

CATNET: SERVICIOS DE POSICIONAMIENTO DE ALTA PRECISIÓN Y SU INTEGRACIÓN EN LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

C.Parareda, E.Bosch, A.Térmens, M.A.Ortiz, J.Talaya

Institut Cartogràfic de Catalunya
Parc de Montjuïc
08038 Barcelona.

Palabras Clave: RTK, estaciones permanentes, GPS, GNSS, Internet, VSAT.

Resumen

La red CATNET de estaciones permanentes GNSS del Institut Cartogràfic de Catalunya se encuentra en una segunda fase de densificación que la llevará de las 10 estaciones existentes con una distancia media de 100 km, hasta 14 estaciones llegando a reducir la distancia media entre ellas a 70 km, y dotando a la red de la configuración idónea para el despliegue de nuevos servicios de alta precisión en tiempo real. Los sistemas de transporte de datos de la red CATNET han sido migrados a protocolos IP logrando una homogeneización de los mismos de modo que favorece el desarrollo de nuevos servicios. Entre los nuevos servicios figuran CATPOS (Servei de Posicionament Centimètric de Catalunya) en el que el usuario recibe por Internet sus coordenadas calculadas con precisión centimétrica. Dentro del grupo de servicios de posicionamiento en tiempo real se está preparando la prueba piloto del servicio RTK ampliado que permite, conocida la posición del usuario, proporcionar correcciones de fase equivalentes a las que se generarían por una estación de referencia que se encontrara en las inmediaciones del usuario, resultando en una cobertura RTK en todo el territorio. El consolidado servicio GeoFons de ficheros para el post-proceso continua ofreciendo mejoras como la estandarización de sus productos e incorporando la disponibilidad de datos de la red de forma horaria.

1. CATNET, red catalana de estaciones permanentes GNSS

1.1 Estado actual de la red CATNET

Desde 1991 el ICC está trabajando en el proyecto SPGIC (Sistema de Posicionamiento Geodésico Integrado de Catalunya) [1]. SPGIC se define como un conjunto de hardware, software, datos, comunicaciones, soporte técnico y normas legales que permiten el posicionamiento sobre el territorio de Catalunya [2].

El núcleo del proyecto SPGIC lo constituye la red de estaciones permanentes GNSS que el ICC ha implantando sobre Cataluña (CATNET). La red se concibió principalmente para ofrecer un servicio público de disponibilidad de datos GPS, siendo el principal cliente el propio ICC para las necesidades de posicionamiento cinemático de sus aviones (orientación de sensores aerotransportados). Se diseñó (Figura 1) a partir de un triángulo fijado en los tres extremos del territorio catalán que se ha densificado progresivamente hacia el interior. A lo largo de 1999 se completó la 1ª fase de densificación (Figura 1, línea continua), estando la red formada por un total de 8 estaciones.

CATNET le permite al ICC cubrir todas sus necesidades de posicionamiento con autonomía, facilitándole los siguientes productos:

- una amplia cobertura territorial de datos, suficiente para trabajar con gran precisión las necesidades de posicionamiento cinemático de los trabajos realizados con los aviones del ICC (orientación de sensores aerotransportados)
- posiciones muy precisas en el sistema ETRS89, útiles para evaluar la transformación de datum entre los sistemas ED50 y ETRS89
- densifica la red EUREF (red de estaciones permanentes GPS europea, o EUREF Permanent Network-EPN) en Cataluña
- datos para la cuantificación de la deformación cortical a partir del ajuste milimétrico de redes GPS como PotSis (campana PotSis'99) [3] y series temporales geocinemáticas (EUREF SP) [4]

- series de datos para el estudio y desarrollo de modelos numéricos de predicción meteorológica [5] (participación en los proyectos Magic e Iguana)
- series de datos para la colaboración y participación en diferentes proyectos de investigación como la calibración de satélites altímetros, o meteorología con GPS [6]

En referencia a la componente de servicio público de la red CATNET, actualmente se ofrece al público un gran número de servicios gratuitos y de libre acceso, que se adaptan a las diferentes necesidades que se van planteando en la comunidad geomática según avanza la tecnología en este campo. Se ofrecen soluciones tanto para resolver el posicionamiento en tiempo real como en postproceso, atendiendo a las necesidades de los usuarios según las precisiones y método de trabajo, tal como se desglosa en el apartado 3.

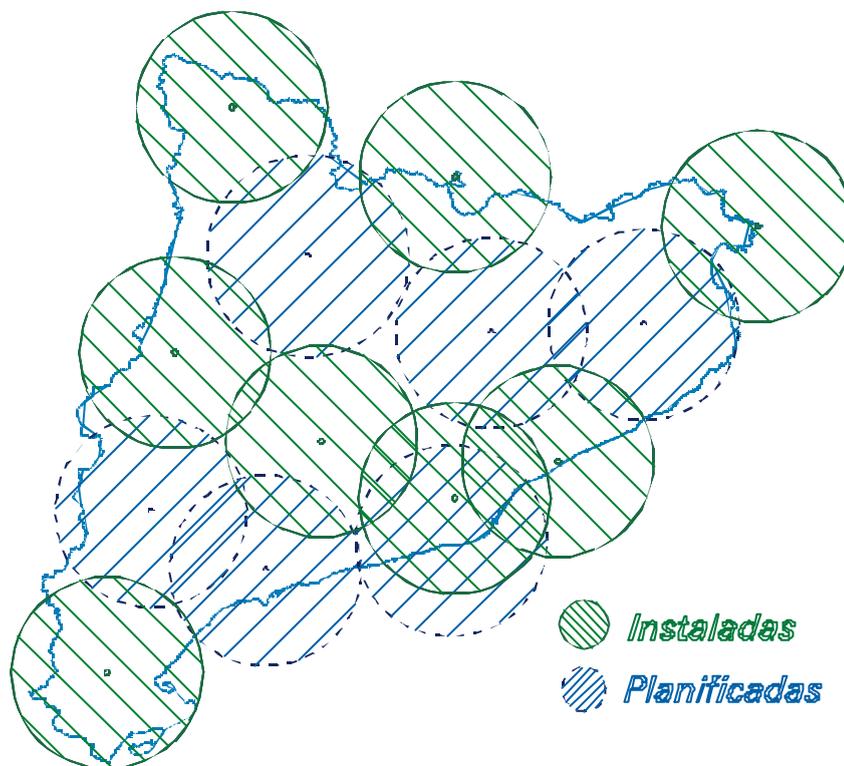


Figura 1: CATNET, configuración de la red de estaciones permanentes GNSS

1.2 Densificación de la red

Desde 2000 está en marcha la 2ª fase de densificación (Figura 1, línea discontinua) de la red CATNET que deberá concluir con un total de 14 estaciones en el 2004. La cobertura proporcionada por un conjunto de 14 estaciones permitirá implementar sistemas de posicionamiento RTK en tiempo real sobre todo el territorio de Catalunya de una

forma fiable y robusta, ya que la distancia media entre estaciones pasará a ser de 100 a 70 km. Para esta segunda fase de densificación el ICC pretende desarrollar el siguiente calendario de despliegue de las seis estaciones adicionales: una de ellas (GARR) ya es operativa desde Noviembre de 2002, tres (SBAR,REUS,GIRO) se construirán en el 2003 y las dos restantes (OEST y ORGA) en el 2004 . A medida que la implantación avance lo hará también la cobertura de los servicios de posicionamiento asociados. La densificación propuesta es la mostrada en la figura 1, en línea continua la 1ª fase y en discontinua la 2ª.

1.3 Arquitectura de las estaciones CATNET

Una estación permanente GNSS está concebida como un conjunto de software, hardware, e infraestructuras que permiten obtener datos de las observaciones de las constelaciones GNSS de manera continua en un punto con coordenadas que se conocen con gran precisión. Partiendo de este concepto, podemos distinguir dos tipos de estación: geodinámica, como aquella en que el punto con coordenadas conocidas es materializado con una estructura de gran robustez anclada en el subsuelo y que nos va a permitir usar sus datos para estudios de deformaciones corticales; no geodinámica, con una estructura que nos garantiza la estabilidad de la antena aunque no precisiones milimétricas a largo plazo.

Todas las estaciones implementadas en la 1ª fase de la red CATNET pertenecen al tipo de estación geodinámica, y como tales se están utilizando (redes EUREF, IGS, campañas POTSIS, RESPYR), mientras que en la segunda fase se van a combinar estaciones geodinámicas con estaciones no geodinámicas.

Basándonos en el primer tipo de estación, pensada para un uso geodinámico, podemos decir que se han establecido a partir de un modelo estándar consistente en un equipo GPS completo de doble frecuencia con antena de reducción de multipath tipo *Choke Ring* o tecnología similar, instalada sobre un monumento cilíndrico de hormigón de 3 metros de altura y 50 cm de diámetro, anclado en roca fresca y con centrado forzoso (Figura 2). Con dos vías de obtención de datos, por motivos de redundancia, éstos pueden almacenarse sobre PC en la estación y recogerse desde el ICC vía módem, o bien transmitirse directamente (tiempo real) del receptor al ICC vía satélite a través de la red VSAT (Very Small Aperture Terminal). La tecnología VSAT se está desplegando desde el año 1999, con la intención de que sea el sistema principal de obtención y transmisión de datos GPS, cubriendo en la actualidad 7 del total de 9 estaciones. Este despliegue se realiza conjuntamente con la Unidad de Geología que lo ha implantado en su nueva red sísmica [7].

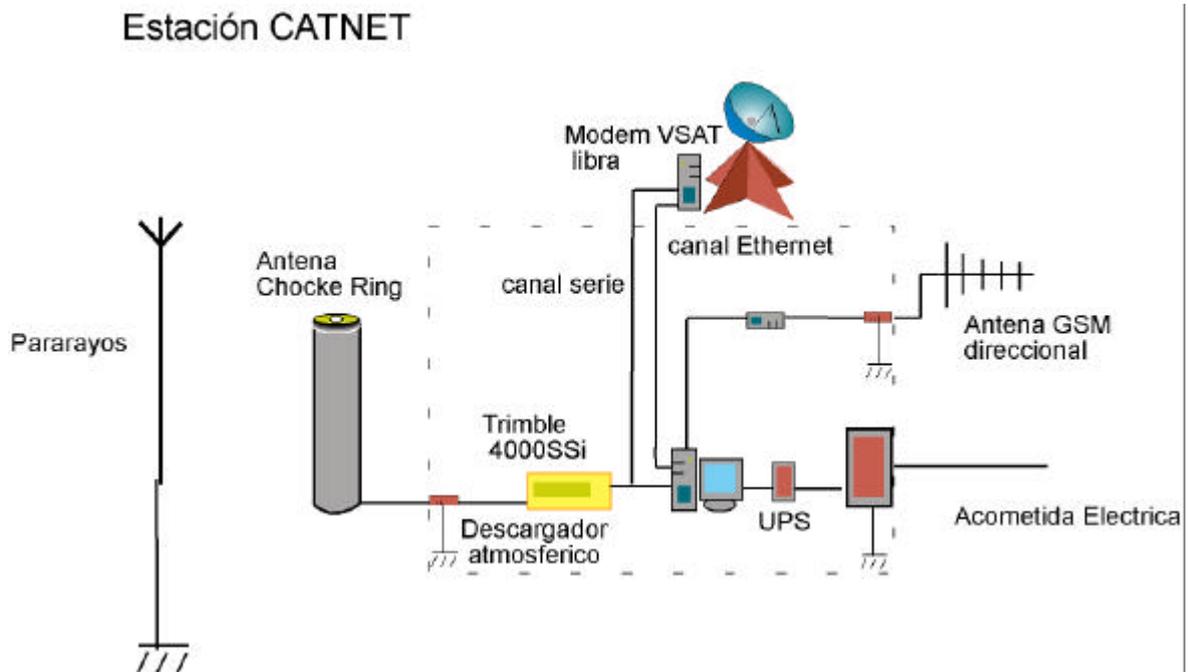


Figura 2: Arquitectura de una estación CATNET estándar.



Figura 3: Llivia (LLIV), estación CATNET estándar.

El sistema doble de almacenaje VSAT/PC añade robustez a las estaciones. Con este sistema de adquisición de datos se aumenta el nivel de operatividad de cada estación, ya que en el caso de caída del sistema principal, el secundario seguirá proporcionando información, y solamente en el caso de averías de envergadura (receptor o corte prolongado suministro eléctrico) se van a perder datos. Únicamente las estaciones de Escòrnacrabes (ESCO) y les Avellanes (AVEL), por razones de logística e infraestructura disponen de un solo sistema, aunque se están buscando soluciones para poder dotarlas también de un doble sistema de adquisición de datos.

A continuación se describe la arquitectura de los dos sistemas.

- almacenamiento de datos en la estación sobre PC.

Las observaciones de código y fase extraídas por el puerto serie del receptor GPS son registradas en un disco duro extraíble del PC instalado en la misma estación y ordenados en forma de ficheros horarios de 2 tipos: los que contienen observaciones a intervalo 1 segundo y los que contienen datos filtrados a 15 segundos; así como un archivo diario con datos filtrados a 30 segundos.

Estos archivos son almacenados en el formato estándar RINEX y organizados en directorios según su intervalo de muestreo de manera que sean fácilmente recuperables desde el ICC. El acceso a los datos de la estación se hace diariamente vía modem desde el Centro de Recepción y Control de Datos del ICC mediante protocolo IP. Este tipo de comunicación aporta muchas mejoras en la gestión y recepción de los archivos, así como futuras posibilidades de desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios. A su vez permite el control remoto del receptor de forma paralela a la gestión de datos.

- transmisión de datos de la estación al ICC en tiempo real.

El sistema de comunicaciones por satélite [7] está constituido por:

- a) un sistema central, instalado en la sede del ICC en Barcelona (Figura 5) que incluye un *Hub*, una antena de 3.8 m de diámetro y un ordenador de control integrado en una red local

b) plataformas VSAT instaladas en las estaciones permanentes al lado de las estaciones GPS y los sensores sísmicos de banda ancha.

En las comunicaciones por satélite se utiliza el protocolo TDMA con una única portadora. Esto permite que el mismo segmento espacial sea compartido por todas las estaciones de la red de forma secuencial en el tiempo. El acceso al segmento espacial está controlado por la estación central (*Hub*). El sistema de comunicaciones tiene características especiales: utiliza la misma portadora para el *inbound* y el *outbound* y minimiza el ancho de banda ocupado en el satélite, y por ende su coste. El satélite escogido para realizar las comunicaciones es el Hispasat 1 -D.

En una estación con tecnología VSAT la plataforma dispone de un buffer donde las observaciones de código y fase que extrae el receptor GPS son empaquetadas e inmediatamente enviadas al Centro de Recepción y Control de Datos del ICC vía satélite [8]. Una vez recibidos se reordenan en forma de ficheros RINEX horarios a 1 y 15 segundos de intervalo, que están listos para su distribución a los 5 minutos de finalizar la hora. De esta manera al paso de 10 minutos de la hora cualquier usuario ya puede adquirir por ftp el archivo a 1 o 15 segundos de la hora anterior.

2. Flujo de Datos

Como se ha comentado en la sección anterior, la red CATNET se soporta por dos canales de adquisición de datos. El canal principal es la red VSAT que proporciona un enlace en tiempo real continuado de las observaciones generadas en cada estación hacia el Centro de Recepción y Control de Datos en la sede central del ICC. El canal secundario se soporta por acceso telefónico al PC de cada estación mediante módems GSM o RTC (Red Telefónica Conmutada). Ambos canales usan los protocolos IP (UDP/TCP) para la transmisión de datos. La dualidad de acceso a los datos generados en las estaciones proporciona mayor fiabilidad a los servicios que se alimentan de ellos revirtiendo en una mayor calidad de servicio. El esquema básico del flujo de datos de la red CATNET se muestra en la siguiente figura.

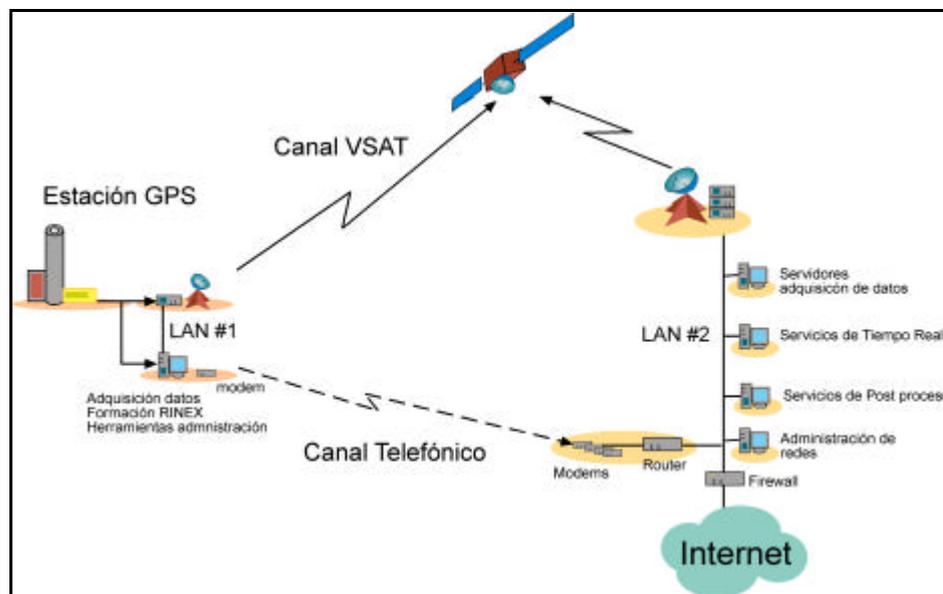


Figura 4: Diagrama de transporte de datos de la red CATNET.

2.1 Red VSAT

La red VSAT está en funcionamiento desde Mayo del 1999 y actualmente la forman 2 segmentos espaciales de 100KHz en el satélite Hispasat 1-D. Cada segmento espacial soporta hasta 7 estaciones en la configuración actual. Las estaciones remotas tienen capacidad de adquisición de datos serie del receptor GPS y de sensores sísmicos. Las estaciones remotas acceden al centro de datos siguiendo el protocolo TDMA de acceso múltiple por división de tiempo; una vez recibidas en el ICC, las tramas de datos de las distintas fuentes se almacenan en buffers circulares con capacidad de aproximadamente 1 mes de datos. A partir de ahí los distintos procesos existentes acceden a los buffers para construir los ficheros de observaciones en formato RINEX con distintos cortes horarios y de muestreo. De este repositorio de datos se nutren los servicios de posicionamiento de precisión CATPOS y los de distribución de datos como GeoFons. Por otro lado el nodo de recepción de datos de la red VSAT proporciona los canales necesarios para proveer datos en tiempo real a servicios del tipo RTK ampliado, que proporciona posicionamiento de alta precisión en tiempo real.



Figura 5: Hub central de la red VSAT y estación de LLIV.

2.2 Acceso telefónico GSM, RTC

El acceso telefónico a las estaciones se realiza desde un router en el nodo central, que centraliza todos los enlaces desde el Centro de Recepción y Control de Datos a los nodos remotos. La centralización de este enlace permite a las aplicaciones de los distintos servicios acceder directamente a los ficheros RINEX que se generan en la estación remota mediante sesiones FTP o bien acceder al flujo de datos en tiempo real del receptor, en el formato propietario del fabricante, desde un servidor de sockets de modo que pueda proporcionar datos en tiempo real a servicios que así lo requieran en caso de caída del enlace satélite.

Los nodos remotos proporcionan servicios para la administración de los equipos instalados en las estaciones, vía TELNET y otros programas de gestión remota de equipos, además de enviar informes de estado periódicamente de sus variables principales como capacidad restante de disco, histórico de datos residente en la estación y otros de diversa índole.

2.3 Centro de Recepción y Control de Datos

El centro de recepción de datos reúne los servidores de adquisición de datos de los distintos canales de transmisión, los servicios de distribución y la monitorización de estado de la red CATNET. Los nodos con tareas críticas tienen asociados procesos de monitorización de estado en entorno visual. Periódicamente se publican vía web los parámetros principales del servicio a fin realizar un seguimiento de su correcto funcionamiento y poder realizar acciones de mantenimiento preventivo.

Desde el Centro de Recepción y Control de Datos se distribuyen los archivos generados por cada estación a diferentes servidores de datos. Diariamente los diferentes archivos de datos de cada estación se publican en diversos centros de distribución de datos como GeoFons, propio del ICC, EUREF y IGS.

3. Servicios de CATNET

Para aprovechar al máximo las capacidades de tiempo real de CATNET el ICC está trabajando en el despliegue de diferentes servicios con la finalidad de aproximar CATNET al usuario final. También se han introducido mejoras en los diferentes servicios existentes.

4.1 GEOFONS

El servicio GeoFons, iniciado en 1995 y que actualmente se ofrece a través de Internet, ha sido ampliado y mejorado, ofreciendo en este momento los siguientes productos:

- Observaciones de la red CATNET. Se ha adoptado el formato estándar RINEX (Receiver International Exchange Format) para todos los archivos GPS, como estandarización de productos.
- Geoides, transformaciones de datum, coordenadas de la Red Utilitaria de Cataluña, coordenadas de la Red Astronómica de Cataluña
- Reseñas de la Red Utilitaria de Cataluña
- Software de libre distribución creado por el ICC

Diariamente están disponibles en la red los archivos de observables GNSS de las estaciones AVEL, BELL, CREU, GARR, EBRE, ESCO, LLIV, MNTC y PLAN, tanto en forma de archivos horarios a 15 segundos, como en archivos diarios a 30 segundos. Además, la tecnología VSAT permite ofrecer a los usuarios archivos horarios a 1 segundo de AVEL, BELL, CREU, EBRE, GARR, LLIV y PLAN al cabo de pocos minutos de completarse la hora en curso. Esta capacidad se ampliará al resto de las estaciones según éstas vayan incorporando el sistema VSAT.

La disponibilidad on-line de los archivos horarios es de 30 días, aunque también se ofrece servicio off-line bajo pedido a geofons@icc.es.

El acceso al servicio GeoFons es libre y gratuito a través de ftp anónimo a <ftp.icc.es>; se puede encontrar más información en www.icc.es.

4.2 SERVICIOS DGPS

- RASANT. El servicio RASANT de transmisión de correcciones de código RTCM SC-104 [9] vía Radio Data System (RDS) que el ICC viene ofreciendo desde mediados de 1995, inició su fase operativa a principios de 2001 con la entrada en funcionamiento del Sistema de Monitorización de Integridad, según los estándares RSIM [10]. Este ha sido un salto cualitativo muy importante en cuanto al servicio prestado ya que ha dotado al sistema de redundancia y robustez. Este sistema nos permite monitorizar continuamente el estado de la difusión y calidad de las correcciones transmitidas, y por tanto el control. Si a esto le añadimos una segunda estación generadora de correcciones y un sistema capaz de dar salida a ésta en caso de disfunción o mala calidad de datos en la estación principal, tenemos garantizada la continuidad y redundancia del servicio.

En la figura 6 se describe la arquitectura del sistema de monitorización de integridad, con un receptor primario, Bellmunt (BELL) y un receptor secundario, les Planes (PLAN) que generan las correcciones diferenciales, y el sistema de monitorización ubicado en Torre de Collserola.

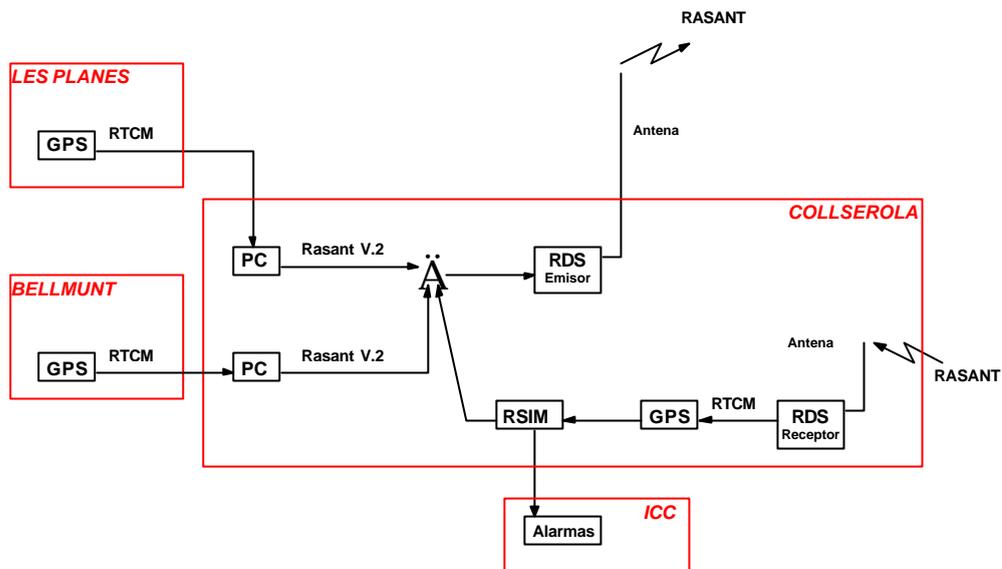


Figura 6: Fase 2 de la monitorización del sistema RASANT

- CATNET-IP. El uso extenso de Internet y las facilidades de acceso actuales para dispositivos móviles así como su capacidad para transmitir datos de forma continua hacen de este medio de transporte de datos un medio adecuado para ofrecer servicios de posicionamiento diferencial. Con este objetivo e impulsado por el BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) dentro del proyecto EUREF-IP [11] el ICC ha puesto en marcha en fase de pruebas el servicio CATNET-IP, basado en una estación instalada en la sede del propio ICC.

El servicio funciona bajo la filosofía de cliente-servidor. El servidor recoge los datos de un receptor GPS y pone a disposición de los clientes, vía puertos TCP/UDP, los datos que este genera. La IANA (Internet Assigned Numbers Authority) ha reservado los puertos 2001 y 2003 para la difusión de datos GPS diferenciales por Internet. Así las aplicaciones cliente, residan en plataformas fijas o móviles, a través de su conexión a Internet seleccionaran el servidor más cercano a su posición y conectarán su aplicación cliente que se encargará de retransmitir la información del servidor al receptor GPS por un canal serie. Actualmente además del servidor de Barcelona se pueden obtener correcciones diferenciales de otros servidores por distintas partes de Europa como Suiza, Italia y Alemania. Existen numerosos programas para acceder a datos DGPS por Internet, para más información del proyecto y descargar los programas ejemplo se puede consultar la página http://igs.ifag.de/euref_realtime.htm.

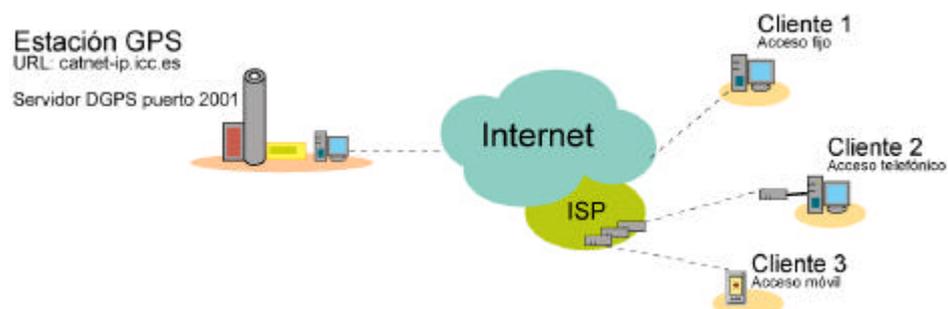


Figura 7: Flujo de datos en CATNET-IP.

4.4 SERVICIOS DE RTK AMPLIADO

En el campo de los servicios de correcciones de fase en tiempo real o RTK, existen varias soluciones para proveer servicio, desde RTK simple que consiste en transmitir correcciones de fase desde una única estación a los clientes que se encuentran en la vecindad de la estación, hasta RTK ampliado que permite aumentar el límite operativo situado a unos 20 km de la estación de referencia, en RTK simple, hasta más allá de los 35 km. Los servicios RTK ampliados, también conocidos como soluciones de Red RTK o estaciones de referencia virtuales [12], se valen de los datos recogidos por varias estaciones de referencia que encierran un área. Con los datos de estas estaciones se construye un modelo de errores del área de influencia que permite ampliar la zona de validez de las correcciones que se ofrecen.

Después de varios años de pruebas con distintos sistemas de transmisión y distintos formatos de correcciones, actualmente el ICC ha optado por una solución de red a partir de la generación de una estación virtual. El sistema de correcciones RTK de red permite ofrecer servicios de correcciones de fase en un área más extensa de la que cubre un servicio RTK desde una sola estación de referencia. El área de servicio se delimita por un mínimo de cuatro estaciones de referencia con una distancia media de 70 km. El sistema recoge las observaciones de las cuatro estaciones en tiempo real mediante enlaces dedicados. La cobertura de áreas mayores se realiza a modo de colmena, similar a otros servicios como la telefonía móvil, formando clusters de servicio. Para cada cluster se modela la ionosfera, troposfera y otros parámetros de interés del área de servicio. Los usuarios al conectarse facilitan su posición calculada con GPS absoluto; a partir de la posición se determina la estación de referencia más cercana al usuario y juntamente con el modelo correspondiente al cluster donde está ubicado se sintetiza una estación de referencia virtual en las coordenadas facilitadas por el usuario. De esta forma el usuario obtiene correcciones de fase de una estación de referencia situada a una distancia equivalente al error cometido por el receptor del usuario en modo absoluto.

A diferencia de los servicios clásicos de correcciones, el servicio de correcciones RTK en red requiere de canales bidireccionales para poder dar el servicio, ya que el usuario ha de transmitir su posición. Con las tecnologías actuales la vía directa para proporcionar el servicio es una llamada GSM por cliente a un centro de llamadas que gestiona el servicio para los distintos usuarios. Otra opción que se está desarrollando es el acceso por Internet de los usuarios, dejando en sus manos el enlace móvil a Internet.

4.5 CatPos

El ICC está desarrollando el servicio público gratuito de posicionamiento online CatPos, por el cuál provee a los usuarios GPS de coordenadas centimétricas (inferiores a 10 cm dependiendo de la calidad de los datos) a partir de la red de estaciones CATNET.

Se pretende ofrecer un sistema de posicionamiento en postproceso basado en datos GPS de doble frecuencia, observados en modo estático, en formato RINEX y a través de tecnología Internet. Para obtener las coordenadas del punto deseado, el usuario debe cumplimentar un cuestionario (datos personales y técnicos) desde donde enviará su archivo de observaciones GNSS. Inmediatamente se activa un proceso automático basado en el *Bernese Processing Engine* (BPE) del *Bernese Software Package v.4.2* [13]. Cada archivo será procesado respecto a tres estaciones CATNET. Las estaciones seleccionadas pueden no ser las más próximas pero son escogidas teniendo en cuenta la distancia, número de observaciones, operatividad, etc. La posición asociada a los datos junto con un informe del proceso será devuelta al usuario vía correo electrónico, en pocos minutos, o en su defecto el informe del proceso, dependiendo de diferentes factores: cantidad de observaciones, calidad de las mismas, disponibilidad de estaciones cercanas, etc.

Estudios preliminares realizados con datos de la propia red CATNET indican que el objetivo de precisión de 10 cm -para sesiones de observación mayores de 30 minutos- es totalmente viable. La principal ventaja de este servicio es que permite el posicionamiento preciso en cualquier parte del territorio de Catalunya y no sólo en zonas de cobertura de recepción de correcciones como ocurre, por ejemplo, con RASANT. El punto crítico está en que la calidad del fichero de observables depende de muchos factores únicamente conocidos por el usuario, pero totalmente ajenos al proceso de cálculo (como saltos en los datos debidos a obstrucciones por el paso de vehículos, estacionamiento cerca de fuentes de radiación o multipath, etc.). Por tanto la calidad de las coordenadas dependerá directamente de la calidad de adquisición de los datos iniciales del usuario.

Conclusiones

Gracias a una 2ª densificación de la red CATNET y a la culminación del despliegue de la red VSAT, el ICC va a poder mejorar sus servicios de posicionamiento. En particular permitirá ofrecer un servicio de posicionamiento en tiempo real RTK de alta precisión. La incorporación de los protocolos IP en los sistemas de transporte de datos de la red son un valor añadido que permite al ICC ampliar su oferta de servicios públicos, así como mejorar substancialmente los ya existentes, dando una mayor garantía de calidad en sus productos.

Agradecimientos

Para el grupo de sismología del ICC tanto por los estudios geológicos de las estaciones y asesoramiento, como por la colaboración en el despliegue de la red VSAT. A RSE por sus aportaciones en la mejora de las infraestructuras. Al CTGC por su asesoramiento y colaboración en el desarrollo de nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

- [1]. Colomina,I, Térmens, A., Ortiz,M.A., Talaya,J., 1995. SPGIC: Integrated Geodetic Positioning System of Catalonia. International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) XXI General Assembly, 2.7.95 -- 14.7.95 Boulder, (Colorado – EEUU).
- [2]. Colomina,I, Ortiz,M.A., Térmens,A., 1995. Redes geodésicas virtuales. Maratón GPS. Madrid,3-4 Abril 1995.
- [3] Goula,X., Fleta,J., Carstellote,M., Térmens,A., 2001. Present deformation and seismic potentiality in the Eastern Pyrenees. Workshop on the Geodynamics of the western part of Eurasia-Africa Plate Boundary (Azores-Tunisia). Boletín ROA Nº 3/2001. San Fernando, Spain. May 31-June2, 2001.
- [4] EUREF Technical Working Group, 2000. EPN Special Project, Time Series for Geokinematics. EUREF Symposium, Tromso, June, 2000. http://www.epnch.oma.be/projects/sp_timeseries.html
- [5] Haase,J., Calais, E.,Talaya,J., Rius,A., Vespe,F., Santangelo,R., Huang,X.-Y., Davila,J., Ge,M., Flores,A., Vedel,H., Mogensen,K., Yang,X.,1999. The MAGIC project: GPS meteorology in the Mediterranean and requirements for data consistency and quality. European Geophysical Society XXIV General Assembly, The Hague, The Netherlands, 19-23 April 1999.
- [6] Martinez-Benjamin,J.J., Martinez-Garcia,M., Ortiz,M.A., Talaya,J., Kruizinga,G.L.H., Haines,B., Garate,J., Davila,M., Ferrandiz,J.M., Vigo-Aguiar,M.I., Perez,B., Alvarez,E., Colombo,O.L., Chao,B., Shum,CK., 2000. The TOPEX/POSEIDON CATALA Altimeter Calibration Campaign. American Geophysical Union, AGU -2000 Spring meeting, 31.5.00 - 3.6.00, Washington.
- [7]. Roca, A., Goula,X., Olmedillas J.C., Talaya,J., 1998. Redes de Observación Geofísica con plataformas VSAT. Proyecto de red del Institut Cartogràfic de Catalunya. Jornadas científicas, 100 años de observaciones sismológicas en San Fernando. Julio 1998, San Fernando.
- [8]. Bosch,E., 2000. Nuevas tecnologías para el establecimiento de servicios de correcciones diferenciales GPS. IV Semana Geomática de Barcelona, 3-6 Abril, 2000.
- [9]. RTCM Recommended Standards For Differential NAVSTAR GPS Reference Station and Integrity Monitors (RSIM). Version 1.0. Developed by RTCM Special Committee No. 104.
- [10]. Talaya,J., Mesa,J., Segarra,J., Colomina,I., 1997. El Sistema DGPS RASANT en Cataluña. III Semana Geomática de Barcelona, 8-11 Abril 1997.

- [11] Weber, G.EUREF and Real Time Products. http://igs.ifag.de/euref_realtime.htm
- [12] Vollath,U., Deking,A., Landau,H., Pagels,C., 2001. Long-Range RTK Positioning Using Virtual Reference Stations. International Symposium on Kinematics Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation. The Banff Centre. Banff, Canada, June 5 - 8, 2001.
- [13] Hugentobler,U., Schaer,S., Fridez,P., February 2001. Bernese GPS Software Version 4.2. Astronomical Institute, University of Berne. <http://www.aiub.unibe.ch/bernese.html>
- [14] Goula,X., Jara,J.A., Susagna,T., Roca,A., 2001. A New Broad-Band Seismic Network with Satellite Transmission in Catalonia (Spain). <http://orfeus.knmi.nl/newsletter/vol3no1/catalonianet.html>
- [15]. Ortiz,M.A., Talaya,J., Bosch,E., Parareda,C., 1998. GPS diferencial en tiempo real en Cataluña. II Maratón GPS. 16 – 17 Noviembre, Madrid.
- [16]. RTCM Recommended Standards For Differential NAVSTAR GPS Service. Version 2.2. Developed by RTCM Special Committee No. 104.
- [17]. Talaya,J., Bosch,E., 1999. CATNET, a permanent GPS network with real-time capabilities. Proc. ION GPS-99, 12th Int. Tech. Meeting of The Satellite Division of The U.S. Institute of Navigation, 14-17 September, Nashville, (Tennessee – EEUU).
- [18]. European Telecommunication Standard Institute, 1997. Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcastig (DAB) to mobile, portable and fixed receivers. Final draft ETS 300 401 January 1997 Second Ed.
- [19] http://www.nanometrics.ca/products/libra/libra_contents.htm