

RECOMENDACIÓN UIT-R P.1145

**DATOS DE PROPAGACIÓN PARA EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE TERRENAL
EN LAS BANDAS DE ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS**

(Cuestión UIT-R 203/3)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario tener información sobre aspectos de la propagación que pueden afectar a los servicios móviles terrestres terrenales,

recomienda

1 que en el diseño y planificación de tales servicios se tenga en cuenta la información contenida en el Anexo 1.

ANEXO 1

1 Introducción

Esta Recomendación ofrece información sobre los diversos aspectos de la propagación que probablemente afectarán a los servicios móviles terrestres terrenales. Dichos aspectos deben tenerse en cuenta al diseñar y planificar esos servicios.

2 Fenómenos de despolarización

En el ámbito móvil terrestre, la polarización original de la energía transmitida puede ser parcial o totalmente modificada en función de la difracción y la reflexión de las ondas radioeléctricas. Conviene tener en cuenta este efecto de despolarización, mediante la utilización del factor de discriminación por polarización cruzada tal como ha sido definido en la Recomendación UIT-R P.310.

Las mediciones de la XPD en 900 MHz muestran que:

- la XPD depende poco de la distancia,
- la XPD media en zonas urbanas y residenciales varía de 5 a 8 dB, y es superior a 10 dB en zonas despejadas,
- la correlación media entre polarización vertical y horizontal es igual a cero.

La XPD aumenta al disminuir la frecuencia hasta unos 18 dB a 35 MHz.

La XPD obedece a una distribución log-normal, con una desviación típica que hasta cierto punto depende de la frecuencia. En la gama de frecuencias 30 a 1 000 MHz, el valor medio de la diferencia entre los valores 10% y 90% es de unos 15 dB. A este respecto, se ha observado sólo una ligera diferencia entre el caso de polarización inicial vertical y el de polarización inicial horizontal.

Se ha comprobado que la despolarización varía en función del tiempo de dos modos distintos. Puede producirse una variación lenta, provocada por una modificación de las características eléctricas del suelo con las condiciones meteorológicas. Este efecto es tanto más marcado cuanto más baja es la frecuencia. El otro modo de variación de la despolarización en el tiempo se debe al movimiento de los árboles, que da lugar a un fenómeno de desvanecimiento por despolarización cuya amplitud alcanza varios decibelios, incluso cuando la velocidad del viento es muy moderada.

3 Pérdidas debidas a la cobertura terrestre

Estas pérdidas serán probablemente muy importantes para el servicio móvil terrestre. Dependen de la categoría del terreno, de la extensión de la vegetación y del emplazamiento, densidad y altura de los edificios. Estos aspectos se tratan en las Recomendaciones UIT-R P.1058, UIT-R P.833 y UIT-R P.1146.

4 Dependencia de la intensidad de campo con respecto al tiempo, emplazamiento y naturaleza del terreno

La intensidad de campo recibida variará con la hora, con el emplazamiento (en una pequeña zona de unos 200 m × 200 m) y con la naturaleza del terreno.

Las influencias a gran escala del terreno se tienen en cuenta en los procedimientos de predicción más exactos que utilizan la teoría de la difracción.

La desviación típica de la variabilidad del emplazamiento, σ_L , es de 8 dB en ondas métricas y de 10 dB en ondas decimétricas, en las zonas rurales.

La desviación típica de la variabilidad de la hora, σ_t , viene dada en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Desviación típica σ_t

Banda	d (km)	σ_t (dB)			
		50	100	150	175
Ondas métricas	Tierra y mar	3	7	9	11
Ondas decimétricas	Tierra	2	5	7	
	Mar	9	14	20	

La desviación típica total viene dada por :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_t^2} \quad (1)$$

5 Propagación por trayectos múltiples

En los sistemas radioeléctricos con alturas de antena pequeñas, la señal directa entre el transmisor y el receptor está muy a menudo acompañada por diversos ecos procedentes de objetos que reflejan o dispersan las ondas radioeléctricas. Los elementos distantes de reflexión o dispersión originan ecos persistentes con retardos temporales relativamente largos. Por otra parte, el efecto de las reflexiones procedentes de objetos próximos origina un gran número de señales con amplitudes, fases y ángulos de llegada aleatorios y retardos de tiempo breves. En el caso de los sistemas radioeléctricos móviles esta geometría de multitrayecto cambia con el tiempo a medida que el vehículo recorre su ruta. Aunque la estructura macroscópica del multitrayecto varía lentamente, las modificaciones de las condiciones de dispersión locales pueden ser muy rápidas. Este último efecto se manifiesta como un desvanecimiento rápido o desplazamiento Doppler en el canal radioeléctrico. Las amplitudes de la señal directa y de los ecos pueden experimentar fluctuaciones rápidas alterando, en consecuencia, la respuesta al impulso del canal con un ritmo que es proporcional a la velocidad del móvil

(y a los dispersores). En consecuencia, un receptor debe ser capaz de afrontar la distorsión debida a los ecos del canal, así como las rápidas variaciones en la naturaleza de esta distorsión. A tales características del canal radioeléctrico móvil se les denomina «perfiles de retardo de potencia» y «espectro Doppler» y se obtienen mediante mediciones de sondeo del canal en banda ancha.

Las señales transmitidas hacia y desde vehículos en movimiento en medios urbanos o boscosos muestran considerables variaciones en la amplitud debida a la dispersión múltiple. Son corrientes los desvanecimientos de 30 dB o más por debajo del nivel medio. La intensidad de campo instantáneo medida en distancias de unas cuantas decenas de longitudes de onda, presenta una distribución que se aproxima a la de Rayleigh. Los valores medios de esas distribuciones para un sector pequeño varían considerablemente de una zona a otra, según la altura, la densidad y la distribución de colinas, árboles, edificios y otras estructuras.

Las características de propagación por trayectos múltiples son un factor importante para controlar la calidad de las comunicaciones móviles digitales. Físicamente, las características de propagación por trayectos múltiples incluyen el número de trayectos, las amplitudes, la diferencia de longitudes de trayecto (retardo), y el ángulo de llegada. Esto puede caracterizarse por la función transferencia del trayecto de propagación (características amplitud-frecuencia) y la anchura de banda de correlación.

Se ha demostrado que un canal lineal variable con el tiempo puede caracterizarse mediante un filtro transversal lineal. La salida de este filtro proporciona una suma de las versiones de la señal de entrada con retardo y con desplazamiento Doppler. Se representa entonces el canal mediante la «función retardo-dispersión-Doppler», denominada a veces función de dispersión. Esta función representa el fenómeno del multitrayecto en tres dimensiones: retardo en exceso, frecuencia Doppler y densidad de potencia. Esta formulación resulta particularmente adecuada para la construcción de un simulador electrónico en forma de filtro transversal dinámico.

A continuación se indican los parámetros adecuados para la descripción estadística de los efectos multitrayecto:

Estos parámetros pueden calcularse a partir de perfiles de retardo de la potencia instantánea o de perfiles promediados en unas cuantas longitudes de ondas.

El «retardo medio» es la media de los retardos suplementarios ponderados por su potencia y viene dado por el primer momento de la respuesta al impulso.

La «dispersión del retardo» es la desviación típica de los retardos suplementarios ponderados por su potencia y viene dada por el segundo momento de la respuesta al impulso. Proporciona una medida de la variabilidad del retardo medio.

La «ventana del retardo» es el intervalo de la porción intermedia del perfil de potencia que contiene un cierto porcentaje de la energía total de esa respuesta al impulso.

El «intervalo de retardo» se define como el intervalo de la respuesta al impulso entre dos valores del retardo suplementario que señalan el primer instante en que la amplitud de la respuesta al impulso rebasa un umbral determinado y el último momento en que es menor que dicho umbral.

La «anchura de banda de correlación» se define como la frecuencia para la cual la función de autocorrelación de la función de transferencia cae por debajo de un determinado umbral.

La «energía total» P_m , de la respuesta al impulso es:

$$P_m = \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt \quad (2)$$

donde:

$P(t)$: densidad de potencia de la respuesta al impulso

t : retardo en exceso

t_0 : instante en el que $P(t)$ rebasa el nivel de corte por primera vez

t_3 : instante en el que $P(t)$ rebasa el nivel de corte por última vez.

El «retardo medio», T_D , viene dado por el primer momento de la respuesta al impulso:

$$T_D = \frac{1}{P_m} \int_{t_{LOS}}^{t_3} (t - t_{LOS}) P(t) dt \quad (3)$$

donde t_{LOS} es el retardo correspondiente al trayecto de visibilidad directa (LOS). La respuesta al impulso no puede comenzar antes de t_{LOS} , aunque, sin embargo, puede iniciarse en ($t_0 \geq t_{LOS}$).

La «dispersión del retardo», S , definida por la raíz cuadrada del segundo momento central es:

$$S = \sqrt{\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t^2 P(t) dt - \left[\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t P(t) dt \right]^2} \quad (4)$$

La «ventana de retardo», W_q , es la longitud de la porción central de la respuesta al impulso que contiene un cierto porcentaje q de la energía total:

$$W_q = (t_2 - t_1) \quad (5)$$

donde los límites t_1 y t_2 están definidos mediante:

$$\int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = q \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt = q P_m \quad (6)$$

y la energía fuera de la ventana se reparte en dos partes iguales $(1 - q/2) P_m$.

Se define el «intervalo de retardo», I_{th} , como la diferencia de tiempo entre el instante t_4 en que la amplitud de la respuesta al impulso rebasa por primera vez un umbral determinado P_{th} , y el instante t_5 en el que decae con respecto a ese umbral por última vez:

$$I_{th} = (t_5 - t_4) \quad (7)$$

La transformada de Fourier de la densidad de potencia de la propuesta al impulso da la autocorrelación $C(f)$ de la función de transferencia:

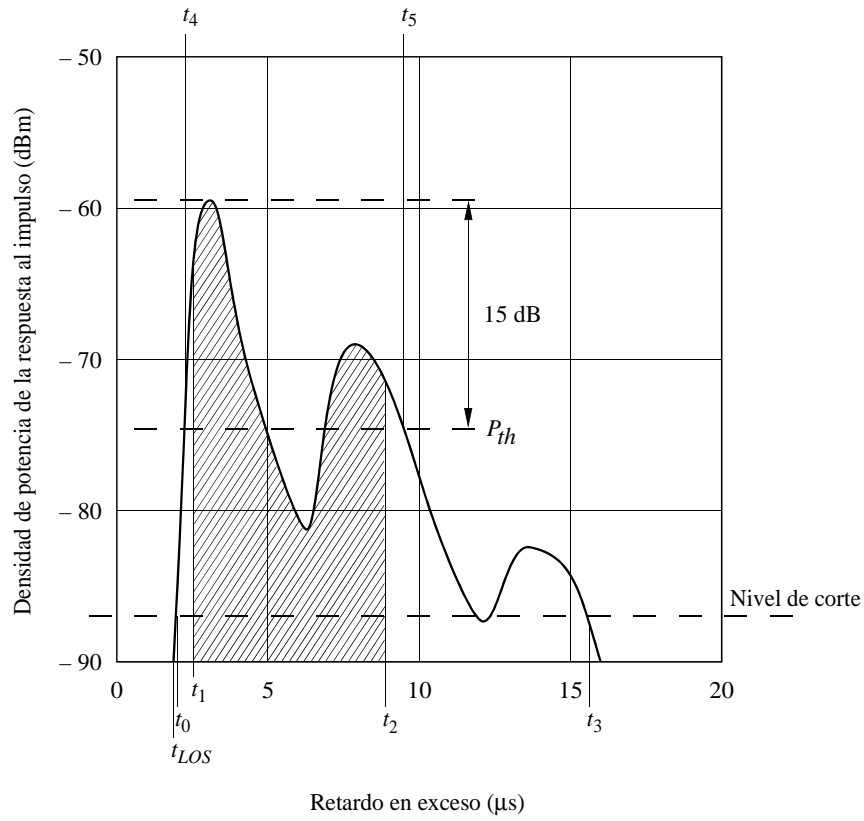
$$C(f) = \int_{t_0}^{t_3} P(t) \exp(-j 2 \pi f t) dt \quad (8)$$

La «anchura de banda de correlación» B_x se define como la frecuencia para la cual $|C(f)|$ es igual a $x\%$ de $C(f=0)$.

Para el análisis de los datos se recomienda utilizar ventanas de retardo correspondientes al 50, 75, y 90% de la energía, intervalos de retardo para los umbrales de 9, 12 y 15 dB por debajo del valor de cresta y anchuras de banda de correlación para un 50% y un 90% de correlación. Debe subrayarse que pueden ser muy importantes los efectos del ruido y de las señales espurias sobre el sistema (desde la etapa de RF al tratamiento de los datos). Por consiguiente es importante determinar con exactitud el umbral del ruido y/o señales no esenciales en el sistema, para poder establecer un margen de seguridad en la parte superior de ese nivel de corte. Se recomienda el empleo de un margen de seguridad de 3 dB y con el fin de asegurar la integridad de los resultados, se recomienda, asimismo, utilizar como «criterio de aceptación» una relación mínima de cresta/señal no esencial de, por ejemplo, 15 dB (excluyendo el margen de seguridad de 3 dB) antes de incluir estadísticamente un impulso de respuesta.

La Fig. 1 muestra como ejemplo alguno de estos términos.

FIGURA 1
Ejemplo de un perfil de retardo promediado de la potencia



La zona rayada representa la ventana de retardo W_{90} que contiene el 90% de la energía recibida. El intervalo de retardo I_{15} que contiene la señal entre el nivel «15 dB por debajo del valor de cresta» se extiende entre t_4 y t_5

D01