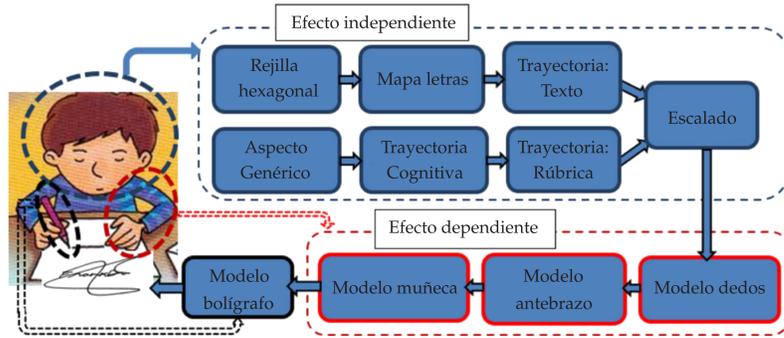


RESUMEN



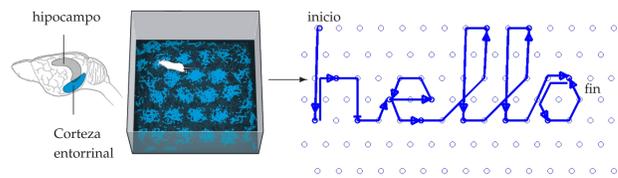
El propósito de esta tesis es imitar el comportamiento humano durante la escritura. Inspirado en el modelo teórico equivalente de *Lashley 1930, Bernstein 1967*, se propone un modelado matemático de escritura en dos pasos: *i*) desarrollo del plan de acción cognitivo al escribir, *ii*) imitación del control neuromuscular. Las imágenes de escritura escaneada se crean con un modelo de deposición de tinta. Adicionalmente, en esta tesis también se pretende estudiar cómo fue la activación neuromuscular una vez realizada la escritura. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados en diferentes ámbitos multidisciplinarios como biometría, salud, forense, etc.

MAPA CONCEPTUAL: GENERACIÓN DE LA ESCRITURA



REJILLA HEXAGONAL

Inspirado en el Premio Nobel de Medicina y Fisiología 2014: Representación espacial hexagonal del cerebro en ratones



TRAYECTORIAS BALÍSTICAS

Estudio de señales Electromiográficas (EMG)



Trayectoria final

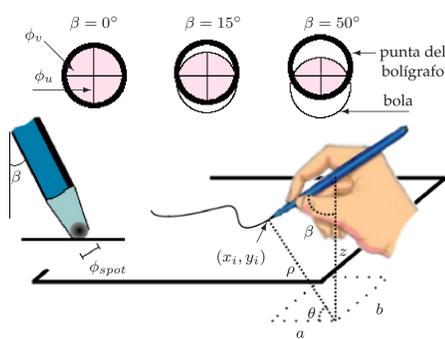


Filtro de Kaiser

$$h(n) = \begin{cases} I_0(\pi\beta\sqrt{1-(2n/M-1)^2}) & \text{si } 0 \leq n \leq M \\ 0 & \text{Resto} \end{cases}$$

MODELO DE ESCRITURA ESCANEADA

Modelo matemático: 18 bolígrafos virtuales de bola de distintas tintas y modelado de la rugosidad del papel



MODELO DE ESCRITURA DINÁMICA

Teoría cinemática de los movimientos rápidos de la mano. Modelo Sigma-Lognormal ($\Sigma\Lambda$), R. Plamondon, 1995:

$$|\vec{v}_i(t)| = \frac{D_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_i(t-t_{0i})} \exp\left(-\frac{(\ln(t-t_{0i})-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

$$\phi_i(t) = \theta_{s_i} + \frac{\theta_{e_i} - \theta_{s_i}}{D_i} \int_0^t |\vec{v}_i(\tau)| d\tau$$

EVALUACIÓN CUALITATIVA

- ✓ Estudio perceptual para evaluar el realismo de las firmas artificiales
- ✓ 80 participantes
- ✓ Alta confusión en reconocer firmas reales y artificiales

Puntuación media		Tiempo	
Real	Artificial	medio (min)	Confusión (%)
5.38	4.50	8.70	88.12

EVALUACIÓN CUANTITATIVA

Análisis de estabilidad en la escritura

- Escritura dinámica: Puntos de Emparejamiento Directo (DMP) optimizando el Alineamiento Temporal Dinámico (DTW)
- Escritura escaneada: Flujo óptico en imágenes: *Horn & Shunck, 1980.*

$$E = \iint [(I_x u + I_y v + I_t)^2 + \alpha^2 (\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2)] dx dy$$



REFERENCIAS

Referencias más relevantes que sostienen el desarrollo de la tesis

- [1] M. Ferrer, M. Díaz-Cabrera and A. Morales, Static Signature Synthesis: A Neuromotor Inspired Approach for Biometrics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.37, no.3, pp.667-680, 2015
- [2] M. Díaz-Cabrera, M. Ferrer and A. Morales, Modeling the Lexical Morphology of Western Handwritten Signatures. *PLoS ONE*, 2015 *In press*
- [3] J. Galbally, M. Díaz-Cabrera, M. Ferrer *et al.* On-Line Signature Recognition through the Combination of Real Dynamic Data and Synthetically Generated Static Data. Enviado a *Pattern Recognition*, 2014.
- [4] M. Díaz-Cabrera, A. Fischer, R. Plamondon *et al.* Towards an Automatic On-Line Signature Verifier Using Only One Reference Per Signer. Enviado a *IEEE Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, 2015.
- [5] M. Díaz-Cabrera, M. Ferrer, A. Morales, Cognitive Inspired Model to Generate Duplicated Static Signature Images *IEEE Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, pp. 61-66, 2014, Best Student Paper Award.

Más referencias relacionadas con la tesis:



JUEGO: ¿REAL O ARTIFICIAL?

¿Qué firma es real y cuál es artificial?



RECURSOS HUMANOS

TUTORES:

Dr. Miguel A. Ferrer Ballester (ULPGC), Dr. Aythami Morales Moreno (UPM, Madrid), Dr. Rafael Pérez Jiménez (ULPGC)

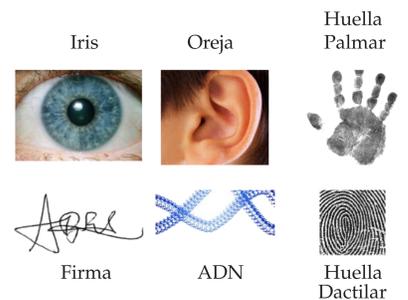
COLABORADORES:

Canadá: Prof. Réjean Plamondon, Prof. Robert Sabourin, Dr. George Eskander; **España:** Prof. Julian Fierrez, Dra. Cristina Carmona, Dña. Marta Gomez; **Polonia:** Prof. Kanstantsin Miatliuk; **Italia:** Prof. Giuseppe Pirlo, Dr. Javier Galbally; **Suiza:** Dr. Andreas Fischer; **UK:** Dr. Gordon Thomas.

TRASFERENCIAS INNOVATIVAS

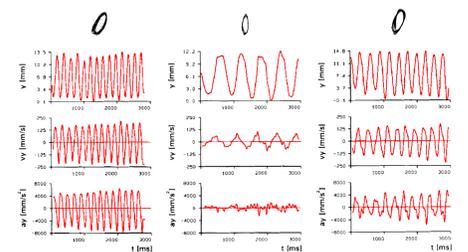
1. BIOMETRÍA

- ✓ Mejora a la precisión de los sistemas de reconocimiento biométrico
- ✓ Aprendizaje automático con menos molestias al usuario
- ✓ Canal dinámico y estático al mismo tiempo
- ✓ Datos artificiales creados desde la perspectiva cognitiva



2. NEUROLOGÍA

- ✓ Detección de desórdenes en el movimiento
- ✓ Primeros screenings
- ✓ Enfermedad del Parkinson



3. TERAPIA

- ✓ Rehabilitación
- ✓ Medidas objetivas para el desarrollo visual-muscular-esquelético
- ✓ Ejercicios de escritura
- ✓ Ayuda en la parálisis cerebral



4. EDUCACIÓN

- ✓ Evaluación de los procesos motores y desórdenes de coordinación
- ✓ Ejercicio de escritura para niños
- ✓ Desarrollo del proceso motorico



5. FORENSE

- ✓ Peritaje caligráfico
- ✓ Generación artificial de manuscrito equivalente
- ✓ Análisis de documentos dinámicos y escaneados

