

**JIFI2018**  
JORNADAS DE INVESTIGACIÓN  
ENCUENTRO ACADÉMICO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

## SELECCIÓN DE SENSORES EN LA CONFORMACION DE TRAMAS DE SISTEMAS DE TELEMETRÍA SATELITAL

Francisco Varela <sup>1\*</sup> y Sandia, Alexandra <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Comunicaciones. Escuela de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela*

<sup>2</sup> *Gerencia de Operación ERICSON. Email: carolinalex@gmail.com.*

[\\*franmuzzti@gmail.com](mailto:*franmuzzti@gmail.com)

### RESUMEN

En este artículo se muestra un análisis de la generación de una trama de telemetría satelital regido por sus internacionales estándares (tomando como referencia el Comité consultivo de sistemas de datos espaciales por sus siglas en inglés CCSDS), con información proveniente de los sensores que pueden estar ubicados en una plataforma satelital. La telemetría forma parte del sistema de control del satélite, y en este trabajo se realiza una simulación de la conformación basándose en las características de los sensores y del canal de transmisión para el envío de los datos que permiten tomar decisiones en relación al funcionamiento del dispositivo.

*Palabras Clave: Trama Satelital, Sensores, Telemetría Satelital*

### ABSTRACT

Telemetry is part of the satellite control system. This article shows an analysis of the satellite telemetry generation according with the international standards (taking as reference the Consultee Committee of Space Data Standard CCSDS). Based on the characteristics of the sensors and the transmission channel this work shows the simulation of the telemetry according with the devices operation located in one spacecraft.

*Keywords: Telemetry Frame, Sensors, Satellite Telemetry.*

### INTRODUCCIÓN

Entre los elementos de la plataforma de los satélites de telecomunicaciones se encuentran un grupo de sensores, que permiten la recolección de información de variables que determinan la respuesta ante la exposición al medio en el que se encuentran a lo largo de su vida útil. Esta información es procesada a bordo del satélite y enviada a la estación de control en tierra a través del canal de telemetría, el cual permite monitorear y visualizar la información de variables como presión, temperatura, encendido y apagado de unidades, etc. proporcionando datos que permiten visualizar el comportamiento del satélite en órbita para mantenerlo en su correcto funcionamiento.

Uno de los subsistemas que conforman la plataforma satelital es el subsistema de telemetría y telecomando (TT&C), el cual se encarga de la operación monitoreo y control del satélite. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores instalados en cientos de puntos de prueba, que miden variables tales como voltajes, corrientes, presiones, potencia de salida de amplificadores,

**SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.**

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>

posición de interruptores, cantidad de combustible temperaturas, etc. Las lecturas obtenidas son convertidas en señales digitales y enviadas hacia la Tierra. El TT&C es un sistema distribuido, ya que parte de él se encuentra en el satélite espacial y parte en el centro del control en tierra. Las dos partes trabajan de manera coordinada para enviar y recibir señales, interpretarlas y tomar acciones de acuerdo al significado de los datos. Un componente esencial en los sistemas de telemetría aeroespacial es el transductor, que convierte estímulos físicos como la temperatura, la presión atmosférica o la vibración en señales eléctricas [1].

La telemetría aeroespacial contempla la medición de datos a través de varios canales. Posteriormente, la información es combinada a través de un proceso conocido como multiplexaje, en el cual se produce una señal compuesta, ya sea analógica o digital, que será utilizada para la transmisión de los datos.

Los principales tipos de sensores, en el campo espacial de acuerdo al fenómeno físico en el que se basan: Sensores Ópticos, Sensores de Radiación Solar, Sensores de Horizonte Terrestre, Sensores de Estrella, Sensores Mecánicos, Sensores Magnéticos, Sensores de Temperatura, Sensores de presión

## METODOLOGÍA

Para el diseño del canal de telemetría se hizo uso de los estándares IRIG 106-04 y CCSDS, tomando en consideración el detalle que muestran en la distribución de las señales dentro de la trama, y la creación de las subtramas. Según estos estándares, La estructura general de una transferencia de trama de TM (Figura 1), abarca los principales campos, situados contiguamente, en la siguiente secuencia: Cabecera primaria de la trama de transferencia (6 octetos, obligatoria); Cabecera secundaria de transferencia de trama (hasta 64 octetos, opcional); Campo de transferencia de datos de trama (número entero de octetos, obligatorio); Campo de Control Operacional (4 octetos, opcional); Campo de control de error de trama (2 octetos, opcional).

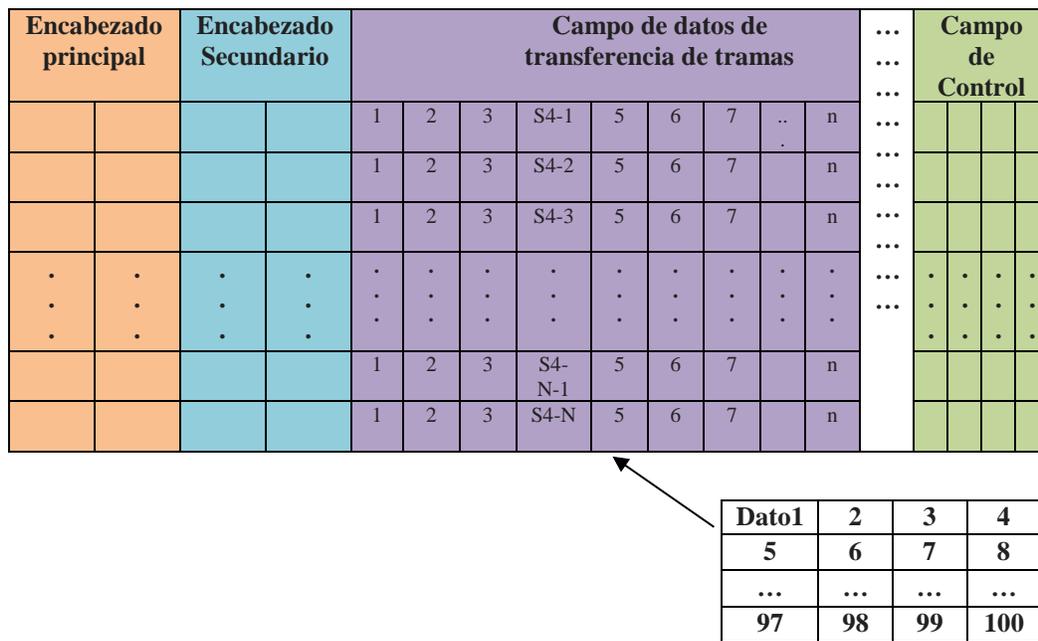
Cabecera primaria de la trama	Cabecera secundaria de la trama (opcional)	Campo de transferencia de datos de trama	Campo de control (opcional)	
			Campo de control operacional	Campo de control de error de trama

**Figura 1.** Formato de Trama de Telemetría.

El estándar CCSDS establece que para el envío de información de TTC en satélites geostacionarios se debe utilizar un sistema de telemetría con un Ancho de Banda de 100 kHz, cuyo valor será considerado para el diseño del canal.

Cuando el tiempo de muestreo de la señal del sensor es menor a la velocidad de muestreo de la trama, se dice que existe una superconmutación, ya que la velocidad de muestreo de las señales es suficientemente rápida como para ocupar uno o varios canales dentro de una trama. Cuando el tiempo de muestreo de la señal del sensor es mayor a la de la velocidad de muestreo de la trama, se dice que es una subconmutación, debido a que la velocidad de muestreo del sensor es lenta en comparación con la velocidad de muestreo de la trama, entonces se debe crear una subtrama en el

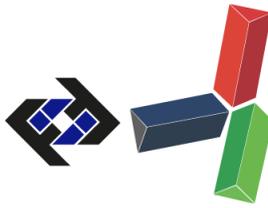
canal que le corresponde a ese sensor. En la siguiente figura se puede visualizar un esquema general de un formato de trama, con cada uno de los encabezados que establece el estándar CCSDS, que son el encabezado principal, encabezado secundario, campo de transferencia de datos y por último el campo de control:



**Figura 2.** Esquema general de un formato de trama de 233 canales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el diseño del prototipo o modelo del canal de telemetría se ha utilizado PYTHON 3.6, una herramienta innovadora y fácil de utilizar. El diseño permite al usuario escoger la velocidad de muestreo de la trama, mostrando una lista de máximo 10 sensores comúnmente utilizados en los sistemas satelitales. Se puede seleccionar el tipo de sensor y el número de sensores de cada tipo (figura 3), hasta que no seleccionen más o se supere el número de canales por trama o subtramas de los 10 tipos de sensores, conociendo la frecuencia de muestreo de cada uno de ellos dentro de sus especificaciones de diseño.



```
=====
[x NC]: Nro de canales por sensor a 2400 bps.
223 canales disponibles
=====
ID   Fr(Hz)  N[x NC]  Nombre Sensor
==   =====  =====  =====
S0   100     0 x 149  Sensor de Voltaje Hioki 8206-10
S1   0.5     0 x 1    Sensor de Humedad DHT22
S2   26.0    0 x 39   Sensor de distancia GP2Y0A21
S3   0.2     0 x 1    Sensor giroscopio, acelerómetro y brújula PhidgetSpatial 3/3/3
S4   3.0     0 x 5    Sensor de torque RS232
S5   0.5     0 x 1    Sensor de temperatura y Humedad DHT22/AM2301 (C96)
S6   50.0    0 x 75   Sensor de distancia DT020-1
S7   10.0    0 x 15   Sensor de presión DT015-1
S8   1.0     0 x 2    Sensor de inclinación SOLAR-360
S9   200     0 x 298  Giroscopio
==   =====  =====  =====
Seleccione un sensor [0-9]. Pulse 'X' para terminar la selección:
```

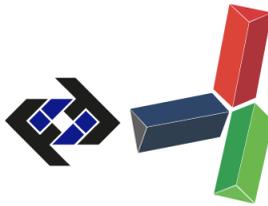
**Figura 3.** Lista de sensores.

Se generó un tipo de abreviatura general para cada uno de los sensores, estableciendo, tipo de sensor, número de medición y fracción de medición (en el caso que el sensor necesite submuestrearse). Es importante tomar en consideración que los sensores que se submuestran envían la información requerida en un canal, y por tener velocidades de muestreo mayor a la de la trama, puede enviar más de una muestra por trama. Los sensores que se submuestran necesitan más de una trama para enviar una misma muestra, es decir, por trama estaría enviando una fracción de la medición, hasta que se envíen las tramas necesarias para completar la información.

En el programa diseñado, entre los sensores que fueron seleccionados y que requieren un solo canal por trama, es decir, se submuestran, se almacena en una variable aquel sensor que necesita la mayor cantidad de tramas. Esto establecerá el número de tramas por formato.

Para el diseño de los sensores que se sobremuestran, se podrá escoger el número de sensores de un tipo específico de la lista, según lo permita la cantidad de canales por trama. La suma total del número de canales de todos los sensores seleccionados no sobrepasará de 223 canales por trama, de lo contrario se presentará un error al usuario, indicando que ha sido sobrepasado el número de canales por trama.

En la figura 4 podemos observar el resultado de una simulación donde se seleccionó la velocidad de muestreo de 2400 bps, 1 sensor de tipo S3, 1 sensor de tipo S4 y 1 sensor de tipo S8, notificándole al usuario en la parte superior derecha que aún tiene 218 canales disponibles y que pudiese agregarle al formato más sensores.



```

=====
[x NC]: Nro de canales por sensor a 4800 bps.
218 canales disponibles
=====
ID   Fr(Hz)  N[x NC]  Nombre Sensor
=====
S0   100     0 x 75   Sensor de Voltaje Hioki 8206-10
S1   0.5     0 x 1    Sensor de Humedad DHT22
S2   26.0    0 x 20   Sensor de distancia GP2Y0A21
S3   0.2     1 x 1    Sensor giroscopio, acelerómetro y brújula PhidgetSpatial 3/3/3
S4   3.0     1 x 3    Sensor de torque RS232
S5   0.5     0 x 1    Sensor de temperatura y Humedad DHT22/AM2301 (C96)
S6   50.0    0 x 38   Sensor de distancia DT020-1
S7   10.0    0 x 8    Sensor de presión DT015-1
S8   1.0     1 x 1    Sensor de inclinación SOLAR-360
S9   200     0 x 149  Giroscopio
=====
Seleccione un sensor [0-9]. Pulse 'X' para terminar la selección: X
S3 (Sensor giroscopio, acelerómetro y brújula PhidgetSpatial 3/3/3): 1 ocurrencia(s) distribuida(s) en 7 subtramas del formato
S4 (Sensor de torque RS232): 1 ocurrencias X 3 canales por ocurrencia en cada trama
S8 (Sensor de inclinación SOLAR-360): 1 ocurrencia(s) distribuida(s) en 2 subtramas del formato
S3-O1-M1-1/7   S4-O1-M1-1/1   S4-O1-M2-1/1   S4-O1-M3-1/1   S8-O1-M1-1/2   .....
S3-O1-M1-2/7   S4-O1-M4-1/1   S4-O1-M5-1/1   S4-O1-M6-1/1   S8-O1-M1-2/2   .....
S3-O1-M1-3/7   S4-O1-M7-1/1   S4-O1-M8-1/1   S4-O1-M9-1/1   S8-O1-M2-1/2   .....
S3-O1-M1-4/7   S4-O1-M10-1/1  S4-O1-M11-1/1  S4-O1-M12-1/1  S8-O1-M2-2/2   .....
S3-O1-M1-5/7   S4-O1-M13-1/1  S4-O1-M14-1/1  S4-O1-M15-1/1  S8-O1-M3-1/2   .....
S3-O1-M1-6/7   S4-O1-M16-1/1  S4-O1-M17-1/1  S4-O1-M18-1/1  S8-O1-M3-2/2   .....
S3-O1-M1-7/7   S4-O1-M19-1/1  S4-O1-M20-1/1  S4-O1-M21-1/1  .....

```

**Figura 4.** Simulación de una conformación de trama

Detallando los resultados de esta ejemplo nos podemos dar cuenta que el sensor S3 se submuestra, necesitando 7 tramas en total, el sensor S4 envía 3 muestras diferentes por trama, y el sensor S8 se submuestra, necesitando 2 tramas para enviar una muestra completa. Debido a que el sensor S3 necesita más tramas para enviar las muestras que el sensor S8, entonces el sensor S3 establece el número de tramas por formato, el sensor S4 enviara 3 muestras diferentes por tramas, debido a que son 7 tramas en total, entonces el sensor S4 enviará 21 muestras diferentes en el formato.

El diseño de la herramienta permite generar ambientes posibles de conformación de tramas y descartar sensores que no se acoplen al formato de la trama. Así mismo muestra una visión antes distintos escenarios de control de la capacidad de generar subtramas y visualizar teóricamente la posición de la información de cada uno de los elementos seleccionados con los parámetros asociados de medición.

La trama es la combinación de dos estándares desarrollados para ser usados en telemetría espacial y recoge las características fundamentales desarrolladas en la herramienta de simulación.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de telemetría satelital representan una herramienta muy importante para la medición de magnitudes físicas, así como evaluar los estados de los procesos de cada uno de los elementos que componen al satélite.

En este trabajo se muestra las características de una trama satelital para uso de sistemas de telemetría, determinando la arquitectura básica y funcionamiento, utilizando como referencia los estándares CCSDS e IRIG 10-04 en los que se configura el esquema de la trama, y la distribución de los sensores dentro de ella. Debido a la gran cantidad de canales que puede llegar a tener una

trama de telemetría (16384 bits), se estableció el mínimo de canales por trama, es decir (1784 bits), para realizar el prototipo o modelo de ésta.

Para el desarrollo del prototipo o modelo de la trama de telemetría se realizó un análisis de la frecuencia que utiliza la trama dependiendo de la cantidad de octetos establecidos y de las velocidades de muestreo a utilizar (2400 bps, 4800 bps y 9600bps) y en base a éste cálculo se seleccionaron los sensores que mejor se adaptan, dependiendo de su frecuencia de muestreo, para así calcular la cantidad de canales que va a ocupar cada sensor dentro de la trama, y de ser el caso que se submuestreen, entonces conocer la cantidad de trama necesarias dentro del formato, para que el envío de la información sea completa.

## REFERENCIAS

- [1] Sandía, A. (2017) Trabajo Especial de Grado: Evaluación y selección de sensores en sistemas de telemetría satelital. Universidad Central de Venezuela
- [2] Comité Consultivo para Sistemas de Datos Espaciales (CCSDS). (2003). “TM SPACE DATA LINK PROTOCOL CCSDS 131.0-B-1”. Washington, DC, USA.
- [3] Castañeda, B, De la Cruz, V (2015) Trabajo Especial de Grado: Diseño de una plataforma de comunicaciones de un satélite geostacionario de banda Ka para utilizar la técnica de reúso de frecuencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [4] Estructura de un satélite. (Enero 2017) <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/162/5/A5.pdf>.
- [5] Martínez R., Calvo M. (2008) Subsistema de TT&C. Universidad Politécnica del Madrid.