

Diseño de un módulo de detección y corrección del desfase del canal de difusión BCH (*Broadcast Channel*) durante el tercer paso del proceso de sincronización en el enlace descendente del sistema UTRA-TDD (UMTS/IMT-2000)

Humberto Campanella*, Néstor Barrios Reyes**,
Angélica Rodríguez Ramos***

Resumen

Las señales que transporta el canal de difusión BCH (Broadcast Channel) o cualquiera de los otros canales del sistema UTRA-TDD (UMTS/IMT-2000) sufren variaciones en su fase al viajar de la estación base (BS) a la estación terminal (TS), a través del canal o medio físico. Esto hace necesaria la estimación de las variaciones de fase que sufren las señales al viajar por el BCH, para luego corregirlas y asegurar así una correcta sincronización. En este artículo se presenta el diseño de un módulo estimador y corrector de desfases del canal de difusión BCH, así como también las pruebas, resultados y conclusiones obtenidas de las simulaciones realizadas para validar su funcionamiento. Este proyecto se constituye como una de las primeras actividades llevadas a cabo por el Grupo de Radiocomunicaciones y Señales de la Universidad del Norte.

Palabras clave: UMTS, UTRA-TDD, estimación de fase, corrección de desfases, rotación de fase, fading, efecto Doppler, canal multirrayecto.

Abstract

Signals that travel on the Broadcast Channel (BCH) or any another channel of the UTRA-TDD (UMTS/IMT-2000) system will undergo changes in its phase when traveling from the base station (BS) to the terminal station (TS), through the channel or physical means. Therefore, it is necessary to estimate the phase variations underwent by the signals when traveling on the BCH, so they can be corrected and to ensure a correct synchronization. In this document is showed the design of an unphase estimation and corrective module of the broadcast channel BCH, as well as the tests, results and conclusions obtained from the simulations that were made to validate its operation.

Key words: UMTS, UTRA-TDD, phase estimation, unphase corrective, phase rotation, fading, Doppler, multipath channel.

Fecha de recepción: 3 de septiembre del 2001

* Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid; Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana.

Director del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Norte. Coordinador del Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones y Señales (hcampane@uninorte.edu.co).

** Ingeniero Electrónico de la Universidad del Norte. Miembro del Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones y Señales.

*** Ingeniera Electrónica de la Universidad del Norte. Miembro del Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones y Señales.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en organizaciones de todo el mundo se está trabajando en el desarrollo de un sistema de comunicaciones universales que provea servicios de voz, datos, imágenes, vídeo e Internet, y que utilice el CDMA (*Code Division Multiple Access*) como técnica de acceso físico. Este sistema se ha denominado UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). UTRA-TDD (*UMTS Terrestrial Radio Access-Time Division Duplex*) es el sistema de acceso radioeléctrico del UMTS en modo de operación dúplex por división en el tiempo.

Esta investigación se enfocó en el estudio de la capa física de UTRA-TDD, y específicamente en el tercer paso del proceso de sincronización de la estación terminal (TS) con el sistema, durante el enlace descendente (*downlink*). La importancia de este tercer paso: identificación del código de *scrambling* de la estación base (BS), radica en que después de que se decodifica el *scrambling* de la BS, la TS queda en posición de leer la información del canal de difusión BCH (Broadcast Channel), el cual lleva información relevante de la estación base para poder establecer la comunicación.

Las señales que viajan por el BCH o por cualquiera de los otros canales de este sistema sufren variaciones en su fase al viajar de la BS a la TS, a través del canal o medio físico. Por lo tanto, se hace necesaria la estimación de las variaciones de fase que sufren las señales al viajar por el BCH, para luego corregirlas y asegurar así una correcta sincronización.

Un estudio realizado anteriormente sobre adquisición para un receptor W-CDMA en modo TDD¹, plantea la existencia de esta situación como un factor relevante de degradación del enlace descendente para UTRA-TDD, y recomienda abordar el estudio de esta problemática. En vista de la existencia de este problema se decide adoptarlo e intentar darle una solución.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En la figura 1 puede observarse el diagrama de bloques del sistema desarrollado. Este sistema está dividido en tres etapas: la primera formada por el módulo transmisor, la segunda por un canal multitrayecto y la última por el receptor.

¹ HUMBERTO CAMPANELLA, Unidad de Adquisición para un receptor W-CDMA (UMTS) en Modo de Operación TDD: Diseño y Caracterización. Madrid, 1998, 41 p. Trabajo de grado (Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones), Universidad Politécnica de Madrid.

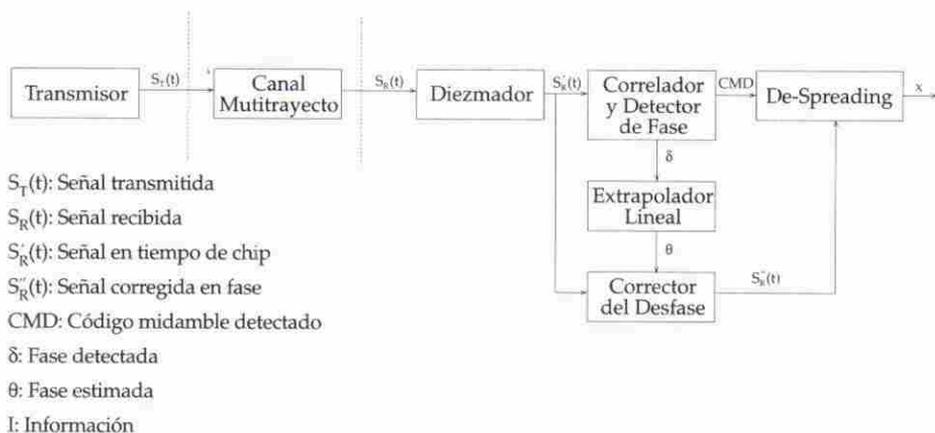


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema

El módulo de transmisión incluye la generación del canal P-CCPCH (*Primary - Common Control Physical Channel*), junto con algunos otros canales que constituyen interferencia para él, como el SCH. Por su parte, el canal se desarrolló con base en las especificaciones del 3GPP² para UTRA-TDD, como un canal multitrayecto de cuatro rayos, teniéndose en cuenta todas las interferencias que pudiesen existir. Y la última etapa, el receptor, básicamente incluye la realización del tercer paso de sincronización, la detección y corrección del desfase del BCH y el *de-spreading* del mismo para acceder a la información del canal.

Para la simulación del sistema se utilizó como herramienta Borland Builder C++. Absolutamente todos los módulos, funciones y subrutinas debieron ser desarrollados, ya que este lenguaje no ofrecía herramientas específicas en el área de las telecomunicaciones. A continuación se describen en forma general los elementos de este sistema.

2.1. MÓDULO DE TRANSMISIÓN

Debido a que este trabajo se centra en la realización del tercer paso de sincronización y en la corrección del desfase del BCH, la señal de DL generada consta del canal P-CCPCH (el cual se encuentra en el primer slot y sobre el cual está mapeado el BCH) y de todos los canales que generan interferencia en el primer slot de la trama, como lo son el SCH y otros canales del sistema. La generación del resto de la estructura del sistema de transmisión de UTRA-TDD no era necesaria para el desarrollo de este proyecto.

² Documento [3G TS 25.105 v. 330] del 3GPP.

La parte de datos del P-CCPCH se generó aleatoriamente, luego se le realizó el mapeo, la canalización, y por último el *scrambling*. En la figura 2 se observa el diagrama del transmisor utilizado.

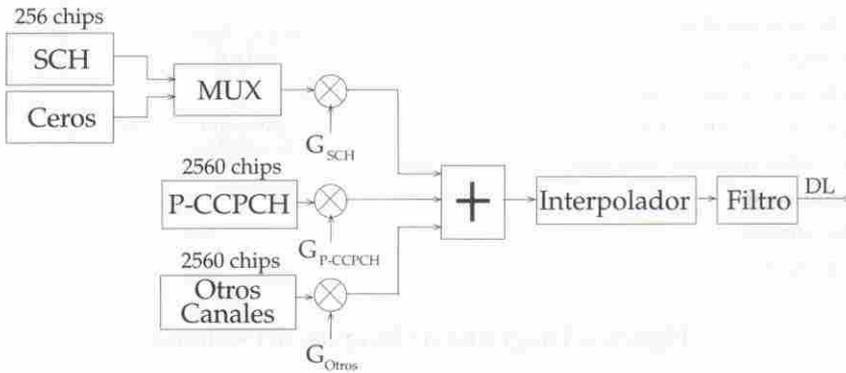


Figura 2. Diagrama del transmisor

Cada uno de estos canales está multiplicado por un peso G específico, el cual depende de las potencias que los documentos del 3GPP³ establecen para cada uno de estos canales. Luego de la multiplicación de cada canal por su peso correspondiente se suman los canales y se realiza el interpolado. Los datos deben ser interpolados para que tengan una duración igual a $T/2$, donde T es el período del filtro de raíz de coseno alzado, el cual se encuentra descrito en los documentos proporcionados por el 3GPP⁴. La utilización de este filtro en el transmisor se hace necesario, puesto que se está trabajando con un modelo paso bajo equivalente del canal. Esta señal que sale del filtro se encuentra lista para pasar a través del canal.

2.2. CANAL MULTITRAYECTO

Las variaciones que sufre una señal durante el trayecto que debe recorrer entre el transmisor y el receptor depende del tipo de medio en el cual se esté movilizándose. Para el caso de este estudio se considera un medio compartido que es el aire, y debido a él, la señal que originalmente sale del dispositivo transmisor sufre una serie de perturbaciones que le dificultan al dispositivo receptor recuperar la información que le fue enviada.

³ Documento [3G TS 25.315 v. 330] del 3GPP.

⁴ Documento [3G TS 25.102 v. 330] del 3GPP.

Bajo las anteriores premisas se trabaja un modelo de canal multitrayecto que involucra efectos como la dispersión temporal y la dispersión en frecuencia. La modelación matemática del canal que se presenta en este artículo siguió los parámetros establecidos por el 3GPP⁵, y se realizó con el objetivo de representar lo más fielmente posible los casos más críticos que se puedan presentar en la realidad.

2.2.1. Modelación matemática de un canal multitrayecto, con dispersión temporal y de frecuencia

Dada una señal moduladora $m(t)=m_i(t)+jm_q(t)$, al realizar el proceso de modulación obtenemos una señal a transmitir $S_c(t)=m(t)e^{j2\pi f_c t}$; esta señal entrará a un medio en el cual sufrirá los siguientes efectos:

- **Dispersión temporal**⁶: Cuando se transmite un impulso, a causa de la propagación multitrayecto llegan múltiples impulsos al receptor con retardos t_i (cada trayecto produce un eco). En la figura 3 se puede observar este fenómeno.

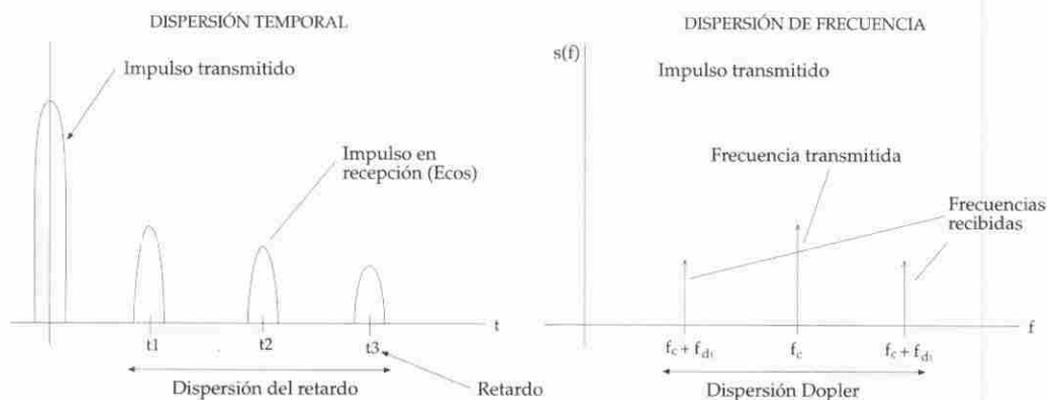


Figura 3. Dispersión temporal t dispersión de frecuencia

- **Dispersión de frecuencia**⁷: Cuando se transmite una onda continua de frecuencia f_c , llegan al receptor múltiples ondas de frecuencias $f_c \pm f_{d_i}$, siendo f_{d_i} el desplazamiento Doppler para el trayecto i -ésimo. (véase la figura 3).

⁵ Documento [3G TS 25.105 v. 330] del 3GPP.

⁶ Documentación proporcionada en el Postgrado en Sistemas y Redes de Comunicaciones realizado en la Universidad Politécnica de Madrid - España.

⁷ *Ibíd.*

Con base en la figura 4, si suponemos que el receptor se mueve con una velocidad constante a lo largo de una trayectoria, decimos que el aparente cambio en frecuencia o desplazamiento Doppler (fd_i) está dado por:

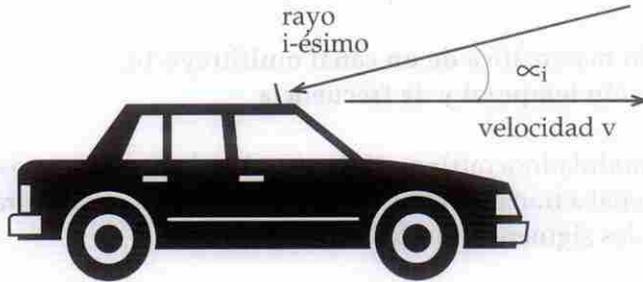


Figura 4. Descripción del efecto Doppler

$$fd_i = fd \cos \alpha_i \quad (2.1)$$

donde α_i es el ángulo que forma el rayo i -ésimo incidente con la dirección del móvil; y fd está dado por:

$$fd = \frac{v}{c} fc \quad (2.2)$$

Donde v es la velocidad del móvil, fc es la frecuencia de la onda portadora, y C es la velocidad de la luz.

Entonces, se puede decir que al equipo receptor no sólo le llega la señal $S_i(t)$, sino además n -rayos, que serán las versiones atenuadas y desplazadas de $S_i(t)$ tanto en tiempo como en frecuencia.

Si se establece que $S_R(t)$ es la señal que llega al equipo receptor, esta señal estará conformada de la siguiente forma:

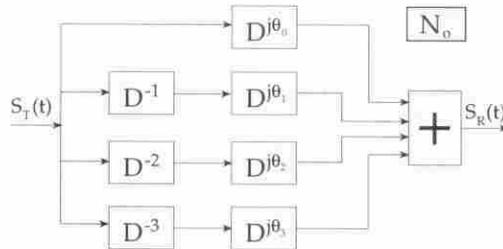
$$S_R(t) = \sum_{i=0}^{i=n} a_i m(t - \tau_i) e^{j[2\pi(fc + fd \cos \alpha_i)(t - \tau_i) + \phi_i]} \quad (2.3)$$

donde $t_0=0$ y j es la representación matemática de la rotación de fase producto del tiempo recorrido, las condiciones ambientales del momento y el instante mismo de la llegada de la señal al receptor.

La señal en banda base para el caso en el cual tenemos un canal de cuatro rayos $S_R(t)$ es:

$$S_R(t) = a_0 m(t) e^{j[2\pi(f_d \cos \alpha_0 t) \theta_0 + \phi_0]} + a_1 m(t - \tau_1) e^{j[2\pi(f_d \cos \alpha_1 (t - \tau_1) \tau_1 f_c \theta_1) + \phi_1]} + a_2 m(t - \tau_2) e^{j[2\pi(f_d \cos \alpha_2 (t - \tau_2) \tau_2 f_c \theta_2) + \phi_2]} + a_3 m(t - \tau_3) e^{j[2\pi(f_d \cos \alpha_3 (t - \tau_3) \tau_3 f_c \theta_3) + \phi_3]} \quad (2.4)$$

La ecuación 2.4 es el modelo matemático con el cual se trabajó para la obtención de los resultados definitivos. En la figura 5 puede observarse el diagrama de este canal.



D : Delay

θ_0 : Desfase del canal al rayo directo

θ_1 : Desfase del canal al primer rayo

θ_2 : Desfase del cana al segundo rayo

θ_3 : Desfase del canal al tercer rayo

N_o : Interferencia de otras estaciones bases y ruido del ambiente

$S_T(t)$: Señal a la salida del transmisor

$S_R(t)$: Señal a la entrada del receptor

Figura 5. Diagrama del Canal Multitrayecto

Se puede notar en el diagrama que aparte de los cuatro rayos se suma una interferencia denominada N_o , que representa el ruido del ambiente (gaussiano), y la interferencia de otras estaciones bases.

2.3. MÓDULO DEL RECEPTOR

Para que el tercer paso del proceso de sincronización pueda darse es indispensable que los dos primeros pasos se hayan llevado a cabo correctamente; por lo tanto, el funcionamiento de este sistema estimador y corrector del desfase parte del supuesto que se conozca el inicio de trama y que además conocemos el grupo de códigos *midamble* dentro del cual se encuentra la estación base más cercana. En la figura 6 se muestra el diagrama del receptor.

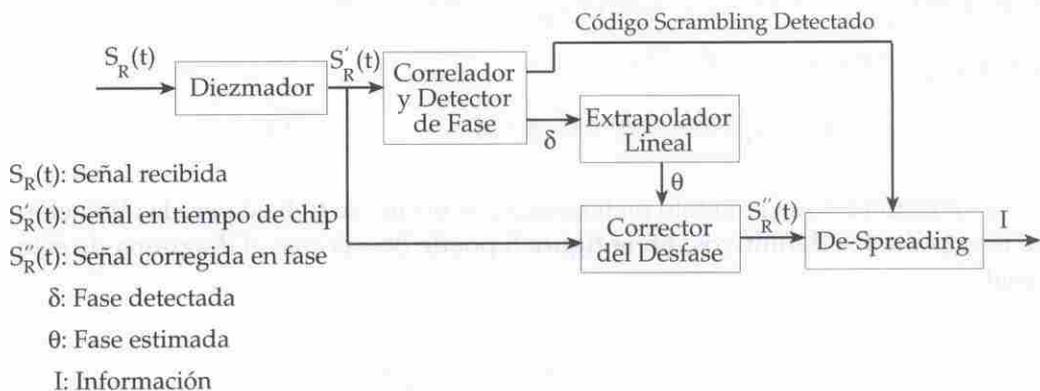


Figura 6. Diagrama del Receptor

El primer bloque del receptor es el Diezmador, el cual está compuesto de un filtro de raíz de coseno alzado y un dispositivo diezmador. Este filtro es necesario, puesto que se trabaja con un modelo de canal en su equivalente paso bajo. La señal de entrada al receptor está interpolada; es por esto que para volver a tener a la señal en tiempo de chip se debe hacer pasar la señal por el bloque del Diezmador.

Luego la señal entra a un segundo bloque del proceso, denominado Correlador y Detector de Fase. Este bloque toma el área del burst correspondiente al *midamble* y lo correlaciona con cuatro posibles códigos *midambles* del grupo ya detectado en el segundo paso de sincronización. Esta correlación se realiza sobre áreas de 64 chips con el propósito de tomar ocho muestras de fase sobre toda su dimensión (512 chips). El tamaño de las muestras en las cuales se dividió el *midamble* (ocho) se tomó teniendo en cuenta que no afectara la probabilidad de detección del mismo, y que además brindara conocimiento de la fase del BCH.

A la salida de este bloque se ha detectado el código básico *midamble* y, por lo tanto, el código *scrambling* por el cual fue multiplicada el área de datos del *burst*, ya que cada código *midamble* está relacionado con un código *scrambling* específico. Por consiguiente, ya se conoce la estación base con la cual la estación terminal establecerá la comunicación.

El mecanismo planteado como solución al problema del desfase del BCH se lleva a cabo específicamente en los bloques Extrapolador y Corrector de fase; por lo tanto, estos dos bloques serán explicados más detalladamente.

2.3.1. Extrapolador

Este bloque tiene como tarea tomar los ocho valores de fase detectados por el módulo anterior, y establecer una función para realizar una predicción del comportamiento del desfase sobre el área de datos del *burst*.

Los estudios hechos sobre los canales multitrayectos muestran que existen efectos sobre la fase de las señales que viajan a través de él. Para el desarrollo de este sistema se trabajó con dos de ellos, uno debido al efecto Doppler y que se presenta como un incremento chip a chip, y otro que es la rotación de fase característica del canal. Como estos dos son los efectos sobre la fase debidos al canal, la corrección del desfase de los datos del BCH se basa en la corrección de estos dos efectos.

UTRA-TDD considera velocidades de móviles inferiores a 120 Km/h; esto implica que la variación de fase debida al efecto Doppler sea muy lenta. Por esto se consideró un modelo lineal de la fase. El modelo de desfase presente en cada chip de la señal recibida es el siguiente:

$$\delta_n = n\Delta_{\text{chip}} + \phi + \epsilon_n \quad (2.5)$$

donde:

ϕ es el desfase introducido por el canal (rotación de fase), ϵ_n es el error de fase debido a ruido e interferencias, n es el número del chip, y Δ_{chip} es el incremento de fase entre cada chip debido al efecto Doppler. En la figura 4 puede verse que: $\Delta_{\text{chip}} = 2 * p * f_d * (\cos \alpha) * t$, donde α es el ángulo que se forma entre el rayo *i-ésimo* y la dirección del móvil y f_d es la frecuencia Doppler y está dada por la ecuación 2.2.

El método empleado para la estimación del desfase consiste en tomar las ocho muestras de fase (δ) que nos proporciona el bloque detector de fase y hallar el incremento de fase (Δ) entre cada bloque de 64 chips. Como el midamble tiene una dimensión de 512 chips, el número de D es 7. Esto se hace de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \Delta_0 &= \delta_1 - \delta_0, \\ \Delta_1 &= \delta_2 - \delta_1, \dots, \Delta_6 = \delta_7 - \delta_6 \end{aligned}$$

Como se supone un modelo lineal, el incremento de fase debe ser aproximadamente el mismo; entonces se calcula un incremento promedio de fase cada 64 chips, esto es:

$$\Delta_p = \frac{\Delta_0 + \Delta_1 + \dots + \Delta_6}{7} \quad (2.6)$$

Este promedio es acertado si se considera que el término ϵ_n es ruido *gaussiano* de media cero, tal como se ha supuesto desde un comienzo.

Como lo que se desea es encontrar el incremento promedio por chip, el Δ_p debe dividirse entre 64, ya que éste es el número de chips acumulados para cada bloque de muestra, entonces:

$$\Delta_{\text{chip}} = \frac{\Delta_p}{64} \quad (2.7)$$

Como se está trabajando con un modelo de canal de cuatro rayos y una interferencia vinculada a nuestra señal a transmitir, se debe introducir un factor de corrección f_{cor} al modelo anterior. La corrección es la siguiente: $\Delta_{\text{chip}} = \frac{\Delta_p}{64} + f_{\text{cor}}$, de donde f_{cor} es la desviación introducida por la interferencia sobre la señal y los efectos de multitrayecto.

Se debe tener en cuenta que este promedio sólo funciona si la rotación de fase es inferior a 2π . Para las velocidades contempladas por UTRA-TDD, es claro que $n\Delta$ siempre será menor a 2π .

En la figura 7 se puede aclarar el funcionamiento del método descrito.

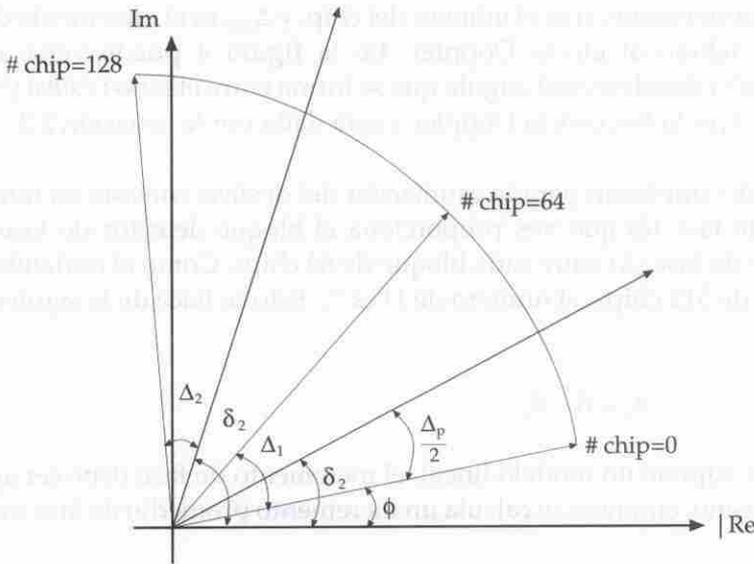


Figura 7. Diagrama fasorial

Para calcular ϕ , primero se compensa el incremento promedio de fase cada 64 chips, esto es: $\phi_0 = \delta_0 - (\frac{1}{2} + 0)\Delta_p$, $\phi_1 = \delta_1 - (\frac{1}{2} + 1)\Delta_p$, , $\phi_7 = \delta_7 - (\frac{1}{2} + 7)\Delta_p$

Luego, se promedian los diferentes valores y se obtiene el valor estimado de ϕ :

$$\phi = \frac{\phi_0 + \phi_1 + \dots + \phi_7}{8} \tag{2.8}$$

Ahora es posible compensar el efecto del canal sobre el área de datos. Como el modelo escogido es lineal, basta extrapolar a partir de las muestras del *midamble* cuál es la compensación para un chip n , ya sea que se encuentre antes o después del *midamble*.

Entonces, el ángulo de compensación para un chip n del área de datos está dado por:

$$\theta_n = \phi + (n - 977) * \Delta_{chip} \tag{2.9}$$

Donde $n \in [0, 976] \cup [1488, 2463]$.

En la figura 8 se puede observar el modelo de extrapolación.

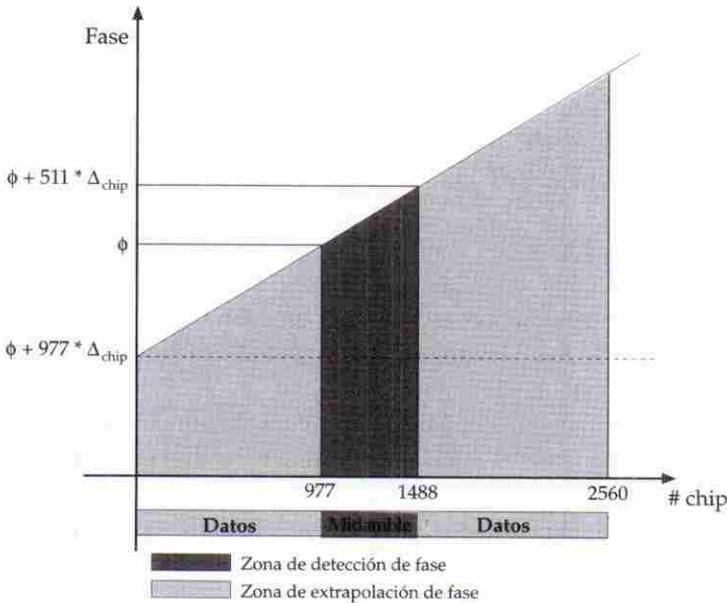


Figura 8. Modelo de extrapolación del desfase

2.3.1. Eliminador de Desfases

A la entrada de este bloque tenemos una función de extrapolación, la cual representa el desfase presente en el área de datos del burst, es decir, si suponemos que la señal $m(t)$ es la representación de estos datos en el transmisor, que después de pasar por el canal multitrayeto se transformó en $m(t)e^{j\theta}$, donde $e^{j\theta}$ representa el desfase introducido durante su viaje hasta llegar al receptor. La función del presente bloque es multiplicar la señal de llegada por un término que elimine el desfase presente en ella; este término por el cual va a multiplicar la señal es el resultado obtenido del bloque anterior (Extrapolador). La eliminación del desfase se da de la siguiente forma:

$$m_R(t) = m(t) e^{j\theta} * e^{-j\theta'} \quad (2.10)$$

Donde θ' es la función de extrapolación.

La señal resultante $m_R(t)$ no estará sin desfase, pero éste será lo suficientemente pequeño como para realizar el siguiente paso del sistema de forma óptima (*de-spreading*).

Teniendo entonces los chips en fase se procede a realizar el *de-spreading*; este proceso lo lleva a cabo el último bloque del sistema. Este proceso consiste en correlar sobre grupos de 16 chips los códigos de *scrambling* y de canalización (que ya fueron detectados en los pasos anteriores) con la señal que sale del bloque Eliminador de Desfases. De esta forma se obtiene una secuencia de números complejos a los cuales se les examinará su argumento para detectar los símbolos enviados. Después de esto se procede a la conversión de los símbolos en bits y a la obtención de la información que viaja sobre el canal P-CCPCH.

3. PRUEBAS Y RESULTADOS

Los parámetros utilizados para corroborar el funcionamiento del presente sistema, es decir, las medidas de calidad del mismo, son las siguientes:

- I. Probabilidad de Detección del Midamble Vs Relación señal a Ruido (E_b/I_0)
- II. Tasa de Error de Bit (BER) Vs Relación señal a Ruido (E_b/I_0)

La primera medida de calidad se realizó variando tres parámetros: la velocidad del móvil, la interferencia de las estaciones bases cercanas y la división del midamble.

La división que se realiza sobre el midamble es con el objetivo de detectar cuál es el tamaño ideal en el cual se encuentran equilibrado los factores de inmunidad al ruido y el de representación de fase; estos dos factores son los que determinan que se pueda tomar un número n de muestras de fase sobre el área del midamble, sin afectar la probabilidad de detección del mismo. Si el área del midamble se toma en toda su longitud (512 chips), la probabilidad de detección será máxima, pero sólo se tendrá una muestra de fase, con lo cual es imposible realizar una estimación de la misma sobre el área de los datos. Si, por el contrario, se toman bloques de 16 chips, el ruido al cual está expuesta la señal distorsiona la información de fase, y además la probabilidad de detección del código midamble disminuye en gran proporción. Al analizar las gráficas que muestran la probabilidad de detección Vs ganancia del proceso, se puede decir que el número óptimo en el cual se puede dividir el midamble, y conservar en un nivel alto los factores de inmunidad al ruido y de representación de fase, es 64 chips.

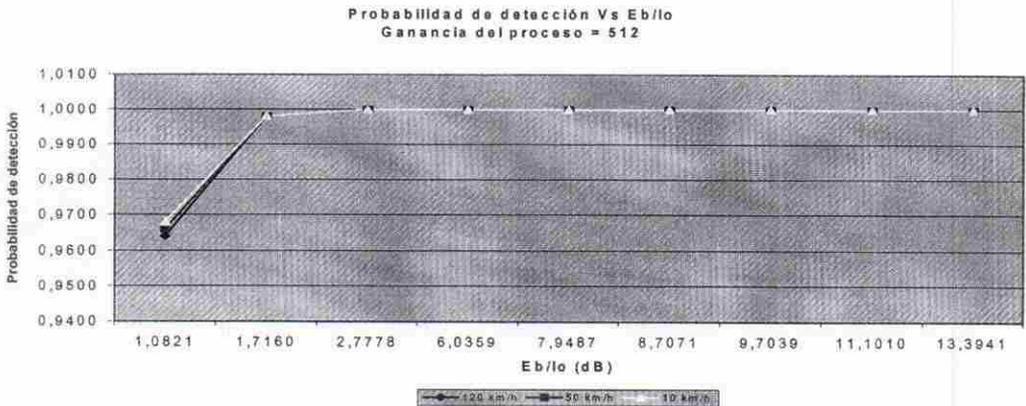


Figura 9. Probabilidad de detección (512) Vs Eb/Io

En las figuras 10 y 11 se puede notar que la velocidad no es un factor determinante para la probabilidad de detección del midamble. Como sabemos, este factor se encuentra relacionado con el desfase introducido por el efecto Doppler, y como ya mencionamos, este efecto es pequeño con respecto a la influencia del desfase producido por una rotación de fase introducida por el canal.

Ya teniendo determinado el número de muestras de fase sobre el área del midamble para la realización de la estimación y extrapolación de la misma, se procede a la realización de las pruebas para obtener los resultados que muestran el comportamiento del sistema con respecto a la segunda medida de calidad (BER).

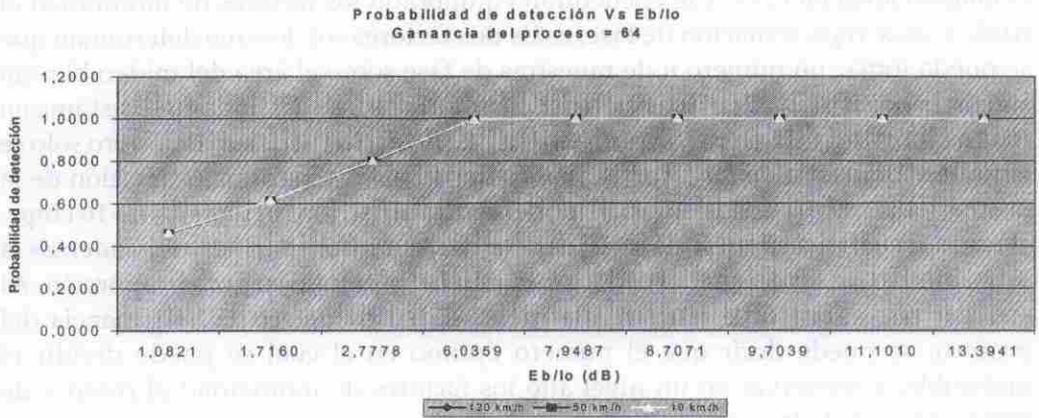


Figura 10. Probabilidad de detección (64) Vs Eb/Io

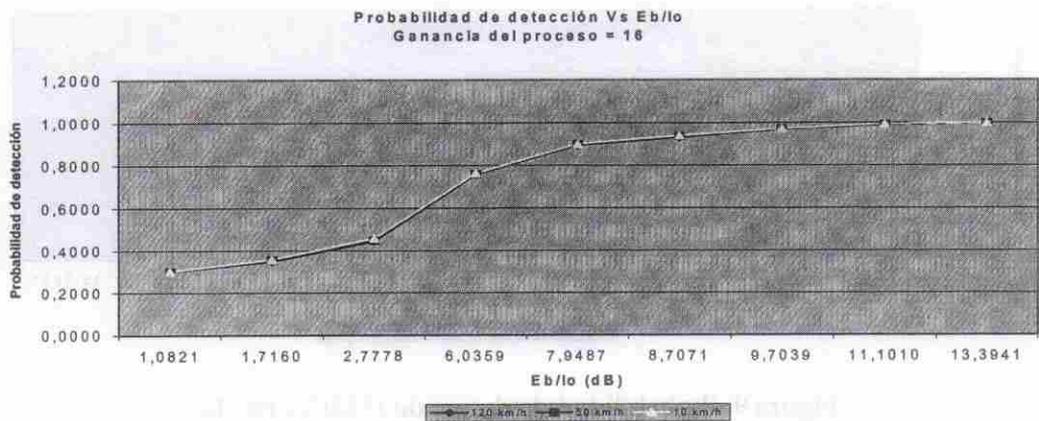


Figura 11. Probabilidad de detección (16) Vs Eb/Io

El BER representa la capacidad del sistema para recuperar la información transportada sobre el P-CCPCH, después de pasar por un canal multitrayecto, ser sometida a la interferencia de las estaciones bases cercanas y a una condición extrema, como lo es la velocidad a la cual se encuentra el móvil al momento de la sincronización y adquisición de la señal.

Para efectos de simulación se establecieron dos situaciones diferentes que originan el desfase introducido a la señal por parte del canal multitrayecto: en el primer

caso se establece que la rotación de fase es menor a 45° ; en el segundo caso se establece rotaciones de fase entre 0° y 360° .

Se tomó para el primer caso una rotación menor a 45 grados, porque en este rango se logra una mejor apreciación del efecto del Doppler sobre la señal, ya que el sistema trabaja con modulación QPSK; mientras que el segundo nos muestra el comportamiento del sistema bajo condiciones que se acercan más a las reales.

Al observar los resultados en las gráficas siguientes se debe notar que para el Caso 1 (figura 12), donde el desfase en la señal de llegada es menor que en el Caso 2 (figura 13), la velocidad del móvil es un factor de alta importancia. Es claro que a mayor velocidad (120Km/h) el VER, con y sin corrección de desfase, aumenta con respecto al obtenido cuando se trabaja a velocidades bajas (5km/h). En el Caso 2 notamos que el BER sin corrección es demasiado alto en comparación con el obtenido después de la corrección y el efecto de la velocidad pasa a un segundo plano.

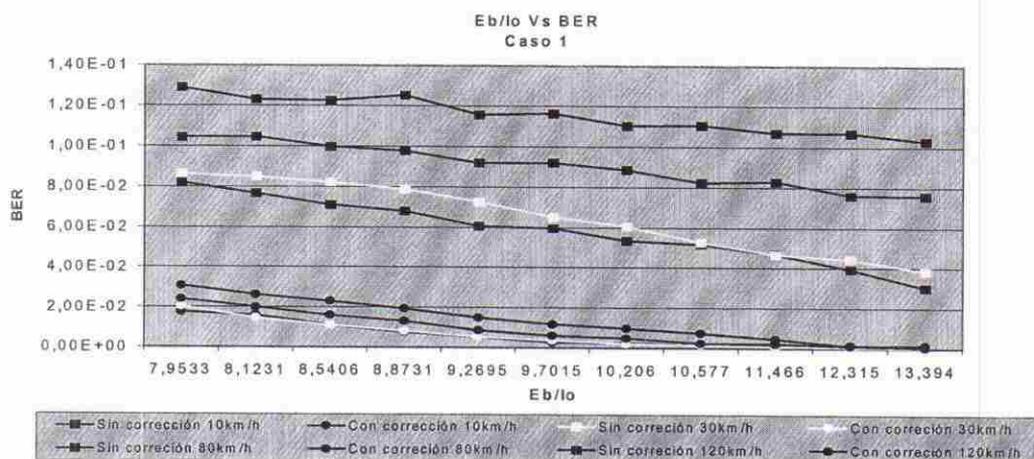


Figura 12. Eb/Io Vs BER (Caso 1)

Con las figuras 12 y 13 se demuestra que el efecto Doppler, el cual se encuentra ligado a la velocidad del móvil, es mucho menor que el efecto que puede tener una rotación de fase mayor a 45° producto de las condiciones del canal y del momento de la sincronización.

⁹BARRIOS, Néstor y RODRÍGUEZ, Angélica. Diseño de un módulo de detección y corrección del desfase del canal de difusión BCH (Broadcast Channel) durante el tercer paso del proceso de sincronización en el enlace descendente del sistema UTRA - TDD (UMTS/IMT-2000). Colombia, 2000. p 60. Proyecto de grado (Ingeniero Electrónico), Universidad del Norte.

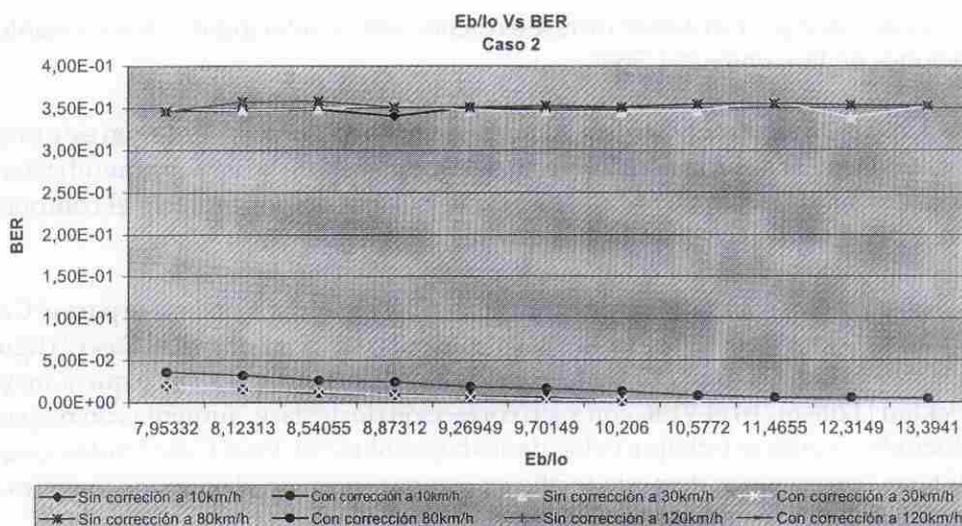


Figura 13. Eb/Io Vs BER (Caso 2)

Con las curvas obtenidas para el Caso 2 se justifica claramente la utilización de un dispositivo corrector de fase en la estación receptora. Es importante recalcar que el Caso 1 sólo se realizó para comparar los efectos del Doppler con respecto al efecto de la rotación del canal, y que este Caso, a diferencia del Caso 2, no supone rotaciones de fase mayores a 45° , que sí se pueden presentar en la realidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la modelación de un canal multitrayecto, como la planteada en este trabajo, se establecen dos efectos de cambio de fase en la señal que pasa por él: el efecto Doppler y la rotación de fase del canal. Gracias a los resultados obtenidos en las simulaciones se puede confirmar que el primero de ellos es muy inferior al segundo, pero para los casos en que la rotación de fase es menor a 45° , es notable la intervención del efecto Doppler en la distorsión de la señal.
- Al momento de tomar muestras de la señal con el propósito de representar su desfase, es necesario acumular un cierto número de chips que permita eliminar la contribución del ruido gaussiano, pero que mantenga la información del incremento de fase que se presenta chip a chip.
- Para el dispositivo receptor, la única área sobre la cual se puede tener un fácil conocimiento es el área del midamble. Gracias a esto es posible tomar esta área para la realización del estudio de la fase de toda la señal transmitida. Las pruebas realizadas sobre esta área muestran que tomando bloques de 64 chips es posible

mantener la probabilidad de detección de la estación base muy cercana a uno, y además tomar muestras de fase de la señal que cumplan con los requisitos planteados en el punto anterior.

- Como el área del midamble se divide en bloques de 64 chips, lo cual no altera la probabilidad de detección de la estación base y al mismo tiempo genera muestras de fase de la señal, se garantiza que no es necesario esperar una siguiente trama para realizar el proceso de corrección de fase.
- La mejor función de extrapolación es aquella que se acerque más a la representación de las interferencias que sufre la señal. A medida que la función sea capaz de realizar una mejor modelación de las interferencias a las cuales se ve expuesta la señal, en la misma medida será capaz de corregirlas. Por esta razón, el modelo de extrapolación lineal se planteó de tal forma que fuera capaz de representar tanto el desfase entre chip y chip como el desfase debido a la rotación del canal presente en el área de datos del burst.
- La recopilación de todas las tablas y gráficas obtenidas en el desarrollo del proyecto muestran que es necesario utilizar un mecanismo de corrección de fase para garantizar la correcta recuperación de la información que viaja sobre el BCH.
- El modelo de extrapolación y de corrección de fase desarrollados en este proyecto muestra resultados satisfactorios con respecto a las respuestas que se obtienen cuando no se utiliza.
- Se recomienda realizar todas estas pruebas y validar el funcionamiento del módulo diseñado para velocidades mayores a 120 Km/h y menores a 340 Km/h, ya que para una velocidad de 340 km/h aun el tiempo de coherencia⁹ es mayor a un slot, y entonces este sistema podría aplicarse sin problemas.

Referencias

- CAMPANELLA PINEDA, Humberto. Unidad de Adquisición para un receptor W-CDMA (UMTS) en Modo de Operación TDD: Diseño y Caracterización. Madrid, 1998, 41 p. Trabajo de grado (Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones), Universidad Politécnica de Madrid.
- BARRIOS, Néstor y RODRÍGUEZ, Angélica. Diseño de un módulo de detección y corrección del desfase del canal de difusión BCH (Broadcast Channel) durante el tercer paso del proceso de sincronización en el enlace descendente del sistema UTRA - TDD (UMTS/IMT-2000). Colombia, 2000. 138p. Proyecto de grado (Ingeniero Electrónico), Universidad del Norte.

PIGEAU, Nicolás. *Diseño de un Receptor para la Norma UTRA-TDD*. Madrid, 1999. Proyecto de fin de carrera de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones (ETSI), Universidad Politécnica de Madrid.

PROAKIS, John. *Digital Communications Systems*, 4ª ed. Boston: McGraw-Hill, 2000. 1002 p.

SAMPEI, Seiichi. *Application of Digital Wireless Technology to Global Wireless Communication*. Estados Unidos: Prentice-Hall, 1997. 558 p.

Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD). (Junio del 2000). (Vía Internet). ftp://ftp.3gpp.org/Specs/2000-06/R1999/25_series/25221-330.zip

Spreading and modulation (TDD) (junio del 2000). (Vía Internet). ftp://ftp.3gpp.org/Specs/2000-06/R1999/25_series/25223-330.zip

UTRA (BS) TDD: Radio transmission and reception (junio del 2000). (Vía Internet). ftp://ftp.3gpp.org/Specs/2000-06/R1999/25_series/25105-330.zip

Referencias