

Instrumentación y desarrollo de una plataforma de vehículo terrestre para la obtención de posicionamiento RTK.

RODRÍGUEZ-CRESPO, Marco Antonio†, TREJO-MACOTELA, Francisco, ESPINOZA-QUESADA Eduardo, FREY Andreas.

Recibido 3 de Septiembre, 2017; Aceptado 5 de Diciembre, 2017

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo de un vehículo móvil, su instrumentación y programación, para su posterior integración con un receptor GNSS RTK por medio de una computadora Odroid, con el propósito de que se obtengan de los sensores datos como la posición, orientación y aceleración, en un mismo programa, para que dicho vehículo pueda ser utilizado en agricultura de precisión. Se presenta el desarrollo de la arquitectura móvil, que incluye las conexiones y el establecimiento de comunicación entre sensores, así como el procesamiento de información obtenida. Posteriormente se muestra el desarrollo realizado para la obtención de las mediciones RTK. Como parte final, se muestra la integración de datos de la plataforma móvil en un solo programa de lectura de datos con el fin de que a partir de estos se pueda comenzar el desarrollo de tareas de navegación.

Agricultura de Precisión, NES, Odroid, Pixhawk, RTK.

Abstract

This article deals with the development of a mobile vehicle, its instrumentation and programming, for its later integration with a high precision GNSS receiver via an Odroid computer, in order to obtain data such as position, orientation and acceleration, so the vehicle can be used for precision agriculture applications. In the same way, the development of the mobile architecture is shown, which includes the physical connections and establishment of communication between sensors, as well as the processing of obtained information. Subsequently, the developed work with RTK measurements and their integration with the mobile platform is shown. Finally, it was developed a program that integrates all the data from the mobile platform in order to make possible the development of navigation tasks.

Precision Agriculture, NES, Odroid, Pixhawk, RTK.

Citación: RODRÍGUEZ-CRESPO, Marco Antonio†, TREJO-MACOTELA, Francisco, ESPINOZA-QUESADA Eduardo, FREY Andreas Instrumentación y desarrollo de una plataforma de vehículo terrestre para la obtención de posicionamiento RTK. Revista del Diseño Innovativo. 2017. 1-1:37-43

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El propósito de la agricultura de precisión es mejorar las condiciones de producción agrícola haciendo uso de herramientas tecnológicas avanzadas, con lo cual se pretende disminuir costos de producción y aumentar la eficiencia en la inspección, riego y fertilización, además de distintos tipos de análisis en los cultivos. Por lo tanto, es de notar el creciente desarrollo de vehículos para este tipo de tareas, algo que se puede observar en trabajos como en (Bechar, 2016; Jilek, 2015; Mane, 2016; Bergerman, 2012). Analizando este tipo de aplicaciones queda claro que parte importante de las investigaciones actuales en este rubro se centran en dotar a los robots móviles con sistemas embebidos que les permitan realizar tareas de forma autónoma.

En este tipo de desarrollos destacan los vehículos terrestres no tripulados (UGV) que han sido objeto de estudio desde hace muchos años para su implementación en tareas de agricultura, principalmente centrándose e instrumentar vehículos ya existentes para realizar tareas autónomas, como la aplicación mostrada en Jilek (2015) que puede ser aplicada tanto al monitoreo de plantaciones de gran escala como a aplicaciones más pequeñas como invernaderos. Siendo parte importante de estos desarrollos, el dotar a los vehículos de herramientas para lograr navegación, ya que se requiere que trabajen de forma autónoma, es necesario realizar acciones como evasión de obstáculos o seguimiento de trayectorias. Para realizar tareas en el exterior como la detección y evasión de obstáculos se utilizan herramientas como las cámaras usadas en Mane (2016) y los sensores láser, así como la aplicación desarrollada por Bergerman (2012).

En el aspecto concerniente a la navegación de vehículos terrestres en ambientes de agricultura, aplicaciones recientes como la que se describe en Bergerman (2012) muestra que un aspecto básico a tomar en cuenta es el espacio entre sembradíos, ya que ambos tienden a ser reducidos para aprovechar al máximo la extensión del suelo. Debido a esto, en aplicaciones donde sea necesario el desplazamiento de un vehículo terrestre a través de los cultivos, es de suma importancia contar con una medición precisa de la ubicación del vehículo para evitar el riesgo de desvío o invadir una zona no requerida.

La aplicación de sensores para navegación con mayor grado de precisión ha sido la alternativa perfecta para poder conocer la posición de los robots móviles con mayor exactitud. Los sensores más utilizados para conocer puntos específicos de ubicación son los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que a pesar de ser muy utilizados en vehículos su principal problema es que estos sensores tienden a tener un rango de error demasiado elevado, generalmente en la orden de metros, lo que dificulta la realización precisa de tareas de seguimiento y operación.

En el trabajo hecho por Rovira (2015) se analiza de forma detallada el desarrollo hecho para obtener sensores de posicionamiento global de alta precisión. Este tipo de receptores GNSS (**Global Navigation Satellite System**) reciben el nombre de RTK (Real Time Kinematic) y a diferencia de un receptor convencional, estos tienen la característica de poder obtener valores de posición con una precisión de centímetros.

En el presente trabajo se muestra el desarrollo hecho para dotar a un vehículo terrestre con la instrumentación necesaria para obtener datos como su posición, orientación y aceleración para desarrollar aplicaciones de autonomía.

Desarrollo

Contamos con tres elementos principales a interactuar. El primer elemento es el rover (vehículo móvil con su respectiva instrumentación), el cual establece una comunicación con el segundo elemento que es una estación tierra, que sirve como interfaz PC para los elementos de hardware que trabajan a distancia. Como siguiente elemento se tienen los receptores GNSS RTK que obtienen las medidas de posición.

Arquitectura

Para obtener el sistema descrito anteriormente, se utiliza la arquitectura mostrada en la Fig. 1, donde se observan el rover, la estación base y el sistema de medición RTK. La estación y el rover se comunican por medio de dos radios de telemetría Sik utilizando un protocolo de comunicación llamado MAVLink. Los dos receptores RTK se comunican entre sí por medio de dos radios de telemetría RFD 900+ utilizando el protocolo de comunicación SBP.

Los receptores RTK se comunican para poder obtener la medición precisa del RTK móvil. Estos datos serán entregados por protocolo SBP a la computadora Odroid, mediante conexión serial.

De igual forma, la información de los sensores del Pixhawk será recibida por la computadora Odroid, comunicado por medio de conexión USB. Así, la computadora Odroid será la encargada de procesar la información de los sensores y regresar las consignas de movimiento al Pixhawk utilizando protocolo MAVLink.

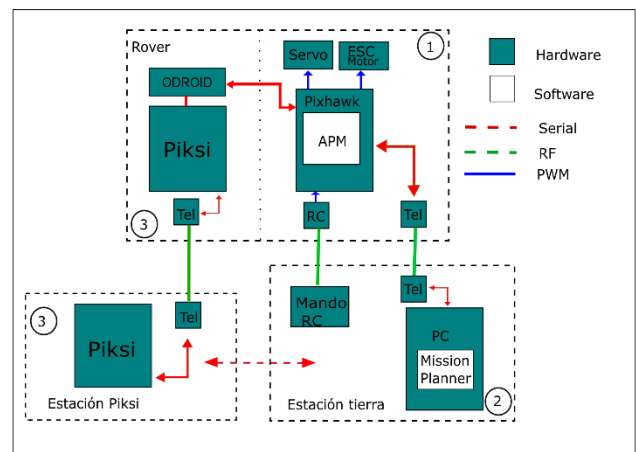


Figura 2 Diagrama de bloques para la arquitectura del sistema desarrollado

Instrumentación

Para obtener esta arquitectura, se comenzó por el acondicionamiento del vehículo base para el rover. Se contaba previamente con un vehículo con tamaño de 779 mm de largo por 540 mm de ancho. Equipado con un motor brushless, un servomotor encargado de dar dirección y un ESC (controlador electrónico de velocidad). Fig. 2. Su respectiva alimentación se hace con 2 baterías LiPo 4s (14.8v) conectadas en serie.

Para poder controlar los motores del vehículo y manejar los sensores se optó por una computadora embebida autopiloto Pixhawk.



Figura 3 Vehículo terrestre base

Este dispositivo se utiliza como puente a bajo nivel para servir de interfaz entre los actuadores, sensores externos, y computadora central, ya que este dispositivo cuenta con una gran cantidad de librerías, contiene una IMU central, un giroscopio, magnetómetro, y es capaz de manejar hardware como GPS, dispositivos de comunicación, motores, servomotores, protocolos como SPI, i2C, CAN, Serial, así como lectura y escritura de pulsos PWM.

Se procedió a la instrumentación del vehículo con el autopiloto utilizando los elementos mostrados en la Fig. 3. El buzzer es una bocina que indica mediante tonos las acciones realizadas por el vehículo. El switch es un botón que se utiliza para activar o desactivar las salidas PWM del Pixhawk vía hardware, para de esta manera mantener un control de seguridad sobre el vehículo al momento de estar realizando pruebas.

El GPS 3DR es un receptor GNSS que cuenta con un magnetómetro para obtener medidas de posición y orientación.

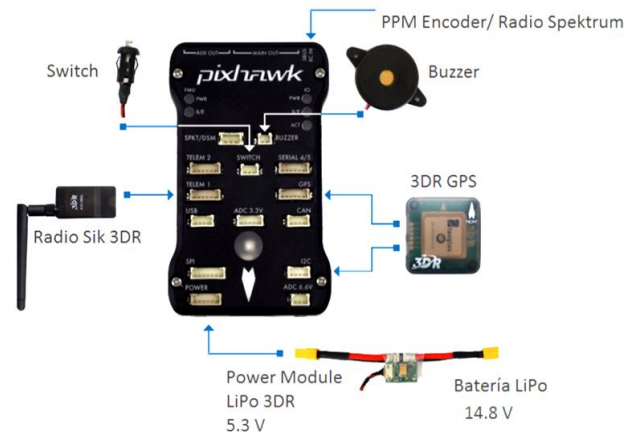


Figura 4 Pixhawk y hardware a utilizar

El receptor de radio Spektrum, se utiliza como entrada para recibir órdenes de un radio control, en este caso se utilizó un Spektrum DX7s como mando a distancia. El receptor se conecta a un PPM encoder, cuyas salidas van directamente a la entrada del Pixhawk encargada de leer los pulsos recibidos por el control.

Para energizar el Pixhawk se utiliza un adaptador de energía con salida de 5.3 v conectado a una batería 4S.

Debido a la necesidad de montar los dispositivos en el vehículo, se diseñaron y fabricaron bases en fibra de carbono, las cuales se atornillaron al vehículo móvil. Posterior a esto se hizo el montaje del Pixhawk y los dispositivos, así como su respectiva alimentación. Fig. 4.

Para configurar y programar el Pixhawk, así como realizar la configuración de los sensores conectados en el vehículo se utilizó la interfaz Mission planner, que es un software que permite interactuar con el Pixhawk y el hardware conectado al mismo. Fig.5.

Por medio de esta interfaz es posible verificar el funcionamiento de los sensores montados, así como la información proveniente de los mismos. Este software se utiliza de igual manera para programar el Pixhawk. El intercambio de información se hace a través de los radios de telemetría Sik 3DR. Dichos radios trabajan a 900 Mhz y tienen una potencia de transmisión de 20dBm(100mW).



Figura 5 Rover instrumentado con Pixhawk y baterías de alimentación del mismo.



Figura 6 Interfaz Mission Planner; se aprecia la ventana de configuración del magnetómetro

También se configuró el magnetómetro y acelerómetro del Pixhawk.

Se hizo la configuración y asignación de canales para la obtención de señales del radio control, para poder mover el vehículo y darle dirección, así mismo, se establecieron tres modos de operación del vehículo, los cuales pueden cambiar de acuerdo a la posición de un switch del radio control Spektrum.

El primer modo es el modo *Manual*, por medio del cual se puede controlar el movimiento del vehículo directamente con el radio control. El segundo modo es el modo *Hold*, en el cuál el vehículo se queda completamente estático. El tercer modo de operación es llamado modo *Auto*, al entrar en este modo el vehículo recorre una serie de puntos previamente definidos con coordenadas GPS por medio del software *Mission Planner*. Fig. 6.

Terminadas las configuraciones, se procedió a probar el vehículo terrestre en un ambiente exterior. Estas pruebas consistieron en definir puntos GPS o *waypoints* por medio de un mapa en Mission Planner, con el propósito de que el vehículo pudiera seguirlos, para así asegurar el correcto funcionamiento del rover y su instrumentación. Fig. 7.



Figura 7 Pruebas de movimiento y asignación de canales en el vehículo

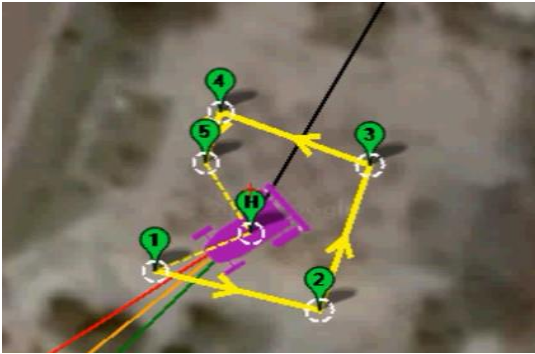


Figura 8 Prueba de movimiento usando waypoints

Obtención de mediciones RTK

Para la obtención de mediciones RTK se hace uso de la plataforma de receptores GNSS Piksi de la compañía Swiftnav, Swift Navigation. (2016). Las mediciones se realizan mediante dos receptores GNSS, uno fijo y otro móvil. Ambos comparten información entre sí, y mediante una triangulación respecto a la posición del RTK fijo, se puede calcular con un alto grado de precisión la posición del Piksi móvil, que es el que se encuentra montado en el rover.

Para que ambos dispositivos puedan compartir información de su posición, a cada uno se le conecta un radio de telemetría RFD900+. Después se procede a hacer la configuración de los receptores. Utilizando la interfaz *Piksi Console* se envía un string de comandos AT para que puedan establecer comunicación entre sí, estableciendo su modo de operación, los puntos de conexión, la velocidad de transmisión de datos, el ID de cada radio y el ID de la red de conexión. Posterior a esto, se conecta el radio de telemetría al Piksi, Fig. 8.



Figura 9 Receptor Piksi conectado a radio de telemetría

Programación y fusión de datos

Para poder establecer comunicación con el Pixhawk es necesario utilizar el protocolo Mavlink, y para obtener mediciones por medio de los sensores RTK, es necesario utilizar mensajes SBP (*Swift Binary Protocol*).

Para poder hacer el procesamiento de estos datos, se utilizó la computadora Odroid XU4 que es un dispositivo de tamaño pequeño (83mm x 60mm) con procesador Exynos 5422 Cortex, a 2Ghz, Octacore y 2gb de memoria RAM, trabajando bajo el sistema operativo Ubuntu Mate 16.04 LTS. Como ya se ha mencionado el propósito es que la computadora Odroid se encargue del procesamiento de datos de los sensores para que la misma pueda regresar consignas de movimiento para seguimiento de trayectorias. El implementar esta computadora hace posible que puedan ser incluidos en el sistema otro tipo de sensores posteriormente, dado la elevada capacidad en velocidad y procesamiento de la misma.

Para adquirir y enviar datos al dispositivo Pixhawk se elaboró un programa en Python, en este caso se utilizó la librería Dronekit, que se trata de un Framework, el cual es capaz de manejar mensajes de MAVLink utilizando como interfaz funciones de Python.

Con estas funciones se realizó un programa que establece comunicación vía serial, en esta conexión se inicializa el programa para adquirir los datos provenientes del Pixhawk y sus sensores. Se hace una verificación del hardware para asegurar que todo se encuentra funcionando de manera correcta., y si todo funciona correctamente el vehículo, se procede a la obtención de mediciones RTK.

Para poder obtener dichas mediciones se utiliza el protocolo propio SBP (Swift Binary Protocol). Debido a que es un protocolo propio de la compañía se utiliza la librería *libsbp* hecha en Python, a través de la cual se pueden codificar y decodificar mensajes SBP, de esta manera se programaron funciones para poder acceder a la información de los receptores Piksi a través de la computadora Odroid. Los datos recibidos se encuentran en formato NED (North East Down), medidos del Piksi estático hacia la posición actual del Piksi rover, por lo tanto, para establecer la posición móvil respecto al punto cero denotado por el Piksi base, en un sistema de coordenadas “X, Y” se toma en cuenta, N es a X como E es a “Y”.

El programa final en Python es capaz de adquirir datos de mediciones RTK, de obtener datos de los sensores en el Pixhawk y de igual forma es posible enviar consignas de movimiento al vehículo. El montaje de los dispositivos RTK y la computadora Odroid se puede apreciar en la Fig. 9.

Resultados

La plataforma del vehículo terrestre desarrollado es capaz de entregar información como el estado del hardware, orientación, posición y aceleración con alto grado de precisión gracias a los receptores de GPS RTK.



Figura 10 Vehículo rover instrumentado con el receptor Piksi RTK y la computadora Odroid

Esta plataforma terrestre está equipada con hardware y software de fácil acceso, mediante la cual se pueden desarrollar aplicaciones como algoritmos de seguimiento de trayectorias y tareas autónomas utilizando los datos obtenidos del vehículo.

Referencias

- Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, 94–1.
- Jilek, T. (2015). Autonomous field measurement in outdoor areas using a mobile robot with RTK GNSS. *IFAC-PapersOnLine*, 28(4), 480–485.
- Mane, S. B., & Vhanale, S. (2016). Real time obstacle detection for mobile robot navigation using stereo vision. 2016 International Conference on Computing, Analytics and Security Trends (CAST), 637–642.
- Nizette, B., Tridgell, A., & Yu, C. (2014). Low-cost differential GPS for field robotics. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM*, 1521–1526.

Beul M., Krombach N., Nieuwenhuisen M., Droeschel D., Behnke S. (2017) Autonomous Navigation in a Warehouse with a Cognitive Micro Aerial Vehicle. In: Koubaa A. (eds) Robot Operating System (ROS). Studies in Computational Intelligence, vol 707. Springer, Cham

Paziewski, J., & Wielgosz, P. (2017). Investigation of some selected strategies for multi-GNSS instantaneous RTK positioning. *Advances in Space Research*, 59(1), 12–23.

Nizette, B., Tridgell, A., & Yu, C. (2014). Low-cost differential GPS for field robotics. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM*, 1521–1526.

Gan-Mor, S., Clark, R. L., & Upchurch, B. L. (2007). Implement lateral position accuracy under RTK-GPS tractor guidance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 59(1–2), 31–38.

Raible, J., Blaich, M., & Bittel, O. (2010). Differential GPS supported navigation for a mobile robot. *Proceedings of the 7th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles IAV'10 Lecce Italy September 2010 (Vol. 43)*. IFAC.

Das, J., Cross, G., Qu, C., Makineni, A., Tokekar, P., Mulgaonkar, Y., & Kumar, V. (2015). Devices, systems, and methods for automated monitoring enabling precision agriculture. *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, 462–469.

Bergerman, M., Singh, S., & Hamner, B. (2012). Results with autonomous vehicles operating in specialty crops. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, (June), 1829–1835.

Rovira-Más, F., Chatterjee, I., & Sáiz-Rubio, V. (2015). The role of GNSS in the navigation strategies of cost-effective agricultural robots. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2, 172–183.

Swift Navigation. (2016). *Piksi Datasheet*, 1–4. Retrieved from http://docs.swiftnav.com/pdfs/piksi_datasheet_v2.3.1.pdf

Roy, R., & Bommananti, V. (2015). User manual odroid-xu4, 83. Retrieved from <http://magazine.odroid.com/wp-content/uploads/odroid-xu4-user-manual.pdf>