

GESTIÓN DEL MECANISMO DE TRASPASO PARA TRÁFICO IP EN LOS SISTEMAS CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN

Ramon Ferrús, Pilar Díaz
Grupo de Comunicaciones Radio
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (UPC)
c/Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona
e-mail: ferrus@tsc.upc.es, pilar@tsc.upc.es

Resumen.- Entre las principales directrices que actualmente determinan la evolución de las redes de telecomunicación se encuentra la adopción progresiva de tecnologías de transmisión en modo paquete. Bajo esta perspectiva, el presente trabajo describe una posible arquitectura para la integración de diferentes redes de acceso a una plataforma troncal IP y plantea el análisis de las prestaciones de los algoritmos de traspaso en función de las entidades funcionales del plano de transmisión involucradas.

I. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de transmisión en modo paquete van incrementado su hegemonía, frente a la conmutación de circuitos, para poder integrar en una misma infraestructura toda una gama de servicios de telecomunicación. Actualmente, la tecnología IP se vislumbra como clara candidata para constituir la plataforma de referencia capaz de armonizar diferentes sistemas de acceso a la información y a los servicios personalizados, así como poder proporcionar la base para el desarrollo e implantación de nuevas aplicaciones. Por ello, entre los principales objetivos del futuro estándar celular IMT-2000/UMTS, se encuentra la posibilidad de proporcionar acceso a Internet a los usuarios del sistema móvil. Dicho acceso es ya actualmente factible en los sistemas digitales de segunda generación pero su implementación se fundamenta en técnicas de conmutación de circuitos y funcionalidades de *interworking*. En cambio, en el sistema IMT-2000/UMTS, así como en la propuesta de incorporación de servicios en modo paquete en GSM conocida como GPRS, se plantea un acceso basado exclusivamente en la transmisión y conmutación de paquetes.

Nuestro trabajo de investigación está basado en el estudio de una arquitectura de red que pueda proporcionar acceso a redes de datos tipo Internet y particularmente, las implicaciones derivadas de la utilización de diferentes mecanismos de gestión del traspaso, *handover*, y de la movilidad dentro de dicha red de acceso. A continuación se describen la arquitectura de los sistemas GPRS y UTRAN y se proporciona una posible solución para la integración de dichas redes de acceso a una red troncal IP. Posteriormente se detallan aspectos concernientes a la gestión de movilidad en la arquitectura descrita y se plantea el estudio del mecanismo de traspaso en función de las entidades del plano de transmisión involucradas. Finalmente se presentan algunos resultados obtenidos para un traspaso basado en el mecanismo de re-selección de celda del GPRS en una arquitectura genérica UMTS/IP.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS/IP

La evolución del actual sistema celular hacia la provisión de acceso en modo paquete va a jugar un papel decisivo en la progresiva implantación del sistema UMTS/IMT-2000. El sistema GSM/GPRS [1] extiende el segmento BSS (Base Station Subsystem) de GSM hacia unos nodos denominados GSN (GPRS Support Node) mediante los cuales se lleva a cabo la interconexión con la red de datos externa, por ejemplo una red IP. La gestión de movilidad y de las sesiones para el encaminamiento y transferencia de información se ubica en dichos nodos mientras que el segmento BSS proporciona el punto de acceso a los diferentes terminales móviles en función de un identificador de nivel enlace y un identificador de la celda activa.

La arquitectura propuesta en [2] para UMTS está dividida en tres partes bien diferenciadas: Equipo Terminal (UE), Red de Acceso (RAN) y Red Troncal (CN). La red de acceso concentra fundamentalmente las funcionalidades de gestión y control de recursos radio (RRM), difusión de información de control común y

paging, aspectos de cifrado y gestión completa del mecanismo de traspaso entre celdas dentro de un mismo RNS (véase Figura 1). En cambio, la gestión permanente de la movilidad, la gestión de las conexiones a los diferentes servicios accesibles desde la red troncal, así como la provisión de servicios suplementarios son funcionalidades ubicadas en algún nodo de la red troncal.

Uniendo ambas visiones, en [3] se presenta una posible arquitectura global para integrar diferentes sistemas de acceso como GSM/GPRS y UTRAN, además de sistemas de banda ancha (BRAN) y Wireless LAN, bajo una única plataforma troncal, denominada UMTS Core Network, con tecnología IP como mecanismo de transporte (Véase Figura 2). Las redes de acceso GPRS y UTRAN estarían conectadas a la red troncal

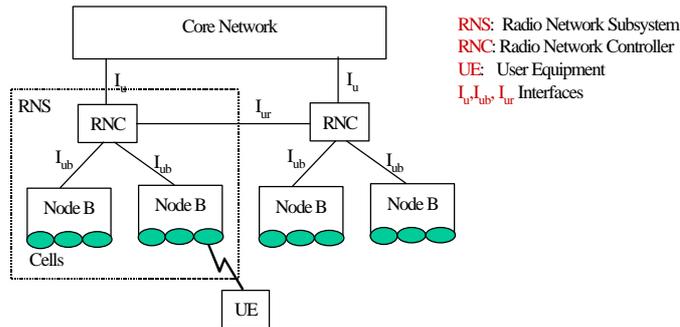


Figura 1 Arquitectura de UTRAN para la red de acceso de IMT-2000/UMTS

mediante unos nodos denominados IGSN (Integrated GSN) con funcionalidad similar a la operación conjunta de los nodos SGSN (Serving GSN) y GGSN (Gate GSN) de GPRS. Accesibles a través de la misma red IP troncal podrían encontrarse los nodos encargados de los aspectos de movilidad global y gestión de red así como los proveedores de servicio y contenidos. Estrictamente los nodos IGSN para UTRAN y para GPRS serían diferentes en cuanto a funcionalidades e interfaces con sus respectivas redes de acceso pero desde ambos se proporcionaría movilidad local y gestión de la transferencia y encaminamiento de la información.

En la red de acceso GPRS, los terminales móviles seguirían teniendo una conexión lógica LLC con el IGSN. Los mecanismos de gestión de acceso y control radio (RLC/MAC) funcionarían independientemente para cada celda GPRS pero podrían estar ubicados en el nodo controlador BSC. Para la red de acceso UTRAN, existen dos propuestas para la ubicación de los mecanismos RLC/MAC. En una de ellas la capa física se extiende hasta el nodo RNC de forma que sería posible la implementación de traspasos del tipo *soft* entre estaciones de base dependientes del mismo RNC. La extensión de la capa física implica por tanto la transmisión entre el controlador RNC y las estaciones de base de los bloques radio a la salida/entrada del decodificador de canal. Además, a cada bloque radio se le asociaría información de calidad adicional para poder realizar una combinación por selección en el RNC. Otra posibilidad sería la terminación de la capa física y ubicación del MAC en los nodos B. Con ello, se limita la ejecución de mecanismos de traspaso únicamente a los denominados *hard* entre celdas de diferentes Nodos B. La primera opción requiere un funcionamiento centralizado del MAC para poder gestionar correctamente el acceso simultáneo de un único usuario por más de una estación de base (macrodiversidad). Por tanto, el mecanismo de transmisión entre

RNC y Nodos B debe proporcionar mecanismos de sincronización a nivel de bloque radio. La segunda opción resultaría menos compleja en cuanto al diseño de la interfaz entre nodos B y RNC a costa de no permitir macrodiversidad. Podría pensarse en una estructura mixta que adecuara su funcionamiento a las características de los servicios soportados. Ambas alternativas serían aplicables a las dos tecnologías de capa física en consideración, Wideband CDMA (WCDMA) y Time Division CDMA (TD-CDMA), siendo la primera opción preferible en WCDMA y la segunda en TD-CDMA. En ambas alternativas podría existir una capa de enlace entre el móvil y el módulo en la red troncal encargado de realizar la interconexión con la red de datos en cuestión.

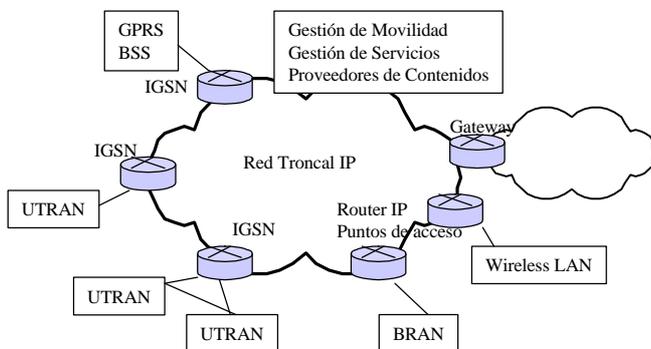


Figura 2. Posible escenario para la integración de IP y UMTS.

III. GESTIÓN DE MOVILIDAD

En el sistema GPRS la gestión de movilidad y el encaminamiento de los paquetes se basan en la creación y actualización de estructuras de datos denominadas *contextos* en el terminal móvil y en los nodos SGSN y GGSN. Concretamente se definen dos contextos: MM (Mobility Management) y PDP (Packet Data Protocol). En el terminal móvil y en el nodo SGSN se encuentran ambos, mientras que en el GGSN únicamente son necesarios los contextos PDP. Básicamente la información del contexto MM contiene la identidad del móvil, el estado del móvil (IDLE, STANDBY, READY), información del área de encaminamiento (concepto análogo a las áreas de localización GSM), la celda actual de acceso para móviles en estado READY y punteros a diferentes contextos PDP activados para dicho móvil. Cada contexto PDP contiene el tipo de red de datos (X.25, IP), la dirección asociada al móvil dentro de la red de datos y el perfil de calidad de servicio (QoS) acordado. Además, los nodos SGSN y GGSN incluyen la información de encaminamiento interna necesaria para transmitir los paquetes de datos encapsulados entre los nodos GSN. La actualización de los contextos se consigue mediante la implementación de las funciones de movilidad conocidas como procedimiento de actualización de celda y procedimiento de actualización de área de encaminamiento.

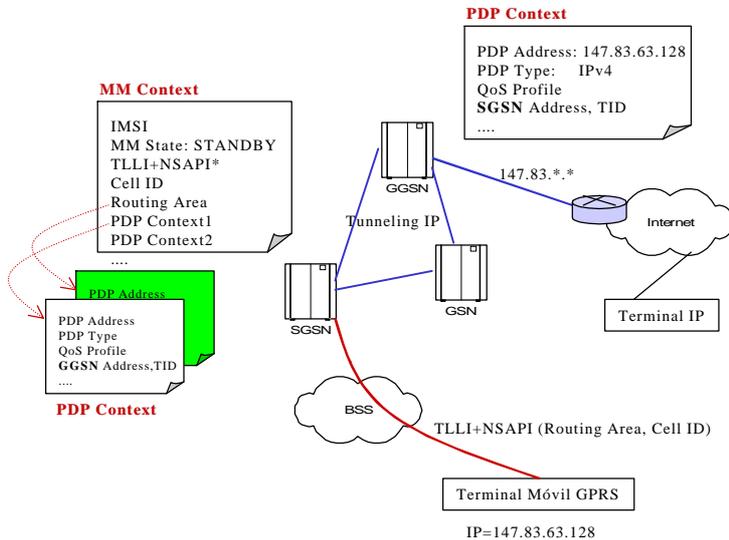


Figura 3. Gestión de movilidad en GPRS

En la arquitectura de red planteada en el apartado anterior, la gestión de movilidad global podría llevarse a cabo con Mobile IP y/o IPv6. Existen varias alternativas para la ubicación del punto de terminación de la capa IP: IGSN, RNC e incluso Nodo B. Parece ser que la opción más factible para la primera fase de UMTS podría ser que el encaminamiento IP llegara hasta el nodo IGSN. El transporte de la información dentro de UTRAN podría realizarse mediante el establecimiento de conexiones lógicas a nivel de capa de enlace (LLC) entre el IGSN y el terminal móvil de forma similar a GPRS.

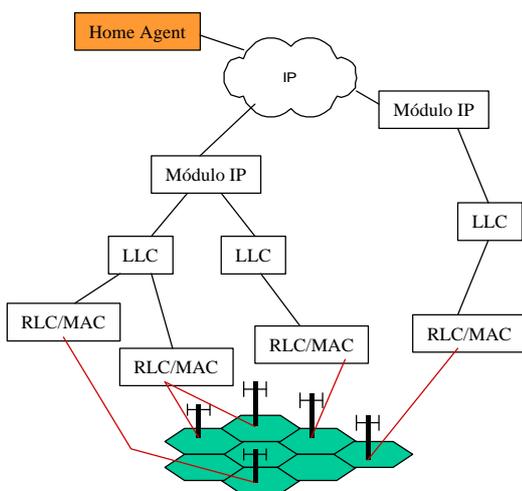


Figura 4. Niveles de traspaso en función de los módulos IP, LLC y RLC/MAC.

IV. MODELO PARA EL ESTUDIO DE MECANISMOS DE TRASPASO

Habiendo identificado las posibles configuraciones de la arquitectura de acceso para UMTS y teniendo en cuenta los procedimientos de gestión de movilidad a nivel global y local que se están perfilando, hemos elaborado un modelo genérico que nos permite estudiar las prestaciones de varios mecanismos de traspaso bajo diferentes escenarios. Nuestro enfoque se centra básicamente en la caracterización del nivel de red (Módulo IP), mecanismos de capa de enlace (Módulo LLC) y los protocolos de acceso radio (Módulo RLC/MAC). Los diferentes módulos se encontrarían distribuidos entre los nodos IGSN, RNC y Nodo-B en el caso de UTRAN, y IGSN y BSS en el caso de GPRS. Independientemente de su ubicación las diferentes configuraciones de los módulos en cuestión podemos verlas representadas en la Figura 4.

V. ESTUDIO DE LAS PRESTACIONES DE UN MECANISMO DE TRASPASO

A. Descripción del mecanismo de traspaso.

El procedimiento de traspaso implementado es similar al mecanismo de re-selección de celda descrito en [4] para el sistema GPRS. A partir del promediado de las medidas obtenidas y mediante la utilización de parámetros de control difundidos a través del canal de control común (PBCCH o BCCH), se evalúan los criterios denominados C1, C31 y C32 para determinar la necesidad de proceder al cambio de la celda actual. El parámetro C1 consiste básicamente en un criterio umbral absoluto sobre la potencia recibida. En caso de valores C1 negativos, el terminal determina la celda candidata basándose en los parámetros C31 y C32 para cada una de las celdas vecinas. Dichos parámetros dificultan o favorecen la elección de una celda en función de las prioridades establecidas en cada celda, estructuras jerárquicas (HCS), márgenes de histéresis e intervalos temporales de penalización para reducir el número de cambios de celda innecesarios. En GPRS, cuando el terminal móvil decide la necesidad de realizar un cambio de celda, interrumpe las posibles transferencias en curso y pasa a intentar el acceso a través de la nueva estación de base. En caso de que la estación de base seleccionada pertenezca a la misma área de localización que la celda antigua se lleva a cabo el mecanismo de actualización de celda, aunque únicamente en el caso encontrarse el terminal en estado READY. En caso de pertenecer las celdas a áreas de localización diferentes, el mecanismo necesario, independientemente del estado de movilidad, es el de actualización de área de encaminamiento. Este procedimiento puede llevarse a cabo dentro del mismo SGSN o bien hacia un SGSN nuevo, situación donde resulta necesaria la transferencia de los contextos asociados al usuario GPRS entre nodos SGSN.

B. Descripción del modelo implementado

Se ha tomado como referencia el entorno macrocelular y los modelos de propagación descritos en [8] donde las estaciones de base forman una estructura hexagonal con celdas de 2 Km de radio. Para minimizar el tiempo de simulación se ha considerado un único terminal móvil desplazándose repetidamente entre dos estaciones de base de referencia. La distancia del recorrido ha sido fijada en base a una diferencia de 40 dB entre las pérdidas de propagación de ambas estaciones.

Los parámetros utilizados en el modelado de la capa física corresponden a la propuesta europea WCDMA. A efectos de la simulación de la capa física se han utilizado los resultados de las simulaciones de nivel de enlace para servicios UDD expuestas en [6]. El control de potencia se ha supuesto ideal en ambos enlaces con limitaciones en la potencia máxima transmitida de 24 dBm en el enlace ascendente y 30 dBm en el descendente. El modelado de la interferencia se ha caracterizado en función del parámetro η definido como la proporción entre potencia de ruido e interferencia (N_0/I_0) para el enlace ascendente [7] y adaptado como la proporción de potencia máxima asignada a un usuario respecto a la potencia total transmitida por la estación de base para el enlace descendente.

Se ha modelado conjuntamente el comportamiento de las funcionalidades RLC y MAC de forma que las tramas LLC entregadas al módulo RLC/MAC experimentan un retardo de transmisión debido al retardo de acceso al canal en caso de no existir previamente una canalización RLC/MAC establecida (p.e., Temporary Block Flow –TBF- en GPRS) y un retardo adicional debido a la recepción incorrecta de bloques RLC. El mecanismo de retransmisión implementado es un ARQ Selectivo. El tamaño del campo de información útil en los bloques RLC se ha considerado de 300 bits tal como se detalla en [2].

Los parámetros de la capa de enlace se corresponden a los definidos para GPRS [5]. El margen de valores especificado para la ventana de transmisión se encuentra entre 2 y 16, el tiempo de retransmisión entre 5 y 40 s, el número máximo de retransmisiones es de 3 y el tamaño de las tramas de información tiene definido un valor mínimo de 140 octetos y uno máximo de 1520 octetos.

VI. RESULTADOS

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos en función de la implicación de las entidades RLC/MAC y LLC en la ejecución del traspaso. El mecanismo de re-selección de celda se ejecuta en base a un margen de histéresis (HHOM) y un contador temporal (TIMER) durante el transcurso del cual se evita la selección de la celda afectada. El promediado de las medidas es exponencial con factor de olvido α . Los paquetes enviados tienen una longitud de 1520 bytes. Los siguientes resultados corresponden a

velocidades de transmisión de 30 Kbits/s en servicios portadores de 60 Kbits/s. El nivel de interferencia es de $\eta=0.1$ para ambos enlaces.

A. Traspaso entre celdas gestionadas por un MAC/RLC común.

Esta situación únicamente sería posible en el sistema UTRAN, concretamente, en el caso de traspasos entre celdas pertenecientes al mismo Nodo B o bien entre celdas controladas desde un nodo RNC que ubicara las funcionalidades de la capa MAC/RLC. En ambos casos, la gestión del traspaso podría solapar con la propia gestión de asignación de los recursos radio de forma que el acceso a través de las diferentes estaciones de base controladas por el mismo MAC podría variarse dinámicamente en función de las condiciones de propagación y tráfico soportado. De esta forma, cuando el terminal cambia su punto de acceso, el contexto asociado a la capa RLC/MAC se mantiene sin que se produzcan pérdidas de tramas LLC. Bajo estas condiciones, el mecanismo óptimo de traspaso coincide con la gestión óptima de la potencia asignada a los terminales de forma que el terminal móvil se encuentra siempre conectado a la mejor estación de base. En la Figura 5 se observa que un mecanismo sin margen de histéresis y poco tiempo de promediado conduce a las mejores prestaciones de retardo y potencia transmitida necesaria.

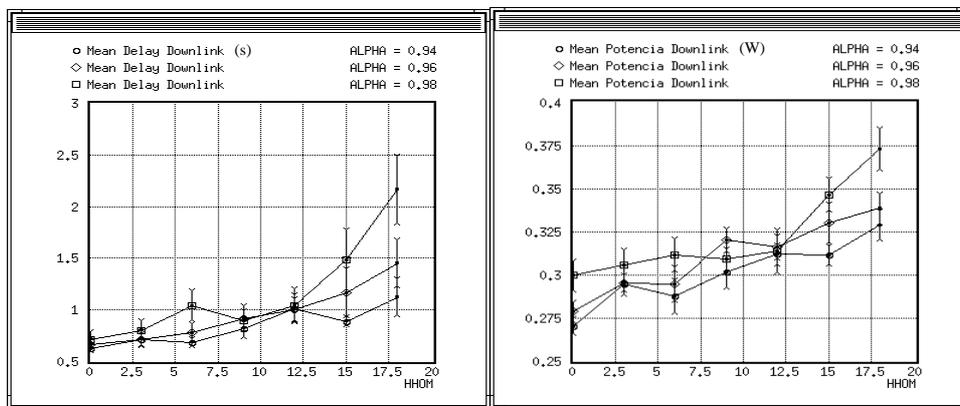


Figura 5. Traspaso dentro del mismo RLC/MAC.

B. Traspaso entre celdas gestionadas por la misma entidad de nivel de enlace.

Esta situación se tendría en el caso que las estaciones de base involucradas en el traspaso estuvieran controladas por entidades RLC/MAC diferentes pero no fuera necesario modificar la entidad LLC. Particularmente, esta situación se corresponde al traspaso entre celdas controladas por un mismo nodo SGSN en GPRS. Centrándonos únicamente en el plano de transmisión, las repercusiones más evidentes en este tipo de traspaso son las posibles pérdidas y cambios en el orden de las tramas de información LLC. En la Figura 6 queda manifiesta la necesidad de trabajar con mecanismos de traspaso que minimicen el número de cambios de celda ya que la sobrecarga de señalización LLC incide muy desfavorablemente en el retardo. Es importante destacar que dicha sobrecarga únicamente se produce en el enlace descendente.

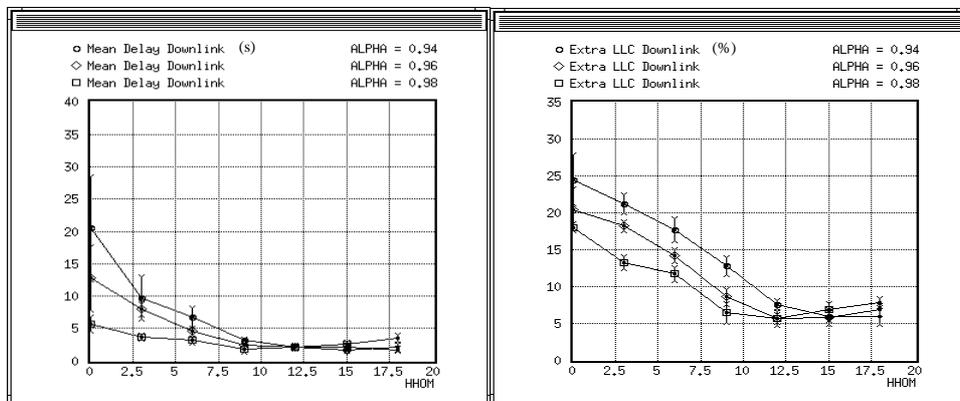


Figura 6. Traspaso entre RLC/MAC diferentes.

C. Traspaso entre celdas con cambio de la capa de enlace.

En este tipo de traspaso es necesaria la liberación y el establecimiento de entidades de enlace. Dentro de GPRS, los traspasos entre celdas controladas por diferentes nodos SGSN se corresponden a dicha situación. Análogamente en UTRAN, suponiendo la opción de IP hasta el nodo IGSN, dicha situación se correspondería al traspaso realizado entre celdas dependientes de diferentes IGSN. Las prestaciones de un traspaso de dichas características pueden estar condicionadas por la ejecución de procedimientos de señalización, tanto entre nodos de acceso como para llevar a cabo la gestión de la movilidad global, y por los mecanismos de transferencia y re-encaminamiento de los paquetes IP entre los nodos implicados. A efectos de abordar el problema se ha definido un tiempo, HANOVER LLC TIME, para modelar la ejecución de los diferentes mecanismos que finalmente conducen a la reproducción del contexto de la antigua entidad LLC en el nuevo nodo. No obstante, la reproducción del contexto no es completa sino que se actualiza basándose en las variables de estado V(R) de las entidades remotas en el momento de decidirse la ejecución del traspaso [5]. Los resultados son análogos al caso anterior (véase Figura 7) porque la problemática en sí es la misma: pérdida de tramas LLC. No obstante, en este caso los efectos de sobrecarga de señalización se manifiestan en ambos enlaces.

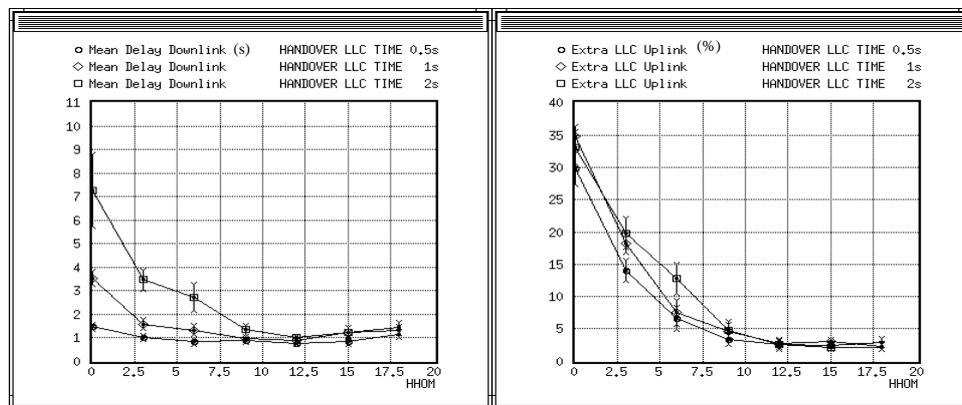


Figura 7. Traspaso con cambio en la capa de enlace.

VII. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han abordado diferentes consideraciones sobre la arquitectura y gestión de movilidad en los sistemas celulares de tercera generación con mecanismos basados en la transmisión en modo paquete. A partir de la arquitectura del sistema GPRS y de la propuesta europea UTRAN hemos identificado diferentes niveles de realización de un traspaso dentro del plano de transporte. Los resultados obtenidos para un procedimiento de traspaso basado en el esquema de re-selección de celda del GPRS muestran la penalización existente cuando existen pérdidas de información en el nivel de enlace.

REFERENCIAS

- [1] GSM 03.60, "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Service Description; Stage 2", Version 6.1.1 Release 97.
- [2] The ETSI UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) ITU-R RTT Candidate Submission, June 1998.
- [3] AC015/UOA/CIT/DS/P/043/b1, "Study of the provision of Internet services and handover control protocols for target UMTS", RAINBOW Project.
- [4] GSM 05.08 Version 6.4.0 Release 1997: "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control".
- [5] GSM 04.64: "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Logical Link Control (LLC).
- [6] ETSI SMG, "Concept Group Alpha-Wideband Direct-Sequence CDMA. Evaluation Document (3.0)."
- [7] Audrey M. Viterbi and Andrew J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA system", IEEE JSAC, vol. 11, nº 6, August 1993.
- [8] UMTS 30.03 version 3.1.0, "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS".