

# Transmisión de datos de señal ECG comprimida sobre redes de datos urbanas

Lilia Edith Aparicio Pico

Pedro José Arco Ríos

## RESUMEN

Se presenta una síntesis de la tercera fase de la investigación sobre control de error en transmisión de datos de señal electrocardiográfica (ECG) comprimida mediante cuantificación vectorial, la transmisión se ha realizado a través de la red urbana de la empresa CAPITEL.

**Palabras clave:** cuantificación vectorial, PRD, señal ECG.

## Abstract

This paper shows the third phase of research about error control transmission of electrocardiographic signal data compressed with vectorial quantizer, the data has been transmitted on CAPITEL data networks.

**Key Words:** Vectorial Quantizer, Percent root mean square difference (PRD), Electrocardiographic Signal (ECG)

## I. INTRODUCCIÓN

La compresión de datos de señal ECG comprimidos mediante cuantificación vectorial fue estudiado en [1], el estudio sobre estimación de errores y simulación de la transmisión de datos de señal ECG comprimida mediante cuantificación vectorial (VQ), o cuantificación vectorial de señal ECG valor medio forma de onda fue presentado en [2] [3] [4], los resultados de la estimación y la simulación dieron como resultado la necesidad de proteger los datos mediante un sistema de detección y corrección de error que se desarrolle a nivel de aplicación. La siguiente etapa corresponde a las pruebas de transmisión sobre redes en servicio con el objeto de verificar la necesidad del sistema de protección propuesto en la fase anterior. Las consideraciones sobre errores durante transmisión de acuerdo con estándares internacionales sobre calidad de sistemas de transmisión, se presentan en el epígrafe 2, las mediciones de las pruebas y la descripción del proceso de experimentación se presenta en 3 y el análisis de resultados en el epígrafe 4, finalmente se presentan las conclusiones en 5. Todo lo anterior conduce a poder desarrollar una aplicación de telecardiología en el contexto de la telemedicina [5].

## II. VALORES TÍPICOS DE PROBABILIDAD DE ERROR EN CANALES DE COMUNICACIONES

Teniendo en cuenta que la tendencia actual en el desarrollo de redes de telecomunicaciones y por consiguiente el de aplicaciones especiales para sistemas de telemedicina, se da sobre redes digitales, el sistema para control de errores en la transmisión de datos comprimidos de señal ECG mediante cuantificación vectorial, debe ser independiente de la red de transporte física, en la cual se pueden incluir todo tipo de velocidades e influencias de canal sobre los datos a transmitir. También es aplicable para almacenamiento de datos de sistemas de información de registros de diagnóstico y se asumen que los errores pueden ocurrir por fallas en el hardware

En el presente trabajo se asume que toda conexión a 64 Kbit/s cumple la recomendación G.821 [6] y todos los casos posibles de transmisión, donde los puntos extremos pueden estar situados en las instalaciones de usuario, además, se asumen los parámetros establecidos en la recomendación para cualquier tramo de red digital según la recomendación UIT-T 826 [7], y canales POTS (Public Old Transmission System). Para efectos de considerar canales ruidosos en los casos de transmisión se consideraron las probabilidades de error típicas que se relacionan a continuación.

TABLA I. OBJETIVOS EXTREMO A EXTREMO PARA UN ENLACE DE 27500 KM

| Velocidad en Mbit/s | 1.5 a 5            | >5 a 15            | >15 a 55           | >55 a 160          | >15000 a 30000 (Nota 2) |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Bits/bloque         | 800-5000           | 2000-8000          | 4000-20000         | 6000-20000         | 15000-30000 (Nota 2)    |
| ESR                 | 0.04               | 0.05               | 0.075              | 0.16               | (Nota 3)                |
| SESR                | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002                   |
| BBER                | $2 \times 10^{-4}$ |                    |                    |                    |                         |
| (Nota 1)            | $2 \times 10^{-4}$ | $2 \times 10^{-4}$ | $2 \times 10^{-4}$ | $2 \times 10^{-4}$ |                         |

NOTA 1: para los sistemas diseñados antes de 1996, el objetivo BBER es  $3 \times 10^{-4}$ .

NOTA 2: Como se define actualmente, VC-4-4c es un trayecto de 601 Mbit/s con un tamaño de bloque de 75168 bits/bloque, dado estas condiciones este trayecto no se debe considerar en este cuadro, pero se fija el BBER para este tamaño de bloque en  $4 \times 10^{-4}$ .

NOTA 3: Los objetivos ESR pierden importancia en aplicaciones con altas velocidades binarias y, por consiguiente, no se especifican para trayectos que funcionan a velocidades primarias a 160 Mbit/s

Tomado de Recomendación UIT G.826 (02/99).

La transmisión de datos comprimidos de señal ECG mediante cuantificación vectorial, debe ser independiente de la red de transporte física.

### Eventos y parámetros de característica de error para canales con velocidad primaria o superiores

Esta sección está referida al funcionamiento de trayectos que además incluyen calidad de operación aplicados a ATM y sus capas de adaptación. Se definen los eventos de característica de error, así:

**Bloque con error (EB)**, corresponde al bloque en el cual uno o más bits tienen errores.

**Segundos con error (ES)** período en un segundo con uno o más bloques con errores.

**Segundos con muchos errores: (SES)**, periodo de un segundo que contiene más del 30% de los bloques con errores, éste es un subconjunto de ES.

#### Parámetros de característica de error:

##### Tasa de segundos con errores (ESR)

**Error de bloque de fondo: (BBE)**, bloque con error que no se produce como parte de un SES.

**Tasa de segundos con error (ESR)**, relación de ES y el total de segundos de tiempo de disponibilidad durante el intervalo de transmisión.

**Tasa de segundos con muchos errores (SESr)**, relación entre SES y el total de segundos de tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.

**Tasa de errores de bloque de fondo, (BBER)**, relación entre bloques con errores de fondo y el total de bloques en el tiempo durante el intervalo de medición.

En la **Tabla I**, se establecen los objetivos de extremo a extremo para un enlace de 27.500 Km.

La **Tabla II**, muestra otros datos importantes sobre la tasa de errores y velocidades de transmisión de diferentes canales, tomados en cuenta para la realización de la presente investigación.

**TABLA II. TASAS DE ERROR EN CANALES TELEFÓNICOS**

| TIPO DE CANAL       | VELOCIDAD bps | TASA DE ERRORES  |
|---------------------|---------------|------------------|
| Canales telefónicos | 600           | 1:500.000        |
|                     | 1200          | 1:200.000        |
|                     | 2400          | 1:100.000        |
|                     | 4800          | 1:10.000/100.000 |
|                     | 9600          | 1:1000/10.000    |
| Télex               | 50            | 1:50.000         |
| Grado subvoz        | 45 a 200      | 1:100.000        |

Tomado de [8]

### III. MEDICION DE ERRORES DURANTE LAS PRUEBAS DE TRANSMISION DE SEÑAL ECG

Con la colaboración de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones de Colombia, Telecom, a través del organismo que opera la telefonía pública conmutada Capitel, en la ciudad de Bogotá, se rea-

lizaron pruebas de transmisión de los datos de VQ-VMF de señal ECG, con el objeto de establecer el porcentaje de bits errados ocurridos durante la transmisión. Se utilizó tecnologías POTS, XSDL, (X Serial Digital Line), canales dedicados y con de acceso por línea conmutada a través de la red de transporte pública conmutada RTPC y canales semipermanentes. En la transmisión se usó una señal de prueba de la base de señales ECG de MIT-BIH [9]. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la transmisión por RTPC se muestran en la Tabla III.

**TABLA III.. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE VQ-VMF DE SEÑAL ECG SOBRE RTPC**

| EQUIPO   | VELOCIDAD (bps) | TIEMPO H:min:seg | CENTRAL   | CONTADOS  | ERRADOS |
|----------|-----------------|------------------|-----------|-----------|---------|
| MOTOROLA | 31200           | 14:53            | morato    | 27864000  | 182     |
| MOTOROLA | 31200           | 30:37            | autopista | 57324000  | 821     |
| MOTOROLA | 31200           | 46:32            | salitre   | 87145000  | 1512    |
| MOTOROLA | 31200           | 1:04:7           | progreso  | 121622000 | 1375    |

Se utilizó una configuración de modem en bucle, en canales semipermanentes, se realizaron pruebas entre la central Chapinero y las demás centrales gateway de Capitel, los principales resultados de esas pruebas a una máxima velocidad de 64 Kbps se muestran en la Tabla IV.

**TABLA IV. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE VQ-VMF SEÑAL ECG SOBRE CANALES SEMIPERMANENTES**

| EQUIPO  | VELOCIDAD (bps) | TIEMPO H:min:seg | CENTRAL   | CONTADOS    | ERRADOS |
|---------|-----------------|------------------|-----------|-------------|---------|
| GDC     | 38400           | 21:52            | MORATO    | 8.668.456   | 4914962 |
| GDC     | 13200           | 1:13:16          | MORATO    | 59039800    | 3770217 |
| GDC     | 13900           | 3:45:07          | MORATO    | 41731098    | 9156698 |
| US ROBA | 19200           | 24 HORAS         | MORATO    | 13187003245 | 0       |
| US ROBA | 19200           | 24 HORAS         | SALITRE   | 1434384000  | 0       |
| GDC     | 19200           | 0                | AUTOPISTA | NO ENGANCHO | 0       |
| UD ROBA | 19200           | 16:14 HORAS      | AUTOPISTA | 897149104   | 0       |

### IV. ANALISIS DE RESULTADOS

En las Tablas III y IV se aprecia por cada prueba un número alto de bits errados, por esta razón es necesario hacer una inspección visual de los resultados sobre la señal reconstruida, la cual se puede realizar al observar por ejemplo la figuras 1 y 2, para el análisis de los resultados se seleccionó el PRD (percent

root-mean-squared difference), el cual se encuentra entre los criterios de evaluación de la calidad más frecuentes empleados en la literatura como criterios matemáticos que cuantifican la distorsión que introducen. Entre ellos el de uso más generalizado para la señal ECG, es el PRD que se define como:

$$PRD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N y_i^2}} \times 100\%$$

Donde  $y_i$  y  $\tilde{y}_i$  muestras de la señal original y  $\tilde{y}_i$  muestras de la señal reconstruida

La Figura 1, muestra los resultados gráficos de la transmisión en el caso central Salitre mostrado en la tabla 3, se aprecia que la forma de onda cambia y no es posible recuperar la señal, la Figura 2 contiene los resultados para decodificación de los datos de la señal en el caso de transmisión de central morato con un tiempo de transmisión de 3:45:07.

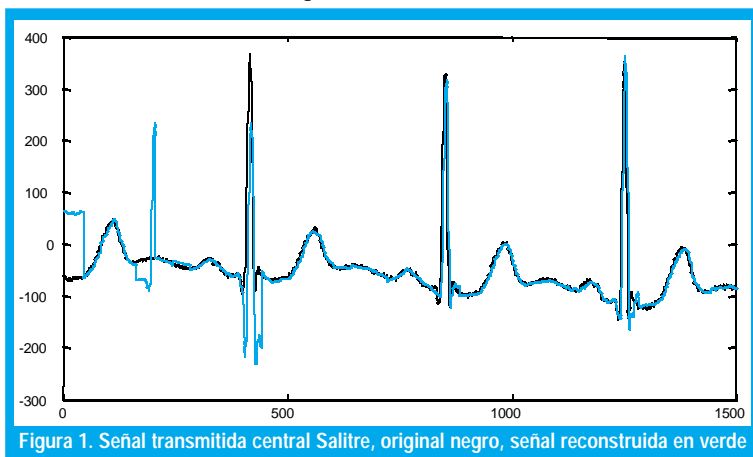


Figura 1. Señal transmitida central Salitre, original negro, señal reconstruida en verde

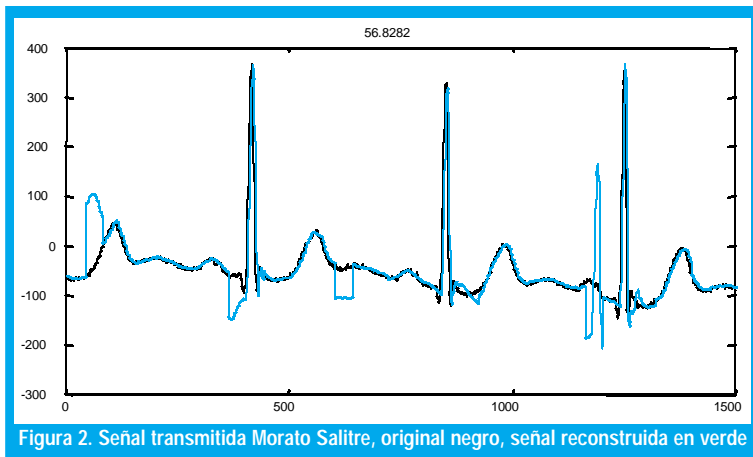


Figura 2. Señal transmitida Morato Salitre, original negro, señal reconstruida en verde

En [1] se describe el PRD aceptado en procesos de recuperación de la señal de los datos comprimidos y corresponde a máxima un PRD 10% de aceptación, confrontando este dato de referencia con los PRD alcanzados mostrados en las figuras 1 y 2, se aprecian cambios 49.9245% y 56.8282% respectivamente, lo que verifica la necesidad de proteger los datos de manera adecuada. En consecuencia se justifica el sistema de control de errores propuesto en [2], [3] y [4].

## V. CONCLUSIONES

El desarrollo de redes de telemedicina ponen de manifiesto la necesidad de tener en cuenta los problemas que se puedan presentar durante la transmisión de datos en las mismas y sus correspondientes implicaciones en la información para especialistas y pacientes. Es necesario desarrollar investigaciones para la transmisión de información en telemedicina para verificar, validar o proponer las estrategias de control de errores necesarias.

La protección de los datos electrocardiográficos comprimidos mediante Cuantificación Vectorial de señal ECG, es necesaria para el desarrollo de sistemas de telecardiología bien sea para transmisión de señal ECG o para almacenamiento, debido a que no se conoce el comportamiento en el tiempo de las condiciones sobre los medios en los cuales se encuentra tendida la red de telecomunicaciones que se utilice para transmitir dichos datos o las condiciones de los medios de almacenamiento pero si ha sido posible verificar y observar las influencias del canal sobre los datos comprimidos de la señal ECG.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cárdenas J.L. "Compresión de Datos Electrocardiográficos Empleando Cuantificación Vectorial", Tesis de Doctorado, Universidad Central de las Villas, Cuba, Jul. 1998.
- [2] L. E. Aparicio, P Arco "Control de errores en transmisión de señal ECG comprimida", XV Congreso Nacional, VI Andino de Telecomunicaciones, Cartagena, octubre 24 al 26 de 2000.
- [3] L. E. Aparicio, P. Arco "Sistema de Control de errores para transmisión de VQ-VMF", Primer Congreso Internacional de Telemedicina, Madrid, España, marzo 13-15 de 2001.
- [4] L.E. Aparicio, P. Arco. "Error en transmisión de datos de señal electrocardiográfica comprimida empleando cuantificación vectorial", Universidad Distrital, Revista de Ingeniería Vol. 5 No. 2, 2000.
- [5] Cabral J. Kim Y. "Multimedia Systems for Telemedicine and Their Communications Requirements", IEEE, Communications Magazine, Jul. 1996
- [6] UIT-T Recomendación G(821) (1996). Características de error de una conexión digital internacional que funciona a una velocidad binaria por debajo de la velocidad primaria y forma parte de una red digital de servicios integrados.
- [7] UIT-T Recomendación G(826) (1996) Parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funciona a velocidad primaria o superiores.
- [8] Fusario R, Castro R., "Teleinformática Aplicada", edit Mc. Graw Hill, 1997
- [9] MIT BIH Arrhythmia Database CD-ROM Third ed. Cambridge. MI: Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology. May 1997.

### Lilia Edith Aparicio Pico

Magíster en Teleinformática, Candidato a Doctor Universidad central de las Villas, Cuba, Directora Línea de Investigación en Telemedicina Universidad Distrital. medicina@udistrital.edu.co

### Pedro J. Arco Ríos

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas Universidad Central de las Villas, Miembro de la línea de Procesamiento de Señales Universidad Central de las Villas, Cuba. parco@fie.uclv.edu.cu