

ANÁLISIS SOBRE LA PONDERACIÓN DE SATÉLITES EN COMPARACIONES DE VISTA COMÚN GPS

L. M. Ríos, D. Luna, D. Pérez
INTI Física y Metrología

lrios@inti.gob.ar, luna@inti.gob.ar, dperez@inti.gob.ar

Introducción

El segundo es una de las siete unidades base que conforman el Sistema Internacional de Unidades. Dado que el tiempo y la frecuencia son magnitudes que se realizan con la mayor exactitud, estas se utilizan para la reproducción o realización de unidades como el volt y el metro. Por estas razones y por sus aplicaciones tecnológicas, resulta de interés la comparación remota de relojes atómicos con el fin de asegurar la equivalencia de las medidas de tiempo y frecuencia. Una de las técnicas para comparar relojes atómicos utilizando la red GPS es conocida como Vista Común [1]. El presente trabajo plantea una alternativa a la forma actual de trabajo con dicha técnica.

Objetivo

Hoy en día en el INTI, con la técnica de Vista Común se obtienen resultados estables utilizando una ventana de integración cada 144 minutos. En esta técnica se utiliza el Desvío de Allan para cuantificar la estabilidad de diferencia de fase en los relojes atómicos [2].

En este trabajo mediante el análisis de datos de los relojes atómicos INTI1 e INTI2, cada uno de ellos con su propio equipo receptor y antena GPS, se propone una mejora a la técnica de Vista Común. Con esta mejora se disminuye el tiempo de la ventana de integración aproximadamente 10 veces y se disminuye el Desvío de Allan, mejorando la estabilidad de la medición.

Descripción

El método de Vista Común GPS fue propuesto por D. W. Allan a comienzos de los 80.

El principio de esta técnica se muestra en la Figura 1: las estaciones 1 y 2 reciben simultáneamente la señal de sincronización de alguno de los satélites i, j, k, etc. Luego se mide la diferencia de tiempo entre la señal recibida y la generada por un reloj local, ver Ecuación 1 y Ecuación 2. Para el satélite j:

$$\delta_1^t = t_1 - t_j \quad [\text{Ecuación 1}]$$

$$\delta_2^t = t_2 - t_j \quad [\text{Ecuación 2}]$$

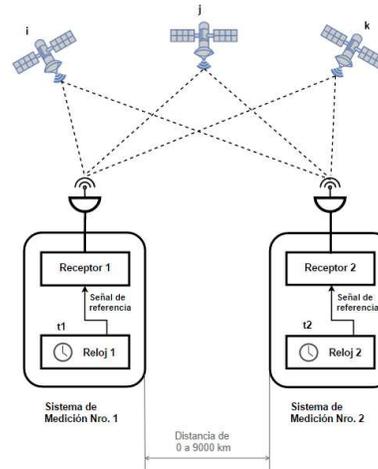


Figura 1. Esquema de medición mediante la técnica de Vista Común GPS

A partir de las diferencias de tiempos medidas, es posible obtener la diferencia de fases entre los relojes 1 y 2 [Ec. 3]:

$$\delta t_{12} = \delta_1^t - \delta_2^t = (t_1 - t_j) - (t_2 - t_j)$$

$$\delta t_{12} = t_1 - t_2 \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Todo análisis de datos, requiere de una limpieza previa. La limpieza significa cuantificar e imputar los datos faltantes y analizar en detalle los datos anómalos. Esto se realiza mediante estadísticos descriptivos tales como: diagramas de caja, correlogramas, funciones de densidad de kernel y sobre todo conocimiento del dominio. En general los datos anómalos suelen ser reemplazados por la media, pero esto deprime la varianza. Otra opción es eliminar dichos registros, siempre que la cantidad de datos anómalos no resulte significativa. Dada la cantidad de registros totales, generada por la técnica de Vista Común, en este trabajo se decide eliminar los datos anómalos.

Se denominará *Sistema de Medición* a cada conjunto formado por un reloj atómico, un receptor y una antena GPS. El INTI posee 2 (dos) Sistemas de Medición independientes. Dado el origen de los datos, la limpieza de los registros en Vista Común se realiza por cada Sistema de Medición.

Luego de detectar los valores anómalos para cada Sistema de Medición, se analiza la

variabilidad de las diferencias de fase para cada Sistema y entre ellos. Se opta por una medida robusta de desvío denominada MAD, Desvío Absoluto de la Mediana.

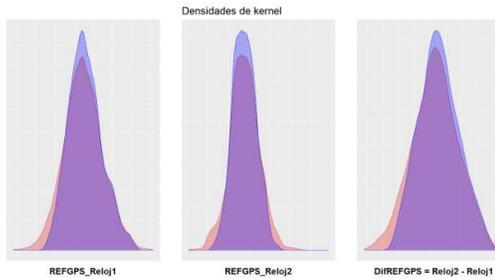


Figura 2. Densidad de kernel, antes y después de la limpieza

En la Figura 2, se observan las densidades de distribución de kernel para las diferencias de fase antes y después de la limpieza de datos. Se puede apreciar una menor dispersión de las diferencias de fase luego de la limpieza de datos (color azul).

Dada la periodicidad del fenómeno físico y la forma en la que se generan los datos, se construye un modelo de regresión lineal múltiple [5] para cada Sistema de Medición con los datos limpios de un día completo de medición.

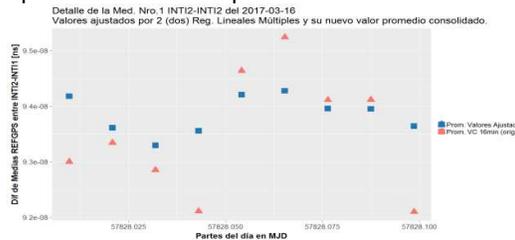


Figura 3. Promedios de VC 16 min. y nuevo promedio de valores ajustados

Se puede observar en la Figura 3 que los nuevos promedios (cuadrado azul) difieren de los promedios originales (triángulo rojo). La gran diferencia radica en la limpieza del conjunto de datos.

Resultados

Este nuevo valor de medida, cuadrado azul observado en la Figura 3, resulta de promediar los valores ajustados por el modelo de regresión lineal múltiple.

Otra alternativa al promedio de los valores ajustados por la regresión, es utilizar: un estimador de robusto de promedio como la mediana o un promedio ponderado con los residuos.

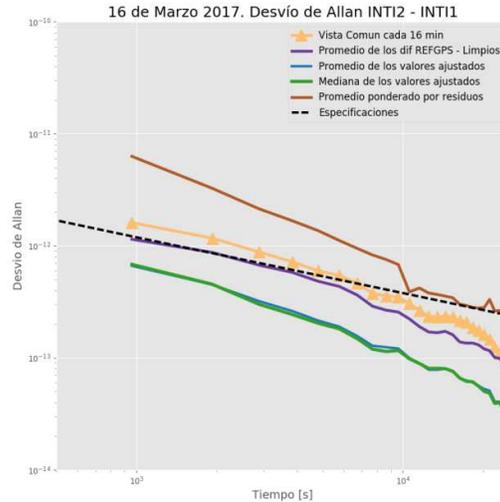


Figura 4. Desvío de Allan para los nuevos valores obtenidos

Se observa en la Figura 4 que realizar el promedio o la mediana - línea color verde - genera un Desvío de Allan menor. Este trabajo propone la mediana ya que es una medida más robusta.

Conclusiones

Se pudo demostrar que la limpieza de datos, permite mejorar y detectar datos anómalos en el conjunto de datos. La regresión tiene por objetivo disminuir la distancia de los residuos, esto hace que la dispersión existente entre los satélites disminuya. Finalmente el reemplazo del promedio por la mediana hace que consigan mediciones estables para Vista Común cada 16 minutos. Esto es disminuye el tiempo de la ventana de integración aproximadamente 10 veces, respecto de Vista Común cada 144 minutos.

Bibliografía

- [1] T. Gotoh, A. Kaneko, Y. Shibuya, and M. Imae, "GPS common view," J. Nat. Inst. Inf. Commun. Technol., vol. 50, nos. 1–2, pp. 113–123, 2003.
- [2] Luna, D., Pérez, D., Cifuentes, A., & Gómez, D. (2017). Three-Cornered Hat Method via GPS Common-View Comparisons. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.
- [3] Ana M. Bianco y Elena J. Martínez. Apunte de clase. Probabilidades y Estadística (Computación). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- [4] Costa, R., Orgiazzi, D., Pettiti, V., Sesia, I., & Tavella, P. (2004). Performance comparison and stability characterization of timing and geodetic GPS receivers at IEN.
- [5] Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2015). Regression analysis by example. John Wiley & Sons.