

Aplicación Para la Atención de Pacientes Utilizando Dispositivos Móviles

Buelna Benítez Andrés, Concha Ríos Francisco, Díaz-Ramírez Arnoldo y Olvera González Jaime

Resumen

Hoy en día, por medio del uso de dispositivos móviles, es posible llevar a cabo tareas importantes con mayor agilidad. La proliferación y disponibilidad de dispositivos móviles ha hecho posible el desarrollo de aplicaciones de cómputo ubicuo. Gracias al cómputo ubicuo, se logra la construcción de mejores entornos físicos, para ofrecer un mejor servicio de acuerdo a las necesidades del usuario y con un mínimo de intervención. Dentro del contexto de la salud, el uso de dispositivos móviles puede ser de gran ayuda con respecto a la gestión de la información. Los médicos, como usuarios dentro de un hospital, realizan tareas que se beneficiarían por el uso del cómputo ubicuo. Es importante hacer énfasis en la gestión de la información, ya que ésta suele ser requerida para tomar decisiones a la mayor brevedad, por lo que su constante actualización juega un papel trascendental. En este artículo se presenta una aplicación de cómputo ubicuo para la atención de pacientes internados en un hospital o centro de salud. Una vez identificadas las necesidades específicas que inciden en la calidad de atención a los pacientes, han sido utilizadas como la base para el desarrollo de la propuesta. Además, se presenta la implementación de un prototipo del sistema, que hace uso de dispositivos móviles con el sistema operativo Android, así como de la tecnología de comunicación Bluetooth.

Palabras clave

Bluetooth, Cómputo ubicuo, Cómputo sensible al entorno, Cuidado de la salud, Redes móviles *Ad hoc*.

Introducción

Siguiendo los pasos de esta nueva era tecnológica, en la que surgen paradigmas como el cómputo ubicuo o la inteligencia ambiental, es posible olvidar a la computadora personal y comenzar la utilización de múltiples dispositivos, que apoyen las tareas cotidianas de las personas de forma imperceptible. Esto quiere decir la utilización de dispositivos integrados en el ambiente, que interactúan con los usuarios sin que éstos se percaten de ellos, de forma automática y sin necesidad de hacer algo para ordenarlos. El cómputo ubicuo abre las puertas al desarrollo de una gran cantidad de sistemas, que hagan más cómodo para las personas el comunicarse, compartir información, entre otros. Una de las áreas de aplicación que más atención ha recibido recientemente está en el sector salud. Debido a que el personal de los hospitales se encuentra constantemente en movimiento, pasando de una actividad a otra, la mayoría de las veces requieren la información

DERECHOS RESERVADOS CONATIC 3.0

referente a un paciente para tomar decisiones acertadas y rápidas. En estas condiciones, resulta poco favorable el no contar con acceso a la información en todo momento y en todo lugar dentro las instalaciones del hospital, por lo cual surge la necesidad de un sistema de cómputo ubicuo que se adapte a sus necesidades y les permita gestionar la información de forma descentralizada. En este artículo se presenta una aplicación para la atención de pacientes basado en el paradigma del cómputo ubicuo. Utilizando dispositivos móviles como tabletas o teléfonos móviles inteligentes, es posible que cuando algún miembro del personal ingrese al hospital, se cargue automáticamente en su dispositivo la información más reciente y relevante de sus pacientes.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. En la Sección II se presenta brevemente el estado del arte del cómputo ubicuo en aplicaciones para el cuidado de la salud. En la Sección III se presenta la arquitectura del sistema propuesto. En la Sección IV se discuten algunas de las herramientas disponibles para implementar aplicaciones de cómputo ubicuo. Los detalles y sugerencias de la implementación de un prototipo del sistema se muestran en la Sección V. Las conclusiones y el trabajo futuro se presentan en la Sección VI.

Cómputo ubicuo en el cuidado de la salud

El término de cómputo ubicuo se atribuye a Mark Weiser [1], quien también citó su famosa frase: “Las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Ellas se tejen en la fábrica de la vida diaria hasta ser indistinguibles”. El cómputo ubicuo, como se define en [2], es un ambiente digital el cual es sensible, adaptable y responde a la presencia de las personas, siendo indistinguible o imperceptible para éstas, realizando tareas para el beneficio de los usuarios. En los últimos años se han desarrollado una gran variedad de proyectos de investigación para el cuidado de la salud basándose en el cómputo ubicuo, tales como: *Hydrogen Approach* [3], *Nostos* [4], *iHospital* [5], *GerAmi* [6] y *BlueHospital* [7], entre otros. Todas estas investigaciones se basaron en la utilización de distintos dispositivos distribuidos en las instalaciones, tales como pantallas, lectores, redes de sensores para monitorizar a los pacientes, e incluso redes de dispositivos móviles para facilitar el manejo de la información de las instalaciones en todo momento y en todo lugar. Tomando como base estas investigaciones y tras haber hecho una serie de visitas a la estancia *Alegre Amanecer* de la ciudad de Mexicali, Baja

California, en donde se atienden pacientes con padecimientos cognitivo-degenerativos (PCD), se definieron los principales puntos a considerar al momento de desarrollar un sistema de apoyo para el personal de un hospital. Entre éstos, se tienen: control de la medicación, ya que es muy importante llevar un control eficaz y eficiente de la medicación de los pacientes; comunicación entre el personal, ya que un personal comunicado se puede coordinar mejor al momento de realizar sus actividades; facilidad de acceso a la información, ya que es de gran importancia mantener al personal informado en todo momento y en todo lugar; el manejo del historial médico electrónico, para facilitar la toma de decisiones y revisar de forma más sencilla los eventos más recientes que han ocurrido con respecto a un paciente.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

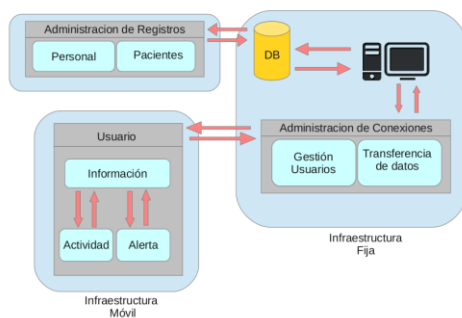


Figura 1. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema propuesto se basa en dos componentes, como puede observarse en la Fig. 1. Los componentes que forman el sistema son: la *infraestructura móvil* y la *infraestructura fija*. Esta última se compone de tres elementos, los cuales son: una base de datos, un servidor y un módulo de administración de conexiones. La base de datos es alimentada gracias al módulo de gestión de registros, en los cuales se podrán administrar los datos correspondientes a la información personal del paciente y del médico. Este módulo es simplemente el productor de datos, el cuál puede hacer las operaciones básicas respecto al uso de una base de datos, como lo es la adición de un nuevo registro, o la modificación del mismo (un sistema de información normal antes de implantar la aplicación móvil). El servidor es el que tiene el control total de la base de datos y el encargado de recibir estos nuevos registros. Además, recibe los datos adquiridos del módulo administración de conexiones, el cuál tiene como tarea el control de acceso de la información recabada del módulo usuarios de la infraestructura móvil. El módulo de gestión de conexiones cuenta con dos sub-módulos: la gestión de usuarios y la transferencia de datos. El sub-módulo de transferencia de datos toma los datos de los usuarios y los transfiere al servidor para ser agregados a la base de datos. Una vez que alguien ha sido validado como usuario del sistema por el sub-módulo de gestión de usuarios, éste establece una conexión y puede empezar a transferir datos.

La infraestructura móvil es la que se encarga de mostrar a los usuarios, por medio de una aplicación, las actividades pendientes de cada miembro del personal (permite revisar sus actividades pendientes y notificar la finalización de una actividad), así como emisión de alertas, las cuales se producen por una serie de eventos (e.g. la hora de suministrar un medicamento a algún paciente). El módulo de usuarios se encarga de manejar toda la información de cada uno de los miembros del personal. Por lo tanto, es el encargado de emitir las alarmas cuando haya ocurrido algún evento y permitir la notificación de finalización de alguna actividad, así como programar nuevas actividades dependiendo de los derechos de cada usuario. Por ejemplo, si un médico programa el suministro periódico de un medicamento a un paciente, el sistema enviará al dispositivo móvil del asistente en turno (e.g., enfermera) una alerta de que es el momento de suministrar el medicamento. Dicha alerta se enviará hasta que se haya cumplido con la actividad. De igual manera, el médico recibirá en su dispositivo móvil, al ingresar al hospital, la información relevante del paciente, a saber: expediente clínico, registros de temperatura corporal, presión arterial, eventos extraordinarios (e.g., caídas, desmayos), con los cuales podrá evaluar el diagnóstico actual.

IV. TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS

En esta sección se presentan brevemente distintas tecnologías y herramientas, que pueden ser utilizadas para la implementación del sistema propuesto, como son: redes *Ad hoc* de dispositivos móviles o MANETs (*Mobile Ad hoc Networks*), la tecnología *Bluetooth* para la comunicación de los dispositivos, el conjunto de estándares *HL7*, para posibilitar la comunicación entre sistemas heterogéneos, y la biblioteca *Bluecove*, que permite el desarrollo de aplicaciones que utilizan Bluetooth como medio de comunicación.

MANET

Una *Mobile Ad hoc Network* (MANET) es según [8], un conjunto de nodos inalámbricos que se interconectan entre sí para formar una red sin infraestructura. Esto significa que las MANETs no requieren un punto de acceso o *enrutador* para controlar la red, que esté asignando direcciones o encaminando paquetes. Las MANETs permiten así la comunicación de las personas o dispositivos de manera flexible, incluso en lugares donde no haya una infraestructura preexistente. Una MANET puede estar conformada por nodos sensores distribuidos en un campo, que envían información de uno a otro hasta encontrar a su destino. También pueden estar conformadas por dispositivos móviles, tales como tabletas y teléfonos inteligentes, por mencionar algunos. Existen diversas tecnologías para establecer la comunicación en una red *Ad hoc*, como son: Bluetooth, WiFi, ZigBee, entre otros. Bluetooth es una de las mejores opciones debido a su bajo costo, velocidad de transferencia, bajo consumo de energía y cobertura.

Bluetooth

Según [9], Bluetooth es una tecnología de comunicación inalámbrica, creada para reemplazar los cables que conectan distintos dispositivos como ratones, teclados, impresoras, teléfonos móviles, entre otros. Bluetooth permite la transferencia de voz y datos a gran velocidad, a distancias que alcanzan los diez metros o en algunos casos hasta los cien metros, si se aumenta la potencia de transmisión. La comunicación entre dispositivos Bluetooth se establece creando redes de dispositivos llamadas *piconet*, las cuales tienen hasta ocho dispositivos, de los que siete tienen el rol de *esclavos* y uno el de *maestro*. También se pueden formar redes conformadas por varios *piconets* llamadas *scatternet*, en las cuales algunos nodos pueden formar parte de varias redes e incluso tomar el rol de esclavo en una y maestro en otra. El bajo consumo de energía y sus demás características hacen de Bluetooth una de las mejores opciones para implementar una red *Ad hoc* y hacer uso de ésta en un sistema para gestionar información de forma descentralizada, como en un hospital.

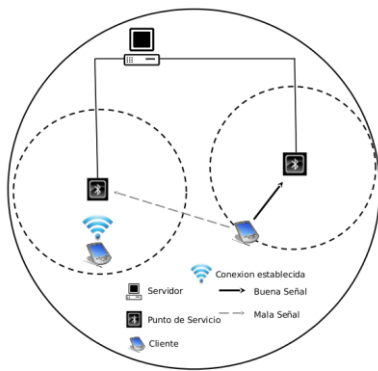


Figura 2. Funcionamiento de la red de dispositivos móviles

HL7

Health Level Seven o *HL7*, como se explica en su sitio Web oficial [10], es un conjunto de estándares diseñado para facilitar el intercambio de información clínica, como los historiales médicos de los pacientes, entre sistemas de información heterogéneos, estableciendo la estructura de los mensajes que se han de pasar de un sistema a otro. HL7 define una serie de tablas, donde se establece desde los datos que son relevantes a considerar para cada aplicación en el cuidado de la salud, hasta el tipo de dato en que se debe almacenar cada campo, para que sean compatibles con los tipos de datos de los otros sistemas. Para trabajar con un sistema dedicado a cierta área de la medicina se puede trabajar con sólo un subconjunto de estas tablas, siendo éstas solo las que se necesitan para la implementación del sistema y las necesarias para la construcción de los mensajes que se pasarán entre sistemas.

APLICACIÓN PARA LA ATENCIÓN DE PACIENTES

Para mejorar la calidad de la atención de los pacientes en un hospital, se propone una aplicación de cómputo ubicuo. Es una aplicación consciente del entorno, conformada por una serie de dispositivos móviles que se interconectan por medio de la tecnología Bluetooth.

El sistema permite gestionar, visualizar y contar con información relevante todo el tiempo y en todo lugar dentro de las instalaciones de un hospital, evitando así que el personal tenga que dejar de lado sus actividades para conseguir la información requerida.

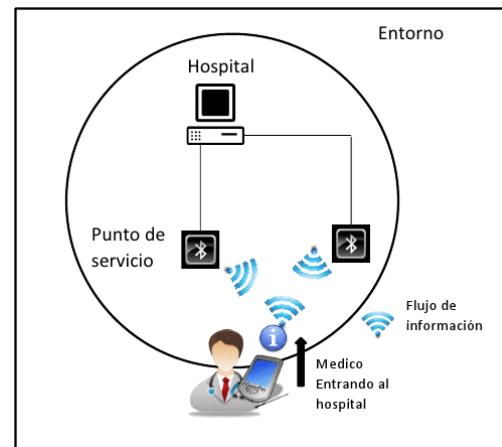


Figura 3. Médico recibiendo información relevante al momento

El sistema funciona de la siguiente manera: el personal debe llevar consigo, durante su estadía en las instalaciones del hospital o el centro de atención, un dispositivo móvil. Los dispositivos se conectan con una serie de puntos de servicio, distribuidos estratégicamente para cubrir la mayor cantidad de espacio, cambiando de conexión al punto de servicio más cercano. Cada punto de servicio está conectado al servidor principal por medio de una red cableada, como se muestra en la Fig. 2.

Aplicación consciente del entorno

Aplicando el paradigma del cómputo ubicuo, esta aplicación es capaz de proporcionar información relevante en todo momento y en todo lugar, de tal forma que cuando un médico llega al hospital con su dispositivo móvil, recibe automáticamente la información más reciente y relevante sobre todos sus pacientes, evitando pérdidas de tiempo en la búsqueda de información y aumentando la eficiencia del personal, como puede observarse en la Fig. 3.

Para la implementación de la infraestructura móvil se desarrolló una aplicación para el sistema operativo Android, utilizando el lenguaje de programación Java. Esta aplicación permite la visualización de la información de los pacientes. También, la programación de actividades para el personal de atención, como el registro de una receta médica y la calendarización del suministro de un medicamento.

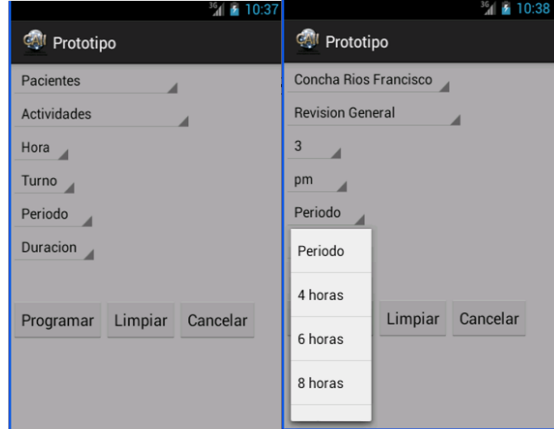


Figure 4. Programación de actividades por medio de la aplicación móvil

En el caso de la infraestructura fija, que está conformada por el servidor y los puntos de servicio, se desarrolló una aplicación en Java que utiliza el sistema de gestión de bases de datos MySQL. En el caso de los puntos de servicio, se desarrolló la aplicación con el lenguaje de programación Java, la cual transmite la información por medio de un módulo Bluetooth, que atiende a las peticiones de los usuarios de la infraestructura móvil.

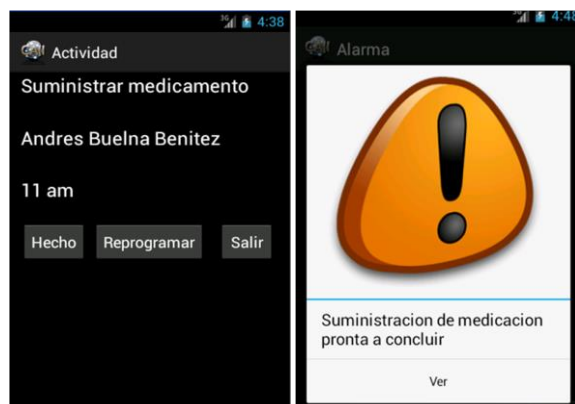


Figure 5. Emisión de alarmas y notificación de resultados

La aplicación funciona de la siguiente manera: el médico puede utilizar la pantalla que se muestra en la Fig. 4, donde se puede programar el horario de suministro de algún medicamento a uno de sus pacientes. Una vez que el médico lo ha programado, cuando llegue la hora de suministrar el medicamento se le notificará al personal de asistencia, por medio de una alarma que se emite en su dispositivo móvil, como se observa en la Fig. 5.

Conclusiones y trabajo futuro

El desarrollo de sistemas que sean conscientes o sensibles al entorno puede tener un gran impacto en beneficio de los usuarios, no sólo en el sector salud sino también en muchas otras áreas. Enfocados en el sector hospitalario, pueden facilitar y mejorar el trabajo en equipo del personal, así como su coordinación al momento de llevar a cabo sus actividades.

En este artículo se propone un sistema para la atención de pacientes en un hospital, basado en el uso del paradigma del cómputo ubicuo. El sistema permite la monitorización en

tiempo real de las actividades relevantes relacionadas con la atención de los pacientes. Permite a los médicos y personal de asistencia la visualización del estado de los pacientes al ingresar al hospital, de forma automática. También, es capaz de llevar control de la información importante como el historial clínico, el control de la medicación, el registro de signos vitales y de eventos extraordinarios. Además de gestionar la información, es capaz de emitir alarmas cuando se ha llegado la hora de suministrar un medicamento. También, permite mayor rapidez al momento de atender a los pacientes que tengan alguna emergencia.

Con el uso de tecnologías recientes, tales como la computación móvil, las redes *Ad hoc*, el estándar de comunicación Bluetooth y el sistema operativo Android, se construyó un prototipo del sistema propuesto. En el artículo se presentaron detalles de la implementación.

Como trabajo futuro, se pretende integrar el sistema propuesto con otro sistema que está en desarrollo, y que tiene como objetivo la monitorización de pacientes utilizando una red de sensores inalámbrica. Este sistema detecta otros eventos de interés, por lo que al integrarlo con el sistema propuesto en este artículo, permitirá llevar un mejor control de incidencias y de la información de los pacientes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo desean agradecer a la estancia *Alegre Amanecer* de Mexicali, Baja California, y a la *Asociación del Alzheimer de Baja California, A.C*, por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] M. Weiser, "The computer for the twenty first century," *Scientific American*, p. The computer for the twenty first century. *Scientific American*, Sep 1991.
- [2] D. J. Cook, J. C. Augusto, and V. R. Jakkula, "Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 277—298, 2009.
- [3] T. Hofer, W. Schwinger, M. Pichler, G. Leonhartsberger, J. Altmann, and W. Retschitzegger, "Context awareness on mobile devices the hydrogen approach," in *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 292.1—, 2003.
- [4] M. Bang, A. Larsson, and H. Eriksson, "Nostos: A paper based ubiquitous computing healthcare environment to support data capture and collaboration," in *Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 46—50, Sep 2003.
- [5] J. Favela, A. I. Martinez, M. D. Rodriguez, and V. M. Gonzalez, "Ambient computing research for healthcare: Challenges, opportunities and experiences," *AI Communications*, vol. 18, no. 3, pp. 201—216, 2008.

- [6] J. Corchado, J. Bajo, and A. Abraham, "Gerami: Improving healthcare delivery in geriatric residences," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 23, pp. 19 — 25, 2008.
- [7] J. Cano, J.-C. Cano, C. T. Calafate, and P. Manzonì, *Experiences in Developing Ubiquitous Applications*, pp. 97—112. IGI Global, 2010.
- [8] I. Chlamtac, M. Conti, and J. J.-N. Liu, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 1, pp. 13—64, July 2003.
- [9] E. Ferro and F. Potorti, "Bluetooth and wi-fi wireless protocols: a survey and a comparison," *IEEE Wireless Communications*, vol. 12, pp. 12—26, Feb 2005.
- [10] S. web oficial de HL7 <http://www.hl7.org/>