

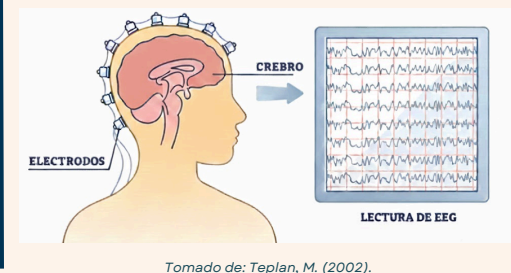
RECONOCIMIENTO DE SEÑALES EEG

Señales y Sistemas aplicados a Imaginación Motora (MI)

¿Qué se quiere resolver?

Objetivo: Reconocer patrones de imaginación motora (MI) a partir de señales EEG ruidosas y no estacionarias.
Desafío: Convertir señales biológicas en información útil.

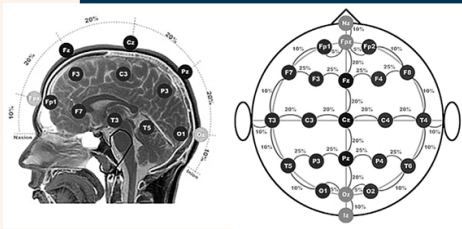
El EEG no se puede clasificar directamente: debe procesarse.



Tomado de: Teplan, M. (2002).

Estructura de los datos EEG

En el análisis EEG, los datos se organizan en trials, canales y muestras. Los trials representan repeticiones de un mismo evento, los canales corresponden a los electrodos y las muestras describen la evolución temporal de la señal, permitiendo analizar qué ocurre, dónde ocurre y cómo cambia en el tiempo la actividad cerebral.



Tomado de: Niedermeyer, E., & da Silva, F. (2005).

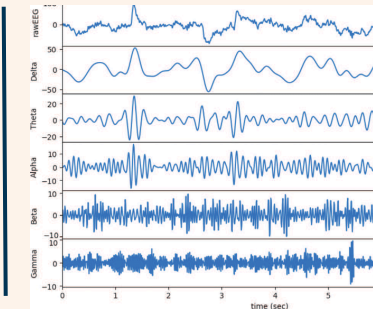
Modelado de la señal $x_c[n]$, $c = 1, \dots, 64$

Cada canal de EEG se modela como una señal en **tiempo discreto** $x_c[n]$. El sistema completo está conformado por 64 canales, ensayos de 7 s, frecuencia de muestreo: 256 Hz, 1792 muestras por ensayo.

EEG crudo (Dominio temporal)

Dominio temporal -> EEG crudo contiene actividad neuronal mezclada con artefactos fisiológicos: Parpadeos (EOG) Actividad muscular (EMG) Ruido ambiental.

Además de correlaciones espaciales entre canales debido a la conducción de volumen. Esta superposición de procesos impide la clasificación directa y motiva el preprocesamiento. **El EEG contiene información en bandas específicas.**



Tomado de: MNE-Python documentation.

Procesamiento tiempo-frecuencia de señales EEG

Filtros digitales

Separan el EEG en bandas de frecuencia relevantes mediante sistemas LTI. Este paso reduce ruido y aísla ritmos cerebrales asociados a procesos cognitivos específicos.

Integra información temporal y espectral para analizar cómo cambian las frecuencias del EEG en el tiempo. Es adecuada para señales no estacionarias como las señales cerebrales.

Representación tiempo-frecuencia

Analisis

STFT (Transformada de Fourier de Tiempo Corto)

Aplica Fourier en ventanas temporales deslizantes, obteniendo análisis espectral local. Permite detectar cambios transitorios con un compromiso entre resolución temporal y frecuencial.

Visualiza la STFT mediante un mapa de energía en tiempo y frecuencia. Facilita la identificación de patrones dinámicos como ERD y ERS corticales.

Espectrogramas Visualización

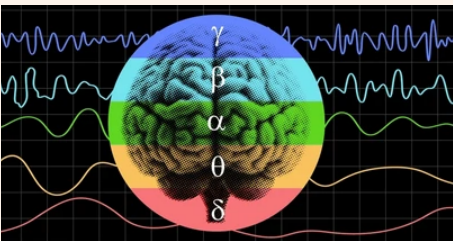
Análisis espacial

Los mapas topográficos permiten visualizar la distribución espacial de la potencia EEG: **Actividad alfa:** Predominante en regiones occipitales.

Actividad beta: Concentrada en áreas sensoriomotoras, especialmente en electrodos C3 y C4. Estas distribuciones evidencian la lateralización asociada a la imaginación motora.

Ritmos cerebrales

Las oscilaciones cerebrales se agrupan en bandas de frecuencia asociadas a distintos estados cognitivos. Mientras delta y theta representan procesos lentos, las bandas alfa (8-13 Hz) y beta (13-32 Hz) están directamente relacionadas con la activación cortical y son las más relevantes para la imaginación motora.



Tomado de: Teplan, M. (2002).

Análisis por bandas

El análisis por bandas muestra que:

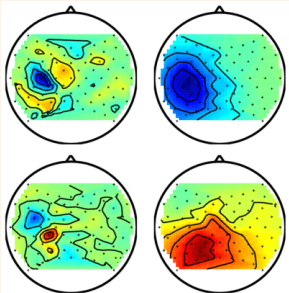
Delta y theta: Presentan alta energía pero baja capacidad discriminante.

Alfa: Refleja modulaciones asociadas a desincronización y sincronización cortical.

Beta: Presenta patrones directamente relacionados con la actividad motora imaginada. Por ello, el rango 8-30 Hz es prioritario en MI.

Dominios

Temporal -> EEG crudo
Frecuencia -> FFT / Bandas
Tiempo-frecuencia -> STFT / Espectrograma
Espacial -> CSP



Common Spatial Patterns (CSP)

Método de filtrado espacial supervisado que proyecta el EEG multicanal en componentes que maximizan la varianza de una clase y minimizan la de la clase opuesta. Las características extraídas, basadas en la varianza logarítmica de estas componentes, permiten una clara separación entre clases de MI.

Pipeline de procesamiento

El reconocimiento de EEG se implementa como una cadena de sistemas de procesamiento:



3. Extracción de información

Se analizan patrones en los dominios temporal y frecuencial mediante técnicas como FFT o STFT.

1. Captura de la señal

Los electrodos EEG registran la actividad eléctrica cerebral generada durante la imaginación del movimiento.

2. Preprocesamiento

La señal se filtra para reducir ruido y aislar bandas relevantes como alfa y beta.

4. Reconocimiento

Modelos de clasificación identifican la intención motora del usuario.

5. Acción de salida

La intención detectada se convierte en una acción sobre un dispositivo o sistema.



Tomado de: Heraldo de Aragón. Prótesis robótica controlada por señales cerebrales.

El reconocimiento de señales EEG permite transformar la actividad cerebral en información interpretable sobre los estados e intenciones del usuario. Este enfoque es fundamental para el desarrollo de interfaces cerebro-computador, sistemas de rehabilitación, control de prótesis y aplicaciones en neuroingeniería, ya que posibilita la interacción directa entre el cerebro y sistemas externos a partir del análisis de la actividad neuronal.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Elaborado por:
María de los Ángeles Prieto Ortega y Mariana Zuluaga Yepes