

Propuesta para automatizar el seguimiento de satélites LEO

Omar Álvarez¹, Jesús R. Carrillo², Miguel A. García³, Margarita G. Mayoral⁴, Hugo E. Preciado⁵

¹Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Maestro en Ciencias área Telemática,

xe1aom@uacol.mx

² Oracle de México, Ingeniero en Telemática,

jesuscarrillo8@gmail.com

³ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Doctor en Ciencias Computacionales e Inteligencia Artificial,

mgarcia@uacol.mx

⁴ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Maestro en Ciencias área Telemática,

mglenda@uacol.mx

⁵ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, estudiante de 6to semestre Ingeniería en Telemática,

hpreciado@uacol.mx

RESUMEN

Se propone la implementación de un sistema embebido con GNU/Linux, que realizará el proceso de seguimiento de satélites de órbita baja (LEO, por sus siglas en inglés). Entre las ventajas de la plataforma desarrollada se encuentra su fácil fabricación, bajo costo y la construcción de nuestra propia antena. La propuesta presentada, desarrolla las funciones básicas de cualquier solución comercial pero en nuestro caso se desarrollo bajo la filosofía de software Libre. Con la automatización del proceso de seguimiento, la operación de satélites LEO resulta más fácil y precisa.

Palabras claves: azimut, elevación, keplerianos, LEO, satélite.

ABSTRACT

This work proposes the use of an embedded system with GNU/Linux, which is responsible of satellite tracking process for Low Earth Orbit (LEO) satellites. The advantages of this platform are the ease of construction, low cost and the use of a homebrew antenna. This platform performs the same basic functions of any of the commercial systems but with the Free Software Philosophy. With the automation of the tracking process, the operation of LEO satellites becomes easy and accurate.

Key words: azimuth, elevation, keplerian, LEO, satellite.

Introducción

Alrededor del planeta existen una gran variedad de satélites que ofrecen diferentes tipos de servicios y aplicaciones, van desde entretenimiento, militares, científicos, meteorológicos, radioaficionados y de comunicaciones en general que incluyen: datos, video e incluso el mismo Internet. Estos equipos son repetidores que orbitan la tierra, diseñados con el propósito de permitir la comunicación a grandes distancias de acuerdo a su órbita, por tal motivo nos centraremos en los Satélites de Órbita Baja (LEO, Órbita Terrestre Baja), los cuales no son geoestacionarios y es necesario calcular sus pases visibles de acuerdo a nuestro punto de observación.

En los satélites LEO, los radioaficionados tienen a su disposición varios de ellos en Frecuencia Modulada (FM), Banda Lateral Única (SSB), y Telegrafía (CW) (1). Debido a su constante movimiento en azimut y elevación, su operación se vuelve complicada para ubicarlo durante los pocos minutos que dura su huella (aproximadamente 12 minutos). Para la recepción de las señales existen antenas diseñadas de manera específica para lograr la mejor calidad de recepción pero por lo general son de grandes dimensiones y por consiguiente costosas. Experimentos realizados por diversos radioaficionados han logrado diseños compactos y de bajo costo con resultados satisfactorios para ser utilizados en los satélites de órbita baja. Sumado a ello se han desarrollado programas de cómputo para hacer el seguimiento automático con la desventaja de no soportar la gran mayoría de rotores existentes en las tiendas especializadas.

Se propone el empleo de un sistema embebido con GNU/Linux para automatizar el seguimiento del satélite junto con el diseño de una plataforma mecánica y de control. Entre sus ventajas importantes se pueden mencionar su fácil construcción, bajo costo y utilizar una antena de fabricación casera para la recepción en UHF (Frecuencia Ultra Alta). Esta plataforma realiza las mismas funciones básicas de cualquiera de los sistemas comerciales existentes pero bajo la filosofía de Software Libre. Con la automatización del proceso de seguimiento, se logra que la actividad operación de satélites LEO para radioaficionados sea sencilla y exacta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diagrama a bloques de la plataforma diseñada para el seguimiento de satélites LEO se muestra en la figura 1.

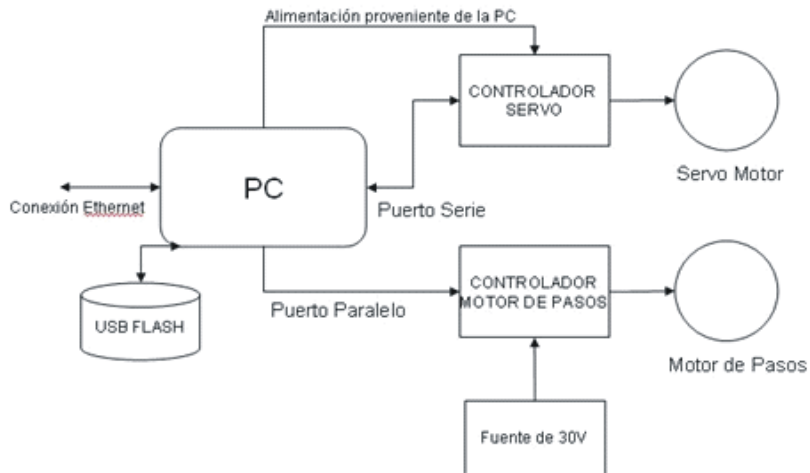


Figura 1. Diagrama a bloques.

El sistema embebido (PC) es el modelo E210882 de Intel con un banco de RAM de 1 GB y una memoria USB (Bus Serial Universal) de 2 GB donde se instaló una versión de Slackware 10.1 adecuada para funcionar desde este medio de almacenamiento. La instalación del sistema operativo se realizó con la herramienta QEMU la cual emula una computadora, esto con el fin de no utilizar una de escritorio dedicada a este proceso.

Se utiliza el programa Predict2, para realizar el cálculo de las órbitas y datos necesarios para el posicionamiento de la antena “en tiempo real”. Puede ser utilizado en modo servidor, en versión gráfica y en consola o modo texto. Para la propuesta empleamos las modalidades de servidor y en modo texto; mediante el uso de Sockets UDP se estableció comunicación con el Predict para obtener el listado de satélites LEO y su posición actual.

La conexión Ethernet es utilizada para que el embebido, mediante el programa Predict, tenga la posibilidad de descargar los elementos orbitales keplerianos a través de Internet. Estos son datos numéricos que sirven para definir la órbita con respecto al centro de la Tierra y también su orientación en el espacio, y por consiguiente, determinar la posición del satélite en el espacio en un momento dado. Esta información se debe actualizar al menos una vez a la semana para evitar errores al momento de operar un satélite.

Las partes medulares del proyecto son el subsistema de Predicción, Calendarización y Cálculo de Órbita, los cuales se describen brevemente:

- Predicción de órbita: compuesto por una serie de páginas Web y programas que se encargan de desplegar los satélites disponibles para el rastreo y el cálculo de sus trayectorias.
- Cálculo de Órbita: este subsistema es una de las partes medulares del proyecto, se encarga del posicionamiento inicial de la antena y del seguimiento en tiempo real del satélite.

- Calendarización: es el encargado de verificar si existe una pasada reservada y de activar el subsistema de Cálculo de Órbita.

Debido a las dimensiones físicas del embebido, es posible contener toda la electrónica necesaria en una caja de computadora de escritorio compacta con la finalidad de que pueda ser portátil. La figura 2. muestra la forma en la cual se acondicionó el embebido, fuente de voltaje y las tarjetas controladoras de los dos motores empleados.



Figura 2 Prototipo integrado.

Rotores de Azimut y Elevación

El sistema trabaja con un servomotor y un motor de pasos para posicionar correctamente el sistema de antenas. El servomotor tiene la función de controlar la elevación de la antena, desde cero hasta 90 grados y llevarla nuevamente a cero. Para lograr el ajuste de 180 grados requeridos en el sistema de elevación, se utiliza un diseño de placa de control PicServo realizado por el australiano Ashley Roll4 para su uso sin fines de lucro. Los valores del sistema de posicionamiento son enviados del embebido al puerto serie para que la placa de control comience a elevar la antena de acuerdo a la órbita seleccionada. La placa del PicServo se muestra en la figura 3.



Figura 3. El controlador PicServo.

El control de azimut consta de un motor de pasos y un sistema de engranajes que le proporciona mayor torque al motor. El sistema de engranajes fue tomado del mecanismo encargado de subir la hoja en una impresora de matriz de puntos, el cual funciona como un reductor y así aumenta el torque. Para la etapa de potencia se diseñó una interfaz a base de transistores debido a que el puerto paralelo de la computadora no provee la corriente suficiente para excitar las bobinas del motor de pasos. Se protege al máximo el puerto paralelo mediante una etapa de opto acoplamiento. Los transistores de potencia que fueron seleccionados para la interfaz son los TIP120 NPN, permitiendo brindar la corriente suficiente para alimentar las bobinas del motor de pasos. Para el opto acoplamiento se utilizaron circuitos SHARP PC817, este circuito integra en un mismo encapsulado un diodo LED y un fototransistor. El motor de pasos utilizado para el azimut, el sistema de engranes empleado y el trípode para el soporte mecánico se observa en la figura 4.



Figura 4. Soporte mecánico

Para la selección de la antena se tuvo en cuenta la facilidad de construcción, peso y costo de los materiales de fabricación. Una de las encontradas es la llamada antena CJU (Canary Jail Umbrella), la

cual es un diseño realizado por dos radioaficionados españoles (EB4DKA y EA4CYQ), que es una variante simplificada de la Texas Potato Masher de K5OE. La CJU, construida originalmente como prototipo casero con materiales desechados, que utilizó varillas de acero de un paraguas viejo y un pedazo de tubo plástico de una jaula para pájaros, ya se ha ganado un sitio en las publicaciones de radioaficionados a pesar de su peculiar denominación. Esta antena ha sido analizada y tiene una alta valoración en su desempeño con respecto a su amplio lóbulo de radiación en dirección frontal, lo que hace que su orientación sea fácil y poco crítica. (5),(6), (7). Esta característica le permite “escuchar” el satélite aún cuando no se apunte directamente al mismo, y aún así logra una adecuada calidad de recepción incluso con errores de hasta 5 grados con respecto a la posición real del satélite. Por todas las características mencionadas, han sido publicados documentos donde se demuestra la calidad de recepción que es posible obtener con ella.

La polarización de la antena es lineal (horizontal o vertical) y debido al movimiento constante del satélite, se requiere ajustarla continuamente entre cero y noventa grados sobre el eje de la antena. Se realizaron pruebas de recepción con la estructura que aparece en la figura 5, que permite apreciar los detalles de la antena fabricada en la Universidad de Colima sobre el soporte mecánico.

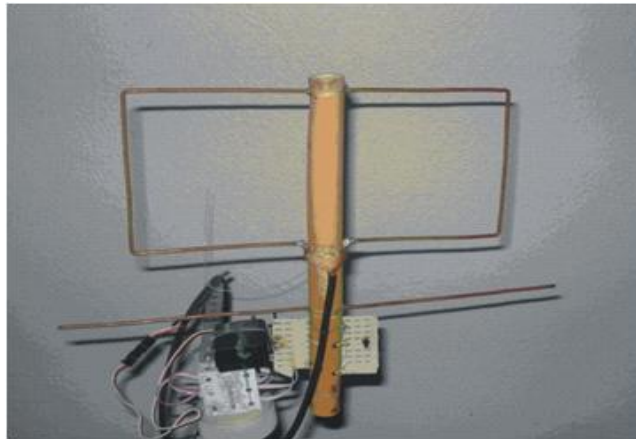


Figura 5. Antena CJU para UHF

CONCLUSIONES

El prototipo presentado hace más sencillo el seguimiento de los satélites LEO, los errores de posicionamiento se reducen al mínimo y la calidad del audio fue la adecuada cuando fue puesto a prueba en el satélite AO-51. Para esto, se seleccionaron varias órbitas que permitieron realizar los ajustes mecánicos finales para lograr la mejor recepción. La antena empleada cumplió con las expectativas de bajo costo y buen desempeño acordes a su patrón de radiación. Se demostró el éxito del trabajo realizando comunicados de voz con estaciones mexicanas y norte americanas con una calidad adecuada para establecer una conversación a través del satélite AO-51. Un video con las pruebas preliminares del sistema ya completo se puede consultar en: http://www.youtube.com/watch?v=jgfKM_Aw2zQ. El video final puede ser consultado en la dirección: <http://www.youtube.com/watch?v=aWRZoZMjELA>.

Al realizarse el proyecto bajo la filosofía GNU/Linux, este prototipo con algunas modificaciones mínimas, puede llegar a sustituir a los sistemas de rastreo comerciales. Debido a su programación modular realizada en Perl, es posible sustituir cualquiera de los motores por uno de mejores prestaciones sin necesidad de reprogramar todo el código fuente.

Como aplicación en la radio afición, existen diversas aportaciones realizadas por otros radioaficionados que permiten lograr el mismo objetivo alcanzado, reutilizando partes mecánicas y de control de otros dispositivos. Para el caso de Cuba, se tiene conocimiento que solamente tres radioaficionados emplean esta modalidad de comunicación y por suerte para muchos de nosotros, se encuentran a diferentes partes de la Isla: Leonides Freire (CO5LU) entre 6 y 8 carretera a Varadero, Juan Carlos Veranes (CO8TW) en Santiago de Cuba y Héctor Luis Martínez (CO6CBF) de Cienfuegos. Héctor, además de tener 22 años, construyó sus equipos de VHF/UHF y de control de rotores. De los autores, Omar Álvarez (XE1AO) ya logró contactar a los tres por medio de satélites LEO utilizando equipos de radioaficionado y Hugo E. Preciado solo ha comunicado con Héctor.

Con lo mencionado anteriormente, consideramos que la automatización para el seguimiento de satélites de órbita baja tiene una gran área de aplicación para cualquier tipo de servicio disponible a través de satélites LEO. Los autores de este artículo pueden dar más información si el lector está interesado.

REFERENCIAS

1. AMSAT.: "Satellite Status", online: <http://www.amsat.org/amsat-new/satellites/status.php>.
2. MAGLIACANE, J.A.: "Multi-user satellite tracking and orbital prediction", online: <http://www.qsl.net/kd2bd/predict.html>.
3. AMSAT.: "Keplerian Elements", disponible en: <http://www.amsat.org/amsat/keps/menu.html>.
4. ASHLEY, RON.: "PicoServo Controller", online: <http://www.digitalnemesis.com/info/projects/picservo/>.
5. FERNÁNDEZ, M.J.: "Antena CJU, la antena mágica", Unión de Radioaficionados Españoles, disponible en: <http://personales.ya.com/ea4cax/paginaea4cyq/cju/cjuingles.pdf>.
6. FERNANDEZ, M.J.: "Imágenes de lóbulos de radiación antena CJU, disponible en: <http://personales.ya.com/ea4cax/paginaea4cyq/>.
7. FORTUNE, S.J., KG6JE.: "Review, the CJU Antenna, online: <http://www.qrz.com/detail/KG6JE>.