

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.856-1*

**NUEVAS TÉCNICAS Y SISTEMAS EFICACES DESDE
EL PUNTO DE VISTA DEL ESPECTRO**

(1992-1997)

Alcance

En esta Recomendación se facilitan métodos adicionales para reducir la interferencia y mejorar la utilización del espectro.

Palabras clave

Antena adaptativa, distancia de reutilización, cocanal, zona de cobertura

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado;
- b) que en zonas muy pobladas existe congestión del espectro en algunas bandas de frecuencias;
- c) que cuando se conocen los parámetros de diseño del sistema y la distribución geográfica de las estaciones, la mejora de la planificación técnica puede potenciar la utilización del espectro radioeléctrico;
- d) que debido al rápido desarrollo de los distintos servicios radioeléctricos, las condiciones de compartición en muchas bandas de frecuencia resultan cada vez más difíciles;
- e) que en muchos casos, es difícil o imposible asegurar la compartición mediante la separación convencional geográfica o de frecuencias;
- f) que los avances tecnológicos han hecho posible la aparición de nuevas técnicas y sistemas eficaces desde el punto de vista del espectro;
- g) que la utilización de compensadores de interferencia puede permitir un funcionamiento simultáneo de los enlaces que interfieren;
- h) que las pantallas especiales mejoran la selectividad espacial de la antena;
- j) que los sistemas de antena adaptativos reduce la interferencia en las frecuencias compartidas,

recomienda

1 que se considere la utilización de compensadores de interferencia, pantallas y antenas adaptativas (véase un ejemplo en el Anexo 1) como método adicional de reducir la interferencia y mejorar la utilización del espectro, permitiendo a los enlaces que interfieren funcionar simultáneamente, con un mínimo de interferencia.

NOTA 1 – Se incluirán ejemplos con objeto de aumentar la utilización del espectro.

ANEXO 1

**Reducción de la distancia de reutilización cocanal de la estación base
utilizando técnicas de antena adaptativa**

En la planificación de frecuencias convencional, las distancias de reutilización entre las estaciones base cocanal del servicio móvil terrestre deben ser lo suficientemente grandes como para que no se produzcan interferencias. Algunos

* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2018 y 2019, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

estudios han demostrado que si se utilizan antenas adaptativas, pueden insertarse estaciones base cocanal adicionales en una zona de servicio de forma que la separación resultante de todas las estaciones base puede reducirse en un factor de aproximadamente 0,625, con una repercusión mínima en sus zonas de cobertura. Esta distancia de reutilización de frecuencias reducida aumenta de manera efectiva la capacidad de servicio del espectro de frecuencias permitiendo una utilización más frecuente de los canales en la zona de servicio y dejando libres otros canales para cubrir otras zonas de servicio. Con objeto de demostrar que la utilización de antenas adaptativas es una tecnología eficaz desde el punto de vista del espectro, se llevó a cabo un estudio para verificar dicha eficacia.

1 Distancia de reutilización reducida

Las estaciones base cocanal con funcionamiento símplex normalmente tienen una separación suficiente (aproximadamente 120 km) de manera que no se producen interferencias y cada una de ellas funciona como un sistema autónomo. En el estudio se situaron de forma intencionada las estaciones a mayor proximidad, a unos dos tercios de la distancia de separación normal u 80 km, de forma que cada una de ellas interfiriese a otras, reduciéndose así sus zonas de cobertura. A continuación se instaló un sistema de antenas adaptativas en cada estación base para restablecer el funcionamiento normal con esa distancia de separación reducida.

2 Caracterización de las antenas adaptativas

La antena adaptativa utilizada fue un compensador del lóbulo lateral sencillo con antenas auxiliares (AUX) combinadas con la antena convencional (PRINCIPAL) mediante coeficientes adaptativos complejos (de ponderación; véanse las Figs. 1 y 2). Basándose en las señales procedentes de cada elemento del sistema de antenas auxiliares y en la suma de la señal de la antena principal y de las señales del sistema de antenas auxiliares, se determinó un algoritmo cuyos coeficientes se utilizaron para ponderar la señal de cada uno de los elementos del sistema de antenas auxiliares. El sistema de antenas adaptativas se activa únicamente cuando la señal interferente rebasa cierto nivel de intensidad con respecto a la señal deseada, por ejemplo 6 dB. La descripción de esta activación queda fuera del ámbito de este estudio pero podría basarse en la demodulación con éxito de tonos silenciadores, por ejemplo.

3 Zona de cobertura de cálculo

En el Cuadro 1 figuran los valores típicos de los parámetros utilizados en el estudio para establecer en el modelo la mínima separación de reutilización en la banda de ondas métricas.

FIGURA 1

Croquis de un compensador de lóbulos laterales adaptativo para reutilización móvil terrestre con estaciones base funcionando en modo símplex

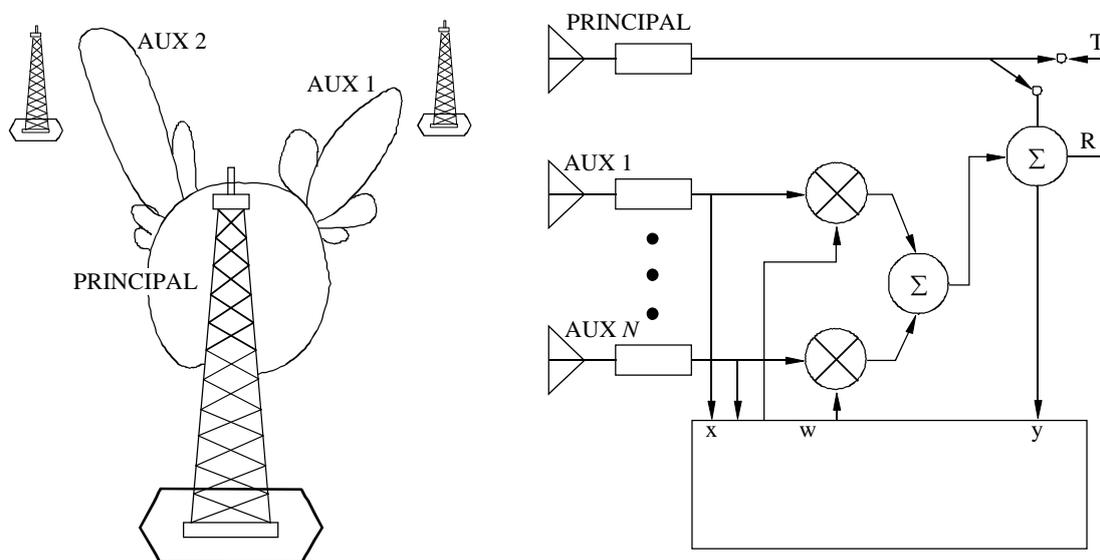
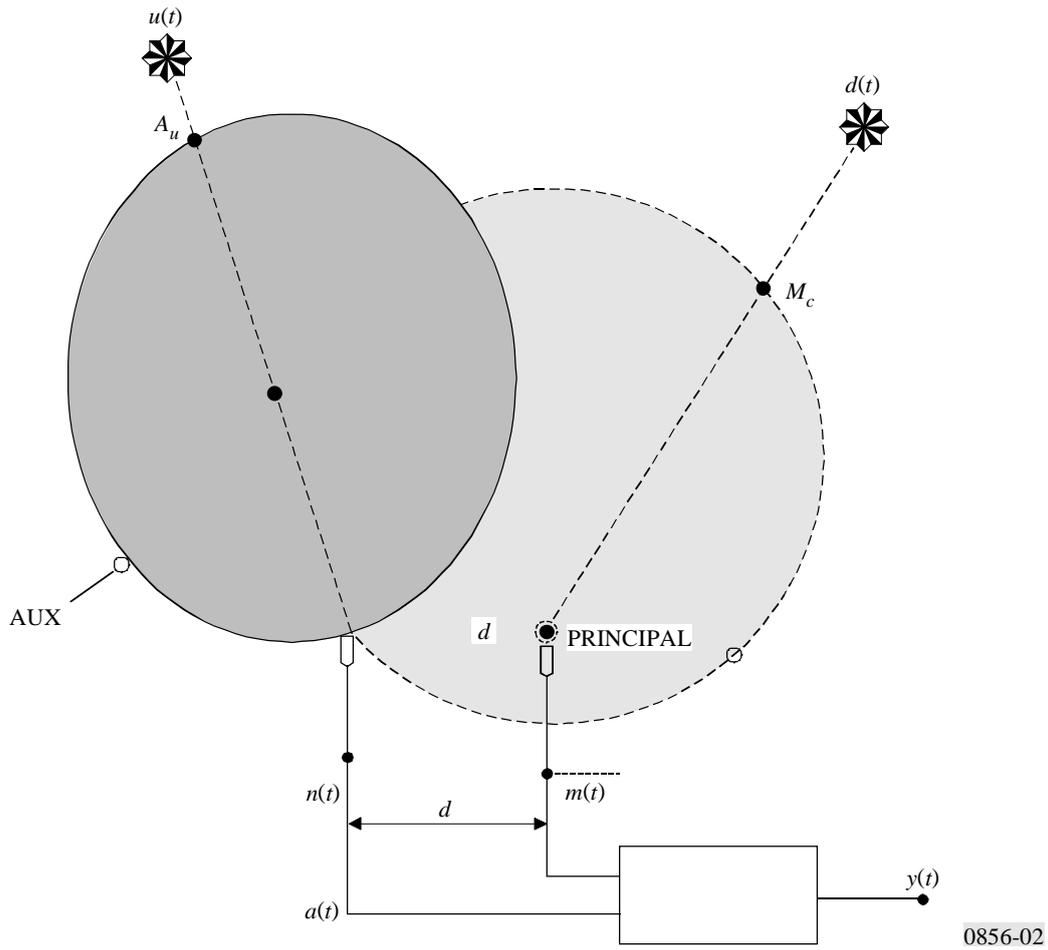


FIGURA 2

Representación de los diagramas de antena PRINCIPAL y de antena AUX y emplazamientos de las señales deseada e interferentes



CUADRO 1

Parámetros por defecto de una estación base de radiocomunicaciones móviles terrestres con funcionamiento en modo simplex en la banda de ondas métricas

Potencia del transmisor	Mínima potencia recibida de la estación móvil, P_r	Antena de transmisión y recepción de la estación base		Antena móvil	
$P_t = 30 \text{ W}$	$10 \log 10 P_r = -139 \text{ dBW}$	$h_t = 45 \text{ m}$	$g_t = 0 \text{ dB}$	$h_r = 2 \text{ m}$	$g_r = 0 \text{ dB}$
Pérdidas por variabilidad local en ondas métricas = 14 dB		Pérdidas en la línea = 0 dB		Pérdidas en la línea = 0 dB	

Utilizado un modelo de propagación sencillo de Tierra plana con ángulo de incidencia bajo, el radio aproximado de la cobertura de estación base, R , se calcula mediante la fórmula:

$$P_r = \frac{P_t g_t g_r (h_t h_r)^2}{R^4}$$

siendo:

- P_r : potencia mínima recibida de la estación móvil
- P_t : potencia del transmisor
- g_t, g_r : ganancias de la antena de la estación base y de las antenas de las estaciones móviles, respectivamente
- h_t, h_r : alturas de la antena de la estación base y de las antenas de las estaciones móviles, respectivamente.

La zona de cobertura se trazó utilizando una base de datos del terreno y un programa de simulación de propagación que calcula la intensidad de la señal interferente a partir de cálculos punto a punto entre dos estaciones base seleccionadas. Para determinar las diversas zonas de cobertura, se graduó una señal deseada de la estación móvil a través de todos los ángulos acimutales en la zona de cobertura a lo largo de los diversos contornos de intensidad de señal correspondientes a las distintas potencias de portadora recibidas en el receptor base. La zona de cobertura autónoma queda definida por los contornos de intensidad de señal mínima. El contorno de cobertura interferida corresponde a una intensidad de señal 6 dB por encima de la intensidad de interferencia más elevada procedente de cualquier otra estación base. La antena adaptativa de la estación base se activaría únicamente cuando el móvil se encuentre entre estos contornos. Ello corresponde a una zona en la que la relación C/I de la estación base es inferior a 6 dB, representando una pérdida de cobertura. La antena adaptativa restablece la cobertura en esta zona salvo en los sectores angulares correspondientes a la dirección de la estación base de interferencia.

4 Conclusiones

La distancia de reutilización se redujo en un factor medio de 0,625 en el ejemplo mostrado. En este estudio, al introducir la estación base cocanal adicional, los cálculos en la zona demostraron que sin una antena adaptativa cada una de las estaciones base perdería un tercio de su zona de cobertura a causa de la interferencia procedente del resto de estaciones. Sin embargo, con una antena adaptativa sólo se pierde un 7,6% de la cobertura. Pueden lograrse notables mejoras en la distancia de reutilización utilizando en la estación base antenas sencillas adaptativas subóptimas para radiocomunicaciones móviles terrestres en la banda de ondas métricas. Este tipo de sistema de antenas adaptativas se ha convertido en un producto aplicable a las estaciones base celulares. Los prometedores resultados de este estudio demuestran que también pueden aplicarse a sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres. En consecuencia, con la tecnología existente hoy en día puede reducirse la distancia de reutilización entre las estaciones base cocanal. Se seleccionaron sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres con funcionamiento símplex debido a que un sistema de antenas adaptativas es un método de suprimir la interferencia resultante cocanal utilizable a corto plazo, económico y que puede aplicarse directamente a tales sistemas.
