

NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS DE CORRECCIONES DIFERENCIALES GPS.

Ernest Bosch Llopart
Institut Cartogràfic de Catalunya
Parc de Montjuïc
E-08038-Barcelona

Palabras clave: GPS, DGPS, navegación, cartografía, tiempo real, VSAT, DAB.

Resumen

Desde que las estaciones permanentes GPS se identificaron como una herramienta clave para la comunidad geodésica, el número de redes de estaciones permanentes GPS ha crecido considerablemente. Desde hace poco años se ha experimentado una demanda creciente de aplicaciones GPS en tiempo real: RASANT, RTK, meteorología con GPS, monitorización de volcanes. Por tanto las capacidades de tiempo real de las redes de estaciones permanentes GPS jugará un papel importante el un futuro cercano.

Los servicios basados en GPS requieren de un sistema de adquisición y distribución de datos que permita llevar los observables de la estación de referencia hasta los nodos de entrada de los canales de difusión de datos apropiados a cada tipo de servicio, de manera eficaz.

La elección de un sistema para implementar estos servicios está ligada a diversos factores que se pueden agrupar en cuatro grandes bloques: los requisitos de las estaciones de referencia hacia el sistema de comunicaciones, la situación de desarrollo de las infraestructuras de comunicaciones en la zona de interés, los requerimientos de difusión de los datos hacia los usuarios y la penetración en el mercado de los distintos tipos de receptores del servicio final.

En este artículo se presentará la definición de los requerimientos de cada uno de estos bloques y el desarrollo de las interfaces de los diversos sistemas que forman una red de estaciones permanentes GPS con capacidad de ofrecer servicios en tiempo real. Como resultado de este desarrollo se ha identificado el sistema de comunicaciones vía satélite VSAT (Very Small Apperture Terminal) para la adquisición de los datos en tiempo real de las estaciones de referencia, como un sistema consolidado que ofrece la capacidad, escalabilidad y fiabilidad requeridos para este tipo de aplicaciones a un bajo coste. Así mismo para la difusión de los servicios en tiempo real se presentan los desarrollos necesarios sobre el sistema DAB (Digital Audio Broadcasting), el nuevo estándar de radiodifusión, para la difusión de servicios GPS diferenciales en el territorio.

1. Introducción.

La utilización de datos GPS goza de una gran aceptación para una amplia variedad de aplicaciones. En cartografía y navegación podemos encontrar dos grandes grupos de aplicaciones de estos datos. Aquellas que requieren de un posicionamiento preciso sin necesidad de obtenerlo en el momento de la captura de datos, y las que requieren una solución de la posición precisa en el momento de la captura. Para el primer grupo es necesario la disponibilidad de datos de estaciones de referencia con los que procesar los datos capturados en el trabajo de campo, bien sea para la

recolección de elementos sobre el terreno o para la aerotriangulación. El segundo grupo de aplicaciones requieren de un servicio de correcciones diferenciales bien sean de código (DGPS) o de fase (RTK) que les permita un posicionamiento preciso, métrico en DGPS y decimétrico en RTK, para la captura de elementos para complementar las bases cartográficas, bien sean viales, puntos kilométricos, etc, o para la navegación sobre cartografía entre otras aplicaciones.

Para ello es necesario la disponibilidad de una red de estaciones permanentes en el área que puedan cubrir todas estas necesidades emergentes de una manera óptima, en el ámbito económico y operativo. Es necesario dotar a estas redes de la infraestructura de comunicaciones necesaria para llevar a cabo estos servicios y aplicaciones. A continuación se analizan los parámetros básicos para la elección de los sistemas de comunicaciones necesarios para establecer estos servicios.

2. Concepto del sistema y características de cada parte

El concepto del sistema se divide en tres partes (vea figura 1), La primera forma una red en estrella que se encarga de la conexión de las estaciones de referencia de la zona de interés, la segunda realiza el proceso de los datos recogidos para poder ser suministrados, ya sea a usuarios de datos para post-proceso, como para ser introducidos en los distintos servicios diferenciales en tiempo real.

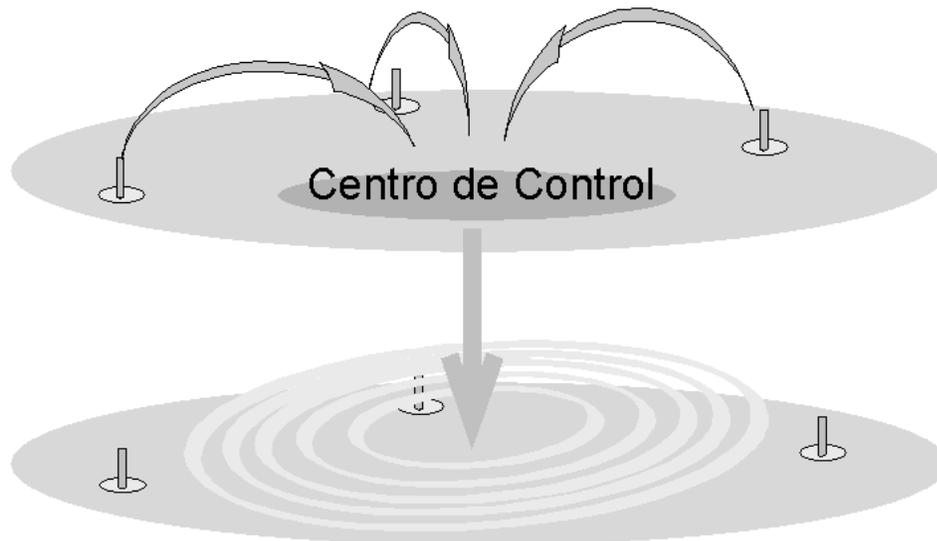


Figura 1: Diagrama funcional del sistema, donde se aprecia la adquisición, el proceso y la difusión de los datos recogidos de las estaciones de referencia.

2.1 Características del enlace entre la estación permanente y el centro de control.

El sistema ha de recoger la información de las estaciones de referencia hacia el centro de control de manera fiable y permitir el control y gestión de los equipos instalados en la estación, de forma remota, para garantizar la operatividad de los servicios que ha de soportar. Las principales características son:

- Localización remota fija.
- Flujo de datos del orden de 5000 bps.
- Conexión requerida punto a punto bidireccional.
- Presenta dificultad de enlace con nodos de redes fijas.

De las características anteriores destacan la localización de las estaciones de referencia, que bien si en ocasiones se emplazan en centros de investigación donde disfrutan de conexiones a redes de datos, en muchas otras el enlace a redes fijas debe realizarse mediante radio enlaces hasta alcanzar un nodo de entrada a estas redes.

2.2 Características del centro de control.

La misión del centro de control es por un lado el proceso de los datos recogidos para ser transformados a formatos estándar para la formación de ficheros o bien para la creación de flujos de correcciones diferenciales que deberán ser transportados a los centros de difusión de datos. Por otro lado es el encargado de monitorizar el funcionamiento de todos los subsistemas involucrados y generar las alarmas correspondientes para la restauración de los servicios. Las características principales son:

- Acceso a redes fijas de comunicaciones.
- Acceso a servicios de paging o GSM para el servicio de alarmas.
- Localización fija.
- Gran capacidad de almacenamiento de datos.

2.3 Características del enlace entre el centro de control y los usuarios.

Estos enlaces han de difundir los datos emitidos por el centro de control a las diversas cabeceras de servicios. Sus principales características son:

- Usuarios móviles, portátiles y fijos.
- Los usuarios están distribuidos en una amplia zona geográfica.
- Conexión punto multipunto.
- Todos los usuarios requieren la misma información.
- Flujo de datos del orden de los 9000 bps.

Los usuarios presentan distintos perfiles, desde usuarios que requieren servicios de correcciones en tiempo real hasta los que requieren ficheros para el post-proceso.

3. Resolución del enlace entre las estaciones permanentes y el centro de control.

De acuerdo con los requisitos presentados anteriormente plantearemos las siguientes alternativas:

- Redes fijas de datos.
- Redes de radio enlaces.
- Red corporativa VSAT.

Debido a la localización remota de las estaciones permanentes se hace necesario la utilización de enlaces radioeléctricos para llevar los datos de la estación a los nodos de entrada de las redes fijas. Esta solución presenta problemas de calidad e los enlaces instalados y en su mantenimiento. La utilización de equipos radio que permitan un control activo del su estado de funcionamiento tiene unos costes muy elevados. Un factor muy importante es qué control se tiene sobre la operatividad de la red, es decir, en caso de avería se depende únicamente del operador y de sus prioridades de actuación. También hay que considerar que debido a las actividades que se realizan con las estaciones de referencia, se requiere en ciertos casos de flexibilidad en la configuración de los recursos de la red para dar mayor seguridad a ciertas estaciones. En esta solución la flexibilidad es cero y la capacidad de destinar nuevos recursos o modificar enlaces es muy lenta comparándola con otras soluciones. A favor hay que mencionar que esta solución permitiría obtener retardos extremo a extremo mucho menores que con otros sistemas de comunicación.

La utilización de redes de radio enlaces hace referencia a la posibilidad de utilizar las redes de transporte de radiodifusión y televisión, ubicando las estaciones permanentes en las instalaciones de los centros de difusión. Esta solución está limitada por varios factores: a la capacidad de canales auxiliares de datos de estas redes que deberían ser utilizados por las estaciones permanentes, a la disponibilidad de estos canales por parte del operador y a la distribución geográfica de los centros de difusión. Hay que tener en cuenta los costes del transporte de datos, la coincidencia de emplazamientos de las estaciones de difusión con los emplazamientos planificados de las estaciones permanentes y la conexión del centro de control de las estaciones permanentes con el centro de control de la red de radio enlaces. Si todos estos factores son positivos esta solución puede ser aceptada, ya que estas redes cuentan con sistemas de control y monitorización que permiten garantizar la operatividad de los enlaces.

La tercera alternativa es la red corporativa VSAT. Esta alternativa consiste en instalar junto a la estación permanente una plataforma de comunicaciones VSAT que enviaría los datos de la estación al centro de control mediante un enlace vía satélite. Esta solución goza de una libertad total de emplazamiento de la estación, sin estar sujetos a la necesidad e fuentes de energía, ya que se pueden encontrar sistemas VSAT de bajo consumo que permiten ser operadas mediante paneles solares y acumuladores. Esta solución, aunque tiene asociados mayores retardos, permite un control total de los recursos de comunicaciones y ofrece una gran facilidad el escalabilidad de la red de estaciones permanentes. La utilización de comunicaciones satélite facilita el intercambio de datos entre distintas agencias siempre que utilicen el mismo sistema de comunicaciones ya que la recepción de los mismos esta limitada al área de cobertura del satélite. Por otro lado el establecimiento de redes satélite requieren de una fuerte inversión inicial, pero por otro lado tiene unos costes de explotación mucho menores que los asociados a

redes fijas terrenas. A continuación se detallarán las características principales de este tipo de redes y los parámetros necesarios para la explotación de los servicios en tiempo real de una red de estaciones permanentes GPS.

3.1 Topología de redes VSAT.

Los enlaces vía satélite gozan de un excelente comportamiento y están prácticamente libres de interferencias en la banda Ku. Las pérdidas de la banda Ku pueden venir dados por los siguientes factores:

- Atenuación por lluvia.
- Eclipse solar del satélite.

La caída del enlace por lluvia se da solo en algunas tormentas intensas generalmente limitadas a 20 o 30 minutos. Para superar estos cortes se ha de dotar a la estación emisora de la memoria suficiente para poder retener los datos y ser retransmitidos una vez se reestablezca la conexión. El caso de eclipse solar se produce cuando el sol se sitúa detrás del satélite en línea con la estación emisora. El ruido de fondo generado por la temperatura del sol perturba las emisiones. En la practica este fenómeno ocurre durante 10 minutos una o dos veces al año.

La tecnología VSAT permite una gran variedad de servicios de comunicación con antenas menores de 2.4 metros. Estas estaciones no pueden soportar capacidades elevadas pero son muy baratas y fáciles de instalar en comparación a las estaciones de gran capacidad de las redes públicas. Con los terminales VSAT los equipos del usuario se conectan directamente a la plataforma de comunicaciones, evitando así el uso de las redes públicas. El usuario es propietario de la red, dotándolo de libertad absoluta de configuración de la red y una rápida respuesta a sus necesidades de comunicaciones.

La oportunidad de esquivar los grandes operadores nacionales de comunicaciones, no ha sido nunca bien aceptada, por la pérdida de beneficios que supone. Es por esto que se han propuesto políticas conservadoras a la liberalización de la telecomunicaciones, particularmente en Europa. Este ha sido el mayor freno que han encontrado las redes VSAT en su desarrollo.

Las redes VSAT actuales utilizan satélites geoestacionarios que orbitan sobre el plano ecuatorial a un altura de 35786 Km. Estas órbitas hacen que la posición aparente del satélite, vista desde la tierra, sea estacionaria. Conceptualmente tenemos un repetidor a una gran distancia y con una gran área de cobertura sobre el territorio. El hecho de utilizar satélites geoestacionarios simplifica la estructura de las estaciones terrenas ya que no han de equiparse con ningún sistema de seguimiento del satélite.

Si todas las estaciones VSAT se encuentran dentro del campo de visión del satélite los señales se pueden retransmitir de una estación a cualquier otra, formando una configuración de red en malla. Esta configuración ha de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Atenuación típica de 200 dB del camino ascendente y descendente.
- Limitación a unas pocas decenas de vatios en la potencia de emisión del satélite.
- La reducida área del reflector de la estación VSAT limita la directividad y la sensibilidad en recepción.

Como resultado a las restricciones anteriores, hace que las redes en malla no sean apropiadas para estaciones VSAT. La solución es añadir una estación central llamada Hub (centro de negociación). Esta estación tiene una antena mayor que la de los terminales VSAT, entre 4 y 11 metros, que aporta un incremento de la ganancia y normalmente se equipa con un transmisor más potente. Como resultado de sus mejores capacidades el Hub es capaz de recibir todas las señales de las estaciones VSAT y viceversa. Así la configuración resulta en una topología en estrella (vea figura 2), donde todas las estaciones emiten hacia un nodo central y reciben la información de la misma fuente.

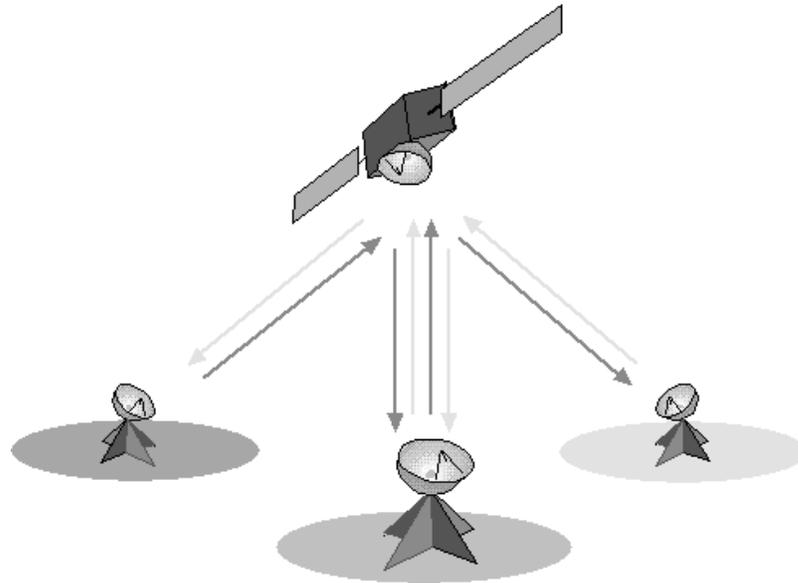


Figura 2: Red VSAT con topología en estrella donde el Hub hace posible un enlace robusto con las estaciones remotas.

3.2 Diseño del sistema VSAT.

En el diseño global del sistema es fundamental que la solución de la interfaz entre el receptor GPS y la estación VSAT sea independiente del tipo de receptor. Esta premisa incluye ciertas restricciones a la hora de conseguir un aprovechamiento óptimo de los recursos de comunicaciones pero se hace imprescindible a la vista de la expansión en un futuro próximo de nuevas frecuencias y nuevos sistemas de navegación como GALILEO que el sistema deberá ser capaz de tratar con un impacto mínimo en la configuración de la cadena de subsistemas de la red VSAT.

Los puertos RS-232 asíncronos constituyen la interfaz más utilizada por los fabricantes de receptores GPS que permiten garantizar la premisa de independencia de la solución y bidireccionalidad para la gestión remota del receptor. Los puertos RS-232 permiten albergar capacidades suficientes para el flujo de datos que se generan en las estaciones permanentes. Para una mayor seguridad del enlace entre el receptor y la plataforma VSAT se puede optar por puertos RS-485 que realizan la transmisión de forma balanceada siendo más inmune a perturbaciones electromagnéticas externas, la adopción de uno u otro protocolo no supone un compromiso en la independencia que se requiere en la solución.

La capacidad necesaria en el segmento espacial, que es el ancho de banda contratado al operador del satélite de comunicaciones, viene dada por una gran variedad de factores como son: la modulación utilizada en los enlaces, el número de estaciones permanentes que forman la red, el ancho de banda admitido por el demodulador del Hub, el intervalo de refresco de las estaciones, etc. Cada sistema VSAT en particular fijará estas variables y no es objetivo de este artículo discutir el grado de bondad de cada uno de estos parámetros. Una vez fijados por el sistema adquirido resultará en un segmento espacial que deberá ser contratado. En particular el sistema utilizado en la red de estaciones permanentes CATNET del Institut Cartogràfic de Catalunya, permite la adquisición de 6 estaciones remotas, con un intervalo de refresco de 1 segundo utilizando modulaciones 4-QPSK en los enlaces VSAT-Hub y BPSK en los enlaces Hub-VSAT. Utilizando un segmento espacial de 100 kHz y con un FEC de $\frac{1}{2}$ se puede obtener una capacidad de 112 kbps a compartir por las estaciones.

Para garantizar la continuidad de los datos se hace necesario la capacidad del sistema a gestionar retransmisiones de paquetes de información perdidos en el centro de control. Esta característica merma el aprovechamiento de la capacidad neta del sistema para la transmisión de datos, al haber de reservar un espacio para retransmisiones en la capacidad destinada a cada estación, pero garantiza la continuidad de los datos en caso de pérdida de paquetes o cuando sean necesarios trabajos de mantenimiento en las estaciones y el centro de control.

La estructura del centro de control se divide en tres segmentos: el segmento de control, el de archivo y el de explotación. El primero alberga todos los sistemas encargados de configurar los recursos de comunicaciones disponibles en la red y gestionar su buen funcionamiento. El segmento de archivo se encarga de poner los datos generados por las estaciones a disposición de los distintos sistemas, como los sistemas de almacenamiento del histórico de datos, los procesos de construcción de ficheros para el post-proceso o el establecimiento de canales de datos para alimentar los servicios de correcciones en tiempo real. El segmento de explotación incluye a todos los nodos finales donde los diversos formatos de datos se hacen disponibles, bien sean servidores de FTP o las cabeceras de los servicios de difusión de correcciones.

Finalmente el sistema de adquisición y el centro de control quedarán configurados como una red de estaciones permanentes GPS con plataformas VSAT que envían los datos de manera continua a un centro de control que se encarga de almacenar y poner a disposición de los diversos usuarios y servicios los datos generados por esta red en tiempo real con los formatos adecuados a cada servicio (vea figura 3).

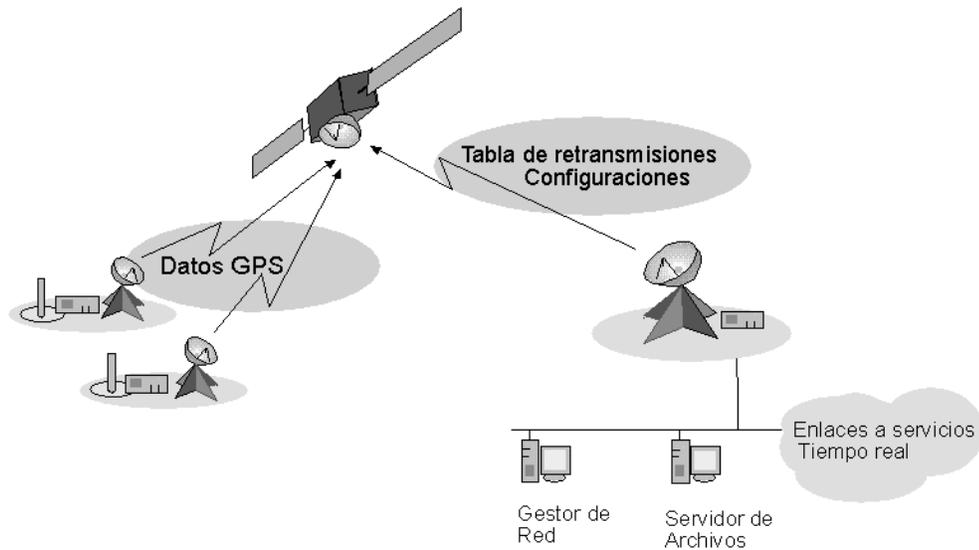


Figura 3: Esquema de una red de estaciones permanentes GPS que ofrece servicios en tiempo real gracias a la utilización de canales permanentes de datos soportados por una red de estaciones VSAT, a un centro de control que realiza las tareas de archivo, control y diseminación de datos para los distintos servicios de correcciones.

4. Resolución del enlace entre el centro de control y los usuarios.

Se requiere un sistema de difusión de datos con una capacidad del orden de 9000 bps que permita a usuarios móviles la recepción de correcciones del sistema GPS bien sean de fase o de código. Actualmente existen servicios de correcciones de código como el RASANT que utilizan el sistema RDS para hacer llegar las correcciones a los usuarios. Este sistema si bien es válido para correcciones de código no ofrece la capacidad necesaria para correcciones de fase cuya extrapolación incurre en un error no permisible para un posicionamiento preciso.

Otra opción es la utilización de los canales de datos GSM cuya capacidad permite albergar estos servicios, pero el usuario debería soportar el coste de la llamada al centro de control. Aunque en un futuro próximo aparecerán otros servicios móviles tanto sobre GSM como de tercera generación como el UMTS con capacidades mucho mayores, actualmente no están disponibles y buscaremos una solución en servicios de difusión de datos más adecuados.

Las dos opciones que actualmente toman cuerpo, como sistemas puros de difusión de datos, son el DVB (Digital Video Broadcasting) y el DAB (Digital Audio Broadcasting). Ambos sistemas utilizan esquemas de transmisión de datos muy similares pero el DVB presenta ciertos inconvenientes frente al DAB que pasamos a detallar.

La modulación del DVB es muy similar a la del DAB con el particular que el DVB está diseñado para usuarios fijos y portátiles, en cambio el DAB está diseñado para garantizar una recepción robusta tanto a usuarios fijos, portátiles y móviles. Un parámetro muy importante es el retardo del sistema de difusión, ambos sistemas aglutinan

diversas técnicas de transmisión digital para dotar de seguridad a la transmisión, entre ellas el entrelazado temporal que consiste en llenar almacenar la información a transmitir en un espacio de memoria para posteriormente se radiada en un orden distinto. Esta técnica impone un retardo de lectura y escritura en memoria que llega a ser de unos 450ms en el DAB y de un orden de magnitud superior en el DVB debido a su mayor capacidad de transmisión. Estos dos factores anteriores determinan al DAB como un sistema robusto de difusión de datos que permitirá a los usuarios mediante un receptor DAB comercial gozar de diversos servicios de correcciones diferenciales GPS a un coste razonable.

4.1 Diseño del sistema de difusión de correcciones por DAB.

El sistema DAB es el nuevo estándar de radiodifusión pensado para substituir los sistemas actuales de AM y FM, Este sistema permite un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico conjuntamente con una mayor eficiencia de la potencia transmitida. El sistema goza de una capacidad neta de 1.7 Mbps de los cuales un 20% estarán reservados a los distintos servicios de datos que puede albergar. La división de los canales de datos se realiza mediante bloques de 8 Kbps y su rendimiento está en función del grado de protección de errores que se utilice.

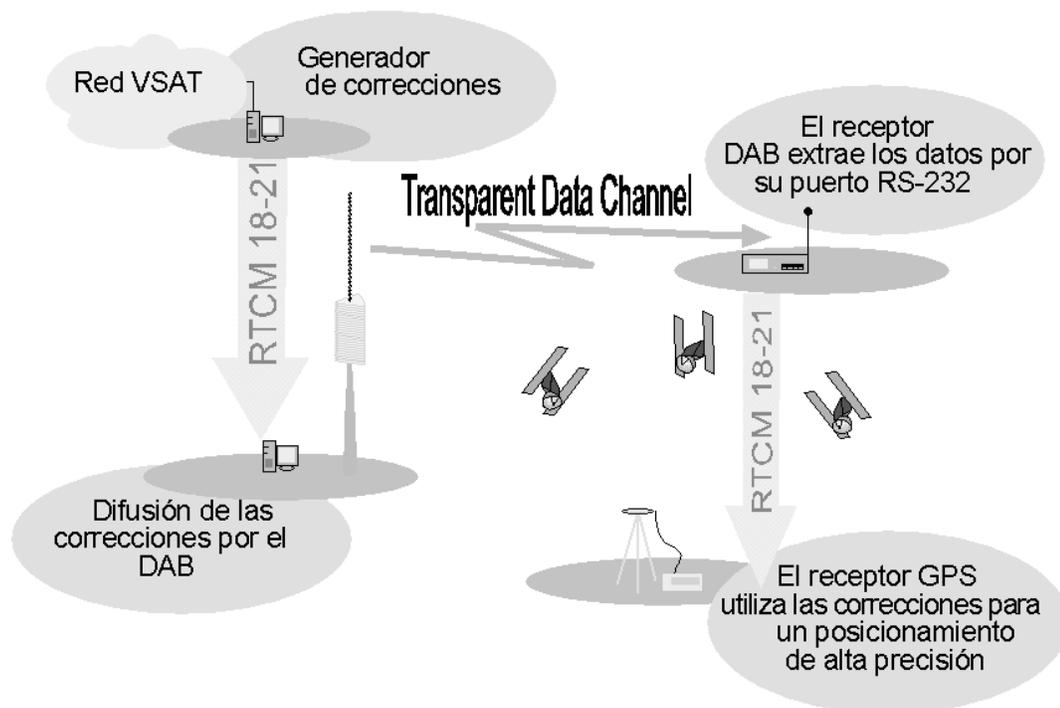


Figura 4: Esquema del servicio del TDC que permite establecer un enlace asíncrono mediante el DAB desde un servicio generador de correcciones hasta el receptor del usuario.

Para su utilización como sistema de difusión de correcciones GPS válido para cualquier tipo de receptor, ha sido necesario el desarrollo de canales transparentes de datos que permiten conectar al receptor de DAB un receptor GPS mediante un puerto RS-232 genérico. El resultado ha sido el desarrollo de los canales TDC (Transparent Data Channel) que permiten insertar en la trama del DAB un canal RS-232 asíncrono en el extremo del multiplexor del DAB y recogerlo en el extremo del receptor del usuario para ser inyectado al receptor GPS (vea figura 4)

El enlace entre el servicio generador de correcciones y el multiplexor se realiza mediante un enlace RS-232 con formato seleccionable tanto en velocidad (9.6, 19.2, 38.4, 57.6, 115.2) como en control de flujo (Xon Xoff, Hardware, None). Una vez insertados los datos en la trama del DAB se pueden asignar distintas velocidades de transmisión múltiplos enteros de 8 Kbps. La capacidad de este canal se deberá escoger teniendo en cuenta la cantidad de datos a transmitir y la velocidad el enlace de entrada al multiplexor para evitar la saturación de las memorias de entrada. Un parámetro muy importante en este punto es el Data Group Size (DGS), que dimensiona el paquete donde se transportará la información. En la figura 5 se muestra un ejemplo de transmisión de dos ráfagas de información que superan el valor del DGS. El DGS juega un papel importante en el retardo final que experimentará el enlace, parámetro vital para los servicios de correcciones de fase.

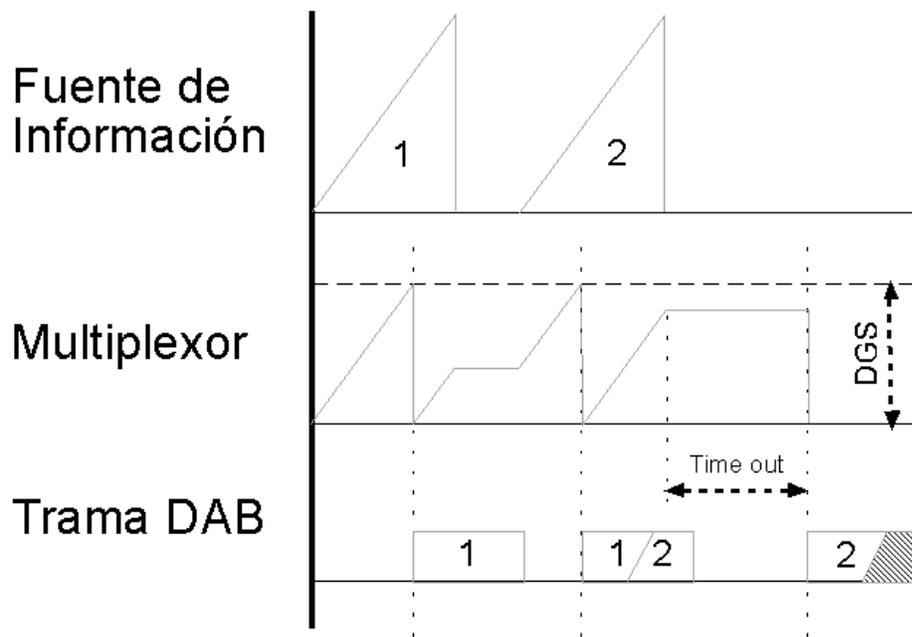


Figura 5: Ejemplo de transmisión de dos ráfagas de información por el TDC. El DGS determinará el nivel de fragmentación de la información introducida por el canal asíncrono. Su misión principal es evitar la introducción de demasiados bits de relleno en el TDC.

En el nodo del receptor se dispone de un puerto RS-232 genérico configurable en velocidad hasta 115.2 Kbps que reconstruye la ráfaga de información introducida en el nodo del multiplexor y la entrega al receptor GPS para poder aplicar las correcciones.

De este modo tenemos a disposición un sistema capaz de cubrir una amplia zona geográfica para satisfacer necesidades de usuarios móviles y fijos para el posicionamiento preciso, la navegación y la extracción de elementos para la cartografía de grandes escalas.

5. Aplicaciones

La posibilidad de ofrecer servicios en tiempo real a partir de las observaciones recogidas de una red de estaciones permanentes GPS abre un abanico muy amplio de aplicaciones, bien sea a partir de las observaciones en tiempo real para aplicaciones meteorológicas, como de los servicios de correcciones diferenciales como DGPS o RTK. La disponibilidad de los observables de la red de estaciones ofrece la posibilidad de establecer servicios diferenciales de Área Amplia o Wide Area, que rompen con las limitaciones de los sistemas comunes de transmisión de correcciones desde una única estación.

Por otro lado la utilización del DAB para ofrecer los servicios ofrece una sinergia con los proyectos de ITS (Intelligent Transport Systems) como ERTICO, al haber identificado el DAB como el sistema que puede ofrecer el mayor valor añadido a los sistemas actuales de navegación debido a sus capacidades multimedia en usuarios móviles, con retardos pequeños.

Los sistemas anteriormente descritos están siendo puestos en marcha por el Institut Cartogràfic de Catalunya, con el objeto de ofrecer servicios en tiempo real para una gran variedad de aplicaciones a partir de su red de estaciones permanentes GPS CATNET. Actualmente ambos sistemas se encuentran en fase experimental y han sido validados como herramientas útiles para ofrecer los servicios planeados de correcciones de fase en todo el territorio catalán.

6. Conclusiones

En los últimos años se ha experimentado una expansión general en la instalación de redes regionales de estaciones permanentes GPS, la mayoría con finalidades científicas. El futuro de estas redes se basará, en sus capacidades para aplicaciones en tiempo real y en poner a disposición del público estos servicios.

Se ha identificado la tecnología VSAT como un sistema válido para la transmisión en tiempo real de observables GPS de las estaciones de referencia a un coste razonable. Esta tecnología satisface los requisitos de capacidad y retardo que se imponen en las redes de estaciones permanentes.

La implantación cada vez más aceptada del nuevo estándar DAB ha permitido el desarrollo de los canales TDC dentro de este sistema de difusión. Estos canales gozan de la capacidad suficiente para transmitir los servicios de correcciones de código y fase, poniendo a disposición de los usuarios las ventajas de un posicionamiento preciso a bajo coste. La aceptación del sistema DAB por parte del mercado marcará el precio de los receptores aún hoy demasiado elevado para un uso generalizado, y por tanto la accesibilidad de estos servicios a un mayor sector del mercado.

Un aspecto a mejorar en el futuro es el de utilizar el estándar RTCM para la transmisión de los observables de las estaciones permanentes GPS. La adopción de este estándar abriría las puertas a poder incluir algoritmos de compresión de datos en las plataformas VSAT que incrementarían el rendimiento de los recursos de comunicaciones, manteniendo la libertad de utilización del tipo de receptor.

Recientemente se ha publicado una directiva del Presidente de EEUU anunciando que la desconexión prevista de la Selective Availability (SA) del sistema GPS se realizará antes del 2004. Dado que la SA es la fuente de error del sistema con mayor variabilidad su supresión podría llevar a una disminución de la frecuencia de muestre de las estaciones permanentes GPS con la consiguiente disminución del flujo de información a transmitir. Se hace necesario el estudio en los años próximos del impacto que puede suponer en los servicios de correcciones diferenciales GPS la desconexión del SA.

7. Referencias

1. Elliot P.Kaplan (1996) "Understanding GPS, Principles and Applications" Mobile Communications Series. Artech House Inc.
2. G..Maral M.Bousquet (1993) "Satellite Communications Systems" 2nd. Ed. John Willey & Sons Ltd.
3. G..Maral (1995) "VSAT Networks" John Willey & Sons Ltd.
4. RTCM Special Committee N° 104 (1994) "RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service" Ver 2.2 January 15-1998 RTCM.
5. James W.Conrad (1998) "Handbook of Communications Systems Management" Auerbach Publishers Inc.
6. Julià Talaya, Ernest Bosch (1999) "CATNET, a permanent GPS network with real time capabilities" ION 99 proceedings.

8. Agradecimientos

Agradecer al Institut Cartogràfic de Catalunya el hacer realidad estos proyectos, con su continua apuesta por las nuevas tecnologías. Especialmente a la Unitat de Geodèsia por su soporte en el desarrollo de nuevas aplicaciones y finalmente al Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació de la Generalitat de Catalunya por su estrecha colaboración en el desarrollo de los servicios sobre el DAB.