

Sincronización en UTRA-TDD para un receptor ubicado en el área de frontera

Humberto Campanella*, Carolyn Simmonds Zúñiga**, Christian Villalobos Gentile***

Resumen

Este artículo presenta el procedimiento de sincronización ejecutado por una estación terminal UMTS. Este trabajo estudia específicamente la localización de la estación en la región de cobertura donde es más probable que sea atendida por tres estaciones bases (BS). En este escenario, la identificación de la BS que mejor sirve al móvil se convierte en una tarea difícil debido a interferencia entre celdas y a la movilidad del terminal. Fue requerido en primer lugar definir la «región de frontera» en términos de la intensidad de señal recibida en el móvil.

A continuación, varios procedimientos fueron adoptados para asegurar una calidad aceptable para la adquisición. Se realizó evaluación de desempeño, y se obtuvo un incremento efectivo tanto en la probabilidad de detección como en la cobertura del sistema.

Palabras clave: CDMA, UMTS, UTRA-TDD, enlace descendente, sincronización, soft-handover.

Abstract

This paper describes the synchronization procedure executed by an UMTS user's equipment (UE). This work studies the specific location in the coverage area where the UE is most likely to be served by three base stations (BS). In this scenario, the identification of the best serving BS becomes a difficult task due to intercell interference and the user's mobility. It was required to define the "boundary area" in terms of the received signal strength for the mobile. Next, several procedures were implemented in order to assure an acceptable quality for the acquisition process.

Performance evaluation was done, achieving an effective improvement in both the probability of detection and the outage area of the system.

Key words: CDMA, UMTS, UTRA-TDD, downlink (DL), synchronization, soft-handover.

Artículo Revisado por: Alberto Heras Brandín. Xfera Móviles S.A. Alcobendas, España.

Fecha de recepción: 5 de marzo del 2001

* Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid; Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana; Coordinador del Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones y Señales. hcampane@uninorte.edu.co.

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

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

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los organismos reguladores de las telecomunicaciones, como ETSI, ITU, TTA, ARIB, han encaminado sus esfuerzos a promover el desarrollo de la tercera generación de sistemas de radio móvil (3G), como respuesta a la necesidad de un esquema de acceso múltiple para el nuevo siglo (IMT-2000-*International Mobile Telecommunication system*). Al parecer, una opción apropiada para afrontar este reto es considerar la aplicación de un sistema personal de comunicaciones inalámbrico que utilice Acceso Múltiple por División de Códigos (*Code Division Multiple Access-CDMA*) como interfaz de aire, de acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo en Europa, Estados Unidos, Japón y Corea [1,4].

Entre estos sistemas se encuentra el UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), el cual incluye dos tipos de acceso, uno vía satélite y otro terrestre (UTRA-*UMTS Terrestrial Radio Access*). A su vez, UTRA tiene dos modos de acceso, según como se realice el dúplex de la comunicación: UTRA-TDD y UTRA-FDD. Las especificaciones de UMTS señalan a UTRA como su interfaz de aire, además de presentarla como candidata para que sea aceptada como el acceso de radio que se va a utilizar por el resto de las tecnologías y servicios de IMT-2000 desarrollados en otros lugares del planeta.

En lo referente al desempeño de la capa física de UTRA-TDD, específicamente en lo concerniente a la UE y el enlace descendente (*downlink-DL*), algunos estudios han concluido que existen situaciones inconvenientes que no permitirían obtener un buen desempeño del sistema durante el proceso de adquisición y sincronización [1]. Una de estas situaciones no ideales define el escenario en que el receptor debe sincronizarse en el límite del área de cobertura de tres estaciones base (BS) vecinas, dado que, en esta área, las tres tienen la capacidad de atender el servicio a la estación terminal (UE) y que este proceso se inicia en un momento arbitrario.

En UTRA, el proceso de sincronización requiere el análisis de las respuestas de correladores y filtros acoplados a las señales de los canales de sincronismo, para identificar el momento en que éstos proporcionan una respuesta máxima, dadas las condiciones de propagación y la interferencia de otros usuarios y canales. Para el caso en que la UE se encuentra en un escenario de conflicto, como en un área equidistante a tres BS (*crossover point*), la adquisición se dificulta, ya que la evaluación estadística de la calidad de la señal y de las respuestas de los filtros no proporcionan una probabilidad aceptable de que el proceso se lleve a cabo satisfactoriamente (figura 1).

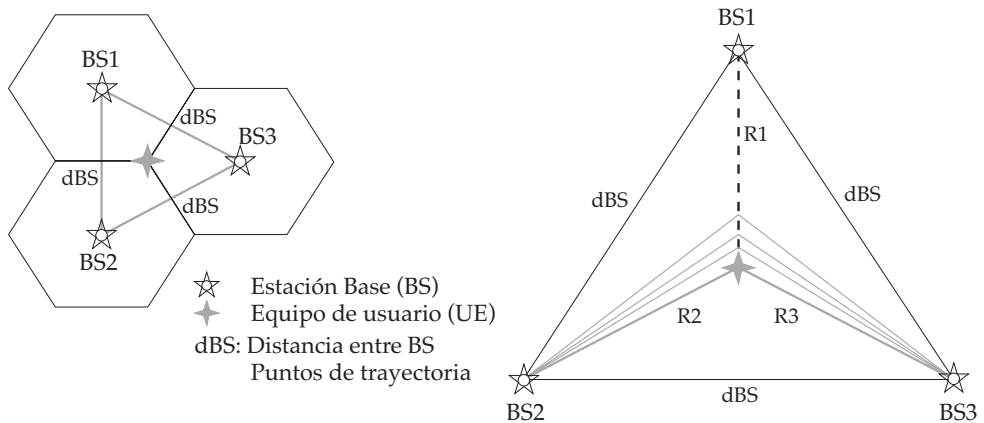


Figura 1. *Crossover Point* y trayectoria de la UE

2. ESTRUCTURA DE LA TRAMA

Un canal físico está definido por un código (o conjunto de códigos) y una secuencia de *slots* de tiempo. Un canal físico es un *burst* cuya duración es un *slot* de tiempo; contiene datos, una secuencia de entrenamiento (o *midamble*) y un período de guarda.

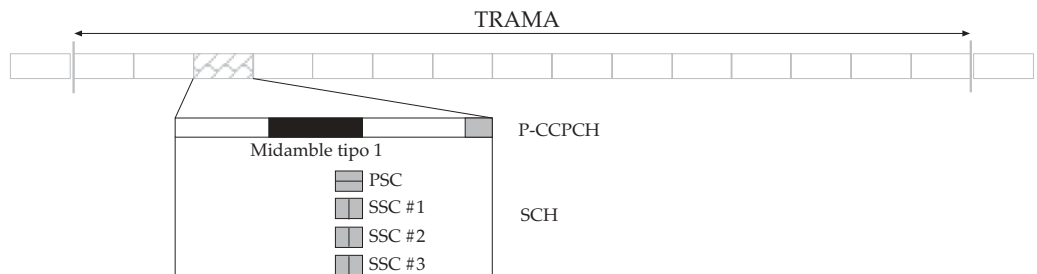


Figura 2. Trama y canales presentes en el *slot* del SCH, caso 1 (para una BS)

Los canales físicos presentan una estructura de trama cuya duración es de 10 ms, y que se encuentra dividida en 15 *slots* o ranuras de tiempo (2.560 *chips/slot* y 38.400 *chips/trama*). Cada *slot* puede emplearse bien en sentido ascendente, bien en el descendente, ya sea de manera simétrica o no, con un punto de conmutación o varios, lo cual proporciona gran flexibilidad y adaptabilidad al modo TDD. En cualquier tipo de configuración que se escoja para la asignación de los *slots* de tiempo a cada

uno de los enlaces, siempre se debe reservar por lo menos uno para el DL y uno para el UL.

Algunos canales físicos contienen información que las BS transmiten a todas las UE que están dentro de su área de cobertura. Entre éstos están P-CCPCH (*Primary Common Control Physical Channel*), S-CCPCH (*Secondary CCPCH*) y el canal de sincronización SCH [8].

SCH (Synchronization Channel): Este canal es utilizado para llevar a cabo el procedimiento de búsqueda de celda y sincronización, lo cual permite identificar el inicio de la trama y del *slot*. El SCH se subdivide en dos canales: primario (PSCH) y secundario (SSCH), y cada uno está involucrado en una etapa distinta de la sincronización. El código del PSCH (C_p) es una secuencia *Golay* jerárquica generalizada que tiene buenas propiedades de autocorrelación aperiódica. El SSCH está compuesto por tres códigos modulados (C_i , de 12 posibles) de 256 chips, generados a partir de una matriz *Hadamard*, transmitidos en paralelo con el C_p . El PSCH es común a todas las BS, aunque cada una lo transmite a distintas referencias temporales respecto al inicio del *slot* (tiempo de *offset*, t_{offset}), el SSCH pertenece a un grupo de BS específicas (hay 32 grupos).

Para obtener la información que se envía en el P-CCPCH, primero se realiza el procedimiento de sincronización, ya que la posición del P-CCPCH en la trama es determinada a partir del SCH, dado que se encuentran en el mismo *slot*. Los casos de localización de los SCH y el P-CCPCH son:

- **Caso 1:** El SCH y el P-CCPCH se localizan en un solo *slot*, #k, para $k=0\dots14$.
- **Caso 2:** El SCH se localiza en dos *slots*, el #k y el #k+8. El PCCPCH se localiza en el *slot* #k, para $k=0\dots6$.

3. PROCEDIMIENTO DE SINCRONIZACIÓN

Cuando la UE busca una celda, debe llevar a cabo el procedimiento de sincronización, el cual es típicamente realizado de la siguiente forma¹ [10]:

■ PASO 1: Adquisición del código de sincronización primario

En este paso se identifica el *slot* de la trama que contiene el SCH, mediante la detección del PSCH, que es común a todas las BS; para esto debe emplearse un filtro acoplado al código C_p . Debido a los efectos de multicamino, interferencias, etc., los

¹ Este es el procedimiento recomendado en el anexo C de la referencia [10].

códigos son detectados con diferencias de fase por los filtros acoplados. Para el caso 1 de la localización de los códigos, se puede encontrar el SCH cada 15 *slots*, para el caso 2, cada 7 u 8 *slots*.

■ PASO 2: **Identificación del código de grupo y sincronización de slot**

Consiste en la detección del SSCH; para esto se correlaciona la señal recibida con los C_i , en las posiciones en que se encontraron los picos del filtrado de C_p , identificando uno de los 32 grupos de códigos, cada uno de los cuales corresponde a 4 códigos de *scrambling* específicos y a un t_{offset} . Las correlaciones sobre los C_i pueden realizarse coherentemente sobre M time *slots*, donde se hace necesaria una corrección de fase en cada *slot* gracias a la correlación sobre el C_p . La modulación de los C_i permite conocer si el *slot* se encuentra en la primera o segunda trama en un período de 20 m (para el caso de localización 1), o la posición del *slot* dentro de la trama (caso 2). Cuando se ha detectado el código de grupo al que pertenece la BS y el t_{offset} se está en capacidad de determinar inequívocamente el inicio del *slot*.

■ PASO 3: **Identificación de los códigos de scrambling y midamble básico, y sincronización de trama**

En este paso, la UE determina el código de *scrambling* y el *midamble* básico usado por la BS detectada, el cual es una decisión de «una de cuatro» (identifica un código de cuatro códigos posibles). La decisión se basa en la correlación del P-CCPCH con todos los cuatro *midambles* pertenecientes al código de grupo seleccionado. Además, se considera que el P-CCPCH se transmite con el primer código de canalización y utiliza el primer *midamble*.

4. ALGORITMO DE HANDOVER

- **Hard-handover:** Un *hard-handover* ocurre cuando la conexión entre una BS y UE es interrumpida antes de establecer una nueva conexión con otra BS. En este caso, el móvil sólo está en capacidad de mantener la comunicación con una sola BS.
- **Soft-handover:** En oposición al *hard-handover*, el procedimiento de *soft-handover* permite que una UE pueda establecer comunicación con múltiples BS al mismo tiempo, mientras se mueve a través del área de frontera. En el caso en que se trabaja con celdas sectorizadas, se puede establecer un cambio entre la comunicación de la UE con distintas antenas de la misma BS; este caso es llamado *softer-handover*.

En este proyecto se estudió la posibilidad de aplicar un algoritmo de *soft-handover* que permitiera establecer cuáles serán las posibles BS que estarían en capacidad de atender el servicio a la UE en el *Área de Frontera*. Para esto, se adaptó un algoritmo

de *soft-handover*² mediante el cual se establece la comparación de las medidas para identificar las BS pertenecientes al *active set*. No hizo parte de la caracterización y el estudio establecer la combinación o conformación de las señales provenientes de distintas BS, o utilizar mecanismos de señalización. En este mismo contexto se hacía preciso definir regiones críticas en las cuales las señales de sincronismo emitidas por las BS vecinas se reciben en la UE dentro de un margen que empobrece la probabilidad de detección, situación que justificaría el inicio de un algoritmo de *soft-handover*. Dichas regiones se parametrizaron tomando como referencia una de las tres BS de la geometría propuesta en este estudio. Así, la expresión «Región de 3 dB», por ejemplo, alude a que la diferencia de potencias recibidas por la UE entre la BS de referencia y las otras dos es de 3 dB.

5. DISEÑO DE ALTO NIVEL DE LA UNIDAD DE SINCRONIZACIÓN

A continuación se describe la función de cada bloque que conforma la unidad de adquisición y sincronización (como se observa en la figura 3, se han incluido otros elementos en el sistema):

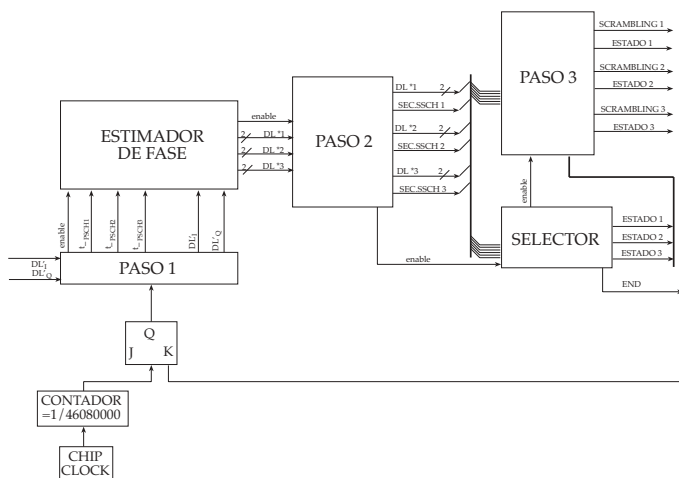


Figura 3. Unidad de Adquisición y Sincronización (Diseño de alto nivel)

- **CONTADOR:** Se encarga de actuar como un divisor de frecuencia, produciendo un pulso alto por cada 46.080.000 pulsos del *chip clock* (se asume la existencia de este generador de reloj, que se vería involucrado para la temporización de cada chip).
- **FLIP FLOP J-K:** Encargado de habilitar o deshabilitar el módulo correspondiente al PASO 1.

² Este algoritmo se encuentra en el Anexo C de [11]. Los canales sobre los que se toman las medidas y algunos aspectos han sido modificados para efectos de este proyecto.

■ PASO 1: En este proceso se lleva a cabo la primera etapa de la sincronización, en la cual se determina la presencia de una BS (ya que se detecta su respectivo PSCH). Este módulo incluirá dos filtros acoplados a la secuencia C_p , uno recibirá como entrada la señal del DL proveniente de la rama I, mientras que el otro tendrá como entrada la señal del DL de la rama Q, y después de un determinado procesamiento arroja la ubicación de los picos donde asuma la presencia de una BS, lo cual está determinado por la ubicación de la UE y el t_{offset} , entre otros factores.

- ESTIMADOR DE FASE: Es posible que la señal original del DL sufra rotaciones complejas entre sus ramas, y como en un momento dado puede estar la UE próxima a tres BS, cada señal proveniente de una BS se verá afectada por una rotación de fase diferente, por lo que será necesario generar tres nuevas señales de DL (DL''^i y DL''^i_Q para $i=1, 2, 3$); cada una de éstas se obtiene al tomar la señal de DL de entrada a este módulo, considerar el valor t_{PSCHi} , eliminar las muestras que no pertenecen a ninguno de los SCH de las BS y hacer la respectiva corrección de fase.

■ PASO 2: Ejecuta la segunda etapa descrita en el procedimiento de la sincronización. A partir de las señales $DLÓ^i$ y $DLÓ^i_Q$, proveerá las señales DL^{*i} y DL^{*i}_Q , para $i=1, 2, 3$, al PASO 3 y para cada una de éstas identificará el código de grupo al que corresponden.

- SELECTOR: Está especializado en llevar a cabo el algoritmo de *soft-handover* descrito en el numeral 5, basándose en la medida de calidad E_{ssch}/I_{or} , lo cual permitirá tomar decisiones cada $Dt=6$ segundos sobre 50 muestras³, decisiones soportadas sobre el margen de histéresis que se establecerá con las curvas de evaluación. Este módulo determinará el estado de cada BS del *active set* (con referencia a las BS involucradas en este proceso), mediante la información que se almacene en *estado i* ($i=1, 2, 3$) [un «1» indica que la BS se halla en el *active set* y un «0» la no inclusión en éste], y le indicará al PASO 3 si obtiene su respectiva secuencia de *scrambling*. En este contexto se define el margen de histéresis como la medida del incremento, o decremento, sostenido de potencia para un intervalo de tiempo dado que permite considerar una mínima estabilidad para el proceso de *handover*.

■ PASO 3: Ejecuta la última etapa del proceso de sincronización de acuerdo con las señales de habilitación que genere el módulo selector.

En el proyecto no se caracterizó el tercer paso de la sincronización, por dos razones principalmente: no es necesario para la evaluación del desempeño del selector, ya que éste basa sus decisiones en las medidas sobre el SSCH; además, esta

³ Estos valores fueron calculados de acuerdo con el método de promediado de Lee (ver referencia [2]).

etapa de la sincronización fue trabajada en detalle por otros integrantes del Grupo de Radiocomunicaciones y Señales.

6. DESARROLLO DE CADA BLOQUE DE LA UNIDAD DE SINCRONIZACIÓN

El diseño de bajo nivel para simular lo planteado en el numeral anterior incluye la programación en C y las simulaciones. De manera informativa se muestran varios esquemas proporcionan la idea básica del desarrollo de bajo nivel de algunos bloques de la unidad.

- **Enlace descendente:** Las señales de DL de cada BS se conformaron de tal manera que sólo se generaron los canales de interés para el proyecto (PSCH, SSCH, P-CCPCH), el resto de canales (tanto los que se encuentran en los mismos *slots* que los SCH como los que están en los demás *slots*) fueron generados como AWGN sin pérdida de precisión, dadas las características de una señal CDMA. Esta afirmación se puede apoyar en el hecho de que al sumar un número suficiente de señales con la misma distribución estadística, la señal resultante tenderá a ser gaussiana, debido al teorema del límite central. En UTRA-TDD, un conjunto de 16 usuarios CDMA más el filtrado realizado a la señal resultante se considera suficiente para suponer esta condición.

Aunque el esquema de programación planteado permite hacer pruebas asignando distintas relaciones de potencia entre los canales presentes en el *slot* que contiene el SCH, se utilizaron los valores propuestos en la referencia [6] para obtener las curvas de rendimiento, los cuales se reproducen en la tabla 1:

Tabla 1

Relaciones de Potencia para los canales presentes en el slot que contiene el SCH

Canal	Relación de potencia
PCCPCH _{E_C} /I _{or}	-3 dB
SCH _{E_C} /I _{or}	-9d
OCNS _{E_C} /I _{or} ⁴	-4.28 dB

- **Canal de radio:** De acuerdo con las normativas para UTRA-TDD, existen dos condiciones de propagación: una estática y otra de multitrayecto (movilidad). Para este estudio se programaron algoritmos que simulan los dos efectos: mientras la función del canal AWGN se consideró como la de sumar las diversas señales que hay en el ambiente, el canal multitrayecto tiene mayor complejidad.⁵

⁴ OCNS indica la simulación de otros canales como ruido (*Other Channel Noise Simulator*).

⁵ El canal de 4 rayos fue modelado de acuerdo con lo especificado en el anexo B de la referencia [6].

- *Paso 1:* Se plantearon dos diseños para la realización de esta etapa: el primero (diseño f1) se muestra en la figura 4; el segundo (diseño f2) sólo se diferencia del anterior en que contempla la posibilidad de efectuar la acumulación luego de la demodulación no coherente; en este caso se posibilita un ahorro de recursos (ya que sólo se utiliza un acumulador) y mayor velocidad en el procesado de las muestras.

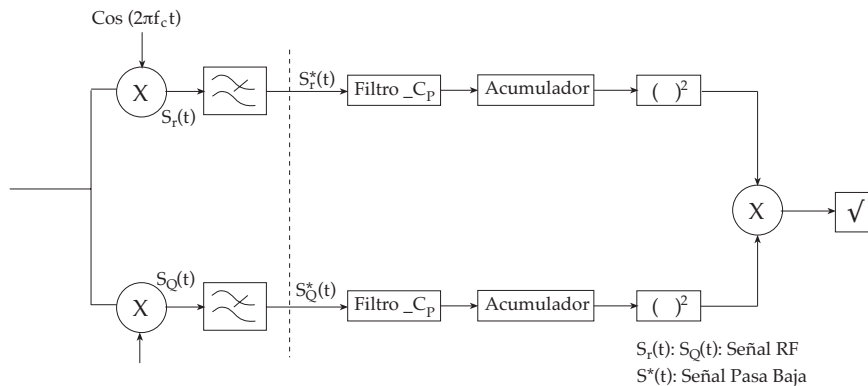


Figura 4. PASO 1: Detección de C_p (Diseño f1)

- **Estimación de Fase:** El proceso se inicia efectuando la correlación del SCH con C_p , para obtener respuestas en la rama I y la rama Q. Con el conjugado de esta estimación se compensa la fase de las muestras. La señal resultante es la que ingresará al paso 2.

- *Paso 2:* Se tiene un banco de doce correladores en cada rama de la cuadratura, los cuales generan su respuesta de acuerdo con la señal de entrada. El diagrama de flujo se muestra en la figura 5.

- **Selector:** Este bloque desarrolla el procedimiento presentando en el diagrama de la figura 6.

7. MEDIDAS DE EVALUACIÓN

A continuación se relacionan las principales medidas empleadas para caracterizar el rendimiento del sistema de adquisición propuesto:

- **Probabilidad de detección:** La probabilidad de detección del PSCH se realiza para distinto número de acumulaciones. Se entiende por detección al hecho de que el pico de correlación perteneciente a un BS sobrepase el umbral. La probabilidad de detección es simplemente la relación de veces que la detección fue exitosa sobre el total de repeticiones del proceso (iteraciones).

- **Probabilidad de identificación:** Es la correcta identificación de la BS, la cual genera un determinado SSCH, y también es calculada para distinto número de acumulaciones. La probabilidad de identificación es simplemente la relación de veces que la identificación fue exitosa, sobre el total de repeticiones del proceso.

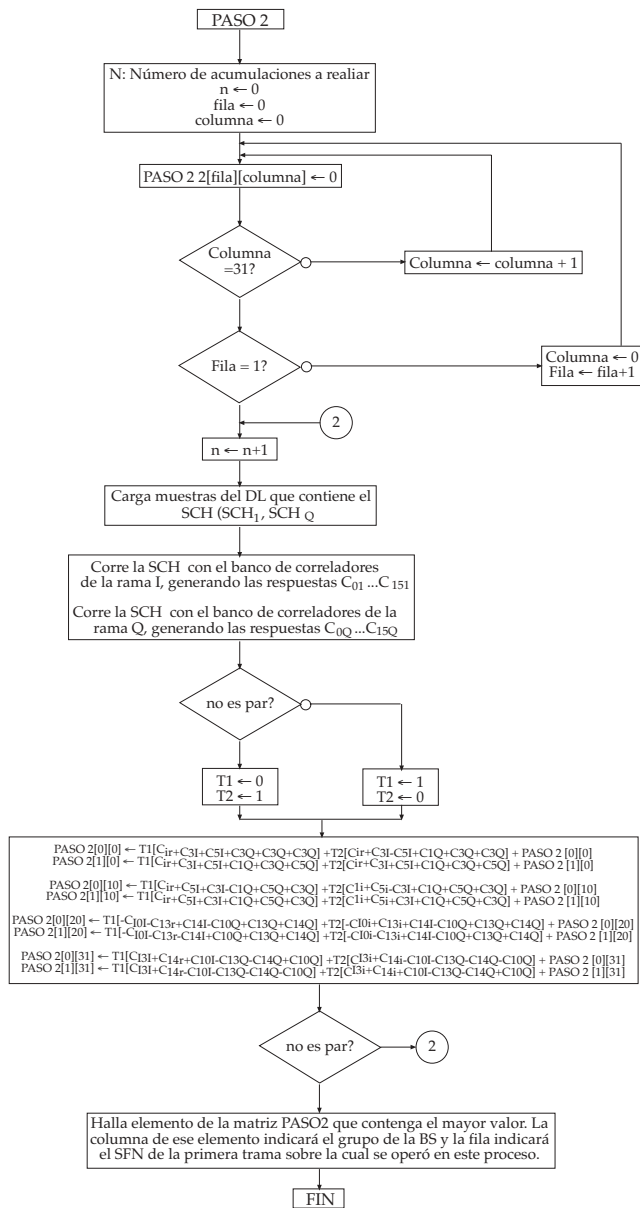


Figura 5. Diagrama de Flujo del Paso 2

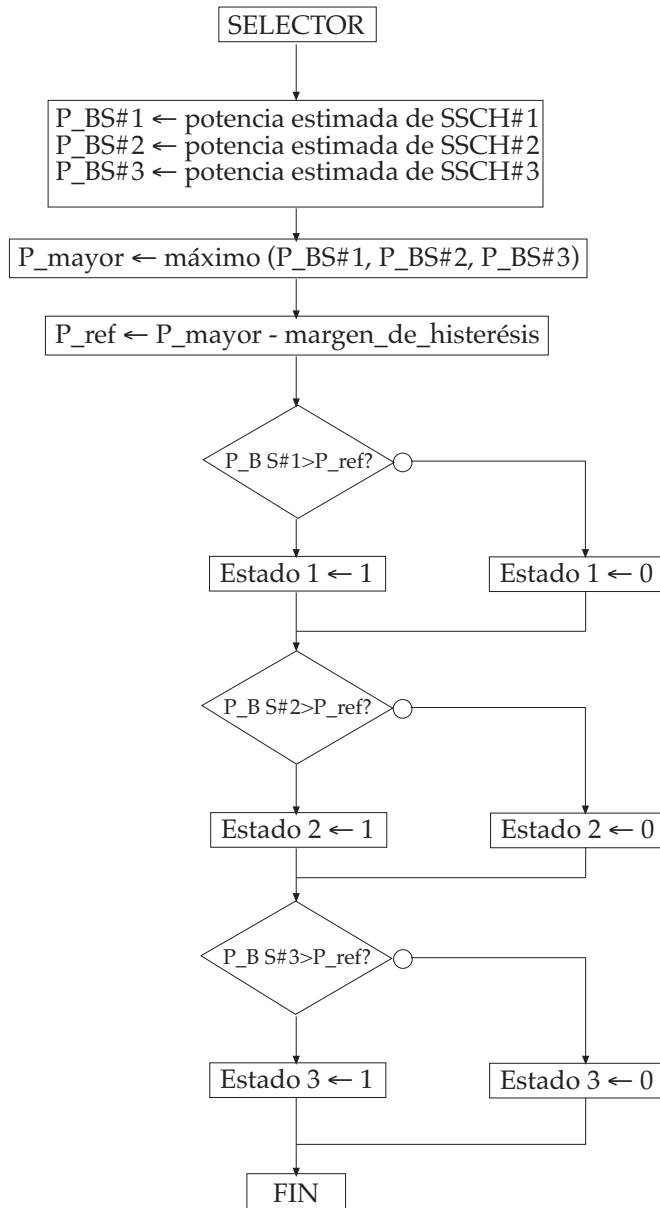


Figura 6. Diagrama de Flujo para el Selector

- **Porcentaje de muestras sobre el umbral:** Todos los valores resultantes del paso 1 que sobrepasan el umbral especificado no siempre corresponden a las BS que se deben detectar; por tal razón es importante hacer un conteo de todos estos valores que superaron el umbral y no son causados por el PSCH de la estación que se va a detectar.
- **Probabilidad de pertenecer al *active set*:** Con este parámetro se determinan tanto las probabilidades individuales de que una determinada BS se encuentre dentro del *active set* durante cierto intervalo de tiempo, al igual que varias probabilidades conjuntas; todo esto con el propósito de relacionar el margen de histéresis con la cobertura de las celdas y, por ende, el consumo de recursos del sistema.
- **Tamaño del *active set*:** Este parámetro (número de BS en el *active set*) fue calculado para relacionar el tamaño óptimo del *active set* frente a distintos márgenes de histéresis. También se evalúa la situación en la que el *active set* se encuentra lleno (para un tamaño máximo de 3).
- **Número de actualizaciones del *active set*:** Consiste en la cantidad de veces que se introduce (introducen) o elimina (eliminan) BS (BS's) en el *active set* durante toda la trayectoria simulada (figura 1).

8. ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y RESULTADOS

Las curvas de evaluación más representativas que resumen los resultados de las simulaciones se presentan en las figuras 7 a la 11. A continuación se realiza un análisis de dichos resultados⁶. Comenzando por el Paso 1 de la adquisición, en la figura 7 se observa el sensible desmejoramiento del diseño 1 (f1) para leves aumentos en la velocidad. El comportamiento del diseño 2 (f2) es casi imperturbable a efectos de la velocidad, como se puede apreciar.

En la figura 8, donde se evalúa el desempeño de los dos diseños a distintas distancias del *crossover point*, se verifica que el *diseño 1* (f1) es el más conveniente para el área de conflicto a bajas velocidades, lo cual permitiría hacer un mejor monitoreo de las BSs de las cuales se aleja la UE, ya que se detectan con mayor probabilidad.

Pasando al Paso 2 del proceso, es preciso determinar la calidad de la detección del SSCH.

⁶El parámetro k que aparece en las figuras es el factor de selectividad con el cual se puede calcular un umbral adaptativo, teniendo en cuenta los estadísticos de la señal (media y varianza). Para mayor detalle ver referencias [1] y [5].

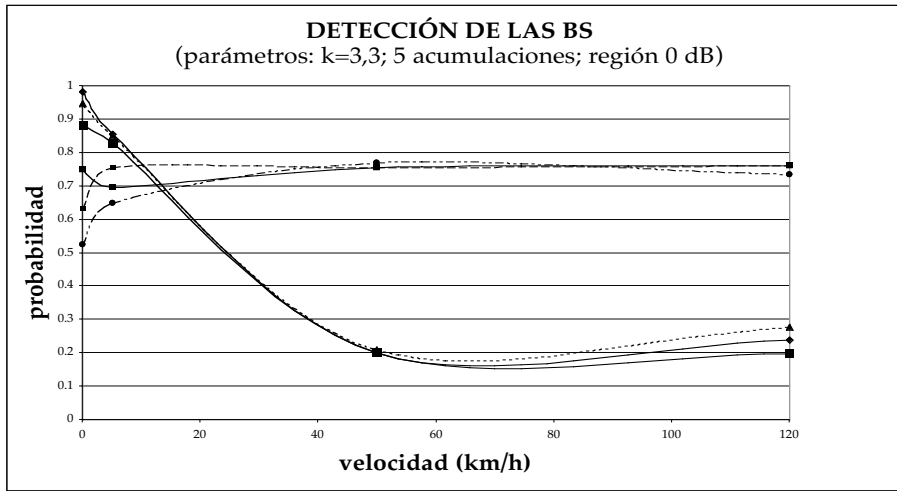


Figura 7. Detección de tres BS para distintas velocidades

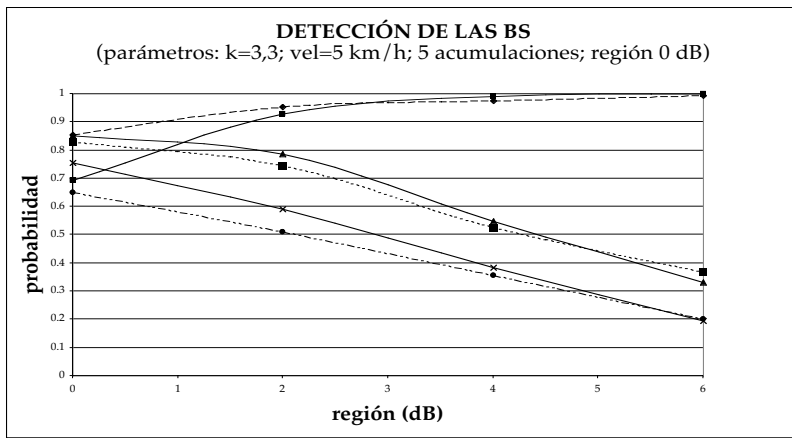


Figura 8. Detección de 3 BS en distintos puntos de la trayectoria

En la figura 9 se verifica que entre más cercana esté la UE del *crossover point*, se detecta el SSCH con probabilidad similar las tres BSs. A medida que la UE se dirige hacia una de éstas, la probabilidad de identificarla es mayor, aunque aún se tiene dentro de un rango aceptable las probabilidades para las otras BS, lo cual confirma la robustez del desempeño de este paso.

De igual manera, en la figura 10 se ratifica el hecho de que a medida que la energía del SSCH sobre interferencia es más alta, la probabilidad de identificar la BS y llevar a cabo con éxito el paso 2 es mayor.

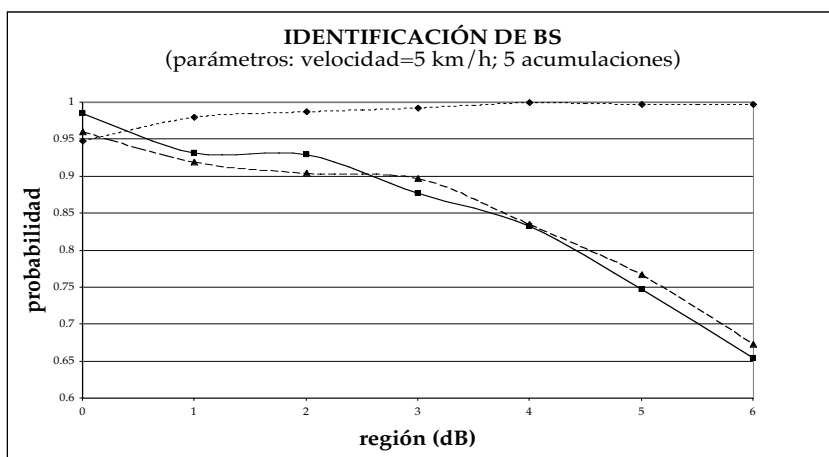


Figura 9. Probabilidad de identificación del SSCH en distintos puntos de la trayectoria

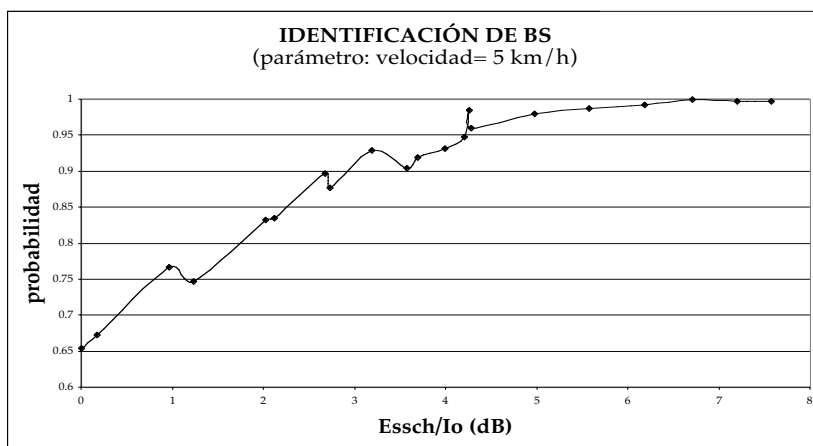


Figura 10. Probabilidad de identificación del SSCH vs. E_{SSCH}/I_0

Finalmente, se observó que para márgenes de histéresis altos se tiene una mayor distancia recorrida en la que la UE pretende sincronizarse con tres BS, lo cual implica el uso de mayores recursos del sistema. Los márgenes menores permiten selecciones más estrictas de las BS, por lo que se tiene una distancia de conflicto menor. De esta situación, se vislumbra la necesidad de establecer un compromiso o *tradeoff* entre el margen de histéresis escogido (lo cual determina el área de cobertura de las celdas) y el tiempo en que se recarga el empleo de los recursos del sistema.

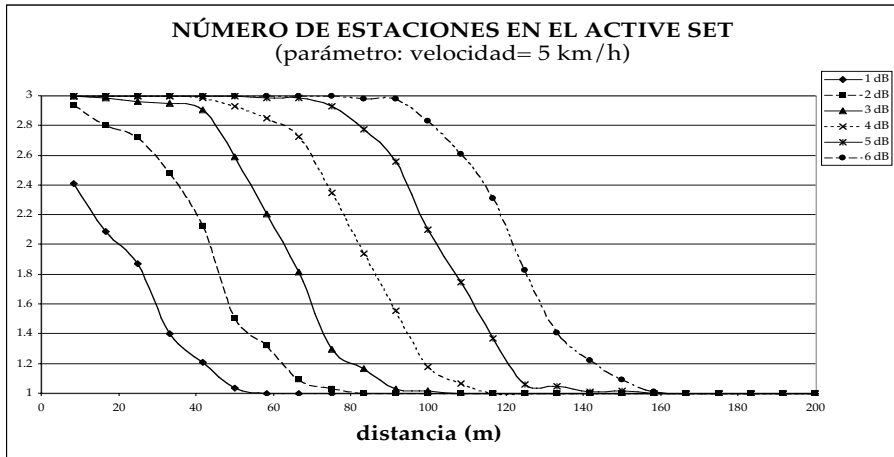


Figura 11. Número de estaciones en el *active set*

CONCLUSIONES

Con base en las curvas de evaluación se puede concluir:

- La presencia del parámetro t_{offset} es de gran importancia, ya que permite reducir la interferencia debida a los SCH de otras BS, lo cual también facilita la detección de las BS más débiles, lo que evita que sean opacadas por los SCH de otras BS. Cabe aclarar que este parámetro no existía cuando se caracterizó el trabajo citado en el numeral 2; además, en ese entonces el esquema de localización de los SCH en la trama era similar al esquema de UTRA-FDD (en todos los *slots* de la trama). El t_{offset} permite discriminar de forma más clara un canal de sincronismo, mejorando de esta forma la probabilidad de detección para un escenario dado. Las simulaciones se realizaron asignando tiempos de *offset* diferentes, de tal manera que se incrementó el desempeño del sistema.
- El desempeño de los dos diseños propuestos para llevar a cabo el PASO 1 permite concluir que esta etapa es la más delicada y crítica, además sería conveniente una fusión entre estos diseños y que su actividad esté determinada por el movimiento de la UE, ya que cada uno tiene mejor desempeño a distintos rangos de velocidad.
- El proceso llevado a cabo en la segunda etapa de la sincronización dejó entrever la robustez de este paso, ya que las probabilidades de identificación de las BS son bastante altas. Incluso para BS muy alejadas de la UE se obtuvieron probabilidades de identificación aceptables, con un valor superior a 0,6.

- Se pudo comprobar que al especificar mayores márgenes de histéresis se define una cobertura más amplia de las celdas, ya que las medidas para una BS determinada son válidas a distancias más alejadas de ésta, y por lo tanto su permanencia en el *active set* se prolonga. Al estar más tiempo disponible en el *active set* una cantidad determinada de BSs se podría estar consumiendo más recursos del sistema en el proceso de sincronización.
- Aunque los requerimientos de UMTS buscan satisfacer principalmente la prestación de servicios para altas velocidades del UE, también se contempla la utilización de esta tecnología para WLL. Para UTRA-TDD, el uso a altas velocidades está especificado; sin embargo, las curvas de evaluación muestran que el funcionamiento del sistema no es el más adecuado en esas condiciones. Por tales razones, no se recomienda el uso del sistema para aplicaciones vehiculares, lo cual restringe el uso del servicio para la aplicación de acceso fijo inalámbrico (WLL) y/o baja velocidad.

Bibliografía

- [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, 1999.
- [2] LEE, William C.Y. *Mobile Communication design fundamentals*, 2ª ed. John Wiley & Sons, 1993.
- [3] POLLINI, G. Trends in Handover Design. *IEEE Communications Magazine*, vol. 34, N° 3, March, 1996.
- [4] PRASAD, R; OJANPERÄ, T. An Overview of CDMA Evolution toward Wideband CDMA. *IEEE Communications Surveys*, vol.1, N° 1. Fourth Quarter, 1998.
- [5] SIMMONDS, C; VILLALOBOS, C. Estudio y caracterización del procedimiento de sincronización en UTRA-TDD para un receptor ubicado en el área de frontera. Barranquilla, 2001. Proyecto de grado (Ingeniero Electrónico). Universidad del Norte, Programa de Ingeniería Electrónica. Radiocomunicaciones y Señales.

Los siguientes documentos están disponibles vía Internet:

<http://www.3gpp.org>

- [6] TS 25.105 v 3.3.0 UTRA (BS) TDD; Radio transmission and Reception.
- [7] TS 25.123 v 3.2.0 Requirements for Support of Radio Resource Management (TDD).
- [8] TS 25.221 v 3.3.0 Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD).
- [9] TS 25.223 v 3.2.0 Spreading and Modulation (TDD).
- [10] TS 25.224 v 3.4.0 Physical layer procedures (TDD).
- [11] TS 25.922 v 3.1.0 Radio Resource Management Strategies.