

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

TESIS DOCTORAL

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES BASADA EN SERVICIOS SOBRE ENTORNOS INTELIGENTES

Autor:

Alvaro Araujo Pinto
Ingeniero de Telecomunicación

Directores:

Octavio Nieto-Taladriz García
Dr. Ingeniero de Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid

José Manuel Moya Fernández
Dr. Ingeniero de Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid

Madrid, 31 de Enero de 2007

RESUMEN

Los entornos inteligentes han supuesto la aparición de nuevos escenarios con nuevas características diferentes a los modelos existentes: multitud de dispositivos con capacidad de computo y comunicaciones, recursos limitados, redes heterogéneas, evolución temporal permanente, movilidad, etc. que deben ser soportadas y aprovechadas por las aplicaciones desarrolladas para dichos entornos. Este es un campo de trabajo novedoso por lo que las metodologías propuestas para el desarrollo de estas aplicaciones son escasas y presentan problemas, como la existencia de elementos críticos, sobrecarga del protocolo, ausencia de fiabilidad, mala gestión del escalado de la red o ausencia de mecanismos que resuelvan el dinamismo del sistema.

La metodología que se propone en esta tesis aborda los problemas anteriores de una manera integral basándose en el concepto de servicios. La concepción de la aplicación como una mera agregación de servicios permite trascender el ámbito de las redes inalámbricas de área personal y así dotar de una mayor funcionalidad al sistema. Los pilares básicos de la metodología: definición sencilla y concreta de la interfaz de servicio, jerarquía de servicios escalable, arquitectura dinámica para soportar la evolución temporal sin sobrecarga del protocolo, filosofía de programación emergente para evitar elementos críticos y verificación formal de los servicios individualmente y del entorno global, involucrados en distintas fases del proceso de desarrollo, permite resolver los problemas de las aproximaciones anteriores y aumentar la productividad de los desarrolladores de aplicaciones.

Se ha implementado un entorno inteligente real de referencia (PERSEIA) para soportar la metodología propuesta, que sirve como banco de pruebas para la verificación del enfoque realizado y como patrón de comparación con otras alternativas metodológicas. Se han validado los resultados de las aproximaciones en dicho entorno.

Palabras clave: metodología basada en servicios, entornos inteligentes, redes inalámbricas de área personal, métodos formales, programación emergente.

Tribunal nombrado por el Mgfc. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 13 de Abril de 2007.

Presidente D. CARLOS ALBERTO LÓPEZ BARRIO

Vocal D. FRANCISCO DEL POZO GUERRERO

Vocal D. JUAN RAMÓN VELASCO PÉREZ

Vocal DÑA. LOURDES PEÑALVER HERRERO

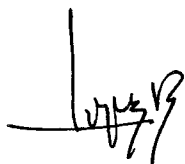
Secretario D. FRANCISCO MOYA FERNÁNDEZ

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día 18 de MAYO de 2007.

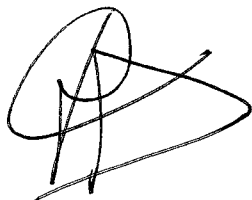
en MADRID

Calificación: SOBRESALIENTE CUM LAUDE POR UNANIMIDAD

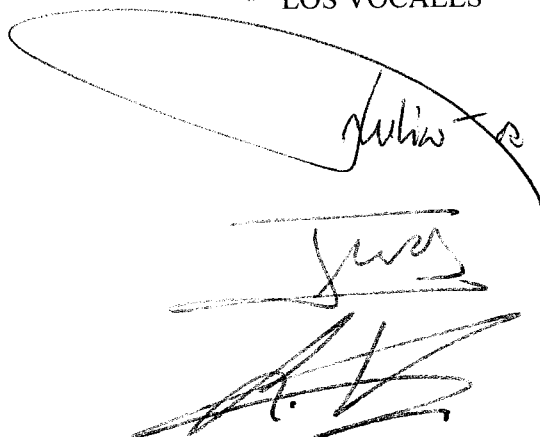
EL PRESIDENTE



EL VOCAL SECRETARIO



LOS VOCALES



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	MOTIVACIÓN DE LA TESIS.....	7
1.2.	OBJETIVOS DE LA TESIS	9
1.3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	12
1.3.1.	<i>Análisis de escenarios.....</i>	<i>13</i>
1.3.2.	<i>Definición del modelo.....</i>	<i>14</i>
1.3.3.	<i>Definición de servicios.....</i>	<i>15</i>
1.3.4.	<i>Validación.....</i>	<i>16</i>
1.4.	ESQUEMA DE LA MEMORIA	18
2.	ANTECEDENTES	19
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	20
2.2.	RESEÑA HISTÓRICA.....	24
2.3.	REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL	26
2.3.1.	<i>Nivel físico y de acceso al medio</i>	<i>29</i>
2.3.2.	<i>Nivel de red.....</i>	<i>38</i>
2.3.3.	<i>Middleware de comunicaciones.....</i>	<i>41</i>
2.3.4.	<i>Nivel de aplicación.....</i>	<i>45</i>
2.4.	MÉTODOS FORMALES	66
2.4.1.	<i>Especificación de sistemas.....</i>	<i>67</i>
2.4.2.	<i>Verificación de requisitos funcionales</i>	<i>68</i>
2.4.3.	<i>Lógicas temporales</i>	<i>69</i>
2.4.4.	<i>Model Checking</i>	<i>72</i>
2.5.	LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS EN LOS PRÓXIMOS AÑOS	74
2.6.	CONCLUSIONES	77

3.	METODOLOGÍA BASADA EN SERVICIOS.....	81
3.1.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	82
3.2.	DEFINICIÓN DEL MÉTODO	85
3.2.1.	<i>Terminología</i>	87
3.3.	SERVICIOS	90
3.3.1.	<i>Definición de servicio</i>	91
3.3.2.	<i>Interfaz del servicio</i>	96
3.3.3.	<i>Jerarquía de servicios</i>	99
3.4.	ARQUITECTURA DINÁMICA.....	101
3.5.	PROGRAMACIÓN EMERGENTE	107
3.6.	MODELO FORMAL.....	110
3.6.1.	<i>Modelado matemático</i>	112
3.6.2.	<i>Verificación mediante Model Checking</i>	116
3.7.	CICLO DE TRABAJO.....	122
3.8.	CONCLUSIONES	129
4.	RESULTADOS.....	133
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	134
4.2.	METODOLOGÍAS	139
4.2.1.	<i>PENATES</i>	139
4.2.2.	<i>ZigbeeTM</i>	155
4.2.3.	<i>Berkeley Wireless Research Center</i>	158
4.2.4.	<i>CORTEX</i>	161
4.3.	MÉTRICA	164
4.4.	COMPARACIÓN	170
4.4.1.	<i>Abstracción</i>	171
4.4.2.	<i>Mejora continua</i>	172
4.4.3.	<i>Definición</i>	177
4.4.4.	<i>Orientación hacia entornos inteligentes</i>	178

4.4.5.	<i>Sobrecarga del protocolo</i>	179
4.4.6.	<i>Escalado</i>	182
4.4.7.	<i>Ausencia de elementos críticos</i>	183
4.4.8.	<i>Fiabilidad</i>	185
4.4.9.	<i>Integración con otras redes</i>	186
4.4.10.	<i>Pruebas realizadas</i>	187
4.5.	CONCLUSIONES	189
5.	CONCLUSIONES	191
5.1.	CONTRIBUCIONES	193
5.1.1.	<i>Aproximación integral</i>	193
5.1.2.	<i>Servicios fiables</i>	197
5.1.3.	<i>Mejora de la productividad</i>	199
5.1.4.	<i>Banco de pruebas</i>	201
5.2.	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	203
5.2.1.	<i>Migración de servicios on-line</i>	203
5.2.2.	<i>Verificación de sistemas escalable</i>	204
5.2.3.	<i>El compilador de entornos</i>	205
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	207
A	ANEXO : EL ENTORNO PERSEIA.....	229
A.2	ANTECEDENTES	230
A.2.1	<i>Objetivo</i>	234
A.2.2	<i>Escenarios de uso</i>	238
A.2.3	<i>Demostrador</i>	247
A.3	TECNOLOGÍA UTILIZADA	249
A.3.1	<i>Plataforma Mercurio</i>	250
A.3.2	<i>Plataformas 802.15.4</i>	253
A.3.3	<i>Distintas plataformas, una filosofía</i>	257