

OPTIMIZACIÓN DE REDES 3G UTILIZANDO ALGORITMOS CONTROL DE ADMISIÓN DE LLAMADA (CAC) Y REORGANIZACIÓN DE CARGA (LDR)

3G-NETWORK OPTIMIZATION USING CALL-ADMISSION-CONTROL (CAC) AND LOAD-DISTRIBUTION (LDR) ALGORITHMS

ABSTRACT

This paper presents the behavior of two control algorithms, namely CAC and LDR. The study analyzes two network scenarios where the algorithms are utilized to improve the performance of a 3G network. The first scenario corresponds to a power-congestion case on the uplink. The second scenario provides an analysis of element-congestion levels over the CE channel on the uplink as well.

Key words: radio network controller (RNC), node B, high speed data packet access (HSDPA).

RESUMEN

Este artículo presenta el comportamiento de los algoritmos control de admisión de llamada CAC y reorganización de la carga LDR. Se analizan dos escenarios donde son utilizados para mejorar el rendimiento de la red 3G. En el primero de ellos se presenta un caso de congestión de potencia en el uplink y en el segundo se analiza el nivel de congestión de elementos de canal CE en el uplink.

Palabras claves: radio network controller (RNC), nodo B, high speed data packet access HSDPA.

Darío Fernando Romo Cabrera
Especialista en Telecomunicaciones móviles
Universidad Militar Nueva Granada
daromc@gmail.com
Bogotá, Colombia

Nancy Yaneth Gelvez García
Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Docente planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
nayag24@hotmail.com
Bogotá, Colombia

Jorge Salamanca Céspedes
Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Docente planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jsalamanca@udistrital.edu.co
Bogotá, Colombia

Tipo: Artículo de investigación

Fecha de Recepción: Febrero 18 de 2012

Fecha de Aceptación: Mayo 2 de 2012

1. INTRODUCCIÓN

El óptimo rendimiento de una red móvil de telecomunicaciones depende de las pruebas y ajustes que se realizan después de la instalación, esta etapa es conocida como optimización. El control de la carga y de los recursos en los nodos de las redes 3G es de gran importancia, ya que cambiando parámetros en los algoritmos adecuados se puede mejorar la percepción de la señal y la cobertura asegurando un QoS adecuado [1].

Algoritmos como LDR, CAC, entre otros, son una solución que se utiliza para optimizar redes de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA); estos permiten dar prioridad a usuarios, balancear carga en los nodos de la red y reservar recursos en los nodos.

El objetivo es presentar los algoritmos LDR, CAC y ver su aplicación en escenarios donde pueden ser utilizados para mejorar el rendimiento de una red 3G. Para ello se analiza el funcionamiento de cada uno de ellos y se analiza el comportamiento que presenta CAC en una celda que ha presentado congestión por potencia en el uplink y el LDR en una celda con congestión por elementos de canal (CE).

2. REDES WCDMA

Es una tecnología móvil inalámbrica de tercera generación que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA en lugar de TDMA (acceso múltiple por división de tiempo) y por ello ofrece velocidades de datos mucho más altas en dispositivos inalámbricos móviles y portátiles que las ofrecidas hasta el momento.

Soporta de manera satisfactoria una tasa transferencia de datos que va de 144 hasta 512 Kbps para áreas de cobertura amplias y éstos pueden llegar hasta los 2Mbps para mayor cobertura en áreas locales. En sistemas de WCDMA la interfaz aérea de CDMA se combina con las redes basadas en GSM [9]. El estándar

de WCDMA fue desarrollado como el proyecto de la sociedad de la tercera generación (3GPP) que apunta a asegurar interoperabilidad entre diversas redes 3G [10].

El estándar que ha surgido con este proyecto de la sociedad 3GPP se basa en el sistema móvil universal de la telecomunicación de ETSI (UMTS) [7] y se conoce comúnmente como acceso de radio terrestre de UMTS (UTRA). El esquema del acceso para UTRA es el acceso múltiple por división de códigos por espectro expandido en secuencia directa (DS-SS-SS). La información se extiende por una ventana de aproximadamente 5MHz y este ancho de banda amplio, es el que ocupa un canal wideband CDMA o WCDMA. En WCDMA, existen dos modos de operación:

- TDD: en este método bidireccional, las transmisiones del enlace ascendente y del descendente son transportadas en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo (slots de trama) de forma síncrona, así las ranuras en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.
- FDD: los enlaces de las transmisiones de subida (uplink) y de bajada (downlink) emplean dos bandas de frecuencia separadas para este método a dos caras. Un par de bandas de frecuencia con una separación especificada se asigna para cada enlace. Puesto que diversas regiones tienen múltiples esquemas de asignación de la frecuencia, la capacidad de funcionar en modo de FDD o TDD permite la utilización eficiente del espectro disponible [2].

2.1. Arquitectura de la red 3G

El objetivo principal de las redes WCDMA es proporcionar una conexión entre el terminal UE y la red principal [6]. La Fig. 1 muestra las interfaces de la red, la de aire Uu entre el móvil y el nodo B, la interfaz Iub que está entre el nodo B y la RNC y finalmente las que conectan al core network que son la Iu-ps y Iu-cs [13].

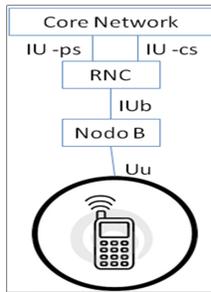


Fig. 1. Arquitectura de red UMTS [2].

WCDMA consiste de un número de elementos lógicos que tienen una función definida. Hay tres elementos principales [8]:

- UE: User equipment.
- UMTS: Terrestrial radio access network UTRAN.
- CN: Core network.

UTRAN tiene 2 componentes, la estación base (nodo B) y la radio network controller (RNC). El nodo B es el primer elemento que convierte el flujo de datos entre la interfaz Iub y la interfaz de aire Uu. La Iub es la interfaz entre el nodo B y la controladora. Un nodo puede manejar más de una celda y solo puede ser conectada a una RNC (este equipo es la parte terminal del radio resources management).

El radio network controller es el encargado de manejar y administrar los recursos de radio en su dominio, este elemento envía todos los servicios desde la UTRAN hasta el core network; cuenta con tres interfaces que son la Iub, la Iu-CN y la Iur.

La Fig. 2 muestra las diferencias entre el GSM y UMTS en el acceso.

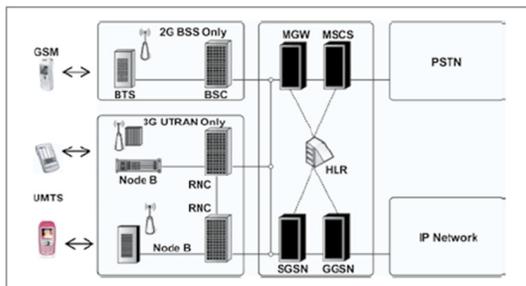


Fig. 2. Arquitectura UTRAN [3].

El CN consiste de los siguientes elementos: Home location register (HLR), mobile services switching center (MSC), gateway MSC (GMSC), serving GPRS support node (SGSN), gateway GPRS support node (GGSN). La Fig. 3 muestra las diferentes conexiones que existen en el core network de la red celular explicadas seguidamente.

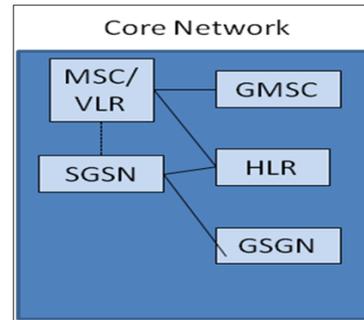


Fig. 3. Arquitectura core network [4].

- HLR: Es la base de datos y almacena los perfiles de los usuarios. Estos son creados cuando un nuevo suscriptor está en el sistema y se mantiene hasta que permanezca activo. La información que se mantiene es sobre los servicios permitidos, áreas en donde está permitido el roaming y servicios de información suplementarios.
- MSC: Es el equipo encargado de la conmutación de circuitos.
- GMSC: Es el gateway del sistema UMTS [12] que se conecta con otras redes de conmutación de circuitos como la PSTN o la ISDN.
- SGSN: Es el equipo utilizado para la conmutación de paquetes. Es también llamado el dominio de conmutación de paquetes [5].

3. ALGORITMOS DE CONTROL DE CARGA

Los algoritmos de control de carga se pueden aplicar en diferentes fases del acceso a la red, antes de que el UE acceda se utiliza el algoritmo potencial user control (PUC), durante el acceso se utilizan los algoritmos intelligent admission control (IAC), call admission control (CAC) y finalmente después de que el UE accede a la red se puede utilizar los algoritmos load

control balancing (LDB), load reshuffling (LDR) y overload control (OLC). La Fig. 4 muestra las tecnologías que pueden ser usadas para optimizar redes mientras el usuario realiza una llamada.

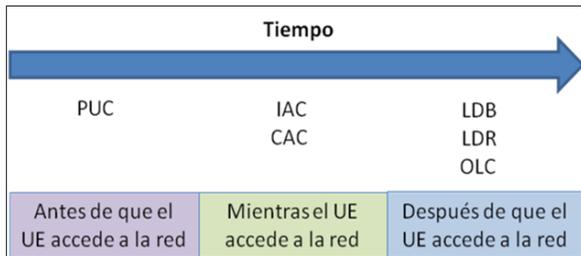


Fig. 4. Algoritmos de control de carga.

3.1. PUC

La función de este algoritmo es balancear la carga entre celdas con diferentes frecuencias inter-frequency. Se configura los parámetros de selección y reelección y el sistema de información a través del canal de broadcast, PUC lleva la comunicación a la celda que menor carga tenga. El UE puede estar en modo idle en estado Cell_FACH o en estado Cell_PCH y URA_PCH. La carga en el tecnología tiene 3 estados los cuales son: Heavy, normal y light.

La RNC monitorea periódicamente el tráfico en el downlink de la celda y los compara con los límites configurados: Load level división 1 y load level división 2. En la Fig. 5 se describen el nivel de carga vs tiempo.

Si la carga de la celda es mayor al límite superior más la histéresis, la celda se encuentra en el estado heavy, si la celda está por debajo del nivel de histéresis, la celda está en estado light; de otro modo la celda esta normal.

3.2. IAC

Es utilizado para mejorar el acceso exitoso a la red. El proceso incluye negociación de la tasa de transferencia, prioridades según CAC, consultas y direct retry decisión DRD. La configuración exitosa de RRC es uno de los pre-requisitos para que se pueda configura el RAB.

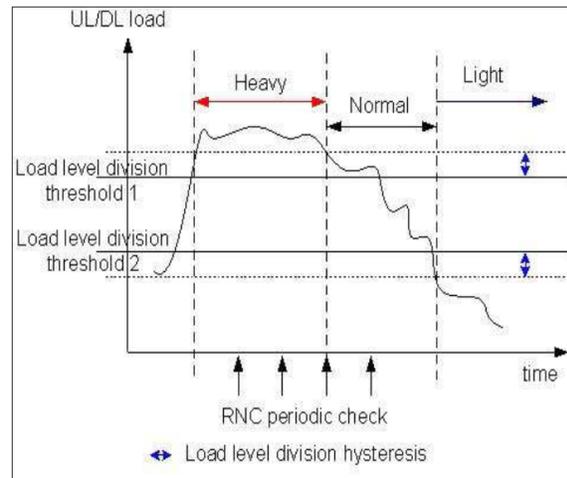


Fig. 5. Estados de carga: Heavy, normal y light.

Si la configuración del RRC falla, el sistema DRD intenta conectarse nuevamente a la red. Una vez establecido el RRC y el RAB se inicia la negociación de la tasa de transferencia dependiendo del servicio que se está solicitando, si el UE no accede, la RNC continua con el siguiente paso, selecciona una celda que sea apta dependiendo del algoritmo, si todos los intentos de llamada en esta celda fallan, entonces continua con el siguiente camino. Posteriormente se realiza una predicción de los intentos, si esta es exitosa, el acceso del UE es aceptado; si la predicción falla o no es soportada, la RNC realiza una consulta; si la consulta es exitosa, el acceso del UE es aceptado, si la consulta falla o no es soportada, la llamada es rechazada.

3.3. CAC

La implementación de CAC se debe a que WCDMA [11] es un sistema limitado por la interferencia; cada vez que se admite una llamada, la carga del sistema se incrementa. Si la celda está muy cargada una llamada entrante será rechazada. La decisión, de acceder a la red se basa en:

- Disponibilidad de los recursos en la celda: monitoreados por la RNC.
- Disponibilidad de potencia, tanto de uplink como de downlink en la celda: monitoreado por el nodo B.

- Estado de los recursos en el nodo, como channel elements.
- Disponibilidad de ancho de banda en la interfaz IUB, tanto en downlink como en uplink.
- Número de usuarios de HSDPA.

3.4. LDB

El algoritmo de balance de carga es utilizado para ajustar el cubrimiento de las celdas dependiendo de las mediciones de carga en el downlink. La RNC mide la carga de la celda periódicamente y ajusta la potencia transmitida del canal P-CPICH. Cuando el tráfico de una celda se incrementa, esta reduce su cobertura. Cuando este valor se reduce, esta extiende su cobertura, de esta manera la celda es capaz de manejar mayor tráfico.

En el diagrama presentado en la Fig. 6 se pueden apreciar los diferentes estados en los que el algoritmo toma la decisión de aceptar o rechazar una llamada.

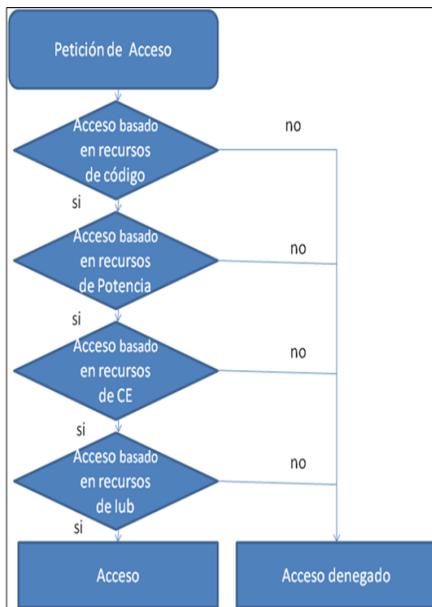


Fig. 6. Algoritmo CAC.

3.5. LDR

Este algoritmo es utilizado para optimizar la distribución de los recursos, la principal

regla es no afectar la calidad de los servicios que se les ofrecen a los usuarios. En el estado de sobrecarga, es utilizada otra estructura de código conocida overload control (OLC), que mantiene la estabilidad del sistema y da prioridad a ciertos usuarios. Cuando se excede el uso de recursos superando un límite, la celda entra en un estado de congestión; en este caso, LDR es utilizado para reducir la carga de la celda e incrementar el acceso satisfactorio a la red. LDR puede actuar para los siguientes casos:

- Inter-frequency carga handover.
- Reajuste de códigos.
- Reducción de tasa en servicios de mejor esfuerzo.
- Reducción de tasa en AMR.

4. ALGORITMO LDR

Usado en diferentes tipos de congestión en los nodos B de la red 3G:

- Reajuste de códigos.
- Reducción en la tasa de AMR.
- Inter RAT handover para CS y PS.

En la Fig. 7, se puede ver cuando actúa; específicamente muestra los estados normales con congestión y sobrecarga. En el caso en que el flujo de datos del nodo se acerca al 100% se puede utilizar otro algoritmo llamada OLC.

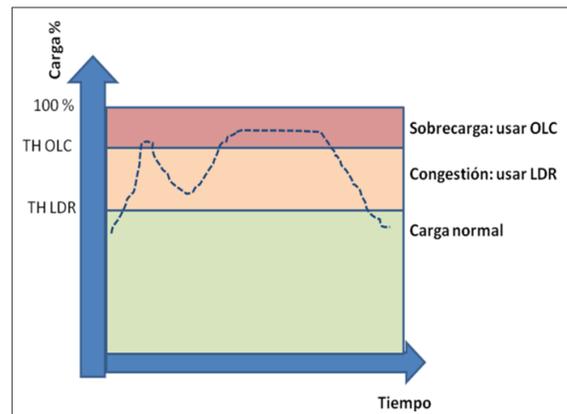


Fig. 7. Carga del nodo vs tiempo.

Esta tecnología debe ser usada cuando la celda

se encuentra en un estado básico de congestión, ya que en este caso las llamadas entrantes de voz y datos pueden ser rechazadas por la red. El propósito es optimizar la distribución de recursos de la celda y descongestionarla para incrementar el número de usuarios que acceden.

Un escenario donde puede ser utilizado LDR es cuando la celda tiene congestión por CE en el uplink, debido a que es uno de los recursos que más se utiliza en una red 3G. En la tabla 1 se puede observar la cantidad de CE que se necesitan para el servicio voz, datos y video llamada en downlink y en uplink.

Tabla 1. Número de CE por servicio.

| Dirección | Número de CE | Tráfico datos |
|-----------|--------------|-----------------------|
| DL | 1 | 12.2 kbps AMR |
| UL | 2 | |
| DL | 2 | 64 Kbps Video llamada |
| UL | 6 | |
| DL | 1 | 32 Kbps Ps |
| UL | 3 | |
| DL | 2 | 64 Kbps Ps |
| UL | 6 | |
| DL | 4 | 128 Kbps Ps |
| UL | 10 | |
| DL | 8 | 384 Kbps Ps |
| UL | 20 | |

El consumo de CE en el uplink es mayor que en el downlink, por esta razón la congestión de los nodos es mayor en este escenario. LDR puede tomar varias acciones, la opción que mejor se ajusta para reducir el número de CE es la de reducción de la tasa de tráfico en los servicios de mejor esfuerzo o BE, esta opción es implementada para reconfigurar el ancho de banda. La Fig. 8 muestra el comportamiento del algoritmo y sus diferentes configuraciones.

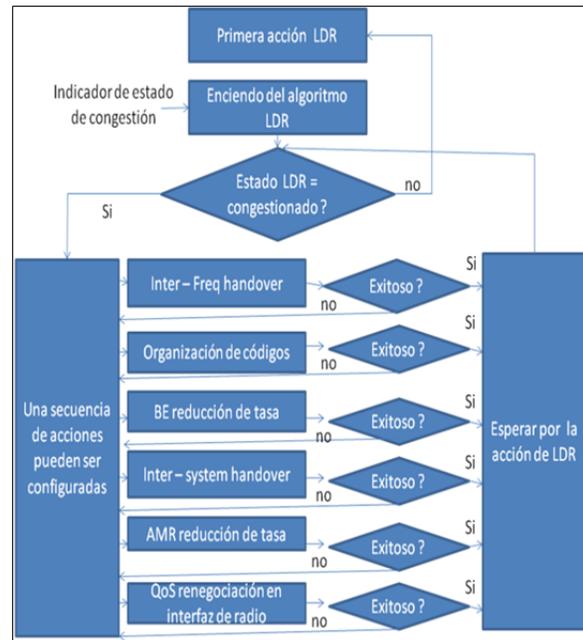


Fig. 8. Algoritmo LDR.

El funcionamiento es el siguiente:

1. Basado en la prioridad del usuario, LDR ordena los RAB's en forma descendente.
2. El ancho de banda de los servicios seleccionados es reducido a una tasa específica (ejemplo: 128 Kbps, 64 Kbps).
3. Si los servicios pueden ser seleccionados, la acción es exitosa. Si estos no pueden ser escogidos, la primera acción falla y en este caso LDR toma otra acción.
4. La reconfiguración es completada mediante la configuración del radio bearer en la interfaz de aire Uu y a través de la reinicialización del radio link en la interfaz Iub.

Con el fin de implementar LDR se seleccionaron dos nodos con congestión de CE en el uplink de la red Movistar. Los equipos tenían configurado un total de 320 CE en el uplink, de los cuales se reservaron el 10% para soft handover. En total quedan 288 elementos de canal disponibles

para los usuarios; en la hora pico se puede concluir que el contador VSS.RejULCE.Cong se incrementa debido a la falta de recursos, generando llamadas caídas.

Como se puede ver en la Fig. 9, LDR es activado a las 4 p.m. A partir de ese momento los rechazos de llamadas de datos en la hora pico disminuyeron. El algoritmo fue configurado para la reducción en la tasa de transferencia, en caso de estar en congestión, de esta manera se optimizan los recursos de elementos de canal.

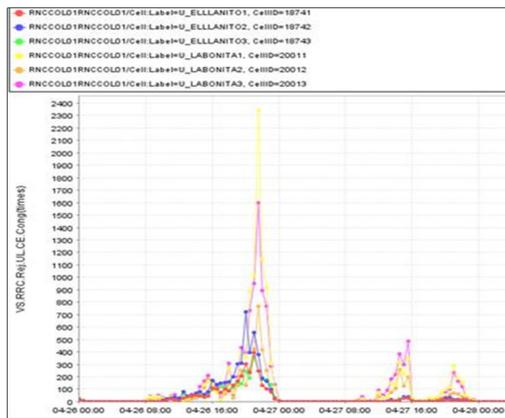


Fig. 9. Activación de LDR.

En la Fig. 10 se puede observar el comportamiento de la tasa de transferencia promedio antes y después de la activación del algoritmo, el tráfico de bajada se redujo levemente debido a la reconfiguración del ancho de banda.

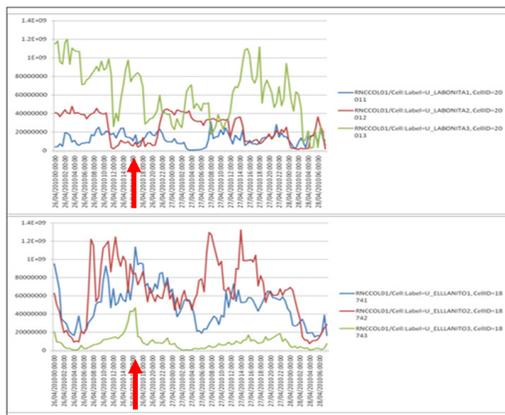


Fig. 10. Throughput R99 en el uplink.

5. ALGORITMO CAC

El principio básico para el funcionamiento de CAC para congestión de potencia parte de realizar una predicción de la carga de la celda durante el acceso del usuario, si la carga es más alta del umbral configurado, el acceso falla. La medición de la RNC se basa en los parámetros RTWP para el uplink y TCP para el downlink.

El procedimiento para la decisión de recursos en el uplink es:

1. La RNC obtiene el RTWP de la celda y calcula el factor de carga en el uplink actual.
2. La RNC calcula el incremento del piso de ruido basado en el servicio que se solicita.
3. La RNC utiliza la fórmula para predecir el factor de carga en el uplink
4. Se compara la predicción hecha con el umbral, la RNC decide si acepta o rechaza la llamada.

El comportamiento del algoritmo en el uplink, para tomar la decisión de admitir o rechazar la llamada se muestra en la Fig. 11.

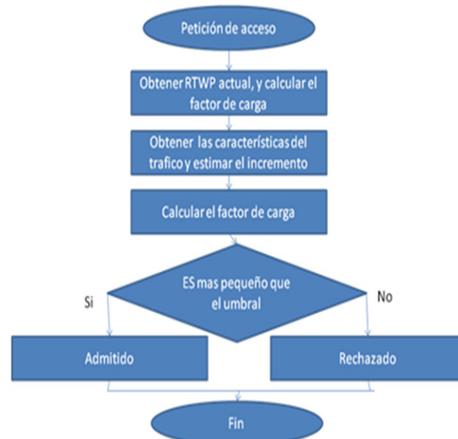


Fig. 11. CAC en potencia el uplink.

El incremento de la carga en el uplink es determinado por el E_b/N_0 de la llamada entrante, este valor es proporcional al valor de E_c/I_0 .

Un escenario en el que se optimiza este algoritmo es cuando la red está llegando al límite

de usuarios por celda, el valor recomendado de carga es de 90%, aumentado este umbral se puede aceptar una mayor cantidad de usuarios y eliminar el número de llamadas caídas.

En la Fig. 12 se puede observar el cambio que se produce cuando varía el umbral a un valor de 98% para eliminar el número de llamadas caídas y mejorar el rendimiento de la celda. Los cambios fueron implementados el 27 de Abril a las 4p.m; el contador Vs.RABfailPS.Power. Congestion indica el número de llamadas caídas debidas a congestión por potencia.

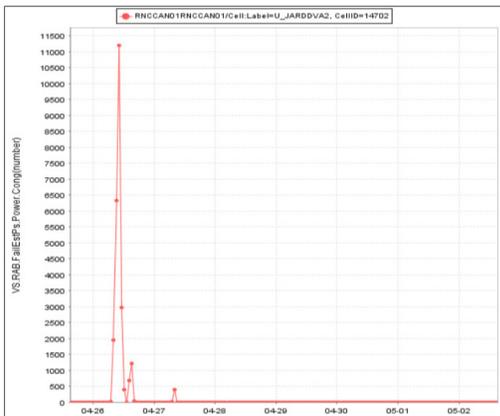


Fig. 12. Optimización de algoritmo CAC en el uplink.

Es importante revisar las estadísticas de caídas de llamadas antes y después de la activación para comprobar que la calidad del servicio se mantiene estable. En la Fig. 13 se puede observar que el 14% de las llamadas son rechazadas, después del 27 este porcentaje

mejoro el rendimiento de la celda y aunque todavía se presenta algunos rechazos, estos no son debidos a congestión en potencia.

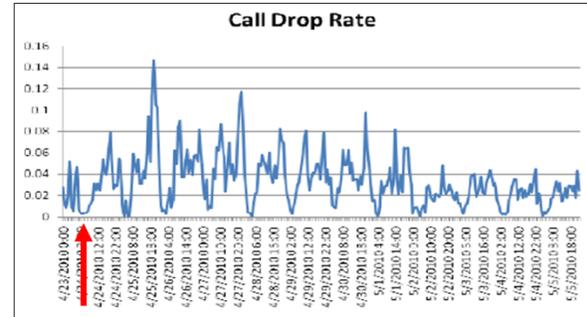


Fig. 13. Caídas de llamada.

6. CONCLUSIONES

Es posible optimizar el funcionamiento de la red cuando se utilizan los algoritmos adecuados, lo que redundará en una mejor calidad de servicio al usuario final.

De las estadísticas tomadas de la red, en el caso del comportamiento del algoritmo LDR, se puede observar que se mejora el consumo de CE en el uplink, lo que genera un impacto en la velocidad de navegación en los usuarios de paquet switch en el uplink.

El algoritmo CAC estaba denegando el servicio cuando los recursos de potencia estaban llegando a su límite; aumentar el umbral en el uplink hace que se acepten más usuarios y se mejoren las estadísticas del sitio a analizar.

Referencias Bibliográficas

- [1] H. Holma, A. Toskala, WCDMA for UMTS radio access for third generation mobile communications, Editorial John Wiley, 2004.
- [2] Redes WCDMA. [En línea], consultado en Agosto 22 de 2010, disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband_Code_Division_Multiple_Access.
- [3] F. Hossain, A. Mohammad, Mathematical modelling of call admission control in WCDMA Network, Blekinge Institute of Technology, 2007.
- [4] ZTE technologies, GSM product revolution, (2008). [En línea], consultado en Junio 10 de 2010, disponible en: http://wwen.zte.com.cn/endata/magazine/ztetechnologies/2008year/no9/articles/200809/t20080925_162098.html
- [5] A. Hernandez, A. Valdovinos, Scheduling and call admission control schemes in soft

- handoff for packet switched transmission in WCDMA networks, Universidad de Zaragoza, 2004.
- [6] M. Ghaderi, R. Boutaba, Call admission control in mobile cellular networks: A comprehensive survey, University of Waterloo, 2007.
- [7] M. Nawrocki, M. Dohler, A. Aghvami, Understanding UMTS radio network modelling planning and automated optimisation, Editorial John Wiley, 2006.
- [8] Ericsson, White paper on basic concepts of WCDMA radio access network, 2007.
- [9] Atte Lämsä, Radio access network architecture wideband CDMA systems, Nokia research center, 2010.
- [10] 3GPP. [En línea], consultado en Febrero 10 del 2010, disponible en: www.3gpp.org.
- [11] Y. Chae, J. Jun, Service specific call admission control in WCDMA system. Mc Graw Hill, 2010.
- [12] UMTS world. [En línea], consultado en Enero 11 de 2012, disponible en: www.umtsworld.com
- [13] Technical specification of 3rd generation partnership project on radio resource management- 3G TR 25.922 V3.0.0, 2009.