

AVANCES EN EDUCACIÓN DE DINÁMICA DE TECLEO Y EL CONTEXTO EMOCIONAL DE UN INDIVIDUO APLICANDO INTERFAZ CEREBRO COMPUTADORA

Enrique P. Calot¹, Federico M. Rossi¹, Ariel Liguori¹, Nahuel González¹, Waldo Hasperué², Jorge S. Ierache¹

² Instituto de Investigación en Informática LIDI
Facultad de Informática - Universidad Nacional de La Plata

¹Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados,
Departamento de Computación, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Buenos Aires

Av. Paseo Colón 850 - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina
Tel +54 (11) 4343-0893 / 4343-0092.
{ecalot, jierache}@lsia.fi.uba.ar

Resumen

El presente artículo describe avances y objetivos del proyecto durante el último año. Orientado a la articulación entre el patrón biométrico de cadencia de tecleo y la determinación de estados emocionales, el proyecto se enfocará en desarrollar un marco de trabajo que permita determinar personas y las relaciones de las mismas con su estado afectivo. Para el mismo se está trabajando en obtener un banco de datos adquirido con una interfaz cerebro-computadora sobre un individuo al teclado. Este entorno de trabajo permitirá analizar las modelizaciones de las emociones adquiridas y plantear los cambios temporales de ritmos de tecleo de un usuario y analizarlos en función de sus emociones. En este contexto fue desarrollado un prometedor algoritmo de análisis de tecleo en textos libres que permite identificar personas, un robusto set de datos de dinámicas de tecleo y un ambiente de experimentación con el que se recabarán los datos emocionales y dinámicas de tecleo.

Palabras clave: *Dispositivos de bioseñales, Educación de emociones, Dinámica de tecleo, Contextos finitos.*

Contexto

El Proyecto articula líneas de trabajo de Keystroke Dynamics y Brain Machine Interface (BMI) orientados tanto a la seguridad como a la extracción de patrones emocionales en el ser

humano. El proyecto se desarrolla en el marco del UBACyT 2014–2017 GEF, con radicación en el Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. El mencionado proyecto se realiza con la colaboración del ISIER de FICCTE UM, apoyando específicamente en el área de aplicación de BMI, en el marco del PID 01-001/14. El proyecto vincula un tesista de doctorado de UNLP.

Introducción

La firma manuscrita tiene su paralelo en el teclado: los patrones neurofisiológicos que vuelven única a una firma manuscrita se pueden observar también en el ritmo de tecleo de un usuario [Joyce & Gupta, 1990; Calot et al., 2015]. La técnica que analiza este tipo de patrones se llama Dinámica de Tecleo o Keystroke Dynamics. Se ha realizado una comparación de algoritmos que utilizan dicha técnica [Killourhy & Maxion, 2009] para detectar usuarios e impostores. También existen estudios que vinculan los ritmos de tipeo con el estado emocional de las personas [Epp et al., 2011; Calot et al., 2015].

A través del modelado de dinámicas de tecleo y la utilización de clasificadores de última generación se han alcanzado resultados excelentes en la clasificación de claves fijas. No es el caso en el modelado de textos libres; si bien existen avances promisorios [Gunetti & Picardi, 2005] no se ha logrado una similar eficacia en la clasificación ni se conoce si es factible lograrlo, considerando por

ejemplo la dificultad de la variación del idioma de escritura.

Una Interfaz Cerebro—Computadora (Brain—Machine Interface, BMI) facilita la comunicación entre las funciones mentales o cognitivas creadas a partir del cerebro de una persona, captando las señales eléctricas, para ser procesadas, clasificadas y comunicadas con aplicaciones o dispositivos específicos [Ierache et al. 2012, 2013a, 2013b; 2014]. En el contexto de emociones, el trabajo de [Ierache et al., 2015] presenta los primeros resultados del estado emocional centrado en estímulos, aplicando interfaz cerebro—maquina.

En Dinámica de Tecleo se obtuvo un set de datos de prueba y un prometedor algoritmo de clasificación de patrones en textos libres [González, 2016]. Además se ha trabajado en la articulación de ambos temas diseñando un ambiente de captura de datos que servirá para la creación de un nuevo conjunto de datos de prueba que contendrá patrones de tecleo y estados emocionales obtenidos mediante tecnología BMI.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En el actual proyecto se desarrollan varias líneas de investigación, varias relacionadas entre sí, las cuales se detallan a continuación.

Experimentar con interfaz cerebro—maquina—captura de emociones

Con el fin de complementar el desarrollo de las distintas líneas de investigación mencionadas se está experimentando con mecanismos y modelos que permiten la lectura de la actividad cerebral y el procesamiento de datos crudos para obtener información acerca de los estados emocionales de los usuarios.

Experimentar con ritmos de tecleo

En esta línea de investigación se estudian algoritmos para clasificar e identificar personas mediante sus patrones de tecleo.

Desarrollar un ambiente de experimentación real

Para modelos que permitan estudiar la existencia de patrones entre los estados emocionales y la dinámica de tecleo de una persona, es de suma importancia establecer un marco experimental en el cual sea posible construir un conjunto de datos que goce de niveles de aleatoriedad reducidos, imponiendo en los usuarios situaciones medibles que reduzcan la brecha que

divide a las emociones y al comportamiento exteriorizado del tipoo.

Efectuar la experimentación, crear un entrenamiento y un banco de datos con información acerca del ritmo de tipoo según estados emocionales y analizar sus resultados

Una vez armado el ambiente se procederá a hacer una experimentación con voluntarios, determinar relaciones entre el estado emocional de un individuo adquirido por su dinámica de tecleo y los datos adquiridos con una interfaz cerebro—computadora (BMI).

Resultados y Objetivos

A continuación se detallan objetivos y resultados de las líneas descritas en el apartado anterior.

Experimentar con interfaz cerebro—maquina—captura de emociones

La lectura y adquisición de datos relacionados a la actividad cerebral ha sido posible gracias a la utilización del Emotiv EPOC, un dispositivo conformado por electrodos dispuestos en el sistema internacional 10-20 [Ierache et al., 2013^b], capaz de transmitir las señales detectadas a una interfaz controlada por computadora.

Los datos son recogidos por OpenViBE, un lenguaje de programación gráfico de código abierto que está diseñado principalmente para desarrollar interfaces cerebro—máquina. Además de su potencialidad, una gran ventaja es que permite a los usuarios trabajar con más de quince dispositivos de adquisición de EEG, entre ellos, el Emotiv EPOC [Yurci, 2014].

En nuestros experimentos, OpenViBE es utilizado para, a partir de las señales recibidas desde el dispositivo, aplicar filtros pasabanda que nos permitan obtener las bandas de frecuencias *alpha* y *beta* de cada uno de los electrodos. Estos valores pueden ser utilizados para calcular la posición del estado emocional en el modelo bidimensional de excitación—valencia [Feldman, 1995; Oude Bos, 2006] (figura 1).

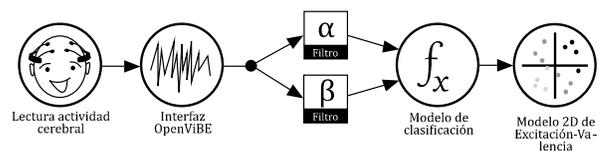


Figura 1. Adquisición de actividad cerebral y clasificación de emociones.

Dado que los objetivos no se centran en desarrollar nuevos modelos de detección de estados emocionales a partir de EEG, es que se está ahondando en distintos trabajos de investigación relacionados a dicha temática. El fin de esto es tomar conocimiento de aquellos modelos que han demostrado ser más exactos en la clasificación de emociones y, de esta manera, utilizarlos para la conformación del conjunto de datos que relaciona la dinámica de tecleo y los estados emocionales.

Actualmente se encuentra presente la problemática de contar con varios modelos que utilizan las bandas *alpha* y *beta* para mapear dentro del modelo de excitación-valencia [Ramirez & Vamvakousis, 2012; Giraldo & Ramirez, 2013; Yurci, 2014], pero para todos ellos aún no hemos encontrado contrastado sus experimentos para confirmar el sustento teórico que otorguen confiabilidad al momento de ser aplicados. Por esta razón, nos encontramos en proceso de búsqueda de dichas validaciones teóricas.

Experimentar con ritmos de tecleo.

Se realizaron publicaciones en distintos congresos internacionales. En [Calot et al., 2014] se había mostrado que, si bien en resultados previos en comparación de algoritmos para calcular la distancia entre patrones de tecleo en textos fijos la distancia de Mahalanobis resultó muy prometedora, en realidad lo era porque el conjunto de datos utilizado para homogeneizar la prueba era linealmente dependiente entre sí y la distancia de Mahalanobis eliminaba la columna dependiente; esto favorece al algoritmo más simple (la distancia euclidiana normalizada) que tuvo una performance incluso un 0,24% superior [Calot et al., 2015].

En [González & Calot, 2015] fueron presentados resultados de un nuevo algoritmo propuesto en el entorno de esta investigación para análisis de patrones de cadencia de tecleo en textos libres, donde se lograron resultados superadores. En este contexto se desarrolló la tesis “Utilización de contextos finitos para el modelado de cadencias de tecleo en esquemas de autenticación mixta” [González, 2016] defendida el 29 de febrero de 2016.

Adicionalmente, fue enviado para su evaluación el artículo *A Replication of Two Free Text Keystroke Dynamics Experiments under Harsher Conditions* a un congreso internacional. Aquí se realizó una réplica de los datos obtenidos en los trabajos de [Gunetti & Picardi, 2005; Bergadano et al., 2002] en un contexto mucho más real con una base de datos producida en el contexto de esta investigación [Calot et al., 2015] y luego los

resultados fueron comparados con los obtenidos por el algoritmo de [González, 2016]. Los resultados para el algoritmo desarrollado fueron prometedores.

Desarrollar un ambiente de experimentación real

Se ha construido una aplicación web capaz de leer la dinámica de tecleo y la actividad cerebral a medida que el usuario interactúa con el entorno presentado, en el cual se lo estimula visualmente a fin de inducirlo y predisponerlo a ciertos estados emocionales.

De esta manera, el objetivo principal del experimento se centra en crear un conjunto de datos realista que dé paso al desarrollo de modelos que mejoren los actuales porcentajes de acierto a la hora de identificar los estados emocionales de una persona a partir de su dinámica de tecleo.

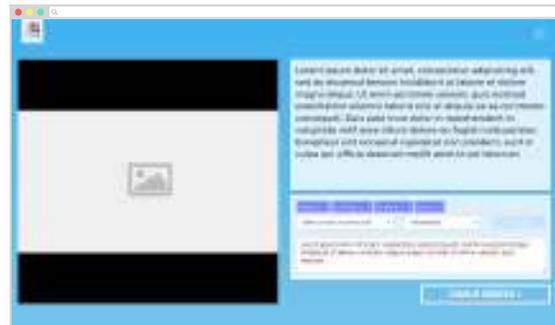


Figura 2. Interfaz principal de la aplicación utilizada en el experimento.

Más específicamente, el ambiente de experimentación (figura 2) consta de un visualizador multimedial (columna izquierda de la figura) en el que se proyectan imágenes o videos para inducir estados emocionales; un área de texto donde se presentan fragmentos varios tomados una selección propia (intentando garantizar la generación de una emoción independientemente del entorno cultural e idioma nativo de la persona); un campo de texto donde los usuarios deberán transcribir dichos fragmentos y un selector de emoción-intensidad optativo según el experimento que permitiría a las personas expresar su propia percepción de las emociones que se están experimentando.

La captura de datos está compuesta por un conjunto de fases experimentales en las cuales se inducen uno a uno distintos estados emocionales, basado en el modelo emocional 2D de excitación-valencia. La tecnología BMI a utilizar será EPOC de Emotiv y para su posterior análisis se utilizará OpenViBE; ambos mencionados en la sección de

experimentación con BMI. En cada fase se expondrán imágenes provistas por la librería IAPS [Lang, et al. 2008] y se mostrará un fragmento de texto cuyo contenido tiene como propósito potenciar la inducción emocional de las imágenes. De esta manera, se logra acaparar la atención de los usuarios mientras transcriben el texto.

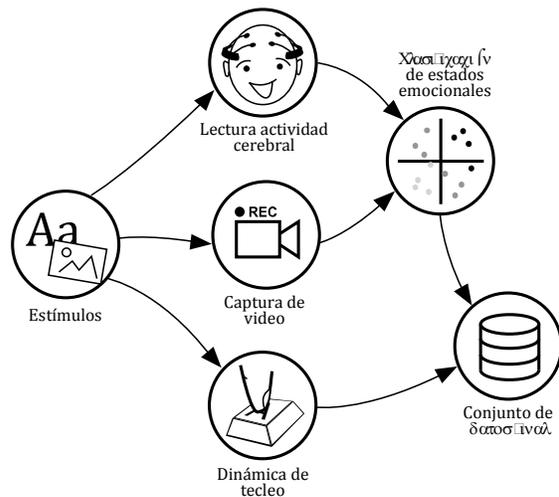


Figura 3. Ciclo simplificado de recolección de datos.

A medida que transcurren cada una de las etapas, la dinámica de tecleo, la lectura de la actividad cerebral y la captura de las expresiones faciales del usuario son leídas y almacenadas (figura 3).

Para analizar gestos emocionales en el video del usuario se utilizará la herramienta *clmtrackr* [Øygard, 2015], que detecta caras y luego interpreta emociones a partir de un set de datos de puntos mapeados de una base de datos. Su implementación utiliza modelos locales restringidos ajustados por puntos de referencia regularizados (*constrained local models fitted by regularized landmark mean-shift*) desarrollado por Audun Mathias Øygard y basado en el artículo [Saragih et al., 2011]. Para detectar los estados emocionales se utilizó la base de datos MUCT [Milborrow et al., 2010] agregando algunas imágenes propias de Øygard.

Efectuar la experimentación, crear un entrenamiento y un banco de datos con información acerca del ritmo de tipeo según estados emocionales y analizar sus resultados

Para realizar la experimentación hemos solicitado un conjunto de datos recopilado por el *Center for the Study of Emotion & Attention* de la *University of Florida* en *Gainesville, FL, Estados*

Unidos. La solicitud aún se encuentra pendiente. El conjunto contiene una base de datos de imágenes (IAPS [Lang, et al. 2008]) y sonidos (IADS [Bradley & Lang, 1999]) cuya distribución debe ser solicitada a esta entidad, sus datos no son de distribución pública para evitar el reconocimiento por parte de los usuarios de las imágenes y sonidos en caso de haber visto las imágenes previamente. Debido a esta medida la base de datos es muy utilizada en estudios científicos que analizan emociones. Una vez recibidas las imágenes y los audios procederemos a utilizar el ambiente para la captura del set de datos con personas.

Una vez capturado este banco de datos nuestro objetivo será determinar relaciones entre el estado emocional de un individuo adquirido por su dinámica de tecleo y los datos adquiridos con una interfaz cerebro-computadora (BMI) y los correlacionados por las imágenes de video de su rostro. Esperamos comenzar a publicar resultados una vez terminado el análisis de resultados del set de datos producido en las experimentaciones.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se conforma de dos investigadores formados, dos investigadores en formación y dos investigadores alumnos de grado. En el marco de las líneas de investigación se: desarrollo una tesis de grado presentada este año en la Facultad de Ingeniería de la UBA; se cuenta con un tesista doctoral en la UNLP radicado en LSIA de la UBA y dos investigadores por presentar sus proyectos de tesis doctoral en UNLP y de grado en FIUBA. Adicionalmente, se ha propiciado la participación de alumnos de grado para la realización de otros trabajos dentro de las líneas de investigación.

Referencias

- BERGADANO, F.; GUNETTI, D.; & PICARDI, C. (2002). User Authentication Through Keystroke Dynamics. *ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC)*, 5(4), 367–397. <http://doi.acm.org/10.1145/581271.581272>
- BRADLEY, M. M.; & LANG, P. J. (1999). International affective digitized sounds (IADS): Stimuli, instruction manual and affective ratings (Tech. Rep. No. B-2). Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- CALOT, E. P.; ACETO, E. L.; RODRÍGUEZ, J. M.; LIGUORI, A.; OCHOA, M. A.; MERLINO, H.; FERNÁNDEZ, E.; GONZÁLEZ, N.; PIRRA, F.; & IERACHE, J. S. (2015). Líneas de investigación del Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados. In *Proceedings del XVII*

- Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (pp. 4 p.).
- CALOT, E. P.; RODRÍGUEZ, J. M.; & IERACHE, J. S. (2014). Improving versatility in keystroke dynamic systems. In *Computer Science & Technology Series. XIX Argentine Congress of Computer Science, Selected papers*. ISBN 978-987-1985-49-4, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- EPP, C.; LIPPOLD, M.; & MANDRYK, R. L. (2011). Identifying emotional states using keystroke dynamics. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2011* (pp. 715–724). ACM.
- FELDMAN, L. A. (1995). Valence focus and arousal focus: Individual differences in the structure of affective experience. *Journal of personality and social psychology*, 69(1), 153.
- GIRALDO, S.; & RAMIREZ, R. (2013). Brain-activity-driven real-time music emotive control. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Music & Emotion (ICME3), Jyväskylä, Finland, 11th-15th June 2013*. Geoff Luck & Olivier Brabant (Eds.). ISBN 978-951-39-5250-1. University of Jyväskylä, Department of Music.
- GONZÁLEZ, N.; & CALOT, E. P. (2015). Finite Context Modeling of Keystroke Dynamics in Free Text. In *Biometrics Special Interest Group (BIOSIG), 2015 IEEE International Conference of the* (pp. 1–5).
- GONZÁLEZ, N. (2016). Utilización de contextos finitos para el modelado de dinámicas de tecleo en esquemas de autenticación mixta. Tesis de Ingeniería en Informática, Facultad de Ingeniería, UBA.
- GUNETTI, D.; & PICARDI, C. (2005). Keystroke Analysis of Free Text. *ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC)*, 8(3), 312–347. <http://doi.acm.org/10.1145/1085126.1085129>
- IERACHE, J.; PEREIRA, G.; IRIBARREN, J.; SATTOLO, I. (2013^a). Robot Control on the Basis of Bio-electrical Signals. *International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications (RiTA), 2012*. Gwangju, Korea on December 16–18, 2012. *Series Advances in Intelligent and Soft Computing of Springer*.
- IERACHE, J.; PEREIRA, G.; CALOT, E.; IRIBARREN, J. (2013^b). Framework for Brain Computer Interface implemented to control devices in the context of home automation. *XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, ISBN 978-897-23963-1-2.
- IERACHE, J.; PEREIRA, G.; IRIBARREN, J. (2012). Demostración de los resultados en la integración de Interfases Lectoras de Bioseñales aplicadas al Control de un Robot. *VII Congreso Educación en Tecnología y Tecnología en Educación Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires*. UNNOBA, demos educativas. ISBN 978-987-28186-3-0.
- IERACHE, J.; PEREIRA, G.; IRIBARREN, J. (2014). Navigation Control of a Robot from a remote location via the Internet using Brain-Machine Interface; *Robot Intelligence Technology and Applications 2*. : Springer. 2014. p -297-310. ISBN 978-3-319-05581
- IERACHE, J.; NERVO, F.; PEREIRA, G.; IRIBARREN, J. (2015). Emotional Status Focused on Stimuli by Applying Brain-Machine Interface ,*Computer Science and Technology Series Selected Papers XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, pp 245-256, Edulp . Edition 2015 , ISBN 978-987-1985-71-5
- JOYCE, R.; & GUPTA, G. (1990). Identity authentication based on keystroke latencies. *Commun. ACM*, 33(2), 168–176, febrero 1990. <http://doi.acm.org/10.1145/75577.75582>
- KILLOURHY, K. S.; & MAXION, R. A. (2009). Comparing Anomaly-Detection Algorithms for Keystroke Dynamics. In *International Conference on Dependable Systems & Networks (DSN-09), Estoril, Lisbon, Portugal, 29 June–02 July, 2009* (pp. 125–134). IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California.
- LANG, P.J.; BRADLEY, M.M.; & CUTHBERT, B.N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical Report A-8*. University of Florida, Gainesville, FL.
- MILBORROW, S.; MORKEL, J.; & NICOLLS, F. (2010). The MUCT Landmarked Face Database. *Pattern Recognition Association of South Africa*.
- OUDE BOS, D. (2006). EEG-based emotion recognition- The Influence of Visual and Auditory Stimuli. *Capita Selecta (MSc course)*.
- ØYGARD, A. M. (2015). Emotion detection example. *clmtrackr*. URL: http://auduno.github.io/clmtrackr/examples/clm_e_motiondetection.html. Vigente al 2 de febrero de 2016.
- RAMIREZ, R.; & VAMVAKOUSIS, Z. (2012). Detecting emotion from EEG signals using the emotive eproc device. In *Brain Informatics* (pp. 175-184). Springer Berlin Heidelberg.
- SARAGIH, J. M.; LUCEY, S.; & COHN, J. F. (2011). Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shift. *Int. J. Comput. Vision*, 91(2), 200–215. <http://dx.doi.org/10.1007/s11263-010-0380-4>
- YURCI, E. (2014). Emotion Detection From EEG Signals: Correlating Cerebral Cortex Activity with Music Evoked Emotion. Tesis de Maestría. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona.