

ALGORITMO PARAMETRICO PARA LA DETECCION AUTOMATICA DE ARTEFACTOS EN ELECTROENCEFALOGRAFIA

MUÑOZ GAMBOA C. SALDIVAR SALAZAR E.

Maestría en Ingeniería Biomédica.

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - IZTAPALAPA

RESUMEN

Se presenta la demostración práctica de la efectividad de un algoritmo detector de los artefactos que tienen lugar durante la adquisición del electroencefalograma (EEG). El algoritmo se basa en la separación de las señales en dos regiones distintas de un espacio paramétrico, mediante un modelo que distingue las señales no contaminadas de las que contienen artefactos. Las ventajas del algoritmo son que puede detectar y reconocer los artefactos en tiempo real, al mismo tiempo que diagnosticar algunos errores de la técnica de adquisición.

INTRODUCCION

El EEG es una técnica para registrar la actividad eléctrica cerebral, que se emplea desde hace unos cincuenta años en neurología para caracterizar el comportamiento del cerebro. En realidad es una herramienta más de las que dispone el especialista para ayudarse en el diagnóstico o en la evaluación clínica de un paciente en particular, así como para el estudio

del efecto que tienen sobre el sistema nervioso diferentes drogas y enfermedades.

En los últimos años se ha popularizado una versión computarizada del EEG, conocida como mapeo cerebral, la cual realiza una representación gráfica (Ref. 1) de los resultados del EEG tradicional. Esta popularidad se debe a que durante los llamados "estados hipofuncionales", el espectro de frecuencia de las señales eléctricas cerebrales permite caracterizar el comportamiento del cerebro mediante las cuatro bandas que se señalan a continuación:

Delta	:	0.3 a 4 Hz
Theta	:	4 a 8 Hz
Alfa	:	8 a 13 Hz
Beta	:	13 a 30 Hz

La proporción de las cuatro bandas, en cada punto del cerebro, permite caracterizar el comportamiento de éste. Por ejemplo, en un sujeto normal las ondas alfa se presentan principalmente en las regiones parietal y occipital; mientras que las beta son frontales y centrales.

Sin embargo, durante la adquisición o debido a fallas en la técnica empleada se presentan diversas señales espúreas que no proceden de la corteza cerebral, las que se denominan comúnmente "artefactos". Tales señales pueden proceder de la actividad muscular del sujeto, de otras señales eléctricas del organismo o a deficiencias en el proceso de adquisición.

Para representar gráficamente el comportamiento del cerebro sobre la base de las señales eléctricas obtenidas, se aplican diversos algoritmos para calcular la presencia de cada banda en las diferentes señales, mediante algún método de estimación espectral (véase la figura 1). Sin embargo, las señales espúreas distorsionan seriamente la objetividad de los cálculos. Por ello se hace imprescindible que el especialista determine cuales serán los segmentos que podrán analizarse, o que un algoritmo eficiente pueda detectarlos apropiadamente y así evitar que sean procesados. Tal es la función del algoritmo que se propone en el presente trabajo.

EL SISTEMA

El sistema que se toma como base para la adquisición y el procesamiento de las señales es un sistema de mapeo cerebral compuesto de un electroencefalógrafo convencional de hasta 16 canales (aunque es relativamente simple la expansión a un número

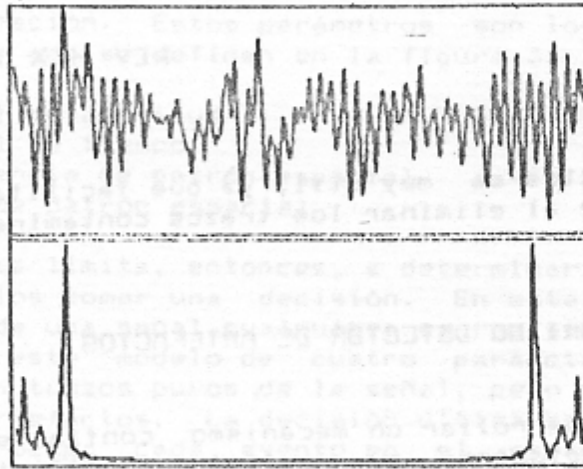


Fig. 1. Ejemplo de una señal de EEG y su densidad espectral calculada por computadora.

mayor), una tarjeta de conversión A/D y una microcomputadora del tipo IBM PC. Se considera como un elemento básico de estandarización, que los electrodos cumplan con la distribución del Sistema Internacional 10-20, tal como se esquematiza en la figura 2, donde se observa un diagrama en bloques del sistema.

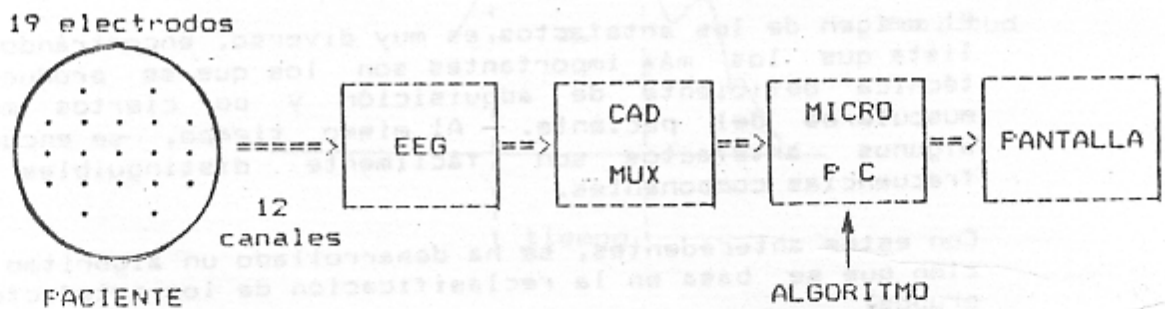


Fig. 2. Diagrama esquemático del sistema de análisis automático del EEG con detección de artefactos.

La intervención del usuario, que se produce interactivamente a través del teclado, se limita a adquirir, aceptar o rechazar los datos adquiridos, y también a almacenarlos o procesarlos. En todo este proceso, el algoritmo de detección y reconocimiento de

artefactos es muy útil, ya que facilita las decisiones que deben tomarse al eliminar los trazos contaminados.

EL ALGORITMO DETECTOR DE ARTEFACTOS

Para desarrollar un mecanismo confiable de detección automática de artefactos, se realizó un análisis de todas las señales espúreas que pueden presentarse en una sesión típica de EEG. Una lista resumen de este estudio es la siguiente (Ref. 2):

1. Movimiento muscular facial
2. Deglución
3. Sudoración
4. Parpadeo y temblor palpebral
5. Electrodo cercanos (mal colocados)
6. Respiración
7. Interferencia de 60 Hz
8. Falso contacto
9. Electrodo suelto
10. Movimiento ocular
11. Detección del ECG y pulso
12. Contacto físico con el paciente

El origen de los artefactos es muy diverso, encontrándose en esta lista que los más importantes son los que se producen por una técnica deficiente de adquisición y por ciertos movimientos musculares del paciente. Al mismo tiempo, se encuentra que algunos artefactos son fácilmente distinguibles por sus frecuencias componentes.

Con estos antecedentes, se ha desarrollado un algoritmo de detección que se basa en la reclasificación de los artefactos en tres grupos:

1. Artefactos distinguibles en frecuencia
2. Artefactos generados por una técnica de adquisición deficiente
3. Artefactos que generan un patrón espacial, porque afectan a varios canales en forma simultánea

Los dos primeros grupos se eliminan mediante la aplicación de filtros digitales y del uso de la técnica de adquisición correcta. Sin embargo, el tercer grupo, que no responde a estos tratamientos, puede detectarse (y de hecho, reconocerse) mediante la estrategia de determinar cuatro parámetros de la señal en tiempo real. Se supone que los cuatro parámetros son independientes entre sí, lo cual no es totalmente cierto (según se demostró en las pruebas), sin embargo, resulta ser una muy

buena aproximación. Estos parámetros son los que se indican a continuación y que se definen en la figura 3:

1. Umbral de amplitud
2. Umbral de tiempo
3. Ocurrencia de patrón espacial
4. Tipo de patrón espacial

El algoritmo se limita, entonces, a determinar estos parámetros y en base a ellos tomar una decisión. En esta forma, todo evento interesante de una señal cualquiera es registrado y modelado con la ayuda de este modelo de cuatro parámetros. Esto ocurre, inclusive, con trozos puros de la señal, pero que son sospechosos de contener artefactos. La decisión última se deja a cargo de la posición que ocupa cada evento en el espacio paramétrico de cuatro coordenadas que se define en relación con el modelo.

A causa de la definición, el algoritmo resulta ser muy rápido, simple y adaptable a cualquier montaje. Esto es de la mayor importancia, ya que cada montaje determina los patrones espaciales específicos que pueden llegar a presentarse.

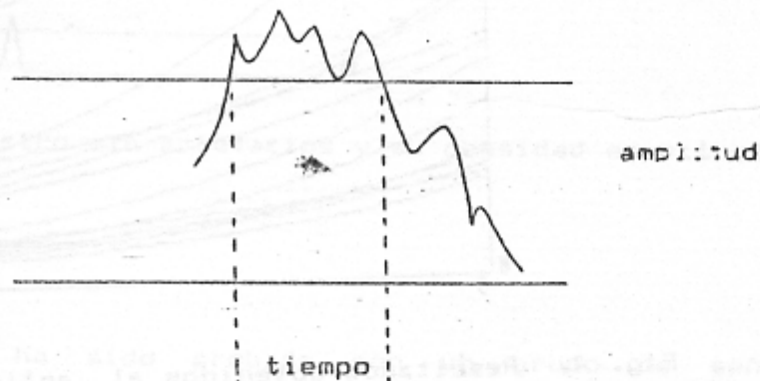


Fig. 3. Definición de los umbrales de amplitud y tiempo.

Debe destacarse también que, para recalcar la independencia de los parámetros, se ha considerado como válida la posibilidad de que la ocurrencia sea cero, en tanto que exista un patrón definido, es decir, que se presenten patrones espaciales de señales dudosas aunque el algoritmo declare la inexistencia de artefactos. Esta situación se agregó para completar todas las

posibilidades al suponerse que los parámetros son independientes, sin embargo, no se observó ningún caso durante las pruebas.

Aunque a primera vista la fijación de los umbrales de tiempo pudiera considerarse crítica, en la realidad no lo es, ya que no es el único parámetro que interviene. De hecho, durante las pruebas realizadas para caracterizar el algoritmo se consideraron todas las variaciones posibles de estos parámetros y se encontró que existe una clara distinción entre los grupos de señales, tal como se observa en la figura 4 (Ref. 3). Además, aunque se dé el caso de señales puras que presenten patrones espaciales a causa de una combinación fortuita de valores, los demás parámetros se encargan de separar esta señal y situarla en el grupo de las que no contienen artefactos.



Fig. 4. Resultados obtenidos al aplicar el algoritmo a un grupo de señales experimentales, con y sin artefactos.

Por otra parte, el algoritmo presenta la particularidad de que es sensible a la definición de los umbrales. Pero, en realidad esto se debe a que los distintos canales afectados por un artefacto no cruzan los umbrales en forma simultánea. Por ello, debe considerarse algún tiempo de desfaseamiento y un pequeño retraso en la decisión, la cual se produce en el momento en que la señal vuelve a la normalidad, o sea, cuando el fenómeno detectado ha concluido. La determinación a posteriori, unida al hecho de que para cada artefacto son sólo algunos los canales afectados, permite determinar con precisión el tipo de artefacto que se está presentando, es decir, se tiene la capacidad de reconocimiento.

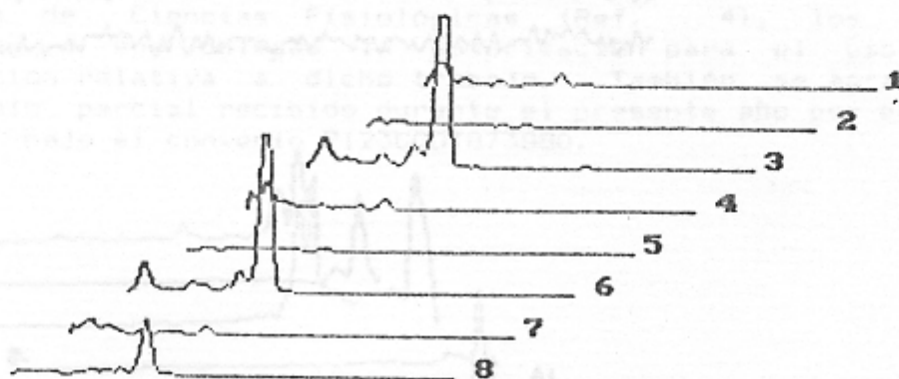
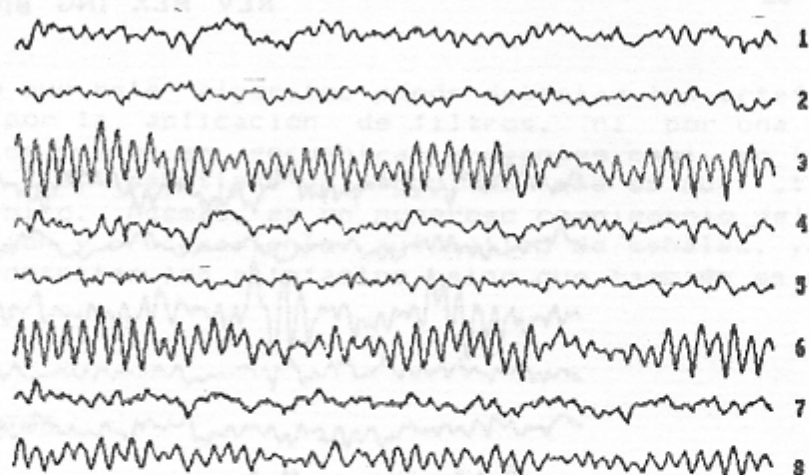


Fig. 5. Registro sin artefactos y su densidad espectral.

RESULTADOS

El algoritmo ha sido probado con un grupo de señales EEG adquiridas en condiciones de ausencia y presencia de artefactos, que consideraron un total de 20 sujetos experimentales, en registros de hasta 25 segundos cada uno. A modo de ejemplo, en la figura 5 se observan los registros de un bloque de señales sin artefactos, así como sus correspondientes densidades espectrales. En la figura 6, en cambio, se muestra el caso de un registro con artefactos oculares y su densidad espectral.

Por otra parte, la figura 4 es una demostración de la efectividad del algoritmo, ya que se observa en ella claramente la distinción

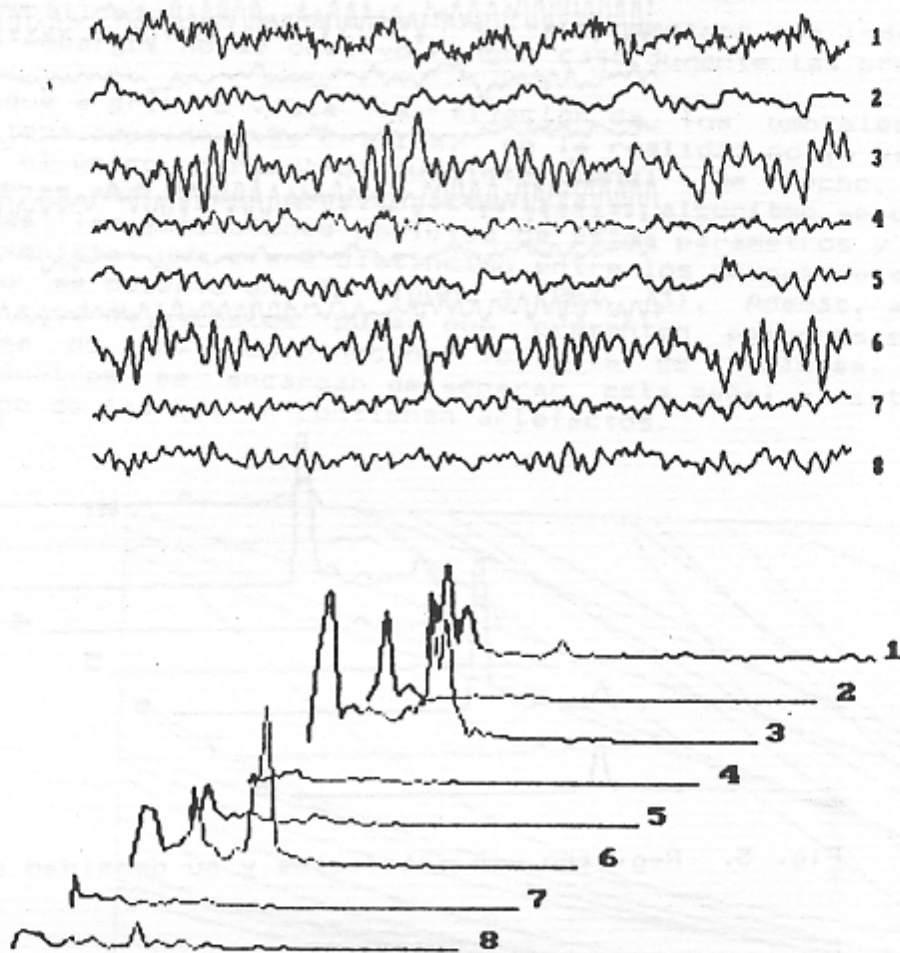


Fig. 6. Registro con artefactos y su densidad espectral.

de las señales en dos regiones separadas. Al escoger como umbral de separación cualquier punto que se encuentre situado en la región central de la figura, se tendrá que el algoritmo realizará su función en forma óptima.

Después de realizada la prueba, se encontró que los artefactos fueron detectados y reconocidos en el 97.6% de los casos y ninguna señal pura fue reportada como contaminada.

Es interesante destacar, además, que siempre que hubo detección, también hubo reconocimiento. Por otra parte, los pocos casos en que el algoritmo presentó errores correspondieron a señales y artefactos de muy bajo nivel, en las que la opinión de los especialistas no era definitiva.

CONCLUSIONES

Considerando que este algoritmo puede detectar los artefactos no eliminados por la aplicación de filtros, ni por una técnica correcta, los cuales se encuentran presentes casi en todas las sesiones de EEG, se tiene un algoritmo que es muy útil en el ambiente clínico. Además, es un poderoso complemento del sistema de adquisición y procesamiento automático de señales, ya que no sólo puede detectar los artefactos, sino que también es capaz de reconocerlos.

RECONOCIMIENTOS

Puesto que este artículo está basado, parcialmente, en el trabajo que obtuvo el Premio de Instrumentación 1987 de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas (Ref. 4), los autores agradecen a sus colegas la autorización para el uso de la información relativa a dicho trabajo. También se agradece el patrocinio parcial recibido durante el presente año por parte de CONACYT, bajo el convenio P123CCOT873880.