

# Procesado de señales electroencefalográficas para determinar características espectrales de episodios epilépticos

Guillem Rueda Cebollero  
Profesor: Francisco Clarià Sancho

Universitat de Lleida

27 de septiembre de 2011

# Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son:

- Minimizar la presencia de señales contaminantes en los electroencefalogramas usando técnicas del procesamiento de la señal.
- Estudiar composición frecuencial para caracterizar un episodio epiléptico.

# Estructura

- Introducción
- ¿Qué es un EEG?
- Diseño del filtro
- Estudio por sub-bandas
- Conclusiones

# Introducción

Los electroencefalogramas (EEG) reflejan la actividad eléctrica superficial de las neuronas en un promedio temporal, exponiendo aquella actividad que se produce de manera sincronizada en una población cuantiosa de neuronas.

Los EEG capturan la actividad de transmisión del impulso nervioso en lo largo de la propia neurona, nunca la actividad relacionada con las sinapsis, sean químicas o eléctricas.

# Potencial de acción

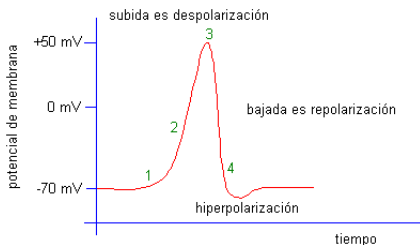
Potencial de acción surge en el intercambio de iones entre el interior y el exterior de la neurona.

En el gradiente y compensación de los iones surge el potencial de acción también llamado impulso eléctrico.

# Potencial de acción

## Desarrollo

- 1 Se abre el canal de sodio
- 2 Se abre el canal de potasio
- 3 Se cierra el canal de sodio
- 4 Se cierra el canal de potasio



# Captación de EEG

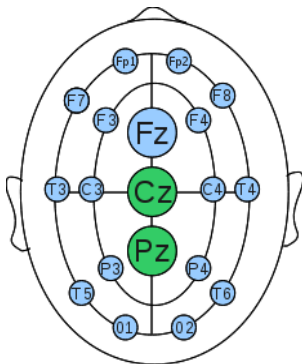
- Se sitúan entre 16-25 sensores en el cráneo
- Los sensores abarcan desde la parte frontal a la occipital
- La situación está estandarizada

# Captación de EEG

La situación del sensor dará nombre al canal de señal:

## Situación

- Frontal (F)
- Central (C)
- Occipital (O)
- Fronto-Polar (Fp)
- Parietal (P)
- Temporal (T)





# Ruidos y artefactos en la señal

La señal EEG puede verse afectada por otras señales eléctricas como:

- Movimientos musculares
- Pestañeo
- Actividad cardiaca

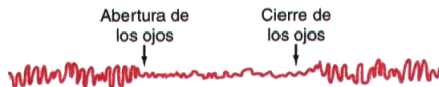
# Ruidos y artefactos en la señal

La presencia en el EEG de estas señales puede alterar la lectura médica del mismo, conduciendo a errores de interpretación.

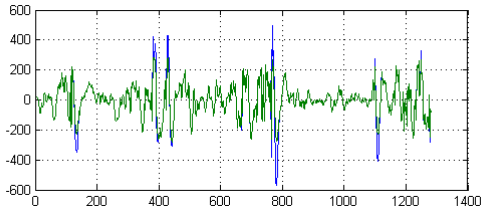
El objetivo es eliminar, en medida de lo posible, la presencia de las señales no deseadas.

# Ruidos y artefactos en la señal

Señal del pestañeo:



Señal filtrada vs señal sin filtrar:



# Base de datos

- Base de datos pública de EEG extraídas del Children's Hospital de Boston.
- Pacientes con epilepsia diagnosticada. Menores de edad, especialmente niños.
- Los niños son los pacientes más difíciles de diagnosticar: mayor actividad cerebral.
- Ficheros con muestreo a 256 Hz, remuestreadas a 64 Hz.

# Filtrado de la señal

- Queremos una señal similar a la de entrada pero sin picos.

# Filtrado de la señal

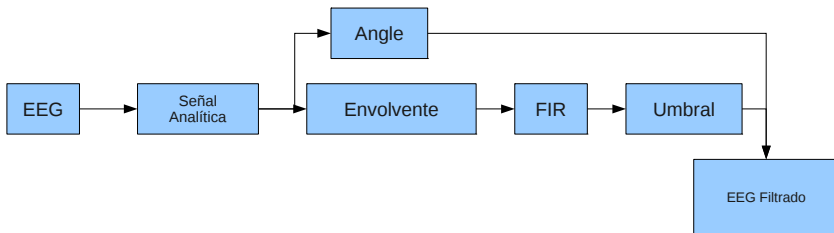
- Queremos una señal similar a la de entrada pero sin picos.
- Se procesará la envolvente de la señal analítica con objeto de crear un umbral de detección de picos.

# Filtrado de la señal

- Queremos una señal similar a la de entrada pero sin picos.
- Se procesará la envolvente de la señal analítica con objeto de crear un umbral de detección de picos.
- Finalmente con la envolvente procesada se reconstruirá la señal con los picos minimizados

# Filtro utilizado

Diagrama de bloques del filtro supresor de picos:





# Hilbert, señal analítica, envolvente

## Transformada de Hilbert

$$h_x(t) = \frac{1}{\pi t} * x(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(t')}{t-t'} dt' = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(t-t')}{t'} dt'$$

Es equivalente a:

$$H(f) = -j \operatorname{sgn}(f)$$

## Señal analítica

$$a_x(t) = x(t) + j h_x(t)$$

Su espectro es:

$$A_x(f) = TF[a_x(t)] = 2X(f)u(f)$$

# Hilbert, señal analítica, envolvente

## Envolvente de la señal analítica

Se define como:

$$e_x(t) = |a_x(t)| = \sqrt{x(t)^2 + h_x(t)^2}$$

Se define fase instantánea como el argumento de la señal analítica:

$$\phi_x(t) = \arg[a_x(t)] = \tan^{-1} \frac{h_x(t)}{x(t)} = \text{Im}[\ln(a_x(t))]$$

Entonces podemos escribir:

$$a_x(t) = e_x(t)e^{j\phi_x(t)} = e_x(t) \cos(\phi_x(t)) + je_x(t) \text{sen}(\phi_x(t)) = x(t) + jh_x(t)$$

Por lo tanto:

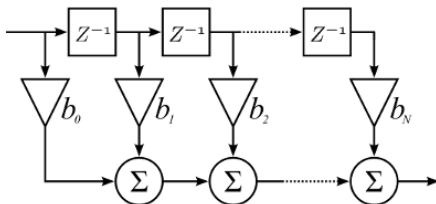
$$x(t) = e_x(t) \cos(\phi_x(t))$$

# Filtro FIR

Se ha seleccionado un filtro FIR (Respuesta Impulsional Finita):

- Filtro pasa bajo
- Usando la envolvente como señal de entrada
- Fácil uso en la computación actual

# Filtro FIR



## Resultado

- El polinomio elegido será de orden 600
- Ancho de banda de 15 Hz

# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.

# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.
- Obtenemos la fase de la señal analítica del EEG.

# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.
- Obtenemos la fase de la señal analítica del EEG.
- A la envolvente le aplicamos el diseño del filtro FIR.

# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.
- Obtenemos la fase de la señal analítica del EEG.
- A la envolvente le aplicamos el diseño del filtro FIR.
- Creamos un umbral, buscando el valor medio de la envolvente y lo sumamos a ella misma.



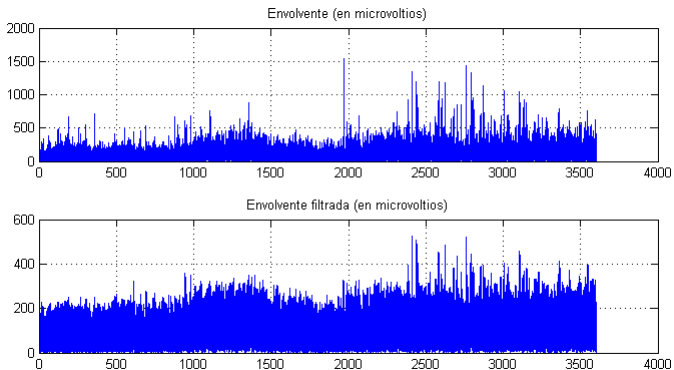
# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.
- Obtenemos la fase de la señal analítica del EEG.
- A la envolvente le aplicamos el diseño del filtro FIR.
- Creamos un umbral, buscando el valor medio de la envolvente y lo sumamos a ella misma.
- Umbral será la amplitud de la función sinusoidal con la que se reconstruye el EEG.

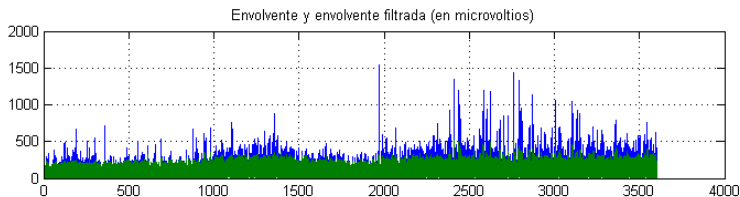
# Programación del filtro en MATLAB

- Obtenemos envolvente de la señal analítica del EEG.
- Obtenemos la fase de la señal analítica del EEG.
- A la envolvente le aplicamos el diseño del filtro FIR.
- Creamos un umbral, buscando el valor medio de la envolvente y lo sumamos a ella misma.
- Umbral será la amplitud de la función sinusoidal con la que se reconstruye el EEG.
- Los valores mayores a la umbral en la envolvente EEG serán substituidos por los de la umbral.

# Señal filtrada vs envolvente



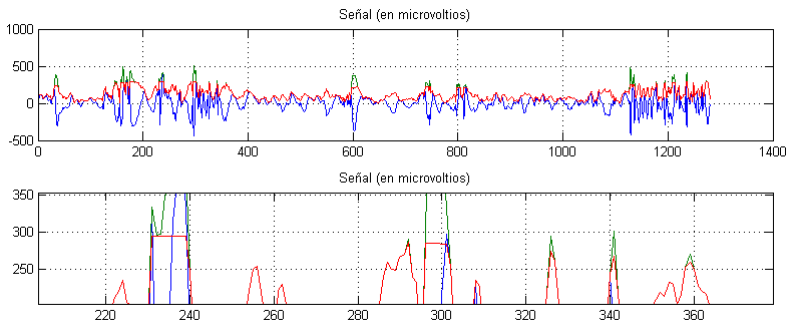
# Señal filtrada vs envolvente



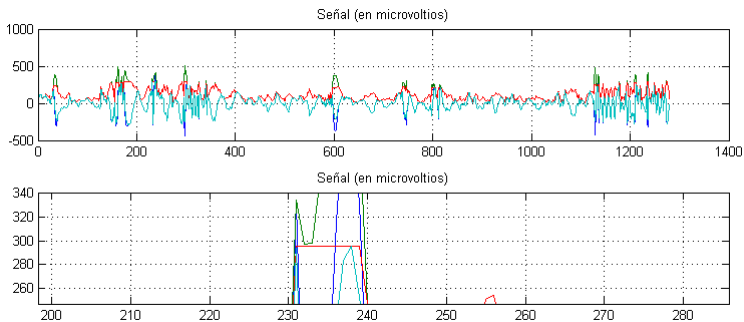
## Resultado

- Desaparecen los picos que se disparan más allá del umbral
- La señal EEG está libre de grandes artefactos instantáneos

# Señal filtrada vs envolvente

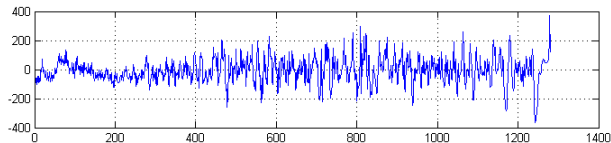
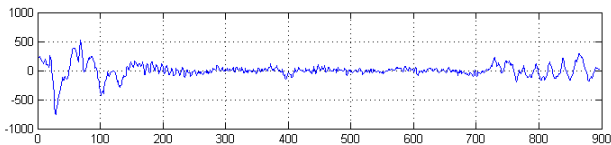


# Señal filtrada vs envolvente



# Introducción

Las convulsiones no pueden ser caracterizadas por una señal EEG determinada:



# Introducción

- No es fiable sólo la lectura de la señal los EEG



# Introducción

- No es fiable sólo la lectura de la señal los EEG
- Hay que aplicar otras formas de estudio de ondas

# Introducción

- No es fiable sólo la lectura de la señal los EEG
- Hay que aplicar otras formas de estudio de ondas
- El estudio por sub-bandas está aceptada por la comunidad médica

# Introducción

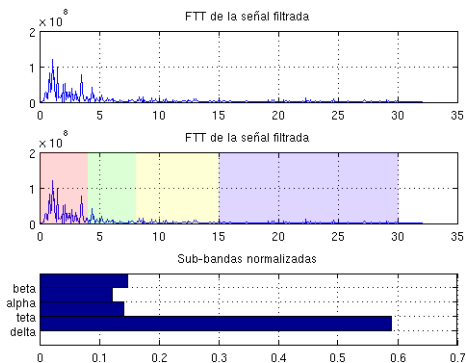
- No es fiable sólo la lectura de la señal los EEG
- Hay que aplicar otras formas de estudio de ondas
- El estudio por sub-bandas está aceptada por la comunidad médica
- Se asocian movimientos, fases del sueño, etc a las sub-bandas

# Introducción

- No es fiable sólo la lectura de la señal los EEG
- Hay que aplicar otras formas de estudio de ondas
- El estudio por sub-bandas está aceptada por la comunidad médica
- Se asocian movimientos, fases del sueño, etc a las sub-bandas
- Con el módulo al cuadrado del espectro de amplitud podremos extraer la energía de cada sub-banda

# Sub-bandas

Hay 4 sub-bandas normalizadas y aceptadas por la comunidad médica:



## Bandas

- Delta  
(0 Hz - 4 Hz)
- Teta  
(4 Hz - 8 Hz)
- Alpha  
(8 Hz - 15 Hz)
- Beta  
(15 Hz - 30 Hz)

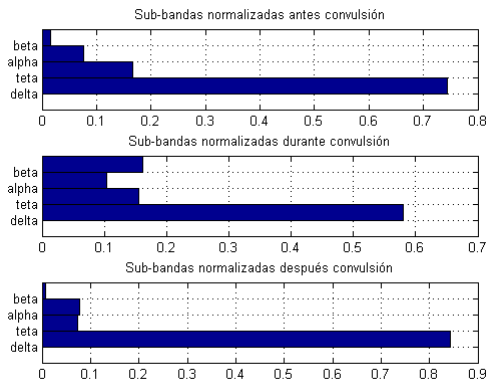
## Periodos de comprobación de las sub-bandas

Para comprobar la variación de los valores de la energía presente en las distintas sub-bandas durante el periodo epiléptico, tomaremos dos periodos: uno anterior y otro posterior al ataque.

Con estos dos periodos podremos constatar si existe una variación porcentual en la energía, y por lo tanto, caracterizar los periodos epilépticos.

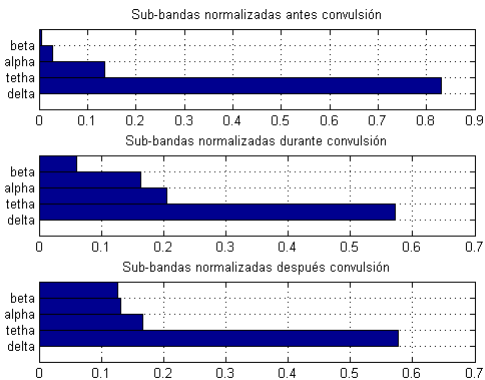
# Paciente CHB04

Paciente de veintidós años:



# Paciente CHB06

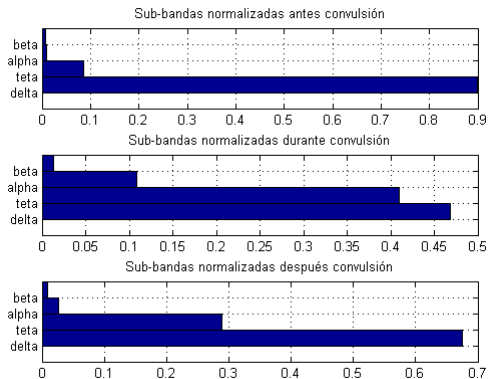
Paciente de año y medio:





# Paciente CHB14

Paciente de nueve años:

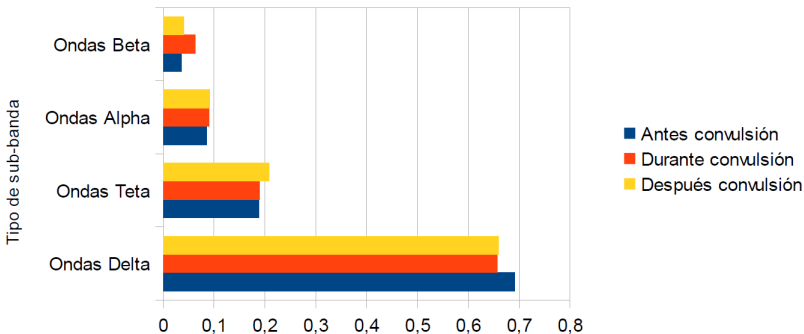


# Ejemplos de distribución de sub-bandas

- Los altos niveles de ondas alpha indican la presencia de una fuerte actividad motora.
- Hay una variación en los porcentajes de las distintas sub-bandas antes, durante y después de la convulsión.
- La variación de los porcentajes no es idéntica en los diferentes pacientes.

# Resultado después de todas las muestras

Promedio de los resultados en las distintas sub-bandas



# Conclusiones finales

- Hay que profundizar en el estudio estadístico de las sub-bandas

# Conclusiones finales

- Hay que profundizar en el estudio estadístico de las sub-bandas
- Uso de mayor cantidad de muestras de episodios epilépticos

# Conclusiones finales

- Hay que profundizar en el estudio estadístico de las sub-bandas
- Uso de mayor cantidad de muestras de episodios epilépticos
- Mejorar el filtrado de los EEG

# Conclusiones finales

- Hay que profundizar en el estudio estadístico de las sub-bandas
- Uso de mayor cantidad de muestras de episodios epilépticos
- Mejorar el filtrado de los EEG
- Validar los resultados de los EEG, expansión de su uso.