

## Aproximación a los sensores biométricos para medir el perfil de stress

J. A. Ortega<sup>1</sup>, R. Seepold<sup>2</sup>, N. Martínez<sup>3</sup>, J. Martínez<sup>2</sup>, A. Fernandez-Montes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Sevilla, Spain  
{jortega,afdez}@us.es

<sup>2</sup>HTWG Konstanz, Germany

{ralf.seepold,javier.martinez}@htwg-konstanz.de

<sup>3</sup>Reutlingen University, Germany

natividad.martinez@reutlingen-university.de

### Abstract

En este artículo se realiza un estudio sobre los sensores biométricos que pueden ayudar a tomar medidas sobre el estrés que sufre un individuo con el objetivo de combinar esta información con la información obtenida de los entornos inteligentes y que éstos últimos sean capaces de adaptarse a las condiciones de los individuos moderando la situación de estrés. Se realiza un estudio sobre los cambios biométricos que se producen en situaciones de estrés así como una taxonomía de los sensores biométricos del mercado además de presentar un entorno inteligente donde desplegar estos sensores y dos escenarios de trabajo futuro.

### 1 Introducción

La investigación en la influencia del estrés en muchas situaciones como la toma de decisiones no es nueva. Kowalski et al. (1) sugieren que el conocimiento del proceso de toma de decisiones bajo situaciones de estrés podrían ayudar a entender como las personas deciden en momentos críticos. Adya et al. (2) demostraron a través de experimentos que los sistemas de soporte a la toma de decisiones pueden dirigir las experiencias psicológicas en situaciones de estrés.

### 2 Motivación

La popularización de la computación ubicua y la inteligencia ambiental está empujando a que los estudios sobre el comportamiento humano, las costumbres y hábitos, crezcan en los últimos años. En este sentido los sensores biométricos nos proporcionan información directa sobre el estado en el que se encuentran los usuarios de un entorno inteligente.

Actualmente es posible usar la tecnología de sensores biométricos disponible en el mercado para medir el nivel de estrés de una persona en tiempo real y esta información puede además revertirse sobre él mismo para su mejor conocimiento. Este trabajo une el conocimiento sobre los efectos del estrés con la tecnología de sensores para listar, revisar y comparar los productos comerciales. Además se propone un entorno experimental en el que intervienen otros sensores.

### 3 Cambios biométricos durante el estrés

Diversos estudios del comportamiento humano en la toma de decisiones en tiempo real prueban que el estrés supone un gran influencia. Mientras se está estreado, algunas variables biométricas cambian en nuestro cuerpo como las pulsaciones por minuto, la tensión, el ritmo de la respiración, ondas cerebrales, tensión en los músculos, temperatura y conductividad de la piel. Los sensores pueden medir estas variables en tiempo real.

Durante los episodios de estrés la funcionalidad del cerebro se ve comprometida por señales eléctricas y electromagnéticas caóticas lo que produce una inhibición del córtex. Estas señales se miden a través de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, también conocida como HRV. Cuanto más estable sea esta frecuencia y la forma de la onda del pulso cardiaco, mayor será la coherencia en términos psicológicos de la persona (Figura 1)

Por lo tanto, podemos obtener variables biométricas que cambian en nuestro cuerpo y hay dispositivos de sensorización que son apropiados para medir datos biométricos en tiempo real. En resumen las variables biométricas que tienen impacto directo en los niveles de estrés son los siguientes:

- GSR (Galvanic Skin Response): Mide la conductividad eléctrica de la piel. La señal se puede descomponer en Skin Conductance Responses (SCR), relacionada con eventos cortos, y la Skin Conductance Level (SCL), relacionada con la actividad basal subyacente. GSR es habitualmente la medida psicofisiológica usada cuando se padece un episodio emocionalmente intenso o de estrés ya que esta medida responde muy rápidamente (1-3 segundos después del estímulo).
- BVP (Blood Volume Pulse): Es un indicador del flujo de sangre usando un medidor especial. En situaciones de estrés, la amplitud de los pulsos del volumen de la sangre tiende a reducirse siguiendo la excitación simpática.
- HR (Heart Rate): se calcula a partir de la forma de onda BVP buscando máximos locales consecutivos. Un incremento de la actividad simpática incrementará la frecuencia cardiaca. Además, la HRV y el Electrocardiograma en situaciones de estrés son inconsistentes (inhibición del córtex).

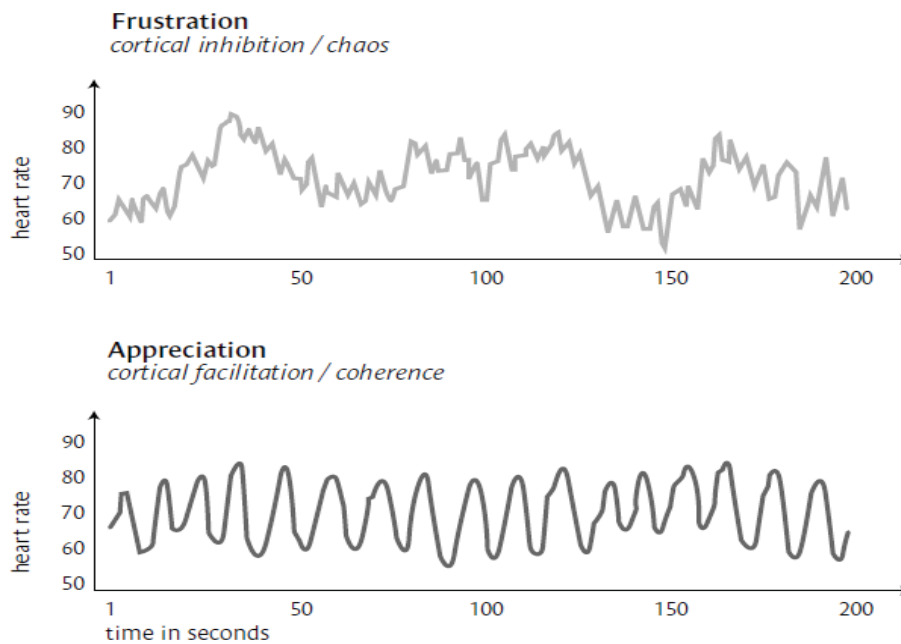


Figure 1: Diferentes ritmos cardiacos.

- EMG (Electromiograma): Es la actividad eléctrica de los músculos. Cuanto mayor es el estrés los músculos tendrán una mayor actividad de espasmos.
- EEG (Electroencefalograma): Mide la cantidad de actividad eléctrica espontánea del cerebro y otras actividades cerebrales. El estrés podrían provocar el lanzamiento de ondas de mayor rango beta en el cerebro.
- Temp. (cuerpo y piel): Es la temperatura del cuerpo y la piel. En situaciones de estrés la temperatura del cuerpo y de la piel cambian.
- BR (Breathing rate): Es el número de movimientos que indican un inspiración y una expiración por unidad de tiempo. Bajo estrés este número se altera.
- EOG (Electrooculography): Es la medida de la función de la retina a través de la grabación de los cambios en la misma. Bajo estrés se producen cambios importantes en esta medida.

En resumen las situaciones de estrés se caracterizan por un menor valor de BVP, mayores valores de BR, EMG, GSR, SCR, HR y cambios en Temp, EOG y HRV. Si es posible medir estos parámetros en tiempo real, sería posible tener conocimiento de los niveles de estrés de una persona que pueden retroalimentar a si misma.

#### 4 Taxonomía de sensores biométricos comerciales

Dependiendo del tipo de sensor en diferentes términos se propone la siguiente clasificación:

##### 4.1 Individual

Se trata de sensores dedicados a medir un sólo parámetro físico como son: la frecuencia cardíaca, la presión de la sangre, la tasa de respiración, ondas cerebrales, tensión muscular, resistencia eléctrica de la piel, y cambios en la temperatura y la retina. La precisión en la medida del estrés se ve comprometida ya que no se dispone de varias fuentes de información para realizar una medida más precisa. Algunos ejemplos de sensores de este tipo son:

- Polar RS800. Mide HR y HRV. Se comunica a través de IrDA y cable USB, incluye un transmisor para el pecho a 2.4Ghz.
- GSR2. Mide el GSR en un rango desde los 1.000 ohm hasta los 3 millones de ohm. La frecuencia de trabajo va desde los 0 hasta los 40.000Hz.
- Neurobics A3. Mide el EEG, se comunica de manera inalámbrica con otros computadores. Incluye software para PC y un receptor inalámbrico. Toma 122 muestras por segundo.

##### 4.2 Multicanal

Estos sensores realizan medidas sobre múltiples parámetros por lo que en general pueden proporcionar más datos para medir el estrés. Sin embargo suelen reducir la movilidad del usuario debido a que son más complejos. Los fabricantes que ofrecen este tipo de sensores ofrecen también diferentes modelos de un mismo producto.

Las diferencias fundamentales entre modelos se encuentran en el número de señales que un dispositivo puede gestionar al mismo tiempo o lo que es lo mismo, el número de canales. Debería tenerse en cuenta que dependiendo del dispositivo,

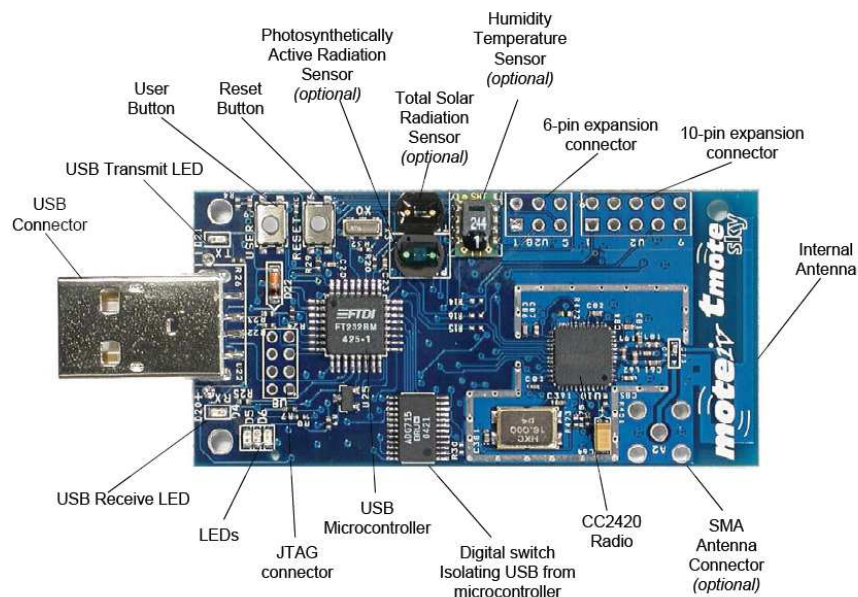


Figure 2: Mote sensor.

más de un canal es necesario para una señal biométrica, habitualmente el electroencefalograma.

La ventaja de usar dispositivos multicanal es que pueden recoger varias señales al mismo tiempo por lo que la precisión en la medida del nivel de estrés es superior a los sensores de un único canal. Además habitualmente incluyen software que gestiona todas las señales en tiempo real.

Algunos de estos productos se listan a continuación:

- Biopac MP150. Maneja hasta 16 canales simultáneos con una resolución de 16 bits.
- I-330C2+. Maneja hasta 12 canales simultáneos con un máximo de 1024 tomas por segundo.
- Flexcomp infinity. Maneja hasta 10 canales simultáneos con un máximo de 1048 tomas por segundo en cada canal.

### 4.3 Vestibles

Son aquellos sensores diseñados para llevar encima, y que su uso habitual sea muy cómodo. Suelen comunicarse a través de algún protocolo inalámbrico. Como desventaja destacamos que tienen un tiempo de uso limitado por la duración de la batería y que además deben tener en cuenta la seguridad necesaria para las comunicaciones inalámbricas. De acuerdo con (3) las aplicaciones de prendas inteligentes estarán en el mercado en un plazo de 5 a 10 años, especialmente en deportes y vestuario profesional. Algunos ejemplos de prendas vestibles se muestran a continuación:

- Lifeshirt. Mide HR, BR y Temp con una autonomía de 220 horas y usa un modem de tecnología propietaria para transmitir la información. Además es adecuado para entornos profesionales como bomberos o cuerpos de seguridad.

- Vital Jacket. Mide HR y ECG con una autonomía de 72 horas. Se adecua a actividades deportivas y aplicaciones médicas. Puede almacenar los datos en una tarjeta SD o bien transmitirlos inalámbricamente con protocolo bluetooth.
- Emband 24. Mide HR, EEG y Temp. Está diseñado para ser portado como una corona y usa 24 sensores EEG, cada uno puede tomar hasta 20,000 medidas por segundo.

### 4.4 Específicos del estrés

Proporcionan una medida directa del estrés del usuario. Suelen ser sensores vestibles y suelen basarse en dos medidas para medir el estrés: frecuencia cardiaca y temperatura de la piel. Actualmente no hay demasiados ejemplos de este tipo de sensores en el mercado. Notese que no existe una unidad estándar para medir el estrés, pero se han detectado dos tendencias entre los fabricantes de este tipo de dispositivos:

- Uso de colores: la medida del estrés se indica con colores. Por ejemplo en casos de que el nivel de coherencia sea alto (es decir no se detecta estrés) muestra un colorido verde. En caso de coherencia normal (es decir un nivel de estrés moderado) muestra un colorido azulado y en caso de un nivel de coherencia bajo (es decir que se detecta estrés) muestra un colorido rojo.
- Uso de ondas: en este caso la medida del estrés se muestra a través de una forma de onda.

A continuación se listan algunos ejemplos de este tipo de sensores:

- Philips Rationalizer. Consiste en dos componetes, un brazalete que ofrece una medida del GSR y un dispos-

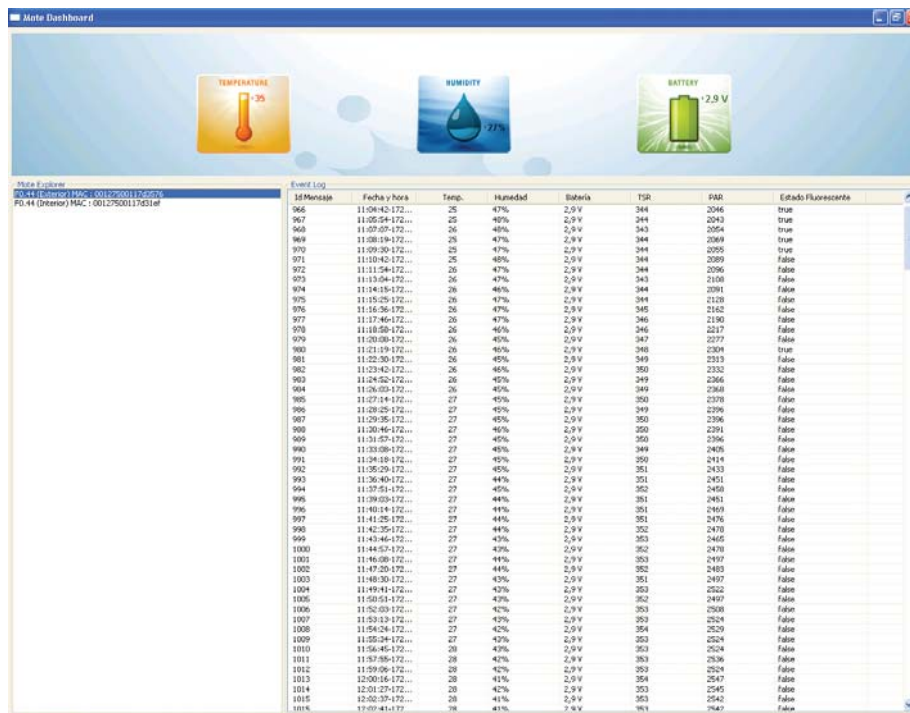


Figure 3: Interfaz de usuario de Mote Sensor Report.

itivo con forma concava que muestra colores dependiendo del grado de estrés detectado.

- Exmocare BT2. En la pantalla del dispositivo se muestra una forma de onda representando el patrón de HR y además una serie de triángulos que dependen de las medidas BR.

#### 4.5 Otros

Estos sensores no pueden englobarse en ninguna de las categorías anteriores. La mayoría son prototipos resultantes de diversos estudios y que no se encuentran disponibles para el público general a excepción del dispositivo creado por Philips. A continuación se listan algunos ejemplos:

- Emotional Mouse. Desarrollado para evaluar las emociones de un usuario de una computadora. Para ello toma información sobre cuantas pulsaciones, movimientos de ratón etc realiza el usuario además de que cuenta con un sensor que mide la presión que se ejerce sobre el ratón y otros sensores que miden la conductividad y temperatura de la piel.
- EOG Goggles. Miden el EOG con un sensor incorporado en una montura de gafas, transmite la información vía bluetooth
- VitalSense XHR. Desarrollado por Philips y realiza medidas de ECG y BR. Puede adaptarse para ser usado en el pecho e incorpora dos electrodos o bien una banda que hace la misma función. Se comunica de manera inalámbrica con una autonomía de 48 horas.

## 5 Entorno inteligente propuesto

En comunión con los sensores biométricos se dispone de un conjunto de sensores y actuadores propios de la inteligencia ambiental. En este caso se propone el uso de las llamadas motas (ver Figura 2), sensores que forman una red inalámbrica y que proporcionan información del estado del entorno como la humedad, temperatura y luminosidad de las distintas estancias de un espacio inteligente.

En este caso además se ha desarrollado un software llamado Mote Sensor Report (ver Figura 3), que recoge toda la información recibida y la procesa y almacena para posterior estudio. Además se cuenta con un conjunto de Smart Meters que miden el consumo energético de la vivienda en global, y de los aparatos que se deseen. Esta información se comparte a través de distintas interfaces como web, o aplicaciones de escritorio y pasan a formar parte de la información que puede manejar el entorno para tomas de decisiones futuras.

Finalmente se cuenta con un conjunto de sensores y actuadores tradicionales entre los que se encuentran un actuador sobre las persianas que pueden modificar las condiciones lumínicas de un espacio, un sensor de presencia que dicta si un espacio está ocupado o no y un conjunto de actuadores capaces de apagar o encender distintos aparatos como el hilo musical, o los electrodomésticos. Estas propuestas aparecen descritas en (4), donde una arquitectura software para entornos inteligentes es propuesta.

## 6 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo preliminar se ha realizado una aproximación a los sensores biométricos, realizando una taxonomía y un análisis sobre las medidas biométricas útiles para medir el estrés. Como trabajo futuro se proponen dos escenarios en los que se pueden combinar las distintas fuentes de información: biométricas y del entorno.

- En el entorno laboral: Cuando alguien se encuentre bajo una situación de estrés la iluminación podría suavizarse, las cortinas y persianas cerrarse y un mensaje en la computadora podría invitar al usuario a tomarse un respiro.
- En el entorno residencial: cuando se detecte estrés el entorno podría tomar las riendas y reproducir música relajante y mostrar videos relajantes en la televisión de manera que se distanciaría al usuario de la situación de estrés.
- En el entorno vehicular: si se observa stress en el conductor debido a que tenga prisa por llegar a su destino, se podrían dar algunos consejos de seguridad, sugerirle una parada o realizar una llamada a su destino para avisar de que llega tarde.

## References

- [1] K. M. Kowalski, T. Scharf and C. Vaught. *Judgment and decision making under stress: an overview for emergency manager*, International J. Emergency Management, vol. 1, No.3, 2003, pp. 278- 289.
- [2] M. Adya and G. Phillips-Wren. *Risky Decisions and Decision Support - Does Stress Make a Difference?*, JAIS Theory Development workshop, Vol. 9, 2009, Art. 55.
- [3] H. Mattila. *Intelligent textiles and clothing - a part of our intelligent ambience*, Intelligent textiles and clothing, H.R Mattila, Ed. Woodhead Publishing, 2006, pp. 1-4.
- [4] A. Fernández-Montes, J. A. Ortega, J.A. Álvarez and L. González-Abril. *Smart Environment Software Reference Architecture.*, Fifth International Joint Conference on Inc, Ims, and Idc. IEEE Computer Society.2009. pp. 397-403.
- [5] Ismael Cuadrado Cordero, Luis Miguel Soria Morillo, Juan A. Ortega, Luis Gonzalez-Abril, *Architecture for Based-On-Context Mobile Application Developing.*, 2nd Mosharaka International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing.