

## **SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE DATA PAQUETIZADA MSAT APLICADA A TELEMETRIA MÉDICA**

**(Specialized Services Data Applied to Packaged Msat Medical  
Telemetry)**

**Ricardo Álvarez García\***

SERCOMCA. Maracaibo. Venezuela.

Correo Electrónico: ricardo\_alvarez@sercomca.com.ve

**Frank Jorge Guanipa García\*\***

Atel Trading C.A. Maracaibo. Venezuela.

Correo Electrónico: gfrankg@hotmail.com

**RECIBIDO DICIEMBRE 2009 ACEPTADO MARZO 2010**

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se desarrolla un protocolo y estructura topológica para la utilización de los servicios especiales de data paquetizada del satélite MSAT específicamente Response Oriented Transaction Service (RTS) sobre X.25. Los autores en los que se fundamenta el presente artículo fueron Forouzan (2002), Núñez (2006), Roday (1995) y Rosado (1999). Esta solución integra la plataforma satelital MSAT con una entrega de datos a través de TCP/IP para servir y controlar datos seriales de telemetría médica satelital que serán consultados vía Internet. Para ello se hace uso de técnicas de encapsulamiento y la generación de un protocolo de intercambio de tramas (PIT) que permita minimizar costos en base a la transmisión optimizada de paquetes. Se demostró que la topología y protocolo planteados son compatibles con la tecnología MSAT apoyados en X.25.

**Palabras claves:** MSAT, Telemetría, PIT.

### **ABSTRACT**

In the present work it is specifically developed to a protocol and topológica structure for the use of the special services of packing data of satellite MSAT Response Oriented Transaction Service (RTS) on X.25. The authors on whom the present article is based were Forouzan (2002), Núñez (2006), Roday (1995) and Rosado (1999). This solution integrate satellite platform MSAT with a delivery of data through TCP/IP to serve and to control serial data of satellite telemetry medical that will be consulted through Internet. For it

use becomes of packeting techniques and the generation of a protocol of interchange of traze (PIT) that allows to diminish costs on the basis of the optimized transmission of packages. One demonstrated that the raised topology and protocol are compatible with technology MSAT supported in X.25.

**Key words:** MSAT, Telemetry, PIT.

## INTRODUCCIÓN

La medición continua de parámetros en los pacientes constituye una práctica común en el cuidado de los mismos por los Servicios de Urgencia. El objetivo de este monitoreo constante es detectar anomalías en la evolución de la enfermedad antes de que ellas puedan causar daños irreversibles en el organismo o la muerte.

Los principios y técnicas del monitoreo de los pacientes se aplican en las siguientes áreas de los Servicios de Urgencia:

- Las Unidades de Cuidados Intensivos.
- Las salas de emergencia.
- Los Quirófanos.

Lograr la comunicación de los equipos que participan en la vigilancia del paciente con una computadora remota representa mejorar considerablemente los servicios médicos, así como las condiciones de trabajo de los especialistas, al contar con medios técnicos más avanzados para desarrollar su labor.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, se presenta un sistema de monitorización remota de pacientes en los servicios de urgencia médica, basado en la utilización de tecnologías de computadoras, control y telecomunicaciones, y que soporta la ejecución de un conjunto de aplicaciones informáticas que permiten superar las limitaciones que se presentan en el servicio con la monitorización local.

## FUNCIONAMIENTO DE LA RED SATELITAL MSAT-1:

El satélite MSAT-1 es un satélite de tipo geoestacionario ubicado en la órbita a 36.000 Km sobre la tierra lanzado el 20 de abril de 1996 Roday (1995). Información complementaria MSAT-1:

- Frecuencia de subida del alimentador: 13.0GHz a 13.15GHz y 13.2GHz a 13.25GHz.
- Frecuencia de bajada del alimentador: 10.75GHz a 10.95GHz.
- Frecuencia de subida del usuario: 1.6315GHz a 1.6605GHz.

- Frecuencia de bajada del usuario: 1.53GHz a 1.559GHz.
- Taza de transmisión: 4.8kbit/s.

Según Núñez (2006) el MSAT-1 está ubicado sobre Canadá a 106.5°W teniendo un área de cobertura de toda Canadá y todo los EEUU, centro América y al norte de Brasil en Sur América, incluyendo las costas del océano Atlántico, Pacífico y el Mar Caribe y se incluye Hawái.

### Paquetes de datos sobre el satélite MSAT-1

Con la introducción del servicio de paquetes de datos sobre el satélite MSAT-1, el costo por mensaje ha llegado a ser muy económico. Por ejemplo, una actualización básica GPS puede costar menos de dos centavos de dólar, y un mensaje de texto de 50 caracteres por solo cinco centavos. Esto se debe al hecho de que hasta ahora la mayoría de las comunicaciones con satelitales geosincrónicas utilizaban un esquema de "circuito conmutado" (circuit switched), donde un enlace real era creado entre una estación terrestre hacia otra locación terrestre remota vía satélite.

La facturación, en la mayoría de los casos estaba basada en incrementos de tiempo de un minuto, aproximando hacia el siguiente minuto. Con el servicio de transmisión de paquete conmutado "packet switched", no se establecen caminos reales "extremo a extremo", Forouzan (2002). La información de datos es procesada y moldeada en paquetes que fluyen y se unen con paquetes que vienen y van desde y hacia otras terminales sobre el enlace satelital en una estructura mucho más eficiente. Muy similar a las comunicaciones en Internet. Ver gráfico 1.

Con el uso de paquetes como medio de transferencia de datos, los costos se basan en Bytes transmitidos, y no en minutos de incremento, resultando en una mayor reducción del precio.

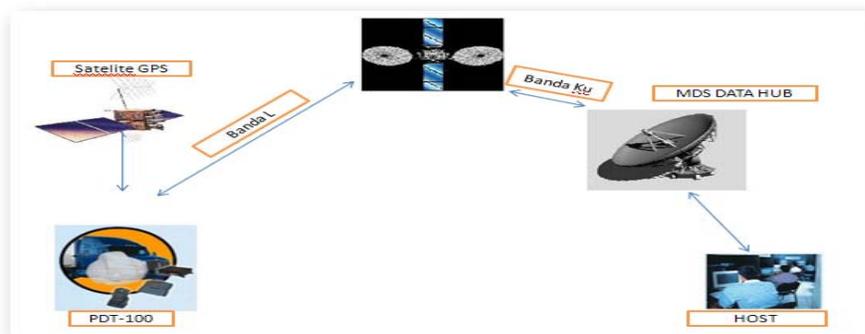


Gráfico 1. Red MSAT-1. Fuente: Propia.

Los RTS (Response Oriented Transaction Service) Servicio de Transacción Orientado a Respuesta / Mensajes bidireccionales, permite enviar mensajes de hasta 64 bytes ya sea entre PDT-100 o un computador. Los mensajes RTS pueden ser intercambiados entre un host y un PDT-100 en cualquier dirección (bidireccional), pero no entre dos PDT-100. Ver gráfico 2.

Se debe indicar que los RTS se montan en la pila X.25 en aplicaciones satelitales Forouzan (2002), la cual es compatible con el modelo OSI solo en las capas física, de enlace y de red, por lo cual, el protocolo X.25 debe ser encapsulado como por ejemplo con TCP/IP para poder acceder al host. Para este fin se ha desarrollado un componente que hace las veces de un socket TCP activo manejando el encapsulamiento y desencapsulamiento de los paquetes X.25 de los segmentos TCP/IP y a su vez los segmentos RTS de los segmentos TCP. Por tal razón se hace uso de un socket pasivo en un servidor asociado a la estación terrena.



Gráfico 2. Transferencia entre un PDT-100 y un Host. Fuente: Sky Terra Communications.

Sistema TCP/IP para el monitoreo remoto de DTM (Dispositivos de Telemetría Médica) mediante la utilización de terminales de datos satelitales RTS.

## TOPOLOGÍA DE LA APLICACIÓN

Se definió en primer lugar los componentes que conforman la aplicación (Ver gráfico 3):

1. Dispositivos de Telemetría Médica (DTM): es un dispositivo cuya función es la de recolectar las lecturas médicas de los pacientes sometidos a diagnósticos, los cuales cuentan con interfaces de

comunicación RS232, RS485 o RS422 el cual transmite en protocolos seriales.

2. CDTM: el concentrador de Dispositivos de Telemetría Medica es el dispositivo encargado de recolectar la data de los DTM. El mismo posee generalmente un puerto serial RS232 y RS485 a través del cual transmite bajo un protocolo serial.
3. MSAT1: es la tecnología satelital seleccionada como medio de transmisión de datos.
4. Data HUB: es la estación terrena y Gateway entre el RTS/X.25 satelital del MSAT1 y los enlaces TCP/IP, ya sean públicos como la Internet o enlaces dedicados. En el Data Hub se encuentra el servidor MDS (Mobile Data Service) que permite RTS y UDS.
5. Aplicación WEB: será la interfaz web por medio de la cual los usuarios realizaran las siguientes actividades:
  - a. Realiza cálculos de otras variables fisiológicas a partir de las medidas directamente en los pacientes por los equipos de monitorización.
  - b. Presenta gráficos de tendencia de las diferentes variables fisiológicas medidas y calculadas.
  - c. Proporciona, de forma automática, el acceso a información sobre el paciente, generada fuera del Servicio.
  - d. Ayuda al personal médico en la toma de decisiones sobre los procedimientos y terapéutica adecuadas para el paciente.
  - e. Facilita la generación, actualización y mantenimiento del registro de enfermería.
  - f. Mantiene actualizada la historia clínica de UCI del paciente.
  - g. Facilita la elaboración de diferentes tipos de informes.
  - h. Posibilita la gestión administrativa de los recursos del Servicio. Además, analiza los resultados de los cuidados desarrollados en términos de efectividad clínica y costo de dicha efectividad.
  - i. No interfiere, en ningún sentido, con el funcionamiento habitual de los equipos conectados al paciente.
  - j. Cualquier fallo, tanto en el sistema de comunicación como en el sistema informático, no afecta a los equipos de monitorización del paciente, ni limita la capacidad del Servicio.
  - k. Alto grado de confidencialidad: pues sólo el personal autorizado tiene acceso a la información.
  - l. Cuenta con autenticación de los datos, pues identifica quién ha introducido datos manuales.
6. El servidor de aplicación (SA): es el host donde se presta el servicio de adquisición de datos del sistema, además del servicio de base de datos relacional y servicios de publicación WEB.

El DTM se encarga de recabar las lecturas médicas de los diferentes equipos tales como Holters, tensiómetros, glucómetros, monitores de signos vitales entre otros dispositivos que cuenten con las interfaces seriales antes mencionados.

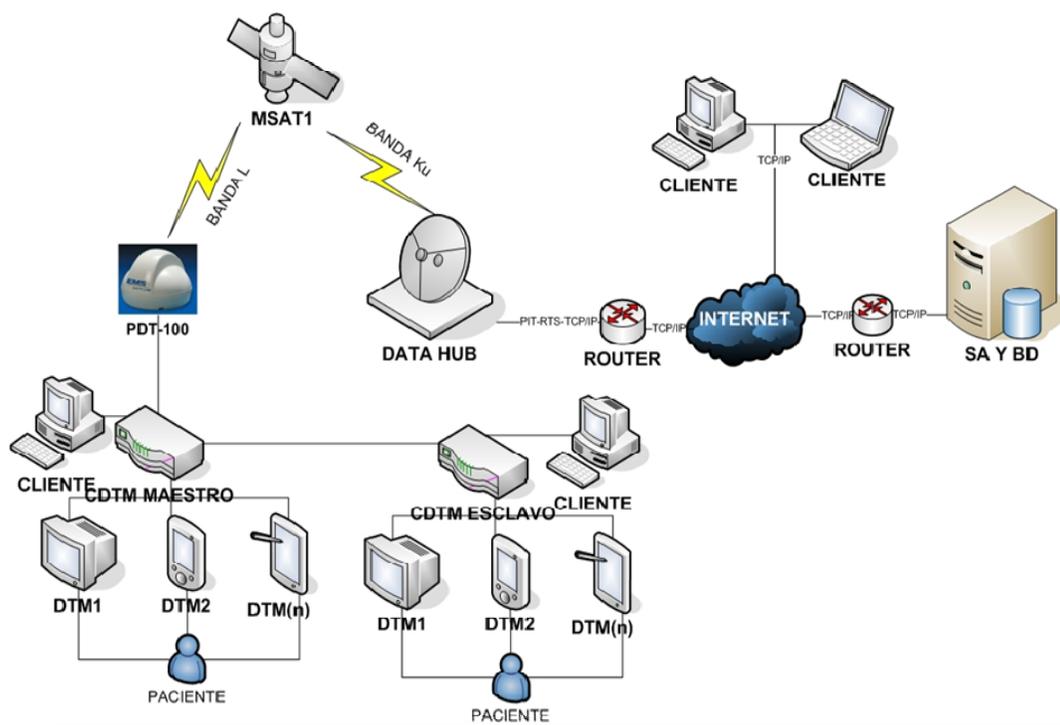


Gráfico 3. Topología del Sistema. Fuente: Propia.

El CDTM no transmite por la red MSAT toda la información recabada hasta el servidor, por el contrario CDTM solo transmite en periodos programables los reportes específicos (ver tabla 1) según el criterio médico tomando en cuenta la razón de estos criterio para minimizar la utilización de la red MSAT, evitar el desgaste excesivo de los equipos involucrados, a su vez se reduce el consumo de energía que en localidades remotas es importante se tome en cuenta. Con todo esto logramos que solo se transmita la información necesaria con lo cual se minimiza el costo por paquete transmitido optimizando así la transmisión.

En otro orden de ideas, los reportes programados se pueden configurar por grupos. En el CDTM se pueden crear hasta 32 grupos en los que se pueden asignar 24 direcciones de DMT o lo que es lo mismos 24 variables medicas. En la concepción del CDTM se deberá considerar que el mismo se podrá conectar a un pc consola para su programación y poder así establecer el chateo. Adicionalmente el CDTM deberá poseer un puerto RS232 para la

conexión al PDT-100 que permitirá la transmisión de los paquetes al satélite utilizando una librería codificada para el estándar de comandos AT bajo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) GSM 07.07.

Para poder llevar los datos del CDTM hacia el servidor de aplicación se hace necesario de la implementación de un protocolo, el cual recibirá el nombre de Protocolo de Intercambio de Tramas (PIT) el cual será encapsulado en los segmentos RTS que más adelante será explicado.

El servidor de aplicación posee un cliente TCP que se conecta contra un servidor ubicado en el Data Hub. Siendo por este medio que es transmitido el PIT encapsulado en segmentos RTS que van dentro de paquetes X.25 que a su vez será encapsulado en paquetes IP que contienen segmentos TCP. El servidor de aplicación deposita los datos adquiridos en una base de datos relacional (RDBMS) mediante sentencias Structured Query Language (SQL). Ver gráfico 4.

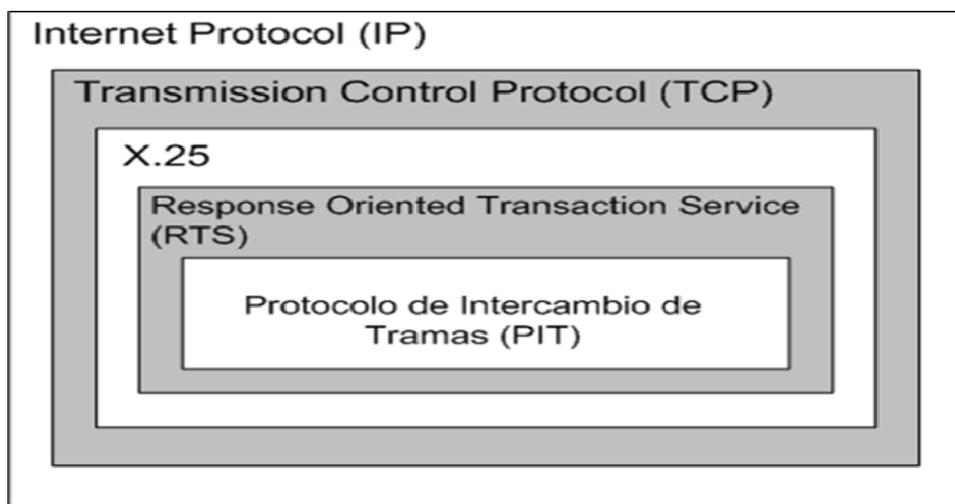


Gráfico 4. Proceso de encapsulamiento del protocolo PIT entre el data hub y el servidor de aplicaciones. Fuente: Propia.

### **PROCOLO DE INTERCAMBIO DE TRAMA (PIT)**

Este protocolo permite la comunicación entre el CDTM y el servidor de aplicaciones. PIT toma el valor del registro capturado desde el CDTM, y lo introduce en un paquete X.25 con su respectivo direccionamiento X.121. Mediante el PIT se pueden enviar comando al CDTM desde el servidor de aplicaciones, ya sea chateo o consola remota. La trama del PIT del CDTM al

servidor de aplicaciones se estableció para respetar segmentos de 64 bytes RTS.

Las subtramas PIT se justifican ya que sería un desperdicio el envío de un segmento RTS sin aprovechar los 64 bytes del mismo, por lo cual, sería más eficiente el envío de varias subtramas PIT que completen los 64 bytes para poder ser encapsulada en el segmento RTS y en el caso de no llenar los 64 bytes se completaría la diferencia con ceros (0). Es importante mencionar que X.25 no hace segmentación ni reagrupamiento de paquetes por lo cual es importante respetar su máxima unidad de transferencia (MTU) para no caer en desarrollos de algoritmos engorrosos de este tipo a nivel de aplicación. Ver gráfico 5.

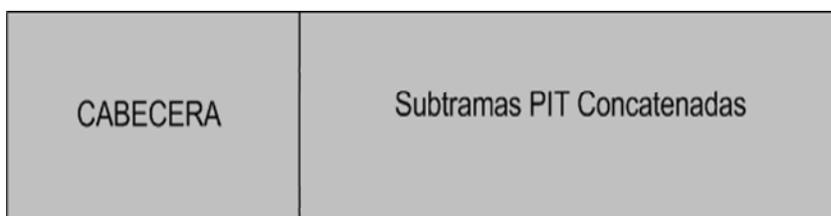


Gráfico 5. Trama PIT. Fuente: Propia

El formato de las tramas de reportes o subtramas PIT es el siguiente (Ver gráfico 6):

- Cabecera: está compuesta por 5 bits que indica la cantidad de subtramas PIT hasta un tope de 31 dejando 11 bits de reserva para futuros usos.
- Subtrama PIT: está compuesta por un máximo de 31 Trama de lectura de Datos. Es decir, que las tramas de datos concatenadas entre sí formarían la Subtrama PIT.



Gráfico 6. SubTrama PIT. Fuente: Propia.

Los bytes de la trama que aparece en la gráfico 7 tienen las funciones siguientes:

- Bit de concatenación de Tramas (BC): bit de concatenación de tramas
  - 0= Última subtrama.
  - 1= que no es la última subtrama.
- Dirección de CDTM (DCDTM): dirección del CDTM que puede crecer desde 1 hasta 32 para lo cual se utilizarán 5 bits.
- Identificación de DTM (IDDTM): Identificación del DTM, para lo cual se utilizó 3 bits para un máximo de 8 DTM por CDTM.
- Valor Medido (VM): se le asignaron 4 bits para direccionar los DTM.
- Tipo de Reporte (TR): campo multipropósito para transmisión de datos, tipos de reportes y chateo para lo cual se le asignó 3 bits.

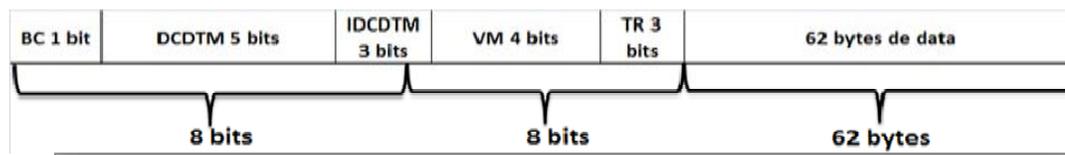


Gráfico 7. Estructura de bits de la Trama de lectura de Datos. Fuente: Propia

## COMUNICACIÓN CHAT

Desde la consola del CDTM se genera una solicitud de un query al SA que permitirá saber el listado de los Médicos por especialidad que se encuentran en línea previo su login en el sistema. El SA responde con el listado del cual se deberá seleccionar al especialista y así establecer la conexión del chat. Para ello al seleccionar al médico este deberá enviar una respuesta aceptando el chat incluyendo su ID. Para este intercambio de datos se utilizará la misma trama indicando en el campo TR el valor 110. Ver tabla 1.

Los diferentes propósitos del campo TR, el cual inicialmente servirá para establecer valores máximos y mínimos que servirán de alarmas según el criterio médico, sus códigos están establecidos como se muestran a continuación en la tabla 1. Adicionalmente se establecieron códigos de RC, Chateo y reserva.

**Tabla 1. Valores del campo TR**

Codigo	Tipo de Reporte	Proposito
000	TRANSMICION CONTINUA (TC)	VALORES MAXIMOS Y MINIMOS QUE SERVIRAN DE ALARMAS SEGUN EL CRITERIO MÉDICO
001	BANDA MUERTA HIGH (BMH)	
010	BANDA MUERTA HIGH-HIGH (BMHH)	
011	BANDA MUERTA LOW (BML)	
100	BANDA MUERTA LOW-LOW (BMLL)	
101	CHAT	ESTABLECER SESIONES DE CHAT
110	DATA	ESTABLECER SESIONES DE DATA
111	TIPO DE REPORTE	MODO REPORTE

Fuente: Propia.

## TELEMETRÍA MÉDICA

Ya el autor Rosado (2001) esboza la utilidad del satélite en aplicaciones para la medicina, donde pone de manifiesto la utilidad de los satélites en este campo, aprovechando el beneficio de cobertura, mostrando aplicaciones que consisten en una red diseñada para que instalaciones medicas aisladas consulten a especialistas de centros médico en comunicación por voz, transmitiéndole también si es necesario radiografías o imágenes en vivo.

Según los autores: Dosal (2002) en su Investigación "Implementación de los formatos de telemetría científica de Gaia-3 en el TM CODEC" definen a la telemetría como la medición o registro de procesos y eventos a distancia. La telemetría como se conoce actualmente fue desarrollada en 1915 a mediados de la primera guerra mundial por el alemán Khris Osterhein y el italiano Franchesco Di Buonanno para medir a qué distancia se encontraban los objetivos de la artillería, esta tecnología permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

Aplicado esto en el campo de la medicina se define entonces que la telemetría medica consiste en la medición remota de magnitudes físicas referentes a la funciones del cuerpo humano para su posterior análisis y evaluación realizada por un operador remoto.

Para el presente estudio se diseño como interfaz entre el ambiente de los Dispositivos de Telemetría Médica (DTM) y el ambiente satelital, denominado Concentrador de Dispositivos de Telemetría Medica (CDTM) cuya función es recibir las conexiones seriales RS485 según estándar establecido por el Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE-1073 (Medical

Information Bus – MIB), estándar para la Comunicación de Equipos Médicos, de los DTM. Las funciones del CDTM se enumeran a continuación:

- A este controlador de comunicación se conectan los equipos de monitorización en la cabecera del paciente DTM.
- Permite la adquisición automática de datos fisiológicos, desde los equipos de monitorización y soporte vital del paciente.
- Es el encargado de transmitir la data al PDT-100.
- Cuenta con 4 conectores del tipo DB9 para la conexión de los equipos médicos.
- Reconoce automáticamente el equipo médico conectado por el DB9, siempre y cuando el mismo esté instalado previamente en el Sistema y se haya programado su código y comando de identificación en dicho CDTM.
- Cuenta además con un led con las siguientes funciones:
  - Apagado: no hay equipo conectado.
  - Encendido: equipo conectado.
  - Parpadeando: transmisión de data.
- Cuenta con un botón de desconexión automática.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Compartiendo los criterios planteados en el artículo de Nuñez (2006) y demás autores citados, podemos decir que el diseño propuesto de un protocolo y topología de red que permita implementar un sistema de Telemetría Médica mediante el uso de servicios especiales de data paquetizada del satélite MSAT, crea una solución en el ámbito médico, la cual proporciona la alternativa de enviar la información de los equipos médicos ubicados en un hospital remoto, a un centro de diagnósticos especializado donde se realizará la evaluación de los pacientes.

Adicionalmente la información será registrada en una base de datos con acceso vía internet, lo que facilita que pueda ser consultada desde cualquier lugar e inclusive a nivel mundial, ampliando la posibilidad de generar diagnósticos por médicos más especializados, que solo se encuentran en lugares específicos geográficamente. El acceso a la base de datos tendrá la seguridad y controles necesarios, que solo permitirá las consultas a personas autorizadas y al administrador de la red.

El sistema está diseñado bajo el principio de optimizar el uso del medio de transmisión, en este caso la tecnología Satelital paquetizada MSAT, mediante un dispositivo Concentrador de Dispositivos Médicos que analiza los paquetes de datos y envía solo la información necesaria, de esta manera

se minimiza el uso del Satélite reduciendo finalmente el costo económico que genera la transmisión.

El protocolo de transmisión de datos diseñado para interactuar entre los diferentes DTM y el Concentrador de Dispositivos Médicos nos permitirá interactúa con el PDT100 para poder enviar la data encapsulada en X.25 hasta el Data Hub para luego registrarse en la base de datos mediante Internet utilizando TCP/IP, complementa finalmente en forma real y efectiva el sistema de Telemetría Medica Satelital planteado logrando el alcance del presente trabajo.

En vista de que la plataforma MSAT ha sobrepasado su vida útil estimada, sería importante implementar la telemetría médica satelital bajo otras plataformas emergentes que permitan la transmisión de mayor volumen de datos minimizando los costos como es el caso de la tecnología VSAT. En función de la recomendación anterior sería de interés público y social la utilización del Satélite Simón Bolívar VENESAT1 como infraestructura que cobije este tipo de iniciativas.

La futuras alternativa deben acoger las directrices que se encuentran en el estándar **IEEE 1073 (Medical Information Bus – MIB)**, estándar para la Comunicación de Equipos Médicos, que define la comunicación de datos entre los equipos médicos en la cabecera del paciente y la computadora destinada a su cuidado en el hospital.

## **ENLACE A VIDEO DE MUESTRA DE LA RED SATELITAL EXPUESTA**

[http://revistav.uvm.edu.ve/videos/video\\_sat.wmv](http://revistav.uvm.edu.ve/videos/video_sat.wmv)

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Forouzan B. (2002). Transmision de Datos y Redes de Comunicaciones, Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill, pp. 487-500
- Nuñez, S (2006). Control y seguimientos de activos remotos modbus mediante servicios especiales MSAT. Revista Telos, Vol.8 N.2-A, pp. 216-255.
- Roday D. (1995). Satellite Technology, pp. 399-438
- Rosado C. (1999). Comunicacion por Satelite. Principios, Tecnologia y Sistemas. Editorial Limusa.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Dosal, B y Garcia, E (2002) Implementación de los formatos de telemetría científica de Gaia-3 en el TM CODEC. Obtenido el 4 de noviembre de 2009.

<http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=38559521>

CIENYTEC (2009) Espectrofotómetros para biotecnología (DNA y proteínas) Obtenido el 3 de noviembre de 2009.  
[http://www.cienytec.com/PDFS/Espec\\_BioMate\\_cat\\_esp.pdf](http://www.cienytec.com/PDFS/Espec_BioMate_cat_esp.pdf)

PATENTS (2009) Telemetría médica implantada del dispositivo usando la filtración acústica integrada del resonador del bulbo de la película fina. Obtenido el 3 de noviembre de 2009.

<http://es.patents.com/Implanted-medical-device-telemetry-using-integrated-thin-film-bulk-acoustic-resonator-filtering/US20020045920/es-US/>

SKYTERRA (2009) PDT-100. Obtenido 27 de octubre de 2009.  
[www.skyterra.com/](http://www.skyterra.com/)