

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R P.1853
(10/2009)

**Síntesis de las series temporales
de atenuación troposférica**

Serie P
Propagación de las ondas radioeléctricas



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN ITU-R P.1853

Síntesis de las series temporales de atenuación troposférica

(2009)

Cometido

El presente Recomendación se describen los métodos para sintetizar la atenuación debida a la lluvia y el centelleo en trayectos terrenales y Tierra-espacio.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que para la planificación adecuada de los sistemas de telecomunicación Tierra-espacio es necesario disponer de métodos apropiados de simulación de la dinámica temporal del canal de propagación;
- b) que se han elaborado métodos que permiten simular con suficiente precisión la dinámica temporal del canal de propagación,

recomienda

- 1 que para sintetizar las series temporales de la atenuación debida a la lluvia en trayectos terrenales o Tierra-espacio se utilice el método descrito en el Anexo 1;
- 2 que para sintetizar las series temporales del centelleo en trayectos terrenales o Tierra-espacio se recurra al método descrito en el Anexo 1.

Anexo 1**1 Introducción**

Al planificar y diseñar sistemas de radiocomunicaciones terrenales y Tierra-espacio es necesario sintetizar la dinámica temporal del canal de propagación. Esta información puede ser necesaria, por ejemplo, al diseñar técnicas de reducción de la atenuación, tales como la codificación y modulación adaptativas y el control de la potencia de transmisión.

En el presente Anexo se describe una técnica para sintetizar las series temporales de la atenuación debida a la lluvia y el centelleo en trayectos terrenales y Tierra-espacio que sirven de aproximación a los valores estadísticos de atenuación debida a la lluvia en un determinado emplazamiento.

2 Método de síntesis de las series temporales de la atenuación debida a la lluvia

2.1 Descripción general

El método de síntesis de la serie temporal parte del supuesto de que las estadísticas a largo plazo de la atenuación debida a la lluvia presentan una distribución log-normal. Si bien los métodos del UIT-R de predicción de la atenuación debida a la lluvia descritos en la Recomendación UIT-R P.530 para trayectos terrenales y en la Recomendación UIT-R P.618 para trayectos Tierra-espacio no corresponden exactamente a una distribución log-normal, ésta constituye una buena aproximación para la gama más significativa de probabilidades de rebasamiento. Los métodos de predicción de la atenuación debida a la lluvia en trayectos terrenales y Tierra-espacio generan una atenuación debida a la lluvia distinta de cero cuando la probabilidad de rebasamiento es mayor que la probabilidad de lluvia; sin embargo, el método de síntesis de las series temporales consiste en ajustar la serie temporal de la atenuación de tal modo que el valor de la atenuación debida a la lluvia correspondiente a las probabilidades de rebasamiento superiores a la probabilidad de lluvia sea igual a 0 dB.

En el caso de trayectos terrenales, el método de síntesis de las series temporales es válido para frecuencias comprendidas entre 4 GHz y 40 GHz y para longitudes de trayecto de 2 km a 60 km.

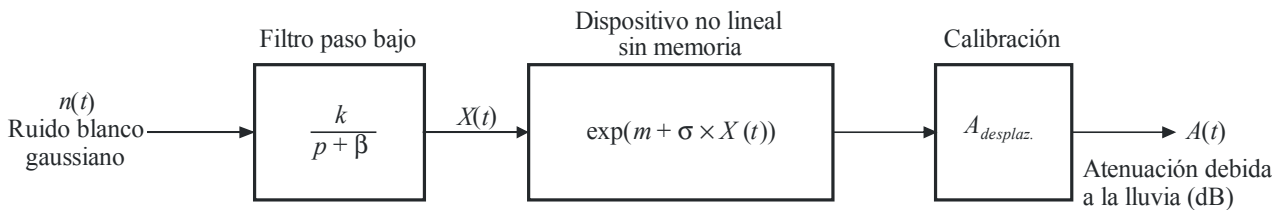
En el caso de trayectos Tierra-espacio, el método de síntesis de la serie temporal es válido para frecuencias comprendidas entre 4 GHz y 55 GHz y ángulos de elevación entre 5° y 90°.

Este método genera una serie temporal que reproduce las características espectrales, el gradiente de desvanecimiento y valores estadísticos de la duración de éste en eventos de atenuación debida a la lluvia. También se reproducen las estadísticas de la duración entre desvanecimiento pero sólo para cada caso de atenuación por separado.

Como se muestra en la Fig. 1, la serie temporal de atenuación debida a la lluvia $A(t)$ se sintetiza a partir de un proceso de ruido blanco gaussiano discreto, $n(t)$. El ruido blanco gaussiano se pasa por un filtro pasa baja, se transforma de una distribución normal a una distribución log-normal en un dispositivo no lineal sin memoria y se calibra para hacerlo corresponder con la estadística de atenuación debida a la lluvia deseada.

FIGURA 1

Diagrama de bloques del sintetizador de series temporales de la atenuación debida a la lluvia



1853-1

El sintetizador de series temporales queda definido por cinco parámetros:

m : la media de la distribución log-normal de la atenuación debida a la lluvia

σ : la desviación típica de la distribución log-normal de la atenuación debida a la lluvia

p : la probabilidad de lluvia

β : parámetro que describe la dinámica temporal

$A_{desplaz.}$: desplazamiento que permite hacer corresponder la serie temporal con la probabilidad de lluvia.

2.2 Método paso a paso

El siguiente método paso a paso permite sintetizar la serie temporal de la atenuación $A_{lluvia}(kT_s)$, $k = 1, 2, 3, \dots$, siendo T_s el intervalo de tiempo entre muestras y k el índice de cada muestra.

A Cálculo de m y σ

Los parámetros m y σ se determinan a partir de la distribución acumulativa de la atenuación debida a la lluvia respecto a la probabilidad de que se produzca. Las estadísticas de la atenuación debida a la lluvia pueden calcularse a partir de los datos locales medidos y, si no se dispone de éstos, puede recurrirse a los métodos de predicción de la atenuación debida a la lluvia descritos en la Recomendación UIT-R P.530 para trayectos terrenales o en la Recomendación UIT-R P.618 para trayectos Tierra-espacio.

Para el trayecto y la frecuencia de interés, se efectúa un ajuste a una distribución normal de la atenuación debida a la lluvia respecto a la probabilidad de que se produzca, como se describe a continuación:

Paso A1: Determinar P^{lluvia} (% del tiempo), la probabilidad de lluvia en el trayecto. Una buena aproximación de la P^{lluvia} es $P_0(Lat, Lon)$, obtenida de la Recomendación UIT-R P.837.

Paso A2: Construir el conjunto de pares $[P_i, A_i]$, siendo P_i (% del tiempo) la probabilidad de que se rebase la atenuación A_i (dB) donde $P_i \leq P^{lluvia}$. Los valores concretos de P_i deben tener en cuenta la gama de probabilidades de interés; no obstante, se propone el siguiente conjunto de porcentajes de tiempo 0,01, 0,02, 0,03, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 2, 3, 5, and 10%, con la restricción de que $P_i \leq P^{lluvia}$.

Paso A3: Transformar el conjunto de pares $[P_i, A_i]$ a $[Q^{-1}(P_i), \ln A_i]$,

donde:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (1)$$

Paso A4: Determinar las variables $m_{\ln A_i}$ y $\sigma_{\ln A_i}$ mediante un ajuste por mínimos cuadrados a $\ln A_i = -\frac{1}{\sigma_{\ln A_i}} Q^{-1}(P_i) + m_{\ln A_i}$ para todas las i . El ajuste por mínimos cuadrados puede calcularse utilizando el procedimiento paso a paso para obtener una aproximación a una distribución acumulativa complementaria mediante la distribución acumulativa complementaria log-normal descrita en la Recomendación UIT-R P.1057.

B Parámetro del filtro pasa baja

Paso B1: El parámetro $\beta = 2 \times 10^{-4}$ (s⁻¹).

C Desplazamiento de la atenuación

Paso C1: El desplazamiento de la atenuación $A_{desplaz.}$ (dB), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_{desplaz.} = e^{m + \sigma Q^{-1}\left(\frac{P^{lluvia}}{100}\right)} \quad (2)$$

D Síntesis de la serie temporal

La serie temporal $A_{lluvia}(kT_s)$, $k = 1, 2, 3, \dots$ se sintetiza del modo siguiente:

Paso D1: Sintetizar la serie temporal del ruido blanco gaussiano $n(kT_s)$, siendo $k = 1, 2, 3, \dots$ de media igual a cero y varianza unitaria a lo largo del periodo de muestreo T_s , igual a 1 s.

Paso D2: Aplicar $X(0) = 0$

Paso D3: filtrar la serie temporal del ruido $n(kT_s)$, con un filtro pasa baja definido por la siguiente expresión:

$$X(kT_s) = \rho \times X((k-1)T_s) + \sqrt{1-\rho^2} \times n(kT_s) \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

siendo:

$$\rho = e^{-\beta T_s} \quad (4)$$

Paso D4: calcular $Y_{lluvia}(kT_s)$, for $k = 1, 2, 3, \dots$ del modo siguiente:

$$Y_{lluvia}(kT_s) = e^{m + \sigma X(kT_s)} \quad (5)$$

Paso D5: Calcular $A_{lluvia}(kT_s)$ (dB), para $k = 1, 2, 3, \dots$ del modo siguiente:

$$A_{lluvia}(kT_s) = \text{Máximo}[Y(kT_s) - A_{desplaz.}, 0] \quad (6)$$

Paso D6: Descartar las primeras 200 000 muestras de la serie temporal sintetizada (que corresponden al transitorio del filtro). Los eventos de atenuación debida a la lluvia se representan mediante secuencias cuyos valores son mayores que 0 dB durante cierto número consecutivo de muestras.

3 Método de síntesis de la serie temporal del centelleo

Como se muestra en la Fig. 2, la serie temporal del centelleo $sci(t)$, puede generarse filtrando el ruido blanco gaussiano $n(t)$, de modo que la asíntota del espectro de potencia de la serie temporal filtrada tenga una pendiente de $f^{-8/3}$ y una frecuencia de corte f_c , de 0,1 Hz. Obsérvese que la desviación típica del centelleo aumenta al aumentar la atenuación debida a la lluvia.

FIGURA 2
Diagrama de bloques del sintetizador de la serie temporal del centelleo

