

Redes de sensores inalámbricas aplicadas al sector salud y nuevas tendencias de los sensores no invasivos para monitorear los valores de glucosa en sangre

Mariana Segovia

Monografía vinculada a la conferencia de Ing. Sytse Kuijk y Lic. Susana Blanco sobre “We Care: sistema de monitoreo doméstico para personas mayores” del día 16 de abril de 2013.

mariana_sego@hotmail.com

Resumen. La incorporación de las redes inalámbricas de sensores en el sector salud presentará un gran avance para la detección, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Distintos tipos de sensores pueden ser utilizados para monitorizar a los pacientes. Una de las enfermedades para la que se podrían utilizar estos dispositivos es la diabetes. Actualmente, sólo se encuentran disponibles comercialmente sensores invasivos o mínimamente invasivos. Sin embargo, el trabajo de los grupos de investigación ha aumentado significativamente intentando desarrollar un sensor de glucosa no invasivo. Este trabajo presenta una revisión de los tipos de sensores que pueden ser aplicados para el cuidado de la salud. Luego se presenta un estudio de dos métodos no invasivos que permiten el sensado de glucosa: un método basado en espectroscopía (espectroscopía Raman) y un método basado en la extracción transdérmica (iontoforesis reversa), así como dos productos que intentaron establecer estas tecnologías en el mercado.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes de sensores inalámbricas han tenido gran expansión en las últimas décadas y tienen el potencial de mejorar significativamente el estudio de distintas enfermedades. Una amplia gama de sensores pueden ser utilizados para monitorear distintos fenómenos de interés como por ejemplo, los valores de glucosa en sangre. Actualmente, existen muchos monitores de glucosa comerciales pero la mayoría requieren una pequeña gota de sangre obtenida a través de una punción de la piel con una pequeña aguja. Estos monitores de glucosa son invasivos e incómodos para los pacientes. Por este motivo se ha generado gran interés en la búsqueda de técnicas de monitoreo no invasivas.

Esta monografía está organizado de la siguiente forma: primero se presenta una breve introducción al tema. En la sección 2 se presenta el uso de las redes inalámbricas de sensores y una clasificación de los distintos tipo de sensores que se pueden utilizar. Luego, se presenta una clasificación de los distintos tipos de sensores que se utilizan para monitorear los valores de glucosa en la sección 3. En las secciones 4 y 5 se analizan dos técnicas no invasivas distintas para monitorear los valores de glucosa. Finalmente, la sección 6 contiene las conclusiones.

2. SENSORES EN EL SECTOR SALUD

Hay una larga historia del uso de sensores en la medicina y la salud. Estos se encuentran embebidos en una variedad de instrumentos médicos para su uso en hospitales, clínicas y hogares. Los sensores proporcionar a los pacientes y a sus médicos información del estado de variables fisiológicas y físicas que son críticas para la detección, diagnóstico, tratamiento y manejo de las enfermedades [8]. Dentro del sector salud, podemos dividir la aplicación de estos sensores en tres grandes grupos según su uso:

1. Sensores fisiológicos: se utilizan para medir la actividad física, química o eléctrica de órganos del cuerpo humano. Los parámetros normalmente medidos con este tipo de sensores son [1]: frecuencia y ritmo del latido del corazón, actividad cerebral, actividad eléctrica de los músculos adosados al esqueleto, temperatura corporal, humedad en la piel, cantidad de oxígeno en la sangre, presión arterial, glucosa en sangre, etc.
2. Sensores ambientales: se utilizan para medir las condiciones físicas, químicas o eléctricas de un determinado ambiente. Las condiciones normalmente medidas, según [1], son: temperatura y humedad, presencia de gas, presencia de humo, presencia de monóxido de carbono, inundación, fuego, etc.

3. Sensores de actividades: Se utilizan para verificar las actividades realizadas por el sujeto que está siendo monitoreado. Según [1], las actividades normalmente monitoreadas son: ocupación de la cama y/o silla, apertura y cierre de puertas, ocupación y seguimiento, vibración, video, etc.

En este trabajo nos centraremos en los sensores que permiten monitorear los valores de glucosa ya que la verificación frecuente de estos es crucial para el tratamiento de la diabetes.

3. SENSORES DE GLUCOSA

Los sensores/monitores de glucosa en sangre pueden ser categorizados en tres grupos bien definidos de acuerdo a la interacción que tienen con el cuerpo del paciente. Estas tres categorías son: invasivos, mínimamente invasivos y no invasivos.

Dentro de los sensores no invasivos se ha desarrollado gran investigación intentando proporcionar una solución eficaz a la incomodidad de realizar perforaciones de la piel como los dispositivos invasivos requieren. Otras ventajas que hacen de este enfoque atractivo son la posibilidad de seguimiento en tiempo real y continuo. Dentro de las técnicas no invasivas para medir la glucosa se identifican tres grupos: técnicas espectroscópicas, extracción transdérmica de glucosa y otras técnicas.

En [3] se presenta una gran variedad de técnicas no invasivas actualmente en investigación y que prometen ser futuras soluciones para monitorear los valores de glucosa. Sin embargo, aquí solo nos centraremos en dos de esas técnicas: Espectroscopía Raman que es una técnica espectroscópica e Iontoforesis reversa que pertenece a las técnicas de extracción transdérmica de glucosa.

4. TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS

La espectroscopía es el estudio de los objetos en base a su espectro de longitud de onda, tanto cuando emiten o absorben luz. A través de la técnica espectroscópica de espectrofotometría se puede evaluar la concentración de una especie química dada.

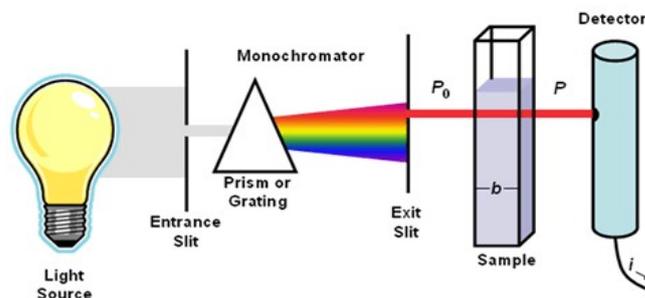


Figura 1: Componentes básicos de un espectrofotómetro [2].

La *Figura 1* muestra los componentes básicos de un sistema de espectrofotometría donde tenemos una fuente de luz blanca que contiene un amplio rango de longitudes de onda que es dirigida a la entrada de una abertura. Luego pasa por un sistema de difracción (por ejemplo un prisma) que divide la luz en sus componentes de longitudes de onda. A continuación se utiliza una nueva rendija de salida que selecciona un rango de longitud de onda particular. El rango seleccionado es dirigido hacia una muestra. Finalmente la luz transmitida se dirige hacia un sistema detector.

Espectroscopía Raman:

Cuando la radiación incide sobre una muestra, la mayor parte de la luz incidente sufre un fenómeno llamado dispersión de Rayleigh y una pequeña porción de la luz sufre cambios de frecuencia. La medición de estos cambios es lo que se conoce como espectroscopia Raman. Este método identifica compuestos químicos a partir de la frecuencia de las vibraciones de los enlaces que mantienen unida a la molécula. Así se pueden conocer los niveles de glucosa y para ello basta con escanear el brazo o un dedo de un paciente usando luz.

Un medidor de glucosa no invasivo que utiliza esta técnica es el sistema Medisensor C8 [5]. Que utiliza un sensor llamado CGM que es una caja metálica blanca, que mide 60x68x24mm. Pesa unos 150 gr. y se coloca en el abdomen del paciente mediante un cinturón ancho de 12 cm de neopreno, que a su vez contiene una batería recargable.

No es invasivo y se puede retirar o reemplazar cuando se desee. Otra cualidad es que nunca requiere calibración por punción digital. Cuando se adquiere el producto viene precalibrado y listo para utilizarse.

El dispositivo tiene una ventana pequeña de vidrio en la parte posterior del sensor que se coloca en contacto con la piel mediante un poco de gel ultrasónico para facilitar el acoplamiento óptico. El aparato de medida en contacto con la piel lee la glucosa en sangre cada tres minutos y envía los valores vía Bluetooth a un smartphone.

La empresa recomienda mantener el sensor a menos de 2 metros del teléfono, si bien distancias mayores también podrían ser eficaces. El sistema también provee alarmas implementadas en el teléfono. La batería del aparato dura 20 horas si mide cada 10 minutos, aunque también es capaz de leer cada 3 minutos con 9 horas de vida de la batería.

Entre sus desventajas encontramos que operando con normalidad, el aparato se calienta un poco.

El sistema costa unos 3000 euros, durara unos cuatro años, y no requiere otros recambios o desechables (excepto el gel de ultrasonidos que se usa en cantidades mínimas). En el precio de la compra se incluye el sensor, dos baterías recargables, el smartphone, cargador de las baterías, dos botellas de gel, el cinturón, el manual y lo necesario para descargar los datos en la computadora.



Figura 2: Medisensor C8[5].

Este producto salió al mercado en al 2012. Sin embargo, este año y a pesar de haber recibido permiso Europeo para su comercialización, la empresa que lo iba a comercializar anunció el cierre por bancarrota.

5. EXTRACCIÓN TRANSDÉRMICA DE GLUCOSA

La medición de glucosa también es posible si la sustancia se extrae del fluido intersticial y el análisis es realizado posteriormente.

Iontoforesis Reversa:

La iontoforesis reversa involucra utilizar un bajo nivel de corriente a través de la piel. Normalmente se colocan dos electrodos sobre la piel que contiene un gel conductor para promover la extracción de moléculas cargadas y neutras. Los principales mecanismos para el transporte de los iones y las moléculas son, la electromigración de especies cargadas para el electrodo de polaridad opuesta, la electroósmosis de moléculas neutras para el cátodo o ánodo, o una combinación de estos dos procesos [4].

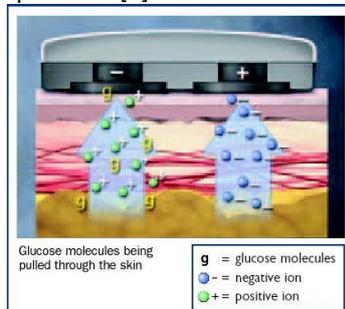


Figura 3: Técnica utilizada por la iontoforesis reversa [6].

Uno de los productos que utiliza esta técnica es el GlucoWatch [6] que tiene un diseño similar al de un reloj. La compañía responsable de este medidor no invasivo es "Cygnus" (compañía americana) que obtuvo la aprobación del FDA (US Food and Drug Administration) para comercializar el GlucoWatch en Marzo del 2001 [7].

Este producto no sustituye a los medidores convencionales sino que solamente los complementa. Está compuesto de dos partes: un monitor que se lleva en la muñeca como si fuera un reloj, el cual tiene una pantalla para ver eventos; y un sensor que es una especie de parche.

El monitor se debe de programar de acuerdo a cada paciente y el sistema hace sonar una alarma cuando detecta unos niveles de glucosa en sangre demasiado altos o bajos para los parámetros del paciente. Realiza lecturas cada 20 minutos por un periodo de 12 horas y debe de ser calibrado diariamente con un medidor de glucosa convencional.

El dispositivo comunica las lecturas con 20 min. de retraso y una de cada 4 lecturas el resultado puede variar hasta un 30% con respecto a la lectura sanguínea.

En los ensayos se detectó que en ocasiones el medidor puede fallar y no dar lecturas como en el caso de cambios bruscos de temperaturas, exceso de sudoración, presencia de campos electromagnéticos. Como efecto secundario se observó enrojecimiento en la zona de la piel donde se llevó el reloj. Sin embargo, estas irritaciones de piel desaparecían tras cambiar el GlucoWatch de lugar.

El precio en Estados Unidos del "starter kit" era de 698 dólares cuando salió al mercado, que incluía el GlucoWatch, un video con instrucciones, guía de usuario, cargador de baterías, dos baterías recargables, y otros accesorios.



Figura 4: GlucoWatch [6].

Además los sensores costaban 120 dólares (paquete conteniendo 16 sensores) y duraban 13 horas cada uno. También era posible obtener el GlucoWatch Analyzer por 60 dólares que es un programa para descargar, mostrar y almacenar en una computadora las lecturas obtenidas con el GlucoWatch.

GlucoWatch estuvo en el mercado durante algún tiempo y luego se vio abocada al cierre por la escasa fiabilidad y precisión de su dispositivo.

6. CONCLUSIONES

Las redes de sensores pueden revolucionar el cuidado de la salud y mejorar la calidad de vida de las personas debido al potencial de ofrecer una variedad de beneficios a los pacientes y a los médicos a través del monitoreo continuo, en tiempo real y remoto permitiendo detectar tempranamente posibles problemas de salud o ofreciendo un mejor tratamiento.

La evolución los sensores y la microelectrónica está intentando permitir la creación de nuevos enfoques y métodos para ayudar al perfeccionamiento de las técnicas actualmente utilizadas, dando lugar a sensores de glucosa realmente no invasivos. Sin embargo, los intentos de transferir estas tecnologías al mercado han fracasado por lo que aún, comercialmente, solo se disponen de sensores no invasivos o mínimamente invasivos. Aun así se tiene un futuro prometedor para el desarrollo de estas técnicas y sumado a que el esfuerzo en esta área de investigación no ha disminuido, con toda seguridad en un tiempo no muy lejano se podrán utilizar.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Hirt and M. Scheffler, "Personal Supervision and Alarming Systems," in *Mobile Telemedicine: A Computing and Networking Perspective*, Y. Xiao and H. Chen, Eds., Boca Raton, Florida: CRC Press, 2008, p. 420.
- [2] Componentes de un espectrofotómetro [Último acceso 11/6/2013]
<http://www.cord.edu/dept/chemistry/analyticallabmanual/experiments/uvvis/images/1.gif>
- [3] A. Losoya-Leal, S. Camacho-León, G. Dieck-Assad, and S. Martínez-Chapa. State of the art and new perspectives in non-invasive glucose sensors. *Rev. Mex. de ingeniería biomédica*, XXXIII,(1):41-52, June 2012.
- [4] T. S. Ching and P. Connolly. Simultaneous transdermal extraction of glucose and lactate from human subjects by reverse iontophoresis. *International journal of nanomedicine*, 3(2):211, 2008.
- [5] Clínica diabética- Medisensor C8 [Último acceso 9/6/2013]
<http://www.clinidiabet.com/es/infodiabetes/noticias/2012/04.htm>
- [6] GlucoWatch [Último acceso 9/6/2013]
<http://www.sugarfree.com.es/?p=677>
- [7] Aprobación del GlucoWatch por parte del FDA [Último acceso 9/6/2013]

XXII Seminario de Ingeniería Biomédica
Núcleo de Ingeniería Biomédica
Facultades de Medicina e Ingeniería
Udelar

<http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/Recently-ApprovedDevices/ucm089158.htm>

[8] J. Ko, C. Lu, M. Srivastava, J. Stankovic, A. Terzis, and M. Welsh. Wireless sensor networks for healthcare. Proceedings of the IEEE, 98(11):1947-1960, 2010.