



**Universidad de Córdoba**

**Escuela Politécnica Superior**



**Departamento de Informática y Análisis Numérico**

## **TESIS DOCTORAL**

# **MODELADO DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO MEDIANTE REGLAS EN AMBIENTES INTELIGENTES**

**Autor:** María del Pilar Castro Garrido  
**Directores:** Dña. Irene Luque Ruiz  
D. Miguel Ángel Gómez Nieto

TITULO: *MODELADO DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO  
MEDIANTE REGLAS EN AMBIENTES INTELIGENTES*

AUTOR: *MARIA DEL PILAR CASTRO GARRIDO*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2013  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





**Universidad de Córdoba**

**Escuela Politécnica Superior**



**Departamento de Informática y Análisis Numérico**

## **TESIS DOCTORAL**

### **MODELADO DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO MEDIANTE REGLAS EN AMBIENTES INTELIGENTES**

Tesis Doctoral que presenta la Ingeniera en Informática, **María del Pilar Castro Garrido**, para optar al Grado de Doctor.

Córdoba 16 Julio 2013

Fdo. María del Pilar Castro Garrido

Vº. Bº

Los Directores

Fdo. Irene Luque Ruiz      Fdo. Miguel Ángel Gómez Nieto





# **TÍTULO DE LA TESIS: MODELADO DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO MEDIANTE REGLAS EN AMBIENTES INTELIGENTES (MODELING CONTEXT-AWARE INTERACTIONS THROUGH RULES IN INTELLIGENT ENVIRONMENTS)**

**DOCTORANDO/A: MARIA DEL PILAR CASTRO GARRIDO**

## **INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(Se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

Los resultados obtenidos en la investigación llevada a cabo en esta Tesis Doctoral han supuesto un avance en el modelado de las interacciones en los ambientes inteligentes sensibles al contexto.

Esta investigación se ha centrado en la propuesta de un modelo que permita soportar el desarrollo de sistemas sensibles al contexto en los que el usuario interactúe con su entorno de forma personalizada. La investigación llevada a cabo en esta Tesis Doctoral forma parte de una línea de trabajo soportada actualmente por el proyecto TIN2011-24312 del MICINN cuyos objetivos es la definición, modelado y desarrollo de un core conceptual y operacional sobre el cual se puedan construir sistemas sensibles al contexto en los que los usuarios móviles interactúen con objetos inteligentes de forma personalizada.

La propuesta de esta Tesis Doctoral es el desarrollo de un modelo para las diferentes interacciones que tienen lugar en un entorno inteligente. Y para que estas interacciones proporcionen servicios que se ajusten a sus necesidades y a los recursos disponibles, definir un marco conceptual, basado en reglas, que guíen dicha interacción

Centrándose la investigación en las interacciones basadas en el “*Touching paradigm*”, fundamento del Internet de las Cosas, se lleva a cabo un avance en el modelado de las interacciones usuario-objeto, considerando que los objetos pueden tener comportamientos complejos y que los usuarios pueden interactuar con estos objetos de muy diferentes formas en función del contexto actual del usuario. Como resultado del trabajo se ha propuesto un modelo denominado OBCAS (Ontology-Based Context Awareness System), compuesto de diferentes elementos y artefactos que colaboran para que, tanto interacciones sensibles al contexto mediante NFC, o mediante otro tipo de tecnologías y sensores, produzcan resultados que tengan en cuenta el contexto. Finalmente, el modelo ha sido testeado demostrándose su bondad.

La formación investigadora en el periodo 2009-2013 de D<sup>a</sup>. María del Pilar Castro Garrido ha estado marcada por una clara vocación, dedicación y esfuerzo que han conducido a que obtuviera la máxima calificación en el Trabajo de Investigación del Programa de Doctorado “*Técnicas Avanzadas de Análisis, Simulación y Control de Sistemas*”, y los resultados de su investigación hayan sido refrendados por prestigiosas publicaciones en las Actas de Congresos de carácter internacional, y en revistas especializadas. A partir del año 2011, se produjo un cambio en el Programa de Doctorado debido a un cambio de Plan, encontrándose actualmente inscrita en el Programa de Doctorado de Ingeniería y Tecnología.

Teniendo en cuenta la formación adquirida, el trabajo investigador realizado, los resultados obtenidos y los que en un futuro se espera se deriven, así como la profesionalidad, extensión y estilo de la Memoria de Tesis Doctoral, los directores de este trabajo autorizan su presentación.

Córdoba, 7 de Julio de 2013

Firma del/de los director/es

Fdo: Irene Luque Ruiz

Fdo: Miguel Ángel Gómez nieto



**TÍTULO DE LA TESIS: MODELADO DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO MEDIANTE REGLAS EN AMBIENTES INTELIGENTES (MODELING CONTEXT-AWARE INTERACTIONS THROUGH RULES IN INTELLIGENT ENVIRONMENTS)**

**DOCTORANDO/A: MARIA DEL PILAR CASTRO GARRIDO**

**ESCRITO RAZONADO DEL RESPONSABLE DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

(Ratificando el informe favorable del director. Sólo cuando el director no pertenezca a la Universidad de Córdoba).

La doctoranda D<sup>a</sup>. María del Pilar Castro Garrido ha venido realizando tareas de investigación durante los últimos cuatro años en el seno del grupo de investigación PAIDITIC110. Siendo beneficiaria de una beca FPDI de la Junta de Andalucía durante el periodo 2009-2013, además de su actividad docente, ha participado activamente en diferentes proyectos de investigación de las convocatorias de INNPACTO, AVANZA y especialmente en los proyectos del MICIN TIN2010-15794 y TIN2011-24312 en los que la investigación llevada a cabo en esta Tesis Doctoral se encuadra dentro de los objetivos específicos de estos proyectos. Por otra parte, la doctoranda realizó una estancia en la Universidad de Hagenberg que propició su formación en la tecnología Near Field Communication, uno de los soportes tecnológicos para el desarrollo de las ciudades inteligentes.

Los excelentes resultados de la investigación presentados en la Tesis Doctoral que lleva por título: “Modelado de Interacciones Sensibles al Contexto Mediante Reglas en Ambientes Inteligentes” ponen de manifiesto la apreciación que el responsable de la línea ha expuesto del doctorando.

En esta Tesis Doctoral, refrendada por sus dos Directores, se han propuesto, estudiado, investigado y resuelto nuevos modelos para el diseño de aplicaciones en ambientes inteligentes. La solución obtenida permite modelar un amplio tipo de interacciones entre los distintos actores que participan en el proceso, resolviendo mediante la definición de reglas de comportamiento en base al estado de los actores la adaptación del sistema al entorno o contexto existente.

Los resultados de la investigación llevada a cabo para el desarrollo de esta Tesis Doctoral han sido publicados o están en fase de aceptación en revistas de alto índice de impacto y de reconocido prestigio internacional, así como han dado lugar a un amplio número de aportaciones a Congresos Internacionales.

Por lo tanto, considero que la investigación desarrollada por D<sup>a</sup>. María del Pilar Castro Garrido, y recogida en la Memoria de la Tesis Doctoral, reúne todos los requisitos necesarios en cuanto a innovación, originalidad y calidad científica, que ponen de manifiesto el alto grado de formación científica y profesional del doctorando.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la Tesis Doctoral.

Córdoba, 9 de JULIO de 2013

Firma del responsable de línea de investigación

**Fdo.: MIGUEL ANGEL GOMEZ NIETO**





# Agradecimientos

*Deseo expresar mi más sentido agradecimiento a las personas que me han apoyado durante la realización de la tesis.*

*A la Dra. Irene Luque Ruiz y al Dr. Miguel Ángel Gómez Nieto, mis directores de tesis, quienes me han guiado siempre con buenas ideas y quienes me han orientado y me han hecho más llevadero todo el trabajo de investigación, indicándome las pautas necesarias para sacar el mayor provecho al tiempo disponible.*

*A los miembros del grupo de investigación ISCBD y a mis compañeros de laboratorio presentes así como todos aquellos que durante algún tiempo compartieron trabajo y experiencias.*

*A Francisco José Bellido Outeiriño por su ayuda y apoyo durante todo el transcurso de la tesis y con el he tenido la oportunidad de desarrollar algún trabajo.*

*A Gonzalo Cerruela García miembro del grupo ISCBD que me ha apoyado y ayudado durante estos años, destacando su apoyo en cuestiones relacionadas con la docencia, que en algunos cursos académicos hemos compartido.*

*A mis padres, hermanos y sobrinos/as por su comprensión y por haberme apoyado incondicionalmente, sobrellevando la distancia y lo largos periodos en los que no hemos estado juntos*

*El autor.*



# Índice de Contenidos

## Capítulo 1. Introducción

1.1. ÁMBITO.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. Ambientes Inteligentes.....	2
1.2.2. Modelos de interacción .....	2
1.2.3. Computación Ubicua .....	3
1.3. MOTIVACIÓN DE LA TESIS.....	5
1.4. HIPÓTESIS DE PARTIDA Y OBJETIVOS DE LA TESIS .....	7
1.4.1. Hipótesis de Partida .....	7
1.4.2. Objetivos.....	8
1.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	10
1.6. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA .....	13

## Capítulo 2. Fundamentos Teóricos

2.1 INTRODUCCIÓN .....	15
2.2 ELEMENTOS DE UN ENTORNO INTELIGENTE.....	17
2.2.1. Fundamentos Técnicos de los Sistemas NFC/RFID .....	17
2.2.2. Dispositivos NFC utilizados para las interacciones .....	22
2.3 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO .....	23
2.3.1. Definición de Contexto .....	23
2.3.2. Clasificación de los Contextos .....	24
2.3.3. Aplicaciones Context-Awareness .....	25
2.4. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS PARA INTERACCIONES NFC .....	26
2.4.1. Introducción.....	26
2.4.2. Tipos de Objetos .....	26
2.4.3. Escenarios para objetos mono y multifuncionales .....	28
2.5 PERSONALIZACIÓN A TRAVÉS DE REGLAS .....	29
2.5.1. Motor de Reglas.....	29
2.5.2. Sistemas Multi-Agente.....	30
2.5.3. Metodologías Orientadas a Agentes.....	34
2.5.4. Ontologías.....	38

## Capítulo 3.Revisión Bibliográfica y Estado del Arte

3.1. INTRODUCCIÓN .....	41
3.2. MODELADO DEL CONTEXTO A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES.....	42
3.2.1. AnonySense: Privacy-Aware People-Centric Sensing .....	42
3.2.2. BeTelGeuse: A Platform for Gathering and Processing Situational Data.....	43
3.2.3. MyExperience: A System for In situ Tracing and Capturing of User Feedback on Mobile Phones .....	44
3.2.4. Reflexiones sobre el modelado del contexto con dispositivos móviles.....	45

3.3.	MODELADO DE AMBIENTES INTELIGENTES SENSIBLES AL CONTEXTO .....	45
3.3.1.	Awareness marks: adaptive services through user interactions with augmented objects .....	45
3.3.2.	Fusion@: a SOAP-Based Multi-agent Architecture.....	46
3.3.3.	A multi-agent based platform for virtual communities in elderly care .....	47
3.3.4.	Multi-Agent System Architecture for Heart Failure Management in a Home Care Environment .....	48
3.3.5.	An Agent-based Architecture for Developing Activity-Aware Systems for Assisting Elderly.....	48
3.4.	REFLEXIONES ACERCA DEL ESTADO DEL ARTE .....	49

#### **Capítulo 4. OBCAS: Ontology-Based Context awareness System**

4.1.	INTRODUCCIÓN .....	51
4.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA OBCAS .....	53
4.2.1.	Sensores y Dispositivos.....	54
4.2.2.	Procesador de Eventos.....	54
4.2.3.	Ontología.....	55
4.2.4.	Base de datos.....	55
4.2.5.	Agenda .....	56
4.2.6.	Preferencias de Usuario.....	57
4.2.7.	Manejador de la Agenda.....	58
4.2.8.	Ejecutor de Servicios.....	58
4.3.	COMPONENTES DE OBCAS.....	58
4.3.1.	OBCAS-Ontology (Kernel).....	58
4.3.2.	OBCAS-Architecture .....	59

#### **Capítulo 5. OBCAS-Ontology (Kernel): Modelo ontológico**

5.1.	INTRODUCCIÓN .....	61
5.2.	MODELIZACIÓN DE INTERACCIONES SENSIBLES AL CONTEXTO .....	62
5.2.1.	Modelado del Contexto del Usuario .....	62
5.2.2.	Modelado del Entorno .....	64
5.2.3.	Modelado de las Interacciones .....	65
5.3.	MODELO ONTOLÓGICO .....	68
5.3.1.	Monitoring Ontology.....	71
5.3.2.	Services Ontology .....	72
5.3.3.	NFC Interactions Ontology .....	73
5.3.4.	Agenda Ontology .....	73
5.3.5.	User Preferences Ontology.....	75
5.4.	ONTOLOGÍA PARA JADE.....	76

#### **Capítulo 6. OBCAS-Architecture**

6.1.	INTRODUCCIÓN .....	81
6.2.	MODELADO DE OBCAS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA GAIA .....	83
6.2.1.	Modelo de Roles.....	83
6.2.2.	Modelado de Interacciones.....	85
6.2.3.	Modelo de Agentes.....	86
6.2.4.	Modelo de Conocidos.....	88
6.3.	MODELO DE DATOS .....	90
6.4.	LIBRERÍA OBCAS .....	91

## **Capítulo 7. AGATHA: Alert Group of Agents to Huge Areas**

7.1. INTRODUCCIÓN .....	93
7.2. AGATHA COMO SISTEMA DE ALARMA .....	94
7.3. EL PROCESO DE MONITORIZACIÓN EN AGATHA .....	96
7.3.1. Parámetros de Supervisión .....	96
7.3.2. Definición de Alarmas .....	99
7.4. MODELADO DE AGATHA .....	101
7.4.1. Roles en AGATHA .....	101
7.4.2. Agentes en AGATHA .....	103
7.5. CASOS DE ESTUDIO .....	108
7.5.1. AGATHA-Alzheimer .....	109
7.5.2. AGATHA-Víctimas .....	115
7.6. COMPONENTES DE AGATHA .....	119
7.6.1. AGATHA Servidor .....	120
7.6.2. AGATHA Móvil .....	121
7.7. SERVICIOS DE EMERGENCIA Y TELEASISTENCIA EN ANDALUCÍA .....	123
7.7.1. Servicios de Emergencia .....	123
7.7.2. Teleasistencia .....	124
7.7.3. Resultados .....	125

## **Capítulo 8. Conclusiones y Líneas Futuras**

8.1 INTRODUCCIÓN .....	129
8.2 CONSECUCIÓN DE OBJETIVOS .....	130
8.3 ASPECTOS DESTACADOS .....	132
8.4. PUBLICACIONES .....	133
8.4.1. Relacionadas directamente con la Tesis .....	134
8.4.2. Publicaciones Relacionadas .....	135
8.5. LÍNEAS FUTURAS .....	136

## **Chapter 8. Conclusions and Future Works**

8.1 INTRODUCTION .....	139
8.2 ACHIEVEMENT OF OBJECTIVES .....	140
8.3 HIGHLIGHTS .....	142
8.4 PUBLICATIONS .....	143
8.4.1 Directly related to the thesis .....	143
8.4.2 Related publications .....	144
8.5 FUTURES WORKS .....	146



# Índice de Figuras

FIGURA 2.1: OBJETOS ACTIVOS .....	26
FIGURA 2.2: OBJETOS PASIVOS .....	27
FIGURA 2.3: ESCENARIOS NFC .....	28
FIGURA 2.4: METODOLOGÍA GAIA .....	35
FIGURA 3.1: ANONYSENSE (IMAGEN EXTRAÍDA DE [83]) .....	42
FIGURA 3.2: ARQUITECTURA DE BETELGEUSE (IMAGEN EXTRAÍDA DE [84]) .....	43
FIGURA 3.3: MYEXPERIENCE (IMÁGENES EXTRAÍDAS DE [85]) .....	44
FIGURA 3.4: ALGUNAS INTERACCIONES DEL USUARIO (IMÁGENES EXTRAÍDAS DE [86]) .....	45
FIGURA 3.5: MODELO PARA FUSION@ (IMÁGENES EXTRAÍDAS DE [87]) .....	46
FIGURA 3.6: ARQUITECTURA DE TELECARE (IMÁGENES EXTRAÍDAS DE [88]) .....	47
FIGURA 3.7: ARQUITECTURA MAS PARA LA GESTIÓN HF (EXTRAÍDAS DE [89]) .....	48
FIGURA 3.8: ARQUITECTURA DE SALSA (IMÁGENES EXTRAÍDAS DE [90]) .....	48
FIGURA 4.1: ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	53
FIGURA 5.1: DESCRIPCIÓN OWL-S DE UN SERVICIO .....	66
FIGURA 5.2: MODELO ONTOLÓGICO DE DOMINIO .....	69
FIGURA 5.3: COMPONENTES DEL KERNEL .....	70
FIGURA 5.4: MONITORING ONTOLOGY .....	71
FIGURA 5.5: SERVICES ONTOLOGY .....	72
FIGURA 5.6: NFC INTERACTIONS ONTOLOGY .....	74
FIGURA 5.7: AGENDA ONTOLOGY .....	75
FIGURA 5.8: USER PREFERENCES .....	76
FIGURA 5.9: DEFINICIÓN DE CONCEPTOS EN PROTEGÉ .....	77
FIGURA 5.10: DEFINICIÓN DE ACCIONES PARA LOS AGENTES EN PROTEGÉ .....	78
FIGURA 5.11: DEFINICIÓN DE PREDICADOS EN PROTEGÉ .....	79
FIGURA 6.1: ARQUITECTURA DEL SISTEMA BASADA EN AGENTES .....	82
FIGURA 6.2: MODELADO DE ROLES EN EL LADO MÓVIL .....	84
FIGURA 6.3: MODELO DE ROLES EN EL LADO SERVIDOR .....	85
FIGURA 6.4: MODELADO DE AGENTES EN EL LADO MÓVIL .....	87
FIGURA 6.5: MODELADO DE AGENTES EN EL LADO SERVIDOR .....	87
FIGURA 6.6: MODELO DE CONOCIDOS .....	89
FIGURA 6.7: MODELO DE DATOS .....	90
FIGURA 6.8: API OBCAS .....	91
FIGURA 7.1: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS RESTRICCIONES GEOGRÁFICAS .....	97
FIGURA 7.2: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS RESTRICCIONES DE COMUNICACIÓN .....	98
FIGURA 7.3: MODELO DE ROLES EN EL LADO MÓVIL EN AGATHA .....	102
FIGURA 7.4: MODELO DE ROLES EN EL LADO SERVIDOR EN AGATHA .....	103
FIGURA 7.5: MODELO DE AGENTES EN EL LADO MÓVIL EN AGATHA .....	105
FIGURA 7.6: MODELO DE AGENTES EN EL LADO SERVIDOR EN AGATHA .....	106



FIGURA 7.7: MODELO DE CONOCIDOS EN AGATHA.....	107
FIGURA 7.8: OBJETOS AUMENTADOS EN AGATHA-ALZHEIMER .....	112
FIGURA 7.9: ESPACIOS INTELIGENTES EN AGATHA-ALZHEIMER .....	113
FIGURA 7.10: OBJETOS AUMENTADOS EN AGATHA-VÍCTIMAS .....	117
FIGURA 7.11: ESPACIOS INTELIGENTES EN AGATHA-VÍCTIMAS .....	118
FIGURA 7.12: AGATHA WEB .....	121
FIGURA 7.13: AGATHA MÓVIL PARA EL SUPERVISOR .....	122
FIGURA 7.14: ESCENARIOS AGATHA .....	123

# Índice de Tablas

TABLA 5.1: DEFINICIÓN DE REGLAS.....	67
TABLA 7.1: TIPOS DE ALARMAS DEFINIDAS EN AGATHA.....	99
TABLA 7.2: TIPOS DE ALARMAS DEFINIDAS EN AGATHA.....	100
TABLA 7.3: NOTIFICACIONES PARA LAS RESTRICCIONES DE ZONA OBLIGATORIA. ....	114
TABLA 7.4: HABILITANDO ALARMAS PARA LAS RESTRICCIONES DE MOVIMIENTO. ....	115
TABLA 7.5: NOTIFICACIONES PARA LAS RESTRICCIONES DE ZONA PROHIBIDA.....	119
TABLA 7.6: COMPARACIÓN DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y TELEASISTENCIA EN ANDALUCÍA PARA EL CUIDADO DE PERSONAS MAYORES OFRECIDO POR AGATHA. ....	125
TABLA 7.7: COMPARACIÓN DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y TELEASISTENCIA EN ANDALUCÍA PARA EL CUIDADO DE VÍCTIMAS DE VIOLENCIA DE GÉNERO OFRECIDO POR AGATHA. ....	126
TABLA 7.8: MOMENTO EN EL QUE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA RECIBEN LA INCIDENCIA .....	127



# Glosario

<b>AmI</b>	Ambient Intelligence
<b>Bluetooth</b>	Protocolo de comunicación sin contacto de rango corto (10-100m)
<b>ECMA</b>	European Computer Manufacturers' Association
<b>EMV</b>	European MasterCard VISA
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>ISO 14443</b>	ISO standard governing proximity smartcards
<b>NDEF</b>	NFC Data Exchange Format
<b>NFC</b>	Near Field Communication
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>RTD</b>	Record Type Definition
<b>TIC</b>	Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones
<b>WiFi</b>	Wireless Fidelity – wireless networking technology based on IEEE 802.11 standards
<b>ZigBee</b>	Short-range wireless communication protocol based on the IEEE 802.15.4 standard



# Resumen

La Inteligencia Ambiental (AmI) propone la creación de entornos o ambientes inteligentes que se adapten a las necesidades, gustos e intereses de la gente que vive en ellos. Su principal objetivo es crear espacios constituidos por interfaces inteligentes e intuitivas integradas en objetos cotidianos con los que el usuario interactúa de forma natural y sin esfuerzo. Estas interfaces poseen capacidad para reconocer la presencia de diferentes usuarios, y modificar su comportamiento en función de la identidad de dicho usuario, sus necesidades y las características del contexto o entorno donde se encuentren.

Dentro del campo de AmI, esta tesis se centra en el modelado de las interacciones que tienen lugar en este tipo de entornos. Para ello se hace necesario el estudio de un modelo, basado en una relación unívoca Tag-Objeto, en el que los objetos puedan tener asociadas más de una característica (en un único Tag), siendo el usuario el que decida con cuál de ellas interactúa a través de su terminal, teniendo en cuenta también los recursos disponibles en él y el historial de interacciones previas.

Un entorno inteligente, además de contener objetos aumentados con Tag RFID, estará ubicado en una localización específica, es decir, en una zona geográfica bien definida. Esta característica hace posible otro tipo de interacciones, aquellas basadas en la localización. Así, un entorno o espacio inteligente no solamente proporcionará servicios al usuario cuando interactúe con alguno de los objetos que tiene definidos, sino que también es capaz de ofrecer otros servicios al usuario basándose simplemente en su localización.

OBCAS propone una solución para el modelado de interacciones sensibles al contexto mediante reglas en ambientes inteligentes en la que las reglas no van a estar definidas de forma independiente, sino que van a formar parte del comportamiento de un conjunto de agentes. OBCAS está compuesto por un sistema multi-agente que tendrá un componente en el lado servidor y otro en el lado móvil. Todos los agentes que componen este sistema se comunican utilizando el protocolo FIPA y utilizando en el lenguaje de contenido el modelo ontológico definido en OBCAS-Ontology (Kernel). El kernel es una ontología cuya función es la representación e integración de los diferentes modelos (ontologías) y sus relaciones, de forma que representen a todos los elementos o artefactos que participan en la hipótesis para el modelado de escenarios y el desarrollo de aplicaciones NFC ubicuas y sensibles al contexto.

Este sistema puede ser utilizado en cualquier aplicación en la que se realicen interacciones sensibles al contexto, y para verificar su eficacia se ha desarrollado AGATHA, un sistema de alarmas que monitoriza el cumplimiento de un conjunto de restricciones que están asociadas a ciertos usuarios. Esta aplicación ha demostrado la rapidez con la que el sistema es capaz de reaccionar y adaptarse al contexto del usuario, evitando por ejemplo que un agresor se acerque a una víctima o que un anciano se pierda.



# Abstract

Ambient Intelligence (AmI) proposes the creation of smart environments able to adapt to the needs, tastes and interests of the people living in them. Its main objective is to create spaces constituted by intelligent and intuitive interfaces embedded in everyday objects with which the user interacts naturally and effortlessly. These interfaces have the capacity to recognize the presence of different users, and modify their behavior depending on the user's identity, needs and characteristics of the context or environment.

Within the field of AmI, this thesis is focused on the modeling of the interactions that take place in these environments. In order to do so, it is necessary to study a model based on an univocal Tag-Object relationship, where objects can have associated more than one characteristic (to one tag), and the user decides which one to interact with through its terminal. The resources available in the terminal, and the history of previous interactions are also considered.

A smart environment contains objects augmented with RFID Tag, and it is located in a specific location, i.e. a well-defined geographical area. This feature makes possible other interactions, those based on location. Hence, a space or smart environment not only provide intelligent services to the user when interacting with any of the objects that have been defined, but it is also able to provide the user with other services based simply on its location.

OBCAS proposes a solution for modeling context-sensitive interactions in smart environments through rules, in which the rules will not be defined independently, but they will be part of the behavior of a set of agents. OBCAS comprises a multi-agent system that will have a component on the server side and another one on the mobile side. All agents making up the system use the FIPA protocol, and the ontological model OBCAS-Ontology (Kernel). The Kernel is an ontology whose function is the representation and integration of the different models (ontologies) and their relationships, so representing all the elements or artifacts involved in the scenario modeling and the development of ubiquitous and context-awareness NFC application.

This system can be used in any application with context-aware interactions. In order to verify its efficacy has been developed AGATHA, an alarm system which monitors the performance of a set of constraints that are associated with certain users. This application has demonstrated the speed with which the system is able to react and adapt to the context of the user, e.g. preventing the approaching of an attacker to a victim.





# Capítulo

# 1

---

## Introducción

*Un hombre con una idea nueva es un loco hasta que la idea triunfa. (Marc Twain)*

### 1.1. **Ámbito**

Este capítulo proporciona una visión general acerca de la investigación realizada en esta Tesis doctoral. Se describirán las propiedades y características del problema planteado, concretamente se definen las propiedades que caracterizan un ambiente inteligente, indicando qué cualidades lo hacen diferentes del resto de ambientes. Además, se describen qué métodos de interacción se pueden definir en los ambientes inteligentes, y cómo se puede introducir conocimiento del entorno en las aplicaciones para adaptarlas, tanto a las preferencias del usuario, como a las características de los dispositivos a través de los cuales se realiza la interacción.

Tras la definición del problema, se realiza una exposición de la motivación de este trabajo así como sus objetivos. También se expone la metodología utilizada a lo largo de la investigación realizada.

Por último se describe la estructura del documento de Tesis.



## **1.2. Descripción del Problema**

### **1.2.1. Ambientes Inteligentes**

La Inteligencia Ambiental o Ambient Intelligence (AmI en inglés) propone la creación de entornos o ambientes inteligentes que se adapten a las necesidades, gustos e intereses de la gente que vive en ellos, ayudando a llevar a cabo sus tareas diarias mediante la integración de la informática en el entorno de la persona, de forma que los ordenadores no se perciban como objetos diferenciados [1]. Bajo el término Inteligencia Ambiental se engloban todas aquellas técnicas que permiten disfrutar de las ventajas que ofrecen las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) sin que el entorno se convierta en un factor limitante. AmI involucra varias áreas dentro del campo de la Computación, como son computación ubicua o pervasiva, sistemas inteligentes y conciencia del contexto [2].

La combinación de técnicas de diferentes disciplinas científicas permite desarrollar sistemas que permitan tanto la automatización e incorporación de tecnología inteligente a edificios y entornos, como a interfaces de usuario que faciliten la comunicación con los actuales sistemas de información y comunicación.

AmI permite modificar los diferentes entornos en los que se desarrolla la actividad diaria de las personas, adaptándose para permitir el acceso a un conjunto de servicios relacionados con el trabajo, educación, salud, ocio y tiempo libre.

Según J.C. Augusto [3] se puede definir un Ambiente Inteligente como todo aquel sistema electrónico diseñado para percibir y actuar, de manera más o menos intuitiva e inteligente, sobre un determinado entorno, permitiendo la interacción natural del usuario con el mismo. Un sistema electrónico para ambientes inteligentes estará formado por sistemas empotrados, redes de sensores cableados o inalámbricas, interfaces de usuario usables y accesibles, algoritmos de inteligencia computacional, etc. Además, se utilizarán principios de Computación Autónoma para conseguir implementar sistemas autoconfigurables y dinámicos.

### **1.2.2. Modelos de interacción**

El principal objetivo de AmI es crear espacios constituidos por interfaces inteligentes e intuitivas integradas en objetos cotidianos con los que el usuario interactúa de forma natural y sin esfuerzo. Estas interfaces poseen capacidad para reconocer la presencia de diferentes usuarios, y modificar su comportamiento en función de la identidad de dicho usuario, sus necesidades y las características del contexto o entorno donde se encuentren.

Destacan aspectos como la facilidad de uso, el soporte eficiente de los servicios y la posibilidad de mantener interacciones naturales con las personas. De esta forma, es la propia tecnología la que se adapta a los individuos y a su contexto, actuando de forma autónoma, facilitándoles la realización de sus tareas diarias y la comunicación entre ellos y con el entorno.



Estos sistemas pueden crearse bajo diversos escenarios conocidos como entornos inteligentes, en los que es posible [4]:

- Capturar las experiencias diarias, mediante la monitorización y recogida de toda la información asociada al entorno, referente al contexto, los usuarios y sus actividades.
- Acceder a la información, referida tanto a información del propio sistema, como a nueva información obtenida del exterior a través de Internet. El acceso debe ser posible desde cualquier lugar y de una manera eficiente.
- Soportar la comunicación y colaboración. El sistema debe ofrecer capacidades de comunicación con el menor esfuerzo posible y en cualquier lugar. La implementación debe ser extensible a todos los escenarios con los que conviva el usuario, interconectando los sistemas de forma eficiente.
- Desarrollar entornos sensibles al contexto. Los entornos deben ser sensibles, tanto a la información del entorno, como a la información del usuario. Para ello, el sistema dispondrá de herramientas que capturen esa información, la procesen y, en función de los resultados de ese análisis, modifiquen su comportamiento.
- Proporcionar nuevas formas de interacción hombre-máquina mediante una amplia variedad de interfaces de usuario donde el usuario interactúa con su entorno. Estos interfaces deben ser lo más naturales, ubicuos y transparentes posible. Además, deben ser multimodales para adaptarse a la gran diversidad de entornos con los que convive el usuario, y a la heterogeneidad de los dispositivos de interacción con el sistema.
- Ejercer de guía automática, es decir, el sistema debe ser capaz de detectar a los visitantes y en función de su perfil, facilitarles información y guiarles por ese entorno.
- Facilitar el aprendizaje y entrenamiento de diversas actividades.

Por último, cabe destacar que la investigación y el desarrollo del concepto de Inteligencia Ambiental no tienen por fin crear únicamente entornos inteligentes aislados, sino que aspira a lograr espacios inteligentes ubicuos, capaces de cubrir todos los ámbitos en los que se desarrolla la vida de los usuarios.

### 1.2.3. Computación Ubicua

Internet está evolucionando hacia una red ubicua, accesible en cualquier momento y desde cualquier lugar.

Computación ubicua es el acceso a gran cantidad de información y procesamiento de la misma, independientemente de la ubicación de los usuarios. Esto implica la existencia de una gran cantidad de elementos de computación disponibles en un determinado entorno físico y constituidos en redes. Los elementos están empotrados o embebidos en enseres, mobiliario y electrodomésticos comunes y comunicados a través de una red inalámbrica.



Este concepto fue acuñado por Mark Weiser en 1998 y recogido en el artículo [5].

Los ordenadores se constituyen como elemento principal de computación, almacenamiento y procesamiento de la información, pero se necesita movilidad en las redes ubicuas, pues se pretende conseguir información y servicios en cualquier sitio a cualquier hora y por cualquier usuario. Por este motivo es por lo que se empieza a ver la tecnología móvil como un elemento indispensable, sobre todo los tan extendidos teléfonos móviles que han penetrado prácticamente en la totalidad de la sociedad, y que cada vez cuentan con una mayor capacidad de procesamiento, lo que les permite procesar un amplio conjunto de información.

Otros elementos importantes son los sensores, a través de los que se obtiene información de temperaturas, luz, movimiento, etc. Pero es sin duda las tecnologías RFID [6] y su evolución, Near Field Communication (NFC) [7], la más desarrollada y utilizada en Ambientes Inteligentes.

Recientes iniciativas en el mundo de la industria móvil demuestran que los dispositivos móviles, integrados con tarjetas inteligentes (o Smart Cards) [8] pueden permitir el desarrollo de más y nuevos servicios con más seguridad, como puede ser el caso del pago a través del móvil.

EMV [9] es un estándar de interoperabilidad de tarjetas IC ("Tarjetas con microprocesador") y TPV con soporte IC, para la autenticación de pagos mediante tarjetas de crédito y débito. El nombre EMV es un acrónimo de "Europa y MasterCard VISA", las tres compañías que inicialmente colaboraron en el desarrollo del estándar. Los sistemas de tarjeta IC basados en EMV están introduciéndose de forma escalonada en todo el mundo.

Hasta ahora, los teléfonos móviles se han caracterizado por su uso remoto, pero a partir de ahora pueden jugar un rol muy importante en los servicios que se han denominado servicios de proximidad y servicios basados en la localización.

Los servicios de proximidad son servicios a los que el usuario puede acceder tan sólo acercando su terminal a una máquina o terminal que ofrece el servicio, se trata del "*Touch Paradigm*". Algunos ejemplos de servicios desarrollados bajo este paradigma son: a) entrar en la estación de metro al acercar el terminal a la puerta, b) pagar en el cine también acercando el móvil a la caja, o c) visitar un museo, son ejemplos de estos servicios de proximidad o de corto alcance.

Ya en algunos países como Londres, es posible entrar en la estación de metro o pagar en el autobús al acercar el terminal a la puerta o utilizando con tarjeta contactless [10], además se pueden realizar otras actividades como visitar el museo [11]. Incluso fue testado en los juegos olímpicos de 2012 [12] con un resultado positivo.

En otros países como en Japón [13] y Corea del Sur [14] los terminales móviles se utilizan desde hace algún tiempo para el pago del transporte público, o como una tarjeta de embarque en los aeropuertos.

En España, las ciudades que lideran el uso de NFC son Madrid con iniciativas como la creación por parte de Telefónica de un "*Distrito NFC*" a las afueras de Madrid [15]; y Barcelona que se ha convertido en un verdadero laboratorio de pruebas NFC [16], con aplicaciones como pago en el transporte, tiendas, taxis y con el uso de NFC



como llave en habitaciones de hoteles durante la celebración del Mobile World Congress en 2013.

Tres son las claves necesarias para el éxito de estos servicios:

- Simples, intuitivos y necesarios para el usuario final.
- Garantía de seguridad en la utilización de dichos servicios.
- Facilidad de implantación basada en la existencia de infraestructuras.

Por otro lado, los servicios basados en la localización, es decir, LBS (Location Based Services) o LDIS (Location Dependent Information Services), se caracterizan por ofrecer servicios al usuario cuándo éste se encuentra en una ubicación geográfica determinada. Se trata de un nuevo tipo de interacción con el entorno en la que el único movimiento que debe realizar el usuario es el de situarse en el radio de acción del espacio inteligente que ofrece los servicios.

Algunos ejemplos de aplicaciones que utilizan LBS son por ejemplo a) NTT DoCoMo i-area [17] que detecta automáticamente la zona de cobertura del móvil, y ofrece al usuario mapas con información relativa a su posición: locales cercanos, estado del tráfico, cajeros y alojamientos en la zona, información turística, ubicación y cartelera de los cines, etc. También brinda servicios para localizar en un mapa a amigos y familiares del usuario suscritos al servicio; b) Intersec Geolocator [18] con esta herramienta los operadores móviles pueden desarrollar casos de uso innovadores como la publicidad móvil geolocalizada, el geomarketing, conexiones M2M o Family Locator (para localizar los miembros de su familia); c) GeoQpons [19] aplicación que busca resolver el problema más común de los usuarios de hoy como es la falta de ofertas relevantes cerca de ellos, con cientos de ofertas frescas, los usuarios tienen muchas más opciones de encontrar ofertas ajustadas a sus necesidades mientras hacen sus compras; y d) Nokia Sports Tracker [20] una herramienta de monitoreo por GPS para dispositivos compatibles con Nokia. Realiza un seguimiento de la actividad física, trazando la ruta que recorre el usuario y proporcionando información relativa a la velocidad, la distancia y el tiempo de la actividad.

### 1.3. Motivación de la Tesis

La navegación física es un nuevo e intuitivo paradigma de interfaz hombre-máquina para usuarios móviles. Se trata de un modelo de interacción del usuario con el entorno y con objetos físicos que mantienen datos digitales y que se encuentran dentro de ese entorno “*inteligente*”.

Servicios, tales como la recuperación de la información, la comunicación entre persona-persona, el pago o expedición de billetes, y las aplicaciones profesionales pueden iniciarse con sólo tocar un objeto con un dispositivo personal del usuario.

Enrico Rukzio en [21] presenta un primer análisis y clasificación de interacciones físicas con dispositivos móviles, se describen algunas experiencias, guías y métodos para facilitar el uso de estas interacciones físicas así como algunas aplicaciones, también se muestra un análisis en temas de privacidad y se proponen una serie de



paradigmas basados en tres tipos de interacción: pointing, scanning and touching. Touching significa tocar el Tag físico con el lector para seleccionarlo, y es la fórmula elegida para desarrollar el “*Internet of Things*”.

Un Tag o etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como una pegatina, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona [6].

Si el avance tecnológico conduce a la creación de ambientes o entornos inteligentes donde la mayoría de los objetos están conectados unos a otros en una red ubicua, la tecnología NFC se presenta adecuada para ello debido a que desarrolla el “*Touch Paradigm*”. La tecnología NFC [22] es una evolución de RFID que incluye, además de la capacidad de identificación por radio frecuencia, funciones de red y Smart Cards [8], y opera a una distancia de trabajo muy corta (menor de 10 cm), lo que implica que el lector y el Tag estén prácticamente tocándose. NFC es una tecnología soportada por dispositivos móviles (teléfonos, PDAs, etc.) que incorpora un elemento seguro (Smart Card) y un modem NFC, y que permiten una comunicación bidireccional segura con cualquier otro dispositivo NFC, lector u objeto aumentado con un Tag RFID.

Además, el desarrollo de entornos complejos, redes de objetos comunicados que den lugar a lo que se ha denominado el Internet de las Cosas (“*Internet of Things*”) basados en la tecnología NFC hace necesario la propuesta de nuevos estándares y paradigmas, y la investigación y desarrollo de nuevos modelos de comunicación de los objetos entre sí T2T (Tag to Tag), y de los objetos con los usuarios T2P (Tag to Person).

Los estándares NFC actuales conducen a entornos en los que cada “*objeto*” tiene asociado una única función (un “*Tag*”), el cual es accedido por el terminal NFC y “*explotada*” la funcionalidad correspondiente a ese Tag; por ejemplo: guardar una tarjeta de visita, leer un texto, acceder a una URI mediante el browser del terminal, etc.

Básicamente esto permite transformar cualquier objeto físico en un objeto inteligente adjuntando una etiqueta RFID en el mismo, lo que implica que el objeto pueda almacenar información adicional acerca de sí mismo. A estos objetos se les suele denominar Smart Poster, aunque no necesariamente deben ser un papel en la pared, sino que también pueden ser una cartelera, la etiqueta de una ropa de vestir, una página de una revista o incluso un objeto tridimensional.

Un escenario normal correspondería a objetos simples, mono-funcionales que no se corresponden en muchos casos con diferentes escenarios reales. Ejemplos como: a) un cuadro en un museo con un Tag puede tener información del autor y del cuadro o una URI (URL) para descargarse una imagen, o comprar una litografía en la tienda del museo, etc., pero no todas ellas y que el usuario pueda seleccionar una o varias de las funcionalidades de ese objeto, b) un directorio de una empresa con información de las personas y servicios y funcionalidades sobre tarjetas de visitas, petición de entrevistas, petición de turno para acceder a los servicios, etc.

Es necesario avanzar en la investigación en este campo si se quiere llegar a poder construir escenarios reales en los que los objetos que nos rodean puedan interactuar con las personas y entre ellos. Para ello se hace necesario el estudio de un nuevo modelo, basado en una relación univoca Tag-Objeto, y en el que los objetos puedan tener asociados más de una característica (en un único Tag), siendo el usuario el que decida



con cuál de ellas interactúa a través de su terminal. Teniendo en cuenta además, los recursos disponibles en dicho terminal.

Cada objeto tendrá asociado un Tag multipropósito que incorporará toda la funcionalidad asociada al objeto. El usuario al acercar el terminal NFC al Tag recibe la relación de acciones que el objeto puede realizar, pudiendo seleccionar una o varias de ellas. Estas acciones las realizará haciendo uso de la tecnología existente en el terminal.

Un entorno inteligente, además de contener objetos aumentados con Tag RFID, estará ubicado en una localización específica, es decir, en una zona geográfica bien definida. Esta característica hace posible otro tipo de interacciones, aquellas basadas en la localización. Así un entorno o espacio inteligente no solamente proporcionará servicios al usuario cuando interactúa con alguno de los objetos que tiene definidos, sino que también es capaz de ofrecer otros servicios al usuario basándose simplemente en su localización.

Todo esto hace necesario el desarrollo de un modelo para las diferentes interacciones que tienen lugar en un entorno inteligente. Y para que éstas interacciones proporcionen servicios que se ajusten a sus necesidades y a los recursos disponibles, es necesario que se definan un conjunto de reglas que guíen dicha interacción.

## 1.4. Hipótesis de partida y objetivos de la Tesis

A partir de la visión de Weiser [23] de un mundo totalmente conectado a través de ordenadores invisibles asociados a cualquier objeto del entorno, la computación ubicua es una línea de investigación y desarrollo de gran importancia. Tecnologías no invasivas como RFID y, recientemente NFC, permiten asociar a cualquier objeto del mundo real la capacidad de interacción, y ofrecer información y servicios a través de la “nube” a los usuarios en cualquier lugar y en todo momento (“*Internet of Things* (IoT)”). Por otro lado, gracias a sensores como el GPS, se puede conocer la ubicación del usuario en todo momento y ofrecerle aquellos servicios que se encuentren a su alrededor.

Uno de los grandes desafíos que se presenta en la computación ubicua es la capacidad de los sistemas de adecuarse a las características del entorno y contexto en los cuales se producen las interacciones del usuario con el entorno.

Actualmente las soluciones propuestas para IoT son ad-hoc, en las que el contexto está delimitado y bien definido para un conjunto restrictivo de interacciones objeto-usuario. La adecuación al contexto del modelo de interacción que hace uso de NFC (“*Touching Paradigm*”) o los sistemas de localización, requieren de una solución general adecuada al entorno, usuario y a los diferentes modelos de interacción que se puedan producir.

### 1.4.1. Hipótesis de Partida

La **Hipótesis de Partida** establece que: *“Es posible proponer un modelo general Touch Paradigm y basado en la localización para el desarrollo de aplicaciones IoT que*





*posibilite adaptar al contexto, las interacciones entre el usuario y el entorno, a través del uso de reglas”.*

Esta hipótesis se fundamenta en:

- **Propuesta 1:** Es posible extraer y modelar aquellos parámetros o variables que intervienen en el contexto de una interacción IoT y modelar estos parámetros en artefactos definiendo sus propiedades y relaciones, construyendo un modelo abstracto mediante el cual puedan ser representados diferentes entornos y contextos de interacción.
- **Propuesta 2:** Las interacciones con el entorno pueden ser personalizadas teniendo en cuenta el contexto en el cual son realizadas, mediante el conocimiento de las características del contexto.
- **Propuesta 3:** Esta adaptación puede ser realizada mediante el uso de reglas que tengan en cuenta los artefactos que participan en el entorno y contexto de interacción. Estas reglas deben considerar propiedades y relaciones del entorno, usuarios, objetos, modelo de interacción, así como preferencias, y su relación con los servicios y los dispositivos que los prestan.

### 1.4.2. Objetivos

Esta Tesis se engloba dentro de un proyecto más general denominado “*Modelado de Ambientes Marcados y Desarrollo de Herramientas para Interacciones NFC Sensibles al Contexto (Midas-II)*”. Proyecto: TIN2011-24312 (vigencia: 2011-2014).

La finalidad de la investigación planificada en el proyecto MIDAS-II es llevar a cabo estudios, proponer modelos y desarrollar herramientas para el fortalecimiento y avance de la tecnología NFC, proponiendo un marco de conocimiento para el diseño, modelado y desarrollo de escenarios inteligentes con los que el usuario interactúa de forma personalizada y desarrollando un conjunto de productos que, soportando los modelos propuestos, permitan la construcción de estos escenarios, su despliegue, la localización y aprovisionamiento de los servicios NFC ofrecidos por los objetos bajo diferentes contextos de interacción.

En el desarrollo de este proyecto se recogen las siguientes actividades:

- Propuesta de un marco ontológico mediante el cual se pueda modelar aquellos contextos en los que se producen interacciones mediante la tecnología NFC en ambientes inteligentes sembrados de objetos aumentados. Se trata de un modelo ontológico o Kernel basado en la representación y definición de escenarios complejos mediante la representación relacionada de servicios, reglas, recursos y dispositivos (Modelo SRRD).
- Propuesta de una solución para la captura de la información relativa a las interacciones NFC y mediante la cual se pueda adaptar el contexto evolucionando a estados adaptados a los actores que participan.
- Generación de escenarios adaptados al contexto de interacción a través de reglas en aplicaciones NFC.



- Modelado de una herramienta front-end (MIDlet) neutra para dispositivos móviles con NFC, adaptable a cualquier entorno, escenario y contexto, que permita dirigir la interacción NFC a partir de las definiciones lógicas del escenario, y un entorno de diseño, desarrollo, despliegue y explotación de los escenarios basado en las definiciones, modelos y herramientas propuestas.
- Prueba, refinamiento y validación de la propuesta mediante su aplicación a diferentes escenarios que abarquen problemas, entornos, aplicaciones y funcionalidades en el ámbito del proyecto.

En el proyecto se realiza una propuesta basada en que en un escenario los objetos aumentados (pasivos y activos) están relacionados entre sí, ofreciendo múltiples servicios adaptados a los diferentes contextos de interacción, definiendo para ello un modelo generalizado que posibilite el diseño y construcción de diferentes tipos de escenarios, el posterior despliegue de las aplicaciones y la gestión de los diferentes tipos de interacciones que se producen entre el usuario y el escenario.

Para esta Tesis, el **Objetivo General** es el modelado de interacciones de forma que puedan ser acomodadas al contexto en el cual se llevan a cabo.

Para dar solución a esta hipótesis de partida se definen los siguientes objetivos específicos:

#### 1. **Objetivo Específico 1**

Proponer un modelo general que permita definir escenarios de interacción sensibles al contexto en entornos inteligentes en los que la interacción se lleve a cabo bien mediante la localización o bien mediante la tecnología NFC. También se consideraran aquellas otras tecnologías de comunicación o sensores que están disponibles en los dispositivos móviles con los que NFC interacciona.

#### 2. **Objetivo Específico 2**

Establecer los artefactos, información, sus fuentes y sumideros, los procesos y actividades, relaciones y restricciones que se producen en este tipo de entornos marcados e interacciones NFC, generando un modelo generalizado que sirva para la construcción y definición de los escenarios y la portabilidad de los mismos.

#### 3. **Objetivo Específico 3**

Modelar la información y diseñar los mecanismos de captura o recogida de la información que se aprovisiona y recoge en las interacciones, de forma que pueda ser analizada y procesada para generar el conocimiento necesario que permita adaptar el contexto de interacción.

#### 4. **Objetivo Específico 4**

Proponer un modelo basado en reglas, que inmerso en el modelo propuesto, y alimentado por la información recogida y procesada, genere nuevo conocimiento encargado de adaptar el contexto de interacción.



## 1.5. Metodología de Investigación

El proceso de investigación seguido por este trabajo de Tesis doctoral hace uso de la metodología investigación-acción (Action-Research) desarrollada por Kurk Lewin [24]. Se trata de una investigación aplicada, destinada a encontrar soluciones a problemas que tenga un grupo, una comunidad, una organización, en la que los propios afectados participan en la misma.

Esta metodología persigue dos finalidades: resolver problemas prácticos y la creación de conocimiento a través de esos mismos problemas y en colaboración con los participantes.

Metodológicamente, dicho proceso se compone de un bucle en el que se repiten: planificación, la ejecución y la evaluación, donde la evaluación de una acción se convierte, a través de la reflexión, en la base para la planificación de la siguiente y así sucesivamente.

Siguiendo esta metodología de investigación, se identifican 6 etapas, que serán brevemente comentadas a continuación:

### I. Definición del problema y descripción de sus características

Esta actividad consiste en el estudio del problema realizando un análisis del contexto de interacción para poder realizar una definición del problema, exponiendo de una forma adecuada sus características. Además se propone una hipótesis para solucionar total o parcialmente dicha problemática, así como plantear los objetivos para lograrlo.

La primera actividad consiste en el estudio de la situación. Se procederá a extraer aquellos elementos o variables que participan en un contexto de interacción, determinando sus características, propiedades y relaciones, actividades o servicios asociados y entornos o escenarios en los que existen y cómo participan en los mismos. La información y funcionalidad general de estos elementos será elicitada para permitir proponer un marco de definición o Kernel que los integre en un modelo generalizado.

Se trata de una especificación general, que no por ello completa, que permita posteriormente proponer un modelo general, que se pueda adaptar a la definición de cualquier contexto de interacción IoT.

Dada la complejidad de la actividad, se centrará en la definición de un marco abstracto de representación que permita la integración de diferentes modelos específicos para cada uno de los diferentes artefactos elicitados en la actividad.

### II. Actualización y revisión constante e incremental del estado del arte.

Se analiza el estado del arte de las áreas, tecnologías y desarrollos relacionados con la presente investigación, para obtener un marco teórico sustentable que permita enriquecer el conocimiento y mejorar el proceso de desarrollo.

Las principales tecnologías son:



- Los diferentes teléfonos móviles del mercado, con análisis del sistema operativo sobre el que funcionan, capacidad de procesamiento, memoria, número de sensores y conectividad.
- Estudio de la tecnología NFC/RFID: estándares y APIs.

Por otro lado, las áreas de interés destacadas son

- Ambientes Inteligentes.
- Internet de la cosas.
- Computación Ubicua.
- Modelado del conocimiento a través de Ontologías.
- Estudio del contexto en el desarrollo de aplicaciones.
- Sistemas Multi-Agente.

En último lugar, se realizará una continua búsqueda de desarrollos relacionados con la investigación actual para tratar de incorporar a nuestro desarrollo aquellos avances que puedan resultar de interés.

### **III. Diseño y desarrollo gradual e iterativo del modelo de la propuesta**

Partiendo de la información obtenida de las actividades anteriores, se diseña y desarrolla un modelo que integre los componentes necesarios para proponer una solución útil y novedosa a la problemática definida, siguiendo los objetivos planteados.

Esta actividad consiste en dos tareas principales:

#### *A. Modelado del contexto*

En esta tarea se procederá a la formalización e implementación del modelado del contexto o Kernel en el cual puedan definirse diferentes contextos de interacción y su adaptación al entorno. El Kernel es una ontología cuya función es la representación e integración de los diferentes modelos (ontologías) y sus relaciones, de forma que representen a todos los elementos o artefactos que participan en la hipótesis para el modelado de escenarios y el desarrollo de aplicaciones NFC ubicuas y sensibles al contexto.

Esta tarea consiste en la definición de un modelo que pueda integrar a las definiciones de los escenarios y objetos, así como, posteriormente los servicios, recursos, reglas, dispositivos, y cualquier otro elemento que participa en las interacciones.

Para la realización de este trabajo se utilizarán los lenguajes de representación de conocimientos estándares actualmente aceptados (RDF, OWL, SWRL, XML, etc.).



### *B. Adaptación del contexto basado en reglas*

Lo primero es la recolección de requisitos completa que permita realizar una especificación completa y formal del artefacto “reglas” dentro de la hipótesis de trabajo. Se trata de una tarea compleja y relacionada con las anteriores en la que ya se ha realizado una extracción de requisitos a un nivel de abstracción elevado para este artefacto y para otros que intervienen en el problema.

Bajo una visión holística, las reglas guían los servicios (no tratados en profundidad en esta Tesis) que ofrecen los objetos en base a: a) las propiedades de los objetos, b) las propiedades de los servicios, c) la actividad del usuario, d) las preferencias del usuario, y d) el dispositivo utilizado, así como otra información que puede ser inducida en base a interacciones previas, estado del entorno/escenario, etc.

Las reglas serán definidas de forma que puedan ser utilizadas por agentes software implementados, tanto en aplicaciones móviles, como en el lado servidor.

## **IV. Desarrollo de la solución teórica y computacional**

Esta tarea se extenderá a lo largo de la mayor parte del trabajo de investigación y tiene diferentes objetivos asignados. El trabajo consistirá en la implementación de la solución teórica aportada, generando un estándar, o ampliación de los existentes, que permita el desarrollo de aplicaciones IoT sensibles al contexto que puedan usar NFC.

En esta actividad será necesaria la utilización de estándares de modelado y descripción de reglas, de forma que las mismas puedan ser integradas con los modelos de los otros componentes.

## **V. Validación de la propuesta**

Las soluciones formales, teóricas y computacionales, obtenidas a lo largo del proyecto, serán testeadas contra diferentes escenarios a lo largo del marco temporal del mismo, con el objetivo de su validación y necesario refinamiento.

La finalidad de esta actividad es doble: a) realizar una validación completa de los alcances, comprobando la validez de los mismos, y b) y su aplicación a problemas reales para demostrar su viabilidad.

## **VI. Resultados, publicación y difusión**

A lo largo del periodo de investigación se procederá a la difusión y publicación de los resultados obtenidos en revistas y conferencias de carácter nacional e internacional de prestigio reconocido en la línea de investigación en la que se encuadra el trabajo.



## 1.6. Organización de la Memoria

Tras el presente capítulo de introducción, se definen los fundamentos teóricos y se presenta el estudio del estado del arte realizado. En los Capítulos 4, 5 y 6 se describen los componentes principales del sistema propuesto. El Capítulo 7 presenta AGATHA como aplicación desarrollada bajo el paradigma de desarrollo propuesto. Finalmente, el Capítulo 8 recoge las conclusiones y líneas futuras. El capítulo 8 se encuentra tanto en castellano como en inglés.

El contenido de los diferentes capítulos, se describe de un modo general a continuación:

### I. Capítulo 1. *Introducción.*

En este capítulo se define el problema, exponiendo sus principales características. Se exponen las justificaciones que motivan la realización de este trabajo y se establecen los objetivos.

Por último, se describe la metodología usada durante el proceso de investigación y se expone la estructura del documento.

### II. Capítulo 2. *Fundamentos Teóricos.*

Este capítulo presentan un conjunto de definiciones acerca de los conceptos más importantes como son: *Computación Ubicua*, *Inteligencia Ambiental*, *Tecnología NFC/RFID*, *Contexto*, *Aplicaciones Context-Awareness*, *Smart Interactions*, *Lenguajes de representación de Conocimiento* y *Reglas*. Además se justifica las diferentes decisiones tomadas tanto a nivel metodológico, paradigmático, de lenguajes de programación, plataformas de desarrollo y cualquier otro ámbito relacionado con el sistema.

En este capítulo también se realiza una recopilación de los principales elementos que componen un Entorno Inteligente, describiendo sus características de forma que posteriormente se puede realizar una modelización de los mismos.

### III. Capítulo 3. *Revisión Bibliográfica y Estado del Arte.*

Este capítulo trata de recoger todas aquellas aportaciones realizadas por diferentes investigadores relacionadas con la temática recogida en esta Tesis. Se va a realizar un análisis exhaustivo de los trabajos de investigación pertenecientes a las categorías de:

- Modelado de contexto a través de los dispositivos móviles.
- Modelado de Ambientes Inteligentes sensibles al contexto.

### IV. Capítulo 4. *OBCAS: Ontology-Based Context awareness System.*

En el capítulo 4 se presenta la arquitectura completa del sistema OBCAS, mostrando una visión general de todos los elementos del sistema. Posteriormente, en los siguientes capítulos se detallarán los dos grandes componentes, el modelo ontológico y la arquitectura multi-agente.



**V. Capítulo 5. *OBCAS-Ontology (Kernel)*.** Modelo ontológico para el modelado de interacciones sensibles al contexto en ambientes inteligentes mediante reglas.

En el capítulo 5 se tratan todos aquellos aspectos relacionados con el desarrollo del modelo ontológico definido para el sistema OBCAS. Dicho modelo se conocerá como “Kernel”.

El Kernel contará con varios niveles de especificación y constará de varios conjuntos de ontologías, las cuales describirán los diferentes aspectos que son manejados por el sistema OBCAS.

**VI. Capítulo 6. *OBCAS-Architecture*.** Sistema Multi-Agente para la adaptación del contexto basada en reglas.

Este capítulo describe la arquitectura del sistema, dicha arquitectura está basada en un sistema multi-agente que será el encargado de implementar las reglas que guían los servicios a través de sus comportamientos.

**VII. Capítulo 7. *AGATHA: Alert Group of Agents to Huge Areas*.**

Este capítulo presenta AGATHA, una aplicación del sistema OBCAS a un problema concreto, el problema de la monitorización de diferentes grupos de personas a través de su dispositivo móvil.

AGATHA ofrece un conjunto de servicios de alarma que son disparados cuando, de acuerdo al rol del usuario, se comprueba que las precondiciones establecidas para unas determinadas restricciones son ciertas. Las restricciones pueden ser geográficas, de comunicación o de movimiento.

**VIII. Capítulo 8. *Conclusiones y Líneas Futuras*.**

En este capítulo se recogen las conclusiones obtenidas en esta Tesis, así como los objetivos alcanzados.

También en este capítulo se presentan las líneas futuras que permitirán la continuación de esta investigación.

## Capítulo

# 2

---

## Fundamentos Teóricos

*Los que se enamoran de la práctica sin la teoría son como los pilotos sin timón ni brújula, que nunca podrán saber a dónde van. (Leonardo Da Vinci)*

### 2.1 Introducción

Hasta que en 1991 Mark Weiser, un investigador del Palo Alto Research Center de XEROX, publicó el trabajo “The Computer for the Twenty-First Century”, las interacciones hombre-máquina (HCI) tenían lugar mediante la utilización de computadores [23].

La propuesta de Weiser se fundamenta en que la interacción actual usuario-computadora no es la adecuada. La computadora es un dispositivo demasiado complejo, su manipulación requiere mucha dedicación exclusiva, distrayendo la atención del usuario de la tarea que tiene que realizar. Por tanto, parece lógico defender la “desaparición” de las computadoras. Se propone la integración de dispositivos alrededor de escenarios donde se encuentre localizado el ser humano, en el que éste puede interactuar de manera natural con sus dispositivos y realizar cualquier tarea





diaria de manera completamente transparente con respecto a los elementos de computación.

La integración de la computación en el entorno de la persona se denomina “Computación Ubicua”. Un sistema de computación ubicua debe ser capaz de: a) identificar al usuario, b) reconocer el estado del usuario, c) inferir sus necesidades y d) actuar proactivamente.

El término Computación Ubicua (Ubiquitous Computing), fue acuñado hace más de diez años por el propio Mark Weiser [5]. Weiser ve la tecnología solamente como un medio para un fin y como algo que debería quedar en segundo plano para permitir al usuario concentrarse completamente en la tarea que está realizando. En este sentido, el ordenador como dispositivo dedicado debería desaparecer, mientras que al mismo tiempo debería poner a disposición de todo lo que nos rodea sus capacidades de procesamiento de la información.

Weiser ve el término Computación Ubicua en un sentido académico e idealista, como una visión de tecnología discreta, centrada en la persona, mientras que la industria, por este motivo ha acuñado el término Computación Pervasiva o Ampliamente Difundida (Pervasive Computing) con un enfoque ligeramente diferente [25]. Aunque la visión de la Computación Pervasiva siga siendo integrar el procesamiento de la información en objetos cotidianos de forma casi invisible, su objetivo principal es utilizar tales objetos en un futuro próximo en el ámbito del comercio electrónico y para técnicas de negocios basados en la Web.

Uno de los dispositivos destacados en la era de la computación ubicua es el dispositivo móvil, que gracias al incremento de la capacidad de procesamiento, memoria y sobre todo al importante número de sensores que incorpora, lo convierten en el dispositivo apropiado para el nuevo modelo de interacciones propuesto por Weiser.

El teléfono móvil va a identificar al usuario a través del IMEI del dispositivo y el número de serie de la tarjeta SIM que usa el dispositivo, uno de los principales requisitos de un Ubiquitous Computing System (UCS). Una vez que el dispositivo es capaz de reconocer al usuario a través del dispositivo, lo siguiente será reconocer el estado del usuario, para ello será necesario tener información del contexto. Esta información de contexto se va a obtener a partir de los sensores. A continuación con la información acerca del usuario y su estado, el sistema será capaz de inferir sus necesidades y actuar proactivamente, teniendo además en cuenta sus preferencias, obtenidas o bien explícitamente de las preferencias seleccionadas por el usuario, o bien implícitamente de interacciones previas.

La computación ubicua implica la existencia de una gran cantidad de elementos de computación disponibles en un determinado entorno físico y constituidos en redes. Los elementos están empotrados o embebidos en enseres, mobiliario y electrodomésticos comunes y comunicados en red inalámbrica, principalmente por Radio Frecuencia.

Así, la computación ubicua necesita de los siguientes requerimientos tecnológicos:

- Hardware no perceptible a simple vista



- Infraestructura de comunicaciones móviles y fijas homogeneizada
- Redes de dispositivos dinámica y distribuidas de manera masiva
- Interfaces de interacción más natural con humanos
- Fiabilidad y seguridad en los sistemas

Cuando se cuenta con estos requerimientos, ya se está en disposición de proponer distintas soluciones en las que aplicar computación ubicua y con ello crear ambientes inteligentes, propiciando verdaderas “sociedades de redes ubicuas”, donde esta tecnología esté tan entrelazada en el tejido de la vida cotidiana, que sea imposible distinguirla.

## 2.2 Elementos de un Entorno Inteligente

La definición de sociedades de redes ubicuas abarca una amplia gama de tecnologías de la información y las comunicaciones, tales como ordenadores, dispositivos móviles, sensores, RFID, NFC, ZigBee, etc.

Para que la tecnología sea útil para los usuarios, es necesario en primer lugar que sea intuitiva, pues toda puesta en contacto de una nueva tecnología por parte del usuario, requiere un tiempo de acondicionamiento, en el cual el usuario aprende a utilizarlo y se va familiarizando con su uso [6]. Pero se puede reducir o incluso eliminar este tiempo de acondicionamiento cuando las tecnologías son intuitivas y están integradas en elementos que el usuario utiliza ya de forma habitual.

Este es el caso de tecnologías como NFC/RFID, las cuales permiten una interacción de forma natural e intuitiva con elementos del entorno simplemente acercado un dispositivo móvil como el teléfono a un Tag incorporado en los objetos. En estos casos el usuario es completamente ajeno a la complejidad tecnológica y de implementación bajo la cual es posible establecer una comunicación entre los objetos y el teléfono.

Otras tecnologías como aquellas que se pueden utilizar para la localización como GPS, Bluetooth, Wi-fi o incluso RFID, permiten situar al usuario en un determinado entorno pudiendo ofrecerle servicios e información sin que el usuario debe realizar ninguna acción y sin conocimiento acerca de la tecnología necesaria para ello.

### 2.2.1. Fundamentos Técnicos de los Sistemas NFC/RFID

La fuerza motora que hay detrás de los desarrollos tecnológicos dinámicos es la microelectrónica, donde la progresión ha cumplido verdaderamente la Ley de Moore [26] durante estas décadas. Los recientes logros en los campos de los microsistemas y de la nano-tecnología están adquiriendo también cada vez más importancia.

De uno de estos logros aparece la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, también denominada RFID, que está llamada a ser la tecnología más influyente de todos los tiempos, con un impacto en la sociedad superior al que supuso



la aparición de la televisión o Internet. Esta tecnología, utilizada ya para aplicaciones como la identificación de mascotas y el control de accesos sin contacto, está basada en la lectura de etiquetas con chip, a distancia y sin necesidad de visión directa.

Básicamente, RFID y NFC utilizan los mismos estándares funcionales. Sin embargo, uno de los factores importantes que le falta a RFID, y lo que sería la extensión esencial de esta tecnología, es la comunicación entre dos dispositivos activos. NFC logra justamente esto que no consigue RFID y difiere de éste principalmente por dos motivos:

1. Los protocolos de las contactless cards y smart cards sólo soportan la comunicación entre dispositivos con energía y tags pasivos, pero NFC al mismo tiempo provee comunicación P2P (Peer-to-Peer), lo que le permite a 2 dispositivos interconectarse, haciéndola mucho más poderosa.
2. NFC no puede ser activado remotamente por accidente o involuntariamente. El teléfono obliga a que deba existir un acercamiento entre dispositivos antes de iniciar una comunicación.

NFC combina la característica de leer y emular Tags RFID, y también de intercambiar datos entre dispositivos electrónicos que tengan carga de energía. En otras palabras, NFC y su evolución a partir de otras tecnologías contactless han dejado en ella un legado que la convierte en una versión “mejorada” de lo que pueden ser esas otras tecnologías al servicio de los usuarios finales.

### **2.2.1.1. Tecnología RFID**

RFID (siglas de Radio Frequency IDentification, en español identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o Tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática) [27].

En los Sistemas RFID la transmisión de los datos se realiza mediante la codificación de la información a través de ondas radiales. La codificación es un patrón de modulación que es comprendido y compartido por el transpondedor y el receptor. Como el código Morse, la codificación por radio frecuencia se basa en dos estados, modulado y no modulado. Los sistemas RFID están compuestos por un lector y una etiqueta. Cuando se enciende el lector, éste emite una señal de radio de corto alcance que activa un microchip en la etiqueta, lo que permite la lectura de una pequeña cantidad de datos que pueden ser almacenados en la misma.

#### **a. Etiquetas RFID**

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Son la forma de empaquetar más habitual de los Tags RFID, lo que significa que es de suma importancia la calidad de la respuesta que una



etiqueta con chip pueda tener a la interacción de las ondas electromagnéticas emitidas por una antena RFID.

Las etiquetas RFID no dejan de ser Tags RFID pero con unas connotaciones muy importantes como su flexibilidad, su “delgadez”, la capacidad para poder ser impresas con código humanamente legible en su cara frontal y las capacidades de memoria dependen del chip que lleve incorporado.

Esto permite transmitir y recibir hasta varios cientos de bytes sin cables en un espacio de unos cuantos milisegundos. Los transpondedores tienen unos tamaños de unos cuantos milímetros cuadrados, son tan delgados como una hoja de papel y están disponibles como etiquetas de dirección flexible por menos de un euro la pieza. Por lo que por unos cuantos euros ya se pueden fabricar completos sistemas computerizados en un solo chip de solamente unos pocos milímetros cuadrados y con varios kilobytes de memoria (suficientes para un sistema operativo sencillo).

Esta tecnología se utiliza principalmente para tarjetas inteligentes, pero se puede encontrar también en sistemas incrustados, con procesadores integrados en todo tipo de aparatos para realizar tareas de control. Estos procesadores – junto con sensores apropiados, interfaces de entrada y salida y capacidades de comunicación – son los componentes básicos que podrán llegar a transformar en inteligentes los objetos del mundo real.

#### **b. Lectores RFID**

El lector OmniKey CardMan 5321 [28] ofrece una interfaz dual que permite tanto la lectura como la escritura (ambas a 13.56 MHz) de Smart Cards que no requieran para ello contacto con el dispositivo lector y de prácticamente cualquier tarjeta que sí lo requiera. Esta característica de la interfaz dual permite entornos de usuarios finales en los que se puedan dar el uso tanto de tarjetas que requieran contacto (Contact Smart Cards) como aquellas que no les sea necesario (Contactless Smart Cards). El lector soporta tarjetas Contactless Smart Card de hasta 848kbps en el modo de transmisión más rápido permitido y definido por la norma ISO 14443 [29].

Este lector proporciona una manera económica y sencilla para que los usuarios finales puedan implementar nuevas aplicaciones para todos estos tipos de tarjetas sin demasiados problemas. Además, el CardMan 5321 facilita a sus usuarios la experiencia, la comodidad, velocidad y seguridad de esta tecnología inalámbrica en aplicaciones para Windows, redes, sitios Web, almacenamiento seguro de nombres de usuario, contraseñas, e información personal.

#### **c. Clasificación de los Sistemas RFID**

Los sistemas RFID se clasifican dependiendo del rango de frecuencias que usan. Existen cuatro tipos de sistemas: de frecuencia baja (entre 125 ó 134,2 kilohercios); de alta frecuencia (13,56 megahercios); UHF o de frecuencia ultraelevada (868 a 956 megahercios); y de microondas (2,45 gigahercios). Los sistemas UHF no pueden ser utilizados en todo el mundo porque no existen regulaciones globales para su uso.



Dependiendo de las frecuencias del sistema RFID, el coste y el alcance, las aplicaciones son diferentes.

Actualmente se utilizan para el seguimiento de mercancías en almacenes u otros sitios (bibliotecas, etc...), logística, etiquetado de mercancía, control de acceso, identificación de mascotas, sistemas antirrobo, sistemas de encendido de automóviles sin llave, pago de peajes, identificación de personal, control y seguimiento de deportistas en competición, identificación de personas hospitalizadas, seguimiento de maletas en aeropuertos, pasaportes, control de expedientes en juzgados, control de falsificaciones de recetas médicas, seguimiento de dinero, etc. [30]. En definitiva, las aplicaciones del sistema RFID son infinitas, ya que la única limitación es la imaginación [31].

### 2.2.1.2. Tecnología NFC

NFC son las siglas de Near Field Communication, Comunicación de Campo Cercano, se conoce así porque trabaja a una distancia de unos pocos centímetros. Opera en la frecuencia 13,56 MHz, banda en la que no se necesita licencia administrativa [32].

La distancia es de 0-20cm, lo que significa que la comunicación solamente se establece si los dispositivos están prácticamente tocándose. La distancia efectiva a la que puede trabajar este tipo de conexión depende del desarrollo de la etiqueta y del lector, pero en el caso de la solución de Nokia y Samsung, que son los terminales con el que trabajaremos, se trata de unos pocos centímetros. Esto es una ventaja a la hora de atender servicios que implican una necesaria privacidad, como pueda ser el caso de pago de recibos. La necesidad de proximidad evita errores, cruces de información con terceros, etc.

Fue en el año 2002 cuando Philips y Sony decidieron ponerse de acuerdo para investigar juntos con el fin de conseguir un protocolo compatible con sus tecnologías propietarias “contactless” (sin contacto físico) existentes en el mercado: Mifare, del primero; y FeliCa, del segundo. Como evolución de ambas, surge ahora la tecnología NFC.

El pequeño radio de acción de esta tecnología es una gran ventaja por dos motivos:

1. El primero ya se ha comentado, y es que resulta idóneo para atender a servicios que impliquen una necesidad de privacidad, como una operación de pago.
2. El segundo es que, al estar tan cerca ambos dispositivos, se evitan los errores en la comunicación y se asegura una mayor eficacia en la transmisión de datos. La información que se emite y se recibe entre ambos no es masiva, como pudiera ser la de otras tecnologías inalámbricas del tipo WiFi o Bluetooth, sino que es una comunicación entre dispositivos con capacidad de proceso como teléfonos móviles, PDAs, PCs o lectores de etiquetas.

NFC proporciona un modo de acceso a los servicios muy familiar e intuitivo para todo tipo de usuarios, pues no requiere ninguna configuración previa, basta con acercarse al dispositivo a la fuente emisora, es decir, tocarla.



Los principales componentes de un dispositivo móvil NFC son una bobina o antena incorporada en el interior del teléfono, el chip NFC y el denominado elemento seguro que es un chip con características de seguridad similares a las encontradas en las tarjetas inteligentes y que se encarga de procesar de forma segura las transacciones.

Existen dos formas en que opera la comunicación NFC: pasiva y activa. En el modo activo, cada uno de los dispositivos dispone de una fuente interna de poder, y además genera su propio campo magnético para transmitir los datos. Por otro lado, en el modo pasivo, solo uno de los dispositivos es quien genera el campo magnético, mientras que los otros terminales, por medio del acoplamiento inductivo, absorben energía para poder comunicarse e intercambiar datos con el dispositivo activo. El modo de comunicación pasivo es muy importante para dispositivos de ahorro de energía, como los teléfonos móviles y PDAs, donde se hace necesario priorizar el uso de la energía.

Existen tres formas de utilizar NFC:

1. *Emulación de tarjetas*: El dispositivo NFC se comporta como una contactless card y puede ser utilizado para el manejo de sistemas de pagos basados en diferentes métodos como MIFARE, Visa payWave, MasterCard PayPass o American Express ExpressPay.
2. *Modo Reader*: Esta forma es una de las más comunes y utilizadas hoy en día; en donde el dispositivo NFC se encuentra en modo activo y lee un Tag RFID pasivo; como lo es por ejemplo la lectura y almacenamiento de una dirección web, datos de una localización o cupones publicitarios.
3. *Modalidad P2P*: Dos dispositivos NFC se comunican entre sí para el intercambio de información.

### 2.2.1.3. NFC-Forum y Estándares

En 2004, Philips, Nokia y Sony fundaron el NFC-Forum, una asociación industrial sin ánimo de lucro, para promover esta tecnología [33]. Sus miembros quisieron que NFC fuera compatible con otras formas de tecnologías contactless, como la ISO 14443A, implementada en los productos MIFARE de Philips y PicoPass de Inside Contactless; y la ISO 14443B, el estándar más popular usado con la tecnología FeliCa de Sony. Al igual que NFC ambas operan en los rangos de frecuencia de 13.56 MHz.

En junio de 2006, el NFC-Forum introdujo la arquitectura estandarizada de la tecnología, las especificaciones iniciales y los formatos de Tags para dispositivos compatibles con NFC. Estos incluyen NDEF (Data Exchange Format), y tres especificaciones iniciales para RTD (Record Type Definition) para posters inteligentes, texto, y aplicaciones de lectura de recursos de internet.

Actualmente la colaboración técnica y de negocios relacionada con NFC se realiza bajo los acuerdos del NFC-Forum. Sus miembros principales son: NXP (Philips), Sony, Nokia, HP, Texas Instruments, NEC, Samsung, Motorola, MasterCard, Visa, Panasonic, Microsoft, Gemalto, Vodafone, NTT DoCoMo y Siemens, entre otros. En otras palabras, todos los jugadores principales del mercado de las comunicaciones móviles y electrodomésticos.



## 2.2.2. Dispositivos NFC para las interacciones

Según el último informe de investigación de Berg Insight [34], las ventas mundiales de teléfonos móviles que ofrecen Near Field Communication (NFC) se incrementó de diez millones a 30 millones de unidades en 2011. Creciendo a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 87,8 por ciento, y se prevé llegar a 700 millones de unidades en 2016.

Hasta la fecha, los dispositivos móviles NFC disponibles en el mercado son:

- **ANDROID:** Nexus S, Google Nexus S 4G, Galaxy Nexus, Samsung Galaxy S II, III y IV (no todas las versiones), Samsung Galaxy Note (no todas las versiones), HTC Amaze 4G, Turckell T20.6 (Huawei Sonic), Sony Xperia S, HTC One X, Panasonic Eluga, LG Optimus 5,7 y 9.
- **SYMBIAN S40 & J2ME:** Nokia 6212 Classic, Nokia 6131 NFC, Nokia 6216 Classic (Nokia canceló el desarrollo del teléfono en febrero de 2010), Nokia 3220 + NFC Shell, Nokia 5140(i) + NFC Shell.
- **SYMBIAN S60 (Anna, Belle) & J2ME:** Nokia 600 (Oficialmente cancelado), Nokia 603, Nokia 610, Nokia 700, Nokia 701, Nokia C7 , Nokia C7Astound y las variantes Nokia Oro, con la característica NFC habilitada para comenzar a funcionar con el lanzamiento de Symbian Anna.
- **J2ME:** Samsung S5230 Tocco Lite/Star/Player One/Avila, Samsung SGH-X700 NFC, Samsung D500E.
- **BADA:** Samsung Wave 578
- **MEEGO:** Nokia N9
- **BLACKBERRY:** Blackberry Bold 9790 (Codename Bellagio), BlackBerry Bold 9900/9930 (Codename Dakota/Montana), BlackBerry Torch 9810/9860 (solo en India), Blackberry Curve 9350/9360/9370/9380.
- **WINDOWS MOBILE 6.0:** Benq T8011
- **WINDOWS PHONE 7 (MANGO):** Nokia Lumia 610 NFC,
- **WINDOWS PHONE 8:** Nokia Lumia 520, 620, 720, 820, 925
- **OTROS:** SAGEM my700X Contactless, LG 600V contactless, Motorola L7 (SLVR), Sagem Cosyphone, Sonim XP1301 CORE NFC

De entre estos dispositivos, con capacidad NFC, se utilizarán aquellos que además sean Smartphone, es decir, tengan una alta capacidad de procesamiento y cuenten con un conjunto alto de sensores, que serán los que proporcionen al sistema información acerca del contexto físico.



## 2.3 Descripción del Contexto

A pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas en los últimos años, existe desacuerdo en la denominación del concepto de “context” y aplicaciones “context-awareness”.

El mismo desacuerdo entre los investigadores existe en la propia definición de contexto, aunque todas las acepciones tienen en cuenta al usuario, su estado (incluso emocional), el entorno físico y tecnológico, y la interacción entre todos ellos.

Por *contexto* se entiende que es cualquier información que caracterice una situación relacionada con la interacción entre personas, aplicaciones y entorno.

Esta definición es un poco genérica, por lo que en los siguientes apartados se va a tratar de dar una definición más completa utilizando para ello definiciones de autores que han trabajado sobre este concepto. Después de dar una definición de contexto se va a realizar una clasificación de los diferentes tipos de contextos.

Esta definición de contexto va a ser utilizada para definir qué son sistemas o aplicaciones sensibles al contexto.

### 2.3.1. Definición de Contexto

Uno de los autores más relevantes en el ámbito del tratamiento de contextos es Anind K. Dey cuya definición de contexto es:

*“Context is any information that can be used to characterize the situation of entities (i.e., whether a person, place, or object) that are considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and the application themselves. Context is typically the location, identity, and state of people, groups, and computational and physical objects”* [35].

Otro de los autores destacados es Schilit, cuyo trabajo [30] fue el primero en el que se definió el término context-awareness, relativo al contexto como localización, proximidad de personas y los objetos, establece en su definición que:

*“The important aspects of context are: where the user is, who the user is with, and what resources are nearby. They define context to be the constantly changing execution environment. The environment is threefold:*

- *Computing environment: available processors, devices accessible for user input and display, network capacity, connectivity, and costs of computing.*
- *User environment: location, collection of nearby people, and social situation.*
- *Physical environment: lighting and noise level.”*

Utilizando la definición de contexto propuesta por Dey [35] y Schilit [30], se puede definir contexto como:

*“A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user’s task”.*





Existen muchas definiciones de contexto, pero se considera la anterior como aquella que mejor responde a la funcionalidad del modelo a desarrollar [36].

En el estudio del contexto la atención no sólo se debe centrar en la comprensión y el manejo de contexto que puede ser detectado de forma automática en un entorno físico y que puede ser tratado como una entrada implícita e influir positivamente en el comportamiento de una aplicación, sino también debe tener en cuentas aspectos como preferencias del usuario, historial de interacciones con el contexto, etc.

### 2.3.2. Clasificación de los Contextos

Se puede introducir una clasificación del contexto basado en las diferentes categorías de información existentes y en las diferentes entidades sobre las cuales se realizar la evaluación del contexto.

Siguiendo con la definición de Dey [36], las principales entidades que intervienen en el contexto son los lugares, las personas y las cosas.

- Los *lugares* son regiones del espacio geográfico, tales como oficinas, edificios, habitaciones, calles, etc.
- Las *personas* pueden ser individuos o grupos, co-localizados o distribuidos.
- Las *cosas* pueden ser u objetos físicos o componentes software y artefactos (aplicación, fichero, etc.).

Atendiendo a estas entidades, Dey expone cuatro categorías de contexto:

- La *identidad*, que se refiere a la posibilidad de asignar un identificador a las entidades, este identificador debe ser único en el espacio de nombres de la aplicación en la que se defina la entidad.
- La *localización*, que es más que una simple posición en un espacio bidimensional (mapa), se puede incluir información acerca de la orientación, elevación, así como cualquier otra información que se pueda utilizar para deducir relaciones entre las entidades.

La localización también se aplica a los lugares, un lugar puede estar localizado en un marco de referencia como coordenadas geográficas, o relaciones espaciales relativas.

- El *estado* (o actividad), identifica características intrínsecas de las entidades que pueden ser detectadas. Para un lugar pueden ser por ejemplo la temperatura, luminosidad o el ruido. Para una persona pueden hacer referencia a factores fisiológicos (cansancio) o a la actividad que desempeña (leer, correr), y lo mismo se puede aplicar para un grupo de personas. Para un componente software, se refiere a cualquier atributo que se pueda consultar.
- Por último el *tiempo*, es la información de contexto que permite caracterizar una situación. Se puede utilizar como una simple marca de tiempo en un histórico para otros elementos del contexto o como una definición del orden cronológico de sucesos.



Además de la información recogida en estas cuatro categorías, hay otro tipo de información de contexto, y es aquella que se pueden inferir a partir de información ya existente, como por ejemplo la identidad de una persona por su número de teléfono, o con quien está por la posición de ambos.

### 2.3.3. Aplicaciones Context-Awareness

*Context awareness* hace referencia a la capacidad de una aplicación, servicio o incluso artefacto (objeto, usuario, dispositivo, etc.) de ser sensible a su entorno físico o situaciones reales y responder “inteligentemente” a esa sensibilidad, es decir, sensibles al contexto [36].

Las aplicaciones context-awareness a menudo son aplicaciones distribuidas, y aunque hasta ahora sólo se pensaba en aplicaciones distribuidas para aplicaciones de escritorio o de servidor, con la aparición de las redes de sensores se empieza a pensar en diferentes tipos de plataformas que van desde dispositivos de mano hasta ordenadores portátiles hechos a medida para sistemas embebidos.

Por todo esto, las aplicaciones context-awareness requieren de mecanismos ligeros, portables e interoperables. Además, las soluciones deben ser reutilizables.

El primer paso para incorporar la capacidad de adaptación de las aplicaciones al contexto es describir cómo las aplicaciones pueden utilizarlo. En Dey [36], se establecen tres categorías de funciones sensibles al contexto que pueden usarse en aplicaciones sensibles al contexto:

- *Presentando información y servicios.* Se refiere a las aplicaciones que o bien presentan información de contexto al usuario o bien utilizan la información del contexto para proponer una selección apropiada de acciones al usuario.
- *Ejecutando automáticamente un servicio.* Describen aplicaciones que disparan un comando o reconfiguran el sistema en nombre del usuario de acuerdo a los cambios en el contexto.
- *Adjuntando información de contexto para su posterior uso.* Las aplicaciones etiquetan datos capturados con información relevante del contexto.

En el diseño de aplicaciones conscientes del contexto es importante separar todo lo relacionado con la adquisición de información del contexto del uso que después se haga de él en las aplicaciones. Es por ello que debe existir pues, una componente encargado de recoger la información de los sensores, otro capaz de interpretarla, otro que agrupa diferentes datos para proporcionar información a componentes específicos de la aplicación, los servicios, un mecanismo que comunica la información a la aplicación y un último componente encargado de coordinar todos estos componentes.

Todas estas recomendaciones serán las que se tengan en cuenta a la hora de proponer una solución para el Modelado de Interacciones Sensibles al Contexto mediante Reglas en Ambientes Inteligentes, que es el título de la tesis que se está describiendo en esta memoria.



## 2.4. Definición de escenarios para interacciones NFC

### 2.4.1. Introducción

La navegación física es un nuevo e intuitivo paradigma de interfaz hombre-máquina para usuarios móviles, se trata de un modelo de interacción del usuario con objetos físicos que mantienen información digital y que se encuentran dentro de un entorno “*inteligente*”.

Los objetos físicos tienen asociados un Tag o etiqueta RFID en la que se puede almacenar tanto información como parámetros de control.

En un entorno inteligente, el usuario puede interactuar con diferentes escenarios. Un escenario está compuesto por un conjunto de objetos, relacionados o no, que dan respuesta, información y/o servicios al usuario cuando interactúa con ellos.

### 2.4.2. Tipos de Objetos

Los objetos del escenario pueden ser de dos tipos: a) activos y b) pasivos.

#### 2.4.2.1. Objetos Activos

Los objetos activos son unidades dotadas de capacidad de procesamiento o simplemente sensores conectados a estas unidades. Estos objetos son capaces de detectar e interactuar con otros objetos del escenario (activos o pasivos), procesar la información recibida y comunicarse con otros objetos activos.



Figura 2.1: Objetos Activos

Un ejemplo de este tipo de objetos se muestra en la Figura 2.1. Un lector RFID conectado a un sistema back-end, cuando el usuario toca con su tarjeta sin contacto o



un dispositivo NFC, el lector RFID, que lee la información de la tarjeta o del elemento seguro del teléfono móvil, la envía al sistema back-end. Este sistema procesa la información y realiza los procedimientos diseñados, por ejemplo almacena la fecha, hora y datos del usuario, activa la apertura de una puerta, envía un mensaje al dispositivo móvil del usuario, etc.

### 2.4.2.2. Objetos Pasivos

Los objetos pasivos, por el contrario, únicamente interactúan en un sentido, proporcionando información a una unidad con capacidad de procesamiento. Estos objetos, diseminados en el escenario, interactúan con el usuario gracias a tener asociado una etiqueta RFID, un código 2D ó 3D, o cualquier otro artefacto que permita almacenar información y ser accedida por un dispositivo con capacidad de procesamiento.



Figura 2.2: Objetos Pasivos

Un ejemplo de estos objetos son las tarjetas sin contacto de la Figura 2.1, o el Tag asociado al Smart Poster de la Figura 2.2 que permite al usuario cuando acerca su dispositivo móvil NFC recuperar una URL y acceder a información de una película o visualizar el trailer en su dispositivo móvil.

### 2.4.2.3. Objetos Aumentados

En un mundo totalmente aumentado con objetos activos, la interacción del usuario con los diferentes escenarios podría ser gestionada por sistemas back-end que mantuvieran información de todos los objetos, usuarios, sus preferencias y características y, por tanto, los diferentes contextos de interacción que diferentes usuarios pueden llevar a cabo con objetos de un mismo escenario. La existencia de este mundo totalmente aumentado está restringida a escenarios específicos, pequeños y totalmente controlados.

Sin embargo, se puede considerar escenarios abiertos, complejos y extendidos en los que los objetos estén aumentados mediante Tags (objetos pasivos) y en los que la gestión de la interacción con el usuario recaiga sobre: a) el dispositivo móvil y b) el sistema de back-end. Dependiendo del tipo de escenario, la distribución de carga sobre uno y otro sistema podría ser balanceada de forma diferente.

### 2.4.3. Escenarios para Objetos Mono y Multifuncionales

Los estándares NFC actuales conducen a entornos en los que cada “objeto” tiene asociado una única función (un “Tag”), el cual es accedido por el terminal NFC y “explotada” la funcionalidad correspondiente a ese Tag; por ejemplo: guardar una tarjeta de visita, leer un texto, acceder a una URI mediante el browser del terminal, etc. Es el caso de la Figura 2.3a.



Figura 2.3: Escenarios NFC

Es necesario avanzar en la investigación en este campo si se quiere llegar a poder construir escenarios reales en los que los objetos que nos rodean puedan interactuar con las personas y entre ellos. Para ello se hace necesario el estudio de un nuevo modelo, basado en una relación univoca Tag-Objeto, y en el que los objetos puedan tener asociados más de una característica en un único Tag como el de la Figura 2.3b, siendo el usuario el que decida con cuál de ellas interactúa a través de su terminal.



## 2.5. Personalización a través de reglas

Las interfaces de usuario se pueden adaptar para los diferentes usuarios: usuarios comunes, avanzados, discapacitados, etc. La información presentada al usuario se puede adaptar según el contexto, es decir, el perfil, las preferencias o las limitaciones del usuario.

Las preferencias del usuario probablemente no son estáticas, y varían según los servicios y el estado actual del sistema. Se puede proporcionar una adaptación condicional provista por un motor de reglas que invoque reglas en las situaciones adecuadas, según el tipo de usuario. La relación entre el usuario y la información presentada es vital para el éxito de cualquier aplicación inteligente. Las reglas son las unidades más pequeñas que representan esas relaciones o requisitos de negocio entre los datos y el usuario. Dichas reglas se pueden agrupar por categorías, y aplicarse también de manera colectiva.

Usando personalización basada en reglas, una aplicación puede adaptarse completamente a las preferencias y necesidades de los usuarios. Los mecanismos de reglas se usan para personalización en muchos tipos diferentes de aplicaciones porque permiten a la aplicación interactuar inteligentemente con los usuarios.

Un sistema puede definir una personalización basada en reglas a través de un motor de reglas o bien utilizar otros mecanismos que las incorporen y que igualmente permitan personalizar la información y servicios que ofrecen al usuario. Tal es el caso de los sistemas multi-agente, donde las reglas son implementadas en el comportamiento de los agentes.

### 2.5.1. Motor de Reglas

Un motor de evaluación de reglas es un tipo específico de Sistema Experto donde el conocimiento se representa en forma de reglas, generalmente como sentencias `If <condición> then <sentencias>` [37].

En su forma más simple está compuesto de tres elementos: un conjunto de reglas, la base de conocimiento y el procesador de reglas.

La base de conocimiento contiene las variables y el conjunto de reglas que definen el problema y, el motor de inferencia obtiene las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas.

Por regla se entiende una proposición lógica de la forma IF-THEN, que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa (IF) y la conclusión (THEN), de tal manera que si se cumplen todas las condiciones del IF se ejecutan todas las acciones del THEN [37]. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos “y”, “o”, ó “no”. El motor utilizará la base de conocimientos para decidir que reglas deben activarse.

Existe una cantidad interesante de lenguajes y estándares relacionados al concepto de reglas. A nivel académico podemos ver que existen dos grandes enfoques llevados adelante por W3C [38] y OMG [39].



Algunos lenguajes son por ejemplo: a) Semantic Web Rule Language (SWRL), subconjunto expresivo de las reglas que se pueden expresar en RuleML [40]; b) Rule Markup Language (RuleML) [41] es un lenguaje basado en XML para especificar reglas; c) Rule Interchange Format (RIF) [42] es un lenguaje basado en XML de la W3C para el intercambio de reglas entre ambientes de ejecución; d) Production Rule Representation (PRR) [43] es un estándar de la OMG para proveer un meta modelo independiente de la plataforma (PIM – Platform Independent Model); e) Ontology Web Language (OWL) [44] es un lenguaje de marcado construido sobre RDF y codificado en XML para publicar y compartir datos usando ontologías en la web; f) OWL 2 [45] corrige varios problemas de la especificación inicial y agrega expresividad al lenguaje acorde a las últimas investigaciones relacionadas con Description Logics, además, agrega la posibilidad de utilizar XML y otros formatos compactos de representación para el intercambio de ontologías; g) Drools Rule Language (DRL) [46], lenguaje de definición de reglas utilizado por la herramienta Drools; h) JessML [47], que es el lenguaje propietario de definición de reglas utilizado por Jess.

No sólo hay un gran repertorio de lenguajes de definición de reglas, sino que también existen una cantidad importante de herramientas en el mercado para el tratamiento de reglas tanto de código abierto como comerciales

De entre las de código abierto, se pueden encontrar: Drools [48], SweetRules [49], JLisa [50], OpenRules [51], Zilonis [52], Hammurapi Event Bus [53], OpenLexicon [54], JEOPS, JRuleEngine [55], Prova [56] y Jena [57] entre otros.

Algunas herramientas comerciales son: WebSphere ILOG JRules y Rules for .Net de IBM ILOG [58], Jess de Sandia National Laboratories [59], Blaze Advisor de FICO [60], InRule de InRule Technology [61], Oracle Rules Engine de Oracle [62] y Visual Rules de Innovations Software [63] entre otras.

## 2.5.2. Sistemas Multi-Agente

Los Sistemas Multi-Agente (MAS) [64] surgen de la necesidad de desarrollar aplicaciones complejas compuestas de muchos subsistemas que interactúan. Los sistemas MAS se componen de un número más o menos elevado de los agentes que trabajan en forma coordinada y organizada para gestionar de forma inteligente un sistema complejo. En un MAS, los objetivos particulares de cada subsistema están unidos en un objetivo común.

Algunas de las áreas más importantes en las que se aplican los MAS son: problemas distribuidos físicamente, cuando la complejidad de la solución requiere experiencia heterogénea o cuando el problema se define a través de redes informáticas.

Debido a que los MAS están dirigidos a resolver los problemas de una manera distribuida, la comunicación entre agentes es la clave para aprovechar todo el potencial del paradigma de agentes. Pero esto sólo es posible si los agentes tienen la capacidad de establecer la comunicación en las estrategias de cooperación. Por lo tanto, para el desarrollo de este tipo de sistemas es importante contar con estándares de desarrollo en este campo y el estándar adoptado por la mayoría de los entornos de desarrollo es FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [65] que entre sus logros importantes están: la definición de un lenguaje a la comunicación entre los agentes (FIPA-ACL),



una selección de idiomas de contenido tales como FIPA-SL, así como un conjunto de protocolos de interacción. Otra aportación importante es el desarrollo de varias herramientas y bibliotecas para el desarrollo de MAS bajo esta norma. JADE [66] es una de las herramientas más utilizadas, por lo que se ha elegido para el desarrollo de nuestro sistema.

La modelización de las interacciones que se realiza en esta tesis doctoral, se puede situar en todas las áreas en las que se usan los MAS ya que se trata de un problema complejo por el número de subsistemas, variables y parámetros que se tienen en cuenta, además se trata de un problema distribuido porque son muchos los dispositivos que pueden activarse y sobre los cuales se ha de realizar un seguimiento. Por último el sistema usa las redes informáticas tanto para la monitorización de los dispositivos como para la solicitud de servicios.

### 2.5.2.1. Definición y Características de los Agentes

Uno de los problemas a los que se enfrenta un desarrollo basado en agentes estriba en las grandes diferencias que existen en la interpretación del término agente. Las definiciones más generalizadas de este término son dos.

Una de ella fue definida por Wooldridge [67] según la cual:

*“Un agente es un sistema informático encapsulado, situado en algún entorno y capaz de una acción flexible y autónoma en ese entorno encaminada a alcanzar sus objetivos.”*

Otra definición bastante extendida fue realizada por Huhns [68], en la que:

*“Un agente es una entidad computacionalmente activa con: identidad persistente, que puede percibir, razonar acerca de lo percibido e iniciar actividades en su entorno, que puede comunicarse (con otros agente).”*

Estas definiciones y las de otros autores como Nwana [69] han atribuido a los agentes características como:

- *Persistencia*: El código no se ejecuta bajo demanda, sino que están continuamente ejecutándose y decidiendo por sí mismo cuándo debe realizar alguna actividad.
- *Autonomía*: Los agentes tienen la capacidad de seleccionar una tarea, asignación de prioridades, tienen un comportamiento dirigido por metas y toman decisiones sin intervención humana.
- *Habilidad Social*: Los agentes son capaces de comprometer a otros componentes a través de algún tipo de comunicación y coordinación para colaborar en alguna tarea.
- *Reactividad*: Los agentes perciben el contexto en el que operan y reaccionan apropiadamente. El entorno del agente puede ser el mundo físico, un usuario por medio de una interfaz gráfica, una colección de otros agentes, etc.





- *Pro-actividad*: los agente no actúan simplemente como respuesta al entorno sino que son capaces de exhibir un comportamiento dirigido por metas tomando la iniciativa.

Así pues, un agente es un sistema computacional situado en un entorno capaz de realizar acciones autónomas. Todo agente posee un conjunto limitado de acciones que son las que le permiten modificar su entorno. Cada acción contiene un conjunto de pre-condiciones que deben ser satisfechas para que la acción tenga lugar. Esto permite conocer en cada momento que acción se debe escoger.

Dado que las acciones tienen asociadas un conjunto de precondiciones necesarias para ejecutar dicha acción, parece claro la relación que existe entre las reglas y las acciones a desempeñar por los agentes.

Además los agentes tienen definidos unos comportamientos que les permiten reaccionar frente a cambios en el entorno y toman sus propias decisiones en base a lo percibido y a su estado interno. Estas características les capacitan para actuar en situaciones dinámicas e impredecibles donde el software tradicional simplemente no funcionaría.

Continuando con la analogía con los motores de reglas, se puede decir que las reglas son las acciones, la base de conocimiento son los valores que recibe de los sensores y el motor de inferencia los comportamientos definidos para cada tipo de agente.

### 2.5.2.2. Plataformas para el desarrollo de Agentes

Existen gran cantidad de lenguajes o más bien plataformas para desarrollar agentes, a continuación se exponen algunas de ellas.

#### I. Agent0 -- AOP (Agent Oriented Programming)

Lenguaje que sigue un ciclo de control simple cuando se ejecuta el programa en cada paso de tiempo [70]:

- Recopilar y actualizar los mensajes del estado mental consecuentemente.
- Ejecutar los compromisos (usando sus capacidades)

#### II. JavaLog

Este lenguaje integra el lenguaje orientado a objetos Java y el lenguaje lógico Prolog. Esta combinación permite que agentes sean construidos como objetos manipulando un estado mental definido a través de cláusulas lógicas que son encapsuladas en módulos lógicos [71].

#### III. Ingenias Development Kit (IDK)

Es una plataforma para el análisis, diseño e implementación de sistemas multi-agente (MAS) basada en la metodología Ingenias y creado en Java. Se basa en la especificación de meta-modelos de MAS, utilizando herramientas como el editor y el modelo de generación de código [72].



#### IV. ABLE (Agent Building and Learning Environment)

ABLE es una herramienta de IBM para la construcción de sistemas de agentes inteligentes donde todos sus elementos, incluso los agentes, se construyen por composición de AbleBeans, una extensión de los JavaBeans [73].

#### V. Java Agent DEvelopment Framework (JADE)

JADE [29] es una plataforma de software totalmente implementada en Java, esta implementación es la oficial del estándar FIPA, y soporta todos los servicios básicos de infraestructura especificados en FIPA

Para el desarrollo del sistema se va a elegir este lenguaje y plataforma de desarrollo por ser desarrollada por FIPA, fundación que se encarga del desarrollo de estándares y especificaciones de modo que exista interoperabilidad entre agentes. Además al seleccionar esta plataforma se tienen implementados todos los protocolos de comunicación entre agentes, y este es uno de los puntos clave en el desarrollo de sistemas multi-agente.

##### 2.5.2.3. Lenguaje de Comunicación entre Agentes

A menudo durante el proceso de desarrollo de sistemas basados en el paradigma MAS, los agentes han de comunicarse utilizando expresiones complejas. Los términos del lenguaje de contenido que representen conocimiento pertenecerán a un vocabulario común a los distintos agentes que se llama ontología.

El estándar FIPA describe lenguajes de contenido que permiten expresar más que simples cadenas de texto. Con FIPA el canal de comunicación es algo más complejo pues además de la información binaria se está enviando conocimiento por el hecho de que esta información contiene mensajes ACL que son comprendidos por cualquier agente del sistema.

Los lenguajes de contenido, como por ejemplo el lenguaje SL (Semantic Language) propuesto por FIPA deberán ser conocidos y empleados por todos los agentes para que la comunicación tenga éxito.

Para crear mensajes complejos bajo un lenguaje de contenido, es necesario haber definido previamente un vocabulario o conjunto de términos, y una semántica asociada a dicho vocabulario, de manera que el contenido de dichos mensajes tenga un significado claro para cualquiera de los agentes participantes en el acto comunicativo y no sean meros datos sin significado. Esto se consigue mediante el diseño y establecimiento de una ontología para el sistema [74].

Tanto FIPA como JADE, la plataforma para el desarrollo de agentes, permiten la utilización de ontologías en los mensajes ACL.

Un mensaje FIPA está formado por:

- Identificador del tipo de comunicación (Performative). Define el significado principal de mensaje. Es decir, lo que el agente origen pretende con dicho mensaje.

Ejemplo: inform, request, agree, query.



- Secuencia de parámetros del mensaje. Es un conjunto de parejas clave-valor que permiten asociar a cada acto de comunicación concreto toda la información necesaria.

### 2.5.3. Metodologías Orientadas a Agentes

Las principales metodologías y notaciones orientadas a agentes son las que se especifican a continuación:

- *GAIA* [67] de Michael Wooldridge y Nick Jennings, propone cómo realizar un análisis basado en roles para el sistema multi-agente.
- *AgentUML* [75] propone una notación, extendiendo UML, para especificar protocolos de comunicación entre agentes.
- *MADKiT* [76] es una herramienta de desarrollo basada en el paradigma Agente-Role-Organización de la metodología Aalaadin.
- *Mas-CommonKADS* [77] extiende la metodología CommonKADS, para sistemas expertos, a agentes, utilizando estructuración orientada a objetos y lenguajes de especificación de protocolos como SDL.
- *SemanticAgent* [78] está basada en el SWRL.

#### 2.6.1.1. Propuesta Metodológica

La metodología multi-agente propuesta tiene su base en la utilización de una metodología de análisis y diseño que combina elementos de metodologías existentes, como son GAIA y la definición de protocolos de FIPA, intentando aprovechar sus ventajas.

GAIA es una metodología sencilla que permite realizar un primer análisis y un primer diseño con el que afrontar el problema a un nivel general. La gran ventaja es que se puede realizar un estudio rápido y poco detallado. Por el contrario, el problema aparece cuando al finalizar el diseño todavía hay un nivel de abstracción demasiado alto.

GAIA es una metodología de diseño orientada a agentes que es independiente de la plataforma y la implementación. Se compone de una etapa de análisis y otra de diseño. Esta última, sin embargo, no llega a ser lo suficientemente específica como para llegar a la implementación. Por este motivo se recurre a los protocolos de comunicación definidos en FIPA.

Para comprender la metodología de GAIA es necesario conocer algunos conceptos básicos que ella utiliza, como son los roles y los agentes. El rol se diferencia del agente en que un rol es una serie de tareas coherentes, mientras que el agente es el que desempeña uno o más roles. Otro concepto importante es el de servicio. En un sistema diseñado con GAIA los agentes pueden desempeñar tareas que son ofrecidas a los demás agentes para que éstos las soliciten.



Puede verse un esquema de la estructura de los modelos de GAIA y cómo se relacionan entre sí en la Figura 2.4.

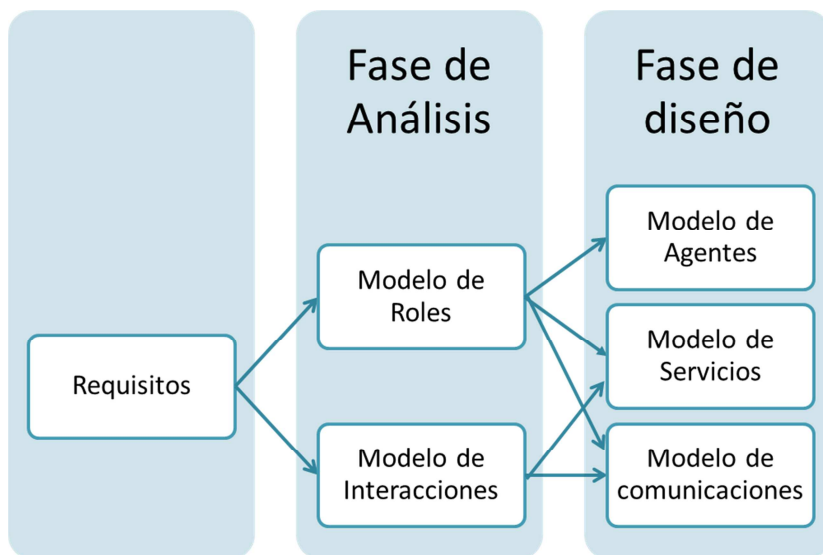


Figura 2.4: Metodología GAIA

El objetivo de la fase de análisis es definir la organización del sistema. Dicha organización será representada mediante una colección de roles que se relacionan entre sí, dando lugar a los patrones de funcionamiento del sistema. La fase de análisis queda compuesta por dos modelos: el modelo de roles y el modelo de interacción.

Por otro lado el proceso de diseño en GAIA involucra la transformación de los modelos de análisis a un nivel de abstracción suficientemente bajo para que sea posible implementar los agentes haciendo uso de las técnicas de diseño tradicionales, tales como las que hacen uso de la orientación a objetos. En la etapa de diseño, GAIA hace uso de tres tipos de modelos: el modelo de agentes, el modelo de servicios y el modelo de conocidos.

A continuación se definen cada uno de los modelos.

- I. **Modelo de Roles:** Permiten identificar los distintos tipos de roles que se encuentran en el sistema. Con cada rol hay asociados unos permisos y unas responsabilidades. Las responsabilidades son de dos tipos, de vida y de seguridad. Con estos conceptos, se puede especificar un esquema de rol para cada tipo de rol en la organización y conformar así el modelo de roles. Un esquema de rol presenta una descripción del rol, sus protocolos y actividades, sus permisos y las responsabilidades de vida y seguridad.
- II. **El Modelo de Interacción:** Es una serie de definiciones de protocolo, una para cada tipo distinto de interacción entre los roles. Cada definición de



protocolo consta de un propósito de la interacción, los roles iniciador y receptor de la misma, las entradas y salidas y el procesamiento ejecutado.

- III. **El Modelo de Agentes:** Permite definir los diferentes tipos de agente que se podrán encontrar en el sistema y el número de instancias que se tendrán de cada uno en tiempo de ejecución. Un tipo de agente es un conjunto de roles, es decir, un tipo de agente puede asumir uno o más roles aunque lo contrario no es cierto. El modelo de agentes se construye mediante un árbol de tipos de agentes, en el cual los nodos hoja corresponden a los roles y los restantes a los tipos de agentes. Para cada tipo de agente se debe definir un cuantificador de instancia, el cual precisa el número de instancias que se tendrán en el sistema en tiempo de ejecución.
- IV. **El Modelo de Servicios :** Expone los servicios que cada tipo de agente va a implementar, entendiendo por servicio, cierta funcionalidad. Cada servicio es derivado de las actividades y protocolos, así como de sus propiedades de vida y seguridad encontradas en la etapa de análisis. El modelo de servicios se compone de las propiedades de cada uno de los servicios: las entradas, las salidas, las precondiciones y las post-condiciones. Las entradas y salidas proceden en forma directa del modelo de protocolos. Las precondiciones y las post-condiciones constituyen limitantes en los servicios y son derivadas de las propiedades de un rol.
- V. **El Modelo de Conocidos:** Permite precisar los enlaces de comunicación que existen entre tipos de agentes e identificar posibles problemas de embotellamiento surgidos por el uso de estos canales de comunicación. El modelo es un grafo dirigido, en donde cada nodo corresponde a un tipo de agente y las aristas se relacionan con los caminos de comunicación. Así pues, un grafo AB, muestra que hay un camino de A a B, pero no necesariamente de B a A.

Por su parte FIPA proporciona mecanismos que permiten describir a más bajo nivel los protocolos de comunicaciones entre agentes. Es decir, permite ampliar el modelo de interacciones GAIA facilitando el posterior proceso de implementación.

Los agentes se pueden comunicar entre sí de varias formas distintas, es decir, las conversaciones que pueden llevar a cabo responden a algún patrón de los especificados por FIPA, denominados protocolos.

Cada uno de estos protocolos establece el intercambio básico de mensajes que existe entre dos agentes para un tipo de conversación dada, ya sea una petición, una consulta etc. Ejemplos de estos protocolos son el FIPA-Request, FIPA-Propose, FIPA-Query, etc.

En estos protocolos de comunicación JADE se definen dos roles, el que inicia la conversación y el que es objeto de la misma (rol Initiator y rol Responder). Para la mayoría de protocolos JADE proporciona unas clases de comportamiento prediseñadas para ambos roles. Estas clases se encuentran en el paquete jade.proto.

Las principales primitivas de comunicación del protocolo o identificadores del tipo de comunicación antes mencionado son:



- Accept-proposal: Aceptación de una propuesta que se ha realizado previamente para realizar cierta acción. Es la respuesta a propose
- Agree: Acuerdo para realizar cierta acción realizada por otro agente. Es la respuesta a request
- Cancel: Informa a un agente que el emisor no tiene intención de que este efectúe cierta acción. Es la respuesta de cancelación a request.
- Call-for-proposal (cfp): Envía una petición para realizar una propuesta e inicia el proceso de negociación. Contiene las acciones que serán llevadas a cabo y los términos del acuerdo.
- Confirm. El remitente informa al receptor de que su propuesta es cierta, siempre que este dude sobre su veracidad.
- Disconfirm: Contrario a Confirm, es decir informa de que es falsa.
- Failure: Informa al otro agente de que la acción request ha fallado.
- Inform: Informa al otro agente sobre algo. El remitente debe aceptar que es cierta dicha declaración. La mayoría usa performative.
- Inform-if: Se usa el contenido de request para preguntar un agente a otro si el enunciado es verdadero o falso.
- Inform-ref: Al igual que inform-if, pero pregunta por el valor de la expresión.
- Not-understood: Se envía cuando el agente no ha entendido el mensaje.
- Propagate: Propaga un mensaje de un agente a otro.
- Propose: Se usa como una respuesta a una cfp. El agente propone un trato.
- Proxy: El agente remitente quiere que el agente receptor seleccione un objetivo denotado por el agente mediante una descripción dada, para enviar un mensaje que lo incluya.
- Query-if: Es la acción de pedir a otro agente si una proposición es verdadera.
- Query-ref: Es la acción de pedir a otro agente sobre el objeto al que se refiere mediante una expresión referencial.
- Refuse: Es la acción de negarse a realizar una acción determinada y explicar el motivo por el que no se va a hacer la acción.
- Reject-proposal: Es la acción de rechazar una propuesta hecha por un agente para realizar alguna acción durante una negociación.
- Request: El remitente solicita al receptor para llevar a cabo alguna acción. Por lo general, para solicitar al receptor debe llevarse a cabo previamente otra comunicación.



- Request-when: El remitente desea que el receptor lleve a cabo alguna acción cuando una propuesta se convierte en verdad.
- Request-whenever: El remitente desea que el receptor lleve a cabo alguna acción tan pronto como sea verdad la propuesta y posteriormente cada vez que la propuesta sea verdad de nuevo.
- Suscribe: Solicitar una intención persistente de notificar al emisor del valor de referencia, y notificar de nuevo cada vez que el objetos sea identificado mediante cambios de referencia.

### 2.5.4. Ontologías

Una ontología es una descripción formal de los conceptos y las relaciones que pueden existir en una determinada comunidad de agentes [79].

El uso de ontologías asegura que los agentes atribuyen el mismo significado a los símbolos utilizados en los mensajes.

En [80] se realiza una comparación de los diferentes lenguajes para ontologías: Onto-lingua, OCML, LOOM, FLogic, XOL, SHOE, RFD, OWL, OIL Y DAML; así como metodologías y herramientas para el desarrollo de las ontologías. En este trabajo se aconseja el uso de uno u otro dependiendo de la expresividad que se quiera dar a la ontología que se va a crear así como a los servicios de inferencia.

Es necesario, elegir el lenguaje para la representación del conocimiento, acorde con el lenguaje de definición de reglas, así como las herramientas que se van a utilizar para la creación y definición tanto de ontologías como de reglas, de forma que exista interoperabilidad entre ellas. Para el caso del desarrollo del modelo Ontológico para la tesis tratada en esta memoria, se elige el lenguaje RDF/OWL para la descripción de las ontologías por ofrecer una gran expresividad, así como interoperabilidad con lenguajes de definición de reglas. Además se escoge como herramienta de desarrollo Protegé, ya que además de ser Open Source y permitir la descripción de ontologías en gran parte de los lenguajes, ofrece soporte para la creación de rules y generación de ontologías en formato JADE.

Desde un punto de vista ontológico, la ontología a desarrollar está basada en la idea propuesta por Kacprzyk y Zadrozny en [81], donde se definen dos ontologías diferentes:

- *Una Ontología basada en el dominio*, en la que son representados los conceptos generales utilizados para la modelización de interacciones sensibles al contexto en ambientes inteligentes.
- *Una Ontología basada en la aplicación*, en la que se definen conceptos, predicados y acciones de agente relativos al problema específico considerado, en este caso, un MAS para la personalización de servicios en ambientes inteligentes.

Las ontologías que maneja JADE son las ontologías basadas en la aplicación. Durante el proceso de comunicación, JADE utiliza únicamente predicados y acciones



de agente de forma directa. Ambos están compuestos de uno o varios términos, los cuales pueden ser, primitivas o agregaciones, entre otros. El agente deberá encapsular predicados y acciones para que puedan ser el contenido del mensaje ACL que van a enviar a otros agentes.

Así pues los componentes de una ontología en JADE son [82]:

- *Conceptos*: Expresiones que representan objetos, cuya información se estructura en varios atributos. Sus atributos pueden ser de tipos de datos simples (primitivas) o pueden ser instancias de otros conceptos.
- *Predicados*: Son expresiones sobre el estado del mundo, que pueden ser verdaderas o falsas.
- *Acciones de los agentes*: Son expresiones que indican acciones que pueden realizar los agentes.

Durante la descripción del modelo ontológico, se realizará una descripción tanto de la ontología general, como de la ontología basada en la aplicación.





## Revisión Bibliográfica y Estado del Arte

*Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo.  
(Albert Einstein)*

### 3.1. Introducción

Este capítulo trata de establecer el punto de partida para el desarrollo del sistema. Se comienza con un estudio de los sistemas desarrollados y que están relacionados con el sistema OBCAS. De cada uno de ellos se ofrecerá una descripción, se listarán sus principales aportaciones así como aquellas deficiencias detectadas.

Este capítulo trata de recoger todas aquellas aportaciones realizadas por diferentes investigadores relacionadas con la temática recogida en esta tesis. Se va a realizar un análisis exhaustivo de los trabajos de investigación pertenecientes a las categorías de:

- Modelado de contexto a través de los dispositivos móviles.
- Modelado de Ambientes Inteligentes sensibles al contexto.

## 3.2. Modelado del Contexto a Través de Dispositivos Móviles

### 3.2.1. AnonySense: Privacy-Aware People-Centric Sensing

AnonySense [83] es una arquitectura respetuosa con la intimidad que permite la realización de aplicaciones basadas en la colaboración, en detección oportunista a través de dispositivos móviles. AnonySense envía peticiones de detección de información a través de los sensores a aquellos teléfonos pertenecientes a usuarios que participan en la colaboración. En todo momento la información es anónima. La Figura 3.1., muestra la arquitectura del sistema.

Las peticiones las realiza utilizando un lenguaje específico desarrollado por los autores y utilizan protocolos bien definidos para garantizar la privacidad. Ellos asumen que existirán diversos tipos de dispositivos, pero que todos ellos van a contar con acceso a la red mediante wi-fi.

A pesar de que la idea de utilizar tareas colaborativas para deducir información del contexto es interesante, no resulta demasiado útil cuando esta información no procede del propio usuario que interacciona con el entorno. Además, justamente es el esfuerzo por asociar información a usuarios concretos, lo que va a permitir personalizar las interacciones con el entorno.

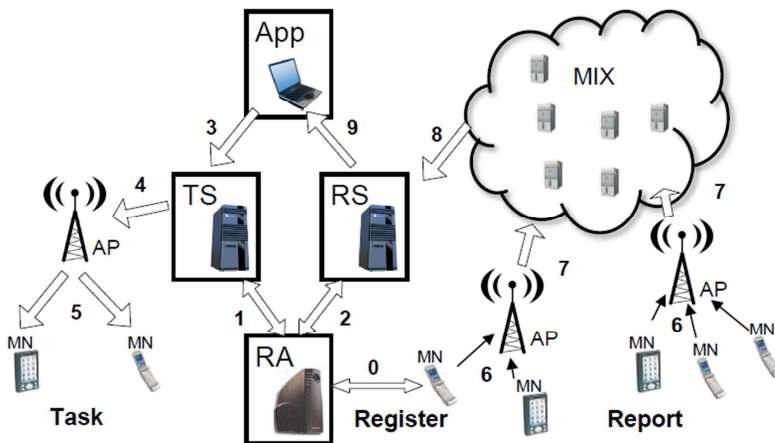


Figura 3.1: AnonySense (Imagen extraída de [83])



### 3.2.2. BeTelGeuse: A Platform for Gathering and Processing Situational Data

BeTelGeuse [84] es una plataforma para dispositivos móviles que deduce automáticamente el estado del contexto de alto nivel gracias a los datos proporcionados por los sensores.

La estructura del sistema de alto nivel de BeTelGeuse se inspira en el modelo de arquitectura de microkernel. Hay un núcleo independiente que ofrece el conjunto más pequeño de la funcionalidad necesaria para ejecutar la herramienta. El núcleo también define las interfaces para los componentes que proporcionan una funcionalidad extendida. Esto permite una sola implementación de la funcionalidad principal y extensiones personalizadas para entornos de ejecución diferentes. Esta implementación utiliza como estructura de comunicación entre componente una Pizarra, como se puede observar en la Figura 3.2.

El principal inconveniente de este desarrollo es que utilizaban un entorno Java Micro Edition (J2ME), lo que significa que la funcionalidad que puede ofrecer es muy limitada. Principalmente se ha utilizado en aplicaciones para inferir información acerca de la localización del usuario.

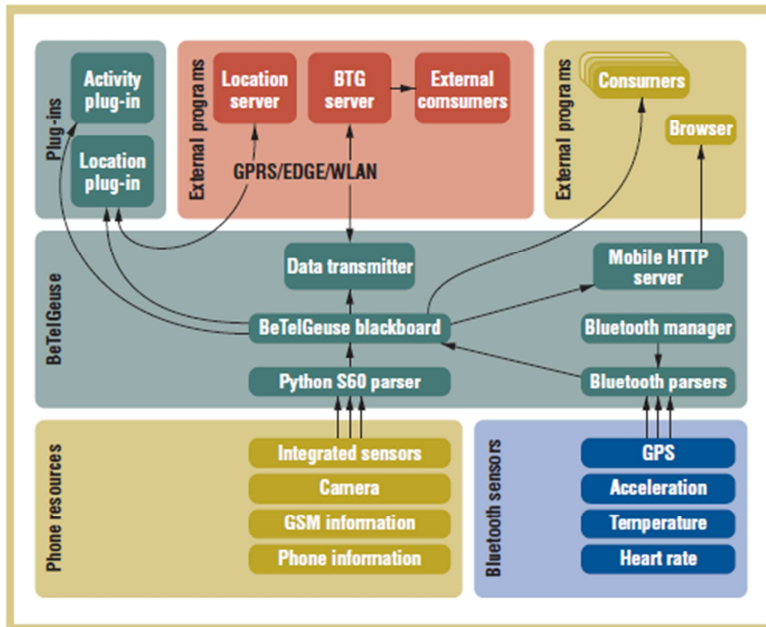


Figura 3.2: Arquitectura de BeTelGeuse (Imagen extraída de [84])



### 3.2.3. MyExperience: A System for In situ Tracing and Capturing of User Feedback on Mobile Phones

MyExperience [85] , es un sistema para la captura tanto objetiva como subjetiva de datos in situ sobre las actividades de computación móvil. MyExperience combina las dos técnicas siguientes: 1) login pasivo, y 2) disparadores activos del contexto que activan el muestreo para recoger comentarios de los usuarios.

La principal motivación de este sistema es capturar de forma activa o pasiva información de los usuarios de los dispositivos móviles, con la intención de conocer su uso y evaluarlos.

La arquitectura del sistema y un ejemplo de muestreo activo se puede ver en la Figura 3.3.

Este sistema, pese a contar con un buen método para la recopilación de información del contexto, no realiza un uso eficaz del mismo en tanto que no es utilizado para ofrecer un servicio más personalizado al usuario que lo utiliza, sino más bien es un medio para que terceros usuarios utilicen de forma offline esta información para crear informes.



Figura 3.3: MyExperience (Imágenes extraídas de [85])



### 3.2.4. Reflexiones sobre el modelado del contexto con dispositivos móviles

Se han descrito tres aplicaciones, que desde diferentes puntos de vistas modelan la recopilación de información procedente de los sensores de los teléfonos móviles para utilizarla como información de contexto.

Ninguna de las aplicaciones presentadas, es capaz de utilizar esta información de contexto más allá de la aplicación descrita en sus respectivos trabajos.

## 3.3. Modelado de Ambientes Inteligentes sensibles al contexto

### 3.3.1. Awareness marks: adaptive services through user interactions with augmented objects

En este trabajo [86], se presenta un modelo conceptual para vincular la información contextual procedente de las interacciones del usuario de una manera implícita y transparente con los elementos aumentados. De este modo, es posible personalizar y mejorar los servicios ofrecidos con el fin de facilitar las actividades diarias del usuario. Llamamos a esta información contextual “marca” de conciencia, y estas marcas hacen posible la oferta de nuevos servicios adaptados de sucesos pasados, que fueron capturados como sucedieron (ver Figura 3.4).

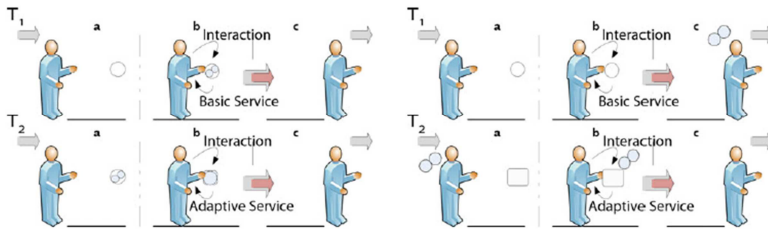


Figura 3.4: Algunas Interacciones del Usuario (Imágenes extraídas de [86])

Mediante este etiquetado, un usuario que interactúa con un objeto aumentado con un Tag RFID, puede dejar una marca que puede ser consultada por él o por otros usuarios. Esta marca va a permitir la siguiente vez que se interactúe con el objeto, éste ofrezca un comportamiento diferente.

Principalmente, este trabajo utiliza como información de contexto, las marcas que se pueden dejar en los objetos, por lo que sería conveniente que este sistema fuese mejorado para incorporar otro tipo de información contextual.

### 3.3.2. Fusion@: a SOAP-Based Multi-agent Architecture

Fusion@ [87], es una arquitectura multi-agente que facilita la integración de los servicios distribuidos y aplicaciones para optimizar la construcción de sistemas multi-agente. La arquitectura propone un nuevo y más fácil método para desarrollar sistemas multi-agentes distribuidos, donde las aplicaciones y servicios pueden comunicarse de una manera distribuida, incluso desde dispositivos móviles, independientes de un lenguaje de programación específico o sistema operativo. El núcleo de la arquitectura es un grupo de agentes deliberativos que actúan como reguladores y administradores de todas las aplicaciones y servicios. Las funcionalidades de los agentes no están dentro de su estructura, pero modelan como servicios. La definición de Fusion@ puede verse en la Figura 3.5.

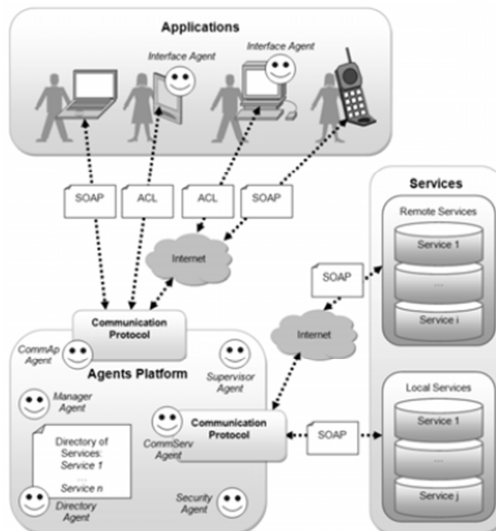


Figura 3.5: Modelo para Fusion@ (Imágenes extraídas de [87])

En esta arquitectura, la aplicación y los servicios se implementan de forma separada y ambos se comunican con la plataforma de agentes mediante un protocolo basado en SOAP, lo que indica que la arquitectura de agentes de este sistema está fundamentada en la definición de agentes que gestionen el paso de mensajes desde las aplicaciones hasta los agentes de forma que son ellos los que deciden cuáles son los servicios adecuados.

Esta arquitectura está mucho más centrada en los servicios que en la descripción de los elementos de contexto necesarios para permitir que los servicios se adapten a los usuarios.



### 3.3.3. A multi-agent based platform for virtual communities in elderly care

TeleCARE [88] desarrolla una plataforma común para la definición servicios de asistencia y cuidados para las personas mayores. Esta plataforma está desarrollada sobre AGLETS, un framework para agentes móviles. Su arquitectura se puede ver en la Figura 3.6.

Usando este framework se crea la clase TCAgent, encargado de la gestión del resto de agentes y de la plataforma. Existirán en la plataforma otro conjunto de agentes encargados de la recopilación de datos de los sensores instalados en las casas de los ancianos, así como aquellos que gestionan los servicios, y otros componentes del sistema.

En este sistema se ofrece una asistencia a las personas mayores a través de la gestión de un Banco de Tiempo, gracias al cual, las personas se pueden ayudar las unas a las otras.

Sin embargo este sistema no está definido para ser usado en los entornos que se describen en esta tesis, ni tiene en cuenta el contexto del usuario.

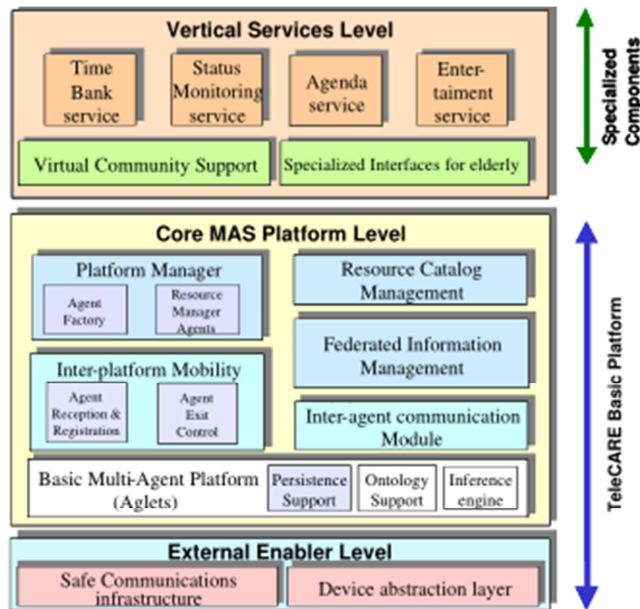


Figura 3.6: Arquitectura de TeleCARE (Imágenes extraídas de [88] )



### 3.3.4. Multi-Agent System Architecture for Heart Failure Management in a Home Care Environment

El sistema propuesto en [89], describe una arquitectura de sistema multi-agente para apoyar la gestión de la insuficiencia cardiaca en un marco genérico de cuidado en el hogar (ver Figura 3.7). El objetivo final de este sistema es la caracterización del estado de salud de los pacientes y en consecuencia la notificación al personal médico correspondiente para tomar las acciones médicas. Por esta razón no se puede considerar como un sistema de alerta genérica para la monitorización de las personas.

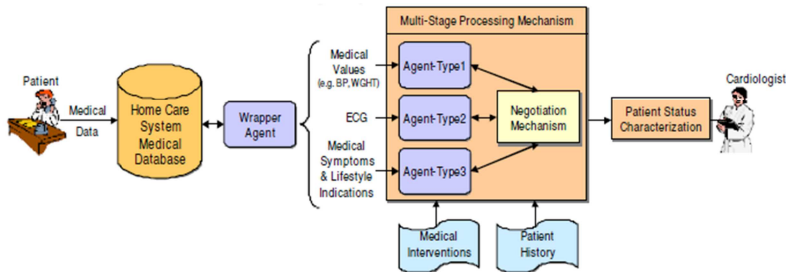


Figura 3.7: Arquitectura MAS para la Gestión HF (Imágenes extraídas de [89] )

### 3.3.5. An Agent-based Architecture for Developing Activity-Aware Systems for Assisting Elderly

En [90] se propone el uso de agentes autónomos para hacer frente a los problemas de diseño para el desarrollo de sistemas context-awareness. Este sistema caracteriza las actividades de la vida diaria para personas mayores, como el dispensador de la medicina, ofreciendo información acerca de cuándo y cómo reponer la medicina.



Figura 3.8: Arquitectura de SALS (Imágenes extraídas de [90] )

Este sistema se ha especializado en la arquitectura de agente SALS mediante la incorporación de mecanismos context-aware para inferir y representar actividades. La



Figura 3.8, muestra una aplicación de esta arquitectura que permite a los ancianos gestionar su actividad de medicación.

El principal inconveniente de este sistema es que no es genérico, no permite otro tipo de actividades aparte de aquellas que se corresponden con las actividades realizadas diariamente por las personas mayores. Además la información de contexto que maneja, es únicamente relativa dosis de medicamentos, alimentación, etc., y no provee situaciones como el estar en una ubicación u otra.

### **3.4. Reflexiones Acerca del Estado del Arte**

En este capítulo se ha presentado una breve descripción de algunos de los trabajos más interesantes relacionados con el objetivo de la presente tesis.

Inicialmente se presentó un estudio de las adaptaciones de las técnicas de modelado del contexto a través de dispositivos móviles. Se puede observar que todas ellas proponen soluciones parciales que no se ajustan a los que se pretenden desarrollar en esta tesis.

Al centrarnos en el modelado de Ambientes Inteligentes se observa que todas las propuestas ofrecen una aplicación muy concreta para su desarrollo, no permitiendo una adaptación a otros posibles escenarios.

Es por todo ello que se hace imprescindible desarrollar un sistema que permita aplicar conciencia del contexto durante el proceso de interacción con el entorno, a diferentes escenarios de aplicación. Este sistema es OBCAS.



## OBCAS: Ontology-Based Context awareness System

*La buena tecnología es indistinguible de la magia. (Arthur C. Clarke)*

### 4.1. Introducción

En el desarrollo de sistemas sensibles al contexto en los que la infraestructura y servicios están disponibles en cualquier lugar, en todo momento y en cualquier formato es vital el conocimiento, percepción, entendimiento y definición de todos los componentes del contexto desde una perspectiva de ingeniería haciendo uso de un modelo teórico de esa perspectiva o escenario y más aún, considerando que las aplicaciones móviles sensibles al contexto deben responder a cambios en el entorno (cualquier agente que participe) de forma inteligente, teniendo en cuenta el comportamiento de los usuarios.

Así, tres factores determinantes y estrechamente relacionados intervienen en el desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto que promuevan el IoT bajo NFC y servicios basados en la localización:



- *Un modelo de contexto* en el marco general de AmI, y en el ámbito de esta investigación.
- *Un modelo del comportamiento* de los agentes y actores que participan en las interacciones en un entorno aumentado.
- *Y un modelo del conocimiento* que permita adaptar a los diferentes contextos de interacción el comportamiento de los agentes involucrados.

Es decir, la definición de los escenarios, sus componentes, propiedades y actividades, la captura del comportamiento de los elementos de los escenarios en su interacción con los usuarios y los recursos solicitados, y el aprendizaje sobre estas interacciones con la intención de ofrecer una interacción adaptada e incluso anticipada y que permita la adecuación del escenario a las interacciones futuras.

En este trabajo, se presenta un modelo para el desarrollo de soluciones basadas en interacciones en escenarios aumentados con objetos pasivos y servicios de proximidad. En estos escenarios, los únicos elementos activos son el dispositivo móvil con el cual interactúa el usuario con los objetos, y un sistema back-end con el cual puede, o no, comunicarse el usuario a través del dispositivo móvil.

La propuesta que se presenta está orientada a la definición de los objetos que deben ser diseñados, los servicios ofrecidos, la arquitectura del sistema y la descripción de componentes que deben ser definidos para aumentar los objetos de forma que permita:

- La definición de escenarios complejos formados por diferentes objetos.
- Que los objetos del escenario puedan proporcionar diferentes servicios e información.
- La definición de relaciones entre los diferentes objetos del escenario, de forma que un escenario no sea concebido como un conjunto de objetos aislados, sino relacionados entre sí.
- Que diferentes usuarios puedan interactuar con los objetos del escenarios bajo diferentes contextos de interacción, determinados por sus preferencias y características, siendo esta interacción sensible al contexto.
- La definición de un conjunto de servicios asociados a una determinada localización geográfica.

Los objetos del escenario así como el propio escenario se representan como proveedores de múltiples y reusables servicios cuyo aprovisionamiento, transparente al usuario, es guiado por reglas. Las reglas tienen en cuenta el contexto de interacción y tecnológico haciendo uso de los recursos disponibles en los dispositivos que intervienen. Las reglas serán definidas en el seno de los comportamientos asociados a los diferentes agentes software que componen la arquitectura del sistema.

La solución contempla una forma transparente de capturar información y conocimiento tanto a través de los sensores del dispositivo móvil, como de la memoria de interacciones previas. Esta información permitirá la adaptación de los servicios,



posibilitando el razonamiento necesario para que esta adaptación al contexto considere el mayor número posible de variables del entorno y del usuario.

## 4.2. Descripción del Sistema OBCAS

El sistema OBCAS propone una solución para el modelado de interacciones sensibles al contexto mediante reglas en ambientes inteligentes. Estas reglas no van a estar definidas de forma independiente en el sistema, si no que van a formar parte del comportamiento de un conjunto de agentes. Los agentes están construidos sobre las reglas de comportamiento manifestadas por los agentes reales y la evidencia empírica recogida del entorno.

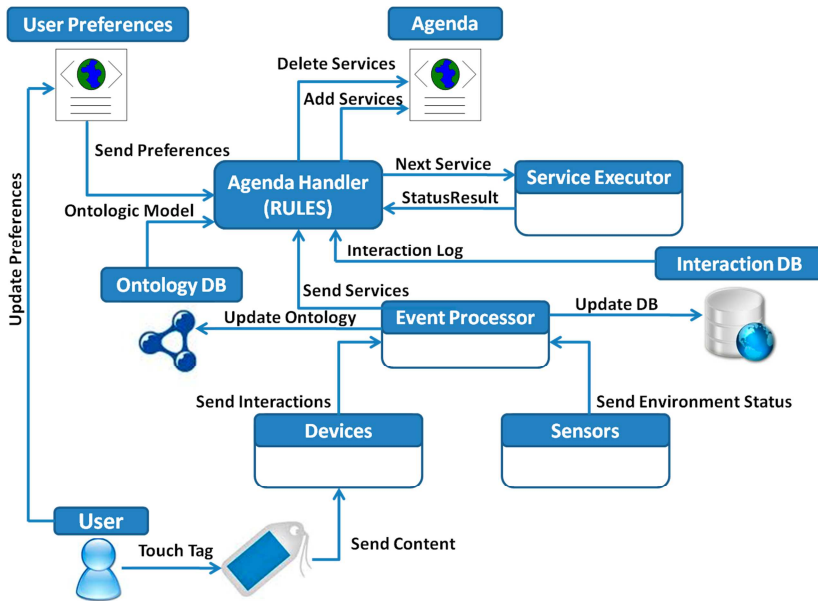


Figura 4.1: Arquitectura del Sistema

Como se puede ver en la Figura 4.1, el sistema está compuesto por *sensores* y *dispositivos*; un *procesador de eventos* que recoge información tanto del estado del entorno gracias a los sensores, como de las interacciones llevadas a cabo por el usuario utilizando su dispositivo móvil; un *modelo ontológico* que constituye la base de conocimiento para llevar a cabo las interacciones; una *base de datos* con todas las interacciones llevadas a cabo por los distintos usuarios; una *agenda* donde se recogen todos los servicios que un usuario tiene pendientes de ejecución en un cierto escenario; un *manejador de la agenda* que se ocupa de mantenerla actualizada y que selecciona en cada momento el siguiente servicio a ser ejecutado, servicio que será enviado al



*ejecutor de servicios*. Un último elemento es el *fichero de preferencias del usuario*, en el que el usuario define de forma explícita como quiere que le sean ofrecidos los servicios.

En los siguientes apartados se van a describir cada uno de estos componentes, estableciéndose además las relaciones existentes entre ellos.

### **4.2.1. Sensores y Dispositivos**

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y si estos sensores están asociados a otros circuitos, se podrá reaccionar al estímulo respondiendo en consecuencia [91]. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

Los sensores, en definitiva, son artefactos que permiten obtener información del entorno e interactuar con él. Así como los seres humanos utilizan su sistema sensorial para dicha tarea, las máquinas y los robots requieren de sensores para la interacción con el medio en el que se encuentran.

En OBCAS, los datos recogidos del entorno son enviados al sistema a través del Procesador de Eventos, que es un componente encargado de recoger y procesar toda esta información.

El sistema OBCAS considera principalmente aquellos sensores incorporados en el dispositivo móvil con el que tienen lugar las interacciones sobre el escenario. Estos sensores son: GPS, acelerómetro, giroscopio, brújula, sensor de luminosidad y sensor de proximidad. Sin embargo, el sistema queda abierto para la incorporación de nuevos sensores, que tendrán un componente de gestión del sensor en el dispositivo móvil y otro de procesamiento de la información en el lado servidor.

Mientras que con los sensores es posible obtener información del entorno, con tecnologías como NFC/RFID se puede interactuar con objetos de un escenario que hayan sido aumentados con Tags RFID obteniendo de ellos información y servicios.

El usuario toca los objetos de un escenario (Touch Paradigm) que contienen un Tag RFID, el Tag envía al dispositivo su contenido, y a partir de ese momento comienza el proceso de interacción. Al igual que con los sensores, esta interacción desencadena un evento que será controlado por el Procesador de Eventos.

### **4.2.2. Procesador de Eventos**

El Procesador de Eventos es un componente encargado de recibir datos procedente de los sensores y de los dispositivos acerca del entorno o de alguno de sus elementos, y formatearlos para que pueda ser utilizados por el sistema.

Este componente tiene una parte definida en el lado del dispositivo móvil encargada de recoger los datos enviados por los sensores, y otra componente definida en el lado del servidor encargada de procesarla, es decir, será el encargado de actualizar tanto la información del estado del entorno, como la base de datos que recoge toda la



información de las interacciones del usuario con los diferentes escenarios. También recoge información de las interacciones NFC.

Cada Tag NFC tendrá asociado un identificador único que será utilizado para identificar en el sistema los servicios que serán asociados a dicho Tag. La incorporación de un único identificador como elemento almacenado en el Tag, va a permitir no solamente que el sistema puede dinámicamente cambiar los servicios e información asociada a dicho Tag, si no también que puedan utilizarse aquellos Tag del mercado que ofrecen menor capacidad de almacenamiento.

### 4.2.3. Ontología

De entre los principales puntos que motivan el uso de ontologías, para este caso en particular, el más importante es que permiten compartir la interpretación de la estructura de información entre personas/agentes.

Teniendo en cuenta las características que se han definido para los diferentes elementos que componen los diferentes contextos de interacción en un escenario, se creará un modelo ontológico que será utilizado por los diferentes componentes del sistema.

En este trabajo se propone un modelo genérico y abierto a todo tipo de escenarios, siendo el objetivo de este trabajo el desarrollo de un “Kernel”, un marco de conocimiento para la definición, gestión y despliegue de aplicaciones sensibles al contexto. Se trata pues, de una ontología cuya función es la representación e integración de los diferentes modelos (ontologías) y sus relaciones. Estas ontologías representan a todos los elementos que participan en el modelado de escenarios.

Este modelo ontológico utilizará algunos conceptos de la Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications (SOUPA) [92] ya que se está modelando escenarios en ambientes inteligentes y ubicuos. Este modelo ontológico consiste en dos distintos pero relacionados conjuntos de ontologías: SOUPA *Core* and SOUPA *Extension*. Y mientras que el *Core* representa conceptos genéricos utilizados por cualquier aplicación ubicua, las parte de *Extension* recoge vocabulario para el desarrollo de aplicaciones específicas.

Aunque la parte “Extensión” de SOUPA recoge conceptos que pueden ser útiles para el desarrollo de aplicaciones, no se tiene en cuenta que el usuario puede interactuar con el escenario, concretamente con objetos del escenario, por lo que no existe modelización de este tipo de elementos ni de los conceptos a él asociados, convirtiéndose este hecho en uno de los principales objetivos de esta modelización.

### 4.2.4. Base de datos

OBCAS es un sistema activo y que genera numerosos datos transaccionales que deberán ser almacenados en una base de datos para que puedan ser analizados con posterioridad por el sistema. Este es el motivo por el que será necesario el desarrollo de una base de datos en el lado del servidor.





Además, el sistema deberá contar con información acerca de los escenarios definidos, qué elementos se encuentran en ellos y qué servicios se asocian a cada uno de ellos. Permitiendo en todo momento poder modificarlos siempre que el del sistema así lo crea necesario.

La base de datos también mantendrá información acerca de los usuarios que utilizan el sistema, contemplando para ellos información acerca de su dispositivo y la líneas telefónicas que tiene activas, para que el sistema pueda realizar una monitorización apropiada asociando los datos recibidos del dispositivo al usuario correspondiente.

El dispositivo móvil también contará con una base de datos dónde almacenarán valores de monitorización pendientes de ser enviados al servidor.

#### 4.2.5. Agenda

Las agendas son básicamente listas de tareas que puede (o debe) realizar un sistema [93]. Cada una de las tareas de la agenda suele llevar asociada una lista de razones por las cuales se presume que acometer una tarea es conveniente, además estas razones serán utilizadas para elaborar justificaciones y expresar procesos. Cada tarea tiene un valor asociado que representa el peso total de la evidencia que sugiere que la tarea es útil, así una agenda se puede considerar como un conjunto de tareas organizadas por peso (prioridades).

Se trata de una *Agenda de Prioridades*, en la que se lleva a cabo un control de las prioridades, listando todas las tareas en base a ella y escogiendo en cada momento para ser ejecutada siempre la tarea más prioritaria. Así, cada elemento en la agenda tiene establecida una prioridad, prioridad que supone una reordenación de los elementos que componen la agenda, de modo que se organizarán de mayor a menor prioridad, ejecutándose siempre aquel servicio que cuente con mayor prioridad.

La prioridad de un servicio puede variar cuando las condiciones del contexto varíen, cuando las preferencias del usuario cambien y con cada ejecución de un servicio.

Una misma tarea puede llevar asociadas distintas justificaciones, y no todas han de “*pesar*” lo mismo.

Cada una de las entradas en la agenda representa una tarea, que en este caso se trata de una acción a realizar por el ejecutor de servicios. Cada tarea tiene la siguiente información asociada:

- Una lista de razones que justifican (justificaciones) su inserción en la agenda, y los diferentes pesos asociados a cada justificación.
- Prioridad de ejecución de la tarea.
- Una lista de precondiciones que se deben cumplir para la ejecución de la tarea.

El componente encargado de manejar la agenda, cuenta con un comportamiento que tiene como función el cálculo de la prioridad de cada uno de los elementos de la



agenda. Este cálculo se lleva a cabo de la siguiente forma: cada objeto tiene una prioridad que indica el orden en que han sido visitados los objetos en el escenario. Así a falta de otros elementos para decidir qué servicio ha de ejecutarse en primer lugar, se elegirá aquellos servicios pertenecientes a los objetos visitados en primer lugar. Para determinar el orden de ejecución de un servicio, se ha de tener en cuenta su lista de justificaciones, y esta lista la componen:

- Prioridad del objeto: si tiene o no que esperar la ejecución de otros objetos, si es 1 no tiene que esperar.
- Posición que ocupa el servicio en la jerarquía de servicios asociados al objeto.
- Número de servicios previos a la ejecución de este servicio.
- Número de precondiciones no satisfechas para la ejecución del servicio.
- Número de recursos en espera para ejecutar el servicio. Está relacionado con los recursos del dispositivo, si faltan directamente se eliminan, sin embargo si solo están deshabilitados por el usuario se mantiene en la agenda, con una justificación negativa para cada recurso deshabilitado.
- Número de veces que el usuario ha ejecutado este servicio. Si un usuario interactúa frecuentemente con un objeto, sus servicios se considerarán prioritarios, proporcionándoles los recursos necesarios para su ejecución en el momento que se hayan ejecutado sus servicios previos si los tiene. Todos los servicios previos también pasarán a ser prioritarios.
- Número de veces que el usuario ha rechazado la ejecución de este servicio.
- El perfil bajo el cual se ha ejecutado el servicio, y se tiene en cuenta si en el momento de la interacción, el usuario se encuentra bajo ese perfil.

La prioridad de una tarea puede ser calculada como una combinación lineal de las justificaciones que afectan a la tarea, pesadas (priorizadas) de acuerdo a su importancia. La ejecución de una tarea proporcionará nuevas justificaciones para la siguiente en ser ejecutada.

#### **4.2.6. Preferencias de Usuario**

La información acerca de las preferencias de usuario y las de interacción están almacenadas tanto en el servidor como en el dispositivo móvil.

Las preferencias permiten adaptar la interacción del usuario a sus características. Las preferencias son definidas mediante expresiones que asignan valores a parámetros o variables utilizadas en el contexto como: a) los servicios, b) los recursos, y c) definidos por el usuario.



#### **4.2.7. Manejador de la Agenda**

Es uno de los principales componentes del sistema ya que es el encargado de decidir qué, cómo y cuándo se van a proporcionar los servicios a los usuarios, siendo una de sus principales obligaciones mantener actualizada la agenda y elegir el servicio que va a ser ejecutado.

Está formado por las RULES que van a guiar la ejecución de los servicios y actuará en las siguientes situaciones:

- Cuando el procesador de eventos reciba una interacción NFC que lleve asociada un conjunto de servicios. El servicio deberá incorporarse a la agenda incorporando la lista de justificaciones, la prioridad y la lista de precondiciones.
- Cada vez que se active un servicio de localización.
- Tras la ejecución de un servicio para actualizar la agenda, actualizando la prioridad de cada uno de los servicios restantes.

#### **4.2.8. Ejecutor de Servicios**

El ejecutor de servicios es un componente encargado de realizar las llamadas oportunas a comandos del sistema para llevar a cabo la ejecución del servicio.

Este agente recibe un servicio con un listado de recursos y lo ejecuta. Después de la ejecución del servicio envía información sobre los resultados y del estado actual del entorno, usuario, recursos, etc.

### **4.3. Componentes de OBCAS**

De la descripción del sistema realizada en el apartado anterior, se puede deducir que el desarrollo de OBCAS va a contar con dos bloques fundamentales, uno correspondiente al modelo ontológico que llamaremos Kernel y otro a la arquitectura multi-agente utilizada para desarrollar los diferentes componentes activos del sistema.

#### **4.3.1. OBCAS-Ontology (Kernel)**

Este componente estará compuesto por un conjunto de ontologías clasificadas en dos grandes grupos: a) Ontología de dominio y b) Ontología de aplicación, tal y como se ha comentado en capítulos anteriores.



En el capítulo siguiente, capítulo 5, se tratará ampliamente este componente, comenzando por una descripción de todos los elementos que participan en el modelado del contexto y finalizando con la propuesta de las ontologías a utilizar por el sistema.

### **4.3.2. OBCAS-Architecture**

La arquitectura OBCAS estará compuesto por un sistema multi-agente que tendrá un componente en el lado servidor y otro en el lado móvil. Todos los agentes que componen este sistema se comunican utilizando el protocolo FIPA y utilizando en el lenguaje de contenido el modelo ontológico definido en OBCAS-Ontology.

Para la modelización del sistema se utiliza la metodología GAIA en combinación con la definición de protocolos de interacción propuestos en FIPA, por lo que a lo largo del capítulo 6, se mostrarán diversas figuras correspondientes a esta metodología que van a ayudar a entender la composición de la arquitectura del sistema.



## OBCAS-Ontology (Kernel)

*La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica. (Aristóteles)*

### 5.1. Introducción

Se puede decir que las interacciones sensibles al contexto son interacciones realizadas entre un usuario y el entorno o escenario, motivo por el cual es imprescindible describir el contexto.

Un contexto se encuentra ubicado en un entorno natural, un escenario, y se caracteriza por aumentar los objetos existentes en el mismo, generando un ambiente inteligente. Las características de interacción con el usuario que ofrece un contexto, no sólo depende de los objetos que están inmersos en el contexto, sino también de las características, requerimientos y capacidades del usuario.

Una característica importante de los sistemas ubicuos es la localidad, es decir, las capacidades o servicios ofrecidos por el entorno decrece con la distancia al usuario. Por este motivo es importante conocer la localización del usuario, y es por ello que los móviles son una gran herramienta para la interacción en este tipo de sistemas.



## 5.2. Modelización de Interacciones Sensibles al Contexto

Cuando se habla de contexto, no sólo nos referimos al contexto físico en el que se encuentra en usuario y los objetos que lo rodean, también nos referimos a la historia de las interacciones, servicios previos y localizaciones.

Por esta razón, para modelizar las interacciones sensibles al contexto es necesaria a) la definición de usuarios, escenarios, componentes, propiedades y actividades, b) capturar el comportamiento de los elementos del escenario en su interacción con los usuarios, c) definir los recursos necesarios, d) así como aprender acerca de las interacciones en orden a ofrecer una interacción adaptada e incluso anticipada y que permita la adecuación del escenario a las interacciones futuras.

### 5.2.1. Modelado del Contexto del Usuario

El modelado del contexto del usuario es el procedimiento a través del cual se controla, delimita y captura la descripción de toda la información asociada al usuario y que será utilizada por las distintas aplicaciones para personalizar su respuesta o adecuar su interacción a sus intereses y preferencias.

Del usuario se va a recoger el siguiente conjunto de información:

- User Account
- Rol
- Disability
- Preferences / Profile
- History (Services History, Location History)
- User Context (Pending Services List, Current Position)

#### 5.2.1.1. User Account

Se trata de una colección de información personal sobre el usuario. Cada cuenta de usuario tiene un nombre de usuario y una contraseña usada para acceder a las funciones de administración de su cuenta y actualizar o eliminar la información de usuario.

La información almacenada está relacionada con los datos personales del usuario, la ubicación habitual (residencia) y datos diversos, tales como afiliaciones, estado civil, etc.

Algunos atributos especiales son, por ejemplo, los de la visibilidad para el monitoreo de usuario o fechas de monitoreo.



### 5.2.1.2. User Rol

El concepto de rol está relacionado con el papel o la función que desempeña una persona en un lugar o situación determinados. Cada rol lleva asociado un conjunto de comportamientos.

En el ámbito de las aplicaciones ubicuas, se va a considerar como un elemento más de contexto a tener en cuenta para personalizar los servicios que se van a proporcionar al usuario. El rol será utilizado por las diferentes aplicaciones que se desarrollen bajo este paradigma para adaptar la interfaz y proporcionar un tipo u otro de funcionalidad al usuario.

Es importante destacar que una persona puede desempeñar diversos roles, de acuerdo al contexto, y el sistema ubicuo ha de tenerlos todos en cuenta.

### 5.2.1.3. User Disabilities

La discapacidad es una forma de discapacidad física, sensorial o cognitiva que puede causar limitaciones humanas.

Los diferentes tipos de discapacidad son: a) Deficiencias visuales, b) Problemas de audición), c) Discapacidad física, d) Deterioro del lenguaje, e) Dislexia y f) Autismo.

En OBCAS, las categorías de discapacidad que se consideran son deficiencias visuales y auditivas. Para estas categorías el sistema es capaz de seleccionar o modificar la interfaz de usuario de acuerdo con las características y discapacidades del usuario. Por ejemplo, las notificaciones de las personas con discapacidad visual serán con la vibración y el sonido, mientras que las notificaciones para las personas con impedimentos auditivos estarán con vibración y texto.

El diseño de la interfaz debe tener en cuenta los requisitos de la discapacidad del usuario con respecto a otros requisitos. Se pueden considerar como un tipo especial de las preferencias del usuario.

### 5.2.1.4. User Preferences

Las preferencias de usuario son un conjunto de ajustes que almacenan la descripción de las características y preferencias de un usuario. Esta información será utilizada por los sistemas con el fin de mostrar una apariencia y trabajar de acuerdo con el usuario.

Las preferencias de usuario contienen la configuración del usuario para los servicios, recursos tales como ajustes de sonido, configuraciones de aplicaciones específicas y otras características.

La preferencias se agrupan en dos perfiles básicos: a) perfil predeterminado y, b) perfil personalizado.

- El *perfil predeterminado* tiene activados todos los ajustes con valores medios y la ejecución de los servicios con el valor establecido en la definición del servicio.
- El *perfil personalizado*, a su vez, se clasifica como:





- Reactivo: todos los ajustes están habilitados y con el máximo valor, además, la ejecución de los servicios es automática.
- Interactivo: Todos los ajustes se activan, pero la ejecución de los servicios es manual, previa consulta al usuario.
- No disponible: todos los ajustes se desactivan y la ejecución de los servicios es manual.
- Nuevo perfil: los valores de los ajustes y los servicios se proporcionan de forma manual.

Los perfiles de usuario aseguran que las preferencias personales del usuario se utilicen cada vez que él o ella inicia una sesión en la aplicación móvil.

#### **5.2.1.5. History**

En general, cada usuario tiene un historial sobre ubicaciones y servicios. El historial de ubicaciones está relacionado con la posición geográfica del usuario en el tiempo. Esta información puede ser útil para aplicaciones que necesiten conocer las rutas tomadas o utilizadas por los usuarios. Las aplicaciones pueden mostrarlo o utilizarlo para personalizar información y servicios.

El historial de los servicios está relacionado con los servicios ejecutados o cancelados, teniendo en cuenta las circunstancias en que fueron originalmente ejecutados o cancelados. Esta información es utilizada por el sistema con el fin de dar prioridad a la ejecución de unos servicios frente a otros.

#### **5.2.1.6. User Context**

En la sección anterior, con “History” se trató de recopilar información sobre los servicios y los lugares pasados, mientras que ahora “User Context” se refiere al estado actual del usuario, teniendo en cuenta la lista actual de los servicios pendientes en la agenda y la ubicación actual.

### **5.2.2. Modelado del Entorno**

A menudo, un entorno es un escenario que permite actuar de manera predecible, ya que el usuario suele contar con información de antemano sobre las características o normas que regulan el funcionamiento de este espacio. Sin embargo, cada entorno cuenta con un aspecto y comportamiento individual que, si bien puede ser compartido por otros o asemejarse a entornos afines, apunta a cubrir las necesidades y las expectativas específicas que cada usuario posee.

En un ambiente inteligente, el entorno está formado, además de por los objetos que componen un escenario de interacción, por el conjunto de factores externos que influyen en el desarrollo de las interacciones de usuario.



El objetivo de este tipo de entorno es permitir al usuario optimizar, sin ayuda, la experiencia de interacción y personalizarla para que se adapte a sus preferencias y necesidades.

Un entorno inteligente ofrece servicios al usuario que hay en él. Estos servicios pueden ser servicios basados en la localización o servicios basados en las interacciones del usuario con los objetos aumentados del entorno.

Los servicios basados en la localización son servicios que se ofrecen al usuario sólo cuando él / ella está en un área específica. Estos servicios son proporcionados a los usuarios con independencia de las interacciones.

Los servicios basados en las interacciones del usuario son los servicios prestados al usuario en el momento de interactuar con los objetos aumentados. Los objetos aumentados son elementos etiquetados con etiquetas RFID. Los usuarios interactúan con estos objetos tocándolos con sus dispositivos NFC.

Mediante el uso de la tecnología NFC y el conjunto de recursos proporcionados por los dispositivos móviles (sonido, video, procesamiento de datos, etc), los usuarios pueden interactuar con el entorno real con sólo tocar los objetos reales previamente aumentados por etiquetas RFID.

Como se discutió anteriormente, la interacción con el entorno se lleva a cabo a través del uso de teléfonos móviles, que además de ser los elementos de control que proporcionan información sobre el contexto de usuario, también son los dispositivos en los que el usuario recibe el resultado de sus interacciones.

### **5.2.2.1. Elementos de un escenario**

Un escenario está constituido por un conjunto de objetos y espacios inteligentes relacionados y que tienen un significado dentro del escenario. Estos espacios y objetos proporcionan información y servicios al usuario cuando interactúa con ellos (bien tocándolos o bien gracias a la localización).

Los objetos del contexto son los objetos del mundo real del escenario en el cual se encuentra el contexto. Pueden ser cualquier objeto de nuestro entorno aumentado mediante etiquetas RFID (Tags): una fotografía, una silla, unas llaves, etc., siendo el conjunto de estos objetos los que delimitan y caracterizan el contexto.

Los espacios inteligentes son espacios que tienen asociados un conjunto de servicios que serán proporcionados al usuario cuando éste se encuentra en el área de influencia del espacio.

### **5.2.3. Modelado de las Interacciones**

La interacción del usuario con los objetos que componen el contexto está caracterizada por los recursos asignados al contexto. Estos recursos definen, de forma predeterminada, los medios en los que los objetos y los espacios inteligentes proporcionarán información y servicios al usuario, aunque la forma en que estos medios son utilizados pueda ser modificada posteriormente por las preferencias del usuario y la definición de los objetos y de los espacios.



Tanto las etiquetas asociadas a los objetos, como los espacios inteligentes ofrecerán un conjunto de servicios cuando el usuario interactúa con ellos.

Los servicios son guiados por un conjunto de reglas que proporcionan una lógica de interacción entre el usuario y el entorno. Las reglas permiten la definición de interacciones complejas del usuario con el contexto, adaptando estas interacciones al comportamiento del usuario y a sus preferencias. Las preferencias, junto con las reglas, posibilitan que los servicios y recursos de los objetos del contexto se adapten al usuario.

### 5.2.3.1. Modelado de los servicios

Según OWL-S todo servicio que sea definido y que será usado para formar parte de una ontología deberá estar definido en base a: a) *Service Profile*, b) *ServiceGrounding* y c) *Service Model*, tal y como se muestra en la Figura 5.1.

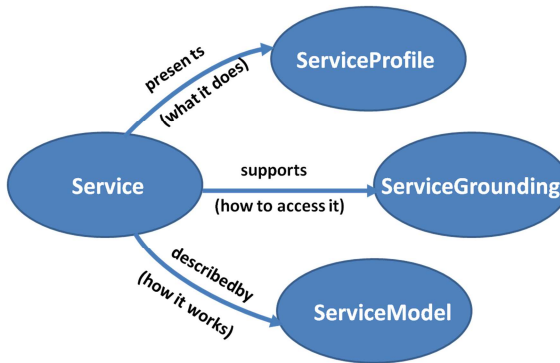


Figura 5.1: Descripción OWL-S de un Servicio

La clase *Service Profile* describe las propiedades del servicio. La clase *Service Model* expresa a través de una perspectiva de proceso (simple o compuesto), el funcionamiento del servicio. Por último, la clase *Service Grounding* proporciona la información necesaria para interactuar con los servicios, la definición del protocolo de comunicación (RPC, SOAP, CORBA, HTTP-FORM, etc) en el mismo idioma de la aplicación de servicio.

Siguiendo estas indicaciones, los servicios estarán compuestos por:

- Un conjunto de propiedades que definen el servicio como: nombre, descripción, protocolo de red, etc.
- Una lista de parámetros de entrada, utilizados para ejecutar un servicio.
- Una lista de precondiciones que son predicados que deben ser ciertos para que el servicio se ejecute. Estas precondiciones están relacionadas con los servicios, los recursos necesarios, los dispositivos con los que tiene lugar la interacción y con las características y preferencias del usuario.



- Una lista de servicios previos: lista de servicios que deben ser ejecutados antes del servicio actual.
- Una lista de recursos: lista de capacidades necesarias para ejecutar el servicio.
- Una lista de resultados del servicio: los resultados después de la ejecución del servicio.

### 5.2.3.2. Modelado de las Reglas

Las reglas son un conjunto de restricciones que determinan la forma en que los servicios estarán disponibles para el usuario en relación con el contexto en el que se está ejecutando la interacción, es decir, estableciendo el comportamiento de los objetos para un contexto específico del usuario.

Las reglas guían los servicios ofrecidos por los objetos y se basan en: a) las propiedades de los objetos, b) las características de los servicios, c) la actividad de los usuarios, d) las preferencias del usuario, d) el dispositivo usado y otra información que pueda ser inducida basada en interacciones previas, el estado del entorno / escenario, etc.

En el modelo propuesto, existen dos grandes grupos de reglas como se puede observar en la Tabla 5.1: a) las que definen las restricciones a la información, son reglas sobre las propiedades de las clases definidas en la ontología, y b) las que definen el comportamiento de los agentes.

Tabla 5.1: Definición de Reglas

<i>Establecer restricciones y valores de la información contenida en los elementos de ontologías</i>			
<b>IF</b>	<antecedente>	<b>THEN</b>	<consecuente>
	Propiedades de: - Objetos - Servicios - Recursos - Dispositivos - Capacidades - Preferencias - Usuarios		Modifica propiedades de: - Servicios - Preferencias - Prioridades - Agenda - Lista de Justificaciones
<i>Restringir el comportamiento de los diferentes actores en el sistema</i>			
<b>IF</b>	<condición>	<b>THEN</b>	<acción>
	Agentes: - Manejador Agenda - Procesador Eventos - Ejecutor Servicios		Perform (nombre_Proceso, parametros)



## 5.3. Modelo Ontológico

Según Volz [74], una ontología define los términos que se usan para describir y representar un cierto dominio, un área específica de interés, en este caso el contexto. Así, toda ontología representa cierta visión del mundo con respecto a un dominio. Para este caso particular a través de la ontología se trata de realizar una representación, categorización y reconocimiento de los objetos, eventos, situaciones y comportamientos inmersos en escenarios reales, permitiendo el desarrollo de sistemas adaptativos y anticipatorios, incluso bajo un conocimiento incompleto de los objetos y preferencias.

La necesidad de utilizar ontologías viene dada por la complejidad inherente a las aplicaciones desarrolladas en el contexto de los Sistemas Multi-Agente, que hace que se presenten las siguientes dificultades:

- Abundancia de comunicación entre agentes
- Interoperabilidad de sistemas y plataformas
- Problemas semánticos

De entre los principales puntos que motivan el uso de ontologías, para este caso en particular, el más importante es que permiten compartir la interpretación de la estructura de información entre personas/agentes. El establecer una ontología sobre un dominio permite que dos agentes puedan entenderse sin ambigüedad y sepan a qué se refieren, además del hecho de que varias aplicaciones puedan compartir un conocimiento común.

Para que los agentes se comuniquen entre ellos, deben compartir el mismo idioma, vocabulario y protocolos. Al seguir las recomendaciones del estándar FIPA, JADE ya aporta un cierto grado de coincidencia al usar los actos comunicativos FIPA y su lenguaje de contenido SL (Semantic Language), que determinan la forma en que los mensajes son intercambiados por los agentes. Sin embargo, será necesario definir ontologías específicas, con su propio vocabulario y semántica para el contenido de los mensajes intercambiados por los agentes.

Por ello en este trabajo se propone un modelo genérico y abierto a todo tipo de escenarios, el “Kernel”, un marco de conocimiento para la definición, gestión y despliegue de aplicaciones sensibles al contexto. Se trata pues, de una ontología cuya función es la representación e integración de los diferentes modelos (ontologías) y sus relaciones.

La Figura 5.2 muestra un diagrama general de la ontología del sistema. Esta ontología representan a todos los elementos o artefactos que participan en el modelado de escenarios y de las interacciones que en él tienen lugar.

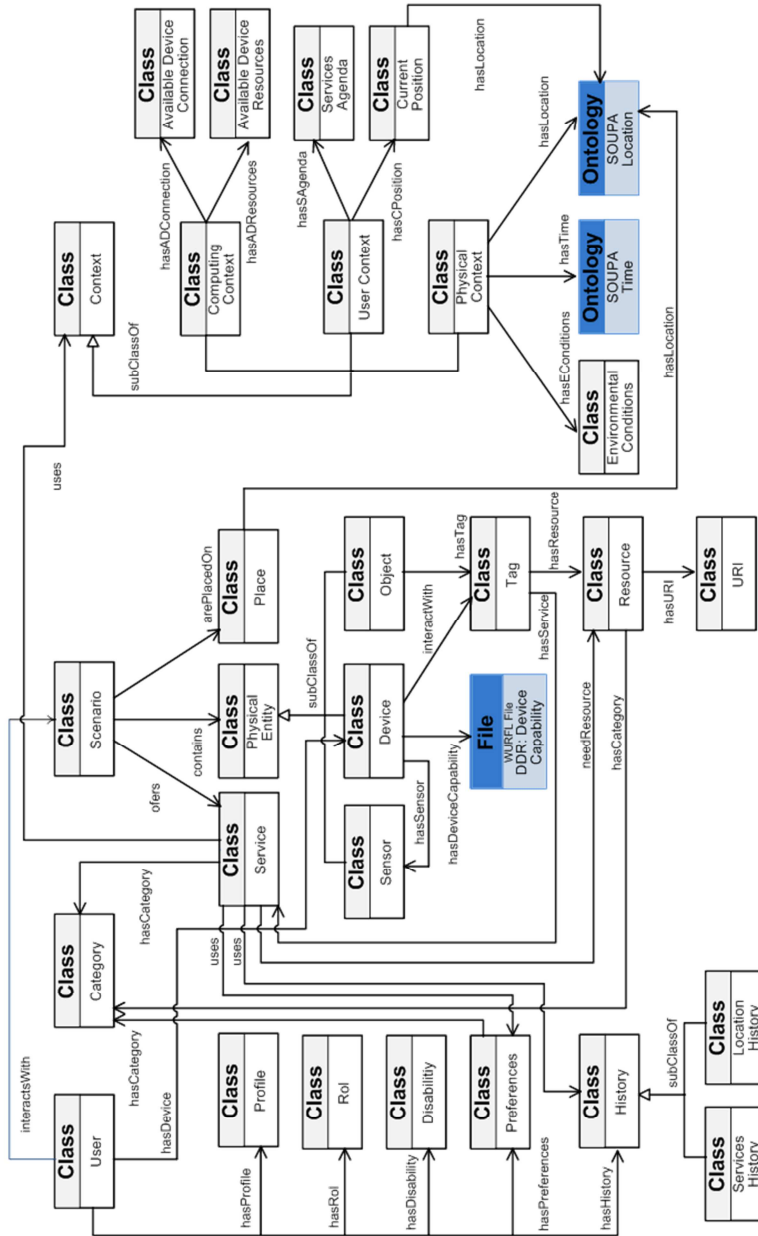


Figura 5.2: Modelo Ontológico de Dominio



Pero como se comentó al principio. OBCAS propone además una ontología de aplicación, en la que además de conceptos se definen predicados y acciones a realizar por los agentes. Al conjunto de estas ontologías es a lo que se va a denominar Kernel.

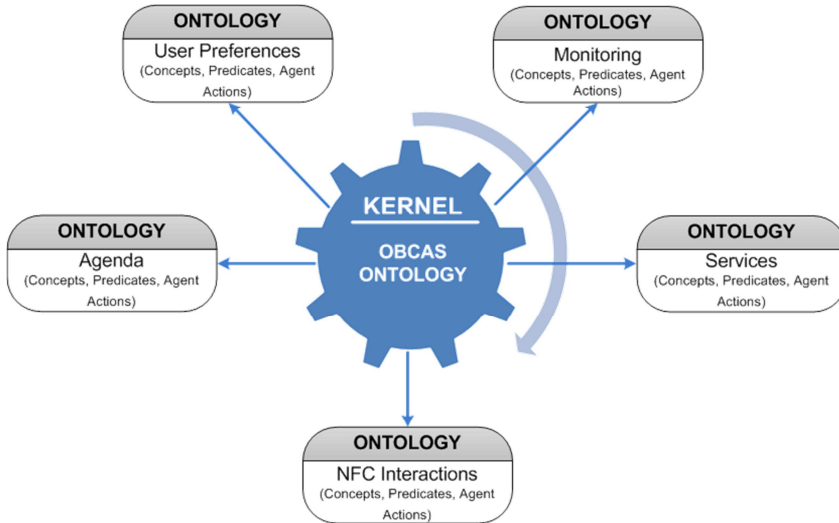


Figura 5.3: Componentes del Kernel

El Kernel consta de cinco componentes tal y como se puede observar en la Figura 5.3:

- El primero de los componentes describe aquellos elementos utilizados durante el proceso de monitorización, gracias al cual se recoge el estado del entorno a través de los sensores de los dispositivos móviles.
- El segundo de los componentes recoge los elementos ontológicos pertenecientes a los servicios, los recursos asociados, los parámetros de entrada, las precondiciones necesarias para su ejecución, así como los resultados devueltos.
- El tercero se corresponde a la ontología utilizada para la gestión de las interacciones NFC, aquellas realizadas con elementos del escenario aumentados con Tags RFID.
- El cuarto se corresponde con el grupo de ontologías relativas a la agenda, la estructura de datos utilizada para gestionar la ejecución de los servicios.
- El último de los componentes es el que describe las preferencias de usuario, este componente recoge aquellas características que el usuario de forma explícita puede cambiar acerca del sistema ubicuo y que serán tenidas en cuenta en la selección y ejecución de servicios.



### 5.3.1. Monitoring Ontology

La Figura 5.4 muestra la ontología utilizada por los agentes JADE para la monitorización. Durante la monitorización, es necesario recoger información de todos los sensores del dispositivo móvil, de las diferentes conexiones de red, además de la actividad telefónica como llamadas, SMS, MMS.

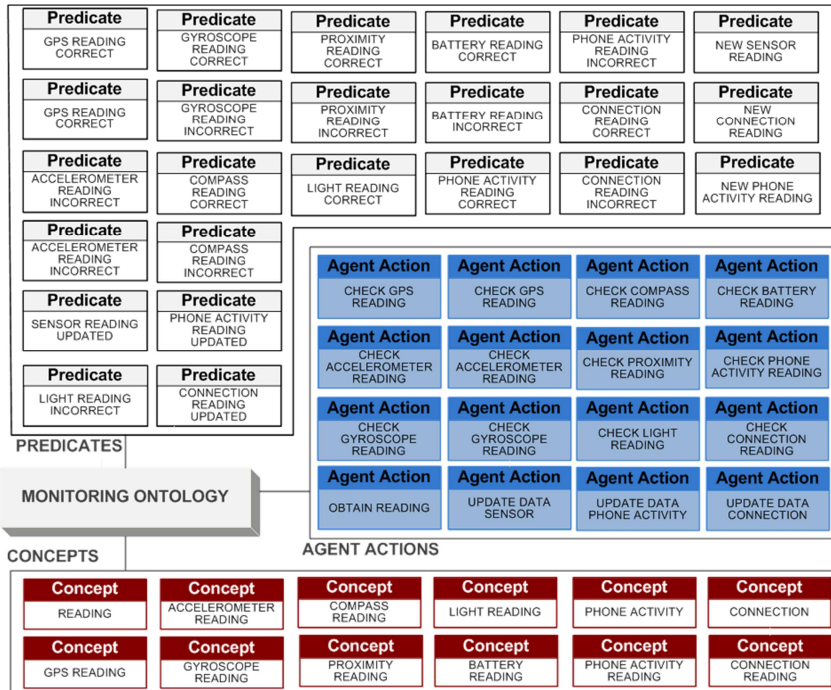


Figura 5.4: Monitoring Ontology

Toda estos datos van a proporcionar información del contexto físico del usuario, su localización, su actividad y qué posibles vías de comunicación tiene.

Dado que se trata de una Ontología de aplicación, estará compuesta por tres componentes:

1. El primero se corresponde con los *conceptos*. Esta parte de la ontología está relacionada con la ontología general propuesta para OBCAS. Se va a observar a lo largo de este capítulo que los conceptos estarán formados por los elementos identificados en la Ontología de Dominio.
2. El segundo son los *predicados* utilizados por los agentes, y que definen las declaraciones relacionadas con los valores que los conceptos pueden tomar.





3. El último componente contiene las acciones que los agentes pueden realizar.

Durante el proceso de desarrollo de un sistema multi-agente, los mensajes enviados entre los agentes, sólo pueden contener predicados y acciones.

Para el caso particular de la ontología de monitorización, las acciones están relacionadas con las diferentes lecturas que se pueden realizar a través del dispositivo móvil, mientras que los predicados muestran si estas lecturas son correctas o no.

### 5.3.2. Services Ontology

En OBCAS se definen dos tipos de servicios, aquellos ofrecidos por los objetos aumentados en los escenarios, y aquellos otros definidos para un SmartSpace. Ambos son incorporados al sistema a través de la agenda de servicios que es la encargada de gestionarlos y ofrecerlos al usuario de acuerdo a sus preferencias y necesidades.

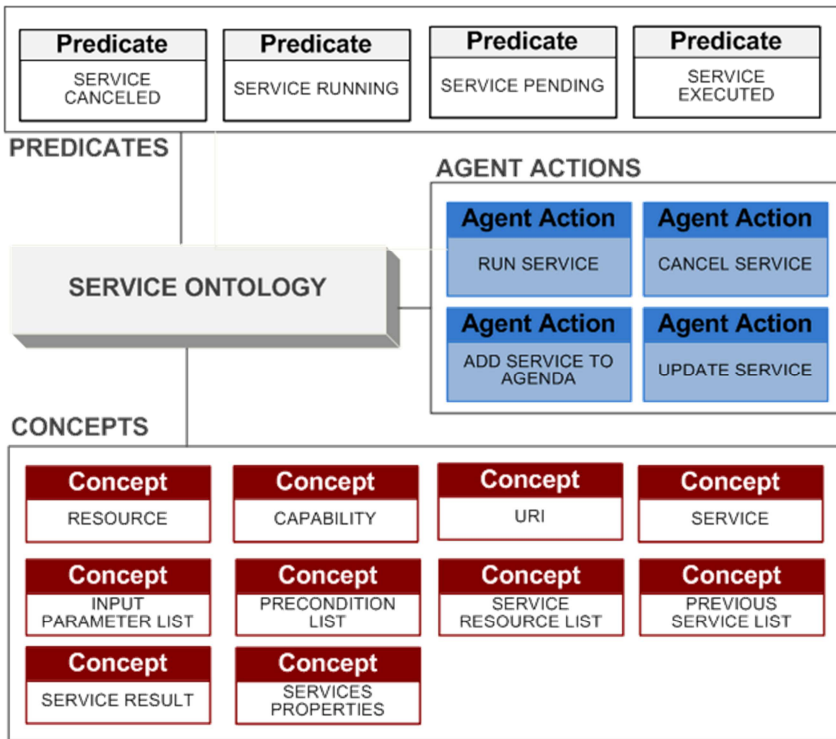


Figura 5.5: Services Ontology



Las acciones definidas en esta ontología para los agentes, están relacionadas con las actividades de inserción, actualización, borrado o ejecución de servicios. Del mismo modo, los predicados reflejan los diferentes estados en los que un servicio se pueden encontrar. (Ver Figura 5.5)

Cuando un servicio es insertado en la agenda, se encuentra en estado “*pending*”, esto significa que su ejecución está pendiente del cumplimiento de las precondiciones establecidas para este servicio. Si el servicio se está ejecutando, su estado será “*running*”, y al finalizar la ejecución se encontrará en estado “*executed*”. Cuando un servicio es cancelado bien por la aplicación como respuesta a las preferencias establecidas por el usuario o bien directamente por el usuario su estado será “*anceled*”.

### 5.3.3. NFC Interactions Ontology

La ontología de la Figura 5.6, contiene los conceptos, predicados y acciones relacionadas con la interacción de un usuario con un objeto aumentado con una etiqueta RFID. El usuario interactúa con el objeto acercando su dispositivo con NFC habilitado.

Un Tag almacenan información acerca del escenario, del objeto y su localización. Con esta información es posible conocer qué servicios están asociados con el objeto.

Cuando se envía una interacción NFC al servidor, también se envía información del usuario que realizada dicha interacción, para que los servicios ofrecidos por el objetos satisfagan sus preferencias.

Las acciones incluidas en esta ontología, están relacionadas con el almacenamiento de las interacciones así como la recuperación de los servicios y su posterior inclusión en la agenda.

En este caso hay un único predicado, que indica que hay una nueva interacción.

### 5.3.4. Agenda Ontology

Esta ontología incluye conceptos, predicados y acciones para los agentes relacionadas con uno de los componentes más importantes del sistema: la agenda. La agenda es responsable de la gestión de los servicios y su ejecución, y puede ser definida como un conjunto de ítems ordenados por prioridad y que representan a un servicio.(ver Figura 5.7)

Cada servicio que es incluido en la agenda, tiene las siguientes propiedades:

- Una prioridad, indicando el orden de ejecución.
- Una lista de justificaciones, que representa las medidas que se realizan en los servicios para calcular su prioridad.
- El servicio con todos sus componentes: lista de parámetros de entrada, lista de precondiciones, lista de recursos, lista de resultados, etc.

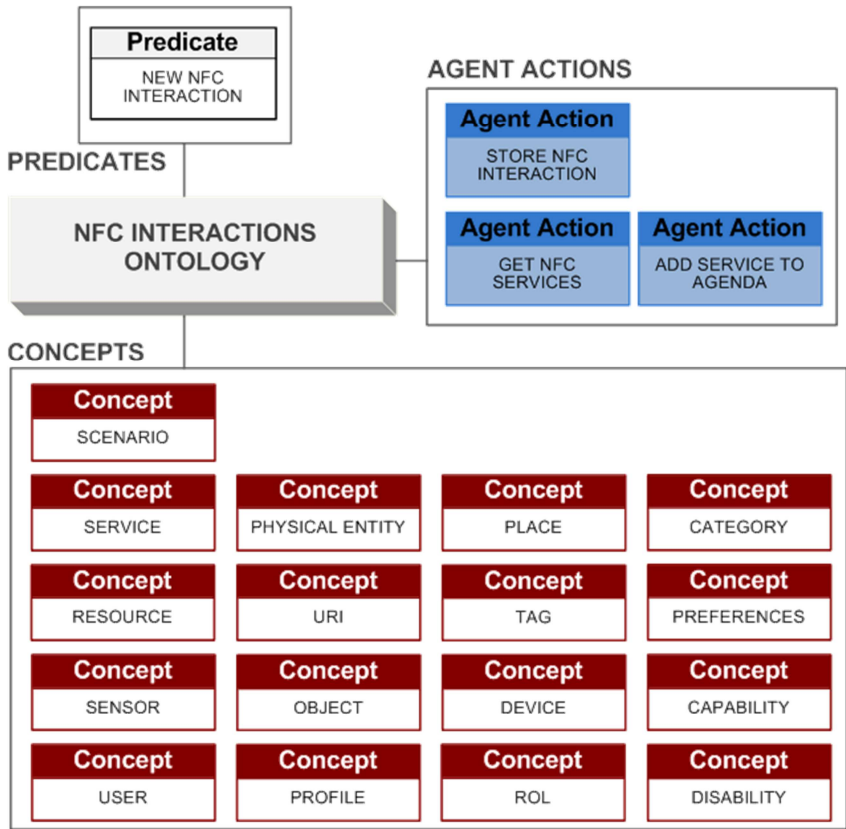


Figura 5.6: NFC Interactions Ontology

Las acciones de los agentes definidas en esta ontología están relacionadas con el manejo de la agenda y los predicados indican la disponibilidad de nuevos servicios y recursos.

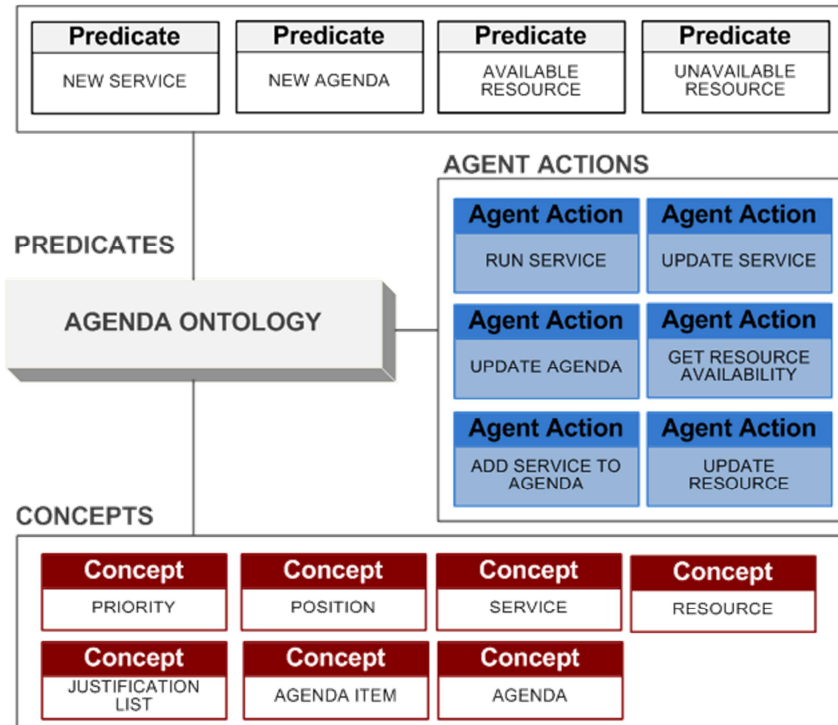


Figura 5.7: Agenda Ontology

### 5.3.5. User Preferences Ontology

Las preferencias de usuario están categorizadas utilizando tanto criterios relacionados con los usuarios, como con los servicios o los recursos. (ver Figura 5.8)

En esta ontología es necesario definir acciones para los agentes relacionadas con estos tres grupos de preferencias. Cuando un usuario realiza un cambio en sus preferencias, ésta actualización debe ser enviada al servidor.

Los predicados estarán relacionados con los resultados de las actualizaciones.

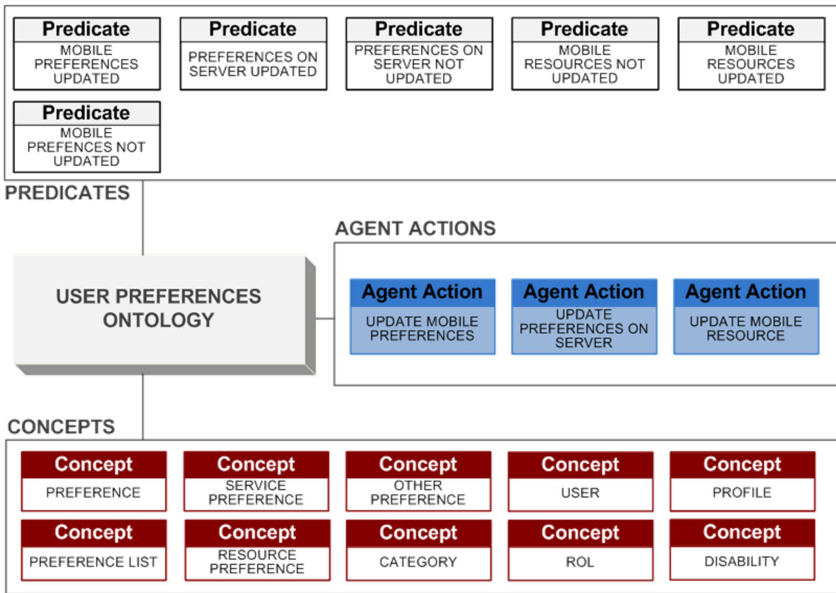


Figura 5.8: User Preferences

## 5.4. Ontología para JADE

Como se ha comentado en anteriores capítulos, una vez que se tiene la ontología definida, es necesario utilizar alguna herramienta para implementarla. En esta ocasión se ha utilizado Protegé, que además de proporcionar una interfaz gráfica fácil de usar para la generación de ontologías, también permite su posterior transformación en una ontología lista para ser usada por JADE.

La Figura 5.9 muestra la lista de Conceptos que se han definido en Protegé para ser utilizados por JADE. Todas las clases heredan de la clase Concepts, que a su vez hereda de THING.

La clase THING es la clase principal en Protegé de la que heredan todas las clases que se definan.



Frame	Slot	Facet
:JADE-CLASS	:DIRECT-INSTANCES	
:THING	:DIRECT-SUBCLASSES	
AccelerometerReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Agenda	:DIRECT-SUPERCLASSES	
AgendaItem	:DIRECT-SUPERCLASSES	
AgentAction	:DIRECT-SUPERCLASSES	
AID	:DIRECT-SUPERCLASSES	
BatteryReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Capability	:DIRECT-SUPERCLASSES	
CompassReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Connection	:DIRECT-SUPERCLASSES	
ConnectionReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
GPSReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
GyroscopeReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Justification	:DIRECT-SUPERCLASSES	
LightReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
OBCAStag	:DIRECT-SUPERCLASSES	
OBCAStagReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Parameter	:DIRECT-SUPERCLASSES	
PhoneActivity	:DIRECT-SUPERCLASSES	
PhoneActivityReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Precondition	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Preference	:DIRECT-SUPERCLASSES	
ProximityReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Resource	:DIRECT-SUPERCLASSES	
SensorReading	:DIRECT-SUPERCLASSES	
Service	:DIRECT-SUPERCLASSES	
ServiceResult	:DIRECT-SUPERCLASSES	
URI	:DIRECT-SUPERCLASSES	
UserPreferences	:DIRECT-SUPERCLASSES	

Figura 5.9: Definición de Conceptos en Protegé

La Figura 5.10 muestra la definición de todas las clases en la ontología relativas a las Acciones de los Agentes. Todas estas clases heredan de AgentAction, que a su vez hereda de Concept, que como se ha comentado antes, hereda de la clase THING.



Frame	Slot	Facet
• JADE-CLASS	• :DIRECT-INSTANCES	
• Concept	• :DIRECT-SUBCLASSES	
• AddServiceToAgenda	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckAccelerometerReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckBatteryReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckCompassReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckConnectionReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckGPSReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckGyroscopeReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckLightReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckPhoneActivityReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CheckProximityReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• GetNFCServices	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ObtainReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• RunService	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SendConnectionReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SendMeResourceAvailability	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SendPhoneActivityReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SendSensorReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SetAvailableResource	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• SetUnavailableResource	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ShowServiceResult	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• StoreNFCInteraction	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateDataConnectionReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateDataPhoneActivityReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateDataSensorReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateMobileAgenda	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateServerAgenda	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• UpdateUserPreferences	• :DIRECT-SUPERCLASSES	

Figura 5.10: Definición de Acciones para los Agentes en Protegé

Por último, la Figura 5.11, muestra todos los Predicados definidos para JADE en OBCAS. Todos los predicados heredan de la clase Predicate, que a su vez hereda de la clase THING.



Frame	Slot	Facet
• :JADE-CLASS	• :DIRECT-INSTANCES	
• :THING	• :DIRECT-SUBCLASSES	
• AccelerometerReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• AccelerometerReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• AvailableResource	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• BatteryReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• BatteryReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CompassReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• CompassReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ConnectionReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ConnectionReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ExecutedService	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ExecutionServiceError	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• GPSReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• GPSReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• GyroscopeReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• GyroscopeReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• LightReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• LightReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• NewConnectionReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• NewNFCInteraction	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• NewPhoneActivityReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• NewSensorReading	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• PhoneActivityReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• PhoneActivityReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ProximityReadingCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ProximityReadingIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• RightTag	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ServiceResultCorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	
• ServiceResultIncorrect	• :DIRECT-SUPERCLASSES	

Figura 5.11: Definición de Predicados en Protegé





## Capítulo

# 6

---

## OBCAS-Architecture

*El experimentador que no sabe lo que está buscando no comprenderá lo que encuentra.(Claude Bernard)*

### 6.1. Introducción

La arquitectura del sistema OBCAS está basada en la definición de un sistema multi-agente, donde unidades individuales se coordinan y comunican para conseguir un objetivo común, en este caso el desarrollo de un sistema para interacciones sensibles al contexto en ambientes inteligentes. El significado de OBCAS es Ontology-Based Context Awareness System.

Esta idea de sistemas multi-agente, se puede combinar con la arquitectura cliente-servidor [94], un modelo de aplicación distribuida en la que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios que reciben el nombre de servidores, y los demandantes, que reciben el nombre de clientes. En el modelo cliente-servidor, un cliente realiza peticiones al servidor, el cual le da respuesta.

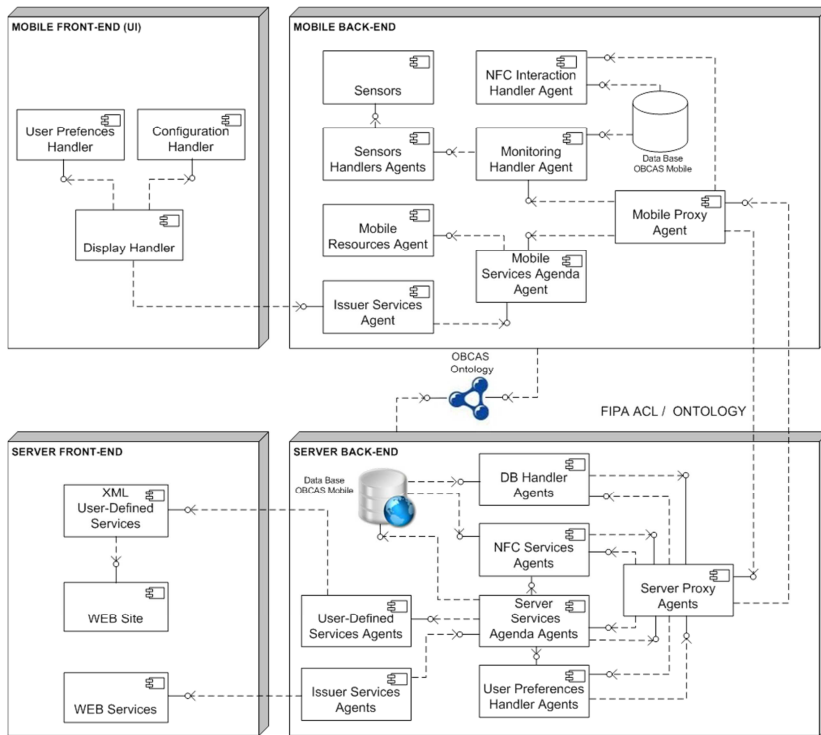


Figura 6.1: Arquitectura del Sistema basada en agentes

Si bien este tipo de arquitectura tiene la ventaja de contar con la capacidad de proceso repartida, la característica más importante es a nivel organizativo debida a la centralización de la gestión de la información y la separación de responsabilidades, lo que facilita y clarifica el diseño del sistema.

Al combinar el modelo de agentes con la arquitectura cliente-servidor, se obtiene un sistema en el que las responsabilidades organizativas no solo van a estar repartidas entre una aplicación cliente y otra servidora, sino que además cada componente de la arquitectura a su vez va a estar organizado en función del tipo de roles asignados.

La Figura 6.1 muestra cómo quedaría la arquitectura final del sistema utilizando ambos modelos. En esta figura, el cliente está compuesto por los dispositivos móviles utilizados para la interacción, estos dispositivos móviles recogerán información del entorno de los diferentes sensores, esta información es enviada al servidor encargado de su almacenamiento. Además el dispositivo móvil podrá solicitar al servidor información de su estado y posición, información que el servidor proporcionará en base al rol desempeñado por la persona que posee el dispositivo móvil. El servidor es un proveedor de información y de servicios.



## 6.2. Modelado de OBCAS Utilizando la Metodología GAIA

Para el modelado del sistema se utiliza la metodología GAIA [95], que proporciona un punto de vista formal acerca de los roles de los diferentes agentes, así como de la interacción de los mismos.

En la etapa de análisis se realizan los modelos de roles y de interacciones, mientras que en la etapa de diseño de llevan a cabo los modelos de agentes, servicios y de conocimiento.

### 6.2.1. Modelo de Roles

Todo lo desarrollado en este punto es obtenido de la especificación de requisitos y, en menor medida, del análisis de recursos de interfaces externas.

Como se ha comentado, el Modelo de Roles permite identificar los distintos tipos de roles que se encuentran en el sistema

Un rol es una definición abstracta de una función que hay que desempeñar en el sistema. Los roles serán desempeñados por agentes en la implementación. Esto no implica una correspondencia unívoca entre agentes y roles. Es perfectamente posible que un agente desempeñe varios roles, de igual forma que un mismo rol podría ser desempeñado por varios agentes.

Es recomendable que cada rol realice una funcionalidad primitiva y unívoca, provocando así una mayor comprensión del sistema.

#### 6.2.1.1. Roles en el lado móvil

En este subapartado se definen los diferentes roles identificados para los dispositivos móviles. Se trata de identificar las diferentes funciones que deberán ser desempeñadas por el dispositivo móvil dentro del sistema OBCAS.

Esta definición de Roles se va a realizar en dos niveles de abstracción, un primer nivel bastante abstracto en el que se distingan los principales bloques funcionales, y un segundo nivel donde se detallan los roles a nivel atómico.

Una de las ventajas de utilizar una vista a dos niveles, es que los roles del primer nivel, al ser muy abstractos pueden ser considerados como categorías de roles, pero además pueden considerarse como roles de coordinación cuando se describan en el siguiente nivel.

En la Figura 6.2, se pueden observar los dos niveles de roles. En esta figura los roles de primer nivel son representados mediante bloques, y los roles atómicos son los elementos presentes dentro de los bloques. Los roles identificados son:

- Gestor de Sensores
- Gestor de Conexiones



- Gestor de Comunicaciones
- Gestor de Lecturas
- Interceptor NFC
- Gestor de la Agenda
- Gestor de la Configuración
- Gestor de Recursos del Móvil
- Ejecutor de Servicios
- Gestor de Preferencias de Usuario
- Proxy Móvil
- Visualizador Móvil
- Gestor de Aplicaciones

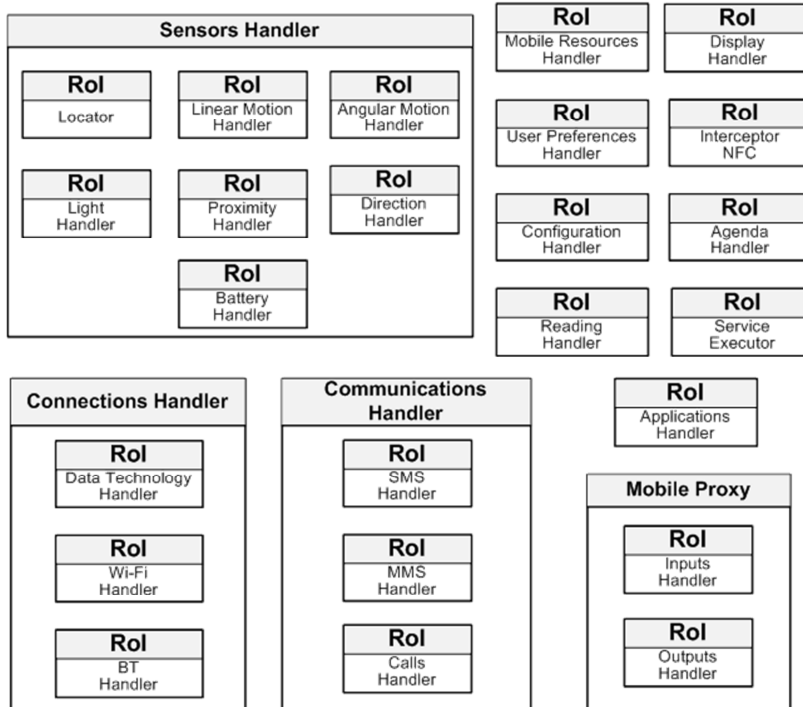


Figura 6.2: Modelado de Roles en el lado Móvil



### 6.2.1.2. Roles en el lado servidor

En la Figura 6.3, se pueden observar igualmente grandes bloques de roles, los cuales pueden ser considerados como categorías de roles.

- Gestor de la Agenda
- Emisor de Servicios
- Ejecutor de Servicios
- Gestor de la BD Geográfica
- Gestor de NFC
- Gestor de las Preferencias
- Gestor de Recursos en el Servidor
- Gestor de los Servicios definidos por los Usuarios
- Proxy Servidor

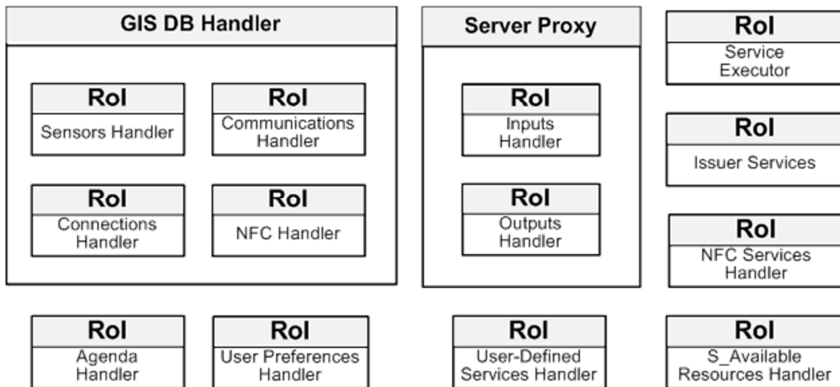


Figura 6.3: Modelo de Roles en el lado Servidor

### 6.2.2. Modelado de Interacciones

Como se comentó en capítulos anteriores, este modelo de interacciones en alto nivel no ofrece la suficiente funcionalidad para implementarlo, por lo que se recurre a FIPA que ya tiene implementados todos los posibles protocolos de interacción y que fueron comentados en el capítulo 2.



### 6.2.3. Modelo de Agentes

Este modelo parte del modelo de roles desarrollado en la fase de análisis. Agrupa los distintos roles que guardan relación entre sí para que formen agentes. Algunos agentes tendrán asociado únicamente un rol, mientras que otros tendrán varios. No habrá, en ningún caso, roles ni agentes sin asignar.

En el sistema se distinguen distintos agentes, tanto en el lado del móvil como en el lado del servidor. Se muestra, en los siguientes apartados, una lista de los agentes identificados en el sistema para cada uno de los componentes, así como una figura en la que se asocian los roles a los agentes.

#### 6.2.3.1. Agentes en el lado móvil

En la Figura 6.4, se pueden observar los diferentes agentes identificados en el componente móvil del sistema. Cada agente tendrá asociado como mínimo un rol. Los roles van a determinar los servicios que el agente proporcionará.

Aparte de asignarle a cada agente un conjunto de servicios específicos, los servicios específicos estarán agrupados en categorías, así por ejemplo cada agente sensor ofrece un servicio específico correspondiente a la lectura de cada sensor, y los servicios de todos los agentes sensores serán agrupados dentro de la categoría “*sensor*”.

En aquellos casos en los que un servicio no pueda ser agrupado en una categoría superior, el nombre de la categoría será el mismo que el del servicio.

Los agentes identificados son:

- Agentes para los sensores: GPS, Acelerómetro, Giroscopio, sensor de luz, sensor de proximidad, brújula y batería
- Agente encargado de las lecturas
- Agentes para comunicaciones: Llamadas, SMS, MMS
- Agentes para las conexiones: Conexión de datos, Wifi y Bluetooth
- Agente Manejador de los recursos móviles
- Agente Manejador de la preferencias de usuario
- Agente Manejador de la Configuración
- Agente encargado de la visualización
- Agente Proxy Móvil
- Agente lanzador de servicios
- Agente gestor de las aplicaciones

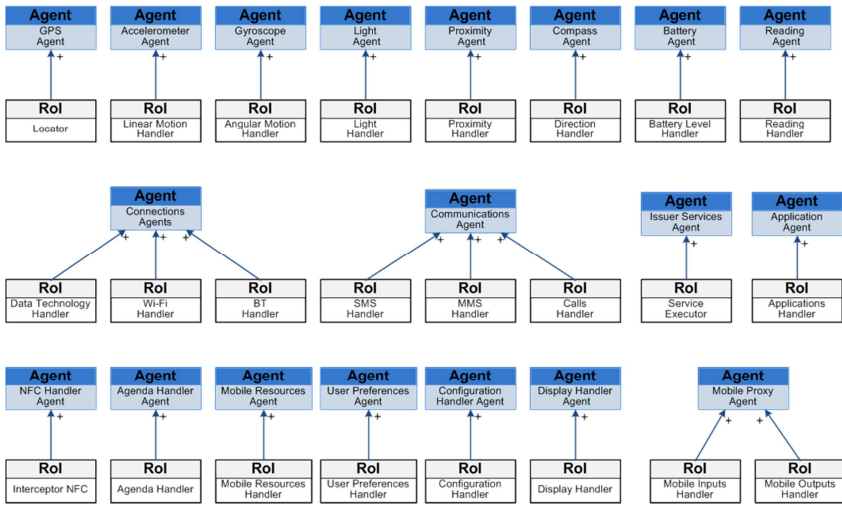


Figura 6.4: Modelado de Agentes en el lado Móvil

### 6.2.3.2. Agentes en el lado servidor

En la Figura 6.5, se pueden observar la definición de roles y servicios para el componente servidor del sistema. Al igual que para el caso del componente móvil, los roles se usarán para identificar los servicios.

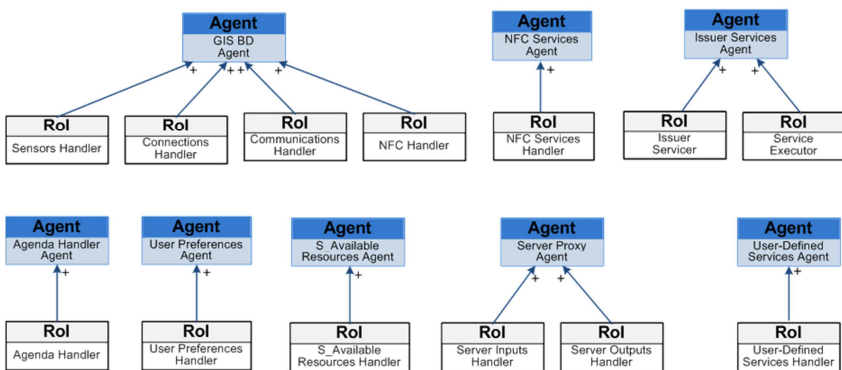


Figura 6.5: Modelado de Agentes en el lado Servidor





En esta ocasión los únicos servicios que tendrán una categoría para agrupar funcionalidades similares son los correspondientes a los servicios definidos por los usuarios (servicios de aplicaciones).

Los agentes identificados son:

- Agente Gestor de la Agenda
- Agente Emisor de Servicios
- Agente Gestor de la BD
- Agente Gestor NFC
- Agente Gestor de las Preferencias
- Agente Proxy Servidor
- Agente Gestor de los Servicios de Usuario
- Agente Gestor de los Recursos del Servidor

#### **6.2.4. Modelo de Conocidos**

El objetivo de este modelo es especificar cómo se relacionan los agentes entre sí, es decir, el flujo de información entre ellos. Se realiza a partir de los modelos de roles e interacción de la etapa de análisis. También se utiliza el modelo de agentes desarrollado anteriormente en esta etapa de diseño.

Para llevar a cabo este modelo se utiliza la notación de grafos dirigidos, en los que los nodos representan los tipos de agente y los arcos caminos de comunicación.

El modelo de comunicación establecido para el sistema se muestra en la Figura 6.6. En el modelo se puede observar que todo el tráfico entre el dispositivo móvil y el servidor se realiza mediante los agentes Proxy. Aunque a simple vista pueda parecer un cuello de botella, debido a que en un escenario real se va a contar con un elevado número de clientes (dispositivos móviles), no es así debido a que en el servidor no va a existir un único agente de tipo “ServerProxy”, sino que se van a crear varios agentes que ofrezcan este tipo de servicios. Lo mismo ocurrirá con el resto de agentes del lado servidor.

El número que se escoja en cada caso dependerá de la aplicación concreta que se haga del sistema, y de la estimación de uso que se vaya a hacer de la misma. Aunque parece evidente que en cualquier caso, el número total de agente de tipo “ServerProxy” deberá ser muy superior al del resto de agentes.

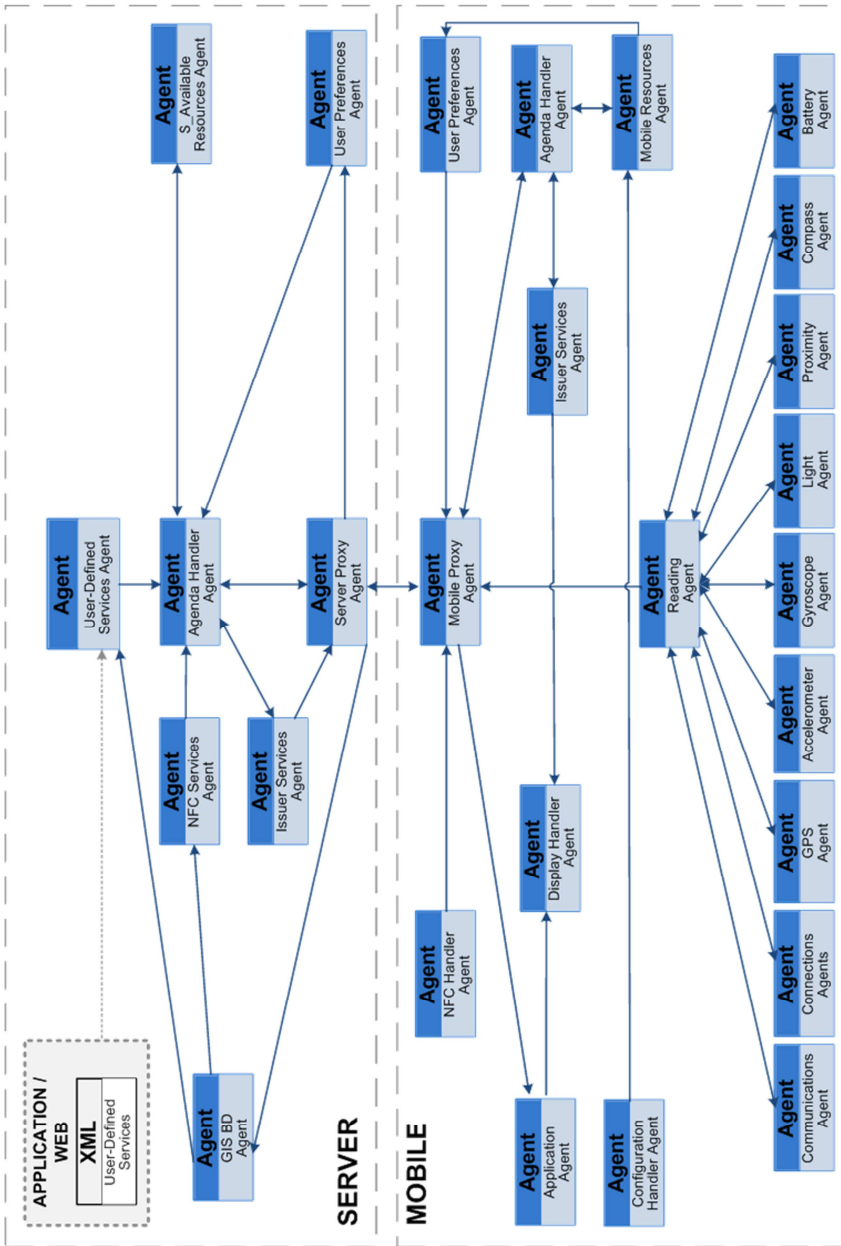


Figura 6.6: Modelo de Conocidos



### 6.3. Modelo de Datos

En la Figura 6.7, se puede ver el modelo de datos correspondiente a la Base de Datos que utilizará OBCAS en el lado servidor. Se puede observar que en ella se van a definir tanto los escenarios, como servicios, usuarios, preferencias, permitiendo incluso almacenar datos acerca de las interacciones realizadas, así como los servicios ejecutados y/o cancelados por cada usuario.

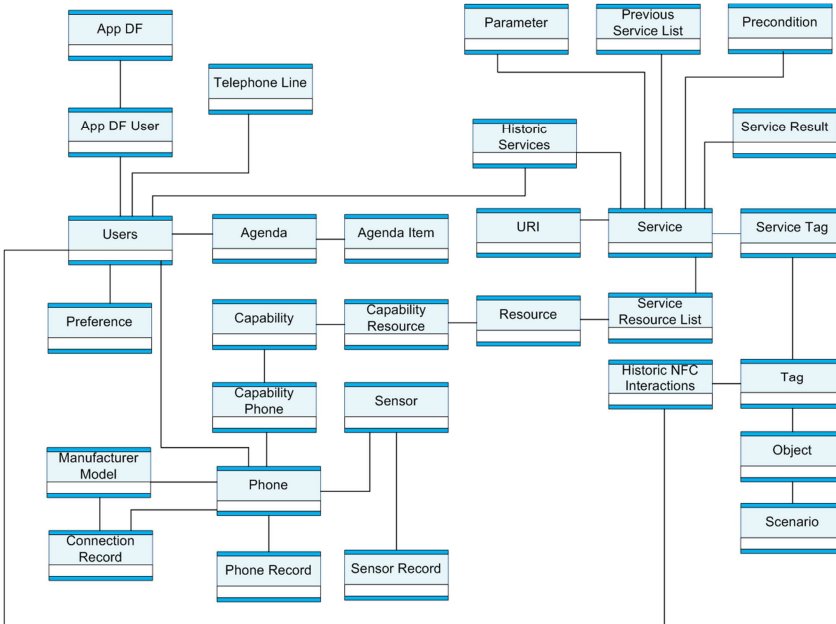


Figura 6.7: Modelo de Datos

En el lado móvil, la base de datos únicamente constará de aquellas entidades relacionadas con el registro de los valores de los sensores, y se corresponderán con lecturas pendientes de ser enviadas al servidor.

Con el fin de facilitar las operaciones y cálculos de distancias, así como aquellas operaciones geoposicionamiento de los usuarios se utiliza una base de datos geográfica. En este caso, se utiliza PostgreSQL con el complemento SIG.



## 6.4. Librería OBCAS

OBCAS se definirá como dos librerías, OBCAS-Server y OBCAS-Mobile, que deberán ser usadas para implementar aplicaciones basadas en interacciones sensibles al contexto en ambientes inteligentes.

Como se puede observar en la Figura 6.8, OBCAS se puede incorporar a cualquier proyecto del mismo modo que se incorpora un fichero JAR para conexión a una base de datos o para manejar archivos XML.

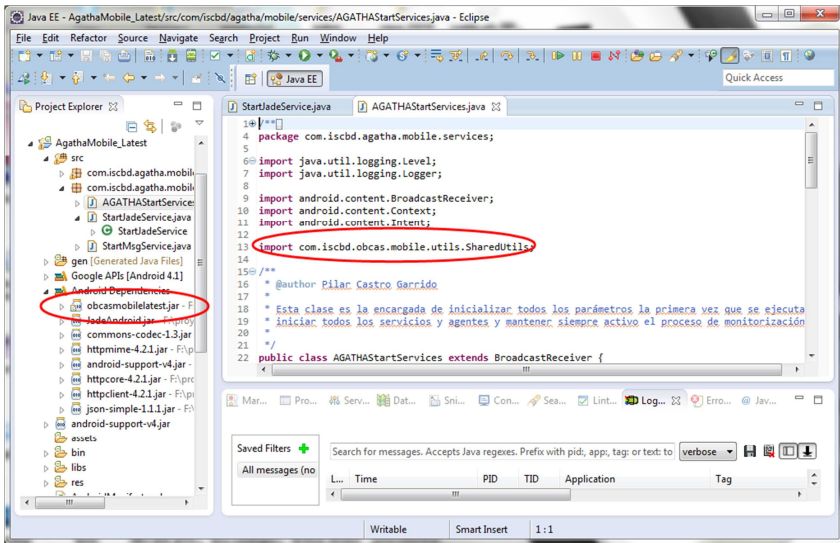


Figura 6.8: API OBCAS



## **AGATHA: Alert Group of Agents to Huge Areas**

*La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia. (John Ruskin)*

### **7.1. Introducción**

A fin de verificar nuestra propuesta y la rápida capacidad de respuesta proporcionada por los sistemas que utilizan este modelo, hemos desarrollado AGATHA, un sistema para la monitorización de diferentes grupos de usuarios. Específicamente, AGATHA se utiliza para el grupo de personas mayores con y sin Alzheimer, y para el grupo de las mujeres víctimas de violencia de género.

La monitorización será llevada a cabo por un tipo de usuario específico, denominado supervisor, que es el que establece los parámetros de seguimiento del sujeto, quién establece las restricciones, y a quién el sistema debe informar sobre la actividad del sujeto objeto de supervisión, también denominado supervisado. El sistema también informará al supervisado acerca de la realización de un procedimiento inadecuado para que pueda corregirlo.



El objetivo de este sistema es proporcionar un mecanismo que permita controlar a través de los sensores del dispositivo móvil las condiciones del entorno que rodea a la persona que posee el dispositivo móvil, de forma que se pueda actuar en consecuencia.

Este sistema está basado en OBCAS, por lo que contará con un amplio conocimiento acerca del entorno del usuario. El proceso de monitorización se realiza a través de los teléfonos móviles de los usuarios. Además, el móvil se utiliza para mostrar el resultado de la ejecución de los servicios definidos en este sistema.

Los roles tienen un importante lugar en el sistema, ya que definen las características de funcionamiento de la aplicación, permitiendo ajustar los servicios y notificaciones que el sistema proporciona al usuario.

En general, al igual que en todo sistema de monitorización, se va a contar con dos roles fundamentales, el rol de “Supervisor” y el rol de “Supervisado”.

- El supervisor representa al usuario responsable del cumplimiento de las restricciones identificadas para el usuario con el rol de supervisado.

El sistema informa al supervisor periódicamente de la actividad llevada a cabo por la persona monitoreada.

- El supervisado representa al usuario que está siendo monitoreado o controlado por el sistema. Los usuarios con este rol tienen asociadas un conjunto de restricciones.

Se han definido distintos tipos de escenarios dependiendo del grupo bajo supervisión. Estos escenarios estarán compuestos tanto por objetos aumentados con Tag RFID, como por espacios inteligentes y en ambos casos se definirán servicios.

## 7.2. AGATHA como Sistema de Alarma

Un sistema de alarma es un elemento de seguridad pasiva que no evita una situación anormal, pero que es capaz de advertir de ella, cumpliendo así un efecto disuasorio.

Para que un sistema de alarma funcione correctamente, es necesario definir una serie de componentes, tales como: a) un conjunto de sensores conectados a un procesador central, b) el mecanismo para activar y desactivar la alarma, c) sirena, d) un procesador central y e) una central receptora o de control.

Los sensores son los dispositivos electrónicos que proporcionan al sistema la información de contexto necesaria para que el sistema pueda tomar decisiones y actuar en consecuencia. Este componente es fundamental porque estar bien informado y a tiempo es por lo general una garantía de éxito.

Estar bien informado es ser consciente de los hechos relevantes para el sistema. En este caso, es tener conocimiento de los eventos que dispararán la activación de una alarma en particular.

Teniendo en cuenta lo anterior, un sistema de alarma puede ser considerado como un proceso de monitorización de un conjunto de parámetros, cuyos datos proceden de los sensores.



Una vez que el sistema de alarma se ha activado, los sensores empiezan a recoger datos del entorno. Estos datos de los sensores serán almacenados y procesados por un procesador central para la verificación de la validez de estos datos y su transmisión a la central de monitoreo, cuya función es comprobar si se ha de activar o desactivar la alarma. Por otra parte, la central de supervisión puede llevar a cabo un riguroso control de todo el proceso de supervisión.

Cuando se dispara una alarma, se activa la señal de audio y visual correspondiente, lo que indica que la alarma está activada.

Además de los sistemas de alarma convencionales como detectores de humo y detectores de incendio o intrusión, hay otros como los que informan sobre el tiempo, el precio de un producto, la recepción de un paquete, etc. Es decir, hay una multitud de servicios a la que un usuario puede suscribirse y recibir notificaciones de alarma cuando se dan las condiciones adecuadas. Este trabajo se centra en el seguimiento de las personas teniendo en cuenta cuestiones tales como la salud y la seguridad.

La mayoría de los dispositivos de control a menudo se diseñan específicamente para el seguimiento de uno o más parámetros, pero no se permite la incorporación de nuevos sensores o ser utilizado para controlar un conjunto diferente de parámetros, siendo necesario encontrar otros dispositivos para el monitoreo. Además tampoco suelen permitir la incorporación en estos dispositivos de nuevos sensores de una manera sencilla y dinámica.

Hoy en día, los teléfonos móviles tienen más potencia de procesamiento, memoria y un gran número de sensores que proporcionan un estado del entorno bastante completo. También proporcionan información sobre la actividad realizada por la persona que lleva el teléfono móvil. Por estas razones, son el instrumento adecuado para permanecer continuamente conectado y accesible lo que permite un proceso de monitorización. Estas características permiten que los teléfonos móviles pueden ser a la vez el instrumento de seguimiento y control, además, proporcionan la capacidad para mostrar las alarmas y reproducir sonidos de notificación.

En este capítulo se describe el sistema AGATHA, un sistema de alerta para monitorización basado en sistemas multi-agentes y que utiliza mapas para el control de la monitorización. AGATHA utiliza teléfonos móviles para supervisar el cumplimiento de un conjunto de restricciones definidas. Los mecanismos de recogida de datos y activación de alarmas se basan en la definición de OBCAS. En este sistema, los dispositivos móviles no sólo se utilizan como elementos para controlar a las personas, sino que también se utilizan para controlar el proceso de monitorización. Dependiendo del rol del usuario (supervisada o supervisor), el componente del sistema instalado en el dispositivo móvil realiza diferentes tipos de acciones que muestran diferentes tipos de información. El sistema envía notificaciones de alarma a los usuarios cuando el supervisado realiza actividades inapropiadas relacionadas con sus restricciones. Uno de los elementos más importantes de este sistema es el mapa interactivo que se utiliza para mostrar la posición geográfica de las personas supervisadas y que permite interactuar con los supervisados a través de SMS o llamada telefónica.





## 7.3. El Proceso de Monitorización en AGATHA

AGATHA es un innovador sistema de monitorización y gestión de alarmas que utiliza las capacidades de los teléfonos móviles y sensores para recopilar información sobre el entorno y sobre el usuario que lleva el teléfono móvil. El teléfono móvil se utiliza para detectar pequeños cambios en la posición y la actividad del usuario, a tiempo para activar las alarmas necesarias que permitirán la corrección de una acción inapropiada. Las personas monitorizadas con este sistema, llevan el teléfono móvil en su cinturón.

Como todos los sistemas de monitorización, AGATHA debe tener los medios apropiados para obtener información específica y continua de los parámetros que intervienen en un proceso de monitorización. El primer paso es la elección del objeto o proceso para supervisar, así como los parámetros que deben medirse. Estos parámetros deben ser válidos, fiables y apropiados para detectar los cambios del usuario y la violación de las restricciones con el fin de actuar en consecuencia.

Una vez que los parámetros se han seleccionado, el siguiente paso es planificar el proceso de monitoreo, incluyendo: a) la frecuencia de las mediciones, b) los mecanismos para la obtención de valores de los parámetros, c) los métodos de procesamiento e interpretación de estos valores, y d) los mecanismos de alarma responsables de notificar las incidencias o violación de la restricción.

### 7.3.1. Parámetros de Supervisión

AGATHA supervisa el cumplimiento de un conjunto de restricciones asociadas a los usuarios. Cada restricción tiene un conjunto de parámetros a medir. Las restricciones son: geográficas, sobre las comunicaciones (llamadas, mensajes, etc) o movimientos.

Como ya se ha mencionado, el sistema considera dos roles básicos para el usuario: supervisor y supervisado. La frecuencia de las mediciones es definida por el supervisor y es específica de cada proceso de seguimiento. El supervisor evaluará la importancia de actualización de los datos de monitorización, y establecerá la frecuencia adecuada. Durante el proceso de monitorización, la frecuencia puede variar, y el sistema informará a los dispositivos móviles para que actualicen este valor .

#### 7.3.1.1. Restricciones Geográficas

Las restricciones geográficas son las limitaciones relacionadas con el establecimiento de espacios físicos a los que los usuarios pueden moverse. En este tipo de restricciones se utilizan principalmente los valores proporcionados por el GPS y la brújula, pero también se utilizan otros como el acelerómetro y giroscopio. El sistema tiene en cuenta tres tipos de restricciones geográficas:

- *Zonas prohibidas*: las zonas fijas en las que el usuario no puede entrar.
- *Zonas obligatorias*: zonas fijas en las que el sujeto debe permanecer necesariamente.
- *Zonas relativas*: áreas dinámicas en las que el usuario no puede entrar. Estas áreas se construyen a partir de las posiciones GPS de dos o más usuarios,



que representan las áreas prohibidas comunes a estos usuarios. Más adelante se conocerán como restricciones de distancia, ya que se establecen una distancia alrededor de un usuario a la que otro u otros usuarios no se pueden acercar.

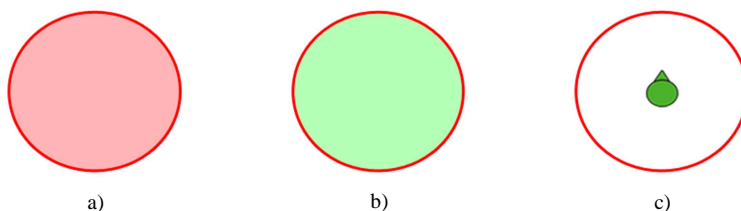


Figura 7.1: Representación Gráfica de las Restricciones Geográficas

En la Figura 7.1 se representa gráficamente las diferentes restricciones geográficas. Por un lado es necesario establecer la diferencia entre áreas coloreadas y no coloreadas:

1. Las áreas de coloreadas son áreas controladas para un usuario independientemente de los otros usuarios.( Figura 7.1a y Figura 7.1b)
2. Las zonas no coloreadas son áreas controlados teniendo en cuenta la ubicación entre dos o más usuarios (Figura 7.1c).

Por otro lado es necesario distinguir entre áreas de color verde y áreas de color rojo:

1. Las áreas de color verde indican zonas requeridas u obligatorias (Figura 7.1b)
2. Las áreas de color rojo (Figura 7.1a) indican áreas prohibidas.

Por último el círculo rojo representa la prohibición de entrar o salir de la zona.

Es posible representar zonas circulares, rectangulares o poligonales para las zonas prohibidas y obligatorias, aunque por simplicidad en esta figura se hayan representado solamente áreas circulares.

Todas las restricciones se almacenan en una base de datos.

### 7.3.1.2. Restricciones de Comunicación

Las restricciones de comunicación limitan el uso de la línea telefónica, es decir, el número de llamadas, SMS o MMS. Estas restricciones pueden ser de dos tipos, dependiendo de si se limita el número de línea de destino:

- *Restricciones de Teléfono*: limitan el uso que el usuario hace de su línea telefónica, en términos de número total de llamadas, SMS y MMS.

- *Restricciones de Contacto*: limitan el número de llamadas, SMS y MMS, que el usuario puede enviar a un contacto específico.



Figura 7. 2: Representación Gráfica de las Restricciones de Comunicación

En la Figura 7. 2 se representa gráficamente las diferentes restricciones de comunicación. La Figura 7. 2 izquierda están representadas las restricciones de teléfono y si algún usuario tiene asociado este tipo de restricción, entonces tiene un límite en el número total de llamadas, SMS y MMS, independientemente del usuario de destino. La Figura 7. 2 derecha representa las restricciones de contacto, en este caso, el usuario tiene un límite en el número total de llamadas, SMS y MMS pero teniendo en cuenta sólo un usuario. En esta última restricción, no está limitado el número de llamadas, SMS y MMS con otros usuarios no especificados en las restricciones de contacto.

### 7.3.1.3. Restricciones de Movimiento

Las restricciones de movimiento establecen un tiempo específico durante el cual un usuario puede permanecer en un punto o área específica. Estas restricciones miden diferentes tipos de movimientos y no sólo desplazamientos.

Mientras que las posiciones se determinan a través de GPS, el acelerómetro y el giroscopio determinan si aunque el usuario permanece en una posición concreta un largo periodo de tiempo, está realizando otro tipo de movimiento diferente a caminar. Por último, los sensores de luz y de proximidad determinan si está siendo manipulado el dispositivo.

El proceso para comprobar la activación de una restricción de movimiento es el siguiente:

1. En primer lugar, se comprueba si el usuario está en movimiento, comprobando su posición desde el último seguimiento. Si el usuario ha permanecido en la misma ubicación, más tiempo que el tiempo establecido por la restricción, a continuación, se comprueban las lecturas del acelerómetro y del giroscopio.
2. Estos dos sensores indican si el usuario a pesar de permanecer en la misma posición durante un largo periodo de tiempo, él o ella ha estado haciendo otras actividades con el teléfono móvil, en este caso, se puede deducir que el usuario está activo. Sin embargo, si los sensores indican que el usuario ha estado en la misma posición geográfica demasiado



tiempo, y no se ha hecho ningún movimiento con el teléfono móvil, será necesario para comprobar los valores del sensor de luz y de proximidad para determinar si el usuario está cerca del teléfono móvil.

3. Si ninguno de los sensores proporciona una lectura adecuada, se puede deducir que el usuario ha estado demasiado tiempo sin moverse y debe ser verificada esta situación en primer lugar activando una alarma y a continuación realizando una llamada telefónica.

Es necesario hacer hincapié en que el sistema utiliza la triangulación cuando la cobertura de GPS se pierde, por ejemplo, en el interior de los edificios.

Una persona sólo puede tener asociada una restricción del movimiento. Este tipo de restricción es especialmente interesante para el cuidado de personas mayores.

### 7.3.2. Definición de Alarmas

Las alarmas informan a los usuarios (supervisor y supervisado) sobre el incumplimiento de cualquiera de las restricciones definidas. Las notificaciones de las alarmas se realizan mediante notificaciones Toast o Push. La Tabla 7.1 muestra las diferentes alarmas definidos en el sistema. Se puede distinguir dos tipos de alarmas, relacionados con las restricciones del usuario y relacionadas con la configuración del sistema. Estas últimas permiten el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla 7.1: Tipos de Alarmas Definidas en AGATHA

<b>Alarma</b>	<b>Sensores</b>
<b><i>Restricciones del Usuario</i></b>	
Zonas Prohibidas	GPS/Network, Brújula
Zonas Obligatorias	GPS/Network, Brújula
Zonas Relativas	GPS/Network, Brújula
Restricciones de Teléfono	Llamadas, SMS and MMS Log
Restricciones de Contacto	Llamadas, SMS and MMS Log
Restricciones de movimiento	GPS/Network, Acelerómetro, Giroscopio, Sensor de Luz y Proximidad
<b><i>Configuración</i></b>	
Batería Baja	Nivel de batería
Móvil Apagado	Nivel de batería, Network
Sin cobertura	Network
Sin lecturas	Lecturas de los sensores

Cada alarma tiene asociados diferentes niveles de gravedad. Estos niveles se establecen teniendo en cuenta los límites definidos para los diferentes valores de cada lectura del sensor. Además, para cada nivel se definen un conjunto de grados o niveles de persistencia. Los niveles de persistencia se basan en el tiempo durante el cual el



supervisado persiste en la violación de algunas de las restricciones que él o ella tiene asociadas. Por ejemplo, en las restricciones relacionadas con un área prohibida, el nivel de persistencia aumenta con el tiempo que el usuario permanece dentro de ese área.

Para las diferentes alarmas definidas en el sistema, se ha establecido un conjunto de reglas basadas en un conjunto de condiciones previas. Estas condiciones previas están compuestas por un conjunto de parámetros correspondientes a diferentes valores recogidos de los sensores.

Así, por ejemplo, para activar el nivel "x" de una alarma para el usuario "U", deben cumplirse las siguientes condiciones:

- "U" debe tener asociada la restricción "r".
- La restricción "r" debe tener asociado una alarma "a".
- La alarma "a" debe tener definidos un conjunto de niveles de alarma "n".
- Dentro de los niveles de alarma "n", tiene que haber un nivel "x" con los valores apropiados para los datos del sensor, que activen el nivel de alarma.
- La lectura "l" de los parámetros de los sensores debe estar entre los límites señalados para el nivel "x" de la alarma "a".
- Si es la primera vez que llega a este nivel, "x", el nivel de alarma tiene un nivel de persistencia asociado "p", donde  $p = 0$ . Si no es la primera vez, es necesario hacer una búsqueda en la base de datos para determinar el tiempo transcurrido desde la activación del nivel de alarma, y con este valor determinar el valor del nivel de persistencia.

Las reglas se implementan en el interior de comportamiento de los agentes a cargo de la gestión de alarmas.

La Tabla 7.2 muestra la definición de comportamiento del agente que implementa la regla asociada con la activación de una alarma para una zona prohibida.

Tabla 7.2: Tipos de Alarmas Definidas en AGATHA

Inicio

1. Obtener el ID del supervisado
2. Obtener el ID del supervisor
3. Obtener las zonas prohibidas del supervisado
4. Para cada zona
  - 4.1. Obtener la distancia entre la última posición GPS y la zona
  - 4.2. Consultar las alarmas asociadas con esta restricción de zona
  - 4.3. Buscar el nivel de alarma
  - 4.4. Si el nivel de alarma es diferente de 0
    - 4.4.1. Si el nivel de alarma es mayor que el ultimo nivel activado
      - Activar el nuevo nivel de alarma
      - Enviar la notificación de la alarma al supervisor y al supervisado



- 
- 4.4.2. Si no, si el nivel de alarma es igual que el último nivel activado
    - Buscar el nuevo nivel de persistencia con la última lectura
    - Enviar la notificación de la alarma al supervisor y al supervisado
  - 4.4.3. Si no, si el nivel de alarma es menos que el último nivel activado
    - Actualizar el nivel de alarma
    - Establecer el nivel de persistencia=0
  - 4.4.4. Fin Si
  - 4.5. Fin SI
  - 5. Fin Para
- Fin
- 

Las notificaciones de las alarmas se envían a los usuarios cuando se activa un nuevo nivel de alarma o de persistencia. El número de niveles de ambos es establecido por el supervisor.

## 7.4. Modelado de AGATHA

La metodología usada para el análisis y diseño de AGATHA es la metodología GAIA [95], ya que AGATHA está basada en OBCAS.

Como ya se comentó en capítulos anteriores, GAIA es una metodología de análisis y diseño orientado a Agentes aplicable a un gran rango de sistemas Multi-Agente. Está basado en conceptos como roles, actividades, protocolos, agentes y conocimiento. Por esta razón y continuando con la metodología usada en OBCAS se van a identificar en las siguientes figuras los principales componentes de AGATHA, señalando en todos ellos cuál es la diferencia respecto a OBCAS.

### 7.4.1. Roles en AGATHA

Al igual que se hizo para OBCAS, es necesario una separación entre los roles identificados en el lado del dispositivo móvil y aquellos identificados en el lado servidor.

Como se puede observar en la Figura 7.3 correspondiente a los roles identificados en el lado móvil, se ha sustituido el rol denominado “*Application Handler*” por uno más específico y acorde con AGATHA, que es “*Alarm Handler*”. Los demás roles se mantienen proporcionando toda la funcionalidad descrita para OBCAS.

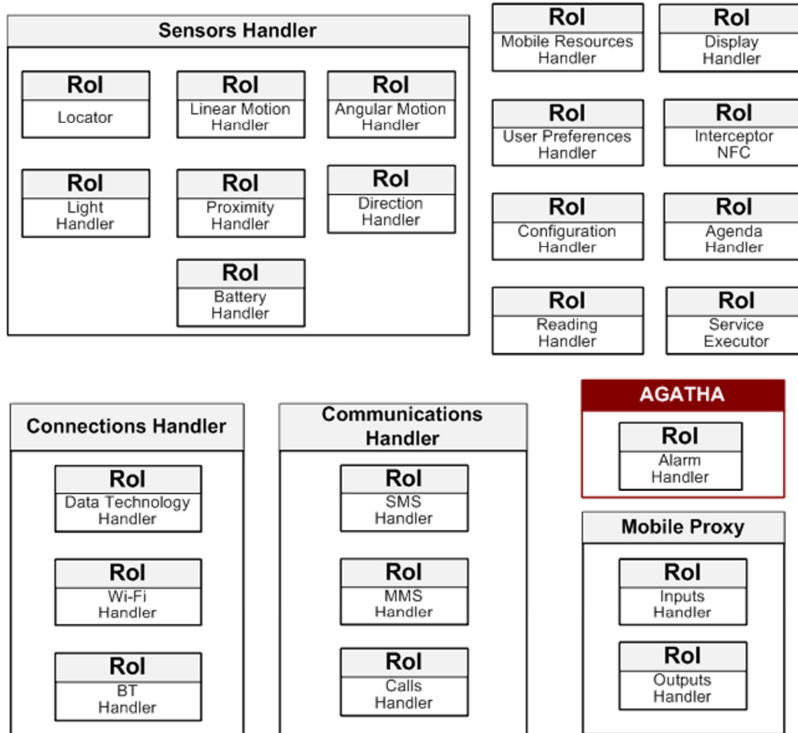


Figura 7.3: Modelo de Roles en el lado Móvil para AGATHA

La Figura 7.4 muestra los roles identificados para AGATHA en el lado servidor. En esta figura se puede observar que los nuevos roles introducidos están relacionados con las alarmas definidas para el sistema. Estas alarmas constituirán la aplicación que se realiza de OBCAS en el problema específico de AGATHA.

Estos nuevos roles son:

- Manejador de las alarmas de las zonas obligatorias
- Manejador de las alarmas para las restricciones de movimiento
- Manejador de las alarmas para las zonas prohibidas
- Manejador de las alarmas para las restricciones de comunicaciones
- Manejador de las alarmas para las restricciones de distancia
- Manejador de las alarmas cuando la batería es baja
- Manejador de las alarmas cuando el móvil está apagado



- Manejador de las alarmas cuando no hay cobertura

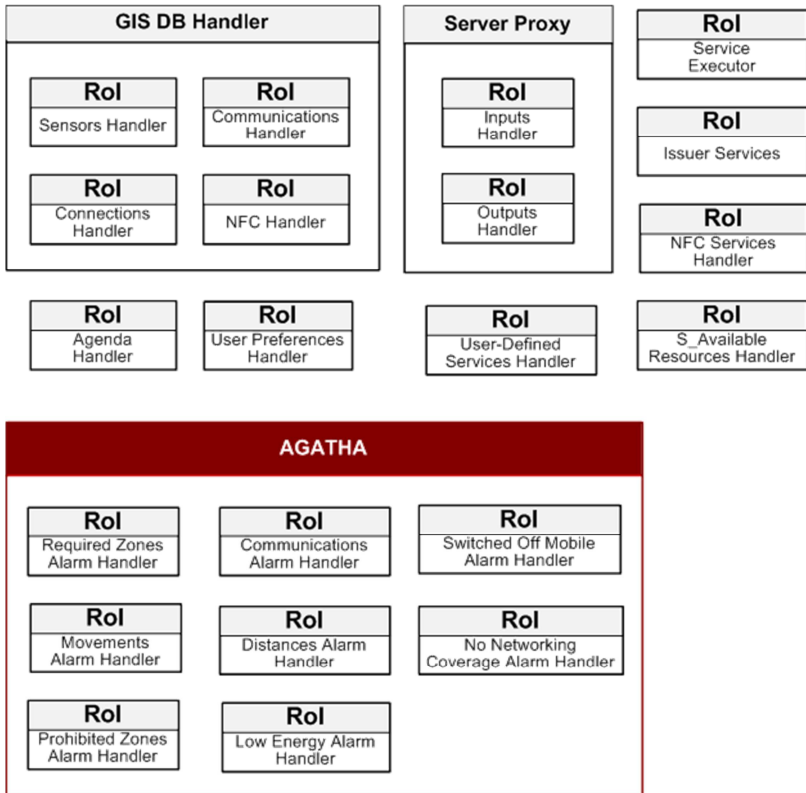


Figura 7.4: Modelo de Roles en el lado Servidor para AGATHA

### 7.4.2. Agentes en AGATHA

El primer paso en la descripción de los agentes que van a ser considerados en AGATHA es asociar los diferentes roles a un agente, de forma que se indique qué tipo de funcionalidad va a tener cada agente.

La Figura 7.5 muestra el modelado de agentes en el lado móvil. Esta figura es bastante similar a la de OBCAS con la salvedad de que el nuevo rol “*Alarms Handler*” va a ser asociado ahora a un nuevo tipo de agente “*Alarm Handler Agent*”.

En la Figura 7.6 se puede observar que hay un incremento en el número de agentes respecto a OBCAS, este incremento es debido a la aparición de nuevos roles,





los cuales deben ser asociados a un tipo de agente específico, y debido a que ninguno de los existentes en OBCAS es considerado apropiado, se definen nuevos agentes. Estos nuevos agentes son:

- Agente manejador de las alarmas de las zonas obligatorias
- Agente manejador de las alarmas para las restricciones de movimiento
- Agente manejador de las alarmas para las zonas prohibidas
- Agente manejador de las alarmas para las restricciones de comunicaciones
- Agente manejador de las alarmas para las restricciones de distancia
- Agente manejador de las alarmas cuando la batería es baja
- Agente manejador de las alarmas cuando el móvil está apagado
- Agente manejador de las alarmas cuando no hay cobertura

Por último el modelo de conocidos representado en la Figura 7.7, muestra como es ampliado el modelo de conocidos OBCAS, incluyendo como nueva funcionalidad, la relación existente entre el agente “*User-Defined Services Agent*” y los agentes encargados de gestionar la activación de las diferentes alarmas.

La gestión de los agentes encargados de las alarmas, por parte de agente “*User-Defined Services Agent*”, se hará mediante la inclusión en la páginas amarillas definida en la plataforma de agentes JADE, de cada uno de los servicios que serán proporcionados por los agentes, de esta forma, se realiza una separación entre el nombre del agente y el servicio que proporciona, así se pueden definir agentes que tengan nombres diferentes y que sin embargo ofrezcan el mismo servicio.

Al igual que ocurría en OBCAS, en el servidor se pueden definir un número diferente a uno de agentes que desempeñen la misma funcionalidad, evitando de esta forma los cuellos de botella que puede ocasionar el hecho de que haya un número bastante elevado de peticiones de servicios que sean ofrecidos por un solo agente. El número de agentes que se definan de cada tipo dependerá de la aplicación y del uso que se pretenda hacer de ella.

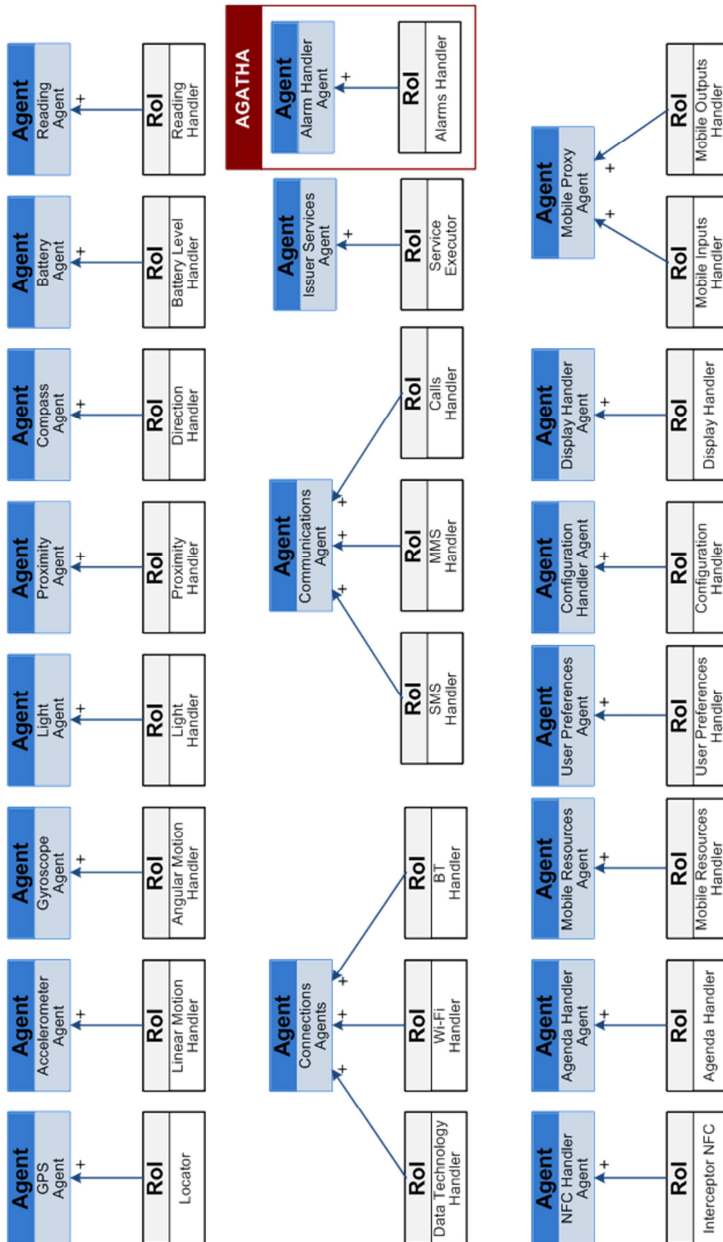


Figura 7.5: Modelo de Agentes en el lado Móvil para AGATHA

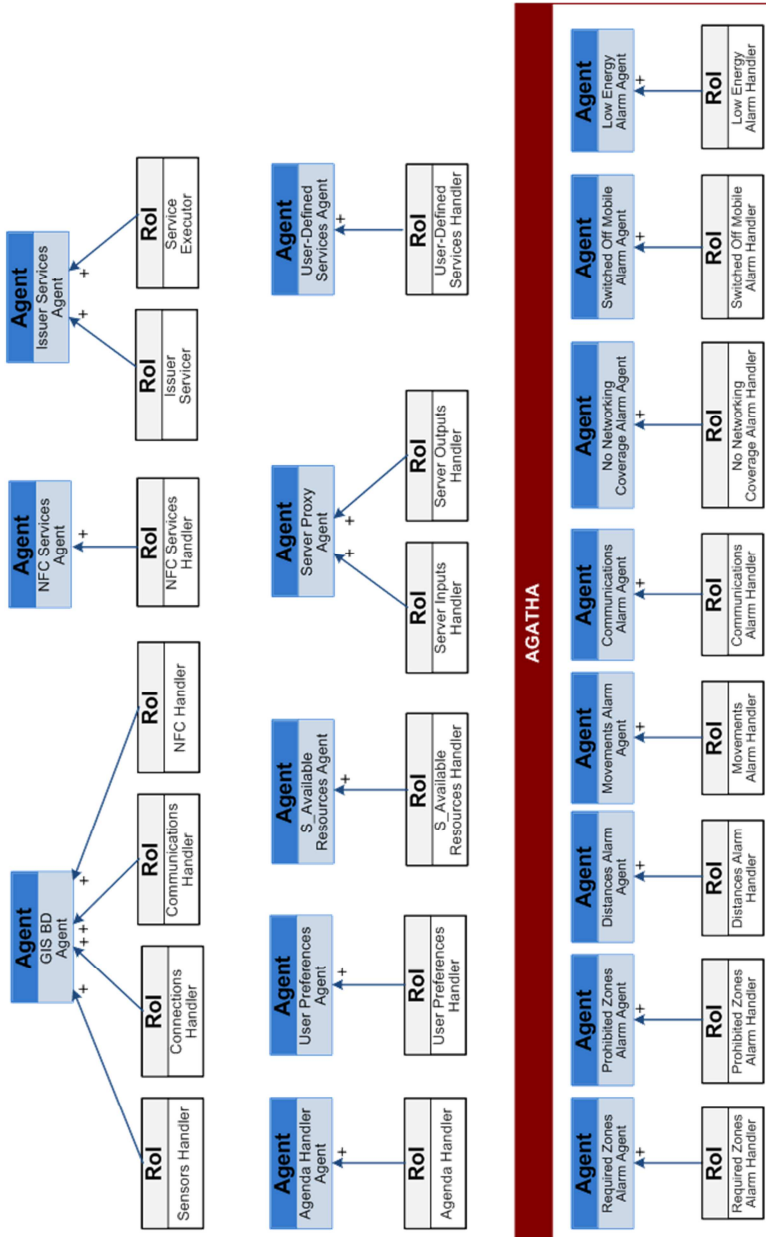


Figura 7.6: Modelo de Agentes en el lado Servidor para AGATHA

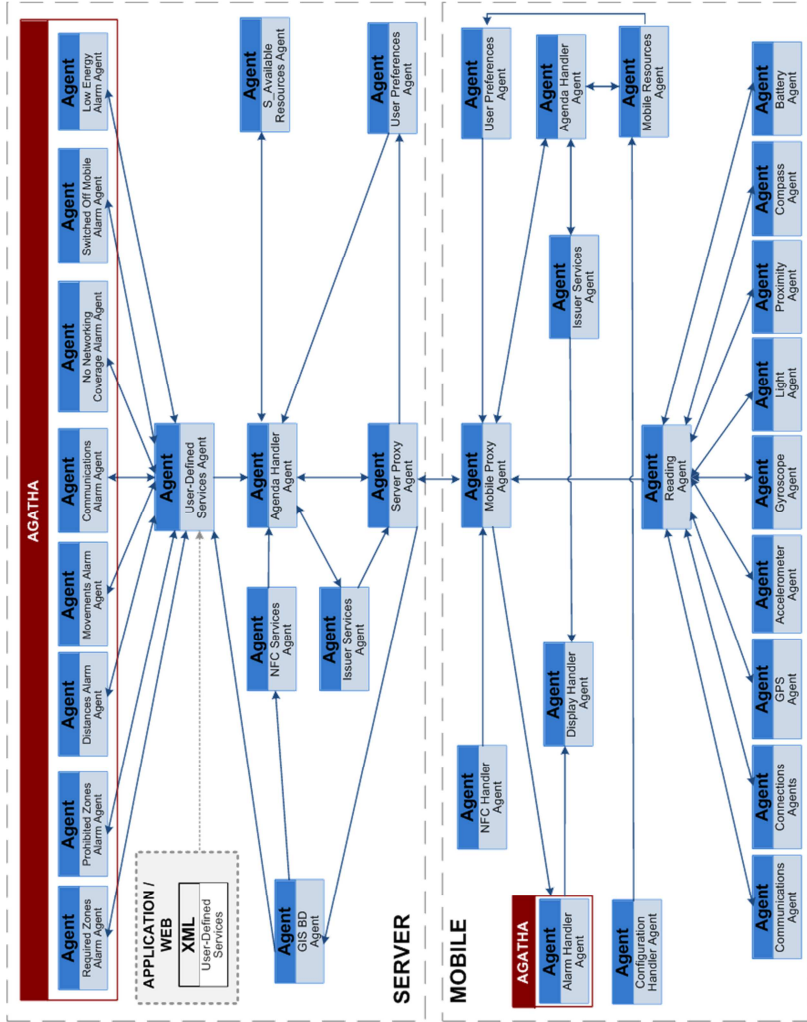


Figura 7.7: Modelo de Conocidos para AGATHA



## 7.5. Casos de Estudio

La vigilancia también puede entenderse como un proceso de monitoreo, ya sea de seres humanos, animales, objetos o procesos. La intención es que lo vigilado actúe o se mantenga dentro de los parámetros esperados .

Aunque la seguridad por los bienes y los animales puede ser tema de preocupación entre la población, es sin duda la seguridad individual y familiar lo que más preocupa. En este sentido se definen dos tipos de vigilancia, uno centrado en aquellos individuos que son considerados vulnerables y otro centrado en aquellos que pueden suponer una amenaza.

El concepto de vulnerabilidad puede aplicarse a una persona o a un grupo social según su capacidad para prevenir, resistir y sobreponerse de un impacto. Las personas vulnerables son aquellas que, por distintos motivos, no tienen desarrollada esta capacidad y que, por lo tanto, se encuentran en situación de riesgo. Suele considerarse que los niños, las mujeres y los ancianos son sujetos en situación de vulnerabilidad. Esta concepción está dada por las carencias o diferencias físicas ante los hombres, a quienes se supone naturalmente preparados para enfrentar ciertas amenazas.

Se han de establecer mecanismos de vigilancia apropiados para aquellos individuos que pueden suponer una amenaza para una persona o una comunidad. En estos casos la monitorización se usa para verificar el cumplimiento de penas y medidas cautelares como el alejamiento o arresto domiciliario, para controlar regímenes de semilibertad o libertad condicional y para supervisar a delincuentes peligrosos durante o tras el cumplimiento de su condena en prisión. También se utiliza para sustituir la detención administrativa de inmigrantes o sospechosos de terrorismo.

Tanto para el caso de personas vulnerables como para aquellas potencialmente peligrosas, se puede establecer un proceso de monitoreo que garantice la seguridad. Este proceso de monitoreo se va a desarrollar a través de AGATHA.

Dado que AGATHA se va a utilizar para la monitorización de dos grupos diferentes de personas, el de personas mayores con Alzheimer y para mujeres víctimas de violencia de género, se sus aplicaciones se denominarán AGATHA-Alzheimer y AGATHA-Víctimas respectivamente.

Los principales servicios prestados por AGATHA son servicios de alarmas, que se utilizan para informar a los supervisores y los usuarios supervisados de una acción inadecuada de la persona supervisada. Cada uno de los usuarios involucrados en el proceso de monitorización recibirá un mensaje de alarma de manera diferente de acuerdo a su rol.

Cada una de las zonas prohibidas, obligatorias o relativas se asocia a un espacio inteligente por lo que tiene asociado un conjunto de alarmas definidos que serán los servicios prestados por esos espacios. Estas alarmas se activan cuando el usuario entra o sale de la zona.

Las alarmas se consideran como servicios cuyas condiciones previas están relacionados con la distancia entre el usuario y el espacio, así como el tiempo que el usuario permanece en ella. Por lo tanto, cuando se alcanzan unos valores específicos



para estos parámetros, el servicio se ejecuta de acuerdo con el papel y las preferencias del usuario. El resultado del servicio se muestra teniendo en cuenta todos los elementos de perfil del usuario, incluyendo el hecho de que pueden tener una discapacidad.

Otros servicios ofrecidos por AGATHA son los relacionados con las llamadas o mensajes a sus familiares, amigos o servicios de emergencia. Estos servicios se ejecutan automáticamente cuando el usuario interactúa con los objetos en el escenario.

Los usuarios con rol supervisor pueden obtener información sobre la posición y las alarmas activadas de las personas supervisadas.

### 7.5.1. AGATHA-Alzheimer

El aumento de la esperanza de vida de la población provoca un incremento en el interés por el desarrollo de soluciones para controlar el movimiento y las actividades de ciertos grupos de personas.

Las personas mayores que viven solas necesitan supervisión y asistencia. Para ellos, sería deseable desarrollar una herramienta capaz de controlar en todo momento su posición y el movimiento por múltiples razones: a) evitar que se pierdan, y b) prestar asistencia en caso de caídas.

Una de las enfermedades asociadas con la edad es el Alzheimer, que aumenta la necesidad de supervisión de la persona que lo padece.

El Alzheimer es un trastorno neurológico progresivo e irreversible que afecta al cerebro causando la muerte de las neuronas [96]. Se produce un deterioro de todas las funciones cognitivas. Esta enfermedad tiene distintas etapas, durante las cuales el paciente suele perder la memoria, la capacidad de seguir instrucciones, puede perderse en la calle y, en etapas avanzadas puede perder la capacidad de caminar y moverse, llegando a un estado vegetativo.

Bravo et al. [97] proponen una solución que tiene por objeto mejorar y complementar el cuidado de Alzheimer de dos maneras: gestionando la información de forma sencilla, y como complemento al cuidado del Alzheimer, actividades de visualización en casa. Esta solución no supervisa parámetros.

#### 7.5.1.1. Roles para AGATHA-Alzheimer

En el caso de la monitorización de personas mayores y/o con Alzheimer, los roles se particularizan en:

- **Enfermera o Familia:** aquellas personas que mediante la vigilancia o monitorización tratan de cuidar a personas que potencialmente podrían sufrir algún contratiempo o situación de emergencia debido a su edad o enfermedad. Se trata pues de los supervisores.
- **Anciano/a o Paciente:** aquellas personas que están siendo monitorizadas a través del dispositivo móvil que llevan consigo en su cinturón. El dispositivo móvil, que se corresponde con su teléfono móvil, recoge mediante los sensores datos acerca de la actividad realizada por estas personas y la envía



al sistema. En caso de que estas lecturas no estén dentro de los límites apropiados se informa al supervisor. Los ancianos o pacientes son los supervisados.

#### **7.5.1.2. Objetos, Espacios y Servicios para AGATHA-Alzheimer**

Un enfermo de Alzheimer puede vivir bien en una residencia con cuidados especiales, o bien en casa al cuidado de su familia. En ambos casos, estos pacientes necesitan una supervisión constante. El proceso seguido se detalla a continuación:

---

*“El paciente tendrá asociado un área en la que deberá permanecer, la amplitud de la zona depende de la etapa de la enfermedad en la que se encuentre. Esta zona está representada por un área de color verde. El área puede representar la residencia en la que recibe los cuidados y sus alrededores o la casa del paciente y un radio alrededor de ella. Por ejemplo, es posible definir una alarma para este área con 5 niveles de alarma y 3 niveles de persistencia para cada nivel de alarma. Así que para una zona de 500 metros se definen los niveles de alarma de 700, 900, 1100 y 1300 o más metros, con persistencia a 10, 30 a 60 minutos o más para cada nivel.*

*El paciente también tiene asociada una restricción de movimiento, que informará si el paciente permanece inmóvil durante demasiado tiempo. Se establece una alarma para esta restricción con un único nivel de alarma y 5 niveles de persistencia, asociados con el tiempo que el paciente permanece inmóvil, estos niveles de persistencia son 10, 30, 60, 90 y 120. Es necesario tener en cuenta que para activar un nuevo nivel es necesario cumplir con todos los requisitos para este tipo de restricción, es decir, sin movimiento lineal o angular, y que el dispositivo no está siendo manipulado (GPS, acelerómetro, giroscopio, sensor de proximidad y luz sin datos).*

*Con la primera restricción se controla que el paciente no camine a lugares desconocidos, y la segunda restricción monitorea que el paciente no haya sufrido ningún accidente y no esté inmóvil en el suelo.”*

---



En este caso se define un único escenario, aquel relacionado con su casa (o residencia de la tercera edad), el cual incluye los siguientes elementos:

- Fotografías aumentadas con Tag RFID, gracias a las cuales se pueden realizar llamadas automáticas a algún miembro de la familia, un amigo o a los servicios de emergencia, al mismo tiempo que se envía un mensaje y se desactivan o activan algún tipo de funcionalidad en el sistema.

Este tipo de objetos se puede observar en la Figura 7.8b que se corresponde a la fotografía de una hija, la cual ha sido aumentada con un Tag RFID. Para que visualmente se pueda conocer el lugar en el que se debe tocar la fotografía para realizar la interacción, se coloca una pegatina como la de la Figura 7.8e, justo detrás de esta pegatina se va a encontrar el Tag. Esto se realiza sobre todos aquellos elementos del escenario que se corresponden con objetos reales ya presentes en la estancia física en la que se ubica el escenario.

La Figura 7.8c, sin embargo se corresponde con el poster específicamente elaborado para la aplicación, por lo que no necesita una pegatina específica, sino que ya va incluida en el propio póster.

- Posters con Tags que identifican las diferentes habitaciones de la casa, que son usados para realizar un seguimiento de la persona y poder definir los hábitos de esa persona.

Un ejemplo de este tipo de póster es el de la Figura 7.8d, el cuál identifica la cocina. Al tratarse de un póster específico, ya incluye el marcador para localizar la zona de interacción NFC.

- Posters con Tags dónde se recogen las diferentes actividades realizadas diariamente por la persona. La interacción con este tipo de etiquetas va a permitir conocer no sólo qué está haciendo la persona, sino que el sistema se va a adaptar a la actividad del usuario. Así, por ejemplo, si la persona se encuentra descansando, el móvil puede dejar de enviar información al servidor o aumentar el tiempo en que se envían sin dejar de hacerlo. Por otro lado si el usuario está paseando, el sistema no va a interpretar los elevados valores de sensores como el del acelerómetro y giroscopio como una incidencia.

Este tipo de póster se corresponde con el de la Figura 7.8a, en el que se puede observar que se han definido cinco actividades, cada una de las cuales cuenta con un marcador para la interacción NFC. Aunque este póster conste de varios Tag NFC, no quiere decir que sean Tags monoprósito, pues cada uno de ellos lleva o puede llevar asociados un conjunto de servicios, como se ha indicado. El principal motivo para utilizar varios Tag, es no complicar la interacción ya que los usuarios de este tipo escenarios van a ser personas de avanzada edad.





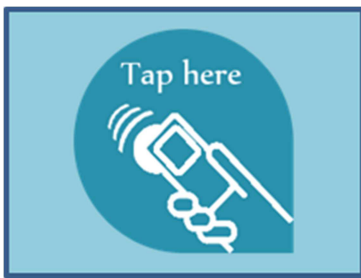
(a)



(b)



(c)



(e)



(d)

Figura 7.8: Objetos aumentados en AGATHA-Alzheimer

Además de los escenarios, para esta aplicación particular de AGATHA, se define un espacio inteligente principal y otros secundarios equidistantes del principal.

Como se puede observar en la Figura 7.9, se ha definido un área principal, que está representada en verde, se corresponde con aquella zona en la que obligatoriamente la persona bajo monitorización debe permanecer, mientras que las zonas definidas con círculos concéntricos alrededor de esta zona verde, se corresponden con aquellas zonas



potencialmente peligrosas, de forma que cuando el anciano o persona con Alzheimer se encuentre en ellas, empezará a recibir notificaciones al móvil indicándole que se está alejando de casa, además sus supervisores también recibirán este tipo de información para que en todo momento conozcan la posición de su supervisado.

Cada una de las zonas secundarias representa un grado de peligrosidad diferente, siendo la más externa la más peligrosa, ya que indicará que la persona supervisada se encuentra más lejos de la zona en la debería permanecer.



Figura 7.9: Espacios Inteligentes en AGATHA-Alzheimer

Para los pacientes, el sistema AGATHA es como una enfermera, que supervisa su comportamiento, de forma que sea capaz de activar las alarmas definidas para los pacientes y que notifica información importante tanto al supervisor, como al propio paciente.

En este caso de uso, se han definido inicialmente las siguientes alarmas:

- Alarmas relacionadas con el hecho de que un paciente sale de una zona de seguridad definida (se trata de una zona obligatoria).
- Alarmas relacionadas con el hecho de que un paciente permanezca inmóvil durante mucho tiempo.
- Alarmas relacionadas con el hecho de que un paciente no sea capaz de manejar el dispositivo cuando él o ella recibe una llamada de telefónica.

Las notificaciones de las alarmas activadas se enviarán al supervisor y dependiendo del tipo de alarma, el nivel y la persistencia, también se enviará al paciente (supervisado).

El supervisor utiliza el dispositivo móvil para el seguimiento y él o ella puede visualizar en la pantalla todos los pacientes de Alzheimer a su cargo. El supervisor podrá en cualquier momento comprobar el estado de las alarmas e incluso, directamente



desde la interfaz de AGATHA, podrá hacer una llamada a algún paciente simplemente tocando en el avatar del usuario que se muestra en el mapa.

La Tabla 7.3 muestra veinte notificaciones de alarmas que permiten al supervisor reaccionar a tiempo para detectar que el paciente no está dentro de un área segura. El supervisor sólo necesita 10 minutos para darse cuenta de que el paciente no está en casa o en la residencia. Sin las herramientas apropiadas el supervisor necesariamente tendría que controlar el paciente de una manera visual directa.

Tabla 7.3: Notificaciones para las Restricciones de Zona Obligatoria.

Posición	Tiempo	Nivel de alarma	Persistencia
0-500 metros	-	0	0
500-700 metros	0-10 min.	1	0
	10-30 min.	1	1
	30-60 min.	1	2
	>60 min.	1	3
700-900 metros	0-10 min.	2	0
	10-30 min.	2	1
	30-60 min.	2	2
	>60 min.	2	3
900-1100 metros	3		
	0-10 min.	3	0
	10-30 min.	3	1
	30-60 min.	3	2
	>60 min.	3	3
1100-1300 metros	0-10 min.	4	0
	10-30 min.	4	1
	30-60 min.	4	2
	>60 min.	4	3
>1300 metros	0-10 min.	5	0
	10-30 min.	5	1
	30-60 min.	5	2
	>60 min.	5	3

La Tabla 7.4 muestra los niveles de persistencia asociados a las restricciones de movimiento. Es necesario cumplir las tres condiciones para cambiar de nivel. Como en el caso anterior, la primera alarma es a los 10 minutos, proporcionando un buen tiempo de respuesta. Por otra parte, ya que este tiempo se puede ajustar durante la creación de la alarma, podría ser incluso menor.



Las restricciones y las alarmas se pueden personalizar a través de algún tipo de interfaz. Sólo el supervisor puede cambiar los parámetros asociados con el proceso de monitorización.

A partir de este ejemplo, se puede deducir que AGATHA es una buena herramienta para el cuidado de personas de edad avanzada, ya que proporciona un bajo tiempo de respuesta desde el momento en que el paciente realiza una acción inapropiada o tiene algún accidente.

Tabla 7.4: Habilitando Alarmas para las restricciones de movimiento.

<b>Misma Localización</b>	<b>No Acelerómetro /Giroscopio</b>	<b>No sensor Luz/ proximidad</b>	<b>Persistencia</b>
0-10 min.	0-10 min	0-10 min.	0
10-30 min.	10-30 min.	10-30 min.	1
30-60 min.	30-60 min.	30-60 min.	2
60-90 min.	60- 90 min.	60-90 min	3
90-120 min.	90-120 min.	90-120 min.	4
>120 min.	> 120 min.	120 min.	5

Además, incluso si las herramientas no proporcionan notificaciones de alarmas debido a que el paciente actúa de una manera correcta, las lecturas proporcionan por los sensores, se pueden utilizar para estudiar la etapa de la enfermedad de Alzheimer en la que se encuentra el paciente. Es posible analizar sus rutas, tiempo caminando, etc.

### 7.5.2. AGATHA-Víctimas

Uno de los colectivos vulnerables que necesitan de asistencia y vigilancia, son las mujeres víctimas de la violencia de género, colectivo que cada vez es más numeroso según se puede ver y escuchar en los distintos medios de comunicación.

Este hecho es reconocido en la Asamblea General de las Naciones Unidas [98], donde se realiza una declaración sobre la eliminación de la violencia sobre la mujer, Resolución de la Asamblea General 48/104 del 20 de Diciembre de 1993. En su artículo 4, establece la necesidad por parte de los Estados de adoptar medidas para las autoridades encargadas de hacer cumplir la ley.

Una de las medidas establecidas es la utilización de dispositivos de monitorización electrónicos. Hasta ahora el uso de dispositivos electrónicos para la monitorización electrónica y disuasión de la violencia de género se basa en la utilización de un kit compuesto por dos tipos de elementos, uno para la víctima otro para el agresor.

Con estas medidas se trata de evitar la reiteración de la violencia, imponiendo las condiciones necesarias para garantizar la seguridad de las víctimas frente a nuevas agresiones de carácter físico o psíquico.



Estos mecanismos, que portan víctima y agresor comunican a un Centro de control si la proximidad entre ambos es inferior a la distancia que marca la orden de alejamiento. El centro informa inmediatamente a la víctima y a las fuerzas de Seguridad. Destaca su efecto "tranquilizador" en las mujeres y "disuasor" entre los agresores. Esta sensación de seguridad contribuye a la recuperación integral de la víctima.

Pero hoy en día contamos con otro tipo de dispositivos que pueden ser utilizados para este tipo de monitorización, estos dispositivos son los teléfonos móviles que tan extendidos están en la sociedad del siglo XXI que es la sociedad de la Información y las Comunicaciones. Y la solución técnica a ser implantada puede ser AGATHA, que instalada en los dispositivos móviles de agresor y víctima en los roles de supervisado y supervisor, actúa como Centro de Control. AGATHA proporciona además mucha más información que las unidades RFID que portan agresor y víctima como son los mapas de visualización e información de actividad del agresor.

Lo único que le faltaría a AGATHA para que pueda ser utilizado para este tipo de monitorización es un sistema que garantice que el agresor va a llevar consigo el teléfono móvil en todo momento. Para ello, se podrán establecer controles de voz a través del dispositivo móvil asociado al agresor, para garantizar que es el dispositivo apropiado y que se encuentra en manos de la persona vigilada.

#### 7.5.2.1. Roles para AGATHA-Víctimas

En el caso de las víctimas de la violencia de género, se monitoriza a los agresores, de forma que en todo momento se conozca su posición y así poder evitar que se produzca una situación peligrosa si se encuentra con la víctima. Los roles se particularizan en:

- **Víctima:** aquellas personas víctimas de violencia de género, y que generalmente cuentan con una orden de alejamiento para que su agresor no se acerca a ellas o no se ponga en contacto. Las víctimas son los supervisores.

En este caso particular, además de las víctimas, se pueden definir otro tipo de supervisores, que se pueden denominar **Agentes**, que son los responsables de notificar a los servicios de emergencia la incidencia cuando sea necesario.

- **Agresor:** aquellas personas que han cometido algún delito relacionado con la violencia de género. Estas personas no podrán acercarse a las víctimas ni ponerse en contacto con ellas. A ellos se les obliga a llevar siempre en móvil consigo, pudiendo definir mecanismos como reconocimiento de voz aleatorios para comprobar que realmente llevan consigo el dispositivo.

#### 7.5.2.2. Objetos, Espacios y Servicios para AGATHA-Víctimas

Para el caso en el que se va a usar AGATHA para la monitorización de los agresores en los casos de violencia de género, se va a definir un solo escenario con objetos aumentado con RFID.



Este escenario contará con un único póster cerca de la puerta de la vivienda de la víctima, este póster tendrá dos etiquetas, una que indica que la víctima sale de casa y otra que indica que llega. Este póster se puede ver en la Figura 7.10.

Cuándo la víctima entra en casa, se pueden desactivar todos aquellos servicios o alarmas relacionados con la distancia entre la posición de la víctima y el agresor, puesto que estarán relacionados con el movimiento de la víctima y cuando ésta se encuentra en casa, ya se conoce su posición, por lo que solamente se tendrá que comprobar la distancia del agresor a la casa de la víctima.

Por otro lado cuándo la víctima sale de casa es cuándo el sistema tiene que estar recopilando más información y activando más servicios para proporcionar más seguridad a la víctima, impidiendo que el agresor se le acerque esté donde esté.



Figura 7.10: Objetos aumentados en AGATHA-Victimas

Para esta aplicación de AGATHA, además del escenario NFC se van a definir dos tipos de espacios inteligentes, los cuales estarán asociados al agresor:

- Aquellos relacionados con localizaciones fijas como la residencia de la víctima, su lugar de trabajo o cualquier otro lugar frecuentemente usado por ella.

Se corresponde con las zonas definidas en color rojo en la Figura 7.11.

- Aquellos relacionados con la distancia entre la víctima y el agresor considerando en todo momento la posición actual de la víctima.



Se corresponde con las zonas definidas en color azul en la Figura 7.11. En este caso la víctima es representada por un icono verde y la zona azul representa la distancia a la que el agresor no se puede acercar. En caso de acercarse empezarían a dispararse las diferentes alarmas.

Cuando una orden de alejamiento estipula que un agresor no puede aproximarse a menos de 500 metros de la víctima, se define un área de 500 metros alrededor de la víctima que el agresor no podrá atravesar. Esta distancia será considerada tanto para el caso de localizaciones fijas como distancias relativas entre ambos.

Al igual que ocurría en el caso anterior, alrededor de la zona principal se establecerán zonas secundarias con diferente grado de peligrosidad. Pero al contrario que en el caso anterior, en esta ocasión, la zona más peligrosa será la principal, es decir, la más interna, por ser la que se corresponde con la establecida en la orden de alejamiento, mientras que la menos peligrosa es la más externa, sirviendo únicamente como una pequeña advertencia de que el agresor se está acercando.



Figura 7.11: Espacios Inteligentes en AGATHA-Víctimas

Como se han asociado los espacios inteligentes a las zonas prohibidas definidas para los agresores, los servicios asociados a los espacios inteligentes, estarán relacionados igual que en caso anterior con las alarmas que van a recibir los usuarios cuando entren o salgan de dichas zonas.

Se puede observar en la Tabla 7.5, en la que se definen las notificaciones asociadas a los espacios correspondientes a las zona prohibidas, que aunque los valores de distancia sean los mismos que los definidos para una zona obligatoria, las alarmas funcionan teniendo en cuenta las distancias al revés, pues cuánto más alejado se encuentre el agresor de la zona definida más bajo será el nivel de alarma.



Tabla 7.5: Notificaciones para las Restricciones de Zona Prohibida.

Posición	Tiempo	Nivel de alarma	Persistencia
>1300 metros	-	0	0
<hr/>			
1100-1300 metros	0-10 min.	1	0
	10-30 min.	1	1
	30-60 min.	1	2
	>60 min.	1	3
<hr/>			
1100-900 metros	3		
	0-10 min.	2	0
	10-30 min.	2	1
	30-60 min.	2	2
<hr/>			
900-700 metros	3		
	0-10 min.	3	0
	10-30 min.	3	1
	30-60 min.	3	2
<hr/>			
700- 500 metros	3		
	0-10 min.	4	0
	10-30 min.	4	1
	30-60 min.	4	2
<hr/>			
<500 metros	3		
	0-10 min.	5	0
	10-30 min.	5	1
	30-60 min.	5	2
<hr/>			
	>60 min.	5	3

## 7.6. Componentes de AGATHA

Como se ha venido comentando en capítulos y apartados anteriores, AGATHA, al igual que OBCAS tiene dos componentes principales: a) AGATHA Servidor y b) AGATHA Móvil.

Cada uno de estos componentes tendrá una parte correspondiente a la interfaz que proporciona al usuario, y otra relacionada con la arquitectura multi-agente. Además, la parte servidora cuenta con una potente base de datos desarrollada en Postgre-SQL que además de la definición de los escenarios ,objetos, servicios, registro de usuarios, el historial de servicios y localizaciones de cada usuario monitorizado, contendrá nuevas tablas correspondientes a la definición de las restricciones con sus respectivas alarmas.





## 7.6.1. AGATHA Servidor

AGATHA Servidor está compuesto por dos subcomponentes principales: a) un servidor encargado de proporcionar los servicios de alerta y b) una aplicación Web encargada de la gestión de los usuarios, así como la definición de restricciones y alarmas.

### 7.6.1.1. AGATHA Proveedor de Alarmas

Este subcomponente implementa el sistema multi-agente en el lado servidor y es el encargado de recibir la información desde el dispositivo móvil. Esta información debe ser procesada para obtener las acciones a ejecutar. Dependiendo de la fuente de la información (el usuario bajo vigilancia o el supervisor), la actividad de los usuarios relacionados, etc., el sistema evalúa el conjunto de reglas definidas para los usuarios involucrados, y devuelve a los usuarios los resultados en función del contexto actual.

Cuando el supervisor recibe una alarma de nivel de gravedad o persistencia alto, él o ella puede enviar un mensaje de texto o llamar al usuario que ha activado la alarma. Estas acciones se pueden realizar directamente desde la interfaz de la aplicación. Asimismo, el sistema le notificará al supervisor cuando algún usuario bajo vigilancia tenga el móvil apagado o fuera de cobertura, para tratar de localizarlo por otros medios.

Por lo tanto, cuando los parámetros toman valores que activan una alarma, el sistema inicializa los procedimientos encargados de informar a los usuarios que participan en las restricciones definidas.

La funcionalidad del agente principal en el lado del servidor se corresponde con la continua recepción de información de la parte móvil. El dispositivo móvil puede enviar diferentes tipos de mensajes: a) los datos de seguimiento), b) una solicitud de información, c) de activación de nuevos agentes móviles, etc.. Los datos de vigilancia corresponderán a cada una de las lecturas de los sensores, el número IMEI y el número de teléfono. Estos dos últimos valores se utilizan para verificar el origen de los datos.

La personalización de los servicios en primer lugar está relacionada con el rol del usuario, pero además, el usuario puede elegir mediante la configuración del perfil el modo en que desea recibir las notificaciones, si desea que no le lleguen notificaciones de algún nivel de alarma o persistencia, etc. Por último la personalización de los servicios tiene lugar gracias a la información de contexto.

### 7.6.1.2. AGATHA WEB

AGATHA Web es un sitio web que proporciona los mecanismos necesarios para establecer los parámetros del sistema de alerta. Es decir, permite la gestión de la información acerca de los usuarios, la relación entre ellos, zonas geográficas, tipos de alerta, la frecuencia de la recogida de información de los dispositivos móviles, etc. La Figura 7.12 muestra una captura de pantalla de la página principal que se utiliza para definir nuevas restricciones, y de la página que permite definir nuevos usuarios.

La definición de usuarios, sus relaciones, roles y alertas están gestionados por una base de datos que también almacena información en tiempo real sobre la actividad de



los usuarios. Esta base de datos es utilizada por los agentes con el fin de analizar el estado del usuario y para activar los mecanismos necesarios para enviar de vuelta la información a los usuarios.

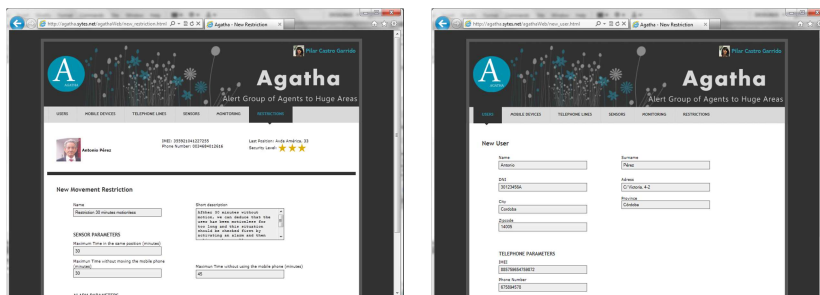


Figura 7.12: AGATHA WEB

AGATHA Web también puede proporcionar un conjunto de servicios web disponibles para los clientes. Los servicios Web se devuelven como objetos JSON.

## 7.6.2. AGATHA Móvil

Este subcomponente consiste en un conjunto de agentes software y una interfaz gráfica. Los agentes recogen las medidas del entorno de acuerdo con los sensores del teléfono: GPS, acelerómetro, giroscopio, brújula, sensor de proximidad, sensor de luz; la conectividad; y la actividad en el móvil: llamadas telefónicas, SMS y MMS. A continuación, esta información es enviada al servidor.

La interfaz móvil proporciona información gráfica en forma de mapas acerca de la ubicación del usuario, así como las zonas y rutas (véase la Figura 7.13). Además, proporciona información textual como el nivel de seguridad, la distancia entre los usuarios (sólo con el rol supervisor), la lista de las alarmas activadas, y mucho más.

La aplicación móvil está instalada en el dispositivo móvil del supervisor y del supervisado. AGATHA es la misma aplicación para ambos, y dependiendo del rol del usuario, parte de la funcionalidad no estará disponible.

La Figura 7.13a muestra el menú principal de la aplicación AGATHA para un supervisor puesto que tiene activo la opción “Control”. Este supervisor no tiene restricciones por este motivo no tiene activa la opción “Mis restricciones”. AGATHA permite que un supervisor pueda tener también el rol de supervisado.

La Figura 7.13b muestra un mapa en el que el supervisor puede controlar a sus usuarios supervisados. Todos los mapas en AGATHA se ha desarrollado utilizando la API WingMaps. Esta API ha sido desarrollada por nuestro grupo de investigación como proyecto de fin de carrera. Las principales ventajas que ofrece WingMaps son la posibilidad de representar la información contextual sobre mapas. Por ejemplo, en la Figura 7.13b, el zoom del mapa se calcula automáticamente dependiendo de la posición del usuario, de la misma manera, la burbuja asociada al usuario proporciona no sólo la información textual, sino también acciones a través de botones dinámicos.

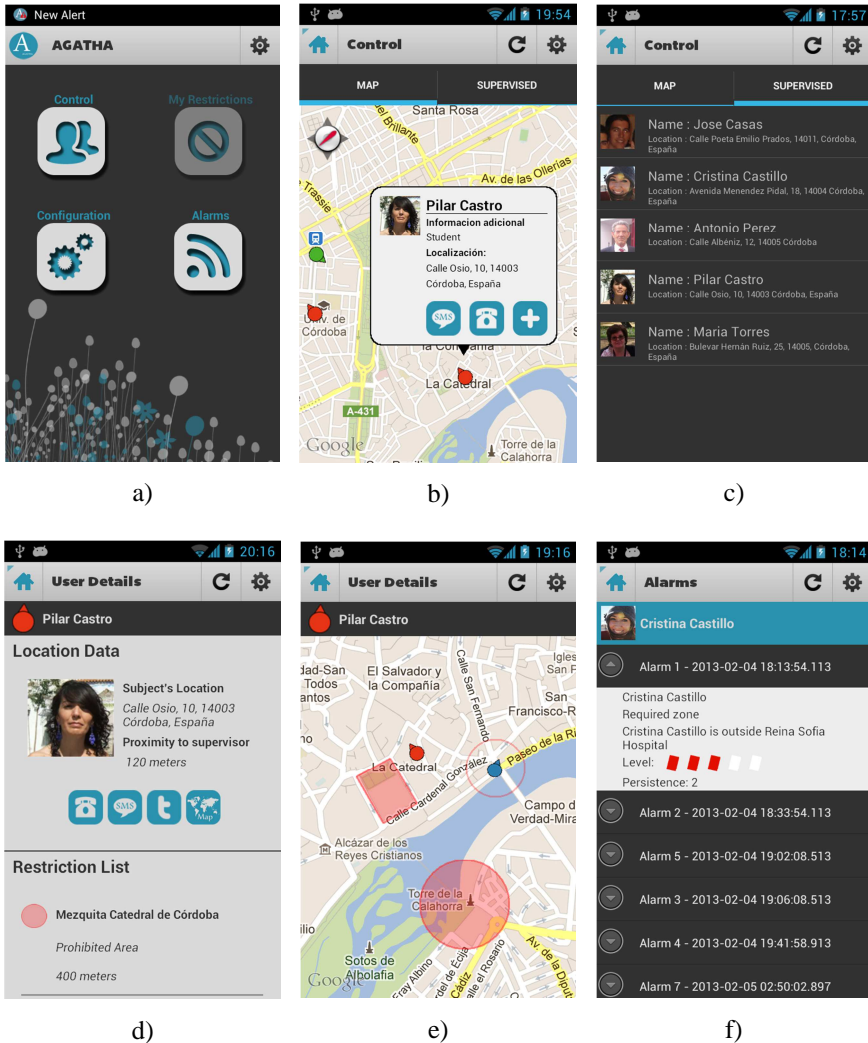


Figura 7.13: AGATHA Móvil para el Supervisor

Con esta API es posible representar todos los tipos de restricciones geográficas que se han descrito en este documento (véase la Figura 7.13e).

La Figura 7.13c muestra una lista de todas las personas monitorizadas. Al hacer clic en cualquiera de ellos, se verá una nueva pantalla con los detalles de ese usuario (ver Figura 7.13d). También pueden ver los detalles de un usuario desde el botón “detalles” asociado a la burbuja de un usuario en el mapa de supervisión. La pantalla de



detalles de usuario también proporciona una serie de opciones, una de las más importantes es la posibilidad de mostrar las restricciones geográficas para ese usuario en el mapa (ver Figura 7.13e).

Finalmente, la Figura 7.13f muestra una lista de todas las alarmas de un supervisado, ordenados por fecha. Esta es una lista desplegable con información detallada como el nivel de alarma y persistencia para cada una de ellas.

Como se ha comentado, la aplicación se comporta de modo diferentes dependiendo del perfil del usuario. Así por ejemplo, el menú principal mostrado en la Figura 7.13a, tendría desactivada la opción “Control” y activada “My Restrictions” si en lugar de ser la aplicación del supervisor fuese la del supervisado. El resto de pantallas es muy similar, pero en lugar de contar con una lista de personas sobre las cuales consultar su posición, restricciones, alarmas, etc., el supervisado solamente tiene acceso a su información, a su posición y a su lista de alarmas.

Algunos de los servicios asociados a AGATHA y que no están relacionados con las alarmas, son aquellos procedentes de las interacciones NFC. En la Figura 7.14, se muestran algunas de las interacciones que tienen lugar. La Figura 7.14a se corresponde con los poster de llamada a un familiar y a emergencias, y la Figura 7.14b, muestra la interacción con el póster utilizado por una víctima para indicarle al sistema si entra o sale de casa, para activar un tipo u otro de alarmas.

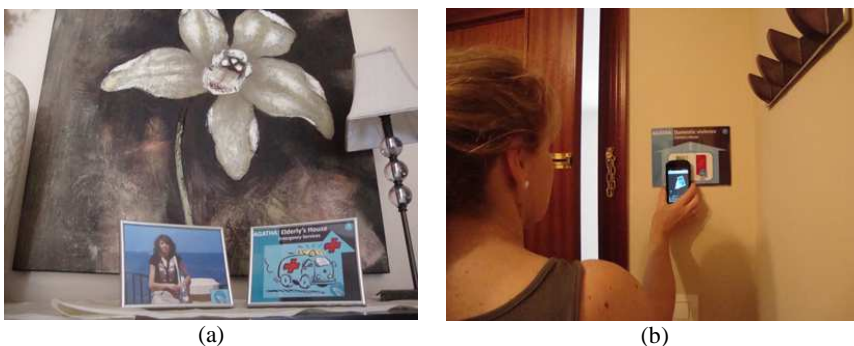


Figura 7.14: Escenarios AGATHA

## 7.7. Servicios de Emergencia y Teleasistencia en Andalucía

### 7.7.1. Servicios de Emergencia

Los servicios de emergencia de la Junta de Andalucía cuentan con atención telefónica a través de los ocho centros de coordinación ubicados en cada una de las provincias andaluzas. La atención incluye la recepción de la llamada y la gestión de la demanda



con la asignación de recursos más adecuada, así como la información u orientación y el consejo telefónico [99]

El proceso de atención sanitaria comienza con la recepción de una llamada en uno de los ocho centros coordinadores, sitios en todas las capitales de provincia. Es allí donde las teleoperadoras atienden las llamadas entrantes siguiendo protocolos específicos de preguntas en función del tipo de demanda planteado por el alertante.

Según el informe [99], el tiempo medio de respuesta (ART) para una emergencia es de 12 minutos y 5 segundos. ART es el tiempo transcurrido desde la hora de recepción de la llamada en el centro coordinador, hasta la llegada al lugar del suceso del equipo de emergencias.

Este tiempo se puede considerar razonable, siempre y cuando se realice a tiempo la llamada de emergencia. El problema es que en la mayoría de los casos, las llamadas de emergencia se realizan demasiado tarde, sobre todo en aquellos casos en los que el paciente no puede llamar y necesita a otra persona para notificar la incidencia a los servicios de emergencia.

### 7.7.2. Teleasistencia

El Servicio Andaluz de Teleasistencia, es un Servicio de la Junta de Andalucía que garantiza, a sus usuarios, una atención personal durante las 24 horas del día y todos los días del año, sin moverse de su domicilio, con sólo apretar un botón [100]. Consiste en la atención directa y personalizada ante situaciones de emergencia, inseguridad, soledad o aislamiento, a través de profesionales especializados que proporcionan los apoyos necesarios para poder resolver situaciones de diversa naturaleza, movilizando los recursos más adecuados para cada caso.

El Servicio Andaluz de Teleasistencia cuenta con un terminal fijo con altavoz y micrófono y un con un terminal inalámbrico, que a modo de colgante, el usuario lleva consigo cuando se encuentra en su hogar.

Las características de este dispositivo inalámbrico permiten a los usuarios:

- Establecer la comunicación desde cualquier parte del domicilio.
- Accionando cualquiera de los dos pulsadores, las personas mayores se ponen en contacto con la central de la Teleasistencia.
- El sistema utilizado para el establecimiento de la comunicación es del tipo “*manos libres*”.
- Además, incluso aunque no se produjera comunicación verbal, nada más pulsar el botón, aparece en la pantalla del teleoperador/a, toda la información referente a la persona mayor.

En el caso que fuese necesario se deriva a los servicios de emergencias.

El sistema de teleasistencia es una mejora en la atención de personas mayores, porque en el momento en el que una persona comienza a sentirse enfermo él o ella sólo



tiene que pulsar un botón para iniciar el proceso para que le ayuden. Pero este sistema no proporciona mecanismos para anticiparse a una incidencia.

### 7.7.3. Resultados

La Tabla 7.6 compara las principales características que tienen los sistemas de emergencias y teleasistencia de la Junta de Andalucía, con AGATHA.

Tabla 7.6: Comparación de los servicios de emergencia y Teleasistencia en Andalucía para el cuidado de personas mayores ofrecido por AGATHA

<b>Características</b>	<b>Servicios de Emergencia</b>	<b>AGATHA</b>
<i>Facilidad para reportar una incidencia</i>	Manualmente a través de un botón.	Automáticamente a través de alarmas.  Manualmente tocando un poster de emergencias.
<i>Anticipación</i>	Ninguna	Si, a través de la activación de diferentes niveles de alarma.
<i>Notificación de incidencia a familiares y amigos</i>	No, debe ser realizada por el equipo de emergencias.	Sí, automáticamente usando mensajes y a través de la llamada del supervisor en el momento de recibir la alarma.
<i>Requiere un dispositivo específico</i>	Si	No
<i>Requiere la cooperación del paciente</i>	No, para recoger los datos del paciente, pero sí necesita que el paciente notifique el suceso.	No, la alarma informa sobre el paciente y la incidencia.
<i>Inicio de la atención al paciente</i>	Si el paciente no presiona el botón, no es posible iniciar el proceso.	El proceso se inicia automáticamente una vez que se haya activado la alarma. En este momento los parámetros que describen una situación peligrosa han sido alcanzados.

Una de las ventajas de AGATHA es que no es necesario disponer de un equipo específico. Además ofrece la posibilidad de avisar a familiares al mismo tiempo que a los servicios de emergencias. Además, AGATHA se puede utilizar en espacios abiertos fuera de casa.



En el caso de la violencia de género, la Junta de Andalucía no prevé ningún dispositivo electrónico específico, por lo que el único mecanismo disponible para las víctimas es el servicio de emergencia (véase Tabla 7.7).

Tabla 7.7: Comparación de los servicios de emergencia y Teleasistencia en Andalucía para el cuidado de víctimas de violencia de género ofrecido por AGATHA

Características	Servicios de Emergencia	AGATHA
<i>Alerta a la víctima</i>	No.	Sí, el sistema le avisa del acercamiento de su agresor.
<i>Anticipación</i>	No. La víctima es la que denuncia.	Sí, el sistema alerta tanto a la víctima como al supervisor del agresor.
<i>Funciona fuera de casa</i>	No.	Sí, gracias al GPS del teléfono móvil.

Se puede observar la capacidad de anticipación del sistema, así como la activación automática de los procesos necesarios tanto personas mayores como víctimas de violencia de género. Ambas son características deseables para cualquier sistema que trate de proteger a personas pertenecientes a colectivos vulnerables.

Finalmente, la Tabla 7.8 muestra una comparación del momento en que se notifica a los servicios de emergencia, basados en el momento en el que tiene lugar el incidente que se describe a continuación:

---

*“María es una víctima de la violencia de género y José es su agresor. Él tiene una orden de alejamiento de 1000 metros de María, independientemente de si ella está en casa o fuera.*

*Un día, José sale de casa a las 9 de la mañana con la intención de visitar a María. La ciudad de José está situada a 8 kilómetros de la ciudad de María. A las 9:15 José llega a la ciudad de María. Para no ser visto, él aparca el coche y camina hasta la casa de María, pero María no está en casa.*

*José camina por la ciudad buscando a María hasta que a las 11 la alcanza y, si nada lo impide, la asalta.”*

---



La Tabla 7.8 muestra que para el caso de servicios de emergencia, María es la única que puede evitar la agresión, estando constantemente en alerta. Sin embargo, en el caso de AGATHA, la mejor manera de prevenir la agresión es definir mejor los espacios en los que José no puede entrar o debe permanecer.

Tabla 7.8: Momento en el que los servicios de emergencia reciben la incidencia

<i>El mejor caso</i>	
<b>Servicios Emergencia</b>	<b>AGATHA</b>
<p>María ve a José fuera del coche y alerta a los servicios de emergencia.</p> <p>No hay agresión.</p> <p>Hora: 9:15 am</p>	<p>Se establece una zona obligada para José que se corresponde con su ciudad, de modo que cuando el sale de la ciudad, AGAHTA envía una alarma a María y al supervisor de José.</p> <p>No hay agresión.</p> <p>Time: 9:00 am</p>
<i>El caso intermedio</i>	
<b>Servicios Emergencia</b>	<b>AGATHA</b>
<p>María ve a José acercarse para atacarla, ella corre y grita a la vez que llama a los servicios de emergencia.</p> <p>Podría haber una agresión en los 12 minutos que tarda en llegar el equipo de emergencias.</p> <p>Hora: 11:00 am</p>	<p>Se podría definir una zona prohibida de 1000 metros alrededor de la posición GPS de la víctima, otra de 1500 y otra de 2000. Además de establecer alrededor de la vivienda de la víctima como una zona prohibida de 1000 metros. Entonces cuando José llega cerca de la casa de María, la alarma se activa.</p> <p>No hay agresión.</p> <p>Time: 9:15 am</p>
<i>El peor caso</i>	
<b>Servicios Emergencia</b>	<b>AGATHA</b>
<p>María no puede ver a José y él la ataca en un lugar apartado.</p>	<p>Se establece solo una zona prohibida alrededor de la posición GPS de</p>





Hay Agresión.

Hora: indeterminada

María. Cuando José busca a María por la ciudad, en el momento en el que se acerca a ella se dispara la alarma que avisa a María así como al supervisor de José que inmediatamente envía a los servicios de emergencia.

Probablemente no habrá agresión.

Hora: 9:15-11:00 dependiendo de la localización de María

---

## Conclusiones y Líneas Futuras

*Conclusión es el lugar donde llegaste cansado de pensar.  
(Anónimo)*

### 8.1. Introducción

A lo largo de los diferentes capítulos que forman este trabajo se ha ido elaborando y modelando un modelo basado en ontologías y sistemas multi-agente para la interacción en ambientes inteligentes.

El punto inicial, sin duda, ha sido el estudio y comprensión de conceptos tan importantes como son el contexto, ambiente inteligente, interacciones y aplicaciones sensibles al contexto, ontología, agentes y sistemas multi-agente. Todos estos conceptos han sido recogidos de autores tan importantes como Mark Weiser, Anind K. Dey, Wooldridge, Jennings, o Roberts.

A partir de la definición de estos conceptos, se puede observar que en los diferentes capítulos se ha ido modelando el sistema, desde el modelo ontológico hasta la arquitectura del sistema, produciendo como resultado un Modelo para interacciones sensibles al contexto mediante reglas en Ambientes Inteligentes.



También este documento muestra cómo se ha aplicado el modelo para la creación de una aplicación, AGATHA, que mediante un sistema de alarma, permite mejorar la calidad de vida de determinados grupos de personas.

En sucesivos apartados, se va a concretar la consecución de los diferentes objetivos propuestos, se van a destacar los puntos más importantes de este desarrollo y, finalmente, tras enumerar las publicaciones que se han realizado acerca de este desarrollo, se van a comentar las futuras líneas de investigación en torno al modelado de las interacciones contempladas en este trabajo.

## 8.2. Consecución de Objetivos

En este apartado del capítulo de conclusiones, se van a enumerar los diferentes objetivos establecidos en el capítulo primero, indicando para cada uno de ellos, el grado de consecución así como la parte del sistema desarrollado que ha logrado conseguirlo.

Para esta Tesis, se consideró el siguiente **Objetivo General**: “el modelado de interacciones de forma que pueda ser acomodadas al contexto en el cual se llevan a cabo”.

Este objetivo se concretó en los siguientes:

### 1. Objetivo Específico 1

*“Proponer un modelo general que permita definir escenarios de interacción sensibles al contexto en entornos inteligentes en los que la interacción se lleve a cabo bien mediante la localización o bien mediante la tecnología NFC. También se consideraran aquellas otras tecnologías de comunicación o sensores que están disponibles en los dispositivos móviles con los que NFC interacciona.”*

Para la consecución de este objetivo se desarrolló OBCAS (Ontology-Based Context Awareness System), en cuya arquitectura propuesta en el Capítulo 4, ya se observa cómo diferentes elementos y artefactos van a colaborar para que tanto interacciones sensibles al contexto mediante NFC o mediante otro tipo de tecnologías y sensores, produzcan resultados que tengan en cuenta el contexto, relativo tanto a preferencias del usuario, como capacidades de los dispositivos, interacciones previas, etc.

### 2. Objetivo Específico 2

*“Establecer los artefactos, información, sus fuentes y sumideros, los procesos y actividades, relaciones y restricciones que se producen en este tipo de entornos marcados e interacciones NFC, generando un modelo generalizado que sirva para la construcción y definición de los escenarios y la portabilidad de los mismos.”*

La consecución de este objetivo se ha llevado a cabo gracias a la elaboración de un modelo ontológico denominado Kernel. Este modelo está descrito en el



Capítulo 5, y ha sido definido bajo dos perspectivas: a) la primera de ellas muestra un modelo general donde se recogen todos los artefactos, información, procesos, actividad, relaciones y restricciones, b) la segunda realiza un modelo ontológico basado en aplicaciones, gracias al cual el sistema puede usar todo este conocimiento para producir resultados satisfactorios durante el proceso de interacción.

El modelo ontológico basado en la aplicación, será usado por el sistema multi-agente desarrollado con JADE.

### 3. Objetivo Específico 3

*“Modelar la información y diseñar los mecanismos de captura o recogida de la información que se aprovisiona y recoge en las interacciones, de forma que pueda ser analizada y procesada para generar el conocimiento necesario que permita adaptar el contexto de interacción.”*

Este objetivo se ha conseguido principalmente gracias al desarrollo de un sistema multi-agente, cuyos componentes han sido los encargados de definir los mecanismos de captura de información tanto de las interacciones como de la información de contexto. Estos mismos componentes, denominados agentes, también son los encargados de analizar y procesar la información recogida. Este sistema multi-agente se encuentra descrito en el Capítulo 6.

### 4. Objetivo Específico 4

*“Proponer un modelo basado en reglas, que inmerso en el modelo propuesto, y alimentado por la información recogida y procesada, genere nuevo conocimiento encargado de adaptar el contexto de interacción.”*

Al igual que el anterior, este objetivo ha sido alcanzado gracias al desarrollo de un sistema multi-agente. En este sistema, las reglas encargadas de adaptar el contexto de interacción al contexto, se encuentran implementadas dentro de los comportamientos asociados a los diferentes agentes. Así, los agentes encargados de la recogida de información del entorno, recogen, procesan y envían la información al resto de componentes, de manera que la puedan utilizar de forma que cuando haya que ofrecer un servicio a un usuario tras su interacción con el entorno, antes se tenga en cuenta todo el contexto asociado a ese usuario.

Para facilitar el proceso de selección de servicios y personalización de los mismos se ha implementado una agenda, en la que estarán todos aquellos servicios que les serán proporcionados al usuario tras su interacción con el entorno. Estos servicios estarán priorizados atendiendo al contexto, a las preferencias del usuario, a las capacidades del dispositivo con el que realiza la interacción y a interacciones previas.

Se puede ver que se han alcanzado todos los objetivos, y así, gracias a OBCAS, compuesto por un potente modelo ontológico denominado Kernel y un Sistema Multi-Agente, se puede definir cualquier escenario, modelando en todos ellos las interacciones sensibles al contexto que se producen. Cualquier aplicación que desee usar este modelo para implementar este tipo de interacciones, solamente tendrá que



utilizar las APIs de la parte servidora y móvil, incorporándolas a la definición de su aplicación específica. De esta forma, la aplicación contará con todas las características que se han comentado para OBCAS.

### 8.3. Aspectos Destacados

Esta tesis presenta un modelo en el que destacan tres elementos como puntos fuertes dentro del ámbito de la tesis: el Kernel, las agendas y los agentes.

Una agenda es una estructura de tareas jerarquizadas según su importancia en un instante determinado. Esto significa que tareas que en un momento determinado tienen un cierto nivel de importancia pueden verse afectadas en el siguiente instante de tiempo y cambiar su prioridad. Una de las principales causas que originan un cambio en la prioridad de una tarea es la inclusión de una nueva tarea en la agenda. Este artefacto es el encargado de la personalización, ya que permite que el resultado de la interacción de un usuario con el entorno no sea predefinida, sino dinámica.

El término tarea se refiere a aquella actividad que aplica una dedicación, que necesita utilizar un cierto número de recursos para la consecución de la misma y que se realiza en un tiempo limitado.

Para el tema que nos ocupa, el de las interacciones sensibles al contexto, se puede decir que la agenda estará compuesta por todos aquellos servicios que el escenario ofrece al usuario que interactúa con él utilizando los dispositivos NFC. Los servicios estarán ordenados en la agenda en base a las preferencias del usuario, los recursos disponibles, las características del usuario y del dispositivo, así como a interacciones previas.

Los agentes son entidades software que incorporan inteligencia, lo que les permite operar sin la intervención humana, interactuar con otros agentes a través de algún medio de comunicación, ser capaces de reaccionar a los cambios del entorno y mostrar una conducta deliberativa orientada por metas. Estas características de los agentes los hacen idóneos para actividades como recoger información del entorno, de modo que se pueda actuar en consecuencia, por ejemplo para ofrecer al usuario una respuesta adecuada al contexto.

Pero no sólo para reaccionar ante los cambios del entorno se pueden definir agentes, sino que según la arquitectura propuesta, los agentes ocupan un papel fundamental, pues son los encargados de manejar la agenda de servicios, ofreciéndole al usuario el servicio más apropiado a sus necesidades en cada momento. De ahí que se haya dedicado un gran esfuerzo al estudio de los agentes.

El modelado de los ambientes inteligentes y de las interacciones que en él tienen lugar dio lugar a OBCAS. El sistema OBCAS propone una solución para el modelado de interacciones sensibles al contexto mediante reglas en ambientes inteligentes. Estas reglas no van a estar definidas de forma independiente en el sistema, sino que van a formar parte del comportamiento de un conjunto de agentes. Los agentes están contruidos sobre las reglas de comportamiento manifestadas por los agentes reales y la evidencia empírica recogida del entorno.



OBCAS (Ontology-Based Context Aware System) es un Sistema de computación Ubicua desarrollado bajo el paradigma de un sistema multi-agente. Este sistema define un KERNEL (OBCAS -Ontology), es decir, un marco de trabajo de conocimiento para la definición, manejo y desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto. Por lo tanto, este marco de trabajo o framework tiene como objetivo la representación e integración de diferentes modelos (ontologías) y sus relaciones. Estas ontologías representan todos los elementos involucrados en el modelado de escenarios, así como los mecanismos para el desarrollo de los Sistemas Multi-agente encargados del manejo de las aplicaciones sensibles al contexto.

De entre los principales puntos que motivan el uso de ontologías, para este caso en particular, el más importante es que permiten compartir la interpretación de la estructura de información entre personas/agentes. El establecer una ontología sobre un dominio permite que dos agentes puedan entenderse sin ambigüedad y sepan a qué se refieren, además del hecho de que varias aplicaciones puedan compartir un conocimiento común.

Para probar la validez del modelo ontológico se desarrolló AGATHA, un sistema multi-agente encargado de la monitorización, a través de los sensores del dispositivo, del comportamiento de un conjunto de individuos sobre los que se ha definido un conjunto de restricciones.

AGATHA se utiliza para casos de violencia de género, ya que gracias a AGATHA las víctimas pueden conocer si su agresor se encuentra cerca violando la orden de alejamiento.

Otra de las aplicaciones de AGATHA es la vigilancia de personas mayores y/o con Alzheimer. AGATHA realiza una monitorización de sus actividades informando en todo momento a familiares y enfermeros acerca de su posición y movimiento. Se puede controlar que estas personas no sobrepasen un determinado perímetro, así como conocer si han sufrido un accidente gracias a sensores como el acelerómetro o el giroscopio.

## 8.4. Publicaciones

El modelado de interacciones sensibles al contexto ha sido la directriz principal que ha marcado la dirección hacia la cual se han dirigido todos los esfuerzos en materia de desarrollo, no solamente en esta tesis, sino también como principal área de investigación en el grupo de investigación del que he formado parte. Por este motivo, y porque el trabajo en equipo y colaborativo forma parte de la ideología del grupo, he participado en numerosos trabajos relacionados con la interacción en ambientes inteligentes.

Una de las principales ventajas de haber participado en este tipo de trabajos, ha sido el extenso conocimiento que me ha proporcionado acerca de cómo funcionan este tipo de aplicaciones, la información que necesitan, las relaciones entre los diferentes artefactos que participan en ellas, etc. Todo esto ha resultado de gran ayuda a la hora de modelar este tipo de interacciones en estos ambientes inteligentes.



A continuación se muestra un listado de trabajos que he desarrollado o en los que he participado y que han contribuido a que finalmente haya podido desarrollar el modelado objetivo de esta tesis. También se muestra un listado de trabajos directamente relacionados con la tesis, en el que se puede observar la mejora del modelo desde sus inicios hasta el modelo final propuesto, lo que demuestra que la participación en trabajos de modelados de interacciones en ambientes inteligentes ha producido el efecto deseado.

#### 8.4.1. Relacionadas directamente con la Tesis

En estas 8 publicaciones se puede ver la evolución del modelo desde una simple definición XML de los escenarios y sus componentes hasta un sistema multi-agente basado en un modelo ontológico. Estas publicaciones son: proceedings de congresos nacionales (1), proceedings de congresos internacionales (5), uno que va a ser publicado en una revista indexada en Journal Citation Report (JCR) y otro sometido y pendiente de la decisión de una revista que también está indexada en JCR.

- Irene Luque Ruiz; **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Francisco Borrego-Jaraba; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Un modelo de desarrollo de escenarios para interacciones NFC sensibles al contexto. Actas de las 3ª Jornadas Científicas sobre RFID. Sociedad Española de Trazabilidad, Ciudad Real (España), 2009, 173-179.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Model for the Development of NFC Context-Awareness Applications on Internet of Things. Proceedings of 2nd International Workshop on Near Field Communication – NFC, Monaco, 2010, pp. 9-14.
- **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Support for Visually Impaired through and NFC Technology. Proceeding of 3rd International ICST Conference on I.T. Revolutions. Córdoba (España), 2011. LNICST 82, pp. 116–126, 2012.
- **Pilar Castro Garrido**; Josef Langer; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Ontological definition of a model for the integration of knowledge in NFC context-aware interactions. Proceeding of 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Riviera Maya (Mexico), 2011.
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. AGATHA: Multiagent System for User Monitoring. Proceeding of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) 2012. pp. 43 – 46.
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Multi-sensor Mobile System Based on Agents for People Monitoring. Proceeding of 4th International Workshop on Ambient Assisted Living (IWAAL) 2012, LNCS 7657, pp. 58-65.



- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. An Alert System for People Monitoring Based on Multi-Agents using Maps. *Journal of Universal Computer Science (JCR= 0.762 en 2012)* (aceptado pendiente de publicación).
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. OBCAS: An Agent-based System and Ontology for Mobile Context Aware Interactions. *Knowledge and Information Systems* (sometido).

### 8.4.2. Publicaciones Relacionadas

Estas 12 publicaciones corresponden a diferentes trabajos realizados en el ámbito de la computación ubicua e interacciones en ambientes inteligentes. Se trata de proceedings de congresos internacionales (9), capítulos de un libro (1), un artículo en una revista internacional (1) y un artículo publicado en una revista indexada en JCR (1).

- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Web-Based Management System for the monitoring, compliance and Evaluation of the University Tutorials. *Proceedings of Edulearn 09 Conference. International Association of Technology, Education and Development (IATED), Barcelona (España), 2009, 2394-2402.*
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Francisco Borrego Jaraba; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Ubiquitous Services for Future University. *Proceedings of International Technology, Education and Development Conference, INTED 2010. IATED, Valencia, 2010, 5486-5495.*
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Tool for the Tag Management for the Building of Smart Environments. *Proceedings of International conference of the Institute for Environment, Engineering, Economics and Applied Mathematics: Applied Computer Science (ACS). Malta, 2010, pp. 520-524.*
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Near Field Communication Tool for Building Intelligent Environment using Smart Posters. *International Journal of Computers and Communications. 2010, Vol. 4, pp. 9-16.*
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. NFC-based Pervasive Games in Higher Education. *Proceedings of E-Activity and Leading Technologies 2010 Conference. Oviedo, 2010, pp. 45-50.*
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Near Field Communication in the Development of Ubiquitous Games. *Proceeding of The 5th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions. London (UK), 2010, pp. 177-183.*





- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Use of NFC-based Pervasive Games for Encouraging Learning and Student Motivation. 3rd International Workshop on Near Field Communication - NFC2011. Hagenberg (Austria), 2011, pp. 32-37.
- Irene Luque Ruiz; **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Francisco Borrego Jaraba; Miguel Ángel Gómez-Nieto. University of Things. Towards the Pervasive University in Near Field Communications Handbook. Taylor & Francis, 2011, pp.153-174.
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. IDColor: A color based identification system. Proceeding of 1st IEEE International Conference on Consumer Electronics. Berlin (Alemania), 2011, pp. 208-302.
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Application of Near Field Communication for the Development of Ubiquitous Treasure Hunt Games. Proceeding of 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Riviera Maya (Mexico), 2011.
- Francisco Manuel Borrego-Jaraba; **Pilar Castro Garrido**; Gonzalo Cerruela García; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Discount Vouchers and Loyalty Cards Using NFC. Proceeding of 6th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAMI) 2012, LNCS 7656, pp. 101-108.
- **Pilar Castro Garrido**, Guillermo Matas Miraz, Francisco José Bellido Outeiriño, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. Identification System based on Color Sequence and Mobile Phones. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 2012, vol. 4, pp. 287-303.(JCR= 1.298 en 2012)

## 8.5. Líneas Futuras

Como ya se comentó, esta Tesis se engloba dentro de un proyecto más general denominado “*Modelado de Ambientes Marcados y Desarrollo de Herramientas para Interacciones NFC Sensibles al Contexto (Midas-II)*”. Proyecto: TIN2011-24312 (vigencia: 2011-2014). Por este motivo, una importante línea de investigación futura sería profundizar en aquellos aspectos del proyecto no contemplados en esta tesis.

Por otro lado y centrándonos en el objetivo general de la tesis, se pueden proponer las siguientes nuevas líneas de investigación:

- Respecto al modelo ontológico: se podría mejorar incorporándole sobre todo elementos relacionados con la seguridad, debido fundamentalmente a que se trata de un modelo de interacción en el que continuamente se está enviando información.



- Respecto al usuario: hay un aspecto fundamental a mejorar, el relativo al diseño de procedimientos que permitan verificar en todo momento la identidad del usuario que lleva el dispositivo. Se ha de garantizar en todo momento que el sistema recibe información acerca del usuario correcto.
- Respecto al sistema multi-agente: se podría pensar en una alternativa para aquellos dispositivos que no admitan la implementación de la plataforma JADE, ya que aunque hoy en día la mayoría de los dispositivos cuentan con gran capacidad de procesamiento y sensores, es cierto que muchos de los usuarios de aplicaciones como AGATHA son personas mayores a las que no les agrada llevar consigo un SmartPhone táctil. Se podría buscar una alternativa que permitiese emular desde el servidor esta plataforma para que este tipo de dispositivos pudieran seguir enviando información y recibiendo servicios igual que si tuvieran implementada la plataforma JADE.
- Respecto al mecanismo de control de la agenda de servicios: se podrían plantear nuevos procedimientos que optimizasen el cálculo de prioridad de los mismos.



## Chapter

# 8

---

## Conclusions and Future Works

*Conclusion is the place where you got tired of thinking.  
(Anonymous)*

### 8.1 Introduction

Throughout the chapters that make up this work a model based on modeling ontologies and multi-agent systems for interaction in smart environments has been developed.

The starting point certainly has been the study and understanding of important concepts such as the context, smart environment, interactions and context-aware applications, ontology, agents and multi-agent systems. All these concepts have been collected from important authors such as Mark Weiser, Anind K. Dey, Wooldridge, Jennings, and Roberts.

From the definition of these concepts, it can be observed that the system has been modeled on different chapters, from the ontological model to the architecture of the system, yielding a model for context-sensitive interactions using rules in intelligent environments.



This document also shows how the model has been applied to create an application, AGATHA, that is an alarm system developed to improve the quality of life of certain groups of people.

In subsequent sections, the achievement of the different objectives proposed will be detailed, the most important points of this development will be highlighted and finally, after listing the publications that have been made around this development and the future research around the modeling interactions described in this work will be discussed.

## 8.2 Achievement of Objectives

In this section of the concluding chapter, the various objectives set out in the first chapter will be enumerated, indicating for each of them, the level of achievement as well as the component of the system responsible of the compliance.

For this thesis, it was considered the following **General Objective**: “the modeling of interactions so that it can be accommodated to the context in which they are held.”

This goal is realized in the following:

### 1. Specific Objective 1

*“Propose a general model scenario to define context-sensitive interaction in intelligent environments in which the interaction takes place by locating or using NFC technology. Also consider those other communications technologies or sensors available on mobile devices with which interacts NFC.”*

To achieve this goal was developed OBCAS (Ontology-Based Context awareness System), whose architecture is proposed in Chapter 4 and shows how different elements and devices will collaborate for both context-sensitive interactions using NFC or by other technologies and sensors, to produce results that take into account the context, related to user preferences, device capabilities, previous interactions, etc.

### 2. Specific Objective 2

*“Set the artifacts, information, sources and sinks, processes and activities, relationships and constraints that occur in these marked environments and interactions NFC, generating a generalized model that it is used to the construction and definition of the scenarios and the portability of thereof.”*

Achieving this goal has been carried out through the development of an ontological model called Kernel. This model is described in Chapter 5, and has been described from two perspectives: a) the first one, shows a general model which gathers all artifacts, information, processes, activities, relationships and constraints, b) while in the other perspective, it is developed



an ontological model based on applications, through which the system can use this knowledge to produce satisfactory results during the process of interaction.

The ontological model based on the application will be used by the multi-agent system developed with JADE.

### 3. Specific Objective 3

*“Model information and design mechanisms for capturing or collecting information that it is provisioned and collects in interactions, so that it can be analyzed and processed to generate knowledge necessary for adapting the interaction context.”*

This objective has been achieved mainly through the development of a multi-agent system, whose components have been responsible for defining the mechanisms in charge of capture information about interactions and about the context. These same components, called agents, are also responsible for analyzing and processing the collected information. This multi-agent system is described in Chapter 6.

### 4. Specific Objective 4

*“Propose a rule-based model, which immersed in the proposed model, and fed by the information collected and processed, generates new knowledge responsible for adapting the context of interaction.”*

Like the previous objective, this goal has been achieved through the development of a multi-agent system. In this system, the rules responsible for adapting the interaction context to context are implemented within the behaviors associated to different agents. Thus, the agents responsible for the collection of information from the environment, collect, process and send information to the other components, so that it can be used by the other components. When it is necessary to provide a service to a user after its interaction with the environment, the first step is to take into account the entire context associated with that user.

To facilitate service selection and customization of them, it has been implemented an agenda, which stores all services that will be provided to the user after interacting with the environment. These services will be prioritized taking into account the context, user preferences, the capabilities of the device that performs the interaction and previous interactions.

It can be seen that all the objectives have been achieved thanks to OBCAS, composed by a powerful ontological model called Kernel and a Multi-Agent System. Using OBCAS you can define any scenario, modeling all the context-sensitive interactions that occur on it. Any application to use this model to implement this type of interactions, only needs to use the mobile and server APIs and incorporating them into the definition of its specific application. This application will have all the features that have been discussed for OBCAS.



## 8.3 Highlights

This thesis presents a model in which three elements highlight as strengths within the scope of the thesis, these elements are the Kernel, agendas, and the agents.

An agenda is a hierarchical task structure based on the tasks' priority in a given instant of time. This means that a task that has a level of priority in a certain time, can be affected in the next instant of time and change its priority. One of the main causes of the changes in the priority of a task is the inclusion of a new task on the agenda. The agenda is responsible for customization, as it allows the result of user interaction with the environment is not predefined, but dynamic.

The task term refers to that requires some dedication and a number of resources for execution and is done in a limited time.

To the topic at hand, that of context-sensitive interactions, one can say that the agenda will consist of all the services that the scenario provides the user when interacts with it using NFC devices. Services will be sorted on the agenda based on user preferences, available resources, user characteristics and the device, as well as previous interactions.

Agents are software entities that incorporate intelligence, allowing them to operate without human intervention, interact with other agents through any media and are able to react to changes in the environment, and show oriented deliberative behavior goals. These characteristics make agents ideal for activities such as collecting environment information so you can act on it, for example to give the user an appropriate response to the context.

It is possible to define agents not only in order to react to the changing environment, because according to the proposed architecture, the agents play a key role, as they are responsible for managing the agenda of services, offering the user the most appropriate service for his needs at all times. Hence, much effort has been devoted to studying the agents.

From the modeling of intelligent environments and the interactions that take place in, it resulted OBCAS. OBCAS system proposes a solution for modeling context-aware interactions in smart environments through rules. These rules will not be defined independently on the system, but they will be part of the behavior of a set of agents. The agents are built on the rules of behavior expressed by real agents and collecting empirical evidence of the environment.

OBCAS (Ontology-Based Context Aware System), is a Ubiquitous Computing System developed under the paradigm of a multi-agent system. This system defines a KERNEL (OBCAS-Ontology), i.e. a knowledge framework for the definition, management and development of context-aware applications. Therefore, this framework aims representation and integration of different models (ontologies) and their relationships. These ontologies represent all the elements involved in the modeling of scenarios, as well as the mechanisms for the development of Multi-Agent Systems in charge of handling context-aware applications.



Among the main points that motivate the use of ontologies, for this particular case, the most important one is that allows to share the interpretation of the structure of information among people / agents. The establishing of a domain ontology allows two agents to unambiguously understand and know what they mean, besides the fact that multiple applications can share a common knowledge.

To check the validity of the ontological model AGATHA was developed, it is a multi-agent system responsible for monitoring through the device sensors the behavior of a group of individuals which have defined a set of constraints.

AGATHA was used for the particular case of victims of domestic violence, and thanks to AGATHA, they can find out if the attacker is close violating the restraining order, AGATHA also helps them because it informs to supervisors about the incident.

Another application of AGATHA is to monitor the elderly suffering from Alzheimer or not. AGATHA monitors their activities at all times and informs relatives and nurses about their position and movement. It can control that these people do not exceed a certain perimeter, and to know if they have had an accident thanks to sensors like accelerometer or the gyroscope.

## 8.4 Publications

The modeling of context-sensitive interactions has been the main directive that has set the direction towards which all efforts are done related to developments, not only in this thesis, but also as a major area of research in the research group in which I have been working. For this reason, and because of the collaborative teamwork and is part of the group's ideology, I participated in numerous projects related to the interaction in smart environments.

One of the main advantages of participating in this type of projects has been the extensive knowledge that has given me about how these applications work, the information they need, the relationships between different artifacts involved in them, etc. All this has been of great help in modeling such interactions in these environments intelligent.

Below is a list of papers I've developed or those in which I have participated and contributed, with the purpose to finally be able to develop the objective of this thesis. It also shows a list of papers directly related to the thesis, in which it is possible to observe the model improved from its beginnings to the proposed final model, which shows that participation in the projects of the group has produced the desired effect.

### 8.4.1 Directly related to the thesis

In these 8 papers you can see the evolution of the model from a simple XML definition scenarios and their components, to a multi-agent system based on an ontological model. These publications belong to proceeding national congress (1), international conferences (5), and even one of them will be published in a journal indexed in the Journal Citation Report (JCR). Finally, there is one paper awaiting the decision of a journal that is also indexed in JCR.





- Irene Luque Ruiz; **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Francisco Borrego-Jaraba; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Un modelo de desarrollo de escenarios para interacciones NFC sensibles al contexto. Actas de las 3ª Jornadas Científicas sobre RFID. Sociedad Española de Trazabilidad, Ciudad Real (España), 2009, 173-179.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Model for the Development of NFC Context-Awareness Applications on Internet of Things. Proceedings of 2nd International Workshop on Near Field Communication – NFC, Monaco, 2010, pp. 9-14.
- **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Support for Visually Impaired through and NFC Technology. Proceeding of 3rd International ICST Conference on I.T. Revolutions. Córdoba (España), 2011. LNICST 82, pp. 116–126, 2012.
- **Pilar Castro Garrido**; Josef Langer; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Ontological definition of a model for the integration of knowledge in NFC context-aware interactions. Proceeding of 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Riviera Maya (Mexico), 2011.
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. AGATHA: Multiagent System for User Monitoring. Proceeding of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) 2012. pp. 43 – 46.
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Multi-sensor Mobile System Based on Agents for People Monitoring. Proceeding of 4th International Workshop on Ambient Assisted Living (IWAAL) 2012, LNCS 7657, pp. 58-65.
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. An Alert System for People Monitoring Based on Multi-Agents using Maps. Journal of Universal Computer Science (JCR= 0.762 en 2012) (aceptado pendiente de publicación).
- **Pilar Castro Garrido**, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. OBCAS: An Agent-based System and Ontology for Mobile Context Aware Interactions. Knowledge and Information Systems (sometido).

## 8.4.2 Related publications

These 12 publications correspond to different work in the field of ubiquitous computing and interactions in smart environments. They correspond to proceeding international conference (9), or are chapters in a book (1), or an article in an international journal (1), or an article in a journal indexed in JCR (1).



- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Web-Based Management System for the monitoring, compliance and Evaluation of the University Tutorials. Proceedings of Edulearn 09 Conference. International Association of Technology, Education and Development (IATED), Barcelona (España), 2009, 2394-2402.
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Francisco Borrego Jaraba; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Ubiquitous Services for Future University. Proceedings of International Technology, Education and Development Conference, INTED 2010. IATED, Valencia, 2010, 5486-5495.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Tool for the Tag Management for the Building of Smart Environments. Proceedings of International conference of the Institute for Environment, Engineering, Economics and Applied Mathematics: Applied Computer Science (ACS). Malta, 2010, pp. 520-524.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. A Near Field Communication Tool for Building Intelligent Environment using Smart Posters. International Journal of Computers and Communications. 2010, Vol. 4, pp. 9-16.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. NFC-based Pervasive Games in Higher Education. Proceedings of E-Activity and Leading Technologies 2010 Conference. Oviedo, 2010, pp. 45-50.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Near Field Communication in the Development of Ubiquitous Games. Proceeding of The 5th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions. London (UK), 2010, pp. 177-183.
- **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Use of NFC-based Pervasive Games for Encouraging Learning and Student Motivation. 3rd International Workshop on Near Field Communication - NFC2011. Hagenberg (Austria), 2011, pp. 32-37.
- Irene Luque Ruiz; **Pilar Castro Garrido**; Guillermo Matas Miraz; Francisco Borrego Jaraba; Miguel Ángel Gómez-Nieto. University of Things. Towards the Pervasive University in Near Field Communications Handbook. Taylor & Francis, 2011, pp.153-174.
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. IDColor: A color based identification system. Proceeding of 1st IEEE International Conference on Consumer Electronics. Berlin (Alemania), 2011, pp. 208-302.
- Guillermo Matas Miraz; **Pilar Castro Garrido**; Irene Luque Ruiz and Miguel Ángel Gómez-Nieto. Application of Near Field Communication for



the Development of Ubiquitous Treasure Hunt Games. Proceeding of 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Riviera Maya (Mexico), 2011.

- Francisco Manuel Borrego-Jaraba; **Pilar Castro Garrido**; Gonzalo Cerruela García; Irene Luque Ruiz; Miguel Ángel Gómez-Nieto. Discount Vouchers and Loyalty Cards Using NFC. Proceeding of 6th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAMI) 2012, LNCS 7656, pp. 101-108.
- **Pilar Castro Garrido**, Guillermo Matas Miraz, Francisco José Bellido Outeiriño, Irene Luque Ruiz, Miguel Ángel Gómez-Nieto. Identification System based on Color Sequence and Mobile Phones. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 2012, vol. 4, pp. 287-303.(JCR= 1.298 en 2012)

## 8.5 Futures Works

As already mentioned, this thesis is included within a larger project called “*Marked and Environments Modeling Tools Development Context Sensitive Interactions NFC (Midas-II)*”. Project: TIN2011-24312 (term: 2011-2014). For this reason, an important line of future research would enhance all aspects of the project not covered in this thesis.

On the other hand and focusing on the overall objective of the thesis, we can propose the following new lines of inquiry:

- Regarding the ontological model, it could be improved especially by incorporating safety related items mainly because it is a model of interaction in which information is being sent continuously.
- Regarding the user, there is a key aspect to improve, the design of procedures to monitor at all times the authenticity of the user wearing the device. It must be ensured at all times that the system receives information about the correct user.
- Regarding the multi-agent system, the future work to be done could be thinking of an alternative for those devices that do not support the implementation of the JADE platform, because despite the fact that today most of the devices have great processing power and large number of sensors, it is true that many users of AGATHA applications are seniors that do not like to carry a touch device. It is possible to look for an alternative that would allow the server to emulate this platform for these types of devices in order to send information and receive services as if they had implemented on the JADE platform.
- Regarding the mechanism of control of the agenda of services, new procedures could be proposed in order to optimize priority calculation.

## Referencias Bibliográficas

- [1] E. Aarts, R. Harwig, M. Schuurmans, "Ambient Intelligence," in *The Invisible Future: The Seamless Integration Of Technology Into Everyday Life.*: McGraw-Hill Companies, 2001, pp. 235-250.
- [2] D. Salber, "Context-Awareness and Multimodality," in *Proceedings of Colloque sur la MultiModalité*, Grenoble, France, 2000.
- [3] J. C. Augusto, "Ambient intelligence: the confluence of ubiquitous/pervasive computing and artificial intelligence," *Intelligent Computing Everywhere*, pp. 213–234, 2007.
- [4] G. Abowd, Chris Atkeson, and Irfan Essa, "Ubiquitous Smart Spaces," 1998.
- [5] M. Weiser, "Ubiquitous computing," *IEEE Computer*, vol. 26, no. 10, pp. 71-72, 1993.
- [6] C. M. Roberts, "Radio frequency identification (RFID)," *Computers & Security*, vol. 25, no. 1, pp. 18-26, 2006.
- [7] Especificaciones NFC- Forum. [Online]. Disponible en web: <http://www.nfc-forum.org/specs/> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [8] Smart Card Alliance. Contactless Technology [Online]. Disponible en web: [http://www.smartcardalliance.org/secure/reports/Contactless\\_Technology\\_Report.pdf](http://www.smartcardalliance.org/secure/reports/Contactless_Technology_Report.pdf) [Última consulta: 25 Junio 2013]



- [9] EMVCo, *A Guide to EMV*. EMVCo, 2011.
- [10] Transport for London. Touching in and out. [Online]. Disponible en web: <<http://www.tfl.gov.uk/tickets/14870.aspx>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [11] NFC at the Museum of London. [Online]. Disponible en web: <<http://www.museumoflondon.org.uk/Explore-online/mobile-apps/NFC.htm>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [12] Visa releases Olympics NFC usage statistics. [Online]. Disponible en web: <<http://www.nfcworld.com/2012/09/19/317958/visa-releases-olympics-nfc-and-contactless-usage-statistics/>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [13] NTT docomo. DOCOMO, China Mobile and KT agrees on Requirements to realize NFC International Roaming. [Online]. Disponible en web: <[http://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media\\_center/pr/2013/0225\\_00.html](http://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2013/0225_00.html)> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [14] GSMA London. Korea Blazes Global Trail for NFC. [Online]. Disponible en web: <<http://www.gsma.com/nfc>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [15] RFID-Spain.com. Telefónica genera un "Distrito NFC" en Madrid. [Online]. Disponible en web: <<http://www.rfid-spain.com/articulo/70300/medios-de-pago/todos/telefonica-genera-un-distrito-nfc-en-madrid>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [16] NFCWorld-Barcelona. [Online]. Disponible en web: <<http://www.nfcworld.com/technology/barcelona/>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [17] NTTdocomo. Open i-area. [Online]. Disponible en web: <<http://www.nttdocomo.co.jp/english/service/developer/make/content/iarea/>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [18] Intersec Geolocator - IGLOO. [Online]. Disponible en web: <<https://www.intersec.com/en/produits/intersec-geolocator-igloo.html?lang=en>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [19] GeoQpons. [Online]. Disponible en web: <<http://www.geoqpons.com/gq/app/user/indexHome#showPage=0>>
- [20] Nokia. Sports Tracker. [Online]. Disponible en web: <<http://store.ovi.com/content/31721?cid=ovistore-fw-bac-na-acq-na-SportsTracker-na-1>> [Última consulta: 25 Junio 2013]



- [21] E. Rukzio, *Physical Mobile Interactions: Mobile Devices as Pervasive Mediators for Interactions with the Real World.*, 2006.
- [22] ECMA. Near Field Communication white paper. [Online]. Disponible en web: <<http://www.ecma-international.org/activities/Communications/2004tg19-001.pdf>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [23] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *Scientific American*, vol. 265, no. 3, pp. 66–75, 1991.
- [24] K. Lewin, "Action research and minority problems," *Journal of Social Psychology*, vol. 2, no. 4, pp. 34-46, 1946.
- [25] Lothar Merk, Martin S. Nicklous, Thomas Stober, and Uwe Hansmann, *Pervasive Computing Handbook*, 1st ed.: Springer Verlag, 2001.
- [26] Gordon E. Moore, "Progress in digital integrated electronics," *IEEE International Electron Devices Meeting*, pp. 11-13, 1975.
- [27] Gavin Chappell, Lyle Ginsburg, Paul Schmidt, Jeffrey Smith, and Joseph Tobolski, "Auto-ID on Demand: The Value of Auto-ID Technology in Consumer Packaged Goods Demand Planning," *Accenture*, pp. 1-25, 2002.
- [28] Lector OMNIKEY 5321. [Online]. Disponible en web: <[http://omnikey.aaitg.com/index.php?id=products&tx\\_okprod\\_pi1%5Bproduct%5D=4](http://omnikey.aaitg.com/index.php?id=products&tx_okprod_pi1%5Bproduct%5D=4)> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [29] ISO 14443. [Online]. Disponible en web: <[http://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_14443](http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_14443)> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [30] B. N. Schilit, Norman Adams, and Roy Want, "Context-Aware Computing Applications," in *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications s (WMCSA)*, Santa Cruz, California, USA, 1994, pp. 85-90.
- [31] M. Younas and S. Kouadri Mostéfaoui, "A new model for context-aware transactions in mobile services," *Pers Ubiquit Comput*, vol. 15, pp. 821–831, 2011.
- [32] ECMA. Near Field Communication white paper. [Online]. Disponible en web: <<http://www.ecmainternational>> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [33] NFC- Forum. [Online]. Disponible en web: <<http://www.nfc-forum.org/>> [Última consulta: 25 Junio 2013]



- [34] NFC-enabled handset shipments reached 30 million units in 2011. [Online]. Disponible en web: <http://www.m2mnow.biz/2012/03/26/4742-nfc-enabled-handset-shipments-reached-30-million-units-in-2011/> [Última consulta: 25 Junio 2013]
- [35] A. K. Dey, G. D. Abowd, and Daniel Salber, "A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications," *Human-Computer Interaction*, vol. 16, pp. 97–166, 2001.
- [36] A. K. Dey and Gregory D. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," in *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. HUC '99*, 1999.
- [37] M. Sasikumar, S. Ramani, S. Muthu Raman, KSR Anjaneyulu, and R. Chandrasekar, *A Practical Introduction to Rule Based*. New Delhi: Narosa Publishing House, 2007.
- [38] World Wide Web Consortium. [Online]. Disponible en web: <http://www.w3.org/> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [39] Object Management Group. [Online]. Disponible en web: <http://www.omg.org/> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [40] SWRL: A Semantic Web Rule Language - Combining OWL and RuleML. [Online]. Disponible en web: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [41] J. K. Lee and M. M. Sohn, "The eXtensible Rule Markup Language," *Communications of the ACM*, vol. 46, no. 5, pp. 59-64, 2003. [Online]. Disponible en web: <http://ruleml.org/> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [42] RIF Rule Interchange Format Current Status. [Online]. Disponible en web: [http://www.w3.org/standards/techs/rif#w3c\\_all](http://www.w3.org/standards/techs/rif#w3c_all) [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [43] Documents associated with Production Rule Representation v.1.0. [Online]. Disponible en web: <http://www.omg.org/spec/PRR/1.0/> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [44] OWL Working Group - OWL. [Online]. Disponible en web: <http://www.w3.org/2007/OWL> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [45] OWL 2. [Online]. Disponible en web: <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/> [Última consulta: 27 Junio 2013]



- [46] Implement business logic with the Drools rules engine. [Online]. Disponible en web: <<http://www.ibm.com/developerworks/library/j-drools/#N103F1>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [47] Jess the Rule Engine for the Java Platform. [Online]. Disponible en web: <<http://www.jessrules.com/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [48] JBoss Community. Drools - The Business Logic integration Platform. [Online]. Disponible en web: <<http://www.jboss.org/drools/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [49] SweetRules Project Home Page. [Online]. Disponible en web: <<http://sweetrules.projects.semwebcentral.org/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [50] A Rule Engine for Java. [Online]. Disponible en web: <<http://jlisa.sourceforge.net/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [51] OpenRules Business Decision Management System. [Online]. Disponible en web: <<http://openrules.com/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [52] Zilonis Rules Engine. [Online]. Disponible en web: <<http://sourceforge.net/projects/zilonis/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [53] Hammurapi Event Bus. [Online]. Disponible en web: <[http://www.hammurapi.com/dokuwiki/doku.php/products:event\\_bus:start](http://www.hammurapi.com/dokuwiki/doku.php/products:event_bus:start)> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [54] Openlexicon. [Online]. Disponible en web: <<http://www.openlexicon.org/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [55] JRuleEngine. [Online]. Disponible en web: <<http://jruleengine.sourceforge.net/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [56] Prova Rule Language. [Online]. Disponible en web: <<https://prova.ws/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [57] Jena A Semantic Web Framework for Java. [Online]. Disponible en web: <<http://jena.sourceforge.net/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [58] WebSphere ILOG JRules BRMS. [Online]. Disponible en web: <<http://www-01.ibm.com/software/integration/business-rule-management/jrules-family/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]





- [59] Jess the Rule Engine for the Java Platform. [Online]. Disponible en web: <<http://www.jessrules.com/docs/71/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [60] BRMS - Business Rules Management System. [Online]. Disponible en web: <<http://www.fico.com/en/Products/DMTools/Pages/FICO-Blaze-Advisor-System.aspx>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [61] InRule The Premier.NET Business Rule Solution for the Microsoft Platform. [Online]. Disponible en web: <<http://www.inrule.com/>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [62] Oracle Business Rules. [Online]. Disponible en web: <<http://www.oracle.com/us/products/middleware/soa/business-rules/overview/index.html>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [63] Business Rules Management - Visual Rules graphical rule engine. [Online]. Disponible en web: <<http://www.bosch-si.com/technology/business-rules-management-brm/visual-rules-suite.html>> [Última consulta: 27 Junio 2013]
- [64] M. Wooldridge and N. R. Jennings, "Intelligent agents: theory and practice," *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152, 1995.
- [65] FIPA. Foundation for Intelligent Physical Agents. [Online]. Disponible en web: <<http://www.fipa.org/>> [Última consulta: 4 Marzo 2013]
- [66] Telecom Italia SpA. Java Agent DEvelopment Framework. [Online]. Disponible en web: <<http://jade.tilab.com/>> [Última consulta: 4 Marzo 2013]
- [67] M. Wooldridge, N. R. Jennings, and D. Kinny, "The GAIA Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design," *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 3, pp. 285-312, 2000.
- [68] M. N. Huhns, *Distributed Artificial Intelligence*. London, England: Pitman Publishing Ltd, 1987.
- [69] H. S. Nwana, "Software Agents: An Overview," *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, no. 3, pp. 205-244, 1996.
- [70] M. Torrance and P. Viola, "The AGENT0 Manual," Department of Computer Science, Stanford University, Stanford, STAN-CS-91-1389, 1991.
- [71] A. Amandi, M. Campo, and A. Zunino, "JavaLog: a framework-based integration of Java and Prolog for agent-oriented programming," *Journal Computer Languages, Systems and Structures*, vol. 31, no. 1, pp. 17-33, 2005.



- [72] J. J. Gomez-Sanz, R. Fuentes, J. Pavón, and I. Garcia-Magariño, "INGENIAS Development Kit (Demo Paper)," *Proc. of 7th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pp. 1675-1676, 2008.
- [73] J. P. Bigus, D. A. Schlosnagle, J. R. Pilgrim, W. N. Mills III, and Y. Diao, "ABLE: A toolkit for building multiagent autonomic systems," *IBM SYSTEMS JOURNAL*, vol. 41, no. 3, pp. 350-371, 2002.
- [74] Raphael Volz, *Semantic At Work Ontology Management- Tools and Techniques.*: University of Karlsruhe, 2007.
- [75] B. Bauer, P.J. Müller, and J. Odell, "Agent UML: A Formalism for Specifying Multiagent Software Systems," *AOSE 2000, LNCS 1957*, pp. 91-103, 2001.
- [76] O. Gutknecht and J. Ferber, "The MADKIT Agent Platform Architecture," *Agents Workshop on Infrastructure for Multi-Agent Systems*, pp. 48-55, 2000.
- [77] C.A. Iglesias and M. Garijo, "The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS," in *Agent-Oriented Methodologies*. Hershe, USA, 2005, ch. 3, pp. 46-78.
- [78] J. Subercaze and P. Maret, "SAM: Semantic Agent Model for SWRL rules based agents".
- [79] S. Staab and R. Studer, *Handbook on Ontologies*: Springer, 2009.
- [80] O. Corcho, M. Fernández-López, and A. Gómez-Pérez, "Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 46, pp. 41-64, 2003.
- [81] J. Kacprzyk and S. Zadrozny, "Soft computing and web intelligence for supporting consensus reaching," *Soft Computing*, vol. 14, no. 8, pp. 833-846, 2010.
- [82] F. Bellifemine, G. Caire, and D. Greenwood, *Developing Multi-agent systems with JADE.*: Wiley, 2007.
- [83] C. Cornelius, A. Kapadia, and N. Triandopoulos, "AnonySense: Privacy-Aware People-Centric Sensing," *Proceeding of MobiSys'08*, 2008.
- [84] J. Kukkonen, E. Lagerspetz, P. Nurmi, and M. Andersson, "BeTelGeuse: A Platform for Gathering and Processing Situational Data," *Pervasive Computing*, pp. 49-56, 2009.



- [85] J. Froehlich, M.Y. Chen, S. Consolvo, B. Harrison, and J.A. Landay, "MyExperience: A System for In situ Tracing and Capturing of User Feedback on Mobile Phones," *Proceeding of MobiSys'07*, pp. 57-70, 2007.
- [86] R. Hervás, J. Bravo, and J. Fontecha, "Awareness marks: adaptive services through user interactions with augmented objects," *Pers Ubiquit Comput*, vol. 15, no. 4, pp. 409-418, 2011.
- [87] D.I. Tapia, S. Rodríguez, J. Bajo, and J.M. Corchado, "Fusion@: A SOAP-Based Multi-agent Architecture," in *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence 2008.*, 2008, pp. 99-107.
- [88] L.M. Camarinha-matos, O. Castolo, and J. Rosas, "A multi-agent based platform for virtual communities in elderly care," *Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference* , vol. 2, pp. 421 - 428 , 2003.
- [89] V.G. Koutkias, I. Chouvarda, and N. Maglaveras, "Multi-Agent System Architecture for Heart Failure Management in a Home Care Environment," *Proceeding of Computers in Cardiology*, vol. 30, pp. 283-386, 2003.
- [90] J.P. García-Vázquez et al., "An Agent-based Architecture for Developing Activity-Aware Systems for Assisting Elderly," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 16, no. 12, pp. 1500-1520, 2010.
- [91] M. Kretschmar and S. Welsby, "Capacitive and Inductive Displacement Sensors," in *Sensor Technology Handbook*, J.S. Wilson, Ed.: Elsevier , 2005.
- [92] H. Chen, F. Perich, T. Finin, and A. Joshi, "SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications," *Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems*, 2004.
- [93] N. Deshpande, *Artificial Intelligence: Technical Publication Pune*, 2008.
- [94] J. Kanter, *Understanding Thin-Client/Server Computing.*, 1999.
- [95] M. Wooldridge, N. R. Jennings, and D. Kinny, "The GAIA Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design," *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 3, pp. 285-312, 2000.
- [96] L. Aguera-Ortiz, A. Frank-Garcia, P. Gil, and A. Moreno, "Clinical progression of moderate-to-severe Alzheimer's disease and caregiver burden: a 12-month multicenter prospective observational study," *International Psychogeriatrics*, vol. 22, no. 8, pp. 1265-1279, 2010.



- [97] J. Bravo et al., "Enabling NFC Technology for Supporting Chronic Diseases: A Proposal for Alzheimer Caregivers," *AmI 2008 - LNCS*, vol. 5355, pp. 109–125, 2008.
- [98] Naciones Unidas. La Asamblea General de la ONU. [Online]. Disponible en web: <<http://www.un.org/es/ga/>> [Última consulta 20 Mayo]
- [99] A. Álvarez Rello, J.A. Álvarez Martínez, J.M. Álvarez Rueda, and et al., "El sistema de emergencias y urgencias médicas extrahospitalarias en Andalucía," in *Los servicios de emergencia y urgencias médicas extrahospitalarias en España.*, 2001, pp. 130–157.
- [100] Teleasistencia en la Junta de Andalucía. [Online]. Disponible en web: <[http://www.juntadeandalucia.es/agenciadeserviciosocialesydependencia/es/programas/atendep\\_catalogo/atendep\\_catalogo\\_info/atendep\\_catalogo/atendep\\_catalago\\_servicios/atendep\\_catalogo\\_servicios\\_tas/wfprogramitem\\_view\\_pub](http://www.juntadeandalucia.es/agenciadeserviciosocialesydependencia/es/programas/atendep_catalogo/atendep_catalogo_info/atendep_catalogo/atendep_catalago_servicios/atendep_catalogo_servicios_tas/wfprogramitem_view_pub)> [Última consulta 20 Mayo]