

Análisis del efecto de distintas modalidades de retroalimentación en el desempeño de interfaces cerebro-computadora

Irma Nayeli Angulo Sherman y Dania Gutiérrez Ruiz

Resumen

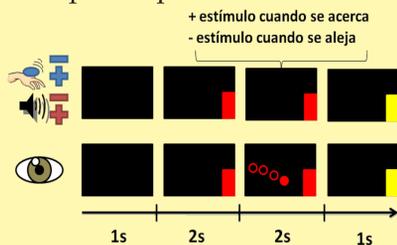
Una interfaz cerebro-computadora (ICC) es un sistema que traduce las intenciones de un individuo en instrucciones para controlar algún dispositivo empleando únicamente sus señales cerebrales. La ICC puede proveer retroalimentación que le indica al usuario si el dispositivo controlado realiza lo que se desea y que, además, le ayuda a entrenar la modulación de sus señales cerebrales para alcanzar un control óptimo. Se espera que la retroalimentación visual contribuya más al aprendizaje, pero hay aplicaciones en las que se dificulta su uso, por lo que es necesario encontrar alternativas. En este trabajo se evalúa una ICC con retroalimentación continua audible y vibrotáctil en modalidad positiva o negativa y se compara su desempeño contra el alcanzado con retroalimentación visual. Los resultados indican que la mejor retroalimentación para una ICC depende del sujeto y que para la cuarta sesión ya se puede determinar si alguna modalidad de retroalimentación favorece al aprendizaje del usuario.

Objetivo

Evaluar la eficacia de una ICC empleando retroalimentación positiva o negativa en modalidad audible o vibrotáctil y determinar con cuál se alcanza un mejor desempeño en comparación con la eficacia alcanzada cuando se usa retroalimentación visual.

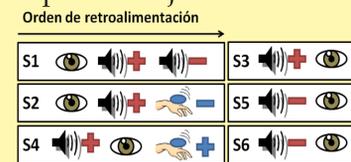
Introducción

Cada prueba en consiste controlar el desplazamiento vertical de un cursor que se mueve horizontalmente a velocidad constante. El movimiento hacia arriba se produce ante la detección de una condición (un movimiento imaginado), mientras que la bajada se produce cuando se ha detectado otra condición (de reposo). Una corrida está compuesta por 32 pruebas.



Diseño del estudio

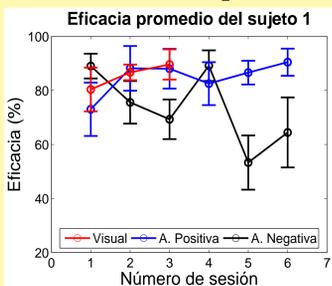
Se entrenó a 6 voluntarios para operar una ICC con distintas modalidades de retroalimentación. Se evaluó la eficacia (porcentaje de objetivos golpeados) hasta que el sujeto dominara la tarea, se estabilizara la eficacia o se completaran 7 sesiones (de 7 corridas). Después el sujeto entrenó con otro tipo de retroalimentación.



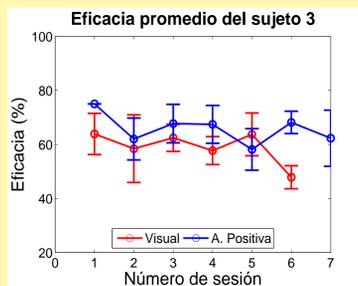
Se realizaron pruebas ANOVA (tradicional o de Welch) para determinar efectos en la eficacia relacionados a la modalidad de retroalimentación y el número de sesión, seguidas de pruebas de comparaciones múltiples.

Resultados: Eficacias y pruebas ANOVA

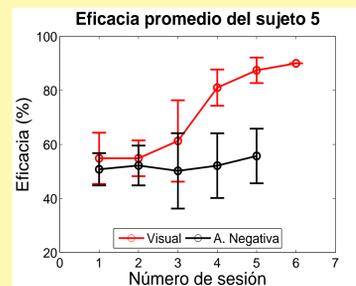
No existe una mejor retroalimentación, sino que la mejor modalidad depende del sujeto. Entonces la retroalimentación debería de ser personalizada.



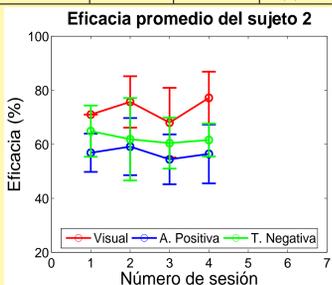
Factor	F	valor p	Comparación*
Modalidad	14.25(2)	2.02e-5	V, AP>AN
Sesión (V)	2.67(1)	0.117	
Sesión (AP)	3.74(1)	0.009	2,3,5,6>1
Sesión (AN)	14.91(1)	1.431e-7	1>3,5,6; 2,3,4>5; 4>6



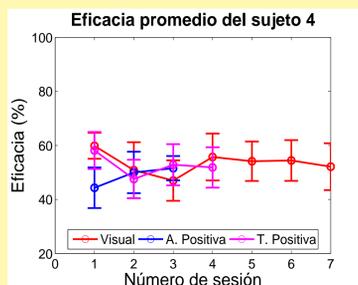
Factor	F	valor p	Comparación*
Modalidad	9.06(1)	0.003	AP>V
Sesión (V)	8.84(2)	3.07e-4	3>6
Sesión (AP)	1.97(1)	0.098	



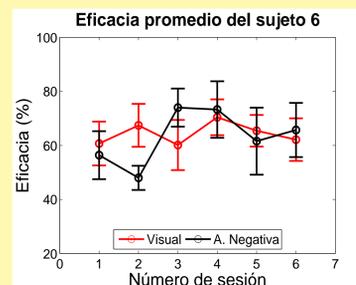
Factor	F	valor p	Comparación*
Modalidad	25.37(2)	4.622e-6	V>AN
Sesión (V)	34.34(2)	2.820e-7	4,5>1,2
Sesión (AN)	0.26(1)	0.899	



Factor	F	valor p	Comparación*
Modalidad	13.68(1)	9.679e-6	V>APT,N
Sesión (V)	0.8(1)	0.516	
Sesión (AP)	0.29(1)	0.835	
Sesión (TN)	0.22(1)	0.880	



Factor	F	valor p
Modalidad	1.4(1)	0.252
Sesión (V)	1.79(1)	0.126
Sesión (AP)	1.37(1)	0.288
Sesión (TP)	2.49(1)	0.084



Factor	F	valor p	Comparación*
Modalidad	0.06(2)	0.805	
Sesión (V)	1.97(1)	0.106	
Sesión (AN)	5.91(1)	6.455e-4	3,4,6>2

(1)ANOVA de un factor, (2)ANOVA de Welch, *p<0.05, (V)Visual, (AP)Audible positiva, (AN)Audible negativa, (TP)Vibrotáctil positiva, (TN)Vibrotáctil negativa

Selección de retroalimentación

A partir de la cuarta sesión es posible observar los cambios favorables estadísticamente significativos.

Sujeto 1

Factor	Tipos	F	valor p	Comparación múltiple*
Sesión (AP)	1-4	3.57(1)	0.035	2,3>1
	1-5	3.38(1)	0.025	2,3>1
	1-6	3.74(1)	0.009	2,3,5,6>1

Sujeto 5

Factor	Tipo	F	valor p	Comparación múltiple*
Sesión (V)	1-4	10.58(1)	1.272e-4	4>1,2,3
	1-5	34.34(2)	2.820e-7	5,4>1,2

Sujeto 6

Factor	Tipo	F	valor p	Comparación múltiple*
Sesión (AN)	1-4	12.82(1)	1.013e-4	3,4>1,2
	1-5	7.46(1)	4.721e-4	4>1; 3,4>2
	1-6	5.91(1)	6.455e-4	3,4,6>2

Se propone que cuatro sea el límite en el número de sesiones para evaluar una modalidad de retroalimentación en el sujeto. De este modo, se evitaría que el usuario pase por sesiones de entrenamiento innecesarias y exhaustivas.

Conclusiones

- Aunque las retroalimentaciones audibles y vibrotáctiles, ya sean positivas o negativas, pueden ser candidatas a sustituir a la retroalimentación visual, el desempeño alcanzado con cada modalidad de retroalimentación en ICCs depende del sujeto que opere la interfaz. Por ello se sugiere que la modalidad de retroalimentación debería ser personalizada.
- Los resultados muestran que, siguiendo la metodología de este estudio, para la cuarta sesión es posible determinar si la modalidad contribuye al aprendizaje y si es una buena opción para el sujeto.
- Se sugiere un esquema para seleccionar el tipo de retroalimentación en el que se propone que la cuarta sesión sea el límite para evaluar la modalidad de retroalimentación. Así se evita realizar sesiones innecesarias y extenuantes para los operadores.

Referencias

- A. Chatterjee, V. Aggarwal, A. Ramos, S. Acharya, and N.V. Thakor, "A brain-computer interface with vibrotactile biofeedback for haptic information", *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol.4. no.1. pp. 40–51, Oct. 2007.
- M. Gonzalez-Franco, P. Yuan, D. Zhang, B. Hong, and S. Gao, "Motor imagery based brain-computer interface: A study of the effect of positive and negative feedback", in *Proceedings of the 33rd Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30 2011–Sept. 3 2011. pp. 6323–6326.
- SH. Gao, M. Ouyang, D. Zhang, and B. Hong, "An auditory brain-computer interface using virtual sound field", in *Proceedings of the 33rd Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30 2011–Sept. 3 2011. pp.4568–4571
- G. Schalk, D.J. McFarland, T. Hinterberger, N. Birbaumer, and J.R. Wolpaw, "BCI2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system", in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, no. 6, pp. 1034–1043, Jun. 2004.