

USO DE WAVELETS PARA IDENTIFICAR CRISIS EPILÉPTICAS DE AUSENCIA TÍPICA

Dra. Blanca Tovar Corona bltovar@ipn.mx
Ing, Brenda Enriquez Rodríguez
brenda.er.03@gmail.com
M. en T.A. Carlos Alberto Ramírez Fuentes
cramirezf1600@alumno.ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería
y Tecnologías Avanzadas

Boletín No. 83
1o. de marzo de 2021

Abstract

The identification of epileptic seizures in electroencephalographic signals is one of the tasks that neurologists carry out to provide a diagnostic and then the treatment. Reading the electroencephalographic recording consists on visually inspecting the wave forms for the complete test, that lasts around 30 minutes, in segments of 10 seconds. Therefore, it is a time-consuming activity that highly depends on the experience and skills of the specialist. Even though a computer system cannot replace the neurologist, it might be very helpful to automatically identify the segments of the recording where the seizures are present and to differentiate among the different types, since one patient can present more than one type of epilepsy. The purpose of the system described here is to identify the segments of signal where typical absence epilepsy is present. What makes different these crises is the morphology spike-slow wave with a frequency between 3 and 4 Hz. This morphology is identified using the Continuous Wavelet Transform by correctly selecting the mother wavelet, the number of scales and subscales. The procedure is described to show that the method is suitable for this application.

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, en 2018, existían 50 millones de personas con epilepsia, de los cuales, el 80 % se encuentra en países de ingresos bajos y medios, derivado de la falta de un diagnóstico oportuno y el tratamiento adecuado [1].

En el caso de los desórdenes neurológicos el estudio estándar es el electroencefalograma [2]. Este consiste en registrar la actividad eléctrica del cerebro por medio de la colocación de electrodos en el cuero cabelludo. Estos electrodos se posicionan en lugares muy específicos siguiendo estándares como el 10-20 o el 10-10 [3]. Los electrodos son generalmente de oro, en forma de copa y con un diámetro de 1 cm. Al colocarlos se limpia el área y se utiliza una pasta conductora para mejorar la conducción entre la piel y el electrodo. Para la realización de este registro normalmente se pide al paciente que asista desvelado para facilitar la inducción a las fases de sueño durante el registro, que durará entre 20 y 30 minutos. Durante este registro se solicitará al paciente que se acueste y se le

pedirá que realice diferentes actividades como apretar los párpados, hacer operaciones matemáticas, hiperventilar, dormir, despertar con un sonido y se le estimulará con luz estroboscópica a diferentes frecuencias. Estos registros son digitalizados y la tarea del neurólogo después de la consulta será observar e identificar los grafoelementos que indiquen anomalías en el funcionamiento del sistema nervioso central. El software del electroencefalógrafo le permite observar el registro de al menos 19 canales en segmentos de 10 segundos. Si el registro duró 30 minutos, esto significa que analizará 180 segmentos, en donde, segundo a segundo busca las ondas características que indiquen desorden neurológico.

Epilepsia y su clasificación

Seguramente has escuchado sobre la epilepsia y lo más probable es que lo relaciones directamente con convulsiones. Sin embargo, existen diferentes tipos de epilepsia y no todos se expresan por medio de convulsiones tónico-clónicas. Las crisis epilépticas se clasifican en dos grandes categorías: crisis generalizadas y crisis parciales. Las parciales pueden ser simples o complejas y las generalizadas, con convulsiones y sin convulsiones. En esta última se encuentra la crisis de ausencia típica.

La epilepsia de crisis de ausencia constituye entre el cinco y diez por ciento de las epilepsias y comienzan en la edad escolar, específicamente de los tres a los trece años [4]. En este tipo de epilepsia, si se diagnostica y trata oportunamente, las crisis regularmente desaparecen, de lo contrario pueden evolucionar y transformarse en crisis con convulsiones. Debido a sus características clínicas normalmente no la detectan los padres, pues la presencia de las crisis pasa desapercibida y suele confundirse con otras enfermedades como déficit de atención. Cuando este tipo de epilepsia es diagnosticada y tratada oportunamente, las crisis gradualmente desaparecen, de lo contrario pueden evolucionar y transformarse en crisis con convulsiones.

Las crisis de este tipo de epilepsia consisten en pérdida de consciencia por varios segundos, durante lo cual los ojos están abiertos y con la mirada fija, sin perder la postura o caer. Además, pierden noción de lo que pasa a su alrededor y al regresar no recuerdan nada. Esta anomalía es detectada principalmente en la escuela, reportando falta de atención por parte del estudiante. Sin embargo, puede confundirse con otras enfermedades como el trastorno de déficit de atención. La forma de diagnosticar al paciente es registrando su actividad cerebral y solicitándole hiperventilar. En pocos segundos de haber hiperventilado se presentará la crisis de ausencia en el paciente, y en el EEG se registrará el grafo-elemento punta-onda lenta.

Identificación de las crisis de ausencia típica utilizando la CWT

Para identificar la crisis de ausencia típica se llevan a cabo 3 pasos: 1) Se identifican los segmentos con eventos epileptogénicos*1 y se comprueba que la crisis sea generalizada, 2) Se identifica la presencia del grafoelemento punta-onda lenta y 3) Se comprueba que la frecuencia del grafoelemento esté entre 3 y 4Hz. El paso 1 está descrito a detalle en [5]. Este consiste en analizar los 19 canales del EEG para localizar los segmentos en los que se presentan crisis epilépticas y se establece si son generalizadas o parciales, generando una matriz de unos y ceros por cada segmento de 1 segundo. Los pasos 2 y 3 están descritos a detalle en [6]. En este trabajo se describe el procedimiento para identificar la presencia de las puntas-ondas lentas, la cual se lleva a cabo utilizando la transformada continua de wavelet (CWT por sus siglas en inglés), y se encuentra dentro del paso 2.

Una vez que se tienen identificados los segmentos de crisis epilépticas generalizadas, en el paso 1, se utiliza la CWT, para lo cual se tiene que definir la wavelet madre y el número de escalas a calcular.

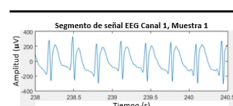


Figura 1. Grafoelemento punta-onda lenta durante 2.5 segundos.



Figura 2. Wavelet madre Daubechies 2.



Figura 3. Wavelet madre Daubechies 4.

"BFEENEG- BUSCADOR DE FOCO EPILEPTICO EN ELECTROENCEFALOGRAMA",
desarrollado por Ramirez Fuentes Carlos A. et al. con el número de registro 03-2016-10271146800-01.

Selección de la wavelet madre

La transformada Wavelet se puede utilizar con diferentes objetivos, tales como, filtrar, compactar información o representar una señal en un diagrama escala-frecuencia. Esta última es la que se utiliza para identificar las puntas-ondas lentas. Lo primero es seleccionar la wavelet madre, ya que existen diferentes, y el resultado dependerá de esta elección. El criterio de selección consiste en encontrar una wavelet madre con la mayor similitud a la forma de onda que estamos buscando, en este caso, la punta-onda lenta. En la Figura 1 se muestra un segmento de 2.5 segundos con presencia del grafoelemento a identificar. Se observa que tiene una frecuencia de 3 Hz, es decir, 3 ciclos completos cada segundo. Se utilizó el Toolbox de MATLAB para observar la morfología de las wavelets madre disponibles y se encontró que las más similares son la Daubechies 2 y la Daubechies 4, la cuales se muestran en las Figuras 2 y 3 respectivamente. Con ellas se hicieron pruebas y se encontró que la mejor detección de punta-onda lenta se logró con la Daubechies 4. Cabe mencionar que en la bibliografía algunos mencionan que la mejor es la Daubechies 2 y en otros, la Daubechies 4.

Selección del número de escalas

Una vez seleccionada la wavelet madre, se requiere especificar el número de escalas y subescalas a utilizar. En este proceso se requiere conocer la frecuencia de muestreo, ya que, de esta dependerá el rango de frecuencias contenido en cada una de las escalas. En el caso de los registros analizados, su frecuencia de muestreo es de 200Hz. Como se observa en Figura 1, la frecuencia del grafoelemento completo es de 3Hz, sin embargo, las puntas y las ondas lentas que lo componen son de frecuencias diferentes, siendo estas en los rangos de 15.7 a 25 Hz y de 2.4 a 4.9 Hz respectivamente. Por lo tanto, se requiere que las escalas elegidas cubran un rango desde 2.4 hasta 25 Hz.

La relación entre la escala y la frecuencia que esta representa, llamada pseudofrecuencia, se calcula con la Ecuación 1.

$$f_a = \frac{f_c}{a} \quad (1)$$

Donde f_a es la pseudofrecuencia de la wavelet en la escala a y f_c es la frecuencia central de la wavelet, la cual se puede calcular con la transformada de Fourier de la wavelet madre y sus diferentes versiones generadas por su dilatación o contracción.

Las escalas se calculan utilizando la Ecuación 2. Haciendo una comparación con una escala musical, j representa las octavas y M el número de voces por octava, es decir, las subescalas para cada de una de las escalas. Si únicamente se utiliza j , el valor de las escalas se limita a múltiplos de potencia de 2. Debido a que los pasos entre escalas se vuelven cada vez más grandes, habrá menor resolución a medida que la escala incrementa. Para disminuir este efecto es conveniente agregar voces a cada octava. Entre más voces, mayor la resolución entre escalas. Aun así, en las escalas altas, seguirá disminuyendo la resolución.

$$a = 2^{j+1}H \quad (2)$$

Para calcular las escalas que cubren el rango de frecuencias a analizar se utiliza la aproximación de la Ecuación 3.

$$f \approx \frac{f_m}{a} \quad (3)$$

Para una frecuencia de muestreo de 200Hz y el rango en frecuencias de 2.4 hasta 25 Hz, se requiere que, $2 \leq j \leq 6$, es decir, $4 \leq a \leq 64$ lo cual corresponde aproximadamente a $3.125 \leq f \leq 50$. Una vez cubierto el rango en frecuencias se selecciona el número de voces, M, que proporcione la resolución que se necesita, en este caso, para la detección de puntas y ondas lentas. Para ello se probó con valores $4 \leq M \leq 16$ en señales senoidales, y posteriormente en los registros de 8 pacientes diagnosticados con epilepsia de ausencia típica. Se encontró que para identificar las dos morfologías el mejor caso ocurre para M=6. Por lo tanto, se generaron un total de 30 escalas que corresponden aproximadamente a valores de frecuencia entre 1.56 y 44.64 Hz. Si elegimos un número mayor de M, obtenemos información redundante con la desventaja de que requiere de más recursos computacionales. Si, por el contrario, tomamos un número menor de M, la resolución no es la suficiente para identificar las morfologías.

Es importante notar que la relación escala frecuencia es inversa y que, en las escalas pequeñas, que corresponde a frecuencias altas, se obtiene una resolución más alta que en las escalas grandes, en las cuáles la diferencia entre voces es mayor y por lo tanto la resolución baja. Esta es una característica ventajosa de la CWT, la cual tiene una resolución variable, en contraste con la transformada corta de Fourier (STFT por sus siglas en inglés), que tiene una resolución fija en todo el rango de frecuencias que se analiza. Esta característica de multi-resolución es deseable en el análisis de señales no estacionarias, como los son las señales de electroencefalografía y en general las señales electrofisiológicas.

En la Figura 4 se muestra un segmento de señal y su transformada Wavelet, para los valores propuestos de escalas y subescalas. Aquí se observa que la amplitud máxima de las puntas se encuentra alrededor de los 20 Hz y las ondas lentas alrededor de los 4 Hz. Una vez calculada esta transformada se ejecuta otro algoritmo que corrobora la presencia de una punta seguida por una onda lenta y al encontrarlos se selecciona como complejo punta-onda lenta. El siguiente paso es calcular la frecuencia de los complejos, utilizando las puntas como referencia. Este proceso se describe a detalle en [6].

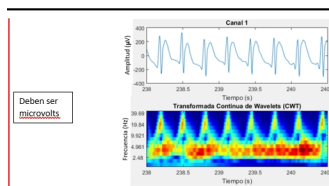


Figura 4. Segmento de crisis de ausencia típica y su transformada Continua de Wavelet con el uso del comando CW

V. Conclusiones

La correcta identificación de los complejos punta-onda lenta por medio de la CWT depende básicamente de 3 factores: tipo de wavelet madre, selección de escalas y selección de número de sub-escalas, o voces, todo esto con el compromiso de utilizar los recursos computacionales de una manera eficiente.

Referencias

1. "Epilepsy, Key and facts" (2018). *World health organization Fact sheets* [Online]. Disponible en: <http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/epileps>
2. Nick Kane, Jayant Acharya, Sandor Beniczky, Luis Caboclo, Simon Finnigan, Peter W Kaplan, Hiroshi Shibasaki, Ronit Pressler, an... , (año). *A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format ...*, *Clinical neurophysiology practice* 2 (2017), pp. 170.
3. Acharya JN, Hani AJ, Thirumala P, Tsuchida TN. (2016). *American Clinical Neurophysiology Society Guideline 3: A Proposal for Standard Montages to Be Used in Clinical EEG. Neurodiagn J.* 2016;56(4):253-260.
4. R. A. Saiz Diaz (2012). , "Epilepsia: Módulo 3. Diagnóstico", *Neurodidacta*, 2012
5. C. A. Ramírez Fuentes (2016). *Estudio de la señal EEG para la identificación de patrones precursores de crisis epilépticas* Tesis de Maestría en Tecnologías Avanzadas Sección de Posgrado, UPIITA IPN, 2016
6. Brenda Enriquez Rodríguez (año). *Identificación de epilepsia de crisis de ausencia en niños y adolescentes utilizando datos clínicos y paraclínicos* Trabajo Terminal Ingeniería en Biónica, Junio 2018, UPIITA IPN