Security; Security of Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS)	S3	none	7.6.0	8.4.0	9.1.0	10.1.0	11.2.0	12.2.0	13.1.0	
36.440	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); General aspects and principles for interfaces supporting Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) within E-UTRAN	R3			none	9.1.1	10.3.0	11.2.0	12.0.0	13.0.0	
36.441	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Layer 1 for interfaces supporting Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) within E-UTRAN	R3			none	9.0.0	10.1.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
36.442	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Signalling Transport for interfaces supporting Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) within E-UTRAN	R3			none	9.1.1	10.2.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	
36.743	Technical Report on eMBMS enhancements for LTE	R2									0.1.0
43.246	Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) in the GERAN; Stage 2	G1	6.10.0	7.3.0	8.0.0	9.0.0	10.0.0	11.0.0	12.0.0	13.0.0	

1. Tabla: Especificaciones MBMS *

* Tabla actualizada por última vez a fecha de 30/08/2016. Las especificaciones actualizadas posteriormente a esta fecha no están reflejadas.

4. Análisis del TSG RAN

RAN (Radio Access Network) es el grupo de trabajo encargado de la definición de las funciones, requerimientos e interfaces de la red UTRA/E-UTRA en sus dos modos, FDD y TDD. Como se ha mencionado anteriormente, RAN está formado por 6 subgrupos, cada uno de ellos con distintas responsabilidades.

Este apartado se centra en las acciones llevadas a cabo por RAN y los subgrupos que lo forman, en torno a las mejoras de eMBMS en LTE. Para realizar este análisis en primer lugar se analizarán las reuniones del grupo de especificaciones RAN en las que se han tratado las mejoras mencionadas. A continuación, se analizarán los WI (Work Item) aprobados en estas reuniones, cuyo fin es indicar a los subgrupos de RAN cuáles serán los objetivos de las mejoras de eMBMS. Finalmente, se analizarán las reuniones llevadas a cabo por los subgrupos que participan en estos WI. Esta última parte será la de mayor importancia, ya que será en la cual se desgranarán las propuestas que cada empresa miembro de 3GPP aporte a los subgrupos de RAN.

4.1. Reuniones de RAN

En este primer apartado se tratan las reuniones del grupo de trabajo RAN (Radio Access Network) en las que se trataron las ampliaciones de eMBMS para LTE. Si bien es cierto que en las reuniones previas a RAN 70 ya se trataron algunos aspectos de eMBMS en LTE, el primer Work Item se propuso en la reunión RAN 70 (que como se explicará después, no fue aprobado hasta la reunión RAN 71). Es por eso, que en este documento se analizarán las últimas reuniones de RAN: RAN 70, RAN 71 y RAN 72.

A continuación se resumen el lugar y las fechas de las reuniones mencionadas, así como las precedentes y las próximas:

Reunión	Lugar	Fecha de inicio	Fecha de fin
RAN 67	Shanghai	2015-03-09	2015-03-12
RAN 68	Malmö	2015-06-15	2015-06-18
RAN 69	Phoenix	2015-09-14	2015-09-16
RAN 70	Sitges	2015-12-07	2015-12-10
RAN 71	Gothenburg	2016-03-07	2016-03-10
RAN 72	Busan	2016-06-13	2016-06-16
RAN 73	New Orleans	2016-09-19	2016-09-22
RAN 74	Vienna	2016-12-05	2016-12-08
RAN 75	Dubrovnik	2017-03-06	2017-03-09

2. Tabla: reuniones RAN

Como se puede observar en la tabla anterior, las reuniones se realizan en ciudades situadas en diferentes continentes. La duración total suele ser de 3 o 4 días habitualmente y la periodicidad de las mismas trimestral, siendo llevadas a cabo en marzo, junio, septiembre y diciembre.

4.1.1. RAN 70

RAN 70 es la primera de las 3 reuniones que se analizarán en este documento. Llevada a cabo en Sitges, Barcelona, entre los días 7 y 10 de diciembre de 2015, supuso el primer gran paso para la aprobación de un nuevo Work Item sobre las ampliaciones de eMBMS en LTE, liderado por RAN1. Si bien es cierto que como se verá a continuación, finalmente no se aprobó ningún WI, este documento sentó las bases para la aprobación del mismo en la siguiente reunión, RAN 71. A continuación se resumen los documentos que se presentaron en esta reunión en relación a eMBMS:

RP	Finalidad	Título	Status	Sustituido por
RP-151914	Aprobación	New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-152273
RP-151916	Discusión	Motivation for eMBMS enhancements for LTE	Tenido en cuenta	-
RP-152273	Aprobación	New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE	Pospuesto	-

3. Tabla: WI eMBMS en RAN 70

Como se puede observar en la tabla, se presentaron dos tipos de documentos, uno para discusión y dos para aprobación. Los documentos aprobados para discusión, se presentan únicamente para que los miembros participantes los debatan. Por su parte, los documentos presentados para aprobación, en este caso, tienen como objetivo la creación de un nuevo WI. Sin embargo, la aprobación del documento RP-152273 [3] fue pospuesta hasta la siguiente reunión. A continuación se resumen los aspectos debatidos en cada uno de los documentos, así como las aportaciones de cada miembro participante.

4.1.1.1. RP-151916

Este documento [2] sirve de justificación para la creación del WI RP-151914 sobre las ampliación de las funcionalidades de MBMS, con el objetivo de satisfacer los requerimientos identificados por el subgrupo SA1 para que la servicios de televisión sean soportados por las redes de 3GPP. En los siguientes puntos se muestran las posiciones de cada empresa respecto al documento presentado:

- Telecom Italia: este documento agrupa demandas muy variadas, es necesario establecer un alcance más realista.
- Orange: es un WI muy prematuro, ya que SA2 acaba de empezar a analizar los casos de uso.
- EBU: son un WI y mercado potencial importante para EBU, por eso da su apoyo a este WI.
- AT&T: apoya este WI.
- LG: sería mejor desarrollar este WI en 5G.
- Dish: apoya este WI.
- Ericsson: propone este WI y lo apoya.
- Telefónica: apoya este WI.

4.1.1.2. RP-152273

El documento RP-152273 titulado "New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE" [3] y que reemplazó a la anterior propuesta RP-151914, tenía como finalidad la aprobación de un nuevo WI para la ampliación de las capacidades de eMBMS en LTE. A continuación se resumen, a grandes rasgos, las posiciones de cada empresa respecto a dicho documento:

- Orange: no está de acuerdo con la planificación, ya que se pretende empezar el trabajo en RAN cuando SA no ha completado su trabajo (SA1 está en ello y SA2 no ha comenzado).
- Huawei: este WI está incompleto. MBMS está poco avanzado y tiene mayor impacto en RAN2 que en RAN1.
- Ericsson: está de acuerdo con lo expuesto por Huawei, este WI es prematuro.
- Qualcomm: propone que en lugar de un WI, sea un SI.
- Telecom Italia: está de acuerdo con lo expuesto por Huawei, este WI es prematuro. Es necesario estudiar nuevos casos de uso.
- AT&T: eMBMS no es una funcionalidad nueva, únicamente se están ampliando sus funcionalidades, por lo que no tiene sentido esperar a SA1.
- LG: no tiene claro cuál es el interés de mercado de este WI. Ve problemas regulatorios.
- EBU: la radiodifusión anónima es una base importante de este WI, que puede abrir gran parte del mercado. EBU apoyaba la anterior versión, RP-151914, pero no apoya este documento, ya que pierde parte de su esencia sin la recepción anónima.
- Nokia Networks: no está de acuerdo con lo expuesto por LG.

Lo expuesto en las reuniones de RAN por cada participante y las grandes diferencias que existen entre unos y otros, generaron el aplazamiento de la aprobación de este WI. Esta decisión tomada por RAN era la única opción viable, ya que queda clara la imposibilidad de aprobar un documento conjunto con el apoyo de todos o, al menos, la gran mayoría de los participantes. La opinión mayoritaria es que este WI era demasiado prematura y que su aprobación debía posponerse. Estas situaciones son habituales dentro de la estructura de 3GPP, ya que cada empresa participante pretende defender sus intereses y priorizar sus propuestas ante las demás.

4.1.2. RAN 71

Entre los días 7 y 10 de marzo de 2016 se celebró Gothenburg (Suecia) la reunión RAN 71, donde fue aprobado el primer Work Item para la ampliación de las capacidades de eMBMS en LTE. Este WI fue asignado el identificador único "710081". Los identificadores únicos son una manera esencial para la gestión de los planes de trabajo en 3GPP, ya que permiten identificar los diferentes trabajos de manera inequívoca. Debido a que estos identificadores numéricos no son fácilmente memorizables para los humanos, cada uno de ellos es asignado un código de texto o título que lo haga más fácilmente identificable. En este caso el título asignado fue el siguiente: "eMBMS enhancements for LTE".

Como es habitual en 3GPP, a lo largo de la reunión RAN 71 se realizaron varias propuestas para este Work Item, liderado por el grupo de trabajo RAN1, que son presentadas mediante informes o RPs. A continuación se resumen las propuestas presentadas:

RP	Finalidad	Título	Status	Sustituido por
RP-160273	Aprobación	New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-160662
RP-160274	Discusión	Motivation of WI proposal for eMBMS enhancements in LTE	Tenido en cuenta	-
RP-160662	Aprobación	New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-160675
RP-160675	Aprobación	New WI proposal for eMBMS enhancements for LTE	Aprobado	-

4. Tabla: WI eMBMS en RAN 71

Como se puede observar en la tabla anterior, en total fueron presentados 4 documentos, siguiendo el mismo patrón que en la anterior reunión. En primer lugar se presentó el RP-160273 para su aprobación, pero fue revisado y sustituido por el RP-160662. A su vez, este informe fue revisado y reemplazado por el RP-160675 [4]. Este último fue el documento aprobado y que refleja los objetivos del WI asignado a las ampliaciones de eMBMS en LTE. Como se verá a continuación, fue necesaria la presentación de varias propuestas debido a que, al igual que sucedió en RAN 70, seguía habiendo divergencias entre los miembros participantes. Por otro lado, se presentó el documento RP-160274, con el que se acotaron los motivos que hacían necesario este WI.

4.1.2.1. RP-160675

La propuesta RP-160675 [4] (revisión de RP-160273 y RP-160662) parte de la propuesta presentada y pospuesta en RAN 70, RP-152273 [3]. Seguidamente se resumen las opiniones de los miembros respecto a estas propuestas:

- Huawei: pone en duda algunos de los objetivos mencionados en este documento.
- Orange: sigue siendo prematuro empezar un WI, prefiere iniciar in SI.
- Qualcomm: no está de acuerdo con lo propuesto en este documento.
- LG: apoya la postura de Orange, cree que en primer lugar se debe desarrollar un SI y, posteriormente, un WI en el seno de RAN2.
- Ericsson: apoya esta propuesta.
- EBU: se debe un proponer un CP más largo para ISD (Inter Site Distance) mayores.
- Intel: presenta una propuesta con cambios importantes sobre el WI.

Finalmente, en el documento RP-160675 se tuvieron en cuenta las aportaciones y objeciones realizadas en las propuestas anteriores (RP-160273 y RP-160662) por los miembros participantes de 3GPP. Tras realizar los cambios oportunos y solventar la oposición de Intel, que retiró su propuesta de cambio, se aprobó dicho documento. Los detalles del mismo serán analizados posteriormente, en la sección 4.2.1.

4.1.3. RAN 72

La siguiente reunión que se celebró en el seno de RAN, la RAN 72, tuvo lugar en Busan (Corea del Sur). En ella se aprobó un nuevo WI para la ampliación de las funcionalidades de eMBMS en LTE. Al igual que sucedió en la anterior reunión se presentaron varias propuestas, que tras sufrir varias modificaciones, dieron lugar al nuevo documento final. A continuación se resumen los documentos relacionados con el mencionado WI de eMBMS, que fueron presentados a lo largo de esta reunión:

RP	Finalidad	Título	Status	Sustituido por
RP-161223	Discusión	Proposal on handling of eMBMS WI	Revisado	RP-161241
RP-161241	Discusión	Proposal on handling of eMBMS WI	Tenido en cuenta	-
RP-160825	Discusión	Importance of longer eMBMS CP for large ISDs	Tenido en cuenta	-
RP-161255	Discusión	Clarification on inter-cell synchronization for eMBMS	Tenido en cuenta	-
RP-161240	Aprobación	Revised WID: eMBMS enhancements for LTE	Retirado	-
RP-160873	Informar	Status report for WI eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161244
RP-161244	Informar	Status report for WI eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161287
RP-161287	Informar	Status report for WI eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161296
RP-161296	Informar	Status report for WI eMBMS enhancements for LTE	Tenido en cuenta	-
RP-160874	Aprobación	Updated WID: eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161243
RP-161243	Aprobación	Updated WID: eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161286
RP-161286	Aprobación	Updated WID: eMBMS enhancements for LTE	Revisado	RP-161297
RP-161297	Aprobación	Updated WID: eMBMS enhancements for LTE	Aprobado	-

5. Tabla: WI eMBMS en RAN 72

Como se puede observar en la tabla, el número de documentos presentados es mucho mayor que en las dos reuniones anteriores (13 frente a 3 y 4). Esto es debido a que, a medida que se avanza y profundiza en el trabajo de una ampliación de estas características, se generan más y más propuestas de los diferentes participantes.

Al igual que se ha hecho con las dos anteriores reuniones, se analizarán las posiciones adoptadas por los miembros de 3GPP participantes en los cuatro documentos referentes a la ampliación de las funcionalidades de eMBMS. Cabe tener en cuenta que en los restantes nueve documentos no se realizará semejante análisis, ya que no son de tanto interés para este proyecto.

4.1.3.1. RP-161297

En el momento de la realización de este Trabajo de Fin de Máster, RP-161297 [5] es el último WI aprobado para la ampliación de las funcionalidades de eMBMS en LTE. Como se muestra en la tabla anterior, este documento viene precedido por 3 propuestas que fueron revisadas: RP-160874, RP-161243 y RP-161286.

Las posturas que presentaron los participantes en este WI se resumen en los siguientes punto:

- Huawei: cree que debería ser liderado por RAN2 y no por RAN1, como hasta ahora. Propone añadir una nueva numeración para eMBMS. En cuanto a la posibilidad de añadir el modo Idle, cree que no se debería añadir, ya que debería de ser discutido en RAN2 posteriormente.
- Intel: apoya la postura de Huawei.
- Orange: se opone a añadir una nueva numeración para eMBMS, ya que esto alargaría demasiado este WI.
- ZTE: apoya la postura de Huawei en cuanto a una nueva numeración para eMBMS.
- ATT: cree que el WI cubre la posibilidad de añadir una nueva numeración. Propone indicar que RAN4 la testee. Apoya que en el WI se incluya el modo Idle para eMBMS.
- Ericsson: propone modificar la propuesta, dejando abierta la posibilidad a una nueva numeración, si aplicara. Apoya la postura de Qualcomm en cuanto a incluir el modo Idle para MBSFN.
- Qualcomm: apoya la postura de Ericsson de proponer una nueva numeración. Propone además incluir el modo Idle para eMBMS.
- Nokia: apoya que en el WI se incluya el modo Idle para eMBMS.
- LG: no le queda claro el objetivo de añadir el modo Idle.
- Deutsche Telekom: apoya que en el WI se incluya el modo Idle para eMBMS.
- US Department of Commerce: apoya que en el WI se incluya el modo Idle para eMBMS.
- Fujitsu: apoya que en el WI se incluya el modo Idle para eMBMS.

Como se puede observar en las posiciones de los miembros, se generaron varios puntos de controversia. El primero de ello referente a la nueva numeración. En la primera propuesta, RP-160874, se proponía añadir una nueva numeración para eMBMS. Algunos de los miembros, como Huawei e Intel apoyaban esta posibilidad, mientras que otros como Orange se oponían. Finalmente, se aprobó la propuesta de Ericsson, que propuso dejar la puerta a una nueva numeración sólo si se viera que es imprescindible.

La otra propuesta que más debate generó fue la posibilidad de incluir el modo Idle en eMBMS. Se crearon dos grupos, uno a favor de esta posibilidad (ZTE, Ericsson, Qualcomm y etc.) y otro en contra o con reticencias (Huawei, Orange, ZTE y etc.). Finalmente, se acordó incluir el modo Idle en eMBMS, pero dejando claro que debería llevarse a cabo un análisis sobre su conveniencia en RAN2.

4.2. Work Item: eMBMS enhancements for LTE

Una vez analizadas las 3 reuniones de RAN en las que se trató el WI para la ampliación de las funcionalidades de eMBMS y las posiciones de los miembros respecto a los documentos presentados, a continuación se exponen detalladamente los dos documentos aprobados: RP-160675 [4] en RAN 71 y RP-161297 [5] en RAN 72. Se analizarán los aspectos más relevantes de estas propuestas, entre las que se incluyen los objetivos de las mismas, las especificaciones afectadas y los miembros de 3GPP participantes. Además, también se expone el documento RP-160825 [6] que, aunque no fue presentado para su aprobación, contiene algunos datos de gran relevancia para este Trabajo de Fin de Máster relacionados con la longitud de CP.

4.2.1. RP-160675

En este apartado se hará un análisis del documento RP-160675 [4] aprobado en la reunión RAN 71, a fin de acotar los objetivos de este WI. Este es un paso de vital importancia para el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, ya que en secciones posteriores se analizarán las diferentes propuestas que los miembros de 3GPP han realizado a fin de cumplir estos objetivos.

4.2.1.1. Introducción

El primer paso dentro de la presentación de un documento presentado para su aprobación, es indicar qué miembros de 3GPP son los responsables de la presentación de dicho documento. En el caso de esta propuesta, son 4 las empresas y a su vez son miembros de 3GPP, encargadas de su elaboración: Ericsson, Qualcomm Inc., Nokia Networks y EBU. El siguiente paso, y no menos importante, es la identificación de los WI relacionados con este, ya que se deberán tener en cuenta las propuestas que realicen los mismos y viceversa.

Work Items relacionados	
Identificador	Título
670010	Study on 3GPP Enhancement for TV Video service
700032	3GPP Enhancement for TV service

6. Tabla: WI relacionados con RP-160675

4.2.1.2. Justificación

El servicio denominado Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service (eMBMS) provee a la red de LTE de un mecanismo eficiente de descarga y streaming, que puede ser ofrecido a múltiples usuarios al mismo tiempo. En especial, se prevé que el video en streaming para dispositivos móviles sea el servicio que genere un mayor volumen de tráfico de datos en el futuro. Es por ello que el despliegue comercial de eMBMS o radiodifusión en LTE está generando un creciente interés. Con el objetivo de confluir con los requerimientos de la industria y los operadores, es necesario desarrollar eMBMS todavía más a fondo.

El grupo de trabajo SA1 desarrolló los requerimientos de expansión que 3GPP debe soportar para las aplicaciones de la televisión [S1-160474], donde las redes de 3GPP podrán ofrecer servicios de transporte unicast y broadcast. La distribución de los servicios de televisión pueden ser clasificados en tres tipos: FTA (Free to Air), FTV (Free to View) y Servicios con suscripción. Cada uno de los tipos de servicios tiene diferentes requerimientos para ajustarse a las obligaciones regulatorias que apliquen en cada caso.

Algunas de las especificaciones de LTE desarrolladas hasta el momento soportan un modo de descarga OFDM con espacio entre subportadoras de 7.5 kHz y un largo CP (Cyclic Prefix) de 33.3 μ s.

Sin embargo, no ha sido desarrollada una señalización específica para el uso de este modo, por lo que actualmente no puede ser implementado. Además, para ofrecer servicios MBSFN (Multicast-Broadcast Single Frequency Networks) con una eficiencia espectral mayor que 2 bps/Hz en áreas con ISDs (Inter Site Distance) de 15 km o más, es necesario incluso un CP más largo. Esta necesidad se hace especialmente indispensable en bandas de frecuencia bajas, en torno a 700 - 800 MHz, y en escenarios rurales donde las pérdidas en interiores son menores o en escenarios al aire libre con la antena situada en lo alto del tejado.

Actualmente, la asignación de subtramas para MBSFN está limitada al 60% del total de las subtramas (subtramas 1, 2, 3, 6, 7 y 8). Sin embargo, puede haber escenarios donde sea deseable una mayor asignación. Un ejemplo de dicho escenario es uno en el que eMBMS esté desplegado en una portadora downlink suplementaria (SDL) con el objetivo de evitar la pérdida de capacidad en conexiones FDD uplink/downlink. De esta forma, todo el tráfico eMBMS podría ser concentrado en la mínima cantidad de portadoras SDL requeridas.

Las celdas MBSFN legacy (heredadas) tienen una región de control unicast de 1 o 2 símbolos OFDM. En casos donde eMBMS tenga asignada la mayor parte de las subtramas en SDL, apenas se hará uso de la región de control. En conjunción con símbolos OFDM y duraciones de CP más largos, los símbolos de control unicast generan un gasto de recursos todavía mayor.

Además de los requerimientos discutidos hasta el momento, en las celdas en las que sólo se utilice eMBMS, será necesaria de una señalización propia.

En escenarios en los que no sea necesaria la utilización de todas las celdas para la creación del área MBSFN, debido a que con ciertas celdas se conseguiría la cobertura deseada, será necesario dar soporte multicarrier (de varias portadoras) para servicios eMBMS y unicast al mismo tiempo. Los usuarios multicarrier deberían de ser capaces de recibir eMBMS desde una o más celdas en el modo MBSFN en una frecuencia y, al mismo tiempo, recibir servicios asíncronos desde otras celdas en una frecuencia diferente.

Otro escenario en el que es necesario soportar el multicarrier es aquel en el que los MNO (Mobile Network Operators) hayan decidido que los usuarios suscritos a una red debe de ser capaz de recibir servicios eMBMS de las redes de los demás operadores. Un ejemplo sería un estadio donde, sin importar el operador al que pertenezca cada usuario, el servicio ofrecido debe de poder ser recibido por todos los suscriptores.

Además, como ha sido definido por el grupo de trabajo SA1, las redes 3GPP deben ofrecer la posibilidad para que los MNOs cumplan las regulaciones de privacidad y no identificación de los suscriptores de otras MNOs, independientemente de que su recepción sea mediante broadcast o unicast. Aún así, la MNO en cuestión sí que deberá disponer de la posibilidad de contar el número de usuarios en un área geográfica específica para decidir cuál de los dos servicios, unicast o broadcast, es el más adecuado en cada momento.

4.2.1.3. Objetivos

Los objetivos de este Work Item son evaluar y especificar las siguientes ampliaciones para eMBMS en LTE:

- a) Especificar la manera de utilizar un CP mayor (por ejemplo, mayor que 33 μ s) para un uso en modo de portadoras mixtas con servicios unicast/eMBMS en SFNs (Single Frequency Network) de gran longitud (por ejemplo con ISDs mayores que 15 km). Se tendrá que garantizar la coexistencia entre los nuevos prefijos y los heredados en la misma portadora, a la vez que se alcanzan eficiencias espectrales de al menos 2 bps/Hz.
 - Grupo responsable: RAN1
- b) Especificar la manera de usar las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) para MBSFN. Las subtramas que no sean de MBSFN sólo se podrá utilizar como Scell (Secondary Cell).
 - Grupos responsables: RAN1 y RAN2
- c) Especificar la manera de configurar las subtramas MBSFN sin una región de control unicast y sin señales de referencia específicas para cada celda.
 - Grupos responsables: RAN1 y RAN2

Además, será necesario estudiar los siguientes aspectos:

- d) Soporte para una portadora independiente con todas las subtramas DL (Downlink) dedicadas a la transmisión de MBSFN y señalización propia para eMBMS, incluyendo la información de los siguientes SIB (System Information Block): SIB13, SIB15 y SIB 16.
 - Grupos responsables: RAN2
- e) Soporte para portadoras multicarrier con servicios unicast/eMBMS, incluyendo la posibilidad de recibir simultáneamente desde una o más celdas eMBMS que no estén situadas una junto a la otra y sean asíncronas respecto a una o más celdas unicast.
 - Grupos responsables: RAN2 y RAN4
- f) Soluciones donde el usuario pueda recibir el servicio de transporte de televisión sin ser autenticado.
 - Grupos responsables: RAN1, RAN2 y RAN3

En este Work Item no se considera una nueva configuración TDD UL/DL para FS2 (Frame Structure 2). Además, se tendrá en cuenta el trabajo correspondiente realizado por SA2.

4.2.1.4. Especificaciones afectadas

Cualquier nuevo Work Item que se abra en 3GPP tendrá, de una u otra forma, un efecto sobre las especificaciones realizadas con anterioridad. Como ya se ha mencionado anteriormente en este documento, 3GPP no sólo busca la compatibilidad hacia adelante, sino que también busca la compatibilidad hacia atrás. Por lo tanto, es de vital importancia tener en cuenta las especificaciones a las que afectará cada WI. A continuación se resumen las especificaciones afectadas por este WI:

Especificación	Título	Aprobada en
36.211	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation	RAN #75
36.212	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding	RAN #75
36.213	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures	RAN #75
36.302	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Services provided by the physical layer	RAN #75
36.306	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities	RAN #75
36.321	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification	RAN #75
36.331	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification	RAN #75
36.101	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception	RAN #76

7. Tabla: Especificaciones afectadas

4.2.1.5. Participantes

Finalmente, se muestra el listado de las empresas, que a su vez son miembros de 3GPP, que respaldan este Work Item:

Miembros que respaldan este WI
Ericsson
Qualcomm Inc.
Nokia Networks
Telefonica
EBU
Telstra
Sequans Communications
Dish Network
KT
AT&T
Fraunhofer IIS
Broadcom
Deutsche Telekom

8. Tabla: Participantes en RP-160675

4.2.2. RP-161297

Teniendo en cuenta que la propuesta RP-161297 [5] aprobada en RAN 72 es únicamente una nueva versión de la aprobada en RAN 71, en este apartado se resumirán los cambios introducidos en esta nueva versión respecto a su predecesora. Estos cambios se producen en tres apartados: Objetivos, Especificaciones Afectadas y los miembros que la respaldan.

4.2.2.1. Objetivos

Si bien los objetivos fundamentales de este Work Item no cambian respecto a los aprobados en RAN 71, se introducen algunos cambios significativos y que se resumen a continuación:

- En el objetivo a), se actualizan los grupos responsables, ya que a RAN1 se le añade RAN4.
- Se añade la siguiente aclaración al final de los tres primeros objetivos: "Los dos modos de conexión, modo conectado y modo idle, están incluidos en eMBMS".
- Se requiere especificar los requerimientos de radiofrecuencia de los UE (User Equipment) y BS (Base Station) en el núcleo de red para las nuevas longitudes de CP para eMBMS (si es que finalmente se aprueban).

4.2.2.2. Especificaciones afectadas

Tras los cambios realizados en los objetivos de este Work Item, a la lista de especificaciones afectadas hay que sumar otras cuatro: 36.443, 36.101 y 36.104. Esta última, está duplicada ya que afecta a dos requerimientos base que se analizan en diferentes reuniones de RAN: requerimientos del núcleo, en la RAN 75, y requerimientos de rendimiento, RAN 77. A continuación se resumen todas las especificaciones:

Especificación	Título	Aprobada en
36.211	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation	RAN #75
36.212	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding	RAN #75
36.213	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures	RAN #75
36.302	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Services provided by the physical layer	RAN #75
36.306	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities	RAN #75
36.321	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification	RAN #75
36.331	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification	RAN #75
36.443	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); M2 Application Protocol (M2AP)	RAN #75

Especificación	Título	Aprobada en
36.101	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception	RAN #75
36.104	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception	RAN #75
36.104	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception	RAN #77
36.101	Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception	RAN #77

9. Tabla: Especificaciones afectadas

4.2.2.3. Respaldo

Para finalizar, se muestra la lista actualizada de los miembros de 3GPP que respaldan y toman parte en este Work Item. A la lista anterior se le añade un nuevo participante: SouthernLNC Wireless.

Miembros que respaldan este WI
Ericsson
Qualcomm Inc.
Nokia Networks
Telefonica
EBU
Telstra
Sequans Communications
Dish Network
KT
AT&T
Fraunhofer IIS
Broadcom
Deutsche Telekom
SouthernLNC Wireless

10. Tabla: Participantes en RP-161297

4.2.3. RP-160825

El tercer y último documento analizado en este apartado es el RP-160825 [6], titulado "Importance of longer eMBMS CO for large ISDs", que fue presentado para su discusión en la reunión RAN 72. Por lo tanto, a diferencia de los dos documentos analizados anteriormente, el objetivo de mostrar este documento es aportar información relevante, precisamente para el documento RP-161297 [5] analizado en el apartado anterior.

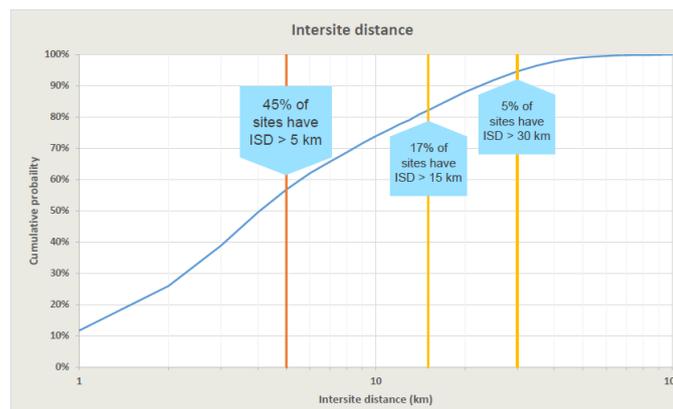
No sólo el fin con el que fue presentado este documento es la única diferencia con respecto a los presentados para su aprobación. La diferencia más relevante es el formato de presentación, en formato de diapositivas frente al formato de texto habitual.

El documento RP-160825 [6] es presentado y apoyado por ocho miembros de 3GPP: Telstra, Ericsson, Qualcomm, BBC, IRT, Fraunhofer, Dish y Nokia. Como se mostrará a continuación y se indica en su título, el documento trata sobre la importancia de implementar valores altos de CP (Cyclic Prefix) en escenarios donde haya una gran distancia entre los sitios.

4.2.3.1. Justificación

Las empresas que presentan este documento están decididas a construir un ecosistema eMBMS en las redes de LTE actuales. Como muestra de ello, los participantes destacan que, a día de hoy, Telstra está implementando servicios de eMBMS en sus redes de LTE.

Destacan que una de las claves para que la adopción de este servicio sea un éxito es la adopción del mismo a nivel nacional. Es decir, eMBMS no podrá ser un servicio ocasional. Para llevar a cabo esta implementación a nivel nacional será imprescindible adaptar eMBMS a ISDs (Inter Site Distance) largos, ya que fuera del centro de las ciudades dicho valor aumenta considerablemente: desde valores de 1-2 km en el centro de la ciudad, hasta 15-30 km en áreas rurales. Como se puede ver en la siguiente imagen, en la que se muestra la distribución de los nodos de las redes de Telstra por ISD, un 17% de los nodos tienen ISDs de más de 15 km.



1. Imagen: ISD de redes Telstra

La propuesta RP-160675 [4] presentada en la reunión RAN 71 es el documento que toma como base este estudio, ya que fue aquel que fue el primer documento aprobado en el seno de 3GPP para las nuevas ampliaciones de eMBMS. En concreto, se hace referencia al primer objetivo de la mencionada propuesta, en la que se proponía aumentar el CP (Cyclic Prefix). Es ese, en opinión de estas empresas, el punto más importante de las ampliaciones de eMBMS.

La adopción de los servicios de eMBMS tendrá tres objetivos principales: maximizar la cobertura, maximizar la capacidad y ser la clave para la adopción de varios casos de uso.

La **maximización de la cobertura** indica tener que dar cobertura incluso a los puntos más remotos. Para ello, la solución más adecuada será implementar los servicios de eMBMS en la portadora de menor frecuencia, ya que por lo general, a menor frecuencia menor atenuación. Sin embargo, esta solución no será suficiente, ya que el espectro es limitado y las redes celulares requieren del uso de

muchas frecuencias para evitar interferencias. Sin embargo, mediante la adopción de redes MBSFN o de frecuencia única se podrá dar solución a ese inconveniente. Finalmente, se destaca la necesidad de adoptar servicios unicast en modo mixto con los de broadcast.

El segundo objetivo, la **maximización de la capacidad**, también requerirá de dar tanto servicios de broadcast como unicast de manera dinámica. De esa forma, en función de los requerimientos de los usuarios se podrán activar los servicios de eMBMS únicamente en los momentos que sea necesario. Por ejemplo, para la retransmisión de un evento deportivo.

El tercer objetivo de eMBMS es permitir la **adopción de varios casos de uso**, entre los que se destacan:

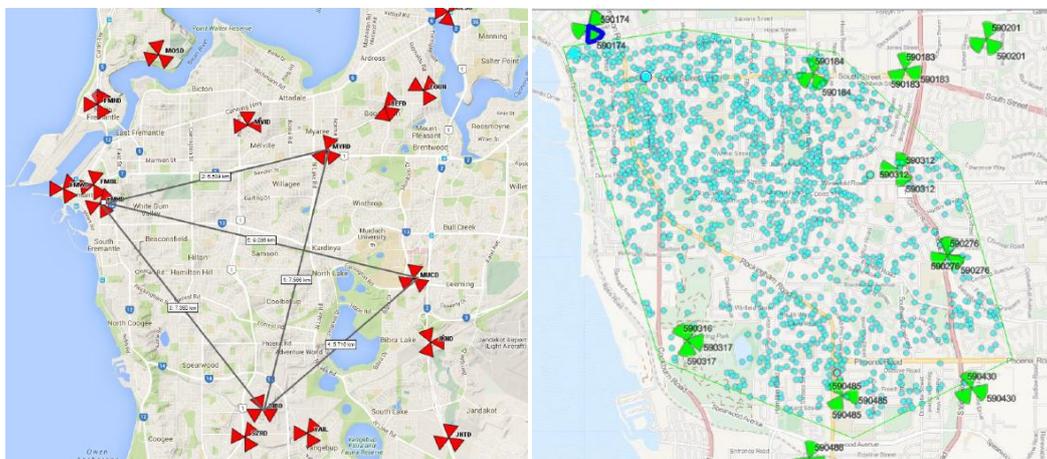
- Radiodifusión de video de gran calidad con poco impacto en la capacidad.
- Entrega de software.
- Servicios MC-PTT (Mission-critical push-to-talk), como por ejemplo dar cobertura para los servicios de emergencias en caso de catástrofe.
- Tecnologías emergentes V2x.

4.2.3.2. Escenarios

Con el objetivo de probar las afirmaciones realizadas en el apartado anterior, este documento muestra tres escenarios típicos en los que el ISD supera el valor habitual de 5 km: suburbios metropolitanos, el centro de pueblos de tamaño medio y zonas rurales.

Escenario 1: suburbios metropolitanos

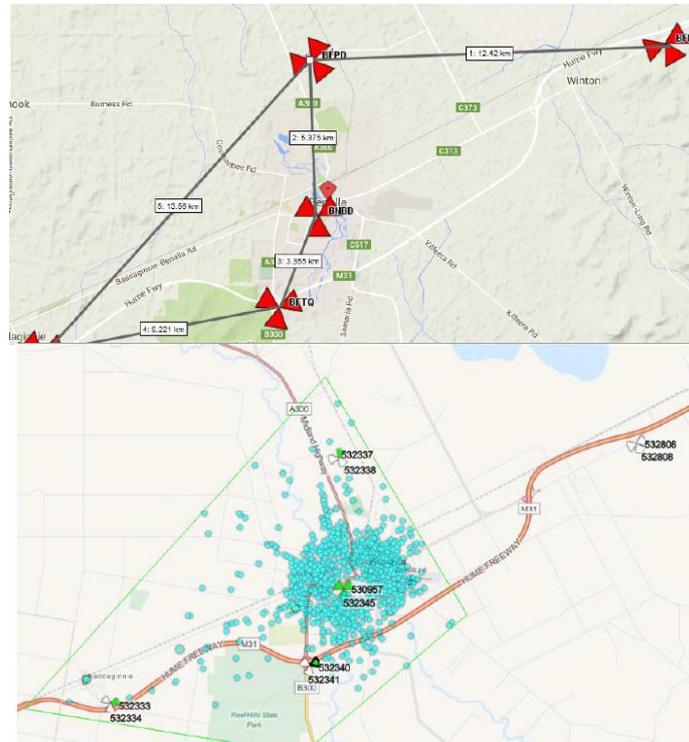
En el primer escenario se pueden englobar todos aquellos suburbios de las grandes ciudades, que si bien no están tan poblados como el centro de las ciudades, tienen una importante población y, por lo tanto, un elevado uso de datos. En el ejemplo que se muestra a continuación el ISD se sitúa en torno a 7-10 km. Sin embargo, cabe destacar que únicamente se han tenido en cuenta aquellos nodos que transmiten en bajas frecuencias. Es decir, los nodos que sólo transmiten en altas frecuencias (1.8-2.6 GHz) no han sido tenidos en cuenta.



2. Imagen: Suburbios metropolitanos

Escenario 2: centros regionales

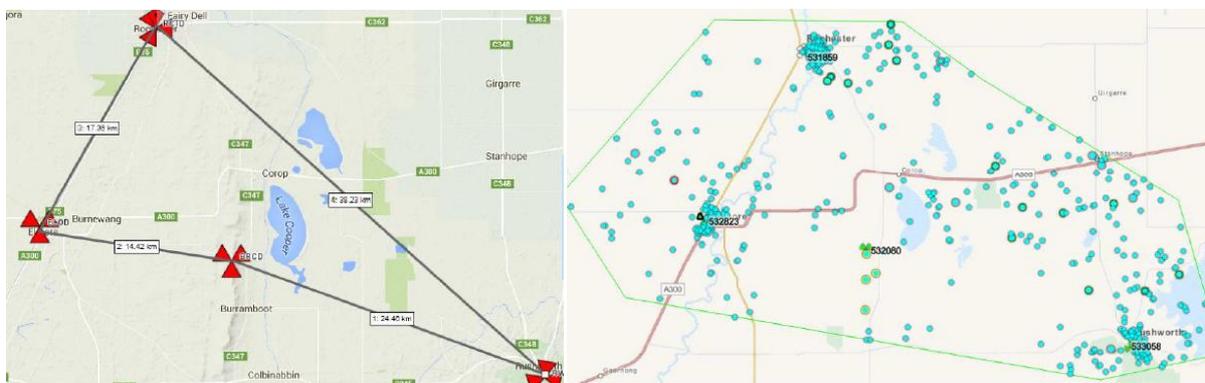
En este segundo escenario se engloban todas aquellas poblaciones de tamaño medio, aisladas, que habitualmente se sitúan en zonas rurales. En el ejemplo que se muestra a continuación, la distancia ISD se sitúa entre 4 km (los nodos situados en el centro de la población) y 14 km (los nodos situados a las afueras) y la población asciende a 9.500 personas.



3. Imagen: centros regionales

Escenario 3: zonas rurales

En el último escenario se engloban todas aquellas áreas rurales que cubren varios centros urbanos de pequeña población. De los tres escenarios analizados, este sería el escenario en el que mayor ISDs se encontrarían, de 14 a 39 km, y menor volumen de tráfico.



4. Imagen: zonas rurales

4.3. RAN1

En los apartados anteriores se ha realizado un análisis de las reuniones del TSG RAN y los Work Items relacionados con las ampliaciones de eMBMS. Los documentos analizados contienen información de alto nivel acerca de los objetivos establecidos por RAN y sus subgrupos. Sin embargo, dichos documentos no contienen información sobre las propuestas concretas presentadas por cada miembro de 3GPP participante en los Work Items de "eMBMS enhancements for LTE".

Por ello, tanto en este apartado como en los siguientes se analizarán las propuestas realizadas por cada empresa miembro de 3GPP, enmarcados en los subgrupos de RAN. Concretamente, en este apartado se analizarán las propuestas realizadas en el seno del subgrupo RAN1 que, como se ha mencionado anteriormente, es el encargado de desarrollar las especificaciones de la capa radio 1.

Las propuestas que serán analizadas han sido presentadas en varias de las reuniones de RAN1, concretamente en las dos que se han llevado a cabo tras la aprobación del primer Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE en RAN 71 (marzo de 2016): las reuniones 84b y 85 de RAN1. A continuación se resumen tanto las últimas reuniones llevadas a cabo por RAN1, como las siguientes planificadas:

Reunión	Lugar	Fecha de inicio	Fecha de fin
RAN1 - 83	Anaheim	2015-11-15	2015-11-22
RAN1 - 84	Malta	2016-02-15	2016-02-19
RAN1 - 84b	Busan	2016-04-11	2016-04-15
RAN1 - 85	Nanjing	2016-05-23	2016-05-27
RAN1 - 86	Gothenburg	2016-08-22	2016-08-26
RAN1 - 86b	Lisbon	2016-10-10	2016-10-14

11. Tabla: reuniones RAN1

4.3.1. RAN1 84b

RAN 84b es la primera de las reuniones que se estudiará para analizar y comparar las propuestas presentadas por cada miembro de 3GPP participante en el WI para las ampliaciones de eMBMS en LTE. Esta reunión fue celebrada en Busan (Core del Sur) en abril de 2016, es decir, fue la primera reunión celebrada por RAN1 tras la aprobación del primer WI de "eMBMS enhancements for LTE" por parte de RAN en marzo de 2016.

El chairman o moderador designado para este WI es Nokia, mientras que los participantes fueron los siguientes: Ericsson, Lenovo, Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Intel, Huawei, HiSilicon, Qualcomm y Nokia. Sin embargo, cabe destacar que la participación de algunas de estas empresas no se realiza de manera individual, sino colectiva. De dicha forma, las propuestas presentadas por cada grupo de empresas obtienen mayor relevancia que si fueran presentadas de manera individual. Estos grupos,

obviamente, agrupan a las empresas cuyas opiniones e intereses confluyen. A continuación se resumen tanto los grupos conformados como las empresas que participaron de manera individual:

- Ericsson
- Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell
- Intel
- Huawei y HiSilicon
- Qualcomm

En cuanto a los temas tratados en esta reunión, se pueden agrupar en cuatro bloques, que coinciden con los objetivos establecidos en el único WI aprobado por RAN 71 antes de esta reunión, RP-160675 [4] y que ha sido analizado en apartados anteriores.

1. CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN.
2. Aumento del número de subtramas MBSFN por trama.
3. Creación de portadoras independientes para eMBMS.
4. Recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario.

A continuación se analizarán las propuestas presentadas por cada una de las cinco empresas o grupos de empresas, agrupadas divididas en los cuatro temas mencionados. Cabe destacar que no todas los miembros presentan propuestas para todos los temas y que en ocasiones presentan más de una propuesta por tema.

4.3.1.1 Ericsson

En este punto se exponen el análisis y las propuestas efectuadas por Ericsson en referencia a los cuatro apartados mencionados.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

La primera aportación de Ericsson al WI RP-160675 [4] "eMBMS enhancements for LTE" es proponer los parámetros de simulación para el estudio del aumento del CP [7]. El objetivo de este estudio es analizar hasta que punto han de aumentarse el tamaño de los símbolos OFDM y el CP para que la auto interferencia en redes MBSFN en LTE se mantenga lo suficientemente baja como para alcanzar el requerimiento de 2 bps/Hz, límite de consenso establecido en este WI (objetivo a) de RP-160675).

Para ello, en primer lugar se deben establecer unos parámetros de consenso entre los diferentes miembros, de tal manera que todos los miembros participantes del WI analicen escenarios comunes que puedan ser comparables.

En lugar de proponer unos nuevos parámetros, Ericsson decide presentar como solución uno de los supuestos utilizados en la especificación TR 25.814 de 3GPP, "Physical layer aspect for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA)". En la siguiente tabla se resumen los casos propuestos por Ericsson.

Parámetros	Valores	
ISD	15 km (opcional: 20 km)	
Frecuencia	600 MHz	
Escenarios del usuario	En lo alto del tejado	Automóvil
Antenas	Única	Dual, espaciado $\lambda/2$, IRC
Ganancia de antena (incluyendo pérdida de alimentadores y preamplificación)	12 dB	3 dB
Patrón de antena	Front-to-back	Omnidireccional
Modelo de canal por celda MBSFN	AWGN	3GPP SCM (urbano) macro
Velocidad del usuario	N/A	120 km/h
Modelo de propagación	[ITU P.1546, parámetros de EBU TR 034]	
Número de celdas MBSFN	[EBU TR 034]	
Región de control unicast en subtramas MBSFN	N/A	
Estimación de canal	Realístico, basado en el diseño RS (Reference Signal) propuesto	

12. Tabla: parámetros de simulación Ericsson

Estos parámetros de simulación ofrecen varias pistas acerca de algunos de los parámetros que Ericsson pretendería utilizar para la implementación de eMBMS. En primer lugar se observa que la banda de frecuencia será la más baja de LTE. Si bien es cierto que actualmente, en España, la banda más baja de LTE es la banda de 800 MHz (791 - 862 MHz) en un futuro próximo el espectro asignado a LTE podría disponer de toda la banda de 700 MHz y, quizás, parte de la banda de 600 MHz. En segundo lugar, el ISD de 15 o 20 km propuesto va dirigido a ofrecer servicios MBSFN, en especial en zonas rurales. Finalmente, se observa que el objetivo de cobertura serán tanto los usuarios fijos, con antenas situadas en los alto de edificios, como los usuarios móviles que incluso se muevan a grandes velocidades.

Una vez propuestos los parámetros de simulación para escenarios típicos de recepción de TV, el siguiente paso será analizar exactamente qué impacto tendrá el aumento de la duración del CP en la numeración de LTE [8]. La utilización de un CP mucho mayor que el máximo definido actualmente, 16.7 μ s con un espaciado de subtramas de 15 kHz o 33.3 μ s y un espaciado de 7.5 kHz, requerirá de una extensión de la duración de los símbolos OFDM para mantener el overhead en los valores actuales de un 25%. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la extensión de los símbolos OFDM implica una reducción proporcional del espaciado de las subtramas y en el número de símbolos OFDM por subtrama. Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos en las simulaciones, será necesaria una nueva numeración. Estos cambios, llevan implícita la necesidad de crear un nuevo patrón de señal de referencia o RS.

Otro de los aspectos a tener en cuenta según Ericsson, será el impacto que la reducción del espaciado de las subtramas pueda tener en la degradación ocasionada por el Efecto Doppler y el ruido de fase.

Las subtramas legacy de MBSFN tienen una región de control unicast de 1 o 2 símbolos OFDM, que portan los siguientes canales de LTE: PCFICH, PHICH, PDCCH y CRS. Por lo tanto, en opinión de Ericsson será necesario que este WI indique el modo de configuración de las tramas MBSFN sin una región de control unicast y sin señales de referencia específicas de celda.

Una vez realizado este análisis, Ericsson formula cuatro propuestas:

1. La numeración utilizada en una subtrama debería ser señalizada a los usuarios para evitar la detección a ciegas.
2. La existencia de una región de control unicast en una subtrama MBSFN debería ser señalizada a los usuarios para evitar la detección a ciegas.
3. La nueva numeración será diseñada para que un número entero de símbolos OFDM ocupen la subtrama completa.
4. Las numeración existentes del CP 15 kHz/16.7 μ s y 7.5 kHz/33.3 μ s deberán ser utilizables en subtramas sin región de control unicast.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

El segundo objetivo establecido en el WI RP-160675 [4], el objetivo b), indica la necesidad de estudiar la manera de usar las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) para MBSFN. La razón por la que actualmente dichas subtramas no pueden ser utilizadas para MBSFN es que transportan las siguientes señales y mensajes: PSS (Primary Synchronization Signal), SSS (Secondary Synchronization Signal), PBCH (Physical Broadcast Channel) y los mensajes de paging. Además, cabe destacar que MBMS requiere de la asignación de toda la banda, es decir, de la asignación todos los PRB (Physical Resource Block), por lo que PSS/SSS/PBCH y los mensajes de paging no pueden ser multiplexados en frecuencia con el PMCH (Physical Multicast Channel). En consecuencia, será necesario transmitir PSS/SSS/PBCH y los mensajes de paging en algún otro lugar, para así poder utilizar subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) para MBSFN.

Otro de las limitaciones a tener en cuenta según Ericsson, es que la longitud de CP ha de ser la misma para todos los PRB de la misma subtrama. Por lo tanto, la utilización de un CP de 16.7 μ s en las subtramas 0 y 5, donde se transmite la señal de sincronización secundaria SSS, implicaría utilizarlo en el resto de subtramas, ya que los usuarios obtienen el CP de la señal SSS. Sin embargo, utilizar un CP largo en la subtramas unicast (subtramas normales, sin MBSFN) es, por lo general, un desperdicio de los recursos. Por ende, la señal de sincronización SSS deberá ser transmitida utilizando el CP normal.

En opinión de Ericsson [9], una de las posibles soluciones a las limitaciones mencionadas es una de las funcionalidades definidas por 3GPP en la Release 12: la señal DRS (Discovery Reference Signal). Esta señal, es una ráfaga de $N \leq 5$ subtramas cada M tramas (donde M es igual a 40, 80 o 160) que contiene las señales PSS/SSS/CRS/CSI-RS y puede ser utilizada en celdas desactivadas. De manera que la transmisión de PSS/SSS durante las ráfagas DRS permitiría la adjudicación de las subtramas 0 y 5

(FS1) y 1 y 6 (FS2) para MBSFN. Además del uso de DRS, Ericsson hace una segunda propuesta acerca de su posible implementación: la transmisión de las subtramas DRS con un espaciado de 15 kHz, independientemente de cuál sea el espaciado utilizada para las subtramas MBSFN.

El WI RP-160675 [4] restringe el uso de las restantes tramas no MBSFN a ser utilizadas únicamente como Scell, siendo transmitida la información restante (información de paging y del sistema) en la PCell (Primary Cell). Por consiguiente, fuera de ráfagas DRS, en la celda secundaria SCell todas las subtramas podrán ser asignadas a MBSFN; por supuesto, excluyendo la subtrama 2 en portadoras TDD, que es una subtrama UL en todas las configuraciones TDD UL/DL.

Las subtramas heredadas MBSFN, conocidas como subtramas MBSFN legacy, tienen una región de control unicast de 1 o 2 símbolos OFDM, que contienen PCFICH, PHICH, PDCCH y CRS. Teniendo en cuenta que este WI indica que haya unicast en las subtramas no-MBSFN únicamente en las celdas secundarias SCell, todo el control unicast puede ser proporcionado mediante la celda primaria PCell. Por lo tanto, no es necesaria la región de control en las capas L1/L2 en las subtramas MBSFN de las celdas secundarias SCell.

Tras la exposición del análisis realizado por parte de Ericsson, a continuación se resumen las observaciones realizadas:

1. Cuando se utilicen las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) para MBSFN, será necesario transmitir PSS/SSS/PBCH y los mensajes de paging en algún otro lugar.
2. La señal de sincronización SSS deberá ser transmitida utilizando el CP normal.
3. No es necesaria la región de control en las capas L1/L2 en las subtramas MBSFN de las celdas secundarias SCell.
4. Se deberá considerar la señalización de las subtramas MBSFN que contengan la región de control unicast.

Y las dos propuestas formuladas:

1. Utilización de la funcionalidad DRS definida en la Release 12 para transmitir PSS/SSS en celdas con asignación extendida de subtramas para MBSFN.
2. Transmisión de las subtramas DRS con un espaciado de 15 kHz, independientemente de cuál sea el espaciado utilizada para las subtramas MBSFN.

3.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

Las propuestas realizadas por parte de Ericsson en el apartado anterior, dedicado al Aumento del número de subtramas MBSFN por trama, además de dar solución al objetivo b) de RP-160675 [4], proponen una medida para cumplir la primera parte del objetivo d), "soporte para una portadora independiente con todas las subtramas DL (downlink) dedicadas a la transmisión de MBSFN", la utilización de DRS.

Para la segunda parte de dicho objetivo d), "señalización propia para eMBMS, incluyendo la información de los siguientes SIB (System Information Block): SIB13, SIB15 y SIB16", Ericsson sugiere

transmitir la información necesaria del sistema en el canal PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) de las subtramas DRS [10].

En una portadora independiente dedicada a la transmisión de MBSFN, los recursos no ocupados por PSS/SSS/PBCH y la información del sistema en las subtramas DRS podrían ser utilizados, por ejemplo, para la transmisión de CBS (Cell Broadcast Services) que es la base para PWS (Public Warning System). Otra opción sería utilizar los recursos no ocupados en portadoras independientes, con asignación de subtramas mixta de broadcast y unicast, para la transmisión de los mensajes de paging.

En resumen, estas son las dos propuestas de Ericsson:

1. Transmitir la información necesaria del sistema en el canal PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) de las subtramas DRS.
2. Transmitir los mensajes de Paging en el canal PDSCH en subtramas DRS.

4.- Recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario

El objetivo f) de RP-160675 [4], establece la necesidad de estudiar "soluciones donde el usuario pueda recibir el servicio de transporte de televisión sin ser autenticado". A pesar de ello, Ericsson no ve que el hecho de dar soporte a dichos servicios tenga ningún impacto sobre RAN1. Por lo tanto, la observación realizada por Ericsson es [11]:

1. El servicio sin autenticación puede ser soportado por RAN1 sin introducir cambios a LTE.

4.3.1.2 Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell

A diferencia de Ericsson, Nokia y Alcatel únicamente presentan propuestas para tres de los cuatro temas analizados en RAN1, debido a que no consideran necesario analizar el cuarto tema (Recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario).

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

eMBMS en LTE es un servicio que tratará de ofrecer una alternativa a las tecnologías tradicionales de DVB. Para ello, necesitará incluir escenarios típicos de DVB y ser evaluado y desarrollado en consonancia con los principios fundamentales de la industria del broadcasting. Por ello, en este apartado [12], Nokia y Alcatel tratan los siguientes tres aspectos: nuevos escenarios de eMBMS, nuevas estructuras para las tramas OFDM y nuevos supuestos de simulación.

En opinión de los subscriptores de esta propuesta, existen dos escenarios principales para el despliegue de eMBMS:

- Escenario 1: un MNO (Mobile Network Operator) tradicional ofrece servicios de TV en su red.
- Escenario 2: un operador de TV tradicional utiliza la tecnología LTE para ofrecer servicios de radiodifusión de televisión.

En el **escenario 1**, la solución más económica sería reutilizar los nodos existentes, ya sea mediante el reuso de parte de los recursos de las portadoras existentes o añadiendo nuevas portadoras para servicios eMBMS. Si se reutilizaran los nodos y antenas existentes, el sistema estará limitado por la actual configuración del nodo y su potencia máxima de transmisión. Por lo tanto, en la mayoría de los entornos celulares existentes, la distancia entre nodos ISD necesaria para alcanzar una eficiencia espectral satisfactoria no será demasiado elevada, de entorno a 10 km. Actualmente, esto puede ser soportado por la capa física de LTE. La única pieza faltante es la actualización de la señalización para un CP de 33.3 μ s.

El escenario más relevante de un ISD largo, mayor que 10 km, en una red móvil es el rural, donde las pérdidas de trayecto pueden ser mayores y las antenas de los nodos son más grande para dar mayor cobertura. Incluso en ese caso, sería necesaria la instalación de antenas en lo alto del tejado de los receptores para hacer que un tamaño de celda de tan grande sea viable. Será necesario el estudio de dicho caso. Si eMBMS fuera viable con semejante tamaño de celda, aunque el operador tuviera una mayor densidad de nodos desplegados, podría optar por adecuar solamente algunas de los nodos para ofrecer servicios de eMBMS, de tal manera que los costes se reducirían considerablemente.

En el **escenario 2** se reemplazarían las tecnologías tradicionales de DVB. En este caso sería más probable es despliegue de eMBMS en portadoras independientes, ya que este tipo de operadores no suelen disponer de portadora LTE existentes.

El operador de radiodifusión tendría que realizar una inversión inicial importante para poder adquirir o alquilar los nodos que le permitan ofrecer una cobertura nacional de televisión, ya que con los tamaños de CP definidos actualmente para eMBMS, 16.7 μ s y 33.3 μ s, el ISD estaría limitado a 10 km. La inversión necesaria excedería la necesaria para desplegar una red con servicios tradicionales de DVB, debido a que su ISD puede exceder los 30 km. Esta será una limitación a tener en cuenta en el despliegue de eMBMS.

El operador podrá configurar los nodos de manera diferentes a las redes tradicionales MNO. Por ejemplo, se podrán utilizar potencias de transmisión mayores, siempre y cuando se actualicen las regulaciones actuales, y utilizar torres más altas, incluso reutilizando las actualmente existentes para DVB. Este tipo de transmisión, denominada HPHT (High Power High Tower) permitirán coberturas mayores, aumentando así el ISD. Así, los operadores podrían desplegar menos nodos, suponiendo un ahorro importante en la inversión inicial.

En ambos escenarios aumentar el ISD por encima del límite actual de 10 km permitiría a los operadores de radiodifusión efectuar un despliegue de eMBMS reduciendo los costes.

Los parámetros de simulación propuestos por Nokia y Alcatel son los que se resumen a continuación, diferentes para cada uno de los escenarios presentados.

Parámetros	Valores	
Escenario	Escenario 1	Escenario 2
Frecuencia	800 MHz	600 MHz
Ancho de banda	10 MHz	10 MHz
Pérdidas de propagación	En mano: $L = 113.2 + 34.4 \log_{10}(R)$	Prob. de tiempo: 50% Modelo de terreno: Llano Altura de clutter en entorno de recepción: 20m ITU-R P.154-5
Número de tiers que generan ISI	2	2
Pérdidas de penetración	0 dB	0 dB
Shadowing (desviación estándar)	$\sigma = 8$ dB	$\sigma = 5.5$ dB
Fast Fading	Simplificado (3 tap) -0.45dB@0us, -10.45dB@12.5us, -20.45dB@27.5us	Canal Rayleigh fading (1 tap)
Figura de ruido del receptor	En mano: 9 dB En tejado: 6 dB	9 dB
Altura de la antena de transmisión	35m	LPLT: 37.5 m HPHT: 150 m
Ganancia de la antena de transmisión	17 dBi	LPLT: 20W, 40W or 80W HPHT: 1 kW, 10 kW
Patrón de antena de transmisión	Direccional de 3 sectores	Omnidireccional
Altura del receptor	En mano: 1.5 m En tejado: 10m	1.5 m
Pérdidas de cable del receptor	0 dB	0 dB
Pérdidas de cuerpo del receptor	En mano: 2 dB En tejado: 0 dB	2 dB
Ganancia de la antena de recepción	En mano: 0 dBi En tejado: 10 dBi	Omnidireccional -7.35 dBi

13. Tabla: parámetros de simulación Nokia y Alcatel

Una vez propuestos los parámetros, Nokia y Alcatel presentan su propuesta en cuanto al aumento de CP con dos nuevos valores: 66.7 μ s y 100 μ s. Las razones que esgrimen para la elección de estos dos parámetros son las siguientes:

- Permiten ISDs de hasta 20 y 30 km respectivamente.
- Mantienen el número total de RE en un PRB a 144.
- Mantienen el overhead del CP sobre el símbolo de OFDM por debajo del 20%. Aumentarlo por encima de este límite, advierten, reduciría el throughput por encima de los valores aceptables.

Nueva numeración	CP (μ s)	Longitud de símbolo (μ s)	Espaciado de portadoras (Hz)	Símbolos en 1 ms	Subportadoras por 180 kHz
1	66.67	333.33	3750	3	48
2	100	500	2500	2	72

14. Tabla: Nuevos CP de Nokia y Alcatel

Como punto de partida, además, se propone que los patrones de señal de referencia para las dos nuevas estructura presentadas mantengan en los valores actuales, con una densidad de aproximadamente el 12.5%.

Las propuestas de Nokia y Alcatel en cuanto al aumento del CP se puede resumir de la siguiente forma:

1. Tanto el escenario 1, en el que un MNO tradicional reutiliza su propia red, como el escenario 2 en el que un operador de televisión tradicional crea su propia red de eMBMS en LTE, deberán de ser tenidos en cuenta por parte de RAN1 a la hora de evaluar el aumento de CP, incluyendo la utilización de transmisión HPHT.
2. RAN1 debe considerar los parámetros de simulación propuestos para los dos escenarios.
3. Aumentar el CP a 66.67 μ s y 100 μ s, basados en la numeración propuesta.
4. Se propone que los patrones de señal de referencia para las dos nuevas estructura presentadas mantengan en los valores actuales, con una densidad de aproximadamente el 12.5%.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

El análisis de este apartado se divide en dos bloques, por un lado el uso de las subtramas 4 y 9 para eMBMS y, por otro lado, el uso de las subtramas 0 y 5 [13].

Actualmente los usuarios no requieren obtener la información del sistema y decodificar el paging desde la celda secundaria SCell. En principio esto sugiere que dichas subtramas 4 y 9 podrían ser configuradas para proveer capacidad adicional MBSFN para los dispositivos "eMBMS+". Si la compatibilidad hacia atrás con los dispositivos legacy eMBMS ha de ser tomada en cuenta, entonces estas subtramas adicionales deberán ser configuradas de manera independiente para que se comporten como un PMCH (Physical Multicast Channel) "secundario" con respecto a su MCCH. Para minimizar los esfuerzos de estandarización, deberían de aplicarse métodos similares a los aplicados al PMCH existente para el PMCH "secundario". Se propone utilizar los 2 símbolos OFDM de la región de control para transmitir información acerca del paging.

En cuanto a las subtramas 0 y 5, si bien es cierto que parte de dichas subtramas podrían ser configuradas para transportar tráfico MBSFN, no podrían ser ocupadas totalmente porque transportan PSS, SSS y PBCH. La configuración de estas subtramas únicamente para MBSFN supondría un gran trabajo de estandarización que debe cuidadosamente analizado por RAN1, debido al elevado tiempo que requeriría.

En resumen, estas son las tres propuestas sugeridas por parte de Nokia y Alcatel:

1. Si se utilizan subtramas adicionales en la celda secundaria SCell para proveer capacidad adicional a MBSFN, debería de existir alguna opción para configurarlos de tal manera que se mantenga la compatibilidad hacia atrás con el tráfico MBSFN legacy, mediante el uso de las 6 subtramas actuales.

2. RAN1 debe discutir cómo van a realizar el paging los dispositivos que reciban tráfico MBSFN en las subtramas 4 y 9.
3. RAN 1 debe analizar de manera cuidadosa el beneficio de utilizar las subtramas 0 y 5 para el tráfico MBSFN en comparación con la complejidad que esto supone, debido a la presencia de PSS/SSS y PBCH en dichas subtramas y los posibles periodos de guarda requeridos para los símbolos MBSFN con los diferentes CP.

3.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

En las portadoras heredadas de LTE, el usuario necesita leer el SIB2 (System Information Block 2) para determinar las subtramas que son utilizadas para MBSFN y el SIB13 para obtener las subtramas específicas que transportan el MCCH (Multicast Control Channel). De ahí, el usuario obtiene la configuración PMCH (Physical Multicast Channel). El usuario también utiliza el PDCCH (Physical downlink Control Channel) para dar información sobre el mecanismo de corrección de errores UL HARQ, para la planificación UL y para notificar cambios en el MCCH.

En lo que a las nuevas portadoras independientes de eMBMS respecta, Nokia y Alcatel hacen un listado de varias cuestiones a tener en cuenta [14].

- **¿Se están enfocando las portadoras independientes de eMBMS a un escenario específico?**

En función del escenario en el que se quiera implementar, el diseño de la portadora independiente para eMBMS puede ser muy diferente. Por ejemplo, si se considera un evento deportivo, la celda será pequeña y aislada pero tendrá la presencia de otras muchas portadoras, por lo que su capacidad para eMBMS podrá ser maximizada. De manera alternativa, el despliegue podría ser realizado en un escenario de radiodifusión de televisión a nivel nacional mediante transmisión HPHT con ISD elevados.

Para estos dos escenarios, no es posible dar soporte UL debido a la distancia o no es necesario, debido a la presencia de otra portadoras. El desarrollo de una portadora DL independiente para eMBMS eliminaría la necesidad de dar una solución de señalización UL en RAN1, que en consecuencia simplificaría el problema de cómo utilizar de manera más eficiente los 2 símbolos OFDM de control.

- **¿Se espera que el usuario sea capaz de utilizar la portadora independiente de eMBMS sin el soporte de otra portadora?**

Según el punto de vista de Nokia y Alcatel, el uso de una portadora independiente de eMBMS implica que el usuario sea capaz de acceder a ella y usarla sin el soporte de otra portadora.

En base a este punto de vista, la portadora independiente de eMBMS necesita dar soporte a una región CSS para la planificación de la información del sistema (SIB2 y SIB13), que permiten al usuario conocer el MCCH y el PMCH. Teniendo en cuenta la baja periodicidad de

la información del sistema necesaria para configurar eMBMS, el reto de RAN1 es determinar el mejor método para la planificación y entrega de la información del sistema.

La utilización del nuevo enfoque FDM (Frequency Division Multiplexing) frente al tradicional TDM (Time Division Multiplexing) incluye ventajas como:

- Para grandes anchos de banda, la granularidad de los PRB ofrece mayor flexibilidad.
 - Se puede dar soporte (Inter-cell Interference Coordination) en el dominio de la frecuencia.
 - El EPDCCH (Enhanced Physical Downlink Control Channel) puede ser utilizado.
- **¿Qué nivel de soporte se espera para los usuarios legacy (heredados) en las portadoras eMBMS independientes?**

Si las nuevas portadoras independientes de eMBMS fueran diseñadas para dar soporte a los usuarios heredados de eMBMS, la posibilidad de ampliar sus capacidades sería severamente limitada, en particular para los nuevos operadores de radiodifusión. Si se eliminara esta exigencia, se podrían llevar a cabo ciertas optimizaciones, como:

- Modificar o incluso eliminar el paging, para poder liberar subtramas adicionales para el tráfico eMBMS.
 - Optimizar PSS/SSS/CRS para diferentes CP.
 - Modificar el MIB (Master Information Block) para incluir más información sobre la configuración MBSFN.
- **¿Deben las nuevas portadoras independiente de eMBMS dar soporte al paging para los usuarios en modo IDLE?**

Dado el potencial tamaño de las celdas con portadoras independientes de eMBMS, dar soporte al paging es una manera ineficiente de utilizar la potencia en DL. Sin embargo, en celdas más pequeñas, el soporte al paging puede ser una buena solución para mantener el coste del receptor del usuario bajo, ya que evita la necesidad de recepción dual.

- **¿Qué cantidad de tráfico unicast se espera que soporten las portadoras independientes de eMBMS?**

Si se le requiriera a la portadora eMBMS dar algún tipo de soporte unicast, entonces la portadora puede ser tratada como una portadora legacy eMBMS. Por lo cual, Nokia y Alcatel, no ven una motivación especial para dar soporte al tráfico unicast en las portadoras independientes de eMBMS. La eliminación del tráfico unicast tradicional maximiza la eficiencia espectral de MBSFN, pero no queda claro como se realizará la autenticación.

Tras este análisis, Nokia y Alcatel presentan 6 propuestas que ayudarían a dar solución a los problemas planteados:

1. La portadora independiente de eMBMS únicamente soportará tráfico DL.
2. La portadora independiente de eMBMS deberá transmitir la suficiente información del sistemas para permitir a los dispositivos de los usuarios leer el MVV sin la asistencia de otra portadora.
3. La portadora independiente de eMBMS no dará soporte a los usuarios legacy.
4. La portadora independiente de eMBMS podrá dar soporte al paging de manera opcional.
5. La portadora independiente de eMBMS no soportará tráfico unicast DL.
6. Para los servicios de televisión que necesiten suscripción y algún tipo de autenticación, el usuario podrá ser autenticado de manera opcional en las capas superiores sin la necesidad de una portadora UL eMBMS. Por ejemplo, se podrá utilizar la conexión a internet de banda ancha de casa.

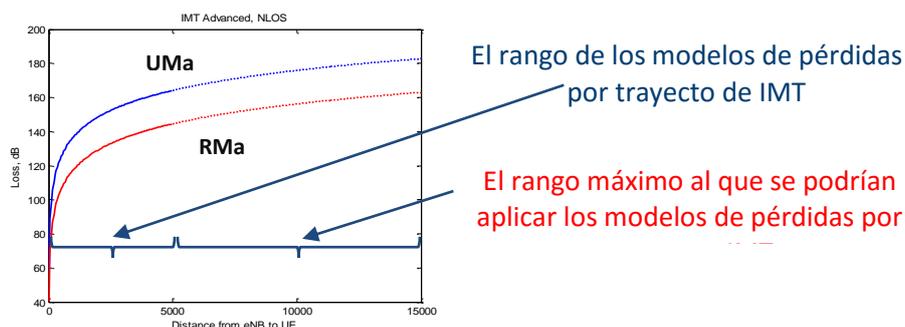
4.3.1.3 Intel

La única contribución en forma de propuesta efectuada por Intel Corporation en la reunión 84b de RAN1 es el documento R1-163840 en el que se resaltan algunas consideraciones a tener en cuenta en el aumento del CP [15]. Por el contrario, no realiza ninguna aportación a los otros tres temas que se trataron en dicha reunión.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

El análisis de Intel en cuanto al aumento del CP y su estudio se divide en 4 áreas: modelado de las pérdidas por trayecto, modelado del retardo de propagación de la señales OFDM, modelado de la interferencia interna en las áreas MBSFN y el modelado EVM (Error Vector Magnitude) en transmisión y recepción.

En el primer aspecto analizado, el **modelado de las pérdidas por trayecto**, se propone considerar alguno de los modelos existente: UMa, RMa o algún otro. Sin embargo, los modelos de canal existentes tienen una limitación de 5km entre el nodo y el usuario, por lo que en escenarios de mayor cobertura sería necesario llevar a cabo un estudio en profundidad para definir un modelo adecuado. En la siguiente imagen se ilustra las limitaciones de los modelos UMa y RMa desarrollados por IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications - Advanced).

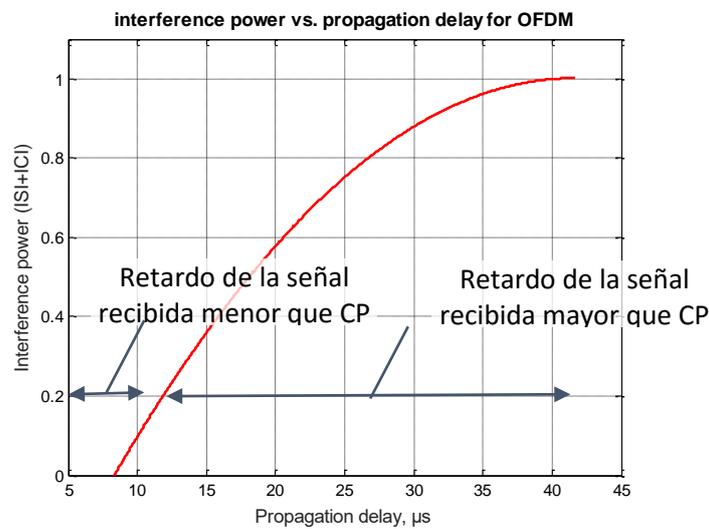


5. Imagen: Limitación de modelos propuestos por Intel

El segundo punto expuesto es el **modelado del retardo de propagación de la señales OFDM** con respecto al tamaño de la ventana FFT. Si el retardo de la señal N_T excediera la longitud del CP, la señal recibida causaría interferencia entre símbolos (ISI) y entre portadoras (ICI). La potencia de dicha interferencia se puede calcular mediante la siguiente fórmula, donde $N_G < N_T < N_{FFT}$:

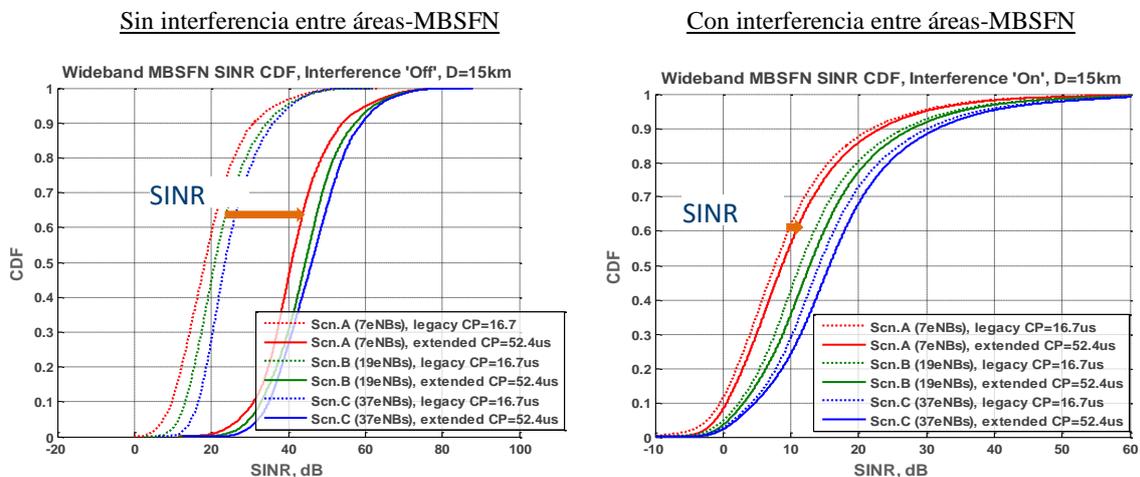
$$P_I = P_{RX} \left[(N_T - N_G) + (N_T - N_G) \frac{N_{FFT} + N_G - N_T}{N_{FFT}} + 2 \frac{(N_T - N_G)}{N_{FFT}} \right]$$

En dicho caso, la potencia de la señal utilizable recibida se vería reducida a $P_U = P_{RX} - P_I$, donde P_{RX} es la potencia de la señal recibida y P_I la potencia de la interferencia. En la siguiente imagen se muestra la potencia de la interferencia, que como se puede observar, es nula cuando el retardo de la señal es menor que el CP.



6. Imagen: Potencia de la interferencia

Otro de los puntos a tener en cuenta es el **modelado de la interferencia interna en las áreas MBSFN**. En la siguiente imagen se muestra el SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) con y sin la inclusión de la interferencia creada por las áreas MBSFN adyacentes. Como se puede observar, el desempeño del SINR puede variar considerablemente si se tiene en cuenta la interferencia entre áreas.



7. Imagen: Ganancia SINR por aumento de CP

Finalmente, se expone la necesidad de tener en cuenta **el modelado EVM (Error Vector Magnitude) transmisión y recepción** para la evaluación de MBSFN. Si se reutilizara el espaciado de 15 kHz heredado, podrían reutilizarse los supuestos ya establecidos. En caso contrario, si se redujera a de 7.5 kHz u otros valores, sería necesario obtener feedback por parte de RAN4. En resumen:

EVM	
15 kHz	<15 kHz
EVM Tx: 8% EVM Rx:4%	Necesario que RAN4 lo indique

15. Tabla: EVM propuestos por Intel

El documento presentado por Intel presenta cuatro propuestas a tener en cuenta:

- Realizar un estudio acerca de cómo se va a modelar el entorno de propagación MBSFN, teniendo en cuenta la limitación de 5 km que tienen los modelos desarrollados hasta el momento.
- Adoptar la ecuación presentada anteriormente para el modelado de interferencia causada por el ISI y el ICI.
- Considerar la interferencia generada por las áreas MBSFN adyacentes para las evaluaciones de MBSFN.
- Considerar los valores actualmente establecidos para EVM cuando el espaciado entre portadoras sea 15 kHz (EVM Tx 8% y EVM Rx 4%) y pedir a RAN4 que indique cuáles serán los valores cuando el espaciado sea menor.

4.3.1.4 Huawei y HiSilicon

Huawei y HiSilicon presentaron varios documentos en la reunión 84b de RAN1 para presentar sus propuestas de manera conjunta en el WI RP-160675 [4] "eMBMS enhancements for LTE", abordando los cuatro puntos establecidos para esta reunión.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

La propuesta de estas dos compañías y miembros de 3GPP comienza con la exposición de los parámetros de simulación que han de ser definidos antes de efectuar las simulaciones [16]. Se definen tres **escenarios** en la propuesta presentadas, en función de la posición del receptor:

- Escenario 1: receptor portable de mano en exteriores.
- Escenario 2: receptor portable de mano en interiores.
- Escenario 3: receptor portable de mano en interiores y exteriores.

En el escenario 3 se pueden considerar diferentes distribuciones de tiempo en cada uno de ellos, como por ejemplo 80% del tiempo en interiores y 20% en exteriores.

En lo que a la **frecuencia** respecta, en eMBMS se esperan grandes áreas de cobertura. Esto se puede abordar de dos formas, bien aumentando las potencias de transmisión o bien utilizando las bandas de frecuencias más bajas. Sin embargo, el incremento de la potencia de transmisión puede generar

problemas como el aumento de las interferencias. El uso de frecuencias más bajas, como la banda de 700 MHz, es una mejor solución debido a sus mejores condiciones de propagación y menores pérdidas de penetración.

El **modelo de pérdidas de propagación** utilizado por 3GPP puede que no sea preciso en las bandas de frecuencia de 700 - 800 MHz. El modelo Okumura-Hata es un modelo ampliamente utilizado para la evaluación de los sistemas de radiodifusión tradicionales. Este modelo es aplicable en frecuencias de entre 150 y 1500 MHz y alturas de transmisión de 30 a 200 m. El modelo de pérdidas de propagación es el siguiente para modelos urbanos y rurales:

$$L(\text{urbano})(dB) = 69.55 + 26.16 \log(f_c) - 13.82 \log(h_{bs}) - a(h_{ue}) + (44.9 - 6.55 \log(h_{bs})) \log(d)$$

$$L(\text{rural})(dB) = L(\text{urbano}) - 4.87(\log f_c)^2 - 18.33 \log(f_c) - 40.94$$

donde

$$a(h_{ue}) = (1.1 \log(f_c) - 0.7)h_{ue} - (1.56 \log(f_c) - 0.8) \text{ dB}$$

En esta ecuación f_c (MHz) es la frecuencia, h_{bs} (m) es la altura de la antena de transmisión, h_{ue} (m) es la altura de la antena de recepción y d (km) es la distancia entre el transmisor y el receptor.

Huawei y HiSilicon proponen evaluar la **longitud de CP** con los valores existentes, 16.67 μs para espaciados de 15 kHz y 33.33 μs para espaciados de 7.5 kHz. Con estos valores de CP propuestos, queda claro que el ISD no tendrá valores tan altos como los propuestos por otros miembros de 3GPP. El ISD propuesto para las evaluaciones es de 1732 m, que es el ISD adoptado hasta el momento en LTE para la evaluación de la eficiencia espectral. En la tabla que se muestra a continuación se muestran los parámetros de simulación propuestos:

Parámetros	Valores
Diseño celular	Hexagona., 19 sites con 3 sectores/site
ISD	1732 m
Pérdidas de propagación	Okumura-Hata en escenario urbano/rural
Shadowing lognormal	Desviación estándar NLOS: 8 dB Desviación estándar LOS: 4 dB
Pérdidas de penetración	10 dB (interiores) 0 dB (exteriores)
Modelo de canal	TU6
Velocidad del receptor	3 km/h
Potencia de transmisión (P_{total})	46 dBm
Dirección de máxima ganancia (3 sectores con antenas fijas)	
Usuarios repartidos uniformemente en la celda	
Mínima distancia entre receptor y transmisor	35 m
Altura de antena	Transmisión: 32 m Recepción: 1.5 m
Frecuencia	700 MHz
CP	16.67 μs , 33.33 μs
Ganancia de antena	Transmisión: 14 dBi Recepción: 0 dBi

Parámetros	Valores
Figura de ruido	9 dB
Número de antenas	Transmisión: 1 Recepción: 2
Tipo de receptor	MRC
Patrón de antena de transmisión (horizontal)	$A_H(\varphi) = -\min \left[12 \left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}} \right)^2, A_m \right]$ $\varphi_{3dB} = 70 \text{ grados}, A_m = 25 \text{ dB}$
Patrón de antena de transmisión (vertical)	$A_V(\theta) = -\min \left[12 \left(\frac{\theta - \theta_{eilt}}{\theta_{3dB}} \right)^2, SLA_V \right]$ $\theta_{3dB} = 10, SLA_V = 20 \text{ dB}$ <p>El parámetro θ_{eilt} es el downtilt eléctrico de la antena, que puede tomar el valor de 6 grados.</p>
Método de combinación para patrón de antena de transmisión en 3D	$A(\varphi, \theta) = -\min \left\{ -[A_H(\varphi) + A_V(\theta)], A_m \right\}$

16. Tabla: parámetros de simulación Huawei y HiSilicon

Una vez propuestos los parámetros de simulación, se discute la necesidad de adoptar un CP más largo [17].

En la actualidad, en las especificaciones de LTE se soportan tanto el espaciado de subportadoras de 15 kHz, como el de 7.5 kHz. Sin embargo, no ha sido ninguna señalización para 7.5 kHz. Además, se definen dos tipos de CP en la especificación TS 36.211: normal y extendido.

Configuración	Longitud de CP $N_{CP,l}$
CP normal	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 160 donde $l = 0$ 144 donde $l = 1, 2, \dots, 6$
	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 512 donde $l = 1, 2, \dots, 5$
CP extendido	$\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$ 1024 donde $l = 0, 1, 2$

17. Tabla: parámetros OFDM definidos en TS 36.211

En transmisiones unicast se puede configurar el CP como normal o extendido, que es detectado en función del tiempo transcurrido entre PSS y SSS. En transmisiones MBSFN, por el contrario, únicamente se puede utilizar el CP extendido, debido a que al elevado retardo en celdas con grandes áreas de cobertura.

Como se demuestra en la siguiente tabla, según las especificaciones de 3GPP, para el ISD de 1732 m propuesto, las eficiencias espectrales superan el objetivo de 2 bps/Hz con frecuencias de 700MHz.

CP (us)	Escenario	Eficiencia espectral (bps/Hz)
16.67	Urbano en interiores, 700 MHz	2.85
33.33	Urbano en interiores, 700 MHz	3.04

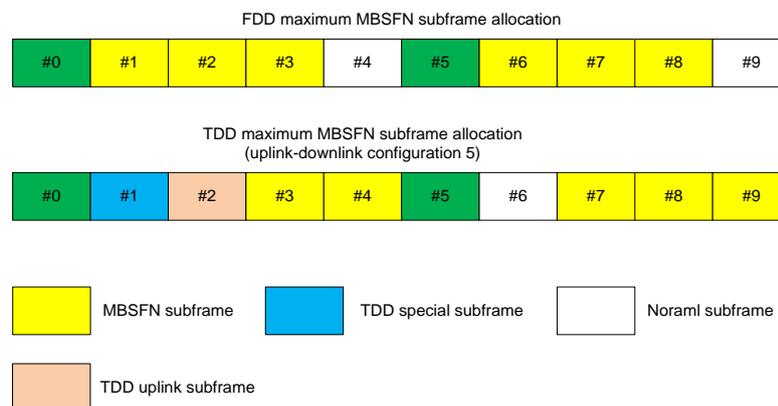
18. Tabla: Eficiencia espectral de MBSFN con ISD de 1732m

El resumen de las propuestas presentadas por parte de Huawei y HiSilicon es el siguiente:

1. Han de estudiarse tres escenarios para un receptor portable de mano: en interiores, en exteriores y una combinación de interiores y exteriores, con la distribución deseada.
2. Se utilizará una frecuencia de 700 MHz para las evaluaciones de eMBMS.
3. Se utilizará el modelo Okumura-Hata para el cálculo de las pérdidas de propagación.
4. Se utilizarán los CP definidos en las especificaciones actuales (16.67 μ s y 33.33 μ s) para las evaluaciones de eMBMS.
5. Se utilizará un ISD de 1732 m para las evaluaciones de eMBMS.
6. No se introduce un CP mayor que 16.67 μ s, al menos en el modo con múltiples portadoras en la Release 14.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

En las especificaciones de LTE la asignación de subtramas MBSFN está limitada a las subtramas 1, 2, 3, 6, 7 y 8 en el tipo de estructura de tramas 1 (FDD) y a las subtramas 3, 4, 7, 8 y 9 en el tipo 2 (TDD), como se muestra en la siguiente imagen [18].



8. Imagen: Adjudicación de subtramas MBSFN actual en LTE

Las principales razones por las que el resto de subtramas no pueden utilizarse para MBSFN son las siguientes:

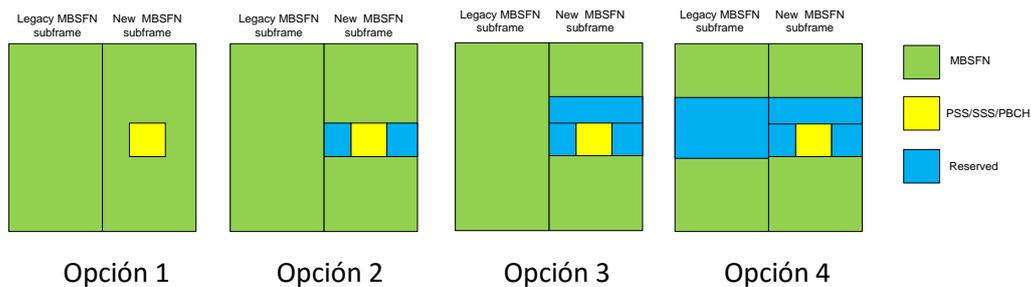
- Las subtramas 4 y 9 en el modo FDD y las subtramas 6 en el modo TDD se configuran como subtramas para el paging.
- El MIB se transmite en los 6 PRB centrales de las subtramas 0 en los modos FDD y TDD.
- En el modo TDD la subtrama 1 es especial, ya que contiene: DwPTS, GP y UpPTS.
- El SIB1 es transmitido en la subtrama 5 en ambos modos.
- En FDD, el PSS es transmitido en el último símbolo del primer slot de las subtramas 0 y 5, mientras que el SSS es transmitido en el segundo símbolo del mismo slot.
- En TDD, el PSS es transmitido en el tercer símbolo del primer slot de las subtramas 1 y 6, mientras que el SSS es transmitido en el último símbolo de las subtramas 0 y 5.

En contra de lo que indican las especificaciones de LTE desarrolladas hasta el momento, SA1 desarrolló los requerimientos para la transmisión de los servicios de televisión, en los que se indicaba

que las redes de 3GPP deberían ser capaces de convertir el tráfico unicast en broadcast y viceversa, de tal manera que pudieran tener una asignación del 0 al 100%.

En la celda primaria, en la cual ya ha sido definida la multiplexación de unicast y MBSFN en el dominio del tiempo, se consideran cuatro opciones para aumentar el número de subtramas MBSFN:

- Opción 1: Todas las subtramas y PRB de cada trama son utilizadas para MBSFN. Se permiten tanto la multiplexación temporal frecuencial de las transmisiones unicast y MBSFN. Se reservan recursos para PSS, SSS y PBCH.
- Opción 2: Se reservan las subportadoras correspondientes a los 6 PRB centrales en las subtramas 0 y 5 (FS1) y 0, 1, 5 y 6 (FS2). El resto de los PRB, a excepción de los 6 centrales, son asignados a MBSFN si la subtrama está configurada como MBSFN.
- Opción 3: Multiplexación en el dominio de la frecuencia configurable entre las transmisiones MBSFN y unicast en las subtramas 0, 4, 5 y 9 (FS1) y 0, 1, 5 y 6 (FS2). Todos los PRB en el resto de las subtramas son asignados a MBSFN si la subtrama está configurada como MBSFN.
- Opción 4: Multiplexación en el dominio de la frecuencia configurable entre las transmisiones MBSFN y unicast en todas las subtramas.



9. Imagen: Multiplexación propuesta por Huawei y HiSilicon

La opción 1 ofrece un aumento de flexibilidad en la planificación tanto para unicast como MBSFN. El mayor inconveniente es la dificultad para reservar las señales y canales esenciales (PSS, SSS, PBCH, CRS y CSI-RS) para el control de LTE, ya que el CP de las transmisiones MBSFN y el de dichas señales y canales puede ser diferente. Serán necesario un nuevo proceso de estandarización.

La opción 2 por su parte, ofrece protección para la transmisión de PSS, SSS y PBCH con el coste de una reducción en la flexibilidad de planificación con respecto a la opción 1. Es más, puede que aún exista colisión con CRS y CSI-RS. Se podrá utilizar un CP diferente para las transmisiones de MBSFN y unicast, que requerirá de una investigación más en profundidad.

La opción 3 ofrece mayor flexibilidad en la planificación que la opción 2. Incluso la opción 2 podría ser calificada como una versión extrema de la opción 3. Sin embargo, no es posible la multiplexación del tráfico MBSFN y unicast en el dominio de la frecuencia de las subtramas legacy. Es necesario analizar el problema de la colisión entre CRS y MBSFN.

Por último, la opción 4 extiende la planificación en el dominio de la frecuencia a las subtramas legacy de MBSFN, por lo que se puede esperar una mejor planificación y una reducción de la latencia. Además, la transmisión de PSS, SSS y PBCH está protegida. Es necesario analizar el problema de la

colisión entre CRS y MBSFN. Por el contrario y a diferencia de las opciones anteriores, no es necesario una nuevo proceso de estandarización.

En base al análisis realizado, se puede concluir que la multiplexación en el dominio de la frecuencia del tráfico MBSFN y unicast es beneficioso desde el punto de vista del desempeño del sistema, al menos para las subtramas no MBSFN tradicionales. La propuesta de estas dos empresas respecto a este punto es proseguir con el análisis de estas cuatro opciones u otras que se puedan presentar.

3.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

Las portadoras mixtas con tráfico unicast y MBSFN ofrecen una manera sensata de compartir el espectro entre ambos tipos de tráfico. Si se relajara la exigencia de configurar todas las subtramas como MBSFN, configurando sólo algunas de ellas, se podría obtener una multiplexación más flexible. En el anterior apartado se han expuesto las cuatro opciones propuestas por Huawei y HiSilicon para conseguir este objetivo [19].

En opinión de estos dos miembros de 3GPP no es recomendable diseñar subtramas dedicada exclusivamente al tráfico de MBSFN, debido a que el no poder soportar tráfico unicast generará una baja eficiencia en la utilización del espectro y la violación del requerimiento definido por SA1, que define la posibilidad de convertir el tráfico broadcast en unicast y viceversa.

Si el operador tuviera más de una portadora disponible, se podría incluso valorar el uso de CA (Carrier Aggregation), configurando una de las portadoras como secundaria para la transmisión del tráfico MBSFN. El acceso inicial y la adquisición de la información del sistema (SIB13, SIB15, etc) podría ser tratado mediante la portadora principal.

Los esfuerzos de estandarización para las soluciones mencionadas se espera que sean bastante limitados, una vez que la extensión de subtramas MBSFN sea completada. Por otro lado, cabe destacar que en la actualidad prácticamente todos los terminales existentes soportan el tráfico unicast. Se espera que en los futuros terminales esta capacidad se siga manteniendo, además de soportar el tráfico de eMBMS.

En resumen, Huawei y HiSilicon proponen no diseñar portadoras dedicadas exclusivamente para MBSFN mediante la definición de nuevos canales y señalización para el acceso inicial y la obtención de información del sistema, ya que existen otras opciones más simples.

4.- Recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario

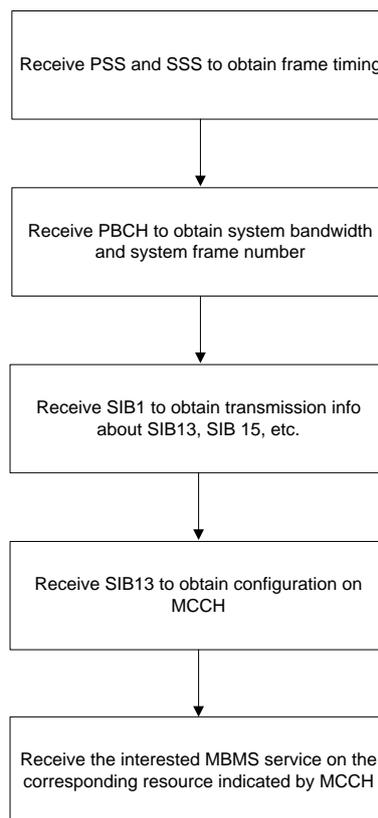
En este apartado se discute el impacto que tendrá la recepción de servicios de televisión por parte del usuario sin ser autenticado [20]. En primer lugar, se explica cuál es el mecanismo para recibir servicios de televisión de acuerdo a las especificaciones actuales de LTE.

En las especificaciones de LTE únicamente se permite la recepción de tráfico unicast y MBMS de manera mixta. Las transmisiones de ambos tipos de tráfico se dividen en tiempo, donde cada subtrama de MBSFN está dividida en una región MBSFN y otra región no MBSFN. La información de

control para unicast, incluyendo los canales PDCCH, PHICH y PCFICH, es transmitida también en la región no MBSFN dentro de las tramas MBSFN.

Por otro lado, el canal físico PMCH que está mapeado a canal de transporte MCH, se transmite en la región MBSFN. Además, son dos los canales lógicos multiplexados y mapeados a MCH: MTCH y MCCH. El primero, MTCH, es el canal lógico utilizado para transportar datos MBMS, mientras que el segundo, MCCH, transporta información de control de MBMS. Esta información de control puede ser actualizada, indicándolo mediante el PDCCH. La información para la planificación de la transmisión para el MCCH es radiodifundida por SIB13. Además, otra información utilizada para la recepción del servicio de MBMS es transmitida mediante SIB2 y SIB15.

En la siguiente imagen se muestra el flujo de información para la recepción de servicios de TV en las especificaciones de LTE actuales. En primer lugar, el usuario se sincroniza con la estación base, obteniendo el PCID basándose en la detección de PSS y SSS. A continuación, el usuario dedifica el PBCH para obtener el MIB, que incluye información sobre el ancho de banda, la frecuencia, etc. Con la decodificación de los SIB y el correspondiente MCCH, el usuario recibe los datos que contienen el servicio de TV de interés. El usuario no podrá decodificar el servicio correctamente a menos que haya sido autenticado.



10. Imagen: Gráfico de recepción de servicios de televisión

Como se ha podido observar, el procedimiento establecido en la capa física para la recepción de los servicios de televisión puede ser reutilizado por los usuarios, sin ser autenticados. Por lo tanto, la conclusión obtenida en este apartado es que la recepción de servicios de televisión por parte del usuario sin ser autenticado no tiene impacto alguno sobre RAN1.

4.3.1.5 Qualcomm

La última propuesta presentada en la reunión 84b de RAN1 es la de Qualcomm, que al igual que la anterior de Huawei y HiSilicon incluye propuestas para los cuatro apartados que se acordaron estudiar.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

En consonancia con los demás miembros de 3GPP, antes de tratar el aumento del CP, Qualcomm cree necesaria la "construcción" de un modelo de simulación que tenga en cuenta todos los parámetros que afecten de manera significativa el desempeño de eMBMS [21] [22]. La palabra construcción se entrecorilla ya que, como se mostrará a continuación, lo que propone no es más que utilizar un modelo existente eligiendo los parámetros en función de los escenarios definidos.

El primer paso, por lo tanto, es la definición de los escenarios, en este caso dos:

- Escenario 1: urbano, con receptor de mano portable en interiores. Se considera un área con una densidad de nodos eNB alta o, dicho de otra forma, una distancia ISD baja. Se considera la recepción interiores, por lo que las pérdidas en interiores serán importantes.
- Escenario 2: rural, con antena exterior para recepción fija en interiores. Se considera una área rural con una densidad de nodos eNB baja, es decir, una distancia ISD alta. La antena utilizada es una antena fija, situada por lo general en lo alto de un tejado, con una ganancia elevada.

El modelo de pérdidas de propagación es el definido en la especificación TR 36.942 de 3GPP, donde se especifican las pérdidas para los escenarios urbanos y rurales. Sin embargo, los parámetros de simulación se elegirán en consonancia con los escenarios que se quieren estudiar.

Parámetros	Valores	
	Escenario 1	Escenario 2
Escenario	Escenario 1	Escenario 2
CP	66.6 μ s, 133.3 μ s, 200 μ s, 266 μ s	
Frecuencia	600 MHz	
Ancho de banda	10 MHz	
Número de nodos eNB	Configuración hexagonal de 61 eNB	
Patrón de la antena de transmisión	Patrón de radiación por sector dado en la sección 4.2.1.1 de TR 36.942	
Ganancia de la antena de transmisión	15dBi	
Altura de la antena de transmisión	30m	45m
ISD	1,2,3 Km	7, 8, 9, 10 Km
Potencia de transmisión	46 dBm	
Modelo de pérdidas de propagación	Sección 4.5.2 de TR 36.942	Sección 4.5.3 de TR 36.942
MCL (Minimum Coupling Loss)	70 dB	80 dB

Parámetros	Valores	
Pérdidas de penetración	15 dB	0 dB
Shadowing	8 dB	4 dB
Ganancia de la antena de recepción	0 dB	5 dB
Figura de ruido de recepción	7 dB	5 dB
Número de antenas de recepción	1	

19. Tabla: parámetros de simulación Qualcomm

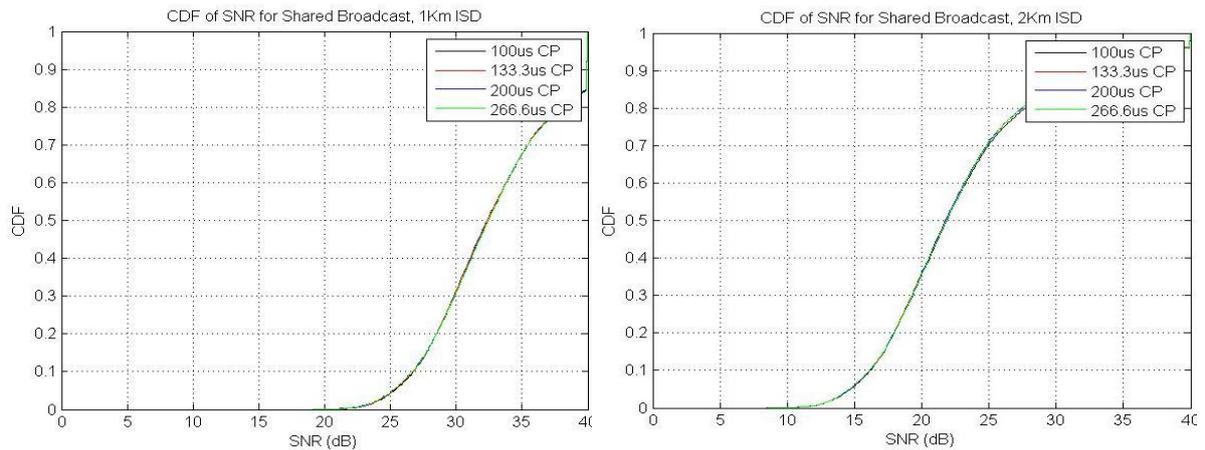
En el **escenario 1** se considera una distancia ISD baja, acorde con las distancias habituales en entornos urbanos. Por el contrario, en el **escenario 2** se eligen ISD de entre 7 y 10 km, simulando así entornos con poca densidad de nodos eNB.

En cuanto a la duración del CP, se han elegido los mismo valores para ambos escenarios: 100 μ s, 133 μ s, 200 μ s, y 266 μ s. Esta elección se ha hecho en base a su relación específica con la numeración existente de LTE. En los casos de 100 μ s y 200 μ s, coinciden con longitudes de símbolo de 0.5 ms y 1 ms y espaciados entre subportadoras de 2.5 kHz y 1.25 kHz respectivamente. En los otros dos casos, 133 μ s y 266 μ s, son potencias de 2 de las longitudes actualmente utilizadas 16.6 μ s y 33.33 μ s. Para estas dos longitudes propuestas, las duraciones de símbolo son 666.6 μ s y 1.33 ms y el espaciado entre subportadoras de 1.875 kHz y 0.9375 kHz respectivamente.

La mayor diferencia entre ambos escenarios se encuentra en la eliminación de las pérdidas de penetración y la inclusión de una ganancia de la antena receptora de 5 dB en el escenario 2. Estos dos valores influyen de manera significativa, permitiendo al receptor obtener señales de distancias mucho mayores y, en consecuencia, mejorando los valores de SINR para los valores más altos de CP.

En los resultados de la simulaciones que se muestran a continuación se dibuja la Función de Distribución Acumulada (FDA) del SINR en el receptor, para las diferentes opciones de CP y escenarios propuestos. Para la elección de qué CP ofrece una relación de SINR suficientemente buena, se elegirá un 95% de cobertura y una eficiencia espectral de 2 bps/Hz. En los casos en los que se cumplan esos requerimientos mínimos se podrá ampliar el análisis, realizando simulaciones a nivel de enlace. Para ello se podrán establecer parámetros adicionales como DMRS (Demodulation Reference Signal).

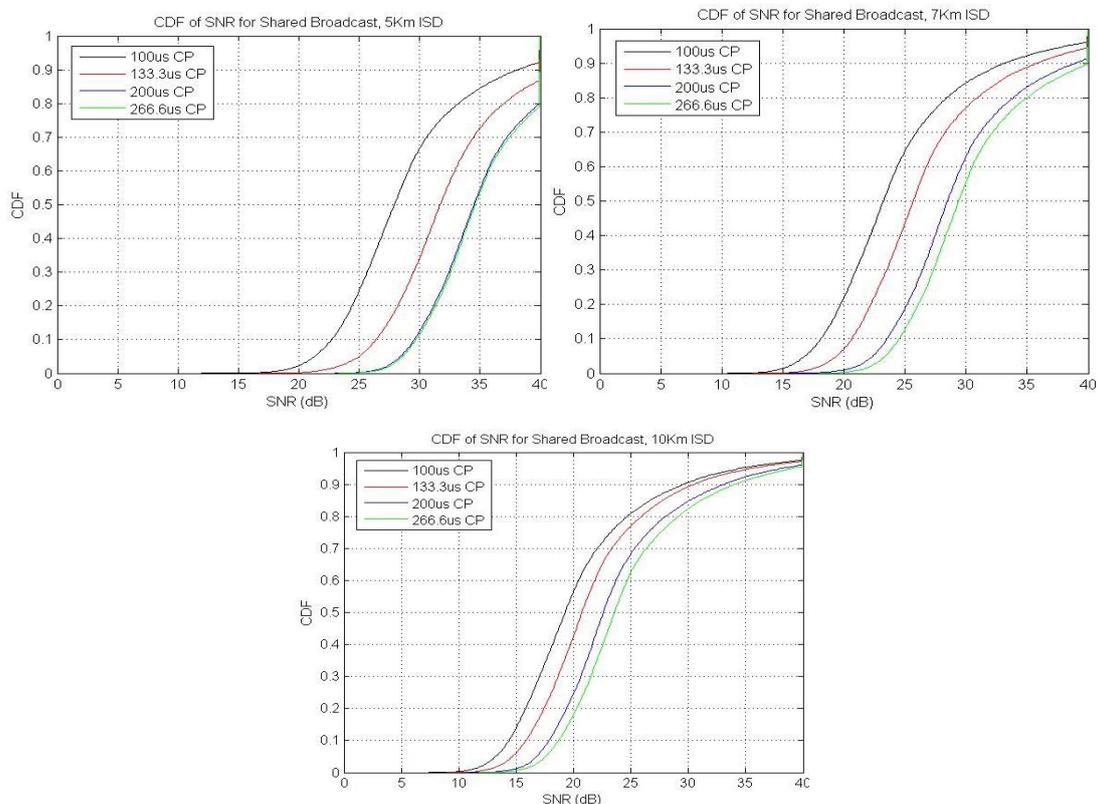
En las siguientes dos imágenes se muestran los resultados obtenidos en el **escenario 1** para ISD de 1 y 2 km. Como se puede observar, en ambos casos los resultados obtenidos a penas varían en función del CP. Esto es debido a la baja distancia que hay entre el receptor y el transmisor, siendo el retardo de las señales recibidas mucho menor que el CP. Sin embargo, si se incluyeran los valores de 16.6 y 33.3 μ s, se observarían grandes diferencias. En cuanto al punto del 95% de cobertura, cuando el ISD es 1 km, se sitúa en 25 dB de SNR, y en 14 dB cuando el ISD es 2 km.



11. Imagen: simulaciones de Qualcomm en escenario 1

Siguiendo el mismo procedimiento, los tres gráficos que se exponen a continuación muestran los resultados obtenidos para el **escenario 2** con ISD de 5, 7 y 10 km. En todos los casos se observa claramente que el CP más pequeño, el de 100 μ s, genera el punto más bajo del 95% de cobertura. Además, se observa que a medida que la longitud del CP aumenta, la mejora en el SINR se va reduciendo. Por ejemplo, para el caso de 266 μ s, el aumento en el SINR con respecto al CP de 200 μ s es marginal, especialmente con un ISD de 5 km.

Analizando un caso concreto, si para un ISD de 7 km se considerara 20 dB como el punto de operación nominal a partir del cual se generan un throughput y una eficiencia espectral suficientes, los valores de CP de 133 μ s, 200 μ s y 266 μ s son valores aceptables.



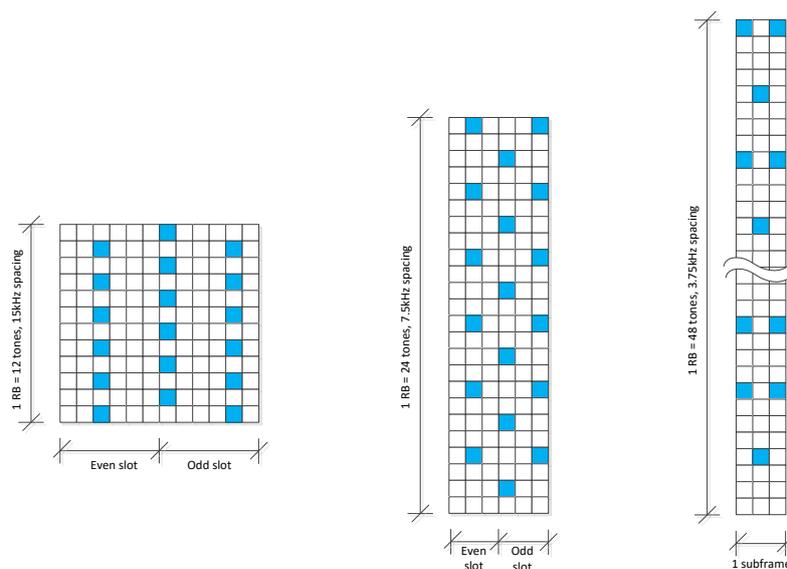
12. Imagen: simulaciones de Qualcomm en escenario 2

Una vez mostradas las simulaciones realizadas por Qualcomm, se han observado dos fenómenos a tener en cuenta:

1. En entornos urbanos, para longitudes de CP de entre 100 y 266 μs y distancias ISD de 1 y 2 km, se generan puntos del 95% de cobertura con 25 y 14 dB de SINR respectivamente.
2. En entornos rurales, las longitudes de CP de 133.3 μs , 200 μs y 266.6 μs generan una cobertura del 95% aceptable cuando el ISD sea 7 km. Estos CP deberían ser considerados como buenos candidatos para tener en consideración en este estudio del aumento de CP en eMBMS.

El último paso en la propuesta de Qualcomm con respecto al aumento del CP, es estudiar el impacto de dicho cambio en la simbología de las subtramas de LTE [23]. En este análisis se descarta el CP de 100 μs propuesto anteriormente ya que, como se ha podido ver, no ofrece los resultados deseados con valores de ISD altos. En su lugar se introduce un nuevo valor de 66.6 μs , el doble que el valor de CP más alto definido hasta el momento.

La numeración para el **CP de 66.6 μs** se puede obtener extendiendo el espaciado típico de subportadoras de 15 kHz por un factor de 4, quedando en 3.75 kHz con 3 símbolos OFDM por subtrama.



13. Imagen: numeraciones de 15, 7.5 y 3.75 kHz, con longitudes de CP de 16.6, 33.3 y 66.6 μs ,

El **CP de 133 μs** se puede obtener escalando por un factor de dos el CP de 66.6 μs . Uno de los inconvenientes de esta numeración es que no está alineada con el límite de las subtramas, sino con el límite de 2 ms. Por lo tanto, el CP de 133 μs sólo podrá ser utilizado si las subtramas de MBSFN son distribuidas en pares. Lo mismo sucede con el **CP de 266 μs** , ya que cada símbolo ocupa 4 ms.

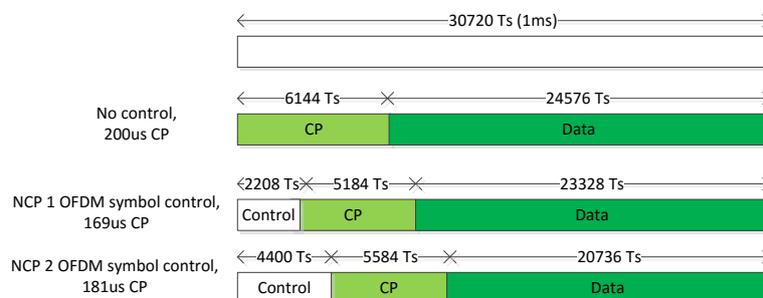
El cuarto CP propuesto es el **CP de 200 μs** . Este caso es significativamente diferentes a los anteriores, ya que sí se alinea con el límite de 1 ms, debido a que hay un símbolo OFDM cada milisegundo.

CP	Espaciado de subtramas	Alineado con el límite de 1 ms?	Alineado con el límite de 10 ms?
66.6 μ s	3.75kHz	Sí	Sí
133 μ s	1.875kHz	No	Sí
200 μ s	1.25kHz	Sí	Sí
266 μ s	0.9375kHz	No	No

20. Tabla: numeraciones propuestas por Qualcomm

La **interacción con la región de control** es un aspecto que, en opinión de Qualcomm, ha de ser abordado en este WI de LTE. En la actualidad la numeración de MBSFN en LTE está definida sin tener en cuenta la existencia o no una región de control. Esto ya no es eficiente si se quieren adoptar longitudes de CP más largas. Por ejemplo, en el caso de un CP de 133 μ s, 2 de los 3 símbolos transmitidos cada 2 ms colisionarían con la región de control.

En la siguiente imagen aparecen algunos de las numeraciones que permitirían la compatibilidad hacia atrás con los usuarios legacy, que utilizan 1 o 2 símbolos OFDM para la región de control.



14. Imagen: Opciones de CP y numeraciones para subtramas MBSFN con y sin región de control

En cuanto al **diseño de la señal de referencia** se refiere, Qualcomm propone utilizar una estructura escalonada, teniendo en cuenta el máximo retardo en la propagación y el máximo Efecto Doppler, que pueden variar para los diferentes tipos de numeraciones.

En resumen, son dos las propuestas realizadas por parte de Qualcomm respecto a la región de control y la señal de referencia:

1. Redefinir la interacción entre la región de control y la de MBSFN, para permitir una elección de numeración y CP más flexible y con más opciones.
2. Utilizar una estructura escalonada para la demodulación de las señales de referencia, teniendo en cuenta el retardo y el Efecto Doppler.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

En la Release 13 de LTE el número máximo de subtramas configurables como MBSFN es de 6, que reduce la tasa binaria o data rate que se puede alcanzar con los servicios de MBMS. En la Release 14, sin embargo, el parámetro *subframeAllocation* en *MBSFN-subframeConfig* puede ser modificado para permitir configurar un mayor número de subtramas MBSFN. Qualcomm propone que se transmita una subtrama unicast cada 40 u 80 ms y que se utilice para realizar medidas y obtener información del sistema [24].

Actualmente el ASN.1 es así:

```
subframeAllocation          CHOICE {
    oneFrame                 BIT STRING (SIZE(6)),
    fourFrames               BIT STRING (SIZE(24))
}
```

Lo que se propone es modificarlo, para que sea así:

```
subframeAllocation-r14     CHOICE {
    oneFrame                 BIT STRING (SIZE(9)),
    fourFrames               BIT STRING (SIZE(39))
}
```

En resumen, son dos las propuestas realizadas por Qualcomm:

1. Cambiar la señalización RRC MBSFN para permitir configurar casi todas las subtramas como MBSFN. Un mínimo de una subtrama es reservada para unicast en cada periodo de medidas y señales de descubrimiento.
2. Permitir la posibilidad de señalar las subtramas MBSFN cada 80 ms.

3.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

Una de las características más importantes de una portadora eMBMS independiente es que no puede depender de ninguna otra portadora. Por lo tanto, esta portadora exclusiva eMBMS tendrá que proveer a los usuarios de todos los mecanismos para la detección de celda, adquisición de la información del sistema y la señalización de eMBMS [25].

La señal de sincronización de eMBMS debe de ser diseñada de tal forma que la complejidad del dispositivo del usuario no sea incrementada de manera significativa. Por ejemplo, actualmente en LTE para la detección correcta del PSS, es necesario detectar 3 secuencias PSS. Si se añadieran nuevas secuencias PSS para eMBMS, se incrementaría la complejidad para el usuario, resultando en un aumento del consumo de batería. En consonancia con lo mencionado en el apartado anterior, se propone transmitir una subtrama unicast que contenga PSS/SSS/PBCH/SIB con una baja periodicidad.

Si se mantiene el diseño heredado del PBCH, es posible que no el usuario no sea capaz de combinar diferentes transmisiones del mismo, ya que el campo SFN cambia cada 40 ms en el PBCH. Algunas de las opciones que se proponen para mejorar la decodificación del PBCH son:

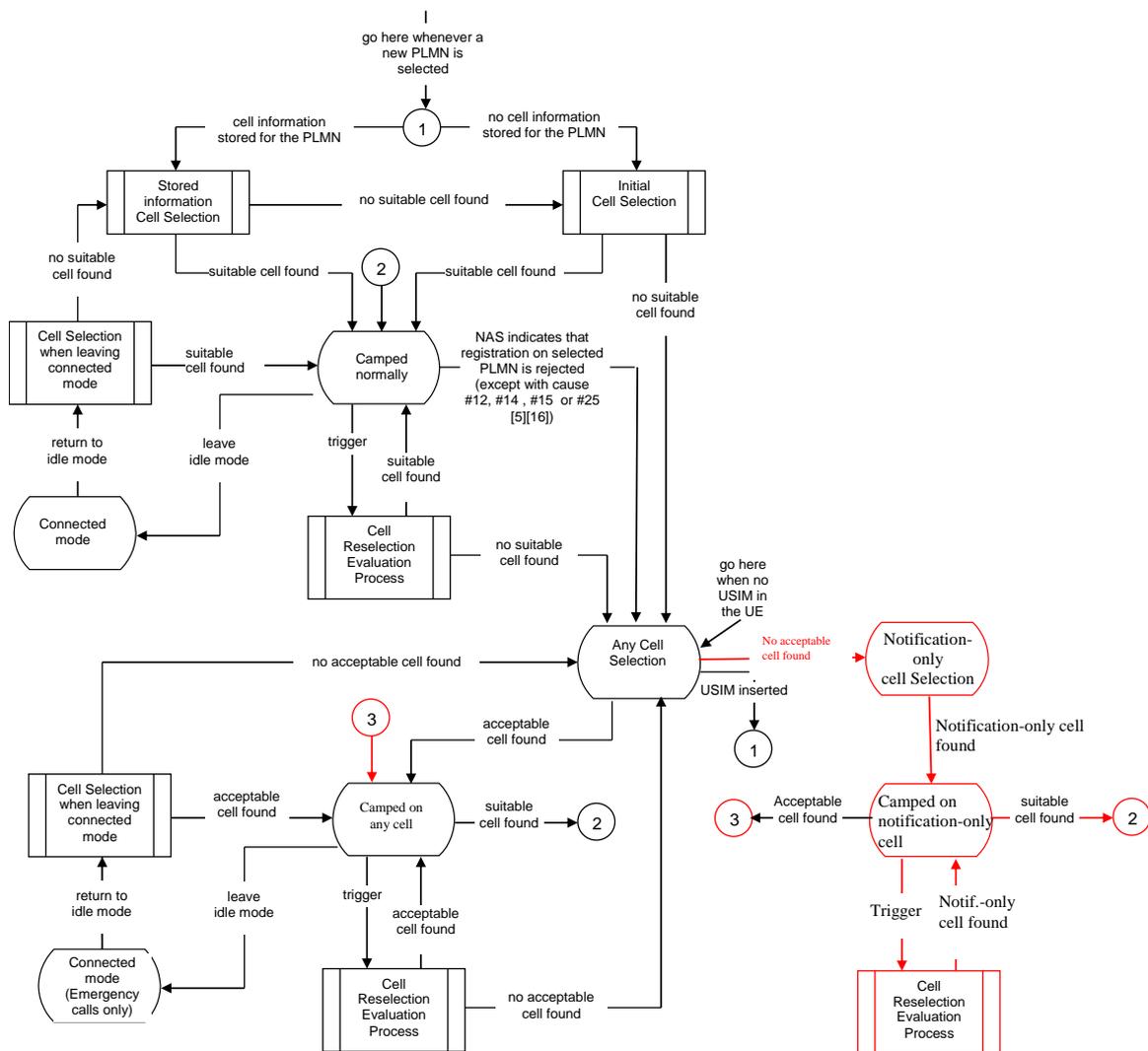
- Extender el tiempo durante el cual el PBCH no es modificado, por ejemplo, de 40 a 320 ms.
- Realizar la repetición del PBCH en los 6 RB centrales, de manera similar al eMTC. Es posible que sean necesarios algunos scrambling más para combatir la interferencia en el borde de la celda.
- Realizar la repetición del PBCH fuera de los 6 PRB centrales.

Es importante analizar el impacto que los cambios propuestos pueden tener sobre los usuarios legacy de LTE. Uno de las desventajas de utilizar las mismas señales de descubrimiento que en la Release 13 es que el usuario legacy puede dar con el PSS e intentar obtener después el SSS,

PBCH y la información del sistema. Por lo tanto, las celdas eMBMS deberían incluir mecanismos para prevenir que los usuarios heredados de LTE inviertan demasiado tiempo intentando conectarse a la celda. Para ello, se propone utilizar un mapeado diferente de PSS y SSS, intercambiándolas de posición.

Aunque el principal objetivo de las portadoras independientes de eMBMS es ofrecer servicios eMBMS, se podrían considerar algunos otros casos de uso. Por ejemplo, un posible uso para los usuarios no eMBMS (usuarios que no están interesados en los servicios e MBMS) es utilizar dichas portadoras para transmitir información de emergencia (ETWS/CMAS). Cabe destacar que esto se podría llevar a cabo sin ningún cambio importante en las especificaciones, debido a que se puede llevar a cabo siguiendo los procedimientos actualmente definidos para las subtramas unicast.

El uso de las celdas independientes de eMBMS para servicios de emergencias puede ser crítico en casos de desastres naturales, cuando es posible que muchas celdas queden dañadas o, en las zonas rurales, no haya cobertura suficiente. En estos casos, el usuario debería conectarse a dichas celdas si no se encuentra ninguna otra celda aceptable. Con esta propuesta, el algoritmo de adquisición de celdas sería el siguiente (los cambios se indican en rojo):



15. Imagen: procedimiento de adquisición de celda propuesto por Qualcomm

En resumen, son tres las propuestas presentadas por Qualcomm en este apartado:

1. Transmitir una subtrama unicast que contenga PSS/SSS/PBCH/SIB con una baja periodicidad (40 u 80 ms).
2. Intercambiar la posición de PSS y SSS en las celdas independientes de eMBMS, para evitar que los usuarios legacy encuentren la celda.
3. Si no se encontrara ninguna celdas aceptable, el usuario debería conectarse a una celda independiente de eMBMS y monitorizar el paging para servicios ETWS/CMAS.

4.- Recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario

En opinión de Qualcomm [26], con la actual descripción de WI realizada en el documento RP-160675 [4], no son necesarios cambios adicionales en la capa física en las especificaciones de RAN1. Si se considerara insuficiente la descripción de RP-160675 [4], se debería consultar a SA2 para que ofreciera más detalles acerca del impacto en la capa física.

Además, hay otros detalles que requieren ser aclarados antes de tomar ninguna decisión en RAN1, como por ejemplo si las notificaciones de emergencia (ETWS/CMAS) o de posicionamiento (PRS) deben de ser soportadas.

Finalmente, se resumen las dos propuestas de Qualcomm respecto a la recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario:

1. La recepción de servicios de televisión sin autenticación no tiene ningún impacto en la especificación de la capa física.
2. En caso de que fuera necesarios más detalles acerca de los requerimientos de las ampliaciones de eMBMS para el servicio sin autenticación, consultar a SA1/2 sobre:
 - Identificación de posibles características en la recepción anónima de los servicios de televisión que puedan afectar a la capa física.
 - Consultar sobre la posibilidad de ofrecer notificaciones de emergencia (ETWS/CMAS).

4.3.1.6 Discusión y acuerdos

A lo largo de toda reunión llevada a cabo en el seno de 3GPP los miembros participantes presentan propuestas para los temas estudiados. Sin embargo, una vez presentadas y discutidas todas las propuestas, se trata de llegar a un consenso mínimo entre los participantes [27].

En esta reunión de RAN1, la 84b, se produjeron varios acuerdos entorno a las propuestas presentadas en el Work Item RP-160675 [4], "LTE enhancements for LTE". Estos se pueden dividir en dos grupos. En primer lugar, se acordó presentar varias aclaraciones sobre los objetivos del WI, a tener en cuenta en futuras reuniones. En segundo lugar, se presentó un acuerdo escrito a cerca de las consideraciones a tener en cuenta a la hora de realizar las simulaciones de eMBMS. A continuación se analizan ambos casos.

1.- Aclaraciones acordadas al WI RP-160675

A medida que fueron presentándose propuestas por parte de los participantes en este Work Item, RP-160675 [4], surgieron dudas sobre algunos de los objetivos del mismo. Estas son las aclaraciones que se acordaron:

- El **objetivo a)** podrá ser soportado en portadoras donde se de servicio a usuarios legacy.
 - Se asume que las subtramas que contengan una nueva numeración sean señalizadas como subtramas MBSFN.
 - La señalización de servicios a los usuarios legacy y a los nuevos usuarios la llevan a cabo las capas superiores, por lo que RAN1 asume que los usuarios legacy no serán configurados para recibir servicios MBMS en subtramas MBSFN que tengan una nueva numeración.
 - Si los usuarios legacy van a ser admitidos en las portados MBSFN, la región de control heredada no debería verse afectada por la nueva numeración de las subtramas.
 - Estudiar si las medidas MDT en MBMS se verán afectadas por la nueva numeración.
- Los **objetivos b) y c)** implican que los usuarios legacy no puedan ser servidos mediante las nuevas portadoras eMBMS.
- Las portadoras que soporten el **objetivo b)** también podrán soportar tráfico unicast para los usuarios basados en la Release 14.
- Estudiar que SI (System Information) debe ser enviada en las portadoras que soporten el **objetivo b)**.
- Estudiar si las portadoras que soporten el **objetivo c)** podrán soportar también el tráfico unicast para los usuarios basados en la Release 14.
- Estudiar si la baja densidad de CRS (Cell-specific Reference Signal) combinada con los **objetivos b) y c)** impacta de alguna manera en la monitorización de la celda y, en caso afirmativo, cómo se solucionaría.
- Se ha de tener en cuenta que si existiera algún impacto adicional en RAN1 por el **objetivo d)**, sería entorno a cómo dar servicio a la información del sistema SI de manera independiente.

2.- Acuerdo sobre los parámetros de simulación de eMBMS

Como se ha podido observar en las propuestas presentadas por los miembros de 3GPP, el primer paso era definir los escenarios de eMBMS y sus parámetros de simulación. Una vez analizados, en dicha reunión se llegó a un consenso.

En primer lugar se presentó la propuesta R1-163452, suscrita por Nokia, Alcatel, Ericsson y Fraunhofer IIS. Posteriormente y tras tener en consideración algunas de las correcciones propuestas por Qualcomm, se presentó una nueva propuesta mediante el documento R1-163939. En resumen, estos fueron los miembros de 3GPP, que apoyaron o no apoyaron el documento acordado:

- Respaldo por: Ericsson, Nokia, Alcatel, Qualcomm y Fraunhofer IIS
- No respaldado por: Intel, Huawei y HiSilicon

En el acuerdo se incluyen 3 escenarios que incluyen los escenarios de recepción más representativos de eMBMS:

- Escenario 1: escenario rural con grandes distancias ISD. La recepción se realiza con una antena fija situada en lo alto del tejado.
- Escenario 2: escenario urbano con grandes pérdidas de penetración. La recepción se realiza con un dispositivo portable de mano, que tiene una antena integrada
- Escenario 3: recepción móvil con una antena situada en un automóvil.

En cuanto a los parámetros de recepción, se dividen en tres grupos para cada uno de los escenarios: parámetros generales, características de canal y parámetros del receptor. Se muestran las siguientes 3 tablas:

Parámetros	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
ISD	7, 9, 11, 13, 15 km (opcionales ISD mayores)	1, 2, 3, 4, 5 km	7, 9, 11, 13, 15 km (opcionales ISD mayores)
CP	16.6, 33.3, 66.6, 100, 200 μ s		
Frecuencia	700 MHz (opcional 600 MHz)		
Ancho de banda	10 MHz		
Potencia de transmisión	46 dBm		
Ganancia de antena de transmisión	15 dBi		
Patrón de antena de transmisión (EBU TR034)	Patrón de antena con 3 sectores. Cada sector tiene un patrón horizontal definido en: 3GPP TR36.814, Tabla 1.1: casos 1 y 3. No se define patrón vertical.		
Altura de antena de transmisión (EBU TR034)	30 m (opcional 45 m en escenarios rurales)		
Región de control unicast en subtramas MBSFN	Ninguna		
Distribución celular	Hexagonal, 61 sites con 3 sectores/site (definido en EBU TR034, Anexo 2 1 área MBSFN (no se modela la interferencia entre áreas MBSFN)		
Probabilidad de señal	50% (deseada) / 1% (interferente)		
EVM	EVM de transmisión: 8% (independiente de la numeración de CP)		

21. Tabla: parámetros generales acordados

Parámetros	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Modelo de propagación	ITU-R P.1546-5 rural	ITU-R P.1546-5 urbano	ITU-R P.1546-5 urbano
	Para RAN1 85, existe la posibilidad de utilizar el modelo Okumura-Hata simplificado definido en el anexo 8 de ITU-R P.1546-5.		
Tipo de canal	TU12 con facto Rice 10 dB	TU12	3GPP SCM Macro urbano
Velocidad del receptor	0km/h	3km/h	120km/h
Altura del receptor	10 m	1.5 m	1.5m
Pérdidas por altura (diferencia entre señal a 10m y la señal recibida)	0 dB	23.5 dB (23.5 dB corresponde a entorno urbano)	16.5dB (16.5 dB corresponde a entorno rural)
Pérdidas por penetración	0 dB	11 dB	0 dB
Desviación estándar de shadowing	5.5 dB	8dB	8 dB
Correlación de shadowing	1 en sectores del mismo site, 0 entre sites		
Ruido humano	0 dB		0 dB

22. Tabla: características del canal acordadas

Parámetros	Escenario 1	Escenario 3	Escenario 3
Figura de ruido	6 dB	9 dB	6 dB
Ancho de banda de ruido	9 MHz		
Ganancia y patrón de antena	13.15 dBi Patrón de ITU-R BT.419-3 bandas IV, V	-7.35 dBi No-direccional	3.0 dBi No-direccional
Pérdidas del cable	4 dB	0 dB	0dB
Diversidad 2-rx	No	Sí	Sí
Margen de implementación	1 dB	1 dB	1dB
Pérdidas por cuerpo	0 dB	2 dB	0dB
Método de sincronización	Máximo C/I		
Región de control unicast en subtramas MBSFN	Ninguna		
Estimación de canal	Realístico basado en el diseño de la señal de referencia (RS) propuesta		
EVM	EVM en recepción: 4% (independiente de la numeración de		
Modelado de ISI/ICI	Los detalles serán propuestos por las compañías participantes en el WI		

23. Tabla: parámetros del receptor acordados

4.3.2. RAN1 85

En abril de 2016, entre los días 11 y 15, se llevó a cabo en Nanjin (China) la segunda de las reuniones de RAN1 que se van a estudiar en este Trabajo de Fin de Máster, la reunión 85. Como se ha podido observar en el apartado anterior, en el que se han mostrado las propuestas presentadas a lo largo de la reunión 84b, hay una gran cantidad de aspectos estudiados en el WI para las ampliaciones de eMBMS en LTE sin acuerdo.

En esta reunión el moderador cambió, pasando de ser Nokia en la reunión 84b, a ser Ericsson. En cuanto a los participantes en esta reunión, se repiten los mismos grupos y participantes que en la anterior, añadiendo uno nuevo: ZTE. Siguiendo un procedimiento similar que en el apartado anterior, se estudiarán una por una las propuestas presentadas por los miembros individuales o grupos participantes, que se resumen a continuación:

- Ericsson
- Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell
- Intel
- Huawei y HiSilicon
- Qualcomm
- ZTE

Por otro lado, los temas tratados en la reunión 85 varían ligeramente con respecto a la reunión 84b. Como se puede observar a continuación, desaparece el cuarto punto dedicado a estudiar la recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario. Sin embargo, se añade un nuevo apartado abierto, titulado "Otros", en el que se podrá presentar cualquier propuesta que no pueda ser clasificada en los tres apartados restantes.

1. CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN.
2. Aumento del número de subtramas MBSFN por trama.
3. Subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS.
4. Otros

4.3.2.1 Ericsson

Al igual que sucedió en la reunión 84b, en esta reunión Ericsson volvió a ser uno de los miembros más activos en el Work Item para la ampliaciones de eMBMS en LTE en cuanto a la presentación de propuestas se refiere. A continuación se analizan dichas propuestas.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

El resultado de las simulaciones que Ericsson presenta en esta reunión están basados en el documento R1-163452 sobre los parámetros de simulación acordados en RAN1 84b y que ha sido resumido en el apartado anterior [28] [29].

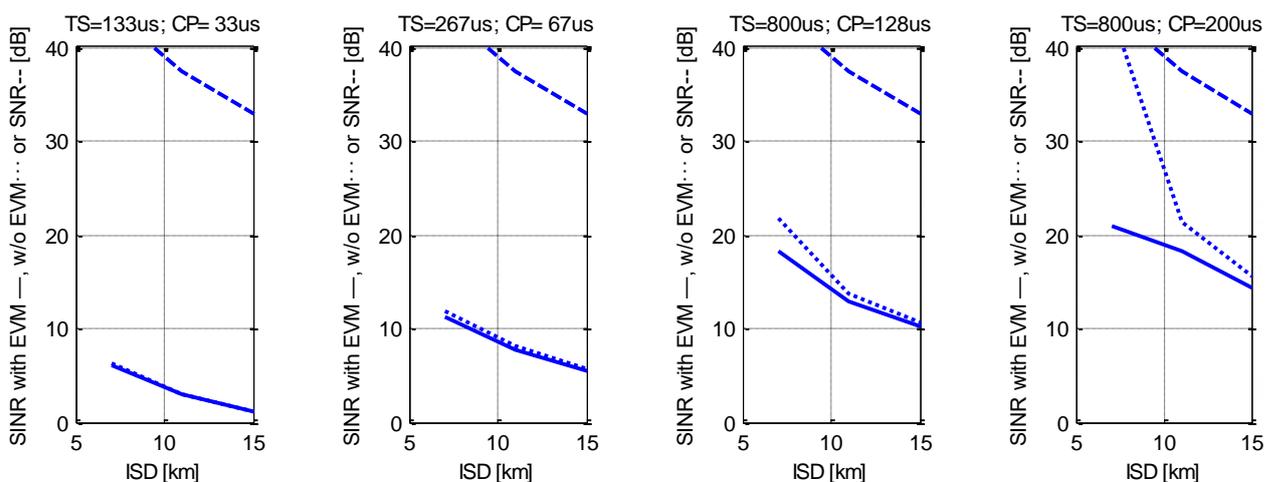
En dichas simulaciones se ha omitido el valor de CP de 16.67 μ s, debido a que los resultados obtenidos para 33.3 μ s están muy por debajo de los resultados deseados. Además de las longitudes de CP acordadas (16.6, 33.3, 66.6, 100, 200 μ s), se ha introducido una nueva: CP de 128 μ s, con una duración total de símbolo de 800 μ s, que deja espacio para una región de control unicast de 1 símbolo OFDM.

Los resultados calculados son para un percentil del 5% o, lo que es lo mismo, un 95% de cobertura. Se incluyen el cálculo de SNR, SINR (SNR teniendo en cuenta la interferencia) y la eficiencia espectral. El SNR muestra el potencial total sin la presencia de interferencia, mientras que el SINR tiene en cuenta las interferencias ISI e ICI, con y sin EVM. La estimación de ISI e ICI se hacen en base a la propuesta R1-162163 presentada por Intel en la reunión 84b.

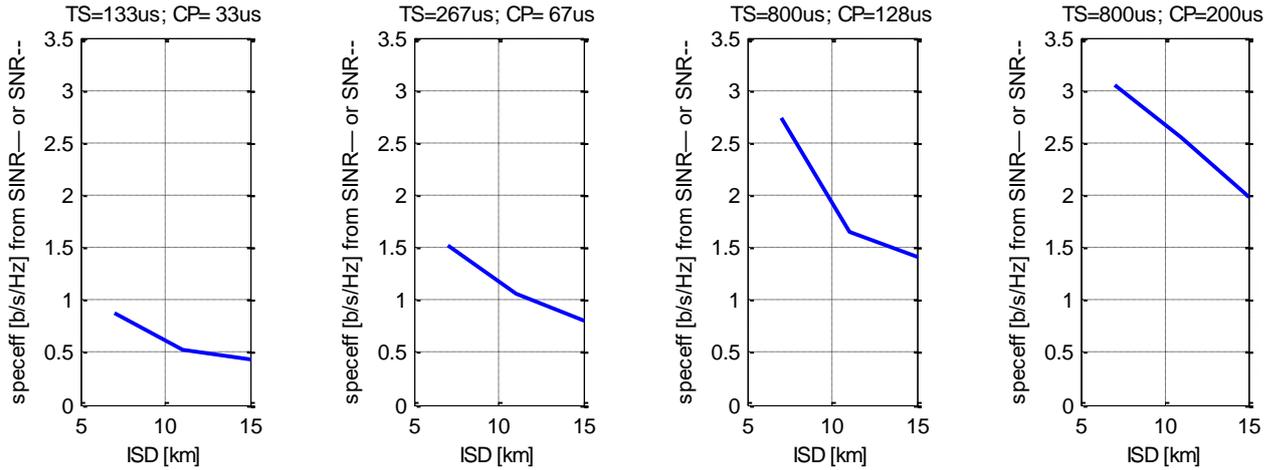
El mapeado de NSR/SINR a la eficiencia espectral se hace en base al TR034 de EBU, como se acordó en RAN1 84b, con una ligera corrección. En dicho documento se hace el mapeado teniendo en cuenta una región de control unicast de 1 símbolo OFDM, mientras que en el acuerdo de los parámetros de simulación de la reunión 84b se indica que no haya ninguna región de control. Por lo tanto, se tiene en cuenta un offset de $\ln 2 \text{db}(126/114) = 0.43 \text{dB}$ más bajo.

Por otro lado, en el acuerdo R1-163452 se propone utilizar el modelo de propagación Okumura-Hata simplificado definido en el Anexo 8 de la recomendación ITU-R P.1546-5. En este anexo se indica que el modelo Okumura-Hata reporta resultados similares que el modelo Okumura-Hata detallado. Sin embargo, se ha detectado que el modelo Okumura-Hata tiene una diferencia de 20.6 dB para la altura de recepción de 1.5m con respecto a la de 10m. Es precisamente esta altura de 10 m la propuesta para recepción en escenarios rurales, por lo que se ha utilizado dicho valor para las simulaciones con Okumura-Hata.

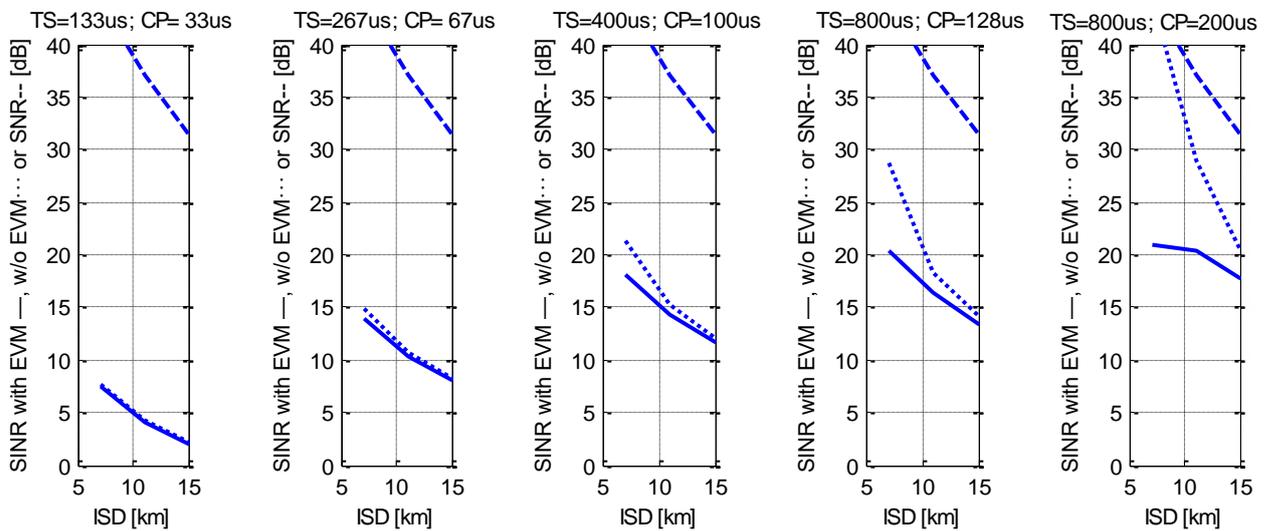
El escenario simulado está basado en el escenario 1 del acuerdo R1-163452, un entorno rural con la antena situada en lo alto del tejado. A continuación se muestran los resultados obtenidos.



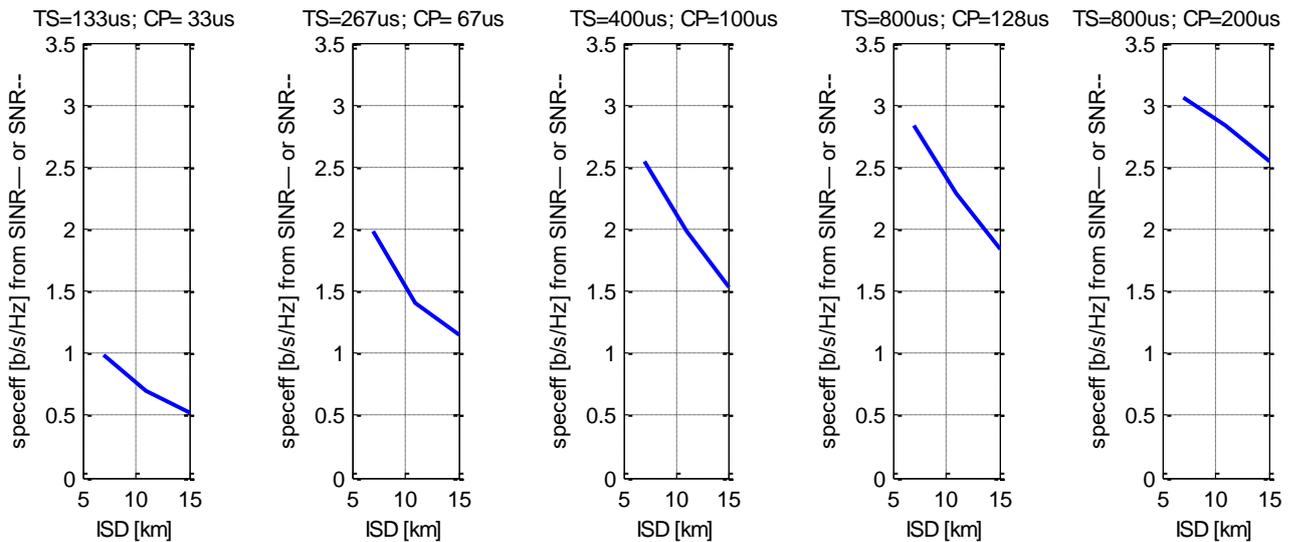
16. Imagen: resultados de SNR y SINR basados en Okumura-hata



17. Imagen: resultados de la eficiencia espectral basados en Okumura-hata (no se observa la de SNR, se sitúa en torno a 4.2 bps/Hz)



18. Imagen: resultados de SNR y SINR basados en el modelo de ITU-R

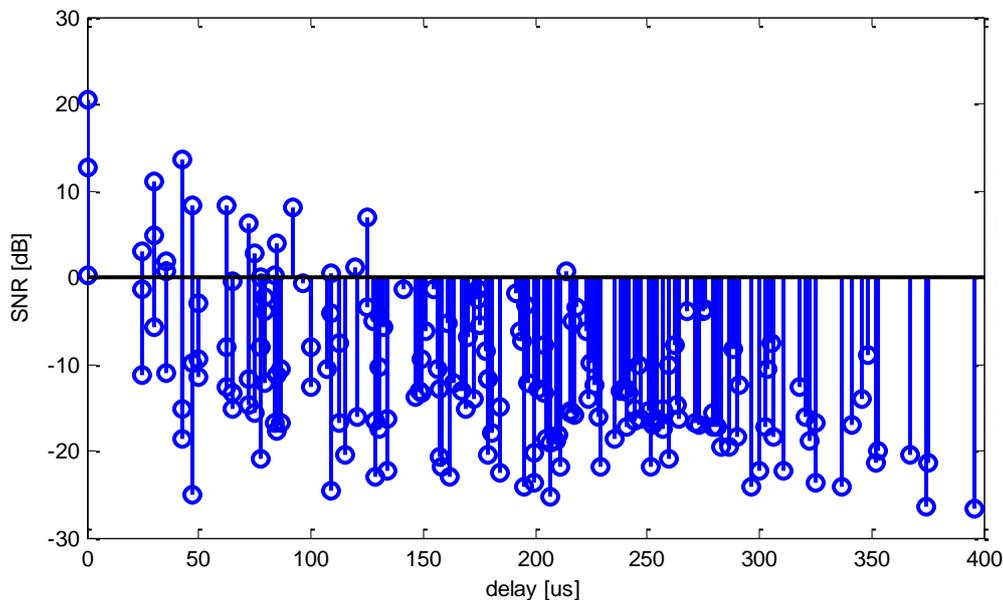


19. Imagen: resultados de la eficiencia espectral basados en ITU-R (no se observa la de SNR, se sitúa en torno a 4.2 bps/Hz)

En los resultados se puede observar que con el modelo Okumura-Hata, para un ISD de 15 km, únicamente se alcanza una eficiencia espectral de 2 bps/Hz para el caso de CP de 200 μ s con una duración de símbolo de 800 μ s. Con el modelo de ITU-R, sin embargo, dicho objetivo es casi alcanzado con un CP de 128 μ s y una duración de símbolo de 800 μ s.

Para el escenario rural con recepción fija sobre el tejado, considerando una distancia ISD de 15 km, es necesario definir un nuevo modelo de canal MBSFN. Una aproximación simple podría estar basada en la propuesta en la Tabla B.2.6-1 de la especificación TS 36.101. Este modelo consiste en un modelo EVA replicado 3 veces con offset de potencia de 0, 10 y 20 dB y retardos de 0, 12490 y 27490 nano segundos, que corresponden con las distancias 0, 3747 y 8247 metros.

Para el escenario analizado anteriormente, se ha creado un gráfico de PDP (Power Delay Profile) potencias de los retardos. Cada barra del gráfico corresponde a la trayectoria LOS (Line Of Sight) de cada uno de los 183 sectores simulados. Como se puede observar, las potencias positivas aparecen por debajo de 125 μ s.



20. Imagen: PDP (Power Delay Profile) de trayectorias con línea de vista

Este modelo no es adecuado, por lo que sería más adecuado definir un modelo de canal basado en el sector con más potencia de cada site, en lugar de tener en cuenta todos los sectores. Por otro lado, las simulaciones a nivel de enlace deberían de centrarse en la relación señal a ruido (SNR) para la eficiencia espectral de objetivo, 2 bps/Hz, aunque se podrían considerar otro rango de eficiencias espectrales más bajas.

En resumen, la única propuesta presentada por Ericsson es la siguiente:

1. Es necesario especificar una numeración para un CP de 128 μ s y una duración de símbolo de 800 μ s, correspondiente a un espaciado entre subportadoras de 1.25 kHz, para alcanzar una eficiencia espectral de 2 bps/Hz.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

La razón por la que las subtramas 0, 4, 5 y 9 (FS1) y 0, 1, 5 y 6 (FS2) no pueden ser utilizadas actualmente para MBSFN es que en dichas subtramas se transportan el PSS, SSS, PBCH y el paging. Como las asignaciones a MBSFN se hacen en modo full-bandwidth, es decir, se le asignan todos los PRB, no puede multiplexarse en frecuencia con el PMCH. Por lo tanto, será necesario transmitir las señales mencionadas (PSS, SSS, PBCH y el paging) de alguna otra forma.

Es más, es necesario utilizar el mismo CP para todos los PRB de una misma subtrama. Si se utilizara un CP de 16.7 μ s en las subtramas 0 y 5, sería necesario utilizarlo en el resto de subtramas porque los usuarios calculan el CP a partir del SSS. Sin embargo, utilizar un CP largo en las subtramas unicast es un desaprovechamiento de los recursos. En consecuencia, será necesario transmitir el SSS utilizando el CP normal.

En la propuesta presentada por Ericsson en la reunión 84b de RAN1 se proponía el uso de la funcionalidad DRS definida en la Release 12 para transmitir PSS/SSS en celdas con mayor asignación de subtramas MBSFN. Además, se indicaba que la transmisión de DRS debería ser realizada con un espaciado de 15 kHz, independientemente de cuál fuera el espaciado de las subtramas MBSFN. En la reunión 85, Ericsson añade una nueva propuesta más detallada: transmitir DRS en la subtrama 0 de las subtramas MBSFN extendidas, con una periodicidad de 40, 80 o 160 ms [30] [31].

En cuanto al diseño de la señal de descubrimiento de referencia, DRS, Ericsson presenta en esta reunión cuatro nuevas propuestas para su discusión. En resumen, y teniendo en cuenta la propuesta mencionada en el párrafo anterior, esto es lo que propone Ericsson:

1. Transmitir DRS en la subtrama 0 de las subtramas MBSFN extendidas, con una periodicidad de 40, 80 o 160 ms
2. Las informaciones del sistema MIB y SIB de las portadoras independientes de eMBMS también serán transmitidas en las subtramas DRS.
3. El bloque MIB será transmitido dentro del canal PBCH en las subtramas DRS.
4. La cobertura de las soluciones para la transmisión de MIB deberán ser evaluadas más en profundidad.
5. El bloque SIB podría ser distribuido en múltiples subtramas DRS y planificado mediante SI-RNTI (System Information - Radio Network Temporary Identifier).

3.- Subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS

Con la creación de este nuevo apartado en la reunión RAN1 85 se pretende estudiar la posibilidad de configurar las subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS [32].

Por un lado, en opinión de Ericsson, si los usuarios legacy hicieran uso de las subtramas heredadas de MBSFN (cualquiera de las 6 que se pueden configurar como MBSFN), estas deberían de dar servicio unicast para dichos usuarios. En consecuencia, todas las subtramas MBSFN deberían de tener la región de control unicast, con independencia de si utilizan un nuevo CP de MBSFN o no.

Por otro lado, si los usuarios legacy hicieran uso de las subtramas no MBSFN, es decir cualquiera de las subtramas 0, 4, 5 y 9 (FS1) o 0, 1, 5 y 6 (FS2), todas las subtramas MBSFN podrían ser configuradas sin región de control unicast.

Es decir, en función de qué subtramas utilicen los usuarios legacy, las subtramas MBSFN se podrán configurar con o sin región de control unicast. Sin embargo, si se mezclaran estos dos tipos de subtramas con y sin región de control unicast en las celdas secundarias SCell, la señalización sería mucho más complicada. Esto es debido a que sin región de control en SCell, sería necesaria la señalización cruzada entre portadoras, dicho en otros términos, una portadora debería transportar la señalización de la otra.

Con el objetivo de evitar una mayor complejidad en la señalización, Ericsson propone:

1. Informar a los usuarios, tanto unicast como MBSFN, de la ausencia de la región de control unicast.
2. Todas las subtramas de portadoras con asignación extendida de MBSFN (asignación de más de 6 subtramas para MBSFN), deberán tener o no, región de control unicast. Es decir, no se podrán mezclar ambos tipos de subtramas.

4.3.2.2 Nokia y Alcatel

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

En la reunión RAN1 84b se acordaron varios puntos que necesitarían ser aclarados en la siguiente reunión, la RAN1 85. Entre ellos se encontraba la necesidad de "estudiar si las medidas MDT en MBMS se verán afectadas por la nueva numeración". En la contribución que hacen Nokia y Alcatel en este apartado, se centran en el análisis del punto citado [33].

En la especificación TS 37.320 de 3GPP se indica que las medidas MDT en MBSFN se basan en las medidas generales de MBSFN definidas en la especificación TS 36.133. Este documento especifica que el resultado de dichas medidas consiste en obtener la siguiente información:

- Identidad del área MBSFN
- Frecuencia de la portadora
- MBSFN RSRP (Reference Signal Received Power)
- MBSFN RSRWQ (Reference Signal Received Quality)
- MCH BLER (Multicast Channel Block Error Rate) para señalización
- MCH BLER para datos (relacionado con el índice MCH)

Las medidas para obtener dicha información deben ser realizadas en consonancia con los requerimientos definidos en las especificaciones TS 25.133 y TS 36.133.

En la especificación TS 36.133 se indica que las medidas de MBSFN RSRP, MBSFN RSRQ y MCH BLER se basan en el OMCH recibido, teniendo que cumplir los requerimientos de rendimiento

especificados en la sección 10 de TS 36.214. En esta especificación existe una nota para cada una de estas medidas que dice que " la medida se realiza únicamente en subtramas y portadoras en las que el usuario esté decodificando el PMCH".

En la TS 37.320 se indica que las medidas MBSFN pueden ser restringidas a una área MBSFN específica, configurando las medidas con la funcionalidad MDT. Además, en la especificación TS 36.331 se indica que la red puede utilizar el parámetro *targetMBSFN-AreaList*, situado dentro del mensaje *LoggedMeasurementConfiguraciton*, para restringir el área y las frecuencias para las que el usuario realiza las medidas. Si en él se indicaran tanto el área MBSFN como la frecuencia, las medidas se realizarían en un área MBSFN concreta. Si en el parámetro únicamente se indicara la frecuencia, se realizarían las medidas en todas las áreas MBSFN donde estuviera presente una portadora con esa frecuencia.

Otro de los aspectos definidos en la especificación TS 36.331 a tener en cuenta es la lista *mbsfn-SubframeConfigList* del SIB2, que permite a una celda radiodifundir, a todos los usuarios, todas las subtramas reservadas para MBSFN en downlink. Teniendo en cuenta que una celda puede soportar hasta 8 áreas MBSFN, el SIB2 puede contener una lista de hasta 8 subtramas. Cabe destacar que, como se ve en la siguiente imagen, la lista únicamente indica el número de subtramas utilizadas y no el CP de cada una de ellas.

```

MBSFN-SubframeConfigList ::= SEQUENCE (SIZE (1..maxMBSFN-Allocations)) OF MBSFN-SubframeConfig

MBSFN-SubframeConfig information element

-- ASN1START

MBSFN-SubframeConfig ::= SEQUENCE {
    radioframeAllocationPeriod    ENUMERATED {n1, n2, n4, n8, n16, n32},
    radioframeAllocationOffset    INTEGER (0..7),
    subframeAllocation            CHOICE {
        oneFrame                  BIT STRING (SIZE(6)),
        fourFrames                 BIT STRING (SIZE(24))
    }
}

-- ASN1STOP

```

21. Imagen: Descripción de MBSFN-SubframeConfig

Un usuario que esté interesado en recibir el tráfico eMBMS de una área MBSFN particular, debe leer el SIB13 para determinar la posición de la subtrama MCCH que da soporte a dicha área MBSFN (se configura 1 MCCH por cada área MBSFN). Las tramas y subtramas en las que se configura el MCCH, que pertenece a una área MBSFN concreta, son configurada de manera semi-estadística.

Dentro del MCCH se envía el mensaje "MBSFNAreaConfiguration" que detalla:

- Los PMCH soportados por una área MBSFN concreta.
- Los MTCH soportados por un PMCH concreto (1 MTCH podría corresponder a un canal de televisión).

En resumen, estos son las observaciones realizadas en este apartado:

1. Las medidas MBMS MDT se realizan de la misma manera que las demás medidas MBSFN.
2. Las medidas MBSFN pueden ser restringidas de manera opcional a una área MBSFN específica.
3. Mediante el uso de SIB2, las subtramas reservadas para diferentes áreas MBSFN puede ser radiodifundidas a todos los usuarios, independientemente del CP de dichas subtramas.
4. El MCCH de una área MBSFN se configura de manera semi-estadística para ser enviado en algunas tramas y subtramas específicas.
5. El PMCH de una área MBSFN puede ser configurado para ser enviado en algunas tramas y subtramas específicas.

Para las observaciones enumeradas, para el **objetivo a)** del Work Item, están disponibles las siguientes opciones de señalización:

- Limitar las medidas MBSFN al PMCH que de soporte a una área MBSFN específica.
- Restringir los PMCH que den soporte a las diferentes áreas MBSFN para que operen en ciertas tramas y subtramas.

Teniendo en cuenta todo los aspectos remarcados, Nokia y Alcatel proponen en este apartado lo siguiente:

1. Para el **objetivo a)**, se puede reutilizar la señalización existente para que los usuarios legacy sólo realicen medidas MBSFN en las subtramas que contengan un CP heredado. Para ello, se pueden configurar diferentes áreas MBSFN para los usuarios legacy, previos a la Release 14, y para los nuevos usuarios de la Release 14.

4.- Otros

Al igual que en el apartado anterior, en las propuestas presentadas por Nokia y Alcatel en el documento R1-165340, titulado "Considerations for eMBMS" [34], se hace referencia a algunos de los puntos que se acordaron aclarar en la siguiente reunión a RAN1 84b. En concreto, se discuten los siguientes tres puntos:

- **Estudiar si las portadoras que soporten el objetivo c) podrán soportar también el tráfico unicast para los usuarios basados en la Release 14.**

En el WI que 3GPP ha aprobado para las ampliaciones de eMTC (enhanced Machine Type Communications), se ha demostrado que los dispositivos con ancho de banda limitado pueden soportar el tráfico unicast sin el uso de PCFICH/PHICH y PDCCH, mediante la combinación de tráfico EPDCCH y tráfico asíncrono para los ACK/NACK en UL.

Además, en los estudios producidos para dar soporte al abandonado WI de NCT (New Carrier Type), se ha demostrado que en ciertos escenarios se puede soportar la monitorización en

tiempo/frecuencia con configuraciones reducidas de CRS (reducidas en tiempo, frecuencia o en ambos).

Desarrollar el uso de EPDCCH con uso reducido de CRS para unicast en la Release 14, podría proporcionar un uso más flexible y eficiente de los recursos, así como reducir la interferencia CRS entre celdas. Sin embargo, en opinión de Nokia y Alcatel, este trabajo requiere que varios grupos de RAN evalúen y desarrollen esta funcionalidad unicast, algo que está fuera del alcance del WI para las ampliaciones de eMBMS.

Otra alternativa sería la realizar el control de las transmisiones unicast, con una portadora cruzada (*cross-carrier scheduling*), lo que eliminaría la necesidad de la región de control unicast (la otra portadora se encargaría del control). Sin embargo, sería un modo de operación demasiado restrictivo para unicast, que podría resultar un problema de capacidad en el canal de control de la celda que lleva el control de las portadoras. Si se diera soporte a unicast en este tipo de subtramas, la funcionalidad *self-carrier scheduling* debería de ser soportada (es uno de los principios básicos de LTE). Teniendo en cuenta que este WI es específico de eMBMS y que dar soporte completo a unicast no es un tarea fácil, los firmantes de esta propuesta creen que en la Release 14 sería aceptable no soportar el tráfico unicast en las subtramas sin región de control DL y sin CRS. Cualquier optimización futura de unicast podría ser realizada en un Work Item separado.

- **Estudiar si la baja densidad de CRS (Cell-specific Reference Signal) combinada con los objetivos b) y c) impacta de alguna manera en la monitorización de la celda y, en caso afirmativo, cómo se solucionaría. Estudiar que SI (System Information) debe ser enviada en las portadoras que soporten el objetivo b).**

Para los **objetivos b) y c)**, teniendo en cuenta que este Work Item está centrado en la ampliaciones de las funcionalidades de eMBMS y no en las ampliaciones de unicast, los cambios a las subtramas no MBSFN deberían de ser minimizados.

Los dos objetivos mencionados, además, no son compatibles hacia atrás, por lo que desde el punto de vista de las especificaciones y el testeo, es más sencillo tratarlos como si fueran a ser soportados de manera conjunta.

Dando por hecho que en el **objetivo b)** se da soporte al tráfico unicast con otra portadora legacy PCell, se sugiere que en el **objetivo c)** también se de soporte a la información del sistema SI, el paging y las notificaciones de cambio de MCCH, mediante la celda primaria PCell. De esta forma, se maximizaría la capacidad de eMBMS a la vez que se minimizarían los esfuerzos de estandarización de RAN1.

Teniendo en cuenta que las portadoras eMBMS sólo pueden ser celdas secundarias SCell para el tráfico unicast, se asume que ya existe al menos una portadora. Para un usuario en modo idle sin tráfico unicast, la solución más simple sería que la celda existente a la que el usuario está conectado transmitiera también SI, paging y la notificación de cambio de MCCH.

En resumen, estas son las tres propuestas presentadas por Nokia y Alcatel que se han discutido en este apartado:

1. El **objetivo c)** (uso del símbolo de control OFDM reducido) no es soportado en subtramas que den servicio a tráfico unicast en la Release 14.
2. En los **objetivos b) y c)**, se de soporte a la información del sistema SI, el paging y la notificación de cambio de MCCH, mediante la celda primaria PCell.
3. RAN1 pide a RAN2 que desarrolle una señalización (broadcast y/o dedicada) para la celda PCell, de tal forma que se permita que dicha celda de soporte al SI, paging y a la notificación de cambio de MCCH para las portadoras eMBMS que soporten los **objetivos b) y c)**.

4.3.2.3 Intel

Las propuestas presentadas por parte de Intel en la reunión RAN1 84b al Work Item de las ampliaciones de eMBMS en LTE fueron bastante limitadas, limitándose a proponer algunos parámetros de simulación. Quizás sea por esta razón por la que en esta nueva reunión, la RAN1 85, las aportaciones realizadas sean de mayor envergadura, cubriendo prácticamente todos los temas a tratar.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

Las ampliaciones de eMBMS en LTE tienen como objetivo dos escenarios principales para su implementación. En el primero de ellos, los transmisores HPHT elevados de manera artificial o natural, son sustituidos por nodos eNB de LTE dedicados a ofrecer servicios MBMS. En otras palabras, los servicios de radiodifusión terrestres de televisión son sustituidos por tecnología LTE. En el segundo escenario, los sistemas celulares tradicionales son equipados para ofrecer servicios de eMBMS. En estos escenarios las estaciones base tienen una gran densidad, que podrían llegar a ser tan pequeñas como unos pocos cientos de metros. Justo lo contrario sucede en el primer escenario, donde las distancias ISD pueden llegar a ser de varias decenas de kilómetros.

LTE dispone de los servicios MBMS desde sus comienzos. En la Release 8 las especificaciones de RAN1 introdujeron dos nuevas numeraciones para MBMS: espaciado entre subportadoras de 7.5 kHz y 15 kHz con CP extendido. Hasta la Release 14, el diseño de MBMS en LTE ha sido diseñado para coexistir con los servicios unicast de LTE. Por ejemplo, en las especificaciones de Release 8 se definieron las subtramas MBSFN para que tuvieran compatibilidad hacia adelante con las transmisiones unicast. De forma similar, cada subtrama MBSFN contiene una región no MBSFN con transmisiones CRS y regiones de control heredadas como PCFICH y PHICH. En la Release 10 se introdujeron más ampliaciones unicast para la coexistencia con los servicios MBMS, como la posibilidad de transmitir tráfico unicast en las subtramas MBSFN. Es más, en la Release 11 de LTE, cuando el EPDCCH (Enhanced Physical Downlink Control Channel) fue definido, se creó una señalización específica para su coexistencia con PMCH (Physical Multicast Channel).

En esta Release de LTE, la Release 14, se está considerando la posibilidad de introducir una nueva numeración para eMBMS. Siguiendo el paradigma del diseño de las Releases previas de LTE, las portadoras que empleen esta nueva numeración deberían soportar también el tráfico unicast. En la

reunión RAN1 84b se indicó que, los usuarios legacy, no serían configurados para recibir servicios MBMS en las subtramas MBSFN que tuvieran la nueva numeración y que la región de control legacy no se debería ver afectada por la misma.

En las siguientes dos tablas se resumen algunas de las numeraciones propuesta en las ampliaciones de eMBMS en LTE . Por lo general, la región no MBSFN de dichas subtramas tendrá una numeración diferente (basada en un espaciado entre subportadoras de 15 kHz con CP normal o extendido) que la de la región MBSFN. Debido a la coexistencia de ambas numeraciones, parte de las subtramas quedarán sin definir [35].

Espaciado de subtramas (Hz)	Duración de CP de MBMS (μ s)	Duración de símbolo (μ s)	Símbolos utilizables	Señal sin definir (%)	Pérdidas (%)
15000	16.67	83.33	11	11.4583333	1%
7500	33.33	166.67	5	94.7916667	9%
3750	66.67	333.33	2	261.4583333	26%
2500	100.00	500.00	1	428.125	43%
1875	133.00	666.33	1	261.791667	26%
1250	200.00	1000.00	0	-	-
937.5	266.00	1332.67	0	-	-

24. Tabla: símbolos utilizables y sin definir en subtramas con 1 región de control

Espaciado de subtramas (Hz)	Duración de CP de MBMS (μ s)	Duración de símbolo (μ s)	Símbolos utilizables	Señal sin definir (%)	Pérdidas (%)
15000	16.67	83.33	10	23.4375	2%
7500	33.33	166.67	5	23.4375	2%
3750	66.67	333.33	2	190.104167	19%
2500	100.00	500.00	1	356.770833	36%
1875	133.00	666.33	1	190.4375	19%
1250	200.00	1000.00	0	-	-
937.5	266.00	1332.67	0	-	-

25. Tabla: símbolos utilizables y sin definir en subtramas con 2 regiones de control

Como se puede observar en las tablas, únicamente las numeraciones existentes presentan pérdidas menos del 10%. En el resto de numeraciones las pérdidas son como mínimo del 20%, pudiendo llegar a alcanzar un tercio de los recursos. Además, únicamente el caso de un espaciado de 15 kHz permite añadir un símbolo extra. En el resto de los casos, la reducción de la región de control simplemente aumenta la pérdidas de eficiencia, sin permitir transmitir ningún símbolo MBMS adicional.

En los casos en los que no existe región de control, las pérdidas de eficiencia pueden ser minimizadas permitiendo separar de manera más los símbolos de MBMS en las subtramas o incluso entre tramas. Sin embargo, esto afecta a la granularidad de qué subtramas se pueden configurar como MBSFN,

debido a que las subtramas configurables como unicast tienen que ser pares: 0, 20, 40 u 80%. Por lo tanto, Intel no ve motivos para incorporar estas numerologías que complican el diseño del sistema y reducen la flexibilidad de multiplexación de los servicios unicast y MBMS.

Por último, teniendo en cuenta el número limitado de unidades de tiempo asignadas a este Work Item, se debería tener en cuenta el impacto que generaría la introducción de nuevas numeraciones sobre el trabajo de RAN1 y otros grupos. Las especificaciones actuales de LTE ya definen las señales de referencia de MBSFN con un espaciado de 7.5 kHz. La introducción de nuevas numeraciones afectaría de manera significativa al trabajo de RAN4, como la necesidad de definir nuevos requerimientos para la demodulación del PMCH y las medidas de MDT. Por ello es preferible crear una señalización para que soporte las numerologías existentes de eMBMS. Además, entre los escenarios definidos en la Release 14 está los usuarios que se mueven a velocidades de hasta 120 km/h. La reducción del espaciado entre subportadoras disminuiría la robustez frente al Efecto Doppler.

En resumen, las propuestas presentadas por Intel en este apartado son las siguientes:

1. En portadoras con transmisión de canales de control heredados no se introducirán nuevas numeraciones.
2. No se aceptarán las numeraciones que dividan las subtramas MBSFN en diferentes tramas o subtramas.

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

El número actual de subtramas que pueden ser configuradas para servicios MBMS está limitado al 60%. En la Release 14 de LTE se ha propuesto incrementar el número de subtramas MBSFN por encima de ese límite, llegando a ocupar el 100% de las subtramas. Los canales MCCH y MTCH no pueden ser recibidos sin, al menos, recibir el PCCH y el BCCH del PDSCH. En consecuencia, si todas las subtramas fueran asignadas a MBMS, todas las señales, canales y procedimientos que actualmente se utilizan para la recepción de MBMS deberían ser rediseñados. Esto requeriría de un tremendo esfuerzo para desarrollar las especificaciones necesarias, que claramente no es factible. Además, en el caso de que se configuraran tramas con el 100% de las subtramas asignadas a MBSFN, otras subtramas deberían de ser configuradas con menos del 100% asignadas a MBSFN, para poder transmitir PSS, SSS, CRS, PBCH, PCFICH, PDCCH y PDSCH.

En la Release 12, en el Work Item para las ampliaciones de celdas pequeñas, se introdujeron señales de referencia DRS. La actual forma de onda de las señales DRS, sin embargo, contiene únicamente señales que fueron estandarizadas previamente, como PSS, SSS, CRS y CSI-RS. Si bien es cierto que la forma de onda de estas señales se ha mantenido intacta, se ha introducido una nueva configuración DMTC (DRS Measurement Timing Configuration) que ha alterado la periodicidad de las señales que constituyen el DRS. Por ejemplo, PSS y SSS ya no son transmitidas cada 5 ms en las celdas SCell desactivadas, sino con una periodicidad configurable indicada en el DMTC.

Algo similar sucede con la ampliación del número de subtramas MBSFN. Las señales y canales PSS, SSS, CRS, PBCH, PDCCH y PDSCH no tienen por qué transmitirse con las periodicidades definidas en la

Release 8, sino que pueden ser transmitidas con menor frecuencia. Sin embargo, cabe destacar que los usuarios legacy no pueden ser transmitidos en portadoras que sufran este tipo de cambios. En particular, no alterar las formas de ondas definidas incluye transmitirlos con un espaciado de 15 kHz, independientemente de cuál sea la numeración de las subtramas MBSFN.

En la Release 14 se ha propuesto que las portadoras MBMS con más de un 60% de subtramas MBSFN soporten tráfico unicast. Hasta ahora, en LTE siempre han estado presente las CRS en la subtramas 0, 1, 5, y 6. Si el número de subtramas MBSFN es incrementado por encima del 60%, especialmente si se aumenta por encima del 80%, el diseño de la recepción de las transmisiones unicast cambia radicalmente. La reducción de la densidad de CRS en el dominio del tiempo ha sido ampliamente discutido en las Releases 11 y 12. Sin embargo, a día de hoy ninguna celda SCell o Pcell activa puede transmitir tráfico unicast con una densidad reducida de CRS a pesar de los esfuerzos de RAN1. Es por ello altamente cuestionable que este Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE pueda llevar a cabo esta tarea.

Recapitulando, estas son las propuestas lanzadas por Intel en este apartado [36]:

1. Las señales y canales PSS, SSS, CRS, PBCH, PDCCH y PDSCH no deben de ser alteradas en las portadoras de MBMS que tengan más de un 60% de subtramas MBSFN.
2. La recepción del MCCH también requiere la recepción de las señales y canales PSS, SSS, CRS, PBCH, PDCCH y PDSCH en la Release 14.
3. El diseño de DRS de las Release 12 pueden ser un punto de partida para la transmisión de PCCH y BCCH para las portadoras MBMS que tengan más de un 60% de subtramas MBSFN.
4. Las portadoras MBMS que tengan más de un 60% de subtramas MBSFN no soportarán tráfico unicast en la Release 14.

3.- Subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS

Actualmente el tamaño mínimo de la región de control de LTE es de un símbolo independientemente de si la subtramas es MBSFN o no, debido a que el primer símbolo OFDM lleva el PCFICH. La eliminación de la región de control ha sido discutida extensamente en las Releases 11 y 12. Sin embargo, a día de hoy esta posibilidad no es soportada en LTE. Es más, si el número de puertos de la antena es cuatro o si el ancho de banda del sistema es menor que 10 PRB, la región de control tiene que ser como mínimo de 2 símbolos OFDM para transmitir el CRS correspondiente al segundo y tercer puerto en el segundo símbolo.

La recepción del PDCCH juega un rol importante también para los servicios de MBMS. Para recibir el MCCH, que está mapeado al PMCH, el usuario necesita recibir la información del sistema transmitida en el DL-SCH vía el PDSCH. Este último es planificado mediante el PDCCH, que transporta el DCI con el CRS codificado con el SI-RNTI. Por ello, el PCFICH y el PDCCH requieren recibir el DL-SCH aunque el usuario no esté configurado para recibir tráfico unicast, ya que si no, no es posible recibir MCCH y MTCH en el PMCH.

En la Release 14 de LTE, se ha propuesto eliminar la región de control unicast con el fin de hacer nuevo espacio para nuevas numeraciones con un espaciado entre portadoras menor y una duración

de símbolo y CP mayores. Como se ha explicado anteriormente, no se pueden recibir MCCH y MTCH sin al menos haber recibido PCCH y BCCH en el PDSCH. Por lo tanto, si todas las tramas no tuvieran control para unicast, los procedimientos, señales y canales de MBMS actualmente en uso deberían de ser rediseñados. Por lo tanto, no es viable el rediseño de la recepción de PCCH, BCCH y MCCH en portadoras sin región de control. Incluso cuando se introduzcan en las especificaciones subtramas sin región de control unicast, el diseño general debería usar PDDCH y PDSCH en algunas subtramas, que en consecuencia no podrán ser configuradas sin región de control.

Además, en la Release 14, se ha propuesto que las portadoras sin región de control unicast soporten el tráfico unicast. Cabe destacar que eliminar la región de control unicast implica eliminar el CRS. Por otra parte, también se ha propuesto aumentar el número de subtramas MBSFN desde el 60% hasta el 100%, reduciendo la densidad de CRS en el dominio del tiempo. Estas propuestas incluyen algún tipo de señal referencia RS menos densa. Sin embargo, hasta la fecha ninguna de estas propuestas ha podido ser aprobada, debido a su dificultad y al costoso trabajo que requieren. Por ello, a día de hoy, ninguna celda no activa PCell o SCell puede transmitir tráfico unicast con densidad reducida de CRS.

Las propuestas actuales son mucho más radicales que las anteriores, ya que suponen la eliminación completa de las señales CRS a la vez que se sigue soportando tráfico unicast. Es por ello que se consigan dichos objetivo en este Work Item de la Release 14. Esta es la razón por la que se propone no incluir la posibilidad de que las portadoras MBMS sin región de control unicast puedan soportar tráfico unicast.

Finalmente, cabe destacar la propuestas de recibir otros servicios de posicionamiento, CMS y ETWS en las portadoras MBMS. Teniendo en cuenta el limitado tiempo de especificación que supondrán, no vemos la inclusión de estos servicios como una prioridad. De hecho, ni si quiera está claro si dichas ampliaciones están dentro de los objetivos del Work Item. Por consiguiente, por el momento, proponemos enfocar el Work Item en otros aspectos más importantes.

Las propuestas presentadas por Intel en este apartado, son las siguientes [37]:

1. La recepción de PCCH, BCCH y MCCH en portadoras sin región de control unicast utilizará las misma señalización y canales que en la Release 8.
2. Las portadoras MBMS sin región de control unicast no soportarán el tráfico unicast en la Release 14.
3. Estudiar más en profundidad si los servicios de posicionamiento, CMAS, ETWS y otros deben ser soportados en las ampliaciones de eMBMS en LTE de la Release 14. Si no son necesarios, se propone no incluirlos, por el esfuerzo que suponen.

4.3.2.4 Huawei y HiSilicon

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

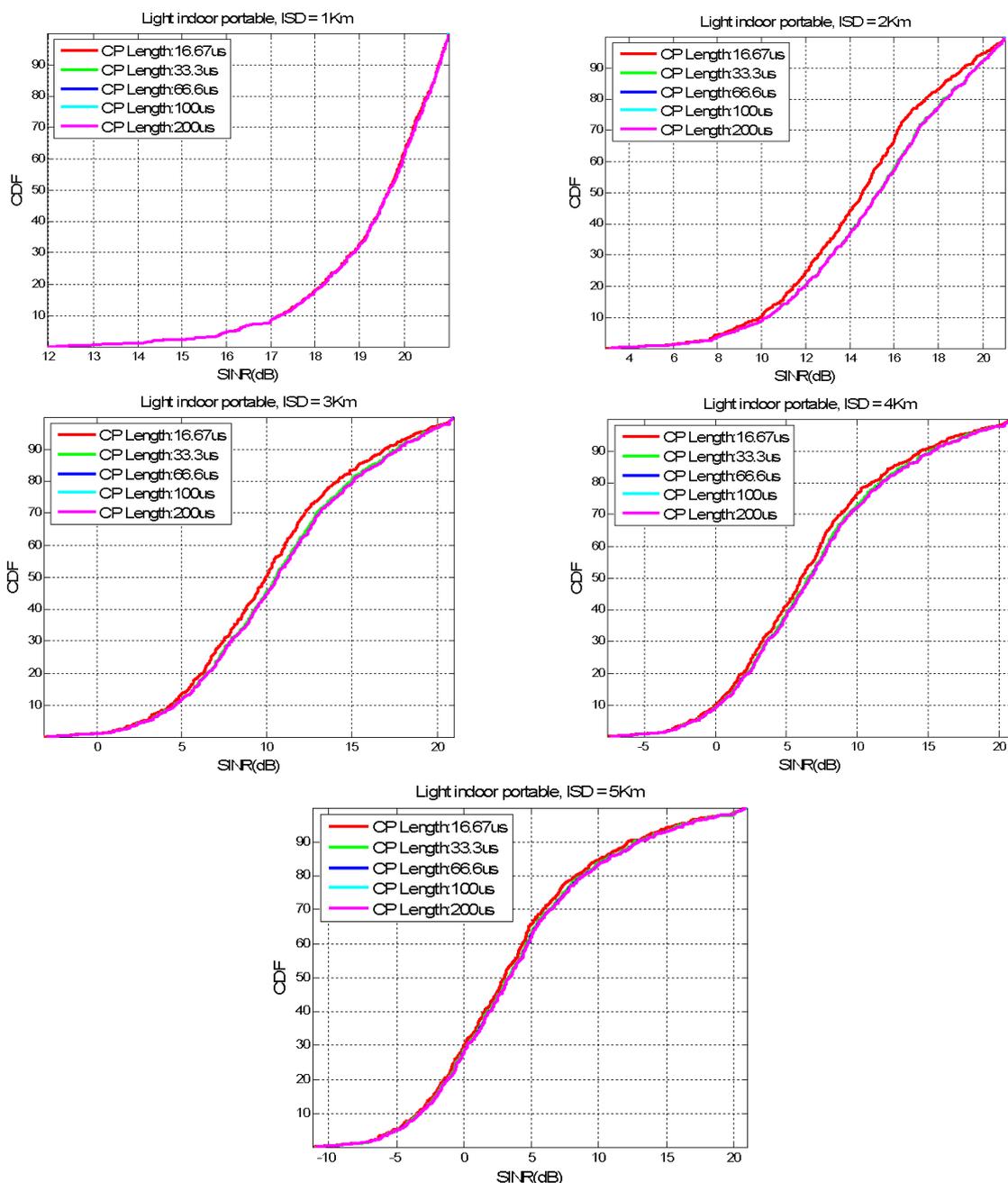
En la reunión 84b de RAN1 se acordaron algunos escenarios y parámetros de simulación para el Work Item de las ampliaciones de eMBMS en LTE. En este apartado, Huawei y HiSilicon presentan los resultados de las simulaciones obtenidas, basadas en el acuerdo mencionado [38].

En estas simulaciones se evalúa un escenario con un dispositivo de recepción portátil en un entorno urbano, en el que se tienen en cuenta las pérdidas de penetración por estar en interiores. El modelo de propagación utilizado está basado en el modelo ITU-R P.1546-5 y una altura de antena de transmisión de 30 metros. Por otra parte, se simulan varias longitudes de CP, en las que el espaciado entre subportadoras se escala de manera proporcional.

CP (μ s)	16.67	33.33	66.67	100	200
Espaciado entre subportadoras (kHz)	15	7.5	3.75	2.5	1.25

26. Tabla: Valores de CP y espaciado de subportadoras simulados

Los resultados de las simulaciones que se muestran a continuación han sido evaluados para cinco valores de ISD: 1, 2, 3, 4 y 5 km.



22. Imagen: simulación de SNR vs CDF de Huawei y HiSilicon

Los resultados de las simulaciones demuestran que, la introducción de valores de CP más largos (y en consecuencia, valores espaciados entre portadoras menores), reportan pocas ganancias a la relación SINR en las transmisiones MBSFN para dispositivos portables situados en interiores. Por otro lado, debido a las pérdidas por penetración y la poca ganancia de la antena receptora, los valores de SINR se degradan considerablemente a medida que el ISD aumenta. En consecuencia, sería necesario tener distancias ISD de 2km o menos para obtener una eficiencia espectral de 2bps/Hz para el 95% del área de cobertura (de acuerdo al documento TR 034 de EBU).

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

En el modo de transmisión MBSFN la información de eMBMS es transmitida al mismo tiempo y a través del aire, por muchas celdas sincronizadas en tiempo y frecuencia. Cuando MBSFN es transmitido en la portadora secundaria, también ha de mantenerse esta sincronización. Sin embargo, todavía no está claro si es necesaria la sincronización en el dominio del tiempo entre la portadora primaria y la secundaria. El escenario en el que eMBMS soporte un modo asíncrono entre la portadora primaria y la secundaria ha de ser analizado más en profundidad.

Aún así, es necesaria la transmisión de PSS y SSS de en la portadora secundaria (no compatible hacia atrás), para el seguimiento y adquisición de tiempo y frecuencia. PSS y SSS son utilizados para determinar el Cell ID, el CP, el tipo de estructura de la trama y para obtener la sincronización en tiempo y frecuencia. Cabe mencionar que el Cell ID puede ser señalado a los usuarios en la portadora primaria y que la información sobre el tipo de estructura de la trama no es necesaria para las subtramas MBSFN.

En Releases anterior de LTE se ha discutido la posibilidad de modificar PSS y SSS para prevenir que los usuarios legacy accedieran las portadoras con extensión de subtramas MBSFN. No obstante, según RAN2, las capas superiores de LTE disponen de medios suficientes para gestionar el acceso a las portadoras. Por ello, no es necesario hacer ningún cambio en la capa física en relación a las señales de sincronización. En consecuencia, no se deberían modificar PSS y SSS y su posición relativa debería mantenerse. Un aspecto que sí podría ser modificado es la densidad de las mismas, en función de los requerimientos de sincronización definidos por RAN4.

En los sistemas LTE actuales, las subtramas MBSFN y unicast su multiplexadas en el dominio del tiempo en una celda. La asignación de subtramas a MBSFN está limitado a las subtramas 1, 2, 3, 6, 7 y 8 para el tipo de estructura 1 and a las subtramas 3, 4, 7, 8, 9 para el tipo de estructura 2. Como en este Work Item se ha decidido que la asignación a unicast y broadcast pueda variar entre 0 y el 100% de las subtramas, es deseable que la configuración sea lo más flexible posible. Por ejemplo, se podrían estudiar diferentes tipos de multiplexaciones como TDM, FDM o TDM+FDM.

Además de los usuarios que están en modo conectado, los usuarios que están en modo idle también pueden recibir los servicios eMBMS. Posibilitar que los usuarios reciban los servicios de eMBMS en la portadora secundaria, estando en modo conectado, no restringe la posibilidad de que estos mismo usuarios reciban los servicios eMBMS en la portadora primaria, estando en modo idle. Para adoptar esta funcionalidad es necesario que se envíen bloques SIB en la portadora secundaria, algo que no es

soportado en la actualidad. Se estima que esta estandarización será demasiado costosa en cuanto a recursos temporales se refiere, por ello es preferible no soportar los servicios eMBMS en modo idle.

Cuando un usuario capaz de hacer CA (Carrier Aggregation) añade una segunda portadora, la señalización dedicada RRC es utilizada para enviar toda la información del sistema. La transmisión de la información sobre la configuración MBSFN (*mbsfn-SubframeConfigList-r10k*), que es transmitida en SIB2, ya ha sido incluida la señalización dedicada. Sin embargo, es necesario que RAN2 estudie si otros SIB son necesarios. Con el objetivo de simplificar el diseño, si otros SIB fueran necesarios, su transmisión debería de ser incluida junto al SIB2 en la señalización dedicada.

Una de las razones para restringir la asignación de subtramas MBSFN en portadoras legacy, es evitar la colisión con las transmisiones de paging. En los sistemas LTE el paging es utilizado para asistir a los usuarios en modo idle o para informar los usuarios en modo conectado sobre la actualización de la información del sistema. Como no se espera que los usuarios en idle mode puedan recibir los servicios eMBMS en las portadoras con extensión de subtramas MBSFN y como los usuarios en modo conectado pueden utilizar la compatibilidad hacia atrás para recibir la información del paging, no será necesario transmitir la información del paging en las subtramas MBSFN extendidas. Además, esta ausencia del paging permite mayor capacidad para transmisión eMBMS.

En resumen, estas son las 6 propuestas presentadas de manera conjunto por Huawei y HiSilicon [39]:

1. Las portadoras con extensión de subtramas MBSFN soportan las transmisión de PSS y SSS.
2. No se modifican PSS ni SSS y se mantienen sus posiciones relativas en las portadora MBSFN con multiplexación FDD. Es necesario analizar más en profundidad la posibilidad de reducir su densidad.
3. La asignación de subtramas a broadcast y unicast en las portadoras MBSFN será configurable.
4. No es necesario que los usuarios en idle mode reciban los servicios eMBMS transmitidos en la portadora secundaria.
5. La información del sistema requerida para recibir los servicios de eMBMS es transmitida por las capas superiores.
6. Los usuarios no recibirán información del paging en las portadoras con extensión de subtramas MBSFN.

3.- Subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS

En primer lugar, se aborda la reducción del CRS. La señal de referencia CRS fue diseñada en LTE para la demodulación, feedback CSI, RRM/RLM y seguimiento de tiempo/frecuencia desde un principio, en la Release 8. Aunque más tarde DMRS y CSI-RS fueron introducidos para habilitar la demodulación y el feedback CSI respectivamente, todavía se mantiene CRS para la demodulación de la información de broadcast, RRM y el seguimiento de tiempo/frecuencia. Una diferencia entre CRS y DMRS es que esta última puede configurarse de manera flexible.

En la anterior reunión de RAN1, en la 84b, se acordó que en la Release 14 el tráfico unicast fuese soportado por la portadora sin transmisión CRS. Esto no tendrá impacto alguno en la recepción

MBSFN, ya que depende exclusivamente de la señal de referencia dedicada de MBSFN. Sin embargo, es necesario analizar el impacto que tendrá sobre la transmisión unicast.

- **Demodulación de las transmisiones unicast**

Para los usuarios específicos de PDSCH, la demodulación de las transmisiones unicast puede ser realizada a través del DMRS, que contiene toda la información necesaria.

Las transmisiones no específicas de usuario, como MIB, SIB, Paging y etc, podrían ser realizadas en la celda primaria, siempre y cuando la celda secundaria no acepte usuarios legacy. Si no fuera posible, podría considerarse como alternativa la reducción de CRS en el dominio de la frecuencia.

- **Feedback CSI de las transmisiones unicast**

Puede utilizarse CSI-RS en lugar de CRS para adquirir el CSI. Sin embargo, la transmisión de CSI-RS sería periódica, por lo que todavía existiría la posibilidad de que la señal CSI-RS colisionara con la transmisión MBSFN. Este imprevisto podría ser gestionado por el planificador eNB.

- **RRM/RLM**

La portadora que soporta la reducción de CRS es considerada como celda secundaria si todas las funcionalidades RRM/RLM no son necesarias en dicha portadora. Si fuera necesario mantener la compatibilidad hacia atrás, podría considerarse la reducción de CRS en el dominio de la frecuencia.

- **Seguimiento de tiempo y frecuencia**

CRS provee una implementación simple del seguimiento en tiempo y frecuencia, que es un aspecto crítico para la decodificación.

En base a este análisis realizado, CRS todavía podría ser necesario para los usuarios unicast (en ambos dominios, tiempo y frecuencia), aunque podría ser reducido. La decisión acerca de los requerimientos de densidad serán responsabilidad de RAN4.

Como resultado, podría ser necesaria la asignación de ciertas subtramas CRS (las subtramas podrían coincidir con la transmisión de PSS/SSS y/o CSI-RS de manera similar al diseño de CRS) o, de manera alternativa, podría mantenerse la transmisión CRS en partes de la subtramas en el dominio de la frecuencia.

Seguidamente se discute la eliminación de la región de control unicast, que se encuentra en los dos primeros símbolos OFDM de las subtramas legacy MBSFN y es utilizada para los canales de control downlink L1/L2 (PDCCH, PCFICH y PHICH). Estos canales de control son enviados en las subtramas MBSFN para enviar comandos de control de potencia de las transmisiones uplink.

Para reducir el impacto sobre los usuarios legacy, las subtramas MBSFN sin región de control unicast sólo podrán ser transmitidas en la portadora secundaria. El PMCH podría ser mapeado en todos los símbolos downlink de las subtramas MBSFN en dichas portadoras secundarias. La eliminación completa de la región de control es posible, incluso en las subtramas unicast, mediante el uso del EPDCCH o el control cruzado entre portadoras.

Otro aspecto que ha de ser tenido en cuenta son las notificaciones de cambio MCCH. En una portadora compatible hacia atrás, si estuviera configurado por las capas superiores, un usuario debería tratar de decodificar, en el formato DCI 1C, el CSS (Common Search Space) del PDCCH para adquirir la notificación de cambio del MCCH. En las subtramas MBSFN se transmite un mapa de ocho de bits en el PDCCH, en el que cada bit representa una área MBSFN. En las transmisiones MBSFN no compatibles hacia atrás, sin embargo, el MCCH puede ser transmitido por la señalización de dicada. En este sentido, no será necesaria la modificación del MCCH en ningún caso.

Además de las observaciones realizadas, en este apartado se presenta la siguiente para su debate en la reunión 85 de RAN1 [40].

1. Para la reducción de CRS en las subtramas MBSFN ha de tenerse en cuenta el impacto de RRM/RLM y el seguimiento en tiempo y frecuencia de los usuarios unicast.

4.3.2.5 Qualcomm

En la reunión 84b de RAN1 Qualcomm presentó varios extensos documentos en el Work Item de "LTE enhancements for LTE", en los que se discutían los temas acordados y se presentaban varias propuestas. En esta nueva reunión, la 85 de RAN1, Qualcomm presenta 6 documentos con sus propuestas. Algunas de ellas se mantienen desde la reunión anterior, mientras que otras son completamente nuevas.

1.- CP de mayor longitud para las subtramas de MBSFN

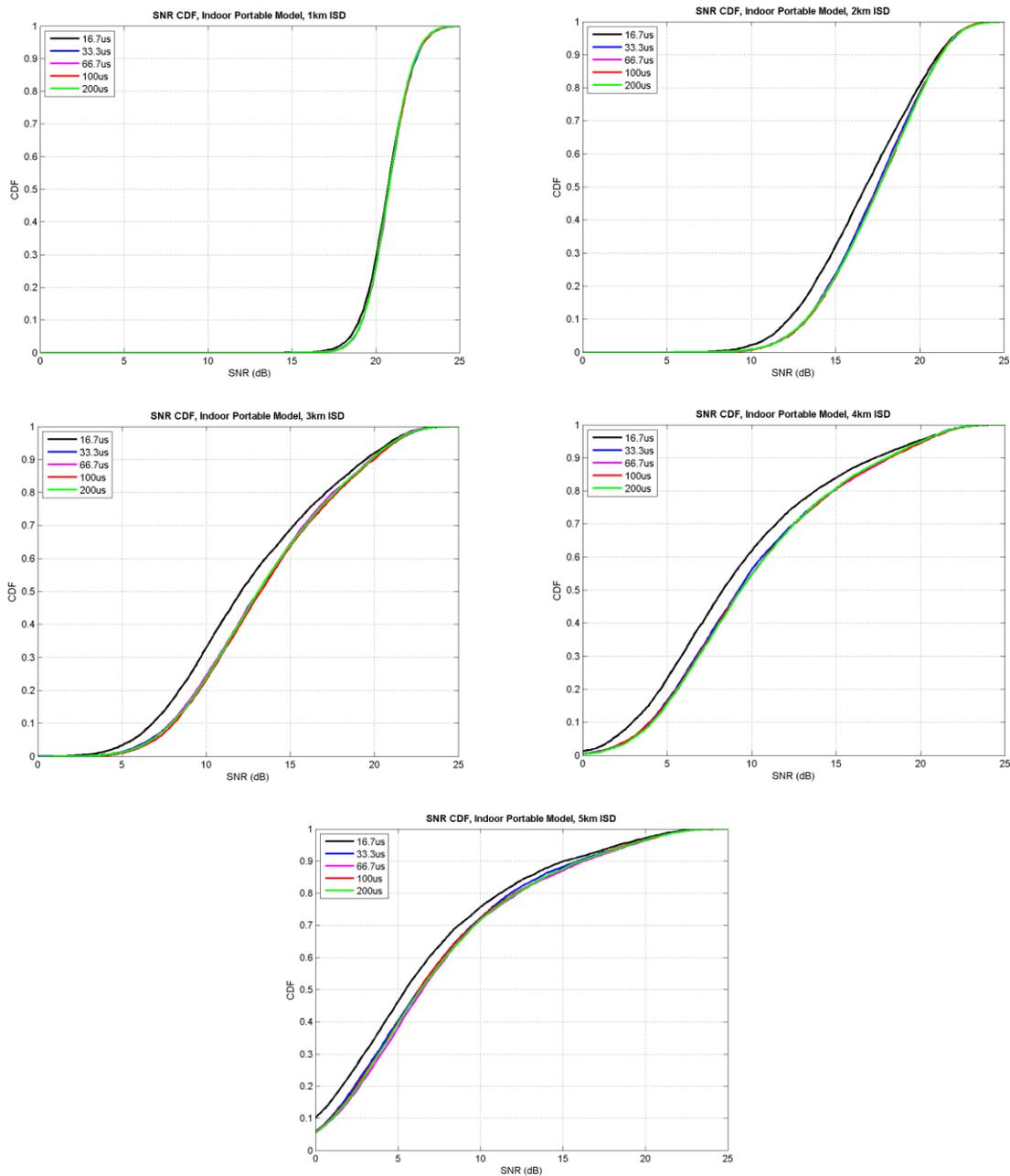
Al final de la reunión 84b de RAN1 se acordaron tres escenarios de simulación, en los que se establecieron los modelos y parámetros concretos. Si bien es cierto que Qualcomm presentó los resultados de sus simulaciones en dicha reunión, estas fueron realizadas en base a los parámetros y escenarios de simulación considerados por Qualcomm. Por ello, en esta nueva reunión Qualcomm vuelve a presentar otras simulaciones, en consonancia con los escenarios acordados en RAN1 84b [41].

Entre los 3 escenarios establecidos, en esta propuesta se analizan dos de ellos, las siguientes características:

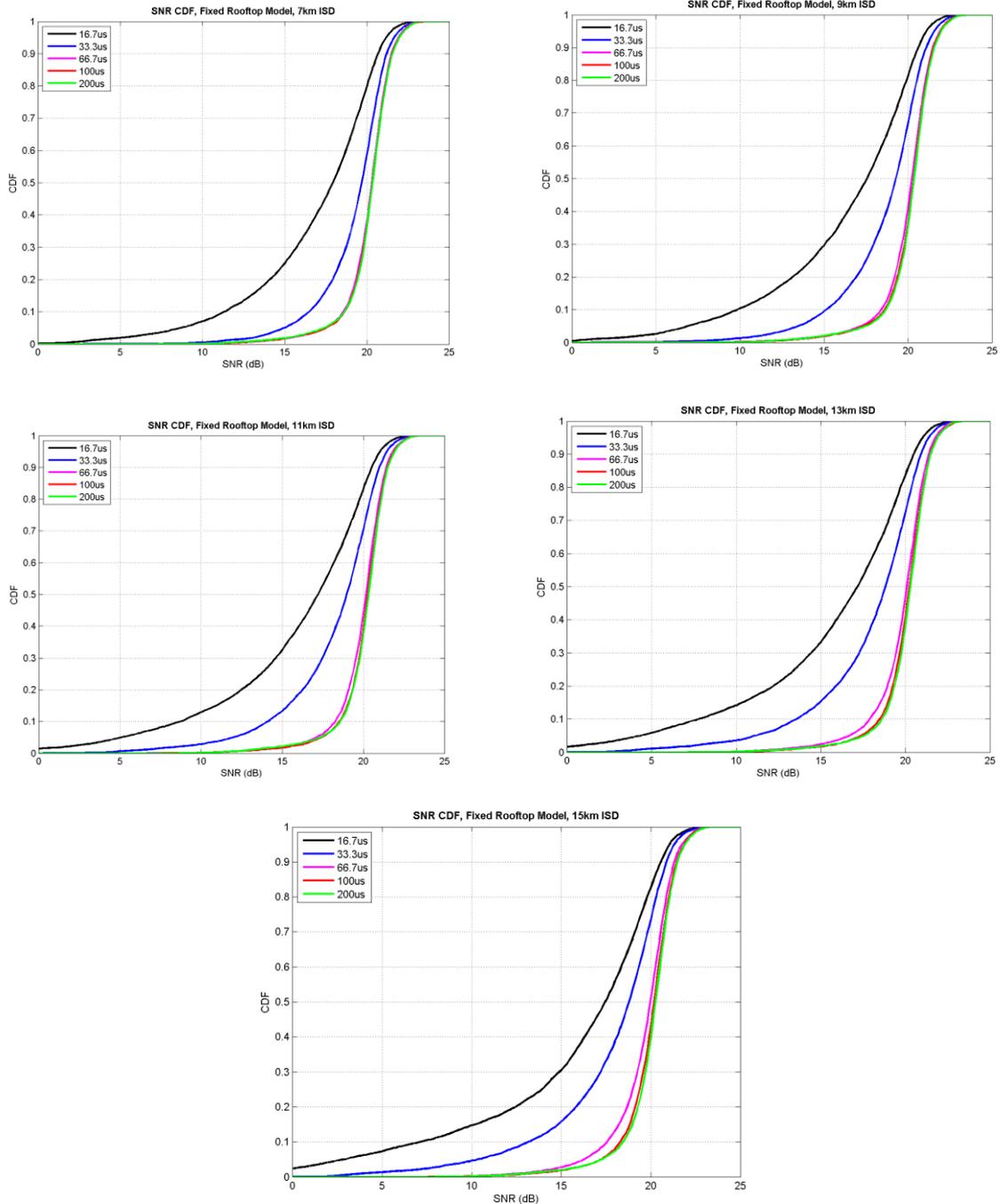
- Receptor portable en interiores:
 - ISD: 1 - 5 km
 - Pérdidas de penetración: 11 dB
 - Ganancia típica de antena receptora: -7.35 dB

- Modelo de canal: TU 12
- Receptor fijo en lo alto del tejado:
 - ISD: 7 - 15 km
 - Altura de la antena de recepción: 10 m
 - Ganancia típica de antena receptora: -7.35 dB
 - Modelo de canal: TU 12 con Factor Rice K=10

Las simulaciones realizadas para ambos escenarios, cuyos resultados se muestran a continuación, tienen una frecuencia de 700 MHz, un ancho de banda de 10 MHz y una configuración celular con 61 nodos. Además, se consideran varias longitudes de CP (16, 33, 66, 100 y 200).



23. Imagen: Simulación de recepción portable en interiores de Qualcomm



24. Imagen: Simulación de recepción fija en los alto del tejado de Qualcomm

En el primer escenario analizado, un escenario con un receptor portable en interiores, queda claro que el incremento del CP no ofrece ventajas por encima de 33.3 μ s. Los nodos lejanos no contribuyen a mejorar la señal recibida, debido principalmente a la poca ganancia que ofrecen este tipo de receptores combinada con las grandes pérdidas de penetración. Además, a medida que aumenta la distancia ISD, los valores de SNR empeoran notablemente por el aumento de las pérdidas de propagación.

En el segundo escenario, con una recepción fija en lo alto del tejado, los resultados son muy distintos. En este caso el aumento del CP tiene sus resultados, mejorando los valores de SNR. Cabe

destacar en especial los malos resultados ofrecidos por los dos CP más pequeños, 16.7 y 33.3 μs . Los tres valores de CP más elevados (66.7, 100 y 200 μs) ofrecen resultados similares, aunque con una distancia ISD de 15 km un CP de 200 μs mejora el valor de SNR ligeramente.

Una vez obtenidos los valores de SNR de los escenarios estudiados, Qualcomm muestra los valores correspondientes de eficiencia espectral, utilizando la Tabla 7 del documento TR 034 de EBU]. Cabe destacar que esta tabla asume que existe una región de control de un símbolo OFDM. Sin región de control se necesitarían 0.43 dB de SNR menos para obtener los mismos resultados.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el primer escenario. Si se considerara una eficiencia espectral mínima de entorno a 2 bps/Hz, se observa que las únicas distancias de ISD válidas son 1 y 2 km. En cuanto a los valores de CP, se observa que 33 μs ofrece una ligera mejora respecto a 16.7 μs .

Recepción portable en interiores: SNR (dB) / eficiencia espectral (bps/Hz)					
CP	ISD				
	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km
16.7 μs	18.5 / 2.78	11.2 / 1.63	5.6 / 0.92	1.8 / 0.57	-1.1 / 0.17
33.3 μs	18.7 / 2.80	12.2 / 1.81	6.6 / 1.06	2.8 / 0.65	-0.3 / 0.19
66.7 μs	18.7 / 2.80	12.2 / 1.81	6.7 / 1.07	2.8 / 0.65	-0.3 / 0.19
100 μs	18.7 / 2.80	12.2 / 1.81	6.8 / 1.07	2.9 / 0.66	-0.2 / 0.19
200 μs	18.7 / 2.80	12.3 / 1.81	7.0 / 1.10	2.9 / 0.66	-0.2 / 0.19

27. Tabla: SNR y eficiencia espectral, recepción portable en interiores

Respecto al segundo escenario, un CP de 66.7 μs brinda una eficiencia espectral lo suficientemente buena para todas las distancias ISD. La mejora del CP de 100 μs frente al de 66.7 μs únicamente se aprecia a partir de un ISD de 15 km. Por el contrario, el CP de 200 μs no resulta en ninguna mejora significativa.

Recepción fija en lo alto del tejado: SNR (dB) / eficiencia espectral (bps/Hz)					
CP	ISD				
	7 km	9 km	11 km	13 km	15 km
16.7 μs	8.7 / 1.23	6.9 / .97	5.1 / .75	4.3 / .97	2.9 / .55
33.3 μs	15 / 2.11	13.5 / 1.84	11.9 / 1.62	11.1 / 1.41	10.3 / 1.43
66.7 μs	17.4 / 2.53	17.2 / 2.51	17.1 / 2.50	16.7 / 2.39	16.3 / 2.32
100 μs	17.4 / 2.53	17.3 / 2.52	17.3 / 2.52	17.3 / 2.52	17.2 / 2.51
200 μs	17.5 / 2.54	17.5 / 2.54	17.4 / 2.53	17.4 / 2.53	17.3 / 2.52

28. Tabla: SNR y eficiencia espectral, recepción fija en lo alto del tejado

Una vez presentados los resultados de las simulaciones, Qualcomm analiza las posibilidades de diseño que existen tanto para el CP, como para la señal de referencia MBSFN para cada uno de los CP propuestos.

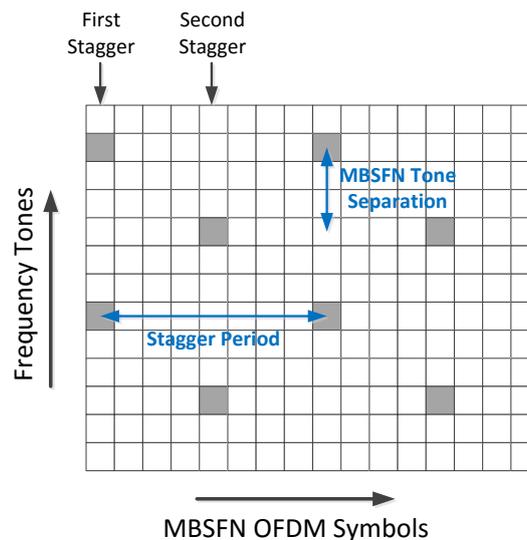
En cuanto al **diseño del CP** Qualcomm estudia diseñar cuatro posibles valores que se sumarían a los de 16.7 μs y 33.3 μs ya existentes [42]. En la tabla que se muestra a continuación se resumen las numeraciones de las propuestas de Qualcomm para un ancho de banda de 10 MHz.

CP	66.6 μs	100 μs	133.3 μs	200 μs
Duración de símbolo (μs)	333.3	500	666.7	1000
Espaciado entre subportadoras (Hz)	3750	2500	1875	1250
Subportadoras utilizables	2400	3600	4800	7200
Tamaño FFT	$4096 = 2^{12}$	$6144 = 3 \cdot 2^{11}$	$8192 = 2^{13}$	$12288 = 3 \cdot 2^{12}$
RE por cada 180 kHz	48	72	96	144
Símbolo OFDM por 1 ms	3	2	1.5	1

29. Tabla: Numeraciones de nuevos CP propuestos

Además de los tres valores de CP acordados en RAN1 84b, se incluye el CP de 133 μs propuesto por Qualcomm en la anterior reunión. Este valor no se divide correctamente en subframes de 1 ms y, aunque esto no impediría su uso, existen dudas de cómo se implementaría. Por ello, este valor de 133 μs únicamente debería considerarse si ofreciera mejores prestaciones que los demás CP propuestos.

El **diseño de la señal de referencia** se propone realizarlo de una manera similar a la de CRS, mediante *stagger*s. A modo de ejemplo se muestra la siguiente imagen, con dos *stagger*s en los símbolos OFDM 0 y 4, con un periodo de 8 *stagger*s y un espaciado de 3 tonos.



25. Imagen: ejemplo de configuración de la señal de referencia

El diseño de la señal de referencia debería realizarse teniendo en cuenta el máximo retado (dependiente del CP), el Efecto Doppler y el overhead de señal de referencia. En primer lugar se ha de asegurar que el espaciado entre tonos permite al dispositivo receptor resolver los retardos de la señal. En segundo lugar, se ha de calcular una velocidad máxima a partir del periodo *stagger* y la duración de símbolo OFDM. Si los periodos *stagger* más pequeños permitirán una velocidad ayor, sin embargo aumentará el overhead.

Para una configuración dada se pueden determinar el máximo *delay spread*, la velocidad máxima y el overhead. Estas son las fórmulas que propone Qualcomm:

- *Measurable Channel Delay Spread* = $1/(MBSFNToneSeparation * ToneSpacing)$
- *Estimated Maximum Speed* = $1/(5.5 * StaggerPeriod * OFDMSymbolDuration * CarrierFrequency / c)$
- *Reference Signal Overhead* = $1/(StaggerPeriod * MBSFNToneSeparation)$

En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos con estas fórmulas para los valores de CP acordados:

CP (μs)	Separación de tonos MBSFN	Measurable Channel Delay Spread (μs)	Periodo stagger	Velocidad máxima (km/h)	Overhead de la señal de referencia
66.6	3	88.9	2	439.6	16.7%
			3	293.1	11.1%
			4	219.8	8.3%
			5	175.8	6.7%
			6	146.5	5.6%
			7	125.6	4.8%
100	4	133.3	2	293.1	12.5%
			3	195.4	8.3%
			4	146.5	6.3%
			5	117.2	5.0%
			6	97.7	4.2%
			7	83.7	3.6%
200	3	266.7	2	146.5	16.7%
			3	97.7	11.1%
			4	73.3	8.3%
			5	58.6	6.7%
			6	48.8	5.6%
			7	41.9	4.8%

30. Tabla: parámetros relacionados con el diseño de la señal de referencia MBSFN

En los resultados se puede observar la clara relación entre la velocidad máxima y el overhead producido por la señal de referencia. Cabe también destacar que para un CP de 200 μs, el overhead es mucho mayor para velocidades mucho menores, debido a la larga duración de sus símbolos OFDM.

En resumen, estas son las dos propuestas presentadas por Qualcomm en cuanto al aumento del CP y el diseño de las señales de referencia en las subtramas MBSFN:

1. Considerar únicamente los valores de 66, 100 y 200 μ s para el aumento del CP. El valor de 133 μ s propuesto anteriormente sólo se debería incluir si ofreciera mejores resultados en la simulaciones que los demás valores de CP.
2. Para las simulaciones a nivel de enlace, deberían considerarse algunas de las configuraciones de la señal de referencia propuestas por Qualcomm en RAN1 85.

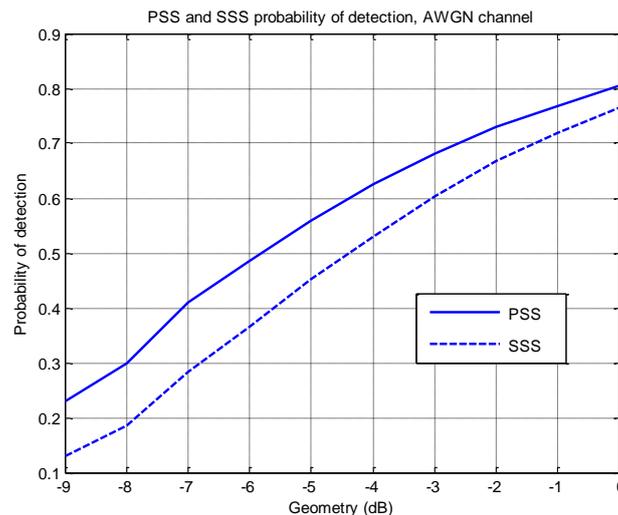
2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

En el estudio presentado por Qualcomm en este apartado se complementa la propuesta presentada en la reunión anterior [43]. Al apartado referente a los "mecanismos para configurar más subtramas MBSFN por cada trama", se le añaden dos nuevos apartados. En el primero, se estudia cómo afectaría el aumento del número de subtramas MBSFN al mecanismo de descubrimiento de celda, mientras que en el segundo se analiza el impacto de estas modificaciones en la obtención de la información del sistema.

El cambio del número de subtramas MBSFN tendrá como consecuencia la necesidad de modificar el **mecanismo de descubrimiento de celda**. Por ejemplo, el LTE actual transmite PSS en todas las subtramas 0 y 5 y PBCH en las subtramas 0. Es posible que muchas de estas subtramas no estén disponibles debido al funcionamiento de MBSFN. Una opción sería transmitir PSS, SSS, PBCH y SIB en el modo SFN (Single Frequency Network). Aunque esto puede parecer beneficioso desde el punto de vista de la interferencia (los usuarios situados en el borde de las celdas tendrían interferencias constructivas de otras celdas), tiene los siguientes inconvenientes:

- Impacto de especificación: el diseño de nuevas señales de sincronización y canales de radiodifusión requerirían un gran esfuerzo de especificación, ya que PSS y SSS no se podrían reutilizar. Además, las celdas deberán de soportar unicast, por lo que es preferible utilizar la sincronización heredada para poder cubrir todos los casos con una única solución.
- Complejidad del receptor: la introducción de un nuevo CP y, potencialmente, nuevas numeraciones. Los usuarios deberían tener varias hipótesis sobre diferentes señales (por ejemplo, si el espaciado entre subportadoras es de 15 o 7.5 kHz), lo que aumentará la complejidad del usuario. De manera adicional, la reducción del espaciado entre subportadoras incrementará el error frecuencial inicial, por lo que los receptores deberán hipotetizar con varios errores de frecuencias.
- Soportar varias áreas MBSFN: en los casos en los que un nodo eNB soporte múltiples áreas MBSFN, no está claro como se deberá realizar el descubrimiento de celda. En el peor de los casos, el nodo eNB soportará 8 áreas MBSFN diferentes. En dicho caso, la sincronización y el canal de broadcast deberán ser transmitidos de forma separada para cada una de las áreas MBSFN, lo que incrementará el overhead.

Se espera que la relación SNR del servicio MBSFN sea elevada (entorno a 10 dB), la detección de PSS/SSS estará limitada por la interferencia. Cabe destacar que, como se muestra en la siguiente imagen, en el LTE actual esta detección se sitúa -6 dB. Asimismo, como las celdas se sincronizan gracias al funcionamiento de MBSFN y como las secuencias PSS/SSS tienen una buena correlación cruzada, la interferencia debería de ser mucho menor. Por ejemplo, en el caso de celdas hexagonales, un usuario en el borde de la celda experimentaría un SNR de -3 dB, cuya probabilidad de detección sería de 0.7.



26. Imagen: probabilidad de detección de PSS y SSS in canal AWGN

Si se siguiera el diseño heredado de PBCH es posible que nos se consiga realizar la combinación entre diferentes transmisiones de PBCH, ya que el cambio SFN en PBCH cambia cada 40 ms. Por ello, PBCH puede ser el factor limitante para los usuarios situados en el borde de una celda. Algunas opciones para realizar la combinación entre las diferentes transmisiones son:

- Extender el tiempo durante el cual PBCH no se modifica PBCH (por ejemplo, desde 40 ms hasta 320 ms). El payload de SFN puede ser modificado de acuerdo a este cambio, reservando los dos bits de menor importancia.
- Llevar a cabo la repetición de PBCH en los 6 RB centrales, de manera similar a eMTC.
- Llevar a cabo la repetición de PBCH fuera de los 6 RB centrales.

Esta subtramas unicast incluye toda la información del sistema necesaria para operar en una celda, como la información acerca de la planificación de SIB, la configuración MBSFN, etc.

Uno de los aspectos negativos de utilizar las mismas señales de descubrimiento que el LTE actual, es decir que la Release 13, es que los usuarios legacy pueden encontrar la secuencia PSS en la celda eMBMS y tratar de obtener SSS, PBCH y la información del sistema. Es por eso que eMBMS debería incluir algún mecanismo para prevenir que un usuario legacy pase demasiado tiempo intentando adquirir la celda, ya que sino su consumo de batería aumentará de manera importante. Una posible solución es intercambiar las posiciones entre PSS y SSS.

El segundo tema tratado en este apartado es la obtención de la **información del sistema**. Para proporcionar servicios MBMS mediante una celda SCell o una celda independiente de MBMS, se ha de entregar la información del sistema al usuario. Siguiendo los mecanismos actuales de LTE, la capa física debería de proporcionar dicha información. Sin embargo, es posible que sea necesaria la modificación de la información del sistema, debido a que muchas de las subtramas no estarán disponibles debido al servicio de MBSFN.

En casos de uso en los que no existe el tráfico unicast o sea muy limitado, sería beneficioso que se soportara la transmisión de múltiples SIB en una misma subtrama. Esto requerirá de cambios en la especificación actual, como la introducción de diferentes RNTI para diferentes SIB. Por ejemplo, SIB1 podría utilizar un valor de RNTI fijado en la especificación y, el resto de RNTI para los demás SIB, podrían ser indicados en el SIB1.

A continuación se resumen las cuatro propuestas de Qualcomm:

1. Se transmitirán subtramas no MBSFN que contengan PSS, SSS, PBCH y SIB con baja periodicidad (por ejemplo, 40 u 80 ms) en las portadoras con el número de subtramas MBSFN extendido.
2. Se deberá introducir un mecanismo para prevenir que los usuarios legacy encuentren las celdas eMBMS, como por ejemplo, intercambiar la posición entre PSS y SSS.
3. Para cumplir el objetivo b), aumentar el número de subtramas MBSFN, RAN1 debería de definir un mecanismo para obtener la información del sistema con un número reducido de subtramas MBSFN.
4. Se deberá permitir la posibilidad transmitir múltiples SIB en la misma subtramas (por ejemplo, mediante el uso de múltiple SI-RNTI).

3.- Subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS

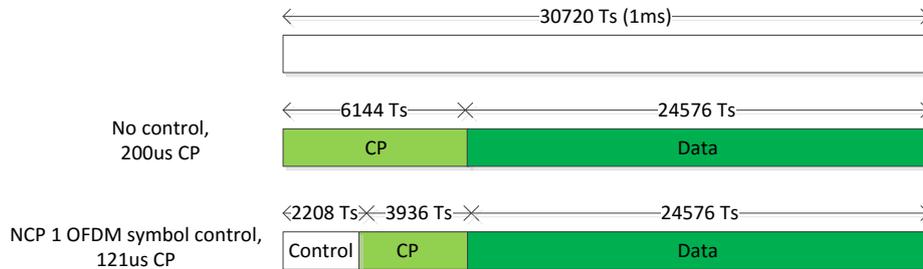
Al igual que en la definición de MBSFN, se puede incluir una señalización adicional para indicar la presencia o la ausencia de la región de control en una subtrama. Los tipos de subtramas podrían ser clasificados en tres grupos:

- Subtrama normal, con región de control.
- Subtrama MBSFN, con región de control
- Subtrama MBSFN, sin región de control

Por ello, únicamente se necesitan 1.5 bits para indicar a qué tipo de subtrama pertenece cada una. Si se incrementara el tamaño de MBSFN a 79 bits (periodicidad de 80ms con 1 ms de descubrimiento), se reduciría el payload de SIB en 40 bits.

En las especificaciones actuales de LTE, la numeración de MBSFN es definida sin tener en cuenta la presencia, o no, de la región de control. Si la región de control y las numeraciones MBSFN fueran diferentes, existiría una fracción de forma de onda transmitida sin definir por la especificación. Esto no es eficiente si se van a generar nuevas configuraciones con longitudes de CP mayores.

En el caso de una región de control con un único símbolo OFDM, por ejemplo, la numeración básica de 200 μ s sin región de control puede ser sustituida por una de 200 μ s donde se añade una región de control, a costa de acortar el CP. Las nuevas especificaciones deberían soportar este tipo de configuraciones para las nuevas longitudes de CP si fuera necesaria una región de control heredada.



27. Imagen: diferentes CP y numeraciones con y sin región de control

Es destacable que el uso de la región de control en subtramas con CP mayores este limitada. Por ello, RAN1 debería priorizar la definición de CP de mayor duración para los casos sin región de control.

En resumen, estas son las propuestas presentadas en este apartado [44]:

1. La presencia de la región de control se codifica de manera conjunta con la configuración MBSFN.
2. RAN1 deberá priorizar la definción de nuevas numeraciones con CP mayores para aquellos casos sin región de control. Si se requiriera una región de control, podría ser introducida a costa de acortar el CP.

4.- Otros

La aportación de Qualcomm en este apartado libre es un documento que estudia la recepción simultánea de broadcast y unicast [46], en portadoras independientes de MBSFN. Dicho documento está dividido en tres apartados: funcionamiento general, funcionamiento en modo conectado y funcionamiento en modo idle.

En el **funcinamiento general**, se puede dar un caso en el que un usuario esté interesado en acceder a un contenido broadcast mediante una portadora MBSFN mientras que, al mismo tiempo, quiera mantener una conexión unicast activa (por ejemplo, un usuario de smartphone). Para ello será necesario que se active un mecanismo para permitir mantener ambas recepciones al mismo tiempo.

Otro caso de uso sería en el que un usuario esté interesado en acceder a un contenido MBSFN, pero pierda la cobertura en un momento particular. En ese caso, el usuario podría pedir el contenido via unicast mediante una celda no MBSFN. Una vez dicha conexión sea establecida, seguirá siendo beneficioso que el usuario siga buscando celdas MBSFN para que, cuando sea posible, se conecte a una conexión broadcast. La única manera de llevar a cabo esta acción es la activación de un

mecanismo TDM entre las recepciones de unicast y broadcast. A continuación se presentan se presentan las técnicas necesarias para habilitar este mecanismo.

Cuando un usuario está en **modo conectado** con una celda unicast, puede ser que necesite interrumpir la conexión para recibir una transmisión broadcast en otra frecuencia (si se detecta una frecuencia broadcast) o realizar una búsqueda de celda en la frecuencia deseada (si la celda broadcast no ha sido detectada). Para realizar estas acciones, es necesario que haya algún tipo de entendimiento entre el usuario y el nodo eNB acerca de las subtramas que el usuario va a saltarse para llevar a cabo la búsqueda/recepción de broadcast. Es destacable que los nodos eNB unicast y broadcast pueden no ser los mismos.

Para lograr este objetivo podría habilitarse un mecanismo IDC (In-Device Coexistence) o similar para la recepción MBMS. Con ello, el nodo eNB y el usuario podrían negociar y acordar las subtramas liberadas de la celda unicast para recibir MBMS.

Por otro lado, aunque un usuario está en **modo idle** pero recibiendo broadcast desde una celda diferente, todavía necesita monitorizar el paging en la celda unicast y llevar a cabo la reelección de celda si fuera necesario. Para ello, el usuario deberá desconectarse de la celda broadcast y decodificar el PDCCH y/o llevar a cabo medidas sobre la celda unicast.

En el caso en el que las celdas broadcast y unicast pertenezcan al mismo PLMN, la red también podrá realizar el paging del usuario sobre la celda broadcast. Esta acción, sin embargo, requerirá de señalización adicional e implicaría que el usuario pudiera recibir el paging sobre la celda primaria mientras que llevaría a cabo el acceso aleatorio sobre la celda secundaria. En consecuencia, es preferible la solución de realizar el paging sobre la celda unicast, ya que desconectarse brevemente de ella para monitorizar el paging únicamente hará perder unas pocas subtramas broadcast. Estas pérdidas podrán ser mitigadas por la codificación de las capas superiores.

4.3.2.6 ZTE

ZTE es el único miembro de 3GPP presente en esta reunión que no presentó ninguna propuesta en la reunión anterior, la 84b de RAN1. A continuación se presenta la propuesta presentadas en esta reunión [47] [48].

2.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

Actualmente la asignación de subtramas MBSFN está limitada a las subtramas 1, 2, 3, 6, 7 y 8 (FS1), ya que las subtramas 0, 4, 5, y 9 están reservadas para el envío de PSS, SSS, PBCH, SIB y el paging. Esto, que reduce la velocidad binaria máxima, podría ser modificado permitiendo que las subtramas 0, 4, 5 y 9 fueran configuradas como MBSFN. Para resolver el problema del envío de las señales mencionadas, se propone especificar unas "subtramas unicast" transmitidas con una periodicidad alta (mayor que 10 ms). De esta forma, entre dos "subtramas unicast" casi todas las subtramas podrán ser configuradas como MBSFN.

Además de cambiar las funciones de las subtramas y señales mencionadas, las subtramas unicast podrían transportar también canales de control, CRS y señales de descubrimiento, si las subtramas MBSFN no tuvieran región de control. Asimismo, estas subtramas unicast podrían ser utilizadas para la adquisición de la información del sistema necesaria de las portadoras MBSFN.

Con el objetivo de controlar el overhead causado por el control del tráfico unicast en los servicios de MBMS, las subtramas unicast contienen al menos una subtrama y puede ser transmitida con una periodicidad mayor. Como se ha comentado anteriormente, las subtramas unicast transportan múltiples señales y canales que tienen funciones especiales. Por ello, para satisfacer los requerimientos de medidas, sincronización y recepción robusta, las subtramas unicast pueden incluir una o más subtramas en una periodicidad, que puede ser configurable. Estas subtramas pueden contener la configuración de DRS o DMTC.

Finalmente, cabe destacar que estas nuevas subtramas unicast utilizarán el mismo espaciado entre subportadoras que las subtramas no MBSFN existentes en las especificaciones actuales.

Resumiendo, estas son las dos propuestas presentadas por ZTE en este apartado:

1. Las subtramas unicast pueden ser especificadas para el envío de PSS, SSS, CRS, señales de descubrimiento, PBCH, SIB o paging con una mayor periodicidad (por ejemplo, más de 10 ms). Entre dos transmisiones de las subtramas unicast, casi todas las subtramas podrán ser configuradas como MBSFN.
2. La duración y la periodicidad de las subtramas unicast puede ser configurada. El valor de las mismas deberá de ser estudiado más en profundidad.

4.3.2.7 Discusión y acuerdos

Al igual que sucedió en la anterior reunión de RAN1, en esta también se han producido ciertos acuerdos entre los participantes respecto a los temas estudiados. Una vez fueron presentadas todas las propuestas se discutieron entre las diferentes partes y se trató de redactar un acuerdo de mínimos. Finalmente, se llegó a un acuerdo que, sin embargo, no fue respaldado por todos los miembros.

En este acuerdo se incluyen los siguientes puntos:

- Si una portadora tiene una asignación del 100% de las subtramas a MBSFN, únicamente se soportará un CP mayor o igual que 100 μ s.
 - Se entiende que aunque la asignación sea del 100% a MBSFN, se permiten ciertas funcionalidades no MBSFN como la búsqueda de celda.
 - La asignación del 100% de las subtramas a MBSFN incide en el objetivo b) de Work Item.
 - Este tipo de portadoras no tienen región de control unicast. Es necesario estudiar más en profundidad dónde se indicará la notificación de cambio de MCCH.

- En las portadoras con un 100% de subtramas MBSFN, se soportarán los CP heredados.
- Estudiar más en profundidad si las numeraciones de los valores de CP mayores pueden ser soportadas en portadoras con una asignación de subtramas MBSFN menor al 100%.
- Las portadoras que soporten tráfico mixto unicast y MBMS, al menos 2 subtramas que estén separadas por 5 ms serán subtramas no MBSFN.
- Las ampliaciones de eMBMS en LTE no requieren realizar ningún cambio sobre las señales y canales utilizadas para dichos servicios, a excepción de PMCH y MBSFN-RS. Será necesario estudiar más en profundidad si será necesario utilizar más RE y extender/modificar el TTI para mejorar la cobertura del PBCH.

Como se ha mencionado, no todos los miembros participantes respaldan este acuerdo. A continuación se resumen la posición respecto a este acuerdo:

- Respaldo por: Ericsson, Nokia, Alcatel, Qualcomm, Fraunhofer IIS, BBC, EBU, ASB, Dixh y AT&T
- No respaldado por: Huawei, HiSilicon, ZTE y Orange
- No se pronuncia ni a favor ni en contra: Intel

4.4. RAN2

En el apartado anterior se han analizado las reuniones de interés del subgrupo de RAN, RAN1. En este apartado se procederá a realizar un análisis similar, pero correspondiente al subgrupo RAN2. A diferencia de RAN1, cuya responsabilidad es la capa radio 1, los campos en los que interviene RAN2 son las capas radio 2 y 3.

En este caso, es únicamente se analizará una reunión de RAN2, la 94. El Work Item RP-160675 [4] para las ampliaciones de eMBMS en LTE fue aprobado en marzo de 2016. Entre dicha fecha y la finalización de este proyecto (agosto de 2016) se produjeron dos reuniones en el seno de RAN2. En la primera de ellos, la 93b, no se trató el Work Item mencionado. Es por eso que la única reunión de la que se podrán obtener las opiniones de cada miembros de 3GPP respecto a este Work Item en las capas radio 2 y 3, es la reunión 94b.

Reunión	Lugar	Fecha de inicio	Fecha de fin
RAN2 - 93	Malta	2016-02-15	2016-02-19
RAN2 - 93b	Dubrovnik	2016-04-11	22016-04-15
RAN2 - 94	Nanjing	2016-05-03	2016-05-04
RAN2 - 95	Gothenburg	2016-08-22	2016-08-26
RAN2 - 95B	Kaoshiung	2016-10-10	2016-10-14
RAN2 - 96	Reno	2016-11-14	2016-11-18

31. Tabla: reuniones RAN2

Siguiendo el mismo esquema que en el apartado anterior, el análisis de las propuestas presentadas en la reunión 94b de RAN2 será dividido, por un lado, por lo miembros o grupos de miembros de 3GPP que los presenten y, por otro lado, por los temas estudiados.

Son cinco los miembros o grupos de 3GPP que presentan propuestas en esta reunión:

- Ericsson
- Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell
- Huawei y HiSilicon
- Qualcomm
- LG

Por otro lado, los temas en los que se dividen dichas propuestas son estos:

- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama.
- Creación de portadoras independientes para eMBMS.
- Modo multicarrier de MBMS.
- Recepción de MBMS sin autenticación del usuario.
- Otros.

4.4.1. Ericsson

1.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

Las propuestas presentadas por parte de Ericsson en este apartado están divididas en cuatro apartados: portadoras eMBMS como SCell, información del sistema en Scell, diseño de subtramas MBSFN y soporte del tráfico unicast en portadoras independientes de eMBMS [49].

El trabajo de las ampliaciones de eMBMS comenzó en la reunión 84 b de RAN1, en la que se hicieron las siguientes aclaraciones con respecto a los objetivos b) y c): "los objetivos b) y c) suponen que los usuarios heredados no podrán ser servidos en estas portadoras".

El objetivo a) implica la definición de una nueva numeración para las subtramas MBSFN. En consecuencia, la posibilidad de que los usuarios legacy sean servidos en estas portadoras está limitado a las subtramas heredadas de MBSFN. Es más, la asignación extendida de subtramas MBSFN está pensada principalmente para portadoras eMBMS independientes, que serán típicamente establecidas en nuevos emplazamientos y/o frecuencias. Los usuarios legacy no serán capaces de utilizar dichas portadoras por varias razones. Por ello, se propone que RAN2 confirme la conclusión obtenida en RAN1, en la que se indicaba que los usuarios heredados no podrán ser servidos mediante las **portadoras eMBMS configuradas como SCell**.

La razón por la que las subtramas 0, 4, 5 y 9 en FS1 y 0, 1, 5 y 6 en FS2 no pueden ser configuradas para la transmisión de MBSFN es que estas portadoras portan PSS, SSS, PBCH y el paging. Como las asignaciones a MBMS son full-bandwidth o, en otros términos, todos los PRB están ocupados, las señales y canales mencionados no pueden ser multiplexados en frecuencia con el PBCH.

En la Release 12 se definió un señal de descubrimiento de referencia (DRS) para celdas pequeñas, para apagar el CRS de las celdas que no estuvieran sirviendo a ningún usuario y así reducir las interferencias. En el presente caso, la necesidad es apagar la transmisión de PSS y SSS de tal manera que dichas subtramas puedan ser reusadas como MBSFN. En la Release 13 el DRS fue ampliado para LAA, así que los usuarios tienen que monitorizar el PDCCH desde las subtramas DRS. Si bien es cierto que los detalles quedan en manos de RAN1, en este documento se propone asumir en RAN2 que existe DRS al menos con PSS, SSS y CRS para la portadora eMBMS independiente. La periodicidad del DRS en las Releases 12 y 13 es 40, 80 o 160 ms, valores que pueden ser tomados como referencia.

Como se indica en el objetivo b) del Work Item, la portadora eMBMS podrá puede ser configurada como SCell, lo que implica que los usuarios acampen en dichas celdas. Además se indica que los servicios eMBMS únicamente podrán ser ofrecidos a usuarios que estén en modo conectado. El hecho de que las celdas eMBMS sólo puedan ser celdas secundarias SCell implica que la red SFN esté alineada con la celda primaria PCell, por lo que PBCH y MIB no serán necesarios en la celda SCell.

Por otro lado, la conectividad dual podría ser un escenario a considerar, donde las celdas PCell y SCell del eNB podrían utilizar las nuevas subtramas MBMS. La mayor diferencia es que, en este escenario, el usuario necesita MIB de la PCell y esta deberá ser entregada al mismo de alguna manera.

El segundo aspecto a analizar es la **información del sistema en celdas SCell**. En el modo Carrier Aggregation heredado, la celda primaria PCell envía la información del sistema a los usuarios mediante mensaje dedicados RRC. Si el usuario estuviera recibiendo los servicios MBMS desde otra portadora, leería los SIB radiodifundidos desde la celda PCell. En eMBMS podría asumirse que toda la información del sistema fuera enviada por la celda PCell. Sin embargo, el Work Item definido menciona la necesidad de estudiar el uso de portadoras independientes para eMBMS que proporcionen la información del sistema a través de DRS. La propuesta de Ericsson es enviar la información del sistema, de las portadoras eMBMS configuradas como SCell, con señalización dedicada RRC en la celda primaria PCell.

Por otro lado, en el Work Item RP-160675 [4], se pide estudiar más en profundidad qué información del sistema ha de ser requerida en las portadoras que tengan una asignación extendida de subtramas MBSFN. Los SIB a tener en cuenta como candidatos son los SIB1, SIB2, SIB13, SIB15 y SIB16. SIB15 indica en qué frecuencia se están transmitiendo los servicios eMBMS. SIB 16 contiene la información temporal. Sin embargo, ninguno de estos SIB incluye ninguna información específica de la celda SCell, por lo que no existe la necesidad de enviarlos de forma separada. La información necesaria sobre la SCell podrá ser obtenida del SIB1. En cuanto a SIB2 y SIB13, serán necesarios en cada portadora eMBMS configurada como SCell y, en consecuencia, tendrán que ser actualizados correspondientemente. Las actualizaciones pertinentes variarán en función del diseño de las subtramas MBSFN.

El tercer tema de este apartado es el correspondiente al **diseño de las subtramas MBSFN**. Las subtramas MBSFN previas a la Release 14 incluían 1 o 2 símbolos OFDM para la región de control unicast (PCFICH, PHICH, PDCCH y CRS). En las portadoras independientes de MBMS no existe ninguna necesidad de tener esa región de control unicast. Si la transmisión unicast fuera necesaria, se podría utilizar la portadora primaria para transmitir dicha región de control. Actualmente en las subtramas MBSFN, las notificaciones de cambio de MCCH son transmitidas en el PDCCH. Si se removiera la región de control, dichas notificaciones podrían ser transmitidas en las subtramas DRS. Además, teniendo en cuenta que el CRS es transmitido en el DRS ocasional, se propone omitir la región de control unicast en las subtramas MBSFN, para poder transmitir MBSFN en todas las subtramas.

Finalmente, en cuanto al **soporte del tráfico unicast en portadoras independientes de eMBMS**, en el Work Item RP-160675 [4] se indica lo siguiente: "las portadoras que soporten el objetivo b) deberán de soportar también el tráfico unicast" y "estudiar más en profundidad si las portadoras que soporten el objetivo c) podrán soportar el tráfico unicast". Es necesario tener en cuenta que, aunque todas las subtramas sean configuradas como MBSFN y la región de control unicast se ha removida, se podrá soportar el tráfico unicast en las portadoras independientes eMBMS mediante el cross-carrier scheduling, es decir, mediante la utilización de la celda primaria PCell.

Son 6 la propuestas realizadas en este apartado a RAN2:

1. Las portadoras eMBMS deberá ser configurada como SCell sólo para los usuarios de la Release 14.
2. RAN2 asumirá el uso del DRS como al menos PSS, SSS y CRS para la portadora de eMBMS en SCell.
3. En escenarios con Carrier Aggregation, no será necesario soportar el PBCH en las portadoras eMBMS configuradas como SCell. En las portadoras downlink, será necesario transmitir el MIB de alguna forma.
4. Desde el punto de vista de RAN2 las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) podrán ser utilizadas como MBSFN en las portadoras eMBMS.
5. Se asumirá que toda la información del sistema podrá ser entregada mediante señalización dedicada RRC para las portadoras eMBMS configuradas como SCell.
6. Se omitirá la región de control unicast de todas las subtramas MBSFN para soportar transmisiones MBSFN en todos los símbolos de las mismas.

2.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

La necesidad de las portadoras independientes de eMBMS viene definida por SA1, que indica que "los sistemas 3GPP deberían permitir al MNO implementar una red que soporte servicios de broadcast de TV sólo en downlink. Estas portadoras independientes de eMBMS deberían ser configuradas para usuarios que estén tanto en modo conectado, como en modo idle, ya que en muchas ocasiones los usuarios de los servicios MBMS se encuentran en modo idle.

Una de las conclusiones obtenidas en la reunión RAN1 84b, es que los usuarios legacy no podrán ser servidos mediante portadoras con las nuevas subtramas MBSFN. Esta misma argumentación puede

utilizarse en el caso de las portadoras independientes de eMBMS. La definición de nuevas numeraciones implica que los usuarios legacy sólo puedan ser servidos en las subtramas MVSN heredadas, sin poder utilizar las nuevas subtramas independientes de MBSFN.

La solución para las portadoras independiente de eMBMS debería reutilizar la mayor parte de las características del caso de eMBMS en SCell. Se ha propuesto tanto en RAN1 como en RAN2 que las portadoras configuradas como SCell utilicen el DRS para reducir la transmisión frecuente de PSS y SSS en las portadoras eMBMS. Además, las portadoras independientes deberían incluir la información del sistema propia. Como se propuso por parte de Ericsson en RAN1, la información del sistema requerida debería de ser entregada a los usuarios mediante el DRS. En consecuencia, en RAN2 se propone asumir el DRS de la Release 13 con PSS, SSS, CRS y PDCCH.

Una de las razones por las que actualmente las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) no pueden ser utilizadas para transmisiones MBMS es el paging. Actualmente, un usuario no necesita acampar en la misma portadora en la que va a recibir los servicios MBMS. Por ello, se propone que las portadoras independientes de eMBMS no permitan que los usuarios acampen en ellas. De esa forma, el paging no será necesario y las subtramas mencionadas podrán ser utilizadas para MBSFN.

En las portadoras independientes de eMBMS la información del sistema ha de ser radiodifundida en la misma portadora. Esto podría ser solucionado mediante el uso de las subtramas DRS. Por otro lado, para radiodifundir el MIB será necesario el PBCH, que estará en el DRS. En cuanto a los SIB, RAN2 debería estudiar cómo compaginar su transmisión (1 ms cada 40/80(160 ms) con la de DRS.

En resumen, las propuestas presentadas [50]:

1. Indicar en el TR de este Work Item que los usuarios legacy no son soportados en las portadoras independientes de eMBMS.
2. RAN2 asumirá el uso del DRS como al menos PSS, SSS, CRS y PDCCH para la portadora independiente de eMBMS.
3. RAN2 asumirá que la información del sistema deberá ser transmitida durante DRS para la portadora independiente de eMBMS.
4. Desde el punto de vista de RAN2 las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) podrán ser utilizadas como MBSFN en las portadoras independientes de eMBMS.
5. Las portadoras independientes de eMBMS deberán radiodifundir el MIB.
6. RAN2 consulta a RAN1 si se podrá introducir el PBCH en el DRS para las portadoras independientes de eMBMS.
7. RAN2 estudiará la necesidad de la información del sistema y cómo será entregada en el DRS de las portadoras independientes de eMBMS.
8. Se omitirá la región de control unicast de las subtramas MBSFN en las portadoras independientes de eMBMS.

4.4.2. Nokia y Alcatel

1.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

Como se ha mencionado en anteriores ocasiones, las siguientes subtramas no están disponibles para la transmisión de MBSFN.

- Subtrama 0: recepción del bloque de información MIB, las señales de sincronización PSS y SSS y el paging.
- Subtrama 5: repetición de SIB1/SIB2, PSS, SSS y paging.
- Subtramas 4 y 9: paging.

En la especificación TS 36.304 de 3GPP se especifica que los usuarios FDD que estén calculando el paging necesitan realizar la monitorización siguiendo las siguiente indicaciones:

Ns	PO donde $i_s=0$	PO donde $i_s=1$	PO donde $i_s=2$	PO donde $i_s=3$
1	9	N/A	N/A	N/A
2	4	9	N/A	N/A
4	0	4	5	9

32. Tabla: asignación de subtramas al paging

Los valores especificados en dicha tabla se calculan de las siguiente forma:

- $i_s = \text{floor}(\text{UE_ID}/N) \bmod (N_s)$
- $N: \min(T, nB)$
- $N_s: \max(1, nB/T)$
- $nB: 4T, 2T, T, T/2, T/4, T/8, T/16, T/32.$

El parámetro nB puede ser configurado por la red e indicado en el SIB2. Cabe mencionar que configurando $nB \leq T$ es posible limitar la aparición de PO a la subtrama 9. Sin embargo, esto influye negativamente en la capacidad del canal de paging, que podría ser aliviada por la red cambiando a los usuarios capaces de recibir MBMS en SCell a otras portadoras donde puedan seguir recibiendo las transmisiones MBSFN. Por lo tanto, será posible liberar la subtrama 4 y así poder transmitir MBSFN sobre ella.

Los mecanismo paging actuales requieren que al menos los recursos de la subtramas 9 sean reservados, por lo que si se quisiera utilizar esta subtrama para la transmisión de MBSFN y el paging tuviera que ser soportado, sería necesario desarrollar otro mecanismo. Sin embargo, antes de desarrollar ningún nuevo mecanismo deben de definirse los escenarios en los que será utilizado esta nueva funcionalidad. En la reunión RAN1 84b se indicó que los usuarios legacy no podrán utilizar las portadoras que sean configuradas con más de 6 subtramas MBSFN y que dichas portadoras serían configuradas como SCell. Esto implica, por un lado, que no habrá usuarios acampando en dichas celdas para servicios unicast y que las celdas eMBMS siempre operarán en presencia de otras celdas, que actuarán como PCell. En este punto se genera la duda de si existe la necesidad de entregar la

información del sistema y el paging en portadoras con asignación extendida de eMBMS. Existen dos posibilidades para la entrega de la información requerida:

- El paging y la información del sistema se entregan en la portadora adyacente, lo que implica que los usuarios que reciban las transmisiones MBSFN sean capaces de recibir de ambas portadoras de manera simultánea.
- El paging y la información del sistema limitada (la requerida para recibir eMBMS) son transmitidas por la portadora eMBMS, lo que implicaría utilizar la subtrama 9 para el paging y las subtramas 0 y 5 para la información del sistema o el desarrollo de un nuevo mecanismo.

En opinión de Nokia y Alcatel [51], la primera opción sería la más adecuada, debido a su simplicidad en comparación con la segunda opción. Así el diseño de capa física sería mucho más simple, aunque se impactarían negativamente la movilidad y la continuidad de los servicios.

En resumen, estas son las dos propuestas presentadas en este apartado:

1. En las portadoras con asignación extendida a las transmisiones de MBSFN, la información del sistema y el paging serán entregadas al usuario a través de otra portadora.
2. Los procedimientos actuales de movilidad y continuidad de los servicios MBMS deberán de ser modificados para prevenir que los usuarios acampen en dichas portadoras.

2.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

Las propuestas presentadas por Nokia y Alcatel en referencia a este apartado estudian dos temas: el soporte de uplink y la información del sistema en las portadoras independientes de eMBMS [52].

Considerando que todos los recursos de las portadoras independientes de eMBMS se asignan a las transmisiones MBSFN, no existe **tráfico unicast downlink** en ellas. En consecuencia, es cuestionable si será necesario el tráfico unicast uplink en este tipo de portadoras. Como se ha mencionado anteriormente, la supresión del tráfico uplink facilitaría la asignación de recursos a las transmisiones de MBSFN. Por ello, se propone que las portadoras eMBMS independientes soporten únicamente tráfico downlink.

Si se decidieran no soportar el tráfico uplink, sería necesario aclarar algunos puntos, como por ejemplo, si será necesario soportar el paging o no. Anteriormente se ha propuesto que la información del sistema y el paging sean entregados al usuario a través de una portadora adyacente, por simplicidad. Sin embargo, la definición de portadora independiente implica que la información del sistema y el paging sean gestionados por la misma portadora, lo que además permitiría a los usuarios con un sólo receptor utilizar estas portadoras. Aún así, los usuarios con recepción doble podrían recibir dicha información de las portadoras adyacentes. Por otro lado, ha de tenerse en cuenta la existencia de receptores sólo de broadcast, como los sistemas de televisión instalados en los hogares. En estos casos se podría estudiar la posibilidad de entregar la información de las capas superiores mediante vías alternativas (como la conexión a internet del hogar), lo que eliminaría la necesidad del paging.

Si el paging fuera definido como necesario, el aumento de la complejidad sería realizar el acceso aleatorio a los servicios de eMBMS a través de otra portadora, siempre y cuando las portadoras eMBMS sean sólo downlink. En estos casos el mensaje de paging debería contener alguna indicación sobre en qué portadora debería el usuario realizar el acceso aleatorio.

En lo que a la **información del sistema** en portadora independiente de eMBMS se refiere, se pueden identificar dos aspectos a estudiar: por un lado, cuál será la información entregada y su estructuración y, por otro lado, cómo será dicha información entregada a los usuarios. En opinión de Nokia y Alcatel, la responsabilidad del primer aspecto recae sobre RAN2, mientras que el segundo recaerá sobre RAN1.

Las propuestas en este apartado son 4:

1. Las portadoras independientes de eMBMS serán sólo downlink.
2. RAN2 deberá estudiar cuál será la capacidad de los usuarios (por ejemplo, recepción única o dual) antes de decidir si se soportará el paging o no.
3. RAN2 deberá estudiar las modificaciones requeridas en los mecanismos de estas portadoras si se aprobara la propuesta 1.
4. RAN2 deberá identificar qué información del sistema es requerida para las portadoras independientes de eMBMS si se aprobara la propuesta 1. Después, RAN2 debería decidir cuál será la estructura de los SIB a utilizar.

3.- Modo multicarrier de MBMS

En el **objetivo e)** del Work Item RP-160675 [4] se indica la necesidad de dar "soporte para portadoras multicarrier con servicios unicast/eMBMS, incluyendo la posibilidad de recibir simultáneamente desde una o más celdas eMBMS que no estén situadas una junto a la otra y sean asíncronas respecto a una o más celdas unicast". Se han identificado dos casos de uso principales para este escenario:

- Escenario 1: eMBMS no es desplegado en todos los sites del operador, porque se puede ofrecer una cobertura suficiente con un número limitado de sites. Esto puede ser alcanzado especialmente mediante el uso de duraciones de CP altas.
- Escenario 2: eMBMS es entregado mediante otra a la que el usuario no está suscrito. En este escenario se pueden dar tanto el caso en el que el usuario tenga que ser autenticado, como el que no tenga que serlo. Este escenario será denominado "recepción Multi-PLMN unicast/eMBMS".

El **escenario 1** es actualmente posible gracias al concepto de MBSFN Area Reservell Cell, que permite que dichas celdas transmitan datos unicast en las subtramas dedicadas a la transmisión MBSFN, pero con una potencia limitada. De esta forma el operador puede obtener algunos recursos adicionales para la transmisión unicast hacia los usuarios que se encuentren en condiciones radio ventajosas. Sin embargo, en el objetivo e) antes descrito no se mencionan las transmisiones unicast en portadoras

MBMS, por lo que se asume que el 100% de los recursos estarán dedicados a la transmisión de MBSFN.

En este escenario el usuario todavía tendría la posibilidad de realizar transmisiones unicast en otra portadora, por lo que no debería de acampar en la portadora eMBMS. Si bien es cierto que esto podría tener algún impacto en los procedimientos de movilidad del usuario, no se cree que exista ningún impacto adicional sobre RAN2.

En cuanto al **escenario 2** de "recepción Multi-PLMN unicast/eMBMS", el usuario es suscriptor de un PLMN que ofrece servicios unicast y, potencialmente, algunos de MBMS. Sin embargo, existen otros servicios MBMS en dicha área geográfica que son ofrecidos por otro operador, que tiene su propia infraestructura. El usuario debería de ser capaz de recibir estos servicios de broadcast mientras que estuviera acampando a una celda perteneciente a su PLMN.

Lo interesante desde el punto de vista de RAN2 es cómo se le hará saber al usuario la existencia de otro PLMN de interés en dicha área. En primer lugar, el usuario será configurado mediante datos USD por la capa de aplicación, donde parte del USD es el TMGI (Temporary Mobile Group Identity). El TMGI está formado por el identificador del PLMN y el identificador del servicio, lo que es suficiente para que el usuario sepa en qué PLMN debería buscar un servicio específico. Sin embargo, este procedimiento se definió únicamente cuando el usuario está recibiendo MBMS desde el mismo PLMN que recibe el tráfico unicast. En consecuencia, SIB15 solamente incluye una lista de SAI de MBMS del PLMN al que está suscrito. Por ello, en opinión de Nokia y Alcatel, esto debería de ser modificado para que en dicha lista se incluyan los SAI de MBMS de otros PLMN.

Esa información podría ser entregada al eNB desde el núcleo de red o de manera semi estática, aunque se cree que la configuración semi estática sería suficiente. En este punto, SA2 y RAN3 podrían decidir desarrollar una solución más dinámica si lo consideraran oportuno.

Una vez que el usuario identifique las portadoras de interés de otros PLMN, tratará de adquirir el SIB13 para poder leer el MCCH. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta información podría ser entregada mediante dicha portadora u otra adyacente. Sin embargo, en el caso de "recepción Multi-PLMN unicast/eMBMS" se propone que sea la misma portadora la que lo entregue, con el fin de simplificar el procedimiento.

Las propuestas presentadas por Nokia y Alcatel en este apartado son las siguientes [53]:

1. SIB15 debería de ser extendido para que contuviera información de los SAI de MBMS de otros PLMN de la misma área geográfica.
2. La información de los SAI de MBMS de otros PLMN puede ser configurada de manera semi estadística. Una solución alternativa y más dinámica podría ser desarrollada por SA2 y RAN3.
3. La información del sistema requerida para recibir servicios MBMS en "recepción Multi-PLMN unicast/eMBMS" debería de ser transmitida en la misma portadora que realizar la transmisión MBSFN y no en una adyacente.

4.- Recepción de MBMS sin autenticación del usuario

Al igual que en el apartado anterior, el análisis de este apartado se realiza en función de los dos escenarios identificados [54].

En el **escenario 1**, más probable para usuarios que únicamente soporten la recepción de los servicios eMBMS, será necesaria la recepción sin autenticación. Esto significa que los usuarios deberían estar, de alguna forma, preconfigurados con la información necesaria para recibir el servicio de interés.

En el **escenario 2**, el usuario es capaz de recibir tanto unicast como broadcast, por lo que es posible entregarle los servicios MBMS sobre la red a la que está suscrito. Sin embargo, esto debería de ser realizado sin autenticación alguna. En el mecanismo de autenticación actual dicha autenticación es transparente para el eNB.

En vista de los comentarios presentados, Nokia y Alcatel proponen lo siguiente:

1. El objetivo f) no tiene ningún impacto claro sobre las especificaciones de RAN2. Las soluciones para este objetivo podrían ser desarrolladas por las capas superiores.

4.4.3 Huawei y HiSilicon

1.- Aumento del número de subtramas MBSFN por trama

El análisis del aumento del número de subtramas MBSFN por trama comienza con el análisis de las subtramas asignadas al paging, al igual que en la propuesta de Nokia y Alcatel, con la presentación de la siguiente tabla [55].

Ns	PO donde $i_s=0$	PO donde $i_s=1$	PO donde $i_s=2$	PO donde $i_s=3$
1	9	N/A	N/A	N/A
2	4	9	N/A	N/A
4	0	4	5	9

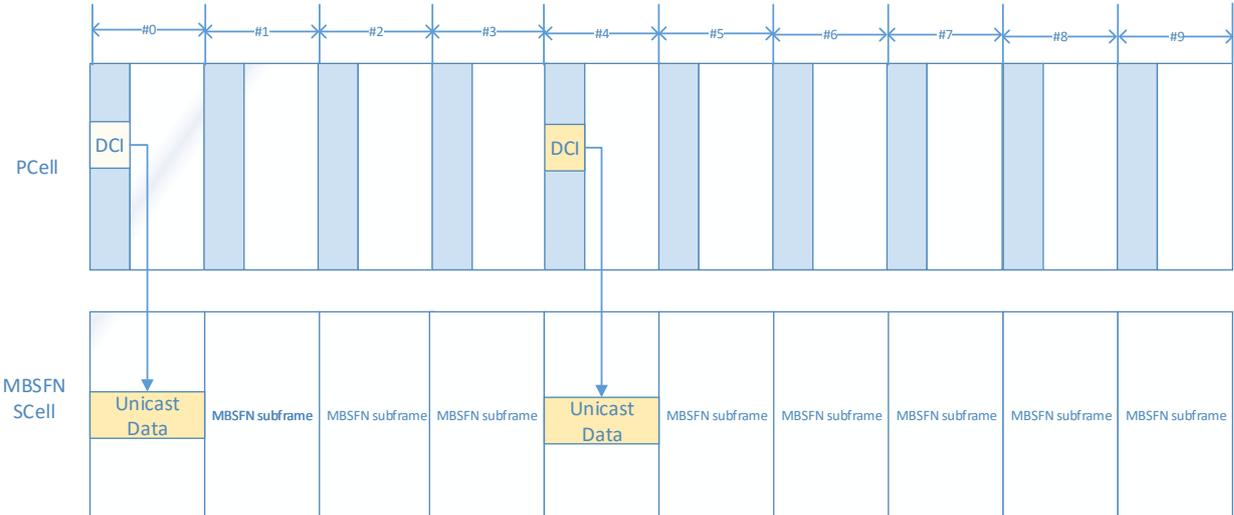
33. Tabla: asignación de subtramas al paging

Para un número concreto de subtramas (Ns), pueden determinarse las subtramas asignadas al paging. Aunque es cierto que todas las celdas en un área MBSFN podrían limitar el número de subtramas (Ns) a 2, lo que ocuparía las subtramas 4 y 9. Sin embargo, esto no significaría que las subtramas 1 y 5 pudieran ser utilizadas para MBSFN, ya que el MIB se transmite en la subtrama 0 y el SIB1 en la subtrama 5. Por el contrario, si todas las celdas establecieran el valor de Ns a 1, la subtrama 4 sí podría ser utilizada para la transmisión de MBSFN.

La arquitectura actual de Carrier Aggregation no especifica que el usuario tenga que recibir MIB, SIB y el paging a través de la celda SCell, por lo que esta limitación sería exclusiva de este Work Item. Si una celda no estuviera disponible para los usuarios en modo idle, y en consecuencia sólo pudiera ser configurada para usuarios en modo conectado como SCell, no existe la necesidad de transmitir MIB, SIB y el paging. Desde el punto de vista de RAN2, todas las subtramas podrían ser configuradas como MBSFN. La única dificultad se encuentra en la sincronización con la SCell, responsabilidad que recae sobre RAN1 y RAN4. Si el usuario no pudiera conectarse a la portadora sin dicha señal de sincronización, la subtrama que contiene la sincronización no podría ser configurada como MBSFN. En base a estas suposiciones, todos los usuarios que estén modo idle evitarán acampar en la SCell (así la SCell no necesitará mantener las funciones de MIB, SIB y paging). Por su parte, a los usuarios en modo conectado se podría indicar el SIB con mensajes dedicados, como por ejemplo el SIB13.

Otro de los problemas para el usuario es cómo leer el MCCH. En los procedimientos actuales de MBMS el usuario lee el SIB13, en el que se encuentra el MTCH, que es usado para transmitir los datos MBMS. En este procedimiento el usuario puede tener que esperar a la siguiente repetición de MCCH para poder leer el MCCH completamente. Si todos los receptores MBMS son usuarios en modo conectado, se podría transmitir este MCCH mediante mensajes dedicados, de tal forma que el usuario no tuviera que esperar un largo tiempo para recibir el MCCH. Cuando se modifica el MCCH, el mensaje MCCH actualizado también podría ser transmitidos a través de mensajes dedicados. Como resultado, no sería necesaria la notificación de modificación de MCCH indicada con el PDCCH.

En el Work Item de las ampliaciones de eMBMS en LTE también se indica que es necesario encontrar un método para configurar las subtramas MBSFN sin región de control ni CRS. Como se ha comentado, sin la necesidad de paging , MIB, SIB y notificación de modificación de MCCH en la celda SCell, por lo que el PDCCH no será necesario en dicha celda SCell. Sin embargo, que no existe PDCCH en la SCell no significa que no haya transmisión unicast. En el ejemplo que se muestra a continuación, el tráfico unicast podría ser configurado de manera cruzada con el PDDCH situado en la celda PCell.



28. Imagen: ejemplo de transmisión unicast mediante SCell MBSFN sin región de control unicast

En resumen estas son las 6 propuestas presentadas en este primer apartado por Huawei y HiSilicon:

1. Desde el punto de vista de RAN2, todas las subtramas de la SCell podrían ser configuradas como MBSFN a excepción de aquellas que incluyan las señales de sincronización.
2. Los SIB relacionados como MBSFN, como por ejemplo el SIB13, podrían ser entregados a los usuarios en modo conectado a través de mensajes dedicados en la celda primaria PCell.
3. El MCCH será transmitido a través de la celda primaria PCell mediante mensajes dedicados.
4. En las celdas secundarias SCell, no son necesarias las notificaciones de modificación del MCCH.
5. Deberán de soportarse las subtramas MBSFN sin PDCCH en las celdas configuradas como SCell.
6. Las subtramas MBSFN sin región de control unicast ni CRS únicamente existirán en las celdas SCell de MBSFN.

2.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

En las especificaciones de LTE actuales, la transmisión de MBMS está mezclada con los datos de unicast, por lo que MBMS depende de unicast. Por ejemplo, existe algunos pasos básicos antes de iniciar una sesión de transmisión MBMS. Uno de ellos es indicar la descripción de la sesión a todos los usuario para que estos puedan identificar el MCCH de interés. Sin embargo, actualmente la transmisión de dicha información se realiza a través de señalización dedicada desde la celdas unicast. Otro ejemplo es el conteo, cuyo objetivo es ayudar a mejorar la eficiencia MBSFN. En el procedimiento de conteo, se transmite un MBMSCountingRequest a través de una subtrama MBSFN downlink y la respuesta MBMSCountingResponse se envía a través de una subtrama unicast uplink. En base a los resultados de este conteo, la red RAN decidirá si continuar o detener la sesión MBMS en el modo MBSFN. Cabe destacar que se si implementaran portadoras independientes para eMBMS esta funcionalidad no estaría disponible.

En opinión de Huawei y HiSilicon [56], no queda claro por qué el despliegue de las portadoras independientes deben considerarse como celdas MBMS separadas. En su opinión, el actual sistema de celdas mixto funciona bien y, además, permite la existencia de portadoras independientes de eMBMS como celdas secundarias SCell. La implementación de estas portadoras independientes resultará en un aumento del coste para los operadores de redes celulares, en lo que a la utilización del espectro se refiere. Además, tampoco queda claro el modelo de negocio y el espectro que se le asignará a este tipo de despliegues.

Las transmisiones MBSFN tienen un beneficio obvio en escenarios donde haya muchas celdas, por lo que el siguiente aspecto a determinar es si se permitirá al usuario distinguir todas las celdas o no. Existen dos alternativas.

- Alternativa 1: el usuario no podrá distinguir celdas diferentes. En este escenario, la transmisión independiente de MBMS es similar a la del sistema DVB. Esta transmisión MBMS es completamente independiente, por lo que no se podrá optimizar la red MBMS con la asistencia de las celdas unicast. Esta no es una buena opción para el operador MBMS.ç

- Alternativa 2: el usuario podrá distinguir la celdas diferentes. Si esta alternativa es aplicada, las celdas MBMS actuales podrían ser modificadas para llevar a cabo el despliegue de celdas independientes de eMBMS. Además, la optimización futura será relativamente sencilla con la ayuda de otras celdas unicast. Esta modificación incluye lo siguiente:
 - Decrementar el número de subtramas asignadas al paging.
 - Únicamente se mantendrán los SIB relacionados con MBMS (SIB13, SIB15 y SIB16). Sin embargo, otra información como MIB y SIB1 será necesaria para ayudar al usuario a leer los SIB mencionados.
 - PDCCH sólo se mantendrá en ciertas subtramas que incluirán los SIB necesarios.

Como se sugiere en el Work Item RP-160675 [4], el usuario recibirá el servicio eMBMS tanto en estadios deportivos como en amplias áreas geográficas independientemente de a qué red esté suscrito. Usualmente las celdas de diferentes operadores son asíncronas. En resumen, el usuario tendrá que recibir datos en estos dos escenarios:

- Escenario 1: celda unicast de operador 1 + celda MBMS de operados 2.
- Escenario 2: celda MBMS de operador 1 + celda unicast de operados 2.

4.4.4 Qualcomm

5.- Otros

Hasta el momento SA2 ha identificado 4 aspectos importantes para los cuales se han de proponer soluciones en la Release 14. Estos aspectos son:

- Soportar el modo de servicio FTA (Free to Air) en 3GPP. Este modo incluye tanto el modo de sólo broadcast, como el modo mixto de broadcast y unicast. En el primer caso, los programas pueden ser recibidos por cualquier tipo de receptor, sin suscripción. En el segundo caso, los programas pueden ser recibidos por todos los suscriptores del MNO y de otros MNO.
- Servicio de sólo broadcast para usuarios sin suscripción a ningún MNO. Está relacionado con el primer aspecto, enfocado a los usuario sin suscripción.
- Soporte de funciones eMBMS compartidas, incluyendo los medios para permitir las funcionalidades eMBMS entre MNO y así poder entregar los contenidos broadcast entre redes de diferentes MNO. En función del caso de uso, el contenido broadcast entre diferentes redes podría estar disponible únicamente para usuarios con suscripción en alguno de los MNO o, por el contrario, estar abierto también a usuarios sin suscripción.
- Obtención del contenido, servicios MBMS y funciones de transporte MBMS. Este aspecto se encuentra dentro del núcleo de red y no tiene impacto sobre RAN.

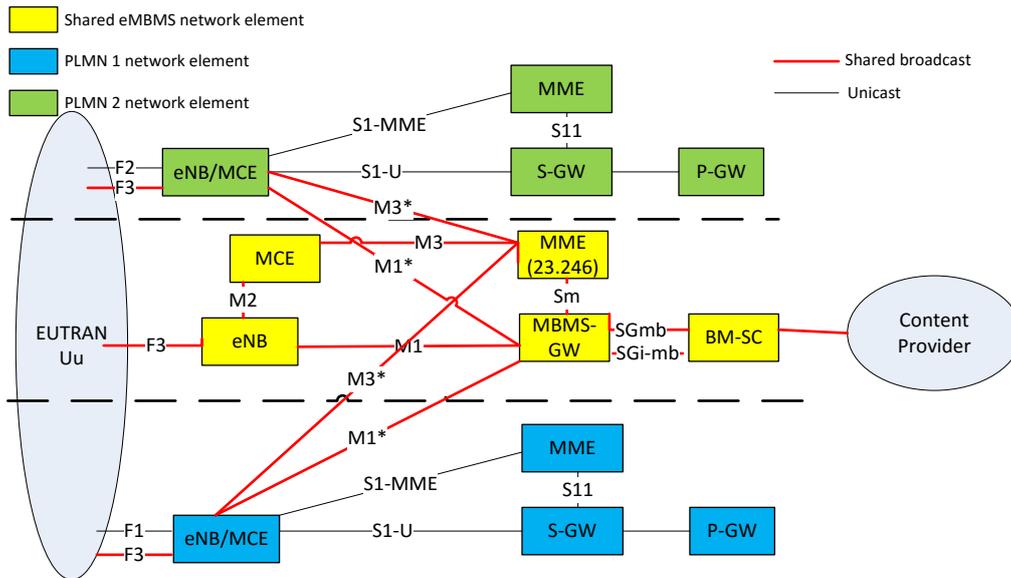
La especificación TR 23.746 de 3GPP (versión 0.1.0) incluye dos soluciones que tienen impacto en RAN, una para el segundo aspecto (y en consecuencia para el primer aspecto también) y otras para el

tercer aspecto mencionado. A continuación se evalúan los impactos sobre RAN, en especial sobre RAN2, de dichas soluciones.

Solución 1: red eMBMS compartida (TR 23.746 sección 6.1)

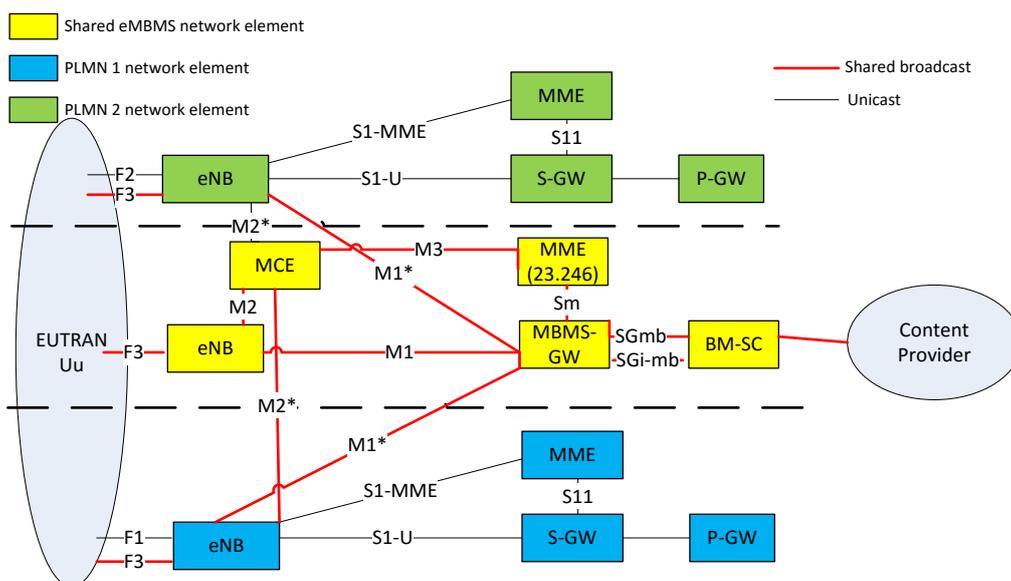
Esta solución propone una red eMBMS común compartida entre los PLMN participantes. Actualmente hay dos alternativas que están siendo discutidas en SA2:

- Opción 1:



29. Imagen: opción 1 de red eMBMS compartida con sincronización por áreas PLMN MBSFN

- Opción 2:



30. Imagen: opción 2 de red eMBMS compartida con sincronización por áreas PLMN MBSFN

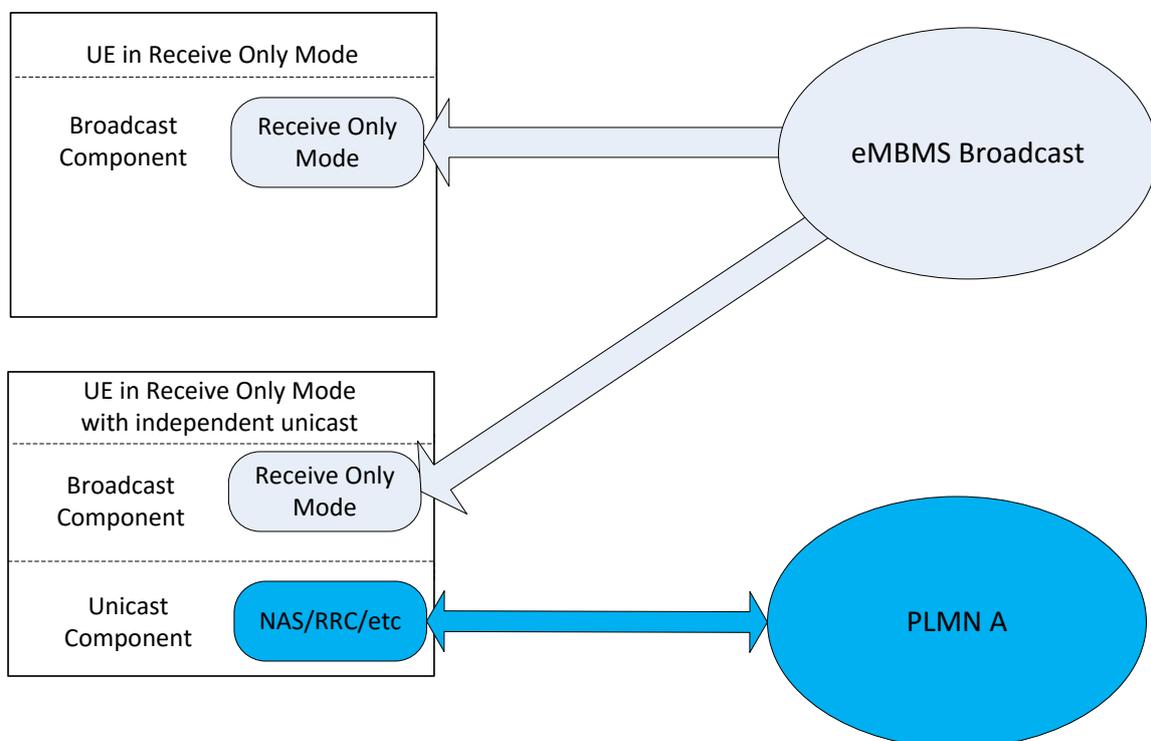
En esta primera solución RAN debería estudiar si es posible la sincronización entre áreas PLMN MBSFN, trabajo que debería ser liderado por RAN3. Otro de los aspectos a analizar por RAN1 y RAN2 es el hecho de que un usuario, con suscripción al PLMN 1, reciba servicios unicast desde el PLMN 1 y, al mismo tiempo, reciba servicios eMBMS desde el PLMN 2.

Solución 2: servicios sólo broadcast para usuarios sin suscripción a ningún PLMN

SA2 ha definido dos nuevas configuraciones para la recepción de broadcast:

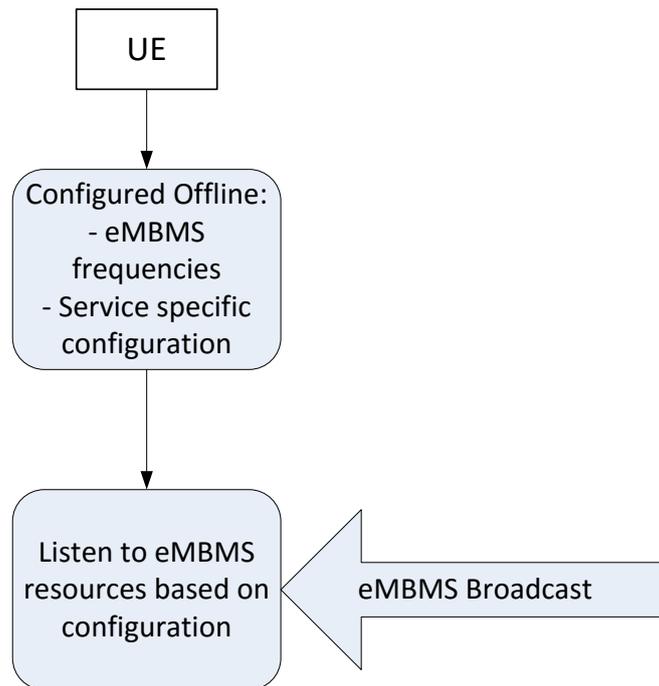
- Modo de sólo recepción broadcast: es un modo que permite al usuario únicamente recibir el servicio de broadcast eMBMS sin la necesidad de acceder o registrarse en ningún PLMN. Cuando el usuario es configurado en este modo, debe acampar en una celda que indique que este modo está activo. El usuario deberá abstenerse de otros servicios como la movilidad. Este servicio no requiere de USIM.
- Modo de sólo recepción broadcast con unicast independiente: es un modo que permite al usuario recibir el servicio de broadcast eMBMS y, de manera independiente, sigue procedimientos regular NAS/RRC para el servicio unicast con el PLMN. Este modo de operación requiere de USIM y suscripción a un PLMN para recibir el servicio unicast. Sin embargo, no se requieren suscripciones adicionales para recibir los servicios eMBMS.

En la imagen que se muestra a continuación se resumen los componentes de cada uno de los modos de recepción descritos.



31. Imagen: componentes del usuario en el modo Receive Only Mode

A continuación se resume el comportamiento del componente de broadcast del usuario en ambos modos de recepción:



32. Imagen: comportamiento del usuario

Para la recepción del componente broadcast el usuario es configurado sin suscripción a ningún PLMN. El usuario que opera en el modo de sólo recepción de broadcast escanea los recursos radio de eMBMS disponibles y lleva a cabo el proceso de adquisición. La información del sistema radiodifundida contiene información sobre si el modo de sólo recepción de eMBMS es soportado en dicha celda o no. Si dicho modo estuviera habilitado, el usuario acamparía dicha celda.

Para que estos modos sean factibles, el usuario debería de poder descubrir, seleccionar y obtener la información del sistema necesaria, incluyendo la admisión de estos modos, desde las celdas eMBMS sin ninguna señalización sobre las celdas unicast. Además, se deberá habilitar un mecanismo para evitar que los usuarios legacy traten de adquirir y acampar en estas celdas, acción que deberá de ser llevada a cabo por RAN1. Además, RAN1 ha acordado la creación de una portadora no compatible hacia atrás, por lo que las señales de adquisición podrán ser rediseñadas sin mayor inconveniente.

A continuación se mencionan las cuatro propuestas presentadas por Qualcomm [57]:

1. RAN2 deberá identificar los aspectos que afecten a sus especificaciones en el escenario en el que los usuarios reciban unicast del PLMN 1 mientras que reciben eMBMS del PLMN 2.
2. RAN2 deberá definir un modo de sólo broadcast y otros de sólo recepción broadcast con unicast independiente.
3. RAN2 deberá definir una radiodifusión independiente de la información del sistema sobre celdas eMBMS para permitir la operación de las portadoras independientes de eMBMS.
4. RAN2 deberá definir un mecanismo para la entrega de la información del sistema en celdas con extensión del número de subtramas MBSFN.

4.4.5. LG

2.- Creación de portadoras independientes para eMBMS

En el único documento presentado por LG [58] se proponen dos opciones en cuanto a la configuración de las portadoras independientes de eMBMS: en la primera, se permite acampar en dichas portadoras y, en la segunda, no se permite acampar.

- Opción 1: se permite acampar en las portadoras dedicadas de MBSFN.
 - Desde el punto de vista de la red:
 - Las celdas independientes de MBSFN deben radiodifundir no sólo los SIB relacionados con MBMS (como por ejemplo SIB13, SIB15 y SIB16), sino también los SIB esenciales (como por ejemplo MIB, SIB1 y SIB2).
 - Las celdas independientes de MBSFN deberían soportar los mensajes de paging.
 - Las portadoras independientes de MBSFN no tendrán una portadora uplink asociada, aunque debería existir alguna otra portadora uplink para permitir a los usuarios en modo idle enviar peticiones para establecer conexiones RRC.
 - Desde el punto de vista del usuario:
 - Cuando el usuario necesite establecer una conexión RRC, debería reelegir otra celda que soporte la transmisión unicast. Por ello, se requerirá un retardo mayor para el establecimiento de la conexión RRC.
- Opción 2: no se permite acampar en las portadoras dedicadas de MBSFN.
 - Desde el punto de vista de la red:
 - Las celdas independientes de MBSFN únicamente radiodifundirán los SIB relacionados con dicho servicio (como por ejemplo SIB13, SIB15 y SIB16).
 - Las celdas independientes de MBSFN no darán soporte a los mensajes de paging.
 - Desde el punto de vista del usuario:
 - El usuario que soporte las portadoras independientes de MBSFN deberá soportar también la recepción simultánea desde diferentes portadoras. Si se encontrará en modo idle, debería monitorizar dos portadoras, una para el paging y la otra para la recepción MBSFN.
 - Para el usuario que esté interesado en los servicios MBMS que, a su vez, estén siendo transmitidos desde una portadora independiente de MBSFN, dicha celda deberá ser configurada como SCell.

En resumen, la opción 1 requiere la utilización de más recursos para la señalización y el paging que la opción 2. Además, la primera opción requiere mayor tiempo de transición entre el modo idle y el modo conectado.

Por otro lado, cabe destacar que los siguientes aspectos podrán ser utilizados como base para las portadoras independientes de MBSFN, sin importar si permiten acampar en ellas o no.

- Para los usuarios que no soporten las portadoras independientes de MBSFN, es decir, para los usuarios legacy, estará prohibido acampar en las portadoras independientes de MBSFN. No existe ningún beneficio para ellos por acampar en estas portadoras.
- La portadora independiente de MBSFN sólo podrá ser configurada como SCell para los usuarios en modo conectado.

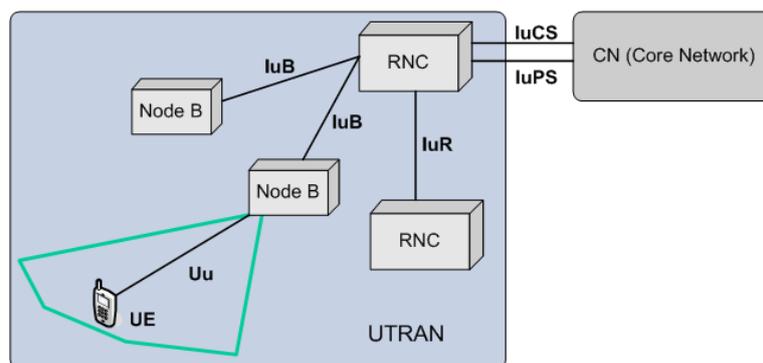
Para finalizar con el estudio de la propuesta presentada por LG, se resumen las propuestas presentadas:

1. RAN2 debería estudiar si se soportará acampar en las portadoras independientes de MBSFN o no.
2. RAN2 deberá considerar los siguientes supuestos para las portadoras independientes de MBSFN. En primer lugar, se prohibirá acampar en las portadoras MBSFN independientes a los usuarios que no soporten la recepción de los servicios MBMS sobre las mismas. En segundo lugar, estas portadoras sólo podrá ser configuradas como SCell para los usuarios que estén modo conectado.

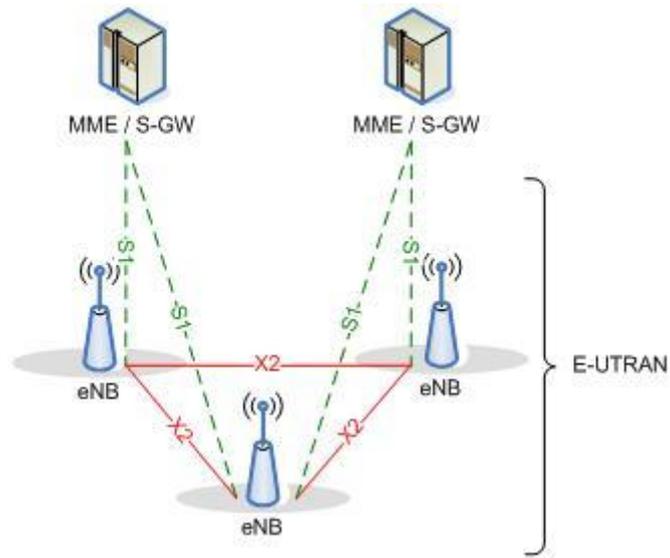
4.5. RAN3

En este apartado se analizará el trabajo llevado a cabo por RAN3 en relación al Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE. Como se ha podido observar en los apartados correspondientes a RAN1 y RAN2, el hecho de ser un nuevo WI implica que el trabajo realizado por cada uno de los subgrupos disminuye a medida que avanzamos en la escala de los subgrupos de RAN. Si el número de propuestas presentadas en RAN2 es muy inferior a las presentadas en RAN1, sucede lo mismo con RAN3 respecto a RAN2.

RAN3 es el subgrupo de RAN responsable de la arquitectura UTRAN/E-UTRAN en general, así como de la especificación de los protocolos de las interfaces Iu, Iur, Iub, S1 y X2. En las imágenes que se muestran a continuación se puede observar la localización de dichas interfaces en las arquitecturas UTRAN y E-UTRAN.



33. Imagen: arquitectura UTRAN



34. Imagen: arquitectura E-UTRAN

Cabe destacar que en la fecha de la realización de este Trabajo de Fin de Máster en el seno de RAN3, al igual que sucede con RAN2, únicamente se ha llevado a cabo una reunión en la que se discutió el el wi RP-160675 [4], la reunión 91b. A continuación se muestra un resumen de las últimas reuniones de RAN3 y las próximas planificadas.

Reunión	Lugar	Fecha de inicio	Fecha de fin
RAN3 - 90	Anaheim	2015-11-16	2015-11-20
RAN 3 - 91	Malta	2016-02-15	2016-02-19
RAN 3 - 91b	Bangalore	2016-04-11	2016-04-15
RAN 3 - 92	Nanjing	2016-05-23	2016-05-27
RAN 3 - 93	Gothenburg	2016-08-22	2016-08-26
RAN 3 - 93b	Sophia Antipolis	2016-10-10	2016-10-14

34. Tabla: reuniones RAN3

En este apartado se analizarán las propuestas presentadas en la reunión 91b de RAN3, que se llevó a cabo en Bangalore (India) entre los días 11 y 14 de abril de 2016. En este ocasión fueron únicamente dos las miembros individuales o grupos de 3GPP que presentaron propuestas, en gran medida debido al estado prematuro del tema estudiado en RAN3:

- Nokia y Alcatel-Lucent Shanghai Bell
- Huawei

4.5.1. Nokia y Alcatel

En el Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE, RP-160675 [4], se definía el siguiente trabajo para RAN3 en el objetivo f): "Soluciones donde el usuario pueda recibir servicios de TV sin ser autenticado".

Antes de proceder con el posible impacto de dicho objetivo en RAN3, se presenta de manera resumida los mecanismos actuales de autenticación de MBMS [59]. El mecanismo de autenticación es descrito en la especificación TS 33.246 de SA3. La autenticación del usuario en el BM-SC utiliza "HTTP digest" con seguridad "bootstrapped":

- **Bootstrap**

En la especificación TS 33.220 se utiliza una arquitectura GBS (Generic Bootstrapping Architecture) para acordar las claves necesarias para un usuario de MBMS. El procedimiento de GBA es transparente para el usuario.

- **Autenticación HTTP digest**

Cuando el usuario inicia un procedimiento HTTP hacia el BMS-SC, se debe utilizar una autenticación "HTTP digest", como la definida en la especificación RFC 2617, para la autenticación mutua. El procedimiento "HTTP digest" se lleva a cabo entre el BM-SC y ME. El procedimiento de autenticación de MBMS está basado en el procedimiento general de autenticación de la interface Ua, que se especifica en el apartado "Procedures using the bootstrapped Security Association" en la especificación TS 33.220. El BM-SC actuará como un NAF según la especificación TS 33.220. Junto con las claves GBA, el BSF deberá mandar el IMPI del usuario al BM-SC. Los detalles de la autenticación "HTTP digest" se especifican en el apartado 5.2 de TS 24.109. En definitiva, el procedimiento de autenticación es transparente para el eNB.

- **Autenticación y autorización en el establecimiento MBMS (modo multicast)**

Este punto sólo aplica al modo multicast, como en 3G. LTE soporta el modo broadcast, por lo que no hay ningún procedimiento de autenticación o autorización en el establecimiento de MBMS.

En resumen, la autenticación del usuario en MBMS es transparente para el eNB. No existe ningún impacto en RAN3.

Sin embargo, el apartado de justificación del Work Item RP-160675 [4] menciona algunos requerimientos que podrían tener efecto en RAN3: *"Como ha sido definido por el grupo de trabajo SA1, las redes 3GPP deben ofrecer la posibilidad para que los MNOs cumplan las regulaciones de privacidad y no identificación de los suscriptores de otras MNOs, independientemente de que su recepción sea mediante broadcast o unicast. Aún así, la MNO en cuestión sí que deberá disponer de la posibilidad de contar el número de usuarios en un área geográfica específica para decidir cuál de los dos servicios, unicast o broadcast, es el más adecuado en cada momento."*

Se presenta el siguiente ejemplo para describir el escenario. Un operador A despliega en su red los servicios eMBMS definidos en la Relelase 14 y el operador B puede recibir dichos servicios. Para contar sus usuarios, el operador B necesita acceder a los eNB del operador A. Esto significa que los usuarios de B deberán pasar la autenticación en el MME de A. Esto también implica que los eNB de A son compartidos con el operador B o que existe un acuerdo de roaming entre A y B. Pero este no es el escenario del WI.

De manera alternativa, se podría implementar vía un nuevo mecanismo de contado de usuarios, sin requerir de que el usuario se conecte al eNB. Esto no es mencionado en el listado de objetivos del WI RP-160675 [4], por lo que será necesario clarificar si este tipo de contado de usuarios tendrá que ser soportado o no, algo que depende de manera importante de RAN1 y RAN2.

Por lo tanto, estas son las dos propuestas presentadas por Nokia y Alcatel a RAN3:

1. No existe impacto en RAN3 en cuanto a la autenticación de usuarios en MBMS.
2. Para el mecanismo de contado de usuarios RAN3 necesitará esperar al progreso de RAN1 y RAN2.

4.5.2. Huawei

La propuesta presentada por parte de Huawei a RAN3 [60] discute uno por uno los objetivos definidos en el WI RP-160675 [4] desde el punto de vista de RAN3, analizando uno a uno los objetivos aprobados en el Work Item de RAN para las ampliaciones de eMBMS en LTE. Cabe destacar que, a diferencia de lo sucedido en RAN1 y RAN2 donde Huawei presentaba sus propuestas junto con HiSilicon, esta vez las presenta en solitario. A continuación se resume dicha propuesta:

- a) *Especificar la manera de utilizar un CP mayor (por ejemplo, mayor que 33 μ s) para un uso en modo portadoras mixtas con servicios unicast/eMBMS en SFNs (Single Frequency Network) de gran longitud (por ejemplo con ISDs mayores que 15 km). Se tendrá que garantizar la coexistencia entre los nuevos prefijos y los heredados en la misma portadora, a la vez que se alcanzan eficiencias espectrales de al menos 2 bps/Hz. Este objetivo incluye evaluación.*

El objetivo a) pretende definir valores de CP mayores, algo que en primer lugar ha de ser discutido en RAN1. Sin embargo, puede que sea necesaria la modificación de la señalización en la interfaz M2 AP para soportar el aumento de CP, algo que sería responsabilidad de RAN3. Una vez RAN1 y RAN2 lleguen a un acuerdo sobre estas modificaciones, RAN3 deberá de analizarlo.

- b) *Especificar la manera de usar las subtramas 0, 4, 5, 9 (FS1) y 0, 1, 5, 6 (FS2) para MBSFN. Las subtramas que no sean de MBSFN sólo se podrá utilizar como Scell (Secondary Cell).*

El escenario más probable del objetivo b) es utilizar eMBMS en una portadora suplementaria downlink (SDL). La asignación y configuración de las subtramas de MBMS tendrá que ser rediseñada, lo que resultará en la necesidad de una nueva señalización en la interfaz M2 AP. RAN3 deberá esperar a los acuerdos de RAN1 y RAN2.

- c) *Especificar la manera de configurar las subtramas MBSFN sin una región de control unicast y sin señales de referencia específicas para cada celda.*

Al igual que en el anterior objetivo, el escenario más probable del objetivo c) es la utilización de eMBMS en una portadora SDL. RAN3 deberá esperar a los acuerdos de RAN1 y RAN2.

- d) *Soporte para una portadora independiente con todas las subtramas DL (Downlink) dedicadas a la transmisión de MBSFN y señalización propia para eMBMS, incluyendo la información de los siguientes SIB (System Information Block) : SIB13, SIB15 y SIB 16.*

En el objetivo d) RAN3 también deberá de esperar a los acuerdos de RAN1 y RAN2.

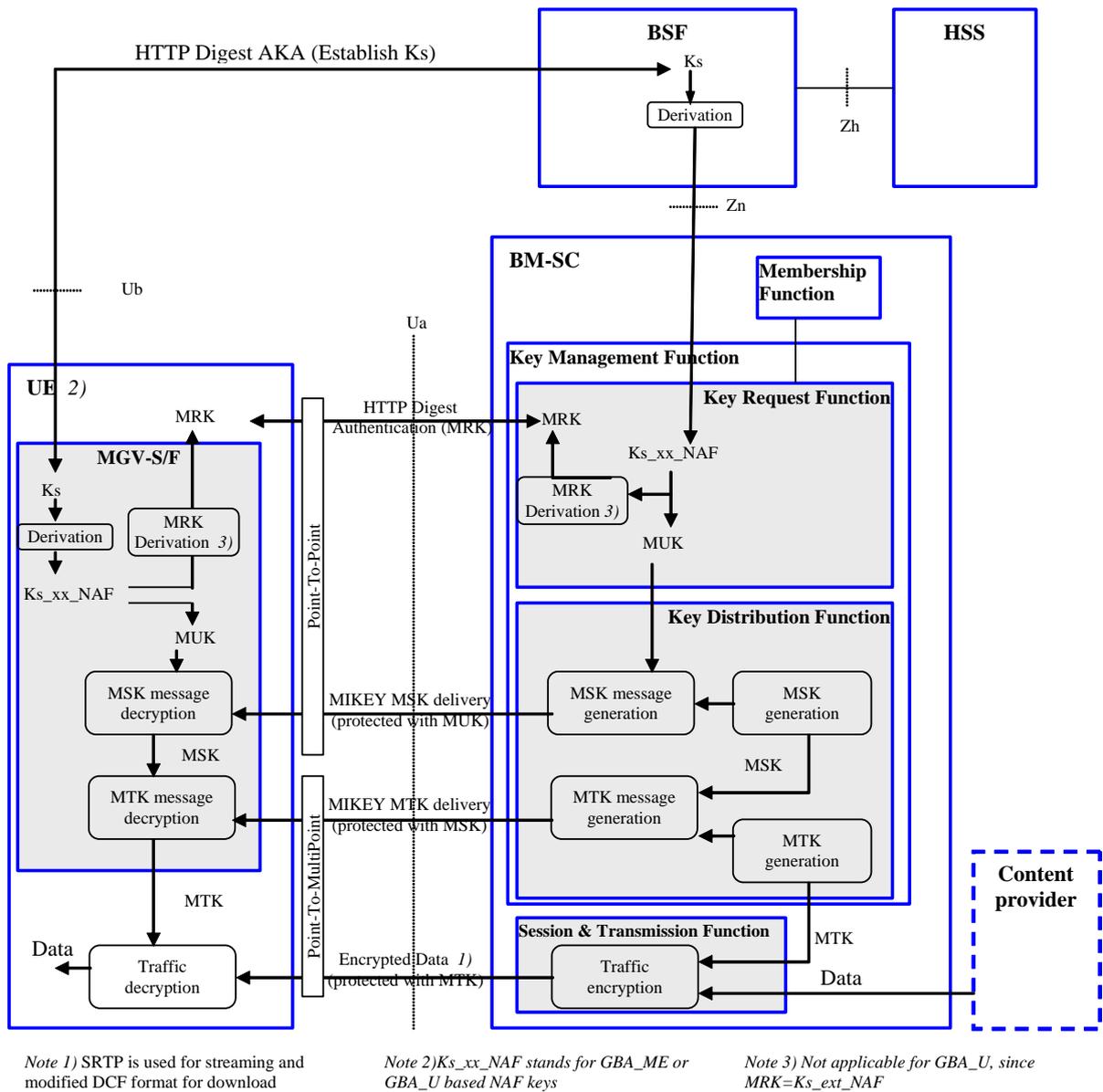
- e) *Soporte para portadoras multicarrier con servicios unicast/eMBMS, incluyendo la posibilidad de recibir simultáneamente desde una o más celdas eMBMS que no estén situadas una junto a la otra y sean asíncronas respecto a una o más celdas unicast.*

Teniendo en cuenta que en el objetivo e) únicamente se requiere de un estudio sobre las capacidades del usuario para recibir los servicios de MBMS en una portadora secundaria, se descarta que tenga impacto alguno sobre RAN3.

- f) *Soluciones donde el usuario pueda recibir el servicio de transporte de televisión sin ser autenticado.*

La seguridad de MBMS, incluyendo la autenticación, está especificada en el documento TS 33.246. En la siguiente imagen se muestra un resumen de los elementos de red involucrados en MBMS desde la perspectiva de la seguridad.

La autenticación de los usuarios se realiza a través de HTTP Digest en la capa de aplicación. Los procedimientos de distribución y gestión de las claves utilizan las funciones del método de autenticación mencionado, HTTP Digest. Por su parte, la protección de datos es implementada por el protocolo SRTP(Secure Real-time Transport Protocol) para el streaming y por el protocolo OMA DRM DCF para la descarga. Cabe mencionar que ninguna de estas funciones está situada en la capa AS. Por eso, en opinión de Huawei este apartado no tiene impacto alguno sobre RAN3.



35. Imagen: arquitectura de seguridad de MBMS

Para finalizar, se resumen las dos propuestas enviadas a RAN3 por parte de Huawei:

1. Los objetivos a), b), c) y d) del Work Item RP-160675 [4] puede que tengan impacto en la señalización de la interfaz M2 AP, pero esta discusión en RA3 debería de esperar a los acuerdos alcanzados en RAN1 y RAN2.
2. Las soluciones donde un usuario pueda recibir servicios de televisión sin ser autenticado no tiene ningún impacto sobre RAN y por ello debería de ser discutido en otros grupos, como SA2 o SA3.

4.5.3. Discusión y acuerdos

En la reunión de RAN3 91b, que fue encabezada por Ericsson, se presentaron las siguientes propuestas [61]:

- **Nokia y Alcatel:** se observa que puede haber un impacto potencial en la interfaz M2 AP, pero se propone que RAN3 espere a los resultados de las discusiones en RAN1 y RAN2. Por otro lado, se propone que las soluciones de los servicios de televisión sin autenticación sean estudiados en otros grupos como SA2 y SA3, ya que este objetivo no tiene impacto alguno sobre RAN.
- **Huawei:** se indica que no los servicios de televisión en MBMS sin autenticación del usuario no tienen impacto sobre RAN3. Además, RAN3 debería de esperar a los avances de RAN1 y RAN2.

Una vez presentadas las dos propuestas de Nokia-Alcatel y Huawei, en la reunión 91b de RAN3 se acordó lo siguiente: *No existe impacto alguno sobre RAN3 en cuanto a la autenticación de los usuarios en MBMS.*

5. Conclusiones

El documento que se ha presentado constituye la base fundamental de este Trabajo de Fin de Máster, titulado "Análisis de eMBMS (Release 14) como alternativa de radiodifusión 4G". Este título ofrece varias pistas acerca del tema estudiado en el mismo. Por un lado, la palabra **eMBMS** indica la funcionalidad de LTE que va a ser estudiado. Por otro lado, **Release 14** indica en cuál de todas las Releases de 3GPP se basará el análisis de eMBMS. Finalmente, **alternativa de radiodifusión 4G** resume brevemente el objetivo de este proyecto.

El paso previo al análisis de eMBMS es el que se presenta en el Anexo I, donde se hace un amplio estudio sobre 3GPP: los grupos que lo conforman, su proceso de estandarización, etc. Una vez que se ha comprendido el funcionamiento de 3GPP, se está en disposición de analizar el desarrollo de una tecnología concreta dentro de 3GPP hasta el más mínimo detalle, en este caso eMBMS.

Este documento comienza con el estudio de las especificaciones relacionadas con MBMS/eMBMS) llevadas a cabo a lo largo de la historia de 3GPP (sección 3, *Especificaciones de MBMS/eMBMS*). De esta forma se ofrece una visión global del recorrido de esta tecnología, que comenzó en la Release 6 (año 2000), y ha ido desarrollándose a lo largo de las versiones posteriores. Son muchas las especificaciones desarrolladas para MBMS/eMBMS, algunas de las cuales comenzaron en la Release 6 y han ido evolucionando en las posteriores. Otras, por el contrario, son de nueva creación en la Release 14.

Si bien es cierto que MBMS/eMBMS no es una funcionalidad nueva, el interés sobre esta tecnología ha crecido de sobremano en la Release 14, con las mejoras que se le pretenden hacer para su implementación en las redes LTE. Es por ello que este proyecto se centra en el desarrollo que se está llevando a cabo en la actualidad en 3GPP entorno a este tema, al mismo tiempo que se realiza este

proyecto. Esto añade un grado más de dificultad al ya de por sí complicado análisis, ya que al tratarse de una tecnología viva y con propuestas abiertas, no es posible obtener un resultado final.

Otro de los aspectos que se han analizado en el Anexo I y que sirven de base para el análisis de eMBMS es la estructura de 3GPP y las responsabilidades de cada grupo que lo forman. Así, se ha podido determinar que el grupo de especificaciones que interesa el estudio de esta tecnología es RAN. Este TSG es el responsable de la definición de las funciones, requerimientos e interfaces de las redes UTRA/E-UTRA.

Una vez definido el TSG de interés, se procede a analizar en detalle el trabajo del mismo (sección 4, *Análisis del TSG RAN*). Como se ha explicado anteriormente, el funcionamiento de 3GPP se basa en reuniones periódicas que llevaban a cabo todos los grupos y subgrupos que lo conforman. En este caso, el primer paso ha sido identificar las reuniones de RAN de interés para el análisis de eMBMS, que en concreto son tres: RAN 70, RAN 71 y RAN72. El estudio de estas reuniones reporta datos más específicos y técnicos de las ampliaciones de eMBMS en LTE. En concreto, se identifica el primer Work Item aprobado para estas ampliaciones. En el documento RP-160675 [4] se especifican el alcance y los objetivos de las ampliaciones de eMBMS en LTE que se estudiarán en dicho Work Item. Posteriormente, en la reunión RAN 72, este documento es sustituido por el RP-161297 [5] que introduce unas ligeras variaciones respecto al original.

A continuación se da un paso más en la profundización del análisis de eMBMS, mediante el estudio de tres de los subgrupos que forman RAN: RAN1, RAN2 y RAN3. Hasta la actualidad son estos tres subgrupos los que han llevado a cabo un mayor trabajo entorno al WI aprobado, "LTE enhancements for LTE", siendo RAN1 el mayor implicado y RAN3 el que menos. Esto es debido a que, aunque el trabajo entre los subgrupos se hacen en paralelo, han de coordinarse entre sí. Por eso, RAN2 tiene que esperar a que RAN1 acuerde ciertos aspectos y RAN3 tiene que esperar a RAN1 y RAN2.

El aspecto de mayor relevancia analizado es el aumento del CP, que permitirá obtener mayores áreas de cobertura a eMBMS en LTE, para poder ser una alternativa de radiodifusión. Directamente relacionados con este tema están otros como el aumento del número de subtramas MBSFN por trama, la eliminación de la región de control en MBSFN, la creación de portadoras independientes para eMBMS y la recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario. Estos temas son analizados por los tres subgrupos de RAN, cada uno desde el punto de vista de sus áreas técnicas.

En cuanto a la participación en el debate de los temas mencionados, los miembros de 3GPP tienen la posibilidad de presentar sus propuestas de manera individual o colectiva. Entre los que se presentan individualmente destacan Ericsson, Intel y Qualcomm. Por su parte, Nokia y Alcatel por un lado y Huawei y HiSilicon por otro, son los grupos de mayor importancia.

Se ha podido observar cómo cada uno de los participantes presenta y argumenta sus propuestas en base a sus intereses de mercado, con el objetivo de que sean aprobadas por el subgrupo en cuestión. El problema reside en que en muchas ocasiones las propuestas presentadas por unos y otros son contradictorias, por lo que no consiguen llegar a acuerdos o los acuerdos alcanzados son de mínimos. En definitiva, el desarrollo de una tecnología nueva en el seno de 3GPP es un tira y afloja entre los miembros participantes, que finalmente debería desembocar en un acuerdo global.