

Adquisición de mediciones inerciales y de GNSS para sistemas de navegación integrada

Elián R. Hanisch[†], Germán Scillone, Santiago Rodríguez, Javier G. García[‡]

UIDET Sistemas Electrónicos de Navegación y Telecomunicaciones (SENYT), Facultad de Ingeniería de la UNLP

[†]elian.hanisch@ing.unlp.edu.ar [‡]jgarcia@ing.unlp.edu.ar

Resumen—La integración de un sistema de navegación inercial (INS) con un sistema satelital de navegación global (GNSS) es una técnica muy potente para obtener una solución de navegación superior a la que se obtendría de cada sistema si se utilizaran aisladamente. En este trabajo se describe el diseño de un sistema de adquisición de mediciones inerciales y de GNSS para el posterior desarrollo de un sistema de navegación integrado INS/GNSS.

Index Terms—INS, GNSS, IMU, navegación

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas satelitales de navegación global (GNSS), tales como GPS, GLONASS o Galileo, son ampliamente utilizados gracias a que proveen una solución de posición confiable y con algunos metros de error; pero tienen desventajas tales como una baja tasa de datos, pueden ser obstruidos por edificación, sufrir radio interferencias y, para el caso de receptores de una sola antena, no brindan información sobre orientación. Los sistemas de navegación inerciales (INS) en contrapartida tienen una alta tasa de datos, son inmunes a las interferencias, poco error a corto plazo y pueden determinar orientación; tiene como desventajas requerir inicialización con una posición conocida y acumular errores a largo plazo. Como las desventajas y ventajas de los GNSS e INS son complementarios se puede obtener una solución de navegación superior al combinarse ambos sistemas en un sistema integrado.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de adquisición consiste en una unidad de medición inercial (IMU) ADIS16305 [1] para adquirir las mediciones inerciales, un receptor GNSS de doble antena desarrollado en el grupo de trabajo [2] y una placa de desarrollo ZYBO de Diligent [3] para almacenar y sincronizar las mediciones.



Fig. 1. Diagrama del sistema.

La placa de desarrollo ZYBO tiene como características relevantes un SoC Zynq Z-7010 (que incluye 2 núcleos Cortex-A9 a 650 MHz y un FPGA Artix-7), 512MB de memoria DDR3 y soporte para memoria MicroSD.

El receptor GNSS que está desarrollado es compatible con el formato CubeSat [4], dispone de 2 antenas y es capaz de operar en las bandas L1 y L2 del sistema GPS. El receptor transmite sus datos a la placa de desarrollo a través de una UART a 115,2 kbps y tiene una señal de Pulso Por Segundo (PPS), que está sincronizada con el reloj del sistema GPS e indica el momento de las mediciones, que se usa para sincronizar en el tiempo la información de navegación.

La IMU utilizada posee una terna de acelerómetros y un giroscopio orientado verticalmente y es capaz de generar mediciones a una tasa de 819,2 Hz, que se transmiten a través de un SPI con un *clock* de 1,5 MHz. Una señal *Data Ready* (DR) que se genera cada vez que termina una conversión se utiliza para sincronizar en el tiempo las mediciones.

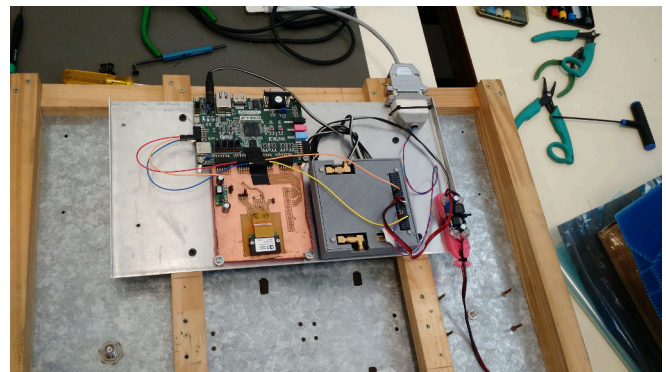


Fig. 2. Fotografía del sistema armado. Debajo de la placa ZYBO se encuentra la placa con la IMU y a la derecha el receptor GNSS. En la parte inferior en la placa galvanizada se encuentran los 2 conectores donde se ubican las antenas, aún sin conectar al receptor.

El FPGA del SoC Zynq solo implementa la comunicación SPI con la IMU, siendo el resto del sistema programado en C y ejecutado en uno de los núcleos Cortex-A9. Este atiende 3 interrupciones: uno para manejar los mensajes que el receptor envía por la UART, y los otros 2 son interrupciones GPIO para detectar los flancos de subida de las señales DR y PPS.

Cuando se inicia la adquisición la placa ZYBO espera la llegada de un flanco de PPS que el receptor solo envía después de adquirir suficientes satélites para tener una solución de posición. Una vez ocurrido esto por cada pulso de DR la placa ZYBO se comunica con la IMU para guardar 8 campos de 16 bits donde los más importantes son los 3 acelerómetros,

el giróscopo, la temperatura y la tensión de alimentación. El receptor GNSS envía por la UART distintos mensajes de información, pero solamente se almacenan los mensajes de navegación y observables. Los mensajes de navegación incluyen la solución de posición y velocidad entre otros datos; los observables incluyen información de cada señal de satélite que se recibe en cada antena. Por cada pulso de PPS se reciben y guardan 2 mensajes de navegación (uno por cada banda L1 y L2) y uno de observables.

La captura de las mediciones inerciales se realiza sin perder muestras. En el caso de los mensajes de GNSS, el sistema podría descartar mensajes silenciosamente en el caso de que estos llenen la cola de la UART, pero esto sería una ocurrencia extraordinaria.

Para sincronizar los datos se utiliza un *timer* global de 64 bits (con un *clock* de 325 MHz); por cada flanco de DR y PPS se toma una captura del valor del *timer* global y se guarda junto a los datos de la IMU y del receptor.

Los datos generados se almacenan inicialmente en la memoria RAM de la placa ZYBO y una vez finalizada la adquisición en una tarjeta SD; la memoria RAM disponible permite adquirir datos durante al menos 2 horas antes de tener que guardarlos a la tarjeta SD.

III. RESULTADOS

En la Fig. 3 se muestra un ensayo realizado en la playa de estacionamiento de un centro comercial.



Fig. 3. Trayecto realizado, según la solución de posición de L1.

Los resultados de las mediciones de GPS resultaron ser satisfactorios excepto en el breve lapso donde hay un desvío de la trayectoria de entre 60 m y 100 m aproximadamente; que podría deberse fundamentalmente a interferencia de múltiples trayectorias o multicamino.

Otro problema que afectó la calidad de la solución de navegación fue que el receptor tuvo pocos satélites adquiridos y esto se debió a 2 razones: 1) porque el receptor funcionaba con una lista reducida de satélites para reducir procesamiento y 2) porque el receptor se instaló junto a las antenas y expuesto al medio ambiente, lo que afectaba la estabilidad de los osciladores del equipo. Esto era algo que se esperaba y se trató de mitigar utilizando una caja fabricada con una impresora 3D para proteger el receptor.

Las mediciones inerciales obtenidas (Fig. 4) resultan ser consistentes con la trayectoria realizada.

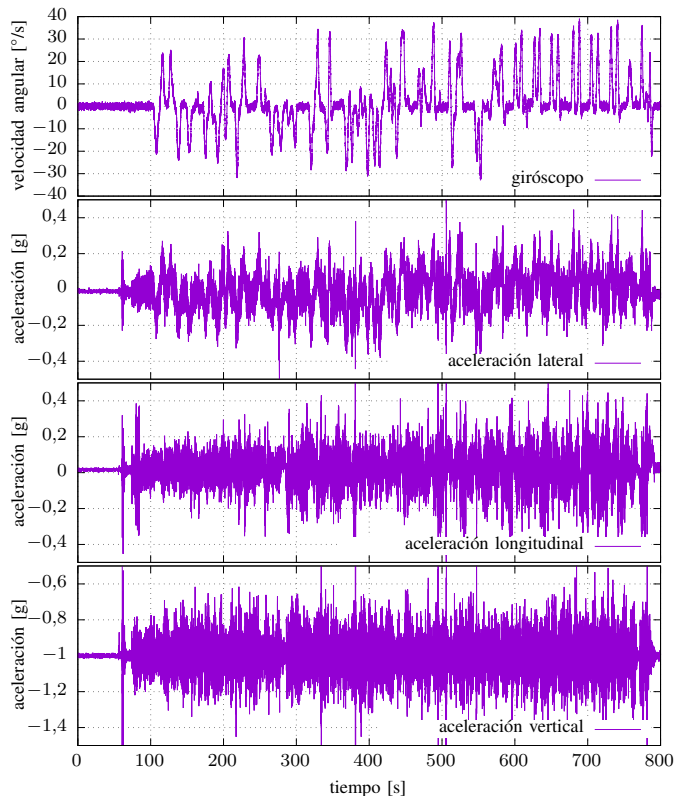


Fig. 4. Mediciones de la IMU.

IV. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

Se logró el objetivo principal de implementar un adquisidor de mediciones inerciales y de GNSS que estuvieran sincronizadas en el tiempo.

El trabajo futuro consistirá en el cálculo de una solución de navegación integrada implementando un filtro de Kalman [5] junto con un análisis de los errores involucrados.

Como la IMU utilizada no dispone de una terna completa de giróscopos, no es apta para estimar la orientación del vehículo a no ser que sus mediciones se combinen con otros sensores. En el caso de vehículos terrestres este tipo de IMU se puede combinar con un sensor de velocidad [6], en lugar de eso se quiere explorar la posibilidad de aprovechar que el receptor GNSS dispone de 2 antenas (lo que permite determinar 2 ejes de la orientación del vehículo, guiñada y cabeceo) y determinar orientación en el sistema integrado.

REFERENCIAS

- [1] ADIS16305 Precision Four Degrees of Freedom Sensor <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADIS16305.pdf>
- [2] S. Rodríguez, R. L. L. Valle, G. L. Puga, J. G. García, y P. A. Roncagliolo, "Design of a dual-antenna and dual-band GPS receiver for CubeSats", en 2017 IEEE URUCON, 2017, pp. 1-4.
- [3] ZYBO FPGA Board Reference Manual <https://reference.digilentinc.com/reference/programmable-logic/zybo/reference-manual>

- [4] W.A. Jordi Puig-Suari, Clark Turner, "Development of the standard cubesat deployer and a cubesat class picosatellite", 2001 IEEE Aerospace Conference, 2001.
- [5] P. D. Groves, "Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems". Artech house, 2013.
- [6] U. Iqbal, A. F. Okou, y A. Noureldin, "An integrated reduced inertial sensor system — RISS / GPS for land vehicle", en 2008 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium, 2008, pp. 1014-1021.