

## Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar

### Internet of Things and Home-Centered Health

Paul Sanmartín Mendoza<sup>1</sup>, Karen Ávila Hernández<sup>2</sup>,  
César Vilora Núñez<sup>3</sup>, Daladier Jabba Molinares<sup>4</sup>

#### Resumen

*Este artículo presenta una revisión del Internet de las cosas en el área de la salud, centrándonos en las soluciones que existen actualmente en la salud orientada al hogar. El Internet de las cosas aplicado a la salud permitirá que muchas personas, independientemente de su clase social, utilicen los servicios que por medio del IoT se podrían ofrecer y que en muchos países ya se estén implementando. Teniendo en cuenta que en las próximas décadas el modelo de asistencia médica se transformará del presente hospital-céntrico que comúnmente conocemos a un modelo de salud totalmente centrado en el hogar, en el que se tendrá menor intensidad laboral y costo operacional. El servicio de salud en el hogar permite el aprovechamiento de la tecnología IoT, llamado muy a menudo Salud IoT. Esto suena prometedor para la industria del sector salud y las TIC en general porque permite personalizar el servicio sanitario, y acelerar su evolución.*

**Palabras clave:** e-Salud, Internet of things, Telemedicina.

#### Abstract

*This paper presents an overview about the Internet of Things (IoT) in health area, focusing on solutions that currently exist in home-centric health. The IoT implemented in health area, allows that many people, regardless of their social class, using the services through the IoT could offer, and many countries are being implemented. Considering that in the coming decades, the model will transform health care in this hospital-centric commonly known to a health model focused entirely on the home, in which lower labor intensity and operating costs will be taken at home. The health service at home allows get advantage about the use of IoT technology, often called as IoT Health. This sounds promising for the health industry and the ICT sector in general, because it let you to customize the sanitary service, accelerating their evolution.*

**Keywords:** e-Salud, Internet de las Cosas, Telemedicine.

Fecha de recepción: 12 de febrero de 2016  
Fecha de aceptación: 29 de abril de 2016

<sup>1</sup>Ingeniero de Sistemas, Ms.C. Docente investigador, Universidad Simón Bolívar. Barranquilla (Colombia).

<sup>2</sup>Ingeniero de Sistemas, investigador, Universidad del Norte. Barranquilla (Colombia).

<sup>3</sup>Ingeniero Electrónico, Ms.C. Docente investigador, Universidad del Norte. Barranquilla (Colombia).

<sup>4</sup>Ingeniero de Sistemas Ph.D. Profesor asistente, Universidad del Norte. Barranquilla (Colombia).

## INTRODUCCIÓN

Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se trata de la conexión de dispositivos y objetos de la vida cotidiana a través de Internet (1). IoT permite integrar sensores y dispositivos con objetos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas (2-5). Cabe destacar que los objetos que conformarán la red son variados: electrodomésticos, maquinaria industrial, vehículos, entre otros.

En IoT cada objeto tendría su propia dirección de su proveedor de Internet. (En Latinoamérica existen muchos proveedores de Internet pero entre los más reconocidos podemos citar a Claro y Telefónica). Esto indica que si tenemos objetos como partes de automóviles y cámaras conectados a Internet, será más fácil su ubicación e identificación, sería más fácil realizar inventarios, saber si el objeto está encendido o apagado en cualquier instante.

El Internet de las cosas permitirá una mejor calidad de vida, ya que tiene la capacidad de recopilar, analizar dichos datos que reunidos entre sí se puedan convertir en información importante y conocimiento.

Este artículo consta de 6 secciones. En la segunda sección se habla sobre el Internet en la Salud; en la tercera, de Tecnologías de IoT en la Salud; en la cuarta, de las Arquitecturas comunes de Aplicación de IoT en la Salud; en la quinta se explican los Escenarios típicos de aplicación del Internet de las cosas en la salud, y por último se presentan las Conclusiones y Trabajos Futuros.

## EL INTERNET EN LA SALUD

El Internet de las cosas aplicado en el área de la salud permitirá que muchas personas, independientemente de su clase social, uti-

licen los servicios que por medio del IoT se podrían ofrecer y que en muchos países ya se están ofertando. Servirá para llevar un control constante de nuestra salud, teniendo en cuenta que hay muchas enfermedades en las cuales síntomas son silenciosos y que un diagnóstico temprano permitiría la prevención y posibles soluciones a las enfermedades que pueden resultar mortales. Todo lo anterior suena muy conveniente, teniendo en cuenta que el sistema de salud a nivel mundial tiende a cambiar, centrándose en la atención en el hogar. En la figura 2 se presentan diferentes aplicaciones del IoT en la salud.

Las diferentes soluciones/ aplicaciones del IoT en la salud pueden ser sectorizadas en los servicios de Telemedicina, Emergencia, Medicación, Redes sociales para la salud, salud en el hogar, paquetes farmacéuticos inteligentes, dispositivos biomédicos, como se muestra en la figura 1 (6).

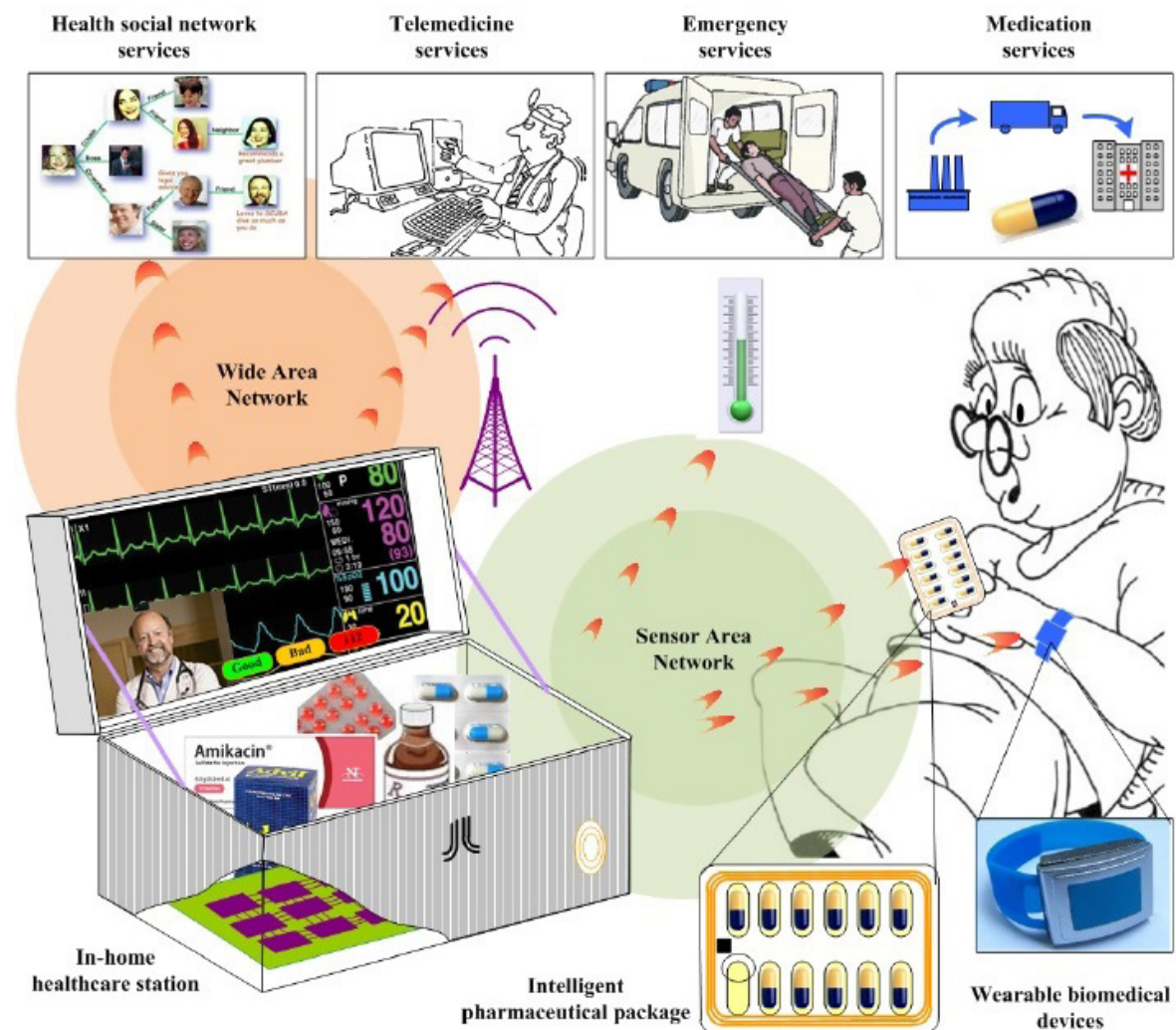
## TECNOLOGÍAS DE IOT EN LA SALUD

Entre las características fundamentales que ofrece Internet de las cosas está el incremento de los nodos conectados entre sí, que al mismo tiempo se convierte en un gran reto para el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación y actualización de topologías. Las redes de sensores (WSN, Wireless Sensor Network) (7, 8) cumplen muchos de los requisitos que propone la solución tecnológica de Internet de las cosas. Las WSN están conformadas por un conjunto de nodos esparcidos en un área determinada, comunicados de forma *ad-hoc* (9) y pueden trabajar de modo cooperativo, esto permite que se incremente su aplicabilidad en casi todos los campos de la industria.

Las tecnologías inalámbricas para sistemas de censado biomédicos incluyen: red de área personal inalámbrica (WPAN) (10, 11), Wireless

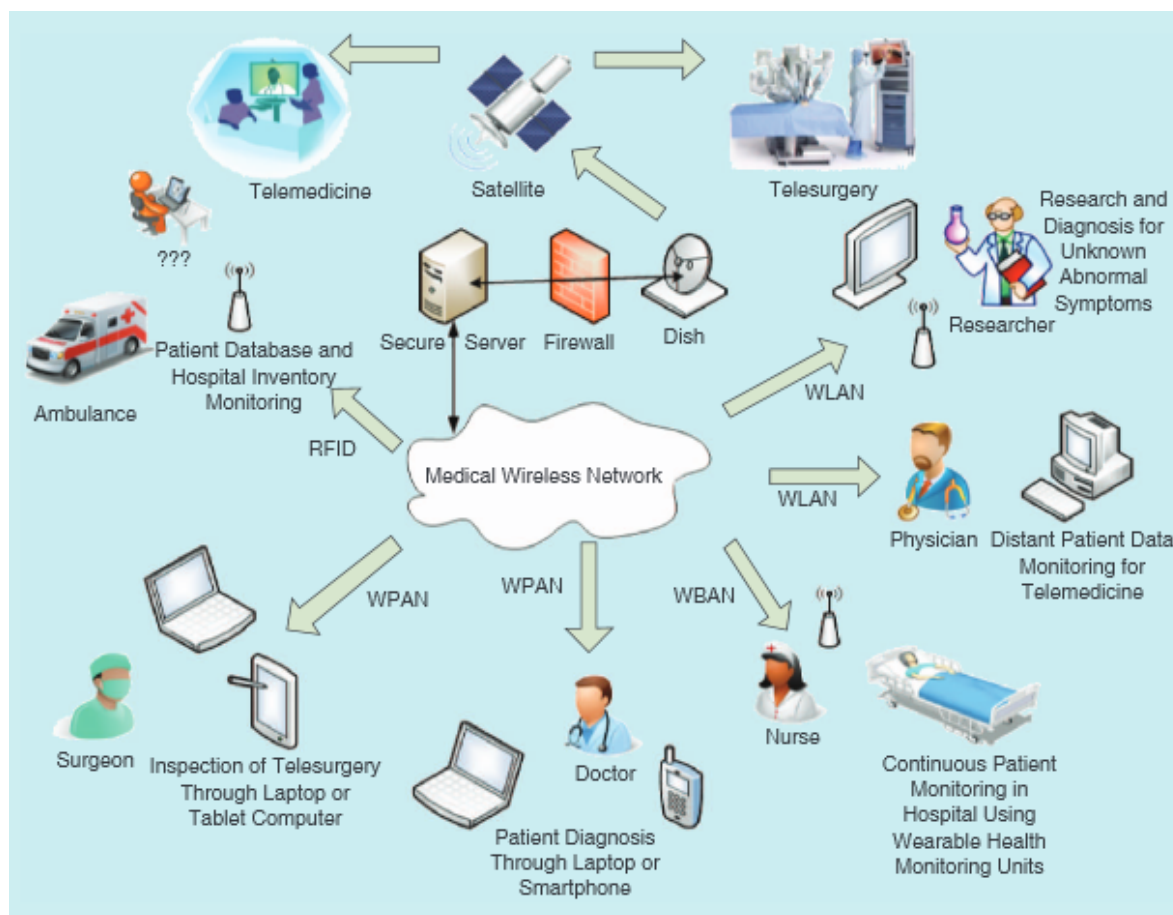
Body Area Network (WBAN) (12, 13), también llamadas redes sensores corporales (BSN) (14) o simplemente redes de área corporal (BAN) (15), redes cuerpo médico (mBan) (16), red de área local inalámbrica (WLAN) (17, 18), Wi-Fi (19), WiMAX (20), ZigBee (17), Bluetooth (19), ANT (21), ultrawideband (UWB) (22), E-textiles (23), conferencias web, cápsula endoscópica,

implantables y sensores ingeribles, y electrónica epidérmica, vendas inteligentes, aplicaciones de teléfonos inteligentes (24), identificación por radiofrecuencia (RFID) (25-28), sistema de localización en tiempo real (RTLS) (29), sistema de posicionamiento en interiores (IPS) (30), entre otros.



Fuente: referencia (6)

Figura 1. Escenarios de aplicación de IoT en la Salud en el hogar.



Fuente: Referencia (31)

Figura 2. Esquema conceptual de redes Biowireless.

Las tecnologías de RFID (Identificación por Radiofrecuencia) (25-28) y ZigBee (32-35) además de la computación en nube también pueden ser utilizadas para reducir los tiempos de trabajo y de costes a través de la conexión de dispositivos inteligentes a Internet. Su gran variedad de aplicaciones las vuelve atractivas para ser manipuladas en entornos de atención médica, de tal forma que permitan crear sistemas de seguimiento y control de pacientes en hospitales y clínicas, que faciliten la toma de decisiones del personal médico y administrativo. ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 (32-35), que se utiliza para la comunicación de datos,

de dos a muchos dispositivos de consumo conectados entre sí, donde estos generalmente son equipos industriales; además sirve para aplicaciones inalámbricas de área personal.

RFID es una tecnología que sirve para la identificación automática, en la cual este se utiliza para la captura de datos por medio de dispositivos electrónicos; esta tecnología permite identificar y localizar objetos, ya que este es un lector que lee etiquetas, las cuales llevan internamente datos, que a su vez son consultados en la base de datos y así sirven para identificar un objeto que la contiene.

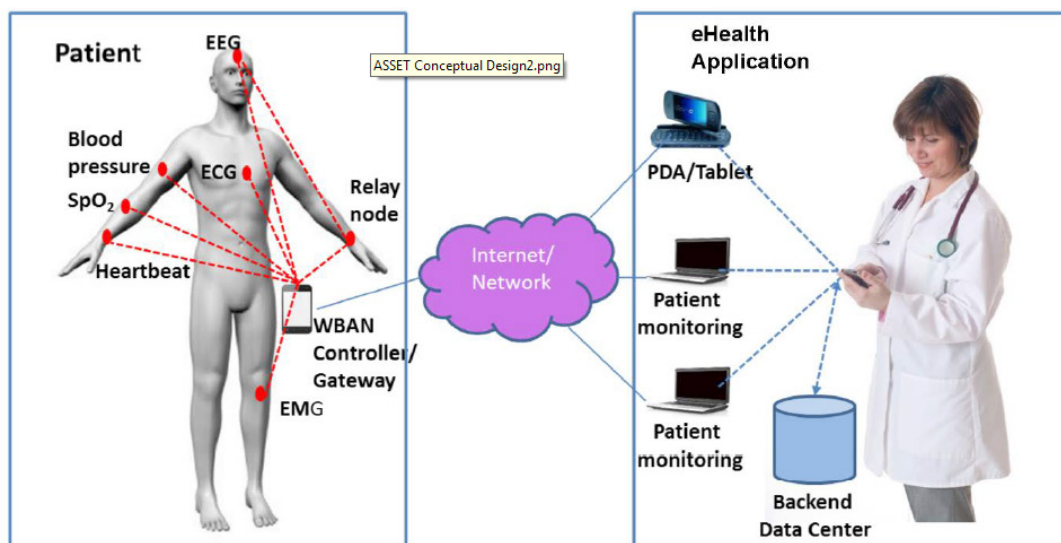
Estas etiquetas tienen incorporado un microchip, el cual va almacenando la información, esta información es única, razón por la cual tiene una identificación ID, y luego es almacenada en la memoria RFID; estas etiquetas son de diferente tamaño de acuerdo al sistema. Luego el RFID se incorpora al objeto que se quiere identificar y localizar; es por esto que en el área de la salud sería de gran interés, porque lo que se quiere es que a un paciente o trabajador se le haga un seguimiento y control para tener una mejor atención.

## ARQUITECTURAS COMUNES DE APLICACIÓN DE IOT EN LA SALUD

El IoT hace buen provecho de las tecnologías inalámbricas. En (36) se presenta una arquitectura que sirve como banco de pruebas para aplicaciones sobre redes de área corporal (BAN) (ver figura 3) o redes de sensores de área corporal (WSAN), es una red diseñada con dispositivos (sensores) de baja potencia incorporados en el cuerpo, a través de los cuales se controlan los movimientos de este y sus parámetros vitales, y a su vez estos estarán conectados a una red inalámbrica para poder transmitir los datos a una esta-

ción base, y esos datos se envían en tiempo real al hospital y clínicas. Como se dijo, esta arquitectura se utiliza para implementar aplicaciones de prueba; muchas soluciones a nivel mundial que se basan en BAN usan arquitecturas similares a esta.

Después de lo todo lo expuesto anteriormente no es difícil darse cuenta de que la ubicuidad de la IoT casi que nos exige que la mayoría de los objetos cotidianos puedan ser accesible a través de las famosas direcciones IP (Internet Protocol). La IPV6 (IP versión 6) sobre redes de sensores de área personal 6LoWPAN (37) (IPV6 over Low power Wireless Personal Area Networks) es un protocolo que proporciona compatibilidad de IPV6 con las redes de sensores. En (38) se presenta una arquitectura que integra *hardware* y *software*, basada en redes heterogéneas 6LoWPAN. Está motivada por la necesidad de la fusión de una red de área corporal y una red de control de medio ambiente, para aplicaciones de monitoreo de salud. La conectividad a Internet se añadió a través del uso de un enrutador de borde, y permite acceder a cada nodo directamente desde cualquier lugar en Internet.



Fuente: referencia (36)

Figura 3. Redes de área corporal

## ESCENARIOS TÍPICOS DE APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA SALUD

### • Servicio de Emergencia Inteligente

Los servicios de emergencia (SE) también se unen a la evolución y el nuevo paradigma del servicio médico centrado en el paciente desde el hogar. El SE es sumamente importante, pues muchas vidas dependen de su buena y oportuna gestión; muchas veces la responsabilidad recae en el servicio prehospitalario y calidad del servicio médico de emergencia. Hasta el momento existen varias soluciones que ayudan a una oportuna gestión del servicio prehospitalario, a través de las tecnologías inalámbricas y utilización de IoT como base. En (39) se describe un sus temas el tiempo como propósito para mejorar la comunicación entre la ambulancia, el centro de control de despacho y el servicio de urgencia del hospital.

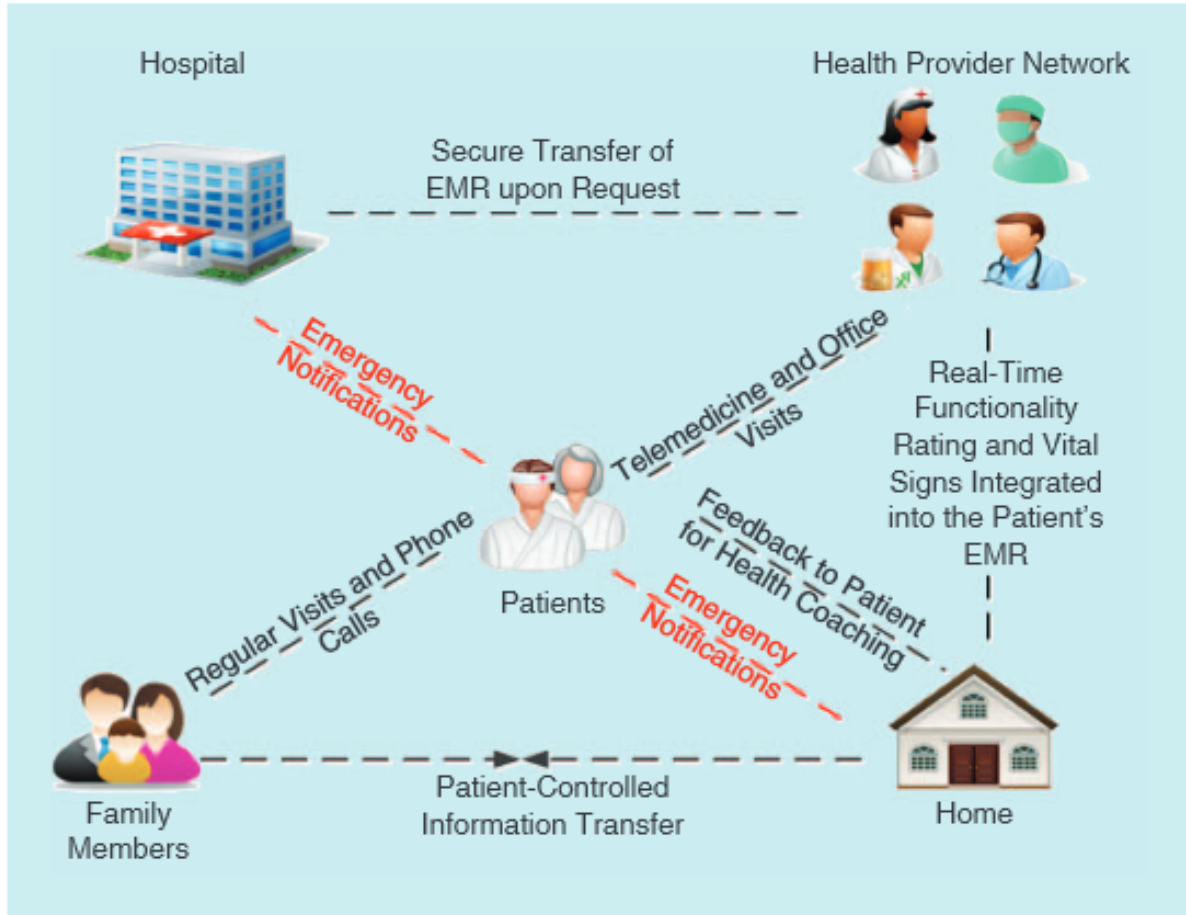
Ambulancias mejores equipadas para atender múltiples situaciones de emergencias han surgido durante las últimas décadas, pero, por otro lado, a través de la tecnología también el servicio de emergencia remoto; tan es así, que permite dotar de equipos muy sofisticados no solamente a ambulancia sino también la propia casa del paciente que es está siendo monitorizado y necesita dicho servicio. En (40), se muestra un sistema inteligente de rehabilitación basado en IoT y una metodología de diseño de automatización basado en ontologías. La Ontología ayuda a los computadores a la correcta comprensión de los síntomas y los recursos médicos, lo cual permite crear una estrategia de rehabilitación y volver a configurar los recursos médicos de acuerdo con las necesidades específicas de los pacientes de forma rápida y automática dentro del sistema completo.

### • Asistencia Médica en Hogares Inteligentes

La atención domiciliaria o en el hogar se ha convertido en la preferida por los pacientes de la tercera edad, por ende, dicha atención domiciliaria a distancia es una de las áreas con mayor crecimiento en el campo de la salud (41). Un ejemplo se encuentra en la figura 4.

Gracias a esto, muchas aplicaciones cuyo objetivo sea, de una forma u otra el cuidado del paciente en el hogar se han desarrollado, implementado y evaluado. El principal objetivo de estos sistemas es tener un mejor control en la atención de la salud del paciente, lo cual puede reducir las visitas al hospital y posibilitar el mejoramiento de la calidad de vida (41).

eBPlatform es un sistema de información propuesto en (42) basado en IoT. Fue diseñado para la atención domiciliaria de los pacientes con enfermedades no transmisibles en China. Fue utilizado un sensor denominado eBox, el cual puede ser desplegado en el hogar del paciente y permite el monitoreo constante de su presión arterial, azúcar en la sangre y señales de electrocardiograma. Los datos asociados a las mediciones son desplegados en un portal web en el cual los médicos pueden proporcionar un tratamiento en línea. eBPlatform fue probado mediante un caso de estudio en Beijing con 50 pacientes asociados. Según los autores, los resultados de la prueba muestran que la plataforma puede aumentar la eficiencia del médico debido a la comunicación constante con el paciente, logrando así un mayor control en el tratamiento propuesto.



Fuente: referencia (31)

Figura 4. Salud centrada en el hogar.

#### • Servicio de Medicación Inteligente

El éxito en el tratamiento de cualquier enfermedad depende en gran medida del cumplimiento al tomar la medicina prescrita en el momento adecuado. Factores asociados al paciente pueden llevar al incumplimiento en la toma de medicina, ya sea por factores psicológicos asociados con la ansiedad, motivación de recuperación, actitud hacia la enfermedad, o el olvido del horario en las personas de la tercera edad (43).

En una consulta rutinaria es casi imposible que el médico detecte que el paciente no está

tomando la medicina de manera adecuada, a menos que el paciente mismo lo mencione, lo cual afecta sin duda alguna el proceso de recuperación. Por este motivo, han surgido diferentes proyectos de sistemas de administración de medicamentos, con el objetivo de controlar la medicación del paciente en el hogar.

En (43) se diseñó e implementó una plataforma denominada iHomeHealth-IoT, la cual está conformada por una caja de medicina inteligente (iMedBox) y envases farmacéuticos inteligentes (iMedPack) con capacidades de comunicación por RFID. La plataforma es capaz de enviar una alerta al paciente

visualizada en la caja inteligente indicando que la hora de la toma del medicamento ha pasado; además esta alerta se complementa con un mensaje de texto al médico a cargo.

#### • **Dispositivos Biomédicos Portátiles Inteligentes**

La investigación y el desarrollo de dispositivos inteligentes portátiles (SWD, Smart Wearable Devices) para servicios personalizados (la salud es un ejemplo de ello) han motivado a los gobiernos y las agencias de investigación de todo el mundo en los últimos años (44). Europa, Estados Unidos y Asia han puesto un notable interés en la financiación en proyectos de investigación en los cuales temas como E-Health y TIC son los principales (44). Un ejemplo de los numerosos proyectos desarrollados en Estados Unidos es el “Oregon Center for Aging and Technology”, proyecto centrado en el desarrollo y despliegue de la tecnología de sensores para monitorear los adultos mayores en el hogar (44). En Asia, el Fondo de Innovación y Tecnología de Hong Kong ha apoyado numerosos proyectos de investigación orientados a desarrollar SWD para controlar la función cardiovascular (44).

Soluciones portátiles son especialmente necesarias en materia de salud con el fin de gestionar y unificar las aplicaciones médicas; ejemplos de estas soluciones son mostradas a continuación.

En (45) se propone una arquitectura de red basada en 3G, GSM, infraestructura de Internet y en redes de sensores inalámbricos de área corporal (WBASN, Wireless Body Area Sensor Network), llamada Redes de Médicos Comunitarios, CMN por sus siglas en inglés (Community Medical Network). La arquitectura propuesta por You et al. (45) está dividida en 5 grandes partes: WBASN, dispositivos móviles,

redes de comunicación móviles, backbone y servidores en los hospitales locales. En cuanto a la implementación del sistema propuesto, WBASN es responsable tanto de la supervisión del estado de salud de los pacientes como de la adquisición de la información médica; este manejo juega un papel importante en el CMN. De acuerdo con sus autores, CMN no necesita grandes costos para su despliegue, no se ve alterada con la movilidad de los pacientes, y puede reducir los costos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

En (46) se propone un dispositivo llamado AMI (Active Monitoring Insole) para el monitoreo de cargas de miembros inferiores. De acuerdo con sus autores, el sistema formulado AMI está capacitado para ser utilizado por un médico o por un terapeuta con el fin de analizar el avance de los pacientes y tomar los correctivos necesarios para su recuperación.

Por otro lado, MuSa (MUlti Sensor Assistant) (47) es propuesto por Bianchi et al. MuSa es un dispositivo portátil multisensor, capacitado en la detección de caídas del el ritmo cardíaco y tasas de respiración.

#### • **Servicio de Redes Sociales enfocados en la Salud**

Con la aparición de la World Wide Web, el Internet ha sido protagonista de numerosos avances en la sociedad, incluso con la explosión de la llamada Web 2.0, empezó el fenómeno de las redes sociales. Los sitios de medios sociales (redes sociales), tales como Facebook, Twitter, Youtube, entre otros, se han convertido en poderosas herramientas a través de Internet, aplicaciones de generación de contenido, blogs, wikis, han fortalecido en gran parte la forma de hacer negocios en la Internet, siendo la fuente de ingreso de muchas empresas y familias a nivel mundial.



Actualmente con el IoT crecen aún más las comunidades en Internet, como por ejemplo, en (48) se describe una comunidad de apoyo social a la pérdida de peso, que se encuentra compartida a través de una red social de Internet. Estas personas pueden compartir sus motivaciones y experiencias; el apoyo a estas personas es tan personalizado como si estuvieran cara a cara con el médico, pero ofrece aspectos únicos de comodidad, anonimato e interacción sin prejuicios. Dentro de la metodología utilizada realizan encuestas para analizar información. En (48) se propone que el apoyo social dentro de las comunidades de Internet para pérdida de peso merece mayor atención y mejores evaluaciones; estas comunidades pueden mejorar, para que los médicos puedan tomar decisiones que aporten al bienestar de estas personas con la utilización de las redes sociales en línea, teléfonos móviles, servicio de mensajes cortos (SMS; es, mensajes de texto) y blogs.

En (49) también se realiza un estudio a jóvenes adultos entre 18 y 29 años con propósito de controlar su pérdida de peso. El propósito era ofrecer orientación respecto a sus hábitos alimenticios y analizar su comportamiento en el control de peso. El trabajo arrojó buenos resultados y contribuyó a la comprensión de las fortalezas y limitaciones del uso de Facebook en la investigación y promoción de la salud en general.

En (50) presenta un estudio estadístico no muy común, en el que se utiliza las redes sociales para el uso médico e investigación relacionados con el control, la confianza y la intimidad. Con dicho estudio se utilizan datos de Europa, que contienen información sobre el comportamiento y las percepciones en temas sociales como los medios de comunicación, privacidad y redes sociales.

Los resultados arrojan que existe alguna evidencia de una brecha digital debido a la edad, mientras que los ingresos no afectan significativamente el acceso a las redes sociales en el área de la salud. Las percepciones de privacidad parecen ser un elemento de disuasión, mientras que la confianza en los proveedores de cuidado de la salud no es un factor importante para el desarrollo social y el uso de la red.

El área de la radiología también se ha beneficiado. Auffermann et al. (51) afirman que los servicios de redes sociales en Internet han cambiado la forma en que nos comunicamos como sociedad y ofrecemos oportunidades para mejorar la forma en que se practica actualmente la radiología. En dicho estudio se proponen algunas áreas donde los radiólogos pueden beneficiarse de las nuevas herramientas que provee IoT y se concluye con varios pasos que pueden tomar para involucrarse más con las redes sociales a través de Internet.

Según Lober y Flowers (52), el cambio acelerado de la tecnología en salud tienen sus raíces en las tendencias; en su trabajo revisan las actividades en la capacitación de los consumidores y la tecnología, y encontraron que las tendencias sociales son visibles en la integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el área de la salud, tanto en la búsqueda y el intercambio de información en Internet, en el uso de los medios sociales para crear nuevos tipos de interacciones con la familia, proveedores y compañeros, y en el e-paciente, que integra estas nuevas funciones y nuevas tecnologías.

Otro ejemplo importante lo encontramos en (53), donde las redes sociales y sitios web de intercambio de archivos han concentrado a los pacientes con EM de todo el mundo y han

facilitado la distribución de las experiencias personales y la información derivada de la investigación médica y su relación con la CCSVI (chronic cerebrospinal venous insufficiency). En este trabajo se revisa cuidadosamente los recursos disponibles en Internet para los pacientes con EM que buscan información sobre la CCSVI, y las responsabilidades de los médicos a medida que participan en estas discusiones en línea. Como resultado ha habido un crecimiento acelerado en el número de pacientes que buscan tratamiento para este síndrome, contemplando la posibilidad de mejorar su condición actual.

El IoT a través de las redes sociales también ha tenido un impacto en la salud mental. En (54) se presenta un estudio con este propósito, en el que se revisa el desarrollo y los usos actuales de las redes sociales sobre la salud mental, Hidy et al. (54), los dilemas éticos y legales, así como directrices prácticas para los médicos de salud mental interesados en el desarrollo de un sitio de redes sociales para apoyar su práctica profesional. Como conclusión se discuten las implicaciones éticas que los médicos deben considerar en el uso de sitios de redes sociales personales.

#### • Servicio de telemedicina

La telemedicina es la práctica de la atención médica a través de computadoras, redes de comunicación, tecnología médica y el personal de expertos del área de la salud que se apoyan en estas herramientas para poder prestar servicios a pacientes remotamente (55). Entre estos servicios podemos encontrar: diagnóstico, consulta y tratamiento, educación sanitaria y transferencia de información médica a través de las comunicaciones audiovisuales y datos (56).

Con el desarrollo del IoT muchas personas en el mundo pueden estar conectadas a Internet a través de las redes de tecnología 3G, 4G y próximamente 5G. Esto ha reducido la brecha que existía respecto a poder asistir a pacientes remotamente. La experiencia en países como Colombia, China e India, entre otros, puede ser tomada como caso de estudio para otros países en desarrollo que han dado a conocer sus trabajos en Telemedicina utilizando IoT. En China (57) se prueba el funcionamiento más adecuado en IoT con las Sickroom basados en las tecnologías del RFID. Otro ejemplo visible se puede ver en la India (58), donde el cáncer se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública debido al aumento en la incidencia de la enfermedad en ese país. La Telemedicina en oncología mediante tecnologías inalámbricas, les permite ofrecer atención sanitaria con expertos, ayudando a la prevención, detección precoz, cuidados paulativos y rehabilitación en el tratamiento del cáncer remotamente en sitios de difícil acceso. Otro trabajo en este mismo país es presentado en (59), el cual muestra tipos de arquitecturas para la telemedicina utilizando diferentes tecnologías muy usadas y de bajo costo.

Unas de las aplicaciones muy utilizadas de la telemedicina es el electrocardiograma (ECG); existen varios trabajos publicados; por ejemplo, en (60) se presenta el diseño de un sistema portátil de cardiología que permite transmitir en tiempo real a través de telefonía móvil la señal electrocardiográfica. Una solución similar pero más aplicada se presenta en un trabajo realizado en Bangladesh (sur de Asia) (61), donde la mayoría vive en zonas rurales que carecen de atención especializada, la necesidad de sistemas de telemedicina basados en Internet es mucho más grande, lo que permitiría a un gran número de médicos

y hospitales proporcionar colectivamente servicios de salud a poblaciones enteras. Se propone una arquitectura escalable, basada en Internet para la telemedicina (ECG) (61), que integra múltiples hospitales; es un sistema de información distribuida basada en telemedicina móvil que permite conectar a los pacientes en localidades rurales con médicos especialistas. En cuanto a la conectividad, la solución indica que el equipo ECG portátil se comunica a través del dispositivo móvil a un servidor (computador robusto provisto de *software* sofisticado y acondicionado para la solución) que se encuentra en el centro médico rural; este, a su vez, se comunica a través de la red con un especialista que pueda verificar y procesar la información para diagnosticar a través de su dispositivo móvil o un computador.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este artículo presenta una revisión del Internet de las cosas en el área de la salud, centrándonos en las soluciones que existen actualmente en la salud orientada al hogar. Un porvenir muy prometedor se predice con la aparición de los dispositivos inteligentes portátiles, utilizando protocolos como el 6LoWPAN, que permitirá el desarrollo de muchas aplicaciones para la solución de problemas cotidianos en el sector salud y la rápida implementación del modelo de salud centrado en el hogar.

En los diversos trabajos y soluciones consultadas predomina la utilización de tecnologías inalámbricas, como: WPAN, WBAN, MBAN, Wi-Fi, WiMAX, ZigBee, Bluetooth, ANT, ultrawideband, sensores ingeribles, y electrónica epidérmica, vendas inteligentes, aplicaciones de teléfonos inteligentes, RFID,

RTLS e IPS. Estas tecnologías con ampliamente usadas para sistemas de censo biomédicos.

Esto refleja un amplio avance a nivel de tecnologías y arquitectura de redes basadas en IoT, que brindan soluciones específicas a problemas en el sector salud, especialmente en escenarios enfocados a la salud centrada en el hogar, lo cual permite el aprovechamiento al máximo de la tecnología IoT en esta área, muy comúnmente llamado Salud IoT. Lo anterior suena prometedor para la industria del sector salud y las TIC en general porque permite personalizar el servicio sanitario, y acelerar su evolución.

**Conflicto de intereses:** ninguno

**Financiación:** Universidad del Norte

## REFERENCIAS

1. Albrecht K, Michael K. Connected. To Everyone and Everything [Guest Editorial: Special Section on Sensors]. *Technology and Society Magazine, IEEE* 2013;32(4):31-4.
2. Peng-fei F, Guang-zhao Z, editors. Analysis of the business model innovation of the technology of internet of things in postal logistics. *Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)*, 2011 IEEE 18<sup>th</sup> International Conference on; 3-5 Sept. 2011.
3. Bari N, Mani G, Berkovich S, editors. *Internet of Things as a Methodological Concept*. Computing for Geospatial Research and Application (COMGeo), 2013 Fourth International Conference on; 22-24 July 2013.
4. Zhiyong S, Kui L, Shiping Y, Qingbo O, editors. *Design and implementation of the mobile internet of things based on td-scdma network*. Information Theory and Information Security (ICITIS), 2010 IEEE International Conference on; 17-19 Dec. 2010.
5. Yinghui H, Guanyu L, editors. *Descriptive models for Internet of Things*. Intelligent Control and Information Processing (ICICIP),

- 2010 International Conference on; 13-15 Aug. 2010.
6. PANG Z. *Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being*. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology; 2013.
  7. Chen X, Coll. of Comput. & Commun. LUoT, Lanzhou, China, Yu P, editors. *Research on hierarchical mobile wireless sensor network architecture with mobile sensor nodes*. Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3<sup>rd</sup> International Conference on; 16-18 Oct. 2010: IEEE.
  8. Krco S, Tsiatsis V, Matusikova K, Johansson M, Cubic I, Glitho R, editors. *Mobile Network Supported Wireless Sensor Network Services*. Mobile Adhoc and Sensor Systems, 2007 MASS, 2007 IEEE International Conference on; 8-11 Oct. 2007: IEEE.
  9. García Lj, García J, Sandoval Al, Márquez J. Distributed Dynamic Host Configuration Protocol (D2HCP). *Sensors*. 2011;11(4):4438-61. doi:10.3390/s110404438
  10. Li J, Sch. of Math. & Stat. CU, Bose A, Zhao YQ, editors. *The study of wireless local area networks and wireless personal area networks*. Electrical and Computer Engineering, 2005 Canadian Conference on; 1-4 May 2005: IEEE.
  11. Mahlknecht S, Inst. of Comput. Technol. VUoT, Wien, Austria, Palensky P, editors. *Linking control networks and wireless personal area networks*. Emerging Technologies and Factory Automation, 2003 Proceedings ETFA '03 IEEE Conference; 16-19 Sept. 2003: IEEE.
  12. Rahman AFA, Dept. of Security Assurance NVACM, Cyber Security Malaysia, Seri Kembangan, Malaysia, Ahmad R, Ramli SN, editors. *Forensics readiness for Wireless Body Area Network (WBAN) system*. Advanced Communication Technology (ICACT), 2014 16th International Conference on; 16-19 Feb. 2014: IEEE.
  13. Barakah DM, Dental Clinic Dept. KSMC, Riyadh, Saudi Arabia, Ammad-uddin M, editors. *A Survey of Challenges and Applications of Wireless Body Area Network (WBAN) and Role of a Virtual Doctor Server in Existing Architecture*. Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), 2012 Third International Conference on; 8-10 Feb. 2012: IEEE.
  14. Zhou M, Li H, Weijnen M. Accelerometer-Based Body Sensor Network (BSN) for Medical Diagnosis Assessment and Training; 2015.
  15. Li H-B, Nat. Inst. of Inf. & Commun. Technol. (NICT) Y, Japan, Hamaguchi K, editors. *A prototype BAN for medical and healthcare monitoring based on high band UWB*. Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2011 14<sup>th</sup> International Symposium on; 3-7 Oct. 2011: IEEE.
  16. Li H-B, Nat. Inst. of Inf. & Commun. Technol. NU, Yokosuka, Takizawa K-I, Zhen B, Kohno R, editors. *Body Area Network and Its Standardization at IEEE 802.15.MBAN*. Mobile and Wireless Communications Summit, 2007 16<sup>th</sup> IST; 1-5 July 2007: IEEE.
  17. Huang ML, Sch. of Inf. & Commun. Eng. KAIOST, Daejeon, South Korea, Park S-C, editors. *A WLAN and ZigBee coexistence mechanism for wearable health monitoring system*. Communications and Information Technology, 2009 ISCIT, 2009 9<sup>th</sup> International Symposium on; 28-30 Sept. 2009: IEEE.
  18. De la Hoz Y, Jimeno M, Wilches J. Wireless ECG and PCG Portable Telemedicine Kit for Rural Areas of Colombia. *Investigación e Innovación en Ingenierías* 2014;2 (2): 1-9. Disponible en : <http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/rdigital/ojs/index.php/innovacion/article/view/812/1221>
  19. Dhawan S, Univ. Inst. of Eng. & Technol. H, editors. *Analogy of Promising Wireless Technologies on Different Frequencies: Bluetooth, WiFi, and WiMAX*. Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications, 2007 *AusWireless*, 2007 The 2<sup>nd</sup> International Conference on; 27-30 Aug. 2007: IEEE.
  20. Yen Y-S, Dept. of Appl. Inf. FGU, Ilan, Taiwan, Chiang W-C, Hsiao S-F, Shu Y-P, editors. *Using WiMAX network in a telemonitoring system*. Computer Research and De-

- velopment (ICCRD), 2011 3<sup>rd</sup> International Conference on; 11-13 March 2011: IEEE.
21. Mehmood NQ, Culmone R, editors. *An ANT+ Protocol Based Health Care System*. Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2015 IEEE 29<sup>th</sup> International Conference on; 24-27 March 2015: IEEE.
  22. IEEE *Standard for Ultrawideband Radar Definitions*; 2007:-9.
  23. Carpi F, Interdepartmental Res. Centre "E. Piaggio" UoP, Italy, De Rossi D. Electroactive polymer-based devices for e-textiles in biomedicine. *Information Technology in Biomedicine*, IEEE Transactions on 2005;9(3):295-318.
  24. Silva BM, Inst. de Telecomun. UoBI, Covilha, Portugal, Lopes IM, Marques MB, Rodrigues JJPC, Proenca ML, editors. *A mobile health application for outpatients medication management*. Communications (ICC), 2013 IEEE International Conference on; 9-13 June 2013: IEEE.
  25. Donggeon L, Seongyun K, Howon K, Namje P, editors. *Mobile Platform for Networked RFID Applications*. Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference on; 12-14 April 2010.
  26. Pathak R, Joshi S, editors. *Recent trends in RFID and a java based software framework for its integration in mobile phones*. Internet, 2009 AH-ICI 2009 First Asian Himalayas International Conference on; 3-5 Nov. 2009.
  27. Nakamori E, Tsukuda D, Fujimoto M, Oda Y, Wada T, Okada H et al., editors. *A new indoor position estimation method of RFID tags for continuous moving navigation systems*. Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012 International Conference on; 13-15 Nov. 2012.
  28. Wightman P, Jimeno M, Jabba D, Labrador M, Zurbarán M, Córdoba C et al. *Empirical approach to network sizing for connectivity in wireless sensor networks with realistic radio propagation models*. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*; 2011. p. 72-85.
  29. Schantz HG, Q-Track Corp. H, editors. *A real-time location system using near-field electromagnetic ranging*. Antennas and Propagation Society International Symposium, 2007 IEEE; 9-15 June 2007: IEEE.
  30. Moon GB, Dept. of Electr. Eng. KU, Seoul, South Korea, Hur MB, Jee G-I, editors. *An indoor positioning system for a first responder in an emergency environment*. Control, Automation and Systems (ICCAS), 2012 12<sup>th</sup> International Conference on; 17-21 Oct. 2012: IEEE.
  31. Islam SK, Dept. of Electr. Eng & Comput. Sci. UoT, Knoxville, TN, USA, Fathy A, Wang Y, Kuhn M, Mahfouz M. Hassle-Free Vitals: BioWireless for a Patient-Centric Health-Care Paradigm. *Microwave Magazine*, IEEE 2014;15(7):15-33 DOI: 10.1109 / MMM.2014.2356148
  32. Qiang Z, Sun Y, Zhenhui C, editors. *Application and analysis of ZigBee technology for Smart Grid*. Computer and Information Application (ICCIA), 2010 International Conference on; 3-5 Dec. 2010.
  33. Liting C, Wei J, Zhaoli Z, editors. *Networked wireless meter reading system based on ZigBee technology*. Control and Decision Conference, 2008 CCDC 2008 Chinese; 2-4 July 2008.
  34. Jingzhao L, Qian L, editors. *Application and research of ZigBee technology in the miner's lamp monitoring*. Future Information Technology and Management Engineering (FITME), 2010 International Conference on; 9-10 Oct. 2010.
  35. Deng X, Zheng L, Li M, editors. *Development of a field wireless sensors network based on ZigBee technology*. World Automation Congress (WAC), 2010; 19-23 Sept. 2010.
  36. Berhanu Y, Abie H, Hamdi M, editors. *A testbed for adaptive security for IoT in eHealth*. Proceedings of the International Workshop on Adaptive Security; 09/08/2013: ACM.
  37. Kim J, Networking Lab. KHU, Yongin, South Korea, Haw R, Cho EJ, Hong CS, Lee S. A 6LoWPAN Sensor Node Mobility Scheme Based on Proxy Mobile IPv6. *Mobile Compu-*

- ting, *IEEE Transactions on* 2012;11(12):2060-72.
38. Catapang SA, Roberts ZJM, Wang KIK, Salcic Z, editors. *An infrastructure for integrating heterogeneous embedded 6LoWPAN networks for internet of things applications*. Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST; 2013.
  39. Beltrame F, DIST GU, Italy, editors. *Worldwide emergency telemedicine services: the R&D EU projects perspective*. *Information Technology Applications in Biomedicine, 1997 ITAB '97*, Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Region 8 International Conference; 7-9 Sep 1997: IEEE.
  40. Fan YJ, Yin YH, Xu LD, Zeng Y, Wu F. IoT-based smart rehabilitation system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 2014;10(2):1568-77.
  41. Lin C-H, Young S-T, Kuo T-S. A remote data access architecture for home-monitoring health-care applications. *Medical Engineering & Physics* 2007;29(2):199-204.
  42. Yu L, Jianwei N, Lianjun Y, Lei S, editors. *eB-Platform: An IoT-based system for NCD patients homecare in China*. Global Communications Conference (GLOBECOM), IEEE; 2014 8-12 Dec. 2014.
  43. Zhibo P, Junzhe T, Qiang C, editors. *Intelligent packaging and intelligent medicine box for medication management towards the Internet-of-Things*. Advanced Communication Technology (ICACT), 2014 16th International Conference on; 16-19 Feb. 2014.
  44. Cerutti S, Magenes G, Bonato P. Guest Editorial Special Section on Smart Wearable Devices for Human Health and Protection. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 2010;14(3):691-3.
  45. Lei Y, Chungui L, Sen T, editors. *Community Medical Network (CMN): Architecture and implementation*. Mobile Congress (GMC), 2011 Global; 17-18 Oct. 2011.
  46. Cavalleri M, Reni G, editors. *Active monitoring insole: A wearable device for monitoring foot load distribution in home-care context*. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008 EMBS 2008 30th Annual International Conference of the IEEE; 20-25 Aug. 2008.
  47. Bianchi V, Grossi F, De Munari I, Ciampolini P, editors. *MuSA: A multisensor wearable device for AAL*. Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2011 Federated Conference on; 18-21 Sept. 2011.
  48. Hwang KO, Ottenbacher AJ, Green AP, Cannon-Diehl MR, Richardson O, Bernstam EV et al. Social support in an Internet weight loss community. *International Journal of Medical Informatics* 2010;79(1):5-13.
  49. Patrick K, Marshall SJ, Davila EP, Kolodziejczyk JK, Fowler JH, Calfas KJ et al. Design and implementation of a randomized controlled social and mobile weight loss trial for young adults (project SMART). *Contemporary Clinical Trials* 2014;37(1):10-8.
  50. Sato A, Costa-i-Font J. Social networking for medical information: A digital divide or a trust inquiry? *Health Policy and Technology* 2013;2(3):139-50.
  51. Auffermann WF, Chetlen AL, Colucci AT, DeQuesada Ii IM, Grajo JR, Heller MT et al. Online Social Networking for Radiology. *Academic Radiology* 2015;22(1):3-13.
  52. Lober WB, Flowers JL. Consumer Empowerment in Health Care Amid the Internet and Social Media. *Seminars in Oncology Nursing* 2011;27(3):169-82.
  53. Vera C, Herr A, Mandato K, Englander M, Ginsburg L, Siskin GP. Internet-Based Social Networking and Its Role in the Evolution of Chronic Cerebrospinal Venous Insufficiency. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology* 2012;15(2):153-7.
  54. Hidy B, Porch E, Reed S, Parish MB, Yellowlees P. 18 - Social Networking and Mental Health. In: Turvey KML, editor. *Telemental Health*. Oxford: Elsevier; 2013. p. 367-95.
  55. Hailay D, Roine R. Systematic review of evidence for the benefits of telemedicine. *J Telemed Telecare* 2002;8:1-77.
  56. Stowe S, Harding S. Telecare, telehealth and telemedicine. *European Geriatric Medicine* 2010;1:193-7.

57. Lu D, Software Coll. NU, Nanchang, China, Liu T, editors. *The application of IOT in medical system*. IT in Medicine and Education (ITME), 2011 International Symposium on; 9-11 Dec. 2011: IEEE.
58. Sudhamony S, Med. Inf. Group CfDoAC, Thiruvananthapuram, Nandakumar K, Binu PJ, Niwas SI. Telemedicine and telehealth services for cancer-care delivery in India. *Communications, IET* 2008;2(2):231-6.
59. Chaudhari K, Dept. of Electron. Eng. RU, Nagpur, India, Karule PT, editors. *WiMAX network based E health service and telemedicine applications for rural and remote populations in India*. Medical Imaging, m-Health and Emerging Communication Systems (MedCom), 2014 International Conference on; 7-8 Nov. 2014: IEEE.
60. Vega R, Reynolds J, Aroca G, A C, González J, Méndez F et al., editors. *Sistema de Vigilancia Cardíaca a Través de Telefonía Móvil*. Cuarto Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 4CIEEE. Corporación Instituto Tecnológico Iberoamericano de la Informática; 2010.
61. Busra US, Dept. of Comput. Sci. & Eng. JUS, Dhaka, Bangladesh, Rahman MZ, editors. *Mobile phone based telemedicine service for rural Bangladesh: ECG*. Computer and Information Technology (ICCIT), 2013 16<sup>th</sup> International Conference on; 8-10 March 2014: IEEE.