

IV

LA APLICACIÓN DE SENSORES INALÁMBRICOS EN EL CUIDADO MÉDICO DENTRO DEL HOGAR

Arthur Edwards Block,
Víctor Rangel Licea

Introducción

El siglo XXI se caracterizará como la era de los mayores cambios tecnológicos en la historia humana. Estos cambios tecnológicos serán acompañados por una intercomunicación inalámbrica sin precedentes. Por lo tanto, un objetivo primordial del desarrollo tecnológico será cómo combinar la movilidad humana con las tecnologías computacionales y de comunicaciones para proporcionar un sin fin de servicios. Quizá el más importante de estos servicios será en el área de la salud. Dispositivos móviles, junto con una infraestructura inalámbrica robusta, serán detonantes de una multitud de aplicaciones emergentes que en un futuro cercano revolucionarán la manera en que se concibe la salud y cómo se proporcionan servicios de salud a los pacientes.

La visión de *pervasive healthcare*, como se denomina en inglés, implica proporcionar servicios de salud a cualquier persona en cualquier lugar y en cualquier momento. Para cumplir con este objetivo es necesario eliminar barreras de tiempo y localización, más otros obstáculos físicos. Este concepto implica el monitoreo discreto

y ubicuo del estado físico del paciente en instituciones médicas tradicionales y, más importante aún, en la comodidad física y emocional del hogar [Upkar, 2007] (figura 1).



Figura 1. Monitoreo de la salud en la comodidad del hogar.

Imagen obtenida de Fass (2007).

La introducción de redes de comunicación en ambientes médicos ha incrementado la accesibilidad y la calidad de servicios de la salud. Los esquemas convencionales que proporcionan servicios médicos tradicionales resultan muy costosos, alcanzando un porcentaje alto del producto interno bruto de muchos países [Reynaert y Roggen, 2006]. Más importante, sin embargo, es la crisis que se avecina en países desarrollados cuando la generación que nació inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial se jubile [Singh, 2002]. El gran número de *baby boomers* demandará servicios de salud que potencialmente presionará a los sistemas de salud más allá de su capacidad instalada.

De hecho, la manera de conceptualizar y proporcionar servicios de salud ha cambiado drásticamente desde la década de los años sesenta. En esa década el enfoque principal era sobre la computación médica y sus aplicaciones en áreas clínicas especializadas dentro de hospitales. La informática médica centrada en la administración más eficiente de sistemas de salud fue el enfoque central de la década de los años setenta. La atención de la comunidad médica durante la mayor parte de los años ochenta se centraba mucho en el área de la informática, de nuevo, pero concentrándose en la salud primaria del paciente individual y a la salud pública en general. La década de los años noventa se enfocaba en la bioinformática con un énfasis en la calidad y administración del servicio. Los costos médicos durante esta década aumentaron significativamente y el enfoque era, más bien, hacia cómo reducir costos e incrementar la eficiencia, sin disminuir la calidad de los servicios. El enfoque de la última década ha sido de explotar las nuevas tecnologías para proporcionar servicios de e-Salud, enfatizando la participación activa del paciente que a través de sensores y sistemas de comunicación se comunica constantemente con un profesional, lo que le permite disfrutar de mayor libertad y calidad de vida. Y a la vez reducir el costo del traslado de la casa del paciente al hospital.

Esta evolución muestra tres consideraciones importantes. 1) El empleo de la tecnología para proporcionar un mejor servicio médico y reducir costos. 2) Una evolución de servicios hospitalarios tradicionales donde doctores proporcionan cuidados a pacientes que pasivamente reciben atención médica a servicios ambulatorios en el domicilio del paciente donde éste participa activamente en su cuidado. 3) De proporcionar servicios para intervenir después de presentarse una enfermedad a servicios de prevención y administración [Ingram, 2001].

Redes de sensores corporales representan la punta de partida de un sistema capaz de monitorizar, controlar y proporcionar información necesaria para una más temprana intervención médica. Así, se espera brindar a personas mayores o pacientes con condiciones crónicas una mejor calidad de vida. Sensores ambientales y corporales conectados a un punto de acceso pueden enviar información en tiempo real a un sistema de administración médica inteligente y a bases de datos médicos personales por medio de telemedicina ubicua móvil (figura 2). Este capítulo presenta un estado del arte de cómo sensores inalámbricos contribuyen al diagnóstico, monitoreo, control, rehabilitación y servicios de emergencia de pacientes que pueden atenderse en su propio domicilio.

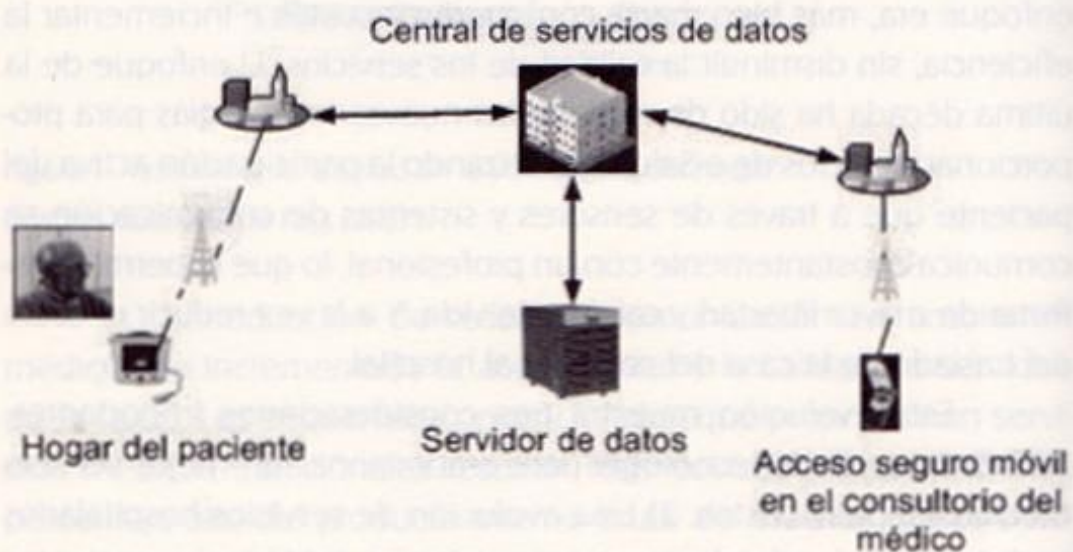


Figura 2. Sistema de monitoreo remoto. Imagen del autor.

Avances en las tecnologías de comunicación inalámbrica, PDAs, el diseño de sensores y el almacenamiento de energía han permitido que el concepto de las redes de sensores inalámbricos

sea ya una realidad. Micro-sensores integrados no mayores que unos pocos milímetros, con capacidades de procesamiento y transferencia de datos de forma inalámbrica, son los componentes básicos de tales redes ya en existencia [Warneke *et. al.*, 2001; Kahn *et. al.*, 2000]. Significativamente, el costo de estos dispositivos y el consumo de energía se están disminuyendo, mientras la capacidad de procesamiento de los sensores se incrementa considerablemente (figura 3).

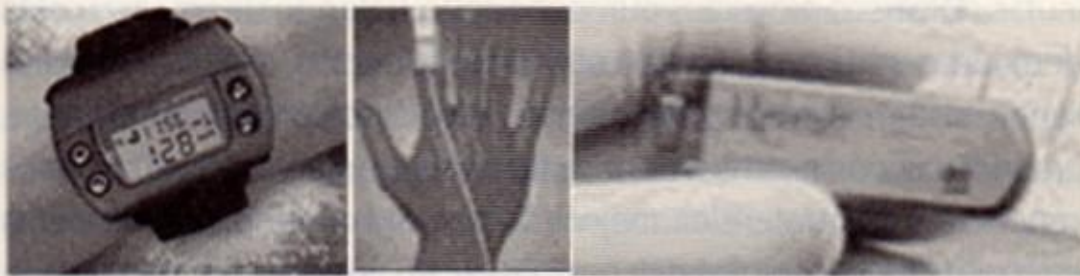


Figura 3. Dispositivos para el monitoreo de parámetros físicos. Imagen obtenida de Fass (2007).

El enorme costo que implica administrar a los pacientes en condiciones crónicas (enfermedades cardio-vasculares, pulmonares, asma, diabetes y demencia) requieren nuevas formas que soporten a estos pacientes más eficientemente, en un ambiente remoto, distribuido y no invasivo. Así, los pacientes pueden disfrutar de una calidad mayor en la comodidad de su casa y de un entorno familiar. Los hospitales suelen ser lugares impersonales que confunden e intimidan a personas de todas las edades, pero esto es particularmente cierto con personas mayores de edad. Redes de sensores conectados a un punto de acceso proporcionan la posibilidad de que las personas puedan quedarse en la comodidad de sus casas en espacios acogedores y de su agrado, bajando así la ansiedad que sufren al tener que transportarse a una clínica u hospital y tratar con un entorno poco familiar y amigable (figura 2).

El cuerpo humano es una mega-red compuesta de muchas redes controladas por el sistema nervioso central que monitorea y controla las funciones corporales. Sensores electromecánicos inalámbricos permiten la comunicación entre la mega-red interna compuesta de sensores biológicos que posee cada ser humano con una red externa inalámbrica que permite la transferencia de información biológica a un centro de monitoreo.

Diversos proyectos europeos están tratando de resolver estas demandas para mejorar la calidad de atención médica, desarrollando sistemas para el monitoreo móvil, implementando e integrando dichos sistemas de monitoreo para proporcionar mayores servicios, y para atender mejor las necesidades de los pacientes en condiciones crónicas o que viven en situaciones especiales. Por ejemplo, el proyecto *HealthService24* [HealthService24 Project, 2008] permite que los médicos diagnostiquen y traten a los pacientes remotamente en tiempo real mientras estén en movimiento. El proyecto *HealthService2* está basado en un teléfono que actúa como *gateway* para los sensores inalámbricos ubicados en el cuerpo humano. El teléfono constantemente transmite los datos recolectados a través de la red telefónica al Centro de Servicio Médico o al profesional médico a cargo del paciente para procesar los signos vitales y proporcionar una retroalimentación personalizada en tiempo real al paciente. Por su parte, el proyecto *MyHeart* [Myheart Project, 2008] ha sido concebido para tratar enfermedades cardio-vasculares a través de dispositivos inteligentes incorporados en la ropa que combinan sensores y procesadores para diagnosticar, detectar tendencias y recomendar acciones.

El monitoreo en salud a través de sistemas inalámbricos tiene muchas ventajas. Primero, las personas pueden revisar sus parámetros fisiológicos en su casa sin la necesidad de ir al hospital. Al poder

visualizar los parámetros fisiológicos en casa, el paciente no tiene que trasladarse al hospital con tanta frecuencia. De esta manera se aumenta la capacidad de atención en los hospitales en el mismo espacio físico. Igualmente importante, sin embargo, este análisis en casa podrá mejorar factores relacionados con la calidad de vida del paciente al disminuir el número de veces que el paciente necesite trasladarse al hospital, hacer citas y esperar turno para recibir atención. Como los sensores pueden monitorizar la condición actual del paciente, un sistema de monitoreo en casa podrá encauzar al paciente directamente al médico general o al servicio de especialidades correspondiente, jerarquizando así la atención prestada al paciente de acuerdo con su condición actual. Segundo, las personas empleando dispositivos de revisión inalámbricos pueden moverse libremente y hasta se pueden administrar automáticamente los medicamentos, como es el caso de niveles de insulina en diabéticos. Finalmente, los médicos en el centro de monitoreo pueden "observar" constantemente la condición de salud de los pacientes en tiempo real y diagnosticar así enfermedades más rápido y, por lo tanto, proporcionar recomendaciones o intervenir de manera más eficiente. Por ejemplo, un biosensor magneto-elástico inalámbrico de bajo costo puede descubrir la presencia elevada de ácido fosfático en muchos tejidos humanos, incluyendo la próstata, los riñones, el hígado, el bazo, eritrocitos y plasma. La determinación de ácido fosfático es de mucha importancia en la temprana diagnosis de hipofosfasia y enfermedad prostática, pero también se ha empleado como marcador de cáncer de la próstata. Además, incrementos moderados de ácido fosfático se han relacionado a la invasión de los huesos por diferentes cánceres, leucemia mielocítica y problemas hematológicos [Wu *et al.*, 2006].

Adicionalmente, como la información de muchos pacientes con la misma condición se puede almacenar en sistemas de información, se podrán llevar a cabo estudios longitudinales sobre la salud que puedan tener ramificaciones significativas en cuanto al tratamiento y administración de la salud. Lo anterior es conocido como "telemedicina", la cual es definida como el uso de las tecnologías avanzadas de telecomunicaciones para intercambiar información médica y proporcionar servicios en el cuidado de la salud a través de las barreras geográficas, sociales, y culturales. Actualmente, la telemedicina es utilizada por los doctores en hospitales y otros centros de salud ubicados alrededor del mundo [ISO/TR, 2004]. Los dos tipos de tecnología de telemedicina ampliamente utilizados son: *Store and Forward* y *Two-way Interactive Television*. La utilización de la tecnología *Store and Forward* se basa en una imagen digital que es tomada, almacenada, y entonces enviada (o retransmitida) a otra localización. Esta tecnología podría encontrar aplicación en radiología, donde las imágenes radiográficas necesitan ser transferidas, o en dermatología, donde visualmente se examinan lesiones en la piel. Por otra parte, la tecnología *Two-way Interactive Television* podría ser utilizada cuando ambas partes (transmisor-receptor) cuenten con el equipo necesario (por ejemplo, cámaras y monitores) para completar la interacción. Aplicaciones de la tecnología *Two-way Interactive Television* podrían ser encontradas en un gran número de especialidades médicas, tales como cardiología, neurología y ginecología.

Estado del arte

La magnitud de la importancia del monitoreo de la salud de los pacientes sólo se apreciará cuando la dimensión de las enfermedades requieran un diagnóstico temprano para iniciar el tratamiento,

aunque hay varios ejemplos, pero ninguno tan dramático como las enfermedades cardiovasculares. Anormalidades del ritmo cardiaco (arritmias) tales como de-fibrilación arterial son comúnmente encontradas en aproximadamente el 4% de la población arriba de 60 años, incrementándose en 9% en personas de 80 años [Hylek *et al.*, 2001]. Los primeros síntomas de la de-fibrilación arterial incluyen fatiga y palpitaciones y requiere que el paciente busque atención médica. Electro-cardiografía (ECG) es necesaria para realizar un diagnóstico e iniciar un tratamiento que prevenga complicaciones mayores, como taquicardia, cardiomiopatía y embolia. Para prevenir la embolia en los pacientes se les aplican medicamentos anticoagulantes, poniéndolos en riesgo de posibles desangrados. Además de los electro-cardiogramas para iniciar el tratamiento, es fundamental el monitoreo continuo para asegurar un control del ritmo cardiaco (figura 4).



Figura 4. Electrocardiograma Inalámbrico. Imagen obtenida de Fass (2007).

Las redes de sensores corporales ofrecen la oportunidad de diagnosticar arritmias cardiacas en sus etapas iniciales, además de monitorizar otras enfermedades y la respuesta de los pacientes a cualquier tratamiento iniciado.

Presión alta (hipertensión) es otra enfermedad cardiovascular conocida comúnmente como *Silent Death*, que afecta aproximadamente a 50 millones de personas en Estados Unidos [Chobanian *et al.*, 2003]. El diagnóstico de esta enfermedad si no es tratada a tiempo puede afectar algún órgano como los riñones, significativamente adelantando la muerte del paciente, iniciando por problemas visuales, enfermedades en la arteria coronaria, falla en el corazón y embolia. La falla en el corazón, en cambio, afecta casi a cinco millones de personas cada año en Estados Unidos y es el factor principal en aproximadamente 300,000 muertes cada año [Hunt *et al.*, 2001]. Un diagnóstico temprano de la presión alta es importante para controlar algunos factores de riesgo como: el fumar y tener un alto colesterol, pero también para iniciar un tratamiento antihipertensivo. Una vez que los pacientes han sido diagnosticados con hipertensión, ellos requieren monitoreo de la presión sanguínea regularmente para asegurar la eficacia de la terapia. Es común que sobre la vida de los pacientes, la fármaco-terapia que ellos reciben se modifique muchas veces, porque el estado del paciente puede ser estable, pero nunca igual (por lo menos por un tiempo prolongado). Pacientes crónicamente enfermos necesitan un régimen de monitoreo mucho más preciso y constante de lo que se les puede dar convencionalmente. Aunque existen *kits* de prueba para medir la presión alta, las limitaciones principales de estos dispositivos incluyen la dependencia del operador y la motivación y capacidad del paciente. Recientemente, una nueva técnica conocida como "prehipertensión" ha sido identificada y podría apoyar en una más tem-

prana iniciación del tratamiento [Qureshi *et al.*, 2005]. También, los sensores podrán facilitar el "examen de estrés" a distancia para poder diagnosticar a personas propensas a problemas cardiacos.

Las redes de sensores corporales permitirán a los médicos monitorizar a los pacientes durante la vida normal, y apoyarlos en decidir qué tipo de terapia debe iniciar el paciente, y particularmente monitorizar la respuesta a esa terapia.

La diabetes es una enfermedad crónica progresiva muy conocida que afecta varios órganos vitales. En Estados Unidos las personas con diabetes se han incrementado dramáticamente en las últimas cuatro décadas, principalmente debido a la obesidad [Brown *et al.*, 2005]. Se estima que 24,000 personas pierden la vista y 56,000 personas pierden los riñones a causa de la diabetes cada año en Estados Unidos. El diagnóstico se realiza midiendo la glucosa en la sangre (la cual se incrementa rápidamente) como resultado de complicaciones debido a la enfermedad. Una vez diagnosticados estos pacientes requieren de administración regular de insulina varias veces durante el día. Sin embargo, incrementar la actividad física de pacientes con diabetes forma parte del régimen necesario para controlar esta enfermedad. Biosensores para medir la actividad cardiaca, la presión sanguínea y la sudoración, junto con sensores para monitorizar movimiento (acelerómetros, giróscopos, etcétera) o *motion data session units* son tan pequeños que no afectan la movilidad o desempeño del usuario, pero sí proporcionan los datos necesarios para registrar si el paciente está cumpliendo o no con las indicaciones. Como estos datos son muy precisos, los pacientes no pueden emplear la estrategia del engaño en su trato con los doctores.

La tecnología de las redes de sensores corporales usadas para el monitoreo de la diabetes permite además que sensores de glucosa implantados no sólo monitoreen los niveles de glucosa de

los pacientes, sino que además administren insulina. Aunque las tres enfermedades crónicas mencionadas anteriormente acentúan la necesidad del monitoreo bio-químico y fisiológico continuo, existen otros ejemplos de enfermedades que podrían beneficiarse con el monitoreo (tabla I).

Enfermedad	Parámetro Fisiológico (Tipos de Sensor Biosensor)	Parámetro Bioquímico (Tipos de Sensor Biosensor)
Hipertensión	Presión Arterial (mecanoreceptor implantable/ sobrepuesto)	Adrenocorticoides (biosensor implantable)
Enfermedad Cardíaca Isquémica	Electrocardiograma, capacidad car- diaca (mecanoreceptor implantable/ sobrepuesto)	Troponina, creatina, quinasa (bio- sensor implantable)
Cáncer (Senos, Próstata, Pulmón, Colon)	Pérdida de peso (sensor de grasa corporal) (mecanoreceptor implantable/sobrepuesto)	Marcadores de Tumores, detec- ción sanguíneo (orina, heces, esputo), albumina nutricional (bio- sensor implantable)
Asma/Enfermedad Pul- monar Obstructivo Cró- nico	Respiración, máximo flujo exhalato- rio, flujo inhalatorio, saturación de oxígeno (mecanoreceptor implantable/sobrespuesto)	Presión parcial de oxígeno (sensor óptico implantable/ soprepuesto, biosensor biosen- sor)
Enfermedad de Parkin- son	Manera de caminar, temblores, tono muscular, actividad (EEG sobre- puesto, acelerómetro, giroscopio)	Niveles cerebrales de dopamina (biosensor implantable)
Enfermedad de Alzheimer	Actividad, memoria, orientación, cognición (acelerómetro, giroscopio sobrepuesto)	Depósitos de la proteína amiloide depósitos en el cerebro (biosen- sor implantable /EEG)
Embolia	Manera de caminar, tono muscular, actividad, habla impedida, memoria (EEG, acelerómetro, giroscopio sobrepuesto)	
Diabetes	Problemas visuales, interrupción sensorial (neuropatía) (aceleróme- tro, giroscopio sobrepuesto)	Glucosa sanguínea, hemoglobina glicada (HbA1c), (biosensor implantable)
Artritis Reumatoide	Rigidez de articulaciones, función reducida, temperatura (aceleróme- tro, giroscopio, termistor, sobre- puesto)	Factor reumatoide, Marcadores inflamatorias y auto inmunes (bio- sensor implantable)

Disfunción Renal	Producción de orina (presión de vejiga implantable / sensor de volumen)	Urea, creatinina, potasio (biosensor implantable)
Enfermedad Cardiovascular (Periférico vascular y aneurismas)	Perfusión de extremidades, presión sanguínea, presión del aneurisma perfusión periférica, presión sanguínea, presión del bolso del aneurisma (sensor implantable/sobrepuesto)	Niveles de hemoglobina (biosensor implantable)
Enfermedades Infecciosas	Temperatura corporal (termistor sobrepuesto)	Señales inflamatorias, concentración de células blancas, metabolitos patogénicos (biosensor implantable)
Monitores Pos-Operatorio	Ritmo cardiaco, presión sanguínea. ECG, saturación de oxígeno, temperatura (implantable/sobrepuesto y sensor ECG sensor)	Hemoglobina, glucosa sanguínea, monitoreo en el sitio operativo, (biosensor implantable)

Tabla 1. Padecimientos y técnicas comúnmente empleadas para monitorizar las enfermedades señaladas.

El monitoreo continuo y el análisis de los signos vitales es la clave para poder detectar en una etapa temprana posibles riesgos en la salud de un paciente. Existen varios proyectos alrededor del mundo que tienen como finalidad el monitoreo de la salud en las personas. (Falck *et al.*, 2006) describen el proyecto BASUMA, el cual se enfoca en el desarrollo de una plataforma robusta y eficiente en energía para redes de sensores inalámbricos en el cuerpo humano, con el fin de monitorizar el estado de salud de los pacientes con enfermedades crónicas en sus propias casas. Las áreas de aplicación iniciales del proyecto BASUMA son: mejorar el tratamiento de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y apoyar en la aplicación de la quimioterapia de las mujeres que sufren de cáncer de pecho. En el trabajo publicado en (Krc, 2003), el autor describe una implementación de una red de sensores personal en el monitoreo del

cuidado de la salud. Este proyecto incluye varios nodos de sensores inteligentes y un nodo de control integrados dentro de una red bluetooth. En otro trabajo, publicado en Zhao y Cui [2005], los autores presentan un sistema para el cuidado de la salud basado en una tecnología de red de sensores inalámbricos. Este proyecto describe una arquitectura compuesta de sensores médicos incorporados alrededor del cuerpo humano utilizando el estándar Zigbee. En Jin *et al.* [2005] se propone el proyecto WHAM-Bios para aplicaciones de telemedicina, por la necesidad de tener servicios médicos en tiempo real para enfermedades emergentes. El proyecto WHAM-Bios se basa en un dispositivo de propósito especial llamado *Human Body Gateway*, donde los nodos sensores reportan los resultados del monitoreo. El monitoreo en tiempo real requiere de algoritmos que habiliten una comunicación libre de contención, y por consiguiente reduzcan el consumo de potencia en la transmisión de los datos. En el trabajo reportado en Poon, Zhan y Bao [2006], los autores se enfocan en aspectos de mecanismos de seguridad en la comunicación de la red de sensores de área corporal. En otros estudios [Knight *et al.*, 2005; Teller, 2004], el objetivo es desarrollar tecnología incorporada en la ropa o en accesorios usados en el cuerpo (por ejemplo, relojes, pulseras, etcétera) que midan, registren y transmitan aspectos del funcionamiento físico del cuerpo humano, por ejemplo: ritmo cardíaco, temperatura y movimiento. Los autores en Mamykina [2006] describen un prototipo para el monitoreo de la salud de los pacientes con diabetes, y los autores en Schwiebert [2001] describen otro prototipo de una prótesis de retina basado en un arreglo de sensores inteligentes empotrados en el cuerpo humano. En todos los proyectos mencionados la dorsal de la red de telecomunicaciones que conecta a los pacientes con el centro de monitoreo es la red telefónica.

El monitoreo continuo de los pacientes crónicos requiere de una plataforma tecnológica muy robusta, además de una red de sensores médicos, por ejemplo: electrocardiograma, oximetría del pulso y sonido pulmonar podrán estar colocados en el cuerpo de los pacientes y formar una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del cuerpo humano (figura 5).

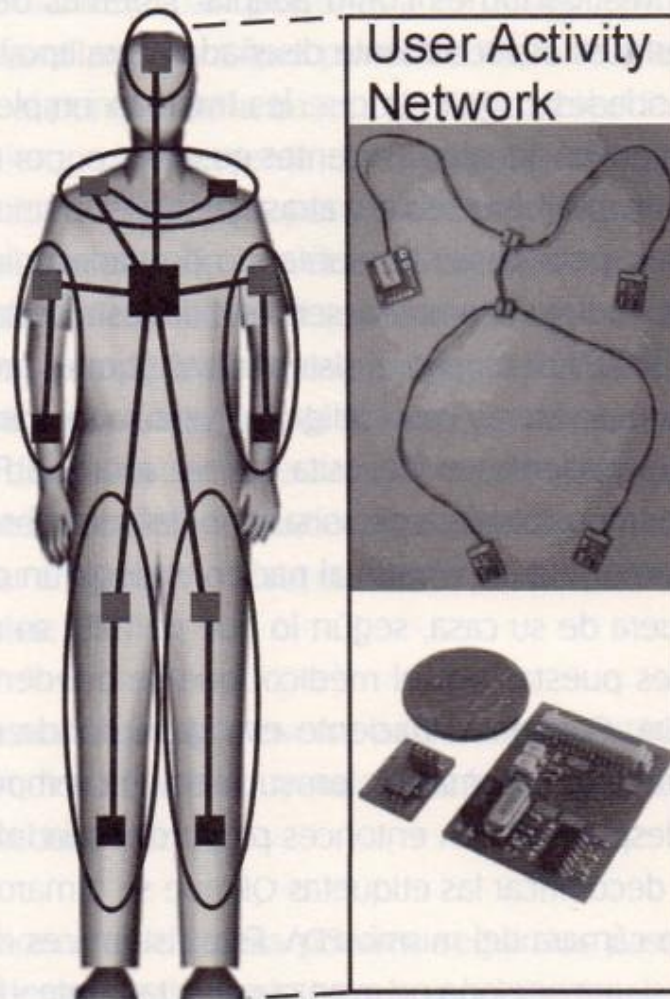


Figura 5. Red de sensores inalámbricos para el monitoreo del cuerpo humano. Imagen obtenida de Fass (2007).

Los beneficios de las redes inalámbricas no se limitan al monitoreo de padecimientos físicos o al uso de sensores corporales en casa. Existe una población creciente de pacientes con padecimientos cognitivos, Alzheimer o traumas cerebrales que necesitan un servicio que les permita movilidad al proporcionar su ubicación para poder moverse de lugar a lugar afuera del mismo hogar. En este sentido, un área de investigación es como adaptar sistemas de posicionamiento a interfaces especialmente diseñadas para apoyar a pacientes con capacidades cognitivas que les impidan emplear sistemas de ubicación convencionales. Pacientes que sufren, por ejemplo, de trauma cerebral, parálisis cerebral y atraso mental son unos beneficiarios potenciales, pero pacientes sufriendo de padecimientos como esquizofrenia pudieran también servirse de esta tecnología. Por ejemplo, Tsai [2007] desarrolló el sistema WADER que emplea un sistema de código de barras con código QR vinculado a un URL de tal manera que el paciente no necesita teclear sobre el PDA, lo cual resulta difícil o imposible para personas con daño cerebral.

El sistema WADER permite al paciente elegir un destino, sea adentro o afuera de su casa, según lo que permite su capacidad y las limitaciones puestas por el médico, que se pueden programar dentro del PDA. Cuando el paciente escoge a dónde quiere ir, el navegador graba la información en su memoria temporal (caché) para usarse después. El PDA entonces proporciona la información y fotografías al decodificar las etiquetas QR que se tomaron con anterioridad por la cámara del mismo PDA. Este sistema es dinámico en cuanto a que si una persona no avanza correctamente y lo fotografía que sigue no corresponde con la etiqueta QR, el PDA redirige a la persona a la última fotografía, desde donde el paciente puede regresar a su punto de comienzo siguiendo una a una las fotografías, o tomar otra hasta que coincida con la etiqueta que tiene programada en su

PDA. Así, la persona no avanza sin confirmación del PDA por medio de la etiqueta QR, pero sí puede regresar paso a paso por donde ya caminó.

El último y más importante componente del sistema es el de rastreo. Este sistema rastrea al usuario si se desvía de la ruta preestablecida y programada en el código de barras de la etiqueta QR. Esta función es solamente para personas autorizadas como doctores, psicólogos o familiares para que puedan intervenir si el paciente no logra llegar al punto x de la trayectoria preestablecida dentro de los límites de tiempo previamente calculados. La información sobre el actual posicionamiento y los puntos recorridos, igual que el tiempo que tarda el paciente en moverse de un punto a otro se envía de manera inalámbrica del PDA al servidor que lleva a cabo la función de rastreo en tiempo real. De esta manera el sistema WADER puede calcular el tiempo de llegada al destino y proporcionar alertas si el usuario se desvía de su trayectoria. El usuario, por su parte, recibe instrucciones verbales y visuales con retroalimentación para que pueda llegar a su destino. Esta combinación proporciona dos ventajas principales:

- El usuario puede moverse a diferentes destinos sin supervisión directa, contribuyendo así a la independencia y autoestima del paciente.
- Personas autorizadas pueden seguir los pasos del usuario en tiempo real, disminuyendo así el tiempo y esfuerzo necesario para monitorizar al paciente y minimizando la necesidad de estar presentes físicamente para guiarlos a su destino [Tsai, 2007].

Conclusiones

Este siglo presenciara un cambio radical en lo concerniente a los paradigmas de servicios de salud. Indudablemente, habra una evolucion de instalaciones hospitalarias tradicionales a centros de informacion clinica, mantenimiento e intervencion quirurgica, con instalaciones sumamente especializadas para atender a pacientes con problemas de salud que necesitan intervencion medica. A partir de un sistema centralizado donde el paciente tiene que trasladarse para recibir atencion medica, los sistemas inteligentes bajo el monitoreo de medicos descentralizara la atencion medica de tal manera que la mayoria de cuidados realizaran en la comodidad del hogar.

Para lograr esto, sin embargo, se requieren todavia avances tecnologicos. Por ejemplo, aunque se ha miniaturizado el tamano de los dispositivos semiconductores, todavia se necesita reducir mas su tamano. Los dispositivos semiconductores requieren alimentacion de baterias. El problema de suministro de energia es muy complejo porque las baterias no solamente necesitan reducirse de tamano, sino que tambien tienen que durar mas tiempo. Dificultades relacionadas con el almacenamiento de energia en equipos diminutos sera un desafio muy grande, tal como reducir el consumo de energia.

Tambien, al emplear sistemas de monitoreo inalambricos a gran escala se va a requerir una capacidad de procesamiento mucho mas grande de lo que existe hoy en dia. Los sistemas actuales pueden funcionar a pequena escala, pero todavia no se pueden aplicar en escalas de millones de pacientes reportando sus datos constantemente. La comunicacion inalambrica es incipiente en el manejo de informacion de tiempo real. La futura expansion y desarrollo de la comunicacion inalambrica proporcionara una mejor comunicacion

y mayor seguridad para usuarios que no quieren que su condición médica se descubra o sea explotada por terceras personas.

También es necesario mejorar significativamente la capacidad de procesamiento de sensores y mejorar significativamente la capacidad de transferencia de datos del sensor a la red inalámbrica. Por último, se necesita ampliar la conectividad de redes inalámbricas tradicionales con otras tecnologías emergentes como: WIMAX, ultrawide band y sensores. Al integrarse estas tecnología en el cuidado de la salud generará beneficios importantes.

Si se logran estos avances tecnológicos se lograrán los objetivos principales de proporcionar servicios de salud centrados en la activa participación del paciente de manera descentralizada, que incluye minimizar los errores de diagnóstico y tratamiento de pacientes al contar con información más precisa y en tiempo, mejorar la eficiencia en cuanto al mantenimiento de la salud, la atención médica rutinaria y el monitoreo de condiciones crónicas, reduciendo así las molestias y los costos asociados con la atención médica convencional y proporcionando un cuidado médico de mayor calidad.

Referencias bibliográficas

- Brown, A. (2005). Lipid management in patients with diabetes mellitus. *American Journal of Cardiology*, 96(4A): 26-32.
- Chobanian, A., Bakris, G., Black, H., Cushman, W., Green, L., Izzo, J., et al. (2003). The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation and treatment of high blood pressure: The JNC 7 report. *The Journal of the American Medical Association*, 289(19):2560-2572.
- Falk, T., Espina, J., Ebert, J. P. y Dietterle, D. (2006). BASUMA-The sixth sense for chronically ill patients. *Proceedings of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*.
- Fass, L. (2007). Patient centric healthcare. *3rd. International Conference on Medical Electrical Devices & Technology*. Londres, Inglaterra.
- HealthService24 Project (2008). Mobile healthcare solution-a lifeless limited. Obtenido de la Red Mundial el 1 de mayo, 2008 de <http://www.healthservice24.com/>.
- Hunt, S., Baker, D., Chin, M., Cinquegrani, M., Feldman, A., Francis, G., et al. (2001). ACC/AHA Guidelines for the evaluation and management of chronic heart failure in the adult: Executive summary. Report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. Developed in collaboration with the International Society for Heart and Lung Transplantation; endorsed by the Heart Failure Society of American *Circulation*, 104(24):2996-3007.
- Hylek, L., Phyllips, K., Chang, Y., Henault, L., Selby, J., et al. (2001). Go-AS, Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: The Anticoagulation and Risk Factors in Atrial Fibrillation

- (ATRIA) Study. *The Journal of the American Medical Association*, 285(18): 2370-2375.
- Ingram, D. (2004). Technical Report Series, eHealth in the context of a european ageing society, a prospective Study. 1st Conference, Düsseldorf, Alemania.
- ISO/TR 16056-1. (2004). *Health informatics: Interoperability of telehealth systems and networks*. Amsterdam: IOS Press.
- Jin, M.-H., Lee, R.-G., Kao, C.-Y., Wu, Y.-R., Hsu, D. F., Dong, T.-P. y Huang, K.-T. (2005). Sensor network design and implementation for health telecare and diagnosis assistance applications. En *Proceedings of the 2005 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems*.
- Kahn, J., Katz, R. y Pister, K., (2000). Next century challenges: Mobile-networking for smart dust. En *Proceedings of the International Conference on Mobile Computing and Networking*. Boston, MA.
- Knight, J., Schwirtz, A., Psomadellis, F., Baber, C., Bristow, H. y Arvanitis, T. (2005). The design of the SensVest. *Personal Ubiquitous Computing*, Vol. 9, pp. 6-19.
- Krco, S. (2003). Implementation solution and issues in building a personal sensor network for health care monitoring. En *Proceedings of the 4th Annual IEEE Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*. Pp. 350-353.
- Mamykina, L., Mynatt, E. D. y Kaufman, D. (2006). Investigating health management practices of individuals with diabetes. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems*, pp. 927-936.
- Myheart Project. (2008). Obtenido de la Red Mundial el 1 de mayo, 2008 de <http://www.hitech-projects.com/>.
- Poon, C., Zhan, Y.-T. y Bao, S.-D. (2006). A novel biometrics method to secure wireless body area sensor networks for telemedicine and m-health. *IEEE Communications Magazine*, pp. 73-81.

- Qureshi, A., Suri, M., Kirmani, J., Divani, A. y Mohammad, Y. (2005). *Is prehypertension a risk factor for cardiovascular diseases ?* *Stroke*, 36(9): 1859-1863.
- Reynaert, I., Roggen, J. (2006). Ambient assisted living - Country Report Belgium Ambient Assisted Living Preparation of an Article 169 Initiative, Contract No. 004217.
- Schwiebert, L., Sandeep, K.S.G. y Weinmann, J. (2001) Research challenges in wireless networks of biomedical sensors. En *Proceedings of the 7th annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 151-165.
- Singh, M.P. (2002). Treating health care. *IEEE Internet Computing*, July-August., pp 4-5.
- Teller, A., Stivoric, J. (2004). The bodyMedia platform: Continuous body intelligence. En *Proceedings of the 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences*, pp, 114-115.
- Tsai, S.-K. (2007). WADER: A novel wayfinding system with deviation recovery for individuals with cognitive impairments. ASSETS'07. Tempe, Arizona, USA.
- Upkar, V. (2007). Pervasive healthcare and wireless health monitoring. *Mobile Network Applications*, 12.
- Warneke, B., Last M., Liebowitz, B. y Pister, K. (2001). Smart dust: communicating with a cubic-millimeter computer. *Computer*, 34(1): 44-51.
- Wu, S., Gao, X., Cai, Q. y Grimes, A. (2006). A wireless magnetoelastic biosensor for convenient and sensitive detection of acid phosphatase. *Journal of Sensors and Actuators*, Vol.123, Issue 2.
- Zhao, Z. y Cui, L. (2005). EasiMed: A remote health care solution. En *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, pp. 2145-2148.