

Contenido

Abstract	vii
Resumen	ix
Resum	xiii
Abreviaturas y acrónimos	xvii
Lista de Figuras	xxvii
Lista de Tablas	xxxv
1 Introducción	1
1.1 Escenario Tecnológico	1
1.1.1 Contribuciones	6
1.2 Objetivo general	8
1.3 Objetivos específicos	8
1.4 Metodología	9
1.5 Herramientas	10
1.6 Estructura de la tesis	10

2	Contextualización y contribución	13
2.1	Introducción	13
2.2	Modelos previos	13
2.2.1	Modelo de un Nodo (1D)	14
2.2.2	Modelo 2D	19
2.3	Parámetros de Prestaciones	20
2.3.1	Energía promedio consumida - Cadena 1D	20
2.3.2	Energía Consumida - Cadena 2D	21
2.4	Contribuciones	21
3	Modelado de red WSN heterogénea	29
3.1	Introducción	29
3.2	Trabajos relacionados	29
3.3	Escenario de red	31
3.3.1	Protocolo MAC	31
3.3.2	Operación de la red y suposiciones	32
3.3.3	Asignación de prioridades de acceso medio	34
3.4	Modelado del sistema	35
3.4.1	Acceso al medio	35
3.4.2	Sistema de dos clases y prioridades	37
3.4.3	Solución de las 2D-DTMC	42
3.4.4	Parámetros de prestaciones	44
	Caudal cursado	44
	Retardo promedio de los paquetes	45
3.4.5	Modelo para el cálculo del consumo energético	46
3.5	Resultados numéricos	49

3.5.1	Escenarios y configuración de parámetros	50
3.5.2	Retardo promedio de los paquetes	51
3.5.3	Caudal cursado	54
3.5.4	Consumo promedio de energía	56
3.6	Conclusiones	57
4	Modelado de red WSN heterogénea: Mejora del cálculo de consumo energético	59
4.1	Introducción	59
4.2	Parámetros de prestaciones	60
4.2.1	Caudal cursado	60
4.2.2	Retardo promedio de los paquetes	61
4.3	Modelo para el cálculo del consumo energético	62
4.3.1	Evaluación de las prestaciones del método mejorado para determinar el consumo de energía	65
4.4	Resultados Numéricos	66
4.4.1	Validación del modelo 2D-DTMC	66
4.4.2	Escenarios y configuración de parámetros	68
4.4.3	Retardo promedio de los paquetes	69
4.4.4	Caudal cursado	72
4.4.5	Consumo promedio de energía	74
4.5	Conclusiones	76
5	Modelado de red WSN heterogénea: Transmisión de paquetes con agregación de tráfico (APT)	79
5.1	Introducción	79
5.2	Trabajos relacionados	80

- 5.3 Escenario de red 81
 - 5.3.1 Operación de red y suposiciones 81
 - 5.3.2 Asignación de prioridades de acceso al medio 82
- 5.4 Modelado del sistema 82
 - 5.4.1 Sistema de dos clases y prioridades 82
 - 5.4.2 Solución de las 2D-DTMC 88
- 5.5 Parámetros de prestaciones 90
 - 5.5.1 Caudal cursado 90
 - 5.5.2 Retardo promedio de los paquetes 91
 - 5.5.3 Consumo promedio de energía 92
- 5.6 Resultados numéricos 94
 - 5.6.1 Escenarios y configuración de parámetros 94
 - 5.6.2 Retardo promedio de los paquetes 95
 - 5.6.3 Caudal cursado 96
 - 5.6.4 Consumo promedio de energía 97
- 5.7 Estudio desagregado de la energía y eficiencia energética 98
 - 5.7.1 Desglose de las componentes de consumo energético 99
 - 5.7.2 Eficiencia Energética 101
 - 5.7.3 Eficiencia energética y variación del tamaño de la ventana de contienda 103
 - 5.7.4 Análisis del consumo energético debido a colisiones y al *overhearing* 105
 - 5.7.5 Eficiencia energética (gasto energético por unidad de datos) 108
 - 5.7.6 Eficiencia energética (gasto energético por unidad de datos) y variación del tamaño de la ventana de contienda 110
- 5.8 Conclusiones 111

6 Estudio de consumo energético de ciclo completo: Red WSN Homogénea.	113
6.1 Introducción	113
6.2 Trabajos relacionados	114
6.3 Escenario de red	116
6.3.1 Protocolo MAC con ciclo de trabajo sincronizado	116
6.3.2 Operación de la red y suposiciones	117
6.4 Modelo del sistema	118
6.4.1 Acceso al medio	118
6.4.2 La 2D-DTMC	119
6.4.3 Solución de la 2D-DTMC	119
6.5 Modelo para el cálculo del consumo energético	120
6.5.1 Consumo promedio de energía durante el periodo <i>sync</i>	120
6.5.2 Consumo promedio de energía en el periodo <i>data</i>	121
6.5.3 Consumo promedio de energía durante los ciclos <i>awake</i>	122
6.5.4 Consumo promedio de energía durante los ciclos <i>normal</i>	124
6.5.5 Consumo energético promedio total	125
6.5.6 Eficiencia energética	126
Eficiencia energética	126
Eficiencia energética (gasto energético por unidad de datos)	126
6.6 Resultados numéricos	127
6.6.1 Escenarios y configuración de parámetros	127
6.6.2 Consumo promedio de energía	128
6.6.3 Eficiencia energética	133
6.7 Conclusiones	135

- 7 Estudio de consumo energético de ciclo completo: Red WSN heterogénea. 137
 - 7.1 Introducción 137
 - 7.2 Trabajos relacionados 138
 - 7.3 Consumo energético de una WSN con dos clases de nodos . . . 139
 - 7.3.1 Consumo promedio de energía en el período *sync* 142
 - 7.3.2 Consumo promedio de energía en el período *data* 142
 - 7.3.3 Consumo medio de energía durante los ciclos *awake* . . 144
 - 7.3.4 Escenario de consumo en estado *awake* para la clase 1 . 145
 - 7.3.5 Energía consumida en *awake* por RN_1 145
 - 7.3.6 Escenario de consumo en estado *awake* para la clase 2 . 150
 - 7.3.7 Energía consumida en *awake* por RN_2 151
 - 7.3.8 Consumo promedio de energía durante los ciclos *normal* 154
 - Para los nodos de clase 1 155
 - Para los nodos de clase 2 156
 - 7.3.9 Consumo promedio total de energía 157
 - 7.4 Resultados numéricos 158
 - 7.4.1 Escenarios y configuración de parámetros 158
 - 7.4.2 Componentes del consumo energético. 159
 - 7.4.3 Número mínimo de paquetes en cola (b_m) para contener por el medio 166
 - 7.5 Conclusiones 174

- 8 Conclusiones 177

Apéndices	183
A Notación, variables y parámetros más utilizados	183
B Tablas de las expresiones para obtener las probabilidades de transición del modelo 2D (capítulo 2)	185
C Procedimiento de cálculo energético previo para las cadenas de 1D y 2D (capítulo 2)	189
C.1 Retardo y Energía Consumida	189
C.1.1 Cadena 1D	189
D Tablas de las expresiones para obtener las probabilidades de transición de las 2D-DTMC (capítulo 3)	193
E Tablas de las expresiones para obtener las probabilidades de transición de las 2D-DTMC con agregación de tráfico (APT)(capítulo 5)	197
F Tablas de las expresiones para obtener las probabilidades de transición de la 2D-DTMC. Escenario WSN homogénea con SPT (capítulo 6)	203
G Publicaciones	205
G.1 Revistas	205
G.2 Congresos	205
H Proyectos de investigación	207
Bibliografía	209