

Procesado remoto de señales ECG vía web

I Martínez, L Sörnmo*, S Olmos, A Mur, R Bailón, P Laguna, J García

Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones, Dept. I.E.C., CPS. Universidad de Zaragoza. España

*Signal Processing Group, Dept. of Applied Electronics. Lund University, Sweden

Abstract

Este trabajo presenta el desarrollo de un entorno para el procesado remoto de señales electrocardiográficas (ECG). El sistema permite la conexión de usuarios al servidor en el que se encuentran las técnicas avanzadas de procesado a través de un interfaz basado en la tecnología web. El prototipo proporciona soporte en el diagnóstico clínico y su estructura centralizada facilita la gestión de las herramientas de análisis.

1. Introducción

La Telemedicina ha experimentado un gran avance en los últimos años debido al gran desarrollo de las tecnologías de las comunicaciones. En concreto, el World Wide Web (WWW) constituye un entorno universal que provee acceso a ordenadores con el único requisito de disponer de una conexión de red y un navegador. Una de las áreas donde la Telemedicina está aportando más aplicaciones es la cardiología. El electrocardiograma (ECG) se ha convertido en el procedimiento no invasivo de diagnóstico de enfermedades cardiacas de mayor uso en la rutina clínica. Nuevas técnicas de procesado y análisis de la señal ECG se han desarrollado recientemente y pueden resultar de gran utilidad en el diagnóstico. Sin embargo, su implantación en los equipos de los centros médicos no siempre es factible debido a factores técnicos y económicos, especialmente en centros de atención secundaria. En este trabajo se ha desarrollado un interfaz que permite al cliente (*usuario médico*) conectarse vía web al servidor de procesado, enviar las señales a procesar y recibir toda la información clínica requerida en formato adecuado.

2. Métodos

El esquema general del sistema se muestra en la figura 1. El cliente registra las señales ECG y se conecta al servidor de procesado a través de un navegador; en el servidor se realizan las medidas seleccionadas y se devuelven los resultados correspondientes. En el desarrollo del sistema se involucraron dos entornos diferentes: estándares *HyperText Markup Language* (HTML), utilizados en Internet para cargar las páginas web, y códigos MATLAB, mediante los que se desarrolla el procesado matemático de la señal ECG. Para hacer compatibles

estas dos plataformas, se consideró el *toolbox* MATLAB WEB SERVER [1] que permite desarrollar programas MATLAB bajo aplicaciones HTML. En el entorno MATLAB, situado en el servidor, se procesan las señales ECG recibidas a través de la red, y se envían los resultados, que son finalmente presentados en el navegador web del cliente. Esta configuración sólo requiere que el cliente disponga del navegador desde el que accede al documento HTML, mientras que MATLAB, MATLAB WEB SERVER y el servidor web se ejecutan en el servidor. De este modo el proceso es transparente al usuario que no necesita aprender MATLAB para disponer de la capacidad de procesado que el servidor ofrece.

2.1. Interfaz gráfico de usuario

La estructura del interfaz gráfico de usuario (GUI) se basa en un documento HTML en el que se presentan diferentes menús de selección (ver figura 2). Estos permiten definir, mediante los correspondientes controles, diversos parámetros como el registro a procesar, la técnica seleccionada y aspectos específicos de la misma. Cuando el cliente pulsa el botón de inicio, activa la acción de un Common Gateway Interface (CGI) que envía todos los parámetros seleccionados por el usuario al entorno MATLAB en el servidor. El código MATLAB se encarga, mediante unas funciones específicas, de recoger el nombre y el contenido de las variables HTML y posteriormente realizar el procesado seleccionado en el formulario. Finalmente, los resultados del proceso son devueltos al entorno web actualizando el documento HTML (ver figura 3). Estos resultados pueden ser numéricos o gráficos y son almacenados en una carpeta restringida de usuario.

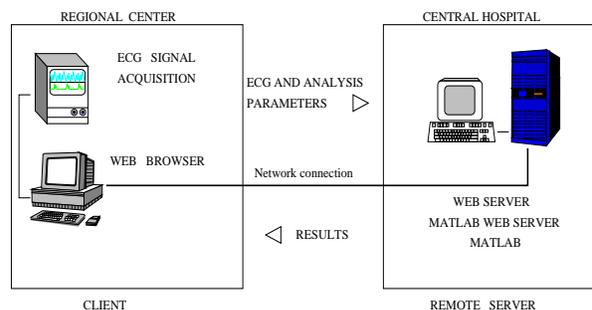


Figura 1: Estructura básica del sistema.

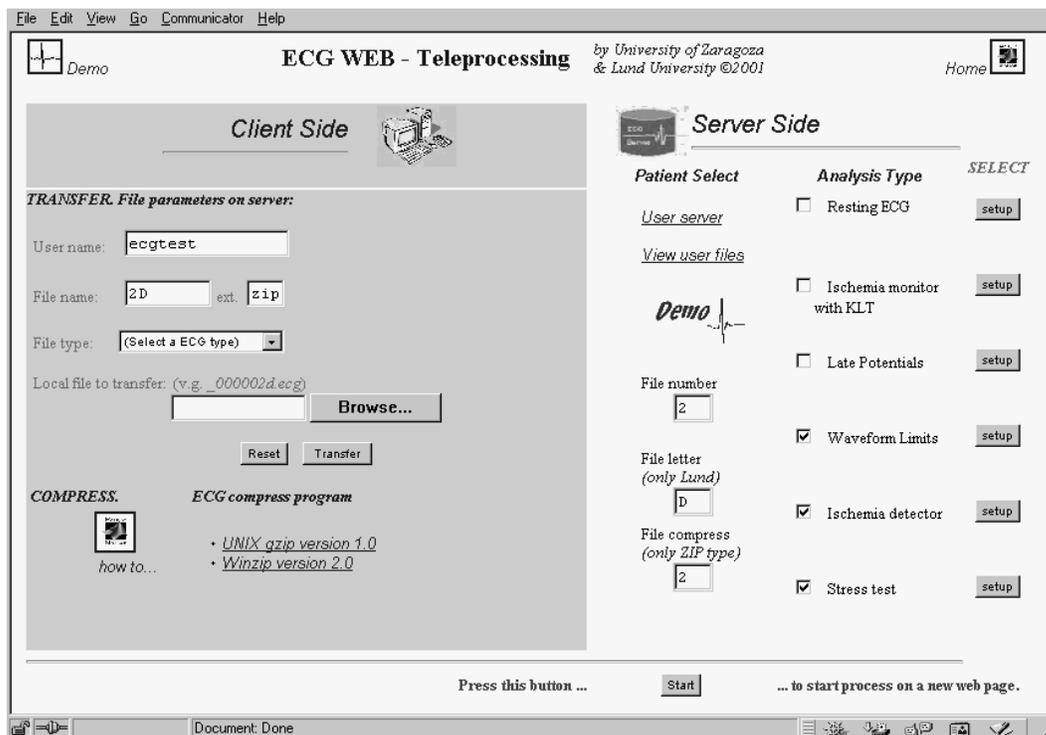


Figura 2: Página web principal del sistema.

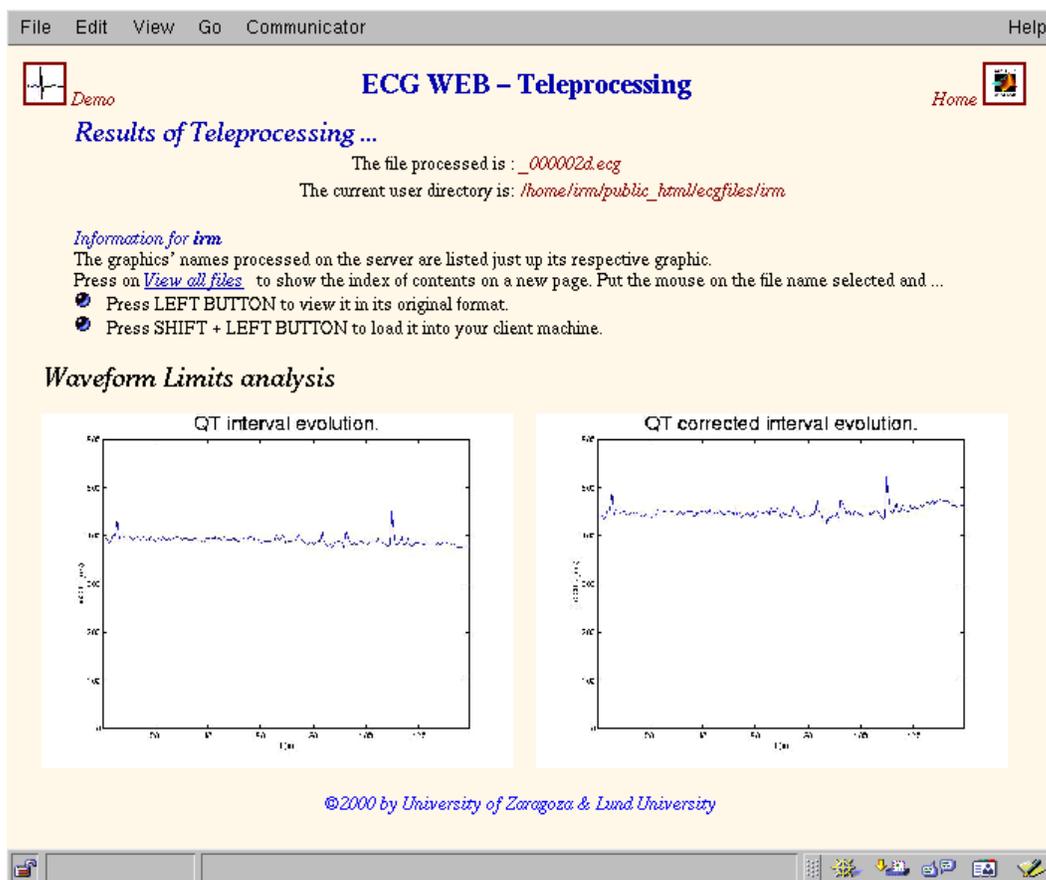


Figura 3: Resultados obtenidos mediante la técnica de cálculo de límites de ondas e intervalos.

2.2. Autenticación de usuarios

Para limitar la utilización de los recursos del sistema, el acceso al servidor remoto está restringido a usuarios autorizados mediante un *login* y un *password*. Por ello, todas las operaciones de transferencia, edición o eliminación de ficheros se realizan sobre directorios de usuario protegidos.

2.3. Transferencia y compresión de señales ECG

La transferencia de señales ECG desde el cliente hasta el servidor se basa en un menú de selección de opciones y carpetas locales del cliente. Este proceso activa el CGI de transferencia de datos.

El interfaz permite la compresión de ECGs previamente a su transmisión al servidor remoto. Los ficheros recibidos son descomprimidos automáticamente en el servidor antes de su procesado. Puede utilizarse una compresión de datos clásica sin pérdidas en la estación local para reducir el tiempo de transmisión. Además es posible aplicar una compresión con pérdidas específica de señales ECG [2] para mejorar significativamente la tasa de compresión (35:1). Este algoritmo se lanza mediante un GUI en el cliente que permite al usuario seleccionar el intervalo y las derivaciones del ECG, y la calidad de la compresión (ver figura 4).

FORMAT SELECTION

Lund-Siemens MIT

Browse

COMPRESSION

LEADS SELECTION:

V1 V5 III
 V2 V6 aVL
 V3 I -aVR
 V4 II aVF

TIME SELECTION [minute]

Whole recording
 Interval selection

START END

COMPRESSION SELECTION

High compression
 Moderate compression
 Low compression

HELP QUIT

Figura 4: GUI para la compresión de ECGs.

2.4. Técnicas de procesado

Las herramientas de análisis de señales ECG son múltiples y variadas. En este proyecto se han incluido algunas recientemente desarrolladas relacionadas con la detección automática de límites de onda y cálculo

de intervalos de interés clínico (*Waveforms Limits*), estimación de las series temporales de *Karhunen-Loève* (KLT) para monitorización de isquemia, detección de isquemia, medida de potenciales tardíos (*Late Potentials*), estimación de variaciones de ondas durante la prueba de esfuerzo (*Stress Test*), además de otras técnicas de procesado básico (*Resting ECG*). Cada tipo de análisis dispone de una ventana de configuración (*setup*) que inicializa los parámetros del código MATLAB correspondiente, y que permite al usuario médico modificarlos para una mayor definición del procesado a realizar (ver figura 5).

La opción de procesado básico (*Resting ECG*) incluye técnicas que habitualmente preceden a otros análisis más complejos. Entre éstas se dispone de detección, promediado y clasificación de latidos [3].

El análisis de *Waveforms Limits* incluye la detección automática de límites de onda (ondas P, Q, R, S y T) y el cálculo de intervalos como el QT o la duración del QRS que permiten detectar anomalías cardíacas [4].

Los potenciales tardíos (LP) permiten identificar pacientes con tendencia a experimentar arritmias posteriormente a haber sufrido un infarto de miocardio. Los LP son señales de baja amplitud que necesitan un procesado adecuado para ser detectadas [5].

La isquemia es una de las enfermedades cardiovasculares más comunes y que se refleja como variaciones características sobre el ECG. En el sistema se incluye la monitorización de formas de onda del ECG mediante la estimación de las series de KLT, que proporcionan información global de la señal [6]. Además se ha incorporado un detector de variaciones isquémicas que ofrece prestaciones superiores frente a otros sistemas desarrollados previamente [7].

Finalmente, se ha incluido el análisis de señales registradas durante la prueba de esfuerzo (*Stress Test*), basado en la estimación de variaciones de ondas entre las zonas de reposo y esfuerzo de la prueba [8].

3. Resultados y discusión

El interfaz propuesto pretende ofrecer técnicas avanzadas de procesado de ECGs a usuarios que pueden acceder desde centros hospitalarios de diversa naturaleza. Por tanto, se ha propuesto un diseño simple y sencillo mediante la utilización de un navegador y la selección de parámetros en un GUI.

La estructura centralizada permite el mantenimiento, gestión y actualización remotos del software, de modo que cualquier variación en las herramientas de procesado, o la inclusión de una nueva, queda disponible de forma inmediata y transparente al usuario médico.

La conexión entre el cliente y el servidor es un aspecto importante especialmente en la transferencia de las señales ECG, y el hecho de incluir técnicas de compresión reduce los tiempos de servicio. No

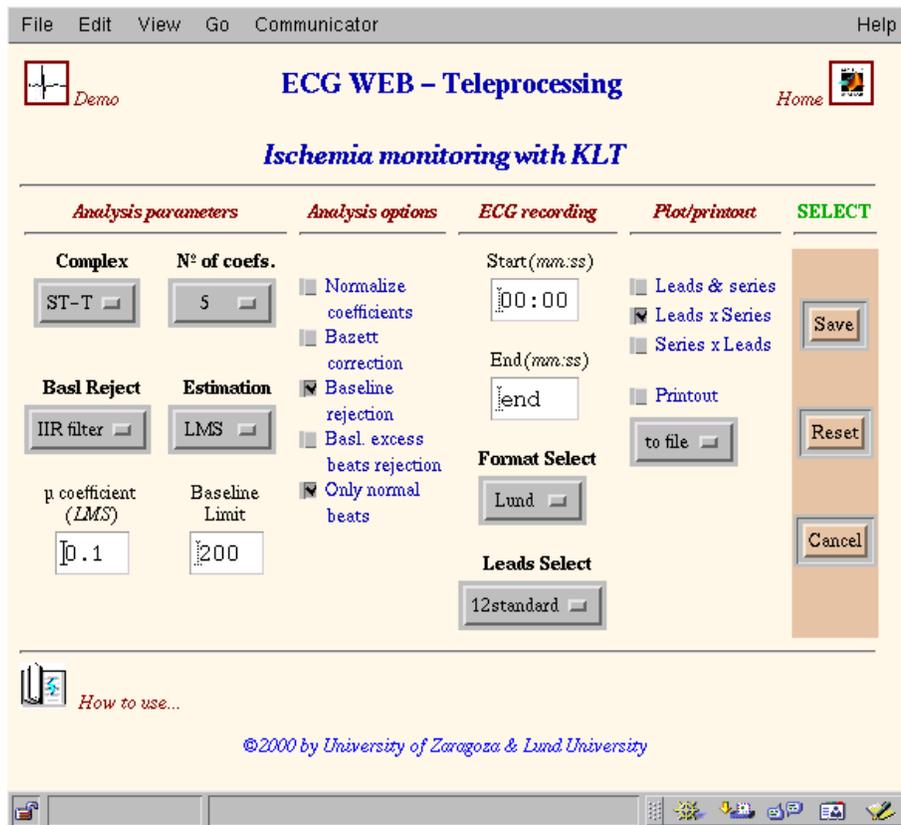


Figura 5: Página de configuración (*setup*) de la técnica de monitorización mediante las series de KLT.

obstante, la elección de métodos con o sin pérdidas debe ser cuidadosamente seleccionada.

Actualmente el acceso al sistema se halla restringido dentro de una intranet. Para accesos abiertos es recomendable dotar al entorno de mayores medidas de seguridad que deben ser contempladas en el futuro.

4. Conclusiones

Se ha diseñado un interfaz que es capaz de proporcionar acceso vía web a un servidor de procesado de señales ECG para obtener información clínica. La utilización de las nuevas técnicas que el sistema ofrece puede ayudar en el diagnóstico de diversas enfermedades cardiovasculares.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos P40/98 de CONSI+D y 2FD97-1197-C02-01 de FEDER.

Referencias

- [1] The Mathworks, *MATLAB Web Server*, The Mathworks Inc., 1999.
- [2] S. Olmos and P. Laguna, "Multi-lead ECG data compression with orthogonal expansions: KLT and wavelet packets", in *Computers in Cardiology*. 1999, pp. 539-542, IEEE Computer Society Press.

- [3] O. Pahlm and L. Sörnmo, "Data processing of exercise ECGs", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. BME-34, pp. 158-165, Feb. 1987.
- [4] P. Laguna, R. Jané, and P. Caminal, "Automatic detection of wave boundaries in multilead ECG signals: Validation with the CSE database", *Comput. Biomed. Res.*, vol. 27, no. 1, pp. 45-60, February 1994.
- [5] R. Atarius and L. Sörnmo, "Maximum likelihood analysis of cardiac late potentials", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 43, pp. 60-68, 1996.
- [6] J. García, G. Wagner, L. Sörnmo, S. Olmos, P. Lander, and P. Laguna, "Temporal evolution of traditional vs. transformed ECG-based indexes in patients with induced myocardial ischemia", *J. Electrocardiol.*, vol. 33, no. 1, pp. 37-47, 2000.
- [7] J. García, L. Sörnmo, S. Olmos, and P. Laguna, "Automatic detection of ST-T complex changes on the ECG using filtered RMS difference series: Application to ambulatory ischemia monitoring.", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 47, no. 9, pp. 1195-1201, 2000.
- [8] J. García, P. Serrano, R. Bailón, E. Gutiérrez, A. del Rio, J.A. Casasnovas, I.J. Ferreira, and P. Laguna, "Comparison of ECG-based clinical indexes during exercise test", in *Computers in Cardiology*. IEEE Computer Society Press, 2000, vol. 27, pp. 833-836.

José García Moros

Dept IEC. CPS. Universidad de Zaragoza

María de Luna 3. 50015 Zaragoza (Spain)

E-mail: jogarmo@posta.unizar.es