

**Control de potencia en WCDMA**  
**Daniel Cañadas; Ferran Casadevall**  
**Grupo de Comunicaciones Radio**  
**Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones**  
**Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)**  
[daniel.canadas@upcnet.es](mailto:daniel.canadas@upcnet.es); [ferranc@tsc.upc.es](mailto:ferranc@tsc.upc.es)

### **Resumen**

*A diferencia de los sistemas de comunicaciones móviles celulares actuales, en donde el elemento a planificar es la frecuencia, en los sistemas basados en un acceso CDMA el elemento a controlar es la potencia. Aunque en el sistema UMTS la estrategia de control de potencia habitual es un control de potencia en lazo cerrado, en este trabajo se analizan las prestaciones de un sistema de control de potencia en lazo abierto puesto que es la estrategia utilizada en el sistema UMTS como mecanismo de establecimiento del nivel de potencia al inicio de la transmisión y en la transmisión de paquetes cortos.*

*En particular, el trabajo analizado las prestaciones de un control de potencia en lazo abierto cuyo objetivo es maximizar la capacidad garantizando QoS en un entorno multiservicio, tanto para el enlace ascendente como descendente. También se ha definido una estrategia de control de admisión que opera de manera conjunta con el control de potencia. Finalmente, se ha modelado de forma estadística la interferencia intercell mediante un parámetro ( $f$ ) que establece la relación entre interferencia intercelular y interferencia intracelular.*

### **Introducción**

En un entorno W-CDMA uno de los aspectos más importantes es el control de potencia, que es parte de lo que se denomina la Gestión de Recursos Radio (Radio Resource Management, RRM). Los subsistemas RRM tienen como misión mantener la cobertura del área, ofrecer sobre ella la máxima capacidad de usuarios y garantizar la calidad de servicio (QoS). Además del control de potencia, las técnicas utilizadas para ello son: el control de admisión, el control de congestión, el control de handover y funcionalidades de planificación de paquetes.

Bajo este contexto un primer objetivo de este trabajo ha consistido en intentar ofrecer una estrategia de control de potencia tanto para el enlace ascendente como el enlace descendente en un entorno WCDMA (Wide-band Code-Division Multiple-Access). WCDMA es la técnica de acceso usada en UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access), que es el concepto usado para definir la aplicación de UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) en el segmento terrestre. Específicamente la estrategia de control de potencia presentada es un ejemplo de control de potencia en lazo abierto.

Aunque en el caso del sistema UTRA no se puede considerar un control de potencia en lazo abierto como la estrategia base de control de potencia, dado que en el modo UTRA FDD (técnica de duplexación escogida para la banda pareada) la distancia frecuencial es elevada y por tanto el fading Rayleigh está incorrelado entre los dos canales (enlace ascendente y enlace descendente), sin embargo una estrategia de control de potencia en lazo abierto todavía es útil tanto como mecanismo de establecimiento de las potencias de transmisión cuando se inician las comunicaciones como cuando se opera en modo de transmisión de paquetes cortos. En este punto y considerando que en WCDMA se gestiona la potencia en lugar de la frecuencia también es necesario definir un control de admisión. Por lo tanto, dentro de lo que es la propuesta de control de potencia analizada en este trabajo también se ofrece una posible solución a este aspecto de la gestión de recursos radio.

La propuesta de control de potencia presentada en este trabajo tiene un aspecto importante de los sistemas celulares: la influencia de la interferencia intercell. En este sentido se ha formulado esta influencia como un parámetro estadístico que representa la relación entre la interferencia intercell y la intracell ( $f$ ). El trabajo caracteriza este parámetro tomando en consideración la naturaleza de entorno multiservicio del sistema analizado.

Para conseguir los objetivos descritos ha sido necesario establecer un modelo matemático para el control de potencia tanto en el enlace ascendente como para el enlace descendente. En la definición

del modelo matemático se han tomado en consideración diferentes características de un entorno multiservicio como son las velocidades de transmisión y de relación señal a ruido mínimas a satisfacer.

## Arquitectura y protocolos en UMTS

La arquitectura general del sistema UMTS ( [2] ) consta de 3 bloques: la estación móvil o equipo de usuario (MS), la red UTRA que denominaremos UTRAN (UTRA network) y la red troncal, con capacidad de gestionar circuitos orientados a conexión y circuitos orientados a paquetes. Se incluyen 2 interfaces: el lu entre UTRAN y la red troncal y un interfaz radio Uu entre UTRAN y las MS.

Se han definido adicionalmente unas capas funcionales denominadas estrato de acceso y estrato de no acceso. Éstas se distinguen en que el estrato de acceso contiene todas las funcionalidades específicas del acceso radio y ofrece servicios en las MS y en la red troncal al estrato de no acceso, mientras que el estrato de no acceso ofrece los servicios UMTS a los usuarios. Esta definición de capas provoca una división entre UTRAN y la red troncal: la primera gestiona todos los procesos radio mientras que la segunda los procesos de los servicios incluyendo la gestión de movilidad y el control de llamadas.

El bloque UTRAN está formado por uno o más sub-sistemas radio de red (RNS), cada uno de los cuales contiene varios nodos B y un controlador radio de red (RNC, Radio Network Controller). Los nodos B realizan el proceso de codificación de canal y entrelazado, adaptación de velocidades, el ensanchado ó spreading, etc... a la vez que participan en la gestión de recursos radio. El RNC controla los recursos radio de su dominio, definido por los nodos B conectados a él, y es el punto de acceso de todos los servicios UTRAN que ofrece la red troncal. Además en UTRAN se define un interfaz Iur que permite la transferencia de llamada (handover) entre distintos RNCs y un interfaz Iub que define la conexión entre nodos B y RNCs.

Los elementos de la red donde situaremos el control de potencia son las estaciones móviles (MS, Mobile Station), las estaciones bases (BS, Base Station) y el controlador radio de la red (RNC).

La pila (stack) de protocolos UTRA define básicamente las capas física, enlace, MAC y red. En el nivel de red se define la capa RRC (Radio Resource Control) dentro del estrato de acceso. El RRC ofrece a la red troncal un servicio de control general, un servicio de notificación y un servicio de control dedicado para el establecimiento y cierre de conexiones y transferencia de mensajes usando una conexión. Existe un traspaso de información de medidas de las diferentes capas que se concentra en el RRC. A través de diferentes técnicas y algoritmos se establece un sistema de control que circula a través de los canales lógicos de control definidos en MAC (Medium Access Control) y a través de otros medios (campos de los canales dedicados). Mediante este traspaso de información el RRC realiza su función principal que sería la gestión de los recursos radio que comprende todo una serie de técnicas, entre las cuales está el control de potencia.

## Control de potencia en UMTS

El control de potencia puede llegar a considerarse como uno de los aspectos más importante en WCDMA, particularmente para el enlace ascendente, y es la solución natural al problema que representa ofrecer calidad de servicio variable. Especificar diferentes QoS para diferentes tipos de tráfico permite ajustar de manera mucho más precisa la gestión de los recursos radio de un sistema celular. Como además el control de potencia mitiga el efecto de la interferencia intracell e intercell que supone el reuso frecuencial, el impacto global del control de potencia provoca un aumento substancial de la capacidad del sistema.

Para conseguir estos objetivos, el control de potencia busca obtener las potencias mínimas en recepción o transmisión para garantizar que las diferentes conexiones mantienen una relación señal a ruido igual o superior a la mínima necesaria para cada servicio. Para ello es necesario un proceso de estimación de las potencias recibidas que compense el efecto de los desvanecimientos ó fading y de las pérdidas del enlace.

El control de potencia debe además considerar la asimetría que existe entre el enlace ascendente y el enlace descendente. En el enlace ascendente tenemos una situación de múltiples antenas transmisoras y una sola antena receptora de manera que el efecto de cercanía-lejanía de los terminales móviles (near-far effect) es muy importante. Es decir, una señal fuerte de un terminal móvil cercano podría enmascarar una señal débil de otra estación móvil lejana si no existiera un control de potencia que procurará obtener una potencia de recepción equivalente para todos los móviles de un mismo servicio. En el enlace descendente esta situación no la tenemos puesto que el sistema se fundamentaría en una única antena transmisora y múltiples receptoras.

Existen dos estrategias de control de potencia: el control de potencia en lazo cerrado ("closed-loop power control") y el control de potencia en lazo abierto ("open-loop power control").

En el caso de UTRA se necesita un control de potencia denominado en lazo cerrado que se divide en dos partes: el control de potencia interno o rápido ("inner power control" o "fast power control") y el control de potencia externo ("outer power control"). La interacción entre los dos controles se basa en la siguiente idea: a partir de la estimación de la señal recibida y de las condiciones de carga el control externo fija los umbrales de señal que el control interno se encarga de ajustar de forma precisa.

El control de potencia en lazo abierto se basa en realizar una estimación aproximada de las pérdidas del canal a partir de la señal piloto del enlace descendente y a partir de ahí establecer las potencias de transmisión. Aplicar este tipo de control a un sistema CDMA es apropiado si la correlación entre los canales del enlace ascendente y el enlace descendente es elevada. Por tanto en el caso de UTRA, en la que la separación frecuencial entre el enlace ascendente y el enlace descendente en el modo WCDMA FDD es grande y el fading rápido está incorrelado entre ambos canales, aplicarlo como control de potencia sería impreciso.

Sin embargo en UTRA usa un control de potencia en lazo abierto para establecer la potencia de transmisión cuando una estación móvil inicia una conexión o en el caso de transmisiones de paquetes cortos. Concretamente en los canales comunes FACH, RACH y CPCH, usados para la transmisión de pequeños paquetes individuales, donde no existe un canal de retorno y no se puede aplicar un control de potencia en lazo cerrado, se aplica un control en lazo abierto. Este control se establece mediante un preámbulo de 8 bits que incluso viene acompañado con un control de potencia rápido.

## Modelo matemático del control de potencia

Como base de la propuesta de control de potencia se ha desarrollado un modelo matemático (a partir de referencias [3], [5] y [6]) que toma en consideración algunos de los requerimientos citados para el control de potencia: tipo de servicios implementados, relación señal a ruido mínima para cada servicio y velocidad de transmisión mínima para cada servicio, etc..

En general observaremos que un aspecto que queda indefinido en un entorno multiservicio es la influencia de la interferencia intercell. Hasta ahora en un entorno DS-CDMA con un único servicio vocal se había obtenido que la influencia de la interferencia intercell podía evaluarse (en media) como un 60% de la interferencia intracell [1]. Sin embargo, en un entorno multiservicio no podemos extrapolar directamente este valor. La idea es expresar esta influencia de la interferencia intercell como un tanto por uno de la interferencia intracell mediante un parámetro, que denominaremos  $f$ , y cuyo comportamiento estadístico se ha caracterizado mediante una herramienta de simulación.

### Modelo matemático del enlace ascendente

Supongamos un sistema con  $N$  usuarios que acceden a un conjunto de  $L$  servicios. Cada usuario podría estar conectado a más de un servicio, pero como en cada conexión solo se establece un bucle de control de potencia solo se considera el servicio más restrictivo. Cada conexión tendrá como características una velocidad de transmisión mínima  $R_b^l$  (que indirectamente nos define una ganancia de procesamiento  $SF^l$  a su vez) y una relación señal a ruido mínima  $SIR_{\min}^l$  que vendrán dadas en función del servicio utilizado. Serían éstos los parámetros principales de un TF (Transport Format) asociado a un determinado canal.

En el enlace ascendente los parámetros que distinguen cada ecuación son la ganancia de procesamiento y la relación señal a ruido mínima que están relacionadas con el servicio en uso. Por este motivo podemos agrupar las ecuaciones de todos los usuarios de un mismo servicio en una sola y de esta manera las ecuaciones dejarán de estar relacionadas con usuarios individuales y lo pasarán a estar con los servicios. Se obtiene un conjunto de  $L$  ecuaciones (tantas como servicios existentes en el sistema) donde las incógnitas a encontrar son las potencias recibidas en la estación base,  $P^l$ .

Asumiendo que la ganancia de procesamiento ( $SF$ ) puede tomar cualquier valor, podemos expresar las ganancias de procesamiento de los diferentes servicios como función de sus velocidades de transmisión mínimas (en bps) y del factor de codificación:

$$SF^l = \frac{BW}{\left[ \frac{R_b^l}{\log_2(M)} \right] \left( \frac{n}{k} \right)^l} = \left[ \frac{BW}{R_b^l} \times \log_2(M) \right] \frac{1}{(n/k)^l} \quad (e1)$$

donde

$BW$  es el ancho de banda del canal ( $1/T_c$ )

$R_b^l$  es la velocidad de transmisión del servicio  $l$ -ésimo en bps

$(n/k)^l$  es el factor de codificación del servicio  $l$ -ésimo

$M$  es el número de elementos de la constelación (para QPSK  $M=2$ )

En condiciones de energía por bit constante y suponiendo que las  $N$  conexiones han sido asignadas la interferencia intracell viene determinada por:

$$I_o = \left[ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq l}}^L \alpha^j P^j + (\alpha^l - 1) P^l \right] \quad (e2)$$

donde  $\alpha^l$  es el número de conexiones usando el servicio  $l$ -ésimo.

Considerando adicionalmente que despreciamos la ISI frente a las interferencias intracell e intercell, y caracterizar la interferencia intercell,  $X$ , como un tanto por uno de la intracell a través del parámetro  $f$ . La hipótesis subyacente en esta caracterización de la interferencia intercell es que la interferencia intracell en cada celda es en media la misma. Con todo esto obtenemos el siguiente conjunto de ecuaciones que modela un control de potencia en lazo abierto para el enlace ascendente:

$$\frac{P^l \times \left[ \frac{BW}{R_b^l} \times \log_2(M) \right] \frac{1}{(n/k)^l}}{N_o \times BW + \alpha(\rho + f) \left[ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq l}}^L \alpha^j P^j + (\alpha^l - 1) P^l \right]} \geq SIR_{\min}^l \quad (e3)$$

donde

$P^k$  es la potencia en recepción asociada al servicio  $k$

$N_o$  es la densidad espectral de ruido térmico

$BW$  es el ancho de banda del canal

$\rho$  es el factor de ortogonalidad

$\alpha$  es el factor de actividad

### Modelo matemático del enlace descendente

El modelo anterior no es aplicable al enlace descendente dada la asimetría que existe entre ambos canales. La solución a este problema pasa por expresar las ecuaciones del algoritmo de control de potencia considerando como incógnitas las potencias transmitidas por los móviles,  $P_{ti}^l$  (potencia transmitida por el móvil  $i$  usando el servicio  $l$ ).

La influencia de la interferencia intercell depende de la distancia (como se ha hallado en los resultados posteriores). De hecho esta dependencia se ha representado de manera discreta al considerar diferentes coronas circulares para caracterizar la influencia de la interferencia intercell,  $f_c$ , donde  $c$  es un índice que indica en que corona circular se encuentra el móvil. De esta manera el conjunto de ecuaciones que modela el control de potencia para el enlace descendente es:

$$\frac{P_{tk}^i \frac{1}{Lp_i} \times SF^l}{N_o BW + \alpha \sum_{c=1}^{N_c} (\rho + f_c) \left( \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i \\ j \in c}} P_{tk}^j \frac{1}{Lp_i} + \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \in c}} P_{tl}^j \frac{1}{Lp_i} \right)} \geq SIR_{\min}^l \quad (e4)$$

donde

$L_{pj}$  son las pérdidas del enlace incluyendo el efecto del fading  
 $N_c$  es el número de coronas

### Modelo matemático del control de admisión

La propuesta incluye un algoritmo de admisión ([7]) que controla las potencias máximas en recepción y en transmisión. Usaremos la terminología  $P_j^k$  y  $P_j^T$  para expresar dichas potencias en la celda  $j$  y las podemos definir según:

$$P_j^R = \max \left( \sum_{l=1}^L a_l P_l^r \right) \quad (e5) \quad P_j^T = \max \left( \sum_{i=1}^N P_i^t \right) \quad (e6)$$

donde

$\alpha_l$  es el número de usuarios para el servicio  $l$   
 $P_l^r$  es la potencia en recepción en el enlace ascendente para el servicio  $l$   
 $L$  es el número de servicios en uso  
 $P_i^t$  es la potencia en transmisión en el enlace descendente para la conexión  $i$   
 $N$  es el número de conexiones activas

Por consiguiente, en cualquier instante debe cumplirse:

$$\sum_{i=1}^N P_i^r \leq P_j^R \quad (e7) \quad \sum_{i=1}^N P_i^t \leq P_j^T \quad (e8)$$

donde

$P_i^r$  es la potencia en recepción para la conexión  $i$   
 $P_i^t$  es la potencia en transmisión para la conexión  $i$

$N$  el número de conexiones activas de la celda  $j$ , donde  $N = \sum_{l=1}^L a_l$

Definimos el margen de potencia libre como la interferencia que pueden tolerar el conjunto de usuarios activos sin violar los requerimientos de relación de señal a ruido mínimas. Cuando coexisten

servicios de datos en modo circuito con QoS garantizada con servidos de datos en modo paquete, se debe esperar que el algoritmo maximice el margen de potencia libre para acomodar tráfico de datos además de determinar las potencias para todos los usuarios con conexión activa en este instante. El caudal que podremos ofrecer a los nuevos usuarios dependerá del margen de potencia libre

Conforme se van estableciendo nuevas conexiones, o simplemente conforme se ejecuta el algoritmo de control de potencia (puesto que las condiciones de los enlaces activos van a ir variando, el algoritmo de control de potencia debe ejecutarse periódicamente aunque no entren nuevos usuarios como control de congestión del sistema), podemos ir determinando el margen de potencia libre para recepción y transmisión:

$$B_r = P_j^R - \sum_{i=1}^N P_i^r \quad (e9) \quad B_t = P_j^T - \sum_{i=1}^N P_i^t \quad (e10)$$

A partir de este margen de potencia libre en recepción, se puede averiguar la posible velocidad de transmisión asociada a un servicio con una relación señal a ruido SIR que podríamos asignar:

$$r = \frac{BW \times B_r}{SIR \left( N_o' \times BW + \alpha (\rho + f) \left[ \sum_{j=1}^L a_j P_j \right] \right)} \quad (e11)$$

donde  $P_j$  es la potencia en recepción en el enlace ascendente para el servicio j-esimo

Esta misma ecuación la podemos describir para el caso de tener potencias en transmisión:

$$r = \frac{BW \times \frac{1}{Lp_i} B}{SIR \left( N_o' BW + \alpha \sum_{c=1}^{N_c} (\rho + f_c) \left( \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^L P_t^h \frac{1}{Lp_i} \right) \right)} \quad (e12)$$

donde

$P_t^k$  es la potencia de transmisión en el enlace descendente para la conexión j usando el servicio k

$Lp_i$  es la atenuación del enlace de una nueva conexión

Es decir que dada una nueva conexión con unos requerimientos de velocidad de transmisión mínima y relación señal a ruido mínima, podemos comprobar tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente si puede ser admitida o no mediante las expresiones e11 y e12. Por tanto estamos definiendo un algoritmo de control de admisión.

## Resultados

Se ha construido una herramienta de simulación donde se ha considerado un sistema de 7 celdas con los siguientes parámetros ([2]): un ancho de banda, BW, de 5 MHz; un factor de actividad de 0,4; el factor de ortogonalidad  $\rho$  se ha cogido 1 para el enlace ascendente y 0,06 para el enlace descendente; el factor de ruido del sistema F se ha escogido como valor habitual 5 dBs aunque también se han obtenido resultados con F = 10 dB para observar la influencia del ruido.

Como modelo de transmisión se ha usado el modelo de Egli ([8]). Se han tomado los siguientes valores: la ganancia de la antena transmisora ( $G_T$ ) se ha escogido igual a 3 dB, mientras que la ganancia de la antena receptora ( $G_r$ ) se ha supuesto igual a 5 dB. La altura de la estación base ( $h_b$ ) se ha considerado 50 metros y la altura del móvil ( $h_m$ ) 1 metro. Finalmente la frecuencia de trabajo f(Mhz) 2000 Mhz, y la distancia mínima y máxima respecto la estación base  $d_{min}$ ,  $d_{max}$  se han considerado 100 metros y 20 km. respectivamente. En cuanto a la desviación típica del fading lognormal se ha tomado como valor habitual 8 dB, pero se han considerado valores extremos de 1 dB y 15 dB para ver la evolución de los resultados en función del fading.

En cuanto los servicios, los resultados de este trabajo se han centrado solo en dos. Un primer servicio de voz con velocidad de transmisión de 8 Kbps, tasa de codificación igual a 1/3 y una relación señal a ruido mínima de 9 dBs, y un segundo servicio de datos de 144 kbps, con tasa de codificación igual a 1/3 y una relación señal a ruido de 5 dBs.

### Caracterización de la interferencia intercell

En las condiciones descritas se ha encontrado que el parámetro  $f$  puede ser caracterizado estadísticamente por una función de densidad de probabilidad de tipo lognormal ([4]), dada por:

$$f(x) = d \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp - \left\{ \left[ \frac{\ln(ax) - \bar{x}}{\sqrt{2\sigma c}} \right]^2 \right\} \quad (e13)$$

Donde  $a$  y  $c$  son los parámetros que modifican la definición de la función lognormal y  $d$  es un valor que normaliza a la unidad el área de la misma.

Antes de entrar a caracterizar en detalle la evolución de los parámetros de la función teórica lognormal que define la función de distribución de probabilidad,  $a$ ,  $c$ ,  $\bar{x}$  y  $\sigma$  (ψα θυε δ νο σερί νεχεσαριο πνεστο θυε εσ σολο υν παλορ δε νορμαλί (ν), ποδεμοσ εξτραερ υνα σεριε δε χονχλυσιονεσ γενεραλεσ δε λοσ ρεσυλταδοσ θυε σε πνεδεσ απλιχαρ παπαρα ελ ενλαχε ασχεσδεσ τε χομο παρα ελ ενλαχε δεσχεσδεσ τε:

1. Λα εσολυχι (ν δε λοσ παρ(μετρασ ινδεπεσδεσ τε δελ ρυιδο δελ σιστεμα. Λα φυσιφιχαχι (ν εσ θυε ελ σιστεμα εσ( λιμιταδο πορ λα ιντερφερενχια ψ νο εσολυδο χομο αχοστυμβρα α πασαρ εν εντορνοσ ΧΔΜΑ.
2. Λα χαραχτεριζαχι (ν δε φ σε πνεδε χονσιδεραρδεπεσδεσ τε δελ σερωιχο. Εν ελ προχεσο δε σιμυλαχι (ν σε ηαν υσαδο δοσ σερωιχοσ δε χαραχτερίστιχασ μψ δισπαρεσ ψ σιν εμβαργο λα χαραχτεριζαχι (ν δε λα διστριβυχι (ν δε φ εν υν χασο υ στρο παρια δε μανερα μί νιμα.
3. ζαριαρ ελ ραδιο δε λα χελδα νο προποχαφιχαχιονεσ εν λα εσολυχι (ν δε λοσ παρ(μετροσ.

Πορ λο ταντο λα χαραχτεριζαχι (ν δε λα ινφλεσνσ ελλ πιεε δαδα πορ λασ παριαχιονεσ δε χαργα δελ σιστεμα, λασ παριαχιονεσ δε λα δεσπιαχι (ν τίπιχα φωνορμαλ ψ λα διστανχια δε λοσ μ (πιλεσ εν ελ χασο δελ ενλαχε δεσχεσδεσ τε.

En concreto para el enlace ascendente los parámetros dependen del fading y la carga del sistema normalizada entre 0 y 1,  $C_a$ , y se pueden aproximar por:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_e^2 &= 0,075 \cdot (17,3 \cdot C_a - 2,1) + 0,2 \\ a_e &= 0,02 \cdot (17,3 \cdot C_a - 2,1) - 0,14 \cdot (17,3 \cdot C_a - 2,1) + 1,8 \\ \bar{x}_e &= 0,013 \cdot (17,3 \cdot C_a - 2,1) - (0,036 \cdot \gamma + 0,314) \\ c &= 1 \end{aligned}$$

En el enlace descendente los parámetros dependen del fading,  $\gamma$ , la carga del sistema normalizada entre 0 y 1,  $C_a$ , y la distancia,  $d$ , y se pueden aproximar por:

$$\begin{aligned} \bar{x}_e &= 5,1 \cdot \ln(d) - 14,3 \\ \bar{\sigma}_e^e &= - (0,029 \cdot \gamma + 0,37) \cdot (C_a + 1) + (0,13 \cdot \gamma + 1,07) \\ a_e &= - [0,55 \cdot (0,14 \cdot \gamma + 0,86)^2 - 0,55 \cdot (0,14 \cdot \gamma + 0,86) + 1,1] \cdot (C_a + 1) + \\ &\quad [1,65 \cdot (0,14 \cdot \gamma + 0,68)^2 - 1,65 \cdot (0,14 \cdot \gamma + 0,86) + 3,5] \\ c &= 1 \end{aligned}$$



donde expresamos la carga del sistema normalizada entre 0 y 1,  $Ca$ , como:

$$Ca = 1 - \frac{\lceil ((-6,8 \times \lceil us_2 \rceil + 68 - us_1) / 68) - us_1 \rceil}{65}$$

donde  $us_1$  es el número de usuarios del servicio 1 (voz por ejemplo) mientras que  $us_2$  es el número de usuarios del servicio 2, datos por ejemplo. La expresión anterior se ha extraído a partir de la recta que define la capacidad del sistema, tal como mostramos en el apartado siguiente.

### Capacidad del sistema

Se ha hallado la recta de capacidad de los dos servicios descritos, el de voz y el de datos, tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente.

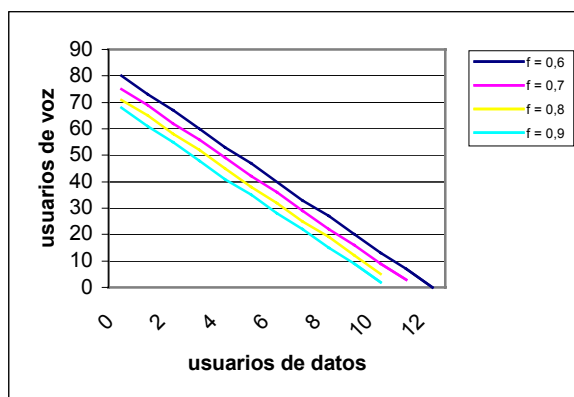


Figura 1. Capacidad del enlace ascendente en función de  $f$

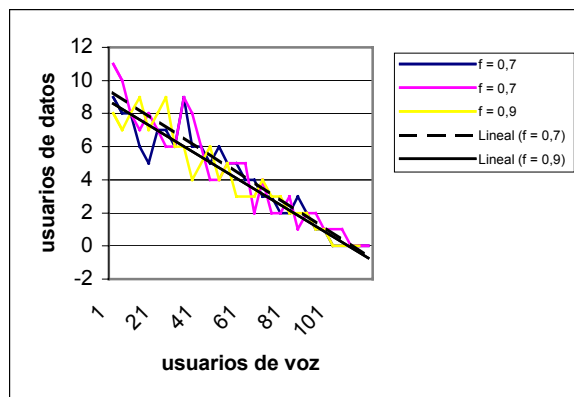


Figura 2. Capacidad del enlace descendente en función de  $f$

Se observa como conforme aumenta influencia de la interferencia intercell disminuye la capacidad del sistema ya que está creciendo la interferencia global del sistema. Como vemos en el caso del enlace descendente el impacto que provoca una variación en la interferencia intercell es menor que en el enlace ascendente (se puede comparar la tendencia de la línea de puntos para un valor de  $f = 0,7$  y para un valor de  $0,9$ ). De hecho en el enlace descendente observamos que asintóticamente el número de conexiones con servicio vocal aumenta (permite hasta del orden de 110 conexiones) respecto al enlace ascendente mientras que las del servicio de datos no, sin tomar en consideración restricciones en el número de códigos y potencias en transmisión. Esto se debe a que el servicio de datos necesita más recursos radio que el de voz. A la vez conforme más alejado se encuentra la MS de la BS una potencia mayor es requerida. Por lo tanto si en el sistema existen unos móviles usando el servicio de datos y alejados de la BS van a provocar un incremento de carga siempre mayor que la que provocarían móviles con servicio vocal.

### Potencias máximas en transmisión y recepción

En el control de admisión se definen una potencia máxima de transmisión y una potencia máxima de recepción para el enlace descendente y el enlace ascendente respectivamente. Estos umbrales serán la referencia a usar para determinar si se puede admitir o no un nuevo usuario.

En las figuras 3 y 4 podemos ver la evolución de la potencia máxima en recepción en el enlace ascendente para diferentes números de usuarios del servicio de voz y haciendo el recorrido sobre el servicio de datos.



Vemos como existe un recorrido de unos 30 dB (entre  $-110$  dBm y  $-80$  dBm) para las diferentes situaciones de carga y que el hecho de variar  $f$  hace que también varíe la evolución de la potencia máxima. De hecho para cada valor de  $f$  encontraremos que la potencia máxima absoluta se da para un número de usuarios de voz y de datos diferente en cada caso

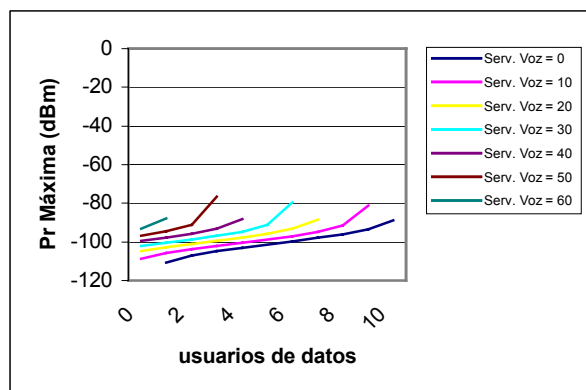


Figura 3. Potencia máxima en recepción para  $f = 0,9$

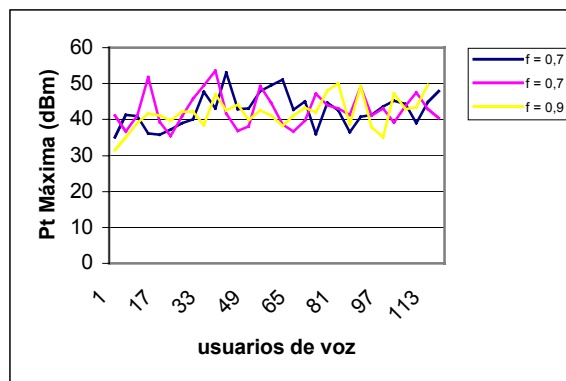


Figura 4. Potencia máxima en transmisión.

En el caso del enlace descendente se han considerado numerosos casos con diferentes números de usuarios para el servicio de voz y para cada caso se ha hecho un recorrido sobre el servicio de datos. El valor máximo de potencia de transmisión en cada recorrido es el que compone la tendencia. Además, en el enlace descendente el modelo matemático tiene una dependencia con la distancia de los móviles. Por este motivo se han hecho dos realizaciones para un valor de  $f$  igual a 0,7 y otra para 0,9. Las dos primeras tienen como objetivo ver que el rango de variación de la potencia de transmisión es el mismo. Este es de unos 20 dB y se encuentra entre los 30 dBm y 50 dBm.

La simulación con valor de  $f$  igual a 0,9 tiene como misión ver la evolución de este rango en función de  $f$ . Nuevamente como en el caso del enlace ascendente observamos como el rango es el mismo.

## Conclusiones

Se ha diseñado y analizado las prestaciones de un control de potencia en lazo abierto cuyo un objetivo es maximizar la capacidad garantizando QoS. A partir de los resultados se ha definido una estrategia global de control de potencia y de control de admisión conjuntas en un entorno W-CDMA multiservicio.

En este tipo de entornos, tanto para el enlace ascendente como descendente la interferencia intercell es modelable de forma estadística mediante el parámetro  $f$  (interferencia intercell / interferencia intracell). El modelo obtenido sigue una estadística del tipo lognormal, con parámetros que dependen de la recta de carga (número de usuarios por servicio) del sistema.

## Referencias

- [1] A.J. Viterbi, "CDMA. Principles of spread spectrum communication", Addison-Wesley Wireless Communication Series.
- [2] H. Holma and A. Toskala, "WCDMA for UMTS", ed. Wiley, 2000.
- [3] D. Ayyagari and A. Ephremides. "Power control for link quality protection in cellular DS-SS networks with integrated (packet and circuit) services", Mobicom'99, pp.96-101,1999.
- [4] W-M Tam and F.C.M. Lau, "Analysis of power control and its imperfections in CDMA cellular systems", IEEE Trans. Veh. Technol., vol.48, pp.1706-1717,1999

- [5] A. Sampath, P.S. Kumar and J.M. Holtzman, "Power control and resource management for a multimedia CDMA wireless system", Proc. IEEE, pp. 21-25, 1995.
- [6] A. Sampath, P.S. Kumar and J.M. Holtzman, "On setting reverse link target SIR in a CDMA system", Proc. IEEE, pp. 929-933, 1997.
- [7] C.Y. Huang and R.D. Yates, "Call admission in power controlled CDMA systems", Proc. IEEE, pp. 1665-1669, 1996.
- [8] Grup de Comunicacions Radio, Departament de Teoria de Senyal i Comunicacions, "Radiocomunicacions. Transparències", Centre de Publicacions del Campus Nord.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto TIC-1998-0684 financiado por CICYT.