



Diseño, Especificación, Validación y Aplicación de una Arquitectura modular de gestión de Redes Inalámbricas de Sensores



Autor: **Salvatore Flavio Pileggi**

Director: **Dr. Carlos E. Palau Salvador**

ÍNDICE

Introducción. Metodología y Objetivos 15

1 Estado del arte de Arquitectura de Redes Inalámbricas de Sensores 23

1.1	Introducción	23
1.2	Tecnología básica	26
1.2.1	<i>Hardware</i>	27
1.2.1.1	<i>Arquitectura tipo MOTE</i>	27
1.2.1.2	<i>Otras soluciones</i>	28
1.2.2	<i>Tecnología Inalámbrica</i>	29
1.2.2.1	<i>Tecnología basada en 802.15.4: ZigBee y Xbee</i>	30
1.2.2.2	<i>Soluciones basadas en 802.15.1: Bluetooth</i>	31
1.2.2.3	<i>Wireless HART</i>	32
1.2.2.4	<i>WiFi</i>	32
1.3	Plataformas Software: Sistemas Operativos y Lenguajes de Programación	33
1.3.1	<i>Sistemas Operativos</i>	33
1.3.1.1	<i>TinyOS</i>	34
1.3.1.2	<i>Otras soluciones</i>	35
1.3.2	<i>Lenguajes de Programación</i>	36
1.4	Arquitectura de protocolos	37
1.4.1	<i>Funcionalidades de comunicación básicas</i>	37
1.4.2	<i>Configuración básica o control de topología</i>	38
1.4.3	<i>Enrutamiento</i>	39
1.4.3.1	<i>Soluciones Energy-aware y Position-aware</i>	40
1.4.3.2	<i>Enrutamiento en redes móviles</i>	41
1.4.4	<i>Monitorización y control</i>	42
1.4.5	<i>Calidad de servicio y Seguridad</i>	43
1.4.6	<i>Configuración avanzada y Optimización</i>	44
1.4.6.1	<i>Clustering</i>	45
1.4.7	<i>Aplicación</i>	47
1.5	Tecnología para Middleware	47
1.5.1	<i>Arquitecturas orientadas a servicios: Web-Services</i>	49

1.5.1.1	Entornos empotrados	51
1.5.2	Organizaciones Virtuales y Grid-Computing	53
1.5.2.1	Open Grid Service Architecture (OGSA)	54
1.5.2.2	Frameworks para desarrollo en tecnología Grid	55
1.5.3	Sistemas Multi-Agente	57
1.5.3.1	Negociación en Sistemas Multi-Agente	58
1.5.3.2	Plataformas Multi-Agentes	58
1.6	Soporte semántico en sistemas complejos	59
1.6.1	Estándares para definición de esquemas semánticos	61
1.6.1.1	RDF y RDF Schema	61
1.6.1.2	OWL	61
1.6.1.3	SWRL	62
1.6.2	Servicios semánticos	62
1.6.3	Requisitos y limitaciones para tecnologías semánticas	63
1.7	Modelo, Simulación y Evaluación.....	63
1.8	Entornos lógicos	64
1.8.1	Recurso físico	65
1.8.2	Recurso lógico o Virtual	66
1.8.3	Sensor Web	66
1.8.3.1	Actuales límites del Sensor Web	67
1.8.4	Semantic Sensor Web	68
1.8.4.1	Interoperabilidad Semántica	69
1.9	Limitaciones de las Redes Inalambricas de Sensores.....	70
1.10	Lineas de invastigacion activas y futuro de las Redes Inalambrica de Sensores	71
2	Descripción de la Arquitectura.....	75
2.1	Introduccion	75
2.2	Visión general	77
2.3	Recursos Físicos	80
2.3.1	Modelo de referencia de los recursos físicos	80
2.3.1.1	Modelo de dispositivos	81
2.3.1.2	Modelo de red	81
2.3.2	Arquitectura de protocolos de Redes Inalámbricas de Sensores	82
2.3.2.1	Evolución de la arquitectura	82
2.3.2.2	Arquitectura modular multi-dominio	84
2.4	Recursos Lógicos o Virtuales	88
2.4.1	Sistemas autónomos y Sistemas abiertos	90
2.4.2	Enfoque distribuido y Grid Computing	92
2.4.2.1	Evaluación preliminar de GT4	93
2.4.2.2	Ejemplo de infraestructura avanzada: monitorización de productos en aeropuertos	96
2.5	Aplicación de la arquitectura en el Sensor Web	98
2.6	Soporte semántico y aplicación en el Semantic Sensor Web	100
2.6.1	Interoperabilidad Semántica: Entornos de conocimiento y Actores Semánticos	101

2.6.2	<i>Ingeniería del conocimiento Semántico: Ontología de Dominio y de Procesado de Datos</i>	103
2.6.2.1	<i>Ontología de dominio</i>	104
2.6.2.2	<i>Ambiente semántico orientado a eventos para procesado de datos</i>	109

3 Modelo, Simulación y Evaluación de Redes de Sensores Inalámbricas 115

3.1	Introducción	115
3.2	Modelo de Redes Inalambricas de Sensores	117
3.2.1	<i>Configuración lógica</i>	117
3.2.2	<i>Rutas</i>	120
3.2.2.1	<i>Rutas convergentes</i>	121
3.2.2.2	<i>Rutas divergentes y nodo a nodo</i>	124
3.2.3	<i>Cluster</i>	124
3.2.4	<i>Comunicación no ideal</i>	126
3.2.5	<i>Movilidad</i>	127
3.2.6	<i>Modelo de consumo energético</i>	130
3.3	Evaluación de Redes Inalámbricas de Sensores	130
3.3.1	<i>Entornos estáticos</i>	131
3.3.2	<i>Entornos móviles</i>	133
3.3.3	<i>Análisis de consumo energético</i>	135

4 Implementación y Aplicaciones 141

4.1	Introducción	141
4.2	Implementación del Framework: modulo CORE	142
4.2.1	<i>Funcionalidades extendidas de acceso al medio</i>	143
4.2.2	<i>Protocolo de configuración</i>	146
4.2.3	<i>Protocolo de enrutamiento</i>	148
4.2.4	<i>Reinforcement</i>	150
4.2.5	<i>Mecanismo de monitorización y control</i>	151
4.3	Aplicaciones	153
4.3.1	<i>Plataforma para adquisición de datos</i>	154
4.3.1.1	<i>Estructura de la plataforma para adquisición de datos</i>	155
4.3.1.2	<i>Mecanismos avanzados</i>	158
4.3.1.3	<i>Red de sensores</i>	158
4.3.2	<i>Multi-Mode WSN</i>	160
4.3.2.1	<i>AC y ABC en Redes inalámbricas de Sensores</i>	160
4.3.2.2	<i>Multi-Mode Wireless Sensor Node</i>	163
4.3.2.3	<i>La plataforma hardware</i>	164
4.3.2.4	<i>La interfaz de programación</i>	165
4.3.2.5	<i>La plataforma software</i>	168
4.3.2.6	<i>Evaluación preliminar</i>	170
4.3.3	<i>Convergencia entre WSN y tecnología RFID: aplicaciones industriales</i>	170
4.3.3.1	<i>Tecnología RFID y su convergencia con redes inalámbricas de sensores</i>	171
4.3.3.2	<i>Arquitectura para identificación y localización de objetos en entornos industriales</i>	173
4.3.3.3	<i>Pruebas de detección de RSSI</i>	178

4.3.4	<i>Redes inalámbricas de sensores móviles: entornos vehiculares</i>	181
4.3.4.1	<i>Redes de sensores inalámbricos en entornos vehiculares: potencialidades y modelos de negocios</i>	182
4.3.4.2	<i>Arquitectura de redes de sensores para entornos vehiculares</i>	183
4.3.4.3	<i>Particularización del framework</i>	184
4.3.4.4	<i>Limitaciones actuales</i>	185
4.3.5	<i>Integración de sensores en sistemas de mando y control</i>	187
4.3.5.1	<i>Sistemas de mando y control: situation awareness</i>	187
4.3.5.2	<i>Integración de redes inalámbricas de sensores</i>	188
4.3.5.3	<i>El nivel de presentación</i>	189

Conclusiones y Trabajo Futuro.....195

Anexo A: Contribuciones.....199

**Anexo B: Implementación de un Actor Semántico
201**

Anexo C: Ambientes de Simulación.....203

Referencias.....209