

# Introducción

El crecimiento de los servicios de banda ancha personales es inevitable debido a que los usuarios requieren datos a altas velocidades, comunicaciones instantáneas, aplicaciones multimedia entre otras. La urgencia de tener estos servicios esta causando el desarrollo de nuevas tecnologías, como **WiMAX**, que proporcionen estos servicios en cualquier momento, en cualquier lugar de una zona metropolitana y aún cuando el usuario este en movimiento. WiMAX ha sido llamado el reemplazo inalámbrico de la tecnología DSL (*Digital Subscriber Line*), la cual proporciona internet de alta velocidad, pero WiMAX es mucho más que sólo una alternativa de DSL o del cable-modem. WiMAX esta diseñado para hacer por el Internet lo que el teléfono celular hizo por la telefonía, brindar acceso en cualquier lugar a cualquier momento.

WiMAX está basada en el estándar de la red inalámbrica de área metropolitana (**WMAN**) desarrollado por el grupo IEEE 802.16. Está diseñada con las ventajas de las redes de band ancha fijas y móviles. WiMAX móvil ofrece portabilidad y movilidad. En el estándar IEEE 802.16 se incluyen las definiciones de la capa física, la capa de acceso y algunas descripciones de características obligatorias y opcionales.

El desarrollo de tecnologías de comunicación tanto cableadas como inalámbricas de alta velocidad se debe en gran parte al desarrollo de sistemas de modulación, los cuales permiten enviar información a alta velocidad por anchos de banda menores. Tal es el caso de la modulación Multiplexado con División en Frecuencia Ortogonal (**OFDM**), la cual es usada en los sistemas de comunicación de banda ancha comerciales, como DSL, Wi-Fi, DVB-H y WiMAX.

OFDM es una técnica de modulación con multiples portadoras que divide un canal de comunicaciones en una serie de bandas de frecuencias equidistantes. Una subportadora que contiene una porción de la información es transmitida en cada banda. Cada subportadora es ortogonal a todas las demás subportadoras. La popularidad de OFDM por su alta velocidad de transferencia de datos se debe principalmente a su eficiencia y su manejo flexible de la interferencia intersímbolos.

Una parte muy importante dentro de la cadena de los sistemas OFDM es la aplicación de la transformada de Fourier rápida (*Fast Fourier Transform, FFT*). La FFT permite el ahorro de ancho de banda para la transmisión de información así como el ahorro de energía y simplifica el diseño del sistema. Aplicar la FFT y su inversa en el transmisor-receptor de un sistema de comunicaciones evita el uso de bancos de sistemas de Radio Frecuencia (RF) necesarios para poder alcanzar una buena velocidad en la transmisión de datos.

La FFT dentro de la cadena de OFDM se realiza en un procesador dedicado específicamente para esta tarea. Existen varios tipos de arquitecturas para estos procesadores. La mayoría de las arquitecturas toman como base una familia de algoritmos de la FFT, la familia Radix. Casi todos se basan en la estructura de mariposa del algoritmo Radix-2, que permite el cálculo de la transformada de Fourier de manera rápida. Los algoritmos FFT hacen posible la implementación de la transformada de Fourier discreta (*Discrete Fourier Transform, DFT*) para el procesamiento en tiempo real.

Existen varias metodologías de diseño de sistemas que permiten diseñar en menor tiempo y con mejores resultados sistemas complejos. Como la FFT está contenida en la capa física de WiMAX, que es un sistema de comunicaciones muy complejo, es necesaria una metodología que permita identificar con mayor claridad los requerimientos necesarios para una buena elección del algoritmo.

La elección del algoritmo FFT es indispensable para el correcto funcionamiento de la modulación OFDM y así cubrir los requerimientos de velocidad de transmisión de datos. La velocidad de cálculo de los algoritmos FFT es uno de los principales criterios que se deben tomar en cuenta para la elección del algoritmo pero no el único. También es muy importante tomar en cuenta la precisión, complejidad de la implementación del algoritmo y la complejidad aritmética.

El objetivo del presente trabajo de tesis es analizar, implementar y evaluar diferentes algoritmos de la transformada de Fourier rápida y así poder seleccionar el más apto para cumplir los requerimientos del multiplexado OFDM de la capa física de las redes de comunicación inalámbrica WiMAX.

A continuación se da un panorama general de esta tesis.

En el capítulo 2 se describe la metodología de diseño de sistemas de procesamiento digital de señales en la se basará para la realización de este trabajo.

En el capítulo 3 se da un panorama general de las redes de comunicación inalámbrica WiMAX, antecedentes, características de las redes WiMAX, de los estándares, la arquitectura de la red y la capa física.

En el capítulo 4 se describe el funcionamiento general de la modulación OFDM para WiMAX así como sus principales ventajas.

En el capítulo 5 se describen los diferentes algoritmos de la transformada de Fourier rápida, su implementación y validación.

En el capítulo 6 se describe la evaluación y las comparaciones realizadas de los algoritmos FFT así como el análisis de estas comparaciones.

En el capítulo 7 se analizan los resultados de las comparaciones realizadas a los algoritmos implementados para poder seleccionar cual de ellos puede ser implementado en la cadena de la modulación OFDM para WiMAX.