

Interfaz EEG como sistema de control

PPS de Iván Krasowski Bissio - Demo 1

Fecha

Septiembre de 2017

Descripción

En el siguiente documento, se presenta la secuencia de pasos realizada desde que se configura el Emotiv EPOC+ (interfaz cerebro-máquina de electroencefalografía — EEG) para ser entrenado como interfaz de control, hasta que se logra utilizarlo para controlar las paletas en un clásico juego de Pong, a partir de sus sensores inerciales y de comandos mapeados a caracteres de teclado.

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 sensores espaciales. ACLARACIÓN: aunque el software está disponible para múltiples sistemas operativos, entre ellos Ubuntu, Mac OS, Android e iOS, el único sobre el que funciona bien (con algunos errores aislados) es Windows (probado sobre Windows 10 de 64 bits, y Ubuntu 16.04 LTS de 64 bits).

¹ <http://www.emotiv.com>

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, que serán descritas a continuación; la limitación más importante es que no se pueden obtener datos crudos de los sensores (señales eléctricas en el tiempo, o en frecuencia) sin pagar una suscripción mensual. El *community-SDK* otorga funciones que permiten a un programador relativamente experimentado generar código funcional para el EPOC+; así, también son la base para el funcionamiento del escaso software ofrecido gratuitamente para los propietarios del dispositivo en cuestión por la empresa.

Emotiv XavierControlPanel

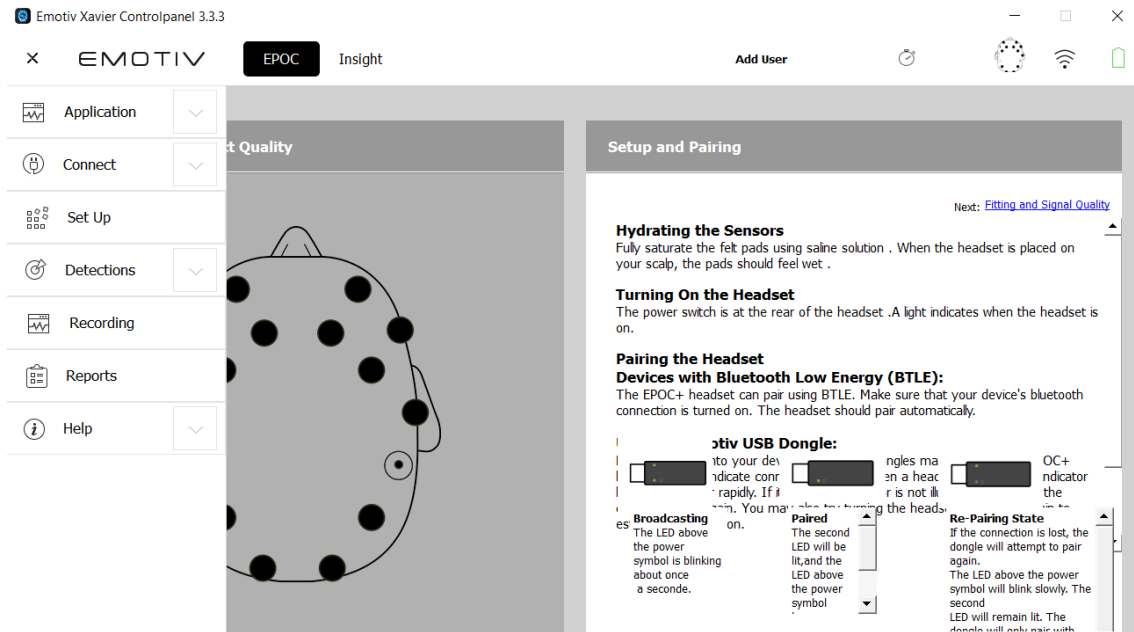
Es el panel de control para los dispositivos de Emotiv (EPOC+ e Insight, otro dispositivo BCI con menos canales EEG). Para acceder correctamente a sus funciones, es necesario descargarlo de la página web de la empresa, e iniciar sesión con una cuenta personal (uno puede registrarse en la misma).

El panel de control ofrece, entre algunas otras cosas:

- a) Una guía para colocarse el EPOC+ (menú *Set Up*)
- b) Control de la calidad de conexión de los sensores del EPOC+ (*Set Up*), así como de la carga de la batería
- c) Creación de un perfil de entrenamiento (en la versión actual del sistema, el perfil no se guarda cuando una acaba la sesión — *Add User*)
- d) Entrenamiento de *Mental Commands* (comandos mentales — *Detections*)
- e) Detección y entrenamiento de *Facial Expressions* (expresiones faciales — *Detections*)
- f) Detección y grabación de niveles de emociones etiquetadas³, o *Performance Metrics (Detections)*
- g) Prueba de sensores inerciales (mapeo al cursor del sistema incluido — *Inertial Sensors en Detections*)

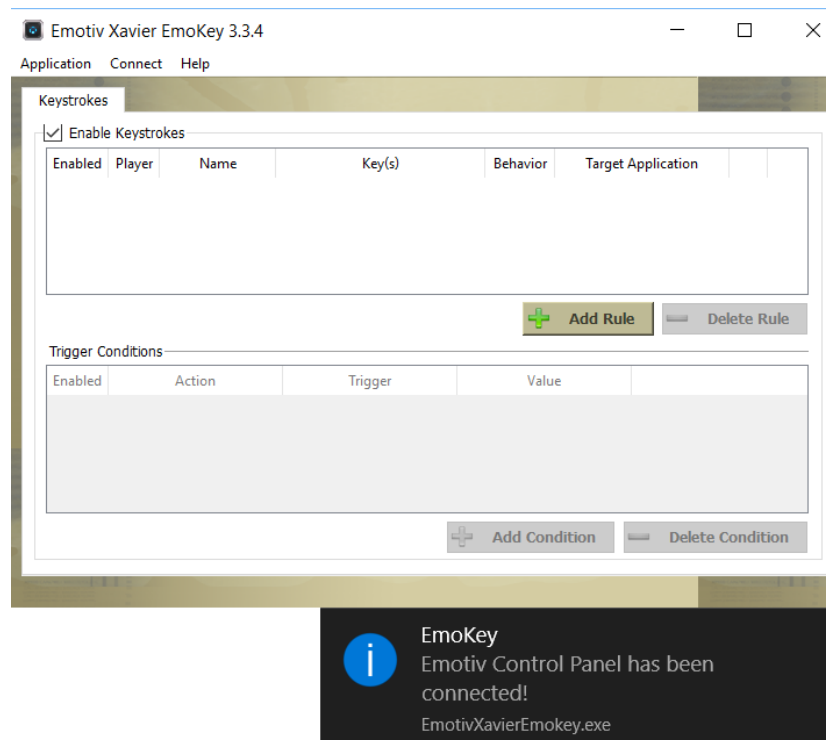
² <http://github.com/Emotiv/community-sdk/releases>

³ *Valence, Engagement, Frustration, Meditation, Excitement/Long Term Excitement* (dependiendo del tiempo que se analice) y *Focus*



Emotiv Xavier Emokey

Este entorno, incluido con la descarga del *community-SDK*, se puede conectar con el *Emotiv XavierControlPanel* (o el *Emotiv XavierComposer*, fuera de los alcances de este documento), y permite mapear los comandos detectables desde el EPOC+ (*Facial Expressions* y *Mental Commands*) en caracteres de teclado o acciones del mouse.



Cada mapa (*mapping*, en el entorno) se compone de una serie de **reglas**. Una regla Emokey involucra una entrada, o un conjunto de entradas (*trigger conditions*), y una salida, o un conjunto de salidas (*Key(s)*).

Las entradas son aquellas recibidas desde el EPOC+ a través del *ControlPanel* o el *Composer* (a su vez, a través de una herramienta más específica, denominada *EmoEngine* en la documentación del SDK); cada entrada puede ser una *Facial Expression* o un *Mental Command*, y puede indicar un nivel alto (entrada activa) o un nivel bajo (entrada inactiva). Hay señales cuya activación depende únicamente de si ocurre o no (por ejemplo, un parpadeo, o el guiño de un ojo), y deben ser configuradas para definir cuál de esos dos estados es el que activa la entrada. En cambio, otro tipo de señales ofrecen una intensidad variable (por ejemplo, el levantamiento de las cejas, o una sonrisa), y la entrada será activada si el nivel de la misma alcanza a superar (o disminuye por debajo de, según la configuración) una intensidad preseteada (entre 0 y 1).

Enabled	Action	Trigger	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	Blink	occurs	<double-click to change>

+ Add Condition
- Delete Condition

La opción *Add Condition* se habilita una vez que una regla ha sido creada y seleccionada

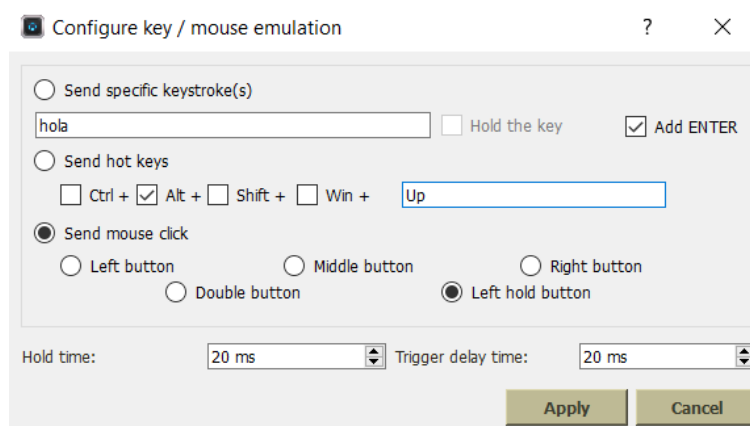
Ejemplos de entradas de tipo *Facial Expressions*, como *Blink* (parpadeo, de opciones *occurs* y *does not occur*) y *Smile* (sonrisa, con un rango de niveles de intensidad), y de tipo *Mental Command*, como *Push* (empujar, con rango variable, de opciones visibles)

Las salidas involucran eventos que se producirán cuando el conjunto de entradas predefinido para ellas sea verdadero, y pueden estar en solamente uno de los siguientes tres grandes grupos, con algunas variantes:

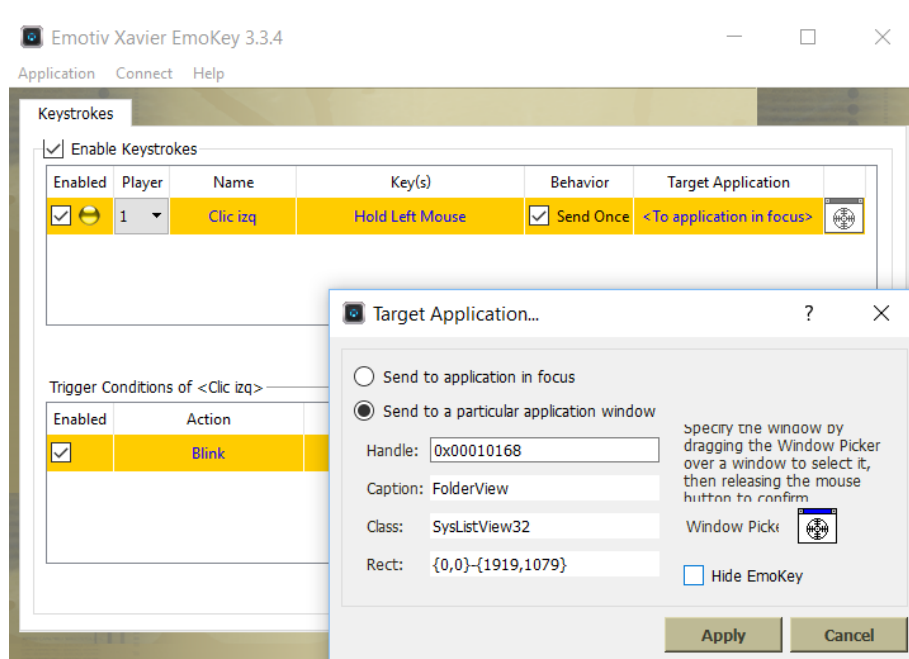
A) caracteres de teclado: uno o más, con opción de mantenerlo/s presionado/s hasta que la condición deje de ser verdadera.

B) caracteres de control: uno o más; involucra las teclas ctrl, alt, shift, y algunas otras como las flechas o la tabulación.

C) acciones de mouse: clic izquierdo, clic derecho, doble clic (izquierdo), clic izquierdo sostenido.



Siendo las salidas la esencia del *XavierEmokey*, es en los campos aledaños a ellas que se configura el nombre de la regla, y si la misma se aplicará a la ventana enfocada, o a una ventana en particular (esta última configuración parece no ser funcional en la versión 3.3.4 del *Emokey*).



Entrenamiento

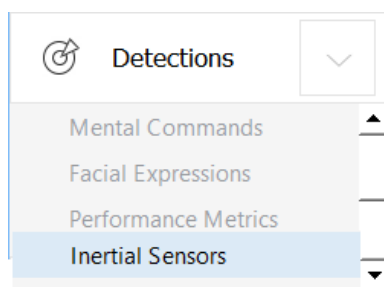
El entrenamiento de los comandos mentales y las expresiones faciales es un paso muy importante en la preparación para el uso del EPOC+, dado que es importante que los patrones de comportamiento del cerebro del usuario queden debidamente registrados, para luego poder ser correctamente interpretados.

Para comenzar el entrenamiento, es necesario:

- 1) Por la naturaleza de los sensores, empaparlos en solución salina estéril, aprovechando el humidificador provisto por Emotiv, y luego colocarlos en el EPOC+:



- 2) Abrir el *Emotiv XavierControlPanel*, loguearse (desde la opción *Add User*), y abrir el submenú *Detections*. Allí, hay opciones para entrenar los comandos mentales (*Mental Commands*) y las expresiones faciales (*Facial Expressions*)



- 3) Conectar el *dongle* receptor, colocarse el EPOC+ en la cabeza, según las instrucciones del *Set Up*, y encenderlo. Verificar que las señales de los sensores sean bien recibidas (los puntos en el panel de control deben aparecer verdes — naranja es aceptable)

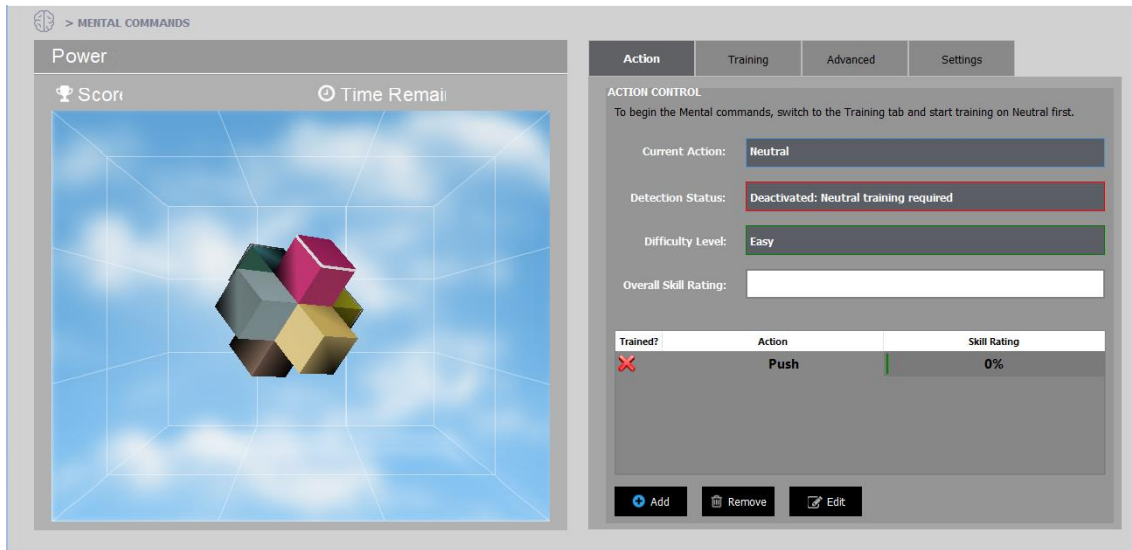
Entrenamiento de comandos mentales

Seleccionada la opción *Mental Commands* en el submenú *Detections* del panel de control, aparece una nueva pantalla, donde una figura oscila hacia arriba y hacia abajo en la sección izquierda. A la derecha, cuatro pestañas hacen al entrenamiento de los comandos mentales.

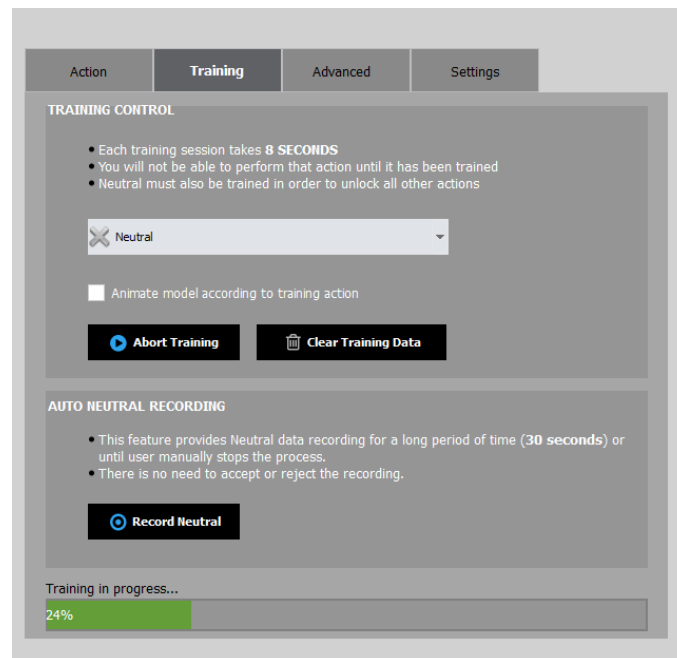
En la pestaña *Action*, es necesario seleccionar *Add* para elegir una acción a entrenar⁴ (en el ejemplo, la acción elegida es *Push*, y se ve en el *Skill*

⁴ Acciones disponibles: *Push*, *Pull*, *Lift*, *Drop*, *Left*, *Right*, *Rotate Left*, *Rotate Right*, *Rotate Clockwise*, *Rotate Counter Clockwise*, *Rotate Forwards*, *Rotate Reverse*, *Disappear*

Rating que aún no está entrenada). Recién entonces, se podrá pasar a la pestaña *Training*, para comenzar el entrenamiento.

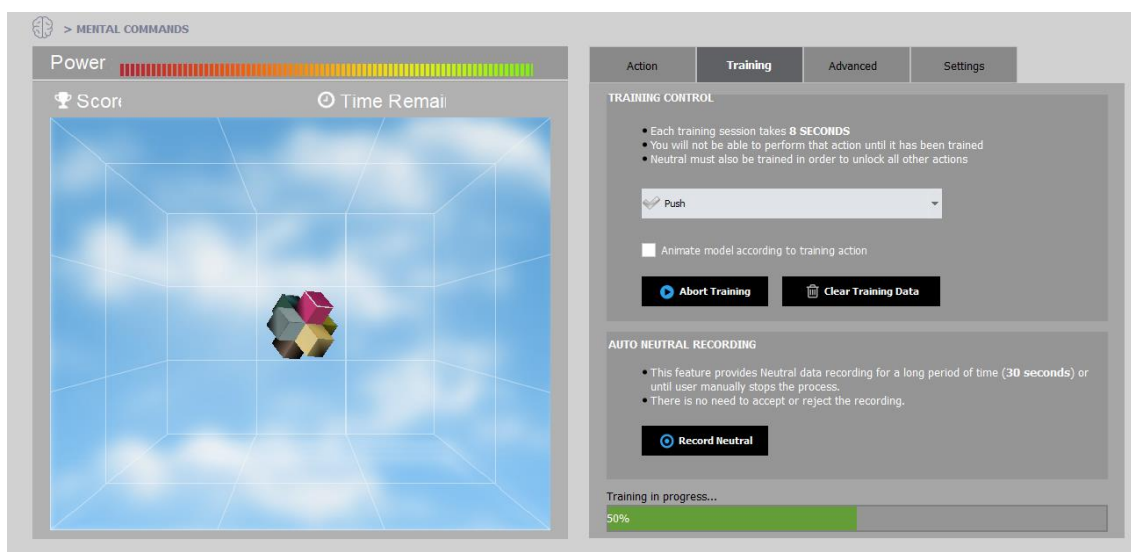


Para poder entrenar cualquier comando mental, es indispensable haber entrenado, en primera instancia, el estado neutro (*Neutral*). Este estado implica que la persona está concentrada en cualquier cosa diferente de un comando mental, incluso desconcentrada.

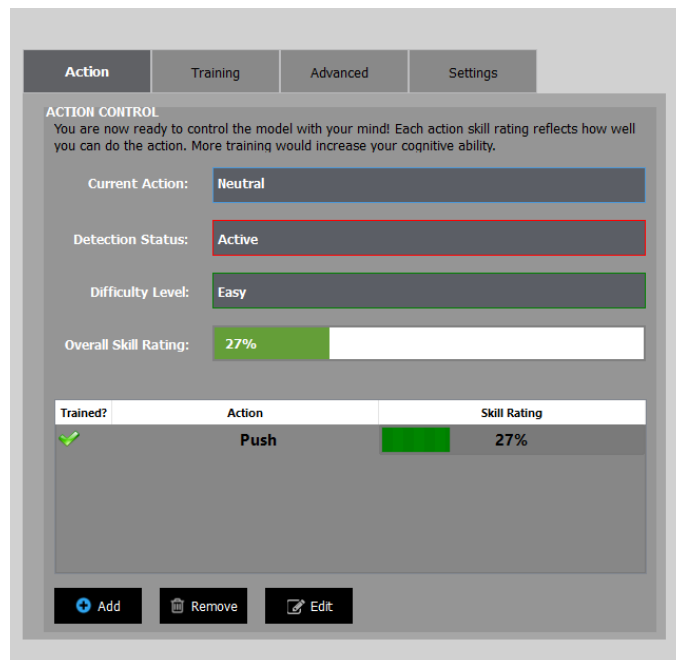


Una vez hecho esto, ya se puede entrenar el comando seleccionado. Luego de una primera sesión de entrenamiento, la figura en la parte izquierda de la ventana ya empieza a reaccionar al comando mental, indicando en la parte superior la potencia con la que se lo está percibiendo (los entrenamientos de los comandos mentales pueden ser ayudados por

una animación acorde, si se marca la casilla *Animate model...*). Si luego de varias sesiones, el comando se empieza a recibir erróneamente, se puede comenzar de nuevo presionando el botón *Clear Training Data*.



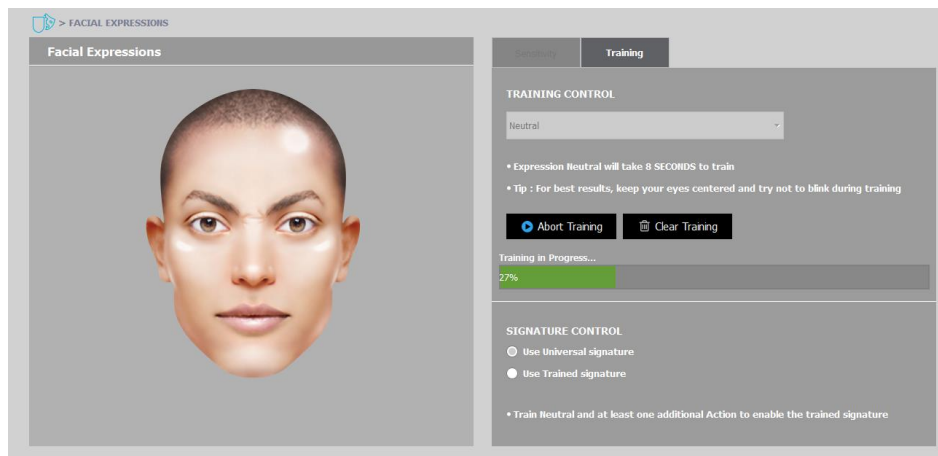
Se espera que, una vez entrenada la acción, su porcentaje de habilidad en la pestaña *Action* se acerque al 100%, lo que implicará un reconocimiento óptimo del comando para el usuario en cuestión.



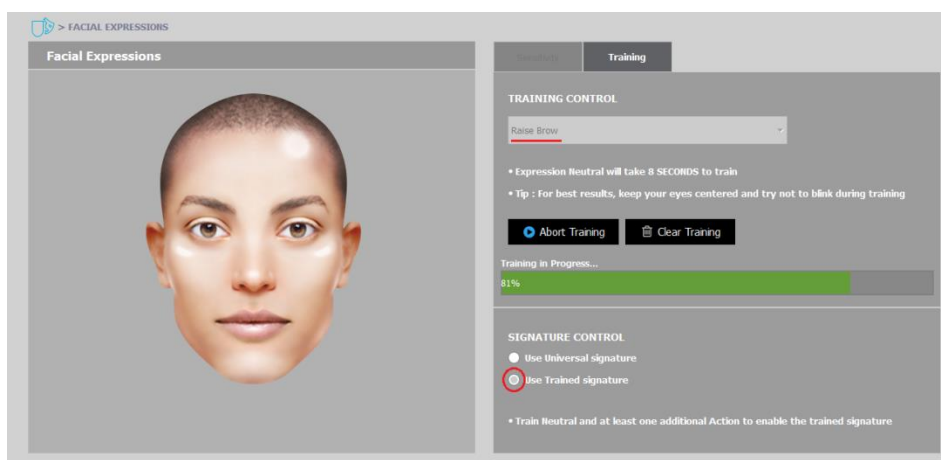
NOTA: Las pestañas *Advanced* y *Settings* aportan configuraciones no contempladas en el presente documento.

Entrenamiento de expresiones faciales

En este caso, del submenú *Detections* del panel de control se selecciona la opción *Facial Expressions*. La nueva ventana está compuesta, también, por dos ventanas: en la primera, se observa una animación de un rostro humano, que deberá representar las expresiones captadas del usuario del EPOC+; en la segunda, hay dos pestañas, que permiten configurar la sensibilidad de recepción (usada en la configuración por defecto) y entrenar las expresiones faciales (la “firma” del usuario). Se hace foco en esta última sección.



Al igual que con los *Mental Commands*, es importante entrenar el estado neutro del rostro (ojos centrados, sin pestañear) antes de comenzar a entrenar otras expresiones⁵. Una vez entrenados el estado neutro y al menos una expresión adicional, se puede comenzar a usar la “firma entrenada”, en lugar de la “firma universal”, como modelo de comparación para detectar las variaciones de las expresiones del usuario.

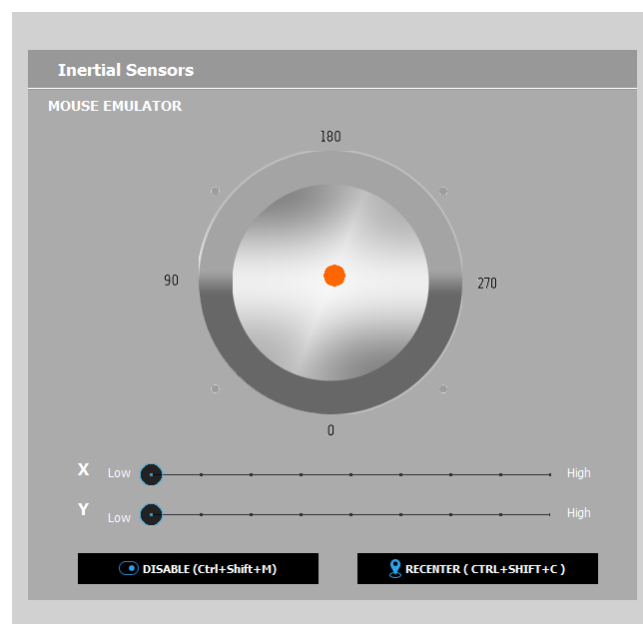


⁵ Expresiones entrenables: *Raise Brow*, *Furrow Brow*, *Smile*, *Clench*, *Laugh*, *Left Smirk*, *Right Smirk*. Adicionales (no entrenables): *Blink*, *Left Wink*, *Right Wink*, *Look Right/Left*

Sensores inerciales

Los sensores inerciales permiten detectar el movimiento de la cabeza del usuario del EPOC+. Su uso más transparente, para el cual existe una funcionalidad explícita en el *XavierControlPanel*, es el de controlar el cursor de la PC.

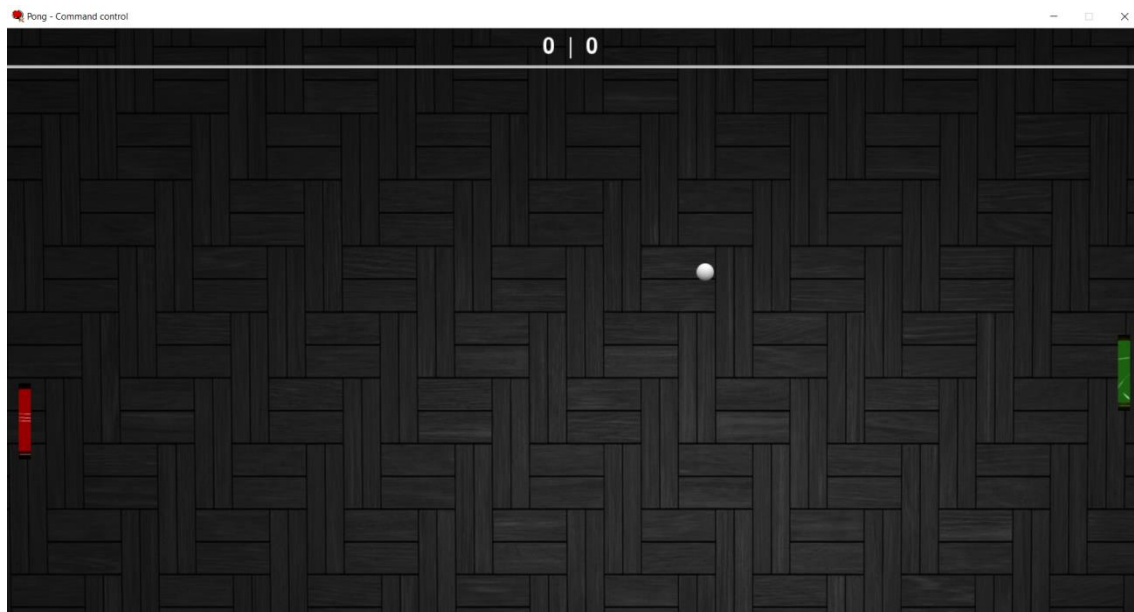
Desde la opción *Inertial Sensors* del submenú *Detections*, se accede a la posibilidad de hacer lo mencionado. Presionando los botones *Enable* y *Recenter* (o mediante los atajos de teclado indicados) se puede, respectivamente, habilitar el control del cursor a partir del EPOC+ y centrarlo en la pantalla. Además, la sensibilidad de la detección, tanto horizontal (x) como vertical (y), se puede controlar con las dos barras de niveles (yendo de *Low*, el nivel menos sensible, a *High*, el más sensible).



Introducción a pygame

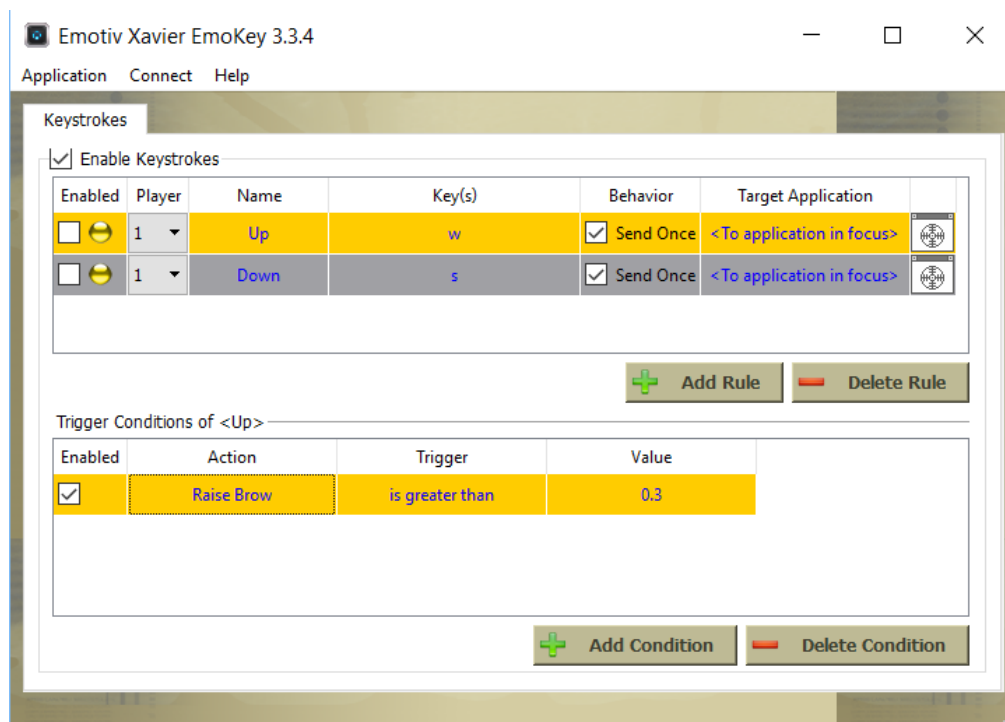
Para la demostración práctica de todo lo anteriormente presentado, se decide generar código para una aplicación en *Python*, mediante el uso de la librería *pygame*. Para ello, se acude a tutoriales libres en internet (para ejemplos, ver **Bibliografía adicional**) y a la documentación de *pygame*⁶. Así, se usan conceptos de pantalla, gráficas, sprites, manejo de eventos y temporización, entre otros, para armar un clásico juego de Pong, en dos versiones: una controlada desde teclado (desde las teclas 'w' y 's'), y otra a través del mouse. En ambas, el jugador controla la paleta de la izquierda (la roja), mientras que la derecha está controlada por la PC. Gana el jugador que consigue vulnerar la defensa tres veces.

⁶ <http://www.pygame.org/docs/>



Controlando el Pong con expresiones faciales

Se dispone de las herramientas requeridas para jugar al Pong con comandos mentales o expresiones faciales, pero hasta el momento no se han integrado. Para esta demostración, se abre el *XavierControlPanel*, luego en *XavierEmokey*, y se genera un *mapping* en el que levantar las cejas (*Raise Brow*) implica que se pulse la tecla 'w', y apretar los dientes (*Clench*) se traduce en la 's'. Hasta que sean necesarias, las reglas se mantienen deshabilitadas (casilla *Enabled* en blanco).



A continuación, se prepara el EPOC+ para un entrenamiento; esto es, se empapan los sensores en solución salina, se colocan en el dispositivo, se introduce el dongle en el puerto USB, y se coloca el EPOC+ en la cabeza del usuario según las instrucciones dadas en la sección *Set Up* del panel de control, para luego encenderlo. Se realizan varias sesiones de entrenamiento para las expresiones faciales requeridas (verificando que, al finalizar, la casilla *Trained Signature* en la pantalla de entrenamiento, esté efectivamente marcada).

Una vez realizado esto, se minimiza el *ControlPanel*, se habilitan las reglas definidas en el *Emokey* y también se lo minimiza. Se ejecuta el script *pong.py* (primera versión del Pong desarrollada, disponible en el repositorio de la demostración⁷). Se puede verificar que, si las expresiones fueron correctamente entrenadas, al levantar las cejas, la paleta del jugador sube en la pantalla, mientras que al apretar los dientes, la paleta baja.

Controlando el Pong con sensores inerciales

En este caso, el procedimiento a seguir es más sencillo, pues no es necesario generar ningún mapeo. Lo único que se hace es abrir el panel de control y activar el control del cursor con el EPOC+ en la sección *Inertial Sensors* (mientras menor sea la sensibilidad indicada para *Y*, menor será el nivel de dificultad del juego). Luego, se ejecuta la aplicación *pong_mouse.py*, también disponible en el repositorio del proyecto, y el usuario juega controlando la paleta con el movimiento de su cabeza.

⁷ http://github.com/ivankras/demo1_pong

Bibliografía adicional

- “Emotiv Software Development Kit – User Manual for Release 1.0.0.3”
(<http://synapsets.etsmtl.ca/files/EmotivAPI-UserManual.pdf>)
- JONES, Richard - “Rapid Game Development in Python”
(<http://osdcpapers.cgipublisher.com/product/pub.84/prod.11/m.1?>)
- “Understanding the Mental Commands Detection Suite”
(<http://emotiv.zendesk.com/hc/en-us/articles/201483705-Understanding-the-Mental-Commands-Detection-Suite>)

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>
- Documentación de *pygame* - <http://www.pygame.org/docs/>