



La Luna, nuestro satélite, ejerce desde los inicios de la historia, su influencia en nuestro planeta Tierra: en las mareas como atracción gravitatoria, en los diferentes aspectos o fases que adopta, como medida del tiempo, en la reflexión de los rayos del Sol, o iluminando la noche con su belleza. Es precisamente esta capacidad de reflexión la que despierta en el campo de las comunicaciones, interés y emoción, al poder utilizar a la Luna como satélite pasivo, capaz de devolvernos las señales radioeléctricas enviadas desde la Tierra.

Eduard Garcia-Luengo - egarcia@intercom.es

EME - Earth-Moon-Earth

La utilización de la Luna como reflector de las ondas de radio «EME» Earth-Moon-Earth recibe también el nombre de «rebote lunar» o «RL» y permite comunicaciones entre estaciones terrestres situadas a miles de Km de distancia. No obstante caben dos requisitos imprescindibles. Uno físico: que la Luna brille entre las dos estaciones de radio, y el otro, el equipamiento necesario y la habilidad en usarlo.

La gran distancia entre la Tierra y la Luna, así como su irregular superficie produce enormes pérdidas en las señales devueltas a la Tierra. Estas pérdidas difieren según las frecuencias utilizadas: algo más de 250 dB en la banda de 144MHz, de 261 dB en la banda de 432 MHz y de alrededor de 271 dB en 1296 MHz.

Se ha de entender también, que la superficie física de las antenas es cada vez menor, para capturar las débiles señales, a medida que aumenta la frecuencia de trabajo.

Efectos añadidos de degradación

Existen otros factores además, que influyen enormemente en la degradación que sufren las señales:

Efecto Doppler.

Es ya conocido, por desarrollarse también en las comunicaciones con satélites o con equipos móviles. En este caso se produce por el movimiento relativo entre la Luna y la estación de comunicaciones.

Se acentúa más en los momentos de la salida y puesta de la Luna. En la salida, aumenta la frecuencia del eco de las señales que enviamos, y en la puesta la disminuye en unos 300/400 Hz en la banda de 144MHz. En la banda de 432 MHz es el triple, unos 1000 Hz, y aumenta proporcionalmente en las bandas superiores.

También este efecto es nulo, en el momento que la Luna se encuentra en la máxima elevación.

Efecto Faraday

Cuando las ondas radioeléctricas atraviesan la ionosfera, camino de la Luna, sufren una rotación del plano de polarización, que puede volver a repetirse en su viaje de vuelta, al volver atravesarla. Este efecto recibe el nombre de «rotación de Faraday» y depende del nivel de ionización existente en las capas altas de la atmósfera.

Las señales pueden rotar varias veces de polarización a una velocidad que depende mucho de la frecuencia de trabajo. Es muy rápida en la banda de 50MHz, y disminuye en sentido inverso de la frecuencia.

Efecto Espacial

Las diferentes ubicaciones de las estaciones sobre la superficie de la Tierra producen también un cambio de la polarización de las señales. Una antena que situada en España, esté transmitiendo con polarización horizontal a la superficie de la Luna, ésta las reflejaría horizontalmente en todo el meridiano, pero una estación receptora situada en otro meridiano iría rotando





especialmente la polaridad hasta llegar a los 90° Este u Oeste.

Las antenas direccionales «yagui» utilizadas para operaciones de EME, usan polarización horizontal en prácticamente la mayoría de las estaciones, pero como hemos comentado, el cambio de polarización que sufren en su regreso puede producir la pérdida de las señales radioeléctricas. Es pues muy importante el poder «rotar» la/s antena/s en su eje de polarización para poder permitir adecuarlo al plano de polarización de las señales entrantes.

Este simple giro puede facilitarnos la escucha, mucho más que el aumento de la ganancia por incremento del número de antenas enfasadas.

En la práctica pocas estaciones tienen sus antenas preparadas para esta rotación debido al complejo problema mecánico que se necesita, y más, cuando aumenta el número de antenas enfasadas.

Requerimientos técnicos

La antena es uno de los elementos más fundamentales. Teniendo en cuenta las pérdidas antes mencionadas, la antena debería tener una ganancia cercana a los 20 dB, aunque esto es relativo, debido a otros factores que pueden influir: la ganancia del suelo, ganancia del preamplificador de recepción, cableado, ubicación de la estación...

En el ámbito mecánico se requieren dos rotores para mover la antena: uno para el acimut y el otro para la declinación. No obstante, tampoco es un elemento imprescindible de la configuración hard, ya que en los momentos de salida y puesta de Luna se puede utilizar el sistema convencional de antenas.

En cuanto al equipo de transmisión, se requiere un equipo capaz de transmitir en código morse (CW) o en SSB (banda lateral). La potencia radiada está en función del sistema de antena. Dave, «W5UN», operador de una de las estaciones «big guns» del mundo, puede contactar con estaciones con solo 100w de potencia. Claro que su sistema de antena está formado por 48 antenas de 10 m de longitud, aprovechando además la «ganancia de suelo» que le puede proporcionar hasta 6dB, cuando la Luna se encuentra a baja altura.

Se puede empezar a experimentar en el rebote lunar, con medios muchísimo más simples: una simple antena yagui con una ganancia no inferior de 13 dB, y con un receptor con una relación señal/ruido inferior a 2dB, puede permitirnos escuchar a las estaciones más potentes, en las salidas y



puestas de la Luna. En el caso de no disponer de un receptor con esta sensibilidad, un preamplificador de antena, nos puede proporcionar la ganancia adicional que se necesita. Un sencillo MOSFET de doble puerta, con una relación señal/ruido inferior a 1 dB puede servirnos.

En emisión, con una antena y 150W y en buenas condiciones, podría escucharnos alguna super estación.

Cabe decir que alrededor de una docena de estaciones potentes y bien equipadas nos permiten empezar a experimentar en esta modalidad de comunicación: K5GW, F3VS, KB8RQ, I2FAK, AF9Y, SM5FRH, V7BQH...supliendo las necesidades de equipo, necesarias para conseguir los 20 dB: cuatro antenas enfasadas de 10m de boom, con toda la complejidad y robustez mecánica, para moverla en acimut y elevación, apuntando a la Luna.

No son aconsejables las antenas de polarización circular empleadas para la comunicación por satélite. También conviene cuidar escrupulosamente la línea de alimentación y enfasado de las antenas. Evitar largas longitudes de cable, revisar las soldaduras y los problemas de humedad de los conectores. Deben evitarse pérdidas mayores de 1 dB.

Es fundamental también, cuidar la alimentación y enfasado de las antenas. Los cables de alimentación y de enfasado deben ser de gran calidad. Evitar la humedad que puede formarse en los conectores. El enfasador debería ser de metal, con tubos de latón o cobre. Bien construido, reduce muchísimo las pérdidas.

Las señales que nos devuelve la Luna se encuentran en la mayoría de las ocasiones en el umbral de comprensibilidad. La utilización de filtros es necesaria para entresacar los sonidos en medio del ruido captado por el receptor y el de la propia antena. Pueden ser analógicos, de construcción propia, o bien de los actuales DSP, como el DSP10 de TAPR.

¿Cuándo y dónde se puede hacer EME?

Debido a que las señales que nos refleja la Luna son tan sumamente pequeñas, resulta imprescindible evitar al máximo los ruidos externos captados por la antena, o generados por el propio sistema.

Durante la noche se reducen los ruidos producidos por la





actividad humana. También, los producidos por el Sol. Es por lo tanto preferible la Luna llena que la Nueva. No son aconsejables aquellos momentos en que recorre en background partes ruidosas del cielo cercanas a la Vía Láctea.

Serán adecuados y óptimos aquellos días en que la Luna se encuentra alta en el horizonte y se encuentra en el perigeo de su rotación en torno a la Tierra.

Para aquellas estaciones con recursos limitados, son aconsejable los momentos de salida y puesta de Luna debido al efecto canalizador de la Tierra, produciendo una ganancia adicional: «ganancia de suelo».

La ubicación de la estación puede influir también en la mejora de las señales recibidas. Las antenas consiguen una mayor ganancia de suelo, si éste es llano, que uno poblado con casas y árboles.

¿Cómo es la operativa del rebote lunar?

La enorme dificultad de realizar los comunicados hace aconsejable la cita previa para que se pueda aplicar la operativa del RL y facilitar la comunicación en ambos sentidos.

Las citas se desarrollan en periodos de estrictamente 2 minutos, lo exige una gran precisión de los relojes horarios que emplean ambas estaciones. Para este cometido de EME, o para el seguimiento y comunicación con satélites son recomendables los relojes que ajustan automáticamente la hora por radio. Sobre este tema podéis ampliar información en: «La medida del tiempo» Electrónica & Comunicaciones nº 151 y 152.

Para saber cual de las estaciones empieza a transmitir en primer lugar se establece por convenio que debe hacerlo entre «00.02», la más situada al este. A continuación interviene la otra estación. La primera estación que escucha los indicativos de cada estación envía la letra «O» repetidas varias veces. La otra estación le contesta entonces con «RO», también repetidas veces, durante su periodo de emisión, que volverá a ser replicado por la primera contestando con el control «R» repetidas veces, incluyendo optativamente los números «73» y/o «SK».

En las comunicaciones sin cita previa (random) el periodo de tiempo dedicado a cada intervención es menor: un minuto, ya que si es posible escuchar el indicativo de una estación sin ninguna cita, no es necesario prolongar los periodos de comunicación.

Existe también un acuerdo

por el que estas comunicaciones en random se desarrollan en los primeros kilociclos de cada una de las bandas.

Debido a las pérdidas que sufren las señales en estas comunicaciones, la modalidad preferente para la comprensibilidad, es la telegrafía (CW) y en excelentes condiciones, la banda lateral única (SSB). Por lo que la mayor

parte de las comunicaciones se desarrollan en CW a unas 15 palabras por minuto.

Net de operadores

Una forma para acercarse a este modo de comunicaciones, así como para obtener información y concertar cita con otros operadores EME, existe un «net» en HF para la banda de 144 MHz, en la frecuencia de 14'345MHz a las 17 horas UTC, todos los sábados y domingos.

C31TLT - C31 Tierra Luna Tierra

En el pasado mes de agosto se ha desarrollado en «La Rabasa», término municipal de Sant Julià de Loria de Andorra, una expedición formada por radioaficionados españoles, andorranos e italianos, para establecer contacto vía rebote lunar (EME) con otras estaciones operativas de esta modalidad, de alrededor del mundo.

La esmerada selección de la ubicación, situada a 2150 metros sobre el nivel del mar, y la ausencia total de ruidos radioeléctricos, les ha permitido en solo cuatro días completar 112 contactos (QSO's) con 110 estaciones diferentes.

De estos 112 contactos, 83 fueron en «random» y el resto preparados mediante cita. Las tormentas de verano, les ocasionaron serios problemas de inundación con el agua de lluvia, y los rayos pusieron en peligro su seguridad, debido a las enormes antenas de los equipos.

La importancia de esta expedición EME ha sido enorme a nivel mundial, por el éxito alcanzado por el elevado número de comunicaciones desarrolladas. Tan solo a nivel mundial, dos expediciones han conseguido una mayor cifra de contactos, pero con la salvedad de estar ubicadas en un punto fijo, y con más días de operación.

Pueden verse las imágenes de la expedición en www.urb.es

Direcciones web:

ARRL Internacional EME Contest - <http://www.dk5ya.de/arrl2000.htm>
DF6NA Photogallery of K5GW EME station - <http://df6na.mayn.de/~df6na/k5gw.htm>
EA1ABZ Homepage - <http://ea1abz.tripod.com/eeme.html>
EA3UM - EME and SETI Homepage - <http://www.ea3um.com-http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/1296>
EA6VQ Home page. Citas EME on-line - http://www.qsl.net/ea6vq/index_e.html
EME, SETI, Radio Astronomy, DSP and R.Amateurs - <http://www.nitehawk.com/rasmit/welcome1.html>
Earth-Moon-Earth Super link gallery - <http://bun.dokidoki.ne.jp/earth-moon-earth/link.html>
Ham Radio Station W5UN - <http://web.wt.net/~w5un>
Imágenes expedición C31-TLT - <http://www.urb.es>
Kit DSP (DSP10) - <http://www.tapr.org>
MoonBunce. Weak Signal. Astrophotography - <http://www.webcom.com/~af9y>

Software EME

Skymoon de W5UN, Fftdsp42 de AF9Y
Gabriel, EA6VQ

Quiero agradecer a Josep M^a, EA3DXU y a Magí, EA3UM, destacados operadores de Rebote Lunar a nivel mundial, toda la ayuda prestada, así como el haber despertado mi interés, y elevado el horizonte de mis conocimientos, en estas comunicaciones «por satélite».

Las imágenes son de Xavier Larrosa, EB3GCP. ■

