

## INTRODUCCIÓN

Resulta difícil imaginar cómo serían nuestras vidas sin el fácil acceso con el que hoy contamos a los múltiples medios de comunicación existentes. Los sistemas de comunicación se han convertido en un motor fundamental para la constante y creciente actividad humana, y para muestra baste un botón: no podemos pasar un solo día sin hacer uso de un teléfono, de la Web, de la radio o del televisor, ya que, sencillamente, nos sentiríamos aislados del mundo que nos rodea. Sin embargo, como usuarios –por no decir “consumidores”– de los medios de comunicación nos vemos en la posibilidad de demandar que dichos medios sean capaces de sostener una comunicación que sea eficiente, rápida y confiable.

El propósito de un sistema de comunicación es transmitir señales de banda base que contienen información desde un lugar a otro por un canal de comunicación. El término “información” tiene sus bases teóricas en el trabajo realizado por el gran Ingeniero Claude Shannon en 1948 titulado “A Mathematical Theory of Communication” y por el momento no nos preocuparemos de esto sino hasta el Capítulo 1 de esta tesis, mientras tanto bastará con mencionar que “información” es todo aquello que nos interesa transmitir. Entonces, por una comunicación eficiente, rápida y confiable podemos entender que es una *transmisión y recepción de información no redundante que se efectúa lo más rápidamente posible y con un mínimo de errores*.

Atendiendo a [MIC85], la comunicación *eficiente* desde una fuente hasta el destino del usuario se logra mediante la *codificación de la fuente*. Esta codificación consiste en representar los datos a ser transmitidos en forma binaria y en emplear el menor número de

bits promedio posible para representar a cada uno de estos datos. Existen numerosos esquemas de codificación de la fuente, pero en la presente Tesis no nos ocuparemos de este tipo de codificación.

La comunicación *confiable* por un canal de comunicación se consigue gracias a la *codificación para control de errores*. Un canal de comunicación, que es el medio físico a través del cual ocurre la comunicación, está siempre contaminado por *ruido electromagnético* que provoca errores en la información siendo transmitida a través del canal. En un canal ruidoso como lo es un canal de comunicación inalámbrico, la probabilidad de error puede alcanzar un valor tan alto como 0.1, lo que indica que en promedio únicamente 9 de cada 10 bits transmitidos se reciben correctamente en el receptor. En múltiples aplicaciones, este nivel de confiabilidad resulta inaceptable y es por ello que se recurre al empleo de la codificación para control de errores (o *codificación del canal*, como comúnmente se le conoce) en un sistema de comunicación. Básicamente la codificación del canal tiene por objetivo el minimizar el efecto completo del ruido del canal en el sistema, y es el tipo de codificación del que nos ocuparemos en esta Tesis.

Según el trabajo teórico de Shannon (al que se hace alusión líneas atrás) en un canal AWGN (Additive White Gaussian Noise), que es el tipo de canal que modela una gran mayoría de canales de comunicación, para una potencia media de transmisión y un ancho de banda de canal dados, es posible definir un parámetro denominado *capacidad del canal* que consiste en la máxima tasa de transmisión de información a la que es posible transmitir la información de manera confiable. Shannon demostró, matemáticamente, que por medio de la codificación para control de errores era posible transmitir información a una rapidez igual a la capacidad del canal, con una probabilidad de error muy baja, y empleando un mínimo de energía para transmitir, siempre y cuando se emplearan modelos de codificación

del canal suficientemente complejos [A.GUIZ] [MIC85]. De esta manera, podemos decir que la codificación del canal proporciona un buen nivel de *confiabilidad* a una comunicación que ocurre con una cierta *rapidez*; en otras palabras, es gracias a la codificación del canal que es posible diseñar sistemas de comunicación que brinden una comunicación tanto rápida como confiable.

Se desarrollaron, a raíz del trabajo de Shannon, un sin número de esquemas para codificación del canal capaces de lograr tasas de error muy bajas, sin embargo para lograr esto aún los mejores de estos esquemas frecuentemente requerían de emplear más del doble de la potencia media de transmisión que Shannon había considerado era la suficiente para lograr un cierto nivel de confiabilidad si se contaba con los esquemas de codificación adecuados. Emplear niveles relativamente altos de potencia en el transmisor representa un *costo* más elevado para la implementación de un sistema de comunicación. Lamentablemente, aunque Shannon inculcaba la necesidad de usar buenos esquemas de codificación para el canal, nunca reveló cuáles eran esos esquemas de codificación, dejando abierta una brecha llena de incógnitas para los ingenieros expertos en el campo de la codificación para el control de errores que lucharían por resolver este acertijo durante más de cuarenta años.

Sería hasta 1993 que los ingenieros eléctricos franceses Claude Berrou y Alain Glavieux publicaran una asombrosa propuesta para el esquema de codificación tan buscado: los Turbo-códigos. En palabras de Erico Guizzo en [A.GUIZ]: “Sucedió hace una década en la IEEE International Conference on Communications en Geneva, Suiza. Dos ingenieros eléctricos franceses, Claude Berrou y Alain Glavieux, hicieron una declaración impactante: ellos habían inventado un esquema de codificación digital capaz de proveer comunicaciones virtualmente libres de error a tasas de transmisión y eficiencias en la

potencia de transmisión que iban más allá de lo que la mayoría de los expertos creían posible. El esquema, según los autores, podía duplicar la tasa de transmisión para una potencia de transmisión dada, o bien, era capaz de lograr una tasa de transmisión especificada empleando la mitad de la energía para transmitir; una ganancia tremenda que representaría una fortuna para las compañías de comunicaciones”. (Guizzo, 2004: 36).

Los Turbo-códigos representan una nueva y muy poderosa técnica de codificación del canal que supera, sin lugar a dudas, a todos los esquemas de codificación anteriores a ésta. Este nuevo esquema permite un ahorro significativo de potencia en el sistema de comunicaciones en que se emplee y forma parte ya de los estándares de telefonía móvil de 3G: UMTS (ó WCDMA) y cdma2000.

Esta Tesis pretende dar a conocer al lector un panorama general y detallado acerca de esta revolucionaria técnica de corrección de errores, enfocándonos principalmente a su aplicación en los sistemas de telefonía celular de 3G; de esta forma el lector podrá familiarizarse con los Turbo-códigos, conocer y analizar sus distintas arquitecturas existentes (esquemas de codificación-decodificación) junto con sus ventajas y desventajas, y así comprender el porqué de lo trascendente que esta técnica correctora de errores ha resultado ser para los sistemas de comunicación inalámbricos de Tercera Generación.