

Mejoras del estándar DVB RCS+M para servicios de banda ancha en vehículos de transporte colectivo

Víctor Arribas Sánchez, Emma Alonso Gómez, Miriam Catalán de Domingo, José Antonio Guerra Expósito,

varribas@stmi.com, STM Spain. alonso@stmi.com, STM Spain. mcatalan@stmi.com, STM Spain. jaguerra@stmi.com, STM Spain

Abstract — Este artículo explica las características del nuevo estándar DVB RCS + M, prestando especial atención a aquellas mejoras respecto a la versión anterior del estándar que permitirán consolidar a este tipo de redes como referencia para la prestación de servicios de banda ancha e interactivos en cualquier vehículo de transporte colectivo, como trenes de alta velocidad, barcos y aviones.

I. INTRODUCCIÓN

Los servicios de banda ancha son cada vez más necesarios, y los usuarios más exigentes. Poco a poco las demandas requieren una mayor capacidad, variedad de servicios, y lo que es más relevante, disfrutar del mayor número de servicios posibles en cualquier lugar, e incluso en movimiento. Por otra parte, las demandas de servicios en vehículos colectivos exigen un sistema de comunicaciones que permita QoS, así como altas velocidades en transmisión y recepción de datos, que las redes 3G no pueden cubrir; si lo hacen, en cambio, las redes DVB RCS. El estándar DVB RCS ha cumplido con creces las necesidades, en un escenario estático de servicios de Internet, voz, datos, y otros servicios en tiempo real, en cualquier punto del globo, y para un número considerable de usuarios por terminal. Sin embargo, el grupo DVB RCS, consciente de las necesidades de ofrecer servicio en movimiento, comenzó a desarrollar el nuevo estándar DVB RCS +M para satisfacer esta demanda. STM, como "colaborador" del grupo DVB RCS, no sólo ha contribuido activamente, sino que ha estado trabajando en simulaciones y pruebas en escenario real, y está actualmente probando las conclusiones obtenidas de su trabajo en los Hub que STM tiene instalados en varios continentes. Este artículo permite conocer los avances que se están llevando a cabo tanto en el grupo RCS como en los Hub de STM.

II. MEJORAS DEL DVB RCS +M

A. LL-FEC

La transmisión de tráfico multicast y unicast se puede proteger opcionalmente para sucesos en el canal tales como interrupciones cortas y zonas de sombra (NLOS) mediante la introducción y proceso de una codificación de canal adicional, llamada LL-FEC (Link layer FEC), en el canal de datos de ida (enlace FW). Los terminales remotos (RCST : Return Channel Satellite Terminal) que soportan LL-FEC lo comunican al Hub mediante ráfagas de señalización (CSC), de forma que el RCST es capaz de recibir y procesar tramas con esta protección adicional.

LL-FEC se introduce para soportar situaciones de un alto Packet Loss Ratio (PLR), en el nivel de MPE. Este alto PLR puede ocurrir en escenarios móviles, cuando la velocidad es demasiado alta y/o la relación señal ruido es demasiado baja. Asimismo, puede suceder en momentos con obstrucciones, bloqueo, u otras situaciones sin línea de vista (túneles, puentes, catenarias, etc). Con LL-FEC, una cantidad variable de capacidad se asigna como overhead para control de paridad.

El LL-FEC permite una protección adicional al FEC común, puesto que en lugar de actuar sobre las tramas MPEG (o células ATM, en su caso), actúa a nivel superior, es decir, en la sección MPE, es decir, sobre las tramas MPE, y no sobre las MPEG. Esta protección permite una alta tasa de recuperación de paquetes en el caso en que exista un PLR alto.

B. .Espectro ensanchado

Eliminado: declaren que son capaces de soportar

Eliminado: las tramas

El enlace DVB S2 de FW puede ser ensanchado en ancho de banda según se describe a continuación. El ensanchado se aplica en dos fases: ensanchado y scrambling (desorden de los bits). La primera operación, spreading, multiplica cada símbolo (I+jQ) por una secuencia de chips para ensanchar el ancho de banda de la señal. El número de chips por símbolo recibe el nombre de factor de ensanchado (spreading factor). Si el SF= 1, entonces la transmisión es DVB S2 convencional. La segunda operación, el desorden de bits (scrambling), aplica un código a la señal ensanchada, con el fin de dispersar la energía y evitar errores consecutivos.

Entre las ventajas de emplear espectro ensanchado podemos destacar, entre otras, el aumento de protección ante interferencias puntuales, si bien el coste del ancho de banda contratado será mayor.

C. Gestión de movilidad

La principal ventaja del nuevo DVB RCS+M es la gestión de la movilidad. Con ella el RCST móvil es capaz de tener una cobertura global. Para ello, es necesario que esa movilidad o itinerancia sea gestionada de manera correcta, y que existan mecanismos que permitan esta maniobra.

La itinerancia de los RCST móviles se consigue gracias al handover, o cambio de zona de cobertura. El RCST móvil entonces pasará de la zona de cobertura origen a la zona de cobertura destino. El handover se produce debido a:

- La disminución (o ausencia) de cobertura del satélite o beam origen, puesto que el terminal se aleja de la huella de cobertura, mientras que entra en la zona de cobertura de otro beam o satélite
- La imposibilidad de tener cobertura de satélite debido a zonas NLOS de larga duración. En este caso, los servicios se pueden suplir complementariamente mediante algún tipo de gap-filler terrestre.
- La necesidad de tener servicios complementarios que no son soportados en la red origen, y sí lo son en la red destino.

Este handover puede ser de varios tipos:

- Handover de beam: El RCST pasa de un beam de cobertura a otro del mismo satélite
- Handover de Gateway: El tráfico del RCST pasa a ser gestionado por otro Gateway en el mismo o en otro satélite (si fuera en otro satélite, sería además handover de satélite)
- Handover de Satélite: El tráfico del RCST es reflejado por otro satélite.
- Handover de operador de servicios: El RCST se agrega a otra plataforma de otro operador distinto.
- Handover terrestre: El RCST móvil entra en una zona de cobertura en la que no existe cobertura de satélite o beam. Entonces en este espacio el servicio es ofrecido mediante un gap-filler terrestre (WiFi, WiMax, HSDPA, etc).

Como vemos, el alto número de posibilidades requiere que exista una gestión del handover avanzada. La perspectiva de la red o redes que componen las posibilidades de cobertura de un RCST solamente la tiene el NCC, de forma que es imposible que la decisión de handover la tome unilateralmente el RCST. Sin embargo, el RCST es agente activo en este proceso, y tiene información determinante para decidir si es necesario el handover (calidad de señal recibida, posición geográfica, etc). Esta información es la que sirve para determinar la fase de recomendación de handover. Dado que la información es conocida por ambos, RCST y NCC, la recomendación de handover puede ser iniciada por ambos. Una vez terminada la fase de recomendación de handover, el NCC deberá decidir en qué momento se debe ejecutar el handover; es la fase de decisión. En esta misma fase el NCC se comunicará con los NCC destino complementarios, si procede, para que preparen los recursos necesarios para el RCST móvil, a fin de que el handover sea lo más rápido posible (handover suave, es decir, con el mínimo número de interrupciones en las conexiones). Finalmente, una vez que el RCST ha recibido la orden de ejecución de handover, debe ser el RCST quien ejecute el mismo (fase de ejecución). El RCST será quien ejecute el handover, desagregándose de la plataforma origen para agregarse a la plataforma destino.

IV. Modo de portadora continua en RT

El RCST puede opcionalmente funcionar en modo de portadora continua de transmisión. Como siempre, la capacidad de operar en modo de portadora continua debe ser señalizada por las ráfagas CSC.

El uso de la portadora continua en el enlace de RT se ha adaptado como un mecanismo simple y robusto para redes DVB RCS móviles. En particular, para RCST con una importante agregación de tráfico, tales como

Eliminado: en la trama

RCST instalados en vehículos de transporte colectivo (cruceiros, trenes, y aviones comerciales de gran capacidad). Estos RCST pueden tener un número de usuarios tan alto que la ganancia de la eficiencia del ancho de banda empleado en la capa física en el caso de modo de portadora continua compensa dejar de trabajar en modo MF-TDMA para el mismo número de usuarios. Es decir, que aunque teóricamente, el modo de portadora continua para n usuarios es mucho menos eficiente que trabajar en MF-TDMA, cuando n es suficientemente grande, la operación en modo de portadora continua está justificada, teniendo en cuenta el aumento de usuarios así como la mejora en la calidad del enlace.

Opcionalmente al modo de portadora continua, se puede agregar, además la operación adaptativa, que consiste en:

- Control de potencia de transmisión del RCST (bajo el control del NCC): El mismo que en MF-TDMA
- Codificación y modulación variable (VCM) bajo el control del NCC: El NCC mide la calidad de la señal que recibe del RCST, y mediante señalización le comunica el cambio de modulación y codificación que debe hacer, si es necesario.
- VCM con control distribuido: Para RCST que soporten esta opción, el NCC envía una tabla (contenida en la RTM) en la que recomienda distintos tipos de codificación y modulación para cada Es/No. De esta forma, el RCST que soporte la opción puede cambiar de modulación y codificación en función de la Es/No que recibe en la TIM.

Eliminado: ACTUALES DE STM

III. IMPLEMENTACIONES DE DVB RCS+M

STM ha estado trabajando desde hace más de dos años en la integración de sistemas DVB RCS en trenes de alta velocidad. Gracias a las pruebas y simulaciones llevadas a cabo, ha sido capaz de realizar modificaciones de software con antelación al nuevo estándar que han ido permitiendo la integración de DVB RCS en trenes de alta velocidad previa la publicación del nuevo estándar. Estas medidas, como decimos, han sido fruto de la experiencia de STM en este terreno, y se explican a continuación:

Eliminado: con antelación

- Posibilidad de configurar la ventana de recepción del subsistema de retorno en el Hub; esta medida pretende ajustarse a las variaciones de la frecuencia de transmisión de un RCST debido al efecto doppler al cual está expuesto. Esta medida permite a los RCST hacer login en la plataforma DVB RCS, ya que si no se permite la ampliación de la ventana de recepción en los MCR, la petición de logon no será nunca conocida por el Hub. Veámoslo con un ejemplo

Eliminado: los MCR

Supongamos que el tren viaja a 350 Km/h, y que por cualquier circunstancia (un túnel demasiado largo, un bosque frondoso grande, una zona de handover terrestre, etc), el RCST se ha desenganchado de la plataforma y necesita hacer login de nuevo. Entonces envía las ráfagas CSC hacia el Hub, en la frecuencia indicada en las tablas del canal de ida (FW). El subsistema de retorno, en el hub, espera recibir las ráfagas de los terminales, que quieren unirse a la plataforma en una frecuencia concreta. Sin embargo, la frecuencia con la que llegan las ráfagas CSC es distinta a la esperada, puesto que el efecto Doppler varía aquella. La variación de frecuencia depende de la trayectoria del tren, y por supuesto de su velocidad. Lógicamente, en términos de velocidad, la variación Doppler es mayor cuanto mayor es la velocidad. En términos de trayectoria, la variación doppler es mayor cuanto más perpendicularmente se acerca la trayectoria a la proyección del satélite sobre la superficie terrestre.

Eliminado: tramas

Eliminado:

Eliminado: MCR

Eliminado: escuchar tramas

Eliminado: RCSTs

Eliminado: trama

Eliminado:

Eliminado: doppler

Eliminado: doppler

En el caso de una trayectoria dirigida hacia la proyección del satélite, suponiendo una frecuencia de 12 GHz (banda Ku), y con una velocidad de 350 km/h, según hemos comentado, se tendrá:

$$f_{\text{doppler}} = 2 \times V_{\text{movil}} \times \cos \Theta \times f_{\text{original}} / c$$

De esta forma, el MCR recibiría la trama CSC en la frecuencia

$$f_{\text{doppler}} = 7.78 \text{ KHz}$$

,con lo que no sería capaz de escuchar la petición de logon, ya que en esta frecuencia no espera recibir las ráfagas de señalización CSC. Por ello, la "ventana" en la que el MCR espera recibir las ráfagas CSC debe ser ampliada, permitiendo un mayor rango de frecuencias que permita aceptar las peticiones de terminales que se están moviendo a gran velocidad.

Eliminado: tramas

Eliminado: tramas

Eliminado: offset para RCSTs móviles a

- Comunicaciones con el sistema de apuntamiento automático: Esta característica permite que el RCST vaya actualizando su posición GPS que recibe del sistema de apuntamiento automático, según el protocolo estándar NMEA 183. Es sabido que en DVB RCS, la solicitud de login debe realizarse en el instante preciso, calculado por el RCST, a partir de las tablas que recibe del Hub. Si el RCST tiene configurada una posición GPS errónea, nunca enviará las ráfagas CSC en el instante correcto por lo que no podrá agregarse a la plataforma.

Eliminado: tramas

Supongamos un RCST instalado en un tren que necesita hacer logon puesto que ha sobrepasado una zona con un túnel largo, o una zona de handover terrestre. Si el RCST tiene la posición GPS configurada del lugar en que perdió el FW, entonces no será capaz de calcular correctamente el instante para enviar la trama CSC, por lo que el subsistema de retorno no le escuchará y no podrá agregarse a la plataforma. Por ello, es necesario que un sistema exterior GPS (el sistema de apuntamiento automático) le actualice la posición GPS frecuentemente, y así ocurre en los terminales móviles STM.

Eliminado: MCR

Eliminado: ,

Eliminado: mediante el protocolo NMEA 183.

- Tiempo de vida de las tablas DVB RCS. Los terminales permiten configurar un tiempo de vida en que mantienen las tablas DVB RCS . Estas tablas pueden seguir siendo válidas durante un tiempo, por lo que el RCST puede no necesitar esperarlas tras encontrarse con obstáculos tales como túneles, puentes, etc. De esta forma, ante situaciones NLOS, el RCST no necesitará hacer logon una vez que ha salido de la zona sin visibilidad, sino que continúa agregado a la plataforma y puede continuar transmitiendo.

Eliminado: login

Este parámetro permite gran versatilidad para evitar el efecto negativo de las zonas NLOS. Sin embargo, debe ser configurado de manera coherente; las tablas no pueden conservarse eternamente, puesto que la red DVB RCS es totalmente dinámica en términos de equipos y capacidades, y las tablas varían cada cierto tiempo. A la hora de definir este parámetro, hay que tener en cuenta la velocidad del tren, el tiempo que tarda en atravesar zonas NLOS, y principalmente el tiempo máximo que la plataforma permite que un RCST siga agregado a la plataforma sin que el Hub reciba ningún SYNC procedente del RCST. Hay que tener en cuenta que la eficiencia de la asignación dinámica de ancho de banda se basa en las tablas DVB RCS; asignan en cada instante más capacidad a aquellos terminales que más demandan, y dejan de asignar a aquellos que menos necesitan, con el fin de aprovechar eficientemente toda la capacidad disponible. La demanda de capacidad de cada Terminal es instantánea, por lo que las tablas van variando conforme las necesidades de la red. De esta forma, no es eficiente aumentar el tiempo en que las tablas se conservan, obligando al Hub a mantener las mismas tablas durante un tiempo predefinido muy alto, ya que muchos terminales tendrían asignada más capacidad de la necesaria, mientras que otros obtendrían mucho menos de la que piden.

- Gestión Handover de satélite: STM ha desarrollado un sistema semiautomático para poder realizar handover de satélite basados en las decisiones del RCST. Para ello, el terminal dispone de dos o más configuraciones de enlaces de FW a los que puede acceder, en función de la zona de cobertura, el RCST seleccionará uno u otro FW que escuchará. La decisión de cambio de satélite se realiza de manera automática desde la estación móvil. El RCST debe estar provisionado en todas las plataformas a las que se puede agregar. El nuevo estándar contempla esta posibilidad, y también la posibilidad de que el handover se gestione íntegramente en el Hub origen.

Eliminado: RCST

Eliminado: , de forma que

Actualmente, STM está comenzando a implementar un Piloto de handover de satélite en el Hub de Jacksonville (EEUU), con terminales móviles RCST localizados en barcos.

IV. CONCLUSIÓN

Sin duda estamos viviendo una época de formidable expansión de las comunicaciones en entorno móvil. Las necesidades son cada vez mayores, y debido a las demandas específicas en términos de servicios y clientes, es en los transportes colectivos donde DVB RCS se impone como líder y pionero tecnológico.

En un futuro inminente, STM espera incluir las nuevas características del RCS+M. Las simulaciones y pruebas que STM realizará en el escenario real permitirán ir incluyéndolas, e incluso mejorarlas, al igual que se ha hecho hasta ahora, en función de las necesidades del escenario. Y en muy poco tiempo será común encontrar servicios de banda ancha en trenes de alta velocidad en Europa .