

## Coordinación de dispositivos ubicuos: una solución basada en SOA y coreografías

Germán Montejano<sup>1,2</sup>; Oscar Testa<sup>2</sup>; Rubén Pizarro<sup>2</sup>; Darío Segovia<sup>2</sup>; Oscar Dieste<sup>3</sup>; Efraín R. Fonseca C.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales  
Universidad Nacional de San Luis  
Ejército de los Andes 950 – (5700) San Luis – San Luis – Argentina  
Tel.: +54-2652-424027 – Int. 251  
gmonte@unsl.edu.ar – web: <http://www.unsl.edu.ar>

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de La Pampa  
Av. Uruguay 151 – (6300) Santa Rosa – La Pampa – Argentina  
Tel.: +54-2954-425166 – Int. 28  
[otesta, ruben]@exactas.unlpam.edu.ar

<sup>3</sup>Facultad de Informática  
Universidad Politécnica de Madrid  
Campus Montegancedo – (28660) Boadilla del Monte – Madrid – España  
Tel.: +34 91 336 5011  
odieste@fi.upm.es

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Computación  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
erfonseca@espe.edu.ec

### Resumen

Actualmente nos encontramos involucrados en ambientes donde los dispositivos ubicuos forman parte de nuestra vida cotidiana y de nuestras tareas diarias. De forma permanente estamos interactuando con dichos dispositivos y más aún, con los servicios que ellos nos brindan. En casi todos los casos, los dispositivos ubicuos no proporcionan servicios de forma aislada, sino que deben cooperar con otros dispositivos. Actualmente, los mecanismos de cooperación disponibles son fundamentalmente de tipo propietario, y las pocas propuestas provenientes de la academia no han tenido apenas impacto en la práctica.

Nuestra propuesta es adaptar y aplicar las especificaciones de coreografías actualmente existentes en SOA para la coordinación de servicios proporcionados por dispositivos ubicuos. Para poder cumplir con el objetivo de tesis planteado se utilizará como metodología de investigación design science, ya que es la que mejor se adapta a la naturaleza del problema, planteando como uno de sus lineamientos la contrucción de artefactos y su posterior evaluación. En nuestro caso, el

artefacto a construir sería: una especificación de coreografías adaptado a los dispositivos ubicuos y un framework que implementa dicha especificación al nivel de prueba de concepto.

**Palabras clave: sistemas ubicuos, SOA, servicios, composición de servicios, coreografías.**

### Contexto

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación: Ingeniería de Software, Conceptos, Métodos y Herramientas en un Contexto de “Ingeniería de Software en Evolución” – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis y en el Proyecto de Investigación: Ingeniería de Software: composición de servicios en ambientes ubicuos – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Las líneas aquí presentadas actualmente forman parte de las bases de un anteproyecto de tesis doctoral y de una tesis de maestría, ambas en ingeniería de software por la Universidad Nacional de San Luis.

## Introducción

En la actualidad, las actividades cotidianas del hombre se han hecho dependientes de una gran cantidad de dispositivos electrónicos tales como: ordenadores personales, ordenadores portátiles, teléfonos móviles, PDAs, tabletas, sensores de muchas y diversas utilidades, entre otros; los cuales logran comunicarse entre sí gracias a diversos protocolos de comunicación inalámbrica, redes de celulares, redes de área local (LAN), redes de área extensa (WAN), Bluetooth, etc. Estamos en la presencia de nuevos dispositivos de comunicación, lo que conlleva un nuevo escenario social, donde la interacción permanente con estos elementos es ineludible. Por ejemplo, la cantidad de móviles existentes en el mercado se aproxima a la cantidad de habitantes mundiales, según un informe de la Unión Internacional de Comunicaciones. En este informe, se estima que hasta finales del año 2014 hubo casi 7.000 millones de suscripciones de telefonía celular, lo que corresponde al 96 % de la población global; es decir, la cantidad de usuarios de telefonía móvil se acerca al número de personas que viven en el planeta [1].

Los avances de las comunicaciones entre dispositivos ha permitido que estos sean generadores y consumidores de servicios al mismo tiempo, es decir, de acuerdo a las capacidades del dispositivo puede no solo obtener, sino también ofrecer a otros equipos sus funciones y así cooperar entre ellos. La tendencia actual es hacia los ambientes ubicuos, los cuales se caracterizan por estar poblados de numerosos dispositivos que, gracias a la integración extrema de los elementos electrónicos, son invisibles al usuario y están en permanente rastreo de la actividad humana [2].

Dispositivos ubicuos son todos aquellos dispositivos que pueden existir en todas partes, es decir, son dispositivos electrónicos que tienen capacidad de procesamiento y comunicación y pueden ser encontrados en lugares diversos de la vida cotidiana.

La computación ubicua es un desarrollo tecnológico que intenta que las computadoras no se perciban en el entorno como objetos diferenciados, y que la utilización por parte de los seres humanos sea lo más transparente y cómoda posible, facilitando de esta manera la integración en la vida cotidiana. Desde hace varios años los dispositivos ubicuos han ganado importancia y presencia en la vida cotidiana de las personas, debido principalmente a que: poseen distintos tipos de sensores (posicionamiento, proximidad, luminosidad, temperatura, etc.), facilitan la conectividad incluso en áreas con poca señal o acceso a las redes, permiten la convergencia tecnológica (computo, medios, telefonía, etc) y brindan acceso a servicios de distinta índole (mapas, ayudas, etc).

Por composición entendemos la forma en que se pueden combinar o enlazar un número indeterminado de dispositivos para llevar adelante una tarea determinada. En ambientes ubicuos, la composición de dispositivos, presenta nuevos desafíos tales como: la heterogeneidad (ya sea por la diversidad de dispositivos involucrados, como por la presencia de dispositivos de varios fabricantes), las contingencias de los dispositivos y la personalización de los mismos (por ej. provisión de servicios de acuerdo a las preferencias del usuario). Dado que los dispositivos en donde los servicios son ejecutados poseen limitaciones de recursos (ej. poca memoria y batería), se deben hacer consideraciones especiales respecto a la eficiencia y rendimiento de la composición de servicios [3].

La composición en este tipo de ambientes implica que los dispositivos deben dialogar entre ellos para poder compartir los servicios que ofrecen con la finalidad de obtener un servicio con valor agregado, o bien para abordar la solución de una problemática particular, como podría ser la seguridad de un hogar, o la seguridad vial, por mencionar algunos ejemplos.

Si bien hoy en día podemos decir que distintos sensores o dispositivos se pueden comunicar entre ellos, compartiendo de alguna manera sus servicios, generalmente lo realizan a partir de protocolos propietarios y sin seguir definiciones estándares, provocando que otros componentes de otros proveedores (o incluso de los mismos) no puedan ser utilizados. Esto obviamente representa una importante limitación en la composición de dispositivos ubicuos. Adicionalmente la composición de dispositivos ubicuos presenta un nuevo desafío. Los mecanismos de composición en ambientes masivos, necesitan hacer frente a las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos dispositivos. Los dispositivos ubicuos tienen distintas limitantes como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería, la disponibilidad de acuerdo a la red del lugar donde se encuentre en un momento determinado. Todas estas variantes hacen que la composición de dispositivos<sup>1</sup> ubicuos se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy[3].

## Líneas de Investigación y Desarrollo

La computación orientada a servicios, y en particular los servicios web en ambiente de internet, proporcionan mecanismos para la composición de servicios. Dichos mecanismos, como las orquestaciones, son aspectos bien conocidos de la computación orientada a servicios que permiten construir sistemas de negocio complejos y aplicaciones a partir de una gran cantidad de servicios heterogéneos, simples y distribuidos. Podría pensarse que son aplicables a ambientes ubicuos. Sin embargo,

---

<sup>1</sup> Si bien los autores se refieren a la composición de servicios, se hace dentro de un contexto de dispositivos ubicuos, lo cual a los fines de este trabajo se puede interpretar como composición de dispositivos, haciendo que la terminología para este caso particular sea más adecuada.

en contextos como puede ser la Internet de las Cosas (IoT) donde los servicios son dinámicos, móviles, menos fiables y dependientes del dispositivo, los mecanismos de composición establecidos para servicios web no es directamente aplicable [8].

Adicionalmente la composición de múltiples dispositivos ubicuos presenta nuevos desafíos que no son compatibles con la composición de servicios web. En particular, los mecanismos de composición en ambientes masivos como lo es el de dispositivos móviles, necesita hacer frente las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos elementos, así como también contemplar la heterogeneidad de los mismos.

Estos dispositivos tienen distintas limitantes como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería, la disponibilidad de acuerdo a la red del lugar donde se encuentre en un momento determinado. En ambientes ubicuos, la disponibilidad y confiabilidad de los dispositivos no puede ser garantizada. Todas estas dificultades hacen que la composición de dispositivos se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy[3].

Finalmente existen distintos proyectos en la actualidad donde se intenta integrar sensores y dispositivos ubicuos a la vida cotidiana. Específicamente podemos mencionar la domótica, donde varios dispositivos y sensores deben actuar en coordinación para prevenir un incidente de seguridad (ya sea por robo o por incendio) en nuestros hogares. Sin embargo, existen áreas de aplicación más relevantes.

En la industria, existe lo que se llama Industria 4.0 [9], donde lo que se intenta es integrar dentro de una planta fabril la intercomunicación de todos los dispositivos que componen la cadena de producción con el fin de que coordinen entre ellos las tareas a realizar en base a los tiempos a cumplir, stocks disponibles, demanda en línea de los productos, etc. Otra área donde los dispositivos ubicuos están ganando importancia es la automotriz, donde los esfuerzos se enfocan en que distintos sensores monitoreen funciones vitales del

conductor (como es el caso de presión arterial, pulsaciones, etc) y en caso de que detecten anomalías actúen en conjunto con otros dispositivos del vehículo para evitar accidentes.

Es claro que en este punto se hace necesaria una mayor investigación y desarrollo de tecnologías que permitan solucionar en todo o en parte estos desafíos planteados, haciendo foco en la composición de distintos dispositivos de una manera abierta y estándar.

Los mecanismos de composición en ambientes ubicuos como los dispositivos móviles, necesitan hacer frente a las distintas contingencias que pueden ocurrir con estos dispositivos, así como también contemplar la heterogeneidad de los mismos. La heterogeneidad no sólo se refiere a la existencia de dispositivos de distintos modelos, sistemas operativos y fabricantes, sino también a los mecanismos de comunicación e interacción que poseen los mismos, en algunos casos propietarios, provocando que la interacción y coordinación entre ellos representa un desafío de enorme magnitud. Estos dispositivos tienen, a su vez, limitantes adicionales como son la cantidad de memoria disponible, la durabilidad de la batería o la conectividad de acuerdo a la red del lugar donde se encuentre en un momento determinado. Todas estas dificultades hacen que la composición de servicios incluyendo dispositivos móviles se transforme en un área de investigación muy importante donde los avances no han sido claros al día de hoy[3].

A medida que los dispositivos ubicuos son menos potentes (ej: cámaras de seguridad, sensores, etiquetas RFID, etc), la disponibilidad y confiabilidad de los mismos no puede ser garantizada. En este tipo de ambientes, mecanismos automáticos y dinámicos son necesarios para la composición de dispositivos, ya que de esta forma se puede compensar la falta de disponibilidad de un dispositivo en un momento determinado[8].

## Resultados y Objetivos

Por lo expuesto, vemos que existe un campo de trabajo importante en el desarrollo de composición de servicios en ambientes ubicuos, más precisamente en la coreografía de servicios, la cual no es abordada en los estudios previos de la materia.

Por todo esto, nuestra propuesta es poder adaptar y aplicar las especificaciones actualmente existentes en SOA para la coordinación de servicios disponibles en ambientes pervasivos a través de la utilización de dispositivos ubicuos, más concretamente, el objetivo de esta investigación es:

- Definir un mecanismo de coordinación de dispositivos ubicuos que garantice su interoperabilidad independientemente del modelo y fabricante del mismo; utilizando los estándares de SOA y de coreografías para la composición de servicios.

Debemos destacar que la aplicación de los conceptos de SOA a dispositivos ubicuos no consiste en una mera traslación de los conceptos de un ambiente a otro, sino que será necesario para ello extender las especificaciones de SOA existentes de modo que se adapten a las circunstancias particulares de los sistemas ubicuos. Asimismo se deberá mantener total compatibilidad con las especificaciones relacionadas a SOA y coreografía de servicios existentes.

En relación al estado actual de la investigación, podemos decir que hemos logrado realizar un framework de ejecución de coreografías especificadas a través de WSDL. Se han alcanzado a realizar 3 pruebas de concepto de simulación de un escenario que involucra dispositivos ubicuos. Para llevar adelante estas ejecuciones se han utilizado dispositivos de muy pequeña capacidad como son las placas Arduino Mega y Arduino Nano, donde las capacidades tanto de procesamiento como de almacenamiento son muy escasas.

Son varios los aportes que se han necesitado realizar al lenguaje de especificación de coreografías WS-CDL para ser adaptado para la ejecución de coreografías en ambientes ubicuos, en línea con el objetivo de tesis planteado. Hasta el momento podemos mencionar: la adaptación del concepto de paralelismo en coreografías a través de llamadas secuenciales debido a la falta de un sistema operativo que brinde la capacidad de multiprocesamiento en placas Arduino; la transformación de la descripción de la coreografía en lenguaje XML a un conjunto de vectores en memoria con la información necesaria para que se ejecute la coreografía desde los dispositivos con menor capacidad de memoria; la codificación de un motor de ejecución de coreografías para distintos dispositivos (con adaptaciones diversas para los que tienen menores capacidades). Sería necesario realizar además otros aportes para adaptar WS-CDL a algunas de las características de los sistemas ubicuos como pueden ser desapariciones por problemas de red, falta de batería u otros.

### Formación de Recursos Humanos

Además de los resultados obtenidos/esperados en el punto 3, se espera como resultado en la formación de recursos humanos, la continuación de esta misma línea de proyecto como tesis doctoral de alguno(s) de los investigadores. También se espera lograr una mayor interrelación con la Universidad de Minas Gerais con la que se cuenta con un convenio con tal objetivo como parte de él. Se espera avanzar también en un convenio de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid para la aplicación de las metodologías aquí presentadas en los proyectos de Ingeniería de Software Empírica. Adicionalmente, se espera que otras tesis de Maestría, así como tesis de Licenciatura surjan a partir de los logros obtenidos en la presente línea de investigación.

### Bibliografía

- [1] U. I. d. T. (UIT), "Unión Internacional de Telecomunicaciones." <https://www.itu.int/net/pressoffice/pressreleases/2014/23-es.aspx>, 10 2015.
- [2] M. Weiser, "Hot topics-ubiquitous computing," *Computer*, vol. 26, pp. 71–72, Oct 1993.
- [3] Q. Z. Sheng, X. Qiao, A. V. Vasilakos, C. Szabo, S. Bourne, and X. Xu, "Web services composition: A decade's overview," *Information Sciences*, vol. 280, no. 0, pp. 218–238, 2014.
- [4] M. Viroli, "On competitive self-composition in pervasive services," *Science of Computer Programming*, vol. 78, no. 5, pp. 556–568, 2013. Special section: Principles and Practice of Programming in Java 2009/2010 & Special section: Self-Organizing Coordination.
- [5] S. W. Loke, "Supporting ubiquitous sensor-cloudlets and context-cloudlets: Programming compositions of context-aware systems for mobile users," *Future Generation Computer Systems*, vol. 28, no. 4, pp. 619–632, 2012.
- [6] F. Palmieri, "Scalable service discovery in ubiquitous and pervasive computing architectures: A percolation-driven approach," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 3, pp. 693–703, 2013. Special Section: Recent Developments in High Performance Computing and Security.
- [7] S. Najar, M. K. Pinheiro, and C. Souveyet, "A New Approach for Service Discovery and Prediction on Pervasive Information System," *Procedia Computer Science*, vol. 32, pp. 421–428, 2014. The 5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2014), the 4th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2014).
- [8] G. Cassar, P. Barnaghi, W. Wang, S. De, and K. Moessner, "Composition of services in pervasive environments: A Divide and Conquer approach," in *Computers and Communications (ISCC), 2013 IEEE Symposium on*, pp. 000226–000232, July 2013.
- [9] Wikipedia, "Industria 4.0 — Wikipedia, La enciclopedia libre," 2016. [Internet; descargado 4-noviembre-2016].
- [10] H.-I. Yang, R. Bose, A. (Sumi) Helal, J. Xia, and C. Chang, "Fault-Resilient Pervasive Service Composition," in *Advanced Intelligent Environments (A. D. Kameas, V. Callagan, H. Hagra, M. Weber, and W. Minker, eds.)*, pp. 195–223, Springer US, 2009.