



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

LA INTERFERENCIA IONOSFÉRICA Y LAS SEÑALES GPS.

En el año 2000, el año final de esta década, el sol entrará desgraciadamente en un período de acentuada actividad, que afectará directamente a la ionosfera o termosfera. Este fenómeno, conocido como "Max Solar (Solar Max)" tendrá un efecto negativo sobre las telecomunicaciones en general y sobre las señales GPS en particular. Se supone que el aumento cíclico que se avecina en la actividad solar, provocando con ello una dinámica ionosférica más vigorosa, afectará a las señales GPS de tres modos distintos:

- 1) Con suficiente actividad ionosférica, ciertos receptores GPS no podrán seguir los satélites por atenuación de la señal.
- 2) Los receptores GPS monofrecuencia (L1) sufrirán un incremento en los errores, debido al aparente crecimiento del camino recorrido por la señal.
- 3) Los receptores GPS de doble frecuencia (L1/L2) podrán, en algún caso, eliminar este crecimiento aparente en el camino recorrido por la señal provocado por el aumento en la actividad ionosférica. Sin embargo, muchos receptores comerciales disponibles actualmente no serán capaces de seguir la señal.

29 Millones de Grados F.

Dentro del homo solar, los físicos separan un núcleo que es 1500 más denso que el agua, con temperaturas del orden de 29.0 M. °F. Esta tremenda condición termonuclear permite la fusión continua de aproximadamente 600 millones de toneladas métricas de hidrógeno en helio, cada segundo . La liberación de energía resultante es equivalente a la detonación de 100 superbombas de miles de millones de hidrógeno por segundo.

La gigantesca turbulencia que se produce provoca un movimiento bajo la zona de convección superior de la superficie visible del sol (fotosfera), que es mucho más fría, aproximadamente 10.800°F. Esta turbulencia, llamada por los astrónomos granulación solar, crea manchas solares, cada una con una duración de unos cuatro meses como máximo y que son acompañadas por intensos campos magnéticos con un promedio de 2.500 gauses (en comparación, el campo magnético de la Tierra es de aproximadamente un gaus). En un fenómeno no totalmente comprendido, pero que se piensa que está asociado con el alto magnetismo localizado de las manchas solares actuando conjuntamente con el tremendo campo magnético solar, parece Producir períodos de actividad solar creciente que se extienden en epiciclos de once años dentro de los ciclos de 19 a 22 años que posiblemente reflejan los cambios acumulativos que se producen en las profundidades del sol.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Los períodos de mucha actividad en las manchas solares se ven acompañados por erupciones solares - violentas explosiones provocadas por la rápida liberación de la energía almacenada dentro de los campos magnéticos que exhiben inversiones y recuperaciones de polaridad. Todo ello produce una intensa emisión de rayos X, de radiofrecuencias y de partículas de alta energía, provocando una importante disrupción en las comunicaciones radio y mostrando brillantes auroras boreales. La atmósfera exterior del sol -la corona- está formada por arcos y anillos de material gaseoso calentado por algún mecanismo desconocido hasta altas temperaturas (unos 1,8 M. °F). Los vientos solares de gran velocidad se ven forzados hacia los lejanos espacios interplanetarios por los campos magnéticos existentes en el interior de la corona. Empujados por el magnetismo, estos vientos solares son detectables dentro del campo magnético terrestre, tendiendo a repetirse cada 27 días, período que coincide con la rotación del sol.

En este escenario, si eliminamos las degradaciones artificiales impuestas por el Departamento de Defensa sobre la señal GPS, la disponibilidad selectiva y el encriptamiento del código "P", la pérdida de la señal GPS (de baja potencia, unos 20 w.) cuando penetra la ionosfera es quizá la segunda causa más significativa de error GPS rectificable (el primero es el que se deriva el reloj, como sabemos). La ionosfera se extiende entre 80 y 400 Km., sobre nuestras cabezas. Ionizada por una intensa radiación solar, principalmente en la parte UV del espectro, consiste en triples corazas supertenues de electrones libres cargados negativamente y átomos y moléculas cargados positivamente. La ionosfera puede afectar las transmisiones de radiofrecuencia de modo muy radical y muy excéntrico. Por todo ello, disponer en su receptor de uno o más algoritmos capaces de corregir la interferencia atmosférica, y al mismo tiempo mitigar casi una docena de otros efectos demasiado esotéricos para citarlos, es una proposición de vida o muerte.

Más rápido que la velocidad de la luz.

Cuanto mayor el bombardeo de radiación solar, mayor es la densidad ionosférica de electrones y más tiempo tarda la señal GPS en llegar a los receptores. Este efecto hace que los satélites aparezcan, erróneamente, más distantes de lo que realmente están, creando en consecuencia errores de distancia y posicionamiento. Lo que es más interesante, la medida total de la fase parece disminuir (en una magnitud igual al aumento en la seudodistancia) en un efecto que causa también errores en cálculos de posición. Si bien este incremento aparente en la velocidad de la fase parece exceder la velocidad de la luz, en realidad no se quiebra la teoría espacial de la relatividad. No hay forma de energía que pueda viajar más rápida que la luz; el efecto ionosférico causa una falsa velocidad igual a la frecuencia multiplicada por la longitud de onda, que meramente parece exceder esa velocidad límite.

En las peores condiciones, la ionosfera puede provocar atenuación en la amplitud de la señal GPS, vibración en la fase y pérdida de la sintonía con uno o más satélites,



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

resultando a menudo en una operación intermitente en aquellos receptores GPS incapaces de enfrentarse con la creciente actividad solar. Un algoritmo de corrección debe ser, por lo tanto, el producto de integrar no sólo el avance en la fase (aceleración aparente de la señal) con el retraso del grupo (reducción aparente de la velocidad de la señal) a lo largo de las fluctuaciones ionosféricas diurnas-nocturnas de acuerdo con lo que se denomina cuenta total de electrones (TEC), sino que tiene que considerar también las perturbaciones móviles de la propia ionosfera, incluyendo las variaciones causadas por la rotación del eje del sol cada 27 días, y por supuesto, las tormentas magnéticas que resultan de los epiciclos de once años, entre los puntos de máxima y mínima actividad solar.

Incluso en condiciones solares "normales", la ionosfera puede variar lo suficiente para causar una atenuación total; esto es, una reducción drástica en el ratio señal ruido (SNR) de la señal recibida. Los expertos están de acuerdo, es evidente, que incluso sin la violencia que se experimenta durante los períodos de más alta actividad solar, el retraso ionosférico de la señal puede cambiar en un rango de hasta 20 cm. por segundo o aproximadamente 1 ciclo (en L1). Lo que está por determinar son las aceleraciones anticipadas, aunque tales aceleraciones deben estar limitadas en duración si no se desea exceder 1 ciclo. En otras palabras, se puede anticipar 1 ciclo por segundo, medio ciclo por segundo cada dos segundos, y así sucesivamente.

Receptores que usan el código 'P' encriptado.

Por razones de seguridad nacional, el Departamento de Defensa mantiene la disponibilidad selectiva, un procedimiento que introduce en las señales GPS una "vacilación" aleatoria, error en el reloj y datos erróneos en las efemérides (trayectoria y horario orbital). Además, y ofreciendo más dificultad, tenemos el AS (antispoofing), por el que los códigos 'P' en L1 y L2 son encriptados, transformándose en el ilegible código 'Y'. El AS es un proceso diseñado para evitar que una potencia hostil genere un código falso que pueda invalidar la vital recepción de las señales GPS, una acción que podría conducir a un posicionamiento impreciso de las fuerzas militares aliadas.

Cuando el AS está activado, el código 'P' montado en las portadoras L1 y L2 queda encriptado dando lugar al código 'Y', que tiene una velocidad de repique (chipping rate) mucho más baja. Se usan varios métodos para mitigar o eliminar los efectos del encriptado. Uno de ellos, el "SeguimientoZ", proceso patentado por ASHTECH, proporciona exactamente las mismas observables, tanto si el código 'P' está encriptado como si no lo está; esto es, seudodistancia y portadora con C/A, seudodistancia y portadora con P1 y seudodistancia y portadora con P2.

Todos los receptores GPS que emplean el código 'Y' "guían" las correcciones del código 'P' a través de una estimación de la fase a través del código C/A; de este modo, el bucle de la portadora L2 (la parte más delicada en el empleo del código 'P' encriptado) necesita seguir solamente la diferencia entre la función de la portadora en L2: (fL2/fL1)



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

= 60/77, multiplicado por la fase de la portadora en L1. Si la dinámica en la ionosfera es baja, este proceso es relativamente fácil. Pero a medida que la ionosfera absorbe radiación solar adicional y el valor TEC comienza a subir, el bucle de la portadora L2 se encuentra en un aprieto, en el que se requiere un reducido ancho de banda en el bucle para obtener valores adecuados de señal ruido, mientras que al mismo tiempo se necesita más ancho de banda para continuar siguiendo un rápido incremento en la dinámica de la situación ionosférica. Por lo tanto, es vital disponer de un factor señal ruido lo más alto posible para poder seguir los cambios en la dinámica ionosférica durante las atenuaciones; especialmente cuando se siguen satélites con bajas elevaciones que proporcionan, como es lógico, valores SNR más bajos.

Demostración del rendimiento en el Z-12.

Se recogieron los datos obtenidos con intervalos de 10 segundos por un usuario de Z-12 volando sobre la llanura helada de Groenlandia durante un período de actividad ionosférica moderada. El receptor Z-12 de ASHTECH, siguió sin pérdidas de sintonía, una fluctuación ionosférica una vez y media más alta que el máximo anticipado. Los datos demuestran que un cambio de 3 ciclos en L2 durante un período de diez segundos equivale a un cambio de seis ciclos en la fase L1; de ahí resultó que la pérdida pasó de esencialmente cero a 0,6 ciclos por segundo en L1 en 10 segundos.

Los usuarios de GPS están, o deben estar, conscientes de que la precisión de sus medidas depende de una variedad de factores, algunos de los cuales están muchas millas por encima del punto que se está observando. Sin tener en cuenta el funcionamiento de un equipo en el pasado, sería bueno que los usuarios asegurasen que sus sistemas pueden resistir las fluctuaciones causadas por la actividad solar durante el Máximo Solar que se avecina.

Este artículo se publicó en la Revista Profesional Surveyor, referente a Mayo-Junio 97. Autor: Dr. Sergei Gourevitch, Científico Principal, ASHTECH, profesionalmente Físico en partículas. Título: B.S. en la Universidad Oberhim; Ph. D., en la Case Western Reserve. Dr. Gourevitch ha estado trabajando en la tecnología GPS de precisión desde sus comienzos.