

УДК 621.391.396

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ТРАКТОВ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ, ОБРАБОТКИ И ПРИЕМА СООБЩЕНИЙ ПАКЕТОВ

Ибрагимов Байрам¹, Мехтиева Алмаз¹, Бахтияров Исрафил²

¹Азербайджанский Технический Университет, проспект Г. Джавида, 25, Баку, Az1073, Азербайджан

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, проспект Азадлыг, 20, Баку, Az1010, Азербайджан

Аннотация

Проанализированы методы улучшения характеристик достоверности передачи сообщений в корпоративных сетях связи. Предложен подход к построению математической модели оценки уровня помехозащищенности трактов систем передачи, обработки и приема сообщений пакетов. Получены выражения, оценивающие вероятности искажения пакетов, отношения сигнал-помех, вероятности потери пакетов и коэффициент битовой ошибки при некогерентного метода приема.

Abstract

The methods improving the reliability message transmission in corporate communication networks are analyzed. An approach to constructing a mathematical model for assessing the level noise immunity paths transmission systems for processing, processing and receiving packet messages is proposed. Expression are obtained that estimate the packet distortion probabilities, signal noise to ratios, packet loss probabilities and bit error rate for an incoherent reception method.

Введение

В настоящее время в условиях постоянного роста спектра мультимедийных услуг, предоставляемых системами мультисервисных сетей связи, увеличивающегося объема передаваемых потоков пакетов, стремительного роста требований к помехоустойчивости приема сообщений и вопросы эффективного распределения частотного ресурса канала связи встают наиболее остро. Важным среди перечисленных показателей в корпоративных сетях связи является достоверность передачи сообщений пакетов при оказании мультимедийных услуг.

Достоверность функционирования корпоративных мультисервисных сетей связи в условиях воздействия множества разнородных помех требует новые подходы и модели позволяющие обеспечить на канальном уровне помехозащищенности трактов систем передачи, обработки и приема сообщений. Создание новых корпоративных мультисервисных сетей связи с использованием аренды канального ресурса, функционирующих в условиях воздействия источников помех имеет большое значение задача оценки параметров помехоустойчивости. Учитывая это, задача предварительной оценки уровня помехозащищенности системы связи является актуальной.

Цель работы – разработать математическую модель оценки уровня помехозащищенности трактов систем передачи, обработки и приема сообщений пакетов.

Общая постановка задачи

Системно-технический анализ показал [1], что для повышения достоверности передачи сообщений пакетов в корпоративных сетях связи целесообразно использовать цифровые методы модуляции и помехоустойчивые коды. Так кодированные и модулированные сигналы передаются по каналу связи к приемному устройству, где реализуется задача восстановления.

Таким образом, возникает задача поиска такого уровня отношения сигнал-помех-ОСП $SNR(N_0, E_b)$ (Signal Noise to Rate) и эквивалентной энергии сигналов E_s , который

был бы оптимальным по критерию минимума вероятности ошибки $P_{ош}$ при заданной интенсивности помехи N_0 в канале связи. При этом задача сводится к нахождения такого оптимального значения достоверности приема дискретных сообщений $D_{он}(E)$, при котором вероятность ошибки $P_{ош}$ принимает наименьшее значение при требуемом уровне помех в тракте систем передачи:

$$D_{он}(E) = Arg \min_{N_0^{эп}} [P_{ош}(N_0^{эп}, E, h^2)] , h^2 = SNR[(N_0, E_b), V_b] \quad (1)$$

где $N_0^{эп}$ – спектральная плотность мощности эквивалентной помехи, h^2 – показатель отношения сигнал-помех в тракте систем передачи; V_b – битовая скорость.

Выражения (1) определяет сущность рассматриваемого нового подхода с учетом интенсивности помехи N_0 в канале связи и эквивалентной энергии сигналов, на основе которой предлагается математическая модель (ММ) оценки уровня помехозащищенности трактов системы передачи дискретных сообщений. ОСП на входе приемника является одной из определяющих метрик при оценке качества работы систем передачи.

Исследования приемников с использованием согласованным фильтром

Известно, что исследуемая корпоративная сеть является сложной системой, включающей множество самых разнообразных компонентов трактов систем передачи, обработки и приема дискретных сообщения. Эти составы обеспечивают эффективную передачу и помехоустойчивый прием дискретных сообщений с требуемым уровнем качества обслуживания QoS(Quality of Service).

Учитывая постановку задачи на рис.1 представлена обобщенная структурно-функциональная схема приемников сигнала со случайной начальной фазой с согласованным фильтром. Обобщенная схема состоит из трех важных функциональных блоков: согласованные фильтры (СФ₁ и СФ₂), амплитудный детектор и решающие устройства (РУ) при помощи которого решается задачи согласованная фильтрация при некогерентном приеме сигналов. Далее, схема состоит из декодирующего устройства (ДУ) для сверточного кода, блока фильтра нижних частот (ФНЧ), отсекающего высокочастотные компоненты, электронного ключа, замыкающегося в момент времени $t = T_c$, и РУ, выносящего решение в пользу гипотезы H_0 и H_1 .

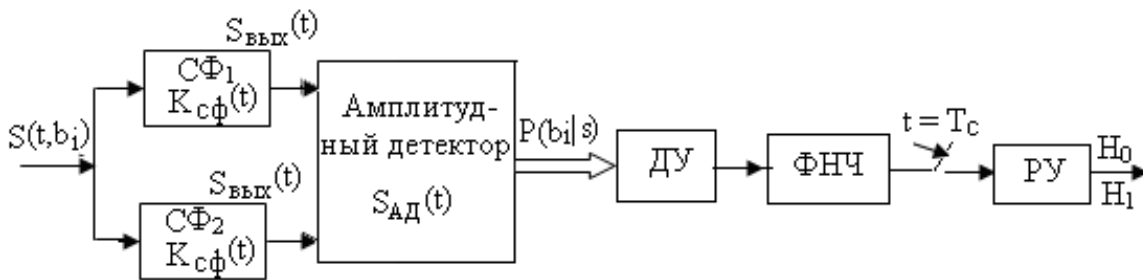


Рисунок 1 - Обобщенная структурно-функциональная схема приемника сигнала со случайной начальной фазой с согласованным фильтром

Рассмотрим сигнал, представляющий собой гармоническое колебание на отрезке $[0, T_c]$, фаза которого содержит случайную компоненту β :

$$U(b_i, t, \beta) = A(b_i, t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t) + \beta] \quad (2)$$

Тогда на входе приемника со случайной начальной фазой при некогерентном приеме будет действовать сигнал $S(b_i, t, \beta)$, представляющий собой смесь полезного

$U(b_i, t, \beta)$ и белого гауссовского помеха $N_{un}(t)$ со спектральной плотностью мощности N_0 :

$$S(b_i, t, \beta) = b_i \cdot U(b_i, t, \beta) + N_{un}(t, N_0) \quad (3)$$

где параметр $b_i = 0$ при передаче двоичного нуля и $b_i = 1$ при передаче двоичного единицы.

На основе рис.1, (2) и (3) определим структуру оптимального некогерентного приемника. Эта задача решается на основании отношения правдоподобия:

$$\Lambda(S) \stackrel{\geq}{\leq} \frac{H_1}{H_0} \Lambda_0 \quad (4)$$

Выражения (4) является функционал правдоподобия и с учетом случайная величина β описывается следующим образом:

$$\Lambda[S(b_i, T_c), \beta] = \exp\left[-\frac{E_b}{N_0} + \frac{2S(b_i, T_c, \beta)}{N_0}\right] \quad (5)$$

Выражения (4) и (5) справедлива схемы оптимального приемника на согласованных фильтрах при использовании некогерентном методе приеме.

В обобщенной структуре важнейшей частью являются трактов системы передачи и приема, на которые воздействуют различные случайных помех:

$$N_{un}(t) = E[N_a(t), N_0, M_m(t)], \quad (6)$$

где N_0 – интенсивность помехи потенциальной помехоустойчивости двоичной системы, т.е. односторонней спектральной плотностью мощности сигнала помехи и равна

$$N_0 = E_s / 2D[\delta], \quad D[\delta] = 0,5N_0 \int_0^{T_c} u_s^2(t) dt. \quad (7)$$

где $D[\delta]$ – дисперсия случайной помехи с нормальной распределенной величиной δ , т.е. дисперсия ошибки.

С целью оценки средней мощности полезного сигнала p_{nc} , числа каналов N_k и его занимаемой полосы частот ΔF_k необходимо учесть спектральную плотность мощности эквивалентной помехи, которая выражается как

$$N_o^{эн} = \frac{E_s}{2D[\delta]} + \frac{N_k - 1}{\Delta F_k} \cdot p_{nc} \quad (8)$$

Учитывая (8) и алгоритмы приема дискретных сообщений $u_0(t)$ и $u_1(t)$, полагая, что их априорные вероятности этих двоичных сигналов одинаковы при заданной интенсивности помехи N_0 потенциальная помехоустойчивость двоичной системы зависит только от так называемой эквивалентной энергии сигналов.

Таким образом, в результате исследования предложен ММ оценки уровня помехоустойчивости, учитывающая показатели качества связи при некогерентным приеме. В данной работе обоснован выбор критериев оценивания достоверности функционирования корпоративных мультисервисных сетей.

Список использованных источников

1. Шелухин Олег Иванович. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов./ Шелухин О.И.-М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 516 с. – ISBN 978-5-9912-0193-3.