

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R P.1853
(10/2009)

**Синтез временных рядов тропосферного
ослабления**

Серия Р
Распространение радиоволн



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publications/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.1853

Синтез временных рядов тропосферного ослабления

(2009)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены методы синтеза ослабления в дожде и мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что для надлежащего планирования наземных систем связи и систем связи Земля-космос необходимо иметь соответствующие методы имитации изменения во времени состояния канала распространения;
- b) что разработаны методы, позволяющие с достаточной точностью имитировать изменение во времени состояния канала распространения,

рекомендует,

- 1 что для синтеза временных рядов ослабления в дожде для наземных трасс и трасс Земля-космос должен применяться метод, представленный в Приложении 1;
- 2 что для синтеза временных рядов мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос должен применяться метод, представленный в Приложении 1.

Приложение 1**1 Введение**

Для планирования и проектирования наземных систем радиосвязи и систем радиосвязи Земля-космос необходимо иметь возможность синтеза изменения во времени состояния канала распространения. Эта информация может потребоваться, например, при разработке различных способов ослабления последствий замирания, таких как адаптивное кодирование и модуляция, а также автоматическое регулирование мощности.

Методика, представленная в настоящем Приложении, обеспечивает способ синтеза временных рядов ослабления в дожде и мерцания для наземных трасс и трасс Земля-космос, которые аппроксимируют статистические данные об ослаблении в дожде в конкретном местоположении.

2 Метод синтеза временных рядов ослабления в дожде

2.1 Обзор

В рамках метода синтеза временных рядов делается допущение, что долговременные статистические данные об ослаблении в дожде имеют логарифмически нормальное распределение. Несмотря на то, что распределения в рекомендуемых МСЭ-R методах прогнозирования ослабления в дожде, представленных в Рекомендации МСЭ-R P.530 для наземных трасс и в Рекомендации МСЭ-R P.618 для трасс Земля-космос, не являются точно логарифмически нормальными, эти распределения ослабления в дожде хорошо аппроксимируются логарифмически нормальным распределением в наиболее значимом диапазоне вероятности превышения. С помощью методов прогнозирования ослабления в дожде в наземных трассах и трассах Земля-космос прогнозируется ненулевое ослабление в дожде при значениях вероятности превышения, превосходящих значение вероятности дождя; однако, метод синтеза временных рядов позволяет корректировать временные ряды ослабления, так что ослабление в дожде, соответствующее значениям вероятности превышения, превосходящим значение вероятности дождя, составляет 0 дБ.

Для наземных трасс метод синтеза временных рядов действителен для частот в диапазоне 4–40 ГГц и длины трассы 2–60 км.

Для трасс Земля-космос метод синтеза временных рядов действителен для частот в диапазоне 4–55 ГГц и углов места 5°–90°.

С помощью метода синтеза временных рядов генерируются временные ряды, воспроизводящие статистические данные о спектральных характеристиках, крутизне и длительности замирания для процессов ослабления в дожде. Статистические данные о длительности периодов между процессами замирания также воспроизводятся, но только в рамках отдельных процессов ослабления.

Как показано на рисунке 1, временные ряды ослабления в дожде, $A(t)$, синтезируются на основе дискретной обработки белого гауссова шума, $n(t)$. Белый гауссов шум проходит через фильтр нижних частот, преобразуется из нормального распределения в логарифмически нормальное распределение в условиях безынерционной нелинейности и калибруется для согласования с необходимыми статистическими данными об ослаблении.

РИСУНОК 1

Функциональная схема синтезатора временных рядов ослабления в дожде



1853-1

Синтезатор временных рядов определяют следующие пять параметров:

- m : математическое ожидание логарифмически нормального распределения ослабления в дожде;
- σ : стандартное отклонение логарифмически нормального распределения ослабления в дожде;
- p : вероятность дождя;
- β : параметр, описывающий изменение во времени;
- A_{offset} : смещение, которое корректирует временные ряды для согласования с вероятностью дождя.

2.2 Поэтапный метод

Для синтеза временных рядов ослабления в дожде $A_{rain}(kT_s)$, $k = 1, 2, 3, \dots$, где T_s – временной интервал между выборками, а k – индекс каждой выборки, используется метод постепенного приближения.

А Оценка параметров m и σ

Параметры m и σ определяются по интегральной функции распределения ослабления в дожде в зависимости от вероятности события. Статистические данные об ослаблении в дожде могут быть определены на основании данных местных измерений или, в случае отсутствия данных измерений, могут использоваться методы прогнозирования ослабления в дожде, представленные в Рекомендации МСЭ-R P.530 для наземных трасс и в Рекомендации МСЭ-R P.618 для трасс Земля-космос.

Для рассматриваемых трассы и частоты логарифмически нормальный подбор ослабления в дожде в зависимости от вероятности события производится следующим образом:

Этап А1: Определяется P^{rain} (в % времени), вероятность дождя на трассе. P^{rain} может быть хорошо аппроксимирована как $P_0(Lat, Lon)$ на основе Рекомендации МСЭ-R P.837.

Этап А2: Строится множество пар $[P_i, A_i]$ где P_i (в % времени) вероятность того, что ослабление A_i (dB) будет превышено при $P_i \leq P^{rain}$. В конкретных значениях P_i должен учитываться рассматриваемый диапазон вероятности; однако предлагается следующий набор значений процентов времени 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5 и 10%, при ограничении, что $P_i \leq P^{rain}$.

Этап А3: Это множество пар $[P_i, A_i]$ преобразуется в $[Q^{-1}(P_i), \ln A_i]$,

где:

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

Этап А4: Определяются переменные $m_{\ln A_i}$ и $\sigma_{\ln A_i}$ путем подбора методом наименьших квадратов таким образом, чтобы $\ln A_i = \sigma_{\ln A_i} Q^{-1}(P_i) + m_{\ln A_i}$ для всех i . Подбор методом наименьших квадратов может быть определен, используя "поэтапную процедуру для аппроксимации дополнительного интегрального распределения посредством логарифмически нормального дополнительного интегрального распределения", которая описана в Рекомендации МСЭ-R P.1057.

В Параметр фильтра нижних частот

Этап В1: Параметр $\beta = 2 \times 10^{-4}$ (с⁻¹).

С Смещение ослабления

Этап С1: Смещение ослабления, A_{offset} (дБ), рассчитывается следующим образом:

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

Д Синтез временных рядов

Временные ряды, $A_{rain}(kT_s)$, $k = 1, 2, 3, \dots$ синтезируются следующим образом:

Этап D1: Синтезируется временной ряд белого гауссова шума, $n(kT_s)$, где $k = 1, 2, 3, \dots$ с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией в период выборки, T_s , составляющий 1 с.

Этап D2: Устанавливается $X(0) = 0$.

Этап D3: Выполняется фильтрация временного ряда шума, $n(kT_s)$, с помощью рекурсивного фильтра нижних частот, определяемого следующим образом:

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

где:

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

Этап D4: Рассчитывается $Y_{rain}(kT_s)$, при $k = 1, 2, 3, \dots$ следующим образом:

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

Этап D5: Рассчитывается $A_{rain}(kT_s)$ (дБ), при $k = 1, 2, 3, \dots$ следующим образом:

$$A_{rain}(kT_s) = \text{Maximum}[Y(kT_s) - A_{offset}, 0]. \quad (6)$$

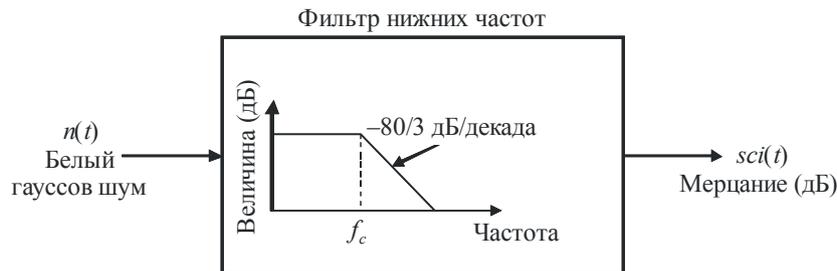
Этап D6: Из синтезированного временного ряда отбрасываются первые 200 000 выборок (соответствующие переходному периоду в фильтре). Процессы ослабления в дожде представлены последовательностями, значения которых превышают 0 дБ для последовательного числа выборок.

3 Метод синтеза временных рядов мерцания

Как показано на рисунке 2, временные ряды мерцания могут генерироваться путем фильтрации белого гауссова шума, $n(t)$, так чтобы спектр асимптотической мощности отфильтрованного временного ряда характеризовался частотой спада $f^{-8/3}$ и частотой среза f_c , 0,1 Гц. Следует отметить, что стандартное отклонение мерцания возрастает с возрастанием ослабления в дожде.

РИСУНОК 2

Функциональная схема синтезатора временных рядов мерцания



1853-2