

Sistema de biotelemedicina para ambulancias (Fase 2)

Dagoberto Sanjuan Santos*, Jorge Luis Castro Pájaro**,
Billy Manotas Char***

Resumen

A mediados del año 2000 se inició una investigación titulada Sistema de biotelemedicina para ambulancias (Fase 2), la cual busca mejorar las condiciones de traslado del paciente en una ambulancia brindando una herramienta que permita ampliar el apoyo profesional que requiere un paciente para su atención a través de la integración del personal de urgencias en el hospital y los paramédicos encargados de atender directamente la emergencia. Todo esto conduce a un aumento de las esperanzas de supervivencia del paciente en el traslado y de las posibilidades de recuperación en el hospital, dada la atención y preparación oportuna.

Esta investigación es la segunda etapa de unos desarrollos previos implementados por dos estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana como requisito para obtener el título de ingeniero electrónico en la ciudad de Santa Fe de Bogotá en el año 1999. En esta segunda fase se diseñaron unos avances tecnológicos que mejoran la forma de transmitir los datos adquiridos en la ambulancia y que son enviados hacia el hospital, aumentan la cantidad de información disponible para el diagnóstico y brindan más herramientas para el análisis de lo ocurrido durante el viaje. En este artículo se describen los antecedentes, objetivos y resultados de la investigación.

Palabras clave: Adquisición de datos, transmisión, protocolo, Dirección IP, paciente, biotelemedicina, derivaciones electrocardiográficas, presión arterial, frecuencia cardiaca, panel frontal.

Abstract

In the second semester of year 2000, an investigation titled Biotelemetry System for Ambulances (Part 2) was started. The objective of this research is improve the moving conditions of a patient to the hospital, giving tools that allow a better professional support since this system integrate to the emergency room personal at the hospital and the paramedics in the ambulance. The later increase the patient hopes to survive during the moving and the possibilities of recover the health at the hospital, since the patient receive the medical attention in a timely way. Two students of Pontificia Universidad Javeriana, in Santa Fé de Bogota D.C, developed a previous investigation, which result was a basic biotelemetry prototype. In the second part a more advanced system was created, improving the transmission of patient's physiological signals to the hospital, the amount of the diagnostic information and giving more tools for the analysis of the moving. In this article are described the antecedents, objectives and results of the investigation.

Key words: Data acquisition, transmission, protocol, IP address, patient, biotelemetry, electrocardiography derivation, blood pressure, cardiac frequency, front panel.

Fecha de recepción: 28 de febrero del 2002

* Ingeniero Electrónico, Universidad del Norte.

** Ingeniero Electrónico, Universidad del Norte.

*** Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, y en general en América Latina, el servicio de ambulancias ofrece, en la mayor parte de los casos, únicamente el servicio de transporte y primeros auxilios, por lo tanto la atención médica profesional empieza cuando la ambulancia llega al hospital. Esta situación desperdicia en gran medida las oportunidades de supervivencia del paciente.

Específicamente, los servicios de ambulancias se clasifican en tres grupos:

- *Clase A*: Son simples vehículos de transporte. Estos pueden usarse para remitir a un paciente que no reviste ninguna gravedad desde un centro de salud a otro.
- *Clase B*: Son ambulancias con equipo para manejo de pequeñas crisis. Cuentan con instrumental médico básico y con algunos insumos. Se utilizan para atender situaciones de urgencias.
- *Clase C*: Son pequeños quirófanos ambulantes en los cuales se encuentra presente un médico. Se utilizan para casos de cuidados intensivos en el traslado de pacientes de un hospital a otro.

A pesar de esta amplia gama de servicios, ninguno de ellos involucra activamente al personal del hospital en la atención de los pacientes trasladados. Incluso en la clase C resulta insuficiente la presencia de un médico en algunos casos.

El **Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias** brinda la conexión entre el campo de análisis y diagnóstico presente en el hospital, las señales fisiológicas del paciente y el personal de atención en la ambulancia. Ofrece las señales de monitorización necesarias para el diagnóstico de más del 95% de los casos críticos presentes en los traslados.

Esta investigación dio como resultado el prototipo de un sistema de monitorización y biotelemedicina para ambulancias que consiste en un equipo médico que visualiza las derivaciones electrocardiográficas, D1, D2, D3, V1 y V6, la frecuencia cardíaca, las presiones arteriales sistólica, diastólica y media, y los datos básicos del paciente transportado en la ambulancia y las transmite por un canal celular hacia el hospital donde va a ser atendido. Allí se encuentra el equipo receptor que despliega la información proveniente de la ambulancia. Adicionalmente, el sistema cuenta con un módulo de almacenamiento y reproducción de las señales para análisis posteriores a la monitorización.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Para llegar al sistema propuesto se desarrollaron tres módulos: la unidad transmisora, localizada en la ambulancia, el módulo de recepción, localizado en el hospital, y la unidad de reproducción, sin ubicación ni tiempo definido de uso.

La *unidad transmisora* se encarga de la conformación de las derivaciones electrocardiográficas, el control del módulo de presión arterial, la recolección de estas señales, su visualización, almacenamiento y transmisión al centro hospitalario. Así mismo, determina y visualiza la frecuencia cardiaca y los datos básicos del paciente.

La *unidad receptora* se encarga únicamente de recibir los datos transmitidos por el módulo transmisor, realiza el tratamiento que éstos ameriten y los visualiza. Así mismo, el receptor dispone de la función de impresión de las señales electrocardiográficas en papel calibrado.

Por otro lado, el *módulo de reproducción* se encarga de reproducir lo ocurrido en el viaje de la ambulancia, dando al doctor herramientas para el análisis, como una reproducción lenta, selectiva e interactiva. El reproductor dispone también de la función de impresión para cuando el médico desee un soporte escrito de las señales reproducidas. En este punto es claro el flujo de datos en la aplicación, así como la interacción armoniosa entre los módulos en que se ha dividido esta investigación. En la figura 2.1 se muestra esta relación.

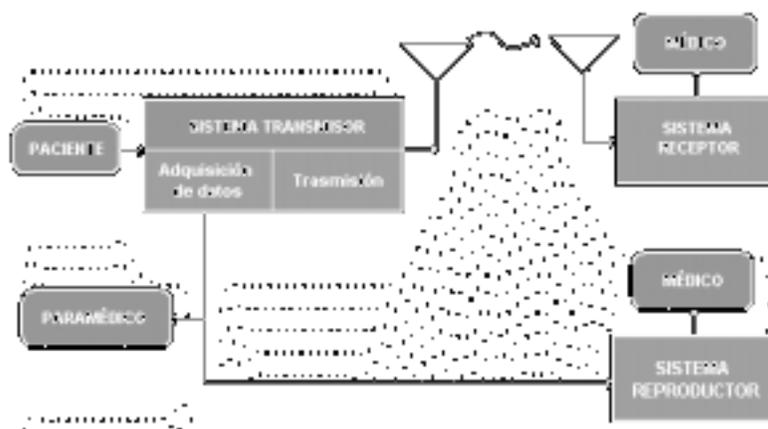


Figura 2.1. Relación entre las secciones que conforman el Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias

Fuente: *Diseño e implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2)*, p. 81.

En la gráfica se aprecia que el sistema transmisor entrega datos tanto al paramédico como a los sistemas receptor y reproductor. Estos últimos reciben los datos y los procesan de modo que puedan ser analizados por el personal médico.

3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SISTEMA

A continuación se realiza la descripción detallada de cada módulo del sistema y el flujo de datos interno entre sus partes, iniciando por el sistema transmisor.

3.1. SISTEMA TRANSMISOR

El sistema transmisor realiza siete funciones: conformación de las derivaciones electrocardiográficas, control del módulo de presión arterial, digitalización de las señales análogas, determinación de la frecuencia cardiaca, visualización, compresión y codificación, almacenamiento y transmisión de esta información (estas últimas cuatro funciones hacen parte del *software TRANSMISOR.vi*). La figura 3.1 muestra la interacción de los diferentes submódulos del sistema transmisor.

3.1.1. Conformación de las derivaciones electrocardiográficas

La primera función es la conformación de las derivaciones electrocardiográficas llevada a cabo por la *tarjeta de procesamiento de las señales electrocardiográficas* diseñada durante esta investigación. Esta toma las señales eléctricas generadas por el corazón a través de 6 electrodos ubicados en el cuerpo del paciente, tal como se muestra en la figura 3.2.

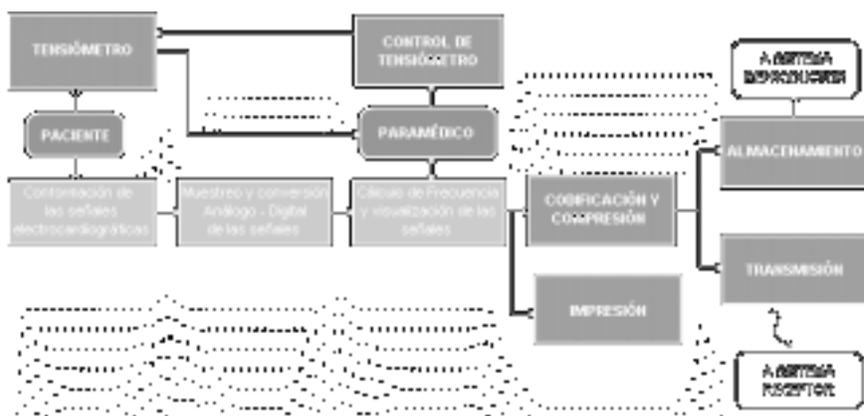


Figura 3.1. Relación entre las secciones en que se ha dividido el sistema transmisor

Fuente: *Diseño e implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2)*, p. 84.

En esta aplicación, los electrodos deben estar ubicados sobre el tórax para minimizar la influencia del movimiento del paciente en la ambulancia sobre el trazado de las derivaciones.

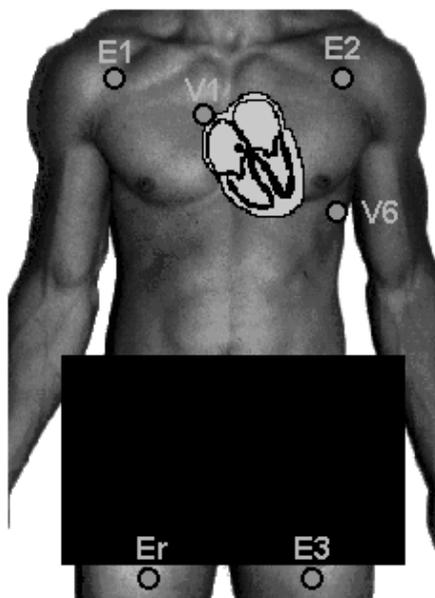


Figura 3.2. Posición de los electrodos

Fuente: http://endeavor.med.nyu.edu/courses/physiology/courseware/ekg_pt1/EKGstdleads.html (Modificación propia)

En general, la tarjeta para la conformación de las derivaciones electrocardiográficas DI, DII, V1 y V6 se compone de cinco etapas:

- *Etapa de aislamiento:* Esta etapa aísla eléctricamente al paciente de cualquier corriente de retorno generada por el circuito de la tarjeta y genera suficiente amplificación para incrementar los valores de potencial de las señales electrocardiográficas a rango de voltajes adecuados para ser procesados por los dispositivos electrónicos.
- *Etapa de instrumentación:* Se encarga de hacer la suma algebraica de las señales electrocardiográficas para generar las derivaciones DI, DII, V1 y V6, por medio de la implementación de las operaciones mostradas en la tabla 3.1. Además introduce un porcentaje de ganancia a las señales provenientes de la etapa de aislamiento.

Tabla 3.1

Relación entre la ubicación de los electrodos y las derivaciones electrocardiográficas

DERIVACIÓN ELECTROCARDIOGRÁFICA	DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS
DI	E2-E1
DII	E3-E1
DIII	E3-E2
AV _R	E1-0,5 (E2+E3)
AV _L	E1-0,5 (E3+E1)
AV _F	E1-0,5 (E2+E1)
V _n	VN – (E2+E1+E3)/3

Fuente: *Diseño e implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2)*, p. 105.

- *Etapa Filtro Notch (60 Hz):* Estos filtros atenúan considerablemente el ruido de línea de alimentación (en este caso 60 Hz).
- *Etapa Filtro pasa bajo (90 Hz):* Esta etapa atenúa las señales mayores a 90 Hz, ya que la mayoría de las componentes en frecuencia de las señales electrocardiográficas se encuentran dentro del rango de 2 hasta 90 Hz aproximadamente.
- *Etapa amplificadora-inversora:* Esta última etapa se encarga de invertir y proporcionar ganancia a las señales para ser incorporadas a la tarjeta de adquisición de datos.

3.1.2. Control del módulo de presión arterial

El módulo de presión arterial está conformado por un tensiómetro digital comercial y una tarjeta controladora basada en el microprocesador *PIC 16F84* diseñada para esta aplicación. La función de esta tarjeta es enviar un pulso cíclico de activación cada 6 minutos al tensiómetro y permitir que el paramédico, dependiendo de las circunstancias, active a través del *interruptor manual* el módulo de presión arterial. Una vez el *PIC* ha dado la orden de activación, el módulo de presión arterial se activa para hallar este parámetro en el paciente.

Cuando éste termina de hallar los valores de presión arterial, el paramédico debe leer los datos correspondientes a la presión sistólica y diastólica e ingresarlos a la aplicación *TRANSMISOR_v1*.

3.1.3. Digitalización de las señales electrocardiográficas

Una vez la *tarjeta de procesamiento de las señales electrocardiográficas* ha conformado las derivaciones electrocardiográficas, las entrega a la tarjeta de adquisición de datos 5508LC-3, fabricada por ADAC (*American data Acquisition Corporation*). Esta toma las señales análogas en sus entradas, las muestrea a 180Hz (*Criterio de Nyquist*) y realiza la conversión a señales digitales con una resolución de 12 bits. Estos valores son leídos por el *software TRANSMISOR.vi*.

Las funciones que se describen a continuación: visualización, codificación, compresión, transmisión y almacenamiento (al igual que la impresión), se llevan a cabo a través del *software* diseñado en esta investigación, *TRANSMISOR.vi*, escrito en el lenguaje *LabView 5.1*. Se aprovecharon las características de multiproceso de este lenguaje, ya que como se puede apreciar en la figura 3.1, se realizan tres tareas simultáneamente: el almacenamiento, la transmisión y la impresión.

3.1.4. Frecuencia Cardíaca

La *frecuencia cardíaca* se determina a partir de los intervalos de tiempo entre los picos de los *complejos QRS* de las derivaciones electrocardiográficas VI y V6 del paciente.

3.1.5. Visualización, Compresión y Codificación

El entorno visual de las señales fisiológicas mostrado en esta aplicación es similar al mostrado en los equipos electrocardiográficos convencionales. Este proceso se llevó a cabo por medio de las herramientas gráficas que ofrece el programa *LabView*.

Debido a los requerimientos de ancho de banda que puede tener un sistema como el planteado, se hace necesario desarrollar mecanismos para disminuir la cantidad de datos enviados, conservando la misma cantidad de información efectiva. Se tomaron dos vías para esto: reducir la cantidad de bits utilizados para codificar las señales electrocardiográficas y comprimir los datos transmitidos. La primera tiene que ver con el proceso de codificación, reduciendo los doce bits entregados por la tarjeta a sólo ocho (un byte o carácter ASCII). El segundo proceso es una compresión basada en el algoritmo de punto de inflexión o *Turning Point*.

3.1.6. Transmisión

Antes de la transmisión, los datos son empaquetados en una forma ordenada que permite al receptor ubicar cada carácter de acuerdo con su significado específico y recuperarse ante errores de pérdida de sincronización. Para esto, cada trama de datos posee caracteres de encabezado y fin.

En este punto es conveniente explorar el proceso de comunicaciones, el cual se ejecuta sólo cuando el usuario lo desea. El sistema desarrollado debe establecer una conexión entre él y el receptor. Primero debe negociar con un servidor de acceso remoto para que éste le permita ingresar a la misma red en que se encuentra el receptor. Para esta etapa de negociación, la aplicación desarrollada llama al *software* especializado de *WindowsÆ*, *Acceso Telefónico a Redes*, para que éste gestione la conexión entre el transmisor y el servidor de acceso remoto. Esto funciona igual a como funciona una conexión ordinaria a Internet.

Luego de terminar la negociación entre el transmisor y el servidor de acceso remoto y de conseguir una conexión con el servidor y encontrarse virtualmente en la misma red del receptor, el transmisor inicia la negociación para conectarse con el receptor propiamente dicho. En caso de no llegar a establecerse una conexión, el sistema reporta el error al usuario y le da sugerencias para corregirlo. En caso de que se pueda establecer la conexión se inicia el intercambio de datos utilizando el protocolo TCP/IP, comenzando por la transmisión de los datos básicos del paciente (nombre, edad y sexo) y siguiendo por los datos recopilados durante la ejecución normal del *software* (DI, DII, V1, V6, la frecuencia cardíaca y la presión arterial).

3.1.7. Almacenamiento

La siguiente función que realiza el sistema es el almacenamiento de los datos recopilados durante el recorrido. Esta función es de singular importancia, ya que permite que quede un respaldo de lo ocurrido durante el viaje, que puede servir para fines de estudio, historial médico y como prueba legal. Para el almacenamiento, el sistema crea unos archivos donde guarda ordenadamente el nombre, la edad y el sexo del paciente, la hora de arranque y parada de la adquisición de datos y las señales electrocardiográficas codificadas y comprimidas. Además de las señales electrocardiográficas se almacenan la frecuencia calculada y las presiones sistólica y diastólica.

Además de las funciones explicadas, el sistema transmisor dispone de una función opcional: la impresión. Esta función no tiene mucha importancia en un ambiente como la ambulancia donde se dificulta disponer de una impresora. Sin embargo, no necesariamente este sistema debe estar instalado en una ambulancia. En cualquier lugar donde exista un paciente cuyo estado requiera del concepto de personal médico que se encuentre distante se puede instalar el sistema transmisor.

En la figura 3.3 se observa el panel frontal del módulo transmisor:

La primera tarea, y tal vez la más crítica, es el establecimiento de la comunicación. Este procedimiento consta de dos partes: primero el transmisor solicita acceso a la red donde están conectados todos los receptores válidos. En caso de lograr la conexión, solicita al receptor de su elección el establecimiento de conexión. Para esto se ayuda de la dirección IP del receptor y del número del puerto donde escuchan todos los receptores: el *TSAP 7000*. Una vez el receptor escucha que alguien solicita conexión al *TSAP 7000* verifica si la aplicación solicitante es un transmisor habilitado. Esto lo realiza utilizando tablas de identificación. Si el transmisor está habilitado, entonces se inicia la comunicación; en caso contrario se rechaza la conexión.

Cuando se logra establecer una conexión, el receptor espera que se inicie el flujo de datos, conector de que la primera trama que arribe debe contener el nombre, la edad y el sexo. Ya que la trama inicial tiene encabezado y fin diferente a una trama ordinaria, el receptor la reconoce y trata la información como los datos iniciales del paciente. De no recibir la trama inicial en 10 segundos, el receptor cierra la conexión automáticamente. Suponiendo que la trama llega a tiempo, se inicia la espera de las tramas de información. El receptor espera tramas de 550 caracteres, que cuando llegan son divididas en unidades de información de 50 caracteres.

El envío de información se maneja en la forma explicada para aprovechar al máximo los recursos de red. En caso de transmitir tramas de 50 caracteres de largo, gran parte del ancho de banda del enlace se desperdicia en la transmisión de los encabezados de los protocolos TCP/IP y de control de acceso al medio. Para disminuir la relación entre longitud de los encabezados y longitud de la carga útil de la trama se aumenta el tamaño de la trama de datos enviada.

Como se explicó, las tramas de 550 caracteres son divididas en unidades de datos de 50 caracteres, y estas unidades son divididas, a su vez, en grupos de caracteres según su significado (se separan los caracteres de *DI*, los de *DII*, *V1*, *V6*, el de la frecuencia cardiaca y los dos caracteres de presión sanguínea).

Los caracteres de frecuencia y presión son decodificados y visualizados, mientras que los correspondientes a las derivaciones son decodificados, descomprimidos y visualizados.

El receptor puede en cualquier momento solicitar el fin de la comunicación, y así cerrar la conexión establecida. El transmisor detecta la situación y también cierra la conexión. El sistema receptor reinicia entonces la espera por otra solicitud de conexión.

Durante todo el proceso de recepción, los datos recibidos son almacenados en un *buffer* llamado *buffer de impresión*, con capacidad para almacenar 15 segundos de señal. Las muestras con mayor permanencia a 15 segundos son descartadas y en su reemplazo se guardan las muestras recién recibidas. Tan pronto como el médico da la orden de impresión, el *buffer* es enviado hacia la impresora configurada y los últimos 15 segundos de señal aparecen impresos sobre papel con una cuadrícula calibrada.

El sistema receptor está formado por el *software RECEPTORR.vi*, cuya interfaz de usuario se muestra en la figura 3.5:

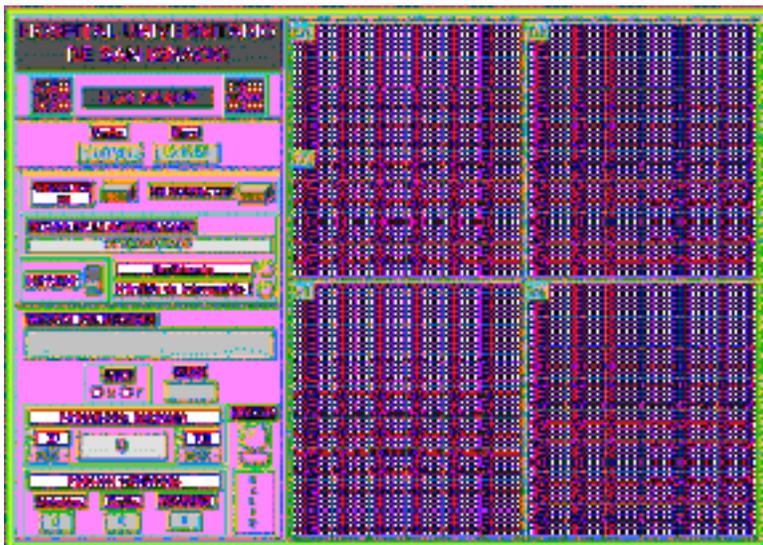


Figura 3.5. Panel frontal del módulo receptor

Fuente: *Diseño e implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2)*, p. 143.

3.3. SISTEMA REPRODUCTOR

El sistema reproductor es el último módulo desarrollado en esta investigación. Su función principal consiste desplegar la información almacenada durante el recorrido de la ambulancia y brindar herramientas al cuerpo médico para analizar, en un momento posterior a la monitorización, lo acontecido. Estas herramientas son, básicamente, la reproducción interactiva y selectiva de los segmentos que el médico quiere apreciar. «Interactiva» porque el usuario determina la velocidad de reproducción y «selectiva» porque el usuario determina qué segmentos quiere ver de la

señal y cuántas veces lo hará. Todo esto entregando al usuario un reporte del instante en que se produjeron los eventos que se están reproduciendo.

Durante el recorrido, el sistema transmisor va almacenando las señales adquiridas en archivos en el disco duro que son almacenados en el directorio *C:\Historias* del computador del sistema transmisor. Cuando el recorrido termina, el sistema transmisor brinda la posibilidad de enviar a disquetes estos archivos para que sean llevados al hospital y sean anexados a la historia clínica del paciente.

Cuando el médico quiere realizar un análisis de lo acontecido busca los archivos y le pide al sistema que los descargue al disco duro. Esto se realiza durante la primera etapa de ejecución. Una vez el sistema es informado de qué archivos va a reproducir se inicia la creación de unos archivos temporales, donde se almacenan sólo datos, y se eliminan marcadores de parada y arranques de adquisición, el nombre del paciente y otros datos de los cuales disponen los archivos generados en la ambulancia.

Una vez se detectan *paradas y arranques* y el lugar de los archivos en los cuales ocurren estos eventos, el sistema inicia su operación.

Primero saca los caracteres más antiguos y va haciendo un barrido de todo el archivo en orden hasta el final. Cuando se detecta que hubo una parada se informa al usuario sobre el hecho de que durante este segmento de tiempo no se recogió información.

Este orden se altera cuando el usuario pide reproducir cierta parte especial del archivo. En ese caso, el sistema calcula cuántos caracteres a partir del inicio debe dejar de reproducir, dado que el usuario quiere reproducir sólo una parte específica. El cálculo se almacena en unos vectores de posicionamiento que apuntan al inicio de la lectura. El sistema entonces empieza a leer a partir de allí hasta el final en orden todos los caracteres del archivo, monitoreando para detectar cualquier cambio en el lugar de inicio que realice el médico.

Luego de leer cuáles caracteres corresponden al instante, el sistema los lee del archivo, decodifica, descomprime y visualiza. Cuando termina, continúa con el siguiente grupo de caracteres que determine el usuario. Este proceso es realizado con la velocidad que decida el médico. La máxima velocidad de reproducción es 4 veces superior a la velocidad normal y la mínima es 4 veces inferior a la velocidad normal. Cuando se termina la reproducción, el usuario tiene la opción de reiniciarla a partir de cualquier instante o de cancelar e iniciar la reproducción de un nuevo conjunto de archivos.

Cuando el usuario decide terminar de reproducir un conjunto de archivos, el sistema borra automáticamente todos los archivos temporales creados.

Por considerarse de alta importancia en el análisis, el reproductor cuenta también con un sistema para la impresión. Este sistema realiza la impresión de los 15 segundos de señal anteriores al instante de reproducción actual.

El módulo reproductor es implementado por el *software* *REPRODUCTOR_.vi*, cuya interfaz de usuario se muestra en la figura 3.6:

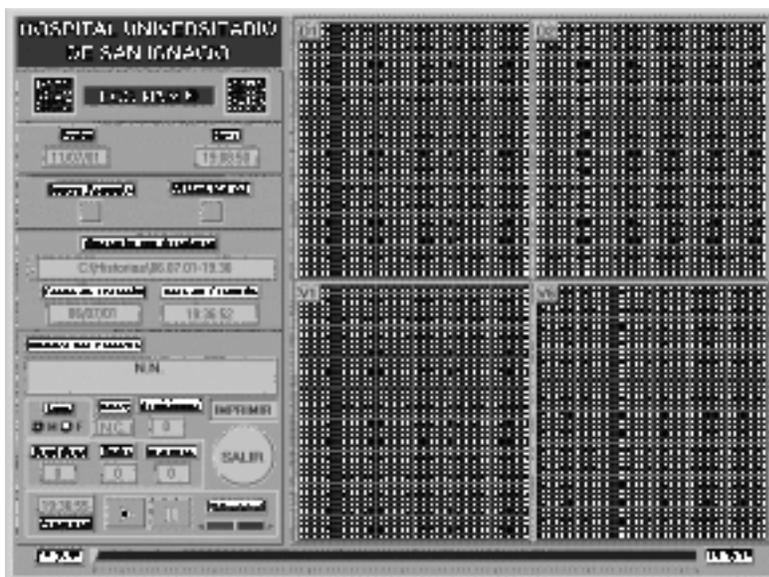


Figura 3.6. Panel frontal del módulo reproductor

Fuente: *Diseño e implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2)*, p. 153.

4. SUGERENCIAS AL SISTEMA

Los dos objetivos finales de esta macroinvestigación son: desarrollar un sistema preparado para afrontar las condiciones reales del traslado de un paciente en un estado crítico en una ambulancia hacia el hospital y brindar al equipo médico del hospital una herramienta valiosa para su diagnóstico, y así poder tomar decisiones más oportunas y objetivas durante el recorrido del paciente.

Esta segunda fase ha sido un paso trascendental en la búsqueda de los objetivos anteriores, pero no es suficiente para poder llevarlo a la práctica. Por ello se ha

considerado algunas sugerencias que serán los pasos que se deben seguir para cumplir con las metas trazadas:

- *Desarrollar un módulo de presión arterial que se adapte al sistema y a sus condiciones de trabajo.* La mayoría de los tensiómetros digitales que se encuentran en el mercado no soportan condiciones inestables y turbulentas como las que se presentan en el recorrido de una ambulancia. Además, los módulos que soportan este tipo de ambiente tienen un costo muy elevado y habría que adaptar el sistema a sus requerimientos (*software* de aplicación, puertos de entrada y salida, espacio físico, entre otros).
- *Diseñar una etapa de filtrado más robusta que se ajuste a las señales de interferencia que generan la ambulancia durante el recorrido y el ambiente dentro de la misma.* El equipo transmisor del sistema, dentro del vehículo, estará muy influenciado por el sistema eléctrico de la ambulancia, ya que esta última es su fuente de alimentación, y por las señales electromagnéticas que generan los diferentes equipos dentro de la sala móvil.
- *Mayor información fisiológica del paciente, como por ejemplo: eje eléctrico del corazón y temperatura.* En este punto, el equipo médico es el principal protagonista: a partir de sus criterios se determinará la información adicional que sea pertinente para un diagnóstico más objetivo del estado del paciente.
- *Hacer al sistema más susceptible a los problemas de indisponibilidad del medio de transmisión.* Es decir, que el equipo transmisor sea un elemento activo en la búsqueda de un nuevo canal en el caso de que falle la transmisión. Este punto es muy importante; de nada vale tener todos los elementos disponibles en la ambulancia y el hospital si entre estos dos escenarios no hay comunicación.

CONCLUSIÓN

El sistema desarrollado permite aumentar las posibilidades del paciente de llegar con vida al centro hospitalario. Esto porque aprovecha el tiempo del recorrido para lograr la estabilización de los signos vitales, gracias a que permite detectar más del 95% de los casos de arritmias e infartos, las dos anomalías más frecuentes en los pacientes de urgencias. Por medio de 15 drogas básicas y el diagnóstico proveniente del hospital, los paramédicos podrán aumentar en gran medida las posibilidades de supervivencia de los pacientes.

Bibliografía

- Diseño e Implementación del Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias (Fase 2), 2001. 204 p.
- Sistema de Biotelemedicina para Ambulancias, 1998. 156 p.
- Instrumentación y Medidas Biomédicas, 1998.
- Electrocardiografía Básica: Del trazado al paciente v. 1. Bogotá, 1999.
- Monitorización Ambulatoria de la presión arterial: Técnicas y aplicaciones. Madrid, 1996. 219 p.
- Adquisición y distribución de señales. Barcelona, 1993. 426 p.
- Wireless Communication: Principles And Practics. Upper Sadle River. Nueva York, Upper Saddle River, 1996. 641 p.
- Interpretazione Del'elettrocardiogramma. Prima Parte: L'ecg Normale. Seconda Parte: Alterazioni Morfologiche. Pharma, 1995. 210 p.

Direcciones de Internet relacionadas con el tema:

- <http://www.angelfire.com/la/hmolina/tesis.htm>. Mayo del 2001
- <http://www.methodisthealth.com/spanish/cardio/electric.htm>. Abril 2001
- http://ist-socrates.berkeley.edu/~jmp/korotkoff_sounds.htm. Marzo del 2001
- <http://www.drbloodpressure.com/05-mesurer3.shtml#>. Marzo del 2001
- <http://proton.ucting.udg.mx/~marianop/celular.htm>. Mayo 2001