

Título: “Algoritmos y técnicas de tiempo real para el incremento de la precisión posicional relativa usando receptores GPS estándar”

Doctorando: Ing. Juan Manuel Toloza

Director: Dr. Acosta Nelson - **CoDirector:** Ing. De Giusti Armando

Institución: Universidad Nacional de La Plata

Carrera: Doctorado en Ciencias Informáticas

Fecha de aprobación: 19/03/2013

Objetivo

Los sistemas globales de navegación por satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS) permiten a un usuario determinar las coordenadas de su posición de manera bastante precisa. Se encuentran en funcionamiento dos sistemas, el NAVSTAR-GPS (operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos y el GLONASS desarrollado por la antigua Unión Soviética y en la actualidad propiedad de la Federación Rusa. En un futuro próximo, la Unión Europea pondrá en funcionamiento el nuevo sistema Galileo, China el COMPASS-Beidou y EEUU modernizará el actual GPS.

Los satélites de los GNSS transmiten señales a partir de las cuales los receptores pueden obtener dos tipos de medidas. Las primeras son medidas de pseudodistancia, y con ellas los receptores pueden determinar su posición con una precisión del orden de varios metros. Las segundas son medidas de la fase de la portadora transmitida por los satélites, mucho más precisas, con las que la precisión en la posición puede llegar a ser del orden de centímetros.

El problema de obtener una precisión aceptable para algunos casos está relacionado principalmente al factor económico pero, en otras situaciones se puede atribuir a las características del terreno o a la distancia que se encuentre un usuario de una determinada estación que brinde correcciones diferenciales. En actividades como la agricultura de precisión donde la medición de terrenos, el posicionamiento de maquinaria en el campo, entre otras, el nivel de precisión que brindan los sistemas satelitales sin ninguna mejora, no es suficiente. Para ciertas regiones se pueden adquirir receptores específicos que al recibir una determinada señal de satélites geostacionarios, obtienen una mayor precisión sin costo adicional más que el del receptor. Existen muchos sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS), además de los basados en tierra (GBAS) y los basados en aeronave (ABAS). Como complemento del sistema NAVSTAR-GPS fue desarrollado el WAAS (Wide Area Augmentation System) que proporciona mayor precisión y seguridad en las señales, logrando una precisión en la posición menor a los dos metros. Pero en algunas regiones, como la nuestra, donde no se cuenta con satélites geostacionarios que aumentan la precisión se debe recurrir a otros métodos. DGPS (Differential GPS), RTK (Real Time Kinematic), e-Dif (extendend Differential), PPP (Precise Point Positioning), AGPS (Assisted GPS), entre otras, pueden ser opciones a considerar para obtener mejor precisión. Algunas de ellas con grandes costos en el servicio y otras, en los dispositivos.

Contar con un sistema de precisión que permita el análisis de la información contenida en sentencias NMEA-1083 proveniente de receptores GNSS estándar de bajo costo puede ser de gran utilidad para las actividades antes mencionadas.

La creación de técnicas para el análisis de la información es el eje central de la tesis, además de proponer una metodología que, implementando dichas técnicas, permita obtener medidas de precisión en el terreno. El desarrollo de una herramienta que aplique estas técnicas y permita verificar la aplicabilidad y eficiencia de las mismas es uno de los objetivos derivados.

Para ello, en primer lugar es necesario investigar a fondo el funcionamiento de los sistemas GNSS de manera tal de poder determinar cuales son las causas de la falta de precisión, así como también, para proponer técnicas que sean aplicables al problema encontrado.

Por lo tanto, la presente tesis propone dar los lineamientos generales de una metodología que aplica técnicas creadas específicamente para aumentar la precisión de

la posición relativa obtenida por medio de receptores GPS estándar de bajo costo. Luego de encontrar el error se pretende difundirlo por algún vínculo para que otros receptores puedan corregir su posición.

WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación

~~En la actualidad, las tareas beneficiadas de este tipo de tecnología, se realizan manualmente, siendo en algunos casos poco prácticas o imposibles de realizar; o con dispositivos de costos elevados, casi inalcanzables para la mayoría de los potenciales usuarios.~~

Aportes

Los aportes logrados con el desarrollo de la presente tesis están relacionados a la creación de técnicas que permiten obtener los errores del sistema global de navegación por satélite que utilizamos en nuestra región, operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos de América, NAVSTAR-GPS. Estos errores son usados para corregir la posición de otros receptores con el fin de mejorar su precisión.

Se crean y ponen a prueba técnicas, que de manera diferencial por medio de posicionamiento relativo de dos receptores, obtienen el error del sistema GPS. Las técnicas se basan en funciones matemáticas y geométricas, en análisis de información mediante lógica difusa y en el uso de filtros. Además, se usa la misma metodología de los sistemas globales de navegación por satélite, en cuanto a cómo determinan la posición de un receptor en la corteza terrestre. En la tesis, esta metodología es usada para determinar la posición exacta del segundo receptor de la estación base, los cuales fueron posicionados oportunamente de manera relativa.

La metodología seguida para obtener los errores consiste en posicionar dos receptores GPS de iguales características a una distancia conocida con vista al cielo. Además, una notebook corriendo la herramienta desarrollada que permite analizar la información proveniente de ellos. Por otro lado, se coloca un tercer receptor, también a una distancia conocida, conectado a otra notebook. Las computadoras se enlazan con una conexión inalámbrica punto a punto. Se establece un tiempo de arranque en frío que permite estabilizar las señales. Luego de este tiempo se comienza a estimar y difundir el error.

Para poder abordar las técnicas usadas que mejoran la precisión, primero se muestra una abstracción del problema y qué deben solucionar las técnicas propuestas. La falta de precisión del GPS depende de varios factores como se muestra en la tabla 1.

Fuente	Efecto (metros)
Arribo de la señal C/A	± 3
Arribo de la señal P(Y)	± 0.3
Ionosfera	± 5
Efemérides	± 2.5
Reloj Satelital	± 2
Distorsión multibandas	± 1
Troposfera	± 0.5
Errores numéricos	± 1

Tabla 1. Fuente de errores del sistema GPS.

Al obtener datos de una posición con un receptor estándar se puede observar una nube de puntos debido a la gran dispersión que tienen las posiciones entregadas. Esta dispersión puede ser analizada y tratada de muchas formas. A continuación se muestran las alternativas existentes que aportan alguna mejora significativa al aumento de la precisión posicional del GPS.

En general, cuando se capturan datos de un receptor se obtienen coordenadas en tres ejes: Latitud, Longitud y Altitud. En este análisis se incluyen dos de las tres coordenadas quedando para futuro análisis la Altitud. En la figura 1 se pueden observar las nubes de puntos formadas por ambos receptores de la base. La dispersión representada por los puntos negros redondos puede resultar perjudicial al momento de querer obtener una posición definida y precisa. La estimación de una posición se puede

realizar por diferentes técnicas, obteniendo una posición como la representada por el rombo verde.

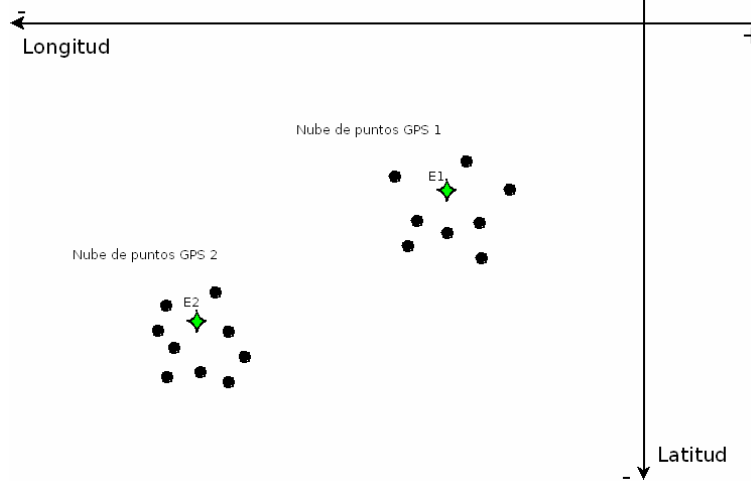


Figura 1. Puntos estimados E1 y E2.

Con ambas posiciones estimadas (E1 y E2) se procede a calcular la distancia entre ellas. Si la distancia calculada es distinta a la real (más/menos un umbral) se determina que hay un error de posicionamiento. Para el caso de la figura 2 la distancia calculada con los puntos estimados es mayor a la real.

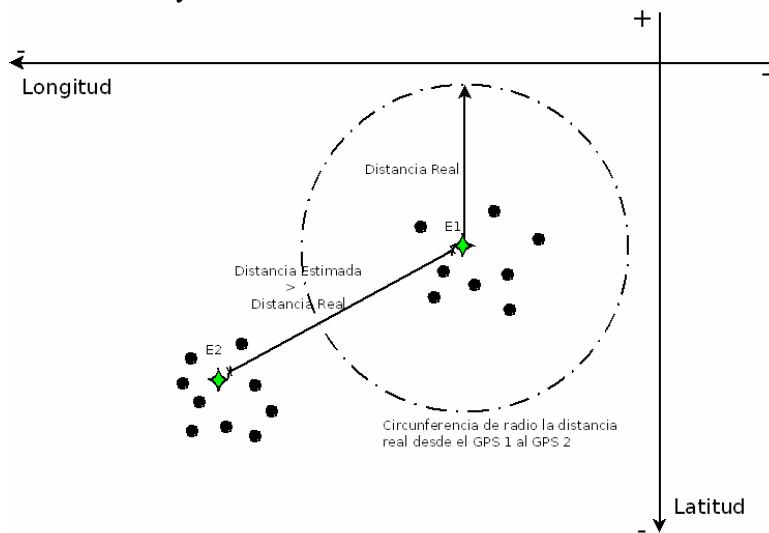


Figura 2. Distancia estimada vs. distancia real.

Además, la figura 2 muestra una circunferencia con un radio igual a la distancia real tomada con una cinta métrica desde el GPS 1 al GPS 2 con centro en el punto estimado para el GPS 1. Este tipo de posicionamiento relativo permite conocer el error que tienen las posiciones entregadas por el dispositivo. Se elige una circunferencia ya que el GPS 2 puede estar a esa distancia pero en cualquier punto de la circunferencia. Este es el principio de funcionamiento que utilizan los sistemas GNSS para obtener las posiciones de los receptores.

Luego de calcular la distancia de los puntos estimados y contrastarla con la real se deduce un error de posicionamiento. Una vez que se conoce que hay un error se procede a calcular su magnitud y dirección.

En primer lugar, se conocen los dos puntos estimados (E1 y E2) y se traza la recta que los une. La ecuación 1 pertenece a la recta que pasa por estos dos puntos.

$$\frac{(y - y1)}{(y2 - y1)} = \frac{(x - x1)}{(x2 - x1)}$$

Ecuación 1. Recta que pasa por dos puntos.

donde las x representan la componente de Longitud y las y de Latitud.

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = r^2$$

Ecuación 2. Circunferencia de radio r .

Conociendo las ecuaciones que definen la recta que pasa por ambos puntos estimados y la ecuación de la circunferencia de radio igual a la distancia GPS 1-GPS 2 con centro en GPS 1 se procede a aproximar mediante la intersección de la recta y la circunferencia. Esta intersección se presenta como un polinomio de segundo grado. Se resuelve matemáticamente y se obtienen los coeficientes a , b y c (ecuaciones 4, 5 y 6). La ecuación 3 solamente presenta un cálculo auxiliar de manera de no repetirlo en las otras operaciones y para hacer más legible el resto de las ecuaciones.

$$divisor = y_2^2 - 2y_2y_1 + y_1^2$$

Ecuación 3. Cálculo auxiliar del divisor.

$$a = 1 + \frac{(x_2^2 - 2x_2x_1 + x_1^2)}{divisor}$$

Ecuación 4. Cálculo del coeficiente a .

$$b = -2y_1 + \frac{(-2x_2^2y_1 + 4x_2x_1y_1 - 2x_1^2y_1)}{divisor}$$

Ecuación 5. Cálculo del coeficiente b .

$$c = y_1^2 - r^2 + \frac{(x_2^2y_1^2 - 2x_2x_1y_1^2 + x_1^2y_1^2)}{divisor}$$

Ecuación 6. Cálculo del coeficiente c .

Con estos coeficientes despejados por medio de Bascara (ecuación 7) se encuentran las raíces del polinomio. De las dos raíces halladas (dos por ser de segundo grado) se elige una y se calculan los puntos de intersección.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

Ecuación 7. Cálculo de las raíces del polinomio de segundo grado por Bascara.

Cabe aclarar que para minimizar los cálculos y poder normalizar se traslada todo a una misma unidad (metros) y se desplaza al $(0,0)$ para luego obtener la diferencia entre E2 y E1.

Luego de obtener las dos raíces se toma en cuenta una sola. Se elige la más cercana al punto estimado del GPS 2 en alguna de sus componentes, en este caso en Latitud, ya que la otra no tiene sentido al estar muy lejos (del otro lado de la circunferencia).

$$resultado_{latitud} = raízMásCerca(y_2, raíces.raíz_1, raíces.raíz_2)$$

Por último, se obtiene la otra componente (Longitud) en función de la Latitud hallada en el punto anterior como se ve en la ecuación 8.

WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación

$$resultado_{longitud} = x_1 + \left((x_2 - x_1) * \frac{(resultado_{latitud} - y_1)}{y_2 - y_1} \right)$$

Ecuación 8. Cálculo de la Longitud en base a la latitud hallada.

Ya se tiene el punto corregido como muestra la figura 3, el cual se encuentra exactamente en la intersección de la recta y la circunferencia.

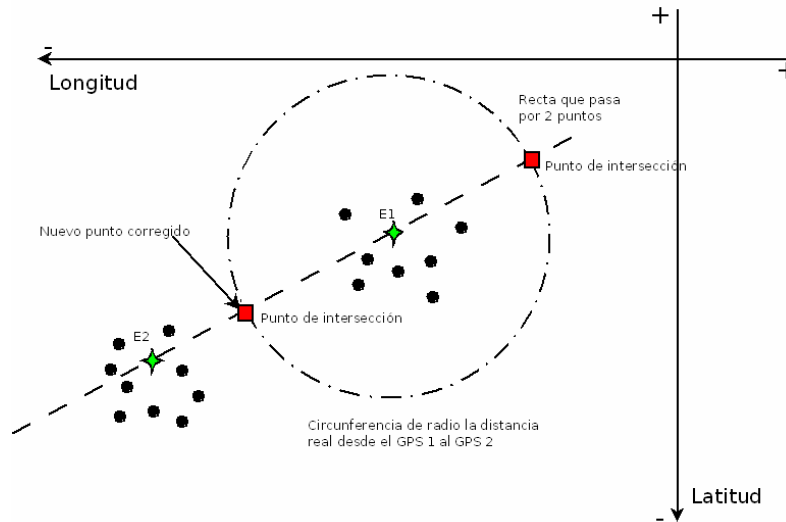


Figura 3. Punto corregido en la intersección de la recta con la circunferencia.

Con estas operaciones se conoce la magnitud del error pero se necesita también obtener la dirección del error encontrado. La dirección del error se puede dar en cualquiera de los cuatro sentidos y la combinación de ellos. La figura 4 muestra como se obtiene la dirección para cada caso. Se detectan nueve casos que son combinaciones de dos variables (latitud y longitud) y tres valores (mayor, menor, igual) como muestra la tabla 2:

	Estimada	
	Latitud	Longitud
1	Mayor a	Mayor a
2	Mayor a	Menor a
3	Mayor a	Igual a
4	Menor a	Mayor a
5	Menor a	Menor a
6	Menor a	Igual a
7	Igual a	Mayor a
8	Igual a	Menor a
9	Igual a	Igual a
	Latitud	Longitud
	Real	

Tabla 2. Determinación de la dirección del error.

La tabla se lee de arriba hacia abajo. Como ejemplo, en la tercera fila se muestra el caso cuando la latitud estimada es mayor a la real y cuando la longitud estimada es igual a la real. Para el caso donde ambas componentes son idénticas no hay corrección y se presenta en la novena fila.

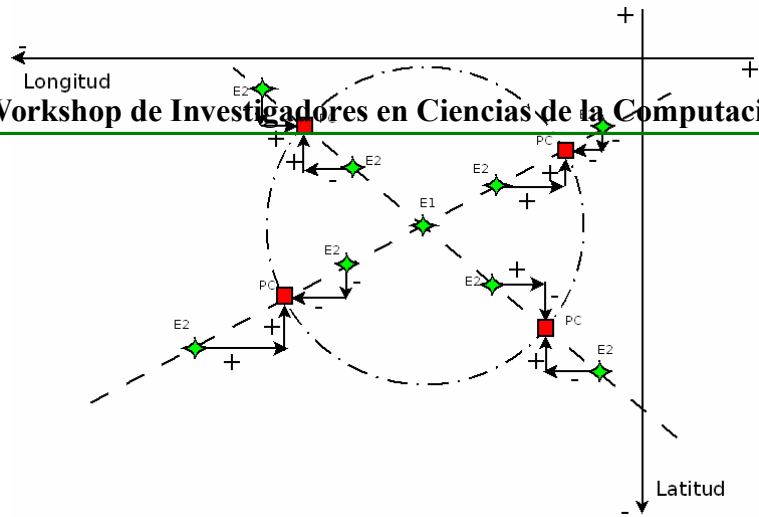


Figura 4. Determinación de la dirección del error encontrado.

En este análisis se encuentran latitudes y longitudes negativas ya que la región donde se desarrolla el experimento se encuentra al Oeste del meridiano de Greenwich y al Sur del Ecuador. Por este motivo, todos los datos y resultados encontrados se trabajan en el tercer cuadrante como muestra la figura 4.

Por lo tanto, para obtener la dirección del error se procede a verificar de qué lado del punto corregido se encuentra el punto estimado. Si la recta que une E1 con E2 es horizontal o vertical, se anulan algunas de las componentes, en el caso horizontal se elimina la Latitud y en el vertical la Longitud, es decir, no hay correcciones en esas componentes ya que no se requiere.

Finalmente, en la figura 5 se observa la magnitud y dirección del error encontrado para el caso de estudio presentado.

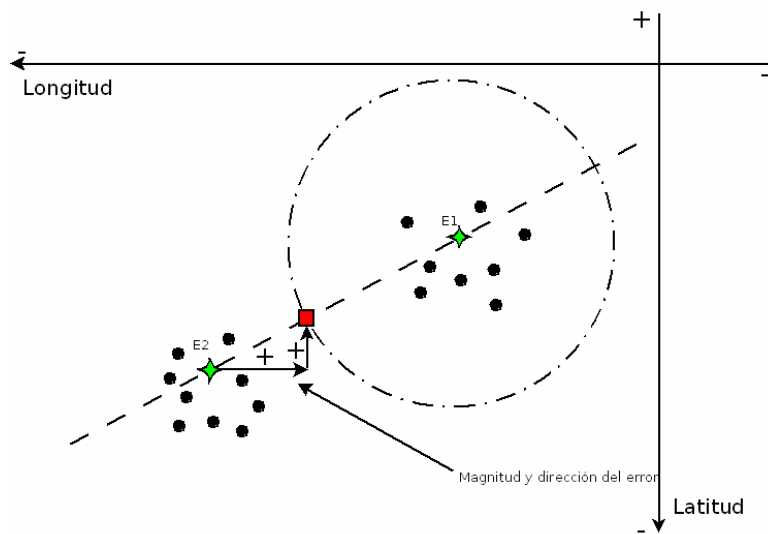


Figura 5. Magnitud y dirección del error.

Se propone hacer la estimación de los puntos E1 y E2 mediante diversas técnicas. Dependiendo de la técnica elegida se obtienen diferentes resultados que pueden variar la precisión mejorándola, pero depende de la simpleza del método y de la potencia de cálculo de la plataforma donde se ejecute el sistema se podrá implementar una u otra. Las técnicas son: promedio, moda, filtro de Kalman (estático y dinámico), ponderación de la desviación estándar con lógica difusa, descarte de puntos mediante filtros paso bajo/alto y retroalimentación de la desviación estándar del error.

Por lo tanto, los aportes realizados son variados comenzando por la metodología propuesta, las técnicas creadas y por último, la herramienta desarrollada. Al momento, no hay sistemas de análisis de información de sentencias NMEA-0183 provenientes de receptores GPS de bajo costo que obtenga posiciones de precisión. Además, es un sistema portable que puede funcionar en cualquier región y con receptores asequibles en el mercado local.

Resultados

En la tabla 3 se presenta un resumen de las técnicas aplicadas luego de la estabilización del sistema, con el 95% de las estimaciones hechas luego de los 5 minutos de arranque en frío. Allí se puede observar no solo la cantidad de mejoras que se lograron sino también el máximo, mínimo y el promedio de los errores absolutos de la distancia entre el receptor móvil y cada receptor de la base diferencial.

Técnica	Cantidad de mejoras	Error absoluto en metros		
		máximo	mínimo	promedio
Promedio	6	5.74	1.14	2.44
Moda	9	2.01	0.48	0.98
Kalman estático	6	5.74	1.14	2.28
Kalman dinámico (KD)	6	2.00	0.36	1.26
K D con corrección de sigma	5	2.95	0.56	1.37
K D con corrección de sigma y log. dif.	6	3.98	0.21	1.46
K D con lógica difusa	5	4.38	0.53	1.69
K D con corrección de sigma y descarte	6	2.95	0.36	1.27
K D con descarte	7	2.01	0.35	1.22
K D con log. dif. y descarte	5	4.38	0.21	1.98
K D con corrección de sigma, log. dif. y descarte	4	3.91	0.21	1.54

Tabla 3. Cantidad de mejoras y errores absolutos por técnica aplicada con el 95% de las estimaciones luego del arranque en frío.

Las comparaciones se hicieron una a una con el error absoluto de la medición original. Todas las mejoras se contabilizan de un total de 10 comparaciones hechas ya que son 5 muestras por 2 pares comparados (GPS 1-3 y GPS 2-3). La tabla 3 muestra que la mejor técnica a aplicar cuando se trabaja con el 95% de las estimaciones es la moda. Esta puede ser usada en este caso ya que el sistema se encuentra estático, no pudiendo ser usada en el caso dinámico. El problema que tiene al moverse es que dependiendo de la velocidad del móvil, la frecuencia del muestreo del receptor puede ser muy baja respecto de la distancia recorrida. Por lo tanto, si el receptor no entrega suficientes muestras antes que el móvil se vuelva a mover una cierta distancia, la frecuencia de aparición de cada posición pasa a ser 1 dado que cambia continuamente.

Sin embargo, si se usa la técnica de Kalman con descarte se obtiene una buena cantidad de mejoras, teniendo en cuenta que ésta si puede ser usada cuando el sistema se encuentra en movimiento.

Se ha logrado reducir el error absoluto del GPS en un rango que va desde los 0.21 a los 5.74 metros el 95% de las veces. Las técnicas como el promedio, Kalman estático, Kalman dinámico con y sin corrección de sigma ambos aplicando lógica difusa y el filtro de Kalman dinámico con corrección de sigma, con lógica difusa y descarte de puntos, mejoran la precisión logrando un error promedio de 2.28 metros. El resto de las técnicas mejoran la precisión obteniendo un error promedio de no más de 2 metros y en algunas ocasiones de 1 metro.

Dado que los resultados de las técnicas implementadas no permiten determinar una sola que se adapte mejor a todas las muestras analizadas, se proponen algunas técnicas adicionales. El resultado de estas nuevas técnicas es obtener una única que mejore la precisión.

Las técnicas propuestas son tres. La primera consiste en determinar cuál fue la mejor técnica implementada en la base diferencial y esa misma aplicarla en el móvil. La segunda, promedia las correcciones realizadas por cada técnica y aplica esos nuevos valores obtenidos para hacer la corrección en el receptor móvil. En la tercera y última, se ordenan de menor a mayor el valor absoluto de las correcciones recibidas. Esto se hace con cada una de las coordenadas. Se eligen las cuatro primeras, es decir, las correcciones de menor magnitud. Luego, con el valor real de la corrección (no con el valor absoluto), se calcula el promedio de ellas y se obtiene la nueva corrección en ambas componentes.

Mejor técnica implementada en la base diferencial

La primera técnica es determinar en la base de referencia conformada por el GPS 1 y 2, cual fue la técnica que menor error absoluto presentó. La tabla 4 muestra la mejor técnica encontrada para la base en cada muestra.

GPS 1 - GPS 2			Distancia (metros)		Error Absoluto (metros)
Día	Muestra	Mejor técnica	real	calculada	
1	1	K D Corr Sigma y Descarte	4.53	4.44	0.09
	2	Kalman D Corr Sigma	4.53	3.83	0.70
2	1	K D Corr Sigma y Descarte	4.53	4.52	0.01
	2	Kalman D Descarte	4.53	4.49	0.04
	3	Kalman D Descarte	4.53	4.48	0.05

Tabla 4. *Mejor técnica implementada en la base diferencial para cada muestra.*

Con estas técnicas se procesan los datos en el GPS 3 y se compara la posición original que brindó el dispositivo con la corregida. La tabla 5 muestra los resultados de aplicar la mejor técnica de la base en el móvil.

Día	Muestra	Técnica	Error absoluto (metros)
1	1	K D Corr Sigma y Descarte	1.54
	2	Kalman D Corr Sigma	1.92
2	1	K D Corr Sigma y Descarte	3.06
	2	Kalman D Descarte	0.36
	3	Kalman D Descarte	3.53

Tabla 5. *Error absoluto en el móvil luego de aplicar la mejor técnica de la base diferencial.*

Técnica de promediar las correcciones recibidas de la base

Consiste en promediar las correcciones recibidas en el sistema móvil. Se promedian las obtenidas por cada técnica y luego se le aplica al valor original del receptor GPS 3. Esta posición ya corregida se compara con la posición del GPS 3 original y los errores absolutos se muestran en la tabla 6.

Día	Muestra	Error absoluto (metros)
1	1	1.15
	2	0.54
2	1	2.23
	2	1.42
	3	2.49

Tabla 6. *Error absoluto en el móvil luego de aplicar el promedio de las correcciones obtenidas por cada técnica.*

Técnica menor distancia al error

De las correcciones recibidas se ordenan de menor a mayor según el valor absoluto de cada coordenada. Se obtiene un promedio con las cuatro de menor magnitud de cada coordenada. Luego se promedian los valores reales de cada una y esos valores se usan para corregir el GPS 3. Los resultados de aplicar esta técnica se muestran en la tabla 7.

Día	Muestra	Error absoluto (metros)
1	1	1.19
	2	0.54
2	1	2.55
	2	1.94
	3	2.50

Por lo tanto, a partir de las tablas y resultados presentados se puede concluir que la mejor técnica es promediar los resultados de las técnicas por medio de las cuales se calculó oportunamente la corrección. Con esta técnica implementada se pueden obtener posiciones con un error máximo de 2.19 metros y que en ocasiones se reduce a 0.54 metros.

Conclusiones y trabajos futuros

Se propusieron diversas técnicas para mitigar la falta de precisión del sistema global de navegación por satélite NAVSTAR-GPS. El principio está basado en funciones matemáticas con ecuaciones de segundo orden, geometría, lógica difusa y filtros, que permiten estimar las posiciones. Las diversas técnicas que se implementaron permiten obtener la magnitud y dirección del error provocado por el sistema NAVSTAR-GPS, algunas con mayor costo computacional que otras pero con diferentes resultados y que depende de la plataforma donde se vaya a ejecutar el sistema. Esta corrección es difundida por la estación base y la utiliza otro receptor para corregir su propia posición y así aumentar la precisión posicional. En paralelo, se desarrolló una herramienta de análisis de información (sentencias del estándar NMEA-0183) proveniente de los dispositivos GPS que permite encontrar y difundir el error. Esta herramienta implementa las técnicas propuestas.

Los experimentos que se llevaron a cabo con diferentes conjuntos de datos arrojaron posiciones con un error absoluto de 2.49 metros el 95% de las mediciones y de 0.54 metros en ciertas ocasiones para receptores con posicionamiento relativo.

Con la creación de las técnicas, con el desarrollo de la herramienta, con los experimentos y resultados obtenidos, se publicaron cuatro artículos en revistas internacionales a mediados del 2012 (ver Anexo I) además de las presentaciones en congresos (ver Anexo I) y quedar seleccionado para el catálogo del concurso INNOVAR 2011 (ver Anexo I). Con ello, se corrobora el aporte realizado en el área y su importancia a nivel global. De las cuatro, dos en revistas de Estados Unidos, una en Inglaterra y la otra en la India.

Como trabajo futuro se propone analizar la elevación y el azimut de cada satélite usado en la solución para ver cómo está conformada la geometría. Con este análisis, se busca conocer la forma geométrica (más allá del parámetro PDOP que fue analizado en esta tesis) de los satélites usados para luego compararla con una "ideal" y así poder descartar o no la posición entregada por el receptor. También, con ello se busca poder seleccionar como dato de entrada aquellas posiciones en las cuales los satélites usados para la solución se encuentren a cierta elevación respecto del horizonte.

Se pretende aumentar la precisión hasta obtener un error máximo de posicionamiento de ± 0.10 metros el 95% de las veces. Esta mejora puede incluir el uso de otra señal adicional o sensores que ayuden a minimizar los errores. Las técnicas a analizar son: redes neuronales, algoritmos genéticos, redes bayesianas, geometría computacional, estadística y clustering.

Anexo I - Producción científica derivada de la tesis

Publicaciones en revistas

1. J. Toloza, N. Acosta and A. De Giusti, "An approach to determine the magnitude and direction error in GPS system," Asian Journal of Computer Science and Information Technology, Volume 2 No. 9, September 2012, pp. 267-271.
2. J. Toloza and N. Acosta, "NMEA-0183 sentences analysis tool from the GPS system to increase the positional accuracy," International Journal of Telecommunications, Volume 15 Issue 2, August 2012, pp. 23-30.
3. N. Acosta and J. Toloza, "Techniques to improve the GPS precision," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Volume 3 No. 8, August 2012, pp. 125-130.
4. N Acosta and J. Toloza, "A tool for prototyping a precision GPS system," International Journal of Computers & Technology, Volume 3 No. 1, Aug 31 2012, pp. 15-23.

Publicaciones en congresos

1. J. Toloza, N. Acosta and A. De Giusti. "*Techniques to determine the magnitude and direction error of GPS system*". CACIC. 2012-Bahía Blanca-Buenos Aires-Argentina, pp. 1461-1470.
2. J. Toloza, N. Acosta y M. Poncio. "*Herramienta de asistencia en tiempo real y fuera de línea para aumentar la precisión posicional del sistema GPS*", WICC 2012-Posadas-Misiones-Argentina, pp. 826-830.

Concursos

1. Autor y expositor "*GPS de precisión de bajo coste*", Categoría: Innovaciones en el agro. Concurso nacional de innovaciones INNOVAR 2011, Séptima Edición, proyecto seleccionado para el catálogo, pp. 190 ref. 10860.

Acta de defensa

Acta Número 26

La Plata, 19 de Marzo de 2013

En el día de la fecha, se realiza la defensa de la tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas presentada por el Sr. Toloza Juan Manuel titulada "Algoritmos y Técnicas de tiempo real para el incremento de la precisión posicional relativa usando receptores GPS estandar" bajo la dirección del Dr. Acosta Nelson y la Codirección del Ing. De Giusti Armando. El jurado está integrado por los Profesores Lic. Perdomo Raúl, Dr. Rodrigues de Souza Josemar y Dra. Rodríguez Caderot, María de Gracia. Los Profesores Dr. Rodrigues de Souza Josemar y Dra. Rodríguez Caderot, María de Gracia participaron de la misma por VideoConferencia.

El tesista demostró poseer profundos conocimientos de GPS y técnicas de cálculo apropiadas para el tratamiento de los datos.

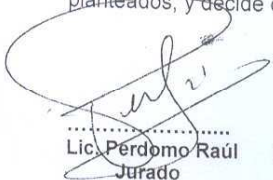
Presentó una detallada descripción del estado del arte y de las diversas técnicas utilizadas en el posicionamiento satelital para mejorar la precisión del sistema. A continuación desarrolló una metodología propia que consiste en vincular los resultados obtenidos por receptores de bajo coste ubicados en una base conocida, para estimar correcciones a dicha base observada, que se pueden extrapolar a otros equipos semejantes trabajando en las cercanías.

Demostró el uso de técnicas informáticas para el análisis de señales, y el tratamiento de las mismas para obtener los mejores resultados. Para ello desarrolló una herramienta informática que permite utilizar distintas técnicas de análisis y adoptar la más apropiada.

Los experimentos realizados resultaron suficientes para demostrar que la técnica es promisoriosa y permite reducir el error en el posicionamiento a nivel de muy pocos metros.


Por otro parte el tesista ha publicado parte de sus conclusiones en revistas internacionales.

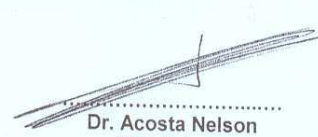
Por todo ellos el Jurado considera que se han logrado muy satisfactoriamente los objetivos planteados, y decide calificar esta tesis con la calificación máxima de 10 (diez) puntos.


.....
Lic. Perdomo Raúl
Jurado

.....
Dr. Rodrigues de Souza Josemar
Jurado


.....
Dra. Rodríguez Caderot, Ma. de Gracia
Jurado


.....
Toloza Juan Manuel
Tesista


.....
Dr. Acosta Nelson
Director


.....
Ing. De Giusti Armando
CoDirector

ES COPIA DEL ORIGINAL


ALEJANDRA PIZARRO
Secretaría de Posgrado
Informática U.N.L.P.



SECRETARIA DE POSTGRADO
Facultad de In.....
U.N.L.P.