

## SISTEMA SATELITAL ARGENTINO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: PROTOCOLOS DE ACCESO

Uriona, Hugo N.<sup>(1)</sup>, Sager, Gerardo E.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Depto de Ciencias Básicas Facultad de Ingeniería, UNLP, La Plata  
huriona@ing.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> Grupo de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Digitales (GrIDComD) Depto de Electrotecnia Facultad de Ingeniería, UNLP - Calle 116 s/n La Plata, Argentina.

Palabras clave: Aloha, colisiones, DCS, DCP

### INTRODUCCIÓN

El sistema DCS Argentino, puede verse desde el punto de vista de las redes de comunicaciones, como un enrutador de mensajes del tipo conocido como "Store and Forward", en efecto, los mensajes recibidos por el receptor ubicado en el satélite se almacenan en una memoria a bordo y luego son descargados durante los contactos que se establecen con las estaciones terrenas. Se toma como referencia la Misión SAC-D/Aquarius, donde fue embarcado un receptor DCS que estuvo operativo exitosamente entre agosto de 2011 y junio de 2015.

El sistema está diseñado para que sea compatible con los sistemas ARGOS (Franco-estadounidense) y SCD (brasileño), operando en frecuencias similares. y utilizando el mismo formato de mensajes.

Se puede pensar que cada vez que el satélite tiene a la vista un grupo de estaciones transmisoras, se configura una red ad-hoc, con una duración limitada por el tiempo en que los transmisores están a la vista. Esta red, que puede asimilarse a una capa de acceso al medio (Enlace de Datos) en el modelo estándar ISO-OSI, se modifica a medida que el satélite deja de tener en vista unas estaciones y comienza a recibir mensajes de otras que ahora aparecen en su campo de visibilidad.

Se analizarán los casos de distintas longitudes de mensaje y distinta tasa de repetición y se introducirá el corrimiento Doppler de las transmisiones que llegan al satélite, como una variable que restringe la cantidad de estaciones que efectivamente compiten por el acceso al medio. En efecto, dado que las estaciones no están coordinadas ni sincronizadas temporalmente, estamos ante un sistema de tipo ALOHA, pero con la particularidad que en un momento dado sólo podrían colisionar entre sí, las transmisiones cuyo corrimiento Doppler las mantengan dentro del ancho de banda del canal del receptor.

El sistema ALOHA, tiene en cuenta que se producen colisiones y puede demostrarse que llega a tener una eficiencia de canal máxima de 18% . Esta es baja en comparación con otros sistemas, pero dado que los datos que se envían son de tipos ambientales o biológicos donde unas pocas mediciones semanales son suficientes, la simplicidad de implementación compensa este factor.

A partir de esta situación se intenta evaluar si existen estrategias de despliegue de estaciones transmisoras para el sistema DCS que permitan optimizar la capacidad del sistema.

Si bien hay estudios previos para el sistema ARGOS, que como ya se mencionó, es compatible con el sistema argentino, las características geográficas del territorio nacional, continental, insular y sector antártico, junto con las órbitas polares que suelen utilizarse para los satélites argentinos, hacen presumir que puede haber una estrategia de despliegue de estaciones, asignación de frecuencias, asignación de intervalos de transmisión y/o una

combinación de todas ellas, que permitan optimizar la cantidad de estaciones terrestres que un receptor dado puede adquirir.

## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

### 1. Descripción del Sistema DCS

El sistema DCS consta de tres segmentos: Espacial, Terrestre y de Usuario.[1],[2]

#### **Segmento Espacial o Receptor embarcado en el satélite:**

Consiste en el receptor embarcado en el satélite, junto con los sistemas de almacenamiento y transmisión a tierra. La órbita del satélite es del tipo polar y helio-sincrónica, con una inclinación de 98°, una altura aproximada de 660km y estas características producen entre 4 y 6 pasos diarios en el territorio continental argentino, la mitad es ascendente, es decir de sur a norte y la otra mitad descendente, es decir en sentido contrario. El periodo orbital es de alrededor de 98 minutos y el lapso durante el cual puede visibilizarse el satélite en el territorio continental argentino, varía entre 3 minutos y 12 minutos. Considerando la cantidad de pasadas por día y la duración de las mismas, en promedio tenemos 4 pasadas útiles por día, con un total de 28 por semana.

Los pasos de mayor duración, corresponden a las ubicaciones situadas sobre la traza del satélite y los pasos más cortos a las ubicaciones donde el satélite se puede visualizar con una elevación menor a 90°. En el caso del SAC-D/Aquarius, se definió una frecuencia de revisita de una vez cada 7 días, esto es el satélite pasa cada 7 días por la misma ubicación, respecto a la tierra.

#### **Segmento Terrestre:**

Consiste en la infraestructura destinada a la recepción y procesamiento de los datos obtenidos por el receptor a bordo del satélite, incluyendo la descarga, validación clasificación y distribución a los usuarios de los mensajes obtenidos. En el caso de referencia analizado se utilizó la Estación Terrena Córdoba (ETC), ubicada en Falda del Carmen y perteneciente a la CoNAE.

#### **Segmento de Usuario:**

Consiste en las plataformas de recolección de datos, compuestas de diferentes tipos de sensores, y el Terminal Transmisor de la Plataforma (PTT). El conjunto se denomina Plataforma Recolectora de Datos (DCP por sus siglas en inglés).

La duración de la transmisión está relacionada con la cantidad de datos útiles que se transmiten, que puede variar entre 1 y 8 palabras de 32 bits, a lo que hay que sumar cabecera e información de sincronismo. Considerando que la tasa de transmisión es de 400 bps se obtienen duraciones entre 380 y 940 ms. Si bien el inicio de la primera transmisión de una DCP dada es aleatorio, luego se repite a intervalos regulares (configurable entre 30s y 240s) que llamaremos tasa de repetición de las transmisiones.

### 2. Análisis del protocolo Aloha

Este protocolo fue uno de los primeros protocolos multiacceso para comunicaciones digitales por radio, fue diseñado por la Universidad de Hawaii y es muy sencillo ya que las estaciones solamente deben transmitir paquetes de información en el momento que deseen sin ningún tipo de sincronización o coordinación preexistente. Tiene la desventaja de que al no existir coordinación para la transmisión es probable que en un instante dado aparezcan dos transmisiones distintas, ocasionando lo que se llama una colisión, en la cual se pierden los datos de ambas transmisiones, lo que producirá una baja en el rendimiento. Forma parte de un conjunto de protocolos denominados "de contención" en los cuales varios usuarios comparten un canal común de modo tal que se pueden producir colisiones.[3]

En los protocolos de contención, una característica importante es determinar cuál es el rendimiento  $S$  definido como la fracción del total de las tramas transmitidas que arriban sin colisiones al receptor.

Para el caso de ALOHA, consideremos un conjunto infinito de usuarios que como se estableció anteriormente transmiten en cualquier instante.

Una trama A no sufrirá colisión si en el momento de inicio de la transmisión no existen otras tramas ocupando el canal y además no se envían otras tramas durante un tiempo de trama  $\tau$  desde el inicio de su envío  $t_0$ . En el caso que cualquier otro usuario hubiera generado previamente una trama B de la misma en el intervalo  $[(t_0 - \tau), t_0]$  el final de B colisionaría con el comienzo de la trama A. De la misma manera si se genera otra trama C en el intervalo  $[t_0, (t_0 + \tau)]$  colisionaría también con parte de la trama A. De aquí se concluye que el intervalo de colisión será  $2\tau$ .

Si se definen los siguientes parámetros:

$l_t$  : Longitud del mensaje ó longitud de trama en [bits]

$f_b$  : Frecuencia de bits ó tasa de bits [bits/seg]

$\lambda_t$  : Tasa de generación de mensajes ó tramas generados por los usuarios [mens/seg]

$\tau = l_t / f_b$  : "tiempo de trama" o slot [seg].

$G' = \lambda_t l_t$  : Carga total del canal, este es el trafico ofrecido en los sistemas Aloha

$G = G' / f_b = \frac{\lambda_t l_t}{f_b} = \lambda_t \tau$  : Carga total normalizada

Si queremos obtener la probabilidad de que  $k$  tramas sean generados en un intervalo  $2\tau$ , puede calcularse a partir de que las tramas sean producidas por infinitos usuarios, en instantes al azar y con una frecuencia de  $\lambda$  tramas por unidad de tiempo, lo que lleva a una distribución de probabilidades de tipo Poisson, en base a lo mencionado, la probabilidad  $P_r$  de que no se genere ninguna trama en el intervalo  $2\tau$  será:

$$P_r(0, 2\lambda_t) = G^0 e^{-2\lambda\tau} \quad (1)$$

Por otra parte, la eficiencia  $S$  considerada como la probabilidad de que los mensajes lleguen a destino sin colisionar, sería

$$S = GP_r(0, 2\lambda\tau) = G e^{-2\lambda\tau} = G e^{-2G} \quad (2)$$

El máximo de esta función ocurre para  $G=1/2$  y permite obtener la eficiencia máxima  $S_{MAX} = 0,18$

### 3. Comportamiento de la eficiencia para el acceso al medio del sistema DCS

En primer lugar y teniendo en cuenta que existe un movimiento relativo entre los DCP y el satélite, se producirá un corrimiento de frecuencia por efecto Doppler en la señal recibida por éste. Si la hipótesis es que todos los DCP transmiten en la misma frecuencia, sus transmisiones serán recibidas por el receptor con distintos corrimientos Doppler. Con una tasa de bits  $f_b = 400 \text{ Hz}$  y un esquema de modulación Manchester con portadora residual, el ancho de banda necesario es aproximadamente de 1200Hz centrados en la portadora.

Cuando se reciben simultáneamente dos señales cuya portadora estén separadas en frecuencia un intervalo mayor que el que abarca el canal, no interfieren o colisionan entre sí, ya que el receptor solamente procesará lo que se encuentre dentro de su canal de

recepción. En la fig.1 se muestra esta situación para señales como las que se utilizan en el sistema DCS, el ancho de banda del canal es igual al del espectro de la señal. La señal 2 puede ser procesada por el receptor mientras en simultáneo se reciben las señales 1 y 3 sin que esto afecte el procesamiento.

Por otra parte, si ahora el receptor se sintoniza para recibir la señal 3, la señal 4 va a provocar una colisión.

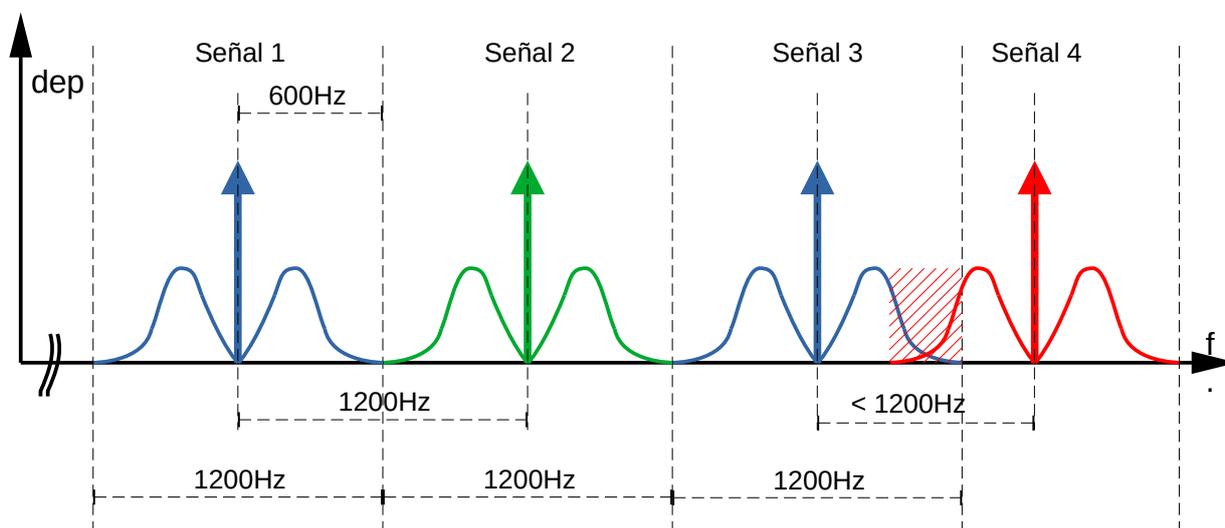


Figura 1. Espectro de Señales que puede recibir el receptor

En estas condiciones, solamente se deben considerar como señales posibles de colisionar, es decir que pueden superponerse temporalmente, a los que tengan un corrimiento Doppler que sea menor que 1200Hz en cada sentido. Esto lleva a considerar que posiblemente exista una estrategia para distribuir las plataformas que maximice la capacidad total del sistema. En este trabajo nos restringimos a obtener las relaciones entre cantidad de plataformas, longitud de mensajes y tasa de repetición de los mismos, considerando sólo las transmisiones dentro del ancho de banda mencionado, para los parámetros del Sistema DCS

En primer lugar se considera que el tráfico ofrecido está producido por  $n$  estaciones, cada una de las cuales transmite un mensaje de longitud  $l_t$  a razón de  $\lambda_t$  mensajes por segundo.

La trama del sistema DCS, incluye un tiempo de portadora sin modular de 160ms, que considerando que la tasa de bit  $f_b$  es de 400 bps, corresponde a una longitud  $l_p$  de 64 bits, una cabecera que ocupa  $l_h = 56$  bits y la carga útil de datos que puede ser de  $32N$  bits con  $N=1,2,3...8$  [2][4].

La longitud total  $l_t = l_p + l_h + 32N = 120 + 32N$  con lo cual  $l_{tmin} = 152$  para  $N=1$  y  $l_{tMAX} = 376$  para  $N=8$

Entonces, la carga total sería  $G = G' / f_b = \frac{n \lambda_t l_t}{f_b}$

y por lo tanto: 
$$n = \frac{G f_b}{\lambda_t l_t} \quad (3)$$

Puede observarse que si se mantiene el producto  $\lambda_t l_t$  constante, la cantidad de usuarios simultáneos también se mantendrá constante, permitiendo mantener máxima eficiencia si se

permiten transmitir mensajes mas largos, pero a la vez se disminuye la frecuencia de repetición

### 5. Análisis de distintos escenarios de operación

Se procede a analizar los valores pertinentes al sistema DCS, en función de los parámetros de largo de mensaje y tasa de repetición establecidos para el mismo

**Caso a)** Tasa de repetición mas rápida.

Se analiza como varía  $n$  con  $l_t$  para  $f_b=400 \text{ bps}$   $G=1/2$   $\lambda_t = \frac{1}{30 \text{ seg}}$

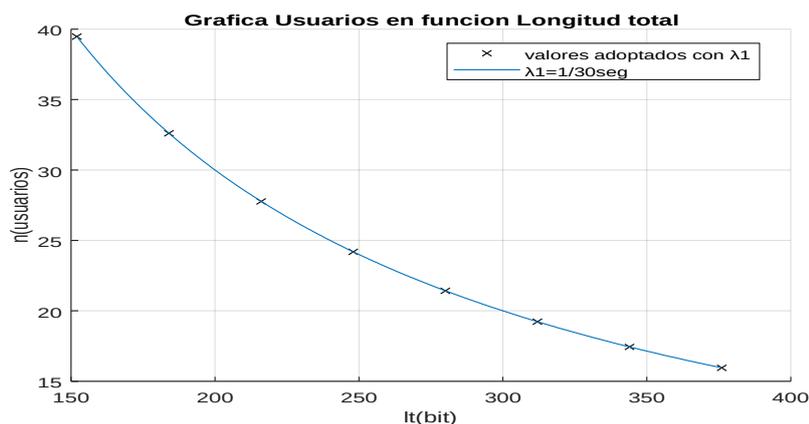


Fig. 2. Cantidad de usuarios en función de la longitud total de mensaje

**Caso b)** Distintas tasas de repetición y longitud de mensajes.

Se analiza como varía  $n$  con  $l_t$  y con  $\lambda_t$  para  $f_b=400 \text{ bps}$ , se obtiene una familia de curvas  $n=f(l_t)$  con parámetro  $\lambda_t$  que se muestra en la Fig. 3. Puede apreciarse claramente que para una cantidad de usuarios constante, se puede intercambiar longitud de mensaje con tasa de repetición.

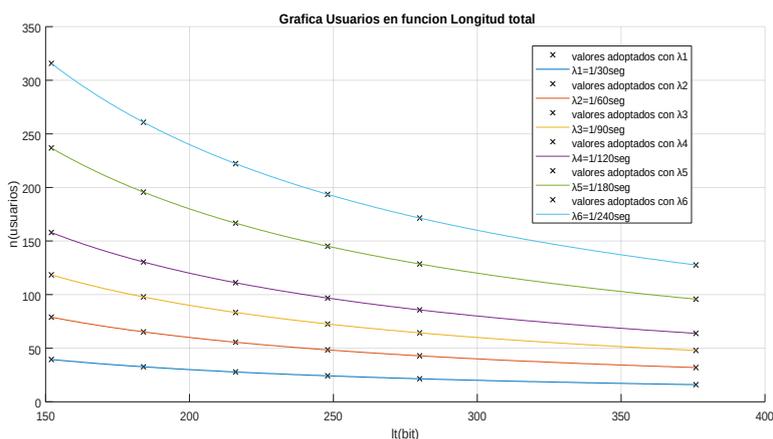


Fig. 3. Cantidad de usuarios  $n$  en función de la longitud total de mensaje  $l_t$ , para distintas tasas de repetición  $\lambda_t$ .

### CONCLUSIONES

En este trabajo se propuso analizar el comportamiento del protocolo de acceso al medio utilizado por el sistema DCS. Se pone en evidencia la simplicidad del protocolo al momento de implementarlo, que trae como consecuencia bajo costo por el tipo de datos que se envían, donde unas pocas mediciones son suficientes.

Por otra parte se observa en cada uno de los casos estudiados lo siguiente:

**Caso a)** La cantidad de usuarios disminuye a medida que aumenta el tamaño de la longitud de la trama para una misma tasa de repetición de mensajes.

**Caso b)** El número posible de usuarios se incrementa tanto si se disminuye la longitud de la trama como si se disminuye la tasa de repetición.

De esta manera se evaluó cuál es la cantidad máxima de plataformas que pueden ubicarse en una zona definida por un rango posible de corrimientos Doppler que hacen que sus transmisiones puedan colisionar entre sí respecto del receptor satelital. Para ello se obtuvo una expresión que proporciona la cantidad máxima de transmisores que pueden actuar con una eficiencia máxima del sistema, en función de la longitud y tasa de repetición de los mensajes. A partir de esta ecuación se analizaron diferentes escenarios en los cuales se varían estos parámetros y se pudo observar que se pueden ubicar más estaciones si los mensajes son cortos y la tasa de repetición es más lenta.

### **Bibliografía**

[1] Carlotto J.A. "Informe sobre funcionamiento del DCS Rx con los sistemas SBCDA y ARGOS sobre Brasil y Argentina". CONAE Document: SD-475-6329-CD. 2012

[2] Carlotto J. A, Juarez J.M., Sager G.E. "Introducción al sistema satelital de recolección de datos ambientales" - 2013

[3] Stallings, W. Data and computer Communications. 2nd.ed Macmillan, 1988

[4] Lorente,H, Sager G. "Aquarius/SAC-D, Data Collection System-Instrument Interface Control Document "- CONAE Document: SD-335-0077-Ver.6 2009