

Interfaz EEG para la adquisición de datos

PPS de Iván Krasowski Bissio - Demo 2

Fecha

Diciembre de 2017

Descripción

En el siguiente documento, se presenta la secuencia de pasos realizada desde que se obtienen los datos crudos de los sensores del Emotiv EPOC+ (interfaz cerebro-máquina de electroencefalografía — EEG), exponiendo cómo se realiza el procesamiento de los mismos hasta obtener información útil para realizar alguna investigación (por ejemplo, orientada a las reacciones de los usuarios de una nueva aplicación)

Acercamiento inicial

Se propone el uso de una interfaz cerebro-máquina (BCI), consistente en la recepción y el análisis de señales de electroencefalografía (EEG), como interfaz de control alternativa. Para ello, se dispone del dispositivo EPOC+, desarrollado por la empresa Emotiv Inc.¹ El mismo consiste de 16 sensores EEG, con dos de referencia, y 9 sensores espaciales e inerciales (giroscopios, acelerómetros, magnetómetros), que contribuyen a formar una interfaz de control completa:



El EPOC+ es de funcionamiento inalámbrico, lo que justifica que tenga una batería integrada, cuya duración en actividad es de hasta 12 horas, si se utiliza el protocolo de comunicación propietario (dongle USB) para la recepción de datos:



Asimismo, para lograr acceder a sus funciones, es necesario descargar de los sitios de la empresa (página web y GitHub) el software relacionado con el EPOC+, que permite interpretar las señales recibidas por los dieciséis canales y los

¹ <http://www.emotiv.com>

sensores espaciales. ACLARACIÓN: para el desarrollo del presente trabajo, se utiliza el SDK-advanced de Emotiv (propietario), disponible en la página oficial de la empresa.

Software involucrado

Para poder darle una utilidad a cualquier software que pretenda tomar datos del EPOC+ e interpretarlos, es necesario obtener el SDK (Software Development Kit) de Emotiv. La versión gratuita del mismo (o *community*), se puede obtener del GitHub de la empresa², e incluye un rango limitado de funcionalidades disponibles; este trabajo comienza basado en obtener datos crudos de los sensores (señales eléctricas en el tiempo, o en frecuencia), por lo que se abona una suscripción mensual al código de licencia *advanced*, que los permite leer y registrar.

Activación de la licencia

Una vez obtenida la suscripción al SDK-advanced de Emotiv, se dispone de una licencia por 30 días a la obtención de datos crudos de los sensores del EPOC+, en la que se permiten hasta 30 grabaciones (en un inicio, disponibles en formato *csv: comma-separated values*) de hasta 30 minutos cada una. Se requiere activar cada una de las grabaciones a partir de la herramienta *Emotiv Tools*, provista en el *community-SDK*:

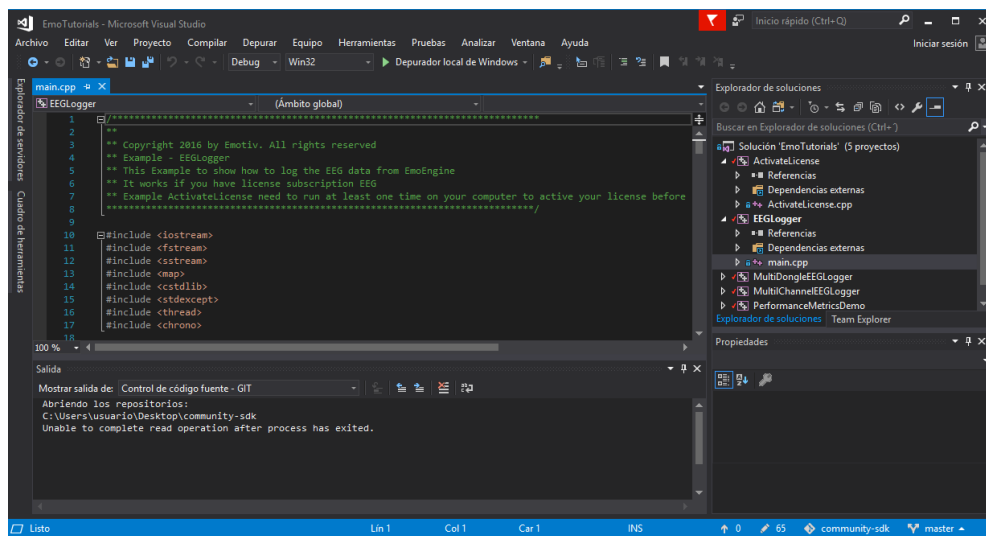
Current License Information			
From date:	31 oct. 2017	Seats:	1
To date:	30 nov. 2017	Sessions:	30
Soft limit date:	30 nov. 2017	Used sessions:	11
Hard limit date:	07 dic. 2017	License type:	EEG

² <http://github.com/Emotiv/community-sdk/releases>

Para realizar la activación, es necesario iniciar sesión desde la sección *Login*, con el mismo *Emotiv ID* con el que pagó la suscripción a la licencia. Una vez hecho esto, se pega el código de licencia obtenido (*license key*) y se consulta la información de débito; por decisión de Emotiv, el número de sesiones (grabaciones) permitidas por mes es 30. Para habilitarlas, una vez ingresado el código, se elige la cantidad de sesiones deseadas, dentro del rango permitido, en el campo *Debit Number* y se presiona *Authorize*. De esta manera, una vez enchufado el dongle, y encendido y bien colocado el EPOC+ (esto se puede verificar a través del programa *Emotiv XavierControlPanel*, disponible en el *community-sdk*), se puede utilizar el *EEG Logger* para grabar ese número de sesiones.³

EEG Logger

El SDK de Emotiv provee scripts en diversos lenguajes para grabar los datos provistos por el EPOC+; sin embargo, la experiencia lleva a detectar que solamente los ejemplos en C++ son completamente funcionales, sin mayores inconvenientes. Estos están encapsulados en proyectos de una solución de Microsoft Visual Studio.

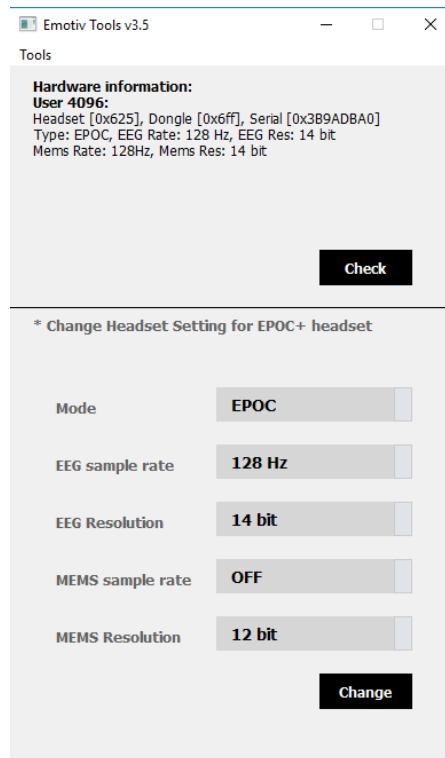


Al ejecutar el proyecto *EEGLogger*, el EPOC+ comienza a registrar muestras de cada uno de sus sensores, así como otra información adicional, a una cierta frecuencia, en el archivo *EEGLogger.csv*.

Las frecuencias disponibles para la grabación son inherentes a la capacidad del hardware. El EPOC sólo ofrecía una frecuencia de muestreo de 128 Hz, también soportada por el EPOC+, y éste último adiciona una de 256 Hz (empíricamente no funcional, pese a que la empresa afirma lo contrario). Para realizar la configuración tanto de la frecuencia como de la

³ Aclaración: una sesión de más de 30' contabiliza dos sesiones

resolución de muestreo, se vuelve a la aplicación *Emotiv Tools*, en su pestaña *Headset Settings*.



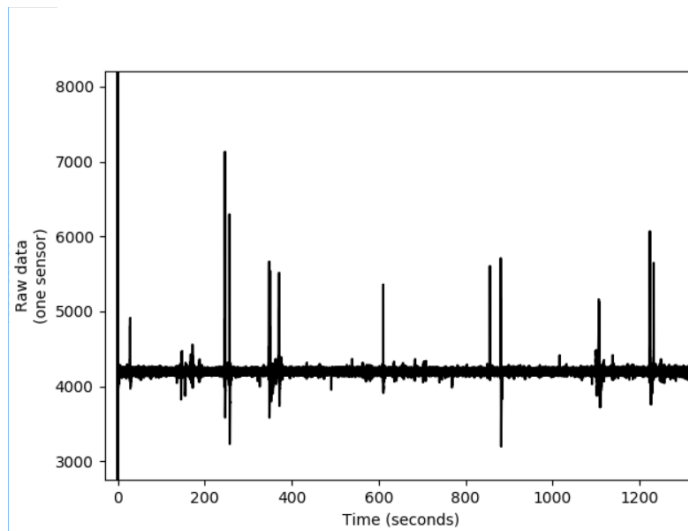
Python: librerías

Para la interpretación e implementación del procesamiento de las señales obtenidas del EPOC+ (explicadas en la siguiente sección), se utiliza el lenguaje de programación Python en su versión 2.7, y las librerías *pandas*, *matplotlib.pyplot*, *numpy* y *scipy*.

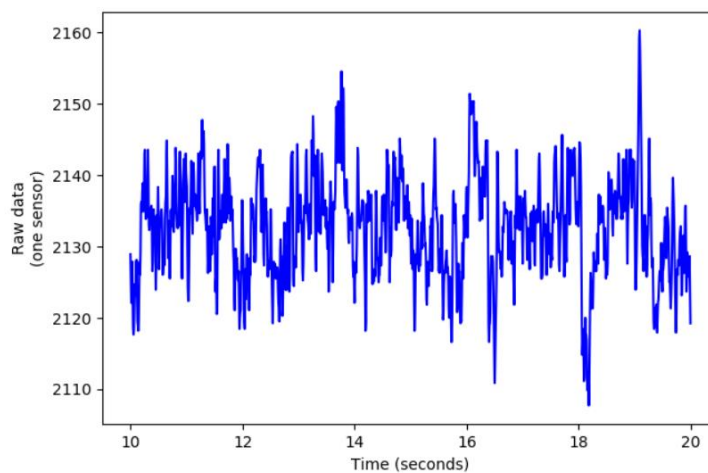
Procesamiento de señales⁴

Si se va a realizar el procesamiento de una señal, lo primero que hay que hacer es determinar qué tipo de señal es la que se trata. En este caso, cada señal (de cada sensor) es discreta, muestreada a 128 Hz. El procesamiento consiste, para cada sensor, en: una división en tiempo de la señal (períodos de 10 segundos); un filtrado pasaaltos de cada segmento, que se encarga de eliminar la componente de continua agregada; el pasaje al dominio de frecuencias a partir de la transformada rápida de Fourier (FFT) y; el cálculo del promedio de las potencias de las frecuencias de los cinco rangos significativos para el análisis EEG.

⁴ Realizado en el script *EEG_processing.py*, disponible en la carpeta *EEG* del repositorio del proyecto, en https://github.com/ivankras/demo2_raw

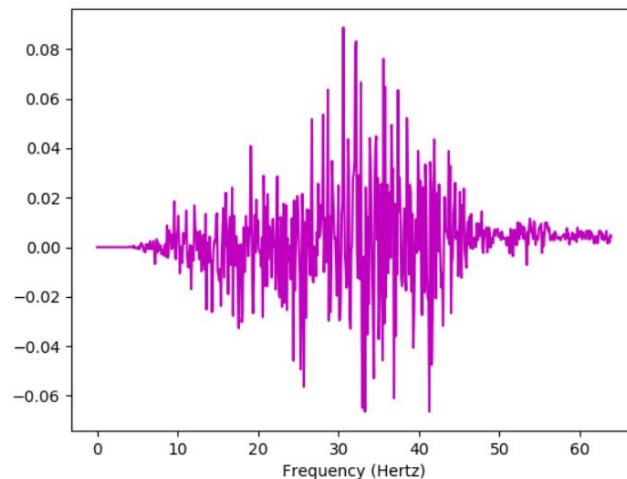


La división en tiempo se realiza comprendiendo el significado de la frecuencia de muestreo. Siendo la misma de 128 Hz, en un segundo se presumen 128 muestras tomadas; así, en 10 segundos se tendrían 1280.



Hecho esto, se transforma la señal al dominio de la frecuencia. Por usarse la FFT, una versión más eficiente de la DFT (*Discrete Fourier Transform*, ver bibliografía), se obtiene el espectro hasta la mitad de la frecuencia de muestreo, en espejo; en este caso, desde -64 Hz hasta 64 Hz.

Se usa una ventana de Hann para filtrar la componente de continua de la señal; a partir de esto, se continúa su análisis.

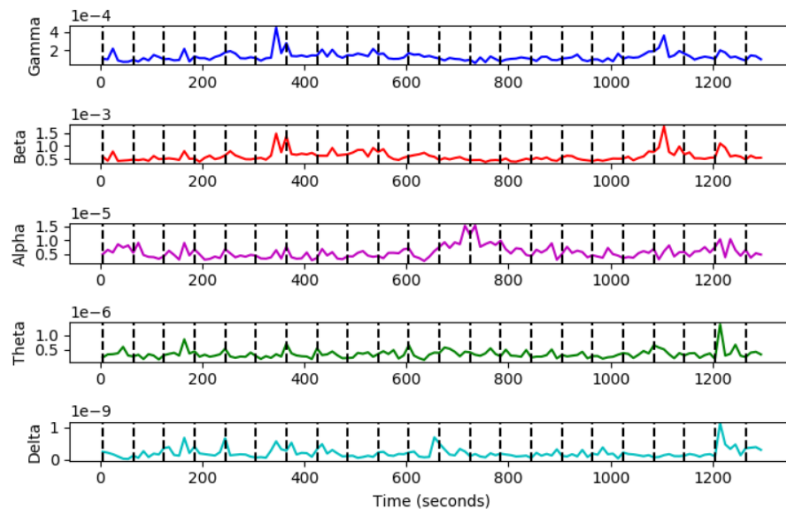
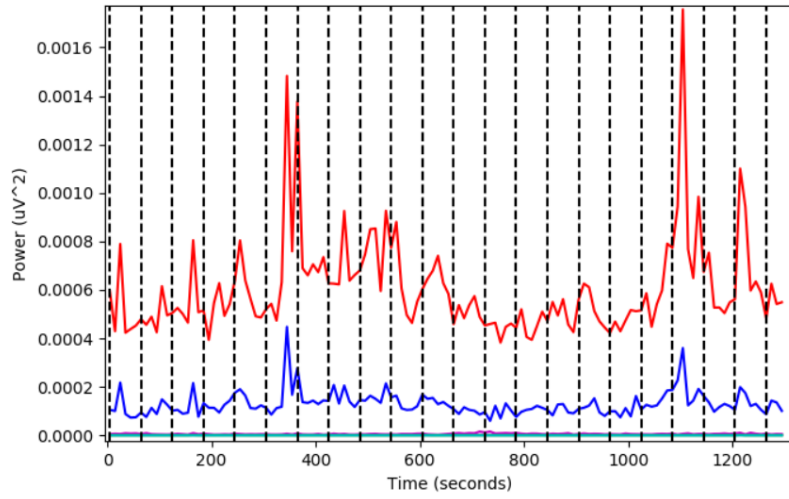


Las señales de cerebro se trabajan, normalmente, distinguiendo cinco bandas de frecuencia definidas. Éstas son:

- Frecuencias *delta*: de 0 a 4 Hz
- Frecuencias *theta*: de 4 a 8 Hz
- Frecuencias *alpha*: de 8 a 12 Hz
- Frecuencias *beta*: de 12 a 40 Hz
- Frecuencias *gamma*: de 40 a 100 Hz

Se ve que las frecuencias *gamma* que se puedan obtener en el presente análisis estarán limitadas por la frecuencia de muestreo.

Dada la premisa de obtener un análisis temporal de la respuesta de una persona a un dado estímulo (sea un video, una aplicación web, etc.), en cada ventana de 10 segundos se hace un promedio de las potencias de las frecuencias de cada banda. Para ello, se multiplica cada valor obtenido en la FFT por su complejo conjugado (de modo de obtener las potencias), y luego se suman las muestras de cada rango, para una división final por el número de las mismas. Repetido a lo largo de la duración de la grabación, se obtiene una progresión del estado de las distintas bandas a lo largo del tiempo.



Trabajo futuro: aplicaciones e investigación

Las aplicaciones de la investigación pueden ser múltiples. Sin embargo, aquí se presentan la utilizada durante el desarrollo del presente trabajo, y la que fue motivación para concebir el mismo.

El estudio anterior es una potencial herramienta para el estudio de mercado. Desde un primer punto de vista, la industria cinematográfica podría utilizarlo para medir reacciones de distintos individuos a diferentes estímulos, facilitando la detección de potenciales recursos para la producción de nuevos y más exitosos largometrajes. Desde un segundo punto de vista, y la visión al comenzar este trabajo, la industria del software es otro posible beneficiario, puesto que medir las reacciones de los usuarios de una aplicación permite detectar qué elementos y estrategias han dado efecto (agradan, son llamativas, etc.) y cuáles molestan, para generar una realimentación y optimizar la experiencia de usuario⁵.

Así, quedan como puntos pendientes generar un estudio de mercado a partir de la grabación de señales de variados individuos en alguno de los contextos anteriores, para procesarlas y contrastarlas con datos conocidos según las intensidades de las bandas de frecuencias, llegando a conclusiones útiles en el ámbito de mercado predeterminado.

⁵ Si la metodología de trabajo es ágil, la implementación de la mejora se hace rápidamente y el efecto de los cambios es igual de rápidamente medible.

Bibliografía adicional

- “Emotiv Software Development Kit – User Manual for Release 1.0.0.3” (<http://synapsets.etsmtl.ca/files/EmotivAPI-UserManual.pdf>)
- “5 Types Of Brain Waves Frequencies: Gamma, Beta, Alpha, Theta, Delta” (<http://mentalhealthdaily.com/2014/04/15/5-types-of-brain-waves-frequencies-gamma-beta-alpha-theta-delta/>)
- “Chapter 8: The Discrete Fourier Transform – The Family of Fourier Transform” (<http://www.dspguide.com/ch8/1.htm>)
- “Fast Fourier Transform” (https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform)
- Documentación de *pandas* – <http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/>
- Documentación de *matplotlib* – <https://matplotlib.org/>
- Documentación de *scipy* – <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/>
 - *numpy* – <https://docs.scipy.org/doc/numpy/>
 - *fftpack* – <.../tutorial/fftpack.html>
 - *signal* – <.../tutorial/signal.html>

Referencias en el documento

- Página web de Emotiv - <http://www.emotiv.com>
- *Community-SDK* en el GitHub de Emotiv - <http://github.com/Emotiv/community-sdk/releases>