

Unidad externa para una estación terrena del experimento CODE

Ignasi Corbella Sanahuja.

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se presentan los resultados obtenidos en la realización de una estación terrena de comunicaciones por satélite (VSAT) de bajo coste a 20/30 GHz. El trabajo fue realizado por un equipo muy numeroso de personas, pertenecientes a la empresa Electrónica Ensa, de Madrid, y al grupo de Antenas, Microondas y Radar, del departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. Corresponden a un contrato con la Agencia Europea del Espacio para la realización de una unidad externa de CODE.

EL SATÉLITE OLYMPUS Y EL SISTEMA «CODE»

En julio de 1989, tras varios años de retraso, la Agencia Europea del Espacio (ESA) lanzó con éxito el

satélite OLYMPUS-1 (previamente llamado L-SAT) situándolo a 19 de longitud Oeste en órbita geoestacionaria. Es un satélite experimental, y fue diseñado para atender a los cuatro objetivos siguientes:

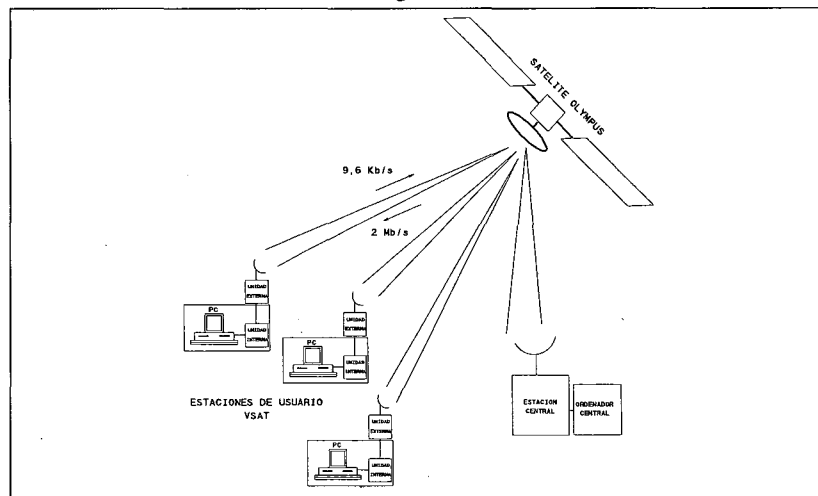
- Experimentos de propagación a 20 y 30 GHz.
- Experimentos avanzados de comunicaciones entre pequeñas estaciones terrenas a 12/14 GHz.
- Televisión directa por satélite, especialmente para Italia.
- Sistema de comunicaciones a 20/30 GHz, para teleconferencia punto a punto y multipunto, y otras aplicaciones experimentales.

Una de las aplicaciones correspondiente al último de estos objetivos es el experimento «CODE», que significa «Cooperative Olympus Data Experiment». Es un sistema de intercambio de información a través del «paquete» de comunicaciones a 20/30 GHz del satélite Olympus. Consiste en una red interactiva punto-

multipunto de micro-terminales de datos y se pretende que sea usado por centros de investigación, universidades, industrias, y otros establecimientos técnicos. Uno de los objetivos de este experimento, aparte de proporcionar sistemas avanzados de comunicaciones, es potenciar el uso de la tecnología de ondas milimétricas para las telecomunicaciones.

El sistema (figura 1) utiliza una estación central («Hub Station»), situada en Holanda, y diversas estaciones de usuario de bajo coste equipadas con antenas de pequeño diámetro (alrededor de 1 m.), llamadas VSAT (Very Small Antenna Terminal). La comunicación entre todas las estaciones es de tipo estrella, estando todas las VSAT comunicadas con la Hub-station (emitiendo y recibiendo) a través del satélite. La transmisión de la estación central a las de usuario se hace a 2 Mb/s, y la de una de éstas a la central, a 9,6 Kb/s. El sistema CODE permite a diferentes usuarios, dotados de ordenadores personales, conectarse entre sí a través de esta red en estrella. También permitirá acceder a bases de datos y otras informaciones disponibles en la estación central, a su vez conectada a un ordenador. El satélite Olympus dispone de dos antenas orientables con un ancho de haz de 1° aproximadamente, que pueden apuntar a cualquier zona de Europa.

Figura 1



Una estación típica de usuario (figura 2) consiste en una unidad externa, que incluye la antena, el transmisor a 28 GHz y el receptor

ESPECIFICACIONES DE CODE

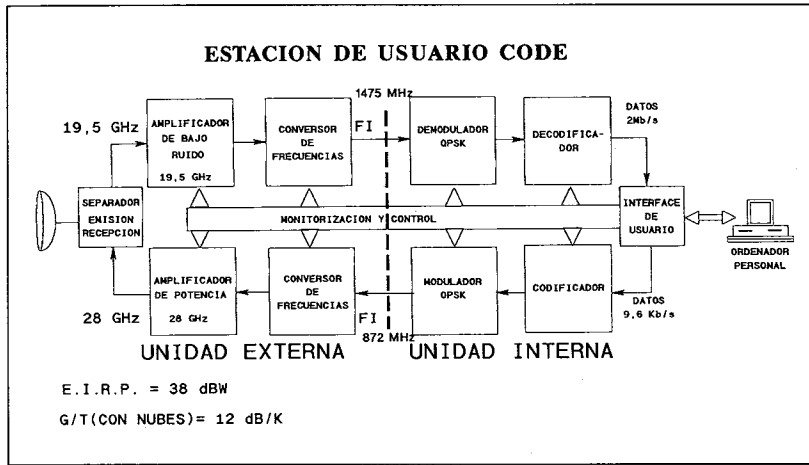


Figura 2

a 19,5 GHz, y una unidad interna, conteniendo los circuitos de FI, el modem y los interfaces para ordenador.

La posición de la ESA respecto a las estaciones de usuario de CODE es muy abierta, proponiendo incluso que los posibles usuarios se la construyan a partir de subsistemas comerciales. Sin embargo, si bien esta puede ser una solución parcial en una primera etapa experimental, no es operativa si se quiere promocionar el servicio a gran escala. Debido a ello la propia Agencia propuso diversos contratos a empresas europeas para la realización, a un precio razonable, de algunos bloques funcionales. En este sentido sacó a concurso, en 1988, la realización de un amplificador de potencia de estado sólido a 28 GHz, por considerar este subsistema el más crítico de todos. Las especificaciones del amplificador estaban muy poco definidas, y en la propia propuesta de trabajo se debía hacer un estudio detallado del diseño, así como una estimación de la potencia que podía obtenerse, y los precios. Cinco compañías europeas respondieron al concurso:

Ceselsa (España)
 ERA (Gran Bretaña)
 Ferranti (Gran Bretaña)
 Plessey (Gran Bretaña)
 Siemens Tel. (Italia)

Ceselsa participaba a través de la empresa de su propiedad Ensa, y teniendo como subcontratistas al grupo AMR del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Aunque el concurso proponía la realización de un amplificador, Ceselsa decidió (tras consulta con la UPC) proponer la realización de todo un «front-end» de una estación CODE. La idea agradó a la ESA y propuso dos contratos independientes: Uno para realizar un amplificador de potencia de 0,5 W, asignado a Siemens, y otro para la realización de una unidad externa completa, incluyendo un amplificador de potencia, que asignó a Ceselsa.

En mayo de 1989 dieron comienzo a los trabajos para el diseño y fabricación de una estación terrena

La Agencia Europea del Espacio define unas especificaciones básicas para la transmisión y recepción de la señal de CODE, de las que en la tabla I se resumen las más relevantes de las que afectan directamente a la unidad externa. A partir de ellas se puede deducir que, con una antena parabólica de 1 m de diámetro y 60% de eficiencia de iluminación se precisa una potencia del transmisor de sólo 0,1 W (20 dBm) y un factor de ruido del receptor de 6,4 dB. Ambas cifras compatibles con un diseño de bajo coste, dada la tecnología actual.

La figura 3 muestra el diagrama de bloques de la unidad externa propuesta por el equipo de investigación. La antena es un reflector romboidal de 1,2 m de diámetro, con un alimentador común a 20/30 GHz de tipo «offset». Es el único componente no diseñado por el equipo, ya que fue adquirida a la empresa inglesa «ERA Technology». Formando parte de la antena se encuentra el ortomodo, que se utiliza para separar las señales de emisión y

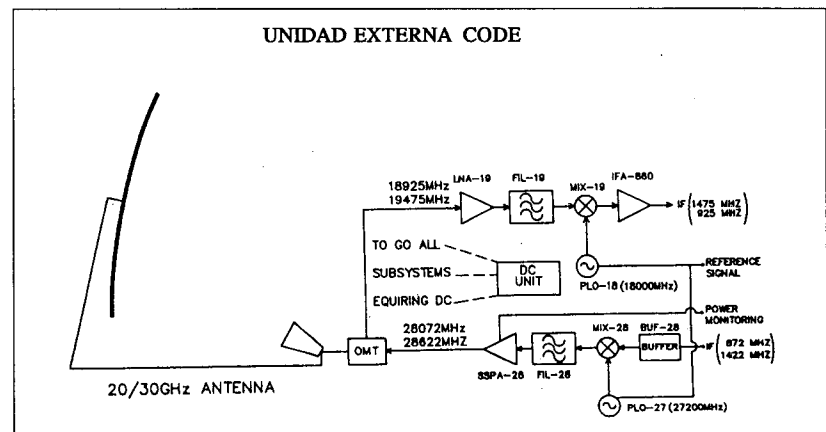


Figura 3

del experimento CODE. El reparto de tareas entre el contratista principal (Ceselsa-Ensa) y el subcontratista (grupo AMR del departamento TSC de la UPC), fue el siguiente:

Ceselsa: Cadena transmisora, integración global
 UPC: Cadena receptora, Osciladores locales (PLO's) y amplificador de potencia

recepción. El interfaz con el resto de la estación son dos bridas standard para las guías WR-42 y WR-28, correspondientes a las bandas de recepción y transmisión respectivamente.

Tanto el emisor como el receptor contienen una única conversión de frecuencias, realizada con sendos mezcladores. Los

osciladores locales son coherentes y se generan a partir de una única señal de referencia. Para eliminar la banda de frecuencia imagen, se utilizan filtros paso banda en los dos caminos (de recepción y de transmisión). El amplificador de bajo ruido en recepción y el de potencia en transmisión son necesarios para asegurar una buena sensibilidad y suficiente potencia de salida respectivamente.

Los niveles de potencia y las frecuencias de la unidad externa están definidos a partir de las especificaciones de CODE y de las características de la unidad interna. Se resumen en la tabla II, en la que las frecuencias están en GHz y las potencias en dBm.

Las frecuencias de reserva se utilizarían en un eventual fallo del satélite. Dado que los osciladores locales tienen frecuencia fija, las frecuencias nominal y de reserva producen dos valores de frecuencia intermedia. La unidad interna debe ser capaz de conmutar entre las dos bandas en caso necesario.

RECEPTOR

La cadena receptora incluye el amplificador de bajo ruido, el filtro, el mezclador y el amplificador de FI. En conjunto está realizado con tecnología microstrip y presenta a las dos frecuencias una ganancia de conversión mayor de 60 dB con un factor de ruido inferior a 5,5 dB.

El amplificador de bajo ruido es de 2 etapas y usa dos transistores MESFET de Fujitsu (FSX-02X) sin encapsular. El desacoplo de continua en las redes de adaptación se realiza mediante líneas acopladas, que contribuyen también a la adaptación, excepto en la red interetapa, que utiliza un condensador discreto de tipo «chip».

El filtro, de orden 3, está realizado con líneas acopladas. Tiene unas pérdidas de inserción de 2 dB y un rechazo a la frecuencia imagen mayor de 20 dB.

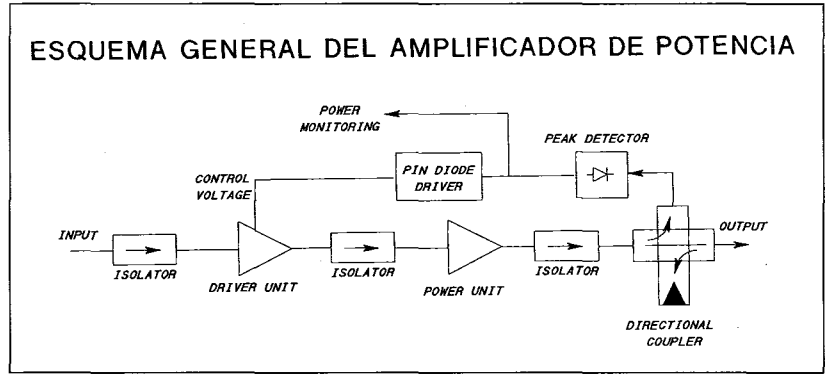


Figura 4

El mezclador es de tipo balanceado, utilizando un anillo híbrido (tipo branch-line) en microstrip para la combinación de señales de RF y OL. Presenta unas pérdidas de conversión del orden de 7 dB en la banda.

El amplificador de FI se realizó con circuitos monolíticos comerciales, excepto la primera etapa de bajo ruido.

TRANSMISOR

La cadena transmisora incluye el amplificador de potencia, el filtro, el mezclador y el amplificador de FI.

El amplificador de FI, de ganancia variable, está realizado con un circuito comercial (IVA-05118 de Avantek) con un margen de variación de ganancia de 25 dB.

El mezclador de transmisión (up-converter) tiene un diseño muy parecido al de recepción. Es un mezclador balanceado que utiliza como combinador de RF y OL un híbrido de 180° realizado en microstrip. Para la mezcla utiliza diodos Schottky con encapsulado beam-lead. Las entradas de RF y OL utilizan guía de ondas, por lo que el mezclador incluye transiciones a microstrip, realizadas a través de una estructura fin-line. En conjunto tiene 7,5 dB de pérdidas de conversión, con una potencia de OL de 13 dBm.

El filtro, también de orden 3, está realizado con placas metálicas insertadas en el plano E de una guía de ondas rectangular. Dichas placas están realizadas a partir de una lámina

metálica de 0,1 mm de espesor, y utilizando un método de fotolitografía. Las pérdidas de inserción son de 0,5 dB, entre 27,5 GHz y 28,7 GHz.

El amplificador de potencia debe amplificar la señal de salida del filtro hasta un nivel de unos 100 mW (20 dBm) como mínimo, con una ganancia de 33 dB. La figura 4 muestra un esquema de su configuración global. Consta de dos amplificadores: el excitador (driver) y la unidad de potencia (power unit), separados mediante un aislador. Los aisladores de entrada y salida lo protegen contra cargas extremas.

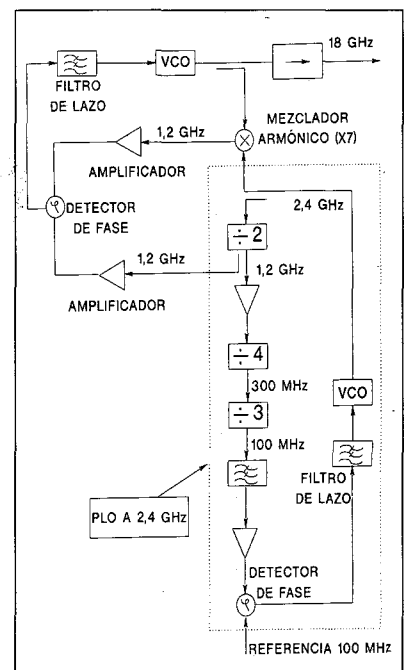


Figura 5

Con objeto de mantener la potencia de salida constante, el amplificador dispone de un sistema de control automático de nivel.

OSCILADORES LOCALES

Los dos osciladores tienen una fase controlada por la señal de referencia a 100 MHz suministrada por la unidad interna, tal como se aprecia en el diagrama de la estación (figura 2). Son por lo tanto Phase Locked Oscillators (PLO's).

La figura 5 muestra el diagrama de bloques simplificado del PLO de 18 GHz (el de recepción). Consta de dos bucles de enganche de fase (PLL). En el primero se produce una señal de 2,4 GHz a partir de la referencia de 100 MHz gracias a una cadena de divisores de frecuencia. En el segundo se producen los 18 GHz a partir de la señal de 2,4 GHz generada anteriormente y un sistema de multiplicación de frecuencia a base de mezcladores armónicos. El sistema oscilador a 27,2 GHz tiene una filosofía similar.

Los osciladores están realizados con diodos Gunn montados en poste metálico en el interior de una guía de ondas de altura reducida. El control de frecuencia se realiza mediante un diodo varactor montado en otro poste en el interior de la guía.

INTEGRACIÓN

Todos los subsistemas integrantes de la estación están ubicados en una caja metálica de 4 niveles que mantiene una temperatura constante gracias a la utilización de células Peltier. El aspecto externo de

la estación se muestra en la figura 6, en donde se aprecia la unidad externa situada en el foco de la antena, de tipo offset.

CONCLUSIONES

Se ha presentado el resultado de los trabajos realizados por grupos de investigación de la empresa ENSA y de la Universidad Politécnica de Cataluña, para el diseño de una estación de comunicaciones por satélite a 20/30 GHz. El proyecto se enmarca dentro de un contrato de la Agencia Europea del Espacio (ESA) dentro del programa de utilización del satélite Olympus. Los resultados obtenidos son muy prometedores, habiéndose llegado a la realización de una estación completa de usuario, incluyendo transmisor, con amplificador de potencia, receptor, con amplificador de bajo ruido y

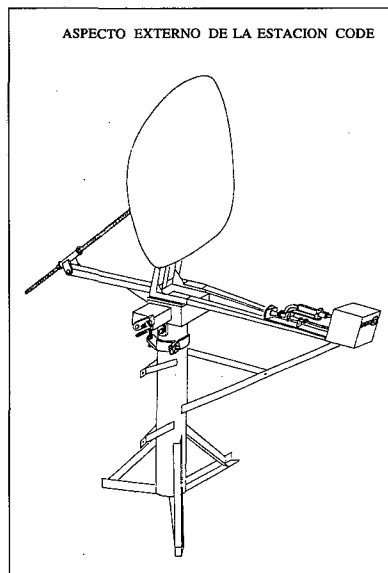


Figura 6

osciladores controlados en fase (PLO's). Todos los subsistemas realizados cumplen con las especificaciones fijadas por la ESA para la estación.

ESPECIFICACIONES DE CODE

TRANSMISIÓN

Bandas de frecuencia:

NOMINAL: 28072.255 MHz

+ 20 MHz

RESERVA: 28622.255 MHz

+20 MHz

Potencia isotrópica equivalente radiada (EIRP):

36 dBW < EIRP < 40 dBW

Polarización: HORIZONTAL

Estabilidad de frecuencia:

+1000 Hz

RECEPCIÓN

Bandas de frecuencia:

NOMINAL: 19475 +- 20 MHz

RESERVA: 18925 +-20 MHz

Relación Ganancia/Temp. equiv:

G/T > 12.9 dB[1/K]

Polarización:

LINEAL, NORTE-SUR

ANTENA

Diámetro: 1 m APROX.



MacMITO

Distribuidor Autorizado Apple en Educación

C/Gran Capità, s/n. Campus Nord UPC. Mòdul A3 - Subterrani

Telèfon 204 25 61 - Fax 204 25 57 - Barcelona 08034