
Coordinación de dispositivos en
ambientes ubicuos mediante coreografías



TESIS DOCTORAL

Oscar Alfredo Testa

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis

2020

Coordinación de dispositivos en ambientes ubicuos mediante coreografías

*Tesis que presenta para optar al título de Doctor en Ingeniería
Informática*

Oscar Alfredo Testa

Dirigida por

Dr. Germán Montejano y Dr. Oscar Dieste

**Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis**

2020

*El presente trabajo de Investigación Doctoral
y
todo el esfuerzo que representa,
esta dedicado a mi familia,
Miriam,
Luciana y Francisco.*

Agradecimientos

Este trabajo ha sido el resultado de un objetivo que me propuse hace varios años y que parecía lejano e inalcanzable. Sin embargo, gracias al esfuerzo dedicado y la colaboración de muchas personas ha podido ser llevado adelante.

En primer lugar mi agradecimiento a mis Directores, Germán y Oscar, con los cuales logré forjar una amistad más allá del trabajo y las distancias. A Oscar le agradezco su paciencia permanente.

A mi mujer y mis hijos, quienes me brindaron su tiempo, su acompañamiento, comprensión y aliento para poder llegar a este final.

A mis padres, quienes me dieron la posibilidad inicial de poder estudiar una carrera universitaria, además de darme el ejemplo de esfuerzo y honestidad por sobre todas las cosas.

A Rodrigo Fonseca, otro gran amigo que me dio esta investigación, quien ha brindado muchas horas de su tiempo para dar apoyo en todo lo que se lo solicitó, por sus palabras de aliento y su acompañamiento a la distancia.

A todos, muchas gracias.

Un especial reconocimiento a las entidades que hicieron posible esta investigación a través de su financiamiento: Universidad Nacional de La Pampa-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. También quiero dar un reconocimiento a la entidad que me dio la posibilidad de incorporarme a su plan de Posgrados: Universidad Nacional de San Luis-Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales.

Resumen

Introducción: 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.

Distintos autores han planteado la necesidad de la composición de dispositivos ubicuos para afrontar desafíos tales como la tolerancia a fallas, escaso nivel de procesamiento, problemas de conectividad, etc. La necesidad de desarrollar sistemas donde una multiplicidad de dispositivos ubicuos se coordinen entre ellos para lograr un fin no es sólo un problema académico, sino que responde también a necesidades de la industria, como es el caso de la iniciativa Industria 4.0 o de los autos inteligentes, por citar dos ejemplos.

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 por ejemplo las orquestaciones, permiten construir sistemas de negocio complejos y aplicaciones a partir de una gran cantidad de servicios heterogéneos, simples y distribuidos. Las similitudes entre la composición de servicios web y la coordinación de dispositivos ubicuos es sorprendente. Si pensamos que cada dispositivo ubicuo en un ambiente pervasivo es proveedor o consumidor de un servicio, la coordinación de dispositivos se ajusta perfectamente con la composición de servicios en ambientes distribuidos. Sin embargo, los mecanismos de composición establecidos para servicios web no son directamente aplicables. Por ejemplo, las orquestaciones no consideran particularidades de los dispositivos ubicuos, como su escasa capacidad de procesamiento o transmisión/recepción de información.

Objetivos: El objetivo principal de esta investigación es el de 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.

Método: Se ha utilizado 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 construcción de artefactos y su posterior evaluación. En nuestro caso, los artefactos a construir han sido: 1) una especificación de coreografías adaptado a los dispositivos ubicuos y 2) un framework que implementa dicha especificación al nivel de prueba de concepto.

Resultados: Se ha obtenido un framework de coordinación de dispositivos a través de la utilización de coreografías, que funciona de manera correcta y dando soporte a las características distintivas de los dispositivos ubicuos. La solución planteada es simple, interoperable y extensible. Hemos logrado trasladar, a un espacio o entorno donde las soluciones realizadas eran ad-hoc, conceptos de una teoría que existía únicamente en SOA, cuyo propósito es el de realizar sistemas interoperables de forma estandarizada y transparente. Esto permite que los dispositivos ubicuos puedan cooperar a la hora de realizar sus tareas con ordenadores, teléfonos móviles, etc. que implementen la interfaz de SOA de forma transparente.

Conclusión: La solución planteada ha resuelto satisfactoriamente el problema de investigación, además permite realizar composiciones con dispositivos ubicuos de una manera abierta, basada en estándares y escalable. Esto implica que diversos dispositivos, de diversos fabricantes, y con distintas capacidades, pueden ser incorporados fácilmente al framework y, por consiguiente, participar en coreografías con otros dispositivos de forma sencilla. Además, los dispositivos ubicuos pueden interactuar no sólo con otros dispositivos ubicuos, sino también con aplicaciones basadas en SOA. La utilización de un estándar ya existente en ambientes de internet puede facilitar la adopción de la propuesta en la práctica, ya que: 1) los desarrolladores interesados en la tecnología pueden aplicar sus conocimientos directamente y 2) si se asegura la compatibilidad, todas las herramientas existentes en ambientes de internet podrían ser usadas para el diseño e implementación de sistemas con dispositivos ubicuos.

Abstract

Introduction: We are currently involved in environments where ubiquitous devices are part of our daily lives and tasks. We are permanently interacting with these devices and with the services they offer.

Ubiquitous devices do not provide services in isolation; they cooperate with other devices. Cooperation mechanisms are primarily proprietary. The few proposals from academy have hardly achieved an impact in practice.

Different authors have raised the need for the composition of ubiquitous devices to face challenges such as fault tolerance, low level of processing, connectivity problems, etc. The need to develop systems where a multiplicity of ubiquitous devices coordinate with each other to achieve an end is not only an academic problem, but also responds to industry needs, such as the Industry 4.0 initiative or smart cars.

Service-oriented computing, and in particular web services, provide mechanisms for the composition of services. These mechanisms, such as orchestrations, allow building complex business systems and applications from a large number of heterogeneous, simple and distributed services. The similarities between the composition of web services and the coordination of ubiquitous devices is striking. If we think that each ubiquitous device in a pervasive environment is a provider or consumer of a service, the coordination of devices fits perfectly with the composition of services in distributed environments. However, the composition mechanisms established for web services are not directly applicable. For example, orchestrations do not consider particularities of ubiquitous devices, such as their low capacity for processing or transmitting / receiving information.

Aim: The main aim of this research is to define a coordination mechanism for ubiquitous devices that guarantees their interoperability regardless of its model and manufacturer; using SOA and choreography standards for service composition.

Research Method: Design science has been used as a research methodology, since it is the one that best adapts to the nature of the problem, presenting as one of its guidelines the contraction of artifacts and their subsequent evaluation. In our case, the artifacts to be built have been: 1) a choreography specification adapted to ubiquitous devices and 2) a frame-

work that implements said specification at the proof of concept level.

Results: A device coordination framework has been obtained through the use of choreography, which works correctly and supports the distinctive characteristics of ubiquitous devices. The proposed solution is simple, interoperable and extensible. We have managed to transfer, to a space or environment where the solutions made were ad-hoc, concepts from a theory that existed only in SOA, whose purpose is to carry out interoperable systems in a standardized and transparent way. This allows ubiquitous devices to cooperate when carrying out their tasks with computers, mobile phones, etc. that implement the SOA interface transparently.

Conclusions: The proposed solution has satisfactorily solved the research problem, and also allows compositions to be made with ubiquitous devices in an open, standards-based and scalable way. This implies that different devices, from different manufacturers, and with different capacities, can be easily incorporated into the framework and, therefore, participate in choreographies with other devices in a simple way. Furthermore, ubiquitous devices can interact not only with other ubiquitous devices, but also with SOA-based applications. Using an existing standard in internet environments can facilitate the adoption of the proposal in practice, since: 1) developers interested in technology can apply their knowledge directly and 2) if compatibility is ensured, all tools existing in internet environments could be used for the design and implementation of systems with ubiquitous devices.