

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1 | Introducción..... | 1 |
| 1.1 | Hipótesis y Objetivos | 4 |
| 1.1.1 | Hipótesis | 4 |
| 1.1.2 | Objetivo General..... | 4 |
| 1.1.3 | Objetivos Específicos | 4 |
| Capítulo 2 | Contextualización | 5 |
| 2.1 | Conceptos de Comunicaciones..... | 6 |
| 2.1.1 | TDMA | 6 |
| 2.1.2 | Ondas Milimétricas | 7 |
| 2.1.3 | Factor de Calidad..... | 10 |
| 2.1.4 | Estado del Arte | 10 |
| 2.2 | Autonomía Energética | 23 |
| 2.2.1 | Definiciones Preliminares | 23 |
| 2.2.2 | Modelo Batería | 23 |
| Capítulo 3 | Diseño e Implementación del Protocolo VST-TDMA..... | 26 |
| 3.1 | Diseño del Protocolo | 26 |
| 3.1.1 | Filosofía de VST-TDMA | 26 |
| 3.1.2 | Topología del Protocolo | 27 |
| 3.1.3 | Funcionamiento del Protocolo..... | 28 |
| 3.1.4 | Auto-Sustentabilidad Energética de VST-TDMA..... | 31 |
| 3.1.5 | Formato del Datagrama VST-TDMA | 35 |
| 3.2 | Implementación del Protocolo..... | 36 |
| 3.2.1 | Elementos simulados en Opnet..... | 36 |
| 3.2.2 | Modelación de la batería y estimación de parámetros..... | 40 |
| 3.2.3 | Articulación de VST-TDMA y el modelo de la batería | 43 |
| Capítulo 4 | Resultados y Análisis | 45 |
| 4.1 | Elementos simulados en Opnet..... | 45 |
| 4.1.1 | Funcionamiento del Protocolo..... | 45 |
| 4.1.2 | Tiempos de cada proceso..... | 46 |
| 4.2 | Modelación de la batería y estimación de parámetros..... | 48 |
| 4.3 | Articulación de VST-TDMA y el modelo de la batería | 60 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | Evolución del SOC con Auto-Sustentabilidad | 60 |
| 4.3.2 | Discusión del Error en la Estimación de parámetros..... | 65 |
| Capítulo 5 | Conclusiones y Trabajo Futuro | 67 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 67 |
| 5.2 | Trabajo Futuro | 68 |
| Capítulo 6 | Bibliografía..... | 69 |
| Anexos | | 72 |
| | Anexo 1: Algunos ejemplos de convergencia de parámetros según método propuesto | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Almenaras sobre las Montañas Blancas (recreación)..... | 2 |
| Figura 2.1 TDMA | 6 |
| Figura 2.2 TDMA: problema del método. | 6 |
| Figura 2.3 Diagrama recepción transmisión de dos antenas..... | 7 |
| Figura 2.4 Promedio de absorción atmosférica de ondas milimétricas [8]..... | 9 |
| Figura 2.5 Arquitectura de una piconet | 11 |
| Figura 2.6 Estructura del <i>Superframe</i> de la <i>piconet</i> | 11 |
| Figura 2.7 Rangos de Frecuencia del Estándar ECMA-287 | 12 |
| Figura 2.8 Ingreso de un equipo a la WPAN sin utilizar VTSA | 13 |
| Figura 2.9 Ingreso de un segundo equipo a la WPAN utilizando VTSA | 13 |
| Figura 2.10 Frame utilizado por VTSA..... | 13 |
| Figura 2.11 Formato de la célula en la interfaz de aire..... | 14 |
| Figura 2.12 Formato de un <i>frame</i> PRMA/DA | 15 |
| Figura 2.13 Funcionamiento PSMA | 16 |
| Figura 2.14 Conexión de un primer nodo a la red | 17 |
| Figura 2.15 Conexión de un segundo nodo a la red..... | 18 |
| Figura 2.16 Conexión de un tercer nodo a la red..... | 18 |
| Figura 2.17 Dispositivo MIMI para redes de 60 GHz | 19 |
| Figura 2.18 Distribución de antenas al interior de los aviones..... | 19 |
| Figura 2.19 Pruebas de las antenas de 60GHz sin señal de vista provocado por interferencia de personas | 20 |
| Figura 2.20 Red de Área Corporal..... | 20 |
| Figura 2.21 Comparación de tamaños entre antena para 3 GHz y arreglo de antena para 30GHz | 21 |
| Figura 2.22 Resultados de la verificación de la pérdida por propagación según la ecuación de Friis..... | 22 |
| Figura 2.23 Diagrama de bloques de una arquitectura <i>beamforming</i> híbrida..... | 22 |
| Figura 2.24 Relación entre profundidad de descarga y Ciclos de Vida de una batería de Litio [22] | 23 |
| Figura 2.25 Modelo gráfico de una batería..... | 24 |
| Figura 3.1 Topología de la WPAN que utiliza VST-TDMA..... | 27 |
| Figura 3.2 Funcionamiento del encapsulador | 29 |
| Figura 3.3 Ingreso de un primer nodo a la red..... | 30 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.4 Conexión de un segundo nodo a la red..... | 30 |
| Figura 3.5 Evolución del voltaje final versus DoD cíclicos. Los ciclos fueron realizados a una temperatura constante de 60° [19]..... | 33 |
| Figura 3.6 Tiempo de descanso versus SoC | 34 |
| Figura 3.7 Formato del Paquete VST-TDMA | 35 |
| Figura 3.8 Arquitectura Nodo..... | 36 |
| Figura 3.9 Módulo de Recepción..... | 37 |
| Figura 3.10 Módulo de Transmisión..... | 37 |
| Figura 3.11 Estados del Nodo..... | 38 |
| Figura 3.12 Arquitectura de la Base Estación..... | 39 |
| Figura 3.13 Estados de la Base Estación | 39 |
| Figura 3.14 Diagrama de articulación de modelo de batería y protocolo..... | 44 |
| Figura 4.1 Entrada del primer nodo a la red | 45 |
| Figura 4.2 Recepción Normal de un nodo | 46 |
| Figura 4.3 Diagrama de los tiempos utilizados en cada proceso | 47 |
| Figura 4.4 Evolución del voltaje según corrientes del sistema..... | 48 |
| Figura 4.5 Estimación de parámetros $\alpha = 0.08$, $\beta = 16.41$ y $\gamma = 38.3$ | 49 |
| Figura 4.6 Resultados (a) y (b) Primera configuración | 51 |
| Figura 4.7 Resultados (c) Primera configuración | 52 |
| Figura 4.8 Resultados (a) y (b) Segunda configuración | 53 |
| Figura 4.9 Resultados (c) Segunda configuración | 54 |
| Figura 4.10 Resultados (a) y (b) Tercera configuración..... | 55 |
| Figura 4.11 Resultados (c) Tercera configuración..... | 56 |
| Figura 4.12 Resultados (a) y (b) Cuarta configuración | 57 |
| Figura 4.13 Resultados (c) Cuarta configuración | 58 |
| Figura 4.14 Perfil de descarga del voltaje con Auto-Sustentabilidad..... | 61 |
| Figura 4.15 Perfil SOC de descarga con Auto-Sustentabilidad..... | 62 |
| Figura 4.16 Perfil SOC de descarga con Auto-Sustentabilidad en el límite 30[%]..... | 62 |
| Figura 4.17 Comparación de descarga del SOC con y sin Auto-Sustentabilidad..... | 63 |
| Figura 4.18 Comparación de la cantidad de datos transmitidos con y sin auto-sustentabilidad en el tiempo | 63 |
| Figura 4.19 Cambio del Throughput v/s Tiempo con Auto-Sustentabilidad..... | 64 |
| Figura 4.20 Throughput v/s SOC según el perfil de descarga propuesto | 64 |
| Figura 4.21 Comparación del Error de SOC de α , β y γ | 65 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.1 Transmisión unidireccional de red de 60 GHz..... | 68 |
| Figura 0.1 Estimación de parámetros $\alpha = 0.03$, $\beta = 11.99$ y $\gamma = 10.39$ | 72 |
| Figura 0.2 Estimación de parámetros $\alpha = 0.08$, $\beta = 18.09$ y $\gamma = 28.45$ | 73 |
| Figura 0.3 Estimación de parámetros $\alpha = 0.08$, $\beta = 16.41$ y $\gamma = 38$ | 74 |