

Problemáticas en la recepción del enlace descendente en UTRA-TDD

Umberto Campanella*

Resumen

Las etapas de adquisición y demodulación de usuario en UTRA-TDD se ven dificultadas bien por la presencia de imperfecciones en la realización física de los sistemas de comunicación, o bien por la presencia de ruido, interferencias y filtros introducidos por el canal de comunicaciones. El objetivo de este artículo es describir algunas de estas situaciones, de manera que sirvan de marco de referencia para el diseño y desarrollo de mecanismos que puedan corregirlas. Para ello se hace referencia a los estudios realizados hasta el momento en UTRA, y sus resultados. Finalmente se concluye que la caracterización y simulación de dichas situaciones permitirán definir la viabilidad de las estrategias de corrección que proponga el Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones y Señales.

Palabras claves: CDMA, UMTS, UTRA-TDD, adquisición, detección de usuario (demodulación), pre-distorsión (pre-igualación), derivas, estimación de fase.

Abstract

Acquisition and user demodulation (or despreading) processes in UTRA-TDD are affected by non ideal implementations of communications systems, and by external influences such as noise, other-users interference and filtering introduced by the physical channel. The scope in this paper is to describe some of these non-ideal situations, as they can be used as a reference frame in designing and developing procedures of correction. By this, references to previous studies in UTRA and its results, are done. Finally it is concluded that characterization and simulation of such situations should define viability of the correction strategies to be proposed.

Key words: CDMA, UMTS, UTRA-TDD, acquisition, user detection (demodulation), pre-distortion (pre-equalization), drifts, phase estimation.

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2000

1. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo se está trabajando en el desarrollo de un sistema de comuni-

caciones móviles universales, entendido como aquel que provea, a través de una misma interfaz, múltiples servicios de voz, datos, imágenes y por supuesto Internet. Dicho sistema de comunicaciones móviles pertenece al grupo de tecnologías en proceso de definición, conocidas como Comunicaciones Mó-

* Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid. Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana. (e-mail: hcampane@uninorte.edu.co)

viles de Tercera Generación. A nivel de las organizaciones regulatorias y de estandarización de las telecomunicaciones, particularmente el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) y la ITU (*International Telecommunications Unit*), se tienen grupos de expertos trabajando en la definición de tal sistema de comunicaciones universales, denominado UMTS o IMT-2000, respectivamente, por el ETSI y la ITU.

Uno de los servicios propuestos en UMTS se conoce como UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*), en sus dos modos de explotación: dúplex por división en frecuencia (FDD) y dúplex por división en el tiempo (TDD). En este último servicio, el Grupo de Radiocomunicaciones y Señales ha trabajado activamente en lo que concierne al estudio de la capa física de UTRA-TDD, y en particular, el proceso de adquisición o sincronización de la estación terminal (móvil en general) con el sistema. Las conclusiones de este primer estudio sobre adquisición se encuentran en [1].

Dichas conclusiones revelan que la presencia de situaciones no ideales afectarían de manera significativa el rendimiento del sistema para aplicaciones vehiculares, las cuales restringirían el uso del servicio para la aplicación de acceso fijo inalámbrico (WLL), bajo el supuesto de un enlace descendente bastante controlado en su diseño. A continuación se describen algunas de las situaciones no ideales que se consideran como factores relevantes en la degradación del enlace descendente para UTRA-

TDD, sin ser dicha descripción excluyente de otras situaciones que puedan igualmente degradar el desempeño del sistema.

2. PROBLEMÁTICAS EN UTRA-TDD

2.1. Sincronización en la frontera de tres estaciones base (BS) vecinas

El proceso de sincronización o adquisición en UTRA se basa en el uso de correladores y filtros adaptados a los canales de sincronismo (los SCHs o *Synchronism Channels*, según los define el ETSI), empleando como criterio de finalización del proceso el conocimiento de la fase o instante de tiempo en que los filtros o correladores entregan la máxima respuesta ante una señal de entrada compuesta por ruido, interferencia por otros usuarios y, por supuesto, los mismos canales de sincronismo. Debido a que el proceso de adquisición se inicia en un momento arbitrario, el objetivo del mismo es proveer información que permita identificar cuáles son los canales de sincronización empleados y cuáles son sus temporizaciones, es decir, cuándo tiene lugar el próximo ciclo del canal. Una vez se define lo anterior se podrán leer los canales del enlace descendente (BCCH, entre otros) y proceder a solicitar servicios usando el RACH, canal del enlace ascendente. El anterior proceso se realiza en tres pasos:

- *Step 1*: Detección del PSCH
- *Step 2*: Detección del SSCH
- *Step 3*: Discriminación del código *scrambling* de la BS

Se supone que dicho proceso debe ser re-iniciado de forma periódica, a fin de garantizar la sincronización indefinida de la Estación Terminal (TS), aunque como primera aproximación, y para el caso exclusivo de UTRA-TDD, podría realizarse una sola vez, con la salvedad de que no contemplaría nuevas y mejores condiciones de sincronización ocasionadas por la eventual movilidad de la TS.

• **Step 1: Detección del PSCH**

Tal como se define en las referencias [1] y [2], la primera etapa (*Step 1*) consiste en encontrar la temporización del PSCH. Como también se menciona en las referencias, todas las estaciones base (BS) de un sistema usan la misma secuencia Gold para generar este PSCH, y adicionalmente lo transmiten con la misma potencia y en sincronía. Debido a ello, se espera que la respuesta de los filtros

adaptados a los PSCH correspondientes a la transmisión de cada BS coincida en el tiempo (y por tanto se refuerce), salvo diferencias de fase que serán introducidas por efectos de los distintos caminos que toma la propagación de la señal hasta la Estación Terminal (TS) (ver figura 1). En general, cada trayecto de separación entre la TS y cada BS vecina a ella es diferente en longitud y condiciones de propagación, y por tanto afecta la detección del PSCH de tres maneras:

- Fase en el receptor de los canales PSCH y SSCH.
- Instante de tiempo en el cual se detecta el pico de máxima respuesta del filtro.
- Potencias de recepción de la señal y del pico de máxima respuesta.

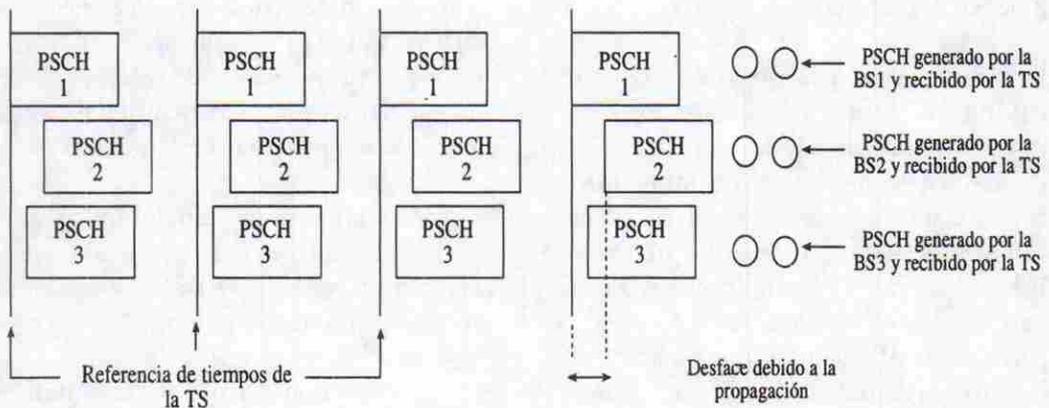


Figura 1
Desfase del PSCH debido a la propagación

Por lo anterior es posible encontrar varios picos de potencia considerable a la salida del filtro adaptado, correspondientes a las estaciones base circundantes a la estación terminal. El caso más crítico se da con la detección de picos de potencias similares y en instantes de tiempo muy cercanos, en el escenario en el que las condiciones de propagación y la distancia de separación entre TS y las BS (típicamente 3 debido a la geometría celular del sistema) sean aproximadamente las mismas. Este escenario conlleva a que si el proceso de adquisición se repite periódicamente, la tendencia de sincronización será oscilante, es decir, el resultado de la adquisición asignará BS servidoras diferentes en cada ciclo, justificado por la discriminación de códigos *scrambling* distintos al final del *Step 3*. En resumen, el escenario planteado afecta todos los pasos de la adquisición y deriva en un excesivo uso de recursos de procesamiento de señal en el receptor de la TS.

• **Step 2: Detección del SSCH**

Como consecuencia de lo que ocurre durante el *Step 1* en el escenario de máximo conflicto, la detección del SSCH conlleva a la elección de un canal inestable. Cabe recordar que el procedimiento de detección en el *Step 2* involucra el uso de 17 correladores sincronizados a nivel de slot, además de un proceso de almacenamiento y acumulación de la respuesta de los correladores durante una trama. Como resultado del anterior proceso, se selecciona la máxima acumulación. Dicho resultado se

usa para iniciar una búsqueda selectiva que decodificará el *scrambling* durante el *Step 3*. Siendo consecuente con la problemática descrita, el proceso de acumulación arrojará otras respuestas de potencia considerable (dos más presumiblemente) a la considerada en principio. Toda la información anterior debería ser entregada al módulo de ejecución del *Step 3*, con el fin de proveerlo de los mejores elementos de juicio para decidir sobre la BS servidora.

• **Step 3: Discriminación del código *scrambling* de la BS**

Debido a que la búsqueda que se realiza en este paso es selectiva (sobre 16 BS posibles), la localización de la TS en el área de conflicto también afecta el juicio sobre la selección de la BS. Se esperaría, en principio, la comparación de hasta tres respuestas máximas, correspondientes cada una a procesos de búsqueda selectiva paralelos. Ello implica un alto consumo de recursos, incluyendo la definición de la fase para cada proceso de búsqueda y la replicación de rutinas de *software* para entregar las respuestas correspondientes, además del almacenamiento de las mismas.

En conclusión, la problemática de sincronizar la TS en la frontera de separación de al menos tres BS debe conducir a las siguientes acciones:

- Proponer una definición cuantitativa para la región donde la TS se encuentre en situación conflictiva. Dicha región puede llamarse *Área de Frontera de BS*.

- Determinar los umbrales de potencia de los picos de correlación y filtrado para considerar la ubicación del móvil dentro del *Área de Frontera de BS*.
- Definir las estrategias, incluyendo las de *handover*, que permitan un proceso de adquisición viable y eficiente en términos de estabilidad y consumo de recursos.
- Caracterizar dichas estrategias mediante un diseño *software*.
- Validar la caracterización por medio de simulación.

2.2. Estudio del UL para pre-distorsión (pre-igualación) del DL

Uno de los temas que más se discute actualmente es la viabilidad del uso de la pre-distorsión del DL, con base en las medidas que se realicen sobre el UL, y su superioridad sobre otros mecanis-

mos como la detección conjunta o *joint detection*, como proceso de mejoramiento de la calidad de la recepción en la TS.

El proceso de pre-distorsión se define como aquel que lleva a cabo uno de los extremos de la interfaz de aire, en principio la BS debido a consideraciones de complejidad y costos, y que consiste en medir la distorsión introducida por el canal sobre el enlace ascendente o *Up Link* (UL) para aplicar una igualación o «equalización» de la transmisión del enlace descendente o *Down Link* (DL) que compensa o corrige la distorsión introducida en el UL. En otras palabras, el proceso de pre-distorsión pretende encontrar una función de transferencia $h[n]$ para el canal que caracteriza al UL, y filtrar con su función inversa ($h^{-1}[n]$), justo antes de la puesta en antena de la señal correspondiente, al DL, tal como ilustra la figura 2.

La justificación de la pre-distorsión en UTRA-TDD debe considerar varias

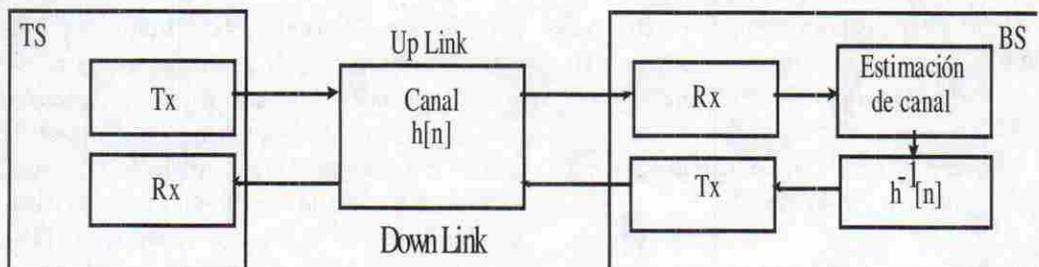


Figura 2
Pre-distorsión en UTRA-TDD

situaciones que entran en mutuo conflicto, y que deberían ser ponderadas para decidir si se adopta o no como funcionalidad de la BS. Tales consideraciones se establecen a continuación como marco de referencia para el estudio de la pre-distorsión.

- **Selectividad en Frecuencia versus Selectividad en el Tiempo**

Tal vez el hecho que más justificaría el uso de pre-distorsión en UTRA-TDD sea el que tanto el UL como el DL comparten la misma frecuencia de trabajo, con lo cual se podría argumentar simetría en la selectividad en frecuencia del canal, es decir, que el canal presenta el mismo comportamiento de filtrado, tanto de subida como de bajada ($h[n]/H(f)$ es igual para DL y UL). Sin embargo, en oposición a este argumento, el modo de explotación TDD obliga a que la transmisión y recepción se realicen en intervalos distintos de tiempo, sin certeza de la invariabilidad con el tiempo de la respuesta $h[n]$. Esto obligaría a definir bajo qué escenarios de explotación (acceso fijo, alta movilidad, etc.) el canal sería relativamente invariable con el tiempo. Lo anterior introduciría complejidad en la asignación de recursos de DL, y presumiblemente reduciría la flexibilidad de dicha asignación.

- **Estrategias de medición del UL y de distorsión sobre el DL**

Debido a los anteriores cuestionamientos, no es posible anticipar la validez de las mediciones que se hagan

sobre el UL para todos los intervalos de tiempo que conforman la trama en UTRA-TDD. Adicionalmente a dichos conflictos, hay que considerar el problema de la generalidad de la medida que se practique sobre uno de los trayectos. Si se tienen múltiples usuarios servidos por una BS, cada uno en general con trayectos diferentes TS-BS, el punto será determinar si la respuesta $h[n]$ es similar o apreciablemente distinta para cada usuario. En el primer caso se pensaría en aplicar la pre-distorsión al DL de todos los usuarios con base en la medida del UL de uno cualquiera de ellos. En el segundo caso se debería definir una estrategia de varias posibles: medición de múltiples $h[n]$, obtención de un $h[n]$ promedio, etc.

Consecuente con lo anterior, la distorsión sobre el DL debe acomodarse a la estrategia definida para la medición del UL. Expresado en otros términos, a una estrategia de medición del UL corresponde una estrategia de distorsión del DL.

- **Impacto en la complejidad y costo de las estaciones base y terminal**

El hecho de realizar mediciones y pre-distorsión implica necesariamente un incremento en la complejidad de la realización de la BS. Como contrapartida se esperaría una simplificación en el receptor de la TS. La complejidad se mediría en términos de calidad de la aproximación, periodicidad de las medidas realizadas, tiempo de ejecución de las rutinas de medición y distorsión,

y en general, del incremento del procesamiento de señal. De forma preliminar, se diría que el factor decisivo será determinar qué pesa más: la mayor complejidad en la BS o la mayor simplificación de la TS.

- **Pre-distorsión versus joint detection**

Hasta el momento existen resultados enfrentados en cuanto a las ventajas o desventajas comparativas del mecanismo de pre-distorsión con respecto a la detección conjunta o *joint detection*. Un estudio de pre-distorsión deberá aportar mayores elementos de juicio en esta discusión.

2.3. Desconocimiento de la fase del BCCH durante la adquisición

El tercer paso (*Step 3*) de la adquisición decodifica el *scrambling* de la BS servidora, poniendo a la TS en disposición de leer el canal de difusión BCCH. Debido a que este canal es compartido por todos los usuarios servidos por la BS, y al carácter público de la información que transporta, el contenido del BCCH es dinámico y no puede ser determinado exclusivamente, como en el caso de los SCH, mediante simples correlaciones o filtrados preestablecidos. En este contexto a los SCH se les conoce como canales *no modulados*, debido a que no son multiplicados por un código de *scrambling*, ni por ninguna otra secuencia predeterminada (exceptuando la de «todos unos», 111..). Caso contrario es el del BCCH, multiplicado por un

scrambling con un contenido dinámico y, en consecuencia, *modulado*.

A lo anteriormente planteado en los procesos de detección del BCCH y SCHs, se suma el problema de la estimación y corrección de fase. En el caso de los SCHs, dos consideraciones fundamentales se tienen presentes. La primera es que la fase se mantiene aproximadamente constante durante 256 chips, lo cual corresponde a la longitud de los SCHs. La segunda es que el contenido del canal es *no modulado* y, por tanto, las tareas de estimación y corrección se limitan a relaciones trigonométricas con base en el resultado de la correlación entre el flujo de la señal de entrada ya sincronizada no coherentemente a nivel de PSCH, y la magnitud del mismo (256).

Sin embargo, el caso del BCCH es menos evidente: primero, por ser *modulado*; segundo, por el contenido desconocido del mismo, y tercero, por su duración (2.560 chips). Empezando por este último hecho, la fase del canal no se puede considerar constante. Si se acepta que la aproximación de fase constante sólo se puede tolerar durante 256 chips, entonces se puede considerar que la fase cambia a tumbos cada 256 chips. Los procedimientos empleados hasta el momento para la decodificación del *scrambling* implican el uso de 6×256 chips, y asumen fase constante durante los 1.536 chips. Como consecuencia de dicha suposición, los resultados de la decodificación del *scrambling* sólo se pueden aplicar para variaciones lentas de fase, típicamente en aplicaciones de

acceso fijo inalámbrico, conocido como *Wireless Local Loop (WLL)*.

Una medida más exhaustiva implica que habría que conocer la fase de los chips 256, 512, 768, hasta el 1.536. Sin embargo, sólo se conoce la de los chips 256, 2.816, 5.376, etc., es decir, al finalizar cada SCH. Se insiste en que dicha fase se conoce por la naturaleza no modulada de los SCHs. Esta situación es ilustrada en la figura 3.

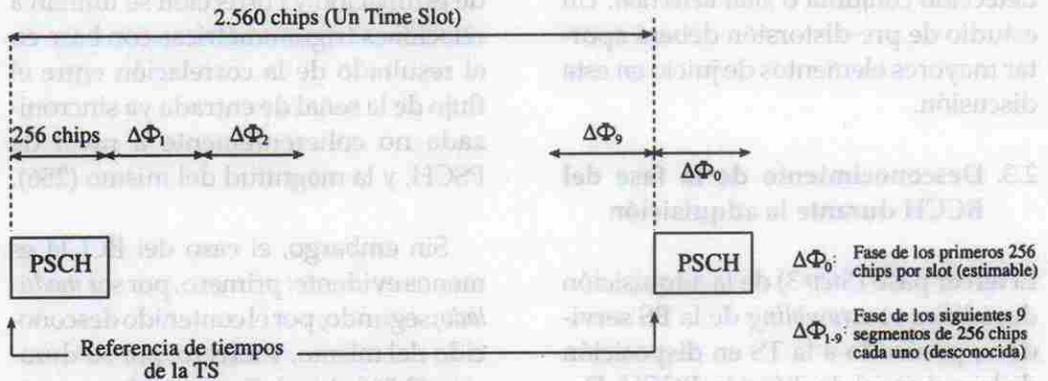


Figura 3
Estimación de la fase del BCCH

En esta instancia, es claro que la estrategia para definir la fase del BCCH es interpolar el valor de la fase al finalizar cada una de las 10 fracciones de 256 chips comprendidas en la longitud de un *slot*, igual a 2.560 chips. En vista de lo anterior, el procedimiento de detección del BCCH debería:

- Proponer varias funciones de interpolación que coincidan en sus valo-

res de fase cada 2.560 chips.

- Proponer igualmente mecanismos para corregir la fase estimada.
- Extender el análisis de fase durante un intervalo de tiempo suficiente, el cual debe ser determinado en función de las condiciones de servicio (movilidad, ruidos, rotaciones de canal, etc.)

La validación mediante simulación del anterior procedimiento permitirá

adoptarlo en el *Step 3* para el proceso de adquisición en UTRA-TDD.

2.4. Exceso de interferencias conocidas en las etapas de adquisición y demodulación de usuario

Todo sistema basado en CDMA, como UTRA-TDD, supone la coexistencia de un grupo de señales en tiempo y frecuencia. Dicha coexistencia es posible

debido al aislamiento que brinda la canalización mediante códigos distintos para cada usuario. Este tratamiento se aplica también a los canales de sincronismo en UTRA, de tal manera que distintos canales de tráfico y señalización se superponen en el tiempo y frecuencia. Por tal razón, los procesos de adquisición y demodulación de usuario se ven afectados por la presencia de la interferencia que añaden otros canales simultáneos a los asignados o de interés para el proceso que se esté realizando.

Como ya se mencionó, el proceso de adquisición se realiza en tres etapas (*Step 1, 2 y 3*). Una vez que se completa el *Step 1*, la fase relativa al comienzo de *slot* del PSCH es conocida, y por lo tanto usada para sincronizar a nivel de *slot*. Sin embargo, la presencia del PSCH en la señal que se va a procesar en el *Step 2* no añade valor a la identificación del SSCH; por el contrario, se constituye en interferencia para él. Nótese que toda la información sobre el PSCH está disponible en esta instancia. Sin embargo, dicha información no se utiliza para mejorar el proceso de adquisición, ni para el *Step 2* ni para el *Step 3*. De manera similar, en el *Step 3* el conocimiento del SSCH es suficiente, y sin embargo éste se convierte en un componente adicional de interferencia conocida.

Igual planteamiento se puede hacer para el proceso de demodulación de usuario. En UTRA-TDD se ha propuesto la convivencia de hasta 16 usuarios dentro de un mismo *time slot*, separados

entre ellos por 16 códigos diferentes con un factor de ensanchamiento máximo de 16. Con tales condiciones, se ha considerado de manera preliminar que la realización de un demodulador utilizando técnicas de detección multiusuario conjunta (*joint detection* o *multiuser detection*) puede ser factible desde el punto de vista de complejidad, en reemplazo del receptor Rake que se usaba tradicionalmente en los sistemas de detección monousuario (*single user*) para CDMA.

La técnica de *joint detection* propone la eliminación de interferencias de forma coherente, y hasta el momento se considera que puede tener lugar en el proceso de demodulación. Por su parte, se puede apreciar que la presencia de interferencias conocidas en la adquisición justificarían su adopción en los *Step 2* y *3*, para eliminar el PSCH y SSCH, respectivamente.

Un estudio más a fondo de la *joint detection* como mecanismo de eliminación de interferencias, contemplaría los siguientes elementos:

- Establecimiento de las condiciones de sistema que permiten la aplicación de distintas estrategias de eliminación de interferencias, incluyendo la de *joint detection*.
- Definición de los distintos tipos o arquitecturas de sistemas de eliminación de interferencias que usen *joint detection*.

- Caracterización de la eliminación de interferencias para el *Step 2* y el *Step 3* de la adquisición usando algunas de las arquitecturas de *joint detection* definidas.
- Caracterización de la eliminación de interferencias para la demodulación de usuario, igualmente por las anteriores arquitecturas.
- Análisis de impacto por la introducción de *joint detection*: mejora en los indicadores de calidad (E_{ssch}/I_0 , E_b/I_0 , probabilidad de detección), incremento de la complejidad del receptor, límites de mejora, etc.

Como conclusión, la simulación de los anteriores elementos permitiría la validación de *joint detection* como mecanismo de eliminación de interferencias.

2.5. Imperfecciones en los osciladores locales de las BS y TS

El problema de la imperfección de los circuitos osciladores que generan las señales portadoras en cualquier sistema de comunicaciones, se constituye en un factor crítico de rendimiento. Estas imperfecciones, sumadas a las frecuencias de trabajo en UTRA (2,4 y 3,5 GHz) y a la alta movilidad que pueden alcanzar las TS, pueden llevar a una degradación severa del proceso de recepción.

En principio, las imperfecciones en los osciladores locales conllevan a que el funcionamiento de los moduladores

y demoduladores gire en torno a una frecuencia central. Debido a consideraciones de costos, estas desviaciones, que se miden en partes por millón de la frecuencia central, son más acentuadas en los relojes de la TS, equipada con cristales más baratos y menos precisos. La manifestación de esta situación se refleja en dos aspectos: diferencias relativas entre los relojes de TS y BS conocidas como deriva o *drift*, y pérdida de señal por modulación o demodulación no ideal. Estos aspectos se traducen en rotaciones de potencia y fase entre las ramas de los moduladores QPSK.

Debido a que la construcción física de los osciladores es una restricción inevitable, el problema de derivas se presenta siempre. Por tanto, si se pretende evitar la degradación del sistema, se debería realizar un sistema de medición de dichas derivas, a fin de corregirlas en el circuito receptor. El principal obstáculo que encontraría esta medida es el desconocimiento de una tendencia de rotación, con lo cual no es posible anticipar la magnitud de la deriva a medida que el tiempo transcurre. Por todo lo anterior, un estudio de la degradación por derivas y su posible corrección debería empezar por:

- Establecer modelos de *jitter*, o imperfección de osciladores, que describan, con base en la experiencia de los dispositivos disponibles, la función de la frecuencia de oscilación de los cristales. Esta frecuencia dependería no sólo del tiempo y la frecuencia central, sino de variables de trabajo

como temperatura, movilidad, polarización eléctrica, margen dinámico de la variación, etc.

- Proponer estrategias de corrección para dichas funciones, y caracterizarlas en un diseño *software*.
- Validar la efectividad de dichas estrategias, comparándolas con el funcionamiento de un circuito que no las imponga, en términos de los parámetros de calidad que maneja el sistema (E/I, probabilidades de detección, etc.)

Al igual que en los otros puntos de conflicto para el funcionamiento de UTRA, la simulación *software* permitiría la caracterización y validación sugeridas.

2.6. Modulación QPSK no ideal: *desequilibrios de potencia y fase entre ramas*

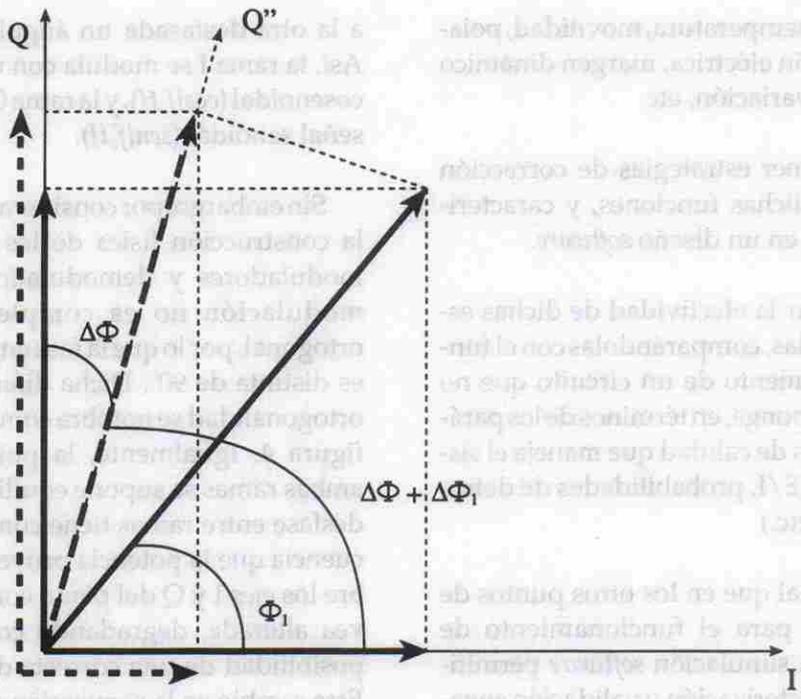
Esta situación comparte en gran medida los efectos descritos para las imperfecciones en los osciladores locales, es decir, trae como consecuencia rotaciones de potencia y fase en el demodulador. Como se sabe, en UTRA-TDD se emplea un esquema de modulación digital QPSK, el cual separa en dos ramas la información que se va a modular. Dichas ramas se conocen como ramas I (en fase) y Q (en cuadratura). Cada una de estas ramas es mezclada o modulada con funciones armónicas sintonizadas a una frecuencia central, que en UTRA es 2,4 o 3,5 GHz. Una función es idéntica

a la otra desfasada un ángulo de 90° . Así, la rama I se modula con una señal cosenoidal ($\cos[f_0t]$), y la rama Q con una señal senoidal ($\sin[f_0t]$).

Sin embargo, por consideraciones de la construcción física de los circuitos moduladores y demoduladores, esta modulación no es completamente ortogonal, por lo que la fase entre ramas es distinta de 90° . Dicha diferencia de ortogonalidad se nombra como Df en la figura 4. Igualmente, la potencia de ambas ramas se supone equilibrada. El desfase entre ramas tiene como consecuencia que la potencia proyectada sobre los ejes I y Q del plano complejo se vea alterada, degradando con ello la posibilidad de una correcta detección. Este cambio en la proyección de potencias sobre cada rama se ilustra en la figura 4, justificada por la aparición de un nuevo eje en cuadratura Q', el cual no es ortogonal al eje en fase I.

Por todo lo anterior, el estudio del desequilibrio de ramas del modulador QPSK se plantearía en los siguientes términos:

- Definir modelos de desequilibrio tanto para potencia como para fase, y con base en ellos construir funciones de potencia y fase para cada una de las ramas.
- Caracterizar dichos modelos mediante *software* de simulación.
- Analizar el efecto negativo que tiene la introducción de dichas situacio-



- Representación vectorial de los canales en UTRA, y sus proyecciones ideales sobre los ejes I y Q
- Proyección del canal sobre el eje Q''
- Nuevas proyecciones sobre los ejes I y Q, debido al desfase $\Delta\Phi$ entre ramas

Figura 4
Desequilibrio de potencia y fase entre ramas del modulador QPSK

nes en el modelo de circuito. En este punto deberían definirse las máximas tolerancias de desequilibrio de potencia y fase.

- Proveer mecanismos de corrección del desequilibrio que se modele, y caracterizarlos mediante la simulación.
- Analizar las posibles mejoras con

que los mecanismos de corrección caracterizados puedan influir en el rendimiento del sistema.

- Validar la efectividad de las estrategias anteriores, en términos de los parámetros de calidad que maneja el sistema (E_{ssch}/I_{0v} , E_b/I_{0v} , probabilidades de detección, etc.).

CONCLUSIONES

Se han expuesto seis situaciones que afectan o afectarían el rendimiento de los procesos de adquisición y demodulación de usuario en UTRA-TDD. Igualmente, se han sugerido estrategias que permitirían su corrección mediante la adición de módulos funcionales en las estaciones base y terminal, al tiempo que se establece la necesidad de la caracterización en *software* y su simulación como medio de validación de las estrategias propuestas.

Referencias

- [1] CAMPANELLA, H. Unidad de adquisición para un receptor W-CDMA (UMTS) en modo de operación TDD/CDMA. Proyecto final de master, Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] UTRA *Physical Layer Description FDD parts* (v 0.4, 1998-06-25). SMG2 UMTS Physical Layer Expert Group, ETSI. June, 1998.
- [3] UTRA *Physical Layer Description TDD parts* (v 0.2.0, 1998-06-25). SMG2 UMTS Physical Layer Expert Group, ETSI. June, 1998.
- [4] VITERBI, A. *CDMA: Principles of Spread Spectrum Communications Systems*. Addison-Wesley, 1995.
- [5] Low Cost MMSE-BLE-SD Algorithm for UTRA TDD Mode Downlink; ETSI STC SMG2 Layer 1 Expert Group. September, 1998.
- [6] UNIVERSAL MOBILE Telecommunications Services (UMTS). Future direction of standards work on UMTS/IMT-2000 (TR 101 458 V1.0.3), ETSI. December, 1999.