

PO-ABSPAD



Óscar Molina López

Ingeniero de Red

Colaborador del área de redes ubicuas del Dpto. de Ingeniería Telemática de a ULPGC

El gran aumento de la demanda en el mercado de las comunicaciones móviles inalámbricas, tanto por el número de usuarios como por la creciente popularidad de aplicaciones sobre datos, ha hecho imprescindible el desarrollo de sistemas capaces de satisfacer elevadas necesidades de capacidad de tráfico.

Los clientes solicitan estos servicios de comunicaciones en cualquier lugar y ahora buena parte del tráfico cursado por las redes inalámbricas se genera en los interiores de edificios, donde los usuarios coexisten en gran número en un área relativamente pequeña ("hot spots"). En el caso específico de los servicios de transmisión de datos la mayor parte del tráfico proviene de estos entornos especiales y así algunas consultoras consideran las WLAN una seria amenaza para la telefonía celular de tercera generación. Asegurar una calidad adecuada en los entornos de interiores será vital para aquellas operadoras de UMTS que considerando las WLAN claramente inferiores no opten por una oferta complementaria de servicios sobre esta tecnología.

Actualmente el diseño de una red de interiores consiste fundamentalmente en elegir ciertas posiciones de antenas consideradas idóneas, el total de estas posiciones nos da el número de antenas necesarias.

Para ajustar el diseño se puede recurrir a un modelo teórico de predicción del nivel de recepción, que luego es posible contrastar mediante pruebas y medidas sobre el terreno utilizando terminales de "test".

Por tanto, se trata básicamente de un sistema prueba-error. Incluso en un caso no demasiado complejo el número de posibles posiciones es demasiado grande, por lo que tratar de averiguar la situación teórica objetiva óptima de antenas mediante este método sería materialmente imposible.

Con el propósito de resolver esta problemática, un reciente avance en la planificación de interiores

consiste en el empleo de sistemas *PO-ABSPAD* (*Pareto Oriented-Automatic Base Station Placement and Dimensioning*), capaces de generar automáticamente soluciones objetivas óptimas.

MODELO MULTIOBJETIVO UTILIZADO POR UN SISTEMA PO-ABSPAD

De forma abreviada, un sistema *PO-ABSPAD* emplea un modelo en el que existe una serie de receptores móviles distribuidos en determinadas posiciones del espacio, donde además será necesario ubicar un número desconocido de antenas →

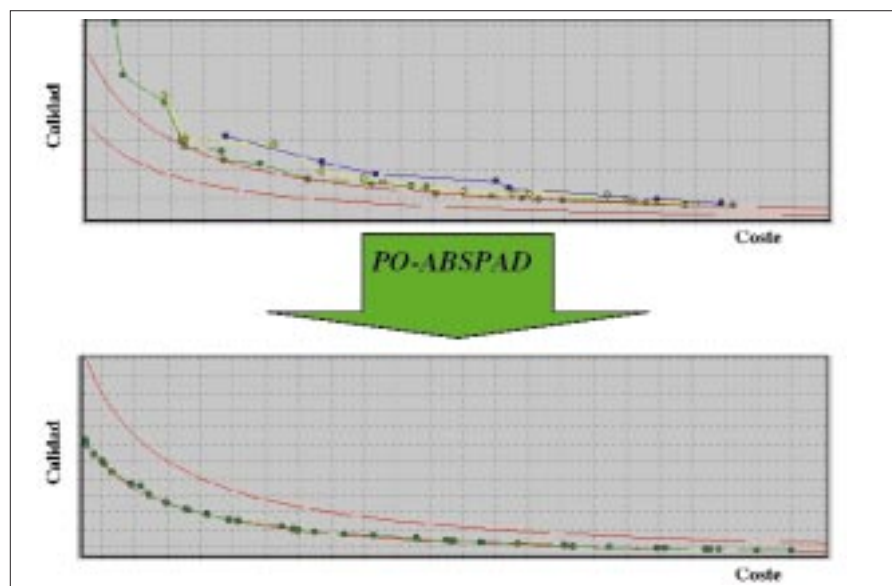


Figura 1. Orientación de un PO-ABSPAD hacia la frontera óptima de Pareto.

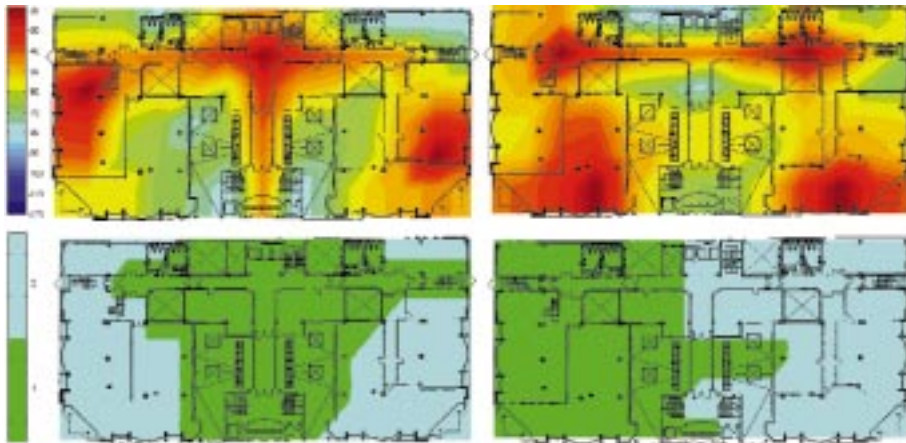


Figura 2. Nivel de señal (superior) y distribución celular (inferior) en una planta de 2 de las 35 soluciones generadas automáticamente por el PO-ABSPAD.

transmisoras. Una cantidad y disposición de transmisores determinada constituye una configuración de red concreta, cuya característica radioeléctrica se estima utilizando alguna técnica de predicción de la propagación radio. El algoritmo de búsqueda del sistema modifica el número y situación de antenas para encontrar las mejores configuraciones medidas mediante unas figuras de mérito u objetivos, como por ejemplo el coste económico.

Este tipo de problemas recibe el nombre de problemas de optimización multiobjetivo. Como los objetivos pueden ser conflictivos, no existe una única solución que sea el mínimo (o máximo) global de todos, en lugar de esto existe una serie de soluciones que son un compromiso entre todas las condiciones, son las soluciones óptimas de Pareto.

ORIENTACIÓN HACIA LA FRONTERA ÓPTIMA DE PARETO

Para ilustrar este concepto de reciente introducción en la ingeniería, en las gráficas de la figura 1 aparece el caso simple creado artificialmente de minimizar dos objetivos, los puntos son diferentes configuraciones de antenas, el eje de ordenadas es el coste económico y el de abscisas la degradación

de la calidad. La gráfica superior muestra el estado de partida.

Como el problema fue creado matemáticamente sabemos que las soluciones óptimas se encuentran sobre la hipérbola roja inferior dibujada en cada gráfica, es la llamada frontera óptima de Pareto.

En su búsqueda de la frontera óptima, el sistema debe resolver un problema complejo de optimización combinatorial *NP-hard* con múltiples mínimos locales, que carece de una solución analítica conocida y

donde los algoritmos deterministas habituales resultan ineficaces. Por ello, los PO-ABSPAD utilizan algoritmos genéticos, que son métodos de búsqueda robustos y eficaces inspirados en el proceso natural de la evolución biológica especialmente adecuados para la resolución de problemas multiobjetivo.

Lo realmente útil e innovador de los sistemas automáticos orientados a extraer la frontera óptima de Pareto es la flexibilidad derivada de tener las mejores soluciones posibles a la vez. Cuando se dispone de la curva o la relación calidad-coste del problema, la operadora puede realizar un análisis a un nivel mayor de abstracción y tomar decisiones basándose en factores puramente estratégicos empresariales.

EJEMPLO PRÁCTICO DE DISEÑO AUTOMÁTICO DE UNA RED DE INTERIORES DE TELEFONÍA MÓVIL

Por su flexibilidad y bajo coste, la solución generalmente empleada

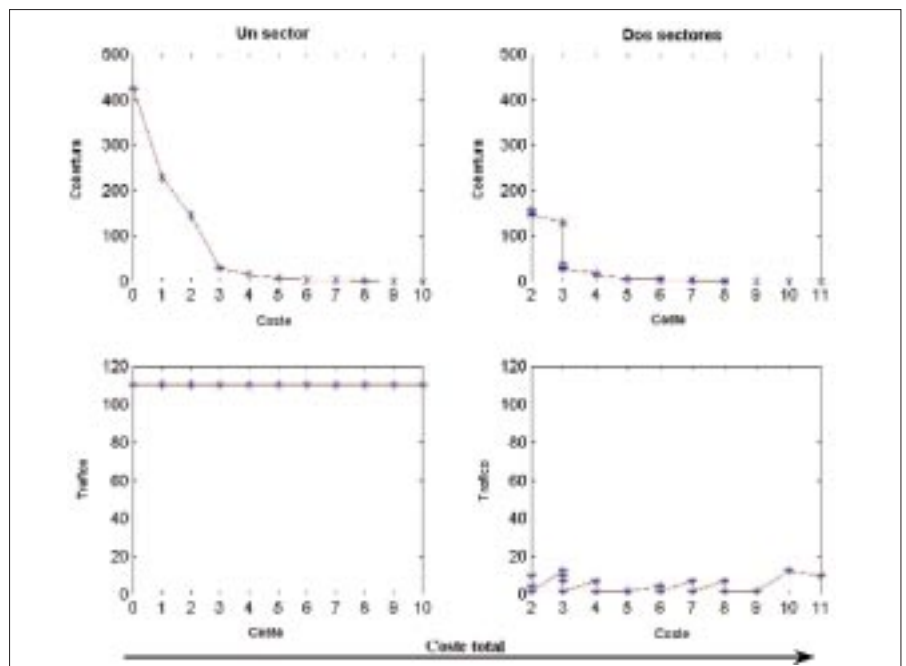


Figura 3. Frontera óptima de Pareto de la planta de la figura 2.

en la práctica por las operadoras consiste en alimentar un sistema pasivo de antenas distribuidas *DAS* (*Distributed Antenna System*).

Los condicionantes técnicos y económicos que aparecen en la práctica suelen obligar al empleo de equipos pequeños con menor capacidad de gestión de tráfico y suministro de potencia, lo que dependiendo de la dimensión de la red puede dar lugar a la necesidad de utilizar varios sectores o células. Entonces surge el problema de distribuir el tráfico de forma homogénea en un *DAS* multisectorial o multicelular, de lo contrario puede suceder que no fuese factible ofrecer la capacidad total teórica o la potencia necesaria. Se trata de una importante problemática que generalmente no se considera.

Al contrario de lo que sucede en las distribuciones de Infraestructura Común de Telecomunicaciones, cuya estructura de reparto suele seguir un patrón muy regular, las redes de interiores son muy irregulares, lo que implica una gran dificultad para lograr una distribución homogénea de potencia entre antenas.

Como ejemplo se expone de forma abreviada el diseño de una red de interiores 2.5G para un importante edificio con seis plantas de oficinas y tres de sótanos/aparcamientos, con una superficie de 1800 m² por planta y ocupado por 780 personas máximo aproximadamente. Se trata de un caso real ilustrativo de la explotación de una red comercial y especialmente complejo.

Las figuras de mérito u objetivos a minimizar utilizados por el *PO-ABSPAD* son, de forma somera, los tres siguientes:

1. La degradación de cobertura
2. El coste en número de antenas y sectores del diseño.
3. La diferencia de tráfico a cursar entre sectores.

Partiendo de un número máximo de antenas, el *PO-ABSPAD* consigue extraer automáticamente las soluciones en un espacio de búsqueda con un número de posibilidades mucho mayor que $2,9016357 \cdot 10^{16}$ por planta. Además se consiguen distribuciones de potencia entre antenas con desviaciones absolutas menores de 1 dB.

La figura 2 muestra la cobertura y la distribución celular (mejor servidora) en una planta, se representan los planos de 2 soluciones que cumplen todos los objetivos extraídas de las 35 en total de la frontera óptima de Pareto, ambas configuraciones son bisectoriales de 3 y 4 antenas respectivamente. Destaca la tendencia natural del *PO-ABSPAD* a generar soluciones donde las células se reparten equitativamente el espacio, lo cual en este caso es un resultado deseable si se persigue una distribución equilibrada del tráfico.

Las relaciones entre los objetivos cobertura-coste y tráfico-coste de la frontera óptima aparecen en la figura 3. Se observa que con un solo sector no se puede cursar todo el tráfico, pero si que se puede cumplir el objetivo de cobertura siempre que se instalen más de tres antenas.

La figura 4 detalla las soluciones que cumplen todos los objetivos, incluyendo las de la figura 2, 24 en total. Es evidente que a partir de cuatro antenas la mejoría de cobertura que se puede conseguir es mínima, como es lógico, con un número elevado de antenas es difícil un reparto equitativo del tráfico.

Una vez analizadas todas las soluciones posibles, el diseño final re-

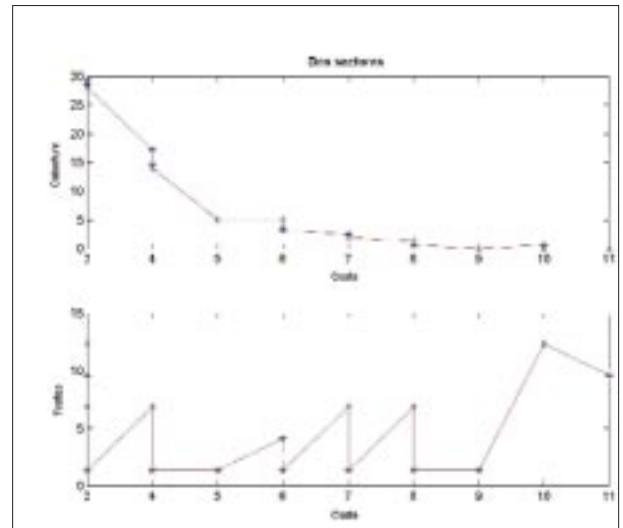


Figura 4. Soluciones que cumplen todos los objetivos.

sulta de elegir basándose en razones estratégicas empresariales la configuración para cada planta, que en el caso de la figura 2, por ejemplo, es la solución de la izquierda.

CONCLUSIONES

Los resultados de los *PO-ABSPAD* en la práctica demuestran su utilidad en la planificación de redes comerciales, así como los claros beneficios económicos y tecnológicos que se pueden obtener del desarrollo, difusión y perfeccionamiento de estos sistemas basados en las relaciones calidad-coste. Además, estas aplicaciones se asientan sobre un modelo lo suficientemente genérico como para ser empleado en el ámbito de cualquier tecnología, incluidas las WLAN.

Los prometedores resultados sobre las redes actuales animan a potenciar la relación universidad-empresa en el desarrollo de los *PO-ABSPAD*, más aún, si se tiene en cuenta que la cobertura interior será un factor crítico para el progreso de las redes 3G. Por ello, se considera que aquellas operadoras que aspiren a mantener una posición favorable en el mercado van a necesitar en algún momento estos sistemas para la expansión "vertical" de sus redes.