Identificación de elementos para la construcción de un middleware de gestión de dispositivos

Manuel Villamizar[1], Gabriel Pedraza[2]

[1] Estudiante de Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia, 68002.

[2] Profesor de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia, 68002.

Autores para correspondencia: manuel.villamizar@correo.uis.edu.co, gpedraza@uis.edu.co

Fecha de recepción: 9 de mayo 2017 - Fecha de aceptación: 23 de agosto 2017

RESUMEN

El presente artículo describe el proceso realizado y los resultados obtenidos al estudiar las diferentes tecnologías utilizadas para el desarrollo de *middleware* enfocados en el monitoreo de la actividad diaria de personas de la tercera edad, de las cuales no se tiene la certeza de si pueden seguir viviendo solos en sus domicilios, sin atención especializada o con cuidados por parte de personal médico. El proceso inició con una revisión de literatura especializada en la cual se estudiaron las diferentes problemáticas que se presentan alrededor de la atención en salud de la población adulta mayor y las soluciones utilizadas por parte del gobierno y empresas privadas para afrontar el problema. Esta revisión permitió identificar problemas asociados a los altos costos derivados de la atención en salud, del poco acceso que tienen las personas a servicios de monitoreo en sus domicilios, de su estado de salud, y de las falencias de los servicios enfocados en la prevención de este grupo de la población. Después de identificar la problemática asociada y las diferentes soluciones planteadas, la revisión bibliográfica se centró en la forma como se realiza el servicio de monitoreo y las falencias que presentan las tecnologías utilizadas para su desarrollo. Teniendo presente la problemática anterior, se identificaron las características del *middleware* y tres aspectos fundamentales para su construcción: la interacción de los dispositivos y el *software*, la heterogeneidad de los dispositivos, y la gestión de la dinamicidad de los dispositivos en el ambiente de ejecución.

Palabras clave: Gestión de dispositivos, IoT (Internet de las cosas), computación pervasiva, arquitectura orientada a servicios, adaptación dinámica de software, cuidado de la salud en el hogar, middleware.

ABSTRACT

This article describes the process performed and the results obtained studying different technologies used for the development of middleware, focused on monitoring the daily activity of seniors of whom it is not certain if they can continue living alone in their homes, without medical or personal care. The process was initially carried out with a review of the literature in which the various problems that were presented around the health care of the adult population, and the solutions proposed by the government and private companies to face or counteract the problem. This review allowed us to identify the problems associated with the high costs of health care and the lack of access that people have in their homes to a health monitoring service and the lack of services focusing on the prevention of this population group. After reviewing the associated problems and the various solutions proposed, the review of the literature was focused on the way monitoring services are implemented and the failures in the technologies used for the development. Considering the previous problem, the characteristics of the middleware and three fundamental aspects for the construction were identified: the interaction of devices and software, heterogeneity of devices, management of the dynamics of devices in the execution environment.

Keywords: Device management, IoT (Internet of Things), pervasive computing, service oriented architecture, dynamic software adaptation, home health care, middleware.

1. INTRODUCCIÓN

La población de adultos mayores en el mundo está creciendo de forma significativa, tanto en los países desarrollados como aquellos que están en vía de desarrollo como Colombia. Según cifras de la Organización Mundial de la Salud- OMS (2016) la proporción de adultos mayores de 60 años está en aumento. En Colombia, conforme al informe del Ministerio de Salud realizado por el DANE (2008), en el cual se resalta que el estado de salud es una preocupación central del estado, las tasas de incremento de la población adulto mayor, proyectadas para el 2020, muestran un incremento del 42.1% con respecto al grupo inicial. El estado ha optado por ofrecer servicios para mejorar la calidad de vida de estas personas, colocando, para ciertos casos, personal especializado en los domicilios de los pacientes o creando centros especializados para ofrecer servicios de salud y acompañamiento. Sin embargo, esta forma de atención genera costos elevados al sistema general de seguridad social, lo cual podría repercutir en la sostenibilidad económica del sistema.

Además, en el informe presentado por la OMS (2016) se ha identificado que una de las necesidades principales en las personas de la tercera edad, es el sentirse independientes y autónomas al momento de realizar sus actividades cotidianas. En la mayoría de estas personas, estos aspectos generalmente se ven perturbados a causa de sus limitaciones físicas o mentales. Esto a su vez conlleva a problemas tales como: demencia, depresión o deterioro en su estado de salud, problemas que según la OMS se deben tratar como problemas de salud pública.

Una solución a estos problemas es ofrecer mecanismos que permitan a los adultos mayores permanecer en su domicilio, siempre y cuando se tenga un nivel de confianza en la capacidad de estas personas para vivir solas. Para esto, es necesario proveer un mecanismo de monitoreo constante de los adultos mayores que viven solos para así determinar si sus capacidades físicas y mentales le permiten seguir una vida normal sin necesidad de servicios más especializados de atención en salud o acompañamiento en el domicilio. Si estos mecanismos de monitoreo son adecuados, se pueden cumplir con el objetivo de disminuir los costos asociados a la verificación del estado de las personas, así como respetar la dignidad de las mismas, mejorando de esta forma su calidad de vida.

Una alternativa para implementar estos mecanismos de monitoreo es utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), sobre todo aquellas que han tomado fuerza en los últimos años, como el Internet de las cosas IoT (por su sigla en inglés). Aunque en un inicio el IoT estuvo ligado a procesos de automatización industrial y mecánica, hoy en día se utiliza en muchos otros campos de aplicación como por ejemplo la salud y bienestar. El Internet de las cosas permite el uso de sensores o dispositivos con capacidades de cómputo y comunicación. Estos dispositivos se pueden incorporar al ambiente donde se encuentra la persona o, en ocasiones, dependiendo de la información que se quiera obtener, en forma usable. Estos últimos son dispositivos que se llevan sobre, debajo o incluido en la ropa de la persona.

Los servicios de monitoreo domiciliaros a pacientes vulnerables de la tercera edad se basan en la premisa que generalmente las personas de este grupo tienen comportamientos regulares y por lo tanto es posible identificar cambios en su comportamiento a través del monitoreo de sus actividades cotidianas. El uso de diferentes clases de dispositivos permite imaginar que es posible adquirir información acerca de la actividad de las personas en su domicilio. Esta información puede ser tratada por mecanismos de inteligencia artificial como el aprendizaje computacional o las redes neuronales para crear servicios de monitoreo que identifiquen desviaciones en el comportamiento de una persona. Expertos en diferentes campos como la salud y la psicología pueden entonces analizar estas desviaciones para tratar de determinar cambios en el estado de salud física y mental de las personas y tomar las medidas asociadas con el fin de mejorar su situación.

Sin embargo, este tipo de servicios requieren de *componentes software* que se despliegen en el domicilio de las personas, con el objetivo de recoger de forma adecuada los datos de su actividad. Estos

datos deben ser tratados, filtrados y transmitidos a las instalaciones donde se realizarán los análisis de desviación. Para realizar estas actividades los *componentes software* deben interactuar con un conjunto de dispositivos que captan los datos asociados a la actividad de una persona, sin embargo, interactuar con los dispositivos implican retos complejos, como, por ejemplo, recoger los datos de los mismos, gestionar la heterogeneidad y gestionar la dinamicidad.

Este artículo presenta un estudio sobre la identificación de elementos o características para la construcción de un *middleware* que responde a estas interrogantes, evitando que los *componentes software* sean responsables por estas actividades. Esto permite que los componentes estén especializados en las tareas de recolección y tratamiento de datos. El *middleware* se encargará de la gestión de los aspectos importantes en los dispositivos como gestión de la iteración con servicios, heterogeneidad de protocolos, dinamicidad en tiempo de ejecución.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta el proceso de revisión de la literatura y análisis de resultados. La sección 3 presenta los trabajos relacionados. La sección 4 presenta los servicios domiciliarios de monitoreo. Las secciones 5, 6 y 7 presentan, respectivamente, las características, arquitectura y prototipo del *middleware*. La sección 8 presenta la conclusión del trabajo presentado.

2. PROCESO DE REVISIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

El proceso de revisión se realizó utilizando las palabras claves en español e inglés y las referencias de las citas de los artículos encontrados como resultado de las mismas. Las bases de datos consultadas fueron: ACM, ScienceDirect, IEEE, Springer e informes sobre la salud en Colombia. Durante el proceso de revisión se definieron los criterios de inclusión de los artículos y referencias de la temática en los que se centró el análisis y búsqueda de los artículos, estos se listan a continuación.

A. Servicios de salud en Colombia.
   - Tipos de usuario.
   - Tipos de servicios.
   - Problemas en la atención.
   - Mejoras futuras.

B. Computación ubicua

C. Arquitecturas Orientadas a Servicios Dinámicos

D. Diseño basado en componentes.

E. Implementación de los servicios de salud en los domicilios.

F. *Middlewares* desarrollados para la atención en salud en los domicilios.

G. Dispositivos de monitoreo de pacientes en sus domicilios.
   - Características de los dispositivos.
   - Administración de los dispositivos.
   - Protocolos
   - Proliferación de dispositivos
   - Estándares relacionados

H. Definición de los servicios utilizando dispositivos de monitoreo.

I. Definición y aplicación de IoT en el monitoreo de pacientes en sus domicilios.

J. Tecnologías propuestas.

Como resultado de la revisión se consultaron un total de 70 artículos de los cuales 41 permitieron identificar los aspectos de interés y las preguntas de investigación. La distribución de los artículos en las diferentes revistas o bases de datos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Artículos consultados

Revista científica	Incluidos	Excluidos
ACM	10	8
IEEE	8	6
ScienceDirect	9	6
Springer	14	9
Total	41	29

El propósito de este trabajo es estudiar e identificar las características necesarias para la construcción de un *middleware* de gestión de dispositivos en ambientes domiciliarios para la prestación de servicios de monitoreo de actividades diarias a personas de la tercera edad vulnerables. Teniendo presente el propósito de este trabajo y el proceso de revisión se plantearon las siguientes preguntas de investigación.

- P1: ¿Qué características suelen ser abordadas en la construcción de *middlewares* de servicios de monitoreo de actividades diarias de personas de la tercera edad vulnerables?
- P2: ¿Qué problemas técnicos se presentan con los dispositivos utilizados para monitorear las actividades diarias de las personas de la tercera edad vulnerables?
- P3: ¿Qué características tienen los servicios que se implementan en los domicilios para monitorear a las personas de la tercera edad?
- P4: ¿Qué tecnologías pueden utilizarse para desarrollar middleware de monitoreo de actividades diarias en los domicilios?

Durante el proceso de revisión se evidenció que en otros países la problemática asociada a los adultos mayores se ha presentado desde hace varios años. Estos artículos resaltan que este tipo de servicios (monitoreo de actividades diarias) debe ser realizado de forma eficiente, llegar a un gran número de personas, debe ser de bajo costo, y que puedan integrarse fácilmente con otras tecnologías. Así mismo, los estudios resaltan que estos servicios deben ser implementados en el domicilio de forma no intrusiva, esto es, sin vulnerar la intimidad de las personas de la tercera edad. Lo mencionado anteriormente evidencia la búsqueda de desarrollos que sean fáciles de mantener y de integrar con diferentes tecnologías del mercado; por lo que durante la selección de las características se tomó esto como aspecto principal.

Después del proceso de revisión se realizó el análisis de los resultados, en este se abordaron los aportes de los diferentes artículos a las preguntas de investigación; estos se listan a continuación.

P1: ¿Qué características suelen ser abordadas en la construcción de middleware de servicios de monitoreo de actividades diarias de personas de la tercera edad vulnerables?

La información recolectada en la revisión de la literatura permitió evidenciar que los desarrollos de *middleware* incluyen toda la infraestructura del servicio, es decir que las soluciones encontradas fueron desarrolladas por empresas en su totalidad (servicio de monitoreo, *hardware* y *software*). Este tipo de soluciones, aunque cumplen su objetivo, suelen ser muy costosas y de difícil integración con otros servicios o dispositivos de monitoreo. Desde la parte técnica, las características identificadas fueron: son altamente acopladas, no son dinámicas en tiempo de ejecución, no soportan la heterogeneidad y suelen ser basados en interfaces funcionales.

P2: ¿Qué problemas técnicos se presentan con los dispositivos utilizados para monitorear las actividades diarias de las personas de la tercera edad vulnerables?

Durante el proceso de revisión se identificaron los siguientes problemas.

- Los dispositivos o sensores de monitoreo solo funcionan para ese tipo de solución, es decir, si se quiere comprar un dispositivo y no es el que brinda la empresa que ofrece el servicio de monitoreo, entonces el dispositivo no podría integrarse.
- Es imposible agregar nuevos dispositivos sin reiniciar el sistema o servicio.

- Las actividades de mantenimiento suelen ser realizadas por personal técnico de la empresa. Gran parte de las actividades asociadas a la configuración y servicios no están automatizados.

P3: ¿Qué características tienen los servicios que se implementan en los domicilios para monitorear a las personas de la tercera edad?

- Los servicios suelen necesitar la intervención del adulto mayor para funcionar (son intrusivos).
- El *software* que implementa el servicio no permite personalizar el tipo de servicio de monitoreo, por lo que la infraestructura suele ser desarrollada para un solo servicio.
- Los servicios ofrecidos son pocos, por lo que se evidenció que las empresas o entidades suelen gastar más tiempo en el desarrollo de la infraestructura del servicio que en el servicio mismo.

P4: ¿Qué tecnologías pueden utilizarse para desarrollar middleware de monitoreo de actividades diarias en los domicilios?

Durante la realización del estudio se identificaron falencias referentes a los aspectos técnicos de las diferentes soluciones desarrolladas por el gobierno o por las empresas privadas:

- ✓ Las soluciones desarrolladas no son de código abierto, por lo que solo el propietario puede realizar modificaciones.
- ✓ Los dispositivos utilizados solo funcionan para una la solución específica, por lo que no se pueden integrar con otras aplicaciones desarrolladas por otras empresas.
- ✓ Existe un alto número de protocolos de comunicación soportados por los diferentes dispositivos, sin embargo, al momento de implementarlos la solución no contempla el agregar nuevos protocolos para utilizarlos.
- ✓ La proliferación de sensores y la falta de un estándar para su desarrollo dificulta la integración de los mismos a diferentes soluciones, es común encontrar dos sensores que realicen la misma acción pero que su sistema operativo, formato de datos, protocolo de comunicación sean completamente diferentes.
- ✓ Las soluciones se encuentran fuertemente acopladas, por lo que al momento de presentar una falla en uno de los servicios todo deja de funcionar.
- ✓ Las aplicaciones poseen una configuración inicial que se mantiene durante todo el funcionamiento, por esta razón al momento de agregar nuevos dispositivos, se debe detener, configurar y reiniciar la aplicación, de esta forma no maneja la dinamicidad en tiempo de ejecución.
- ✓ Las aplicaciones suelen ser desarrolladas para funcionar específicamente con un sensor o grupo de sensores, normalmente no posee una capa intermedia que se encargue de la gestión y obtención de datos del dispositivo, esta característica hace dependiente la aplicación del sensor, pues todo el código necesario para integrar el sensor con la aplicación se encuentra en la aplicación.
- ✓ Cuando un sensor deja de funcionar, porque se acabó la batería o porque su ubicación no es fija, y este se salió del rango de detección, las aplicaciones suelen no manejar esa dinamicidad y dejan de funcionar. Esto se presenta normalmente por no tener políticas establecidas para el funcionamiento de la aplicación en diferentes escenarios.

Actualmente existen un gran número de herramientas o Id de desarrollo para construir *middleware*, sin embargo, teniendo presente las falencias y características evidenciadas en la revisión, se considera que las herramientas adecuadas para la construcción del *middleware* son las siguientes:

- Plataforma OSGI.
- *Framework* iPOJO para el desarrollo en la plataforma OSGI.
- *Event Admin* para la comunicación entre *Bundles* (P/S).
- JVM
- *Maven Bundle Plugin* para la construcción de *Bundles*.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Trabajos como el de Bardin, Lalanda & Escoffier (2010), proponen un marco de componentes orientados a servicios en un entorno distribuido generalizado. Este se centra en *proxys* actualizados de forma automática, los cuales se encargan de los dispositivos y servicios dinámicos y heterogéneos disponibles. En este se tienen funcionalidades asociadas a la publicación, descripción, y adición de servicios habilitados. Este marco no tiene como objetivo proporcionar una alternativa para las tecnologías como *UPnP* u otros que se encuentran en ambientes inteligentes, sin embargo, esta arquitectura permite la integración de estas tecnologías promocionando un marco homogéneo y fiable para el diseño de aplicaciones generalizadas.

Con respecto a la utilización de datos de la actividad diaria de las personas de la tercera edad, obtenidos por sensores ubicados en los domicilios, se consultó el trabajo de Mori, Urushibata, Shimosaka, Noguchi & Sato (2008), en este se describe un algoritmo de etiquetado de comportamiento para la detección de cambios o anomalías en los comportamientos de las personas adultas mayores que viven solas. Los patrones de comportamiento son detectados en el hogar por sensores, de los cuales se extrae hora y duración, calculados con esos datos por medio de una función de densidad probabilística bidimensional. Después se realiza una clasificación para detectar anomalías. En el artículo resaltan que el número de personas de la tercera edad en países como Japón, y otros desarrollados, está en aumento por lo que sistemas de vigilancia de su vida permitirán con estudios detectar síntomas tan pronto como sea posible.

Un trabajo relacionado, pero enfocado en la obtención y análisis de datos de monitorización de la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la presión arterial de pacientes es abordado Fezari, Rasras & El Emary (2015), quienes implementaron un dispositivo que utiliza algoritmos para analizar las señales de frecuencia cardiacas y así fusionar datos de los sensores de presión y temperatura. De igual forma, realiza los procesos para exponer los datos de los pacientes a los doctores. Su característica principal es el algoritmo para calcular anomalías dentro de la señal cardiaca. Este tipo de soluciones buscan captar información por medio de sensores para mejorar o prevenir problemas futuros con los pacientes.

Los datos obtenidos de sensores suelen ser utilizados de muchas maneras, artículos como el de Gillian, Pfenninger, Russell & Paradiso (2014) resaltan el uso de estos. Para la obtención de los datos, los autores utilizaron cámaras de profundidad, cámaras RGB y 100 sensores con lector RFID (identificación por radiofrecuencia), instaladas en áreas públicas del *Mit Media Lab*, con el fin de utilizar el marco dinámico (Gesture Everywhere) para fusionar los datos de los sensores en tiempo real y poder detectar localización e identidad, presencia, agrupación social y reconocimiento de gestos.

4. SERVICIOS DOMICILIARIOS DE MONITOREO

La definición del servicio se centra en el monitoreo de personas de la tercera edad en estado de vulnerabilidad, que viven solas y de las cuales se tenga la necesidad de identificar si están en la capacidad de desarrollar sus actividades diarias de forma autónoma, sin requerir una atención especializada en centros de atención en salud o personal médico o de acompañamiento en su domicilio. Los servicios de monitoreo se basan en la hipótesis que las actividades diarias de una gran proporción de personas de la tercera edad tienen comportamientos uniformes, por lo cual existe la posibilidad de detectar anomalías o desviaciones en el comportamiento a través de su monitoreo.

La Figura 1 ilustra en detalle el domicilio de un adulto mayor que tiene instalado un dispositivo en el cual se implementa el *middleware*; este es el encargado de realizar la gestión de los sensores, los cuales capturan la información de las actividades diarias del adulto mayor. De igual forma, también realiza el proceso de interacción entre los dispositivos (sensores) y las aplicaciones que se encargan de brindar los diferentes servicios. También se presenta de forma personalizada en cada domicilio. Además, la información obtenida puede ser utilizada, por especialistas o expertos, para realizar estudios e identificar cómo evoluciona el estado de salud de la persona, al trascurrir el tiempo.

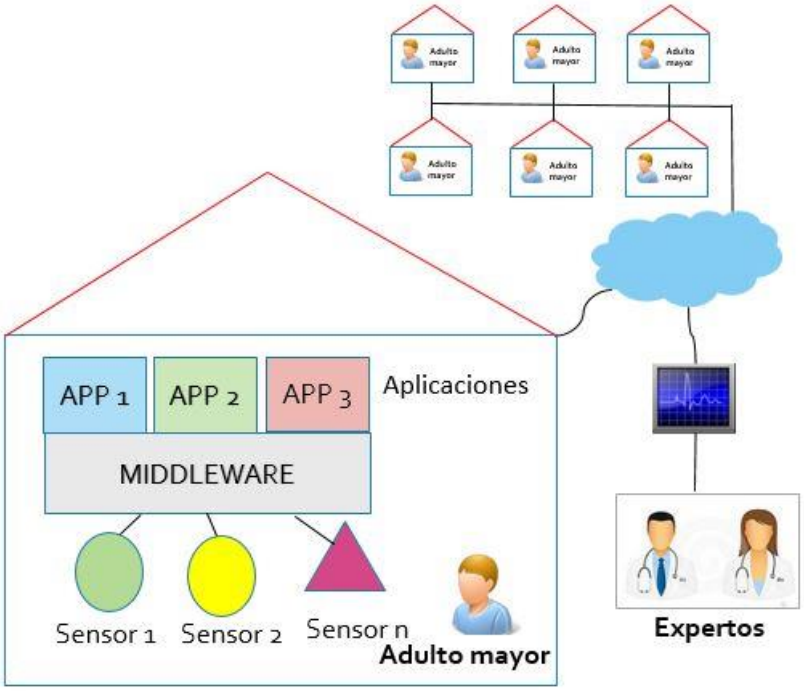

Figura 1. Middleware de gestión de dispositivos en ambientes domiciliarios.

5 CARACTERISTICAS DEL *MIDDLEWARE*

El *middleware* es una capa *software* intermedia entre las aplicaciones y los dispositivos. Este brinda la infraestructura necesaria para realizar los procesos asociados a la gestión de los dispositivos, quitándole esta responsabilidad a las aplicaciones que deben concentrarse en el núcleo del servicio que consiste en la adquisición adecuada de los datos para su tratamiento posterior.

Los mecanismos de gestión de dispositivos son todos los elementos y características que resultan de los procesos asociados a la interacción entre las aplicaciones y los dispositivos. Cada uno de ellos debe ser identificado, analizado y relacionado con los demás elementos involucrados para así generar políticas que permitan la gestión de los mismos. A continuación, se mencionan de forma general los mecanismos identificados y, de forma particular, los seleccionados para el desarrollo del *middleware*.

5.1. Interacción con servicios

La interacción con servicios se define como la forma en la que los componentes *software* domiciliarios del servicio de monitoreo interactúan con los dispositivos para obtener los datos de la actividad de las personas. El *middleware* debe brindar una abstracción que permita a los servicios interactuar con los dispositivos sin conocer detalles técnicos como el protocolo de comunicación utilizado o el formato de los datos transmitidos.

En este artículo se identificaron dos formas importantes de interacción, las interfaces funcionales e interacción publicación/suscripción. En una interface funcional cada dispositivo exporta la funcionalidad a través de un conjunto de funciones o métodos, que los componentes *software* deben utilizar para interrogar el dispositivo y obtener los datos requeridos. En las interfaces funcionales los datos son solicitados por iniciativa del componente *software* que usa el dispositivo y los dispositivos responden al requerimiento de datos. La flexibilidad y desacoplamiento, que no se presentan en las interfaces funcionales debido a su estructura, fueron los criterios esenciales para escoger la interacción de tipo publicación/suscripción como la base de comunicación para el middleware. Por su parte, una interacción de tipo publicación/suscripción (Eugster, Felber, Guerraoui & Kermarrec, 2003) define una

serie de tópicos en los cuales los dispositivos publican sus datos, y las aplicaciones se suscriben según la necesidad a estos tópicos. En este caso los dispositivos son quienes toman la iniciativa de publicar sus datos, sin conocer los componentes *software* que los utilizaran. Esto permite desacoplar las dos entidades y aumentar la flexibilidad, permitiendo la sustitución de un dispositivo y de esta forma la evolución de los *componentes software* del servicio.

5.2. Gestión de heterogeneidad de dispositivos

Uno de los principales problemas en la elaboración de una aplicación que use un conjunto de dispositivos es la heterogeneidad de los mismos. Uno puede considerar que dos dispositivos son equivalentes si permiten obtener los mismos datos del ambiente, sin embargo, estos dispositivos pueden ser muy diferentes en cuanto a su sistema operativo, formato de datos, protocolo de comunicación utilizado, etc.

La heterogeneidad de dispositivos para este artículo se refiere a los protocolos de comunicación utilizados, y se aborda básicamente de tres formas. La primera forma es un soporte mono-protocolo, su característica principal es que utiliza un único protocolo de comunicación definido, por ejemplo, *Zigbee, UPNP, Bluetooth* entre otros. De esta forma, todos los dispositivos que se usan en la aplicación deben comunicar a través de ese único protocolo. En trabajos como el de Dong, Zhang & Dong (2010) y Yu, Lei, Kacker, Kuhn, Sriram *et al.* (2013), se utiliza este protocolo de comunicación. La segunda forma es el soporte de multiprotocolo cerrado, en este caso se tiene una lista de protocolos definidos, pero estos no permiten agregar dispositivos que usen otro tipo de protocolo a los predefinidos. Por último, el soporte multiprotocolo extensible, el cual posee una lista definida de protocolos, pero permite la adición de nuevos protocolos a la plataforma. Teniendo presente las tres formas mencionadas anteriormente, se seleccionó la tercera forma, por lo cual, para el desarrollo del *middleware* se proveen mecanismos para agregar una capa de *software* que sea capaz de entender los nuevos protocolos utilizados por los dispositivos existentes.

5.3. Gestión de la dinamicidad en tiempo de ejecución

La gestión de la dinamicidad está encaminada a la forma como responden a los cambios a los dispositivos que tienen un comportamiento dinámico en el ambiente donde se ejecuta la aplicación. Esto se presenta normalmente por la naturaleza misma del dispositivo, pues dentro de sus características se resalta que su ubicación no es fija, que puede entrar y salir del ambiente de ejecución, o que dependen de batería y pueden apagarse en cualquier momento. La gestión de la dinamicidad para este este artículo se aborda de tres formas. La primera es '*no se soporta'*, y sirve para definir cuándo el mecanismo de gestión (o aplicación) no puede asumir la dinamicidad de un dispositivo en el instante en el que este deja de estar o funcionar en el ambiente de ejecución. La segunda forma es '*modo degradado'*, en esta las aplicaciones asumen la dinamicidad de los dispositivos como pautas para la disponibilidad de los servicios; por esta razón cuando el dispositivo deja de estar en el entorno de ejecución, por problemas de batería o de estar fuera del rango de detención por un tiempo determinado, se establece si el servicio puede funcionar sin el dispositivo afectado. La última forma es el '*modo reemplazo'*, está direccionada a manejar la dinamicidad de los dispositivos de una forma amplia, utilizando servicios que permiten desasociar, actualizar, reemplazar y agregar nuevos dispositivos sin detener la aplicación que los usa. A diferencia del modo anterior, este sí permite incorporar nuevos dispositivos, permitiendo un mejor manejo de la dinamicidad; por esta razón, para el desarrollo del *middleware* esta característica se debe incluir en el modelo de gestión para soportar el *modo reemplazo*.

6 ARQUITECTURA DEL MIDDLEWARE

Para definir la arquitectura del *middleware* se plantea una arquitectura lógica con una serie de componentes que permiten abordar las necesidades requeridas para el cumplimiento de las características del *middleware* mencionadas en la sección 5 de este artículo y otros elementos que son los que interactúan con esos componentes (Figura 2). A continuación se definen cada uno de ellos.

- ✓ *Aplicaciones*: son los servicios desarrollados por las empresas que ofrecen el servicio de monitoreo de personas de la tercera edad; la interacción de las aplicaciones con el *middleware* es ofrecida por la interface de dispositivos.
- ✓ *Interface de dispositivos*: este componente es el encargado de presentar una interface estándar de los diferentes dispositivos (sensores) a las aplicaciones para el uso de cada uno de ellos, este componente expone qué dispositivos están conectados, qué tipo de dispositivo es, en general expone la información necesaria para que las aplicaciones puedan interactuar con ellos. Es importante resaltar que los componentes que se encargan de realizar todo el proceso necesario para exponer la información del sensor, son los gestores y administradores que se encuentran en el centro de la arquitectura lógica (Figura 2).

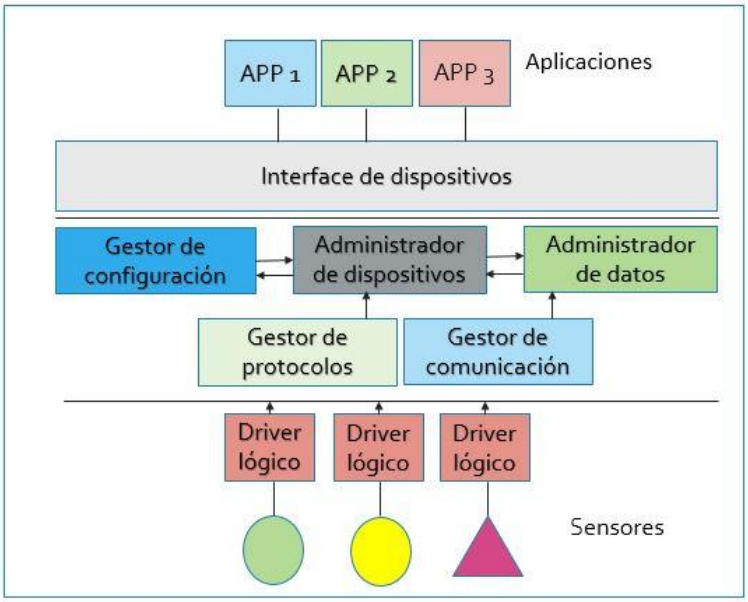

Figura 2. Arquitectura lógica del *middleware*.

- ✓ *Gestor de configuración*: este componente se encarga de gestionar la configuración de ubicación, de identificación de los dispositivos conectados al *middleware*. Su función principal, con base en la configuración del sensor, es exponer toda esa información para que la interface de dispositivos muestre una referencia de cada uno de los sensores.
- ✓ *Administrador de dispositivos*: este componente es el encargado de administrar los dispositivos para agregarlos a la plataforma. Para realizar ese proceso, es necesario que el componente contenga políticas establecidas para los diferentes escenarios que se pueden presentar al momento de llegar un nuevo dispositivo. Esta interacción se realiza utilizando el *driver* lógico que sirve de puente para interactuar con el dispositivo. Una vez finalizada la administración del dispositivo, este, en conjunto con el gestor de configuración, se representa en la interface de dispositivos como un nuevo sensor con toda su información.
- ✓ *Administrador de datos*: este componente se encarga de la persistencia de los datos obtenidos del componente del gestor de comunicación. En este se establecen las políticas de frecuencia de obtención y almacenamiento de la información de los sensores.
- ✓ *Gestor de protocolos*: su función principal es agregar o eliminar los diferentes protocolos de comunicación utilizados para poder interactuar en conjunto con los drivers lógicos y el gestor de comunicación con los protocolos manejados por los sensores.
- ✓ *Gestor de comunicación*: este componente se encarga de sacar los mensajes del dispositivo hacia la plataforma, utilizando los drivers lógicos y el gestor de protocolos para poder interactuar con los sensores. Este gestor, después de obtener la información, se encarga de exponer esos datos con previa identificación del sensor al administrador de datos.

- ✓ *Driver lógico*: este componente sube datos a la plataforma, interactuando con el gestor de comunicación. Para realizar esta actividad, el componente interactúa con un driver físico propio del sensor para sacar los datos.

7 PROTOTIPO DEL MIDDLEWARE

Dados los requerimientos, expuestos en la sección de características del *middleware*, se define un conjunto de herramientas que permiten ofrecer las características descritas (Figura 3). A continuación, se definen cada una de ellas.

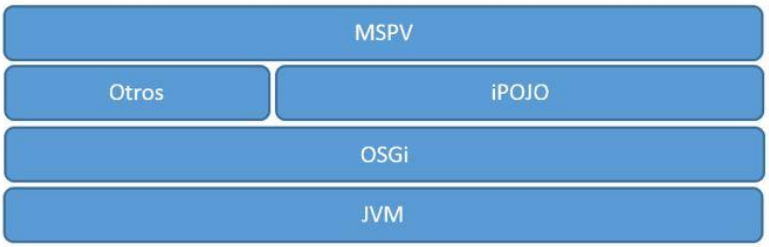

Figura 3. Arquitectura del prototipo *middleware*.

La base del *middleware* es la plataforma OSGi (*Open Services Gateway initiative*), la cual ofrece dos características esenciales, la primera es la modularización de aplicaciones *Java* y un sistema de despliegue asociado que usa unidades de despliegue conocida como *Bundles*. La segunda característica esencial es la implementación de un modelo SOC (*Service Oriented Computing*) que permite implementar el patrón de uso de servicios y ofrece un nivel muy alto de desacoplamiento para que las aplicaciones (servicios) utilicen de forma desacoplada un conjunto de servicios (dispositivos), a través de un intermediario conocido como *Bróker* (Álamo, Yang, Wong & Chang, 2010).

Otra herramienta utilizada es iPOJO, que es un *framework* que simplifica el desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma OSGi. iPOJO permite que los servicios a utilizar en OSGi sean fácilmente descritos, desarrollados, desplegados, publicados y utilizados, obteniendo todos los beneficios de la plataforma SOC ofrecida por OSGi, al tiempo que disminuye la complejidad del código a desarrollar para crear los servicios y las aplicaciones (Escoffier, Bardin, Bourcier & Lalanda, 2009) los cuales pueden ser desplegados, actualizados y desinstalados en tiempo de ejecución.

El *middleware* de servicios de personas vulnerables (MSPV) debe ofrecer un conjunto de servicios que serán utilizados por los componentes *software* del servicio de monitoreo. Estos componentes deberán ser desarrollados siguiendo el modelo OSGi, pero utilizando los servicios ofrecidos por el *middleware* que serán expuestos en forma de servicios de la plataforma OSGi.

OSGI ofrece el componente *EventAdmin* para la comunicación entre las aplicaciones y los sensores, por medio de publicación y suscripción. De esta forma, las tecnologías seleccionadas brindan herramientas suficientes para desarrollar un prototipo *middleware* con las características necesarias evidenciadas en la sección 5 de este artículo.

8. CONCLUSIONES

El aumento de la población adulta mayor en Colombia es un tema de gran importancia y de gran impacto en la sociedad. Por tanto, es importante utilizar tecnologías que influyan en un mejor manejo de la situación. El aumento de ese grupo de la población ha sido ya evidenciado en países desarrollados, por lo que, en la revisión de la literatura se evidenciaron aspectos relevantes para tener en cuenta al momento de identificar las características necesarias para la construcción de un *middleware* de monitoreo en el

domicilio del adulto mayor vulnerable. Teniendo presente la problemática identificada al momento de construir un *middleware*, este trabajo define las características necesarias para su construcción e implementación. Entre otros aspectos, un *middleware* debe tener una infraestructura abierta que permita a los desarrolladores de servicios centrarse en construir servicios de monitoreo y no en la gestión de los dispositivos usados para recolectar datos de la actividad de las personas.

Este artículo identificó y analizó tres características esenciales para tener en cuenta en la gestión de dispositivos: la interacción, la heterogeneidad y la dinamicidad. Adicionalmente, se tomaron decisiones con respecto a cómo un *middleware* debe abordar las características mencionadas. El artículo también hace referencia a herramientas de *software* que servirán de punto de partida para la construcción de un prototipo de *middleware*, usando las decisiones de diseño tomadas (características) con el fin de proponer un marco de validación del mismo. Trabajos futuros utilizarán el marco de validación para construir componentes *software* que usen el *middleware* con el fin de determinar el nivel de respuesta a las necesidades expuestas inicialmente.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Colciencias por los beneficios brindados por la Convocatoria para la formación de capital humano de alto nivel para el departamento del Magdalena, al grupo de investigación en Computación Avanzada y de Gran Escala (CAGE) y a la Universidad Industrial de Santander por los conocimientos adquiridos.

REFERENCIAS

Álamo, J. M. R., Yang H. I., Wong, J., & Chang, C. K. (2010). *Automatic service composition with heterogeneous service-oriented architectures*. Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), Vol. 6159 LNCS, pp. 9-16.

Bardin, J., Lalanda, P., & Escoffier, C. (2010). *Towards an automatic integration of heterogeneous services and devices.* Proc. - 2010 IEEE Asia-Pacific Serv. Comput. Conf. APSCC, pp. 171-178.

DANE, 2008. *Estudios postcensales: Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020.* Accedido 2016,Disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf

Dong, Y., Zhang, B., & Dong, K. (2010). *An integrated PLC smart home system in pervasive computing*. IEEE: 7th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), pp. 288-291.

Escoffier, C., Bardin, J., Bourcier, J., & Lalanda, P. (2009). *Developing user-centric applications with H-Omega*. International Conference on Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications, pp. 118-123. Springer, Berlin, Heidelberg.

Eugster, P. T., Felber, P. A., Guerraoui, R., & Kermarrec, A. M. (2003). The many faces of publish/subscribe. *ACM Computing Surveys (CSUR), 35*(2), 114-131.

Fezari, M., Rasras, R., & El Emary, I. M. (2015). Ambulatory health monitoring system using wireless sensors node. *Procedia Computer Science,* 65, 86-94.

Gillian, N., Pfenninger, S., Russell, S., & Paradiso, J. A. (2014). *Gestures everywhere: A multimodal sensor fusion and analysis framework for pervasive displays*. Proceedings of The International Symposium on Pervasive Displays, 98 pp.

Mori, T., Urushibata, R., Shimosaka, M., Noguchi, H., & Sato, T. (2008). *Anomaly detection algorithm based on life pattern extraction from accumulated pyroelectric sensor data*. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst. Acrop. Conv. Cent. Nice, Fr. Sept, 22-26, 2008, pp. 22-26.

OMS (2016). *Centro de prensa: Informe sobre la salud mental y los adultos mayores*. Organización

Mundial de la Salud: Disponible en http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs381/es/

Yu, L., Lei, Y., Kacker, R. N., Kuhn, D. R., Sriram, R. D., & Brady, K. (2013). *A general conformance testing framework for IEEE 11073 PHD's communication model*. Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 12 pp.