CONCEPTOS BÁSICOS DEL POSICIONAMIENTO GNSS EN TIEMPO REAL. NTRIP Y TÓPICOS RELACIONADOS CON EL TEMA

Melvin Hoyer
melvinhoyer@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Para ubicar el posicionamiento GNSS en Tiempo Real dentro del contexto de las mediciones GNSS es necesario acudir a una clasificación de los procedimientos observacionales con estos sistemas satelitales, luego desglosar las opciones que el tiempo real nos ofrece y entonces poder definir y ampliar el tema mayor de interés, en este caso: Ntrip.

2. PROCEDIMIENTOS OBSERVACIONALES GNSS

Existen tantas clasificaciones de los procedimientos observacionales GNSS como autores, sin embargo una muy pedagógica y completa es la siguiente [Hoyer, 2002]:

De acuerdo a la naturaleza de la medición: absoluta o relativa.

- Absoluta: Un solo equipo que no se comunica o recibe correcciones de otro equipo o fuente diferente a los satélites GNSS.
- Relativa: Dos o más equipos que se comunican o intercambian información.

De acuerdo a la obtención de resultados:

- Post-procesado: si el resultado se obtiene algún tiempo después, generalmente en oficina después de un procesamiento.
- Tiempo real: si el resultado final deseado (calidad!) se obtiene en el mismo instante de la medición.

De acuerdo a la movilidad del equipo (o equipos):

- Estático.
- Estático rápido.
- Cinemático.
- Variantes, por ejemplo “stop and go”

De manera que cualquier medición GNSS debe poder ubicarse en todos los grupos anteriores, es decir ser absoluta o relativa, post-procesada o en tiempo real y estática, cinemática u otra variante de acuerdo a la movilidad del equipo.

3. MEDICIONES GNSS EN TIEMPO REAL

Comencemos por definir “tiempo real”. Independientemente de otras acepciones, de acuerdo al contexto; para el tema que nos ocupa, podemos decir que tiempo real es la obtención de una información en el momento de ocurrencia del fenómeno o proceso, es decir “en el mismo instante” [Hoyer, 2002].

En el caso de mediciones GNSS significa obtener la calidad deseada (generalmente no es aquella que nos dan los procedimientos absolutos sino los relativos) en el mismo instante de la medición. Al efecto, nuestro instrumento debe estar en

capacidad de recibir información adicional a la transmitida por los satélites GNSS, es decir comunicarse (uni- o bidireccionalmente) con otra estación, red o satélite para recibir correcciones adicionales a las mediciones que realiza.

De acuerdo a lo anterior, existen muchas opciones de efectuar mediciones GNSS en Tiempo Real, las más importantes son:

- Sistemas de aumentación, por ejemplo WAAS o EGNOS.
- Sistemas de radio como VHF o UHF, por ejemplo RTK
- Sistemas de suscripción, por ejemplo Omnistar, CNAV.
- Internet y Telefonía celular, por ejemplo Ntrip
- Redes activas, por ejemplo mediante
 - ◆ FKP (Flächen-Korrektur-Parameter)
 - ◆ VRS (Virtual Reference Station)
 - ◆ PRS (Pseudo Reference Station)
 - ◆ MAX (Master Auxiliary Corrections),
 - ◆ I MAX (Individual MAX)
 - ◆ MAC (Master Auxiliary Concept)

Para hacer posible la comunicación se han desarrollado una serie de tecnologías, formatos y protocolos, que serán mencionados más adelante.

4. Formato de transmisión RTCM.

El formato RTCM fue propuesto por la Comisión Técnica de Radio de Servicios Marítimos (RTCM), un organismo asesor creado en 1947 para investigar asuntos relacionados con las telecomunicaciones marítimas. El Comité Especial N° 104 (SC-104) fue establecido en 1983 para desarrollar un formato estándar para la transmisión de mensajes de correcciones diferenciales a los usuarios de GPS. De allí se genera el RTCM-104 [El-Rabbany, 2002].

Desde la creación de los formatos RTCM se han desarrollado nuevas versiones con el fin de mejorar cada vez más el envío de datos y la integridad de los mismos. Estos varían en los mensajes que contienen. Hay 64 tipos de mensajes disponibles. El formato de los mensajes consiste en secuencias de palabras de 30 bits. Los últimos 6 bits en cada palabra son los bits de paridad. En la tabla N° 4 se muestra la estructura del formato RTCM SC-104, describiendo el número de mensaje estado actual y su correspondiente contenido.

Las versiones más importantes son:

- *RTCM 2.0*: solo admite GPS Diferencial. La exactitud DGPS dada por esta versión es alrededor del metro. no contiene algún tipo de información de las fases de las portadoras de manera que no son posibles aplicaciones RTK, con mensajes tipo 1, 3, 9.

- *RTCM 2.1*: fue liberado en 1993 y consiste de nuevos tipos de mensajes los cuales muestran la transmisión de data de las fases de las portadoras, haciendo posible las aplicaciones en RTK, mensajes tipo 18, 19, 20, 21 y precisión centimétrica.
- *RTCM 2.2*: fue publicada en Enero de 1998, incluye soporte para el sistema de navegación satelital ruso (GLONASS). Los mensajes tipo 18 al 20 en esta versión no son completamente compatibles con la versión previa, versión 2.1.
- *RTCM 2.3*: fue publicada en el 2001 e incluye varios tipos de mensajes adicionales para la definición del tipo de antena (variación del centro de fase de la antena), tipo 23, y la estación de referencia, tipo 24. El formato RTCM 2.3 fue diseñado para enviar datos vía UHF y los mismos están dotados de bits especiales extra, para la corrección en el aire de los errores, es decir, reponer los bits, con ciertas limitaciones, que se hubiesen perdido durante la transmisión vía UHF.
- *RTCM 3.0*: Reducción de ancho de banda, RTK mensajes tipo 1004, 1005 con precisión centimétrica. La mayor eficiencia del formato RTCM 3.0 permite la reducción significativa del ancho de banda de los mensajes, es decir, reduce el tamaño de los paquetes de información, esto es especialmente importante en las redes inalámbricas y móviles, donde el ancho de banda disponible es mucho menor que la de red cableada, lo que hace posible el envío y recepción de correcciones diferenciales a través de internet utilizando los servicios de tecnología celular. [Yan, 2004].
- *RTCM 3.1* es el estándar aprobado por la comisión RTCM en mayo de 2006. Incorpora correcciones de Redes RTK, lo cual indica que el receptor móvil obtiene información RTK precisa sobre un área grande. Contiene información RTK GNSS.

5. **NTRIP**

5.1 Concepto

NTRIP (*Network Transport RTCM Internet Protocol, traducción libre: Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet*) es una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol versión 1.1) por medio del protocolo Internet (IP) con la finalidad de tener acceso y mejorar el flujo de datos GNSS de estaciones de referencia o bases de datos a una variedad de Clientes / Usuarios a través de una técnica de comunicación definida.

De esta forma, la distribución de datos GPS a través de internet es cada vez más común debido a su disponibilidad, fácil instalación y acceso. También el desarrollo de los sistemas de acceso a Internet móvil a través de GPRS (*General Packet Radio Service*) y GSM (*Global System for Mobile Communication*), proporciona un método

rápido y fiable para la distribución de datos GNSS en bruto o volver a transmitir correcciones diferenciales (DGPS / RTK) a un receptor en cualquier zona cubierta por una red de telefonía móvil [Weber, 2008]

5.2 Antecedentes y principio

Debido a las desventajas presentes en mediciones RTK, en cuanto a la distancia entre la estación de referencia y el rover, lo cual generalmente ocasiona problemas de comunicación para la emisión de correcciones entre ellos; llevó a los investigadores a desarrollar nuevas técnicas que permitieran extender la cobertura RTK y al mismo tiempo mejorar el medio de transmisión.

El auge que ha presentado en los últimos años el uso de internet, en cuanto a comunicación, suministro de contenidos multimedia, Web-TV, envío de archivos MP-3, servicios telefónicos basados en la Web y redes móviles de comunicación, entre otros, que ha permitido a los usuarios la amplia disponibilidad de tecnología inalámbrica y el aumento de ancho de banda disponible que permite aplicaciones como el envío de datos; llevó a los investigadores a aprovechar estos avances y aplicaciones para desarrollar un método alternativo para la transmisión de datos para mediciones GPS en tiempo real o correcciones en tiempo real de las observaciones GPS. Como resultado, se desarrolló una nueva técnica usando Internet para la transmisión de correcciones RTK / DGPS que permitan posicionamiento preciso y de navegación.

Esta técnica se presentó a finales del año 2004, bajo el nombre de "Red de Transporte de RTCM a través de Protocolo de Internet (NTRIP)", desarrollada por la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia (BKG), junto con sus socios de la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH. La principal intención es usar el "Internet" como alternativa de la actual corrección existente en tiempo real de los servicios prestados a través de la transmisión de radio (LF, MF, HF, UHF) o redes de comunicaciones móviles [Lenz, 2004].

El envío de los datos de corrección para mediciones en tiempo real se puede manejar directamente desde una única estación de referencia o todas las observaciones de varias estaciones de referencia utilizando una red y puede ser remitida a una Unidad Central (servidor) para su transformación, antes de la emisión. En ambos casos NTRIP proporciona un medio ideal para el transporte de los datos, funcionando de la siguiente manera:

- El flujo de datos es enviado a un servidor que hace posible el acceso de los mismos a través de Internet por medio del protocolo adecuado.
- Un usuario móvil puede acceder a los datos mediante Internet, a través de un teléfono móvil utilizando un programa cliente que accede a la dirección IP del servidor para proporcionar éstos al receptor GPS.

- La distancia entre la estación de referencia y el cliente se divide en dos, una que conecta la estación GPS con el servidor y la otra que conecta éste con el usuario; esta última es posible realizarla mediante tecnología móvil [González M. et al., 2004].

5.3 Componentes de Ntrip

NTRIP se encuentra conformado por cuatro elementos: *NtripSource*, *NtripServer*, *NtripCaster* y *NtripClient*. *NtripSource* son las estaciones de referencia, *NtripServer* funciona como el clásico servidor de Internet que gestiona los datos hacia el *NtripCaster* el cual opera como un servidor real o separador (HTTP), *NtripUser* o *NtripClient* se conforma por los usuarios que por medio de un software, reciben las correcciones disponibles en el *NtripCaster*, [Weber, 2008].

Dado que en algunas referencias bibliográficas se utiliza *NtripClient* y en otras *NtripUser*, en adelante al referirse a este componente se escribirá como *NtripClient/NtripUser*.

a) **NtripSource.**

Son estaciones bases de referencia GNSS continuas, llamadas *Mount-Point*, las cuales generan datos DGPS y RTK en formato RTCM en lugares específicos, de modo que el usuario (*NtripClient/NtripUser*) tiene la opción de seleccionar el *Mount-Point* que crea conveniente para la ejecución de su proyecto. Para proporcionar la información adecuada entre *NtripClient/NtripUser-NtripCaster* la información ofrece una lista de *Mount-Points* denominada lista fuente; la cual es mantenida por el *NtripCaster* y proporciona al cliente una variedad de atributos tales como las coordenadas y formato de identificación.

b) **NtripServer.**

Está constituido por un computador conectado a Internet, que ejecuta el programa *NtripServer*, con la finalidad de enviar las correcciones de las observaciones del receptor base, a una tercera instalación (*NtripCaster*) o al cliente (*NtripClient/NtripUser*) en formato RTCM; considerando que la transmisión de estas correcciones puede ser emitida en cualquier versión del formato RTCM, se selecciona la versión disponible para el *Mount-Point* seleccionado a través de HTTP y una vez establecida la conexión los datos pueden enviarse a través de TCP/IP.

c) **NtripCaster.**

El *NtripCaster* es un importante organismo de radiodifusión integrado entre las fuentes de datos (*NtripServer*) y el receptor de datos (*NtripClient/NtripUser*). Constituye el nodo distribuidor de las señales, por lo general es un programa ejecutado en un servidor situado idealmente en el centro de la red. El *NtripCaster* recibe flujos de datos de *NtripServer* (generados por *NtripSource*) y gestiona, por ejemplo, la manipulación de montaje para *NtripSource* definiendo los

identificadores de cada estación de referencia (*Mount-Point*), contraseñas, usuarios y acceso.

La misión del *NtripCaster* no sólo se limita a la distribución de las señales de referencia, sino que también chequea la calidad e integridad de los datos recibidos y autentifica los usuarios con su nombre y clave. Adicionalmente lleva una estadística de uso por estación, y calidad de datos recibidos [Peterzon, 2004].

Cuando no se cuenta con estaciones de referencia que transmitan correcciones vía IP cercanas del lugar donde se desee realizar mediciones con NTRIP (a menos de 100 Km.), estas pueden llevarse a cabo de igual manera instalando un Caster Local, el cual se encuentra conformado por un receptor GNSS que transmita correcciones en tiempo real (estación de referencia) y un software que funciona como servidor ejecutado en un computador, el cual a través de una conexión a internet pone a disposición de los usuarios estas correcciones, quienes las reciben en campo a través de la dirección IP generada en la estación de referencia.

d) NtripClient ó NtripUser.

Es el programa que debe ser cargado por el usuario en un teléfono celular, colector de datos o computador con conexión a internet, para poder acceder a la lista de *Mount-Points* que se encuentran disponibles en el Caster o en una dirección IP específica en el caso de un caster local, y recibir las correcciones que envía la estación de referencia para ser aplicadas al rover. Generalmente el enlace a internet se gestiona a través de equipos celulares, labor que se puede realizar empleando distintos tipos de conexiones, tal es el caso de: conexión *Bluetooth* entre el celular y el receptor GNSS, conexión *Bluetooth* entre el celular y el colector de datos, ó en algunos casos mediante un cable conectado desde el teléfono celular al puerto serial del receptor.

Se pueden obtener programas *NtripClient/NtripUser* de diferentes empresas que soportan multitud de marcas y modelos de teléfonos, la mayoría de ellos emplea tecnología GSM (*Global System for Mobile Communications*)/GPRS (*General Packet Radio Service*), lo que crea una limitante, pero rápidamente migrarán a tecnologías EDGE (*Enhanced Data rates for Global Evolution*) o UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Los receptores GNSS que soportan NTRIP, ya tienen el programa base *NtripUser/NtripClient* incorporado.

5.4 Hardware y software para los componentes de NTRIP.

El hardware y software disponible para NTRIP es muy variado ya que se tienen dispositivos distintos para cada componente del sistema (*NtripSource*, *NtripServer*, *NtripCaster* y *NtripClient/NtripUser*) y variadas aplicaciones computacionales.

a) Hardware.

NtripSource: El hardware involucrado en este segmento son las estaciones de referencia generadoras de las correcciones diferenciales para su aplicación a las mediciones GNSS, lo que involucra un equipo GNSS y una antena geodésica que miden continuamente.

NtripServer: Este componente necesita una conexión con la data generada por *NtripSource* además de un computador con conexión a internet que ejecute el software para la transmisión de correcciones al *NtripCaster*.

NtripCaster: Al igual que el *NtripServer* necesita un computador con conexión a internet banda ancha, que permita el acceso continuo e ininterrumpido de las correcciones diferenciales a los múltiples usuarios a través de un servidor macro.

NtripClient/NtripUser: El requerimiento básico para recibir correcciones mediante el uso de NTRIP consiste en que el instrumento GNSS tenga la opción de recibir correcciones diferenciales o RTK. Actualmente existe una gran cantidad de receptores de distintas casas comerciales que cuentan con esta característica y además ya tienen precargado el software para NTRIP. Además del receptor GNSS, se necesitan de dispositivos de comunicación como teléfonos móviles celulares con la capacidad de recibir y enviar datos vía Internet, para enviar las correcciones y posteriormente sean aplicados al rover mediante el colector de datos o directamente.

Actualmente existen celulares acondicionados para NTRIP, que ya tienen precargado el *NtripUser* y con solo encenderlos, proceden en forma automática a la conexión con el *Caster* preprogramado; además no se necesita ningún hardware adicional para la recepción de correcciones RTCM [Márquez, 2007].

b) Software.

NtripSource: Para realizar mediciones empleando NTRIP no se necesita de un software especial, solo es necesario que el receptor GNSS tenga la capacidad de transmitir correcciones RTK en formato RTCM.

NtripServer y NtripCaster: Gracias a los avances tecnológicos hoy en día existe una gran cantidad de software disponible para NTRIP, que puede ser empleado como servidor y caster en distintos sistemas operativos, de acuerdo al requerimiento básico del usuario.

NtripClient/NtripUser: NTRIP ha ganado una amplia aceptación de operadores y de usuarios de red a nivel mundial. El software para los usuarios está disponible para varios sistemas operativos y plataformas tales como: Windows CE, Linux, Windows, Palm y Symbian además de software comercial para el apoyo al Protocolo NTRIP .

5.4 Combinación de diferentes dispositivos para ejecutar mediciones NTRIP.

Como se mencionó en el apartado anterior, para la implementación de un sistema basado en NTRIP son necesarios dispositivos de posicionamiento GPS, dispositivos de comunicación y dispositivos gestores de información. La combinación acertada de estos instrumentos logrará conseguir una infraestructura funcional diseñada para NTRIP ya que es posible obtener un posicionamiento diferencial en tiempo real mediante la comunicación vía IP a través de una estación de referencia determinada. Con respecto a la integración de los equipos se trata de reducir el volumen del material y facilitar el traslado del mismo, así como simplificar la conexión entre instrumentos teniendo en cuenta la accesibilidad del material para diferentes tipos de usuarios y las diferentes interfaces y metodologías a seguir en cada caso [Gómez D., Grau J. 2005].

Generalmente se presentaran las siguientes combinaciones posibles de instrumentos que el cliente/usuario necesita para realizar mediciones con NTRIP, buscando la óptima integración de diferentes dispositivos y su compatibilidad:

- a) Dispositivos conectados mediante enlace *Bluetooth*.
- b) Dispositivos conectados mediante cables seriales.
- c) Dispositivos conectados mediante enlaces mixtos (cables seriales y *Bluetooth*).

5.5 Sistemas de Tecnología Móvil aplicables para el intercambio de datos mediante NTRIP.

Existen diversas tecnologías para la transmisión de datos DGPS o RTK. Entre las disponibles se encuentran: GSM, GPRS, EDGE y UMTS. Seguidamente se define cada una de ellas.

El principal limitante para el uso de estas técnicas, es el desarrollo de las redes de telecomunicación para la transmisión de correcciones en la zona donde se quiera aplicar. La tecnología GPRS orientada a paquetes IP es de gran importancia para las aplicaciones DGPS, su fiabilidad y la excelente cobertura de la red de telefonía móvil proporcionan una herramienta excepcional como predecesora de la futura UMTS. Gracias a los avances tecnológicos y el desarrollo de técnicas de transmisión vía Internet, el futuro de las mediciones en tiempo real RTK apunta a utilizar este medio cada vez más.

Técnica GSM (*Global System Mobile*).

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM, proviene de "Groupe Spécial Mobile") es un sistema estándar, definido para la comunicación

mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su ordenador y puede hacer, enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por Internet, acceso seguro a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos [Siegmund M. et al., 1998].

El sistema europeo GSM opera en torno a los 900 MHz, si bien surgió también una mejora a este sistema conocida como DCS (*Digital Cellular System*) que trabaja a 1800 MHz y cuyo objetivo es proporcionar mayor capacidad de transmisión de voz y datos en zonas urbanas. El DCS define un sistema completo que incluye no sólo la interfaz radio, sino también una completa arquitectura de red, lo que permite el desarrollo de multitud de nuevos servicios sobre el estándar GSM. Por ello, de la concepción original del estándar se deriva una serie de limitaciones para las aplicaciones basadas en la transmisión de datos, como son: establecimiento lento de la conexión (sistema orientado a conexión), poco ancho de banda, simetría del enlace (mismo ancho de banda para ambos sentidos de la comunicación), coste excesivo (facturación por tiempo de conexión).

Técnica GPRS (*General Packet Radio Service*).

La técnica GPRS (Servicio General de Paquetes de Datos vía Radio), está basada en la transmisión de paquetes y donde los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios de forma dinámica, GPRS coexiste con GSM, compartiendo gran parte de la infraestructura desplegada en él mismo, pero ofreciendo al usuario un servicio portador más eficiente para las comunicaciones de datos, especialmente en el caso de los servicios de acceso a redes IP como Internet. La velocidad teórica máxima que puede alcanzar GPRS es de 171,2 Kbit/s, unas 18 veces mayor que la tecnología GSM (*Global System Mobile*). [Ramos, 2008].

Las principales ventajas que aporta GPRS respecto a GSM son una mayor velocidad de transmisión y conexión permanente, convirtiéndolo en el portador ideal para los servicios WAP, el acceso a Internet (Web browsing, FTP, e-mail) y el acceso a intranet de empresas.

Técnica EDGE (*Enhanced Data rates for Global Evolution*).

EDGE (Rata de Datos Mejorados para Evolución Global), es otro de los desarrollos de las redes GSM, permitiendo teóricamente velocidades de datos de hasta 384 kbit/s. Se trata de una tecnología que mejora el ancho de banda de la transmisión de los datos en GSM y GPRS, y que se puede considerar como precursora de UMTS. En realidad, EDGE y UMTS son tecnologías complementarias que de forma conjunta pueden dar apoyo a las necesidades

de los operadores para lograr la cobertura y capacidad global de las redes de tercera generación [Ramos, 2008].

Técnica UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), constituye uno de los miembros de la tecnología de tercera generación del sistema de comunicación móvil que se encuentra contenida dentro del IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications -2000*) de la ITU (*International Telecommunication Union*), el cual puede considerarse como la guía que marca los puntos en común que deben cumplirse para conseguir el objetivo de la itinerancia global, es decir, que un terminal de usuario de tecnología de tercera generación (3G) pueda comunicarse con cualquier red 3G del mundo. Los servicios que ofrecen las tecnologías de tercera generación son básicamente: acceso a Internet, servicios de banda ancha, *roaming* internacional e interoperatividad, pero fundamentalmente, estos sistemas permiten el desarrollo de entornos multimedia para la transmisión de vídeo e imágenes en tiempo real, fomentando la aparición de nuevas aplicaciones y servicios tales como videoconferencia o comercio electrónico.

Entre los atributos de UMTS se pueden destacar: conectividad virtual a la red todo el tiempo, diferentes formas de tarificación, ancho de banda asimétrico en el enlace ascendente y descendente, configuración de la calidad de servicio, integración de la tecnología y estándares de redes fijas y móviles, así como entorno de servicios personalizado. En cuanto a las capacidades de transmisión de datos de las tecnologías 3G, se pueden establecer distintos entornos de trabajo, llegando incluso hasta los 2 Mbit/s [Ramos, 2008].

5.6 Aplicaciones actuales.

NTRIP proporciona **nuevos conceptos** a los ya existentes en los sistemas de navegación global, como el concepto de **"Red Global de Estaciones de Referencia GNSS en tiempo real"** dando lugar a muchas aplicaciones. Se trata de una red de estaciones de referencia que tiene la posibilidad de ofrecer la **transmisión en tiempo real de datos GNSS**, que dan acceso desde cualquier parte del mundo y desde cualquier estación de referencia en la red [Thilantha L. *et al.*, 2006].

Esta red conduce a múltiples actividades de investigación a nivel mundial producto de la cobertura en tiempo real de datos GNSS de las estaciones de referencia que están disponibles en todo el mundo. **NTRIP ofrece potencialmente una gran cantidad de beneficios, no sólo en las aplicaciones mundiales, sino también regionales, de área local o de las solicitudes individuales.** Por ejemplo, la derivación de tiempo real, los parámetros

orbitales de los satélites y errores del reloj del satélite, además el modelado de la ionosfera local y global en tiempo real, siendo estas algunas de las ventajas que a nivel de investigación la técnica NTRIP es capaz de proveer. NTRIP además puede utilizarse en muchas otras aplicaciones RTK o DGPS, tal y como precisa el estudio de campo para:

- **Control Geodésico**
- **Minería**
- **Navegación**
- **Batimetría**
- **Catastro Urbano y Rural**
 - Inventario parcelario.
 - Mediciones de fincas, fundos, etc.
 - Vialidad.
 - Delimitaciones regionales
- **Recopilación de datos del SIG y Cartografía**
 - Delimitaciones políticas.
 - Actualizaciones cartográficas.
- **Sensores Remotos**
 - Establecimiento de puntos de control para ortorrectificar imágenes.
 - Fotogrametría.
- **Obras civiles**
 - Replanteo.
 - Medición de detalles.
 - Topografía.
 - Ingeniería.
 - Construcción.
 - Control de deformaciones.

La eficacia y la disponibilidad de los datos GNSS, en particular para las mediciones RTK, han crecido a un punto de precisión que puede ser utilizado prácticamente para estudios topográficos en el día a día. La posibilidad de distribuir o compartir datos entre muchos usuarios GNSS en el mismo tiempo independientemente de la distancia de la estación de referencia es muy importante y realza la ventaja de NTRIP con respecto a los sistemas de distribución de datos RTCM de forma clásica [Thilantha L. *et al.*, 2006].

5.7 Exactitudes.

Las exactitudes obtenidas mediante NTRIP van a depender siempre de los factores que afectan las mediciones GNSS en general, así como los factores que afectan las observaciones realizadas mediante el protocolo NTRIP. Sin embargo, en condiciones ideales recibiendo correcciones desde estaciones pertenecientes a redes establecidas a nivel mundial, la técnica ofrece calidades submétricas mejores a los ± 50 cm. para correcciones diferenciales DGPS (recibiendo correcciones a los códigos) y calidades centimétricas para las soluciones GNSS (recibiendo correcciones a la fase de la portadora).

5.8 Factores que afectan las mediciones NTRIP (Limitantes).

NTRIP al igual que en los métodos convencionales GPS como estático, estático rápido, cinemático etc., se ven afectados por errores presentes en la estación de referencia, tales como propagación de la señal, parámetros del reloj, configuración geométrica de los satélites, salto de ciclos, entre otros [ver Seeber G. 2003]. Además las mediciones vía NTRIP se ven afectadas por factores propios de la técnica tales como:

Ancho de Banda.

El ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (bps), kilo bites por segundo (Kbps), o mega bites por segundo (Mbps). En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos como la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo).

El ancho de banda es una limitante sumamente importante cuando se quiere utilizar Internet como medio de transmisión para correcciones en tiempo real bien sea RTK o DGPS, ya que debe recordarse que la comunicación vía IP consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda y si

una de éstas conexiones es mucho más lenta que el resto actuará como cuello de botella retardando la comunicación y en muchos casos impidiendo la recepción o envío de los datos GNSS.

Cabe resaltar que un *Caster* de NTRIP necesita un ancho de banda que garantice el envío de datos según la cantidad de usuarios que se conecten al *Caster* ya que si no es lo suficientemente alto, congestiona la transmisión de datos haciendo imposible una buena conexión entre el *caster* y el cliente/usuario, y por ende no se podrán recibir las correcciones diferenciales. Para el equipo rover se requiere un ancho de banda relativamente bajo ya que solo necesita unos cuantos Kbps. para recibir las correcciones puesto que las mismas pesan muy poco, alrededor de 0,5 Kbps. por envío para correcciones DGPS y 5 Kbps. por envío para correcciones RTK [Lenz, 2004].

En la mayoría de los casos se utilizan teléfonos celulares como módem para la conexión a Internet ya que actualmente ofrecen una velocidad de transmisión suficiente para la recepción de correcciones vía IP, sin embargo cuando muchas personas usan la red del proveedor del servicio celular al mismo tiempo y su capacidad se sobrecarga, otros clientes que tratan de conectarse pueden escuchar una “señal de ocupado” en lugar de poder establecer una conexión bien sea para Internet como para una simple llamada [FCC, 2008].

Cobertura Celular.

Los teléfonos celulares funcionan mediante ondas de radio que usan un sistema de estaciones base para la comunicación (algunas veces conocidos como “sitios de células o celdas”) que envían y reciben llamadas y las retransmiten a otras redes. Ya que los teléfonos celulares se comunican por ondas de radio, la integridad en su funcionamiento depende de varios factores como es la proximidad del teléfono a la estación base con la cual se comunica, los obstáculos físicos, ruidos e interferencias. El ruido se refiere a señales electrónicas indeseadas que se introducen por los componentes del circuito o disturbios naturales que hacen que la comunicación se distorsione. Por ejemplo, como cualquier transmisión de radio, las señales de los teléfonos celulares pueden verse afectadas por condiciones climáticas severas, edificios muy altos u otros objetos que interfieran entre su teléfono y la estación base más cercana o antena que usa su proveedor, lo que hace imposible la transmisión de datos GNSS en tiempo real.

Varios factores pueden prevenir el inicio o terminación de una medición con NTRIP utilizando como módem un teléfono celular. Aún cuando una operadora publica mapas que muestran la cobertura en cierta área geográfica, es posible que el cliente/usuario no pueda completar una transmisión por las limitaciones de topografía, capacidad (el número de personas que se están comunicando con el mismo sitio de la célula/celda en un momento determinado) y arquitectura de la red (ubicación de las antenas).

Para prevenir estos errores o limitantes se puede verificar el mapa de cobertura del proveedor en su sitio Web y/o en las tiendas donde venden sus productos. Estos mapas con frecuencia muestran una cobertura muy general para regiones completas. Los mapas normalmente llevan una leyenda de exclusión de responsabilidad especificando que son sólo para fines informativos y que la cobertura real puede variar. Pueden existir muchos agujeros donde el proveedor del servicio no tiene sitios de células o donde la topografía causa zonas muertas. Con excepción de algunos mapas, en general éstos no indican la potencia de la señal o las zonas muertas. No existe garantía alguna de que un teléfono funcionará en un área, aún si se encuentra incluida en el mapa de cobertura publicada por el proveedor. El solo hecho que un proveedor de telefonía celular anuncie su servicio en un área determinada, no significa que puedan existir diversas razones por las cuales el servicio no es seguro en todos los lugares.

A pesar de que los proveedores intentan diseñar sus redes para eliminar la interrupción de llamadas, las señales de ocupado, y las zonas muertas, no hay ninguna red perfecta, de tal forma que es posible que ocurran interrupciones en las áreas de cobertura general. Es posible que los mapas no tengan información específica y/o actualizada ya que la cobertura con frecuencia está cambiando. [FCC, 2008].

Cambio de Celda.

La gran idea del sistema celular es la división de la ciudad en pequeñas células o celdas. Esta idea permite la reutilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo. Cada celda generalmente tiene un tamaño de 26 kilómetros cuadrados aproximadamente [PRT, 2003]. Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos, cubriendo la ciudad con una gran rejilla de hexágonos.

Las transmisiones mediante NTRIP normalmente se interrumpen cuando se está viajando y existen muy pocos (o ningún) sitios de celdas en el área donde se encuentra. La transferencia de datos también puede interrumpirse debido a un debilitamiento de la señal del sitio de la celda que lleva los datos y/o el fallo de la conexión en progreso para ser manejada por otro sitio de la celda. Por ejemplo, la señal de comunicación entre un teléfono celular y el sitio de la celda puede disminuir significativamente y con ello terminar una llamada, conexión o envío de datos, conforme se conduce en un túnel o se camina dentro de un edificio. Las estructuras bloquean la señal. Los lugares donde no se pueden recibir datos o realizar llamadas debido a estas limitaciones se conocen con frecuencia como "zonas muertas", "agujeros de cobertura", "puntos muertos" o "áreas de obstrucción" [FCC, 2008].

La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño. Una ciudad grande puede llegar a tener cientos de torres. Cada ciudad necesita tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región [PRT, 2003].

6. Bibliografía

Los textos sobre Ntrip han sido tomados en su mayoría del Trabajo Especial de Grado titulado **“Evaluación e Implementación de mediciones GNSS mediante el uso de NTRIP en Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA)”** de Ramos F. y Vilorio D. (2009), (tutor académico M. Hoyer) para optar al título de Ingeniero Geodesta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Acosta S., Lima M., Júnior N., Abreu M., Silva A., Fortes L. (2008) **“RBMC en Tempo Real, via NTRIP e seus Benefícios nos Levantamentos RTK e DGPS”** II Simposio Brasileiro de Ciências Geodésicas y Tecnologías de Geoinformación. Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística IBGE.

Dettmering D., Waese C., Weber G., (February 3, 2006), **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol**. Developed within the framework of EUREF-IP Pilot Project. European Sub-Commission of Commission X on Global and Regional Geodetic Networks. International Association of Geodesy (IAG). Published by Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), Frankfurt, Alemania.

Die J., Esteso Elena., Saa J., Capilla R., (2007) **Diseño, Aplicaciones Integradas y Rendimiento de La Red Activa GPS/GNSS De Valencia**. Instituto Cartográfico Valenciano, Av. Tarongers s/n 46022, Valencia, España.

El-Rabbany A., (2002) "Introduction to GPS The Global Positioning System" Editorial Artech House. Boston-London. Disponible en www.artechhouse.com

Federal Communications Commission · Consumer & Governmental Affairs Bureau (2008) "Entienda las áreas de cobertura de su teléfono celular". Disponible en www.fcc.gov/cgb,

Gómez D., Grau J. (Junio de 2005) "NTRIP Estudi i aplicacions" trabajo especial de grado. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica.

González J., Prince A., (2008) Aplicación de la mediciones GPS RTK con instrumentos Trimble serie 5700 y R8 GNSS en las operaciones de PDVSA Exploración. Trabajo Especial de Grado. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.

González M., Weber G., Celada J., Dalda A., Quiros R., (2004) El proyecto EUREF- IP. Resultados con GPRS. 4ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Instituto Geográfico Nacional. Bundesamt für Kartographie and Geodäsie.

González M., Weber G., Celada J., Dalda A., Quiros R., (Abril 2004) EUREF-IP Transmisión de Datos GNSS Bajo Internet. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra EUREF-IP. EDICIÓN N° 93. Instituto Geográfico Nacional. Bundesamt für Kartographie and Geodäsie.

Herradón R., (2007) Radio Mobile. Open Course Ware, Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: www.ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1.

Hoyer Melvin, (2002) GPS: Conceptos Básicos y Fundamentos. Notas de clase de la cátedra Geodesia por Satélites. Escuela de Ingeniería Geodésica de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Lenz E., (Mayo 2004) Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems. FIG Working Week 2004. Atenas. Grecia.

Márquez A., (Octubre 2007) NTRIP Herramienta Indispensable para la Cartografía y el Catastro. II Jornadas Nacionales de Geomática. Mediciones Científicas e Industriales C.A. MECINCA. Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.mecinca.com>

Ministerio de Fomento (2008) Redes geodésicas, Instituto Geográfico Nacional de España. Disponible: http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geodesia/red_geodesicas/

Peterzon M., (2004) Distribution of GPS – Data Via Internet. Reports in Geodesy and Geographical Information Systems. Tesis Work. LMV–report 2004:01. LANTMÄTERIET. Suecia.

Puerto Rico Telephone. (2003) "Cómo funcionan los teléfonos celulares" Derechos de Autor © 2003 PRTC. Derechos Reservados. Disponible en: <http://www.prteeducativo.com/jovenes/comofuncionan.htm>

Radio Technical Commission for Maritime Services, (2005) "RTCM Recommended Standards for Differential Navstar GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM), versión 1.0" 655 Fifteenth Street, Suite 300, Washington D.C., USA.

Ramos F., (2008) Telefonía móvil: GSM, EDGE, GPRS y UMTS. Disponible en: <http://www.radioptica.com>

Seeber G., (2003) Satellite Geodesy, 3rd. Edition. Walter de Gruyter, Berlin - New York.

Siegmund M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant. (1998) "GSM and Personal Communications Handbook". Artech House. London-Boston. ISBN-13: 978-089006.

Thilantha L. Dammalage, Panithan S., Lal S., Junichi S., Teerasak S. (2006) Potential Accuracy and Practical Benefits of NTRIP Protocol Over Conventional RTK and DGPS Observation Methods. Geoinformatics Center, Asian Institute of Technology PO Box 4, Klong Luang, Pathumthani, Thailand.

Trimble Engineering & Construction Group (Septiembre, 2007). Guía de Configuración de Conexiones NTRIP. Versión 2b., 5475 Kellenburger. Road, Dayton. OH 45424-1099, USA. Disponible en: <http://www.trimble.com>

UC (Universidad de Cantabria) (2006), Pliego de especificaciones técnicas para la implantación de una Red de Estaciones de Referencia GPS en la comunidad autónoma de Cantabria. Número de expediente: 419/06, Departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica. Cantabria, España.

Weber G., (2008) Streaming Real – Time IGS Data and Products Using NTRIP. Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG). Frankfurt. Alemania.

Yan T., (Diciembre 2004) Benefits of Telecommunications Technology to GPS Users. The 2004 International Symposium on GNSS/GPS. School of Surveying and Spatial Information Systems. University of New South Wales. Sydney. Australia.