

Introducción al concepto de redes VRS (Virtual Reference Stations)

Christian Luttenberger
Segment Manager Infrastructure
Trimble Europe
<http://www.trimble.com>
Christian_luttenberger@trimble.com

Miguel Amor
Application Engineer Spain&Portugal
Trimble Navigation Ibérica
<http://www.trimble.com>
Miguel_amor@trimble.com

RESUMEN

El artículo pretende explicar y dar un conocimiento general de la tecnología de redes de estaciones de referencia con tecnología VRS, la cuales han experimentado un gran crecimiento y desarrollo en los últimos años en muchos de los países de Europa en los cuales se encuentran totalmente operativas y afianzadas. Sin duda la tecnología VRS es una de los grandes adelantos en el campo de la topografía en los últimos años, sin embargo aún es una tecnología desconocida para muchos usuarios de este país, aunque ya existe en modo de pruebas la primera red VRS instalada en España por el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

1. CONCEPTO

Alta precisión RTK con equipos GPS, es hoy en día una de las técnicas topográficas más extendidas, pero su uso está restringido por los efectos de la ionosfera y troposfera, la cual crea errores sistemáticos en los datos brutos. En la práctica, esto significa que la distancia entre el receptor móvil (rover) y su estación de referencia debe ser reducida para poder trabajar de una forma efectiva.



Figura 1. VRS

En algunos países existen redes de estaciones de GPS que suministran datos a usuarios para mediciones RTK pero debido a la necesidad de distancias cortas entre la estación de referencia y el receptor móvil,

las redes necesitan ser muy densas. Aunque la densidad sea suficiente para aplicaciones DGPS, algunas redes nacionales no son suficientemente densas para ofrecer una cobertura completa para RTK, en las cuales existen zonas sin cobertura. La situación es peor durante los periodos de alta actividad solar, tal como los primeros años del nuevo milenio.

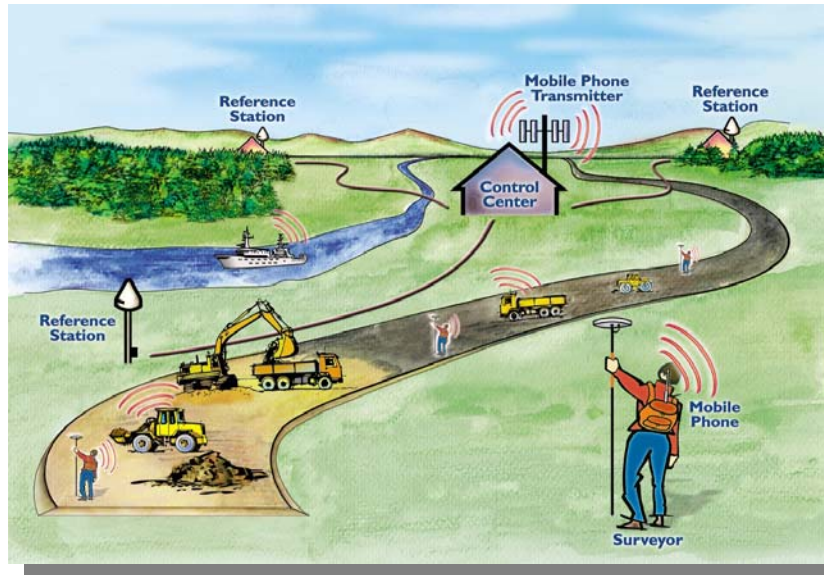


Figura 2. Esquema de comunicaciones en el campo

El concepto de VRS ofrece una nueva oportunidad para las redes de estaciones de referencia GPS. Cuando utilizamos esta tecnología, los errores sistemáticos son reducidos o eliminados en la estación de referencia, esto, no solo permite al usuario incrementar la distancia entre los "rovers" y la estación de referencia si no que también incrementa la fiabilidad de el sistema y reduce el tiempo de inicialización. El concepto puede ser usado no solo para configurar nuevas redes, sino para mejorar el funcionamiento de redes ya establecidas.

Existen dos tecnologías de envío de correcciones de red a los usuarios en campo, la tecnología VRS, gestionada por el software GPSNet de Trimble que utiliza comunicaciones bidireccionales (GSM, GPRS) entre el servidor central GPSNet y los usuarios en campo. La característica principal de esta tecnología es que elimina de una forma muy importante los errores ionosféricas y troposféricas. El otro tipo de tecnología es la FKP que está orientada a soluciones "broadcast" (ej.radio)

Mientras la mayoría de los clientes de GPSNet de Trimble hacen uso del software para suministrar datos VRS para los usuarios en el campo, el software GPSNet también puede suministrar una solución de "broadcast". La solución de "broadcast" está basada en el "Standard" SAPOS FKP. El mensaje SAPOS FKP es adecuado para sistemas como radios, aunque puede trabajar con teléfonos móviles. El formato del mensaje SAPOS FKP está basado en el mensaje RTCM 2.3 y puede ser interpretado por los "rovers" de Trimble R7, R8, 5700 y 5800 directamente. Por tanto GPSNet de Trimble ofrece una solución completa para VRS y modo "broadcast" SAPOS FKP en el mismo paquete de software GPSNet.

El concepto de VRS (Virtual references station) está basado en una red de estaciones de referencia GPS continuamente conectadas mediante líneas de teléfono, DSL/Cable, etc. a un centro de control que continuamente recoge la información de todos los receptores y crea una base de datos viva de las correcciones de la región que engloba la red.

Estas correcciones son utilizadas para crear una estación de referencia virtual situada solo a unos metros de donde el "rover" está situado, junto con los datos brutos del propio receptor "rover", este interpreta y utiliza los datos exactamente igual que si los datos viniesen de una estación de referencia real situada al lado del equipo "rover".

Cada estación de referencia está equipada con un receptor, antena, alimentación y un módem (RDSI/DSL/cable/..) por el cual comunica con el centro de control. El ordenador en el centro de control en el cual corre GPSNet es el cerebro del concepto de VRS. Mientras todos los receptores están conectados en la red, el centro de control realiza varias tareas:

- Importar datos brutos y chequear la calidad
- Almacenamiento de RINEX y RINEX comprimidos
- Correcciones del centro de fase de la antena (soportados modelos relativos y absolutos)
- Estimación y modelizado de errores sistemáticos.
- Generación de datos y crear posiciones virtuales de el receptor rover.
- Generación de correcciones RTCM para una posición virtual.
- Transmisión de datos RTCM al "rover" en el campo.
- Generación de correcciones transmitiendo correcciones de red SAPOS FKP
- Análisis "multipath" en tiempo real.

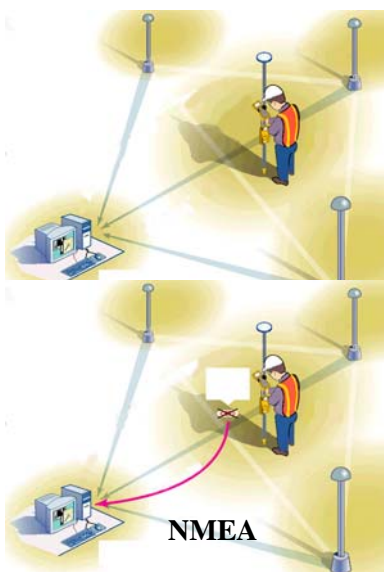
El GPSNet (con el modulo RTKnet) también ejecuta cálculos continuos de los siguientes parámetros analizando las observaciones de fase:

- Errores ionosféricos
- Errores troposféricos
- Errores de efemérides
- Ambigüedades para L1 y L2

Cuando se están ejecutando estas tareas el "software" hace uso de la información de toda la red. Los triángulos son solo usados para una mejor visualización en pantalla de la red; pero estos triángulos no son usados para un cálculo de las correcciones.

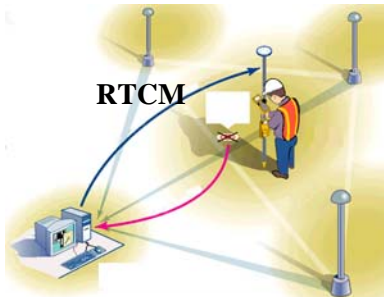
Utilizando los parámetros calculados, GPSnet y RTKNet recalculará todos los datos GPS, interpolando para examinar la posición del "rover", el cual puede estar en cualquier localización dentro de la red. Esta metodología hace que los errores sistemáticos para RTK sean reducidos considerablemente.

2. FLUJO DE DATOS EN VRS

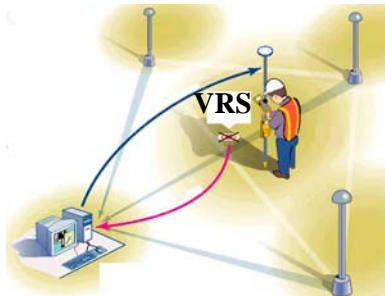


El servidor central GPSnet recibe los datos de todas las estaciones de referencia para crear un modelizado de la zona eliminando errores sistemáticos (ionosféricos, troposféricos...) y un análisis multipath en tiempo real de cada una de las estaciones de referencia.

El receptor "rover" envía su posición aproximada al centro de control donde está funcionando GPSnet mediante un mensaje GGA el cual está disponible en la mayoría de los receptores del mercado.. Esta operación se realiza utilizando un tipo de comunicación bidireccional como GSM/GPRS.



El centro de control acepta la posición y responde enviando correcciones RTCM al receptor "rover". Tan pronto como se recibe, el "rover" calcula una posición DGPS de calidad que servirá para actualizar su posición y enviarla de nuevo al centro de control. Esta posición tiene una precisión de 1 m lo que asegura que las distorsiones sena prácticamente iguales.



Esta técnica de creación de datos de estaciones de referencia, invisibles, "virtuales" es lo que da el nombre al concepto de "estaciones de referencia virtual (VRS)". Utilizando esta técnica es posible alcanzar un rendimiento centimétrico en mediciones RTK dentro de la red.

La precisión horizontal es de 1 a 2 cm. cuando las distancias entre las estaciones de referencia son de 50 a 70 km. Esta distancia depende de las propias características de la zona, por ejemplo en zonas con alta actividad ionosférica necesitaría una mayor densidad de estaciones en la red.

3. CENTRO DE CONTROL GPSNet

El "software" GPSNet es el cerebro del sistema y funciona sobre Windows 2000 o superior. Utiliza un entorno gráfico que permite, la comunicación con cada una de las estaciones de referencia y controla cada una de las configuraciones de la red. Nos muestra información del modelo actual de la red incluyendo los parámetros calculados para cada momento. El sistema puede ser configurado en cada momento, añadiendo o eliminando estaciones de referencia y cambiar dinámicamente los cambios.

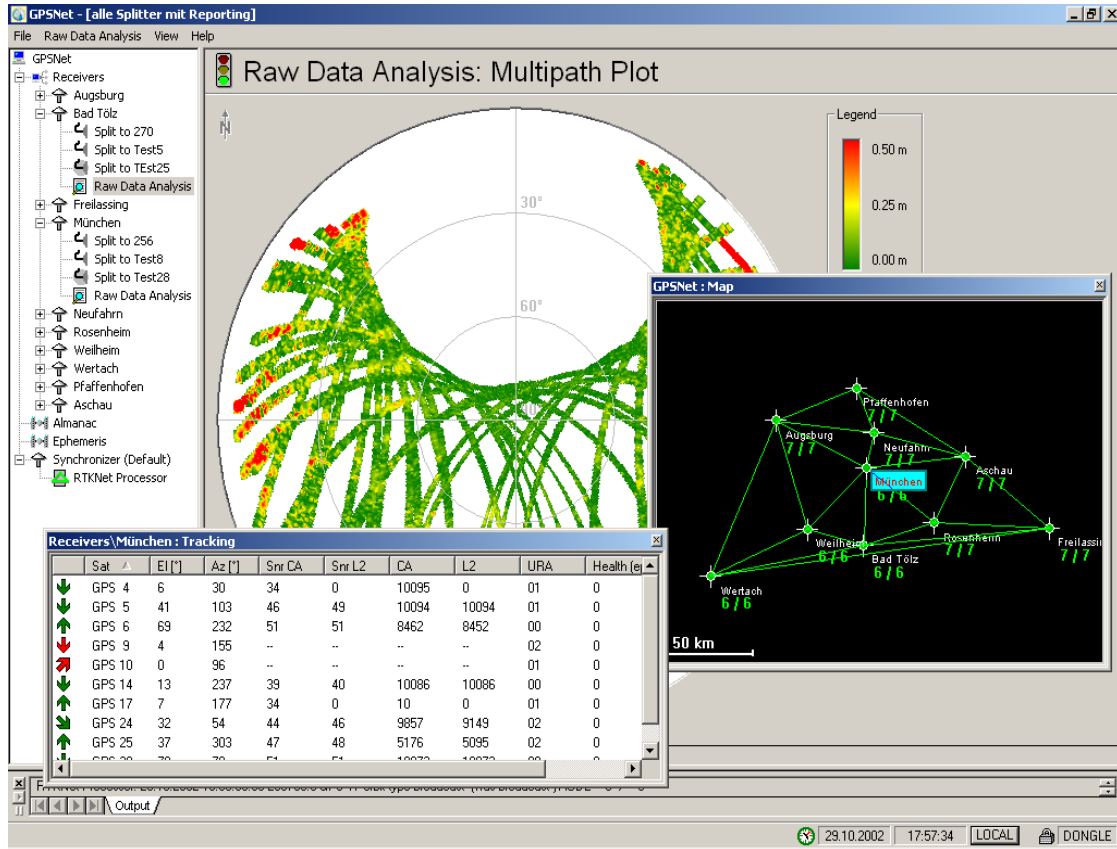


Figura 4. Pantalla de Análisis multipath

Además GPSnet incluye la opción Web Server, que permite una fácil administración y distribución de todos los archivos RINEX, además ficheros de navegación, observación, meteorológicos, etc.

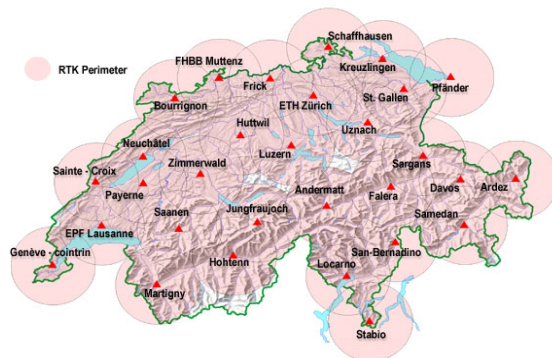


Figura 5: Red VRS en Suiza con GPSNet de Trimble

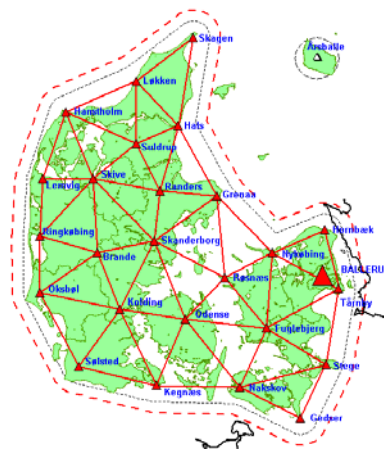


Figura 6: Red VRS en Dinamarca con GPSNet de Trimble <http://www.GPSNet.dk>

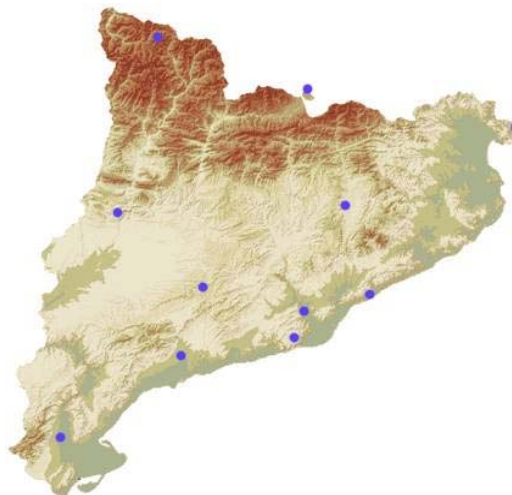


Figura7: Red VRS del ICC (Institut Cartografic de Catalunya). Primera red VRS en España.

4. COMUNICACIONES

Podemos utilizar diferentes métodos para transferir los datos desde las estaciones remotas al centro de control.

- Líneas analógicas o digitales continuas (RDSI, DSL, Cable, PLC, Satélite, etc.). Este método requiere un “modem” en la estación de referencia y en el centro de control. Cuando tengamos conectados varias estaciones de referencia necesitaremos un “router”, este enviará los datos a través de nuestra red de área local (LAN) al ordenador central. El ordenador donde tenemos instalados GPSNet recibirá los datos vía IP desde el “router” identificando cada estación de referencia mediante los puertos TCP/UDP.
- Otro tipo de conexión es elegir una conexión Frame Relay. Este tipo de conexión es la más apropiada sobre todo para largas distancias. Aunque no siempre podremos disponer de este tipo de conexiones y su coste es más elevado.
- En casos de estaciones en puntos inaccesibles o lugares remotos podemos utilizar conexiones VSAT vía satélite. Este método es el utilizado por el ICC (Institut Cartografic de Catalunya) para sus comunicaciones en su red VRS.

En ambos casos los datos desde el receptor al servidor central GPSnet pueden verse directamente desde el receptor o a través de un ordenador en la estación de referencia remota con un software como GPSBase. Los datos desde el servidor GPSNet a el usuario en el campo pueden ser transferidas vía GSM o a través de líneas digitales móviles como GPRS.

Las llamadas entrantes desde los teléfonos móviles pueden ser gestionadas de dos formas. Mediante un servidor de acceso como un CISCO AS5300 que permite a los usuarios conectarse utilizando un teléfono móvil GSM y un mismo número de teléfono al que llamar todos los usuarios. El servidor de acceso asigna una dirección IP a cada uno de los usuarios para conectarse al GPSNet que crea una conexión RTCM para la posición de cada uno de los usuarios conectados, quedando un registro en el sistema de todas las conexiones, tiempos de acceso, estado de los “rovers”... etc. Otra forma de conexión de los usuarios al centro de control es vía GPRS, cuando el centro de control posee una conexión a Internet tipo DSL, Cable...etc, con IP estática o dominio. El usuario debe conocer la IP, o la URL del centro de control, pero a diferencia del método anterior la autenticación del usuario no es el número de teléfono sino un nombre de usuario y un “password”, igualmente queda un registro en una base de datos de los accesos de todos los usuarios, tiempos de conexión, estado de los “rovers” (fijos o flotantes”, etc.)

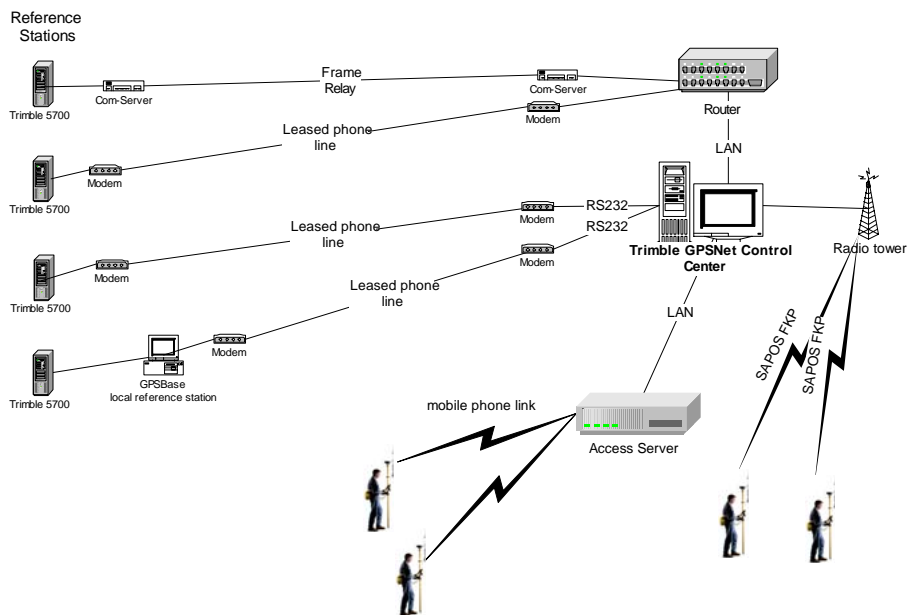


Figura 8: Esquema de conexiones con servidor de acceso

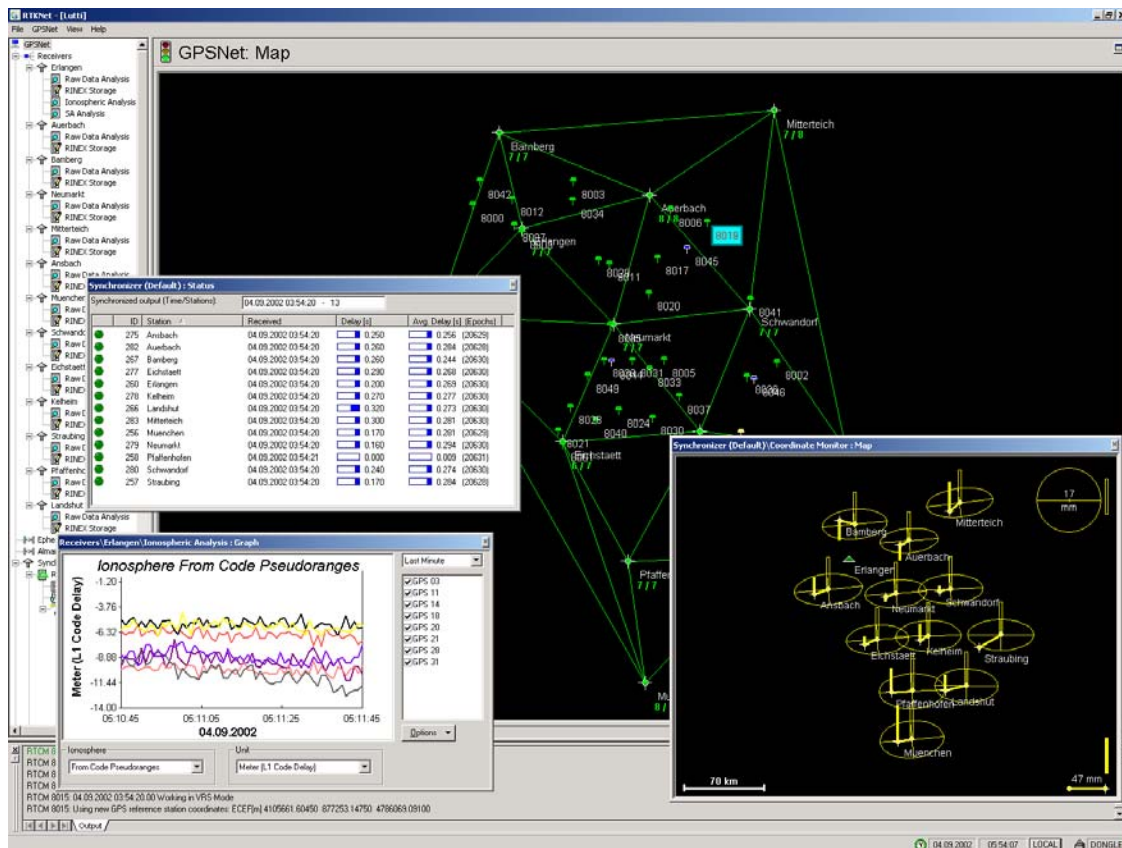


Figura 9: GPSNet gestionando una red VRS mostrando posiciones de los “rovers” conectados, retardos en las señales desde las estaciones, actividad ionosférica y control de coordenadas de las estaciones.

5. RESULTADOS REALES

Como pruebas para analizar los resultados se utilizaremos una red alrededor de la ciudad de Munich en Alemania. Esta experimentación ha sido controlado de forma continua por el “software” GPSNet. La red consistía en 7 estaciones de referencia, cada estación de referencia con un receptor doble frecuencia permanentemente conectado a la oficina de Trimble Terrasat con líneas de banda ancha (DSL, Cable, etc.). La configuración de la red se puede ver en la figura incluyendo la longitud de las base líneas.

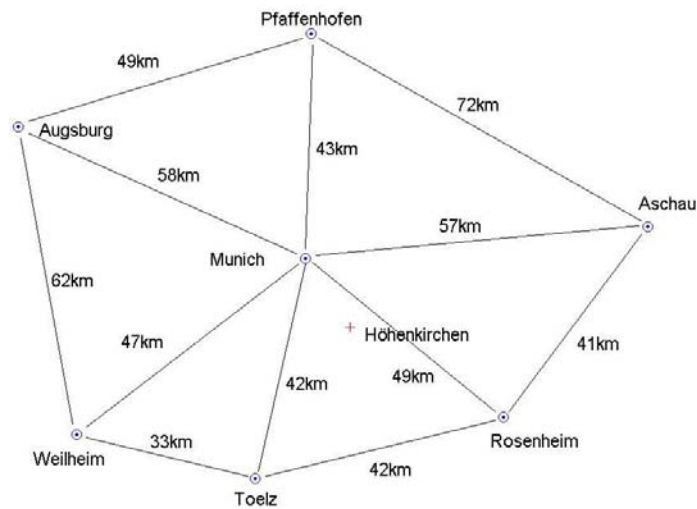


Figura 10: Red de pruebas en Munich

El software de redes RTK de Trimble GPSNet puede operar en modos VRS y “broadcast” (ej.radio). El modo “broadcast” fue el utilizado en la descripción siguiente.

Cuatro pruebas simultáneas fueron realizadas en un periodo de 40 horas para evaluar el rendimiento en modo de estación de referencia sencilla y en modo VRS. Cuatro receptores Trimble fueron conectados a la misma antena actuando como “rovers” en la oficina de Trimble Terrasat en Höhenkirchen. La base línea simple era la de Munich y Toelz con dos receptores 5700 que daban lugar a dos base líneas de 16 y 32 Km. respectivamente. Las correcciones de red eran las recibidas en los dos receptores de de Höhenkirchen. Una de estas correcciones eran las calculadas con toda la red y otras correcciones eliminando la estación de referencia más cercana que era Munich

Error Norte (32km de Baselines):

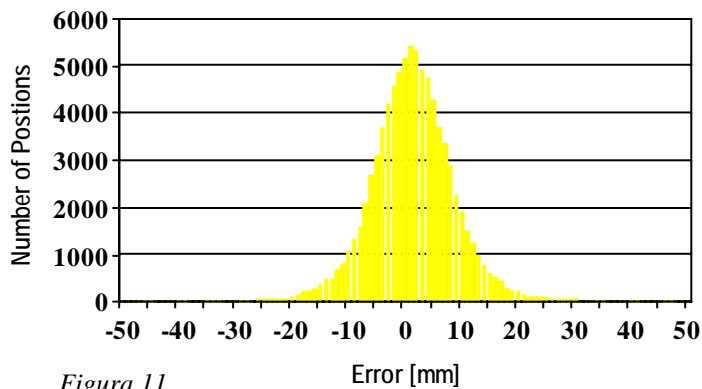


Figura 11

Error Este (32 Km. de Baselines):

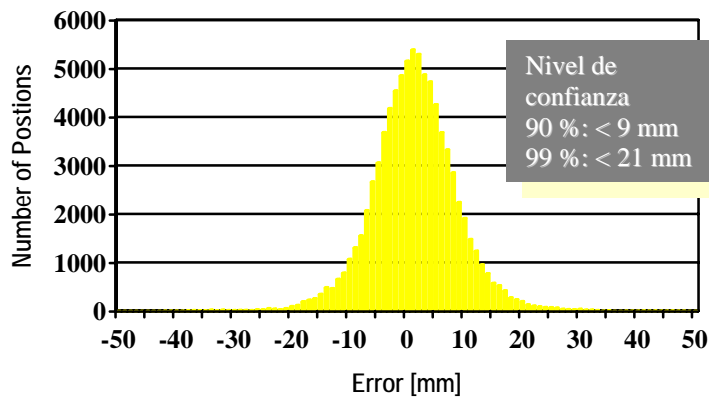


Figura 12

Error en altura (32 Km. de Baselines):

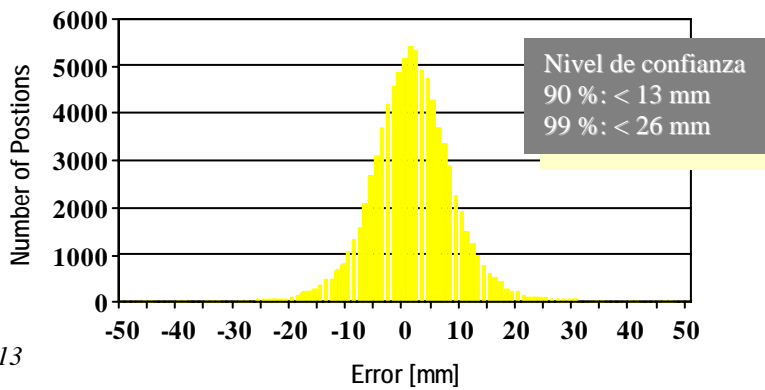


Figura 13

Inicialización Time (32 Km. Baseline):

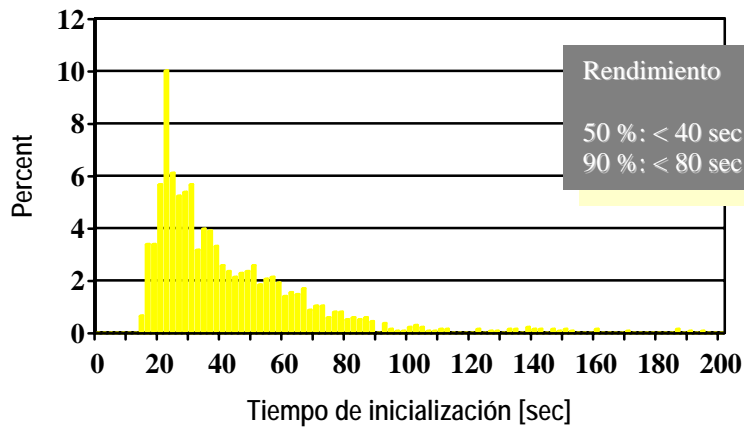


Figura 14

6. AREAS DE APLICACION

El concepto de VRS (virtual referente station), implementado por GPSNet y RTKnet permite que múltiples aplicaciones sean realizadas de forma más eficiente, largas distancias entre estaciones de referencia, eliminando la necesidad de una estación de referencia propia o temporal.

- Topografía
- Catastro
- Fotogrametría
- GIS
- Servicios (Agua, Gas, Electricidad)
- Control de maquinaria
- Control de deformaciones
- Control de flotas
- Agricultura de precisión
- Hidrografía
- Medioambiente

7. CARACTERISTICAS GPSNet

- Modelizado complete de la red de estaciones de referencia con todos los errores sistemáticos mediante algoritmos matemáticos.
- Modelizado de el efecto multipath en tiempo real
- Uso de orbitas ultra rápidas
- Generación de RTCM 2.1, 2.3 , 3.0
- Generación de CMR y CMR+
- Generación de RTCM con mensaje SAPOS FKP
- Almacenaje de datos /RINEX, OBS, DATA
- Creación de fichero RINEX VRS para post-proceso.
- Identificación del número que llama en combinación con servidor de acceso CISCO en llamadas de usuarios GSM
- Soporte de protocolo NTRIP para autentificación de usuarios conexiones a través de Internet Ej. GPRS.
- Generation de informes
- Generación de alarmas

6.1 HARDWARE Y SOFTWARE REQUERIDO

GPSnet requires the following hardware

- Windows 2000
- Requerimientos mínimos: Pentium PC con >500MHz, 512 MByte RAM, 10 GByte Hard Disk, Super VGA, ratón y teclado (< 10 estaciones)
- Recomendado: Pentium PC con >2GHz, 1 GByte RAM, >80 GByte Hard Disk, Súper VGA , ratón y teclado (< 40 estaciones)
- Conexiones de datos continuas entre las estaciones de referencia y el centro de control.
- Modems par alas llamadas recibidas vía GSM o una sola línea de teléfono con servidor de acceso como CISCO AS5300 que permite atender un numero elevado de usuarios con una sola línea (un solo número de teléfono).

- Conexión continua de banda ancha con IP estática o dominio par alas conexiones a través de Internet (Ej. GPRS)

6.2 CONEXIONES Y ESTACIONES SOPORTADAS

GPSnet soporta las siguientes conexiones a las estaciones de referencia y a usuarios RTK conectados en el campo cuando usamos un ordenador Pentium 2 a 2Ghz con dos procesadores y 1 Gbyte de RAM.

- 40 estaciones de referencia
- 50 rovers

El software es altamente configurable y permite repartir la carga de trabajo de cálculo en diferentes servidores para soportar un mayor número de estaciones de referencia y usuarios conectados. El modulo de comunicaciones con los usuarios también puede ser instalado en servidores separados de los que realizan el calculo.



Figura 15: Red VRS en Japón con 525 estaciones de referencia gestionado por GPSNet



Figura 16: Servidores centrales de la red JENOBA VRS de Japón gestionada por Trimble GPSNet

7. CONCLUSION

7.1 Ventajas de una red VRS comparando con una red de estaciones de referencias simples.

- Considerable reducción de los errores con el crecimiento de la longitudes de la base líneas
- Mayor precisión
- En una estación de referencia simple la fiabilidad y el rendimiento decrece con la distancia de las base líneas
- No existe dependencia de una sola estación de referencia
- Un solo número de teléfono (dirección IP en caso de usar GPRS) para toda la red y todos los usuarios
- El administrador de la red tiene el control de todas las estaciones y sabe lo que ocurre en cada una de ellas desde el servidor central.
- Autenticación y control de usuarios.
- Podemos conocer el uso real, ¿quién usa el servicio?, ¿Cuánto se utiliza?, ¿Cuándo se utiliza?
- Podemos ofrecer diferentes servicios para diferentes usuarios, sin coste o de pago.

7.2 Ventajas para el usuario de una red VRS con GPSnet

- No necesita una estación de referencia local
- Los usuarios trabajan todos en un marco de coordenadas global.
- Aumento de la productividad, fiabilidad y precisión.
- Menor coste (solo precisas un receptor)



- Un solo número de teléfono o dirección IP para toda la red.
- Comunicaciones configuradas.

REFERENCIAS

Trimble Navigation, Geomatics and Engineering Division
“Introducing the Concept of Virtual Reference Stations into Real Time”

Trimble, 2002, Trimble Virtual Reference Station (VRS),
product brochure, Sunnyvale, California, 8 pages.
(Available at: <http://www.trimble.com/vrs.html>)

Nicholas Talbot., Gang Lu, Timo Allison.
Trimble Navigation, Sunnyvale, California, USA
Ulrich Vollath
Trimble Terrasat GmbH, Hoehenkirchen, Germany
“Broadcast Network RTK”

Herbert Landau, Ulrich Vollath, Xiaoming Chen
Trimble Terrasat GmbH, Höhenkirchen, Germany
„Virtual Reference Stations versus Broadcast Solutions in network RTK“