

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación y Antecedentes	2
1.2. Definición del problema	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivos Generales	4
1.4.2. Objetivos Particulares	4
1.5. Metodologías y herramientas	5
1.5.1. Herramientas de software y hardware	7
2. Marco Teórico y Estado del Arte	11
2.1. Marco Teórico	11
2.1.1. Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)	11
2.1.2. Long Range Wide-Area Network (LoRaWAN™)	14
2.2. Estado del Arte	21
2.2.1. Internet Protocol (IP) sobre LPWAN	21
3. Static Context Header Compression (SCHC)	25
3.1. Introducción	25
3.2. Compresión	26
3.3. Fragmentación	30
3.3.1. Aspectos Generales	30
3.3.2. Modos de Fragmentación	31
4. Modelado teórico de la compresión y fragmentación para LoRaWAN	34
4.1. Compresión	34
4.1.1. Caracterización de porcentajes de compresión y tiempos de transmisión	35
4.2. Fragmentación	38
4.2.1. Modo Ack-on-Error sin pérdida de fragmentos	38
4.2.2. Modo Ack-on-Error con pérdida de fragmentos	41
4.2.3. Eficiencia en el modo Ack-on-Error	45
5. PySCHC: Implementación experimental de SCHC	48
5.1. Plataforma experimental	48
5.2. Desarrollo de PySCHC	49
5.2.1. Arquitectura de Software	49
5.2.2. Problemas en el desarrollo	51

5.3.	Despliegue de PySCHC	55
5.3.1.	Instalación en Google Cloud Platform	55
6.	Análisis y Resultados	56
6.1.	Análisis de la compresión	56
6.1.1.	Diseño de los experimentos - Time on Air vs Porcentaje de compresión	56
6.1.2.	Resultados - Time on Air versus Porcentaje de compresión	56
6.1.3.	Discusión - Time on Air versus Porcentaje de compresión	57
6.2.	Análisis de la fragmentación	59
6.2.1.	Diseño de los experimentos: Simulación 1 - Eficiencia versus Probabi- lidad de Error	59
6.2.2.	Diseño de los experimentos: Experimento 1 - Eficiencia versus spreading factor versus Tamaño de <i>Tile</i>	61
6.2.3.	Resultados - Eficiencia vs Probabilidad de Error	62
6.2.4.	Discusión - Eficiencia vs probabilidad - comportamiento <i>spreading fac- tor</i> 10	63
6.2.5.	Resultados - Eficiencia vs spreading factor	65
6.2.6.	Discusión - Eficiencia vs spreading factor	66
6.2.7.	Resultados - Eficiencia vs Tamaño de Tile	67
6.2.8.	Discusión - Eficiencia vs Tamaño de <i>tile</i>	69
6.3.	Resumen de resultados	71
7.	Conclusiones y Trabajo a futuro	73
7.1.	Conclusiones	73
7.2.	Trabajos Futuros	74
7.2.1.	Eficiencia para enlace de bajada en LoRaWAN	74
7.2.2.	Eficiencia Empírica en ambiente con pérdidas	74
7.2.3.	Implementación completa del estándar SCHC	74
7.2.4.	Estándar SCHC en modo <i>Fog Computing</i>	75
	Anexos	76
	A. Código para el cálculo de Eficiencia vs Probabilidad de error	77
	B. Código para el cálculo de Eficiencia Teórica vs Spread Factor	84
	C. Código para el cálculo de Eficiencia Empírica vs Spread Factor	89
	D. Código para el cálculo de Eficiencia Teórica vs Tamaño de Tile	93
	E. Código para el cálculo de Eficiencia Empírica vs Tamaño de Tile	98
	F. Proceso de instalación de PySCHC	102
	Bibliografía	104