Auto-optimización y gestión avanzadas de una red radio dual 2G/3.5G

Raquel García Pérez (*), David Abajo Rica (*), Marco Antonio Jimeno Batuecas (**)

(*) Telefónica Investigación y Desarrollo SAU

Emilio Vargas 6, 28043 Madrid, España

(**) Telefónica España

Distrito C, Ronda de la Comunicación s/n, Edificio Este-1, 2ª planta, 28050 Madrid, España

***Abstract* — GSM/UMTS mobile networks deployed by operators are not static, but they are continously evolving. They need periodic adjustments, expansion and optimization. Subscribers demand good quality in the services they use and pay for, as well as new innovative services that usually require higher speeds and bit rate. Being able to use an automatic optimization tool represents a major advantage for an operator, reducing the time spent on the optimization cycle. This paper describes one of these tools, developed by Telefónica, that has helped to reduce inconsistencies in the network.**

I. INTRODUCCIÓN

Para desplegar una red de telefonía móvil celular es fundamental realizar una buena planificación, que garantice un cierto nivel de cobertura geográfica y cubrir una demanda esperada de tráfico con un determinado grado de calidad en el servicio. La planificación tradicional se ayuda de herramientas informáticas y generalmente no termina una vez concluido el despliegue de la red, sino que es un proceso que se realimenta con la experiencia de la operación de la red, el conocimiento de su funcionamiento real, con medidas, etc. [1] [2] [3].

Por otra parte, es preciso un trabajo de gestión, adaptación y optimización de las redes ya desplegadas, con el objeto de lograr el mejor compromiso entre prestaciones, calidad de servicio, inversión, coste y satisfacción de los clientes. La adaptación engloba las actividades destinadas a implantar las mejoras en las tecnologías y los cambios en las versiones *hardware* y *software* de los equipos, tanto en la red de acceso como en el núcleo de red. La optimización persigue obtener el mejor rendimiento posible de la red con los recursos disponibles, y comúnmente se basa en la modificación de algunos de los múltiples parámetros de configuración de la red. Una red bien dimensionada y optimizada facilita al operador la introducción de los nuevos servicios que el mercado demanda, cada vez más exigentes en cuanto a la tasa binaria de transmisión.

En la actualidad, muchos operadores móviles prestan servicios de voz y datos con redes 2G ya maduras (GSM, GPRS, EDGE) y con redes 3.5G (UMTS, HSPA). Cuando un operador tiene licencias 2G y 3G, la planificación, gestión y optimización ha de llevarse a cabo de una manera conjunta, ya que ambas redes operan de forma simultánea y están relacionadas. Además, un operador puede desplegar su red con equipos de más de un proveedor, lo que hace que existan distintos procedimientos de optimización enfocados a las características de los equipos de cada fabricante en particular. Cada suministrador puede ofrecer sus propias herramientas de gestión y optimización, pero en general suelen funcionar sólo para su red. Por eso, la situación se complica cuando se trata de optimizar zonas de frontera entre distintos suministradores, debido además a que muchas de las tareas de optimización de la red radio se realizan de forma bastante manual, basándose en la experiencia de los propios optimizadores.

La tecnología y los servicios evolucionan de forma rápida, por lo que aparecen, con relativa frecuencia, nuevas versiones de elementos de red y del *software* que los controla. Por este motivo, las herramientas de gestión y optimización tienen que seguir la tendencia y adaptarse rápidamente para proporcionar las nuevas funcionalidades. Aunque existen herramientas de terceros capaces de gestionar redes de distintos suministradores, en la práctica es complicado adaptar y mantener estas herramientas al día con los cambios que introducen los proveedores de equipos. Entre otros motivos, porque la información no fluye tan rápido como en el caso de proveedor a operador.

Disponer de una herramienta de gestión y optimización válida para toda la red (multitecnología y multisuministrador) de un operador facilita mucho las tareas a los planificadores y optimizadores y permite compartir experiencias de optimización en zonas diversas. Telefónica España y Telefónica I+D han trabajado conjuntamente en un sistema automático de gestión y

optimización de la red radio celular (GSM, UMTS, HSDPA) de Telefónica, basado en las herramientas DATARED y OPTIRED.

La estructura de este artículo es la siguiente: En el apartado II se describe el sistema automático de gestión y optimización de la red radio. El apartado III incluye los procesos de auto-optimización de red. A continuación, se detalla un caso práctico de auto-optimización en el apartado IV. Por último, se exponen las conclusiones en el apartado V.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED RADIO

Una red radio celular tiene una estructura jerárquica, con distintos niveles y relaciones entre los elementos que la componen. Además, en las redes duales 2G/3.5G es necesario tener determinados elementos que controlen a otros que están en la otra red (por ejemplo, una MSC que controle simultáneamente varios RNC y BSC, o un BSC que gestione una lista de células 3G externas para poder realizar traspasos 2G-3G).

La figura 1 representa, de una manera simplificada, una red dual GSM/UMTS. En la red 2G los elementos más directamente relacionados con los sistemas de gestión y optimización que se contemplan en este artículo son la MSC, el BSC, y las células 2G. En la red 3.5G, los elementos son la UMSC, el RNC y las células 3G. Una MSC controla varios BSC y un BSC controla un conjunto de células 2G. Entre las células se definen vecindades o colindancias para permitir los traspasos de

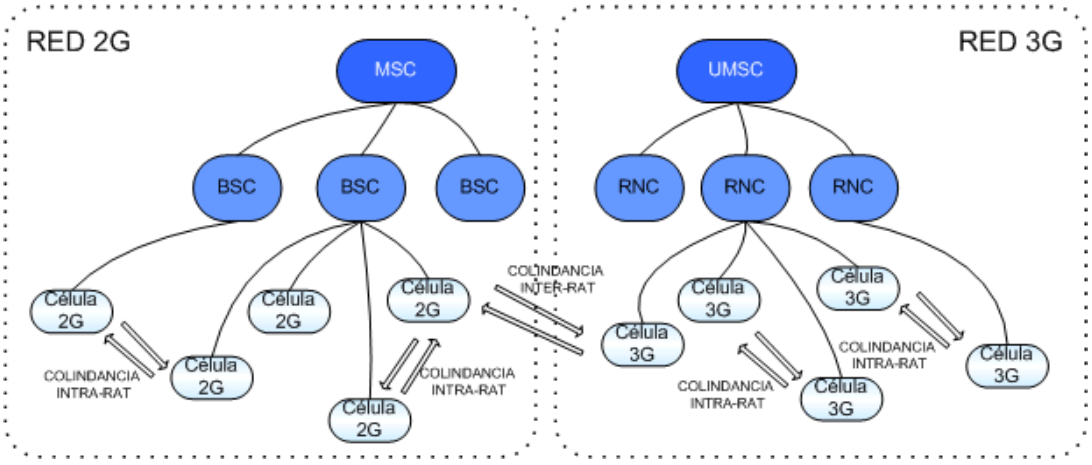

Fig.1. Esquema de una red radio dual (2G,3.5G)

las llamadas de una célula a otra, y permitir así la movilidad de los usuarios. Cada célula, bien sea 2G o 3G, puede tener definida una lista de vecinas en su misma tecnología (intra-RAT) y en la otra tecnología (inter-RAT) [4], [5].

Los elementos de esta red, así como las relaciones entre ellos, son entidades susceptibles de ser optimizadas para mejorar el funcionamiento global de la red radio.

El sistema de gestión y auto-optimización de Telefónica España se muestra esquemáticamente en la figura 2. A continuación se describen cada uno de los componentes del sistema.

Los Centros de Operación y Mantenimiento (OMC) almacenan la configuración de los elementos de la red radio. Están sincronizados con una mayor o menor periodicidad con dichos elementos, y cuando se desea realizar un cambio de configuración en la red se puede realizar desde los propios OMC, con sus módulos de gestión de la configuración (CM, *Configuration Management*). Los OMC suelen constar de una interfaz gráfica para que los operadores puedan actuar sobre los elementos de red de una forma manual, y de una base de datos donde se guardan los parámetros de configuración. No existe un estándar para este tipo de sistemas, por lo que en la práctica suelen ser bastante diferentes entre sí, en función de cada suministrador de equipos. Por este motivo, el trabajo de unificar en un único sistema toda la información de la red que viene de distintos OMC es un proceso complicado y que requiere la intervención de personas expertas en estos sistemas. Existen iniciativas para crear un estándar para la gestión de la configuración [6] [7]. Destaca el *TeleManagement Forum* (TMF), organización internacional con más de 600 miembros, a la que Telefónica también pertenece.

El número de OMC que tiene un operador en su red depende del tamaño de ésta y del número de suministradores. Existe al menos un OMC por cada suministrador, pero normalmente se instalan más sistemas de gestión por motivos de reparto de carga.

Bien en los propios OMC o como herramientas separadas de éstos, existen módulos de Gestión de Estadísticas (PM, *Performance Management*). Estos sistemas obtienen las estadísticas de funcionamiento de la red con distintos niveles de granularidad temporal y las almacenan para su posterior análisis. Con estos análisis se pueden detectar anomalías en el comportamiento de la red. Por ejemplo, un número excesivo de llamadas caídas. A partir del repositorio de estadísticas, se pueden realizar análisis e informes muy refinados, calcular indicadores o KPI (*Key Performance Indicator*), así como agregaciones de los contadores básicos con distinta granularidad. Así se puede conocer la evolución del tráfico semanal de una célula y compararlo con datos previos, por ejemplo. Como se ha mencionado antes, también existen herramientas comerciales que unifican los módulos PM de distintos OMC, e incluso de diferentes suministradores. De esta forma, se tiene la información de estadísticas de forma centralizada. Dado el elevado número de contadores disponibles en cada suministrador, el proceso de gestión y unificación de éstos en una herramienta común es un proceso bastante complicado.

En el esquema de la figura 2, el sistema que aparece debajo de los CM_i y los PM_j es DATARED, herramienta desarrollada por Telefónica que, alimentándose de cada uno de los OMC, almacena toda la información de la estructura de red, y los parámetros de configuración asociados a cada elemento. Estos parámetros dependen de cada suministrador, si bien entre muchos de ellos se puede establecer una correspondencia para poder hacer comparaciones entre los distintos suministradores. Además, DATARED recoge estadísticas del funcionamiento de la red a partir de los módulos de gestión de estadísticas.

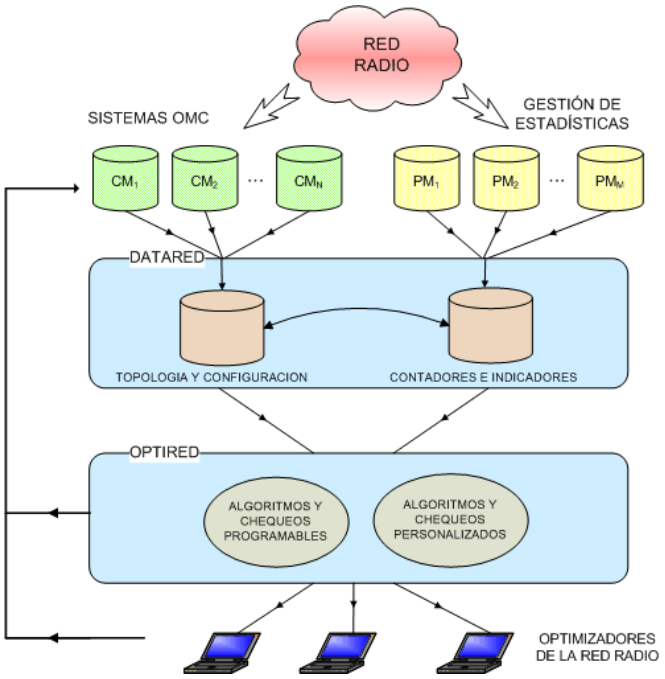

Fig. 2. Sistema de gestión y optimización de la red radio

La información se refresca en DATARED todos los días, por lo que actúa como fotografía de la topología de la red y de sus parámetros de configuración. DATARED funciona con las redes GSM, UMTS y HSPA y con todos los suministradores de Telefónica. Al estar la información centralizada en una única base de datos, los planificadores, optimizadores e integradores pueden acceder a ella de forma más sencilla. También se guarda un histórico de configuraciones, muy útil para correlar con las estadísticas y conocer así el impacto en la red de los cambios de configuración realizados.

Otra ventaja de la centralización de la información es que se pueden realizar chequeos sobre la red, globales o personalizados. Para ello, se utiliza OPTIRED, una herramienta de optimización que permite agilizar y automatizar las tareas que llevan a cabo los optimizadores. En OPTIRED se han ido definiendo una serie de algoritmos basados en la experiencia de optimizadores expertos y poniéndolos a disposición de todos los usuarios de la aplicación, de forma que se comparte el conocimiento de una manera flexible y eficiente. Además, OPTIRED incorpora un módulo para la definición de nuevos algoritmos de optimización. Para ello, se ha creado un lenguaje de programación propietario dentro de la herramienta, de fácil uso e interpretación. De esta forma se pueden diseñar, rápidamente y sin necesidad de nuevos desarrollos, algoritmos nuevos, o adaptar los existentes.

OPTIRED toma los datos de DATARED, con lo que se consigue que OPTIRED se abstraiga de la casuística de acceso a los OMC de cada suministrador y se utiliza una única fuente de información.

Como resultado del proceso de optimización, OPTIRED indica los cambios que han de realizarse en los parámetros de los elementos de la red o en las relaciones entre ellos. Por ejemplo, se puede detectar que las vecinas de una célula no están bien definidas, por lo que se requerirá un cambio en la lista de vecinas de esa célula. Esos cambios se pueden hacer de manera manual en los OMC, a través de la interfaz gráfica que proporcionan. En ocasiones, para un proceso de optimización se requerirán cambios en varios OMC, porque se estén optimizando, por ejemplo, zonas frontera entre suministradores (actualización más complicada) o zonas de un mismo suministrador gestionadas por diferentes OMC.

Para permitir cambios masivos de topología de red o de parámetros, o para crear nuevos elementos y relaciones entre ellos, los OMC suelen permitir la entrada de cambios a través de fichero. Cada suministrador define un formato de intercambio para poder introducir la información en el sistema de gestión, y llevar de esta manera los cambios requeridos a la red. De nuevo, no existe un estándar para este tipo de ficheros, y en la práctica se encuentran distintos formatos: txt, xml, etc.

OPTIRED genera ficheros de cambios con el formato adecuado para cada suministrador. De este modo se cierra el bucle de gestión y optimización de la red dual. Si llegan a convivir más de dos tecnologías de acceso radio, como podría ser en el futuro con LTE (*Long Term Evolution*) [8], DATARED y OPTIRED deberían controlar todas las redes en servicio.

A día de hoy, la entrada de cambios en los OMC en Telefónica España es un proceso controlado por operadores de red, que son las personas encargadas de trasladar a la red los cambios requeridos por los optimizadores. No obstante, se puede dar un paso más allá con OPTIRED para que automáticamente ejecute en los OMC los ficheros de cambios resultado del proceso de optimización.

III. PROCESOS DE AUTO-OPTIMIZACIÓN DE RED

Para el correcto funcionamiento de la red radio, es necesario optimizar de manera continua los elementos de la red existentes y las relaciones entre ellos, así como definir nuevos elementos cuando es necesario. La red radio de cualquier tecnología está en continua evolución, es decir, se añaden elementos nuevos, se amplía la configuración de los existentes, etc. Además, hay que mantener las redes ya maduras que están dando servicio (por ejemplo, actualmente la red GSM). Por este motivo, es de suma importancia realizar las tareas de optimización de una manera periódica y con más importancia en los periodos de grandes cambios en la red. Para ello, resulta muy conveniente disponer de herramientas de optimización que permitan la automatización de estas tareas, tanto las más rutinarias como las que se realizan únicamente en cambios especiales en la red.

Con el sistema descrito en el apartado anterior, los optimizadores pueden programar tareas de optimización para que se ejecuten de forma periódica. La optimización se llevará a cabo en todas las redes en servicio, en este caso en la red GSM y en la red UMTS y así como en las relaciones entre ambas redes. El tipo de tareas que pueden llevarse a cabo son las siguientes (se enumeran unos cuantos algoritmos y chequeos de optimización del conjunto de los existentes):

Chequeos de colindancias: La definición de las relaciones de vecindad o colindancias entre las células de la red es imprescindible para asegurar el buen funcionamiento de las llamadas en movilidad. No basta sólo con definir las relaciones de vecindad entre células de la misma tecnología (intra-RAT:2G-2G, 3G-3G), sino que también hay que definir las relaciones con las células del resto de tecnologías (inter-RAT: 2G-3G, 3G-2G). Las comprobaciones a realizar con respecto a las colindancias son numerosas:

- Identificación de células sin vecinas
- Comprobaciones de vecindad simétrica
- Consistencia de tipos de colindancias definidas en función del tipo de células origen y destino (macrocélula-macrocélula, macrocélula-microcélula, microcélula-microcélula, microcélula-macrocélula)
- Comprobación de colindancias entre células muy lejanas, para detectar colindancias que no están bien definidas por distancia

Comprobación de definición de *scrambling codes* (para la red 3G): Este chequeo sirve para identificar las células que, siendo vecinas, tienen el mismo *scrambling code* asignado, lo cual origina una inconsistencia en la red.

Comprobaciones de definición de BSIC y BCCH (para la red 2G): Este conjunto de chequeos revisa la definición del BSIC y BCCH entre células vecinas o entre células que, no siendo vecinas entre ellas, sí que lo son simultáneamente de una

tercera célula. Se comprueba que entre estas células no se repite el BSIC y el BCCH, y que tampoco tienen BCCH adyacentes.

Chequeos de estadísticas de traspasos: Los chequeos de estadísticas de traspasos permiten detectar colindancias definidas en las que no se producen traspasos, o entre las que existe una alta tasa de fallos de traspasos.

Chequeos de células externas: Estos chequeos sirven para comprobar inconsistencias en la definición de células externas, a nivel de OMC, MSC, UMSC, BSC y RNC. Además de comprobar que están definidas las células externas asociadas a colindancias con células de fuera del ámbito analizado (OMC, MSC, UMSC, BSC y RNC), se comprueba que los parámetros e identificadores importantes de esas células están bien definidos (en 2G: BSIC-BCCH y en 3G: *scrambling codes*, entre otros). En el caso de detectar inconsistencias en la definición de las células externas, se generan automáticamente los ficheros necesarios para eliminar estas inconsistencias en los OMC (y por tanto en la red).

Chequeos de células a optimizar: Estos chequeos devuelven la lista de células más prioritarias a optimizar, que son las que están dando prestaciones y valores de indicadores no aceptables. Se pueden configurar los umbrales y criterios para obtener esta lista ordenada de células a optimizar.

Comprobaciones de parámetros de elementos de red: Estos chequeos permiten supervisar el valor que toman determinados parámetros clave y comprobar que están en el rango o valor adecuado.

Chequeo de segunda corona: Con este tipo de chequeos se obtienen las vecinas de cada célula (primera corona) y las vecinas de las vecinas de cada célula (segunda corona). Este tipo de información es relevante por ejemplo para la definición de planes de frecuencia. Este chequeo no devuelve inconsistencias de red, sino que es meramente informativo y como punto de partida para otros procesos de optimización.

Chequeos de uso de frecuencias y estudio de células con frecuencias fuera de banda: El chequeo de células con frecuencias fuera de banda detecta los casos de células a las que se les ha asignado frecuencias de la banda no correspondiente al operador. Además se obtienen histogramas de frecuencias, para detectar la distribución de las frecuencias con respecto a los sectores.

La salida de todos estos chequeos son informes con las inconsistencias detectadas o con la información requerida y ficheros de cambios para los OMC. El optimizador puede revisar estos informes para analizar los problemas encontrados en la red y enviar a los operadores de red los ficheros de cambios para trasladar las modificaciones propuestas en el proceso de optimización a la red. Estos ficheros se cargan en los OMC correspondientes. Si en un chequeo se analizan zonas frontera de distintos suministradores, se generan los ficheros correspondientes a cada suministrador, de forma que la red queda consistente en ambos lados de la frontera.

Se puede programar la periodicidad con la que estos chequeos y comprobaciones se ejecutan: diaria, semanal, quincenal, etc, seleccionando incluso un día de la semana en concreto. Esta programación es configurable para cada chequeo. Como se ha indicado más arriba, cuando se producen cambios importantes en la red, conviene comprobar justo después de los cambios como está la red en cuanto a inconsistencias. En este caso, el optimizador puede configurar la ejecución de chequeos para que se produzca tras el cambio real en red.

IV. CASO PRÁCTICO DE AUTO-OPTIMIZACIÓN

El sistema descrito en los apartados anteriores está actualmente en funcionamiento y los optimizadores de la red de radio de Telefónica España lo utilizan con frecuencia.

Los usuarios que revisan y utilizan los informes de optimización generados por OPTIRED son de dos tipos: optimizadores, que tienen bajo su responsabilidad una zona geográfica de la red que engloba varios BSC (red 2G) y/o varios RNC (red 3G), y responsables de área, que tienen bajo su control una zona más amplia, que engloba las áreas de trabajo de varios optimizadores. Los optimizadores utilizan estos informes para poder mejorar la situación de la zona de su responsabilidad, mientras que los responsables de áreas pueden usar los informes para hacer un seguimiento de la situación de su zona.

A día de hoy, existen 123 usuarios que reciben informes de optimización de OPTIRED. En promedio se ejecutan diariamente 422 chequeos o algoritmos.

Para el caso práctico de optimización que a continuación se describe, se ha hecho un seguimiento de las tareas de optimización programadas de determinados usuarios (usuario 1, usuario 2). Lo que se pretende es comprobar que, después de un tiempo en el que el bucle de optimización descrito en el apartado II está funcionamiento, las inconsistencias detectadas en una determinada zona decrecen.

Los usuarios bajo estudio tienen programados distintos grupos de chequeos, cada uno con distinta periodicidad y día de ejecución. En la tabla I se hace un resumen de los chequeos programados por estos usuarios.

TABLA I
RESUMEN DE LAS TAREAS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS USUARIOS

Grupos de chequeos	**Usuario**	**Redes**	**Número de chequeos**	**Periodicidad**	**Día de la semana**
Chequeos de células externas	Usuario1	2G	5	Semanal	Miércoles
Comprobaciones de definición de BSIC y BCCH	Usuario1	2G	8	Semanal	Martes
Chequeos de colindancias	Usuario1	2G/2G	4	Cada 7 días	--
Chequeos de células a optimizar	Usuario1	2G	1	Cada 30 días	--
Chequeos de colindancias	Usuario 2	2G/2G y 2G/3G		Semanal	Lunes
Chequeos de células externas	Usuario 2	2G/2G y 2G/3G	3	Semanal	Lunes
Chequeos de frecuencias	Usuario 2	2G	3	Semanal	Lunes
Chequeos de colindancias	Usuario 2	3G/3G y 3G/2G	6	Semanal	Viernes
Comprobación de *scrambling codes*	Usuario 2	3G	1	Semanal	Viernes
Chequeos de células externas	Usuario 2	3G/3G y 3G/2G	2	Semanal	Viernes

Estas tareas de optimización llevan programadas un tiempo suficiente (en torno a 9 meses) como para que la red en esta zona presente un número de inconsistencias dentro de los límites aceptables. Se ha comprobado, haciendo un seguimiento de los informes de estos usuarios, que las inconsistencias en sus zonas están contenidas en un número aceptable para el buen funcionamiento de la red. Como ejemplo, se dan las estadísticas de algunos chequeos en la tabla II. Se puede comprobar que el porcentaje de inconsistencias para los chequeos analizados es menor del 0.3% en todos los casos.

TABLA II
RESULTADOS DE TAREAS DE OPTIMIZACIÓN

Chequeo	**Usuario**	**Tamaño área bajo estudio**	**Número de casos analizados**	**Inconsistencias detectadas**
Comprobaciones de definición de BSIC y BCCH				
BSIC y BCCH (vecinas con célula origen)	Usuario1	19 BSC	29222	0
BCCH (vecinas con célula origen)	Usuario1	19 BSC	29222	22
BSIC y BCCH (entre vecinas de la misma origen)	Usuario1	19 BSC	29222	0
Chequeos de colindancias				
Células sin vecinas, Células sin vecinas interRAT	Usuario 2	1 RNC	8529	3
Células que exceden el número máximo de colindancias	Usuario2	1RNC	8529	0
Comprobación de *scrambling codes*	Usuario2	1RNC	8529	0
Chequeos de células externas				
Comprobación BSIC-BCCH externas 2G de la red 3G	Usuario2	1RNC	1305	4
Inconsistencias externas 3G de la red 3G	Usuario2	1RNC	11	0

V. CONCLUSIÓN

La gestión y optimización de las redes radio en servicio son tareas primordiales para garantizar unas buenas prestaciones del sistema. Esto proporciona beneficios tanto al operador, porque obtiene el máximo provecho de la red desplegada, como al cliente, porque percibe mayor calidad de servicio y mayor satisfacción. En este artículo se ha descrito el sistema automático de gestión y optimización de la red radio usado en Telefónica España, basado en las herramientas DATARED y OPTIRED. DATARED almacena, de forma centralizada, la información de configuración y de funcionamiento de las redes operadas actualmente por Telefónica España (GSM, UMTS, HSDPA), proveniente de distintos OMC y sistemas de recolección de estadísticas. OPTIRED se apoya en DATARED para facilitar las tareas de optimización de red. Los optimizadores pueden programar con OPTIRED procesos de optimización y llevar los cambios propuestos a la red, cerrando así el bucle de

optimización. Se ha demostrado que el uso de este tipo de herramientas es de gran utilidad para conseguir una red optimizada sin inconsistencias.

REFERENCIAS

[1] J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad, Radio Network Planning and optimisation for UMTS, John Wiley & Sons, LTD. 2006.
[2] T. Halonen, J. Romero, J. Melero, GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Toward 3G/UMTS, John Wiley & Sons, LTD. 2003.
[3] M. Rahnema, UMTS Network Planning, Optimization, and Inter-Operation with GSM, Wiley-IEEE Press. 2007.
[4] 3GPP TS 25.401, UTRAN overall description (Release 7) v7.5.0 Septiembre 2007
[5] 3GPP TS 23.002, Network architecture (Release 8) v8.2.0, Diciembre 2007
[6] G. Foley, S. Bowman, UMTS Network Element Provisioning Tool, Cork Institute of Technology, Cork, Ireland
[7] TeleManagement Forum, http://www.tmforum.org
[8] 3GPP TS 36.300, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 8) v8.4.0, Marzo 2008