CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1. Situación de los sistemas bajo estudio

Las redes radio móviles de tercera generación han estado bajo intensa investigación como natural evolución tecnológica de las actuales redes digitales de segunda generación, con el fin de proporcionar una multitud de servicios, entre otros aplicaciones multimedia y servicios de datos a conmutación de paquetes de elevada tasa binaria. Con el intento de uniformizar, a nivel mundial, las tecnologías de tercera generación, la agencia de la Organización de las Naciones Unidas denominada Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunication Union,* **ITU**) [ITU] está trabajando para definir un estándar comúnmente aceptado en todo el planeta, llamado de manera general *International Mobile Telecommunication 2000* (**IMT-2000**) [IMT-2000]. Punto clave en este proceso resulta ser la definición del esquema de modulación para la interfaz radio y los protocolos relativos.

Dentro del abanico de posibles esquemas, el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (*Wideband Code Division Multiple Access*, **W-CDMA**) ha emergido como la interfaz radio preferida por distintos fabricantes de equipos y organismos internacionales de estandarización. Entre estos destaca el Instituto de Estandartes de Telecomunicaciones Europeo (*European Telecommunication Standard Institute,* **ETSI**) [ETSI1] en cuyo ámbito las tecnologías de tercera generación se designan con el nombre de *Universal Mobile Telecommunication System* (**UMTS**) [UMTS].

1.1. Antecedentes

Los sistemas de comunicaciones móviles de primera generación, introducidos a comienzos de los años 80, utilizaban esquemas de modulación de tipo analógico para ofrecer servicios de voz a conmutación de circuitos [TERO96a]. Varios estándares fueron desarrollados a nivel nacional o internacional, entre otros **AMPS** (*Avanced Mobile Phone Service*) en Estados Unidos y **TACS** (*Total Access Communication System*) en Europa.

A principios de los noventa se introdujeron los sistemas móviles de segunda generación, basados en esquemas de modulación digital y caracterizados por mejor eficiencia espectral, capacidad para servicios de datos de baja velocidad (9.6 Kbps) y mayores posibilidades de *roaming internacional*. Entre los estándares que se definieron, destacan el europeo **GSM** (*Global System for Mobile Communication*) y los norteamericanos **PDC** (*Personal Digital Cellular*), **IS-95** [IS-95] (*CDMAone*) e **IS-136** (*Digital AMPS*). Más detalles sobre estos estándares en [GOOD97].

Debido a las crecientes necesidades para la transmisión de datos, se planeó y definió el desarrollo de sistemas de generación 2.5 como sistemas de segunda generación, evolucionados para incluir la conmutación de paquetes y tasas binarias más elevadas, superiores a 100 Kbps. Sobre todo, destaca **GPRS** (*General Packet Radio Service*), evolución de **GSM** que incluye la conmutación de paquetes para datos, y **EDGE** [EDGE]

(*Enhanced Data rates for GSM/Global Evolution*), evolución de **GPRS** con un esquema de modulación en la interfaz radio más eficiente que el de **GSM**.

1.2. Situación actual

El creciente número de abonados a servicios móviles y el auge de Internet y de las comunicaciones de datos han planteado la necesidad de tasas binarias aún más elevadas y mayor eficiencia espectral. De esta manera, han puesto las bases para la introducción de sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación, de mayor flexibilidad, capaces de servicios simultáneos para un solo usuario y con diferentes clases de calidad de servicio.

Los organismos regionales competentes ya han escogido su propia tecnología de tercera generación para **IMT-2000**. La aceleración reciente se debió a la escasez de espectro radioeléctrico en Japón, lo cual empujó al organismo de estandarización japonés (**ARIB**, *Association for Radio Industry and Business*) a definir el estándar **W-CDMA** a comienzos de 1997 y, a su gobierno a otorgar las correspondientes licencias para la puesta en servicio a mediados del año 2000.

En enero 1998, el fuerte soporte a **CDMA** por parte de los fabricantes y los operadores de **GSM** llevaron al **ETSI** a escoger el **WCDMA**[1] como técnica de acceso para **FDD** (*Frequency Division Duplex*) y **TDD** (*Time Division Duplex*) de la componente terrestre de la interfaz radio de **UMTS**, llamada **UTRA** (*UMTS Terrestrial Radio Access*)**[ETSI2] [ETSI3]**.

Desde entonces se formó dentro de la **ETSI** un grupo denominado *Third Generation Partnership Project* (**3GPP**) cuya responsabilidad es

[1] Nótese que W-CDMA se refiere a cualquier esquema CDMA de banda ancha (Wideband) mientras que WCDMA identifica el esquema de modulación escogido por el ETSI para el UTRA

especificar los detalles técnicos de **UTRA**. La primera versión de las especificaciones se cerró en Diciembre 1999.

De forma paralela, en Estados Unidos, el organismo competente, **TIA** (*Telecom Industry Association*)[TIA], definió en febrero de 1998 **UWC-136**, basado en una evolución de **GSM** muy similar a **EDGE**, y en marzo de 1998 **cdma2000**, como evolución de tercera generación de **IS-95**.

La elección de la tecnología preferida para los sistemas de tercera generación depende de factores de diversa naturaleza: técnicos, políticos y de mercado. Los factores técnicos incluyen, en general, las prestaciones y los servicios que el sistema es capaz de ofrecer. Asimismo, resulta determinante el logro de un acuerdo político entre organismos de estandarización con el fin de uniformar los estándares de tercera generación. Estos acuerdos internacionales resultan a menudo obstaculizados por las diferentes exigencias regionales debidas a diferentes sistemas y soluciones de segunda generación y a la necesidad de garantizar la compatibilidad con los sistemas existentes para salvaguardar las inversiones.

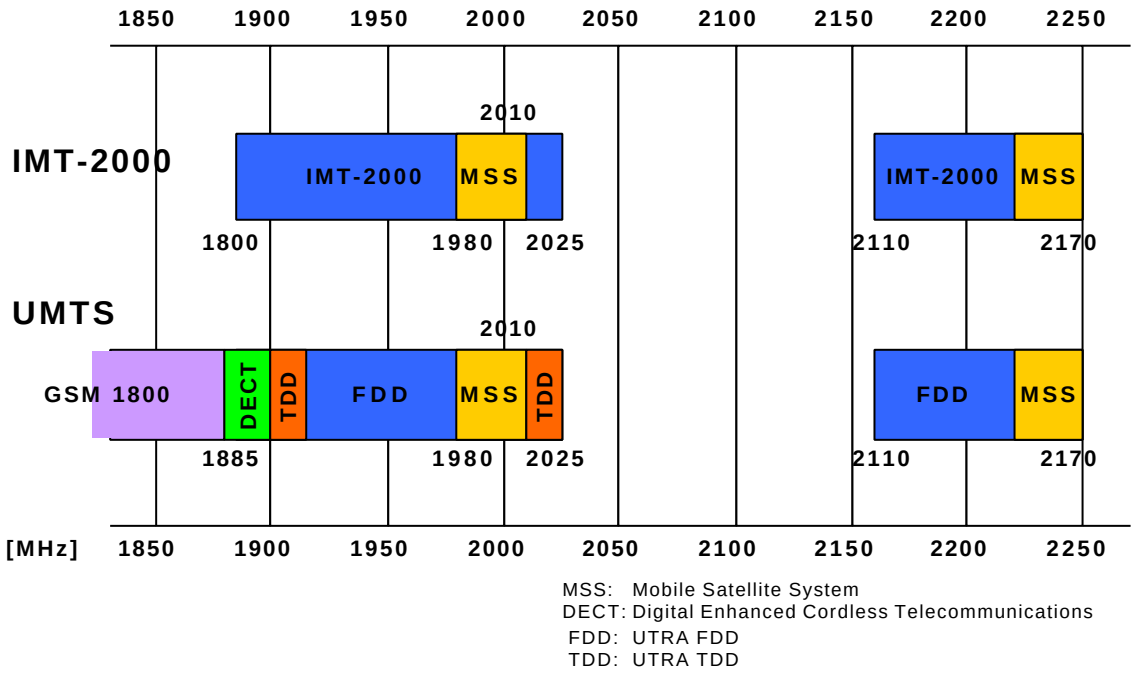

Figura 1.Distribución del espectro radioeléctrico para las distintas tecnologías

En este contexto, el trabajo de la **ITU** resulta forzosamente limitado, no teniendo además poder real sobre los gobiernos nacionales. Hasta la fecha la **ITU**, ha actuado con el fin de armonizar los diferentes estándares entre sí y fijar las porciones del espectro a utilizar, a nivel mundia, para los sistemas de tercera generación.

2. Objetivos

En este proyecto se estudiará, sobre un sistema de comunicaciones **WCDMA**, la medida del comportamiento de dicho sistema. Ésta es siempre una medida relacionada con los errores que se producen, bien por interferencias con otras señales del espectro radioeléctrico o bien por efectos dispersivos del canal de transmisión. Una forma de estimar la medida de estos errores es mediante el empleo del *Método de Monte Carlo* (**MC** de ahora en adelante), que no es más que la implementación de una secuencia de pruebas (trails) de Bernoulli sobre un sistema de comunicaciones. Cada una de estas pruebas se encarga de comprobar si la transmisión de un solo bit, a través del sistema de comunicaciones, ha sido correcta o no. A continuación, se contarán el número de errores y se dividirá por el número de pruebas, y el resultado obtenido será una medida del error del sistema. Sin embargo, **MC** es un procedimiento ineficiente desde el punto de vista de la robustez frente al ruido de los sistemas que se están empleando. De este modo, serían necesarios grandes esfuerzos computacionales para estudiar estos eventos que ocurren inusualmente (por ejemplo: para poder obtener medidas de error de 10^{-6} se necesitaría simular una transmisión de millones de bits). Como variante del método de **MC** está el *Muestreo Enfatizado* (**IS** de ahora en adelante), que propone elevar las propiedades estadísticas de los procesos de ruido, de tal forma que se produzcan muchos más errores por unidad de tiempo.

3. Organización de la memoria

Este proyecto se organiza en seis capítulos y varios anexos.

El primer capítulo, que es el que se acaba de presentar, trata de situar las tecnologías basadas en el acceso de múltiples usuarios por asignación de códigos en el mundo de las comunicaciones móviles.

En el segundo capitulo se estudia ya con mayor profundidad los aspectos más interesantes de estas técnicas y de, en general, todas aquellas basadas en técnicas de espectro ensanchado (*Spread Spectrum*, **SS**). En este capítulo se tratan también todos los aspectos relacionados con los códigos de ensanchamiento de las técnicas **SS**.

El capítulo tercero aborda el tema principal de este proyecto, es decir, los métodos de estimación de la probabilidad de error de un sistema de comunicaciones. Para ambos métodos, *Monte Carlo* y *Muestreo Enfatizado*, se hará un estudio profundo y se analizarán ventajas e inconvenientes.

En el capítulo cuarto se explicará el sistema de comunicaciones que servirá de plataforma para las simulaciones de la estimación de la probabilidad de error.

El capítulo quinto y sexto recogerán los resultados obtenidos de las simulaciones y las conclusiones correspondientes.