



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

USO COMBINADO DE LOS SISTEMAS GPS Y GLONASS.

Introducción.

Los Sistemas GPS y GLONASS son sistemas autónomos, es decir, cada uno tiene su propio sistema de referencia y su propio sistema o escala de tiempo. Usan diferentes sistemas de referencia para expresar las posiciones de sus satélites, y por lo tanto, para determinar las posiciones de los usuarios.

Para poder utilizar los dos Sistemas de Posicionamiento por Satélite, GPS y GLONASS, es decir, recibir señales de los satélites de la constelación GPS y de la constelación GLONASS, es necesario establecer la relación entre los sistemas de tiempo y sistemas de referencia utilizados en los dos sistemas. El Sistema GPS utiliza el sistema de referencia WGS-84, mientras que el Sistema GLONASS utiliza el PZ-90. Los parámetros que definen los dos sistemas de referencia son significativamente diferentes.

Analizando las pseudodistancias medidas a los satélites GLONASS y GPS los errores cometidos vienen expresados por el valor error URE o sURE (User Range Error). Este error contempla los errores al predecir las efemérides, inestabilidades en el vehículo espacial, relojes de los satélites, efectos ionosféricos y troposféricos, efecto multipath, ruido de la señal, y para GPS, la Disponibilidad Selectiva (SA). Todos estos errores en su conjunto se recogen en el valor sURE. El URE se define como la diferencia entre la pseudodistancia y la distancia calculada a partir de las posiciones dadas de los satélites, teniendo en cuenta sólo los errores de reloj y de deriva. Para GLONASS, el valor del URE es de sURE " 10 m, mientras que para GPS sin SA es de sURE " 7 m, y con SA es de sURE " 25 m. La diferencia en los valores de URE de 7 a 10 m entre los Sistemas GPS y GLONASS, es atribuida principalmente a la falta de corrección del efecto ionosférico en GLONASS.

Estudios Realizados Sobre la Utilización de Ambos Sistemas y su Uso Combinado.

El Laboratorio Lincoln de Massachusetts hizo un estudio de las precisiones que ofrecen ambos sistemas de posicionamiento y las precisiones de su uso combinado, analizando las precisiones obtenidas en posicionamiento absoluto usando en código C/A durante periodos de 24 h. La precisión con GLONASS, obtenida en estas pruebas es mejor que los niveles garantizados por el Gobierno Ruso. Además, la precisión con GLONASS es mejor que la obtenida con GPS debido a que la Disponibilidad Selectiva está activada. Sin embargo, si la SA estuviera desactivada, la precisión con GPS sería mejor que con GLONASS. Los siguientes valores muestran los resultados obtenidos por el Laboratorio Lincoln en una de las pruebas realizadas para la obtención de posiciones absolutas utilizando la constelación GLONASS, la constelación GPS y su uso combinado GPS/GLONASS:

Posiciones estimadas con GLONASS:



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Error horizontal (m):	10 (50%)
	21.2 (95%)
	26.8 (99%)
Error vertical (m):	14.6 (50%)
	39.1 (95%)
	46.3 (99%)

Posiciones estimadas con GPS:

Error horizontal (m):	20.6 (50%)
	48.4 (95%)
	62.9 (99%)
Error vertical (m):	26.7 (50%)
	81.7 (95%)
	105.1 (99%)

Posiciones estimadas con la combinación GPS/GLONASS:

Error horizontal (m):	6.5 (50%)
	14.9 (95%)
	25.8 (99%)
Error vertical (m):	16.7 (50%)
	41.8 (95%)
	49.5 (99%)

Con la disponibilidad de receptores GPS/GLONASS, el usuario puede tener acceso a un sistema combinado de hasta 48 satélites (con la dos constelaciones completas). Con todos estos satélites, los trabajos en desfiladeros y otras localizaciones de visibilidad restringida, tales como áreas boscosas, etc., es mejorada debido a la posibilidad de



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

mayor información de más satélites. Además, una mayor constelación de satélites también mejora la ejecución del posicionamiento diferencial en tiempo real, ya que, el tiempo menor de toma de datos, con respecto a un posicionamiento diferencial calculado en post-proceso, se ve compensado por la obtención de una mayor información de más satélites. Pero eso no es todo, además el tiempo de inicialización para alcanzar precisiones de nivel centimétrico mejora en un factor de 3 a 6 con una constelación de 48 satélites.

El posicionamiento posee una integridad mayor. Para un nivel de confianza de 99.9% el posicionamiento con GPS requiere una recepción continua de 6 o mas satélites en sus constelación de 24 satélites. Para el mismo nivel de confianza, usando GPS/GLONASS se requiere una recepción continua de 7 satélites de los 48 de la combinación. Las operaciones de código diferencial vienen a ser más simples. Debido a que no existe una degradación deliberada de la precisión, el trabajo con GLONASS diferencial requiere mucha menor cantidad de correcciones. Es posible la detección del 100% de los fallos, tanto en disponibilidad de los satélites, como en la calidad de la información que transmiten, gracias a la existencia de los RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), que son receptores autónomos de seguimiento íntegro que utilizan unos algoritmos que detectan anomalías en la transmisión de datos, aún figurando un buen estado de salud en los mensajes de navegación y almanaques.

Las principales ventajas del uso combinado GPS/GLONASS son la mejora en la geometría de los satélites y la mitigación de la Disponibilidad Selectiva. Las posiciones se estiman usando los parámetros de transformación entre el sistema PZ-90 y el WGS-84.

Obtención de los Parámetros de Transformación entre PZ-90 Y WGS-84.

Los parámetros que definen los dos sistemas de referencia PZ-90 y WGS-84 son significativamente diferentes. Para poder utilizar el sistema combinado GPS/GLONASS es necesario el conocimiento de las posiciones de todos los satélites utilizados, satélites GPS y GLONASS, en el mismo sistema de referencia. Para ello, lo que se realiza es el paso de las posiciones de todos los satélites GLONASS al sistema de referencia WGS-84, y así trabajar con la constelación de los 48 satélites en un mismo sistema de referencia. Además de la unificación del sistema de referencia, es necesario establecer también la relación entre los dos sistemas o escalas de tiempo utilizados. Esto se resuelve por medio de la información contenida en los mensajes de navegación de cada uno de los sistemas, donde aparecen las diferencias entre los tiempos GPS o tiempos GLONASS con respecto al Tiempo Universal Coordinado.

Para obtener las efemérides de los satélites GLONASS en el sistema WGS-84 es necesario conocer los parámetros de transformación de PZ-90 a WGS-84, para lo cual se necesita un cierto número de satélites GLONASS con coordenadas en ambos sistemas. Con estos satélites se calculan los parámetros de transformación utilizando la técnica de mínimos cuadrados, y se aplican al resto de satélites.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

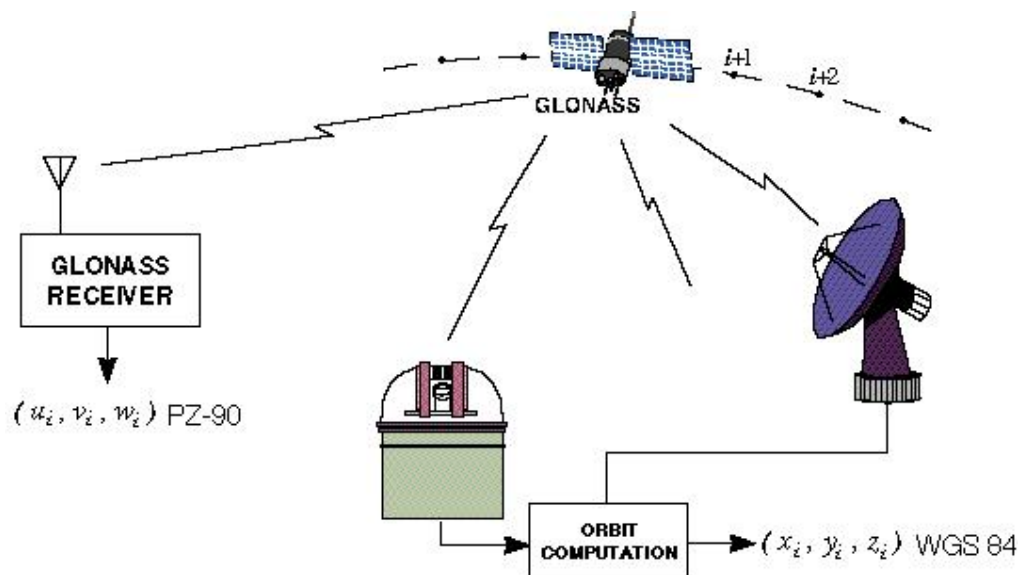
Las coordenadas de los satélites GLONASS en PZ-90 aparecen en el mensaje de navegación que mandan los satélites. La estimación de las posiciones de los satélites GLONASS en WGS-84 es realizada por una serie de estaciones de seguimiento que utilizan técnicas de medición láser, radar y ópticas para la determinación de las órbitas. Estas estaciones están localizadas por todo el mundo:

- Técnicas láser: Estados Unidos, Alemania, Austria, Finlandia, Latvia, Rusia, Ucrania, Uzbekistan, Japón y Australia.

- Técnicas radar: Westford y Kwajalein.

- Técnicas ópticas: Estaciones MOTIFF en Hawai y Estaciones GEODSS

La determinación de las órbitas se realiza utilizando un software de alta precisión que usa la técnica de mínimos cuadrados. Las órbitas son calculadas usando nueve días de datos de seguimiento. Una vez que los parámetros orbitales son estimados, el programa genera vectores de estado en intervalos de 30 minutos, correspondientes a las épocas de las efemérides GLONASS transmitidas. La calidad de la determinación de las órbitas tras el cálculo se estima por un error rms de la posición de los satélites del orden de 11 m.



Estaciones de seguimiento para el cálculo de las órbitas de los satélites GLONASS en WGS-84.

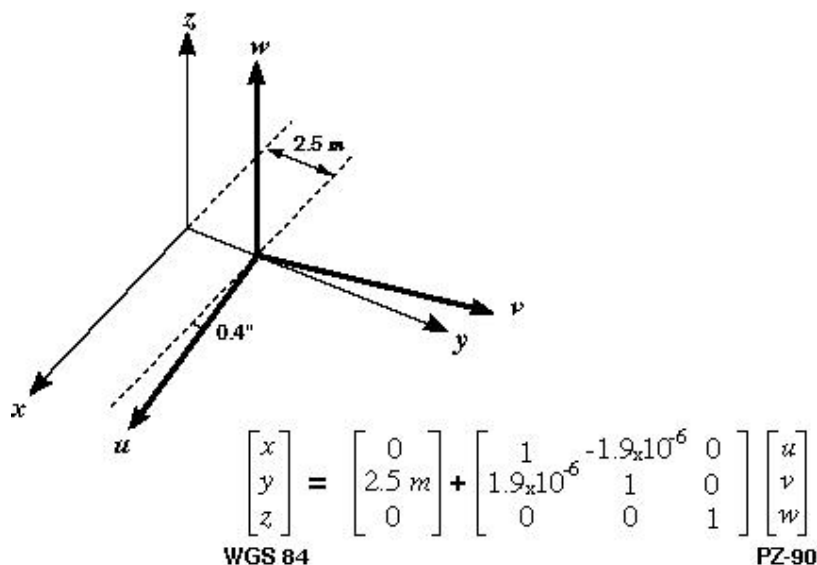
En el Laboratorio Lincoln de Massachusetts se calculan los parámetros de transformación entre ambos sistemas. Se utiliza una red de receptores de referencia distribuidos por toda la superficie de la Tierra que obtienen las coordenadas de los satélites GLONASS en ambos sistemas. Obtienen las posiciones de los satélites GLONASS en el sistema PZ-90 a partir de las efemérides transmitidas, y las coordenadas de los satélites GLONASS en WGS-84 a partir de la red de estaciones de



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

seguimiento láser y sistemas radar. Se estiman los parámetros de la transformación por MMCC, obteniendo como resultado de la transformación una rotación alrededor del eje Z y una traslación a lo largo del eje Y. Los parámetros de la transformación resultantes se muestran en la siguiente figura :



Transformación de coordenadas de PZ-90 a WGS-84.

Una vez que tenemos los parámetros de la transformación del sistema PZ-90 al sistema WGS-84 ya podemos tener las efemérides de todos los satélites GLONASS en el sistema WGS-84, y por lo tanto podremos utilizar el sistema combinado GPS/GLONASS.

La mayor causa de error en la determinación de los parámetros de transformación se encuentra en las efemérides transmitidas. Para facilitar el uso combinado GPS/GLONASS, las autoridades Rusas pretenden incluir en los nuevos mensajes de navegación de los satélites de la Constelación GLONASS-M, las diferencias entre los dos sistemas de tiempos y posiciones de referencia.