

Implementación del caster experimental para la distribución de medidas de GPS en tiempo real a través de NTRIP

Mónica Zabala

Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
m_zabala@esPOCH.edu.ec

Resumen—El sistema de posicionamiento GPS exige precisión en cada una de las medidas, sin embargo por diversos factores durante la transmisión la señal sufre distorsión provocando imprecisión en la solución final. Los procedimientos observacionales GNSS se clasifican de acuerdo a la naturaleza de la medición absoluta y relativa. Técnicas de diferenciación de medidas de GPS incluye post-proceso y corrección en tiempo real a través del protocolo NTRIP, para ello se implementa y configura los elementos necesarios de la arquitectura siendo el elemento fundamental el caster responsable de difundir las correcciones de la estación de referencia configurado en formato RTCM 2.3 hacia los dispositivos móviles Mobile Mapper 100 compatibles con NTRIP y Mobile Mapper 10 y 20 que no soportan NTRIP se da solución al problema utilizando al teléfono móvil como gateway. Los resultados muestran una reducción de error en E, N, U mejorando la precisión en la solución final. El impacto de la implementación del caster se replica para instituciones gubernamentales responsables de la georreferenciación a nivel nacional, así como se mantiene el caster experimental en la ESPOCH para fines investigativos con ello se pretende incluir al país dentro de la infraestructura de posicionamiento en tiempo real de América Latina administrado por SIRGAS.

Palabras Claves— DGPS, caster, GNSS, NTRIP, SIRGAS, tiempo real.

Abstract—The GPS positioning system requires precision in each of the measurements, however due to various factors during transmission the signal suffers distortion causing inaccuracy in the final solution. The observational GNSS procedures are classified according to the nature of the absolute and relative measurement. Techniques for differentiating GPS measurements include post-processing and correction in real time through the NTRIP protocol, for which the necessary elements of the architecture are implemented and configured, the caster responsible for disseminating the corrections of the reference station being the fundamental element. Configured in RTCM 2.3 format towards Mobile Mapper 100 compatible devices with NTRIP and Mobile Mapper 10 and 20 that do not support NTRIP, the problem is solved by using the mobile phone as a gateway. The results show a reduction of error in E, N, U, improving the precision in the final solution. The impact of the implementation of the caster is replicated for governmental institutions responsible for georeferencing at the national level, as well as maintaining the experimental caster in the ESPOCH for research purposes. This pretend to include the country within the infrastructure of real-time positioning of Latin America administered by SIRGAS.

Keywords— DGPS, caster, GNSS, NTRIP, SIRGAS, real time.

I. INTRODUCCIÓN

Las correcciones de las medidas de GPS es un punto crítico en el tema de posicionamiento debido a que el servicio de posicionamiento estándar no brinda precisión necesaria para ciertas aplicaciones de georreferenciación. Para alcanzar datos precisos es necesario la corrección de las medidas de GPS de los receptores aplicando técnicas de diferenciación de GPS desarrolladas en campo y por postproceso [1] demandando actividades y equipamiento extra. NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol, es la técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol versión 1.1) por medio del protocolo Internet (IP) para la distribución de flujos de datos de estaciones de referencia GNSS en tiempo real hacia los receptores a través del servidor web denominado caster. La utilización de esta técnica implica la corrección de medidas en tiempo real in situ optimizando recursos tecnológicos y tiempo de operación. La propuesta de implementación de la arquitectura integral de NTRIP involucra e integra temas relacionados a la transmisión de datos y protocolos así como servidores web, trabajos previos [2] - [4] son la base para el desarrollo del mismo siendo éste de interés regional al ser apoyado por la organización de Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) y el proyecto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT), cuyo objetivo primario es evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros datos concordantes mediante NTRIP incluyendo estudios de factibilidad para la instalación de casters nacionales o regionales, como soporte básico para el desarrollo de aplicaciones de este tipo [5]. En la Sección I se detalla el objetivo a alcanzar de la investigación, en la Sección II se define los elementos que forman parte de la arquitectura NTRIP y de la configuración ejecutada en cada uno de ellos, en la Sección III se evalúa la precisión alcanzada al aplicar las correcciones en tiempo real en los receptores finales y el impacto sobre la precisión en la solución final. Finalmente, las conclusiones más relevantes son presentadas en la sección VI.

II. MÉTODO

A. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)

Es un protocolo de nivel de aplicación que admite la transmisión de datos GNSS a través de Internet, basado en el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP / 1.1.

NTRIP está diseñado para transmitir datos de corrección diferencial a usuarios estacionarios o móviles a través de Internet.

B. Concepto del Sistema

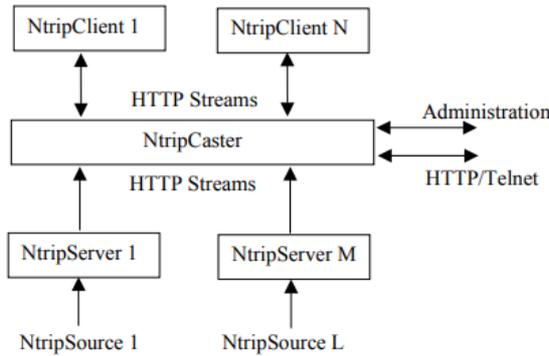


Fig. 1. Arquitectura de NTRIP

NTRIP se conforma cuatro elementos [6]:

- NtripSource. Se considera a la fuente generadora de las medidas de GPS es decir la estación de referencia, considerando que la transmisión de estas correcciones puede ser emitida en cualquier versión del estándar RTCM.
- NtripServer, actúa como intermediario en la transmisión de los datos entre la fuente hacia el caster.
- NtripCaster: Es el agente transmisor, su función principal es la difusión de las correcciones GNSS a los dispositivos finales, así mismo, es el responsable del monitoreo de la calidad e integridad de los datos recibidos y autenticación de los clientes por asignación de usuario y contraseña, para ello es obligatorio mantener una conexión a internet constante e ininterrumpida.
- NtripClient: Dispositivos finales receptores de los streams transmitidos por el caster. Se considera dispositivos finales a computadoras personales, tablets, receptores GPS, teléfonos móviles, entre otros, que cuenten con software y hardware necesario para la recepción de datos.

La elección acertada de los dispositivos que conforma cada elemento de la arquitectura que incluye receptores que soporte NTRIP así como dispositivos gestores de información se logra conseguir una infraestructura funcional.

C. Restricciones de DGPS

El impacto de la precisión sobre la solución final de posicionamiento se debe a factores del canal de propagación que la señal sufre desde su generación hasta la recepción en tierra. Errores producidos debido a la sincronización de relojes entre el receptor y el satélite, configuración geométrica de los satélites, errores atmosféricos, entre otros, incrementan el error en la solución final de posicionamiento. La corrección de éstos errores a través de la aplicación DGPS es posible a través de la diferenciación de las medidas entre el receptor y la estación de referencia en configuración simple y doble considerando las limitaciones de distancia, satélites y épocas en común entre éstas para la eliminación de errores correlacionados. La estación de referencia se encuentra en el centro de la ciudad respecto al

escenario propuesto la distancia es de 3,6 Km.

D. Requerimiento de Ancho de Banda

Se debe considerar también que NTRIP es afectado por los problemas de los sistemas de comunicación basados en TCP/IP, considerando que es indispensable que exista la conexión a internet de los 3 elementos para su comunicación. La conexión del dispositivo final utiliza la red móvil con tecnología GPRS el sistema está a expensas de la cobertura celular y los problemas que implica este sistema como cambio de celda, ruido e interferencias.

El tamaño del paquete medido en *bits/s* generado por el caster para la transmisión al dispositivo final depende del formato RTCM configurado en el *source* y del número de satélites rastreados en las épocas comunes medidas [13].

TABLA II
TRANSFERENCIA DE DATOS SEGÚN EL FORMATO RTCM [BITS/SEG]

	6 SATÉLITES	9 SATÉLITES	12 SATÉLITES
RTCM 2.3	3900	5400	7000
RTCM 3.0	2500	3000	3550
CMR	1400	1800	2100
CMR+	900	1300	1600

Suponiendo la recepción máxima de satélites en el receptor los datos recibidos alcanzan 7000 *bytes/seg*. La EERSA por ser la entidad interesada, solicita un presupuesto para la adquisición de un plan de datos para cada receptor basados en la jornada laboral que consiste 8 horas diarias, 5 días a la semana, el consumo de datos móviles mensual sin interrupción es:

$$c = 7000 \cdot 3600 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 4 = 5040 \text{ Mbytes/seg}$$

E. Implementación del sistema NTRIP

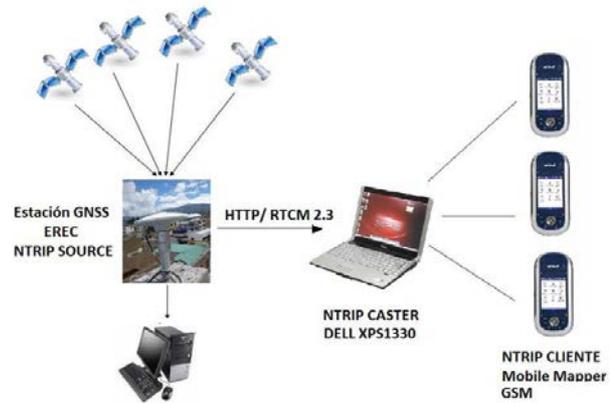


Fig. 2. Arquitectura de NTRIP

Para la implementación del sistema NTRIP se considera los siguientes recursos tecnológicos:

- NtripSource: Estación GNSS Trimble NetR9 (EREC) ubicada en la ciudad de Riobamba [7], se configura el puerto de comunicación de salida NTRIP/SERVER con la dirección IP del caster. El stream de datos se denomina EREC0, es parte de las estaciones del caster experimental de SIRGAS [8].
- NtripCaster: BKG ofrece el software del caster en la versión estándar [9], de los archivos de configuración, se modifica el archivo denominado Sourcetable con información específica del stream recibido desde la estación GNSS que incluye coordenadas de la antena,

versión del formato de transmisión para este caso RTCM 2.3, entre otras. El segundo archivo de configuración denominado ntripcaster incluye la configuración de Domain Name System (DNS) entre la IP pública y el nombre del servidor local, el número del puerto de red para el servicio HTTP por defecto es 8080 sin embargo para NTRIP se utiliza el puerto 2101, cualquiera de las dos opciones es válido, finalmente la creación de usuarios y contraseñas para la conexión al caster por cada cliente. Es necesario incluir el stream configurado en el Sourcetable para enlazar la conexión entre archivos de configuración. La capacidad de procesamiento del servidor no exige altas prestaciones computacionales. Adicionalmente el caster almacena el registro secuencial en un archivo en forma de logs de todos los acontecimientos generados en el caster que incluye petición de conexión, autenticación, estadística de datos transmitidos por estación y cliente. El stream EREC0 (Riobamba) se encuentran registrado en el caster experimental de la ESPOCH [10].

- NtripClient: Como dispositivos clientes se utiliza el equipo MobileMapper 100 [11] con soporte NTRIP y conectividad GPRS, la operadora móvil seleccionada es Movistar [10] por la cobertura que brinda en la provincia de Chimborazo y por ser el área de interés por parte de EERSA [12]. El software de BNC client [13] es utilizado para medir parámetros de latencia y throughput del stream registrado en el caster. Limitaciones encontradas para la conexión de dispositivos que no soportan NTRIP se solucionan por la retransmisión de datos utilizando teléfonos móviles como gateways por medio de aplicaciones Android desarrolladas por empresas de procesamiento de información GNSS [15].

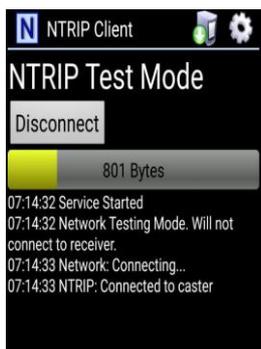


Fig. 3. Lefebure App – Ntrip Client

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. A. Escenario

Las medidas observadas se realizan sobre el Datum WGS-84 en proyección UTM. Para las altitudes se mantuvieron las alturas elipsoidales. Se realiza el Survey GPS en el edificio de la FIE.

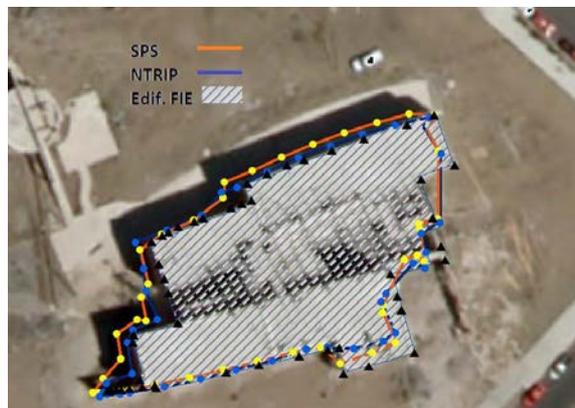


Fig. 4. Trayectoria trazadas FIE – ESPOCH

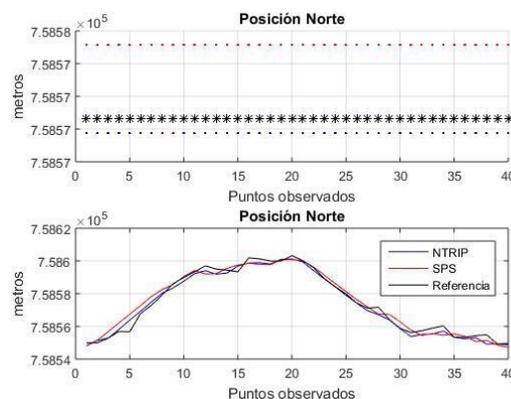


Fig. 5. Posición Norte

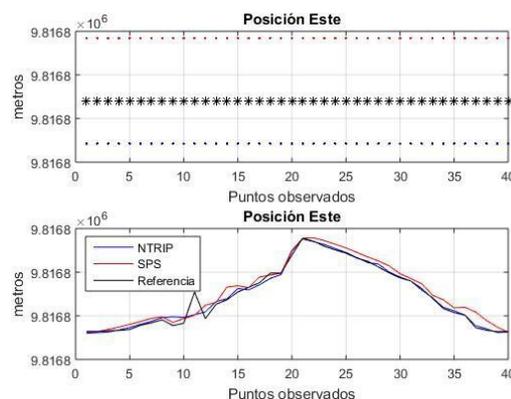


Fig. 6. Posición Este

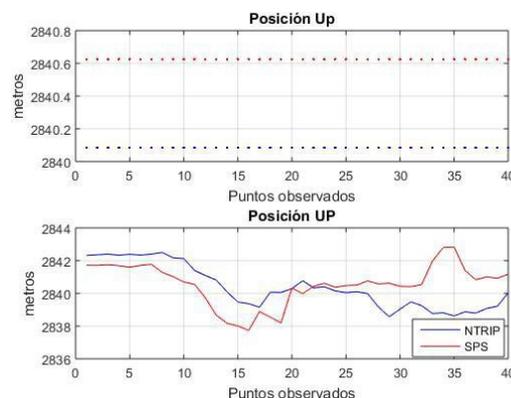


Fig. 7. Posición Altura

TABLA IV
MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR RESPECTO A LA REFERENCIA

	NORT E (Y)			ESTE (X)			UP (Z)		
	SPS	NTRIP	PREF	SPS	NTRI	REF	SPS	NTRI	REF
\bar{X}	758	758	758	981	981	981	284	284	-
	571	574	572	678	678	678	0.0	0.6	-
	.87	.57	.31	7.2	8.4	7.7	8	2	-
	26.	19.	19.	24.	24.	24.	1.0	0.9	-
σ	81	26	65	53	93	60	4	621	-

IV. CONCLUSIONES

La implementación del caster local experimental para la distribución de correcciones de GPS en tiempo real a través de la tecnología NTRIP es un avance importante para los procesos de georreferenciación en orden de minimizar el error en el posicionamiento de las observaciones realizadas. BKG provee la versión estándar del software del caster la misma que es distribuida bajo la licencia GNU con ciertas restricciones que incluye 100 clientes conectados por source registrado en el caster. Ecuador cuenta con 33 estaciones GNSS que conforma REGME que al asociarlos al caster la disponibilidad de conexión al servicio será de 330 usuarios. La EERSA es el principal beneficiario de la implementación de esta técnica actualmente administran su propio caster el cual es utilizado para trabajos de georreferenciación de la infraestructura eléctrica. El formato utilizado de corrección es RTCM 2.3 y se evalúa el grado de corrección alcanzado al comparar las medidas de los puntos observados antes y después de la aplicación de NTRIP respecto a la trayectoria de referencia sobre la ortofoto georeferenciada provista por la EERSA del edificio de la FIE, se observa que la varianza de SPS respecto al valor de referencia es el eje Norte alcanza a 26.81 y al Este de 24.53 respecto al valor de referencia que en el Norte es de 19.65 y al Este de 24.60, así mismo se compara con los valores tomados con NTRIP y en el eje Norte el valor 19.26 y al Este de 24.93, se observa que la desviación estándar de los valores tomados con NTRIP es más próxima a los valores de referencia lo que no ocurre con SPS. No se registra un valor de referencia para eje de coordenadas UP, sin embargo, al comparar los valores entre SPS y NTRIP se constata una mejora es decir existe corrección en este eje. Algunos receptores GPS por características de fabricación no son compatibles con NTRIP sin embargo a través de teléfonos móviles con plataforma Android actúan como Gateway entre el caster y los clientes Ntrip utilizando aplicaciones de NTRIP Client que permiten la transmisión las correcciones por medio de bluetooth. Con la socialización de este proyecto se pretende la implementación de un caster nacional al cual se pueda integrar todas las estaciones GNSS que forman parte de REGME así como incluir a Ecuador como miembro activo del grupo 2 SIRGAS-RT. Se mantiene el caster experimental en la ESPOCH paralelo al caster nacional con fines de investigación y de respaldo. Los trabajos próximos de investigación consiste en la corrección por RTCM 3.0 basado en correcciones por fase, PPP a través de la distribución de correcciones de órbitas y relojes descargados de IGS o a su vez por medio de la retransmisión de información de órbitas desde el caster experimental SIRGAS.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo contó con la colaboración técnica de Gustavo Noguera miembro del Laboratorio del Grupo de Geodesia Satelital de Rosario por facilitar recursos humanos e infraestructura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina, a Roberto Pérez Rodino de la Universidad de la República, Uruguay por sus sugerencias en mejora de la implementación del caster. A los integrantes del proyecto SIRGAS-RT por su colaboración y sugerencias en el taller de posicionamiento en tiempo real SIRGAS 2017, a los Ingenieros Andrés Carranza y José Reyes por la colaboración en la ejecución de las pruebas en los dispositivos móviles y de manera especial a la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. en la persona del Ing. Fabián Yáñez y el Ing. Silvio Chimbo quienes permitieron iniciar el proyecto desde Abril 2016 con el acceso a los recursos tecnológicos que incluye la estación de referencia y los dispositivos GPS móviles. Finalmente, al IGM y las instituciones públicas y privadas que facilitan la densificación de la RED GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador – REGME en la persona del Ing. David Cisneros por facilitar la posible colaboración interinstitucional con el fin de implementar un caster nacional

REFERENCIAS

- [1] L. Franklin, A. Ortega, M. Zabala, "Análisis e implementación de diferencial GPS en configuración simple y doble", Vol. 7, N° 1, pp. 46-53, Noviembre 2017. DOI: 10.24133/maskay.v7i1.343
- [2] Gustavo Noguera, Roberto Pérez, Curso de posicionamiento GNSS en Tiempo Real - SIRGAS 2012 – Concepción. Chile.
- [3] Andrea Stürze, Georg Weber, Curso de posicionamiento GNSS en Tiempo Real - SIRGAS 2012 – Concepción. Chile.
- [4] O. Silva, "Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real", Tesis, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, ESPE, Quito, Ecuador, 2014.
- [5] SIRGAS en tiempo real, Abril 2018. [Online]. Disponible en: <http://www.sirgas.org/es/sirgas-rt/>
- [6] M. Hoyer, Conceptos Básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real, NTRIP y Tópicos relacionados con el tema.
- [7] Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador - REGME, Febrero 2017. [Online]. Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/wordpress/>.
- [8] Grupo de Geodesia Satelital de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario, Marzo 2018, [Online]. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/mapatr/>
- [9] BKG GNSS Data Center, [Online]. Disponible en: <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/caster>
- [10] M. Zabala, A. Carranza, J. Orozco, "Implementación de un caster experimental bajo la licencia GNU para la distribuciones de GPS en tiempo real a través de NTRIP", presentado en Simposio SIRGAS 2017, Mendoza, Argentina, Noviembre 2017.
- [11] Getting Started Guide, Handheld Platform for MobileMapper 100, ProMark 100 & ProMark 200, Astech products, US/Canada.
- [12] Empresa Eléctrica Riobamba S.A., Marzo 2018, [Online]. Disponible en: <http://www.eersa.com.ec/site/>
- [13] A. Carranza, J. Reyes, M. Zabala, "Análisis e implementación de diferencial de GPS en tiempo real a través de la tecnología NTRIP para la EERSA", Tesis, Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones y Redes, ESPOCH, Riobamba, Ecuador, 2017.
- [14] Gustavo Noguera, Roberto Pérez, Curso de posicionamiento GNSS en Tiempo Real - SIRGAS 2017 – Mendoza, Argentina, 2017.
- [15] Ntrip Client for Android, Febrero 2017. [Online]. Disponible en: <http://lefebure.com/software/android-ntripclient/>