

ESTUDIO DE UN ESCENARIO HÍBRIDO PARA COMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE BANDA ANCHA

Pere Ll. Gilabert

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones
Universidad Politécnica de Catalunya
e-mail : plgilabert@tsc.upc.es

Paolo Dini

Departamento de Informazione e Comunicazione
Universidad de Roma "La Sapienza"...
e-mail : paodini@infocom.uniroma1.it

Abstract- Since the big success of Internet, different standardization groups started to develop the interworking with IP protocol in order to provide users end-to-end QoS guarantee services (web browsing, email, video-conferencing, e-business). In this scenario, the European project NATACHA (Network Network Architecture and Technologies for Airborne Communication of Internet High BAndwidth) pretends to offer multimedia services via broadband satellite links to users traveling in an airplane.

This paper aims at describing possible architectures to support IP service delivery over an avionic environment. These architectures are based on a combination of two different satellite standards and, in particular, DVB and S-UMTS. Merits and drawbacks of each standard have been drawn in this paper as well.

I. INTRODUCCIÓN

Dada la rápida expansión de internet y la creciente demanda de servicios multimedia, el proyecto Europeo NATACHA pretende aportar soluciones para proveer servicios de banda ancha (internet browsing, ftp, e-mail, video y audio bajo demanda, telefonía, etc), en entornos aéreos. El sistema actual de comunicaciones en los aviones consiste en la modulación de la información en la banda de VHF, o bien mediante protocolos propietarios a través de satélites Inmarsat en canales de banda estrecha. Dichos sistemas ofrecen un *throughput* de entre 0,5 y 10Kbps, aunque Inmarsat tiene previsto llegar hasta 64Kbps. Este artículo se adentrará en la definición de posibles escenarios utilizando tecnologías de comunicación satelitales ya existentes (DVB) o todavía en fase de estudio (S-UMTS) que puedan ofrecer o responder a una demanda de servicios multimedia.

Así pues, a continuación veremos en detalle, el estudio de soluciones basadas en uso el estándar abierto de Digital Video Broadcasting y Satellite-UMTS.

II. ETSI DVB

Una de las primeras tecnologías a tener en cuenta dentro de la familia del BFWA (Broadband Fixed Wireless Access), es el ETSI DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) y ETSI DVB-RCS (DVB Return Channel via Satellite). Estándares de la ETSI que ha mostrado una gran acogida, ya que están diseñados para funcionar con toda la gama de anchos de banda de los transponders satelitales, lo cual permite proporcionar, actualmente, una cobertura de los seis continentes.

A. DVB-S

El estándar DVB-S[1], es el empleado para el Forward Link (servidor-satélite-cliente). Se basa en una transmisión

Broadcast de MPEG-2 Transport Stream [2]. Considerando un canal satelital típico de ancho de banda de 36 MHz, puede soportar transmisiones de entre 35 y 40 Mbps (con una antena de recepción de 0.5m). La transmisión se efectúa en la banda de frecuencias Ku (12-18GHz) y/o Ka (18-30GHz) y utiliza una modulación típica QPSK. Posee fuertes mecanismos de control de errores (e.g. código Red Solomon) garantizando una $BER < 10^{-10}$. El audio, video, los datos de control y de usuario se empaquetan en paquetes de longitud fija denominados MPEG-2 transport packets (188B).

Como podemos observar en la Fig.1, los streamings de video y audio se empaquetan en PES packets (Packetised Elementary Stream), y posteriormente son multiplexados y empaquetados en los MPEG-2 transport packets (4B cabecera + 184B payload). Cada 8 paquetes se forma la MPEG-2 TS (1503B).

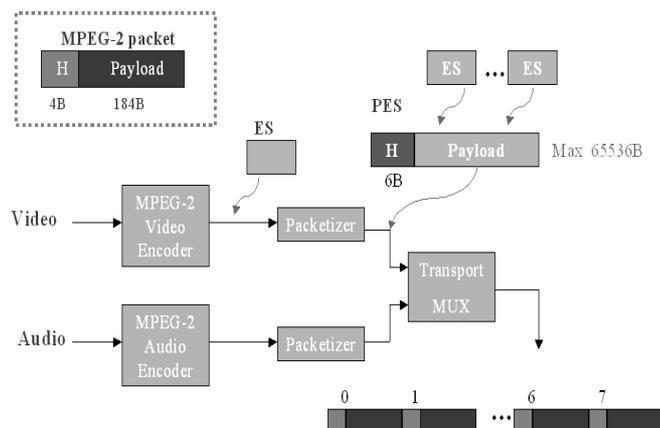


Fig.1: Formación de los MPEG-2 TS

Como nos muestra la Fig.2, a cada uno de los paquetes MPEG-2 se le añaden 16B de código Red Solomon (RS) como mecanismo de control de errores (FEC, forward error correction). Las tramas de MPEG-2 TS se intercalan a través de un código convolucional que asegura la dispersión frecuencial de la señal modulada para transmisiones satelitales, y finalmente se modula la señal con modulación QPSK para ser transmitida.

B. DVB-RCS

El estándar DVB-RCS [3][4], es el empleado para el Return Link (cliente-satélite-servidor). DVB-RCS utiliza MF-TDMA (Multi Frequency TDMA) como técnica de acceso múltiple a los recursos satelitales compartidos. Mediante el acceso MF-TDMA se permite a un grupo de usuarios o SIT's (Satellite Interactive Terminals) comunicarse con la HUB Station, o estación terrestre, que a su vez, está formada por el

NCC (Network Control Centre) que se encarga de la monitorización y control, el *Traffic Gateway* que enruta tráfico hacia redes públicas o servidores de servicios o el *Feeder*, entre otros, que transmite en el forward link la información de usuarios multiplexada.

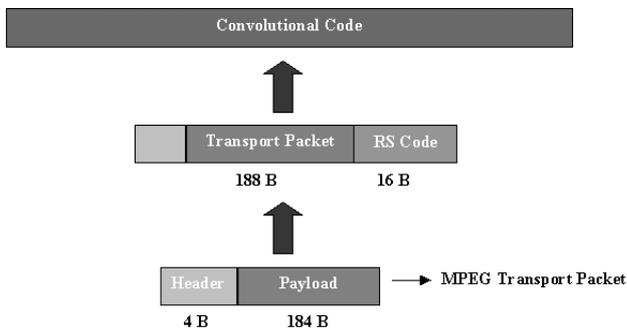


Fig.2: Transmisión DVB-S

Dicha comunicación se realiza a través de un conjunto de frecuencias portadoras, cada una de las cuales está dividida en time slots (ver Fig.3). El conjunto de frecuencias y time slots se denomina trama, y cada uno de los time/frequency slots de la trama contiene exactamente un paquete.

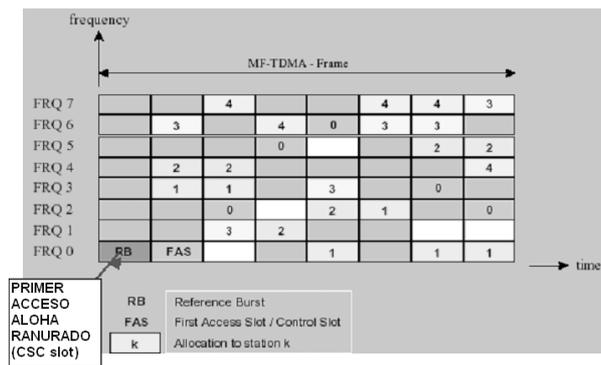


Fig.3: Trama MF-TDMA

Proceso de LOGON

Si nos fijamos en la Fig.3, podemos ver como primero, el SIT accede al sistema mediante un slot de acceso aleatorio Aloha ranurado, (en el estándar DVB-RCS se llama CSC slot (Common Signalling Channel)). Luego se le transmite al SIT a través del forward link, la información sobre la estructura MF-TDMA o (Burst Time Plan), junto con el PCR (Programme Clock Reference). Así pues, el SIT empieza el periodo de sincronización con la Hub Station. Cuando la Hub Station ha comprobado que efectivamente el SIT en concreto es un usuario del sistema, le envía unas tablas (correction message table (CMT)), con la información necesaria sobre posibles correcciones de la frecuencia, tiempo y nivel de potencia antes de que pueda transmitir. Finalmente cuando el terminal está totalmente sincronizado, la Hub Station le enviará la información sobre la asignación de recursos (rango de frecuencias para realizar el frequency-hopping, número de time slots a los que puede acceder), y en ese momento ya podrá empezar a cursar tráfico.

Una de las ventajas de este sistema de acceso es que permite la posibilidad de que el SIT pida más capacidad para transmitir. La Hub Station decidirá, en función del estado del tráfico y de la prioridad o tipo de servicio contratado por el

usuario, si se lo concede. El estándar DVB-RCS define unos protocolos de Capacity request, pero a parte, cada distribuidor puede definir su propio DAMA protocolo (Demand Assignment Multiple Access) consiguiendo así una mayor eficiencia en la utilización de los recursos y permitiendo velocidades variables (desde 128 hasta 2048 Kbps).

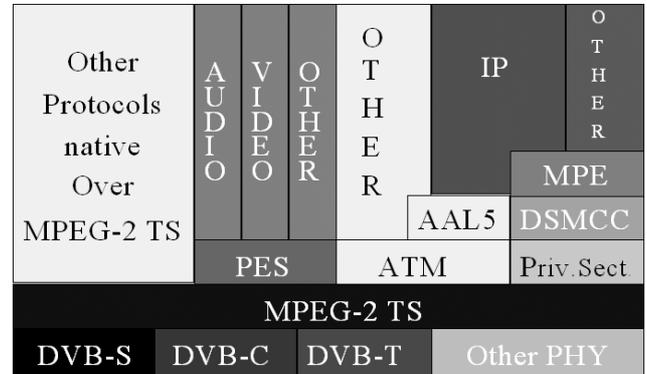


Fig.4: Encapsulado de otros protocolos a través de DVB

C. Encapsulado IP sobre DVB

El encapsulado de paquetes IP [5] sobre MPEG-2 TS se realiza utilizando un protocolo llamado DSM-CC (Digital Storage Media Command & Control). Una de las funciones del DSM-CC es la de permitir acciones de control de la recepción del streaming de video o audio del tipo: play, stop, pausa, rewind, fast-forward. Otra de sus funciones sería permitir el transporte de otro tipo de datos, por ejemplo, paquetes IP, como podemos observar en la Fig.4.

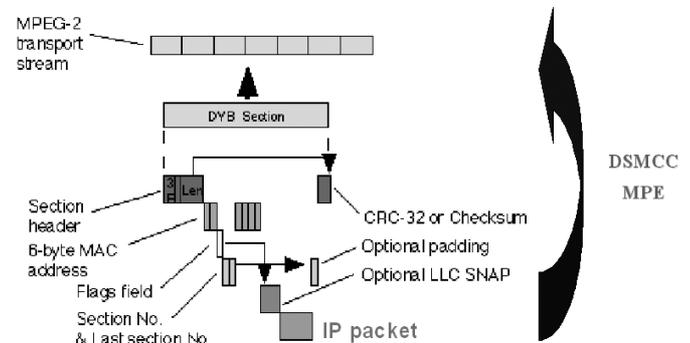


Fig.5: Encapsulado IP sobre DVB

A través del DSM-CC MPE (Multi protocol Encapsulation) podemos transmitir paquetes IP a través de la MPEG-2 TS. Si observamos la Fig.5, podemos comprobar como a cada paquete de datos se le añade una Cabecera de Sección (Section header) que incluye el PID o identificador de usuario, una dirección MAC (6bytes) y una cabecera opcional con el Logical Link Control (LLC) / Sub Network Access Protocol (SNAP). Finalmente se protege la información añadiendo el CRC-32 checksum. Todo el bloque forma una sección, la cual tiene que ajustarse mediante bytes de relleno, si fuera necesario, para asegurar que se puede segmentar en un número entero de 188 bytes que es la longitud de un MPEG-2 transport packet. Resulta bastante intuitivo ver que este tipo de solución es muy ineficiente, ya que no solo añadimos cabeceras de identificación redundantes, sino que además se debe rellenar la sección para que sea múltiplo de 188B, ya que los MPEG-2 transport packet son de longitud fija.

III S-UMTS

Satellite UMTS se pensó, en un principio, como complemento a UTRAN (UMTS Terrestrial Access Network) para dar servicios en entornos aislados allí donde no fuera posible o rentable la instalación de estaciones base. Al igual que UTRAN, utiliza un interfaz aire WCDMA (Wide- Code Division Multiple Access). Los parámetros característicos de WCDMA [6] [7] los podemos observar en la Tabla 1.

A continuación vamos a analizar las clases de Calidad de Servicio (QoS) definidas para S-UMTS para identificar los futuros problemas que supondría el implante de esta tecnología en nuestro entorno aéreo.

Clases de Calidad de Servicio para UMTS:

- Conversational Class (ejemplo: voz)
- Streaming Class (ejemplo: video, audio)
- Interactive Class (ejemplo: web browsing)
- Background Class (ejemplo: ftp)

En la Tabla 2, observamos, para cada clase, valores propuestos [8], de máximo retardo y pérdida de información y mínima capacidad de transmisión de datos, para garantizar al usuario final una cierta Calidad de Servicio. En el caso de transmisiones satelitales, por ejemplo, utilizando constelaciones GEO, observamos un retardo, sólo de propagación de 240ms, eso sin contar los tiempos de procesado y espera. Lo que introduce serios problemas para garantizar por ejemplo la QoS de la Conversational Class.

IV. POSIBLES ESCENARIOS

Después de la presentación de las dos tecnologías escogidas como soluciones posibles para ofrecer servicios multimedia en entornos aéreos satelitales, veremos los pro's y contra's de cada una de ellas.

A. Un escenario puro DVB

Las principales ventajas que ofrece este escenario son:

- La tecnología DVB hace ya mas de 5 años que está operativa y ofrece una constelación de satélites que cubre la mayor parte del globo terrestre.
 - Está orientada a cursar tráfico streaming, con lo que es óptima para ofrecer servicios del tipo Audio o Video on Demand.
 - Presenta un Broadcast de gran ancho de banda: 40Mbps en entornos fijos.
 - Puede transmitir todo tipo de tráfico gracias al DSM-CC.
 - Un return link que ofrece a los usuarios diferentes velocidades de transmisión mediante mecanismos de petición de banda o Controlled Access/DAMA protocols.
- Por otro lado sus principales inconvenientes:
- No es una tecnología orientada al tráfico a ráfagas, con lo que hay que redefinir los MPEG-2 TS introduciendo protocolos DAMA y controles de prioridad de tráfico que hagan más eficiente el sistema.
 - El tráfico IP, como hemos visto, es posible pero muy ineficiente
 - Está orientado para entornos fijos y requiere de un proceso de sincronización previa a la transmisión (malo para posibles handovers).

Channel Bandwidth	5 MHz
Duplex Mode	FDD and TDD
Downlink RF channel structure	Direct Spread
Chip Rate	3.84 Mbps
Frame Length	10 ms(each frame divided into 15 slots)
Spreading Modulation	Balanced QPSK (downlink) Dual Channel QPSK (uplink) Complex spreading circuit
Data Modulation	QPSK (downlink) BPSK (uplink)
Channel Coding	Convolutional and turbo codes, no channel coding
Coherent Detection	User dedicated time multiplexed pilot (downlink and uplink), common pilot in the downlink
Channel Multiplexing in downlink	Data and Control channels time multiplexed
Channel Multiplexing in uplink	Control and pilot channel time multiplexed I&Q multiplexing for data and control channel
Multirate	Variable spreading and multicode
Spreading Factors	4-256 (uplink), 4-512 (uplink9)
Power Control	Open and fast closed loop (1.6 KHz)
Spreading (downlink)	OVSF sequences for channel separation Gold Sequences 2exp(18)-1 for cell and user separation (truncated cycle 10 ms)
Spreading (uplink)	OVSF sequences, Gold Sequences 2exp(41) for user separation (different time shifts in I and Q channel, truncated cycle 10 ms)
Handover	Soft handover Interfrequency handover

Tabla 1: Especificaciones de WCDMA

Aplicación	Tasa de Tx.	Retardo	Variación de retardo	Pérdida de Información
VoIP	4-25 Kbps	<150ms (preferible) <400ms (límite)	< 1ms	<3% FER
Streaming	32-384 Kbps	< 10s	N.A.	< 1% FER
www		<4s / page	N.A.	Cero
FTP		< 10s	< 1ms	Cero

Tabla 2: Valores esperados para usuario final

B. Un escenario puro S-UMTS

Las principales ventajas que ofrece este escenario son:

- Es capaz de cursar cualquier tipo de tráfico en un modo eficiente: Conversational, Streaming, Interactive y Background class.
 - Flexible asignación de velocidades por usuario (en nuestro caso avión).
 - WCDMA robusto ante interferencias en entornos como el aéreo, seguro (códigos ortogonales) y siempre conectado.
 - Orientado a entornos móviles (contempla handovers).
- Mientras que sus inconvenientes:
- Máxima capacidad de transmisión 2 Mbps (en pico-células terrestres), por canal de 5MHz, velocidad limitada por las familias de códigos ortogonales. Insuficiente para garantizar QoS en determinados servicios multimedia, con gran densidad de usuarios por célula.

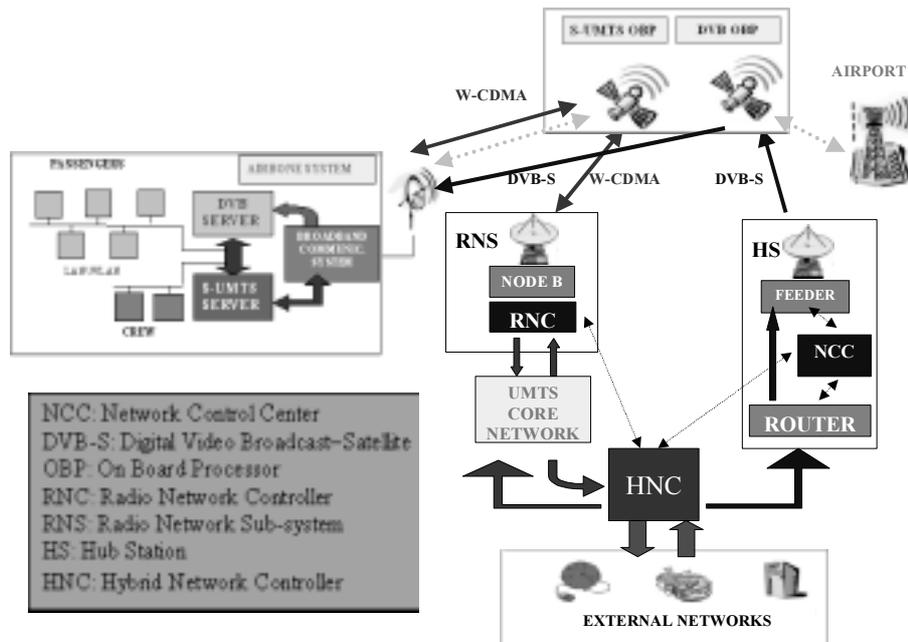


Fig.6: Escenario Híbrido: Forward Link: W-CDMA y DVB, Return Link W-CDMA.

- En entornos satelitales se habla de 384Kbps, insuficiente para servicios multimedia del tipo video o audio bajo demanda, que requieren mayor ancho de banda.
- QoS amenazada por los retardos de transmisión satelitales.
- Tecnología todavía en fase de explotación, requiere satélites específicos UMTS.

C. Un escenario Híbrido

Parece sensato pensar que vistos las posibilidades que nos ofrecen ambas tecnologías, una solución óptima al problema de dar servicio en entornos aéreos sería combinar lo bueno y mejor de cada sistema, creando así un escenario híbrido como el propuesto en la Fig.6.

Así pues, fijándonos en el escenario propuesto, observamos un entorno mixto donde conviven ambas tecnologías. Proponemos en el RL un acceso WCDMA, basado en la tecnología S-UMTS. Se ha visto que uno de los problemas de WCDMA, era que en entornos celulares de alta densidad de servicio, no podía garantizar QoS, pero para entornos aéreos, consideraremos que normalmente no habrá más de un avión por celda. Por lo tanto todo el canal será exclusivo para cursar las peticiones generadas por el avión, es decir, por los usuarios que viajen en él. Quedaría por solucionar el problema de los retardos introducidos en comunicaciones satelitales para garantizar QoS en, por ejemplo, la conversational class. Mientras que en el FL se usará, en función del servicio requerido, WCDMA o DVB, por ejemplo, DVB para servicios del tipo Video, Audio on Demand (tráfico streaming), y S-UMTS para comunicaciones de voz (VoIP).

En el Airbone System estará instalada una LAN/WLAN y un On-Board server que se encargará de gestionar el tráfico interno y realizar las priority policies de los usuarios. En tierra hemos definido un Hybrid Network Controller que soportará ambos multiplexados (WCDMA, MPEG-2 TS), enrutará peticiones a nivel IP

hacia redes externas y servirá el tráfico escogiendo la tecnología pertinente en función del tipo de servicio.

V. CONCLUSIONES

Tras ver dos de las posibles tecnologías que pueden ofrecer servicios multimedia en entornos aéreos satelitales, hemos decidido optar por una tecnología híbrida (DVB & S-UMTS) que pueda garantizar una QoS para todas las clases de tráfico.

El proyecto NATACHA [9], a día de hoy, está en fase de construcción de un prototipo para el cual utilizará un sistema de comunicación basado en tecnología DVB pura. Paralelamente la Universidad de Roma está construyendo un simulador S-UMTS, para estudiar la viabilidad de incorporar finalmente WCDMA en el Forward Link.

REFERENCIAS

- [1] "The new wave in video Broadcasting", European Telecommunications Standard Institute, <http://www.etsi.org/>,
- [2] G. Pelletier, "An overview of the MPEG-2 Transport Stream in Digital Video Broadcasting", Computer Science Department, University of Luleå, Sweden. 2001
- [3] Jason Neale, Rod Green and John Landovskis: "Interactive Channel or Multimedia Satellite Networks", EMS Technologies ,Canada. IEEE Communications Magazine, March 2001
- [4] European Broadcasting Union: "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems;"; ETSI EN 301 790 V1.2.2, December 2000. <http://www.etsi.org>.
- [5] N Samaraweera and G Fairhurst "High Speed Internet Access Using Satellite-Based DVB Networks in Intenational Network Conference'98", Department of Engineering, University of Aberdeen. 1998
- [6] Stefan Parkvall, Janne Peisa, Anders Furuskär, Maria Samuelsson and Magnus Persson Ericsson Research, "Evolving WCDMA for Improved High Speed Mobile Internet" Future Telecommunications Conference '2001, 28-30 th November, Beijing, China.
- [7] Harri Holma, Antti Toskala, "WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communication", John Wiley & sons, 2000.
- [8] 3GPP TS 23.107 V5.5.0, "Technical Specification Group Services and System Aspects", QoS Concept and Architecture (Release 5), June 2002.
- [9] www.natachaweb.org