

DESARROLLO DEL SOFTWARE “GUDUX” PARA EL POST-PROCESO DE DATOS GPS

Abstract— The application to Global Navigation Satellite System’s data processing can be very utility in the wide areas of knowledge, as geological science, geodynamic study, meteorology, etc. But the good practice for this data it suggests that they must be submitted to process that refine the observations like the activity of delete white noise and implementing of precise satellites’ ephemeris, corrections to the clocks data among others, actually the GNSS data processing is done with scientific software with very expensive license or without graphical interface; GUDUX is an alternative software to processing this information, it implements both the open source libraries GPStk library and Wxwidgets in C++ language programming.

Keywords—GNSS, C++, Geodesy, GPStk, WxWidgets.

I. INTRODUCCIÓN

GUDUX, es una herramienta informática orientada al procesamiento de datos provenientes de Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS), ésta herramienta fue desarrollada en el lenguaje de programación C++, implementando las librerías GPStk como base para el procesamiento de la información proveniente de los satélites y la librería WxWidgets para la construcción de la interface gráfica. Como las demás herramientas de procesamiento de datos GNSS toma como insumo la información relacionada con las distancias calculadas entre los satélites y el receptor en tierra, denominadas *pseudorrangos*, dicha información viaja por medio de señales moduladas en ondas de radio, las cuales se encuentran entre los 19.03 y 24.42 cm de longitud de onda (λ)[1]. Esta señal antes de llegar a cada receptor en tierra debe atravesar diferentes medios de propagación, tales como, el vacío, la ionósfera y la tropósfera, lo cual, hace que la señal cuente con algunos retrasos y por ende en el momento de obtener las coordenadas, dichos valores cuenten con errores y desde luego una baja precisión en la estimación de éstas. Es por ello que la información que proviene de estos satélites debe ser procesada por un software que elimine tanto los ruidos como también, contribuya al mejoramiento de la calidad de las coordenadas resultantes. La información de los pseudorrangos se aloja en un formato estándar de libre intercambio entre receptores denominados RINEX, los cuales son insumo para GUDUX.

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

II. PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS

A. Composición de la señal

Para la determinación de la posición de un observador mediante los sistemas de navegación GNSS, es necesario que los satélites emitan una señal que se propague de forma omnidireccional, es decir contar con aquella propiedad de las ondas electromagnéticas que permiten a los actores pasivos en el proceso de la comunicación, poder captar la información contenida en las diferentes posiciones emitidas por los satélites. La fuente de los datos proviene de la alojada en los ficheros de libre intercambio entre receptores RINEX, dichas mediciones vienen en términos de la distancia satélite-receptor, comportamiento de la señal en el trayecto de viaje, o el comportamiento del ambiente [6].

B. Señal GNSS

Los satélites que componen el segmento espacial de los sistemas de navegación satelital, es modelada por la siguiente ecuación:

$$y = A \sin(2\pi ft + \phi) \quad (1)$$

La cual es la que rige a las ondas de radio. Y en la cual A corresponde a la amplitud de la onda, f la frecuencia, t el periodo, y ϕ es la fase de la misma. Pequeñas variaciones a alguno de los parámetros permite que esta señal se module y por ende transporte la información necesaria para la determinación de la posición del observador.

Esta señal se compone de una serie de códigos, de los cuales algunos de ellos se encuentran encriptados, ya sea porque en el momento de atravesar los diferentes capas que componen la atmósfera terrestre no se altere la información que se intenta transmitir, porque son de uso privativo de las fuerzas militares norteamericanas, fenómeno que al comienzo de GPS fue conocido como Disponibilidad Selectiva (SA). Los demás códigos que componen la señal se describirán como:

- C/A Adquisición clara (Coarse Acquisition)
- P-Code Preciso o protegido (Precision, protected code)
- Y-Code

- W-Code

Por otra parte, la señal GPS pertenece a un grupo conocido como BPSK (binary phase shift keying) [3], debido al tipo de modulación en bifase que tiene en el momento de ser transmitidas por la antena de los satélites. Este tipo de modulación permite que las señales no sean tan afectadas por el retraso que la ionosfera produce en la onda al momento de atravesar dicho medio dispersivo. Otra razón por la cual se modula mediante este sistema es por la facilidad en que los dispositivos electrónicos pueden interpretar y demodular la señal recibida, puesto que se presentan cambios en la fase (ϕ) equivalentes a 180° , que en el sistema frecuencia-tiempo está entre $(0, \pi)$, y cuya equivalencia en instrumentos electrónicos es $(0, 1)$, cuya correspondencia para el sistema espacio-tiempo se encuentra entre los valores $(1, -1)$ [2].

C. Determinación de la posición del observador

Luego de que la señal sale de los satélites, y supera las diferentes capas que componen la Atmósfera llega a la antena y de esta al receptor que se encarga de amplificarla, filtrarla y digitalizarla con un dispositivo conocido como A/D converter, posteriormente se compara con una réplica idéntica generada por un oscilador interno del receptor que la produce, dicha réplica es dividida en dos componentes conocidos como I y Q, que serán multiplicados con la señal y el código recibidos.

Lo anterior conduce a que cada receptor genera un código C/A, y desde luego su propio identificador a cada satélite o como es conocido también Ruido Seudoaleatorio (PRN); cuando estos datos ya son producidos, toda esta información es comparada obteniendo pequeñas diferencias, que en términos de los componentes de la señal se expresan como cambios en la fase de la señal de origen, la figura 1 ilustra los cambios en fase a los que se hace referencia [4].

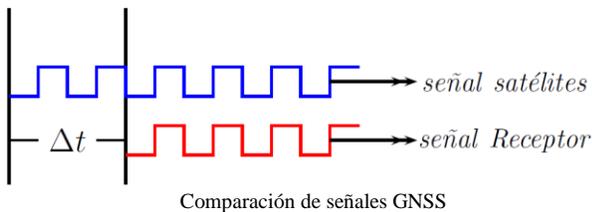


Fig. 1 Sesgo existente entre la señal generada por el oscilador en tierra y la enviada por el satélite.

Dentro de la determinación de la posición del observador también hay que contemplar un fenómeno que dentro de los sistemas de navegación satelital GNSS es conocido como Dilución de la Precisión (DOP), la cual consiste en términos generales en encontrar la mejor distribución de satélites sobre el horizonte del observador. Esta distribución se divide en:

- VDOP Dilución vertical $\sqrt{q_{hh}}$ (2)
- HDOP Dilución horizontal $\sqrt{q_{xx} + q_{yy}}$ (3)
- TDOP Dilución temporal $\sqrt{q_{tt}}$ (4)
- GDOP Dilución geométrica $\sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz} + q_{tt}}$ (5)
- PDOP Dilución precisión $\sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}}$ (6)

Estos valores definen como los satélites se encuentran distribuidos sobre el horizonte del observador, en los cuales q corresponde a la cantidad y los subíndices (xx, yy, zz, tt) la componente sobre la cual se hace la medición, tales como, coordenada x, y, z o variable temporal respectivamente.

III. PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS

A. Desarrollo de la aplicación

La aplicación se desarrolló completamente en el lenguaje de programación C++, y está basada en dos librerías de licenciamiento libre LGPL (Lesser General Public Licence), llamadas GPS-tk y wxWidgets, las cuales fuertemente orientada a objetos y a eventos respectivamente. GPS-tk, provee las clases, métodos y atributos necesarios para procesar los datos almacenados dentro de los archivos RINEX, por otra parte, wxWidgets se compone de clases métodos y atributos que le permiten a las aplicaciones desarrolladas en C++ la implementación de interfaces gráficas. El diseño de esta aplicación la conforman cinco (5) clases, las cuales cuentan con una relación de contención, debido a la presencia de atributos que son instancias de las clases que componen a GUDX. Las clases que se relacionan a continuación son las que conforman el software que se describe en el presente documento:

La clase Rinex, está diseñada para hacerse cargo de todo lo referente a los archivos RINEX, es decir, cargue, escritura, creación. La clase ProcesamientoRinex está diseñada para tomar los elementos necesarios presentes en los archivos RINEX y a partir de esos elementos determinar las coordenadas de cada una de las épocas con las que se cuente información. La clase Aplicación tiene una relación de herencia con la clase wxApp, la cual contiene un método llamado OnInit(), que le permite al sistema operativo mantener cargada la interface gráfica. Para la clase Ventana se encarga de diseñar los diferentes botones (wxButton), cajas de texto (wxCtrlTextCtrl), menús (wxMenuBar), cajas estáticas (wxStaticBox), y se encarga de enlazar los métodos de la

clase ProcesamientoRinex con los botones y las cajas de texto que conforman la aplicación. La aplicación se compiló con la versión 4.1.3 del compilador g++, sobre las versiones de la distribución debían 6 y 7.

B. Resultados obtenidos

Para encontrar las diferencias al realizar los cálculos con GUDUX se tomaron como objeto de estudio las estaciones continuas del Marco Geocéntrico Nacional (MAGNA-ECO), las cuales pertenecen a la red geodésica de Colombia, y que por otra parte son un subconjunto y densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)[7]. El reporte final de las estaciones se genera semanalmente y es producido por los centros de combinación en BRASIL y el definitivo por el Instituto de Investigación Geodésica de Alemania (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut DGFI).

Las estaciones GNSS que se tomaron para el desarrollo del presente documento fueron:

- Cali (CALI)
- Popayán (POPA)
- Bogotá (BOGA)
- Ibagué (IBAG)
- Neiva (NEVA)
- Pasto (PSTO)

Los vectores a partir de las estaciones que se construyeron fueron:

- Cali (CALI) – Popayán (POPA)
- Bogotá (BOGA) – Ibagué (IBAG)
- Ibagué (IBAG) – Neiva (NEVA)
- Bogotá (BOGA) – Pereira (PERA)
- Bogotá (BOGA) – Neiva (NEVA)
- Bogotá (BOGA) – Cali (CALI)
- Bogotá (BOGA) – Pasto (PSTO)

Los resultados obtenidos se compararon con otras aplicaciones, junto con el reporte del DGFI como se mencionó anteriormente; estos resultados se presentan a continuación.

TABLE I
VECTORES CALCULADOS

VECTOR	GUDUX	LEICA	AZSHETCH	DGFI1470sir
BOGA-IBAG	128109.819	128109.717	128109.722	128109.7226
IBAG-NEVA	165093.441	165093.269	165093.846	165093.2433
BOGA-PERA	179436.779	179436.413	179436.958	179436.4058
BOGA-NEVA	231464.202	231464.080	231464.846	231464.0409
BOGA-	519587.698	519587.349	519587.301	519587.3121

PSTO				
------	--	--	--	--

Al comparar los resultados obtenidos entre GUDUX con las aplicaciones existentes y el DGFI se obtiene que:

TABLE I
DIFERENCIAS CALCULADAS ENTRE LOS VECTORES OBTENIDOS

VECTOR	GUDUX - LEICA	GUDUX - AZSHETCH
BOGA-IBAG	0,07467346	0,10197346
IBAG-NEVA	0,17194184	-0,40492129
BOGA-PERA	0,36648489	0,82198489
BOGA-NEVA	0,12208018	0,35648018
BOGA-PSTO	0,34961797	0,39771797

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las características y precisión de la aplicación desarrollada GUDUX, lucen comparables, ya que se reportaron por el orden submétrico, mostrando mayores diferencias entre los vectores de mayor longitud, como es el caso observado entre el vector BOGA-PSTO de 34.96 cm. Este valor se acerca al orden exigido por SIRGAS para el desarrollo de sus investigaciones.

Para encontrar y analizar errores de deriva sobre las coordenadas calculadas, sería necesario realizar una evaluación y un modelamiento significativo a los resultados, para lo cual se deja la posibilidad a próximos desarrollos, que permitan análisis de información o retrasos de tropósfera e ionósfera.

El desarrollo de GUDUX sirve como muestra en la estabilidad y confiabilidad, como respaldo de la implementación de herramientas de software libre, permitiendo acceso, personalización y ejecución de nuevas alternativas en el ámbito comercial, investigativo y educativo.

III. AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su incondicional apoyo y amor. A mi esposa por su paciencia y colaboración, como también a mis amigos por el ánimo que siempre me brindaron. Por otra parte gracias al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) por facilitar la información de las estaciones permanentes MAGNA-ECO.

REFERENCIAS

- [1] J. Sanz Subirana, J.M. Juan Zornoza and M. Hernández-Pajares, GNSS Data Processing, vol 1, pp 19-21 May 2013.
- [2] A. Kleusberg, P. Teunissen “GPS for geodesy”, Edition 2, pp. 111-112, 1996.
- [3] B. James, T. Yen, “Fundamentals of Global Positioning System”, Second Edition, PP 73-108,133-166, 2005.
- [4] A. Kleusberg, P. Teunissen “GPS for geodesy”, Edition 2, pp. 163-165, 1996.

- [5] B. James, T. Yen, “Fundamentals of Global Positioning System”, Second Edition, PP 27-31, 2005.
- [6] W. Gurtner, “RINEX The Receiver Independent Exchange Fromat, version 3.00”, Astronomical Institute University Of Bern, November 28 2007.
- [7] Estaciones de la red SIRGAS, SIRGAS. <http://www.sirgas.org/index.php?id=61>.