

## EDUCCIÓN DE DINÁMICA DE TECLEO CENTRADO EN EL CONTEXTO EMOCIONAL DE UN INDIVIDUO

**Nahuel González<sup>1</sup>, Enrique Calot<sup>1</sup>, Ariel M. Liguori<sup>1</sup>, Francisco Pirra<sup>1</sup>, Juan Manuel Rodríguez<sup>1</sup>, Gustavo Pereira<sup>2</sup>, Facundo Nervo<sup>2</sup>, Juan Iribarren<sup>2</sup>, Jorge Ierache<sup>1,2</sup>**

Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados, Departamento Computación  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires<sup>1</sup>  
Instituto de Sistemas Inteligentes y enseñanza experimental de la robótica (ISIER)  
FICCTE-UM<sup>2</sup>  
Av. Paseo Colón 850 - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina  
Tel +54 (11) 4343-0893 / 4343-0092 .

{ngonzalez,ecalot,aliguori,fpirra,  
jmrodriguez,jierache}@lsia.fi.uba.ar

### Contexto

El Proyecto articula líneas de trabajo de Keystroke Dynamics y Brain Machine Interface (BMI) orientados a la extracción de patrones emocionales en el ser humano. Está radicado en el Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, fue aprobado en UBACYT 2014-2017 GEF bajo el código 20020130200140 BA - Expediente UBA 9011/2013 y se realiza con la colaboración del ISIER de FICCTE UM, apoyando específicamente en el área de aplicación de BMI, en el marco del PID 01-001/12.

### Resumen

El proyecto se orienta al desarrollo de un *Framework* que permita determinar las relaciones entre el estado emocional de un individuo, adquirido a través una interfaz cerebro—computadora (BMI), con su

dinámica de tecleo. La investigación se enfoca en definir un entorno de trabajo donde se puedan analizar modelos posibles del estado emocional adquirido, descubrir los cambios temporales en la cadencia de tecleo que de ellos resultan y analizarlos buscando predictibilidad y patrones de adaptación a mediano plazo.

En el último año exploramos la forma en que los usuarios varían su dinámica de tecleo a lo largo del tiempo. Utilizando el principio de variación paralela, hay una forma de “olvidar” lo aprendido e ir reemplazándolo por datos actualizados. También estamos explorando nuevos campos en la dinámica de tecleo, que incluyen la detección del estado emocional del usuario y el modelado de textos libres utilizando contextos finitos en forma similar a los esquemas de compresión de datos con predicción por coincidencia parcial.

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

## 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]. La técnica que analiza este tipo de patrones se llama Dinámica de Teclado o *Keystroke Dynamics* [Calot et al. 2014].

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].

A través del modelado de cadencias de tecleo y la utilización de clasificadores de última generación se han alcanzado resultados satisfactorios 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. Resulta interesante destacar que las aplicaciones que emplean interfaces BMI han aumentado durante las últimas dos décadas [Hamadicharef, 2010], desde controlar el encendido y apagado de luces, uso de sillas de ruedas, control de una computadora [Kennedy et al., 2000], etc. En el campo científico el interés en el empleo de BMI se presenta desde el año 1973 [Hamadicharef, 2010], entre las primeras publicación en el campo de investigación en BMI se realizaron en los años noventa 1990 [Wolpaw et al., 1990] y 1991 [Wolpaw et al., 1991]. Los trabajos no invasivos para Humanos recurrieron a señales de Electroencefalogramas (EEG), aplicados a ejercicios de comandos mentales, como mover el cursor de una computadora [Wolpaw et al., 2000; Millán, 2002] basados en el empleo de *Brain—Machine Interface* (BMI).

Las interfaces lectoras de bioseñales, facilitan la lectura del estado emocional de individuo, en este orden es posible realizar aplicaciones centradas en el estado emocional. En general estas interfaces presentan un enfoque novedoso al abrir las puertas para la interacción entre Humanos y computadoras en una nueva dimensión donde se explotan específicamente biopotenciales eléctricos registrados en el usuario, estos bio potenciales incluyen el electro-miograma, el electro-encefalograma y el electro-oculograma, que son bioseñales eléctricas generadas por los patrones de actividad de los músculos, el cerebro y los ojos del usuario. En este orden se realizaron

experiencias no invasivas para el control de robots [Ierache et al.; 2012, 2013<sup>a</sup>, 2013<sup>b</sup>].

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

El proyecto se encuentra en fase inicial desde marzo de 2014 y a lo largo de los próximos dos años se esperan cubrir las siguientes tareas contribuyentes a la línea de investigación de dinámica de tecleo en el contexto del estado emocional del usuario:

- Analizar dispositivos de Bioseñales
- Experimentar con interfaz cerebro-maquina-captura de emociones
- Experimentar con ritmos de tecleo
- Desarrollar un ambiente de experimentación real
- Efectuar la experimentación y analizar sus resultados
- 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).
- Armar un *framework* para la obtención de estados emocionales mediante una interfaz BMI y la cadencia de tecleo.

Crear un entrenamiento y un banco de datos con información acerca del ritmo de tipeo según estados emocionales

## **Resultados y Objetivos**

En Calot et. al. [2013] se reportan los resultados obtenidos de la comparación de clasificadores basados en espacios métricos, utilizando las nociones de distancia euclídea, euclídea normalizada, de Manhattan y de Mahalanobis, sobre un conjunto de datos

de entrenamiento utilizado previamente en la literatura [Killourhy & Maxion, 2009] y puesto a disposición del público por los autores. Se buscó en esta investigación alcanzar tasas de error equivalentes a las obtenidos con la distancia de Mahalanobis pero sin tomar en cuenta cada tecla presionada por separado y mejorando, cuando fuera posible, el tiempo de procesamiento. No se evidenciaron grandes diferencias a favor de la distancia de Mahalanobis, con una variación del 0,24% respecto de la distancia euclídea normalizada para claves con diez caracteres de largo (veinte eventos, diez de tiempo de retención de tecla y diez de latencia entre teclas). Tanto en velocidad, siendo más del doble de rápida, como en versatilidad, ya que permite reutilizar patrones previamente entrenados cuando se modifica la contraseña, la distancia euclídea normalizada se mostró superior a la distancia de Mahalanobis.

Resultados adicionales de los trabajos realizados en el área de dinámica de tecleo sobre los distintos métodos para comparar ritmos de tecleo y el método en que este se transmite por la red, se presentan en el trabajo de Calot et al. [2014].

Adicionalmente, los experimentos preliminares demuestran que la utilización de contextos finitos para el modelado de cadencias de tecleo en textos libres permite lograr una eficacia en la clasificación suficientemente elevada como para que la técnica sea utilizada con fines de autenticación y forenses. Las formas más básicas de la técnica permiten alcanzar un *Equal Error Rate* (EER) inferior al 10%, logrando valores menores

al 6% para los usuarios de mayor pericia dactilográfica; se están evaluando estrategias más sofisticadas de extracción de características, filtrado del texto de entrada, selección de modelos y alternación de clasificadores que prometen empujar el EER por debajo del 5% y disminuir su variación entre usuarios. Con la implementación actual existe una fuerte correlación entre la pericia dactilográfica, además de la continuidad en el flujo de escritura, y las tasas de error alcanzadas siendo estas, como es esperable, mayores a menor pericia y menor continuidad (medida a través del largo de las particiones en el texto de entrada).

Para el desarrollo de esta investigación se creó un set de datos [Calot, 2015] con dinámicas no estructuradas de tecleo de personas en un entorno productivo. A los fines de hacer reproducible el experimento y fomentar la investigación de las cadencias de tecleo en textos no estructurados, el mismo se ha hecho accesible en forma pública.

Se está trabajando en modelos mixtos que combinen la cadencia de tecleo y el orden de captura de los contextos para mejorar la clasificación, además de la medición de la entropía de la cadencia de tecleo. Con los modelos más simples esta se ubica en orden de los 6 bits/parámetro en promedio y desciende gradualmente hasta en un 40% con el incremento del orden máximo del contexto de captura utilizado; el fenómeno es similar al observado en compresión de textos. Se intentará relacionar los órdenes máximos

de captura que logran reducción de entropía y mejoras significativas en la clasificación con la estructura y extensión del plan motor neuronal a través de la interfaz cerebro-computadora.

También se encuentran avances no publicados sobre el set de datos de [Killourhy & Maxion; 2009] donde se detectaron aprendizajes por parte de los individuos evaluados y sus velocidades de tecleo. A este respecto, se constató que el empleo de medias móviles exponenciales para la actualización de los modelos brinda mejores resultados que el uso de medias móviles acotadas o no acotadas, ya que hace a estos más sensibles a las últimas variaciones en la forma de escribir del usuario, olvidando gradualmente patrones de temporización obsoletos.

La investigación se enfocará en definir un entorno de trabajo donde se puedan analizar las modelizaciones del estado emocional adquiridas por ambos métodos. Plantear los cambios temporales de ritmos de tecleo de un usuario y analizar su variación en función de sus emociones. Todo esto será desarrollado mediante el *Framework* creado a tal efecto.

## **Formación de Recursos Humanos**

En el marco de este proyecto se está desarrollando una tesis doctoral y una tesis de grado. Adicionalmente, se propicia la participación de alumnos de grado para la realización de otros trabajos de tesis en el marco de las líneas de investigación.

## Referencias

- ARAUJO, L. C. F.; SUCUPIRA, L. H. R.; LIZARRAGA, M. G.; LING, L. L.; YABU-UTI, J. B. T. 2005. User authentication through typing biometrics features. *Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 53, no. 2, pp.851–855.
- CALOT, E. 2015. “Keystroke Dynamics keypress latency dataset”. Base de datos para investigación. <http://lsia.fi.uba.ar/pub/papers/kd-dataset/>
- CALOT, E.; PIRRA, F.; RODRIGUEZ, J.M.; PEREIRA, G.; IRIBARREN, J.; IERACHE, J. 2014. “Métodos Adaptativos de Educación de Dinámica de Teclado Centrado en el Contexto Emocional de un Individuo aplicando Interfaz Cerebro Computadora”. XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, ISBN 978-950-34-1084-4.
- CALOT, E.; RODRIGUEZ, J.M.; IERACHE, J. 2013. Improving versatility in keystroke dynamic systems. XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación., ISBN 978-897-23963-1-2.
- EPP, CLAYTON; LIPPOLD, MICHAEL; MANDRYK, REAGAN L. 2011. “Identifying emotional states using keystroke dynamics”, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, pp. 715-724.
- GUNETTI, DANIELE; PICARDI, CLAUDIA. 2005. “Keystroke analysis of free text”, in ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC) 8.3, pp. 312-347.
- HAMADICHAREF, B. 2010. “Brain Computer Interface (BCI) Literature- A bibliometric study”, in 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications, Kuala Lumpur, pp. 626-629.
- IERACHE, J.; PEREIRA, G., IRIBARREN, J., SATTOLO, I. 2013<sup>a</sup>. “Robot Control on the Basis of Bioelectrical 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<sup>b</sup>. 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.
- JOYCE, R.; GUPTA, G. 1990. Identity authentication based on keystroke latencies. *Commun. ACM* 33, 2 (February 1990), 168-176. <http://doi.acm.org/10.1145/75577.75582>
- KENNEDY, P. R. ; BAKAY, R.; MOORE, M. M.; ADAMS, K.; GOLDWAITHE, I. 2000. “Direct control of a computer from the hUMAN central nervous system”, *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 198-202, June 2000.
- KILLOURHY, K. S.; MAXION, R. A. 2009. Comparing Anomaly-Detection Algorithms for Keystroke Dynamics. In International Conference on Dependable Systems & Networks (DSN-09), pp. 125–134, Estoril, Lisbon, Portugal, 29 June to 02 July 2009. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California.
- MILLÁN, J.R. 2002. “Brain-computer interfaces,” in *Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 2nd ed, M.A. Arbib, Ed. Cambridge, MA: MIT Press.
- MONROSE, F.; RUBIN, A. D. 2000. Keystroke dynamics as a biometric for authentication. *Future Gen. Comput. Syst.*, vol. 16, no. 4, pp. 351-359.
- POLEMI, D. 1997. Biometric Techniques: Review and Evaluation of Biometric Techniques for Identification and Authentication, Including an Appraisal of the Areas Where They are Most Applicable. Institute of Communication and Computer Systems, National Technical University of Athens, Athens, Greece. Retrieved on 2013-07-01: <ftp://ftp.cordis.lu/pub/infosec/docs/biomet.doc>, EU Commission Final Rep.
- WOLPAW, R. ; MCFARLAND, D. J.; NEAT, G. 1990. "Development of an Electroencephalogram-based Brain-Computer Interface," *Annals of Neurology*, vol. 28, no. 2, pp. 250-251, August 1990.
- WOLPAW, R.; MCFARLAND, D. J.; NEAT, G.; FORNERIS, C. 1991. “An EEG-based brain-computer interface for cursor control,” *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, vol. 78, no. 3, pp. 252-259, March 1991.
- WOLPAW, R.; MCFARLAND, D. J.; VAUGHAN, T. M. 2000. “Brain-computer interface research at the Wadsworth center,” *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, vol. 8, pp. 222–226.