

Sistema de Autenticación Biométrica Basado en la Extracción de Características de Onda en Señales ECG

Integrantes:

Elyud Edgar Chayña Calcina
Javier Alonso Peñalva Humire
Job Lorenzo Quispe Torrez

Código.-

<https://drive.google.com/file/d/1v2lHCtqEmZSDU2z-Qt2Arjx4OpKJ-ziG/view?usp=sharing>

Explicación:

Este código está diseñado para analizar señales de ECG y extraer características biométricas específicas con el fin de crear una plantilla única para cada individuo y, potencialmente, verificar su identidad en el futuro. A continuación se explica en términos generales cómo funciona:

1. Carga y Preprocesamiento de Datos:

- La función `loadECGData` permite cargar datos de ECG desde un archivo CSV. Esta función extrae los valores de la señal desde una columna específica (en este caso, la columna 2, que se asume que contiene la señal).
- Para el preprocesamiento, se emplean filtros pasa-altas y pasa-bajas de **Butterworth de primer orden**, que eliminan el ruido de alta frecuencia y la interferencia de la línea base, limpiando la señal antes del análisis.

2. Detección de Picos R:

- A través de la función `detectRPeaks`, el código detecta picos R en la señal ECG procesada. Para esto, utiliza un proceso de derivación, cuadrado e integración de la señal, junto con un umbral adaptativo que identifica los máximos locales. Los picos R son esenciales para calcular los intervalos R-R, los cuales son útiles en el análisis del ritmo cardíaco.

3. Extracción de Características Morfológicas:

- La función `analyzeWaveforms` identifica y extrae las características morfológicas de las ondas P, QRS y T alrededor de cada pico R. Para cada onda, se calcula el inicio (`onset`), el final (`offset`), la amplitud máxima y la duración. Esta extracción se realiza mediante la búsqueda de máximos y mínimos dentro de ventanas alrededor de cada pico R, y las características extraídas se almacenan en la estructura `morphology_waveform`. Estas propiedades permiten caracterizar la señal ECG de una persona de manera única.

4. Cálculo de Intervalos R-R:

- La función `calculateRRIntervals` utiliza los picos R detectados para calcular los intervalos R-R, expresados en milisegundos. Estos intervalos ofrecen información sobre la frecuencia cardíaca y su variabilidad.

5. Análisis de Amplitudes y Relaciones:

- `calculateAmplitudes` calcula las amplitudes de las ondas P, QRS y T, y `calculateAmplitudeRatios` determina las relaciones de amplitud entre estas ondas, como las relaciones P/QRS y T/QRS. Estos valores ayudan a crear una plantilla detallada del ECG.

6. Función Principal (main):

- La función principal proporciona dos opciones al usuario: **crear una plantilla o verificar un archivo**.
 - **Crear plantilla:** Al elegir esta opción, el código carga un archivo CSV, extrae las características morfológicas, los intervalos R-R, y las relaciones de amplitud, y luego imprime estas características para su uso como plantilla biométrica.
 - **Verificación:** Aunque no está completamente implementada, esta opción está pensada para comparar un archivo de ECG con una plantilla existente para verificar la identidad de la persona.

7. Características Únicas:

Cada característica extraída (morfología de las ondas P, QRS y T, intervalos R-R, relaciones de amplitud) tiene un carácter único para cada individuo, ya que depende de la fisiología específica del corazón de la persona. Esta unicidad convierte la plantilla en una herramienta biométrica útil para verificar la identidad de una persona, similar a una huella digital o al análisis del iris.

8. Propósito de las Características en la Plantilla Biométrica:

- **Ondas P, QRS y T:** La forma de estas ondas es individual para cada persona y refleja el comportamiento eléctrico de su corazón. Almacenar estas características en la plantilla ayuda en la verificación de identidad.
- **Intervalos R-R:** Estos intervalos representan la variabilidad y frecuencia cardíaca, que también pueden ser exclusivos de cada persona.
- **Relaciones de amplitud:** Las relaciones entre las amplitudes de las ondas P, QRS y T añaden un nivel adicional de distinción.

En conjunto, el código crea una plantilla biométrica a partir de datos de ECG, diseñada para ser utilizada en futuras verificaciones de identidad con el mismo tipo de datos.

9. Relación con el Curso

Este proyecto de análisis de ECG se conecta con temas centrales del curso de Estructuras Discretas, específicamente grafos, árboles y criptografía:

1. **Grafos:** Los eventos de la señal (picos e intervalos) pueden modelarse como nodos en un grafo, permitiendo representar la secuencia temporal y relacionar distintos patrones de ECG, lo cual facilita la identificación de irregularidades.
2. **Árboles:** Las características del ECG pueden estructurarse jerárquicamente para optimizar búsquedas en el proceso de verificación. Por ejemplo, un árbol de búsqueda binaria permite una organización rápida y eficiente de datos en plantillas, facilitando la autenticación biométrica.
3. **Criptografía:** Para proteger la confidencialidad de los datos de ECG, técnicas criptográficas, como el hashing, pueden asegurar que las plantillas biométricas se almacenen y verifiquen de forma segura, evitando accesos no autorizados.

Estos conceptos mejoran la eficiencia, seguridad y aplicabilidad del análisis de ECG en contextos de autenticación biométrica, integrando principios de Estructuras Discretas para lograr un sistema robusto y seguro.