

Tabla de Contenido

Índice de Tablas	xiii
Índice de Ilustraciones	xiv
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.1.1. Contexto	1
1.1.2. Oportunidad	2
1.1.3. Relevancia	2
1.2. Alcance	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Estructura de la memoria	4
2. Marco Teórico	5
2.1. Radioastronomía	5
2.2. OMT	6
2.2.1. Ondas Planas y Polarización	7
2.2.2. Aislación de polarización	8
2.3. FPGA	9

2.4.	DOMT	10
2.4.1.	Teoría del DOMT	11
2.5.	Acoplador direccional	13
2.6.	Antenas	14
2.7.	Medición del Patrón de Radiación de una antena	14
2.7.1.	Superficies de medición	15
2.7.2.	Cámara Anecoica	16
2.7.3.	Transformación a campo lejano	17
3.	Instrumentos y Metodología	18
3.1.	Instrumentos	18
3.1.1.	ROACH II	18
3.1.2.	Cámara Anecoica	22
3.1.3.	<i>Front-end</i> Analógico	23
3.1.4.	Antena de Bocina	26
3.2.	Metodología	28
3.2.1.	Acumulación de espectros complejos	29
3.2.2.	Referencia espacial de la fase	33
3.2.3.	Modificación del diseño del DOMT original	35
3.2.4.	Esquema del sistema de medición	36
3.2.5.	Montaje de la configuración de medición	39
3.2.6.	Medición del patrones de radiación	40
4.	Diseño e implementación del software de control	42
4.1.	Diseño	42
4.1.1.	Descripción de la solución	42
4.1.2.	Arquitectura lógica	43

4.1.3.	Arquitectura Física	44
4.1.4.	Decisiones de Diseño	44
4.2.	Implementación	47
4.2.1.	Ambiente de Desarrollo	47
4.2.2.	<i>Beam scanner</i>	47
4.2.3.	Estructura de la aplicación	51
4.2.4.	Fuentes	52
4.2.5.	Extracción de Datos	53
4.2.6.	Procesamiento de datos	57
4.2.7.	Interfaz gráfica	57
5.	Resultados y Discusión	68
5.1.	Patrones de Radiación	68
5.1.1.	DOMT con híbrido ideal	69
5.1.2.	Elección de la posición de la antena de prueba para realizar la calibración.	72
5.1.3.	DOMT con híbridos compensados	74
5.1.4.	DOMT calibrado obteniendo las constantes optimizando la cros-polarización en el subreflector.	78
5.1.5.	DOMT calibrado obteniendo las constantes optimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	82
6.	Conclusiones	86
6.1.	Implementación	86
6.2.	Mediciones	86
6.3.	Trabajo a futuro	87
	Bibliografía	88
7.	Anexos	90

7.1. Modelo de bloques en simulink del DOMT de medición.	91
7.2. Reportes de compilación	92
7.2.1. Reporte de timing.	92
7.2.2. Elementos de la FPGA empleados.	93
7.3. Publicación en congreso	95

Índice de Tablas

2.1. Clasificación del espectro electromagnético ¹	6
2.2. Resoluciones máximas para medir el patrón de radiación. En esta caso a representa el radio que se genera entre la antena de prueba y la fuente.	16
3.1. Estimación de los límites de las zonas de radiación de la antena de tipo bocina.	27
5.1. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y calibrado integrando en 10 grados de apertura.	77
5.2. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y calibrado integrado en el subreflector.	77
5.3. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y optimizado en el subreflector e integrando en 10 grados de apertura.	81
5.4. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y optimizado en el subreflector e integrando en el subreflector.	81
5.5. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y optimizado e integrados en 10 grados de apertura.	85
5.6. Comparación de la eficiencia de polarización entre el DOMT ideal y optimizado en 10 grados de apertura e integrado en el subreflector.	85

Índice de Ilustraciones

2.1. La opacidad de la atmósfera en función de la frecuencia de la radiación electromagnética ²	6
2.2. Esquema del funcionamiento de un OMT ideal.	7
2.3. Esquema de un sistema de un receptor heterodino de doble polarización. . .	8
2.4. Ejemplos de polarizaciones. De izquierda a derecha: lineal, circular y elíptica. ³	9
2.5. Esquema del OMT analógico.	11
2.6. Esquema del diseño del receptor DOMT.	11
2.7. OMT que forma parte del front-end del DOMT.	12
2.8. Esquema de un acoplador direccional.	14
2.9. Esquema de medición de patrón de radiación, usando dos antenas.	15
2.10. Superficies recomendadas para la medición del patrón de radiación en campo cercano, [15].	16
3.1. Esquema del sistema indicando las señales que interactúan.	19
3.2. Esquema de ROACH II ⁴	21
3.3. Esquema simplificado de ROACH II, enfocándose en la transmisión de la señal de reloj y como llegan los datos desde los ADC a la FPGA. FM: frecuencia de muestreo.	22
3.4. Controlador NSC-M2. Imagen de Newmark Systems.	23
3.5. Actuador de rotación. Imagen de Newmark Systems.	23
3.6. Controlador NSC-A1. Imagen de Newmark Systems.	24
3.7. Actuadores lineales. Imagen de Newmark Systems.	24

3.8. Material absorbente.	25
3.9. <i>Front-end</i> analógico.	26
3.10. Pérdida por conversión del mezclador ZX05-24MH-S+ ⁵	27
3.11. Antena de tipo bocina.	28
3.12. Perfil interno de la antena de tipo bocina.	28
3.13. Simulación del patrón de radiación de la co-polarización de la antena de la figura 3.11 a 14 GHz.	29
3.14. Una señal adquirida en tres instancias distintas.	30
3.15. Cálculo de la diferencia de fase usando CORDIC.	31
3.16. Cálculo de la diferencia de fase usando CORDIC y acumulando la parte real separada de la imaginaria.	31
3.17. Cálculo de la diferencia de fase y acumulando el valor complejo usando multiplicación por el conjugado.	33
3.18. Esquemático del amplificador (AD8009AR).	34
3.19. Esquemático del TTL (NC7SZ04M5XX).	34
3.20. Esquema de la implementación del DOMT con referencia de fase.	36
3.21. Esquema del acumulador.	36
3.22. Esquema de los instrumentos que controlan para realizar la medición.	39
3.23. Cámara anecoica desarmada.	39
3.24. Cámara anecoica lista para medir.	40
4.1. Diagrama de la arquitectura lógica.	44
4.2. Diagrama general de la arquitectura física.	44
4.3. Esquema de interfaz gráfica.	45
4.4. Arquitectura lógica del servidor del <i>beam scanner</i>	48
4.5. Arquitectura física del servidor del <i>beam scanner</i>	48
4.6. Esquema UML de las clases que administran las conexiones entre el cliente y los controladores.	49

4.7. UML de los paneles de la interfaz gráfica.	59
4.8. Diagrama general del coordinador.	60
4.9. Diagrama UML de las vistas para configurar los equipos.	61
4.10. Diagrama UML de las clases que implementan las conexiones con los equipos.	62
4.11. Diagrama UML de las clases que implementan la lectura de memorias de la FPGA.	63
4.12. Interfase gráfica.	63
4.13. Elección de fuente.	64
4.14. Opciones <i>beam scanner</i>	64
4.15. Configurar fuente telent.	65
4.16. Alternativas del origen de los datos.	65
4.17. Configuraciones almacenadas.	66
4.18. Funciones de disponible para procesar datos.	66
4.19. Configuración de una medida.	67
5.1. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 12.4 GHz, usando el DOMT con la calibración ideal y el patrón simulado. Co-polarización (izquier- da) y cros-polarización (derecha).	69
5.2. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 13.5 GHz, usando el DOMT con la calibración ideal y el patrón simulado. Co-polarización (izquier- da) y cros-polarización (derecha).	70
5.3. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 14.5 GHz, usando el DOMT con la calibración ideal y el patrón simulado. Co-polarización (izquier- da) y cros-polarización (derecha).	70
5.4. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 15.5 GHz, usando el DOMT con la calibración ideal y el patrón simulado. Co-polarización (izquier- da) y cros-polarización (derecha).	71
5.5. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz, usando el DOMT con la calibración ideal y el patrón simulado. Co-polarización (izquier- da) y cros-polarización (derecha).	71

5.6. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada sobre un máximo de cross-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	72
5.7. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada entre dos máximos de cross-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	73
5.8. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	73
5.9. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 12.4 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	74
5.10. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 13.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	75
5.11. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 14.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	75
5.12. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 15.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	76
5.13. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha).	76
5.14. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 12.4 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cross-polarización en el subreflector.	78
5.15. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 13.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cross-polarización en el subreflector.	79
5.16. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 14.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cross-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cross-polarización en el subreflector.	79

5.17. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 15.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en el subreflector.	80
5.18. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en el subreflector.	80
5.19. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 12.4 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	82
5.20. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 13.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	83
5.21. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 14.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	83
5.22. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 15.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	84
5.23. Cortes del patrón de radiación para una frecuencia de 16.5 GHz y calibración realizada en punto de máxima potencia de co-polarización. Co-polarización (izquierda) y cros-polarización (derecha). Constantes obtenidas minimizando la cros-polarización en 5 grados de apertura.	84
7.1. Modelo de simulink de la implementación del DOMT de medición.	91