**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»**

**Е.В. Глушак**

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

к контрольной работе

по дисциплине

«Моделирование сетей и систем инфокоммуникаций»

Анализ параметров функционирования

беспроводной сенсорной сети

Учебно-методическое пособие

Самара, 2024

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДАННЫХ ОБЪЕДИНЁННЫХ СЕНСОРОВ

## 1 ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ

Изучение принципов передачи данных в пакетных сетях

## 2 ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Практическое занятие по месту проводится в аудиторной или дистанционной форме, по форме выполнения в виде индивидуального контрольного задания. Занятие проводится в течение 4 акад. часов.

## 3 ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

## 4 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков А.В. Интернет вещей [Электронный ресурс]: учеб. пособие по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» 11.03.02 - бакалавриат и 11.04.02 - магистратура / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. АЭС. Самара: ИНУЛ ПГУТИ, 2015. - 135 с. Режим доступа: http://elib.psuti.ru/Roslyakov_Vanyashin_Grebeshkov_Internet_veschej.pdf

2. Ермолаев, С.Ю. Беспроводные сенсорные сети [Электронный ресурс]: метод. указания по выполнению лаб. работ / С. Ю. Ермолаев; ПГУТИ, Кафедра МСИБ). - Самара: ПГУТИ, 2018. - 84 с. Режим доступа: http://elib.psuti.ru/Ermolaev_Besprovodnye_sensornye_seti_metod_ukazaniya_po_vypolneniyu_lab_rabot_2018.pdf

## 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое вероятность битовой ошибки.
2. Как определить вероятность битовой ошибки.
3. Как определить гауссов интеграл ошибок.
4. Что такое амплитуда принимаемого сигнала.
5. Как определить амплитуду принимаемого сигнала.
6. Как определить мощности принимаемого и излучаемого сигнала.

7. Как определить вероятность успешной передачи сообщения длиной $L_p$ байт от $i$ –го узла $j$ -му.

## 6 ЗАДАНИЯ

Вариант выбирается по номеру человека в группе. В таблице 1 приведены варианты заданий для расчета характеристик сенсорной сети.

Таблица 1

Характеристики сенсорной сети

| № варианта | $L_p$ | $E_b$ | $N_0$ | $u$ | $d$ | $P_{TX}$ | $E_N$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 140 | 240 | 250 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 2 | 120 | 230 | 240 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 3 | 130 | 220 | 230 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 4 | 120 | 210 | 220 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 5 | 140 | 200 | 210 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 6 | 145 | 240 | 200 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 7 | 135 | 230 | 250 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 8 | 125 | 220 | 240 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 9 | 140 | 210 | 230 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 10 | 120 | 200 | 220 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 11 | 130 | 240 | 210 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 12 | 120 | 230 | 200 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 13 | 140 | 220 | 250 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 14 | 145 | 210 | 240 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 15 | 135 | 200 | 230 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 16 | 125 | 240 | 220 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 17 | 140 | 230 | 210 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 18 | 120 | 220 | 200 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 19 | 130 | 210 | 250 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 20 | 120 | 200 | 240 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 21 | 140 | 240 | 230 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 22 | 145 | 230 | 220 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 23 | 135 | 220 | 210 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 24 | 125 | 210 | 200 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 25 | 140 | 200 | 250 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 26 | 120 | 240 | 240 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 27 | 130 | 230 | 230 | 1 | 3 | 50 | 40 |
| 28 | 120 | 220 | 220 | 1 | 1 | 50 | 40 |
| 29 | 140 | 210 | 210 | 1 | 2 | 50 | 40 |
| 30 | 145 | 200 | 200 | 1 | 3 | 50 | 40 |

Необходимо:

1. Определить вероятность успешной передачи сообщения длиной $L_p$ байт от $i$ –го узла $j$ -му.

2. Определить вероятность битовой ошибки.

3. Определить гауссов интеграл ошибок.

4. Определить амплитуду принимаемого сигнала.

5. Определить мощности принимаемого и излучаемого сигнала.

## 7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Расчет вероятности успешной передачи сообщения длиной $L_p$ байт от $i$ –го узла $j$ -му.

2. Расчет вероятности битовой ошибки.

3. Расчет гауссова интеграла ошибок.

4. Расчет амплитуды принимаемого сигнала.

5. Расчет мощностей принимаемого и излучаемого сигнала.

## 8 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В связи с особенностями эксплуатации БСС имеют место потери пакетов из-за наличия шумов, вызванных как другими устройствами в конкурирующем диапазоне, так и наличием собственных эхо-сигналов. Вероятность успешной передачи сообщения длиной $L_p$ байт от $i$ –го узла $j$ -му можно определить из соотношения:

$$P_{cij} = \left( P_{sij} \right)^{2L_p} \qquad (1)$$

где $P_{sij}$ - вероятность безошибочного приема символа данных.

Зависимость $P_{sij}$ от вероятности битовой ошибки может быть получена путем интерполирования расчетных значений для диапазона частот в 2,45 ГГц, где используется избыточное кодирование в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4:

$$P_{sij} = \begin{cases} 1 - 0,008888 \cdot P_{bij}, P_{bij} \le 0,14 \\ 0,1405 \cdot \sin(13,08 \cdot P_{bij} - 1,458) + \\ +6,65 \cdot \sin(0,1261 \cdot P_{bij} + 3,067) P_{bij} > 0,14 \end{cases} \qquad (2)$$

где $P_{bij}$ - вероятность битовой ошибки, которая может быть определена из следующего соотношения:

$$P_{bij} = 2Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)\left[1-Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)\right] \qquad (3)$$

где $E_b$ - энергия бита трансляции, равна произведению мощности на приемной антенне $j$ -го узла $P_{RX}$ и продолжительности трансляции бита $T_b$ , что определяется скоростью передачи данных;

$N_0$ – спектральная плотность шумов (ее положительная часть) на приемной антенне $j$–го узла, складывается не только из собственных тепловых шумов приемника и шумов других источников излучения (BlueTooth, Wi-Fi, GSM и др.), но еще и суммы эхо-сигналов;

$Q_x$ - гауссов интеграл ошибок:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_x^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}}\,du \qquad (4)$$

Отношение $\frac{E_b}{N_0}$ можно представить как:

$$\frac{E_b}{N_0} = T_b W\,\frac{E_{RX}}{E_N} = \frac{E_{RX}}{E_N}\cdot\frac{W}{R} \qquad (5)$$

где $E_{RX}$ - амплитуда принимаемого сигнала,

$E_N$ – амплитуда шума,

$W$ – ширина частотной полосы,

$R$ – скорость передачи данных.

При $W$ =5Мгц и $R$ =250кб/с $W/R$=20.

Амплитуда принимаемого сигнала $E_{RX}$ определяется из следующего соотношения:

$$E_{RX} = \sqrt{P_{RX}\cdot R_{ant}} \qquad (6)$$

$R_{ant}$ - сопротивление антенны (50 Ом).

Так как сигнал, с которым синхронизируется узел – это, как правило, прямой (наиболее мощный) сигнал для условия прямой видимости и квази-сферичности диаграммы направленности антенны, его мощность можно определить из известного соотношения:

$$P_{RX} = P_{TX}\,\frac{\lambda^2 K}{16\pi^2 d^2} \qquad (7)$$

где $P_{TX}$ и $P_{RX}$ - мощности принимаемого и излучаемого сигнала соответственно,

$d$ – расстояние между узлами (м),

$\lambda$ – длина волны ($\approx 0{,}125м$),

$K$ – коэффициент усиления канала связи ($\approx 0.8$).