

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПРИ ПРИЙОМІ
ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ

Кичак В. М., доктор технічних наук, професор;
Тромсюк В. Д., аспірант

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

Постановка задачі. Всі завдання, які поставлені перед технікою зв'язку, зводяться до двох основних проблем. Перша основна проблема — це проблема ефективності зв'язку: передати найбільшу кількість інформації, найбільш економним способом [1]. Друга основна проблема — це проблема завадостійкості зв'язку [1]. Внаслідок впливу різноманітних завад прийняте повідомлення буде значно відрізнитися від переданого.

Завданням приймального пристрою є винесення рішення про передані символи, тому іноді приймач називають пристроєм рішення [2]. Завдання полягає в тому, щоб за прийнятою реалізацією $x(t)$ визначити, який з сигналів $S_1(t), S_2(t), \dots, S_m(t)$ міститься в $x(t)$. По суті мова йде про перевірку статистичних гіпотез H_1 (прийнятий S_1), H_2 (S_2) і H_m (прийнятий S_m).

Функціональна схема обробки сигналів згідно з критерієм максимуму апостеріорної ймовірності (рис. 1) містить пристрої обчислення e_1, e_2, \dots, e_m , а також пристрій порівняння. Для m -мірної системи дискретних сигналів правило рішення зводиться до перевірки нерівності:

$$P(S_1/x) > P(S_2/x) > \dots > P(S_m/x). \quad (1)$$

Обчислення $P(S_i/x)$ виконується на основі відомої з теорії ймовірностей формули Баєса [2]

$$P(S_i / x) = P(S_i)P(x/S_i)/P(x), \quad (2)$$

де: $P(x)$ — ймовірність прийому реалізації $x(t)$; $P(x/S_i)$ — імовірність прийому $x(t)$; $P(S_i)$ — апіорна ймовірність передачі символу a_i [2].

Оскільки приймач робить порівняння $P(S_i/x)$ при даному $x(t)$ і різних $S_i(t)$, то постійний, при цьому порівнянні, множник $1/P(x)$, у правій частині рівняння (2) значення не має і замість значень $P(S_i/x)$ можна порівнювати величини $P(S_i)$ і $P(x/S_i)$, тобто

$$\frac{P(x/S_1)}{P(S_2) \cdot \dots \cdot P(S_{m-1}) \cdot P(x/S_m)} > \dots > \frac{P(S_m)}{P(S_1) \cdot P(S_2) \cdot \dots \cdot P(S_{m-1})}. \quad (3)$$

Відношення в лівій частині нерівності (3) називається відношенням правдоподібності, його позначають Λ :

$$\Lambda = P(x/S_1) / [P(S_2) \cdot \dots \cdot P(S_{m-1}) \cdot P(x/S_m)] > 1. \quad (4)$$

Оскільки у прийнятій реалізації міститися $S_1(t), S_2(t), \dots, S_m(t)$, то

$$P(S_1/x) + P(S_2/x) + \dots + P(S_m/x) = 1. \quad (5)$$

На основі цього ймовірність помилки буде мінімальною:

$$P_{error} = P(S_1)P(S_2 \cdot \dots \cdot S_m/S_1) + \dots + P(S_m)P(S_1 \cdot S_2 \cdot \dots \cdot S_{m-1}/S_m) = \min$$

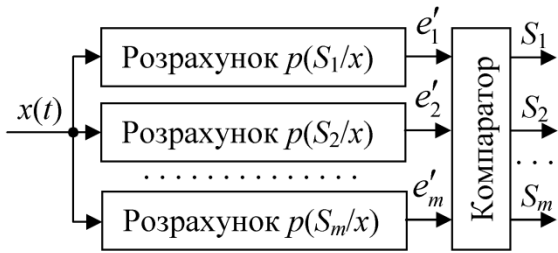


Рисунок 1. Функціональна схема обробки сигналів

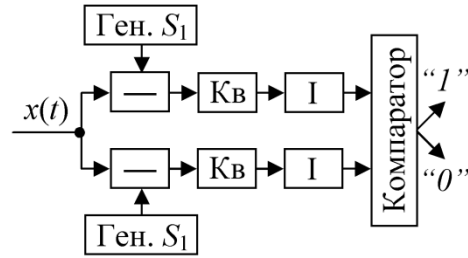


Рисунок 2. Оптимальний приймач Котельникова

Згідно критерію максимуму апостеріорної ймовірності синтезуємо оптимальний приймач Котельникова (рис. 2). При заданому детермінованому сигналі $S_i(t)$, відношення (4) запишемо для двійкового сигналу

$$\Lambda_2 = w(x/S_1)/w(x/S_2) > 1. \quad (6)$$

У свою чергу, розподіл $w(x)$ визначається розподілом $\xi(t)$, тобто

$$w(x/S_1) = w(\xi) = w(x - S_1), \quad w(x/S_2) = w(\xi) = w(x - S_2). \quad (7)$$

Якщо перешкода являє собою адитивний білий гаусів шум (AWGN)

$$w(\xi) = \exp(-\xi^2/[2\sigma^2]) / (\sqrt{2\pi}\sigma) = \exp(-[x(t) - S_i(t)]^2/[2\sigma^2]) / (\sqrt{2\pi}\sigma),$$

то з урахуванням (8) нерівність (7) приводиться до виду

$$\int_0^T [x(t) - S_2(t)]^2 dt > \int_0^T [x(t) - S_1(t)]^2 dt. \quad (8)$$

Нерівність (8) виражає алгоритм оптимального приймача Котельникова, який забезпечує мінімум середньої ймовірності помилки (рис. 2).

Результати проведених наукових досліджень. Згідно проведених досліджень складемо модель зв'язку в графічному пакеті SimuLink (рис. 3).

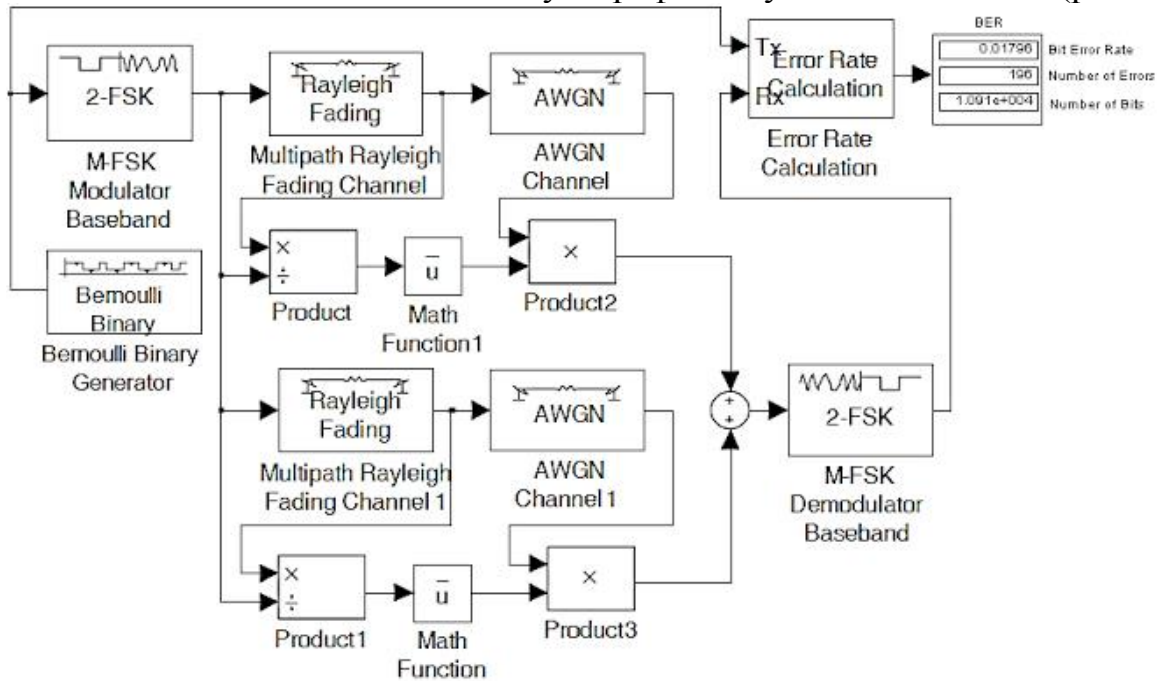


Рисунок 3. Модель системи зв'язку

Система зв'язку складається із елементарних стандартних ланок, які утворюють приймально-передавальну систему [3]. Канал зв'язку імітує: канал із завмираннями з додаванням адаптивного білого гаусівського шуму (рис. 3).

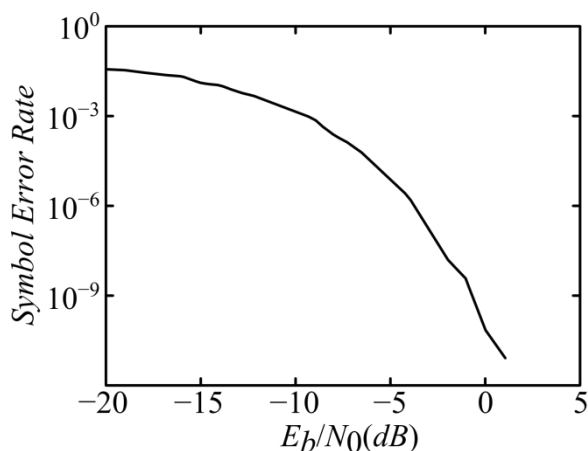


Рисунок 4. Графік залежності бітової помилки від співвідношення С/Ш

Згідно приведені моделі зв'язку виведено графік залежності бітової помилки, на виході приймача, від співвідношення С/Ш (рис. 4).

Висновки: 1. Визначено основні завдання поставлені перед технікою зв'язку. 2. Визначено основні завдання приймального пристрою. 3. Виведені формули для m-мірних дискретних сигналів і двійкових сигналів згідно критерію максимуму апостеріорної ймовірності. 4. В пакеті SimuLink синтезовано струк-

турну модель системи зв'язку згідно критерію максимуму апостеріорної ймовірності. 5. Із приведені моделі зв'язку визначено рівень бітової помилки при наявності каналу із завмираннями з додаванням адаптивного білого гаусівського шуму (AWGN). 6. Програмно побудовано графік залежності бітової помилки, на виході приймача, від співвідношення С/Ш.

Література

1. Теория электрической связи: учебное пособие / [Васильев К. К., Глушков В. А., Дормидонтов А. В., Нестеренко А. Г.]; под общ. ред. К. К. Васильева — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 452 с.
2. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / [Зюко А. Г., Фалько А. И., Панфилов И. П., Банкет В. Л., Иващенко П. В.] — М. : Радио и связь, 1985, 272с.
3. Kenington P. V. RF and baseband techniques for Software Defined Radio / P. V. Kenington. — Artech House, 2005. — 337 pp.

Анотація

Представлені особливості завадостійкого прийому дискретних сигналів. Розглянуті особливості прийому дискретних сигналів при проходженні сигналу через канал із завмираннями з додаванням адаптивного білого гаусівського шуму.

Ключові слова: дискретний сигнал, завада, приймальний пристрій, шум.

Аннотация

Представлены особенности помехоустойчивого приема дискретных сигналов. Рассмотрены особенности приема дискретных сигналов при прохождении сигнала через канал с замираннями с добавлением адаптивного белого гауссовского шума.

Ключевые слова: дискретный сигнал, помеха, приемное устройство, шум.

Abstract

The features of noise proof reception of digital signals. The features of the reception of digital signals, when passing through the Rayleigh fading channel with the addition of AWGN channel.

Keywords: discrete signal, interference, the receiver, noise.