



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Diseño y evaluación de mecanismos de optimización en redes de sensores inalámbricas industriales

26 de Octubre de 2021

Autor: José Vera Pérez

Director: Dr. Víctor Miguel Sempere Payá

Dr. Javier Lidiano Silvestre Blanes

Índice general

Agradecimientos	iii
Resumen	v
Resum	vii
Abstract	ix
Índice general	xi
Acrónimos	xiii
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes y motivaciones	1
1.2 Objetivos de la tesis	3
1.3 Publicaciones	4
1.3.1 Artículos en revistas científicas	4
1.3.2 Artículos en congresos internacionales	6
1.3.3 Proyectos de investigación	7
1.4 Aportaciones de la tesis	8
1.5 Organización de la memoria	9
2 Estado del arte de redes inalámbricas industriales	11
2.1 Tecnologías de comunicaciones inalámbricas industriales	11
2.1.1 Redes inalámbricas de área personal (WPAN)	12
2.1.2 Redes inalámbricas de área local (WLAN)	15
2.1.3 Redes inalámbricas de área amplia (WWAN)	17
2.2 Tecnologías de comunicaciones seleccionadas	19
2.2.1 Estándar IEEE 802.15.4	21
2.2.2 Protocolo de encaminamiento RPL	32
3 Calidad del enlace en el encaminamiento	37
3.1 Introducción	37
3.2 Calidad del enlace RPL en Wireless Sensor Networks	39
3.3 Métricas de energía para la mejora del tiempo de vida	41
3.3.1 Escenario de pruebas utilizando métricas energéticas	45
3.3.2 Evaluación de resultados utilizando métricas energéticas	47
3.4 Función de calidad multi-parámetro	50
3.4.1 Simulaciones de la función de calidad multi-parámetro	56

3.4.2	Evaluación de resultados de la función de calidad	57
3.5	Conclusiones	60
4	Caracterización del tiempo de sincronización TSCH y conexión RPL	63
4.1	Introducción	63
4.2	Método de sincronización en redes TSCH y conexión RPL	64
4.3	Modelo analítico para sincronización TSCH y conexión RPL	69
4.4	Validación del modelo analítico TSCH-RPL	73
4.5	Caracterización de la latencia en enlaces multisalto	82
4.6	Validación del modelo de latencia multisalto	84
5	Mecanismos de sincronización basadas en redes TSCH	93
5.1	Introducción	93
5.2	Mecanismos de optimización de la sincronización TSCH	94
5.3	Diseño y evaluación del mecanismo de transmisión de balizas dinámico	96
5.3.1	Simulaciones de balizamiento dinámico en TSCH	97
5.3.2	Análisis de resultados del balizamiento dinámico en TSCH	101
5.4	Diseño y evaluación del mecanismo Bell-X para la transmisión de balizas	108
5.4.1	Simulaciones de Bell-X	113
5.4.2	Análisis de resultados de Bell-X	117
5.5	Conclusiones	123
6	Conclusiones y trabajos futuros	125
	Anexo A: Sistema Deploy&Forget para la puesta en marcha de las WSN	129
	Bibliografía	135