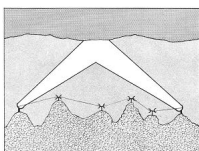




Unas imágenes de los equipos de comunicaciones TS-504 de fabricación china en manos sirias en las alturas del monte Qalaat al Mudiq al norte de Damasco. ¿Qué equipos son estos?

## Tropospheric Scatter Communications Systems

FS-1037C Definición: "dispersión troposférica: 1. La propagación de las ondas radioeléctricas por dispersión, como consecuencia de irregularidades o discontinuidades en las propiedades físicas de la troposfera. 2. Un método de comunicaciones transhorizontales que utilizan frecuencias de aproximadamente 350 MHz a 8400 MHz. El mecanismo de propagación todavía no se conoce completamente, aunque incluye varios mecanismos distinguibles pero cambiables tales como propagación por medio de reflexiones al azar y la dispersión de las irregularidades en la densidad de gradiente dieléctrico de la troposfera, de difracción de la Tierra lisa, y la difracción por encima de obstáculos aislados (difracción en filo de cuchillo).



La dispersión troposférica, en comparación con las comunicaciones convencionales, dispone de línea de visibilidad directa para la retransmisión de microondas (Ejército de Estados Unidos).

Los sistemas de comunicación de dispersión troposférica surgieron durante la década de 1950, durante el período de la competencia estratégica intensa entre los países de la OTAN y el Pacto de Varsovia, antes de la llegada de las comunicaciones por satélite.

Tales sistemas fueron ampliamente desplegados por los EE.UU. y los soviéticos, y en menor medida por sus respectivos aliados, para proporcionar canales C3 sobre todo en zonas escasamente pobladas. Los soviéticos desplegaron una amplia red de relés de dispersión troposférica por el norte de Siberia y el Lejano Oriente, mientras que EE.UU. desplegó una extensa red a lo largo a través de Alaska y las Aleutianas. Estas redes fijas fueron posteriormente complementadas por los sistemas tácticos móviles, destinados a proporcionar comunicaciones troncales digitales para los elementos de la fuerza de maniobra en tierra.

En términos tecnológicos, sistemas de comunicación de dispersión troposférica son una rama de la tecnología de radar temprano, y este tipo de sistemas se construyeron utilizando elementos de la misma tecnología, y también explotando inicialmente tecnología utilizada en la telefonía analógica, y más tarde la telefonía digital.

Las comunicaciones de dispersión troposférica son muy interesantes, y siguen siendo objeto de investigación académica a pesar de la disminución de las redes de dispersión troposférica, en su mayoría reemplazados por enlaces de comunicaciones por satélite.

En un sistema de dispersión troposférica, el haz de ondas emitido rebota en la troposfera superior, proporcionando una verdadera capacidad de comunicación punto a punto BLOS. Estos sistemas se basan en la irregularidad del gradiente de refractividad en tales altitudes.

En términos de rendimiento, los sistemas de dispersión troposférica más pequeños son capaces de lograr rangos de 100 - 150 km entre un par de estaciones. Los sistemas más grandes, con diámetros de antena 10+ metros y 1 kilovatio de potencia transmiten hasta un alcance de 400 km entre un par de estaciones. Es el rango de actuación lo que ha popularizado la tecnología de dispersión troposférica para su uso en regiones no desarrolladas o subdesarrolladas, ya que permite la operación de un canal de microondas en terrenos donde el costo de tanto despliegue y mantenimiento de un relé de microondas convencional sería prohibitivo. En contingencias de guerra en tierra, las estaciones de dispersión troposférica desplegadas por una fuerza de maniobra permiten el mantenimiento de una cadena de relés en

la zona de fase inicial, proporcionando conectividad de voz y datos, sin dependencia de los relés en el aire o por satélite.

Una variedad de técnicas de diseño se han adoptado desde la introducción de esta tecnología para reducir los efectos negativos del medio. Estos incluyen la diversidad de frecuencia, incluyendo el uso de técnicas de adaptación, pero también, más recientemente, se han utilizado técnicas de modulación que se adapten mejor a los medios de dispersión, además de técnicas Forward de control de errores (FEC). Investigaciones recientes sugieren que las técnicas de modulación, incluyendo las Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM / OFDM), que es altamente resistente a los efectos de trayectos múltiples, son muy adecuadas para una aplicación tal (Hu et al).

Los equipos corrientes de Estados Unidos ofrecen velocidades de datos de 8 - 22 Megabits / s en las gamas especificadas, que opera en 1,7 - 2,3 GHz y 4,4 - 5 GHz, y el uso de fase en cuadratura convencional Shift Keying (QPSK) y FEC técnicas, con diversidad de frecuencia cuádruple.

Mientras que los sistemas de dispersión troposférica ya no ocupan la posición destacada que tuvieron durante el período de la Guerra Fría, esta tecnología puede ver un renacimiento para suplir la congestión orbital y espectral con las crecientes limitaciones en los sistemas de satélite.

## **Mañana los S-500 y después los S-1000: Defensa espacial y antimisil en Siria**



***Lajos Szaszdi Leon-Borja***

Ante las recientes, presentes y futuras amenazas aeroespaciales contra Siria, Rusia puede, como se ha dicho en artículos previos, desplegar en el país árabe más avanzados sistemas de defensa antiaérea y antimisil que el ya desplegado sistema S-400.

En este sentido, el sistema S-500 Prometey (Prometeo) ruso de misiles superficie-aire (SAM) de defensa antiaérea y antimisil tiene también la función de defensa espacial contra objetivos en el espacio exterior en baja órbita alrededor del planeta Tierra. Se estima que Rusia podría desplegar el sistema de defensa aeroespacial S-500 en Siria en los próximos años, para fines de esta década o a partir del 2020, como complemento al sistema ruso de defensa antiaérea, antimisil y defensa espacial S-400.

Según *Sputnik International*, los misiles del sistema S-500 podrán interceptar en baja órbita terrestre a satélites, robots orbitales antisatélites (ASAT) y "armas orbitales". La altitud máxima de intercepción del sistema S-500 es 200 km ó 200,000 metros de altura, teniendo un alcance máximo de 600 km. El S-500 sería capaz de interceptar satélites de reconocimiento hasta 200 km de altura en la termosfera, capa atmosférica terrestre que de acuerdo a la NASA se extiende por encima de la mesosfera desde unos 85 km de altitud hasta 600 km de altura sobre la superficie de la Tierra, o en la ionosfera, capa atmosférica abundante en electrones y en átomos y moléculas ionizadas que incluye la termosfera y que se extiende desde 48 km de altura hasta unos 965 km de altitud sobre la superficie terrestre.

Dicho sea de paso, los misiles del S-500 serán capaces de interceptar objetivos aéreos en las capas inferiores atmosféricas de la estratosfera, que alcanza una altura de 50 km sobre la superficie terrestre, y de la mesosfera, con una altura que se extiende por encima de la estratosfera hasta 85 km de altura sobre la superficie de la Tierra, región donde los meteoritos se queman al entrar en la atmósfera. Los misiles SAM del sistema S-400 actualmente desplegado en Siria al poder alcanzar una altura máxima de unos 30 km solo podrían así realizar intercepciones en la troposfera, que según la NASA se eleva de 8 km hasta 14.5 km de altitud (dependiendo de la latitud terrestre) desde la superficie terrestre - capa atmosférica donde ocurren casi todos los fenómenos climáticos, y en la estratosfera.

La capacidad antisatélite y de defensa espacial del sistema S-500 se habría ideado también para interceptar aviones espaciales tripulados y no tripulados en baja órbita terrestre hasta 200 km de altura, para destruir por ejemplo futuros interceptores espaciales scramjet, aviones espaciales hipersónicos antisatélite que operarían a unos 160 km de altura y a velocidades desde Mach 10 hasta Mach 18 ó 18 veces la velocidad del sonido, sino más. Se ha reportado que los misiles del sistema S-500 pueden alcanzar velocidades de 7 km por segundo, que equivale a Mach 20.5.

De acuerdo a la publicación británica de defensa *IHS Jane's Weapons: Strategic 2012-2013* por Duncan Lennox, Rusia habría estado desarrollando, además del sistema S-500, otro sistema presumiblemente más poderoso de defensa antiaérea y defensa antimisil identificado como el S-1000, sistema defensivo superficie-aire (SAM) móvil que también tendría capacidad de defensa espacial y de arma antisatélite (ASAT). El sistema S-1000 tendría la capacidad de interceptar a menores alturas de la atmósfera, en la troposfera y estratosfera, a aviones de alerta temprana (AEW) por radar como el E-3 AWACS estadounidense y aviones de guerra electrónica según Jane's, pudiendo además interceptar aviones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) tripulados como los no tripulados en la categoría del RQ-4 Global Hawk americano. Además de esto, el S-1000 podría llevar a cabo misiones de intercepción a mayor altura de misiles balísticos, satélites y armas espaciales en baja órbita.

No está de más recordar que el sistema de misiles S-400 ruso desplegado en Siria también tiene la misión de interceptar aviones de valor estratégico como los de alerta temprana y los aviones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Así, los aviones de alerta temprana AWACS de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) que esta alianza militar estaría utilizando para operar oficialmente contra el grupo terrorista radical sunita Daesh en Siria e Irak, podrían ser potencialmente blanco del sistema S-400 con sus 400 km de alcance máximo, en caso de constituir una amenaza a Siria y a las Fuerzas Aeroespaciales de Rusia allí basadas. Este escenario bélico no ha de descartarse, ya que probablemente la OTAN decidió desplegar estos aviones de vigilancia aérea por presión de EE.UU., para ser utilizados contra los aviones de las fuerzas aéreas rusas y sirias en la región, monitoreándolos para que así los aviones caza de EE.UU. y sus aliados participando en la llamada coalición contra Daesh los puedan detectar, localizar, interceptar y derribar en caso de guerra.

De la misma forma que Rusia puede aumentar el número de sus tropas en Siria, así también puede aumentar sus fuerzas en el país árabe de manera cualitativa, desplegando en unos años para proteger sus contingentes militares y a Siria el nuevo sistema defensivo SAM, ABM (antimisil balístico) y ASAT S-500 como hemos expuesto, pudiendo también reforzarlo en un futuro con el sistema S-1000 de defensa antiaérea, antimisil y antisatélite.

Hay una tendencia rusa de aumentar las capacidades de intercepción de sistemas de misiles superficie-aire (SAM), incluyendo incrementos en el alcance máximo y la altitud de intercepción de objetivos aéreos, con respecto a los sistemas S-300P con alcance máximo de 150 km y altura de intercepción de hasta 27 km, los S-400 con misiles con un alcance máximo de 400 km y altura de hasta 30 km, y los S-500 con alcance máximo de 600 km y altura de hasta 200 km según Jane's.

Con esta pauta de incrementar el alcance y altura máxima de un sistema ruso de misiles SAM de largo alcance, en base al aumento de la numeración que identifica al sistema (S-400 y S-500, por ejemplo), se estima que el sistema S-1000 podría tener un alcance máximo de 800-850 km hasta 1,000 km ó inclusive 1,200 km. Éste último sería el alcance máximo estimado del sistema SAM antimisil Standard SM-3 Block-1A estadounidense, de acuerdo a Jane's, y el doble del alcance máximo del sistema S-500, asumiendo así que el sistema S-1000 ruso no tendría un alcance menor que el del sistema de defensa antimisil americano SM-3 Block-1A.

También según Jane's el cohete vehículo de lanzamiento espacial (SLV) chino KT-1 tendrá un alcance de 1,200 km como misil antisatélite (ASAT). Además, el alcance máximo del sistema de defensa antimisil americano THAAD (Defensa de Área de Gran Altitud Terminal), en su versión más avanzada Block 10, será de 1,000 km de acuerdo a Jane's.

La máxima altitud de intercepción del sistema S-1000 ruso podría ser de 400 km (el doble de la altura máxima del sistema S-500), de unos 500 km - la altura máxima del sistema de defensa antimisil americano THAAD Block 10 según Jane's – ó de hasta 600 km, la altura máxima a la que podría llegar el misil chino KT-1 de acuerdo a Jane's, en misión de intercepción ASAT.

Se estima que la velocidad del misil S-1000 podría ser equivalente a unos 8.5 u 8.6 km por segundo, de unos 30,000 km por hora a 31,000 km por hora, equivalente a Mach 25 ó 25 veces la velocidad del sonido. Esta velocidad le permitiría interceptar ojivas múltiples de misiles balísticos intercontinentales en su fase de reentrada a la atmósfera. La velocidad de los misiles del sistema S-1000 se puede comparar con la de los misiles del sistema S-500, de 7 km por segundo equivalente a unos Mach 20, y la velocidad de los misiles del sistema S-400, de 4.8 km por segundo equivalente a Mach 14.

Se estima también que el alcance máximo del radar de vigilancia móvil del S-1000 sea de 1,200-1,300 km a 1,400-1,500 km, aproximadamente el doble del alcance del radar de vigilancia del sistema S-400 de 600 km a 700 km según Jane's, asumiendo también que el radar de vigilancia del sistema S-500 tenga un alcance máximo de hasta 1,000 km, equivalente al alcance del radar AN/SPY-1 Aegis del sistema de defensa antimisil americano Standard SM-3 y al alcance del radar de vigilancia y combate AN/TPY-2 del sistema de defensa antimisil THAAD también estadounidense, ambos radares con 1,000 km de alcance de acuerdo a Jane's.