

## TECNICAS DE CLASIFICACION PARA NEUROSEÑALES

### Technical Classification For Neurosignals

#### RESUMEN

El desarrollo de una nueva interfaz de comunicación entre los humanos y las computadoras, por medio de ondas electroencefalográficas (EEG). Usa la extracción de características de señales EEG que permitan identificar una acción que el usuario desea realizar. La búsqueda de características se centra en parámetros en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. Después de conocer estas técnicas, se presentan los primeros productos comerciales que utilizan esta tecnología, así como las características principales de dichos productos.

**PALABRAS CLAVES:** Electroencefalografía, Interfases cerebro computador (BCI), Redes neuronales artificiales, transformadas wavelets

#### ABSTRACT

*The development of a new communication interface between humans and computers, through wave electroencephalographic (EEG). Use the feature extraction of EEG signals to identify an action that the user wants to perform. The search feature focuses on parameters in the time domain and frequency domain. After learning these techniques, we present the first commercial products using this technology, as well as the main features of these products.*

**KEYWORDS:** Brain Computer Interface, Electroencephalographic, Neural networks, Wavelet Transform.

#### PAULO ANDRÉS VÉLEZ Á.

Ingeniero Electrónico.  
Estudiante maestría instrumentación física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
pavelez@hotmail.com

#### HAEDERS SALDARRIAGA V.

Ingeniero Electrónico.  
Estudiante maestría instrumentación física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
Ing\_haeders@hotmail.com

#### HUMBERTO LOAIZA C.

Ingeniero Electricista  
Msc en Automática  
PhD en Robótica  
Universidad del Valle  
hloaiza@univalle.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidades motoras, pueden utilizar la zona de su cerebro que controla la intención de movimiento o al menos imaginar la dirección del mismo, lo que se pretende es poder adquirir estas señales y clasificarlas según la dirección del mismo y poder usarla en el control de equipos electrónicos.

Las ondas electroencefalográficas, son señales de bajo niveles de voltaje y suelen ser afectadas por el ruido e interferencias; a demás de ser complejas en cuanto a su frecuencia y forma, esto las hace normalmente difíciles de utilizar, pero también se sabe que estas, según su ubicación, pueden contener características que las hacen útiles en la ubicación de señales sensomotoras, lo cual puede ser útil para la creación de interfaz cerebro-computadora, ya que si se logra extraer las características fundamentales de estas, se podrán convertir en ordenes que permitan controlar equipos electrónicos.

Las señales electroencefalográficas, contienen la información que reciben las neuronas motoras para realizar sus actividades, así que lo que se pretende es obtener dichas señales y poder identificar los datos que identifican el movimiento que se trata de realizar en un momento dado y utilizar esta información posteriormente como señal de control.

Utilizando transformadas matemáticas se puede realizar una adecuación de los datos obtenidos para extraer de ellos las principales características que los diferencian entre si. Utilizando algoritmos de clasificación que permitan agrupar los resultados, se puede definir una salida, correspondiente a la acción que se quiera realizar.

Actualmente se esta trabajando sobre el diseño de equipos que permitan conectar estas señales con equipos electrónicos tales como computadores personales, estos equipos se conocen como Interfases cerebro-computador (BCI).

## 2. SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS (EEG)

La electroencefalografía es el estudio del sistema nervioso, es el procedimiento que consiste en medir las señales del cerebro; esto se hace uniendo los electrodos en el cuero cabelludo o en la corteza cerebral (ésta es esencial en funciones importantes del cerebro como la memoria, la atención, el conocimiento perceptivo, el “pensamiento”, la lengua y los sentidos.), estos electrodos registran las señales u ondas cerebrales proporcionadas por un gran conjunto de neuronas en los individuos a los que se les practica.

El EEG se utiliza para probar la función del cerebro, registra las diferencias del voltaje entre las partes del

Fecha Recepción: 9 de Septiembre de 2010

Fecha aceptación: 15 de Noviembre de 2010

cerebro, pero no mide corrientes eléctricas. Se utiliza popularmente en la experimentación pues se aplica principalmente con medidas no invasoras. Por otra parte, el paciente no necesita hablar, trasladarse, o aún demostrar ninguna emoción para registrar los datos; el aparato puede incluso detectar señales eléctricas resultando de respuestas secretas a los estímulos.

**3. SISTEMAS CONTROLADOS POR EEG**

La Interfase Cerebro-Computador (BCI), actúa mediante la detección de actividad mental por medio de señales electrofisiológicas, tales como los impulsos de un electroencefalograma (EEG) o los de un electrocorticograma ("ECoG"). Estos impulsos son traducidos a señales de control. De esta forma, las ondas cerebrales pueden ser usadas para ingresar datos o mover el cursor en un monitor de un Computador.

El controlar dispositivos con la mente ha sido por mucho tiempo un tema recurrente en la ciencia ficción y mientras éste continúa alimentando a la imaginación, es posible permitir que pacientes completamente paralizados puedan comunicarse e interactuar con el medio ambiente.

La señal, captada en el cuero cabelludo, presenta una variación de amplitud en torno a las decenas de microvoltios y en el rango de frecuencia comprendido aproximadamente entre 0.1 y 60Hz. Si se consiguiera aprender rápidamente a controlar dichas características, la señal EEG podría presentar una nueva función cerebral; podría convertirse en una nueva señal de salida que permitiera comunicar los deseos de una persona a un componente externo.

Extrayendo características de la electroencefalografía humana se puede llevar a cabo interfaces cerebrocomputadora. Se hace necesario llevar a cabo un entrenamiento de los datos para cada individuo. Al ser cada individuo diferente, se deberá analizar las señales adecuadamente y ajustar los parámetros convenientemente para lograr una buena clasificación de la señal.

**4. SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES**

Este tipo de sistemas se usan para tratar de identificar patrones dentro de un conjunto de entrada, que puede ser una señal proveniente de cualquier sistema. El procedimiento principal es la clasificación de la señal dependiendo de sus características.

**4.1 Estadísticos**

Se presentan situaciones, donde un fenómeno no es posible modelarlo matemáticamente, debido a su naturaleza propia, en estas situaciones, se hace necesario,

generar modelos de caja negra, es decir modelos que calculen la probabilidad de una salida, teniendo como referencia, algunas variables de entrada.

**Redes bayesianas**

Es un modelo de aprendizaje que relaciona un conjunto de variables aleatorias a través de un grafo dirigido que muestra la influencia causal. Utiliza el teorema de Bayes para determinar la influencia de cierta evidencia, permitiendo tener una estimación de probabilidad ante nuevas evidencias.

Tiene un aprendizaje paramétrico, es decir toma el nuevo conocimiento, con referencia a los casos presentados previamente, el aprendizaje puede tomar solo una fracción de datos para el aprendizaje por expansión - Maximización EM o todos los datos para el aprendizaje por selección de la máxima probabilidad ML.

En su aprendizaje estructural tiene algoritmos basados en pruebas de independencia y también por puntuación y búsqueda, teniendo en cuenta para la puntuación

**4.2 Redes neuronales artificiales (RNA)**

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales que emulan el cerebro, tomando como elementos de procesamiento las neuronas artificiales, que son similares a las neuronas biológicas, a nivel funcional, es decir, toman una cantidad de conexiones que pueden provenir de otras neuronas, o de elementos sensores (entradas) y después de realizar una ponderación de cada entrada con el peso asociada a la misma, se obtiene una salida al aplicar esta ponderación, a una función de activación.

**Red neuronal LVQ (Learning Vector Quantization)**

Esta red es un híbrido que emplea tanto aprendizaje no supervisado, como aprendizaje supervisado para clasificación de patrones. En la red LVQ, ver figura 1, cada neurona de la primera capa es asignada a una clase, después cada clase es asignada a una neurona en la segunda capa. El número de neuronas en la primera capa, S1 debe ser mayor o al menos igual que el número de neuronas en la segunda capa, S2.

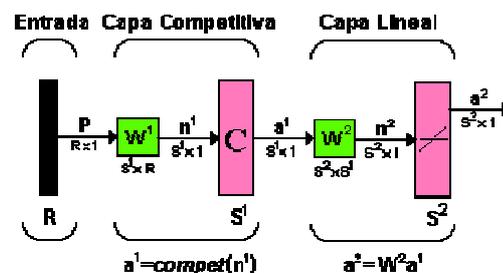


Figura 1. Red neuronal LVQ1.

Al igual que con redes competitivas, cada neurona en la primera capa de la red LVQ aprende un vector prototipo, el cual permite a la neurona clasificar una región del espacio de entrada, sin embargo en lugar de calcular la distancia entre la entrada y el vector de pesos por medio del producto punto, la red LVQ calcula la distancia directamente.

## 5. TRANSFORMADAS MATEMÁTICAS

En el procesamiento de señales se pueden encontrar diferentes tipos de señales estacionarias y no estacionarias. Las primeras son localizadas en el tiempo, ya que su frecuencia no varía, este tipo de ondas son estudiadas por medio del análisis de Fourier, que permite su descomposición en términos de sus componentes sinusoidales, es decir, transforma la señal de la base de tiempo a la base de frecuencia y de igual manera permite el paso del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo, sin embargo en este último se pierde información necesaria, que por ser de carácter estacionario, no resulta relevante.

### 5.1 Transformadas de ventanas de Fourier

En el caso de las señales con comportamiento noestacionario, es decir, aquellas cuya frecuencia varía en el tiempo, al tener la señal producto de la transformada de Fourier resulta imposible realizar el paso al dominio del tiempo porque no permite determinar en que momento se presenta un cambio en la frecuencia.

Surge entonces la necesidad de contar con una representación localizada en el tiempo y la frecuencia, como consecuencia de la desventaja presentada por el análisis de Fourier. De esta manera Gabor implementa el uso de la STFT (Short Time Fourier Transform), que consiste en analizar una pequeña sección de la señal a través de una ventana de longitud fija, llevando la información contenida en este pequeño intervalo del dominio del tiempo a la escala bidimensional de tiempo y frecuencia, donde se puede conocer cuándo y a qué frecuencia ocurre un suceso.

### 5.2 Wavelet

En el entorno actual existen señales por todas partes que necesitan ser analizadas: Los temblores sísmicos, el habla humana, las vibraciones de un motor, las imágenes en medicina, los datos financieros, la música y muchos otros tipos de señales que tienen que ser eficientemente codificadas, comprimidas, limpiadas, reconstruidas, descritas, simplificadas, modeladas, distinguidas, o localizadas. El análisis Wavelet es un conjunto de técnicas matemáticas para conseguir estos objetivos.

El análisis Wavelet, como se ve en [2] representa el siguiente paso lógico: una técnica donde se utilice ventanas con tamaño variable. El análisis Wavelet

permite utilizar intervalos temporales largos donde queramos más información precisa de baja frecuencia, y regiones más cortas donde queramos una información de alta frecuencia. La muestra las diferentes características que distinguen a cada una de las principales técnicas de análisis de señales: el dominio temporal (Shannon), el dominio de frecuencias (Fourier), el STFT (Gabor) y el análisis Wavelet.

Una ventaja importante del análisis Wavelet es la habilidad para realizar análisis locales. Consideremos, por ejemplo, una señal sinusoidal con una pequeña discontinuidad, tan pequeña que apenas es visible. Una representación de los coeficientes de Fourier de esta señal no mostraría nada particularmente interesante: un espectro plano con dos picos representando una única frecuencia.

No obstante, una representación de los coeficientes wavelet mostraría claramente la situación de la discontinuidad en el tiempo.

## 6. EQUIPOS COMERCIALES DE BCI

En los últimos años se ha iniciado el uso de estas tecnologías, tratando de integrarlas en productos que puedan llegar al usuario final. Las dos primeras empresas que proporcionaron productos comerciales son: Emotiv y Neurosky.

### 6.1 Ocz Technologies

Esta empresa de San Jose – California, fue la primera en introducir un equipo que incorporara la tecnología BCI, este equipo Neural Impulse Actuator (nia) se utiliza como joystick y se conoce como nia Game Controller. Consiste de 3 electrodos que toman señales en la frente del jugador, ver figura 2.



Figura 2. NIA Game Controller.

Este equipo utiliza un canal de electrooculografía, otro de electromiografía y uno de electroencefalografía, para recibir las señales y con los datos entrenados, seleccionar la acción a ejercer como un joystick convencional para juegos, este equipo se conecta con un puerto usb 2.0 de

forma cableada, no siendo muy cómodo para el usuario final. El precio comercial de este equipo es de U\$ 149 en Estados Unidos.

### 6.2 Neurosky

Empresa originaria también de San Jose – California, la base de su tecnología es un circuito integrado llamado Thinkgear, el cual realiza la lectura de un canal EEG, lo amplifica, filtra y entrega dos valores, uno correspondiente a una variable de atención y otra a una de relajación. Debido a que esta empresa proporciona el circuito integrado, otras empresas especializadas en juegos han podido diseñar juguetes con esta tecnología como el mindflex game de Mattel que fue el juguete más vendido en Diciembre de 2009 en USA o el Star Wars Force Trainer de Uncle Milton.

Esta empresa distribuye su propia interfase que se llama mindset, ver figura 3. El cual hace las veces de diadema multimedia que se conecta via Bluetooth al Pc. Posee un único canal que mide la actividad EEG de la frente.



Figura 3. Mindset de Neurosky

Desde el sitio web, se proporciona a los desarrolladores una API gratuita para desarrollo de aplicaciones en Java, Visual Studio y a través de una conexión por XML. El software de investigación más avanzado, es necesario adquirirlo por separado. El precio comercial de este equipo es de U\$ 199 en Estados Unidos.

### 6.3 Emotiv

Es una empresa australiana que fue fundada en 2003 por 4 científicos y ejecutivos, que después de años de investigación en conjunto con la Universidad de Sydney y la Universidad Tecnológica de Sydney, desarrollaron y comercializaron a partir de Junio de 2009 el Emotiv EPOC (Figura 4), es un sistema que consiste en 14 electrodos repartidos en la zona frontal de la cabeza, que se conectan a través de un dispositivo Bluetooth al Pc.



Figura 4. Emotiv EPOC

El equipo utiliza electromiografía, electroencefalografía y un giroscopio, que permiten detectar las expresiones faciales, así como la actividad cerebral para controlar por software, diferentes aplicaciones (algunas gratuitas, otras no) que se pueden adquirir desde el sitio web corporativo, además de las herramientas de desarrollo e investigación que se encuentran desde los U\$ 500 hasta los U\$ 7500. El precio comercial de este equipo es de U\$ 299 en Estados Unidos.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas para interfaz cerebro - computadora (BCI), aunque todavía están en instancias de desarrollo y experimentación, llegarán a ser cada vez más aplicados; y los enormes avances en las investigaciones de las señales cerebrales, harán de ellos uno de los campos más importantes en la ingeniería biomédica.

El cerebro genera ritmos sin parar. Los ritmos cerebrales constituyen un lenguaje de comunicación entre neuronas mientras procesan información. Esto se puede ver gracias al EEG que aporta importantes aplicaciones clínicas en campos como el diagnóstico, ya que permite conocer el estado mental general de una persona.

El desarrollo y mejora de estos sistemas ayudará a integrar tres campos de investigación que en los últimos años que han estado muy separados, la Inteligencia Artificial, la Neurociencia y la Robótica.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://ohm.utp.edu.co/neuronales/Capitulo2/Competitivas/LVQ.htm>
- [2] MALLAT STÉPHANE. "A wavelet tour of signal processing", Elsevier USA, 1999
- [3] VAN DRONGELEN, WIM. "Signal processing for neuroscientists", AP, 2008
- [4] KAMEN, EDWARD W, HECK, BONNIE S. "Fundamentals of signals and Systems using the web and matlab", Prentice hall, 2007