



Stop a los accidentes por fatiga

Helios De Rosario Martínez^{1,2}, José S. Solaz Sanahuja¹, David Moro Pérez¹, Paulo Gameiro³, Wilder Eduardo Castellano Hernández¹, Alfredo Ballester Fernández¹, Andrés Soler Valero¹, Carlos V. García Molina¹

¹ Instituto de Biomecánica (IBV)

² Grupo de Tecnología Sanitaria del IBV, CIBER de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN)

³ Development Manager en Borgstena Group Portugal LDA, EN 234 - km 87,7 (Chão do Pisco) Apartado 35 - 3521-909 Nelas - Portugal

El proyecto HARKEN reúne un consorcio de centros de investigación y empresas europeas para crear un sistema de monitorización fisiológica integrado en el vehículo. Este sistema está en contacto constante con el cuerpo del conductor a través de la cubierta del asiento y el cinturón de seguridad, y monitoriza la actividad fisiológica y mecánica relacionada con la respiración y el ritmo cardiaco. Los ruidos y artefactos producidos por vibraciones y movimientos del conductor se eliminan gracias a señales redundantes y el uso de filtros adaptativos, programados en una unidad de procesamiento de señal.



INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tráfico causados por la fatiga son un problema social y económico muy importante. En 2010 se produjeron alrededor de 31.000 muertes por este tipo de accidentes en Europa (OECD 2012) y se estima que la fatiga del conductor es la causante de entre el 20 y el 35% de los accidentes con heridos graves (Hell *et al.*, 1997, Horne and Reyner, 2000, Sagberg, 1999).

Para atajar este dramático problema, los gobiernos dedican muchos recursos a campañas publicitarias, mejoras de la infraestructura y adaptaciones de los marcos legales y regulatorios, al tiempo que la industria del automóvil se esfuerza en desarrollar soluciones tecnológicas que detecten y prevengan la somnolencia del conductor. En el momento presente, de hecho ya existen algunos modelos de automóvil con sistemas que monitorizan el comportamiento del conductor (patrones de la dirección y la aceleración del vehículo) y estiman cuándo su forma de conducir puede estar indicando fatiga o distracción.

Sin embargo, el comportamiento por sí mismo puede subestimar la medida en que el conductor pierde la capacidad de respuesta (Lal and Craig, 2001), por lo que la industria busca soluciones más fiables, basadas en la monitorización directa de variables psico-fisiológicas. Algunas de las más importantes son las que se relacionan con la actividad del sistema nervioso, como el ritmo cardiaco y la respiración, que hoy es posible medir con dispositivos portátiles e incluso con sistemas integrados en la indumentaria.

El principal reto se encuentra en medir tales señales de un modo completamente “invisible” para el conductor, sin que éste tenga que llevar dispositivos o ropa especial. Es con

esta finalidad con la que se ha constituido el consorcio del proyecto HARKEN, al objeto de crear un monitor no invasivo, basado en materiales inteligentes, que se integre en los componentes del automóvil.

La estructura de las empresas y centros de investigación que conforman el consorcio HARKEN se muestra en la figura 1. Se trata de un conjunto de pequeñas y medianas empresas (pymes) que fabricarán el producto, y unos centros de investigación y desarrollo tecnológico (CIDT) que desarrollarán la investigación necesaria, además de la empresa que llevará el producto al mercado.

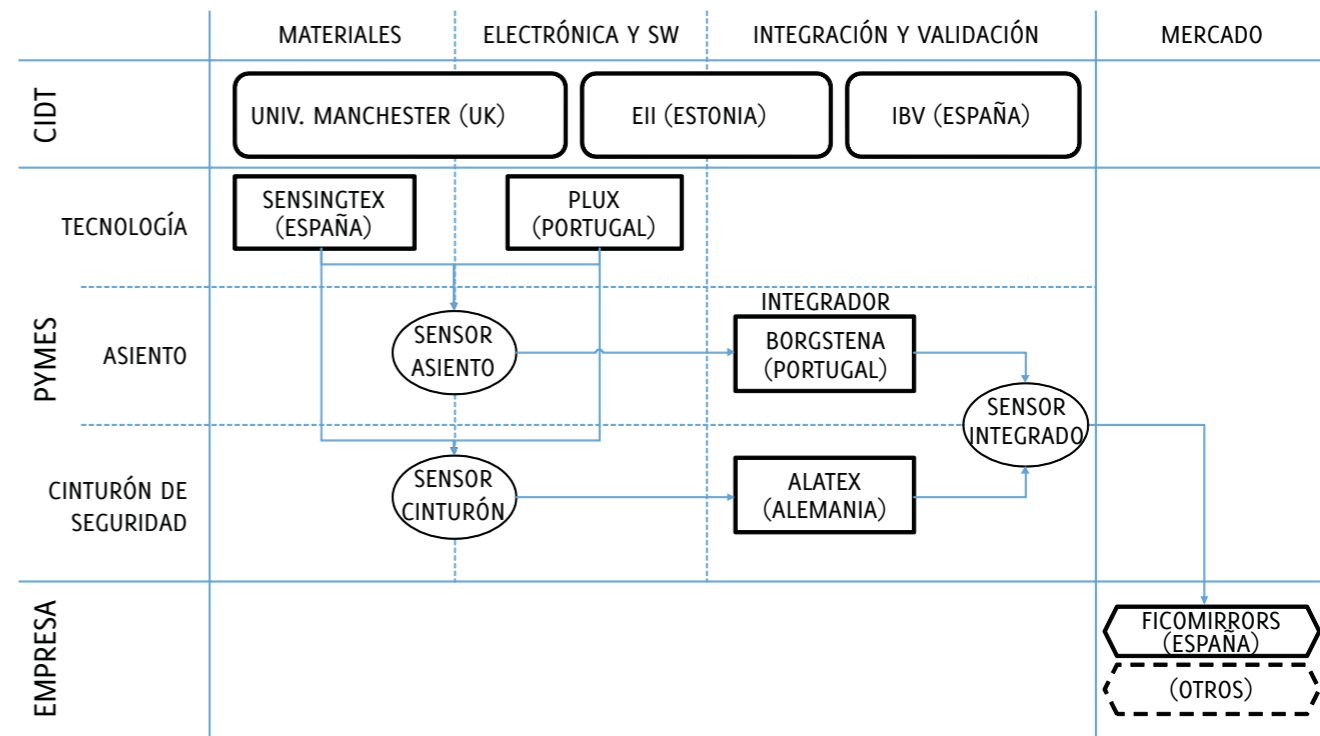


Figura 1

Estructura de la cadena de desarrollo de HARKEN.



CONCEPTO DEL PRODUCTO

La solución desarrollada en HARKEN es un sistema de sensores no invasivo que mide la actividad cardiaca y la respiración, y se encuentra integrado en la cubierta del asiento y en el cinturón de seguridad del vehículo. El ritmo cardiaco y las medidas de su variabilidad son buenos indicadores de la concentración y la actividad mental de las personas, mientras que la reducción e intensidad del ritmo respiratorio está correlacionada con el aumento de la fatiga (Lal and Craig, 2001, Milosevic, 2010, Hadjileontiadis, 2006).

El sistema HARKEN detecta el efecto mecánico de estas acciones fisiológicas, y filtra el ruido y los artefactos que se añaden durante el uso del vehículo (Figura 2). Este sistema introduce varias innovaciones a los existentes actualmente, con las que resuelve sus mayores limitaciones. En primer lugar, sustituye los electrodos que se usan convencionalmente para monitorizar señales fisiológicas por materiales textiles “inteligentes”, compuestos por combinaciones de fibras y tejidos con propiedades eléctricas, integradas en los textiles estándar del asiento y el cinturón, aunque ello impone ciertas condiciones sobre el tipo de señales que se pueden medir.

El concepto para el cinturón de seguridad es tecnológicamente semejante al de los monitores de pletismografía que se usan normalmente en el entorno médico para medir la respiración, a través de la acción biomecánica transmitida a un par de bandas torácicas y abdominales. Por otro lado, la ubicación de las bandas del cinturón sobre el conductor y la presión que éste ejerce sobre su cuerpo son normalmente distintos de las condiciones usadas para la sensorización clínica. Por eso, además de la integración del material sen-

sible en la estructura del cinturón, ha de abordarse el reto de adaptar el cinturón y sus anclajes para mejorar dichas condiciones. Esto se ha logrado a través de un estudio antropométrico, que determina la ubicación óptima de los sensores, y el diseño de unos tensores que ayudarán a mejorar el control de la ubicación de los sensores.

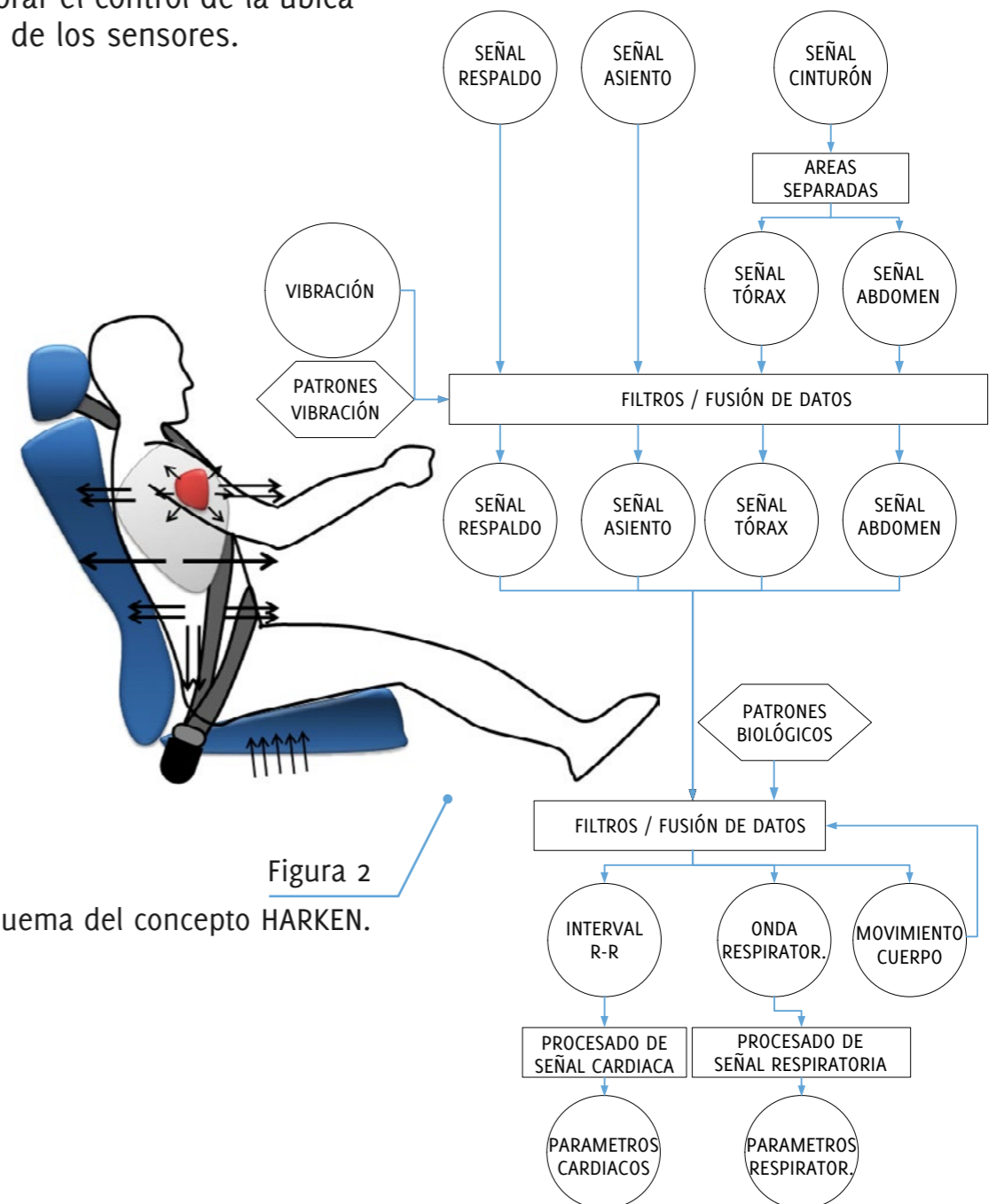


Figura 2

Esquema del concepto HARKEN.



Por lo que respecta a la solución para el asiento, ésta difiere de la mayoría de sensores fisiológicos en el hecho de que las áreas del cuerpo que están en contacto directo con el sistema no son las más cercanas a los órganos cuya actividad se monitoriza (corazón, pulmones o abdomen). Sin embargo, los materiales están optimizados para alcanzar su mayor sensibilidad con las presiones ejercidas por el cuerpo del conductor sobre dichas áreas.

En lo que se refiere a las variables fisiológicas en sí y, en particular, la de la actividad cardiaca, aunque el registro más habitual en el ámbito médico es el electrocardiograma (ECG), HARKEN se centra en la medida mecánica del flujo sanguíneo (balistocardiograma, BCG), que es observable sin contacto directo con la piel en entornos de la vida diaria (Baek *et al.*, 2012). Aunque las señales de BCG no presentan los patrones específicos de las ondas ECG que usan para los diagnósticos clínicos, muestra igualmente los picos asociados a los latidos, lo que permite medir sin problemas parámetros como el ritmo cardiaco y su variabilidad.

Finalmente, el uso de medidas redundantes de las señales fisiológicas y dinámicas del cuerpo y el entorno permiten usar estrategias de fusión de datos para mejorar la fiabilidad de la señal de salida. Ello se consigue empleando filtros adaptativos, que tienen en cuenta la correlación de estas señales auxiliares con las fuentes de ruido y artefactos.



H A R K E N ● ● ●



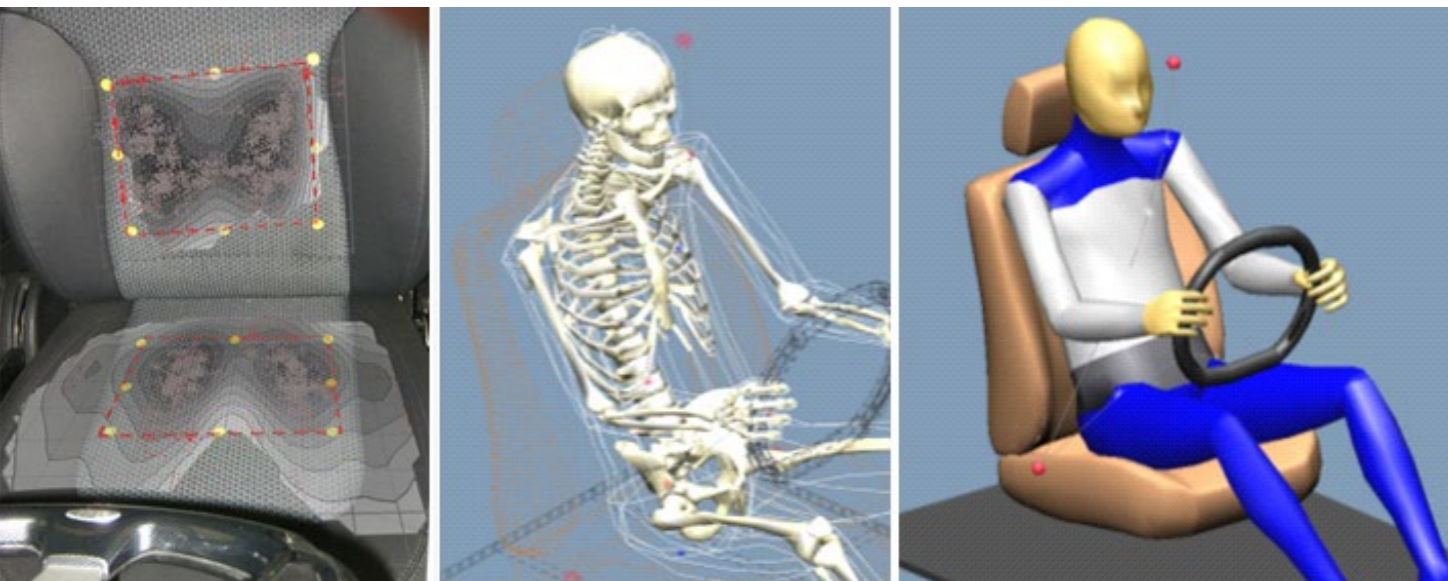
CONFIGURACIÓN Y RESULTADOS DEL SISTEMA HARKEN

Los sensores del sistema HARKEN se han fabricado con un tejido sensible a la presión local ejercida por el cuerpo del conductor, que permite detectar las pequeñas diferencias de presión ejercidas por la acción cardiorrespiratoria, que pueden ser menores de 1 g/cm^2 en el caso del ritmo cardiaco.

Para poder detectar estas señales de forma fiable, se han definido las áreas de interés en un cinturón de seguridad y en un asiento (Figura 3), en función de los niveles y la homogeneidad de la presión sostenida en pruebas de conducción.

Figura 3

Áreas y puntos de interés del asiento sensorizado.



La unidad de procesado se ha diseñado configurando los canales de entrada y los filtros para captar las señales fisiológicas a partir de los sensores de HARKEN. Un prototipo de este sistema se ha instalado en la cabina de un simulador de conducción para ser validado en pruebas de uso (Figura 4).

Figura 4

Sistema HARKEN instalado en vehículo.





La figura 5 muestra ejemplos de las señales registradas durante estas pruebas de uso. En la gráfica 5a se ve un fragmento de la señal en uno de los sensores (región torácica del cinturón de seguridad) durante una prueba controlada sin ruido, en la que se aprecia claramente un patrón de onda respiratoria, con periodos de entre 3 y 4 s. La figura 5b se corresponde con un filtro paso-alto de la señal anterior, en la que se observan los picos a mayor frecuencia del ritmo cardiaco (periodos ligeramente mayores de 1 s, correspondientes a unas 55 pulsaciones por minuto).

Por otro lado, la figura 5c muestra la señal de este sensor en un fragmento durante el uso real (conduciendo en el simulador), incluyendo distorsiones debidas al movimiento del usuario (aproximadamente los primeros 150 segundos). En la gráfica 5d se presenta el ruido de referencia, medido con un acelerómetro ubicado sobre el cinturón de seguridad tras integrar la señal para estimar los movimientos del tronco del usuario. Como se puede comprobar, las perturbaciones de la fase ruidosa en 5c se corresponden con los mayores movimientos de 5d, que se utilizarán para “limpiar” la señal.

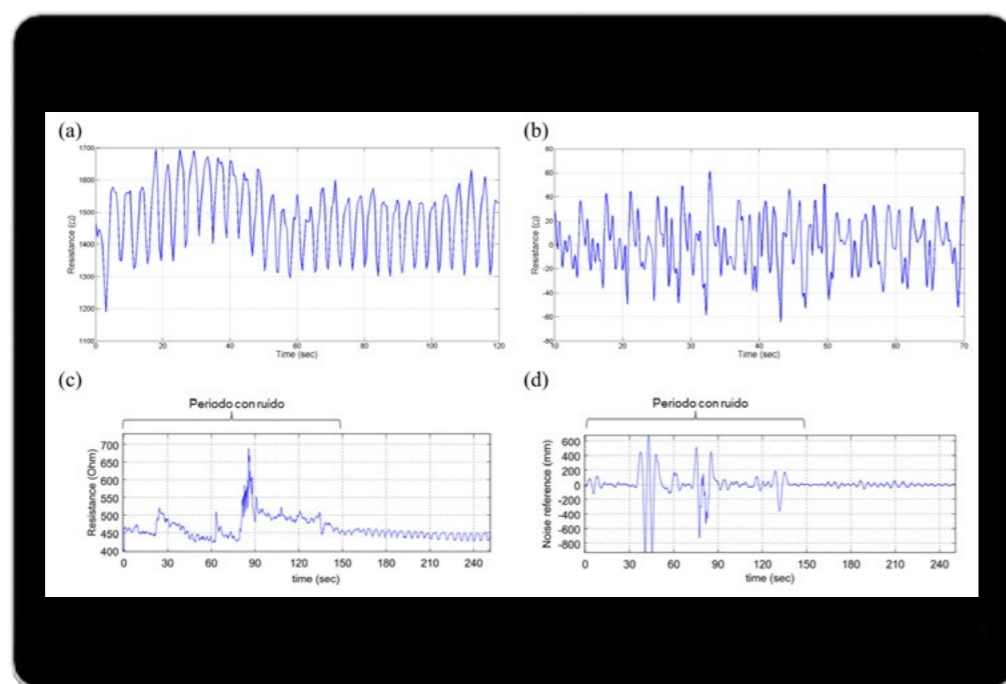


Figura 5

- (a) Señal del sensor HARKEN sin ruido (onda respiratoria);
- (b) señal sin ruido con bajas frecuencias filtradas (picos del ritmo cardiaco);
- (c) señal con ruido debido al movimiento del usuario;
- (d) señal de referencia del movimiento del tronco del usuario.



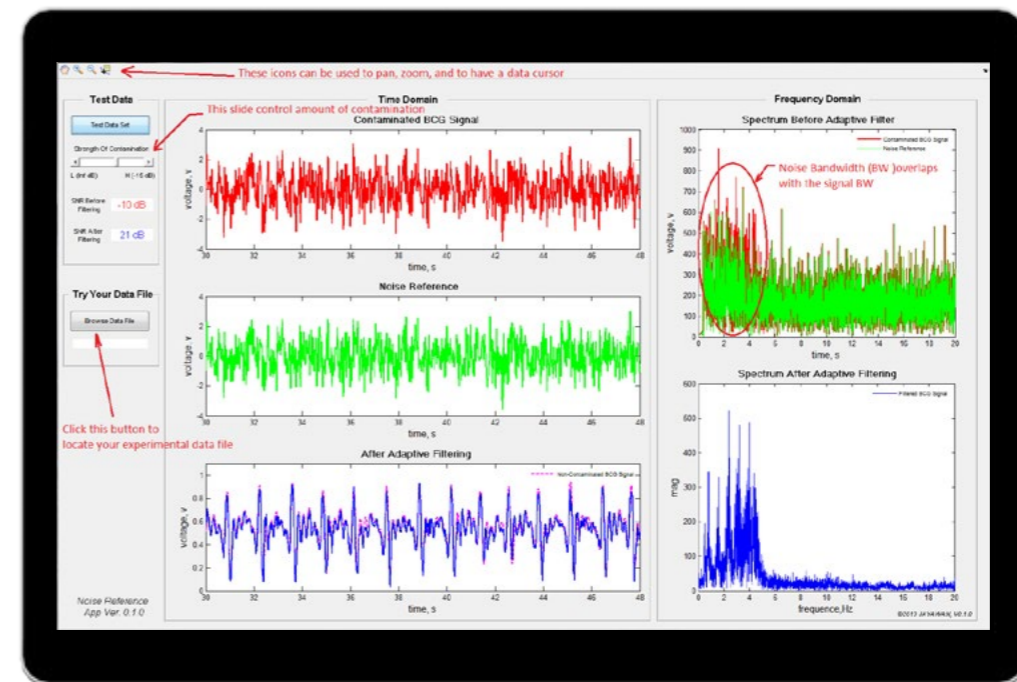
Esta operación se realiza con el filtro adaptativo, cuyo funcionamiento se muestra en la interfaz de la figura 6. En la sección izquierda se presentan tres gráficas; de arriba abajo, la señal contaminada (en rojo), el ruido de referencia (en verde) y la señal filtrada (en azul). A la derecha se muestran los espectrogramas de la señal antes (arriba) y después (abajo) del filtrado. Se puede observar que, aunque el espectro de la señal que se quiere obtener (la onda regular del ritmo cardiaco) se superpone con el ruido, el filtro adaptativo es capaz de cancelar dicho ruido y dejar limpia la señal original.

CONCLUSIÓN

El sistema HARKEN captura el ritmo cardiaco y la respiración de forma completamente no invasiva. Los resultados de los tests muestran su potencial como herramienta para integrarse en los vehículos en un futuro cercano. Una vez se alcancen los requisitos funcionales, el trabajo se orientará a mejorar la industrialización de los prototipos desarrollados y a cumplir los estándares del sector de automoción, para ser la base tecnológica de futuros detectores de somnolencia de los conductores. □

Figura 6

Interfaz del filtro adaptativo programado en Matlab.





Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea, (FP7/2007-2013), por el acuerdo de financiación nº 286265.

Bibliografía

Baek, H.J., Chung, G. S., Kim, K.K. and Park, K.S. (2012) A Smart Health Monitoring Chair for Nonintrusive Measurement of Biological Signals, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16(1): 150 -158.

Hadjileontiadis, L.J. (2006) Biosignals and compression standards, in: *M-Health. Emerging Mobile Health Systems*, edited by R.S.H. Istepanian *et al.*, Berlin: Springer: 277-292.

Hell, W., Langwieder, K., Sporer, A. and Zulley, J. (1997) Driver inattention and other causative factors in fatal highway crashes. *Proceedings of the 41st Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine*, Orlando, USA, Nov. 10-11, 1997.

Horne, J., and Reyner, L. (2000) *Sleep Related Vehicle Accidents*. Sleep Research Laboratory, Loughborough University.

Lal, S.K.L., and Craig, A. (2001) A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological Psychology*, 55(3): 173-194.

Milosevic, C. (2010) Driver's fatigue studies. *Ergonomics*, 40(10): 381-399.

OECD (2012) *Trends in the Transport Sector 1970-2010*. Paris: OECD Publishing / International Transport Forum.

Sagberg, F. (1999) Road Accidents Caused by Drivers Falling Asleep. *Accident Analysis and Prevention*, 31(6): 639-649.

Un viaje con final feliz

H A R K E N ●●● innovador sistema para prevenir accidentes

Cada año:

- 1,5M. de personas heridas en accidentes de coche
- 40.000 muertos
- 100.000M. € de coste

UE

30% de accidentes mortales se debe a la fatiga o somnolencia

El sistema mide:

- Ritmo cardíaco
- Actividad respiratoria

Con materiales inteligentes integrados en la funda del asiento y cinturón de seguridad

(SPU) Procesador de datos

El vehículo del futuro ya cercano, podrá prevenir la fatiga y avisar al conductor para evitar accidentes

Tiempo para el descanso!!

harken.ibv.org

Proyecto financiado por el VII PM-UE

Socios del proyecto: