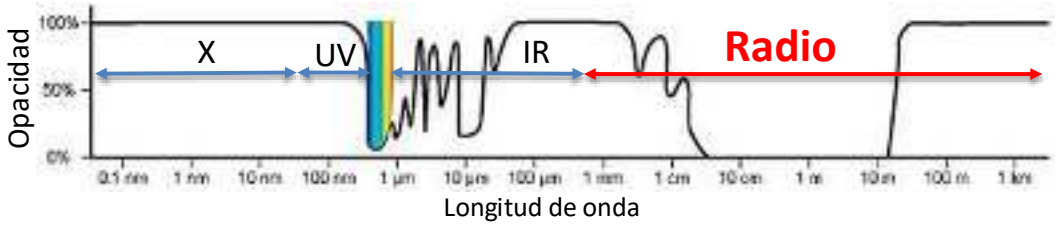
El Universo en mi bolsillo

Radiotelescopios

Laurent Pagani

CNRS & Observatoire de Paris-PSL



Transparencia del cielo según la longitud de onda.

Las ondas de radio van de alrededor de 1 mm hasta decenas de km en longitud de onda. El cielo es totalmente transparente entre 3 cm y 20 m y parcialmente transparente entre 3 cm y 0,3 mm. A longitudes de onda cortas, conviene situar los radiotelescopios a gran altura, en donde hay menos vapor de agua que atenúa la señal.

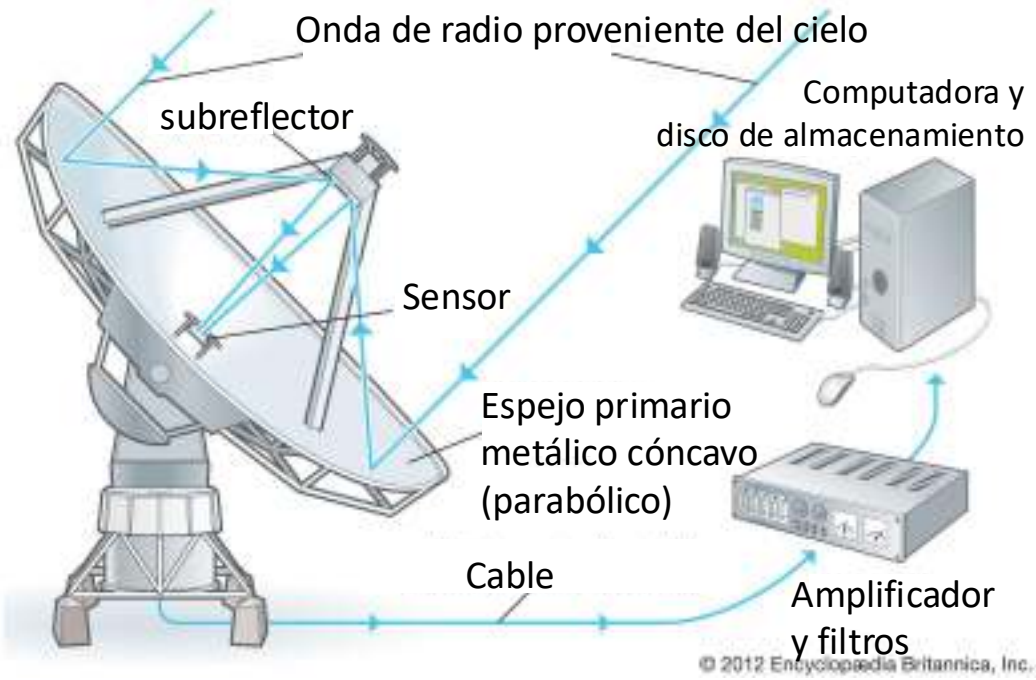
Estos dispositivos funcionan con el mismo principio: capturan una onda de radio que amplifican y demodulan para producir sonido o una imagen.

Introducción

Para observar el cosmos, debemos capturar los mensajes que nos envía (ver TUIMP 43). El mensajero más conocido es la luz, de la que solo una pequeña parte puede ser captada por el ojo (la llamada luz `visible', que consiste en los colores del arcoíris). Pero hay otros tipos de luz, uno de los cuales fue descubierto a finales del siglo XIX y ha sido muy utilizado desde entonces: las ondas de radio.

Estas ondas tienen una longitud (λ) muy larga comparada con la luz visible (de mil a miles de millones de veces más larga) y, por tanto, una frecuencia (ν) muy baja

($c = \lambda \times \nu$, donde c es la velocidad de la luz). Hemos construido muchos dispositivos para transmitir y recibir ondas de radio, como radios o televisores, walkie-talkies, teléfonos celulares y radares.



Esquema de un radiotelescopio. El espejo primario, metálico y grande, refleja la señal a un espejo secundario y luego a un detector. La señal se amplifica y filtra en un rango de frecuencia para ser finalmente analizada por una computadora. Si la frecuencia es demasiado alta para ser amplificada directamente, la frecuencia se cambia primero, a un valor más bajo, antes de ser amplificada. Esta es la llamada técnica heterodina.

Técnica de radio

Debido a su baja energía, la naturaleza corpuscular de la luz de radio (ver TUIMP 43) generalmente no se manifiesta. Más bien, se comporta como una onda, con un componente eléctrico y un componente magnético. Se emite o se recibe mediante una antena, generalmente una estructura de metal conductor, sensible al campo eléctrico de la onda de radio en recepción, o creándolo en transmisión.

La radioastronomía utiliza todas las técnicas de radio asociadas con grandes antenas apuntadas hacia el cielo para capturar las señales muy débiles que nos llegan del Universo.

Vale la pena notar que los radiotelesco-pios pueden observar tanto de día como de noche, porque el cielo no emite ondas de radio.

Antena de un radar Würzburg

La emisión del Sol fue detectada por primera vez en 1942 por el físico británico James Hey. Este descubrimiento se mantuvo en secreto porque los Aliados sabían que sus aviones, si tenían el sol detrás de ellos, no serían detectados por los radares alemanes.

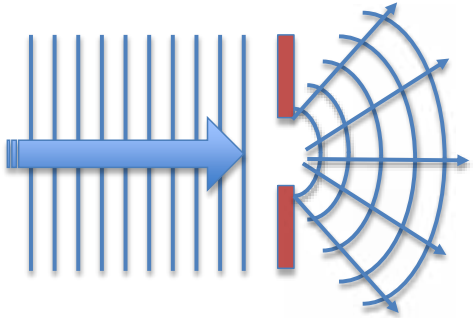
Estos radares alemanes (llamados Würzburg) fueron reutilizados después de la Segunda Guerra Mundial para dar los primeros pasos en la radioastronomía en Europa.

Los comienzos

Después de intentos iniciales fallidos de detectar ondas de radio del Sol entre 1896 y 1901, Karl Jansky hizo el primer descubrimiento de ondas de radio extraterrestres, emitidas por el centro de la Vía Láctea, en 1932.

Desde entonces, la radioastronomía hizo rápidos progresos hasta convertirse en una ciencia rica y muy complementaria a la astronomía visible tradicional (ver TUIMP 46).

La radioastronomía puede detectar directamente la luz, al igual que en el rango visible (midiendo la energía de la señal) o indirectamernte, mediante la detección heterodina (midiendo el campo eléctrico incidente), lo que permite amplificar la señal y filtrarla con alta precisión gracias a la electrónica de radiofrecuencia.



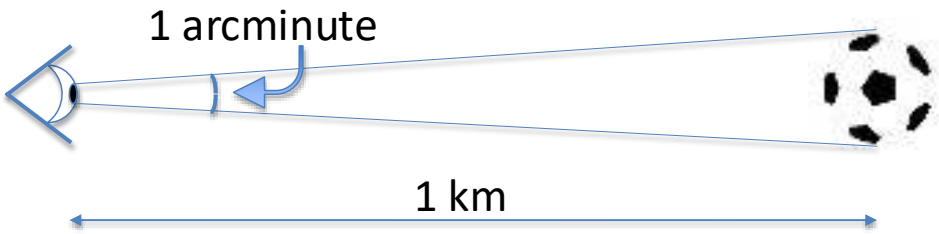
Patrón de difracción: la onda que llega al obstáculo se dispersa en varias direcciones.

FAST, en China, de 500 m de diámetro, es el radiotelescopio fijo más grande del mundo.

El Green Bank Telescope, en los EE. UU., con un diámetro de aproximadamente 100 m, es el telescopio móvil más grande del mundo.

Tamaño y resolución

En luz visible, la resolución de los telescopios se ve limitada por la turbulencia atmosférica. Este problema no existe en radio, y la difracción es evidente (ver la figura en la página opuesta). La resolución angular es $\theta \approx 1.2\,\lambda / D / 0.0003$; λ es la longitud de onda, D el diámetro del telescopio y θ está en minutos de arco. Debido a que λ es grande, la difracción es sustancial, lo que limita el poder de resolución de los radiotelescopios. Para compensarlo, los radioastrónomos usan antenas muy grandes y muy sensibles a la interferencia eléctrica. Se ubican lejos de los centros urbanos y de fábricas que producen interferencia eléctrica. Algunas radiofrecuencias están protegidas de las emisiones antropogénicas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).



Algunos ejemplos de resolución angular:

El ojo tiene una resolución de un minuto de arco, por lo que se podrían distinguir 2 balones de fútbol uno al lado del otro a 1 km de distancia.

Un telescopio óptico tiene una resolución de un segundo de arco. Esto es 60 veces mejor que el ojo, por lo que puede distinguir 2 bolas hasta a 60 km de distancia o 2 dados a 1 km.

FAST tiene incluso menos resolución que el ojo: tres minutos de arco. Solo puede separar las 2 bolas a 300 m (¡menos que el tamaño de la antena!).

Los radiointerferómetros pueden ver detalles diminutos. Su resolución se mide en milésimas o incluso millonésimas de segundo de arco. Con esta resolución extrema, podrían ver una pelota de ping-pong en la Luna.

Interferómetros

Los radiotelescopios también se pueden construir usando varias antenas y combinando sus señales simultáneamente. Esto se llama "radiointerferometría" porque las señales provenientes de todas las antenas se mezclan o "interfieren" entre sí. Las distancias entre las antenas pueden ser enormes, hasta el tamaño de la Tierra, o incluso mayores si una de las antenas se coloca en órbita, como es el caso del telescopio ruso RadioAstron de 10 m.

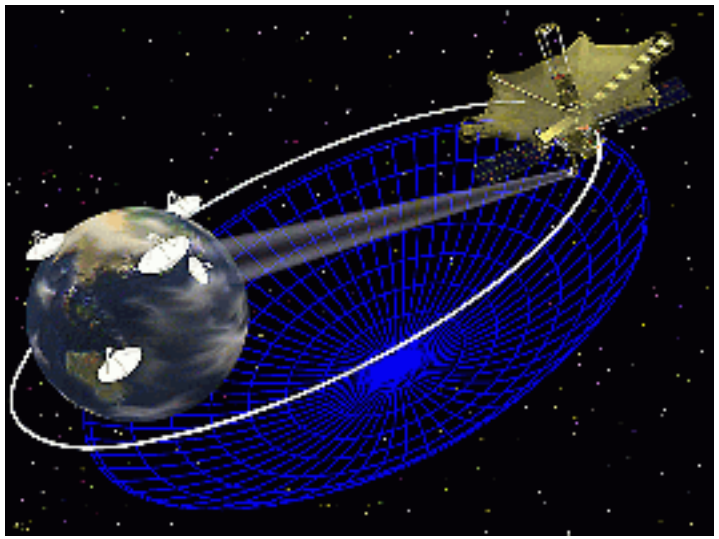
La resolución de un interferómetro equivale a la de un radiotelescopio con un diámetro igual a la separación entre las dos antenas más distantes. Un telescopio de plato único tan grande sería imposible de construir.

Vea las ilustraciones en la página 12.

(IRAM – J. Boissier)
NOEMA, el interferómetro Plateau de Bure (IRAM).

12 antenas de 15 m de diámetro cada una observan la misma fuente astronómica simultáneamente.

El radioteles-copio ruso RadioAstron de 10 m en órbita alrededor de la Tierra observa una fuente astronómica al mismo tiempo



que los telescopios en terrestres. La reso-lución equivale a la de un radiotelescopio mayor que la Tierra (en azul en la figura), pero su superficie colectora real sigue siendo muy pequeña, por lo que solo se pueden observar objetos muy brillantes.

Mapeo

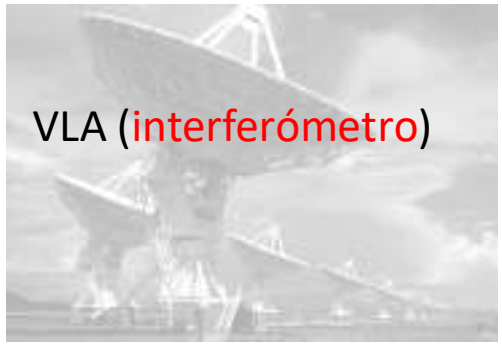
Los radiotelescopios de plato único suelan observer un solo punto del cielo por vez (llamado "píxel") ya que su receptor solo tiene un sensor. Para obtener una imagen, el telescopio debe escanear toda la superficie punto por punto. Estos puntos se juntan para obtener una imagen o "mapa". Por otro lado, sus receptores pueden detectar una amplia gama de frecuencias al mismo tiempo, con una "resolución espectral" muy alta. Esto hace posible medir movi-mientos muy pequeños en las nubes donde se forman las estrellas e identificar cientos de moléculas interestelares diferentes. Algunos radiotelescopios tienen receptores con cientos o miles de píxeles, como una cámara, pero sin resolución espectral. Estos receptores se llaman "bolómetros" son útiles para observar el polvo interestelar frío que emite ondas de radio de alta frecuencia.

Quiz

¿Qué imágenes muestran interferómetros?

Respuesta al dorso

Antena de bocina de Bell Labs
(radiotelescopio)



VLA (interferómetro)

Jodrell Bank
(radiotelescopio)

APEX (visto desde atrás)
(radiotelescopio)

Respuesta

Los interferómetros siempre están compuestos por varias antenas.

Nobeyama
radioheliógrafo
(interferómetro)

Observatorio Espacial
Herschel
(radiotelescopio)

El Universo en mi bolsillo nº 45

Este librito fue escrito en 2025 por Laurent Pagani del Observatoire de Paris y el CNRS y revisado por Grażyna Stasińska del Observatoire de Paris y Stan Kurtz de IRyA (Morelia, México)

Imagen de portada: uno de los radiotelescopios más recientes: MEERKAT

(A menos que se especifique lo contrario, créditos generales: Wikipedia)

Para obtener más información sobre esta colección y los temas presentados en este librito, visite
http://www.tuimp.org

Traducción: Jorge García Rojas

TUIMP Creative Commons

CC BY NC SA