

Sistemas adaptivos para antenas de estaciones base

Anders Derneryd y Björn Johannisson

Los sistemas de antena adaptivos constituyen un área en la que se está realizando una considerable labor de desarrollo y numerosos ensayos prácticos para incrementar la capacidad de las redes de comunicación móvil. Ericsson ha creado antenas direccionales para uso en las bandas de frecuencia de 900, 1800 y 1900 MHz. Gracias a elementos de placas microstrip, matrices de Butler y varios haces de polarización doble, estas antenas proporcionan una gran ganancia y una excelente eficiencia espacial.

Los autores describen el hardware y configuraciones de las antenas adaptivas, así como los resultados medidos al trabajar en estaciones base provistas de antenas adaptivas.

CUADRO A, ACRONIMOS

C/I	Carrier to interference ratio
ERP	Equivalent radiated power
GSM	Global system for mobile communication
RF	Radio frequency
TDMA	Time-division multiple access

Introducción

El rápido crecimiento en el número de usuarios de comunicación móvil significa que muchos operadores deben encontrar nuevas formas de incrementar la capacidad de sus redes. Entre las opciones a escoger pueden citarse la asignación de más frecuencia, introducir técnicas de salto

de frecuencia y añadir microceldas y sistemas de antena adaptivos.

La introducción de nuevas bandas de frecuencia de 1800 y 1900 MHz es un ejemplo de asignación de frecuencia para aumentar la capacidad. Sin embargo, en comparación con los sistemas de 800 y 900 MHz, la comunicación móvil a 1800 y 1900 MHz exige más estaciones base y niveles más altos de potencia radiada.

Dentro del espectro de frecuencia disponible, la capacidad puede aumentarse implantando celdas más pequeñas, microceldas por ejemplo, para crear una red densa de estaciones base. Pero las redes de este tipo suelen considerarse como un elemento perturbador en la estética urbana, debido a las grandes cantidades de instalaciones de antena que comportan. De hecho, en muchas partes la petición general del público es que se instalen menos antenas, y que sean de menor tamaño y menos llamativas.

Otro problema asociado con la instalación de numerosas estaciones base es el costo que implica encontrar nuevas ubicaciones para las antenas y armarios. En consecuencia, son cada vez más los operadores que están interesados en sistemas de antena adaptivos como un medio para resolver su necesidad de mayor capacidad en la red.

Ericsson ha llevado a cabo una extensa labor de investigación y desarrollo en antenas de estaciones base avanzadas para la comunicación móvil. Dicha labor abarca tanto sistemas de antena adaptivos como activos. Con la introducción de productos de antena activos, como los Maxite de Ericsson, ahora los operadores pueden emplear unidades de estación base de pequeño tamaño con niveles altos de potencia radiada equivalente (ERP) y bajo consumo de energía.

Ericsson posee una amplia experiencia de productos de antenas direccionales, los cuales, gracias a un diseño técnico avanzado y a la integración de componentes de antena y electrónicos, constituyen soluciones de sistemas atractivas¹⁻⁴. Entre los ejemplos de productos en aplicaciones comerciales y de defensa pueden citarse

- Antenas activas Maxite (figura 1);
- La familia MINI-LINK (figura 2);
- El radar de advertencia anticipada aerotransportado Erieye (figura 3); y
- El radar de caza de artillería Arthur (figura 4).

Figura 1
Antena activa Maxite y estación base



Figura 2
MINI-LINK con antena integral.



Estaciones base con antenas discretas

Las instalaciones tradicionales de las antenas en las estaciones base de comunicación móvil utilizan diversas técnicas de diversidad de espacio, lo cual exige como mínimo que dos antenas señalen en la misma dirección y estén separadas entre sí por una distancia de 10 a 20

longitudes de onda. Una alternativa a la diversidad de espacio es la diversidad de polarización, que también hace que la antena sea menos visible.

La diversidad de polarización incrementa la ganancia mediante la recepción simultánea de dos señales ortogonales polarizadas desde una sola antena de polarización doble. En la mayoría de los casos la diversidad de polarización es tan eficiente como la diversidad de espacio. Por tanto, la introducción de la diversidad de polarización significa que el equipo puede consistir en una sola antena usada lo mismo para la transmisión que la recepción. Esta solución, además de ser mucho mejor desde el punto de vista estético, a menudo es de instalación más sencilla y económica. La figura 5 muestra una instalación de sistema de antena adaptiva en un emplazamiento existente. En total, el emplazamiento tiene nueve antenas de sector orientadas en tres direcciones diferentes. En cada dirección una antena de transmisión y dos de recepción usan diversidad de espacio. Cada juego de tres antenas puede reemplazarse por la instalación, mucho más pequeña, de un equipo de antena adaptiva, que proporciona aproximadamente la misma ganancia y cobertura que la disposición tradicional.

Configuraciones de antena adaptiva

Los sistemas de antena adaptiva son una forma prometedora de incrementar la capacidad de la red. Tienen una extensión horizontal que permite crear haces de antena estrechos en el plano de acimut. Un equipo de antenas también permite obtener resolución angular en el plano horizontal (ángulos de acimut) a los que puede tenerse acceso para identificar la posición de los terminales móviles a fin de determinar la distribución del tráfico.

En principio, los haces estrechos dirigidos hacia un terminal móvil reducen los niveles de interferencia en la red, incrementando así la capacidad. Con la elección adecuada de algoritmos de receptor es posible obtener una buena relación portadora-interferencia (C/I) en las señales recibidas de un terminal móvil. También pueden determinarse las direcciones angulares a terminales móviles e interferidores, lo cual reporta información suficiente para realizar una elección inteligente del haz transmitido con:

- Niveles de gran amplitud hacia el terminal móvil objetivo; y
- Niveles de baja interferencia en otras direcciones.

Para dirigir potencia radiada de una antena direccional a un haz estrecho pueden usarse varios métodos. El frente de fase preciso a lo largo de los elementos de antena que corresponde a un haz estrecho escaneado puede generarse mediante formación de haces digitales en el trans-



Figura 3
El radar aerotransportado de alarma anticipada Erieve

ceptor o en radiofrecuencia (RF), usando redes pasivas o cambiadores de fase.

Independientemente del método usado, se precisa formación de haz para asegurar coherencia de fase por todo el trayecto desde el formador de haz a los elementos de la antena. Cuando la formación de haz digital se realiza en los transceptores del armario de la estación base, los cables de alimentación entre el armario y la antena deben mantenerse en fase durante toda su vida de servicio.

Por otro lado, una red de formación de haz pasiva en la antena no exige coherencia de fase entre los transmisores de radio y el formador de haz, lo cual permite a los cables de alimentación tener una fase arbitraria. Con la formación de haz de RF en la antena, los requisitos de fase sólo implican líneas de transmisión dentro de la propia unidad de antena, como parte del diseño estándar de un sistema

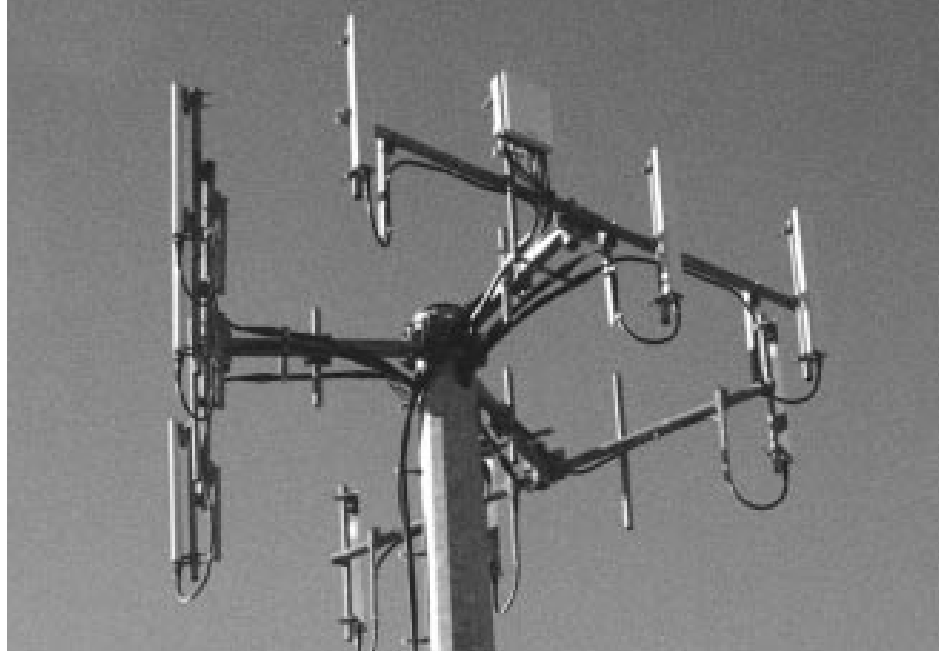
MARCAS REGISTRADAS

ERIEYE™, Maxite™ y MINI-LINK™ son marcas registradas de propiedad de Telefonaktiebolaget LM Ericsson, Estocolmo, Suecia.



Figura 4
Radar para caza de artillería Arthur.

Figura 5
Una antena adaptiva TDMA 1900 instalada en un emplazamiento tradicional de tres sectores junto con antenas de diversidad de espacio.



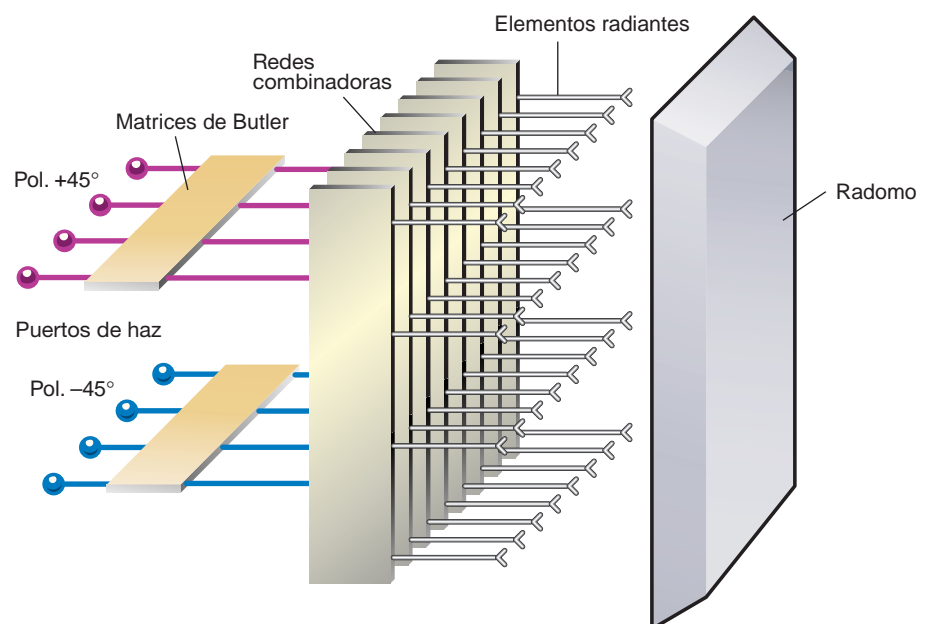
de antena. Un ejemplo de red pasiva es la matriz de Butler, que genera un conjunto de haces ortogonales simultáneos de una sola antena direccional y reduce al mínimo las pérdidas de formación de haz. En el diseño del sistema debe considerarse un descenso de ganancia de intersección entre los haces ortogonales. En condiciones ideales, la ganancia en

el punto de intersección usando una matriz de Butler es 3,9 dB inferior a la ganancia pico del haz.

Equipos de antena

Ericsson ha desarrollado equipos de antena bi-dimensionales para sistemas de estación base

Figura 6
Principios de una antena direccional de haz múltiple.



adaptivos. Estos equipos, que se han desarrollado para sistemas basados en normas GSM y TDMA (IS 136) trabajan en las gamas de frecuencia de 900, 1800 o 1900 MHz. Junto con Mannesmann Mobilfunk GmbH (GSM) y AT&T Wireless Services (DMA), Ericsson ha realizado pruebas prácticas en redes en servicio para evaluar las prestaciones de los sistemas adaptivos. Los resultados muestran que los sistemas de antena adaptivos incrementan considerablemente la capacidad.

La antena direccional adaptiva transmite y recibe señales de radiofrecuencia en haces estrechos dirigidos. La figura 6 muestra un esquema con el principio de un equipo multihaz compuesto de una antena multihaz de polarización doble con cuatro haces de acimut en cada una de dos polarizaciones ortogonales. La orientación de la polarización es lineal, inclinada $\pm 45^\circ$. Los elementos radiantes son placas microstrip acopladas por apertura, situadas en columnas espaciadas con una separación de media longitud de onda. Para cada polarización los elementos radiantes en cada columna se combinan en una red vertical. Una red formadora de haz horizontal (es decir, la matriz de Butler de cada polarización) combina las señales de elemento radiante a puertos de haz: cuatro haces con polarización de $+45^\circ$ y cuatro haces con polarización de -45° . Delante de la antena se coloca un radomo para protegerla del entorno. La misma antena direccional se usa para transmitir y recibir, y tiene que trabajar por la banda de frecuencias entera del sistema. Esto resulta posible gracias al diseño de banda ancha de las placas acopladas por apertura y las redes de alimentación.



Figura 7
Una antena direccional de haz múltiple GSM 900.

En GSM y TDMA, las estaciones base a veces deben transmitir un canal de control por toda la región del sector. Para satisfacer este requisito se ha introducido una función de antena de sector separada como parte del sistema de antena adaptivo. Una solución efectiva usa una columna adicional de elementos radiantes junto a las columnas de la antena direccional. Para obtener los mejores resultados, la desviación entre la configuración de radiación de antena de sector y la del haz múltiple de antena direccional debe ser lo más pequeña posible.

Además de mayor capacidad, el incremento en la ganancia de la antena también puede aprovecharse para ofrecer una mayor cobertura. La

REFERENCIAS

- 1 Dahlsjö, O., Ljungström, B. y Magnusson, H.: Fibre-Reinforced Plastic Composites in Sophisticated Antenna Designs, *Ericsson Review* 64 (1987):2, págs. 50-57.
- 2 Derneryd, A. y Wilhelmsson, H.: Dichroic Antenna Reflector for Space Applications, *Ericsson Review* 68 (1991):2, págs. 22-33.
- 3 Dahlsjö, O.: Antenna Research and Development at Ericsson, *IEEE Antennas and Propagation Magazine* 34, (April 1992): 2, págs. 7-17.
- 4 Ahlbom, S., Andersson, P. y Lagerlöf, R.: Sistema sueco de alarma anticipada aerotransportado con el radar ERIEYE de Ericsson, *Ericsson Review* 72 (1995):2, págs. 54-63.

CUADRO B, TÉRMINOS Y DEFINICIONES

C/I

La relación entre la señal deseada recibida y las señales de interferencia, usualmente expresada en dB.

ERP

En una dirección dada, la ganancia relativa de una antena en transmisión con respecto a la directividad máxima de un dipolo de semionda multiplicado por la potencia neta aceptada por la antena del transmisor conectado.

Lóbulo de retículo

Un lóbulo, aparte del lóbulo principal, producido por una antena direccional cuando el espacio entre elementos es lo suficientemente grande como para permitir la adición en fase de campos radiados en más de una dirección.

Polarización ortogonal

En un plano de polarización común, la polarización por la cual el producto interior del vector de polarización correspondiente y el de la polarización especificada es igual a cero.

Coherencia de fase

Cada elemento de antena debe ser alimentado con la fase de señal correcta para preservar la forma de haz general deseada. Esto significa que la adaptación de fase debe ser exacta desde el punto de vista de la formación de haz hasta los elementos de antena radiantes individuales.

Diversidad de polarización

Se usan componentes de polarización ortogonal para ofrecer recepción de diversidad. Se ofrece diversidad de dos ramales con una sola unidad de antena provista de elementos radiantes de polarización doble.

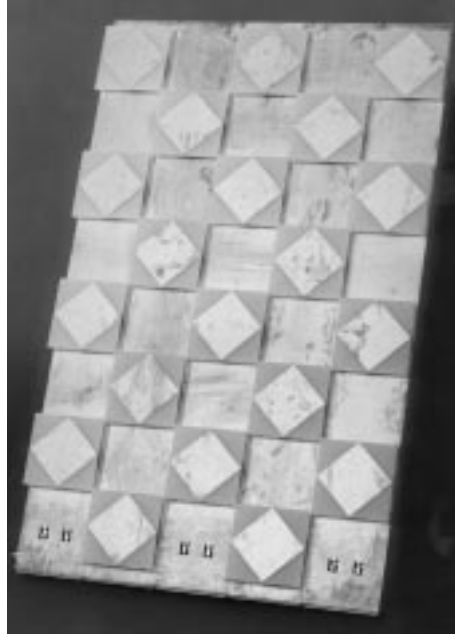
Radomo

Una cubierta, destinada normalmente para proteger una antena contra los efectos de su entorno físico sin perjudicar sus prestaciones eléctricas.

Diversidad de espacio

Se usan antenas de recepción múltiple para diversificar la recepción. Las antenas de la estación base deben estar espaciadas lo suficientemente como para conseguir descorrelación.

Figura 8
Disposición de elemento radiante de una antena direccional con antena de sector integrada.



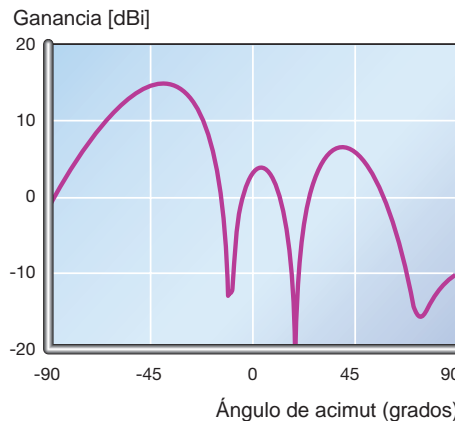
ganancia de la antena de GSM 900 (figura 7) es comparable con la de una antena de sector tradicional de más del doble de altura.

Una rejilla de elementos espaciada reduce las pérdidas de alimentación de la red y los efectos de acoplamiento entre los elementos radiantes. Por otro lado, para mantener control sobre el diagrama direccional de radiación en todas las posiciones de haz no deben generarse lóbulos de retículos. La figura 8 muestra una disposición de diagrama de elementos efectiva en el que las posiciones de los elementos radiantes se han optimizado para evitar lóbulos de retículos incluso en los haces más externos.

Las antenas descritas en este artículo usan matrices de Butler para producir redes de formación de haces horizontales. Una matriz de Butler tiene un número igual de puertos de antena y puertos de haz. Para cada polarización, se conecta una matriz de Butler separada a las columnas de placas microstrip. Intercalando los haces de dos polarizaciones, uno de cada dos haces tiene la polarización opuesta, lo cual reduce considerablemente las profundidades de intersección entre haces adyacentes.

Las figuras 9-12 muestran los diagramas de radiación del equipo. Concretamente, muestran los cuatro haces diferentes de una polarización. La figura 13 expone cada uno de los ocho haces de la antena.

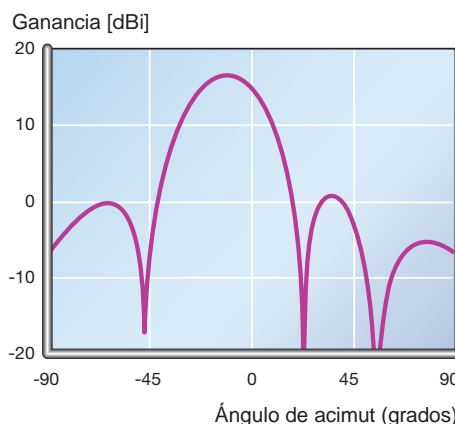
Figura 9
Configuración de radiación de haz: puerto de haz núm. 1.



Más eficiencia

Tradicionalmente, los armarios de estaciones base de comunicación móvil se han afirmado a

Figura 10
Configuración de radiación de haz: puerto de haz núm. 2.



antenas pasivas en un mástil. Para derivar una potencia de radiación suficiente de estas antenas ha sido necesario usar amplificadores de alto poder de salida y cables de alimentación de pérdidas bajas.

Aun cuando los amplificadores de alta potencia son de un rendimiento relativamente bueno, la eficiencia energética total de una estación base tradicional es baja, debido a que se genera una gran cantidad de calor en su armario. En consecuencia, tienen que instalarse acondicionadores de aire, que reducen aún más la eficiencia total de la estación base. Además, aun cuando se usen cables de pérdidas bajas, se pierde una cantidad de potencia considerable en el tránsito a la antena, así como en la red de combinación/distribución de energía de la antena. En el futuro, la introducción de antenas adaptivas, que emplean amplificadores de potencia distribuida a lo largo del sistema de antena, cerca de los elementos radiantes, puede incrementar considerablemente el aprovechamiento energético general.

Conclusión

Junto con operadores, Ericsson ha ensayado sistemas de antena adaptivos en redes de GSM y TDMA en servicio, demostrando que estas tecnologías permiten que los operadores puedan incrementar la capacidad de sus redes de comunicación móvil.

Además, el incremento en ganancia derivado de los sistemas de antena adaptivos hace que los operadores puedan ampliar la cobertura de una instalación de antena compacta.

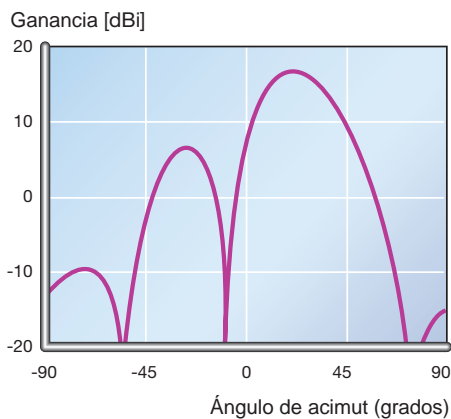


Figura 11
Configuración de radiación de haz: puerto de haz núm. 3.

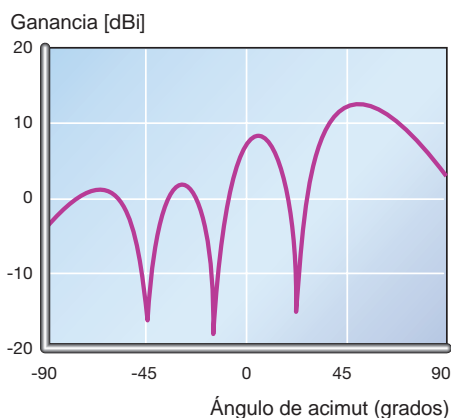


Figura 12
Configuración de radiación de haz: puerto de haz núm. 4.

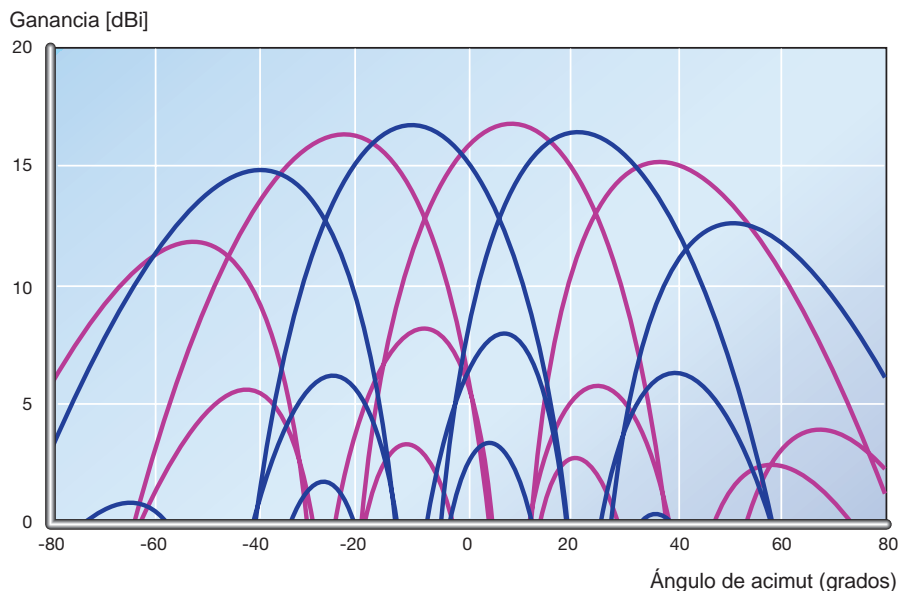


Figura 13
Configuración de radiación medida en una antena direccional de GSM 900 mostrando los ocho haces intercalados. Los haces de una polarización se indican con líneas rojas; los haces de la otra con líneas azules.