

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1708

**Mediciones de intensidad de campo a lo largo de una ruta
con registros de las coordenadas geográficas**

(Cuestiones UIT-R 214/1 y UIT-R 215/1)

(2005)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que está aumentando el número de redes móviles que utilizan distintos tipos de modulación y técnicas de acceso;
- b) que para asegurar una utilización eficaz del espectro es necesario que las administraciones conozcan la cobertura radioeléctrica de las redes;
- c) que para la predicción de la intensidad de campo es necesario realizar mediciones prácticas llevadas a cabo mediante los procedimientos de comprobación técnica de las emisiones;
- d) que las mediciones móviles de la intensidad de campo constituyen algunas veces la única solución para determinar la cobertura radioeléctrica en una zona extensa;
- e) que es posible que los reguladores necesiten cotejar la cobertura de una red con respecto a lo que dispone la licencia;
- f) que las administraciones utilizan diferentes métodos de medición móvil de la intensidad de campo,

reconociendo

- a) que es necesaria la utilización de procedimientos de medición comunes con el fin de lograr que las partes implicadas acepten mutuamente los resultados de medición,

recomienda

- 1 que se utilice el método descrito en el Anexo 1 para realizar las mediciones de la intensidad de campo de las señales con polarización vertical a lo largo de una ruta.

Anexo 1**1 Generalidades**

Influenciados por las condiciones de recepción local, los valores reales de la intensidad de campo pueden variar considerablemente con respecto a sus valores previstos; por lo tanto, estos valores deben comprobarse a través de mediciones para establecer la cobertura radioeléctrica de la intensidad de campo de una zona extensa.

El registro de los resultados de prueba deben consignarse junto con los datos de las coordenadas geográficas para ubicar los emplazamientos donde se llevaron a cabo las mediciones y presentar los resultados que se recopilaron en las carreteras más accesibles de la zona en cuestión.

En lugar de medir la intensidad de campo real, a veces es necesario medir la tensión de salida de una antena de usuario (la antena típica del servicio considerado) para evaluar la cobertura radioeléctrica.

Los sistemas de redes digitales (tales como GSM, DCS1800, y UMTS o DAB, DVB-T) son sensibles a los efectos de la recepción reflejada. En este caso, además de medir el nivel de la señal, es necesario llevar a cabo una medición de la calidad de recepción, determinando la proporción de bits erróneos (BER) o la respuesta impulsiva del canal, a fin de evaluar la calidad de funcionamiento del sistema. Utilizando llamadas realizadas de manera automática, estas mediciones pueden llevarse a cabo en redes digitales en funcionamiento sin producir efectos adversos.

Para realizar mediciones a lo largo de una ruta, es necesario que haya una transmisión continua.

2 Resultados de la medición móvil de la intensidad de campo

Debido al efecto de las señales reflejadas, la intensidad de campo a lo largo de una ruta puede presentar fluctuaciones considerables. El resultado de una sola medición puede coincidir con el valor mínimo o máximo de reflexión, el cual también se ve afectado por la altura de la antena receptora, la estación del año, las condiciones meteorológicas, la vegetación y el grado de humedad de los alrededores. Todo ello que puede falsear dicho resultado.

Teniendo en cuenta los factores antes mencionados, los resultados de prueba reproducibles de la intensidad de campo pueden calcularse a partir de un número considerable de lecturas de datos sin procesar, mediante tratamiento estadístico de los mismos.

3 Cálculo de la intensidad de campo

Conociendo la tensión de salida de la antena (que normalmente se mide en $\text{dB}(\mu\text{V})$), el factor de antena y la atenuación del trayecto de la señal de la antena, el valor de la intensidad de campo puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$e = v_o + k + a_c$$

donde:

e : componente de la intensidad de campo eléctrico ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$)

v_o : tensión de salida de la antena ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$)

k : factor de antena ($\text{dB}(\text{m}^{-1})$)

a_c : atenuación del trayecto de la señal de la antena (dB).

Existe la posibilidad de leer el resultado de la intensidad de campo directamente en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ utilizando ciertos receptores de prueba, para lo cual es necesario introducir previamente en la memoria del receptor el factor de antena y la atenuación del trayecto de la señal resumidos.

4 Antenas de medición

Durante la medición, se emplean antenas de prueba de una altura de 1,5 ... 3 m. El resultado se considerará como si la medición se hubiera llevado a cabo a una altura de 3 m.

5 Configuración del receptor de prueba

5.1 Gama dinámica

La gama dinámica de funcionamiento del receptor de medición debe ser ≥ 60 dB.

5.2 Funciones y anchuras de banda del detector para los distintos tipos de señal

La anchura de banda del receptor debe ser lo suficientemente amplia para recibir la señal, incluidas las partes esenciales del espectro de modulación. El tipo de detector debe determinarse dependiendo de las características y del modo de modulación de la señal probada.

Ejemplo de tipos de señal	Mínima anchura de banda (kHz)	Función del detector	
Banda lateral doble con modulación de amplitud	9 ó 10	Promedio lineal	
Banda lateral única con modulación de amplitud	2,4	Nivel máximo	
Señal de radiodifusión con modulación de frecuencia	170 o superior	Promedio lineal (o logarítmico)	
Portadora de televisión	200 o superior	Nivel máximo	
Señal GSM	300	Valor eficaz	
Señal DAB	1 500		
Señal DVB-T			
Sistemas: 6 MHz	6 000		
7 MHz	7 000		
8 MHz	8 000		
Señal TETRA	30		
Señal UMTS	3 840		
Radiocomunicaciones con modulación de frecuencia en banda estrecha			
Separación de canales	12,5 kHz	7,5	Promedio lineal (o logarítmico)
	20 kHz	12	Promedio lineal (o logarítmico)
	25 kHz	12	Promedio lineal (o logarítmico)

GSM: Sistema mundial para comunicaciones móviles

DAB: Radiodifusión de audio digital

DVB-T: Radiodifusión de televisión digital terrenal

TETRA: Sistema radioeléctrico terrenal con concentración de enlaces

UMTS: Sistema de telecomunicaciones móviles universales, tecnología específica dentro de la familia de las IMT-2000.

6 Velocidad del vehículo

La velocidad del vehículo debe ser adecuada a la longitud de onda del número de señales probadas con distintas frecuencias medidas simultáneamente y al tiempo de medición más corto del receptor de prueba que se utiliza:

$$V \text{ (km/h)} \leq \frac{864}{f \text{ (MHz)} \times t_r \text{ (s)}}$$

donde t_r es el tiempo mínimo indicado por las especificaciones del receptor para reexaminar una sola frecuencia.

7 Número necesario de puntos de medición e intervalo promedio

A efectos de evaluación estadística (método Lee)*, el número de puntos de muestra debe escogerse de tal manera que los resultados presenten el proceso de cambio paulatino de la intensidad de campo (efecto de desvanecimiento a largo plazo), y en mayor o menor medida, reflejen además las características locales (instantáneas) (efecto de desvanecimiento a corto plazo) de la distribución de intensidad de campo.

Para obtener un margen de seguridad de 1 dB alrededor del valor medio real, las muestras de los puntos de prueba deben escogerse con una separación de $0,8 \lambda$ (longitud de onda), en el intervalo promedio de 40λ (50 valores medidos en 40 longitudes de onda).

8 Sistemas de navegación y de posicionamiento

8.1 Sistema de determinación de la posición por proximidad

La distancia desde el punto de partida se calcula con la ayuda de un transductor distancia-impulso acoplado a una rueda sin tracción del vehículo de prueba, mientras que el giróscopo mecánico suministra información sobre el rumbo. La precisión en la determinación de la posición depende de la precisión con que se haya registrado el punto de partida y de la distancia recorrida por el vehículo de prueba.

8.2 Sistema mundial de determinación de la posición (GPS)

Los sistemas (GPS) comercializados sólo pueden dar la posición con una precisión de pocos metros y no funcionan en túneles, calles estrechas o valles. Pese a ello, estos sistemas constituyen el método que más se utiliza a la hora de fijar emplazamientos para realizar las mediciones de intensidad de campo.

La precisión de los sistemas (GPS) normalizados es relativamente suficiente cuando se hacen pruebas sobre la cobertura de la radiodifusión de una estación de televisión o de radiodifusión sonora.

Para probar un sistema microcelular digital en una zona urbana se necesita una precisión en la determinación del emplazamiento de unos pocos metros.

8.3 Sistema de navegación complejo

Este sistema es la combinación de los sistemas antes mencionados. Estos sistemas de navegación suministran ininterrumpidamente información sobre la posición, la hora, el rumbo y el itinerario sin tener que recurrir al operador manual.

9 Recopilación y procesamiento de datos

El promedio, los valores de cresta máximos/mínimos, la evaluación estadística o el nivel de probabilidad de rebasamiento de los resultados pueden obtenerse mediante los siguientes métodos de medición y evaluación.

* Mr. William C.Y. Lee «Mobile communications design fundamentals» ISBN número: 0-471-57446-5.

9.1 Resultado de la medición recopilado sin reducción de datos (datos sin procesar sobre la intensidad de campo)

Debido a la variedad de efectos del desvanecimiento y la reflexión, no se puede reproducir un solo resultado de prueba y, por lo tanto, no puede representarse directamente el valor de la intensidad de campo de un punto de prueba. Los datos en bruto pueden procesarse posteriormente según convenga (véanse los § 9.2.1 y 9.2.2).

9.2 Resultado de la medición recopilado con reducción de datos

Este método permite reducir considerablemente la cantidad de datos sin procesar registrados mediante el tratamiento estadísticos de los datos.

9.2.1 Valores promediados

Algunos receptores de prueba son capaces de llevar a cabo una clasificación interna de los resultados de prueba mediante intervalos de usuario previamente definidos. El usuario puede seleccionar los intervalos de evaluación de hasta unas 10 000 muestras medidas, pero cada intervalo debe contener al menos 100 valores.

Sólo se almacenan en el disco duro los valores aritméticos promediados del número previamente definido de resultados de prueba, que se indican en el mapa final de la cobertura radioeléctrica.

9.2.2 Clasificación de los resultados conforme al nivel de probabilidad de rebasamiento

Durante las mediciones, los resultados se clasifican de acuerdo con la probabilidad de rebasamiento, entre 1-99%. Estos valores porcentuales representan la probabilidad de rebasar el nivel de intensidad de campo aplicable. Sus valores típicos son 1; 10; 50; 90 y 99%. El valor mediano, 50%, es el más utilizado en los estudios sobre propagación.

Cabe señalar que los receptores requieren algunos milisegundos para evaluar la clasificación, de modo que durante este tiempo no se tienen en cuenta los impulsos de activación, y por consiguiente, no se pueden obtener nuevos datos sobre la medición.

10 Presentación de los datos

Utilizando el monitor incorporado en el controlador de procesamiento, el monitor en color de un PC externo y una impresora o un trazador de gráficos, es posible hacer las siguientes representaciones:

10.1 Representación de los datos sin procesar en forma tabular

Ventajas: Proporciona información detallada sobre los efectos de desvanecimiento local. Los resultados pueden convertirse en cualquier tipo de resultados fáciles de interpretar, aplicando procesos matemáticos o estadísticos.

Inconvenientes: Excesivo volumen de datos. No pueden repetirse los resultados de cada caso.

10.2 Trazado de gráficos en coordenadas cartesianas

La representación gráfica de los datos procesados de la intensidad de campo se trazan en coordenadas cartesianas en función de la distancia, indicando los valores medianos calculados.

Ventajas: Proporciona resultados rápidos y fáciles de consultar acerca de la distribución y los emplazamientos por debajo de un determinado nivel umbral de la intensidad de campo.

Inconvenientes: Es difícil relacionar los resultados con los lugares exactos en los que se llevaron a cabo las mediciones.

10.3 Presentación

Se visualiza una línea multicolor para representar los niveles procesados de la intensidad de campo (por ejemplo, con una escala de 10 dB(μ V/m)) o el nivel de las probabilidades de rebasamiento (entre 1 y 99%) en el mapa de carreteras.

La escala del mapa escogido debe corresponder al tamaño de la zona cubierta por la señal radioeléctrica que se está examinando y a la resolución necesaria de los resultados procesados de la intensidad de campo. Debido a la escala del mapa, los intervalos representados pueden incluir los múltiples intervalos promediados. La resolución de los resultados presentados debe determinarse de tal manera que se puedan trazar gráficamente peculiaridades locales sin que la línea coloreada sea demasiado llamativa.

Si existiese la necesidad de representar los intervalos promediados con una resolución mayor (por ejemplo, cuando se representan los resultados en microcélulas), el sistema debe ser capaz de agrandar o disminuir el mapa según convenga.

Si durante las mediciones se registran simultáneamente dos series de datos (por ejemplo, intensidad de campo y BER), es conveniente representarlos juntos, mediante dos líneas paralelas coloreadas a lo largo de las carreteras trazadas en el mapa.

Ventajas: Los resultados de prueba pueden agruparse para mostrar el lugar exacto donde se llevaron a cabo las mediciones. Permite la visualización rápida y fácil de los resultados sobre la distribución y ofrece la posibilidad de no rebasar un determinado nivel umbral de la intensidad de campo.

Inconvenientes: La resolución del intervalo trazado puede ser mayor que la del intervalo procesado. Por consiguiente, puede restarle importancia a las características locales de la intensidad de campo.
