

Herramienta de asistencia en tiempo real y fuera de línea para aumentar la precisión posicional del sistema GPS

Juan TOLOZA, Nelson ACOSTA, y Mauricio PONCIO

INTIA/INCA – Departamento de Computación y Sistemas – Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Campus Universitario – Paraje Arroyo Seco (B7001BBO) Tandil – Buenos Aires – Argentina
+54 (2293) 439680

e-mail: {jmtoloz, nacosta, mponcio}@exa.unicen.edu.ar

Resumen

En este proyecto se analiza el sistema GPS, sus prestaciones y la precisión entregada. Se detecta que para ciertas aplicaciones, la precisión no es suficiente. A partir de ello, se propone el desarrollo de técnicas y algoritmos que permitan mitigar la falta de precisión. El resultado es una herramienta de análisis de datos, “on-line” y “off-line”, que provee una interface usable y configurable donde se puede parametrizar el análisis que se va a realizar. El sistema desarrollado permite asistir al usuario en tareas que requieran mayor precisión al momento de posicionar un objeto para tomar distancias en el terreno.

Palabras clave: GPS de precisión, toma de decisiones, tiempo real.

Contexto y Financiación

Este proyecto se sitúa en el área de procesamiento de señales, en el marco del Proyecto Institucional “Plataformas digitales de sistemas de entrada/salida complejos” perteneciente al grupo INCA del instituto de investigación INTIA de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, se tiene financiación de la empresa IEXILEF SA, con quien se ha logrado obtener un subsidio de la Agencia (ANR NA/126) en el año 2008.

Introducción

El principio de funcionamiento del sistema GPS está basado en la tecnología de satélites. La técnica usada principalmente es la de medir rangos de distancia entre el receptor y los satélites [1].

El sistema GPS tiene múltiples utilidades [2] y su arquitectura se divide en tres segmentos: el segmento espacial, el de control y el de usuario [3]. El primero se compone de 24 satélites a más de 20 mil kms de distancia de la tierra, divididos en 6 planos orbitales y el período de cada satélite es de alrededor de 12 horas. En el segundo segmento, se encuentran las estaciones terrestres distribuidas por el planeta que controlan a los satélites para que no desvíen su trayectoria. Por último, en el segmento de usuario, se encuentran los receptores GPS que en general utilizan dos frecuencias: L1 a 1575,42 Mhz y L2 a 1227,60 Mhz. Existen receptores mono y multifrecuencia.

La precisión en el plano horizontal es de alrededor de 15 metros el 95% de las lecturas. A veces es más preciso pero depende de una variedad de factores que van desde el desvío o retraso de la señal provocado por la atmósfera, el rebote de la señal, baja precisión de los relojes y ruidos en el receptor. En el plano vertical la precisión se reduce al 50% con respecto al horizontal [4].

Existen sistemas o modelos que permiten mejorar la precisión posicional. Algunos casos son por ejemplo el DGPS (Differential GPS) [3], AGPS (Assisted GPS) [5], RTK (Real-Time Kinematic) [6] o e-Dif (extended Differential) [7]. En el primero, se debe abonar un monto mensual por el servicio; en el segundo, en cambio, hay que contar con dispositivos móviles con una conexión de datos activa o de celular tipo GPRS, Ethernet o WiFi. En el tercer caso, se abona por el servicio y además es muy costoso adquirir la infraestructura. El último caso es autónomo, aunque se necesitan estaciones que generen archivos con formato RINEX (Receiver

INdependent Exchange format), formato creado para unificar los datos de diferentes fabricantes de receptores [8].

Líneas de investigación y desarrollo

La línea de investigación principal está relacionada al tratamiento de señales de sensores que incluye al presente proyecto y al menos uno más aplicado a cultivos. Este proyecto está vinculado a la indagación de técnicas software y la implementación de algunas de ellas para minimizar errores encontrados en mediciones realizadas con diferentes tipos de sensores.

Esta área trata con sensores o conjunto de sensores compuestos por: codificadores angulares, medidores de temperatura, medidores de presión, medidores de caudal, medidores de distancia, medidores de humedad, medidores lumínicos (en diferentes espectros de frecuencias), sonares, radares, conversores analógico a digital, conversores digital a analógico, cámaras, posicionadores, entre otros tantos sistemas de adquisición del ambiente cuya información es procesada para controlar actuadores tales como: motores hidráulicos, motores DC, motores AC, motores neumáticos, motores trifásicos, servomotores, actuadores lineales (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.), brazos robóticos, electro válvulas (hidráulicas o neumáticas), vehículos, (aéreos, terrestres, navales, espaciales), entre otros tantos tipos de actuadores.

El principal problema que tienen estos desarrollos es la especificación del comportamiento de todo el sistema, la cual dependerá en gran medida de la plataforma sobre la cual se diseñe el sistema. Estas líneas de trabajo serán abordadas en diferentes plataformas, desde computadoras de uso general, pasando por microcontroladores genéricos dedicados a la aplicación, hasta microcontroladores de arquitectura dedicada a la aplicación.

Resultados y objetivos

El objetivo general del presente proyecto es el estudio de diferentes técnicas software y la

implementación de algunas de ellas para asistir a un usuario en la toma de decisiones en un entorno donde se pretende aumentar la precisión posicional. Con ello se busca posicionar un objeto en el terreno y adquirir métricas de distancia más exactas.

Como objetivo particular se puede mencionar la implementación de técnicas que permitan mitigar la falta de precisión del sistema GPS estándar.

En el Campus de la UNCPBA, con sede en Tandil – Buenos Aires – Argentina, se están haciendo experimentos de campo para probar diversas técnicas, a fin de mejorar la precisión posicional de receptores GPS estándar. Se organizó un escenario de toma de mediciones como muestra la figura 1.

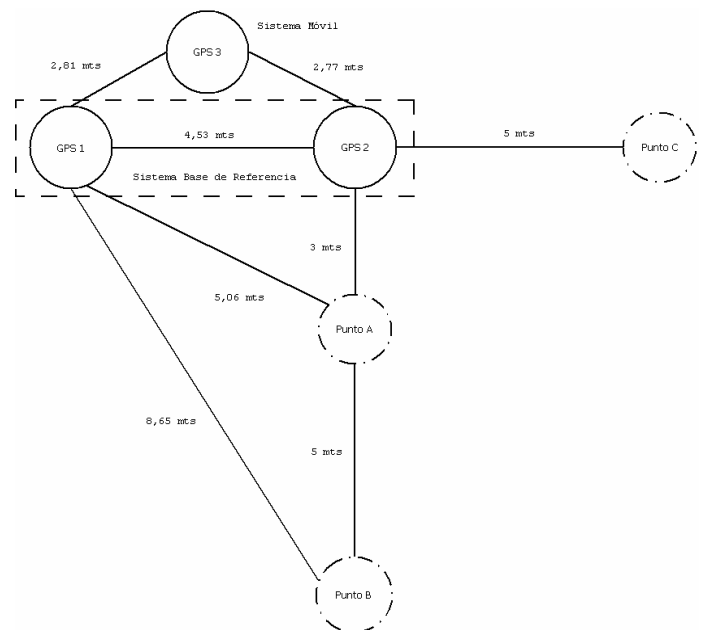


Figura 1. Escenario de toma de mediciones.

Las tomas de muestras se realizaron durante tres días diferentes, en horarios diferentes y algunas llegaron a una hora mientras otras a media hora. En total se tomaron cuatro horas y media de muestras a razón de una por segundo lo que suma un total de 16200 muestras por cada receptor GPS.

Por lo tanto, en este experimento se generaron gran cantidad de datos que deben ser procesados y analizados para poder calificar las técnicas empleadas. El objetivo es describir la herramienta de análisis y procesamiento.

La herramienta utiliza funciones matemáticas y filtros para obtener posiciones de precisión con un error de +/- 1 metro y que en algunos casos se reduce a +/- 0,20 metros. El sistema está dividido en dos partes: una base de referencia y una móvil. Para los experimentos se utilizó un enlace wireless punto a punto entre estos dos. Los sistemas se comunican por socket mediante protocolo TCP/IP. Para el análisis de los datos se tuvieron en cuenta los siguientes campos:

- Latitud
- Longitud
- PDOP
- Satélites trackeados
- Satélites visibles, y por cada uno:
 - Código PRN del satélite
 - Elevación en el horizonte en grados
 - Acimut en grados
 - Relación señal-ruido (SNR)

EL PDOP, SNR y la diferencia de satélites trackeados por los tres GPS son los parámetros de entrada a un sistema difuso. La salida del mismo pondera la ganancia del filtro de Kalman adoptado para la solución de la posición. Se utilizó el principio de la metodología usada por el DGPS pero con un receptor GPS estándar de menor costo. Se obtienen datos de dos GPS conectados a una notebook que hace de estación base de referencia. Se estiman las posiciones durante un cierto tiempo de arranque en frío. Al mismo tiempo se toma la distancia real con una cinta métrica entre estos dos GPS para luego compararla con la obtenida por el sistema. Al finalizar el tiempo de arranque en frío se estiman las dos posiciones y se calcula la distancia entre ellas. Si la distancia no es la real o se encuentra fuera del umbral permitido, entonces se procede a calcular la magnitud y dirección del error. Si la distancia está dentro del umbral se genera una corrección de magnitud cero. Mientras tanto en el sistema móvil, conformado por un tercer GPS y una segunda notebook, se realiza la estimación de la posición durante el tiempo de arranque en frío. Al finalizar, éste queda a la espera de recibir correcciones desde la base

de referencia. El sistema móvil corrige su posición con el error recibido desde la base y entonces calcula las distancias con respecto a los dos GPS que se encuentran en la base. Con estas distancias luego se obtiene el error relativo para poder tener un indicador de rendimiento del sistema.

Se seleccionaron diferentes conjuntos de datos a ser analizados. El primer conjunto fue el obtenido en el arranque en frío del sistema. Está conformado por tres archivos -uno de cada GPS- con más de 20 minutos de muestras cada uno a razón de 1 por segundo lo que suma un total de 1200 muestras por cada receptor. Otros conjuntos fueron los generados al mover el GPS 3 a los puntos A, B y C (figura 1).

Los experimentos realizados arrojaron resultados prometedores. La precisión del sistema se mejoró hasta obtener errores del orden de +/- 1 metro y en ciertos casos de +/- 0,20 metros. Se realizaron diferentes pruebas para ver como se comportaba todo el sistema ante el cambio de algunos parámetros. Entre las diversas corridas se modificaron los valores de las fuentes de error, la aplicación de lógica difusa o no, los valores de entrada al sistema difuso, los valores de salida, el tiempo de arranque en frío, umbrales para el descarte de puntos con mucho error, si aplicar filtro de kalman a los valores originales de los GPS o a los valores estimados, entre otros. Todos estos parámetros se pueden configurar en la pantalla mostrada en la figura 2.

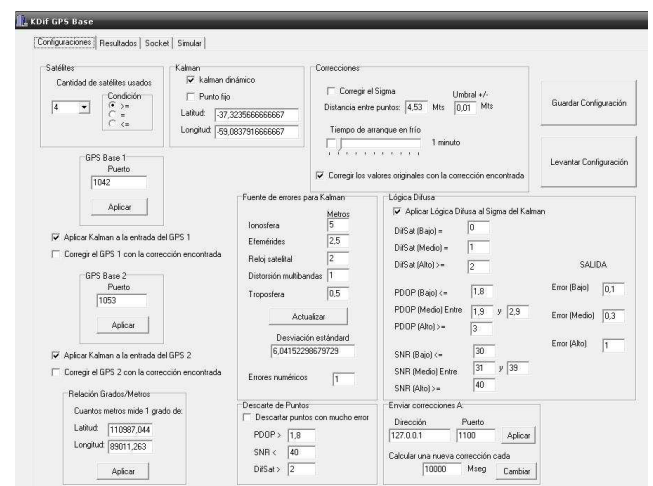


Figura 2. Pantalla de configuración de parámetros del sistema base.

La configuración de parámetros cubre un amplio espectro. Los más sencillos tienen dos estados (activo o no), pero los demás pueden tener un rango de valores. Por tal motivo, calcular el número total de combinaciones es una tarea difícil ya que depende de los rangos de valores elegidos. A modo de experimento se tuvo en cuenta la generación de un archivo de parametrización. En este archivo se ingresa el parámetro y el rango de valores con los cuales luego se ejecutará el programa e irá arrojando resultados acorde a la parametrización en cuestión. Para algunos casos el número de combinaciones llegó a algunos millones; en otros a miles. La combinación de parámetros puede ser enorme y aún así, los resultados no tan buenos. Por ello, se eligieron algunos con cierta coherencia. Igualmente, la cantidad de combinaciones fue muy grande y la ejecución de todo el experimento llevó varios días.

Hasta aquí se presenta la configuración del sistema para el análisis en línea, pero si se desea hacerlo fuera de línea existe una pestaña (Simular) de la figura 2, que permite analizar datos de manera "off-line". En la misma figura, en la pestaña "Resultados", se pueden observar los resultados parciales de la distancia real, estimada y corregida entre el GPS 1 y el GPS 2.

El sistema móvil presenta una pantalla de configuración similar a la del sistema base. Las diferencias radican en poder incrementar las iteraciones del filtro de Kalman a aplicarle a los datos originales del GPS 3 (o móvil), si está chequeada la opción de aplicar el filtro. Además, se elige si se quiere tener en cuenta la corrección recibida o no y si luego de aplicar la corrección se desea volver a aplicar el filtro a ese resultado. También, se pueden configurar las distancias a los diferentes receptores GPS para luego evaluar el comportamiento del sistema. Además, el sistema móvil presenta una pantalla donde se muestra la recepción de los datos tanto del dispositivo GPS como así también las correcciones provenientes de la base de referencia. Por último, en una pantalla separada se pueden divisar los satélites que está trackeando cada receptor GPS para

obtener la posición. El resto de las opciones son iguales a las del sistema base.

En resumen, se desarrolló un sistema que permite asistir a un usuario en el proceso de posicionar un objeto mediante el sistema GPS y poder así calcular distancias más precisas. El desarrollo es flexible, usable y aumenta notablemente la precisión de las posiciones obtenidas con el sistema GPS sin mejoras. Se construyó con receptores estándar lo que lo hace económico, mantenible y al alcance de cualquier usuario con fines variados. Los principios están basados en funciones matemáticas y geométricas, filtros condicionales y análisis de información usando lógica difusa. Es posible agregar etapas de análisis de datos con diferentes algoritmos o técnicas, lo que lo hace extensible.

Se va a analizar la elevación y el azimut de cada satélite trackeado para ver como está conformada la geometría. Con este análisis se busca conocer la forma geométrica (más allá del parámetro PDOP analizado aquí) de los satélites usados para luego compararla con una "ideal" y así poder descartar o no la posición entregada por el receptor.

Formación de recursos humanos

El proyecto involucra a tres estudiantes de grado, que asistieron en la adquisición de datos, y uno de postgrado, cuya tesis tiene directa conexión con ésta presentación.

Referencias

- [1] Guochang Xu, "GPS Theory, Algorithms and Applications", 2nd Edition, Springer, 2007 p [1-3].
- [2] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 258, "Applications of GPS for Surveying and Other Positioning Needs in Departments of Transportation", NCHRP, 1998, p [24-37].
- [3] Bill Clarke, "Aviator's Guide to GPS", 3rd Edition, McGraw-Hill, 1998, p [8-20 and 47-55]-

[4] Steve Featherstone, “Outdoor Guide to Using Your GPS”, Creative Publishing International, Inc., 2004, p [26-41].

[5] Frank Van Diggelen, “A-GPS, Assisted GPS, GNSS, and SBAS”, 2009, p [1-5].

[6] Davide Dardari, Emanuela Falletti and Marco Luise, “Sattellite and Terrestrial Radio Positioning Techniques: A Signal Processing Perspective.”, 1st Edition, Elsevier, 2012, p[62-74].

[7] Satloc,
http://www.canalgeomatics.com/product_files/e-Dif_brochure_149.pdf, Marzo 2012.

[8] Ahmed El-Rabbany, “Introduction to GPS: The Global Positioning System”, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2002, p[101].