

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**“Gestión del Recurso Control de Potencia en la  
tecnología WCDMA”.**

**Autor: Yoandy Alfonso Rovira**

**Tutor: MSc. Frank Zurbano Quintana**

**Cotutor: Ing. Hiram del Castillo Sabido**

**Santa Clara**

**"Año 55 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**“Gestión del Recurso Control de Potencia en la tecnología WCDMA”.**

**Autor: Yoandy Alfonso Rovira**

E-mail: [yarovira@uclv.edu.cu](mailto:yarovira@uclv.edu.cu)

**Tutor: MSc. Frank Zurbano Quintana**

Asistente Adjunto del Dpto. de Telecomunicaciones y Electrónica de la UCLV  
e Instructor Adjunto del Centro Nacional de Capacitación de ETECSA.  
Especialista de la filial de Servicios Móviles de ETECSA, Gerencia Villa Clara.

E-mail: [frank.zurbano@cubacel.cu](mailto:frank.zurbano@cubacel.cu)

**Cotutor: Ing. Hiram del Castillo Sabido**

**Santa Clara**

**"Año 55 de la Revolución"**





Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## PENSAMIENTO

*La cosa más bella que podemos experimentar es el misterio. Es la fuente de la ciencia y del verdadero arte.*

*Albert Einstein.*

*La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso.*

*Louis Pasteur.*

*A veces sentimos que lo que hacemos es tan sólo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara esa gota.*

*Madre Teresa de Jesús.*

## DEDICATORIA

*A mi Esposa, a mis Padres, a mi Hermano y a mi Familia que es el regalo más grande que Dios me ha dado.*

## AGRADECIMIENTOS

*Quisiera agradecer a Dios porque él me ha dado las fuerzas para poder llegar al final de mi carrera universitaria, gracias a Dios mi sueño de ser Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica se ha convertido en realidad, él ha sido mi descanso y mi refugio en todo momento, por lo que creo que lo menos que puedo hacer es agradecerle por todo lo que ha hecho y por todo lo que hará en mí. Además agradecer a mis padres porque ellos nunca dudaron que yo podría llegar al final de mi carrera y su apoyo nunca ha faltado, por lo que mis triunfos son suyos también. A mi esposa que nunca se apagó su fe en mí, y su amor y comprensión me han dado fuerzas para seguir adelante. También quiero agradecer a mi hermano y a mi Familia que son lo más importante que poseo. A mi tutor, Frank Zurbano Quintana, que ha sido quien me ha guiado en todo momento, siempre ha estado dispuesto para lo que he necesitado durante este período de tesis. También agradecer a mi cotutor Hiram del Castillo Sabido quien me ha ayudado en la revisión de la tesis. Quisiera agradecer mis hermanos, amigos y compañeros integrantes del “GRUPO”, los cuales han sido lo mejor que me ha pasado en la carrera y tener su amistad lo más gratificante. A todos los que de una forma u otra han aportado su granito de arena a mi tesis solo me resta decir GRACIAS.*

## TAREA TÉCNICA

Las tareas técnicas que se trazaron en este proyecto son los que se relacionar a continuación:

- Revisión de la bibliografía existente sobre temas relacionados con la tecnología WCDMA en la actualidad.
- Elaboración de un documento ampliado e integrador de los fundamentos del proceso de gestión del recurso control de potencia.
- Descripción detallada de los algoritmos para la gestión del recurso control de potencia.
- Elaboración del proyecto final.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## **RESUMEN**

En la actualidad los sistemas móviles han ido evolucionando a generaciones superiores. Dado que se considera muy importante para el desarrollo del turismo en nuestro país, Cuba ha comenzado a desplegar la tecnología de 3G, WCDMA, para permitir el acceso a las aplicaciones ofrecidas por el proveedor extranjero de servicios móviles. El Control de Potencia constituye una parte fundamental en el estudio de los sistemas WCDMA y es de vital importancia, porque tener un Control eficiente de la Potencia garantiza minimizar la interferencia y de esta forma maximizar la capacidad en este sistema. El presente trabajo integra las bondades y particularidades de los sistemas WCDMA y cómo se gestiona el recurso Control de Potencia para que pueda ser empleado en la capacitación de nuestros ingenieros y especialistas. Se realiza un análisis de las características fundamentales de estos sistemas y se describen los canales físicos, lógicos y transporte que emplean los algoritmos de Control de Potencia y cómo son utilizados en el proceso de gestión. Con la descripción de los tres algoritmos de control de potencia según Ericsson, el Control de Potencia de Lazo Abierto, Lazo Interno y Lazo Externo, se demuestra que trabajan juntos para mantener buena calidad en las conexiones de radio.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TAREA TÉCNICA .....	iv
RESUMEN .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA TECNOLOGÍA WCDMA .....	5
1.1 Sistema UMTS.....	5
1.2 Características generales de los sistemas UMTS.....	5
1.3 Servicios ofrecidos para UMTS.....	7
1.3.1 Clasificación en función de la QoS ( <i>Quality of Service</i> ).....	7
1.3.2 Clasificación según la finalidad del servicio .....	9
1.4 Arquitectura del sistema UMTS .....	9
1.4.1 Terminales móviles .....	10
1.4.2 Red de Acceso Radio (UTRAN).....	10
1.4.3 Núcleo de Red ( <i>Core Network</i> ) .....	11
1.5 W-CDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha).....	13
1.5.1 WCDMA una evolución de GSM y CDMA .....	13

1.5.2	Técnicas de Acceso de Radio .....	14
1.5.3	CDMA ( <i>Code Division Multiple Access</i> ) .....	15
1.5.4	Técnicas de Duplexado .....	16
1.5.5	Sistemas de Ensanchado y Desensanchado .....	16
1.5.6	Principales Características .....	17
1.6	Gestión de Recursos .....	18
1.6.1	Control de Potencia .....	19
1.6.2	Control de Potencia de Lazo Abierto ( <i>Open Loop</i> ) .....	20
1.6.3	Control de Potencia de Lazo Interno ( <i>Inner Loop</i> ) .....	20
1.6.4	Control de Potencia de Lazo Externo ( <i>Outer Loop</i> ) .....	20
1.6.5	Traspaso Suave y Traspaso Más Suave ( <i>Soft y Softer Handover</i> ) .....	20
1.6.6	Handover entre WCDMA y GSM ( <i>Global System Movil</i> ) .....	22
1.6.7	Handover entre frecuencias .....	22
1.6.8	Control de Admisión .....	22
1.6.9	Control de la Congestión .....	23
1.7	Sincronización.....	24
CAPÍTULO 2. CONTROL DE POTENCIA .....		25
2.1	Control de Potencia en WCDMA .....	25
2.2	Tipos de Control de Potencia en WCDMA .....	27
2.2.1	Control de Potencia de Lazo Abierto ( <i>Open Loop</i> ) .....	27
2.2.2	Control de Potencia de Lazo Interno ( <i>Inner Loop</i> ) .....	28
2.2.3	Control de Potencia de Lazo Externo ( <i>Outer Loop</i> ) .....	30
2.3	Trama, Ranura y Canales.....	32
2.3.1	Los canales lógicos .....	34

2.3.2	Canales de transporte .....	34
2.3.3	Los canales físicos .....	36
2.4	Paquete de datos.....	39
2.5	Codificación de voz.....	39
2.6	Recepción discontinua.....	40
2.7	Capa de Protocolo de Acceso .....	40
2.8	Modo Comprimido .....	42
CAPÍTULO 3. ALGORITMOS DE CONTROL DE POTENCIA.....		43
3.1	Introducción a los algoritmos de Control de Potencia .....	43
3.2	Ajuste de Potencia en el Canal Común .....	43
3.3	Control de Potencia de Lazo Abierto .....	44
3.3.1	Relación Señal a Interferencia (SIR) en UL .....	44
3.3.2	Ajuste de Potencia del preámbulo RACH .....	46
3.3.3	Ajuste de Potencia del Mensaje RACH .....	48
3.3.4	Ajuste de Potencia FACH .....	49
3.3.5	Relación Señal a Interferencia (SIR) en el DL .....	49
3.3.6	Potencia inicial en el DPDCH / DPCCH del DL.....	50
3.3.7	Ajuste de la Potencia inicial del DPDCH en el DL .....	50
3.3.8	Ajuste de la Potencia inicial en el DL por DPCCH.....	51
3.3.9	Rampa de Potencia en el DL .....	51
3.3.10	Configuración de Potencia en DPDCH / DPCCH en el DL para Soft Handover.....	52
3.3.11	Potencia inicial en el UL para el DPCCH / DPDCH .....	53
3.3.12	Ajuste de la Potencia inicial del DPDCH en el UL .....	53
3.4	Control de Potencia de Lazo Interno.....	55

3.4.1	Control de Potencia de Lazo Interno en UL .....	55
3.4.2	Control de Potencia en modo comprimido en el UL .....	56
3.4.3	Ajuste de la Potencia inicial en el Handover inter frecuencias y el Hard Handover en el núcleo de red.....	59
3.4.4	Control de Potencia de Lazo Interno en el DL .....	60
3.4.5	Balance de Potencia en el DL .....	60
3.4.6	Control de Potencia en modo comprimido en el DL .....	61
3.5	Control de Potencia de Lazo Externo.....	62
3.5.1	Regulador por Salto del Lazo Externo .....	63
3.5.2	Rasgo Anticlausura ( <i>anti-windup</i> ) del Lazo Externo.....	65
3.5.3	Regulador Paso Constante del Lazo Externo.....	65
3.5.4	Ahorro de Potencia en la RAN .....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		67
Conclusiones .....		67
Recomendaciones .....		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		69
ANEXOS .....		72
Anexo I Clases de servicios ofrecidos por UMTS .....		72
Anexo II Algoritmos de Control de potencia.....		73
Anexo III Parámetros de configuración.....		79

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las comunicaciones móviles se han convertido en una herramienta que permite abrir caminos y cruzar fronteras, es por ello que han surgido novedosos sistemas de comunicaciones móviles, los cuales tienen en común el uso de técnicas de acceso múltiple. Los sistemas de comunicaciones móviles han ido evolucionando debido al aumento de la telefonía móvil en los últimos años, limitando en muchos casos la capacidad de los sistemas de 2G y juntamente con esto la creciente demanda de servicios. La evolución de los sistemas celulares en uso hacia la 3G (Tercera Generación) como son UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) y hacia 4G (Cuarta Generación) como son LTE (*Long Term Evolution*) y WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) son una necesidad, fundamentalmente para poder suministrar servicios actualizados a través de estas redes y en particular, multimedia, acceso rápido a Internet y telefonía. La Tercera Generación combina las características de alta capacidad y variedad de servicios para lograr establecer cualquier tipo de comunicación (voz, datos, multimedia) con cualquier persona, desde cualquier lugar y en cualquier momento. Los sistemas de 3G, WCDMA, poseen estas bondades de alta capacidad que permiten al usuario tener en su teléfono aquellos servicios que contaba en su computadora, como el acceso a internet, multimedia, etc. Estos servicios móviles de Tercera Generación ya constituyen una realidad. El problema principal en el proceso de evolución de los servicios móviles se presenta en el segmento de la red que contiene los equipos de la Red de Acceso de Radio (RAN: *Radio Access Network*), las estaciones base y sus respectivos Controladores, lo que se denomina técnicamente como *Backhaul*.

En Cuba, las redes móviles son del tipo GSM (*Global System Mobile*) de generación 2.5 con una mejora en la tecnología de transmisión mediante la tecnología EDGE (*Enhanced*

*Data Rates for GSM Evolution*) con una aplicación promedio sobre un 75 % de las estaciones. El modo de transmisión de los paquetes de datos a través de este sistema es mediante GPRS (*General Packet Radio Service*). El acceso se realiza mediante redes PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) y SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) y el transporte mediante redes ópticas territoriales y nacionales SDH. La tecnología instalada en la zona Oriental del país es Huawei, mientras que Ericsson lo es en la Central y Occidental con un despliegue inicial de tecnología ZTE en la zona Central (Quintana, 2011).

Con el creciente desarrollo del Turismo en nuestro país viene unido la demanda por parte del cliente de servicios móviles de 3G. Por lo que nuestro país ha tenido que adoptar variantes para dar solución a este problema. Una buena variante para resolver este asunto es el despliegue de la tecnología WCDMA la cual puede montarse sobre la existente red GSM dada las características de estos sistemas.

En Cuba se ha implementado WCDMA en algunos puntos como en La Cayería Norte de Villa Clara y otros puntos turísticos a lo largo de todo el país para suplir las crecientes demandas por parte del turismo que se recibe cada año en nuestro país, permitiendo al turista poder acceder, utilizando las redes de ETECSA, a los servicios por los que paga en su país. Así se permite estimular y mejorar los servicios ofrecidos para el turismo en Cuba. Teniendo en cuenta lo novedoso del tema para nuestro país, a pesar que de WCDMA se ha estado hablando desde finales de los noventa, por lo que la bibliografía existente es muy amplia y dispersa sobre este tema, y sumando que no existe un documento que integre las bondades de esta tecnología 3G y la gestión de recursos, particularmente la gestión del recurso Control de Potencia y sus algoritmos, surge el presente trabajo de diploma para el cual se plantea el siguiente problema de científico:

- ❖ ¿Cómo elaborar un documento que integre las bondades de la tecnología WCDMA orientado a la Gestión del Recurso Control de Potencia?

Para responder al problema científico se propone el siguiente objetivo general:

- ❖ Desarrollar un documento que integre las bondades de la tecnología WCDMA orientado a la Gestión del Recurso Control de Potencia.

Para lograr este objetivo general deben cumplirse los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Revisar y clasificar la bibliografía existente sobre las características más relevantes y formas de operación de la tecnología WCDMA.
- ❖ Elaborar un documento que integre las bondades del proceso de Gestión del Recurso Control de Potencia en la tecnología WCDMA para facilitar la comprensión del tema.
- ❖ Explicar los algoritmos de Gestión del Recurso Control de Potencia.

Este trabajo de diploma da respuesta a las siguientes interrogantes científicas:

- ❖ ¿Cómo se define la tecnología WCDMA y cuáles son sus bondades?
- ❖ ¿Cómo se desarrolla el proceso de Gestión del Recurso Control de Potencia en WCDMA?
- ❖ ¿Qué algoritmos describen el Control de Potencia en WCDMA?

Con este proyecto se pretende contribuir a la integración de los temas relacionados a la tecnología WCDMA enfocados a la gestión de recursos. Ampliar los conocimientos acerca de las tecnologías móviles. Profundizar en aspectos de importancia considerable para el despliegue de la tecnología WCDMA en nuestro país. Se obtendrá un material complementario a temas que se abordan en la disciplina de Radio en la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. La consulta de este trabajo de diploma, facilitará la incursión de especialistas e investigadores que deseen realizar estudios más profundos al particularizar en los procesos relacionados a la Gestión del Recurso Control de Potencia en la tecnología WCDMA.

El informe se ha estructurado de la siguiente manera:

**Capítulo 1 Generalidades de la Tecnología WCDMA:** Aborda las generalidades de la tecnología WCDMA, se describe brevemente las características de los sistemas UMTS, los servicios ofrecidos y la arquitectura de la red. También se exponen los tipos de recursos a gestionar: Control de Admisión y Congestión, Control de Handover y Control de Potencia.

**Capítulo 2 Control de Potencia:** Se dedica a explicar en qué consiste el Control de potencia así como los canales físicos, lógicos y de transporte que se emplean en el proceso.

**Capítulo 3 Algoritmos de Control de Potencia:** Se describen los algoritmos de control de potencia.

---

**Conclusiones:** Aportará la valoración sobre el cumplimiento de los objetivos generales trazados como origen de la investigación.

**Recomendaciones:** Se incluirán aspectos que puedan ser tratados en otras investigaciones que enriquezcan el tema, los cuales no se incluyen en este documento por limitaciones científicas, económicas, de tiempo o que se no se encuentren estrechamente acotados al tema abordado.

**Referencias Bibliográficas y Anexos.**

## CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA TECNOLOGÍA WCDMA

### 1.1 Sistema UMTS

El Sistema de las Telecomunicaciones Móvil Universal (UMTS) es una tecnología de la tercera generación (3G). Se ha estandarizado por El Proyecto de la Sociedad de 3rd Generación (3GPP) para proporcionar alta aplicación de razón de datos que la tecnología de 2G (es decir GSM) no puede soportar. UMTS es la respuesta Europea de Tecnología de red de comunicaciones móviles de tercera generación, IMT-2000. Constituye una tecnología de voz y datos de alta velocidad que forma parte de la familia de estándares IMT-2000. La técnica utilizada es WCDMA. Éste pretende explotar la potencialidad de los conceptos genéricos (Ramón et al., 2002, Llorente, 2010): *Anywhere, Anytime, Anykind*, es decir, en cualquier lugar, en cualquier momento y de cualquier tipo, combinando la personalización, la movilidad y las aplicaciones de multimedia. UMTS es basado en la tecnología Access Múltiple por División del Código con Ancho de Banda Extendido (WCDMA).

### 1.2 Características generales de los sistemas UMTS

Los sistemas de 3ª generación, surgen con el propósito de aumentar la versatilidad de los actuales sistemas de telefonía móvil. Es decir se intenta aumentar las prestaciones de los servicios ofrecidos a los usuarios. En 2G se tenía la posibilidad de realizar Comunicaciones de voz y mensajes cortos. Además, empiezan a aparecer las aplicaciones que permiten la transmisión de datos hacia y desde las actuales redes de transmisión de datos, gracias a las mejoras incorporadas por nuevos estándares de 2G como por ejemplo GPRS. La tercera generación, no podía únicamente surgir con el propósito de mejorar los servicios existentes, sino que debía incorporar gran cantidad de servicios. Estos nuevos servicios, están

íntimamente relacionados con aplicaciones multimedia en un entorno móvil. Analizando estos nuevos servicios, podemos concluir que sus características no mantienen una pauta común. Por ejemplo, la tasa binaria necesaria para la transmisión de un servicio de videoconferencia, es muchísimo mayor que la necesaria para la transmisión de información de interés de ámbito local (policía, ambulancias, museos, etc). También es evidente que los requerimientos de calidad de los servicios que acabamos de comentar son profundamente diferentes. El ancho de banda en el enlace de bajada (DL:*downlink*) y enlace de subida (UL:*uplink*) es asimétrico en algunos servicios (Tiempo real como por ejemplo voz, o no tiempo real como por ejemplo web) .Todo esto nos lleva a la necesidad de que la nueva tecnología, posea la versatilidad suficiente, para acoger un amplio espectro de servicios de muy diversa índole. Si traducimos estas características de servicio, en características técnicas, obtenemos la siguiente lista (Holma and Toskala, 2000, Holma and Toskala, 2010) de requisitos para los sistemas de tercera generación:

- ❖ Transmisión simétrica/asimétrica de alta fiabilidad.
- ❖ Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- ❖ Velocidades binarias mucho más altas: 144 Kbps en alta movilidad, 384 Kbps en espacios abiertos y 2 Mbps en baja movilidad.
- ❖ Soporte tanto de conmutación de paquetes (PS) como de circuitos (CS).
- ❖ Soporte IP para acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, y vídeo y audio en tiempo real.
- ❖ Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- ❖ Calidad de voz como en la red fija.
- ❖ Soporte radioeléctrico flexible, con utilización más eficaz del espectro, con bandas de frecuencias comunes en todo el mundo.
- ❖ Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- ❖ Servicios dependientes de la posición (localización) del usuario.
- ❖ Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.
- ❖ Itinerancia (*roaming*), incluido el internacional, entre diferentes operadores y tipos de redes.
- ❖ Ambientes de funcionamiento marítimo, terrestre y aeronáutico.
- ❖ Capacidad de terminales telecargables, multibanda y multientorno.

- ❖ Economías de escala y un estándar global y abierto que cubra las necesidades de un mercado de masas.
- ❖ Provisión de un Ambiente Local Virtual (VHE): el usuario podrá recibir el mismo servicio independiente de su ubicación geográfica.

### 1.3 Servicios ofrecidos para UMTS

Los servicios de tercera generación proporcionarán diversas ventajas sobre los de las generaciones anteriores, entre las que se encuentran el acceso móvil a Internet a velocidades elevadas y servicios multimedia. Básicamente, combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el protocolo IP. Esto no sólo conlleva una conexión rápida a Internet, sino también realizar transacciones bancarias a través del teléfono, hacer compras o consultar todo tipo de información. Mientras que el sistema actual GSM y los terminales móviles no están preparados para la transmisión rápida de datos, la tercera generación UMTS permite la transmisión de información multimedia a una velocidad de hasta 2 Mbps. Además, permite estar conectado a la red de forma permanente sin tarificar más que cuando se utilice el terminal para realizar una operación.

UMTS evoluciona para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales (GSM, DECT, ISDN, Internet, etc.) y se podrá utilizar con casi cualquier tipo de terminal: teléfono fijo, inalámbrico, celular, terminal multimedia, etc., tanto en ambientes profesionales como domésticos, ofreciendo una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por parte del usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real. Las principales clasificaciones de los tipos de servicios que hasta ahora se han realizado, vienen dadas en función de la calidad del servicio y en función de la finalidad del servicio.

#### 1.3.1 Clasificación en función de la QoS (*Quality of Service*)

En general, las aplicaciones y servicios pueden ser divididos en diferentes grupos, dependiendo de qué factores determinemos como más importantes. En UMTS han sido identificados 4 tipos distintos de aplicaciones (Ojanpera and Prasad, 2001), son las denominadas ‘Clases de Calidad de Servicio de UMTS (*UMTS QoS clases*) que son:

- ❖ Conversacional: son aquellos servicios en los que mantienen una conversación en tiempo real. Los usuarios finales van a ser personas, por lo que sus características están impuestas por la percepción humana. El retardo extremo a extremo debe ser bajo (<400 ms). El tráfico suele ser bastante simétrico. Ejemplo: voz, videotelefonía, videojuegos.
- ❖ De flujo continuo: son aquellos servicios en los que la información puede ser procesada y presentada al usuario final conforme van llegando los paquetes del flujo de información. Es decir, no es necesario esperar a que el conjunto entero de la información sea recibido. Muy indicado cuando la velocidad de descarga de información es baja. Tráfico muy asimétrico. Ejemplo: multimedia en ráfaga (se ejecutan sobre pluggin que poseen los navegadores). La Figura 1.1 muestra un ejemplo del concepto de videoconferencia.
- ❖ Interactivo: es aquel servicio en el que uno de los extremos solicita información a un equipo remoto. Tráfico muy asimétrico. Ejemplo: información relacionada con la ubicación en cada instante del terminal móvil (emergencias, tiendas más próximas), navegación por internet, etc.



Figura 1.1 Un ejemplo del concepto de videoconferencia

- ❖ No críticos: son aquellos servicios que no tienen requerimientos temporales, dado que forman parte de aplicaciones que no requieren una actuación inmediata sobre la información. La principal distinción entre estos tipos de tráfico es la sensibilidad que poseen frente al retardo, que va desde la clase más sensible a retardos (conversacional) hasta la menos sensible (no críticos). La Tabla 1.1 del Anexo I muestra un resumen de cada una de las clases anteriores con sus características generales y algunos ejemplos de aplicaciones (Alghamri, 2003, Zepeda, 2007).

### 1.3.2 Clasificación según la finalidad del servicio

Existe otra posibilidad de agrupar los servicios ofrecidos por el sistema UMTS, en esta clasificación, además de tener en cuenta la naturaleza del tráfico generado por cada servicio se destaca la velocidad requerida por cada servicio. En esta clasificación encontramos 6 tipos de servicios:

- ❖ Voz
- ❖ Mensajes
- ❖ Datos conmutados
- ❖ Multimedia a velocidad Media (MM)
- ❖ Multimedia de alta interactividad (HIMM)
- ❖ Multimedia de Alta velocidad (HMM)

### 1.4 Arquitectura del sistema UMTS

La arquitectura de los sistemas de tercera generación de telefonía móvil no presenta grandes diferencias con la de los actuales sistemas GPRS. Por tanto, el despliegue conjunto de la red para UMTS con la red existente de los sistemas de segunda generación, posibilita el uso del núcleo de red de segunda generación en los sistemas de tercera generación. El esquema básico de la arquitectura UMTS (3GPP, January 2002, Holma and Toskala, 2007, Tomás, 2001) es el siguiente (ver Figuras 1.2 y 1.3):

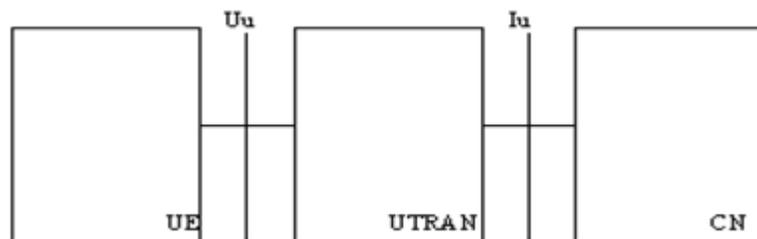


Figura 1.2 Arquitectura del sistema UMTS de alto nivel

Los elementos que forman el anterior esquema son los siguientes:

- ❖ Terminal de usuario (*UE – User Equipment*): es el conjunto de elementos que permiten que el usuario final pueda hacer uso del interfaz radio.

- ❖ UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*): se encarga de toda la funcionalidad radio del sistema.
- ❖ Red Troncal (CN: *Core Network*): parte fija de la red, que posibilita la interconexión de UTRANs y/o la conexión a redes externas.

En la Figura 1.3 (Quintana, 2011, Türke, 2007, Ali, 2009, Zepeda, 2007) se observan los componentes, de los anteriores elementos de red, así como las interfaces definidas por 3GPP, que son los puntos de unión entre los diferentes elementos:

### 1.4.1 Terminales móviles

El terminal de usuario (UE) consiste en dos partes (Ericsson, 2011c):

- ❖ Equipo móvil (ME): es el terminal radio que permite la radiocomunicación.
- ❖ Módulo de identidad de Usuario UMTS (USIM: *UMTS Subscriber Identity Module*): Es la tarjeta que contiene información sobre la identidad del usuario, realiza las tareas de autenticación y guarda las claves necesarias para autenticación y encriptado.

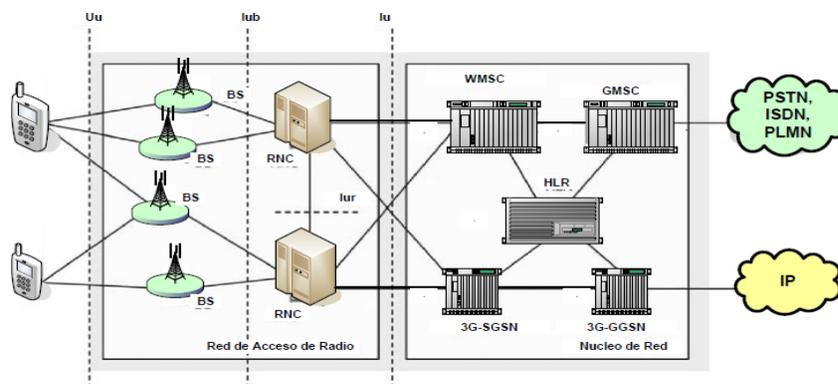


Figura 1.3 Elementos e interfaces de red en un nivel más profundo.

### 1.4.2 Red de Acceso Radio (UTRAN)

En la UTRAN también consiste en dos bloques (Ericsson, 2011c):

- ❖ Nodo BS: participa en las tareas del control de los recursos radio y transforma el flujo de datos para que se entiendan los interfaces Iub y Uu. Este elemento es la típica estación base (RBS) de los sistemas de segunda generación.

- ❖ Controlador de la Red de Radio (RNC: *Radio Network Controller*): mantiene y controla todos los recursos radios de las RBS que se encuentran en su dominio. Es el equivalente al Controlador de Estaciones Base (BSC) en sistemas de segunda generación. Es el punto de acceso que el Núcleo de la Red tiene hacia la UTRAN.

### 1.4.3 Núcleo de Red (*Core Network*)

El núcleo de red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las funciones de transporte soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. Las funciones de inteligencia incluyen prestaciones como el encaminamiento y la gestión de la movilidad. A través del núcleo de red, la red UMTS se conecta con otras redes de telecomunicación, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles de UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes. En una primera fase de UMTS, el núcleo de red se configura en dos dominios: de conmutación de circuitos CS (*Circuit Switch*) y de paquetes PS (*Packet Switch*). A través del modo CS (como por ejemplo ISDN y PSTN) se encaminarán los tráficos de voz y datos en modo circuito, mientras que el PS (como por ejemplo Internet) haría lo propio con datos en modo paquete (Cox, 2008). En una futura configuración se evolucionaría a una solución “todo IP” en la que el modo paquete absorbería todo el tráfico, incluyendo la voz. Los elementos del Núcleo de Red que aparecen en la figura 1.3 son los siguientes:

- ❖ Registro de Localización en zona habitual (HLR: *Home Location Register*): Es una base de datos que guarda los perfiles de los usuarios que generalmente se encuentran en esa zona. También se encarga de almacenar la posición de sus usuarios (referenciando a una MSC, VLR o SGSN), cuando no se encuentran en la zona. Esto sirve para enrutar las llamadas hacia el terminal cuando no se encuentra en la zona propia.
- ❖ Centro de Conmutación y Registro de Localización de Visitantes (MSC/VLR: *Mobile Services Switching Center/Visitor Location Register*): son el conmutador y la base de datos que sirven al usuario en una zona no habitual, para servicios de conmutación de circuitos. El VLR guarda una copia del perfil de usuario obtenida del HLR.

- ❖ GMSC (*Gateway MSC*): es el punto del conmutador donde la red se conecta a redes externas. Utilizado por servicios de conmutación de circuitos.
- ❖ SGSN (*Serving GPRS Support Node*): tiene una función muy parecida al MSC/VLR pero para servicios de conmutación de paquetes.
- ❖ GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): tiene una función muy parecida al MSC pero para servicios de conmutación de paquetes.

Todos estos elementos funcionales definidos en la red de acceso de radio se comunican entre sí por una serie de interfaces (3GPP, 1999b):

- ❖ Interfaz Núcleo de Red – RNC ( $I_U$ ): Es el punto de conexión entre el subsistema de red radio (RNS) y el núcleo de red. Se estructura en tres componentes separadas, cada una destinada a un dominio concreto del núcleo de red:
  1.  $I_U$ -CS: Conmutación en modo circuito, por donde se encaminan las conexiones en este modo.
  2.  $I_U$ -PS: Conmutación en modo paquete.
  3.  $I_U$ -BC: Difusión
- ❖ Interfaz RNC–RNC ( $I_{UR}$ ): Es la interfaz existente entre dos RNC pertenecientes a la red de acceso UTRAN. Este enlace no existía en los sistemas 2G, y su implantación es opcional. Permite liberar al Núcleo de Red de las decisiones relativas a trasposos entre celdas adscritas a RNC diferentes. En esta interfaz se sitúa la gestión de la movilidad de las conexiones de radio dentro de la red de acceso.
- ❖ Interfaz RNC – Nodo BS ( $I_{UB}$ ): Es la interfaz entre un Nodo B y su RNC. El RNC puede indicar al Nodo B mediante este enlace que establezca o libere los enlaces radio en el área de cobertura del grupo de celdas que el nodo controla.
- ❖ Interfaz radio ( $U_U$ ): Esta interfaz supone la verdadera revolución de UMTS, ya que en el tramo radioeléctrico se opta por una técnica de acceso múltiple DS-CDMA, frente a la TDMA utilizada en 2G.

## 1.5 W-CDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha)

En el sistema UMTS se emplea WCDMA, que es una tecnología de interfaz de radio de banda ancha que se va a emplear en los sistemas de tercera generación.

### 1.5.1 WCDMA una evolución de GSM y CDMA

Naturalmente, hay muchas diferencias entre WCDMA y los sistemas de GSM, pero hay muchas similitudes también (ver Figura 1.4). El subsistema de estaciones base GSM (BSS) y la Red de Acceso Radio WCDMA (RAN) están conectadas a la red central GSM para proporcionar una conexión de radio al microteléfono. Por lo tanto, las tecnologías pueden compartir la misma red central. Además, tanto los sistemas GSM BSS y WCDMA RAN se basan en los principios de un sistema de radio celular. El Controlador de la Estación Base GSM (BSC) se corresponde con el controlador de red de radio WCDMA (RNC). La estación base de radio GSM (RBS) corresponde a la RBS WCDMA, y la interfaz A de GSM es la base del desarrollo de la interfaz Iu de WCDMA, que se diferencia principalmente en la inclusión de los nuevos servicios ofrecidos por WCDMA. Las diferencias significativas, aparte de la ausencia de una interfaz entre los BSC GSM y una especificación insuficientemente de la interfaz GSM Abis para proporcionar operatividad de múltiples proveedores, son más de un asunto sistémico. El sistema GSM utiliza TDMA (*Time Division Multiple Access*), tecnología con una gran cantidad de funcionalidad de radio basado en la gestión de los intervalos de tiempo.

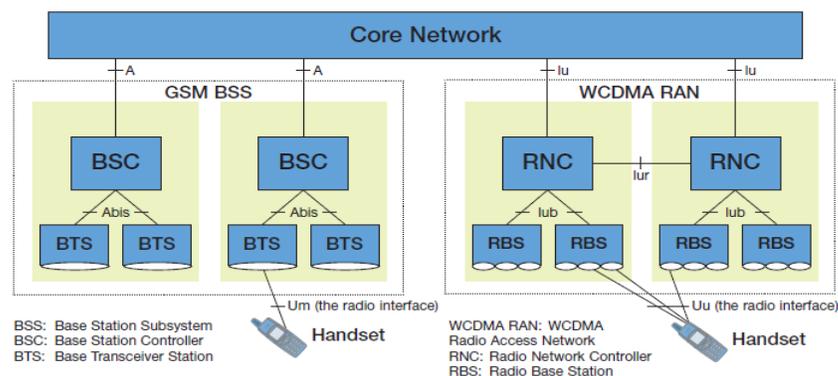


Figura 1.4 Arquitectura GSM/WCDMA

El sistema WCDMA por otra parte utiliza CDMA, como se describe a continuación, lo que

significa que tanto el hardware como el control de funciones son diferentes. Ejemplos de funciones específicas de WCDMA son el control de potencia rápido y Soft Handover (Ericsson, 2001).

### 1.5.2 Técnicas de Acceso de Radio

Uno de los puntos más importantes en un sistema móvil, como la telefonía celular, es la forma en cómo se accede al medio de comunicación. A estas técnicas se les conoce como "acceso múltiple". Es decir, una gran cantidad de suscriptores en un servicio móvil comparten un conjunto de canales de radio y cualquier usuario puede competir para acceder cualquiera de los canales disponibles. Un canal puede ser visto como una porción del espectro radioeléctrico, el cual es asignado temporalmente para un propósito específico, tal como una llamada telefónica. Una técnica de acceso múltiple define cómo se divide el espectro de frecuencias en canales y cómo los canales son asignados a los múltiples usuarios en el sistema. Visto de otra manera, el seleccionar una técnica eficiente de acceso múltiple significa que los operadores telefónicos obtendrán más ganancias al acomodar más usuarios en sus redes móviles.

Las técnicas de acceso múltiple son utilizadas en el ambiente de las comunicaciones para que varios dispositivos, como por ejemplo: computadoras, teléfonos, radios, etc. puedan acceder al medio o canal de comunicación de manera ordenada. Las técnicas de acceso múltiple nos permiten compartir un mismo canal de comunicación para varios usuarios.

Existen tres tipos básicos de técnicas de acceso, que son los siguientes (Figura 1.5):

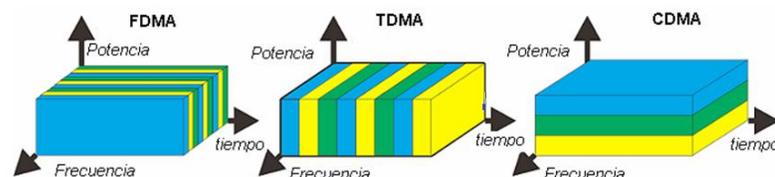


Figura 1.5 Tipos básicos de técnicas de acceso de radio.

- ❖ FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)
- ❖ TDMA (*Time Division Multiple Access*)
- ❖ CDMA (*Code Division Multiple Access*)

Debido a que la tecnología que estamos analizando utiliza la técnica de Acceso al Medio por División del código (CDMA) profundizaremos en ella a continuación.

### 1.5.3 CDMA (*Code Division Multiple Access*)

Consiste en asignar todo el espectro durante todo el tiempo a cada usuario, diferenciado del resto mediante la utilización de secuencias de códigos ortogonales entre sí, el cual se usa para codificar la señal de información que se desea transmitir. El receptor, conociendo la secuencia de código del usuario, decodifica la señal recibida y regenera los datos originales.

En los sistemas móviles celulares esta técnica de acceso proporciona importantes ventajas, respecto a las técnicas clásicas FDMA o TDMA, en cuanto a capacidad y calidad, derivadas de la mejor adaptación de las señales de espectro ensanchado a este tipo de entornos.

El uso de este tipo de técnicas de acceso al medio por división de códigos resulta especialmente interesante debido a la mayor eficiencia espectral que aportan frente a otro tipo de técnicas de acceso. Esta mejora es debida a los siguientes factores:

- ❖ CDMA se aproxima a las condiciones ideales que permiten optimizar la capacidad de los canales.
- ❖ Las técnicas CDMA permiten aprovechar las pausas en la comunicación de la voz y los datos, de forma que se puede mejorar la eficiencia limitando la potencia transmitida en estos periodos de pausa para que pueda ser aprovechada por otros usuarios, ya que CDMA reparte potencia entre ellos, en lugar de espectro o tiempo, como hacen FDMA y TDMA respectivamente.
- ❖ Con la técnica CDMA se puede usar un receptor específico conocido como RAKE. Mediante el uso de este receptor, un móvil basado en CDMA puede estar conectado simultáneamente a dos o más estaciones base, lo que proporciona una ganancia adicional por diversidad, denominada macrodiversidad.

Tecnológicamente el diseño de receptores CDMA con mejor eficiencia espectral es más sencillo que el diseño de receptores TDMA. Esta es una de las razones más importantes por las que se propone el uso de CDMA en la interfaz radio de los sistemas 3G.

### 1.5.4 Técnicas de Duplexado

Permiten la comunicación Duplex (transmisión y recepción simultanea) del sistema.

Las técnicas de duplexado utilizadas en UMTS son:

- ❖ TDD (*Time Division Duplex*): cada sentido de la comunicación transmite en instantes diferentes de tiempo, y en intervalos temporales suficientemente pequeños como para no producir discontinuidades en la comunicación.

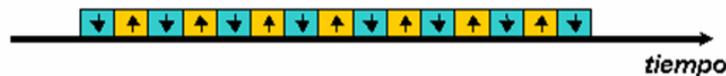


Figura 1.6 TDD; enviar ↑ y recibir ↓ en intervalos temporeles pequeños

- ❖ FDD (*Frequency Division Duplex*): ambos sentidos transmiten simultáneamente pero en bandas de frecuencia distintas. Las bandas asignadas a UMTS en Europa, a repartir entre los operadores existentes en cada país, se ve en la siguiente Figura:

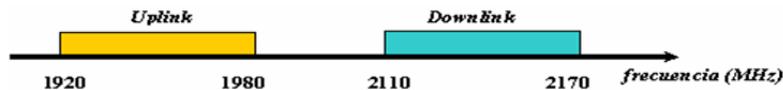


Figura 1.7 FDD; Espectro dedicado para el enlace ascendente y descendente en UTRA.

### 1.5.5 Sistemas de Ensanchado y Desensanchado

Los sistemas de Espectro Ensanchado o Extendido (*Spread Spectrum*) son aquellos en los que el ancho de banda de las señales transmitidas es mucho mayor que el mínimo necesario para transportar la información. Existen diversas técnicas de ensanchado de espectro. Las dos principalmente utilizadas son:

- ❖ FH-CDMA (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
- ❖ DS-CDMA (*Direct Sequence Spread Spectrum*)

Para los sistemas UMTS se utiliza DS-CDMA (Alghamri, 2003). En UMTS, el ensanchado se realiza en dos fases (ver Figura 1.8), a partir de dos secuencias de código distintas:

- ❖ Códigos de ensanchamiento o canalización, que realizan un primer ensanchado sobre la señal de información. Estos códigos son ortogonales entre sí, lo que

significa que la suma del producto de los mismos es cero. Por lo que permitirán discriminar la información contenida en una misma banda espectral a partir de esta secuencia de ensanchado.

- ❖ Códigos de aleatorización (*scrambling*), que se aplican sobre la señal ensanchada anteriormente, proceso que no supone ningún ensanchamiento sobre la señal, la cual mantiene su ancho de banda. Estos códigos no son perfectamente ortogonales entre sí, aunque su uso es especialmente interesante para poder distinguir las señales provenientes de fuentes diferentes, como se ilustra en la Figura 1.8 a continuación.

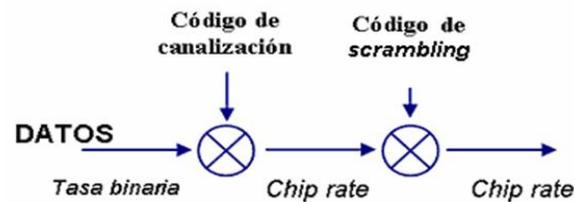


Figura 1.8 Relación entre *spreading* y *scrambling*

Los sistemas UMTS utilizan la técnica de duplexado FDD, es decir, las comunicaciones del enlace ascendente (*uplink*) y descendente (*downlink*) se realizan en bandas de frecuencia diferentes. Asimismo, la función de las diferentes secuencias de códigos es distinta para cada uno de los enlaces.

### 1.5.6 Principales Características

El Acceso Múltiple por División del Código (CDMA) es una tecnología de acceso múltiple donde los usuarios están separados por códigos únicos, lo que significa que todos los usuarios pueden utilizar la misma frecuencia y transmitir al mismo tiempo. Con el rápido desarrollo en el procesamiento de señales, se ha hecho factible el uso de la tecnología de comunicación inalámbrica, también conocida como WCDMA y CDMA2000.

Vamos a comentar ahora las principales características de WCDMA, para profundizar en aquellos aspectos que se consideran de gran importancia en esta tecnología.

- ❖ Esta tecnología (Quintana, 2011) permite acceso múltiple basado en dispersión de espectro. Esto significa que los bits de información del usuario están

dispersos sobre un ancho de banda amplio mediante la multiplicación de la información de usuario con bits quasi-aleatorios llamados chips derivados de los códigos de dispersión CDMA. La razón a la que los datos son dispersados se denomina razón de chip. El terminal móvil de destino utiliza el mismo código de dispersión que aquel usado en el punto de transmisión y lleva a cabo detección de correlación. Cada usuario es identificado por un código de dispersión único asignado a él.

- ❖ La razón de chip usada es de 3.84 Mcps.
- ❖ El ancho de banda por portadora se aproxima a los 5 MHz.
- ❖ Las tasas binarias que soporta son muy variables. Cada usuario hace uso de una trama de 10 ms, en la que la tasa binaria permanece constante. El sistema debe de tener un sistema del control de la capacidad que está siendo utilizada, con el fin de maximizar la Razón de Transferencia o Desempeño (*throughput*) de la red (Holma and Toskala, 2010).
- ❖ Tiene dos modos básicos de operación: FDD y TDD.
- ❖ No necesita que sus estaciones base estén sincronizadas. El sistema IS-95 (2G), necesitaba de una señal GPS para sincronizar sus estaciones base lo que dificultaba el uso de micro y picoceldas.
- ❖ Emplea detección coherente tanto en el UL como en el DL, basada en el uso de símbolos piloto o piloto común.
- ❖ Está preparado para el uso de métodos que favorezcan la recepción como detección multiusuario o el uso de antenas adaptativas inteligentes. Esto permite mejorar el funcionamiento del sistema en cuanto a capacidad y/o cobertura.
- ❖ El interfaz está preparado para funcionar en conjunción con redes GSM.

Por lo tanto, las principales ventajas que esta tecnología brinda son:

- ❖ Soporte de razones de bit superiores.
- ❖ Eficiencia del espectro superior.
- ❖ Calidad de Servicio superior.

## 1.6 Gestión de Recursos

Para un funcionamiento óptimo de un sistema inalámbrico completo desde el teléfono hasta

la Red de Acceso de Radio (RAN) varias funciones son necesarias para controlar la red de radio y los teléfonos de usuario. Todas las funciones descritas en esta sección son esenciales para un sistema WCDMA.

### 1.6.1 Control de Potencia

El control de potencia se regula la potencia de transmisión del terminal y de la estación base, lo que resulta en menos interferencias y permite a más usuarios en el mismo portador. La regulación de la potencia de transmisión proporciona más capacidad en la red. Con una reutilización de frecuencia de 1, es muy importante tener un control eficiente de la potencia con el fin de mantener la interferencia en un mínimo. Para cada servicio de abonado el objetivo es que la estación base deberá recibir el mismo nivel de potencia desde todos los terminales inalámbricos en la celda independientemente de la distancia desde la estación base. Si el nivel de potencia de un teléfono es superior al necesario, la calidad será excesiva, teniendo una parte desproporcionada de los recursos y la generación de interferencias innecesarias a los demás suscriptores en la red. Por otra parte, si los niveles de potencia son demasiado bajos esto dará lugar a mala calidad. Con el fin de mantener la potencia recibida en un nivel adecuado, WCDMA tiene un control de potencia rápido donde se actualizan los niveles de potencia 1500 veces por segundo. Para asegurar un buen rendimiento, el control de potencia se lleva a cabo tanto en el UL como en el DL, lo que significa que tanto las potencias de salida del terminal inalámbrico y la estación base se actualiza con frecuencia (Ericsson, 2001).

El control de potencia también da lugar a un fenómeno llamado "respiro celular" (*cell breathing*). Este es el equilibrio entre la cobertura y capacidad, lo que significa que el tamaño de la celda varía en función de la carga de tráfico. Cuando el número de abonados en la celda es bajo (carga baja), se puede conseguir buena calidad incluso a una larga distancia de la estación base. Por otro lado, cuando el número de usuarios en la celda es alto, el gran número de abonados genera un alto nivel de interferencia y los abonados tienen que estar más cerca de la estación base para lograr una buena calidad.

Hay tres tipos de Control de potencia en WCDMA (Ericsson, 2011b) como en la Figura 1.9 se ilustra.

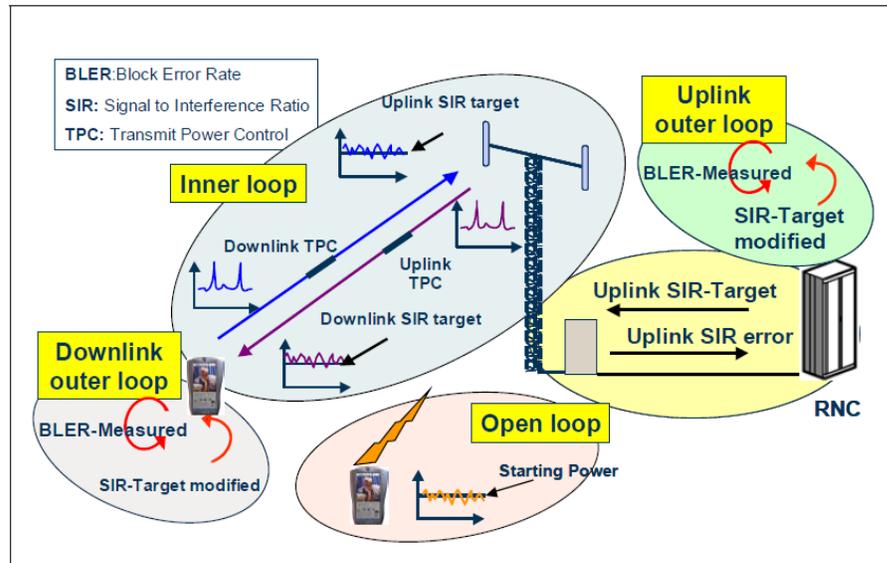


Figura 1.9 Tipos de Control de Potencia

### 1.6.2 Control de Potencia de Lazo Abierto (*Open Loop*)

Es realizado en el UL y DL para calcular la mínima potencia de arranque para establecer una conexión, minimizando así la interferencia y potencia requerida.

### 1.6.3 Control de Potencia de Lazo Interno (*Inner Loop*)

Minimiza la potencia e interferencia continuando la conexión y manteniendo al mínimo la Relación Señal-Interferencia (SIR).

### 1.6.4 Control de Potencia de Lazo Externo (*Outer Loop*)

Se usa para mantener la Razón de Error de Bloque (BLER) requerida para un servicio modificando SIR en el Inner Loop.

### 1.6.5 Traspaso Suave y Traspaso Más Suave (*Soft y Softer Handover*)

Con la funcionalidad de transferencia suave (*Soft Handover*), la unidad portátil puede comunicarse simultáneamente con dos o más celdas en dos o más estaciones base (ver Figura 1.10) (Ericsson, 2011b). Esta flexibilidad para mantener la conexión abierta a más de una estación base trae consigo un menor número de llamadas perdidas, lo cual es muy importante para el operador (Ericsson, 2001, Ericsson, 2006).

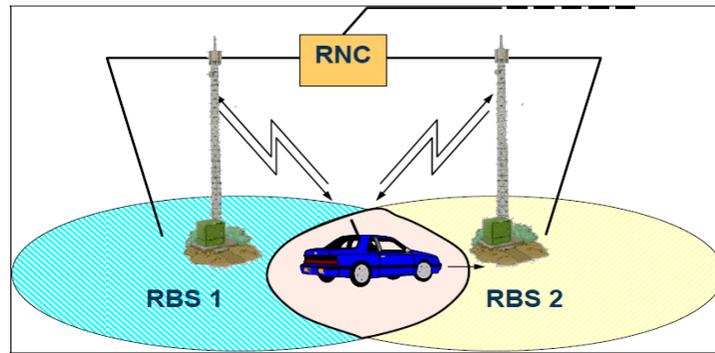


Figura 1.10 Handover en WCDMA (*Soft Handover*).

Para lograr buen rendimiento del sistema con una reutilización de frecuencia 1 y se requiere del control de potencia y el Traspaso Suave y Más suave (*Soft and Softer Handover*). Este permite que el teléfono mantenga la continuidad y la calidad de la conexión mientras se mueve de una celda a otra. Durante el Handover, el terminal momentáneamente ajustar su potencia a la estación base que requiere la menor cantidad de potencia de transmisión y puede cambiar muy rápidamente a la celda preferida (Ericsson, 2006).

La diferencia entre Soft y Softer Handover es que durante el Soft Handover, el terminal está conectado a varias celdas en diferentes estaciones base, mientras que durante el Softer Handover, el teléfono está conectado a varias celdas en la misma estación base. Un inconveniente con el Soft Handover es que requiere recursos de hardware adicionales en el lado de la red, porque el teléfono móvil tiene varias conexiones. En una red de radio bien diseñada, el 30-40% de los usuarios estarán en Soft Handover como se puede apreciar en la Figura 1.11 (Ericsson, 2011b).

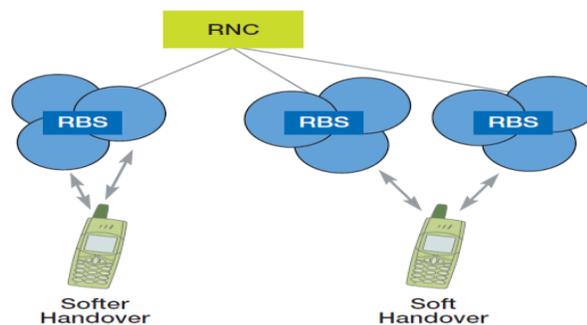


Figura 1.11 Handover en WCDMA (*Soft and softer Handover*)

### 1.6.6 Handover entre WCDMA y GSM (*Global Sistem Movil*)

Cuando WCDMA se estandarizó un aspecto clave era asegurar que las inversiones existentes pudieran ser reutilizadas tanto como sea posible. Un ejemplo es el traspaso entre la nueva (WCDMA) y la red existente (GSM), que puede ser activado por los requisitos de cobertura, capacidad o de servicio.

El traspaso (*Handover*) desde WCDMA a GSM, por razones de cobertura, inicialmente se esperaba que fuera muy importante, ya que las empresas tienen que desplegar WCDMA gradualmente dentro de su existente red GSM. Cuando un abonado se mueve fuera del área de cobertura WCDMA, una transferencia a GSM tiene que ser llevada a cabo con el fin de mantener la conexión. El traspaso entre GSM y WCDMA también puede tener un efecto positivo sobre la capacidad a través de la posibilidad de compartir la carga. Si por ejemplo el número de abonados de la red GSM está cerca del límite de capacidad en un área, la entrega de algunos abonados a la red WCDMA se puede realizar. Otra función que se relaciona con traspaso entre sistemas es el modo comprimido. Al realizar la transferencia a GSM, las mediciones han de realizarse con el fin de identificar la celda GSM a la que el traspaso se hará. El modo comprimido se utiliza para crear los períodos de medición en el teléfono y realizar las mediciones requeridas. Esto se consigue típicamente mediante la transmisión de toda la información durante los primeros 5 milisegundos de la trama siendo utilizados los restantes 5 milisegundos para las mediciones de los otros sistemas.

### 1.6.7 Handover entre frecuencias

La necesidad de la transferencia entre frecuencias se produce en las zonas de alta capacidad en donde múltiples portadoras WCDMA de 5 MHz están desplegadas. Traspaso entre frecuencias, que es transferencia entre compañías WCDMA en diferentes frecuencias, tiene muchas similitudes con GSM traspaso, por ejemplo, la funcionalidad del modo comprimido (Ver Figura 1.12).

### 1.6.8 Control de Admisión

Como hay un claro equilibrio entre la cobertura y la capacidad en los sistemas WCDMA, el control de admisión se utiliza para evitar la sobrecarga del sistema y para proporcionar la cobertura planificada. Cuando un nuevo suscriptor busca el acceso a la red, el Control de

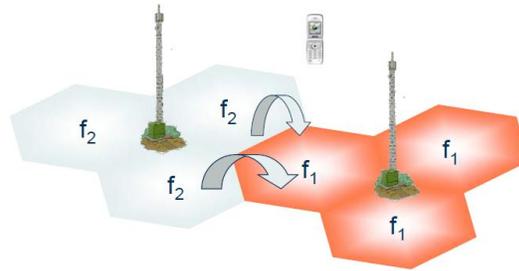


Figura 1.12 Handover inter-frecuencias (Ericsson, 2011b)

Admisión calcula la carga de la red y en base a la nueva carga calculada, el abonado es admitido o bloqueado. Por esto, el operador puede maximizar el uso de la red dentro de un conjunto de niveles de calidad de red, es decir, los niveles dependiendo de qué tipo de servicio/información el abonado desea utilizar.

### 1.6.9 Control de la Congestión

A pesar de que se utiliza un eficiente control de admisión, la sobrecarga todavía puede ocurrir, y es causada principalmente por los abonados móviles de una zona a otra zona. Si se produce una sobrecarga, cuatro diferentes acciones se pueden tomar. En primer lugar, el control de congestión se activa y se reduce la velocidad de bits de las aplicaciones que no están en tiempo real, para resolver la sobrecarga. En segundo lugar, si la reducción de la razón de bit no es suficiente, el control de la congestión activa el Traspaso entre frecuencias (*Handover Intra-Frequency*), que mueve algunos abonados a las frecuencias menos cargadas. En tercer lugar, entrega de algunos abonados a GSM y la cuarta acción es discontinuar la conexión, y por lo tanto proteger la calidad de las conexiones restantes.



Figura 1.13. Control de la Congestión en WCDMA.

**1.7 Sincronización**

Uno de los requisitos básicos desde que WCDMA fue estandarizado es que evita la dependencia de sistemas exteriores en la sincronización precisa de las estaciones base. Esto se ha conseguido mediante un mecanismo, donde el teléfono, cuando sea necesario, hace las mediciones del desplazamiento de la sincronización entre las celdas y reporta esto a la red. Además, también existe la opción de usar una fuente externa, tal como GPS, para la sincronización de los nodos, ofrece siempre la mejor solución siendo compatible tanto nodos asincrónicos como sincrónicos.

## CAPÍTULO 2. CONTROL DE POTENCIA

### 2.1 Control de Potencia en WCDMA

La potencia es un concepto fundamental en sistemas de comunicación inalámbrica, debido a que la potencia recibida es la potencia de la señal para el receptor deseado y se producen interferencias en todos los demás receptores. La potencia- en la forma de interferencia - en última instancia, limita la capacidad del sistema. Por lo tanto, la tarea de control de potencia se encuentra no sólo en el mantenimiento de la calidad deseada del enlace, sino también para reducir al mínimo la interferencia a otros. Una estación móvil sin control de potencia puede crear suficiente nivel de interferencia en el UL a la estación base para bloquear a otros usuarios al acceso a la red (Braithwaite and Scott, 2004, Ali and Siddiqua, 2011).

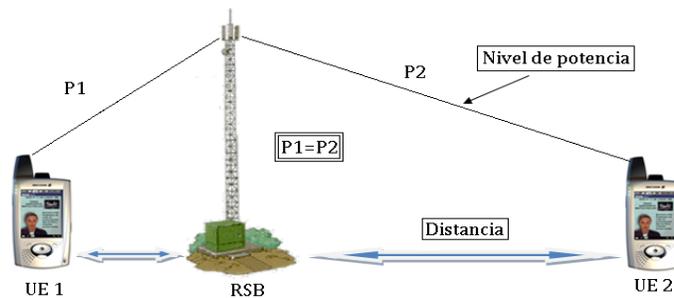


Figura 2.1 Control de Potencia.

El control de potencia puede llegar a considerarse como uno de los aspectos más importante en WCDMA, particularmente para el UL, 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 de radio de un sistema celular. Como además el control de potencia mitiga el efecto de la interferencia dentro de la celda y entre celdas (*intracell e intercell*) que supone la

reutilización de frecuencia, 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 (*fading*) y de las pérdidas del enlace. El Control de Potencia debe además considerar la asimetría que existe entre el enlace ascendente (UL) y el enlace descendente (DL). En el UL tenemos una situación de múltiples antenas transmisoras y una sola antena receptora de manera que el Efecto Cerca - Lejos de los terminales móviles (*Near-Far Effect*) es muy importante (Laiho et al., 2006, Braithwaite and Scott, 2004). Es decir, una señal fuerte de un terminal móvil cercano a la estación base 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 DL esta situación no la tenemos puesto que el sistema se fundamentaría en una única antena transmisora y múltiples receptoras.

El sistema de control de potencia en redes celulares, basadas en WCDMA, es necesario dado que se trata de una tecnología limitada por interferencia, debido a que todos los usuarios comparten el mismo espectro de frecuencia y sus códigos son completamente ortogonales (Holma and Toskala, 2004).

El fin último del sistema de control de potencia en WCDMA es alcanzar la calidad de servicio requerida en un enlace particular, descendente de la estación base al móvil o equipo terminal, o bien, ascendente del móvil a la estación base, con un nivel de potencia transmitida mínimo.

Los principales objetivos del sistema de control de potencia en redes WCDMA son:

- ❖ Anulación del Efecto Cerca - Lejos: en el caso de que todas las estaciones móviles transmitieran la misma potencia sin tener en cuenta la distancia o el desvanecimiento a la estación base, los móviles más cercanos a la misma supondrían una interferencia significativa para los terminales más lejanos (Mandhare, 2006, Laner et al., 3-5 march 2010)

- ❖ Protección contra desvanecimientos profundos.
- ❖ Minimización de la interferencia en la red con la consecuente mejora en capacidad (Laner et al., 3-5 march 2010).
- ❖ Mayor duración de la batería de las estaciones móviles (Haider et al., 2007).

## 2.2 Tipos de Control de Potencia en WCDMA

Como bien se dijo en el capítulo 1, en el sistema WCDMA se emplean tres tipos de control de potencia (Ericsson, 2011b, Ali and Siddiqua, 2011, Ericsson, 2011a), éstos son:

- ❖ Control de Potencia de Lazo Abierto.
- ❖ Control de Potencia de Lazo Interno.
- ❖ Control de Potencia de Lazo Externo.

Aunque hay que destacar que lo anteriormente dicho es siguiendo lo que asegura Ericsson, pero hay autores que no lo consideran así como (Poole, 2006, Sánchez et al., 2008, Laiho et al., 2006, Holma and Toskala, 2004, Haider et al., 2007), que consideran para lograr el control de potencia, dos técnicas: la de Lazo Abierto y Lazo Cerrado, y que este último se divide en dos los cuales son el Control de Lazo Interno y el Control de Lazo Externo.

### 2.2.1 Control de Potencia de Lazo Abierto (*Open Loop*)

El objetivo del Control de Potencia de Lazo Abierto en el UL es asegurar que las nuevas conexiones que se establecen causen la mínima interferencia (Ericsson, 2011b, 3GPP, 2011-12). En el UL esto sucede cuando un usuario decide acceder al sistema. Inicialmente, este nuevo usuario no será controlado en potencia y accederá al sistema con un nivel de potencia inicial que será una variable aleatoria (Laiho et al., 2006, Holma and Toskala, 2004). Si esta potencia inicial no es suficiente para ser atendidos, esta se incrementará en intervalos constantes en dB, hasta que recibe la confirmación de la estación base de que su señal ha sido recibida (Florido, 2005) o si se supera el número máximo de intentos el UE es rechazado, como se puede apreciar en la Figura 2.2.

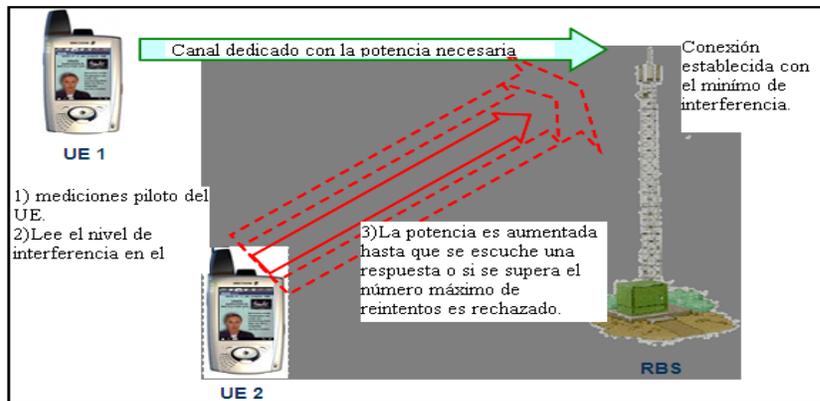


Figura 2.2 Control de potencia de Lazo Abierto en el enlace ascendente.

El uso del Control de Potencia de Lazo Abierto en el DL minimizará la potencia utilizada para configurar una conexión, maximizando así la capacidad en el sistema. Análogamente ocurre en el DL, ilustrado en la Figura 2.3.

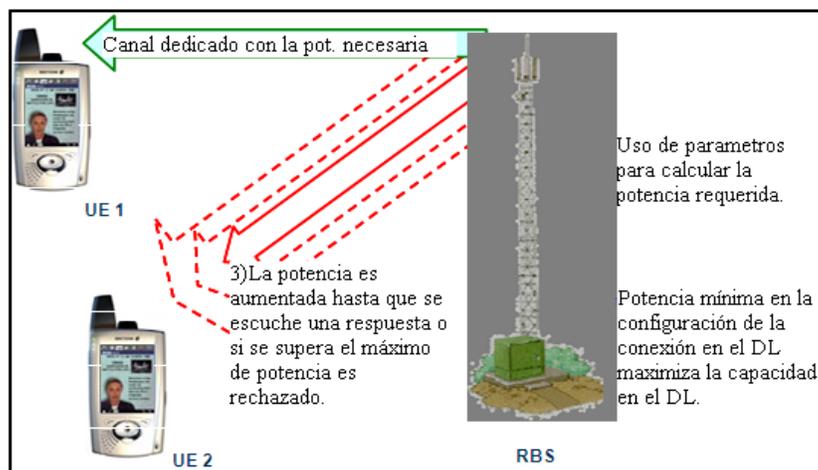


Figura 2.3 Control de potencia de Lazo Abierto en el enlace descendente.

### 2.2.2 Control de Potencia de Lazo Interno (*Inner Loop*)

En el sistema de la RAN WCDMA, todos los usuarios comparten la misma banda de frecuencia de radio a través del uso de diferentes códigos. Por lo tanto, sin la función de Control de Potencia de Lazo Interno un único UE puede bloquear una celda completa. Si UE1 se mueve hacia el sitio de los aumentos de la intensidad de señal y sin compensación esto provoca un aumento en el nivel de interferencia que es visto por los otros UE. Entonces la RBS (Estación Base de Radio) debe enviar un comando de "reducir la potencia" para UE1 que se mueve hacia ella. Cuando UE2 se aleja de la celda va a sufrir

una mayor pérdida de trayectoria, esto es compensado pues la RBS envía un comando de "aumento de potencia". Ambos escenarios de Control de Potencia de Lazo Interno del UL se representan en la Figura 2.4 a continuación (Ericsson, 2011b, 3GPP, 2011-12).

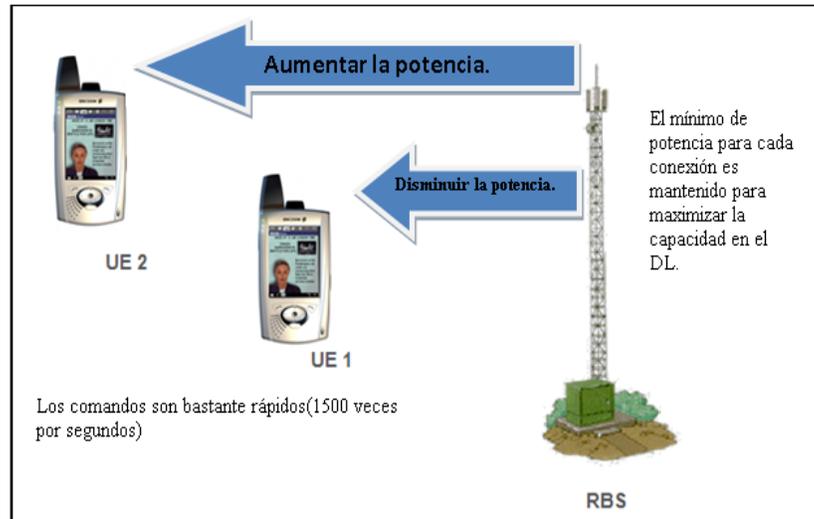


Figura 2.4 Control de potencia de Lazo interior en el UL.

El objetivo del Control de Potencia de Lazo Interno en el UL es mantener todas las conexiones con un nivel de relación señal a ruido (SIR) suficientemente bueno. El uso del Control de Potencia de Lazo Interno por todos los UE reduce la cantidad total de potencia radiada en la red. Esto significa que en el UL la interferencia en la red se reduce y la vida de la batería del UE aumenta. En el DL el Control de Potencia de Lazo Interno se utiliza para reducir la potencia de transmisión de la RBS y por lo tanto aumentar la capacidad. Por ejemplo, si UE1 se mueve hacia la celda y por lo tanto no requiere tanta potencia en el DL, este envía un comando de reducir la potencia a la RBS permitiendo este ahorro en potencia que debe ser utilizado para otras conexiones.

Por otro lado, si UE2 se mueve fuera de la celda sufriría una pérdida de trayectoria más alta y requiere más potencia en el DL. Este aumento de potencia se solicita mediante el envío de un comando de aumento de potencia a la RBS (Ericsson, 2011b). Ambos escenarios de control de potencia de Lazo Interno en el DL se muestran en la Figura 2.5 a continuación.

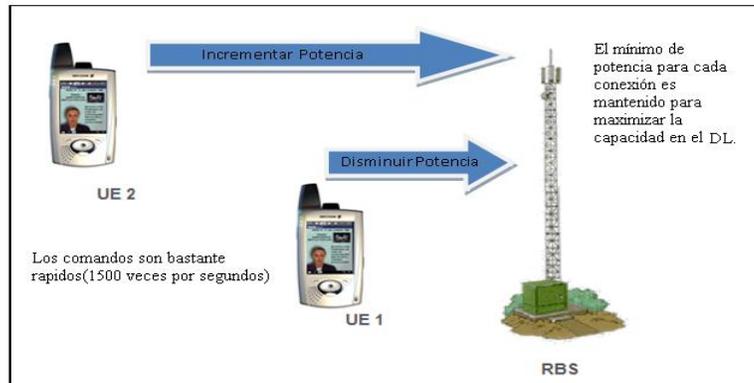


Figura 2.5 Control de potencia de Lazo interior en el DL.

### 2.2.3 Control de Potencia de Lazo Externo (*Outer Loop*)

En el Control de Potencia de Lazo Externo el Controlador de la Red de Radio de Servicio (SRNC) hará un seguimiento constante de los CRC (Chequeo de Redundancia Cíclica/*Cyclic Redundancy Check*) de los bloques de transporte (TB) del UL y la estimación de la tasa de error de bloque (BLER). Si se descubre que esta BLER es más alta o más baja de lo que se requiere para el RAB (Potador de Acceso de Radio / *Radio Access Bearer*), el SRNC cambiará la SIR óptima para el Control de Potencia de Lazo Interno. De este modo se mantiene la BLER del UL para el servicio, independientemente del medio y la movilidad del UE, tal como se muestra a continuación en la Figura 2.6.

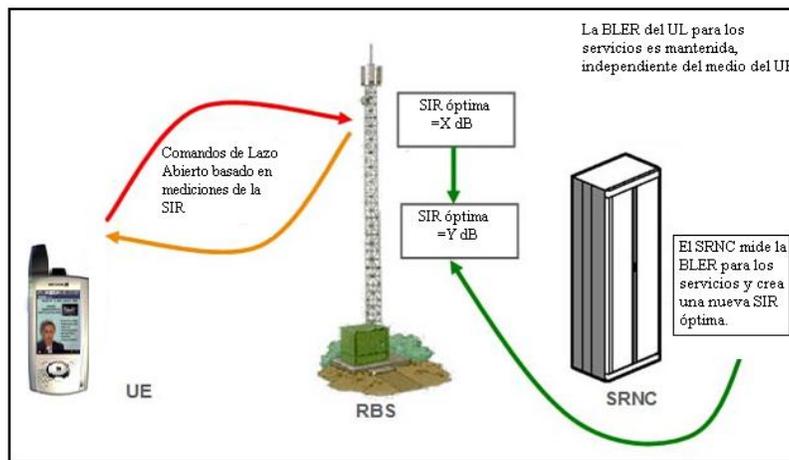


Figura 2.6 Control de potencia de lazo exterior en el UL.

De la misma forma el UE debe llevar a cabo la misma función en los TBs en el DL y cambia la SIR óptima para el Control de Potencia de Lazo Interno en el enlace DL. Esto

mantendrá la BLER del DL para el servicio, independientemente del medio y la movilidad del UE (3GPP, 2011-12), como se muestra en la Figura 2.7.

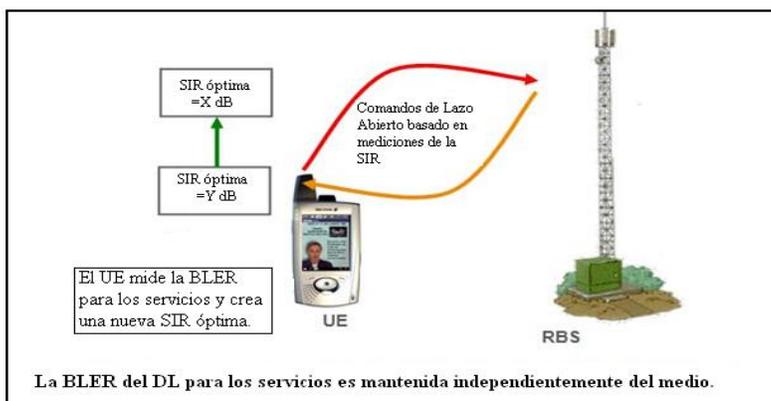


Figura 2.7 Control de potencia de enlace exterior en el DL.

Los tres Lazos trabajan juntos durante la vida de una conexión de radio (Ericsson, 2011b, Ericsson, 2011a) como se muestra en el ejemplo para UL de la Figura 2.8.

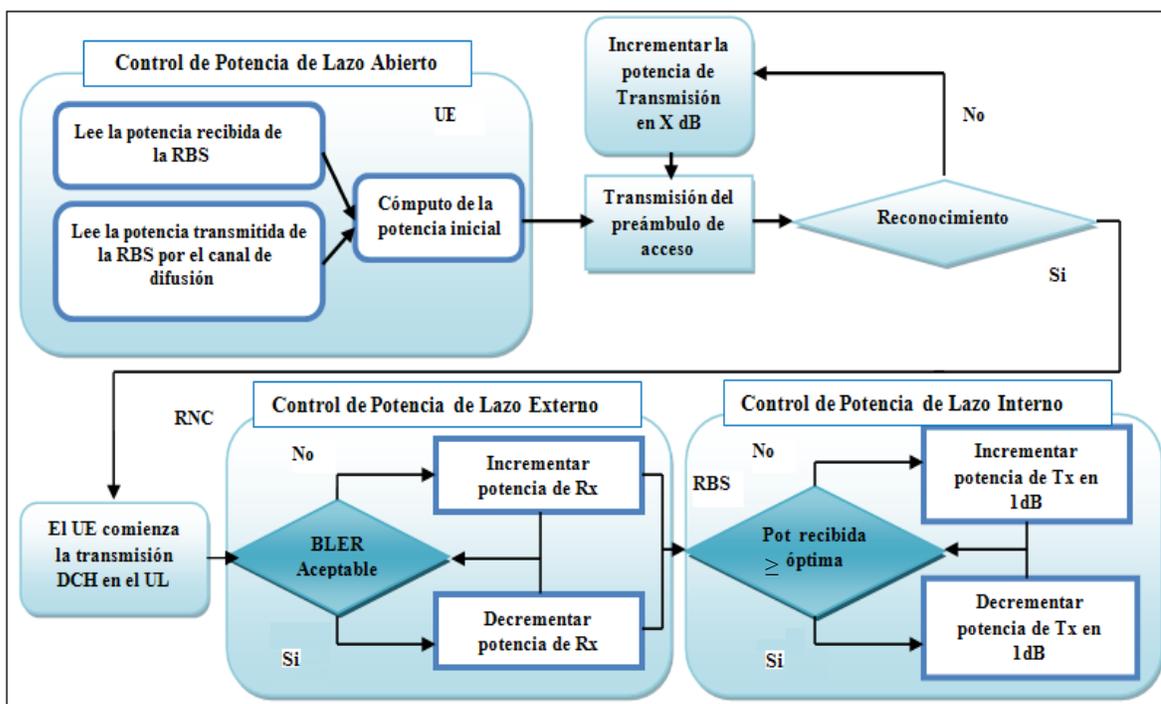


Figura 2.8 Trabajo de Los Lazos del control de Potencia en el UL.

El Control de Potencia de Lazo Abierto se utiliza para estimar la potencia requerida para el preámbulo de acceso del Canal de Acceso Aleatorio (RACH) y las potencias iniciales de los canales dedicados. Una vez que se establece el canal dedicado, los lazos exteriores e

interiores trabajarán juntos para mantener la BLER requerida, independientemente de la ubicación de los UEs y la movilidad de los mismos (Ericsson, 2011b).

El programa se muestra en la Figura 2.9 y en el capítulo tres se explicaran los tres lazos del Control de Potencia con más detalle.

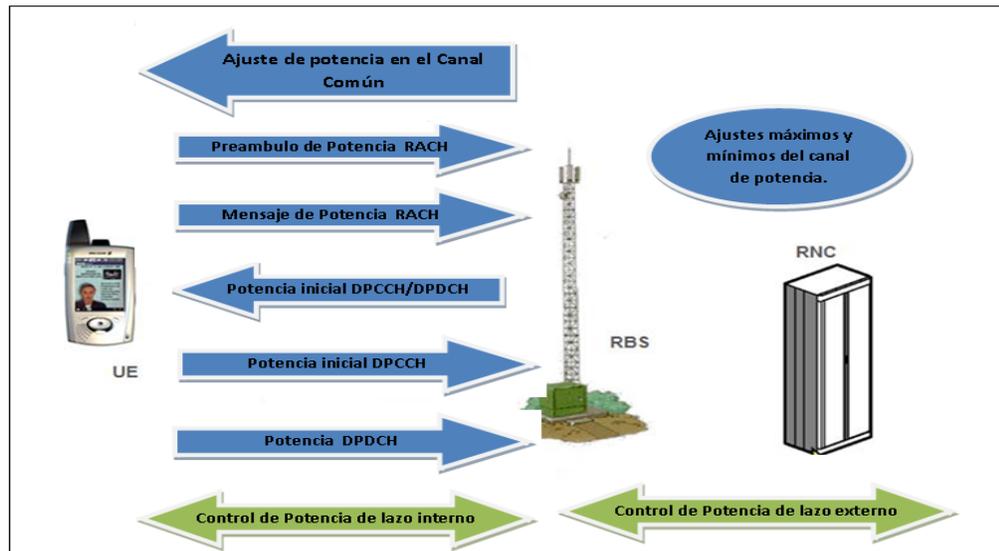


Figura 2.9 Agenda del control de potencia en WCDMA.

Además, para comprender como es que funcionan los algoritmos de control de potencia en WCDMA, que se tratarán en el próximo capítulo, es necesario conocer la trama y los canales que intervienen en el control de potencia. Esto se abordara en la sección siguiente.

### 2.3 Trama, Ranura y Canales

UMTS utiliza técnicas CDMA como tecnología de acceso múltiple, pero utiliza adicionalmente técnicas de división de tiempo con ranura y un una estructura de trama para proporcionar la completa estructura del canal.

El canal se divide en tramas de 10 ms, cada una de las cuales tiene quince intervalos de tiempo de 666 microsegundos (Solanki et al., August 2012). En el DL, el tiempo se subdivide de manera que las ranuras de tiempo contienen campos que tienen ya sea los datos de usuario o mensajes de control (Figura 2.10).

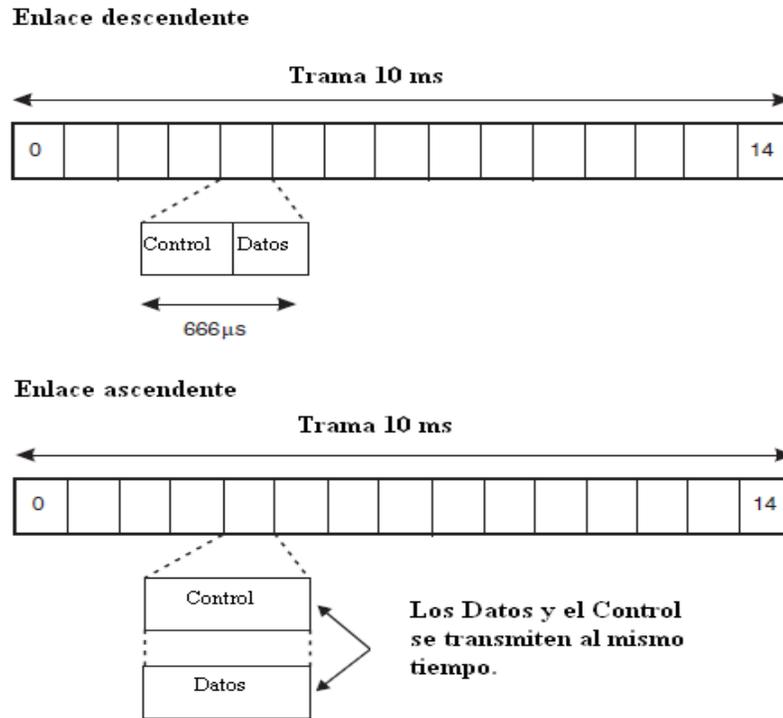


Figura 2.10 Estructura de la Trama y la Ranura.

En el UL, la modulación de doble canal se utiliza de manera que tanto los datos como el control son transmitidos simultáneamente. En este caso, los elementos de control contienen una señal piloto, el Identificador de Combinación de Formato de Transporte (TFCI), la Información de Realimentación (FBI) y el Control de Potencia de Transmisión (TPC).

Los canales utilizados se clasifican en tres grupos: lógicos, de transporte y físicos. Los canales lógicos definen la forma en que se transfieren los datos; los canales de transporte, junto con el canal lógico, también definen la forma en que se transfieren los datos, y los canales físicos llevan los datos de carga útil y gobiernan las características físicas de la señal.

Los canales están organizados de tal manera que los canales lógicos están relacionados con lo que se transporta, mientras que los canales de transporte de la capa física con el cómo y con qué características se transmiten. La Capa MAC proporciona servicios de transmisión de datos en los canales lógicos. Un conjunto de tipos de canales lógicos es definido para diferentes tipos de servicios de transferencia de datos (Poole, 2006, Laiho et al., 2006, 3GPP, 2005-12, Holma and Toskala, 2007).

### 2.3.1 Los canales lógicos

1. Canal de Control de Difusión (BCCH: *Broadcast Control Channel*), DL. El canal de control de difusión es un canal del enlace descendente (DL), canal que emite la información pertinente a la celda para los UE en el área de servicio. La información incluye los canales de radio de las celdas vecinas con sus configuraciones, así como los RACHS disponibles y sus códigos de aleatorización.
2. Canal de Control de paginación (PCCH: *Paging Control Channel*), DL. Este canal de enlace descendente está asociado con el PICH, y es utilizado para la transmisión de mensajes de búsqueda, así como la información de notificación.
3. Canal de Control Dedicado (DCCH: *Dedicated Control Channel*), UL / DL. Este canal se utiliza para llevar el control exclusivo de la información en ambas direcciones.
4. Canal de Control Común (CCCH: *Common Control Channel*), UL / DL. Este canal bidireccional se utiliza para transferir la información de control.
5. Canal de Control del Canal Compartido (SHCCH: *Shared Channel Control Channel*). Este canal es bidireccional, pero es sólo se encuentra en la forma de UMTS TDD, donde se utiliza para el transporte de la información de control del canal compartido.
6. Canal Dedicado de Tráfico (DTCH: *Dedicated Traffic Channel*), UL / DL. El DTCH es un canal bidireccional que se utiliza para llevar los datos o el tráfico de los usuarios.
7. Canal Común de Tráfico (CTCH: *Comun Traffic Channel*), DL. Este canal unidireccional del enlace descendente se utiliza para transferir información de usuario dedicada a un grupo de UE.

### 2.3.2 Canales de transporte

1. Canal Dedicado de Transporte (DCH: *Dedicated Transport Channel*), UL / DL, asignado al DCCH y DTCH. Este canal, que está presente en el enlace ascendente y en el enlace descendente, se utiliza para transferir datos específicos de un UE en particular. Cada UE tiene su propio DCH en cada dirección.
2. Canales de Difusión (BCH: *Broadcast Channel*), DL, asignado al BCCH. Este es un canal del enlace descendente que transmite o difunde información a los UE en la celda para que puedan identificar la red y la celda. Por lo general, proporciona información acerca de

la información del sistema, información de la configuración del sistema y de los canales de radio vecinos. Es de particular importancia para los UE en el acceso a red, porque identifica los canales de acceso aleatorio disponibles y sus códigos de aleatorización. El UE también hará un seguimiento en el BCH para determinar la intensidad de la señal, y de esta forma se puede determinar qué celda se debe acceder. También se utiliza para determinar si se requiere un traspaso (*Handover*).

3. Canal de Acceso Directo (FACH: *Forward Access Channel*), DL, asignado al BCCH, CCCH, CTCH, DCCH y DTCH. Este canal aparece en el enlace descendente, y lleva los datos o información de los UEs que están registrados en el sistema. Puede haber más de un FACH por celda, como paquetes de datos puedan llevar. Sin embargo, siempre hay un FACH que transporta datos de baja velocidad para permitir que los móviles reciban los mensajes FACH, y funciona sin control de potencia de lazo interno y externo.

4. Canal de Búsqueda (PCH: *Paging Channel*), DL, asignada al PCCH. Al igual que los canales de radio búsqueda en otros sistemas tales como el GSM, este canal transporta los mensajes que alertan al UE de las llamadas entrantes, mensajes SMS, las sesiones datos, o el mantenimiento requerido como el re-registro.

5. Canal de Acceso Aleatorio (RACH: *Random Access Channel*), UL, asignado al CCCH, DCCH y DTCH. Una vez más, este canal es similar en naturaleza al canal de acceso aleatorio GSM, aunque éste lleva solicitudes de servicio de los UE que tratan de acceder al sistema. Por su naturaleza el RACH es un canal compartido al que cualquier UE puede acceder, y por lo tanto los móviles solicitan el servicio enviando un mensaje. Es reconocido por la red, usando el Canal Indicador de Adquisición (AICH). Si el RACH no se reconoce petición, entonces la UE espera una cantidad aleatoria de tiempo antes de enviar otra solicitud de acceso.

6. Canal Común de Paquetes del Enlace Ascendente (CPCH: *Uplink Common Packet Channel*), UL, asignado al DCCH y DTCH. De su nombre se entiende que es sólo un canal de enlace ascendente. Proporciona una capacidad adicional más allá que la del RACH. Si el móvil es compatible con el uso de este canal, se puede acceder al sistema a través de este canal y luego seguir utilizándolo para transmitir pequeñas cantidades de datos. Este canal utiliza control de potencia rápido.

7. Canal Compartido del Enlace Descendente (DSCH: *Downlink Shared Channel*), DL, asignado al DCCH y DTCH. Este canal puede ser compartido por varios usuarios, y se utiliza para los datos que son "ráfagas" en la naturaleza, tales como la que se obtiene desde la navegación web. Este tiempo compartido por los diferentes usuarios y el dinámico sistema de planificación de paquetes UMTS asigna una ranura en particular en un soporte y el código para un UE, dado que tiene paquetes para transmitir en la dirección requerida. Una vez que los datos han sido enviados, el sistema de planificación de paquete puede asignar capacidad para otro UE.

### 2.3.3 Los canales físicos

1. Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH: *Primary Common Control Physical Channel*), asignado al BCH. Este canal transmite continuamente en el enlace descendente, la difusión del sistema de identificación y acceso controlan la información. Su código de ensanchamiento es asignado permanentemente a 256 de modo que proporciona una tasa general de transmisión de 30 kbps. La mitad de la tasa de codificación convolucional se utiliza con entrelazado sobre dos tramas consecutivas.

2. Canal Físico de Control Común Secundario (SCCPCH: *Secondary Common Control Physical Channel*), asignado al FACH, PCH. Este es un canal de enlace descendente que transporta el canal de acceso directo (FACH), proporcionando el control información, y el canal de búsqueda (PACH), con los mensajes de los UE que están registrados en la red. El factor de dispersión se determina de acuerdo a las capacidades del UE, lo que permite la mayor velocidad de transmisión de datos que el UE puede manejar.

3. Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH: *Physical Random Access Channel*), asignado al RACH. Este es un canal de enlace ascendente que permite al UE transmitir ráfagas de acceso aleatoriamente en un intento de acceder a la red. En vista de la naturaleza del canal, se utiliza un factor de difusión fijo, dando una velocidad de datos de 16 kbps.

4. Canal Físico de Datos Dedicado (DPDCH: *Dedicated Physical Data Channel*), asignado al DCH. Este canal se utiliza para transferir datos de usuario en el enlace ascendente y en el enlace descendente. El factor de ensanchamiento depende de las velocidades de datos, y también varía entre el enlace ascendente y el enlace descendente a causa de los diferentes esquemas de modulación utilizados. En el enlace descendente, el factor de ensanchamiento

puede variar entre 4 y 256, y en el enlace ascendente puede variar desde 4 hasta 512. Por otra parte, el factor de ensanchamiento puede variar en un trama por trama base (véanse las Figuras 2.11 y 2.12).

5. Canal Físico de Control Dedicado (DPCCH: *Dedicated Physical Control Channel*), asignado al DCH. Este canal está presente tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. Se lleva la información de control hacia y desde el UE.

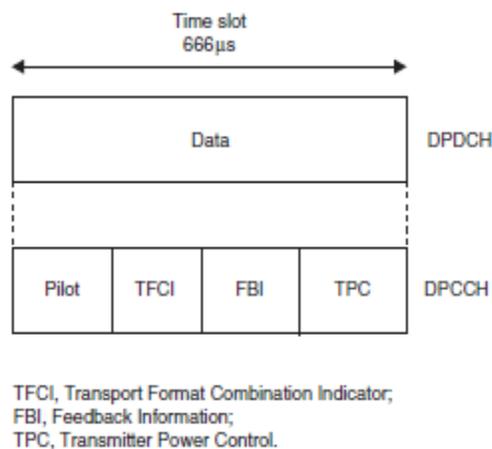


Figura 2.11 Estructura de la ranura en el DPCCH y DPDCH del DL.

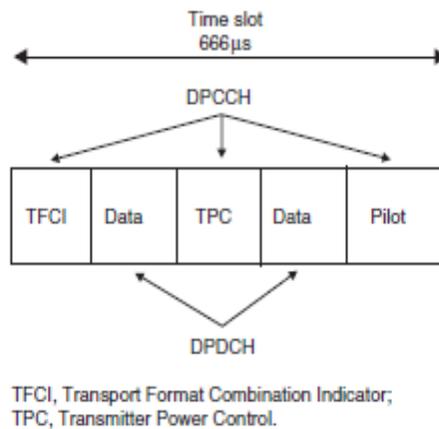


Figura 2.12 Estructura de la ranura en el DPCCH y DPDCH del UL.

El canal lleva los bits pilotos y el identificador de combinación de formatos de transporte (TFCI) en ambas direcciones. El canal de enlace descendente también incluye el Control de Potencia de Transmisión y los bits de Información de realimentación (FBI). Dentro de la estructura del canal, los bits piloto ayudan a la recuperación el canal de control y de datos;

y el TFCI determina si los múltiples canales físicos se combinan (véanse las Figuras 2.11 y 2.12).

6. Canal Físico Compartido del Enlace Descendente (PDSCH: *Physical Downlink Shared Channel*), asignado al DSCH. Este canal comparte la información de control de los UE dentro del área de cobertura de la estación base. El canal está siempre asociado con un canal dedicado del enlace descendente (DCH), y su factor de ensanchamiento es capaz de variar entre 4 y 256.

7. Canal Físico Común de Paquetes (PCPCH: *Physical Common Packet Channel*), asignado al CPCH. Este canal está diseñado específicamente para llevar los paquetes de datos. En funcionamiento, el UE supervisa el sistema para comprobar si está ocupado, si no, se transmite una breve ráfaga de acceso. Esta es retransmitida si no se obtiene acuse de recibo, con un ligero aumento en la potencia cada vez que se realice un intento. Una vez que la estación base confirma la solicitud, los datos se transmiten por el canal.

8. Canal de Sincronización (SCH: *Synchronization Channel*). El canal de sincronización se utiliza para permitir que los UE se sincronicen con la red.

9. Canal Común Piloto (CPICH: *Common Pilot Channel*). Este canal se transmite por cada estación base de modo que los UE son capaces de estimar el tiempo para la demodulación de la señal. Además, se puede utilizar como un faro o guía para el UE en la determinación de la mejor celda con la cual comunicarse. El CPICH utiliza un factor fijo de ensanchamiento de 256 y esto produce una velocidad de datos de 30 kbps.

10. Canal Indicador de Adquisición (AICH: *Acquisition Indicator Channel*). El AICH se utiliza para informar a un UE acerca del Canal de Datos (DCH), este se puede utilizar para comunicarse con la estación base. Esta asignación de canal se produce como resultado de una solicitud de servicio de acceso aleatorio con éxito desde el UE.

11. Canal de Indicación de Búsqueda (PICH: *Paging Indication Channel*). Este canal proporciona la información al UE para que pueda operar en su modo de espera y así ahorrar la batería cuando se “escucha” en el canal de búsqueda. A medida que el UE necesita saber cuándo vigilar el PCH, se proporcionan datos sobre el PICH para asignar a un UE una relación de repetición de búsqueda para que pueda determinar con qué frecuencia se tiene que “despertar” y “escuchar” el PCH.

12. Canal Indicador de Estado CPCH (CSICH: *CPCH Status Indication Channel* ). Este canal, que sólo aparece en el enlace descendente, lleva el estado del CPCH y también puede ser utilizado para llevar a algunas ráfagas de datos. Funciona de manera similar al PICH.

13. Canal de Detección de colisiones / Indicación de Asignación de Canales (CD/ CA-ICH: *Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel*). Este canal, está presente en el enlace descendente, se utiliza para indicar al UE si la asignación del canal está activa o inactiva.

#### 2.4 Paquete de datos

El paquete de datos constituye un elemento cada vez más importante dentro de las aplicaciones de telefonía móvil. W-CDMA es capaz de realizar transmisiones de datos en paquetes de dos maneras. El primero es para los paquetes de datos cortos y para ser añadido directamente a una ráfaga de acceso aleatorio. Este método se denomina transmisión de paquete de canal común, y se utiliza para los paquetes cortos. Es preferible transmitir paquetes cortos en esta manera debido a que el mantenimiento del enlace necesario para un canal dedicado daría lugar a una sobrecarga inaceptable. Además, el retraso en la transferencia de los datos a un canal dedicado es evitado. Los paquetes más grandes o con mayor frecuencia se transmiten en un canal dedicado. Un paquete individual es transmitido mediante un esquema de un solo paquete, donde el canal dedicado se libera inmediatamente después de que se ha transmitido el paquete. En un esquema de multipaquete, el canal dedicado es mantenido por el control de potencia de transmisión y la sincronización entre los paquetes posteriores (Poole, 2006).

#### 2.5 Codificación de voz

La codificación de voz en UMTS utiliza varios tipos de fuente. Como resultado de ello, se emplea una gama de codificadores de voz, incluyendo el codificador de voz GSM EFR. Cuando está disponible una variedad de velocidades, se puede emplear un sistema conocido como Multivelocidad Adaptativa (AMR: *Adaptive Multi-Rate*) donde la tasa se elige de acuerdo a la capacidad y los requisitos del sistema. Este esquema es el mismo que el utilizado en GSM. El codificador de voz real que se elige se rige por el sistema. El proceso de codificación del habla puede ser combinado con un detector de actividad de

voz. Esto es particularmente útil porque en las conversaciones normales hay largos períodos de inactividad. Del mismo modo que la transmisión discontinua se aplica a GSM, se aplica a UMTS. Se emplea la misma técnica de inserción de ruido de fondo cuando no hay habla, porque cuando la transmisión discontinua corta la transmisión sin ruido de fondo para evitar que se escuche, lo que puede ser muy desconcertante para el oyente (Poole, 2006).

## 2.6 Recepción discontinua

Uno de los grandes problemas con los teléfonos móviles, en general, es el de la duración de la batería (Poole, 2006). Es uno de los aspectos que la gente toma en cuenta al comprar un teléfono, lo que da una medida de su importancia. Teniendo esto en cuenta al desarrollar el UMTS / estándar W-CDMA, se introdujo una recepción discontinua o modo de reposo. Este modo permite que varios segmentos no esenciales de los circuitos de teléfono se apaguen durante los períodos en los mensajes de paginación no sean recibidos. Para activar esta facilidad y ser introducido en los circuitos del UE, el canal de búsqueda se divide en grupos o sub-canales. El número real de la paginación sub-canal para ser utilizado por un UE en particular está asignado por la red, y de esta manera el UE tiene que escuchar sólo una parte del tiempo. Para lograr esto, el canal indicador de paginación (PICH) se divide en tramas de 10 ms, cada una de las cuales consta de 300 bits, 288 para los datos de localización y 12 bits de inactividad. Al comienzo de cada trama del canal de paginación hay un indicador de localización (PI) que identifica el grupo de paginación que se transmite. Mediante la sincronización con los canales de búsqueda que se transmiten, es capaz de encender el receptor sólo cuando se necesita para supervisar el canal de búsqueda. Como el receptor, con sus circuitos de RF, consumirá energía, el ahorro puede hacerse apagándolo.

## 2.7 Capa de Protocolo de Acceso

La subcapa MAC es responsable de asignar los canales lógicos y los de transporte, garantizando la entrega óptima de las Unidad de Datos Protocolo (PDU: *Protocol Data Units*) del canal común y dedicado. Para hacer frente a la oferta de canales, la MAC se divide en una variedad de áreas. Estas son la MAC-b, que es responsable de controlar el

BCH; la MAC-c/sh, que controla el acceso a los canales de transporte comunes, excepto para el HS-DSCH; la MAC-d, la cual controla el acceso a todos los canales de transporte dedicados, y la MAC-hs, que controla el acceso al HS-DSCH (Poole, 2006).

Encima de la capa MAC está la capa de Control de Enlace de Radio (RLC), que se subdivide en tres entidades. Estas entidades proporcionan las partes de soporte de control de tres modos de funcionamiento en la capa 2. El primero es el modo transparente (TM), que transfiere los datos de usuario, y proporciona la segmentación y montaje de unidades de datos. El segundo es el modo sin acuse de recibo (UM), que es similar al TM, pero también comprueba los números de secuencia, y proporciona cifrado, el relleno y la concatenación cuando sea necesario. En tercer lugar, está el Modo Reconocido (AM), que soporta control de flujo, entrega en secuencia de las PDU de capa superior, corrección de errores y detección de duplicados.

El RLC también mantiene la calidad de servicio (QoS) a petición de las capas superiores. Esto es requerido para asegurar que la adecuada calidad de servicio se ha recibido para los requerimientos de la aplicación. Hay cuatro clases (Poole, 2006):

1. Clase conversacional (voz, video telefonía, videojuegos)
2. Clase de flujo (multimedia, vídeo bajo demanda, *webcast*)
3. Clase interactiva (navegación web, juegos en red, conexión de base de datos)
4. Clase de fondo (correo electrónico, SMS, descarga).

La capa superior del estrato de acceso se llama la capa de Control de Recursos de Radio (RRC). Este es una capa compleja que tiene muchas funciones. Estos incluyen el control de la información de difusión, el establecimiento y liberación de conexiones RRC y portadores de radio, selección celular y re-selección, búsqueda, cifrado, protección de la integridad y el control de los informes de medición UE.

Usando estas características, la capa RRC proporciona las conexiones de señalización utilizadas por la parte superior, las capas del estrato de no acceso, lo que permite el flujo de información entre la red y el UE. Hay dos estados de protocolo que pueden ser adoptadas por el UE. El primero se llama el Modo de Espera (*Idle Mode*), donde el UE realiza búsquedas de celdas. El segundo se conoce como Modo Conectado (*Connected Mode*).

Aquí, el comportamiento del UE está determinado por el estado actual del UE, de los cuales hay cuatro tipos: URA\_PCH, CELL\_PCH, CELL\_FACH y CELL\_DCH. En los dos primeros estados, el UE está buscando la celda más adecuada y la información del sistema de difusión decodificada. El UE puede responder a la búsqueda en este modo. En el modo de CELL\_FACH, el UE puede actuar sobre los mensajes del RRC recibidos en el BCCH, CCCH y DCCH. En el modo de CELL\_DCH, el UE actúa en los mensajes recibidos en el DCH (Poole, 2006).

## 2.8 Modo Comprimido

En el modo comprimido, la red introduce los intervalos de transmisión en unas largas ranuras en el DL y/o UL. Éstas se pueden quedar en el medio de una trama o en el límite entre dos tramas. Durante los intervalos de la transmisión, el móvil se puede mover a otra frecuencia y puede medir las señales recibidas de las celdas. Los intervalos de transmisión del DL son fijos para los móviles individualmente: si un móvil entra en el modo comprimido, entonces las transmisiones de la estación base a los otros UEs no son afectadas. En este modo se dejan intervalos vacíos (*Gap*), los cuales son espacios en la transmisión que utilizan como segmentos de medición (Laiho et al., 2006). Lo anteriormente expresado lo podemos observar en la Figura 2.13 a continuación.

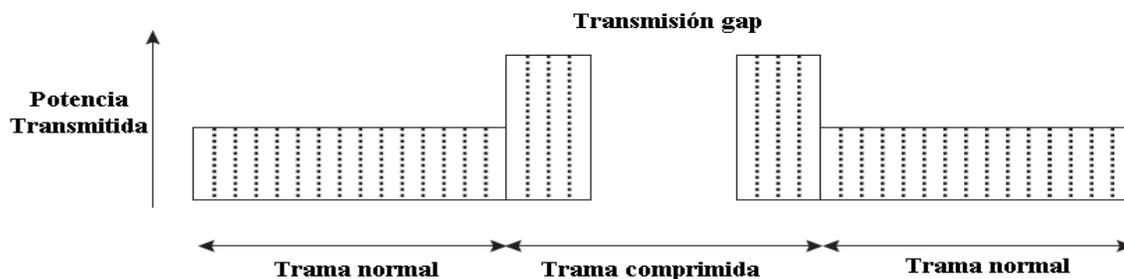


Figura 2.13 Modo Comprimido

## CAPÍTULO 3. ALGORITMOS DE CONTROL DE POTENCIA

### 3.1 Introducción a los algoritmos de Control de Potencia

En los capítulos anteriores se expusieron las características de la tecnología WCDMA y se particularizó en los algoritmos de control de potencia y la importancia del mismo en esta tecnología de tercera generación, así como los canales lógicos, físicos y de transportes que se emplean en la gestión de este recurso de radio. Por lo que no se puede hablar de WCDMA sin el Control de Potencia, de ahí la importancia de la gestión y el control de este recurso. Con las bases sentadas en los capítulos anteriores se hará en este capítulo un análisis detallado de los algoritmos de Control de Potencia.

### 3.2 Ajuste de Potencia en el Canal Común

Las funciones de control de potencia habituales del canal, controlan el nivel de potencia transmitida en los canales comunes con el fin de minimizar la interferencia, reducir al mínimo el consumo de potencia, y mantener la calidad de las conexiones (Laner et al., 3-5 march 2010, Ericsson, 2011b). La Potencia de cada transmisor se ajusta al nivel requerido para satisfacer la QoS solicitada. La potencia recibida debe ser a un nivel aceptable (Khangura et al., 2010), con independencia del ambiente de radio.

Con el fin de controlar el nivel de la potencia transmitida en los canales comunes, el operador ajusta la potencia en los siguientes canales: PCPICH, PCCPCH (BCH), P-SCH, S-SCH, AICH, PICH, FACH (de control), FACH (datos) y PCH. La potencia permitida para el Canal Común Piloto Primario (PCPICH) es fijado por el parámetro *primaryCpichPower*. Los valores de los parámetros utilizados para establecer el nivel de

potencia de los otros canales comunes se expresan con relación a la potencia PCPICH. El Canal de Acceso Directo (FACH) utiliza una fuente configurada. La potencia máxima permitida para el FACH puede ser establecida por el parámetro *maxFach1Power* cuando el FACH lleva un canal de control (BCCH, CCCH, DCCH). Cuando el FACH lleva un canal lógico de tráfico dedicado (DTCH), la potencia está ajustada por el parámetro *maxFach2Power*. Este valor de potencia se expresa en relación a la potencia del PCPICH. Para los Indicadores de Combinación de Formato de Transporte (TFCIs) y los campos experimentales, se aplican las compensaciones para la combinación específica de servicio. El Canal Físico de Control Principal (PCCPCH), que lleva el Canal de Control de Difusión (BCCH), no se transmite por los primeros 256 elementos de cada ranura. La potencia permitida en este canal puede ser ajustada por el parámetro *bchPower*. El Canal de Sincronización Primario (P-SCH) y el Canal de Sincronización Secundario (S-SCH) son multiplexados en el tiempo durante los primeros 256 chips de cada ranura del PCCPCH. El P-SCH y S-SCH pueden utilizar diferentes niveles de potencia que se pueden configurar por los parámetros *schPower1* y *schPower2*, respectivamente. La potencia permitida en el Canal Indicador de Adquisición (AICH) y los Canales de Indicación de Búsqueda (PICH) pueden ser fijados por los parámetros *aichPower* y *pichPower* respectivamente. El parámetro *pchPower* se utiliza para establecer la potencia en el Canal Físico de Control Común secundario (CCPCH), llevando tramas al Canal de Búsqueda (PCH). Es posible ajustar y cambiar la potencia de los canales de transmisión en la RBS usando la interfaz Iub, sin bloquear los canales. La lista completa de los parámetros de potencia de los canales comunes y sus valores por defecto se muestra en la Figura 3.1 (Ericsson, 2011b).

### 3.3 Control de Potencia de Lazo Abierto

El Control de potencia de lazo abierto en el UL se usa para minimizar la interferencia y la potencia del UL y del DL cuando se establece una conexión.

#### 3.3.1 Relación Señal a Interferencia (SIR) en UL

SIR se define de acuerdo con 3GPP por:

$$RSCP/ISCP \times SF$$

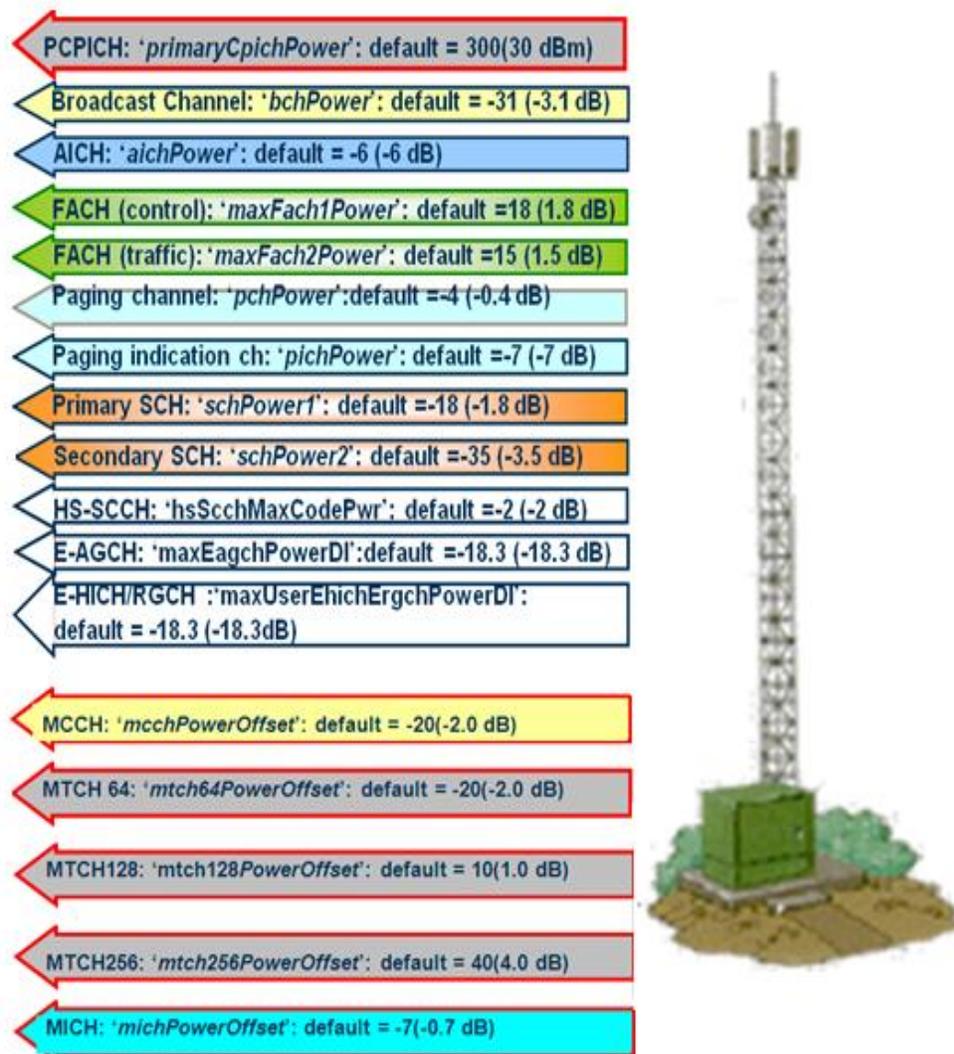


Figura 3.1 Ajuste de potencia en el Canal Común.

La medición se realizará en el DPCCH de un enlace de radio. En el modo comprimido la SIR no se puede medir en la distancia de transmisión. El punto de referencia para las mediciones de la SIR será el conector de la antena Rx donde:

RSCP = Potencia de Código de la Señal Recibida, medición imparcial de la potencia recibida en un código.

ISCP = Potencia de Código de la Señal Interferencia, la interferencia en la señal recibida.

SF = Factor de ensanchamiento utilizado en el DPCCH.

La ISCP normalmente se aproxima a la Potencia Total de Banda Ancha Recibida (RTWP):

$SIR = RSCP/RTWP \times SF$ , esta ecuación expresada en dB quedaría:

$SIR = RSCP - RTWP + \log SF$ . Y resolviendo la ecuación para RSCP se llega a:

$RSCP = RTWP + SIR - \log SF$ . Esta fórmula se utiliza para calcular la potencia inicial en todos los cálculos del Lazo Abierto en el UL (Ericsson, 2011b).

### 3.3.2 Ajuste de Potencia del preámbulo RACH

La función de Control de Potencia de Lazo Abierto en el UL, situado en el UE, controla la potencia de transmisión de Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH) del UE, en cualquier momento el UE desea tener acceso a la red. La función utiliza mediciones del UE y la información del sistema de difusión en el BCCH como entrada, los cuales están provisto como parámetros desde el RNC. Antes de que se transmita el mensaje RACH, el UE tiene que enviar preámbulos de acceso a la RBS para encontrar la potencia mínima necesaria para lograr la SIR requerida para el mensaje de RACH (Laiho et al., 2006). Una fórmula para calcular la potencia del primer preámbulo en cada secuencia de preámbulo se deriva como sigue: La potencia de código de señal recibida (RSCP) del preámbulo RACH en la RBS será igual a la potencia del preámbulo RACH transmitido (P\_PRACH) menos la pérdida del UE a la RBS (Ericsson, 2011b), tal como se muestra en la Figura 2.1 del Anexo II.

Si esta ecuación se resuelve para P\_PRACH se convierte en:

$$P\_PRACH = Loss + RSCP$$

Esta RSCP debe ser suficiente para lograr la requerida SIR objetivo para el RACH. A partir de las derivaciones anteriores RSCP está dada por la fórmula:

$$RSCP = RTWP + SIR - 10 \log SF$$

Si este valor se sustituye en la ecuación para P\_PRACH se convierte en:

$$P\_PRACH = Loss + RTWP + SIR\_TARGET\_RACH - 10 \log SF$$

Para ajustar este valor, un desplazamiento (C) se puede añadir a esta fórmula.

$$P_{PRACH} = Loss + RTWP + SIR\_TARGET\_RACH - 10 \log SF + C$$

La pérdida desde el UE a la RBS se aproxima a la del PCPICH. Esta pérdida se puede calcular por el UE, restando la Potencia de Código la Señal Recibida en PCPICH (PCPICH\_RSCP) de la Potencia PCPICH en la RBS (*primaryCpichPower*). Dado que los términos SIR\_TARGET\_RACH, 10 logSF y C serán constantes para todos los RACHs que se combinan para hacer el parámetro *constantValueCprach*. Este parámetro se puede ajustar entre -35 y -10 dB en pasos de 1 dB. En la actualidad, el valor predeterminado es -27dB. Los ajustes de *constantValueCprach*, *primaryCpichPower* y la Potencia Total de Banda Ancha Recibida (RTWP) medida por la RBS se transmiten en el canal de control de difusión (BCCH) (Ericsson, 2011b).

Una vez que el UE recibe esto sólo tiene que medir la PCPICH\_RSCP para completar la ecuación como se muestra en la Figura 3.2 a continuación.

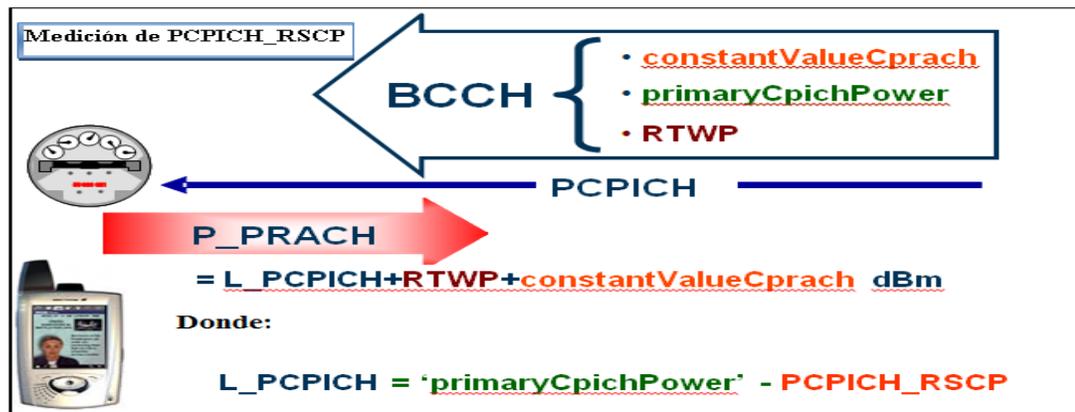


Figura 3.2 Ajuste de potencia del preámbulo RACH.

El UE transmitirá su primer preámbulo RACH en esta potencia calculada ( $P_{PRACH}$ ). Después del primer preámbulo, si no se recibe ningún acuse de recibo de los preámbulos sucesivos, una rampa de potencia de preámbulos se adopta con intervalos equivalentes al parámetro *powerOffsetPO* que se puede establecer entre 1 y 8 dB en pasos de 1 dB. Dado que el valor por defecto es 3 dB, cada preámbulo será incrementado en 3 dB con respecto al valor anterior hasta que se recibe un acuse de recibo en el Canal de Indicación de Adquisición (AICH) o se ha realizado el número máximo de intentos. El número máximo

de intentos se establece con el parámetro *preambleRetransMax*, que se puede ajustar de 1 a 64 con un valor predeterminado de 8. Si se ha superado el número máximo de intentos otro ciclo de preámbulo puede ser iniciado y un nuevo valor es calculado para P\_PRACH. El número máximo de ciclos de preámbulo se establece con el parámetro *maxPreambleCycle* que se puede ajustar de 1 a 32 su valor predeterminado es 4. Si se recibe una AICH positivo el UE transmitirá la parte de control del mensaje RACH en la rama Q del modulador a una potencia por encima del último preámbulo por un valor fijado por el parámetro *powerOffsetPpm*. Este parámetro se puede establecer entre -5 y 10 dB en pasos de 1 dB con un valor predeterminado de 4 dB (Ericsson, 2011b).

La Mejora de la cobertura RACH es una característica opcional y puede, como tal, mejorar el acceso o ser un habilitador de la potencial de reducción de sitio. El propósito de esta función es aumentar la cobertura de RACH para que coincida más estrechamente la cobertura del estado del DCH en la celda. En las celdas en las que el operador ha activado la función, *increasedRachCoverageEnabled = True*, la sensibilidad de la RBS se incrementará un número fijo de dB (Ericsson, 2011b).

### 3.3.3 Ajuste de Potencia del Mensaje RACH

El mensaje RACH se compone de una parte de control en la rama Q y la parte de datos en la rama I del modulador como se muestra en la Figura 2.2 de Anexo II.

La relación de los datos y la parte de control de potencia se transmiten a todos los UE en forma de diferentes factores de ganancia en función de los canales lógicos que se están realizando por el RACH. Los nombres de los parámetros de estos factores de ganancia y cómo se relacionan se muestran a continuación (Ericsson, 2011b).

Potencia de radio:

$$\text{Control de Potencia/Potencia de Datos} = (GF_c/GF_d)^2$$

Si la potencia es expresada en dB la ecuación quedaría:

$$\text{Control de Potencia} - \text{Potencia de Datos} = 20 \log (GF_c/GF_d)$$

De donde:

$$Potencia\ de\ Datos = Control\ de\ Potencia - 20\ log\ (GFc/GFd)$$

Los parámetros de potencia del mensaje RACH se encuentran en las Tablas 2.1 y 2.2 del Anexo II.

### 3.3.4 Ajuste de Potencia FACH

La potencia del canal FACH (control) es similar a la del canal CPICH como se ilustra en la Figura 3.1. La potencia de la ranura FACH durante Pilot y TFCI puede ser incrementada usando el parámetro Offset mostrado en la Figura 3.3 a continuación.

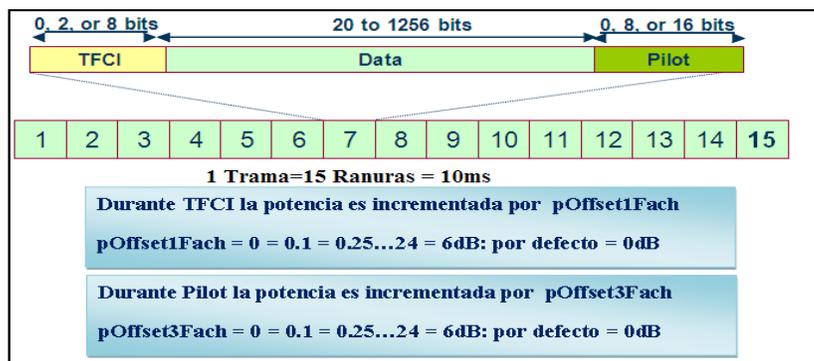


Figura 3.3 Mensaje de Potencia RACH.

### 3.3.5 Relación Señal a Interferencia (SIR) en el DL

En el transmisor del DL, se pasan los bits a través de un demultiplexor 1:2 como se ilustra en la Figura 3.4 (SIR en el DL).

Por lo tanto el valor de SIR se puede expresar como:

$$SIR = RSCP/RTWP \times SF/2$$

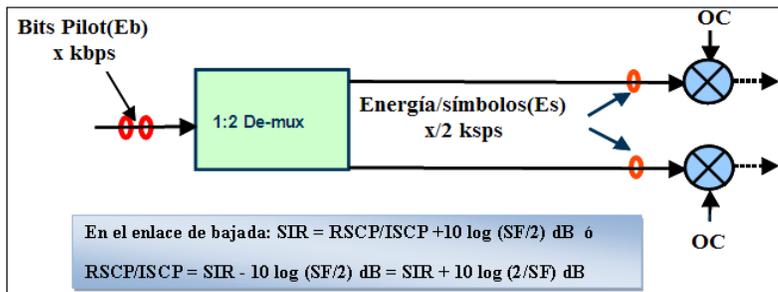


Figura 3.4 SIR en el enlace descendente.

Esto puede ser expresado como:

$$SIR = RSCP - RTWP + 10 \log (SF/2)$$

Si la fórmula se resuelve para RSCP se convierte en:

$$RSCP = RTWP + SIR - 10 \log (SF/2)$$

Esto también se puede escribir como:

$$RSCP = RTWP + SIR + 10 \log (2/SF)$$

Esta fórmula se utiliza en todos los cálculos de Lazo Abierto de DL (Ericsson, 2011b).

### 3.3.6 Potencia inicial en el DPDCH / DPCCH del DL

El ajuste de la potencia inicial en el DL del DPCCH / DPDCH permite la instalación fiable de la señalización-conexión RRC y un impacto mínimo en las conexiones existentes. Esto se consigue por medio de una estimación del Lazo Abierto (Ericsson, 2011b).

### 3.3.7 Ajuste de la Potencia inicial del DPDCH en el DL

El cálculo inicial de potencia de DL se hace en el RNC. El resultado se transfiere a la RBS. El algoritmo de ajuste de potencia DPDCH del DL utiliza el factor de ensanchamiento, midiendo  $E_c / N_0$  en el PCPICH, transmite potencia en el PCPICH, y los requisitos de servicio como entrada para el cálculo de la potencia en el DL para el DPDCH, son como se muestran en la siguiente ecuación dada en dBm:

$$P_{DL\_DPDCH} = primaryCpichPower - Ec/No\_PCPICH + dlInitSirTarget + \log (2/SFDL\_DPDCH) + CBackOff$$

Donde:

*PrimaryCpichPower* es la potencia de salida del DL utilizada para el PCPICH. *Ec / No\_PCPICH* es una medición del UE en el que se recibe un Mensaje de solicitud de conexión. Esto es opcional, por lo que si la medición no está disponible, se utiliza el valor del parámetro *ecNoPcpichDefault*. *DlInitSirTarget* es la SIR objetivo inicial requerida para el DPDCH en el DL. El cual es un parámetro configurable. *SFDL\_DPDCH* es el factor de

expansión para el DPDCH en el DL. *CBackOff* es un parámetro configurable por el operador. El propósito es realizar una copia de la estimación del Control de Potencia de Lazo Abierto a un punto de partida conservador. Para calcular esta potencia en el RNC debe obtener la  $E_c/N_o_{PCPICH}$  del mensaje SOLICITUD DE CONEXIÓN RRC para completar la fórmula o utilizar el valor predeterminado establecido por el parámetro *ecNoPcPichDefault* como en la Figura 2.3 del Anexo II se muestra (Ericsson, 2011b).

Los valores de rango y por defecto para todos los parámetros involucrados se muestran en la Figura 3.5.

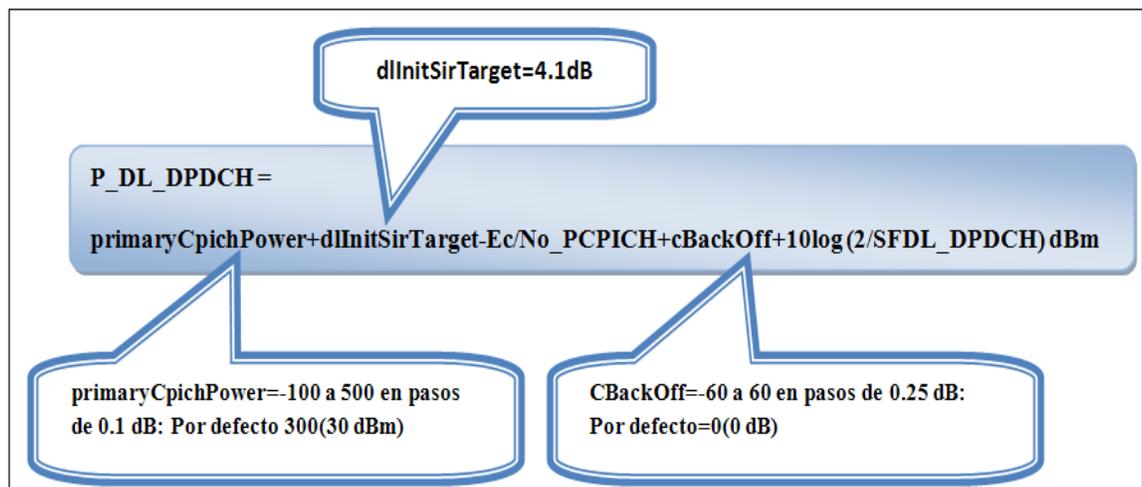


Figura 3.5 Parámetros iniciales del DPDCH en el DL.

### 3.3.8 Ajuste de la Potencia inicial en el DL por DPCCCH

Para el DPCCCH en el DL, la potencia inicial está relacionada con el DPDCH del DL, por medio de una serie de compensaciones de acuerdo con las ecuaciones (Ericsson, 2011b) que en la Figura 2.4 del Anexo II son mostradas.

Utilizando los valores predeterminados la potencia se duplica (3 dB) cuando se transmiten los bits de Control de Potencia de Transmisión (TPC).

### 3.3.9 Rampa de Potencia en el DL

El propósito de la rampa inicial de potencia del DL es asegurar que los enlaces de radio se pueden configurar con un impacto mínimo en las conexiones existentes. Esto se logra por

medio de dicha rampa. La potencia de transmisión del DL se controla de acuerdo con un mecanismo de rampa de potencia que sigue un esquema de aumento de potencia de dos etapas (Ericsson, 2011b), como se muestra en la Figura 2.5 (Rampa de potencia del enlace descendente) del Anexo II.

La transmisión se inicia en un valor de potencia calculado por la potencia inicial menos el incremento total de potencia durante el primer aumento de potencia. La potencia inicial se calcula como se describió anteriormente. La RBS obtiene la potencia inicial de transmisión en el DL con la configuración del enlace de radio, junto con la mínima y la máxima potencia de transmisión. La primera etapa de la rampa se aplica cada vez que un enlace de radio está configurado, excepto en el caso de Softer Handover. La segunda etapa de rampa se utiliza cuando la Parte de Aplicación del Nodo B (NBAP) indica que se debe utilizar, a través del parámetro "Primer indicador RLS (*Radio Link Set*)". El requisito es utilizarlo sólo para la configuración inicial del enlace de radio. Si se establece la sincronización del UL durante el primer aumento de potencia, la rampa de potencia continúa aumentando hasta que se alcanza la potencia de transmisión inicial en el DL. Si la sincronización del UL no se establece durante el primer período de aumento de potencia se inicia el segundo período de aumento de potencia. Si se establece la sincronización durante el segundo período de aumento de potencia, la rampa se concluye y se inicia el Control de potencia de Lazo Interno. Si la sincronización no se completa al final del segundo período de aumento de potencia, entonces la potencia del DL se mantiene en el nivel de potencia del final del segundo aumento de potencia. El rango de la potencia de DL está limitado por el límite de potencia superior. El límite de potencia más bajo para el canal se ignora durante el primer aumento de potencia, ya que el valor de potencia inicial se puede establecer por debajo del límite inferior (Ericsson, 2011b).

### **3.3.10 Configuración de Potencia en DPDCH / DPCCH en el DL para Soft Handover**

El RNC se encarga de la Soft Handover de tal manera que las señales recibidas de las diferentes RBS tienen la misma intensidad en el límite de la celda. Esto le dará el mejor rendimiento a la Combinación de Relación Máxima (MRC), que el UE está llevando a cabo, cuando más se necesita (Ericsson, 2011b). Usando la misma fórmula que el establecimiento de la llamada se producirá una potencia más alta en la nueva RBS, ya que

la  $E_c/N_o$  es menor que la existente en la RBS, en el punto de transferencia. Dado que el UE envía el mismo comando de control de potencia a todas las RBS, sería poco probable que las potencias recibidas fueran iguales en el límite de la celda. Esto se ilustra en el ejemplo de Soft Handover de RBS 1 a RBS 2 en la Figura 2.6 del Anexo II.

Para superar este problema y aumentar la intensidad de señal recibidas en igualdad de condiciones en el límite de la celda, el RNC modifica la fórmula original mediante la sustitución de *cBackOff* con un factor de corrección negativo. El factor utilizado está relacionado con la diferencia entre la  $E_c / N_o$  de los PCPICHs en el punto de transferencia, y sólo se puede configurar por Ericsson (Ericsson, 2011b). Cuando la potencia se calcula de esta manera las potencias recibidas deben ser iguales cuando el UE alcanza el límite de la celda. Si varias celdas pertenecientes a una RBS se tienen que establecer, entonces la potencia de la celda que tiene el valor más bajo se utiliza para todas las celdas. El RNC transfiere la potencia calculada para la RBS.

Cuando entra el Softer Handover, en el DL el Control de Potencia de Lazo Interno de la potencia salida de la RBS para las conexiones existentes es directamente aplicado a las nuevas conexiones (Ericsson, 2011b).

### 3.3.11 Potencia inicial en el UL para el DPCCH / DPDCH

Cuando el recurso para el conjunto de enlaces de radio dedicados se asigna y configura, antes de comenzar con el Control de Potencia de Lazo Interior en el UL, todavía no se ha alcanzado la sincronización. Por lo tanto, la potencia inicial del DPCCH en el UL (*Power\_UL\_DPCCH\_INIT*) se calcula en el UE utilizando el algoritmo de Lazo Abierto. La relación de potencia entre el DPCCH y DPDCH señala al UE por la red (Ericsson, 2011b).

### 3.3.12 Ajuste de la Potencia inicial del DPDCH en el UL

La potencia inicial del DPCCH del UL (*Power\_UL\_DPCCH\_INIT*) se calcula en el UE de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\mathbf{Power\_UL\_DPCCH\_INIT = primaryCpichPower + RTWP + ulInitSirTarget - 10 \log SF\_DPCCH + CPO - RSCP\_PCPICH \quad (dBm)}$$

Donde:

RSCP\_PCPICH es la Potencia de Código de la Señal Recibida (RSCP) de un código medido en el PCPICH. El punto de referencia para la RSCP es el conector de la antena en el UE. El parámetro *PrimaryCpichPower* es la potencia máxima permitida para el PCPICH. Es un parámetro configurable. RTWP es la potencia de banda ancha recibida, la potencia recibida de banda ancha en el UL dentro del canal de soporte de banda ancha de la RAN WCDMA en un punto de acceso de la RAN WCDMA. El punto de referencia para las mediciones de la RTWP es el conector de antena. *UlnitSirTarget* es el valor inicial para el valor de la SIR objetivo del UL que se define para cada servicio. Es un parámetro configurable. SF\_DPCCH es el factor de expansión para el DPCCH. CPO es un parámetro constante para establecer el desplazamiento a un nivel conservador de energía DPCCH en el UL.

Los términos *primaryCpichPower*, RTWP, *ulnitSirTarget*,  $10 \log (SF\_DPCCH)$  y CPO se combinan para formar DPCCH\_POWER\_OFFSET. Este valor se incluye en el mensaje de establecimiento de conexión RRC enviado al UE en el FACH. El UE tiene que medir la potencia de Código de la señal recibida del PCPICH (RSCP\_PCPICH) para completar la fórmula y se iniciará la transmisión cuando este sincronizado con el DPCCH de enlace descendente. El rango y valores por defecto para todos los parámetros involucrados son según (Ericsson, 2011b):

❖ *ulnitSirTarget*:

1. Portador de Radio de Señalización (SRB: *Signaling Radio Bearer*) =5.7dB.
2. Para RABs teniendo SF=4=9.2dB.
3. Para RABs teniendo SF=16 ó 8=8.2dB.
4. Para RABs teniendo SF=32= 4.9dB.

❖ *primaryCpichpower* = -100 a 500 en pasos de 0.1dB. Por defecto 300(30dBm).

❖ cPO = -30 a 30 en pasos de 0.5dB. Por defecto 0(0dB).

La estructura física del DPDCH y DPCCH en el UL en la Figura 3.6 se muestra.

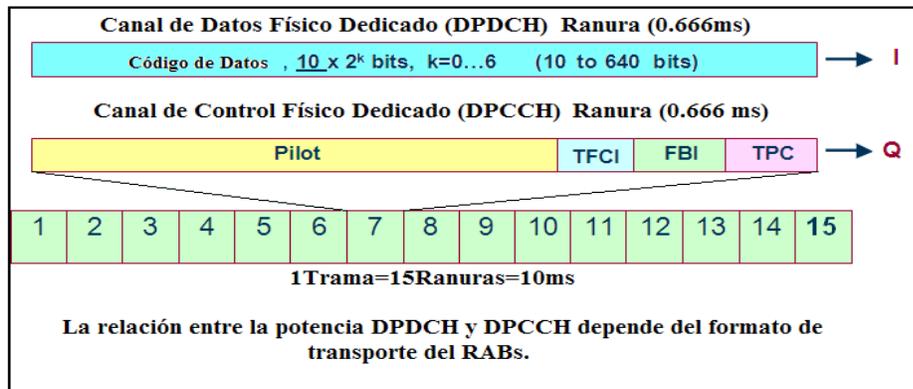


Figura 3.6 Estructura Física del DPCCH y DPDCH en el UL.

Dado que el DPDCH y DPCCH están en diferentes ramas del modulador, la potencia asignada a cada uno puede ser diferente. La relación entre estas potencias depende del formato de transporte del Portador de Radio (RB). Para configurar esta relación de potencia en el UE se envía el factor de ganancia de cada uno. De la forma en que éstos se utilizan y sus rangos de valores aparecen en (Ericsson, 2011b).

El algoritmo de Control de Potencia de Lazo Interno de la RBS estima la SIR de los bits piloto del DPCCH en el UL y lo compara con una SIR objetivo definida. Luego se emitirá un aumento o disminución en dependencia de que si la SIR estimada está por encima o por debajo del objetivo. Al hacer esto Control de Potencia de Lazo Abierto se ha completado y la conexión está bajo el Control de los Lazos Internos y Externos.

### 3.4 Control de Potencia de Lazo Interno

El Control de Potencia de Lazo Interno trabaja para mantener la SIR objetivo configurada por el operador o solicitada por el Control de potencia de Lazo Externo (3GPP, 1999a). De este modo, se reduce la interferencia en el UL y el consumo de potencia es reducido al mínimo tanto en el UL como en el DL.

#### 3.4.1 Control de Potencia de Lazo Interno en UL

La función del Control de Potencia de Lazo Interno en UL, situado en la RBS, es controlar la potencia de transmisión de los canales físicos dedicados (DPCCH, y sus correspondientes DPDCH), con el fin de mantener la SIR de estos canales en un objetivo determinado. La potencia de transmisión del UL se controla mediante el envío de

comandos de Control de Potencia de Transmisión (TPC) al UE en el DPCCH del DL. Una orden de TPC indica que un UE debe aumentar o disminuir la potencia de transmisión. Las órdenes de TPC se basan en la SIR objetivo recibida en el UL del Control de Potencia de Lazo Exterior, y en una SIR estimada de los bits piloto del Conjunto de Enlaces de Radio (SIR\_UL\_RLS). Si la SIR estimada es mayor (o menor) que la SIR objetivo, la RBS envía una orden TPC que indica una solicitud para disminuir (o aumentar) la potencia de transmisión del UE, como se muestra en la Figura 2.7 del Anexo II.

Cuando el UE está en Soft Handover recibe (posiblemente diferentes) órdenes TPC de todas las celdas en su conjunto activo. Después de la recepción, todos estos comandos se combinan, produciendo un solo comando combinado TPC que indican al UE aumentar o disminuir la potencia de transmisión de los DPCCH y DPDCH asociados. El algoritmo de Control de Potencia de Lazo Interno del UL controla la potencia del DPCCH y su DPDCH asociado simultáneamente, aumentando o disminuyendo la potencia en pasos de 1 dB en cada ranura. El mismo ajuste se aplica tanto al DPCCH como al DPDCH. En las celdas de servicio, se estima la SIR del conjunto de enlace de radio del UL (SIR\_UL\_RLS) en el DPCCH.

El Control de Potencia de Lazo Interno en el UL determina el comando TPC, "Aumentar (*up*)" o "disminuir (*down*)", basado en la relación entre SIR\_UL\_RLS y SIR\_TARGET en cada conjunto de enlace de radio, a la salida del el RNC en lazo externo del UL, de acuerdo a:

$$SIR\_UL\_RSL \geq SIR\_TARGET \Rightarrow \text{Comando TCP} = \text{"down"}$$

$$SIR\_UL\_RSL < SIR\_TARGET \Rightarrow \text{Comando TCP} = \text{"up"}$$

El comando TPC se envía a los algoritmos de control de potencia de UL en el UE, y la potencia del DPCCH / DPDCH en el UL se aumenta o disminuye sobre la base del comando TPC que serán de 1 para aumentar y -1 para disminuir (Mamun et al., 2009, Ericsson, 2011b, 3GPP, Jun. 2001, Gállego et al., 2002).

### 3.4.2 Control de Potencia en modo comprimido en el UL

En el modo comprimido, ciertos períodos de inactividad se crean en las tramas de radio de

manera que el UE puede llevar a cabo mediciones en otras frecuencias y otras Tecnologías de Acceso de Radio (RAT). Durante los períodos de inactividad el UE puede sintonizar temporalmente a otras frecuencias, como por ejemplo un teléfono GSM, y realizar mediciones en las frecuencias. El Modo comprimido es provocado por otras funciones como el Handover Inter-RAT. Para soportar Handover Inter-RAT e Intra-frecuencias, es usado el modo comprimido de tramas con un espacio vacío de 7 ranuras después de las primeras 4 ranuras (Ericsson, 2011b).

El momento de estas tramas comprimidas depende de las mediciones hechas por el UE. Tres modelos simultáneos son seguidos por las mediciones Inter-RAT:

- ❖ Modelo 1: La trama comprimida se producirá cada 12 tramas y es utilizada por el UE para medir el Indicador de Intensidad de la Señal Recibida (RSSI) de la RBS GSM.
- ❖ Modelo 2: La trama comprimida se producirá cada 8 tramas y se utiliza para identificar la Código de Identificación de la Estación Base (BSIC).
- ❖ Modelo 3: La trama comprimida también se producirá cada 8 tramas y se utiliza para reconfirmar el BSIC.

El propósito del control de potencia en el modo comprimido en el UL es recuperar lo más rápido posible una SIR cerca de la SIR objetivo después de cada espacio intermedio de transmisión, con el fin de evitar errores de bloque durante y después de las tramas comprimida. Para lograr esto, un aumento de la SIR objetivo se aplica en el Control de Potencia de Lazo Interno en el UL. Los espacios vacíos requeridos para las mediciones se pueden obtener utilizando los siguientes métodos (Ericsson, 2011b):

- ❖ Programación de Capa Superior (HLS):

En principio, este enfoque se utiliza en tiempo no real (NRT), solamente para servicios. El UE no debe recibir información en determinadas ranuras, porque las capas superiores no programan ningún dato para ser transmitidos en estas ranuras.

- ❖ Factor de Dispersión Inferior ( $SF / 2$ ):

Durante el modo comprimido, el factor de ensanchamiento puede ser reducido por 2 durante una trama de radio para permitir la transmisión de los bits de información en las restantes ranuras de tiempo de una trama comprimida y aumentar la velocidad de datos mediante el cambio del Factor de Ensanchamiento. Las celdas (celdas que funcionan en el

conjunto activo) estiman la  $SIR_{UL\_RLS}$  recibida en el DPCCH del UL. Las celdas de servicio generan órdenes o comandos TPC y transmiten los comandos una vez por ranura, excepto durante los intervalos de transmisión del DL de acuerdo con la siguiente regla (Ericsson, 2011b, Mamun et al., 2009, 3GPP, Jun. 2001):

Si la  $SIR_{UL\_RLS} \geq SIR_{cm\_target}$  el comando TPC a transmitir es "disminuir".

Si la  $SIR_{UL\_RLS} < SIR_{cm\_target}$  el comando TPC a transmitir es "aumentar".

$SIR_{cm\_target}$  es la SIR objetivo durante el modo comprimido y está dada por la fórmula siguiente:

$SIR_{cm\_target} = SIR_{TARGET} + 1dB$  En la trama donde comienza el espacio vacío.

$SIR_{cm\_target} = SIR_{TARGET} + 0.5dB$  En la trama después del espacio vacío

(Ver Figura 2.8 del Anexo II).

Las tramas DPCCH comprimidas y sin comprimir en el UL pueden tener diferentes números de bits pilotos por ranura. Un cambio en la potencia de transmisión del DPCCH en el UL es necesario con el fin de compensar el cambio en la potencia piloto total. Por lo tanto, en el inicio de cada ranura en el UE se deriva el valor de una potencia offset ( $\Delta_{PILOT}$ ). Si el número de bits piloto por ranura en el DPCCH del UL es diferente de su valor en la ranura transmitida más recientemente,  $\Delta_{PILOT}$  (en dB) es dada por:

$$\Delta_{PILOT} = \log(N_{pilot,prev}/N_{pilot,curr})$$

Donde:

$N_{pilot, prev}$  es el número de bits piloto en la ranura transmitida más recientemente, y  $N_{pilot, Curr}$  es el número de bits piloto en la ranura actual.

De lo contrario, incluso durante los espacios de transmisión en el DL,  $\Delta_{PILOT}$  es 0.  $\Delta_{PILOT}$  tendrá un valor positivo (+X) cuando el número de bits piloto se reduce en el comienzo de la trama que contiene el espacio de transmisión y tendrá un valor negativo cuando el número aumenta en la siguiente trama (Ericsson, 2011b).

En cada ranura durante el modo comprimido, el UE ajusta la potencia de transmisión en el DPCCH de UL con un paso de  $\Delta_{DPCCH}$  (en dB) (Gállego et al., 2002, Ericsson, 2011b) que viene dada por:

$$\Delta_{DPCH} = TPC \times TPC\_cmd + \Delta_{PILOT}$$

Donde:

TPC es 2 dB para las siete ranuras después de que el espacio intermedio de transmisión, conocidos como el período recuperación y de 1 dB para todas las demás.

### 3.4.3 Ajuste de la Potencia inicial en el Handover inter frecuencias y el Hard Handover en el núcleo de red

El ajuste de la potencia inicial en el DPCH / DPDCH del DL con el Handover Inter-Frecuencia permite una fiable configuración del enlace de radio en la frecuencia objetivo y un impacto mínimo en las conexiones existentes.

El RNC calcula la potencia inicial del DL y transfiere el resultado a la RBS. El algoritmo de ajuste de potencia inicial en el DPDCH en el DL utiliza Factor de Ensanchamiento, midiendo  $E_c / N_o$  y transmitiendo potencia en el PCPICH para la celda en la frecuencia de destino, y los requisitos de servicio como entrada en el cálculo potencia en el DL para el DPDCH (Ericsson, 2011b).

$$P_{DL\_DPDCH} = primaryCpichPower + (dlInitSirTarget - Ec/No\_PCPICH) + CNbifho + 10 \log (2/SF\_DL\_DPDCH)$$

Donde:

- ❖ *primaryCpichPower* es la potencia de salida de DL utilizada para el PCPICH en las frecuencias objetivo de las celdas.
- ❖  $E_c / N_o\_PCPICH$  es la medición de  $E_c/N_o$  en el PCPICH en la frecuencia objetivo de la celda recibida en el UE. Si el  $E_c/N_o\_PCPICH$  no está disponible, el parámetro configurable *ecNoPcpichDefault* se utiliza para el cálculo de potencia en el DL.
- ❖ *dlInitSirTarget* es la inicial SIR objetivo requerida para el DPDCH del DL.  
SF\_DL\_DPDCH es el factor de expansión para el DPDCH del DL.
- ❖ *cNbifho* es un factor de corrección que toman en cuenta los márgenes del Handover Inter-Frecuencia.

El parámetro  $cNbifho$  se puede utilizar para establecer la potencia inicial en el DPDCH del DL en el punto conservador a fin de tener en cuenta el margen del Handover Inter-Frecuencia no-ciego (*Non-blind Inter-Frequency Handover*). El rendimiento de Handover Inter-Frecuencia puede ser mejorado mediante el aumento del valor de  $cNbifho$ . La potencia inicial del DPCCH en el DL se relaciona con la potencia inicial del DPDCH, por medio de una serie de desplazamientos como se discutió previamente.

#### 3.4.4 Control de Potencia de Lazo Interno en el DL

El propósito del control de potencia de lazo interno en el DL es reducir al mínimo la potencia necesaria para cada conexión y así aumentar la capacidad. El UE estima la SIR de los símbolos piloto y lo compara con la  $SIR\_TARGET$ , con la cual comienza como la SIR objetivo inicial para el RAB ( $dllInitSirTarget$ ), pero más tarde es cambiada por el Control de Potencia de Lazo Externo.

Si  $SIR_{estimada} \geq SIR\_TARGET$  → el UE enviará TPC Comando = bajar para la RBS.

Si  $SIR_{estimada} < SIR\_TARGET$  → el UE enviará TPC Comando = Subir para la RBS.

Tan pronto como el RBS recibe comandos de control de potencia (bits TPC), se inicia la regulación de la potencia en el DL del enlace de radio de acuerdo con estos comandos, aumentando o disminuyendo la potencia por  $\Delta_{TPC}$  igual a 0,5 dB (1,0 dB si el enlace es establecido sobre Iur). La RBS derivara la potencia para cada ranura (Ericsson, 2011b, 3GPP, Jun. 2001, Laiho et al., 2006) de la fórmula que a continuación se muestra:

$$\text{Potencia de la Ranura Presente } P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) \text{ dBm}$$

Donde:

$P(k-1)$  es la potencia de la ranura anterior.  $P_{TPC}(k)$  es +0,5 dB para un comando TPC hacia arriba y -0,5 dB para un comando TPC hacia abajo. Tenga en cuenta que  $P_{TPC}(k)$  es 1 dB si la conexión se origina sobre Iur.

#### 3.4.5 Balance de Potencia en el DL

Cuando se utiliza Control de Potencia de Lazo Externo o Interno en el DL durante el Soft Handover, la potencia en el DL de los enlaces de radio involucrados es coordinada por el

comienzo del enlace de radio en el nivel de potencia correcto y luego mediante la recepción del único comando TPC enviado por el UE. Sin embargo, los comandos TPC recibidos en diferentes RBS se ven afectados por diferentes errores, por lo que la potencia de salida en el DL de los diferentes enlaces de radio comienza a desplazarse de forma descoordinada entre las RBS.

La medida de la deriva de potencia en el DL se puede reducir a través de los procedimientos de balance de potencia. El operador puede activar este algoritmo mediante el establecimiento del parámetro *dlPcMethod* igual a 3 (Balance). Este algoritmo se utiliza sólo cuando una conexión está en Soft Handover. Si *dlPcMethod* se establece en 2 (No Balance) sólo el control de potencia de lazo interior del DL se activa. Si *dlPcMethod* se establece en "1" (Fijo), el balance de Potencia DL y el Control de Potencia de Lazo Interior se apagan y si *dlPcMethod* se establece en 4 (Balance fijo), el balance de Potencia DL está encendido pero un valor fijo se utiliza como la potencia de referencia en el DL. El balance de potencia está configurado para funcionar en un ciclo de ocho tramas. En el principio del ciclo una potencia de referencia, que es el promedio de todas las potencias de los Radioenlaces (RL), es calculada. Durante las siguientes ocho tramas de la potencia de cada RL se ajusta de nuevo a este valor de referencia (Ericsson, 2011b).

#### **3.4.6 Control de Potencia en modo comprimido en el DL**

El objetivo del control de potencia en modo comprimido DL es recuperar tan rápido como sea posible una SIR cerca de la SIR objetivo después de cada espacio intermedio de transmisión, con el fin de evitar errores en los bloques durante y después de las tramas comprimidas. Para lograr esto, se aplica un aumento de potencia en el control de potencia del DL y un aumento de la SIR objetivo también se aplica en el algoritmo de control de potencia del DL en el UE por la señalización CRR. En tramas comprimidas, la transmisión de los DPDCH y DPCCH en el DL es detenida durante los intervalos de transmisión. La potencia del DPCCH y DPDCH en la primera ranura después de que el espacio de transmisión se establece con el mismo valor que la ranura justo antes del espacio intermedio de transmisión. En cada ranura durante el modo comprimido, excepto durante la transmisión de espacios vacíos en el DL, la RAN WCDMA estima el comando TPC y ajusta la actual potencia en el DL  $P(k-1)$  [dB] a una nueva potencia  $P(k)$  [dB], de acuerdo

con la siguiente fórmula (Ericsson, 2011b):

$$P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) + P_{SIR}(k) + P_{bal}(k) \text{ dBm}$$

Donde:

$P(k-1)$  es la potencia de enlace descendente actual.

$P_{TPC}(k)$  es la variación de la potencia debido al Control de Potencia de Lazo Interno. Si la RBS recibió un comando TPC aumentar potencia del UE será  $+\Delta_{TPC}$  y  $-\Delta_{TPC}$  si el comando es disminuir potencia.  $\Delta_{TPC}$  es normalmente 0,5 dB, pero se cambia a 1 dB durante la ranura 7, después de recuperar un período de espacios intermedios de la transmisión.

$P_{SIR}(k)$  es un desplazamiento debido a la diferencia de la SIR objetivo en el UL durante el modo comprimido. Con valores por defecto de 4 dB en tramas en modo comprimido antes de la transmisión intermedia y 3,5 dB en el período de recuperación después de ranura siete en la transmisión intermedia.

$P_{bal}(k)$  es una corrección de acuerdo con el procedimiento de control de potencia del DL para el equilibrio de potencias de enlace de radio hacia una potencia de referencia, como fue anteriormente explicado. Para todas las ranuras de tiempo, excepto las de espacios de transmisión, el máximo DPDCH permitido que la potencia de la RB se incrementa por el valor correspondiente del  $P_{SIR}$ .

### 3.5 Control de Potencia de Lazo Externo

Sólo el algoritmo de Control de Potencia de Lazo Externo en el UL será tratado en este capítulo ya que este se lleva a cabo por el RNC y el Lazo Externo de DL se lleva a cabo por el UE. Por lo tanto en el UE un algoritmo similar se llevara a cabo para mantener la BLER requerida para la DL. Este algoritmo del DL puede estar influenciado por la configuración del parámetro *blerQualitytargetDl*. La función de Control de Potencia de Lazo Externo del UL, situado en el RNC, controla la calidad de la conexión de radio en términos de la BLER. Esto se hace mediante el ajuste del valor de la SIR objetivo para Control de Potencia de Lazo Interior del UL. El Control de Potencia de Lazo Externo del UL supervisa el bloque de transporte CRC después la combinación de diversidad en el RNC, y cambia la

SIR objetivo de acuerdo con el algoritmo de control de la SIR objetivo en el UL. Para el Control de Potencia de Lazo Exterior del UL, un algoritmo de esquema general se define y, por medio de la configuración de los parámetros dos algoritmos diferentes se pueden lograr, el Regulador por Salto y el Regulador Paso Constante. El Control de Potencia de Lazo Externo del UL puede cambiar la SIR objetivo en el rango (Ericsson, 2011b):

$$sirMín \leq SIR_{objetivo} \leq sirMáx$$

Donde:

*sirMín* es un parámetro que se puede ajustar entre -82 y 173 en pasos de 0,1 dB: Por defecto = 82 (-8.2dB).

*sirMáx* es un parámetro que se puede ajustar entre -82 y 173 en pasos de 0,1 dB: default = 173 (17.3dB).

EL Control de Potencia de Lazo Exterior del UL puede ser configurado para ser el Regulador por Salto o bien el Regulador de Paso Constante ajustando el parámetro *ulOuterLoopRegulator*.

Si *ulOuterLoopRegulator* = 0 (Regulador de Paso Constante).

Si *ulOuterLoopRegulator* = 1 (Regulador por Salto).

En el Anexo III se muestran todos los parámetros de configuración en el control de potencia en WCDMA.

### 3.5.1 Regulador por Salto del Lazo Externo

Con *ulOuterLoopRegulator* se establece en su valor por defecto (1 = Regulador por Salto), la nueva SIR objetivo para el Control de Potencia del Lazo Interno del UL se obtiene con la fórmula:

$$SIR_{TARGET} = SIR_{target} + ulSirStep \left[ \frac{-X}{Z \times UPDOWNSTEPRATIO} + Y/Z \right]$$

Los parámetros asociados con esta fórmula y sus valores por defecto son:

$$\diamond UPDOWNSTEPRATIO = (1/blerQualityTargetUL \times 0.5) - 1$$

Donde  $blerQualityTargetUL = -63$  a  $0$ : Por Defecto es  $-2$  con  $BLER=10^{-2}$  ó  $0.01$ .

$UPDOWNSTEP RATIO = 199$

- ❖  $sirMin \leq SIRTARGET \leq sirMax$ , donde  $sirMin = -82$  a  $173$  en pasos de  $0.1$  dB, por defecto  $-82$  ( $8.2$ dB).  $sirMax = -82$  a  $173$  en pasos de  $0.1$  dB, por defecto  $173$  ( $17.3$ dBm)
- ❖  $ulSirStep = 0$  a  $50$  en pasos de  $0.1$ Db. Por defecto  $= 10$  ( $1$ dB)
- ❖ X: Número de bloque de transporte que tiene el CRC OK (Correcto).
- ❖ Z: Número total de bloques de Transportes recibidos.
- ❖ Y: Número de Bloques de transportes que tiene el CRC NG (No Garantizado).

Con todos los parámetros establecidos por defecto en el ejemplo de la Figura 2.9 del Anexo II se muestra cómo el Regulador por Salto del Lazo exterior operaría un RAB Conversacional que tiene una primera SIR objetivo de  $4,9$  dB en el UL (Ericsson, 2011b). Donde se puede observar que cuando se recibe un CRC (CRC = NG) el objetivo se incrementa en  $1$  dB hasta  $5,9$  dB, de acuerdo con el cálculo siguiente:

$$SIRtarget = 4.9 + 1 \left[ \frac{-0}{(1 \times 199)} + \frac{1}{1} \right] dB = 5.9 dB$$

En el ejemplo siguiente el CRC recibido es correcto (CRC = OK) y la SIR objetivo cae a  $5,895$  dB de acuerdo con el cálculo siguiente:

$$SIRtarget = 5.9 + 1 \left[ \frac{-1}{(1 \times 199)} + \frac{0}{1} \right] dB = 5.895 dB$$

A partir de este momento, la SIR objetivo sigue bajando por esta cantidad hasta que otro CRC = NG se recibe. Si el RAB tiene más de un CRC durante el Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI), éstos serán tratados como simultáneos. El mismo proceso se puede utilizar si el UE está en Soft Handover, donde el RNC será el que reciba simultáneamente CRC desde cada RBS involucrada. Los pasos muy pequeños en la SIR objetivo no son prácticos, ya que podrían ocasionar excesiva carga de señalización Iub (Ericsson, 2011b). Por esta razón, el RNC sólo actualizará la SIR en el UL de la RBS con la granularidad de  $0,1$  dB como se ilustra en la Figura 2.10 en Anexo II. Donde tras el cambio objetivo de  $5.900$  dB la próxima actualización de la SIR objetivo en el UL no es hasta que  $5.8$  se ha calculado.

### 3.5.2 Rasgo Anticlausura (*anti-windup*) del Lazo Externo

La característica anti-windup está incluida en el algoritmo de Control de Potencia de Lazo Externo del UL. Esta característica asegura que la SIR objetivo no se cambie si la medición de SIR\_UL\_RLS se desvía demasiado lejos de la actual SIR objetivo, porque esto podría dar lugar a la utilización de una SIR objetivo demasiado alta o demasiado baja. Si la diferencia entre la SIR estimada por Control de Potencia de Lazo Interno en el UL (SIR\_UL\_RLS) y la SIR objetivo (SIR\_TARGET), conocido como SIR\_ERROR, durante un período de 60 ms, es igual o superior a 2 dB, la RBS enviará un mensaje al SRNC para suspender el algoritmo de Control de Potencia de Lazo Exterior del UL (Ericsson, 2011b).

### 3.5.3 Regulador Paso Constante del Lazo Externo

Si el parámetro *ulOuterLoopRegulator* se establece en 0 el Regulador Lazo Externo seguirá el algoritmo de paso constante. Esta vez, la SIR objetivo se incrementará en *ulSirStep* cuando es detectado CRC = NG y se decrementará en *ulSirStep* cuando N bloques consecutivos de CRC OK son recibido. El número de bloques consecutivos CRC=NG para un paso hacia abajo está dado por la siguiente fórmula:

$$N = 1 / (1.5 \times blerQualityTargetUl)(0,5)$$

Con el valor por defecto para *blerQualityTargetUl* de 0,01 se convierte en:

$$N = 1 / (1.5 \times 0.01)(0,5) = 1 / 0.0075 = 133$$

La acción del regulador de paso constante en la Figura 3.7 se ilustra.

Este ejemplo muestra la SIR objetivo aumentado en *ulSirStep* cuando un CRC = NG se recibe y no se vuelve a bajar hasta que 133 tramas consecutivas han sido recibidas con CRC = OK. Luego otra trama con CRC = NG se recibe y el objetivo se levanta otra vez.

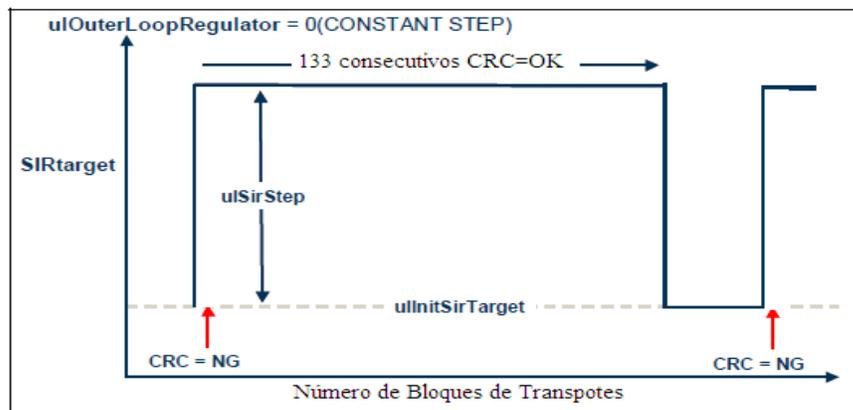


Figura 3.7 Regulador de Paso Constante.

### 3.5.4 Ahorro de Potencia en la RAN

El Ahorro de Energía en la RAN (RPS: *RAN Power Save*) permite la reducción del consumo de potencia en RBS de la RAN WCDMA mediante el bloqueo de las celdas durante períodos sin o con poco tráfico. Los períodos durante los cuales las celdas se bloquean son totalmente controlados por el operador de los medios de programación. Esta función de " El Ahorro de energía de la RAN " ayuda a los operadores a ahorrar energía mediante el bloqueo de celdas durante los períodos de bajo tráfico previstos (Ericsson, 2011b). La característica está diseñada para ser aplicado en las celdas individuales y las celdas en áreas con poco tráfico durante períodos de tiempos específicos, por ejemplo:

- ❖ Las celdas de puntos calientes o celdas de racimo con un soporte WCDMA adicional donde las celdas superpuestas restantes tienen suficiente capacidad.

Las celdas que cubren, por ejemplo, áreas de fábricas, centros comerciales, oficinas ambientes, salas de exposiciones, hipódromos, etc. En las que es suficiente cubrir con GSM solamente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con la culminación de esta investigación se puede arribar a las siguientes conclusiones

1. Se confeccionó un documento donde se explican las características de la tecnología WCDMA y el proceso de gestión del control de potencia sobre la base de datos reales y prácticos utilizados en la actualidad por fabricantes como Ericsson, destacando la importancia del Control de la potencia.
2. Se logró una coherencia de los textos consultados siguiendo una secuencia Bibliográfica facilitando así la comprensión de la gestión del recurso Control de Potencia.
3. Se desarrolló una descripción detallada de los algoritmos de Control de Potencia según Ericsson así como los procedimientos en cada caso.
4. El presente trabajo de diploma facilitará la comprensión y búsqueda de información sobre el tema desarrollado, el cual podrá ser utilizado por ingenieros y especialistas de nuestro país como medio de capacitación.
5. Se hizo una revisión bibliográfica consultando autores diferentes de Ericsson y se concluyó que los algoritmos que describen estos autores, como por ejemplo ZTE, siguen la misma filosofía que los planteados por Ericsson salvo que cambian los nombres de los algoritmos y algunas características propias del fabricante.
6. La revisión de la bibliografía arrojó que en la actualidad se han realizado varios trabajos investigativos sobre el tema de los algoritmos del control de potencia donde

se han propuesto mejoras a los algoritmos existentes, pero estas solo se ha quedado en intentos y no se han hecho desarrollos prácticos de estas propuestas.

### **Recomendaciones**

Se considera que las siguientes recomendaciones pueden ser de utilidad para enriquecer el estudio realizado y los resultados obtenidos en posteriores investigaciones:

1. Integrar en un diagrama de flujo el Control de Potencia y sus algoritmos de gestión para facilitar la comprensión del tema.
2. Llevar estos procesos a una forma más didáctica y más simplificada para poder ser utilizado como material de apoyo para aquellos que quieren incursionar en la tecnología WCDMA.
3. Investigar otros métodos de Control de Potencia dado por otros fabricantes distintos de Ericsson, que fue el utilizado en este trabajo de diploma.
4. Realizar posteriormente simulaciones con fines académicos que permitan observar el comportamiento de los algoritmos de gestión del control de potencia.
5. Dado el aporte académico del documento se propone incluirlo en el plan de estudios de la carrera Telecomunicaciones y Electrónica, como parte de la asignatura Comunicaciones Móviles; y en cursos de capacitación del personal de ETECSA o cursos de postgrado.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 3GPP 1999a. Technical Specification 25.214, Physical layer procedures (FDD),Tech. Rep.
- 3GPP. 1999b. UMTS Phase 1.Release 99.
- 3GPP 2005-12. Technical Specification 25.211, Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD),v5.8.0.
- 3GPP 2011-12. Technical Specification 25.215, Radio Resource Control (RRC);Protocol Specification(Release 6),V3.13.0
- 3GPP. January 2002. Technical Specification 23.002, Network Architecture, Version 5.5.0.
- 3GPP Jun. 2001. Technical Specification 25.211,“Physical layer procedures (FDD) (Release 4)”, v4.1.0 (2001-06).
- ALGHAMRI, M. K. H. 2003. *Planificación de sistemas UMTS mediante sistemas de información geográfica* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- ALI, K. A. A. 2009. *Directional Cell Breathing - A Framework for Congestion Control and Load Balancing in Broadband Wireless Networks*. Tesis Doctoral, Queen’s University Kingston.
- ALI, T. & SIDDIQUA, P. 2011. Power Control in CDMA/WCDMA Systems using Neural Network-based Noise-Suppression Technique. *Int. J Comp Sci. Emerging Tech*, 2, 480-483.
- BRAITHWAITE, C. & SCOTT, M. 2004. UMTS Network Planning and Development Design and Implementation of the 3G CDMA Infrastructure. Elsevier Ltd.
- COX, C. 2008. Essentials of UMTS. New York: Cambridge University Press.
- ERICSSON 2001. Basic Concepts of WCDMA Radio Access Network. *White Paper*.
- ERICSSON 2006. GSM WCDMA Intersystem Handover. *In: 2006*, E. (ed.).
- ERICSSON 2011a. WCDMA Air Interface. *In: 2011*, E. A. (ed.).
- ERICSSON 2011b. WCDMA RAN W11 Functionality. Ericsson AB 2011.
- ERICSSON 2011c. WCDMA RAN W11 Protocols and Procedures. Ericsson AB 2011

- FLORIDO, J. A. P. 2005. *Power Control for WCDMA*. Universidad Politecnica de Catalunya.
- GÁLLEGO, J. R., VALDOVINOS, A., CANALES, M. & MINGO, J. D. 2002. Analisis of Closed Loop Power Control Modes in UTRA-FDD under time varying Multipath Channels.
- HAIDER, M. A. R., BHATTI, A. B. & KIRMANI, A. A. 2007. *Radio Resource Management in 3G UMTS Networks*. Blekinge Institute of Technology.
- HOLMA, H. & TOSKALA, A. 2000. WCDMA for UMTS. In: WILEY, J. & SONS (eds.).
- HOLMA, H. & TOSKALA, A. 2004. WCDMA For UMTS. *Radio Access for Third Generation Mobile Communications*  
Third Edition ed.: John Wiley & Sons Ltd.
- HOLMA, H. & TOSKALA, A. 2007. WCDMA For UMTS – HSPA Evolution and LTE. In: WILEY, J. & SONS (eds.). Great Britain.
- HOLMA, H. & TOSKALA, A. 2010. WCDMA for UMTS. 5ta Edición ed.: John Wiley Sons.
- KHANGURA, S. K., KAUR, K. & S., U. R. 2010. "Power Control Algorithms in Wireless Communication". *International Journal of Computer Applications*, 1, 975.
- LAIHO, J., WACKER, A. & NOVOSAD, T. 2006. Radio Network Planning and Optimisation for UMTS. Second Edition ed. England: John Wiley & Sons Ltd.
- LANER, M., SVOBODA, P. & RUPP, M. Year. Outer-Loop Power Control in a Live UMTS Network: Measurement, Analysis and Improvements. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing, ISCCSP 2010, 3-5 march 2010. IEEE, 1-5.
- LLORENTE, R. F. 2010. *Comunicaciones WCDMA por satélite*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Autónoma de Madrid.
- MAMUN, A. A., ISLAM, S., YESMIN, F., AKTER, M. & JAHAN, S. A. Year. Novel Adaptive Step Power Control Algorithm for 3G WCDMA Cellular System In: Proceedings of 2009 12th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT 2009) 2009 Bangladesh IEEE.
- MANDHARE, G. P. 2006. *Distributed Power Control Algorithms for WCDMA Cellular Systems*. Master, University Montreal.
- OJANPERA, T. & PRASAD, R. 2001. Wideband CDMA for third Generation Mobile Communication. In: PUBLISHERS, A. H. (ed.).
- POOLE, I. 2006. Cellular Communications Explained From Basics to 3G. First edition ed.: Elsevier Ltd.
- QUINTANA, F. Z. 2011. *Propuesta para la evolucion de los servicios móviles de Cuba* Tesis de Maestria, Universidad Central "Marta Abreu" De Las Villas.

- RAMÓN, M. C., MARTÍNEZ, V. B., ARIET, L. D. H. & RÁBANOS, J. M. H. 2002. Sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación IMT-2000 (UMTS)". Fundación Airtel Vodafone.
- SÁNCHEZ, A. G. B., RODRÍGUEZ, M. D. R. M. & GARCÍA, A. E. M. 2008. *Sistemas de telefonía móvil basados en el estándar WCDMA*. Instituto Politécnico Nacional.
- SOLANKI, S., TOMAR, S. & SONI, S. August 2012. Comparative Study of Various Power Control algorithms in WCDMA. *International Journal of Digital Application & Contemporary research*, 1, 1-3.
- TOMÁS, L. M. 2001. *Capacidad en Sistemas Celulares W-CDMA*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- TÜRKE, U. 2007. Efficient Methods for WCDMA Radio Network Planning and Optimization *In: HERZOG, O., GÖRG, C., SCHOLZ-REITER, B. & GLOTZBACH, U. (eds.)*. Die Deutsche Nationalbibliothek.
- ZEPEDA, L. 2007. 3ra Generación WCDMA / UMTS. *Redes Inalámbricas*. Chile.

## ANEXOS

### Anexo I Clases de servicios ofrecidos por UMTS

Tabla 1.1 Clasificación de las clases de servicios del UMTS

Clases "UMTS QoS"	Características	Ejemplo de aplicación
Conversacional	Necesidad de retardo temporal corto y fijo entre unidades de información.	Voz, video telefonía y video juegos.
Flujo continuo	Necesidad de retardo temporal fijo.	Multimedia de flujo continuo (TV, radio, etc.)
Interactivo	Integridad de los datos (sin errores) y de respuesta del usuario (respuesta temporal no muy alta).	Aplicaciones de navegación Web o juegos de red.
No crítico	Integridad de los datos sin respuesta inmediata del usuario.	Correo electrónico, mensajes cortos

Anexo II Algoritmos de Control de potencia

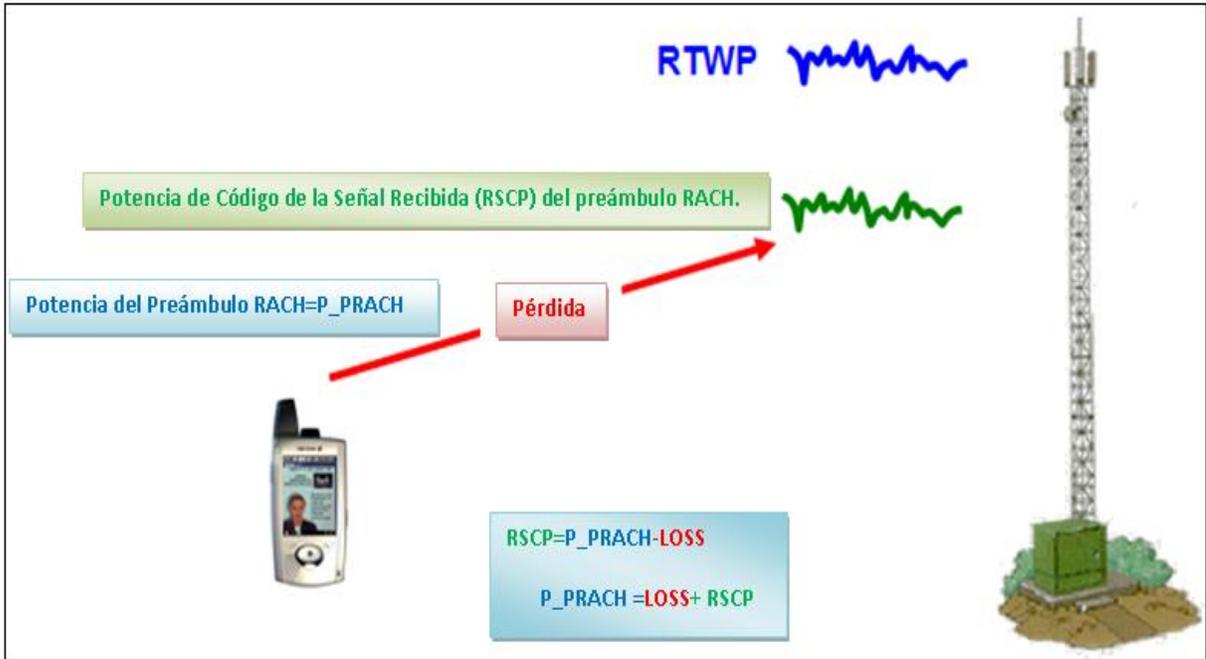


Figura 2.1 Ajuste del preámbulo de potencia RACH.

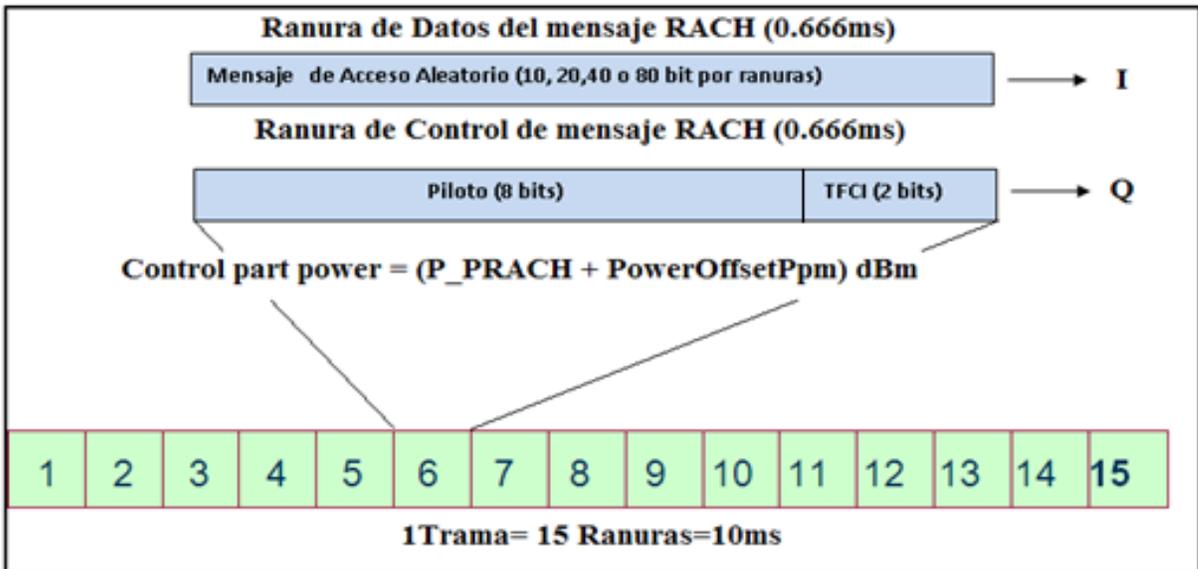


Figura 2.2 Canales físicos de Acceso Aleatorios.

Tabla 2.1 Parámetros de potencia del mensaje RACH.

Cuando el RACH es usado para acarreo CCCH o DCCH.				
Factor de Ganancia	Rango del parámetro	Rango	Por defecto	Potencia de la parte de Datos
Control (GFc)	BetaPrachControlTF0	0 al 15	11	(Control de Potencia + 2.7)dB
Datos (GFd)	BetaPrachDataTF0	0 al 15	15	

Tabla 2.2 Parámetros de potencia del mensaje RACH.

Cuando el RACH es usado para acarreo DTCH (RAB interactivo)				
Factor de Ganancia	Rango del parámetro	Rango	Por defecto	Potencia de la parte de Datos
Control (GFc)	BetaPrachControlTF1	0 al 15	10	(Control de Potencia + 3.5)dB
Datos (GFd)	BetaPrachDataTF1	0 al 15	15	

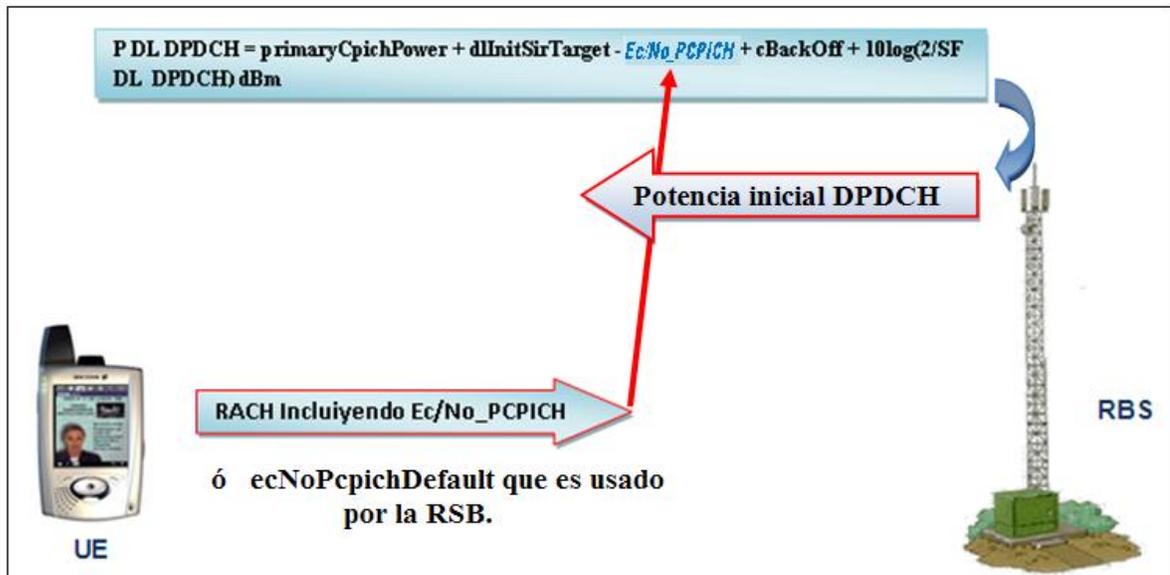


Figura 2.3 Ajuste de potencia inicial DPDCH en el DL.

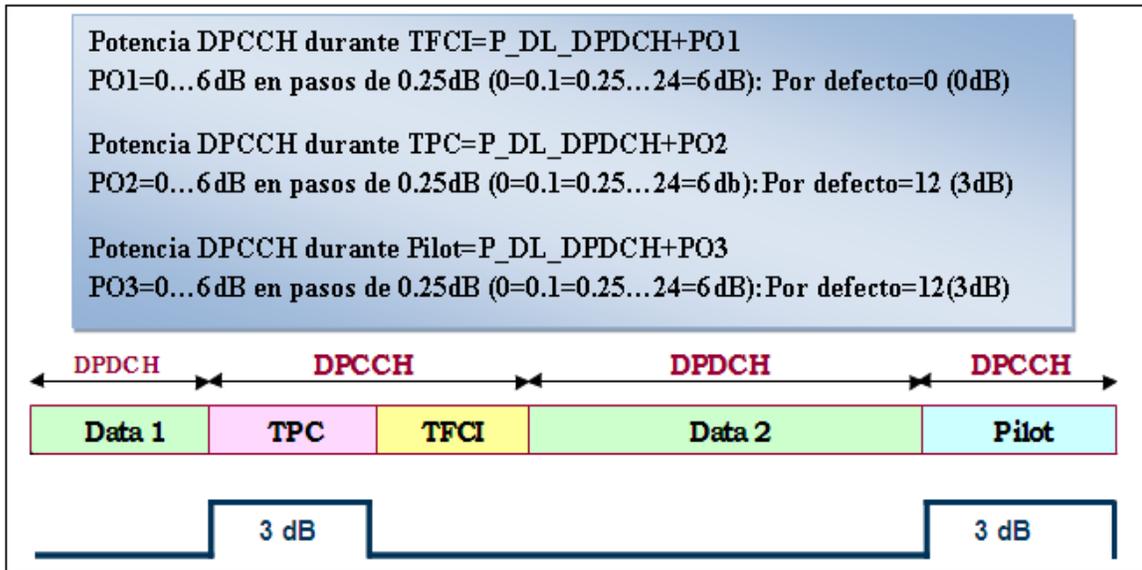


Figura 2.4 Potencia DPCCH en el DL.

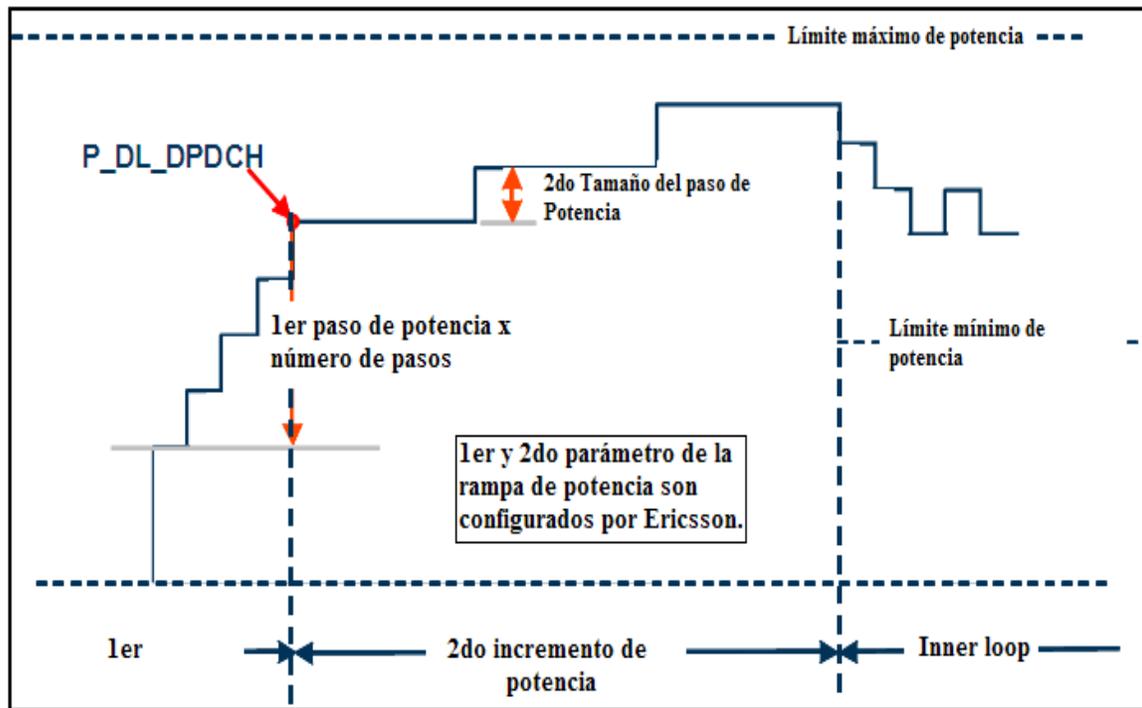


Figura 2.5 Rampa de potencia en el DL.

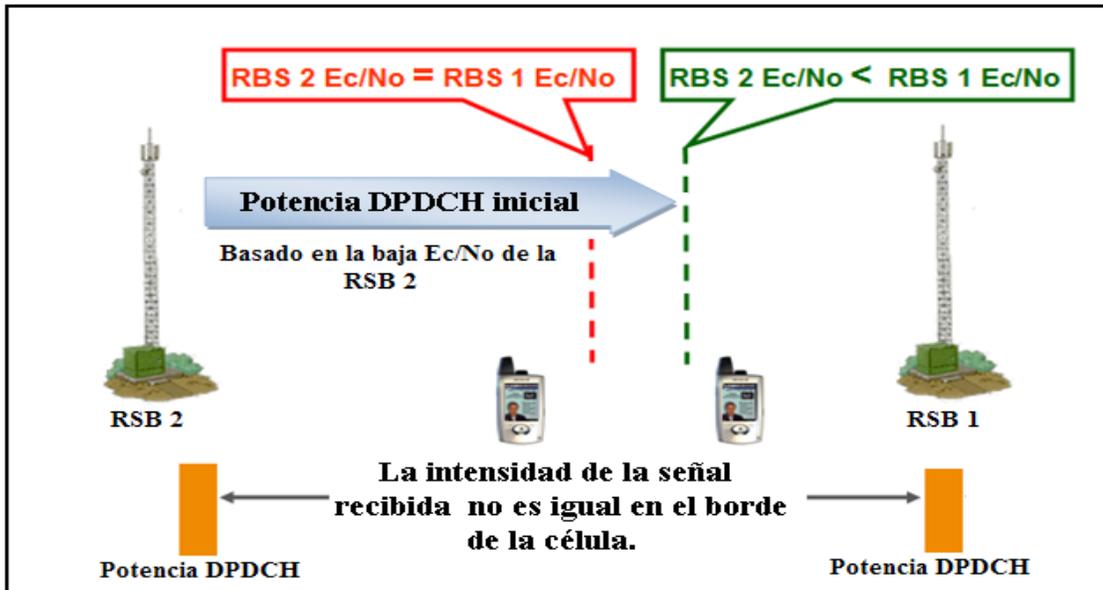


Figura 2.6 Potencia Inicial DPDCH/DPCCH en el Problema-Soft Handover.

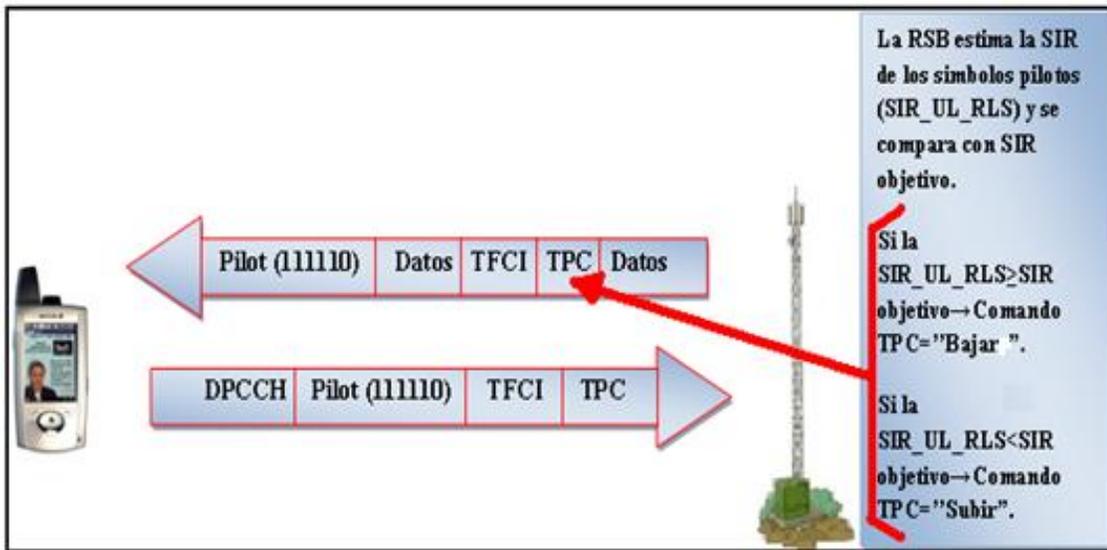


Figura 2.7 Control de Potencia de Lazo Interno en el UL.

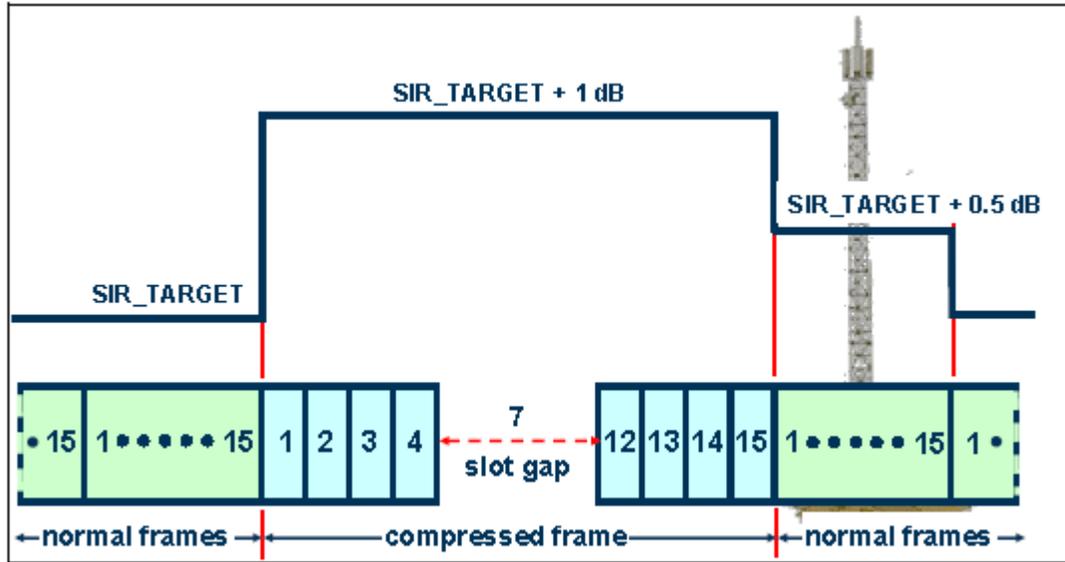


Figura 2.8 SIR\_TARGET del Control de Potencia de Lazo Interno del UL en Modo Comprimido.

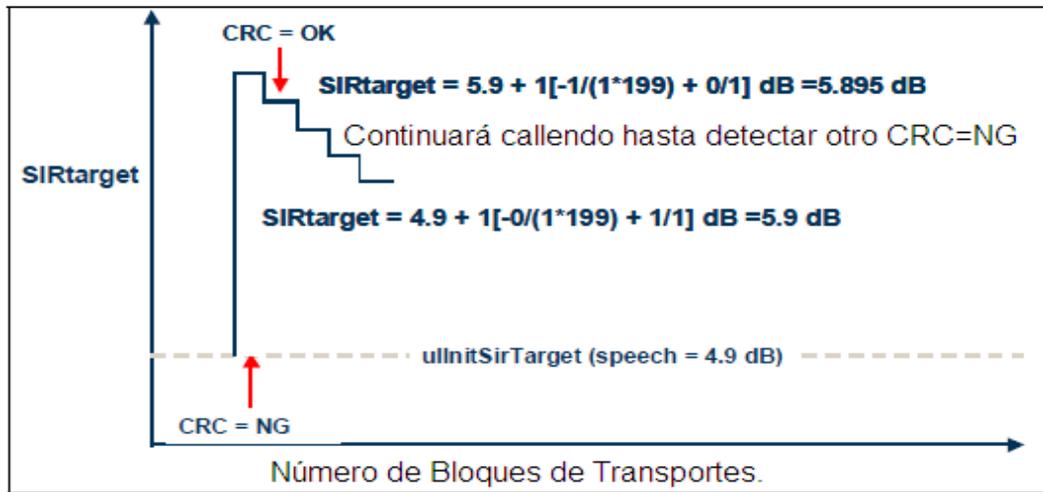


Figura 2.9 Ejemplo de Regulador por Salto.

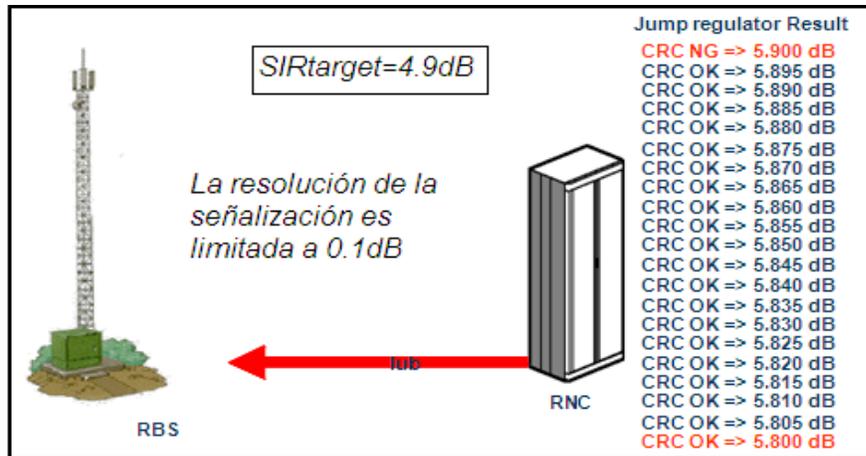


Figura 2.10 SIR objetivo de actualización del Lazo Externo.

## Anexo III Parámetros de configuración

Parameter Name	Default Value	Value Range	Resolution	Unit
<b>Cell Setup and Reconfiguration - Downlink</b>				
primaryCpichPower	300	-100..+500	1	0.1 dBm
	[30.0]	[-10.0..+50.0]	[0.1]	[dBm]
bchPower	-31	-350..+150	1	0.1 dB
	[-3.1]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
primarySchPower	-18	-350..+150	1	0.1 dB
	[-1.8]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
secondarySchPower	-35	-350..+150	1	0.1 dB
	[-3.5]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
<b>Common Transport Channel Setup and Reconfiguration - Downlink</b>				
aichPower	-6	-22..+5	1	dB
maxFach1Power	18	-350..+150	1	0.1 dB
	[1.8]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
maxFach2Power	15	-350..+150	1	0.1 dB
	[1.5]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
pchPower	-4	-350..+150	1	0.1 dB
	[-0.4]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
pichPower	-7	-10..+5	1	dB
pOffset1Fach	0	0..24	1	0.25 dB
	[0.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
pOffset3Fach	0	0..24	1	0.25 dB
	[0.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
michPowerOffset	-7	-10..+5	1	dB
mcchPowerOffset	-20	-350..+150	1	0.1 dB
	[-2.0]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
mcchPowerOffsetTfci	0	0..600	25	0.01 dB
	[0.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
mtch64PowerOffset	-40	-350..+150	1	0.1 dB
	[-4.0]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
mtch64PowerOffsetTfci	200	0..600	25	0.01 dB
	[2.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
mtch128PowerOffset	-10	-350..+150	1	0.1 dB
	[-1.0]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
mtch128PowerOffsetTfci	200	0..600	25	0.01 dB
	[2.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
mtch256PowerOffset	20	-350..+150	1	0.1 dB
	[2.0]	[-35.0..+15.0]	[0.1]	[dB]
mtch256PowerOffsetTfci	200	0..600	25	0.01 dB
	[2.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
<b>Common Transport Channel Setup and Reconfiguration - Uplink</b>				
constantValueCprach	-19	-35..-10	1	dB
maxPreambleCycle	4	1..32	1	number of cycles
powerOffsetP0	3	1..8	1	dB
powerOffsetPpm	-4	-5..+10	1	dB
preambleRetransMax	8	1..64	1	number of preambles

<b>Downlink Initial Power Setting</b>				
dlInitSirTarget	41	-82..+173	1	0.1 dB
	[4.1]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
cBackOff	0	-60..+60	1	0.25 dB
	[0.00]	[-15.00..+15.00]	[0.25]	[dB]
ecNoPcpichDefault	-16	-20..-10	1	dB
pO1	0	0..24	1	0.25 dB
	[0.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
pO2	12	0..24	1	0.25 dB
	[3.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
pO3	12	0..24	1	0.25 dB
	[3.00]	[0.00..6.00]	[0.25]	[dB]
cNbfho	10	-50..+150	5	0.1 dB
	[1.0]	[-5.0..+15.0]	[0.5]	[dB]
initShoPowerParam	-2	-20..+20	1	dB
<b>Power Balancing</b>				
dlPcMethod	BALANCING	FIXED, NO BALANCING, BALANCING, FIXED BALANCING	-	-
fixedPowerDI	65	1..101	1	-
	[-3.0]	[-35.0..+15.0]	[0.5]	[dB]
fixedRefPower	65	1..101	1	-
	[-3.0]	[-35.0..+15.0]	[0.5]	[dB]
<b>Uplink Initial Power Setting</b>				
cPO	0	-30..30	1	0.5 dB
	[0.0]	[-3.0..+3.0]	[0.5]	[dB]
pcpichPowerDefault	33	0..50	1	dBm
ulInitSirTargetSrb	57	-82..173	1	0.1 dB
	[5.7]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
ulInitSirTargetLow	49	-82..173	1	0.1 dB
	[4.9]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
ulInitSirTargetHigh	82	-82..173	1	0.1 dB
	[8.2]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
ulInitSirTargetExtraHigh	92	-82..173	1	0.1 dB
	[9.2]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
<b>Uplink Outer Loop Power Control</b>				
sirMax	100	-82..173	1	0.1 dB
	[10.0]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
sirMaxTti2	173	-82..173	1	0.1 dB
	[17.3]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
sirMin	-82	-82..173	1	0.1 dB
	[-8.2]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
ulOuterLoopRegulator	JUMP	CONSTANT STEP, JUMP	-	-
ulSirStep	10	0..50	1	0.1 dB
	[1.0]	[0..5.0]	[0.1]	[dB]
ulSirStepTti2	5	0..50	1	0.1 dB
	[0.5]	[0..5.0]	[0.1]	[dB]

<b>HS-DPCCH Power Control</b>				
deltaAck1	4	0-8	1	-
deltaAck2	8	0-8	1	-
deltaNack1	4	0-8	1	-
deltaNack2	8	0-8	1	-
deltaCqi1	4	0-8	1	-
deltaCqi2	8	0-8	1	-
initialCqiRepetitionFactor	1	1-4	1	-
initialAcknackRepetitionFactor	1	1-4	1	-
cqiFeedbackCycle	8	0-160	0,2,4,8,10,20,	ms
			40,80,160	
cqiErrors	10	0-100	0,1,2..15,20,	-
			25..100	
cqiErrorsAbsent	10	0-100	0,1,2..15,20,	-
			25..100	
<b>HS-SCCH Power Setting</b>				
hsScchMaxCodePower	-2	-35..+15	0.5	dB
hsScchMinCodePower	-15	-35..+15	0.5	dB
qualityCheckPower	0	-2..+6	1	dB
<b>Power control of existing and new dedicated channels</b>				
hardlfhoCorr	4	-5..+15	1	dB
<b>Power Control of Enhanced Uplink Associated Channels</b>				
maxUserEhichErgchPowerDI	-18.3	-35..+15	0.1	dB
maxUserEhichPowerDITi2	-12.3	-35..+15	0.1	dB
eHichMinCodePower	-22	-35..+15	0.1	dB
qualityCheckPowerEHich	0	-35..+15	0.1	dB
maxEagchPowerDI	-18.3	-35..+15	0.1	dB
maxEagchPowerDITi2	-12.3	-35..+15	0.1	dB
transmissionTargetError	1	1..50	0.1	%
transmissionTargetErrorTti2	1	1..50	0.1	%
ulInitSirTargetEdch	30	-82..173	1	0.1 dB
	[3.0]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]
ulInitSirTargetEdchTti2	30	-82..173	1	0.1 dB
	[3.0]	[-8.2..+17.3]	[0.1]	[dB]