

El Universo en la TV: antenas satelitales como radiotelescopios

Naela Berenice Razo López, Julieta Díaz Azúa, Rocío Salas Medina,
Kevin Uriel Solís Becerril y Aldrin Melitón Cervantes Contreras
naela.r@hotmail.com, acervantes@uaq.mx
Ingeniería Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro
Querétaro, México

Resumen

Este proyecto consistió en llevar a cabo la implementación de una antena parabólica satelital de plato como radiotelescopio, con el fin de posibilitar su uso didáctico y práctico, en un futuro, por parte de la comunidad universitaria. Para ello, se construyó y ensambló una montura altazimutal y se diseñaron circuitos para el control del movimiento automático, así como para la limpieza de la señal adquirida. Se escribieron algoritmos para la limpieza y el análisis de datos. De igual manera, se programó una interfaz gráfica capaz de comunicarse con sensores, motores y bases de datos para controlar y visualizar los datos adquiridos por la antena en tiempo real.

Palabras clave: radio, telescopio, astronomía, antena, satelital, dish

Abstract

This project consisted on carrying out the implementation of a satellite dish antenna to be used as a radio telescope, with the aim of its didactical and practical use by the students community in the future. An altazimuth mount was built and circuits were designed to allow the control and its automatic movement, as well as cleaning the acquired signal. Algorithms for the data cleaning and analysis were written. Also, a graphical user interface, capable of communicating with sensors, motors and databases, was programmed to control and visualize the data acquired by the antenna in real time.

Keywords: radio, telescope, astronomy, antenna, satellite, dish

Artículo arbitrado

Recibido:	Aceptado:
08 de septiembre de 2019	25 de septiembre de 2019

Introducción

Desde sus inicios, la humanidad siempre se ha preguntado sobre el origen, la evolución y el funcionamiento del Universo dentro del que existe. La astronomía es una tradición milenaria, pues ha sido usada por la humanidad no solo para tratar de explicar el lugar que ocupamos en el Universo, sino como herramienta para llevar el registro del tiempo (temporadas, épocas y estaciones) [1].

Vivimos en una era dominada por la tecnología. Por lo tanto, acercar instrumentos con los que actualmente se estudia el Universo a la población y a la comunidad estudiantil, así como mostrar cómo es que funcionan, es de suma importancia si buscamos informar y crear consciencia sobre la importancia de la ciencia, más aún sobre la investigación como herramienta para la adquisición de nuevos conocimientos y el desarrollo de nuevas tecnologías.

La astronomía es una ciencia multidisciplinaria; su estudio requiere del desarrollo en diferentes y muy distintas áreas. Es por ello que el desarrollo de telescopios prototipo (o a escala) es la herramienta ideal para que los estudiantes practiquen, fortalezcan y aprendan diferentes e incluso nuevas habilidades [2].

Radioastronomía

Con el desarrollo de nuevas tecnologías, hemos sido capaces de estudiar nuestro Universo desde diferentes “puntos de vista”. En astronomía, esto se refiere al estudio desde diferentes longitudes de onda: rayos X, infrarrojo, visible, radio y demás.

La radioastronomía es el estudio de la emisión de radio natural de fuentes celestes [3]. El rango de radiofrecuencias o longitudes de onda está definido por la opacidad atmosférica y por el ruido cuántico en amplificadores coherentes; juntos, colocan el límite entre la radio y la astronomía de infrarrojo lejano con frecuencia. La banda de radio es muy amplia logarítmicamente: abarca las cinco décadas

entre 10 MHz y 1 THz en el extremo de baja frecuencia del espectro electromagnético [4].

Casi todo emite ondas de radio en algún nivel, a través de una amplia variedad de mecanismos de emisión. Pocas fuentes de radio astronómicas están oscurecidas porque las ondas de radio pueden penetrar nubes de polvo interestelar y capas de gas neutro. Debido a que solo se pueden hacer observaciones ópticas y de radio desde la Tierra, los radioastrónomos pioneros tuvieron la primera oportunidad de explorar un “universo paralelo” con nuevos objetos inesperados, como radiogalaxias, quásares y púlsares, además de fuentes muy frías como las nubes moleculares interestelares y la radiación de fondo cósmico de microondas del propio Big Bang [5].

En comparación con la astronomía óptica, que es sensible al universo caliente, los radiotelescopios son capaces de sondear el universo frío. Con la radioastronomía, se pueden estudiar fenómenos astronómicos que a menudo son invisibles u ocultos en otras partes del espectro electromagnético [6].

Radiotelescopios

La construcción de un radio telescopio implica la participación de varias áreas tanto científicas como tecnológicas (astronomía, mecánica, computación, telecomunicaciones, etcétera), lo que hace de este proyecto un poderoso, práctico y atractivo recurso didáctico [2].

El principio de operación de un radiotelescopio consiste en dos componentes básicos: una antena para captar las ondas de radio y un receptor para convertir dichas ondas a una señal eléctrica. El estilo más reconocido es la antena parabólica [3].

Las ondas de radio que llegan de los astros inciden sobre el plato reflector, y este, debido a su forma parabólica, enfoca las ondas en un punto central llamado foco. Las impedancias de la antena, la línea de transmisión y la entrada al receptor deben estar acopladas convenientemente para minimizar las

pérdidas. La antena produce un cierto filtrado de las frecuencias, pero es el receptor el que por lo general determina el ancho de banda espectral del radiotelescopio. En el receptor, las oscilaciones electromagnéticas son filtradas, amplificadas varios órdenes de magnitud y, por último, medidas a su salida [2].

Entre más grande sea la antena del radiotelescopio y más sensible sea el receptor, mayor será su capacidad para captar la máxima energía posible, ya que las señales provenientes del espacio se muestran débiles debido a la distancia que deben recorrer, así como a las diversas capas de medio interestelar, planetario y atmósfera [4]. Pero el tamaño de la antena no está motivado solo por estas circunstancias, sino también por la necesidad de mantener la resolución de las fuentes en unos parámetros aceptables [3]. La resolución de un telescopio es la capacidad que tiene para separar dos objetos en una imagen, esto es, la distancia angular que debe haber entre dos estrellas próximas.

La resolución de un telescopio o un radiotelescopio tiene un límite determinado por el efecto de la difracción. Se dice que el proceso de obtención de la imagen estará limitado por la difracción cuando el primer mínimo de la imagen de un punto de luz coincida con el máximo del siguiente y se ajuste a la siguiente fórmula: θ es el ángulo que define la resolución, λ es la longitud de onda y D es el diámetro del colector [6]. Esto es, cuanto más pequeña sea la relación λ / D , menor será el ángulo θ y, por tanto, mayor resolución tendrá el telescopio.

Otro criterio que debe tenerse en cuenta es la perfección (precisión) de la superficie de la antena. Dicha superficie debe presentar una perfección frente a irregularidades o desviaciones de la forma, como mínimo, del orden de las longitudes de onda con las que se quiere trabajar, de preferencia menor que una décima parte de estas [5]. En el caso de los radiotelescopios, el hecho de trabajar con longitudes de onda grandes juega a favor en este aspecto.

Objetivos

General

Llevar a cabo la implementación de una antena satelital para su uso en radioastronomía, a través del uso de la electrónica y la programación, a fin de darle una aplicación didáctica y práctica por parte de la comunidad universitaria.

Específicos

- Adquirir conocimiento sobre la teoría (radiotelescopios, radioastronomía, astronomía general, electrónica, circuitos y programación), a través de la lectura, para su aplicación en el proyecto.
- Diseñar, construir y ensamblar una montura altazimutal para una antena satelital de plato, adquiriendo las piezas en centros de corte láser para el movimiento controlado de la antena, de tal manera que solo se necesite controlar dos ángulos (ejes).
- Diseñar la disposición de los circuitos mediante *software* para la optimización del espacio.
- Programar los componentes electrónicos para responder a comandos simples, a través de Arduino, que permitan el control del movimiento en ambos ejes.
- Diseñar una interfaz gráfica con Processing para establecer comunicación entre la electrónica y un computador, de tal manera que un usuario cualquiera pueda controlar la antena y visualizar las señales captadas.
- Escribir algoritmos para el análisis de los datos obtenidos utilizando Python para la fácil visualización en interpretación de las observaciones en la etapa de post-procesamiento.

Metodología

Material

- 1 antena parabólica satelital
- 1 LNB sencillo
- 2 motores a pasos NEMA-17
- 2 poleas para banda dentada
- 8 m de banda dentada gt-2mm
- 2 controladores DRV8825
- 1 buscador satelital analógico
- 5 m de cable coaxial con salidas BNC
- 1 fuente con al menos 3 salidas de 12V
- 1 acelerómetro Adxl345 Gy-291
- 1 Ads1115 16 Bits
- 1 lector de memorias Sd H95

- 1 Arduino (Nano/Mega/UNO)
- 1 bandeja giratoria
- Cables de cobre y duponts
- Círculos de madera de diferentes tamaños y espesores
- Computadoras

Procedimiento

1. Limpiar y pulir la antena comercial para eliminar las imperfecciones más notorias y significativas.
2. Pintar la antena de un color claro que ayude a reflejar una mayor cantidad de luz y recubra la superficie como protección.
3. Ensamblar la antena parabólica.



Figura 1. Antena tipo offset para banda KU de 60 cm de diámetro con un LNB sencillo.

4. Llevar a cabo la construcción de la montura altazimutal utilizando círculos de madera, bandas dentadas y una bandeja giratoria [7].

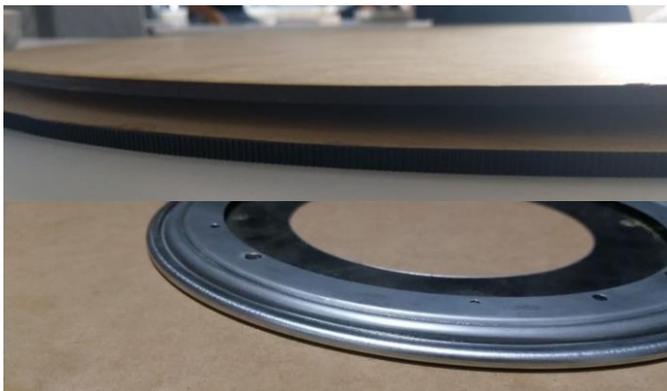


Figura 2. Bandeja giratoria y círculos de madera adquiridos, cortados con láser, uno de ellos con banda dentada pegada en su orilla.

5. Programación y armado de los circuitos para el control de los motores y sensores.

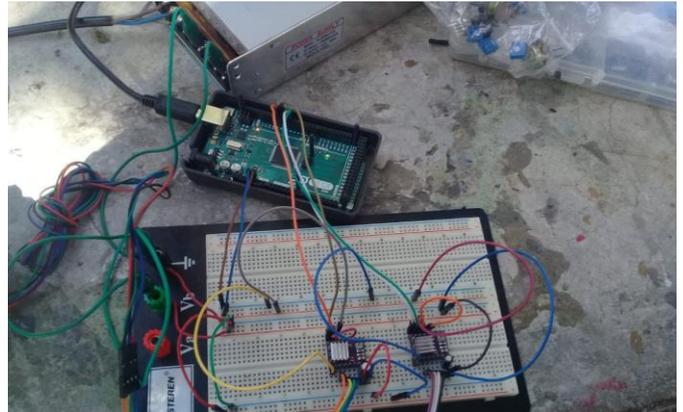


Figura 3. Circuito para el control de los motores a pasos.

6. Conectar el LNB al buscador satelital por medio del cable coaxial y alimentar por medio de la fuente.



Figura 4. Buscador satelital con los cables del zumbador desconectados, para medir la diferencia de voltaje.

7. Programar la interfaz de tal manera que mida la diferencia de voltaje en la salida del buscador satelital (conectando el Ads1115 con el circuito LNB-buscador satelital, de tal manera que mejore la precisión de los datos) para la visualización de datos.
8. Configurar el lector de tarjeta SD para que la información se almacene ahí directamente.
9. Conectar la interfaz con la base de datos de Stellarium para la utilización de las coordenadas de los cuerpos celestes y el posicionamiento de la antena.
10. Escribir algoritmos para el análisis y la limpieza de los datos obtenidos, para datos en dos dimensiones (imágenes) y curvas de luz.

Resultados

Interfaz

Utilizando Processing, se creó una interfaz capaz de comunicarse con Arduino para el control de los motores y sensores conectados a esta tarjeta. El programa usa la base de datos de Stellarium para obtener las posiciones del cuerpo celeste seleccionado y, con base en ello, ordenarles a los motores cuánto deben moverse, además de mostrar en los recuadros los datos que se están midiendo en tiempo real.

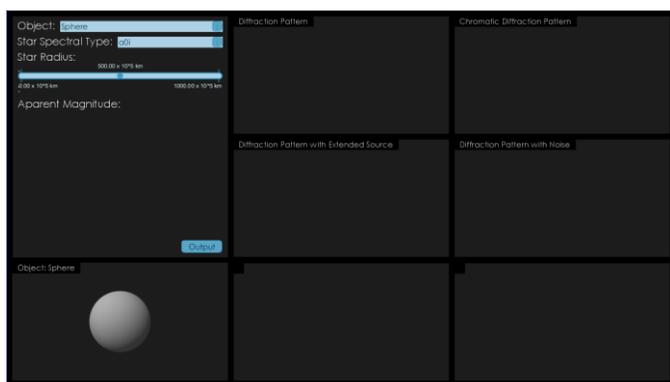


Figura 5. Interfaz gráfica para el control del movimiento de la antena, selección del objeto a seguir, gráfica y guardado de resultados.

A continuación, se muestra una imagen formada utilizando como ejemplo la medición de una fuente puntual perfecta (enteramente gaussiana) en la interfaz gráfica. Esta imagen se forma al tomar intensidad en cada punto del espacio barrido por el radio telescopio.

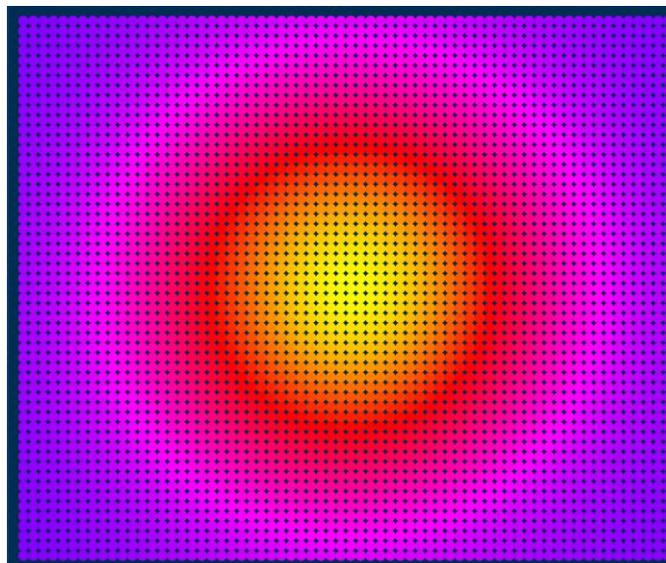


Figura 6. Imagen formada por una fuente puntual (gaussiana) vista en la interfaz gráfica.

Estos son datos muestra, tomando en cuenta la precisión del movimiento del radiotelescopio. El Sol y la Luna, por ejemplo, deberían verse de una forma cercana a esto.

Caracterización

Se realizó la caracterización de la antena haciendo un barrido de frecuencias, antes de que el plato fuera “pulido”, limpiado y pintado de color blanco. La siguiente imagen nos muestra la absorción de ciertas frecuencias por la antena. Las irregularidades son debidas a imperfecciones en la superficie del plato.



Figura 7. Curva de caracterización de la antena al barrer un rango de frecuencias.

Análisis de datos

Los motores pueden moverse, ambos a la vez, con una precisión de aproximadamente 2 minutos. Aunque lo más preciso es realizar un barrido sistemático de columnas y filas, existen opciones que economizan el tiempo de muestreo para adquirir la “imagen” (2D) de un objeto en radio. Estas opciones son hacer oscilar los motores con diferentes configuraciones para generar un movimiento oscilatorio forzado y crear figuras de Lissajous que barren el espacio del cielo con menor exactitud, pero mayor eficacia.

Al restar la gaussiana a la observación realizada, el patrón de Lissajous se vuelve evidente y se puede proceder a limpiar la imagen.

Discusión y conclusiones

La radioastronomía es una rama importante de la astronomía actual, ya que continúa abriendo las puertas para el estudio de fenómenos no visibles en el Universo. Una antena satelital, aunque pequeña y aparentemente simple, puede ser utilizada como una fuerte herramienta para la docencia y la práctica de habilidades en los estudiantes, así como para hacer investigación sencilla.

La antena implementada, aunque es una buena aproximación a un radiotelescopio, carece de precisión y de buena resolución, por lo que solo algunos cuerpos celestes pueden ser estudiados con ella. Además, al preferir la portabilidad y maniobrabilidad de la antena, se deben comprometer forzosamente la calidad y resolución de los datos obtenidos.

Aún falta llevar a cabo pruebas verdaderas, pues encontramos dificultades para llevar la antena al exterior debido al tamaño y peso de las fuentes necesarias para alimentar el sistema completo. Fijar los circuitos a uno o varios PCB sería una gran mejora, pues aseguraría —hasta cierto punto— la preservación de la electrónica a pesar del movimiento.

Como proyecto a futuro, se tiene la intención de incluir al montaje una pantalla LCD *touch* propia y un Raspberry Pi para el funcionamiento completamente autónomo del sistema. Aunque la interfaz fue diseñada para funcionar en sistemas Linux y Windows cualquiera (ya se encuentra compilado), quizá sería conveniente poder deshacerse de esas conexiones extras; así, la funcionalidad, portabilidad y utilidad aumentarían en gran medida al ser un sistema totalmente integral.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente al programa de Verano Científico de la Universidad Autónoma de Querétaro por seleccionarnos como participantes; al Dr. Aldrin Cervantes Contreras por aceptarnos como sus alumnos durante el verano, así como al Dr. Stan Kurtz (IRyA), al Dr. Alejandro Aragón Zavala (ITESM) y al Dr. Abraham Luna (INAOE), los investigadores en el área de radioastronomía, por su apoyo con el material y diagramas necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Referencias

- [1] UNESCO (2016). *El derecho a los cielos oscuros / The right for dark skies*. Ciudad de México. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246131_mul
- [2] Luna A., Domínguez G., Colombres S. & Garista G. (2013). *Manual de construcción de un radiotelescopio en la banda de 12 GHz para usos docentes*. Puebla, México: Coordinación de Astrofísica, INAOE. Disponible en: <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/892/1/LunaCA1.pdf>
- [3] Condon J.J. et al. (2016). *Essential radio astronomy*. EUA: Princeton University Press.
- [4] Condon J. & Ransom S. (2016). *Essential radio astronomy*. Consultado el 8 de julio de 2019 de: <https://science.nrao.edu/opportunities/courses/era>
- [5] Hey J.S. (1973). *The evolution of radio astronomy*. Neale Watson Academic.
- [6] Burke B.F. & Graham-Smith F. (1997). *An introduction to radio astronomy*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- [7] Nespral G. (2018). *Tiny radio telescope*. Consultado el 16 de junio de 2018 en: hackaday.io/project/161556-tiny-radio-telescope