

Operación de radiotelescopios remotos desde el Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH

Yvelice Castillo

Resumen

El motivo principal para operar radiotelescopios remotos desde el Departamento de Astronomía y Astrofísica (DAAF) de la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES) es lograr que los estudiantes de este departamento desarrollen competencias en preparación, captura, manejo, tratamiento y análisis de datos astronómicos, en cualquier época del año, superando así la dificultad de los cielos nublados durante la mayor parte del año en Tegucigalpa. La frecuencia de la señal recibida por los telescopios en esta ocasión fue de 1420 MHz.

Palabras clave: radiotelescopio, antena, receptor, frecuencia.

Yvelice Castillo, Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH.

Introducción

Los radiotelescopios (en adelante, RT) son instrumentos que recogen y analizan las ondas de radio que emiten los objetos espaciales. La *antena* del RT se encarga de recoger las ondas de radio que generan los átomos y las moléculas del espacio, y el *receptor* de hacerlas descifrables, de modo que la señal interceptada se reproduzca más convenientemente, en forma numérica o gráfica. Esta información es luego procesada por medio de computadoras. El radio-astrónomo interpreta la información recibida.

La antena recibe energía en frecuencia de radio celeste, transformándola en una pequeña corriente eléctrica, la cual se puede medir después de muchos procesos. Las antenas más grandes pueden enfocar mejor la energía de una región pequeña en el cielo. La región del cielo en la cual la antena es más sensible se conoce como patrón de haz de la antena. El tamaño de la antena debe aumentar en la medida que queramos obtener una resolución similar a la de un telescopio óptico.

Los estudiantes de la Maestría Académica Regional Centroamericana en Astronomía y Astrofísica operaron desde Tegucigalpa dos radiotelescopios remotos del Observatorio Espacial Onsala, de la Universidad de Tecnología Chalmers, en Suecia. Esto se logró ingresando remotamente a los servidores de los telescopios SALSA-2 y SALSA-3 (*Such a Lovely Small Antenna*), del Observatorio Espacial Onsala, Göteborg, Suecia, con el apoyo de la señora Cathy Horellou, a cargo del proyecto. Empleamos el programa *qradio* y el programa con entorno gráfico *KStars* para maniobrar los telescopios.

Los RT SALSA son antenas parabólicas de televisión modificadas, con un diámetro de 2.3 m. Esto proporciona una resolución angular de alrededor de 7° . El receptor tiene un ancho de banda de 2.4 MHz. El receptor de los telescopios SALSA permite detectar rápidamente la emisión de radio debida a la línea espectral del hidrógeno atómico a la longitud de onda de 21 centímetros (1420 Mega Hertz), obteniendo espectros de nubes de hidrógeno atómico de La Galaxia, con los que construimos una curva de rotación y un mapa de Nuestra Galaxia.

Procedimiento

En la experiencia con los telescopios *SALSA-Onsala* aprendimos a usar el programa *qradio*, para traducir la señal del receptor a un gráfico. El sistema operativo usado por la computadora de Onsala es Linux, con escritorio *KDE*. Los

programas que usan para controlar el radiotelescopio son *qradio* y *KStars*, los cuales permiten colocar la antena en la posición deseada. Se requerirá un transductor que nos permita operar el motor de seguimiento desde la computadora. Esta es una de las etapas más difíciles, pues para esto se requieren muchas pruebas de calibración del seguimiento.

Para el manejo remoto de los radiotelescopios *SALSA* se usa el programa *NoMachine*. Este puede ser usado con Windows, Linux, Mac o desde un navegador de Internet. Nos permite acceder y controlar remotamente una computadora. El usuario puede acceder desde cualquier parte del mundo, una vez que se le asigne un nombre de usuario y una contraseña, y operar la computadora que controla el radiotelescopio, viendo el escritorio de ésta en el escritorio del usuario. A continuación se muestra la secuencia de nuestra experiencia en la operación de los telescopios remotos *SALSA*:



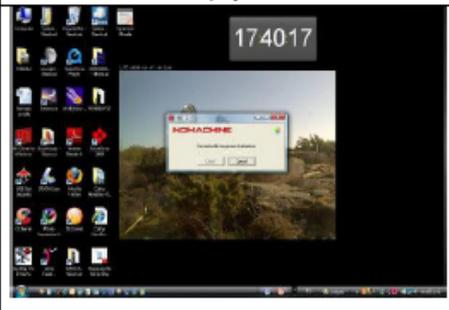
1. Primero se inicia el programa NoMachine, o NX.



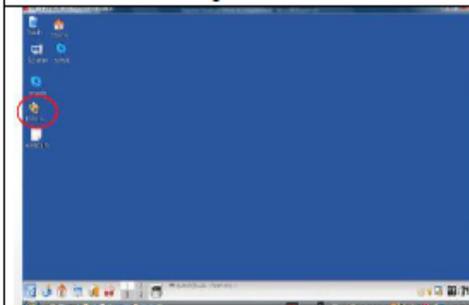
2. Se revisan los parámetros que se requieren para ingresar al servidor. Para el caso de los telescopios SALSA fue: Host: brage.oso.chalmers.se, Port: 22, Desk: Unix, KDE, Display: available área.



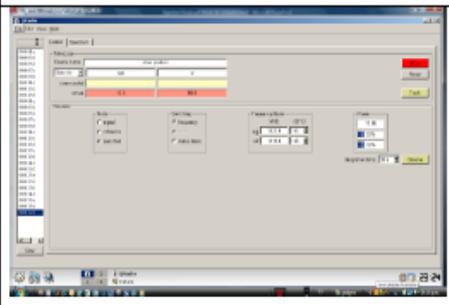
3. Se ingresa el nombre de usuario y la contraseña asignados



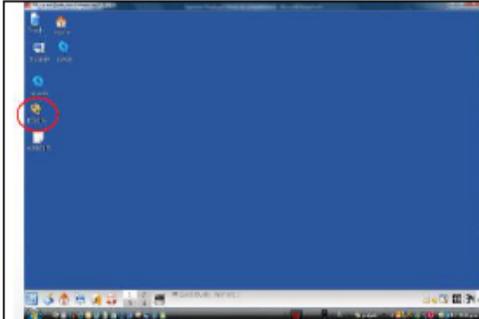
4. Conectándose al servidor...



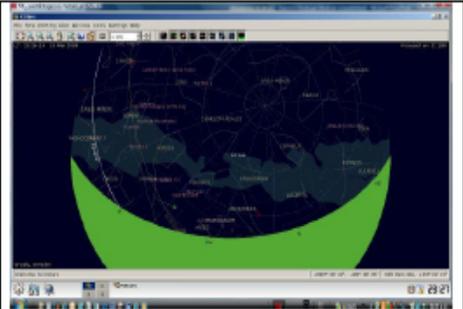
5. Conexión exitosa. Vemos el escritorio de la computadora que controla el radiotelescopio. Ahora abrimos el programa radio.



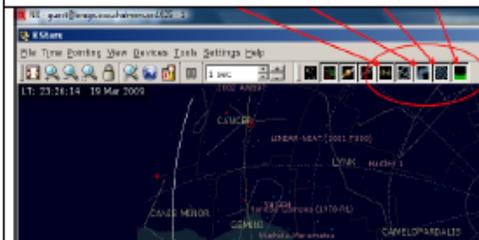
6. Ventana del Programa radio, mostrando la posición de parada de SALSA-3. Seleccionamos Mode "switched", Switching "frequency". Verificamos que los dos valores de "Power" sean de alrededor de 30%.



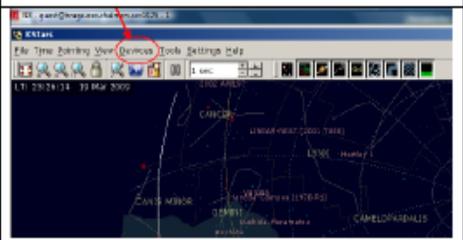
7. Abrimos el Programa KStars ...



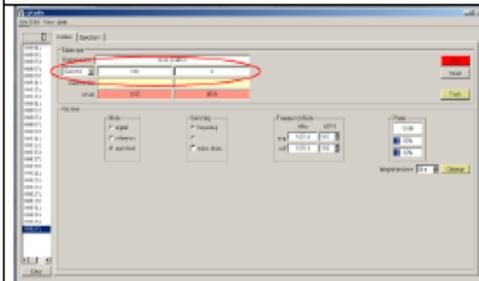
8. Ventana del Programa KStars



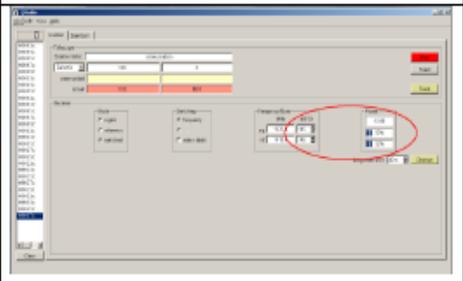
9. Activar las ventanas "Constellation names", "Milky Way", "Coordinate Grid" y "Ground"



10. Seleccionar Devices → Device Manager → Client. Se escogió "oso 2.3 m". Se hace clic en "Connect". El telescopio queda listo para ser operado mediante Kstars.



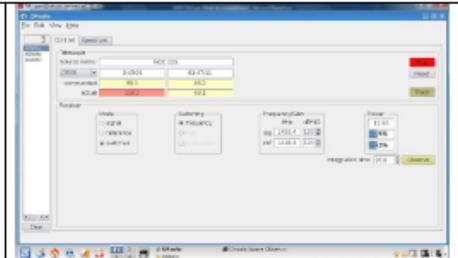
11. En la pestaña "Control", en la sección "Telescope", seleccionar "Galactic". Se recomienda iniciar con las coordenadas galácticas 120° de longitud y 0° de latitud (casillas izquierda y derecha respectivamente).



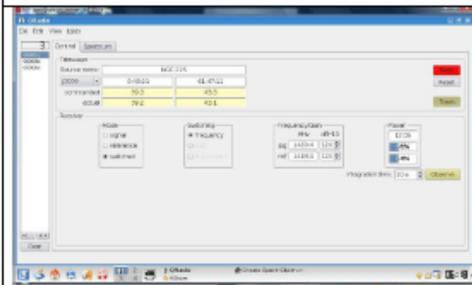
12. Verificar que los valores de "Power" sean de alrededor de 30%, moviendo las flechas en las casillas rotuladas dB*10.



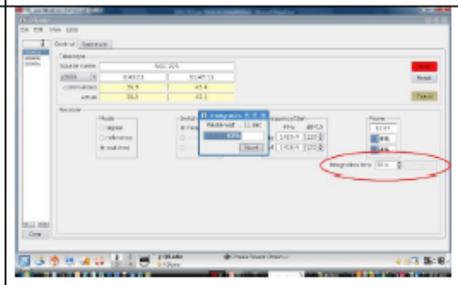
13. Presionar entonces el botón "Track" para iniciar el desplazamiento del telescopio. Las casillas "actual" aparecerán en rojo mientras el telescopio no haya alcanzado las coordenadas solicitadas.



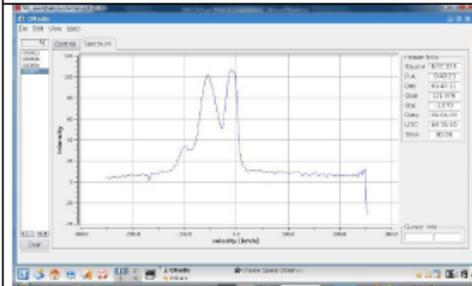
14. Ventana de gradío cuando el radiotelescopio está en movimiento (función "Track"): la casilla en rojo indica que el telescopio aún no ha alcanzado esta coordenada.



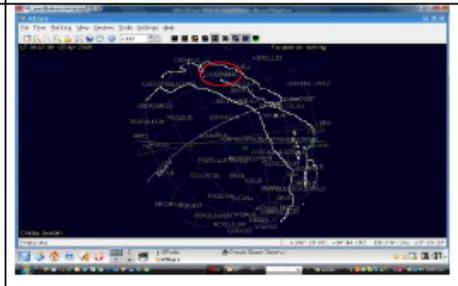
15. Ventana de gradío cuando el radiotelescopio ha llegado a la posición solicitada con "Track": tanto las casillas "commanded" como "actual" aparecen de color amarillo.



16. Seleccionar 30 segundos en "Integration time" y presionar el botón "Observe" para tomar el espectro.



17. Presionar la pestaña "Spectrum" para ver el espectro obtenido. Seleccionar el espectro que se quiere ver haciendo clic con el ratón en el número de espectro de la columna izquierda. Guardarlo en la computadora con el menú "File → Save".



18. Para mover el telescopio a otra posición, hacer clic en el mapa de KStars, con el botón izquierdo del ratón en el punto al que se desea que se dirija ahora el telescopio. Aparecerá el rótulo "OSO 2.3 m"



19. Imagen del radiotelescopio SALSA a las UTC 04:17:55 del 03-04-2009. Actualmente SALSA-2 y SALSA-3 se pueden ver en <http://brage.oso.chalmers.se/salsa/>

20. Primer espectro tomado con SALSA-2, el 3 de abril de 2009. Todos los espectros tienen el formato *.fits.

Posterior a la toma de espectros se trabajó con el programa SalsaJ, desarrollado por el Observatorio Onsala, para medir las velocidades cada línea espectral obtenida. El procedimiento fue el siguiente:

- Se abrió el archivo en formato *.fits de cada espectro en una ventana gráfica de *SalsaJ*;
- en la columna A de una hoja de cálculo (Excell u Open Office), se anotó la longitud galáctica correspondiente al archivo abierto;
- se midió la velocidad central de cada línea espectral, representada en el eje x del espectro, con ayuda de una gaussiana ajustada a cada espectro, generada por *SalsaJ*;
- en la columna B de la hoja de cálculo se anotó la velocidad de la línea espectral correspondiente a la longitud galáctica del espectro.

Elaboración de una curva de rotación de la Galaxia

Se construyó una curva de rotación de la galaxia, que muestra la velocidad circular de las nubes de hidrógeno atómico en función de su distancia al centro de La Galaxia, siguiendo las indicaciones del manual de Onsala.

<p>2</p>	<p>C es la ubicación del Centro de la Galaxia, S es la posición del Sol, M es la posición de la nube de gas que observamos. La línea verde SM es la línea visual. La flecha sobre el arco indica la dirección de la rotación de La Galaxia. Las flechas sobre las curvas punteadas son la velocidad del Sol (V_0) y la velocidad de la nube de gas (V).</p> <p>Velocidad radial V_r es la diferencia entre la componente de la velocidad de la nube en la dirección de la línea visual, y la componente de la velocidad del Sol en esa misma dirección; es la velocidad que nosotros medimos desde nuestra posición.</p>
<p>3</p>	<p>Un espectro que contiene varias líneas espectrales resulta de la superposición de varias nubes de HI. El valor más alto de V_r medido en un espectro de este tipo, es la velocidad de una nube en el punto tangencial T.</p>
<p>$R = V_{r,max} + V_0 * \text{sen}(l)$</p>	<p>Para determinar las distancias del centro de la Galaxia a las nubes en los puntos tangenciales usamos esta fórmula, donde: V_0 es la velocidad del Sol (220 km/s), l es la longitud galáctica de la nube, en radianes $V_{r,max}$ es la velocidad radial de una nube de hidrógeno atómico en el punto T.</p>

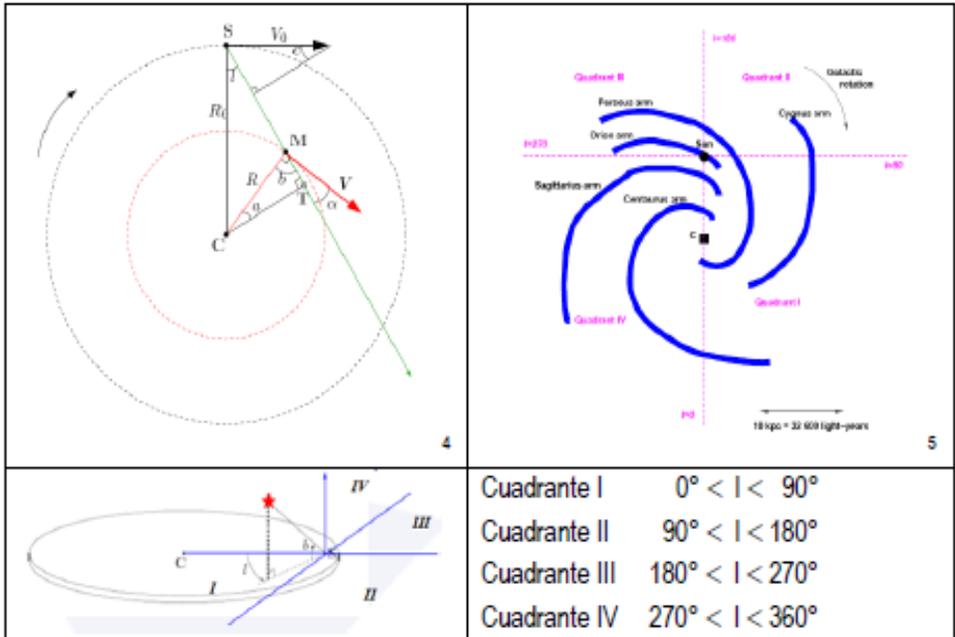
Construcción de un mapa de La Galaxia

Siguiendo las instrucciones del manual de Onsala, para construir un mapa de Nuestra Galaxia se usaron todas las componentes de velocidad que observamos en cada espectro.

Para longitudes en los cuadrantes I o IV se consideraron dos posibles ubicaciones: más cerca de nosotros que el punto tangencial T (punto M en la figura), o más lejos de él, en la intersección de la línea ST y el círculo interior:

Para longitudes en los cuadrantes II o III, la posición de la nube de gas es única.

^{2,3} Imagen tomada del Manual de Onsala para uso de los telescopios SALSA-2 y SALSA-3. Horellou C., Johansson D., "Hands-on radio astronomy. Mapping the Milky Way", <http://brage.oso.chalmers.se/salsa>



Resultados

- Los estudiantes de la Maestría Académica Regional Centroamericana en Astronomía y Astrofísica (MARCAA) de la FACES desarrollaron por primera vez un proceso de observación con radiotelescopios remotos, en todas sus etapas: preparación, desarrollo de la observación, captura, análisis e interpretación de datos.
- Especialistas del CRyA, LLAMA, ALMA y CONATEL nos recomendaron que antes de construir un radiotelescopio se debe hacer primero un estudio de piso de ruido y de interferencias en la zona.
- Un estudiante de la MARCAA, con experiencia en equipos de radiocomunicaciones, decidió hacer el estudio de piso de ruido y de interferencias en los predios del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa, como su proyecto de tesis de maestría.

^{4.5} Imagen tomada del Manual de Onsala para uso de los telescopios SALSA-2 y SALSA-3. Horellou C., Johansson D., "Hands-on radio astronomy. Mapping the Milky Way", <http://brage.oso.chalmers.se/salsa>

Conclusiones

- La operación de radiotelescopios remotos es una experiencia sumamente valiosa para el desarrollo de competencias de astronomía observacional y de instrumentación astronómica de estudiantes de Astronomía y Astrofísica.
- Operación de radiotelescopios remotos desde el Departamento de Astronomía y Astrofísica de...
- Este tipo de experiencia Hands-on es también un excelente recurso didáctico y motivacional para dar los primeros pasos en estudios de radioastronomía.
- El escritorio virtual puede ser una poderosa herramienta para operar varios tipos de equipos a distancia, desde cualquier parte del mundo.
- La conexión a Internet puede ser un limitante si no se cuenta con una banda de transmisión de datos lo suficientemente ancha.

Agradecimientos

Agradecemos a los pares revisores internacionales que gentilmente aportaron sus comentarios y correcciones al presente artículo, a los profesores del Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Ciencias Espaciales, a la señora decana de esta Facultad, por haber realizado las gestiones nacionales e internacionales para que se realizara esta experiencia, y a la Dirección de Investigación Científica de la UNAH, por su apoyo en la autorización de este trabajo como parte de mi carga académica.

Bibliografía

- Horellou, C. & Johansson, D. *Hands-on radio astronomy. Mapping the Milky Way*, <http://brage.oso.chalmers.se/salsa>.
- *Introducción a la Radioastronomía*. NRAO. <http://www.cv.nrao.edu/course/astr534/Introradastro.html>.
- Kraus, John D. *Radio Astronomy*. Segunda edición. Powell, Ohio. Cygnus-Quasar Books. 1986.
- Portal de Internet del Observatorio Espacial Onsala, de la Universidad de Chalmers, Suecia. http://www.euhou.net/index.php?option=com_content&task=view&id=122&Itemid=156.

- Portal de Internet del radiotelescopio de la Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/RADIO/index.html>.
- Portal de Internet del radiotelescopio Itty Bitty. <http://www.setileague.org/articles/lbt.pdf>.
- *Resources for Amateur Radio Astronomers, Teachers, and Students*. Radio-Sky Publishing. <http://www.radiosky.com/>.