

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA SATELITAL ARGENTINO DE RECOLECCIÓN DE DATOS AMBIENTALES

Adrián Carlotto, José María Juárez, Gerardo Sager

Grupo de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Digitales (GridComD)
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Calle 116 y 48. La Plata.
gridcomd@ing.unlp.edu.ar

Resumen—El Sistema Satelital Argentino de Recolección de Datos Ambientales (SARDA), es un sistema de colección de datos, que hará posible el seguimiento de parámetros del medioambiente, a partir de mensajes transmitidos desde plataformas autónomas. Estas últimas principalmente ubicadas en zonas de difícil acceso. El primer receptor del sistema, forma parte de la carga útil del satélite SAC-D de la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales). La señal recibida es tratada por una etapa de RF y luego procesada digitalmente en vuelo, a partir de muestras en frecuencia intermedia. Los mensajes obtenidos son luego descargados en la Estación Terrena Córdoba (ETC) donde son validados, clasificados y finalmente puestos a disposición de los usuarios. El presente trabajo introduce al sistema y describe de forma somera la implementación del primer receptor. Se muestran algunos de los datos obtenidos en vuelo.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Satelital Argentino de Recolección de Datos Ambientales, es un sistema en el que se reúnen datos del medioambiente, transmitidos desde plataformas autónomas denominadas DCP (Data Collection Platforms). Estas pueden instalarse en la superficie terrestre, sobre boyas en los océanos y ríos, en globos, entre otros. Las DCP pueden estar en una posición fija o móvil. Los mensajes transmitidos a intervalos regulares, son procesados en vuelo por los receptores del sistema. El receptor DCS (Data Collection System), forma parte de la misión SAC-D de la CONAE y se constituye en el primer receptor del sistema. Los datos extraídos son almacenados junto con la telemetría interna y finalmente transmitidos a la ETC para su posterior procesamiento y distribución a los usuarios (Fig. 1A) [1].

El receptor DCS del SAC-D, fue concebido para recibir en promedio, dos mensajes por día de hasta 200 plataformas, distribuidas sobre territorio argentino. Sin embargo, al tratarse de un sistema de almacenamiento y descarga, y siendo el satélite de órbita polar, puede recibir datos desde cualquier plataforma del sistema que se ubique en cualquier parte del planeta.

A escala global, se encuentran operativos sistemas como ARGOS DCLS (ARGOS Data Collection and Location System) resultado de un acuerdo entre la agencia espacial francesa CNES, NASA y NOAA de EEUU y recientemente EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) [2]. El sistema Argos funciona desde el año 1978 atiende a aproximadamente 21000 plataformas distribuidas por todo el planeta. En Latinoamérica, el Sistema Nacional de Datos Ambientais (SINDA) de Brasil, desarrollado por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tuvo inicio en el año 1993 con el lanzamiento del satélite SCD-1 [4]. El SINDA posee en la actualidad alrededor de 1000 plataformas propias, principalmente ubicadas sobre territorio brasilero.

El receptor DCS, al igual que los receptores de Argos, procesa las señales de los mensajes recibidos en vuelo [3], luego transmite los datos a una estación terrestre donde se realiza la identificación, validación y distribución de los datos de ciencia a los usuarios. A diferencia de lo que sucede con el sistema argentino, los satélites del sistema brasilero (actualmente SCD-1, SCD-2 y CBERS-2B) poseen un retransmisor que reenvía la señal recibida desde las plataformas a tierra, para su posterior procesamiento. La desventaja de este tipo de diseño es que el satélite debe estar a la vista de la plataforma y de alguna estación terrena simultáneamente.

Las plataformas del SARDA (Fig. 1B) contienen a los sensores, adquisidores de datos y los transmisores PTT (Platform Transmitter Terminal). Debido a la alta sensibilidad del receptor en vuelo ($-126\text{dBm} @ P_{e_b}=10^{-5}$), la potencia media de transmisión de las PTT es de 30dBm . Las DCPs transmiten un mensaje a intervalos prefijados, sin ningún tipo de interrogación por parte del satélite. Todas las DCP pueden acceder al canal sin ningún tipo de coordinación entre sí. Teniendo en cuenta que la tasa de bit es de 400bps , que el largo de los datos de ciencia varía entre 32 bits (mínimo) y 256 bits (máximo) y que además se transmite un protocolo de inicialización para sincronización e identificación, la duración del mensaje transmitido varía entre 360ms y 920ms .

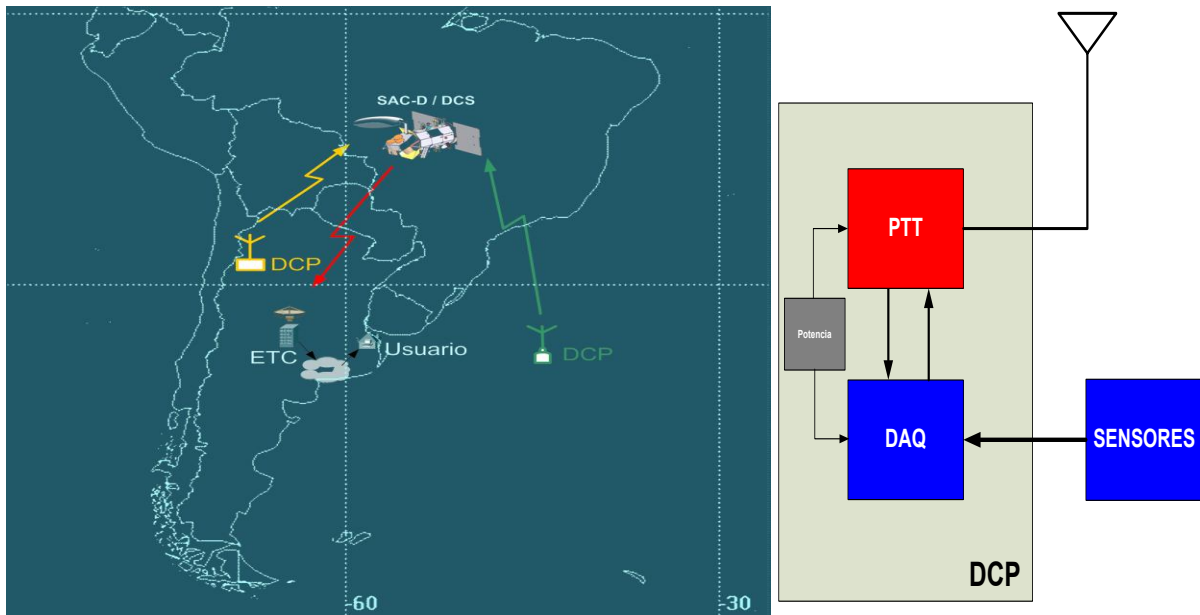


Fig. 1A. Componentes del sistema.

Fig. 1B. Componente de una DCP

En las siguientes secciones se analiza la implementación del receptor, especialmente las etapas de procesamiento digital realizadas por un DSP, se enumeran algunas de las pruebas realizadas y se muestran algunos resultados.

EL SATÉLITE SAC-D

El satélite SAC-D de la CONAE, es el cuarto de la serie SAC de observación terrestre. Fue puesto en órbita el 10 de junio de 2011 por un lanzador Delta II, desde la base Vandenberg, California, EEUU. Posee una órbita polar, solar sincrónica a una altura de 657km . El instrumento principal es un escaterómetro y radiómetro denominado Aquarius. Este instrumento mide la salinidad en la superficie del mar. Además, el SAC-D incluye en su carga útil cinco instrumentos nacionales: un radiómetro de microondas, una cámara en el infra-rojo, una cámara de alta sensibilidad, un paquete de demostración tecnológica y el receptor DCS.

EL RECEPTOR DCS

Estructura de la Señal Transmitida por las DCP

El sistema de modulación utilizado es BPSK con portadora residual. La forma del pulso utilizada es Manchester. La estructura del mensaje transmitido por las plataformas coincide con la del sistema Argos I y se muestra en la (Fig. 2).

Al comienzo de la transmisión, se transmite la portadora sin modular durante los primeros 160ms, para que toda la potencia se utilice en garantizar la detección. Luego se transmiten 15 símbolos iguales de manera de tener información del tiempo de bit, 8 bits indican la trama con que el receptor deberá sincronizarse para eliminar la ambigüedad de 180°, un bit de inicialización, 4 bits indicando el número de bloques de 4 bytes que componen el dato de ciencia, 20 bits correspondientes a la identificación de plataforma (DCP-ID) marcado en rojo y finalmente los datos.

160 ms solo Portadora	Sinc. Bit	Sinc. Trama	Inicial.	# grupos N	DCP ID	Datos (N x 32bits)
	15	8	1	4	20	Hasta 256

Fig. 2. Estructura del mensaje (en número de bits)

Dado que un error que se de en el canal dentro del campo DCP-ID, produciría que el mensaje fuese entregado a otro usuario final, en dicho campo se implementa un código de bloque lineal sistemático (20,15). Este código no perfecto, permite la corrección de todos los errores simples que se producen en el canal y también detectar algunos esquemas de errores de mayor número de bits, siempre que el síndrome que se produzca sea no nulo y no pertenezca a una fila de la matriz de chequeo de paridad.

Receptor en el SAC-D

El receptor DCS del SAC-D, puede recibir en la banda de los 401 a 403MHz, en uno de 200 canales separados 10kHz entre sí. De esta manera, el receptor puede captar las transmisiones de plataformas del sistema Argos I y del SINDA. La frecuencia nominal del sistema argentino es 401.550MHz. El pre-procesamiento de los mensajes se realiza en vuelo, lo que permite adquirir mensajes desde plataformas ubicadas en cualquier parte del planeta aun cuando el satélite no esté a la vista de estación terrena alguna.

La (Fig.3A) muestra el diagrama en bloques funcional del receptor. La etapa de radiofrecuencia recibe la señal captada por la antena del sistema, que apunta a la superficie terrestre, la filtra, la amplifica, y la traslada a frecuencia intermedia, para finalmente obtener sus componentes en fase y cuadratura. Ambas señales, entonces, son muestreadas para ser procesadas en un procesador digital de señales.

A partir de las muestras, la Unidad de Búsqueda (SU, Search Unit) es la encargada de detectar la transmisión de alguna DCP y estimar la frecuencia y amplitud de la portadora recibida. Debido a que todas las DCP transmiten aproximadamente en la misma frecuencia a intervalos regulares, es posible que se produzcan colisiones entre mensajes en el canal. La Unidad de Recuperación de Datos (DRU, Data Recovery Unit) es la encargada de adquirir la portadora, recuperar el reloj de bit y encontrar el sincronismo de trama, de manera de obtener el mensaje transmitido.

Finalmente, la Unidad de Interfaz de Comandos y Datos, permite controlar el estado del receptor por medio de comandos enviados desde tierra y descargar los mensajes recuperados y almacenados en memoria.

Para realizar las tareas de procesamiento digital de la señal seleccionamos ADSP21060 SHARC de Analog Devices. Es un procesador de 32 bits de alta performance y pertenece a la familia del 21020, muy utilizado en aplicaciones espaciales.

Unidad de Búsqueda: es la encargada de detectar la transmisión de alguna DCP, como así también estimar la frecuencia y amplitud de la portadora. Dado que durante los primeros 160ms se transmite solamente portadora sin modular, el problema que resuelve la SU consiste en detectar una señal sinusoidal (modelo de señal determinístico) inmersa en ruido, que se modela como aditivo, blanco y gaussiano. Los parámetros de la señal (amplitud, frecuencia, fase inicial y tiempo de arribo) son desconocidos, lo que resulta en una degradación respecto al filtro adaptado (detector óptimo). Un detector sub-óptimo se implementa utilizando la transformada discreta de Fourier.

Lazo de Portadora: Detectada alguna transmisión, resta adquirir la portadora. La etapa de detección entrega un estimado de su frecuencia, para que el error de frecuencia inicial del lazo sea a lo sumo 15,625Hz. El detector de fase equivalente implementado utiliza como entrada las señales en fase y cuadratura y en su salida se obtiene una señal que es función del coseno del error de fase. El NCO (numerically controlled oscillator) se implementó mediante una tabla de 256 palabras de 8 bits. La inicialización del mismo se realiza a partir de la frecuencia estimada en la detección.

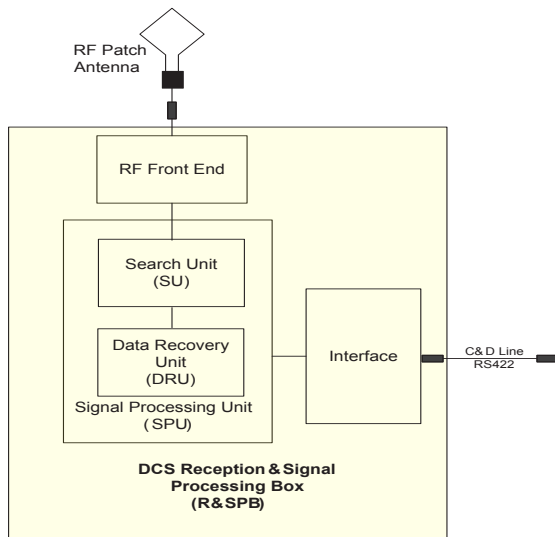


Fig. 3A. Diagrama en bloques funcional

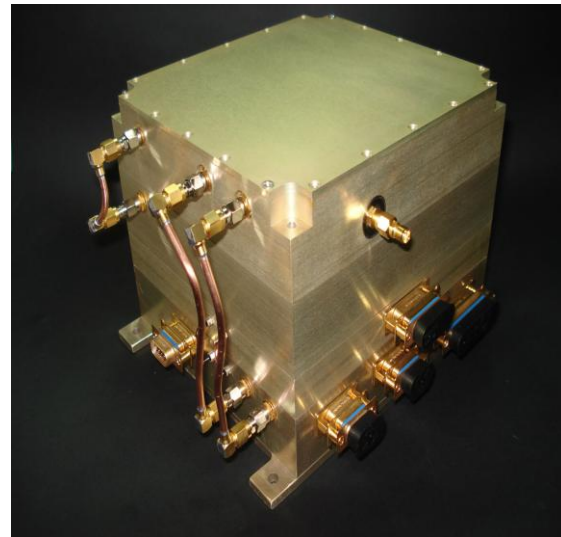


Fig. 3B. Receptor embarcado en el SAC-D.

Sincronismo de Símbolo y de Trama: Como sincronizador de bit se utiliza un esquema denominado SCCL (Sample Correlate Choose Largest). El sincronizador óptimo realizaría un test de hipótesis, utilizando el criterio de máximo a posteriori (MAP) sobre las 80 hipótesis (dadas 80 muestras por bit) es decir, 80 posibles posiciones para el comienzo del bit. En el DSP se implementó una versión sub-óptima, considerando solo tres hipótesis (reloj de bit atrasado, a tiempo y adelantado). Adquirido el sincronismo de trama que resuelve la ambigüedad de 180°, sabemos en qué lugar dentro del mensaje nos encontramos y a continuación se extrae el largo del mensaje, la identificación de la plataforma y por último los datos. La finalización se da cuando se obtiene el último bit de datos (proceso de cuenta).

Ensayos funcionales en Vuelo

El receptor DCS se encendió el 31 de agosto de 2011, a las 10:42 hora UTC. En la (Fig.4A) se muestra el comportamiento térmico del receptor, medido internamente por el instrumento. Se visualiza el transitorio térmico del encendido del satélite. Cada espiga en el gráfico se corresponde con un ciclo de encendido del receptor en vuelo. Se comprueba que la sobre-elevación de temperatura de los conversores A/D respecto a la base del receptor no llega a los 4°C. El DSP está prácticamente acoplado térmicamente a la base del receptor que a su vez se encuentra acoplada a la estructura del satélite. La (Fig. 4B) muestra la primera portadora detectada por el receptor. Se observa la respuesta en el ancho de banda de detección y el umbral nominal utilizado.

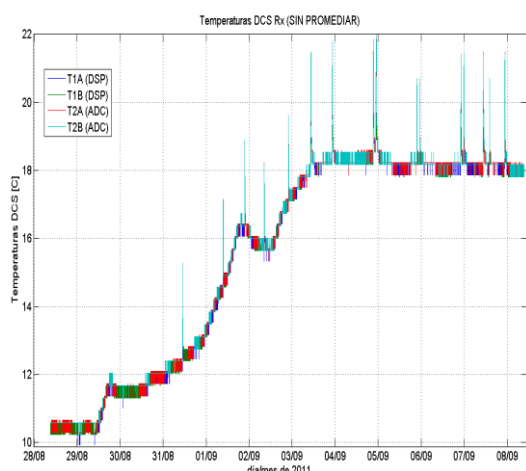


Fig. 4A. Comportamiento térmico del receptor.

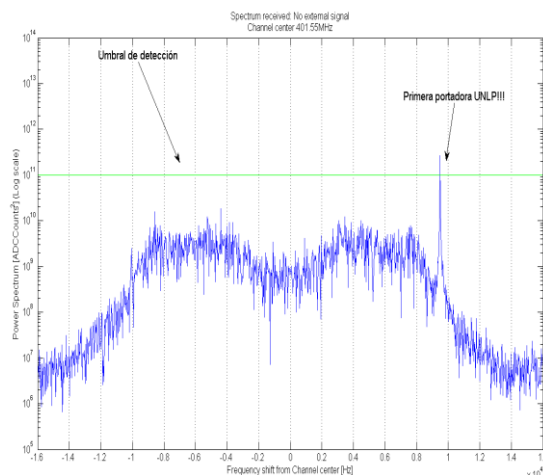


Fig. 4B. Detección de la primera portadora..

Se realizaron ensayos funcionales en las frecuencias de los sistemas SINDA y Argos transmitiendo desde la FI-UNLP con un transmisor patrón. La (Fig. 5) muestra los valores de frecuencia de portadora al momento de la detección, para el sistema brasileiro. En círculos se distingue la transmisión de una plataforma en particular clasificada mediante el campo de identificación de plataforma, incluido en el mensaje.

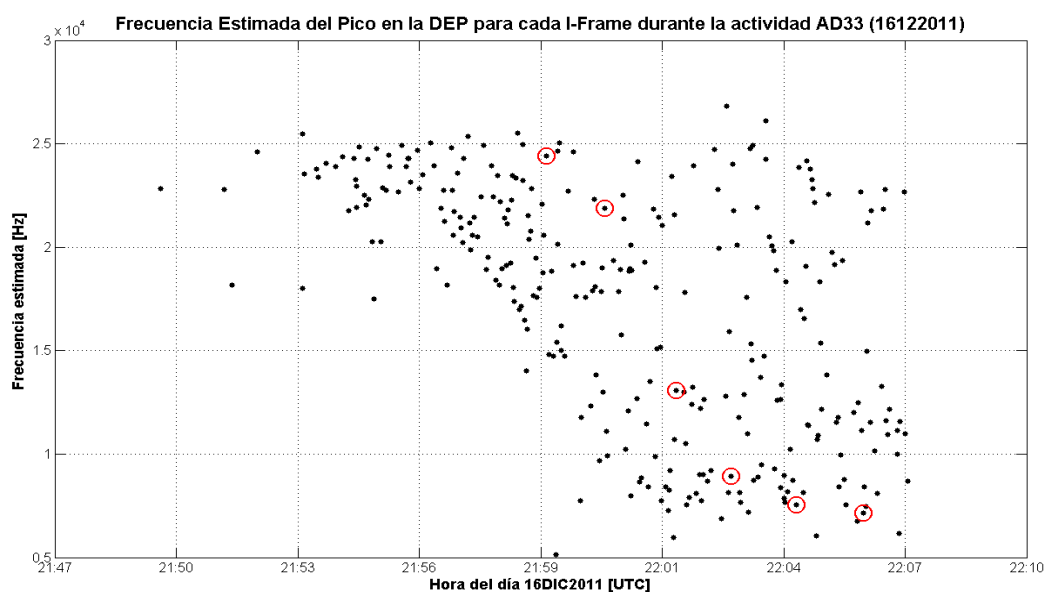


Fig. 5. Comportamiento térmico del receptor.

Durante la pasada del satélite de aproximadamente 15 minutos sobre dicha plataforma, se recibieron seis mensajes. Posiblemente la DCP se corresponde con una plataforma de sistema dado la estructura de los datos repetidos obtenidos.

FFC8037DAAA .

La (Fig 6) nos muestra las portadoras detectadas por el receptor en vuelo, transmitidas desde plataformas propias en la FI-UNLP y desde una plataforma comercial desde la escuela ORT en Capital Federal. Se observa la diferencias en el corrimiento Doppler debido a las distintas ubicaciones relativas al satélite y las derivas entre los distintos osciladores intervinientes.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del trabajo se introdujo al Sistema Argentino Satelital de Recolección de Datos Ambientales. Se mencionó el diseño del receptor ubicado en el satélite. Se mostraron algunos de los primeros datos obtenidos en vuelo. El comportamiento del receptor es acorde a lo esperado, siendo su mayor ventaja su alta sensibilidad, lo que permite a las plataformas en tierra consumir muy poca energía, permitiendo así su instalación en sitios remotos.

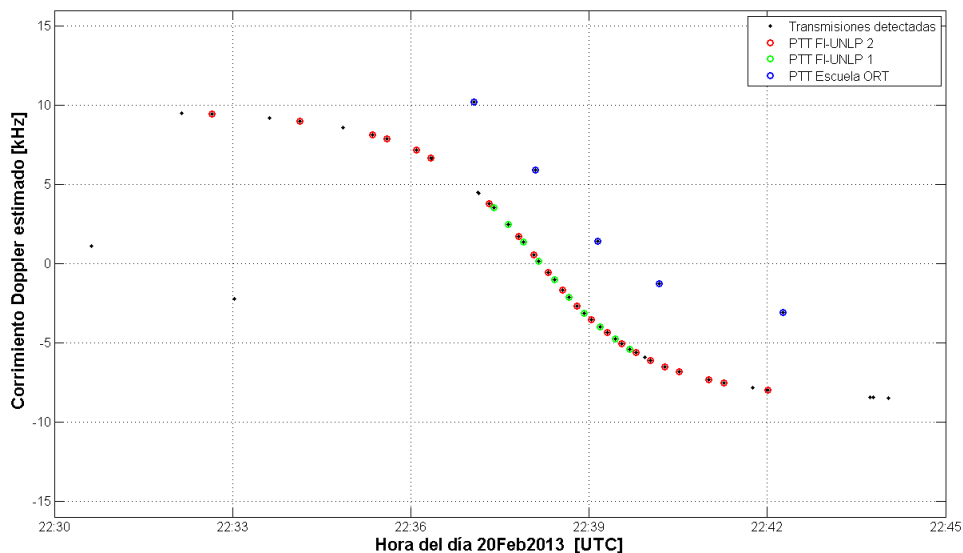


Fig. 6. Frecuencia de portadoras detectadas desde plataformas FI-UNLP (curvas rojo y verde) y desde la escuela ORT (azul) ubicada en Capital Federal.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los integrantes del Laboratorio que participaron en el proyecto: Ing. Hugo Lorente, fundador del Laboratorio y principal desarrollador, Dr. Pablo Costanzo Caso, Dr. Laureano Bulus Rossini e Ing. Juan Fernández Michelli. Con ellos compartimos jornadas intensas. También agradecemos al Ing. Eduardo Siri de Aluar División Elaborados por su desinteresada ayuda.

REFERENCIAS

- [1] Carlotto A., Lorente H. "Análisis de un Sistema de Recolección de Datos Satelital". Memorias de AADECA 2006, XX Congreso Argentino de Control Automático, Buenos Aires, Argentina, 28-30 de agosto 2006. ISBN 978-950-99994-4-2. (2006)
- [2] Clark, D. "Overview of the Argos System"; OCEANS '89 Proceedings, 1989. Volume: 3, Page(s): 934 - 939.
- [3] Ortega C. "Argos second and third generations: enhancements finely tuned to oceanographic applications", OCEANS '98 Conference Proceedings, 1998 , Page(s): 845 - 848 vol.2.
- [4] Yamaguti W. "Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros", Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1633-1640.
- [5] Kay, Steven M. "Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory". Prentice-Hall PTR. ISBN 0-13-504135-X (1998).