

Московский государственный институт электроники и математики (Технический университет)

Кафедра «Вычислительные системы и сети»

Специальность 05.12.13

Системы, сети и устройства телекоммуникаций



Разработка и исследование метода
энергетической балансировки
беспроводной стационарной сенсорной
сети с автономными источниками
питания

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: ДОЦ., К.Т.Н. ВОСКОВ Л.С.

АСПИРАНТ 2-ГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ КОМАРОВ МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ

Введение

2

- Автоматизация, наблюдение, сбор данных
- Автономность, миниатюрность
- Экономичность
- *Вопросы энергетики*

- Прием/передача данных
- Расписание приема/передачи данных
- *QoS. Обеспечение качества обслуживания сети*

Основные проблемы QoS в сенсорных сетях

3

- острая нехватка ресурсов;
- несбалансированность трафика;
- резервирование данных;
- динамичность сети;
- **энергетическая балансировка;**
- масштабируемость сети;
- различные уровни качества для нескольких приемников;
- различные типы трафика;
- приоритетность пакетов.

Цель работы и задачи исследования

- **Цель работы:** повышение эффективности работы стационарной БСС с автономными источниками питания (увеличение времени автономной работы)
- **Задачи исследования:**
 - обзор и анализ существующих моделей качества обслуживания и методов энергетической балансировки в беспроводных сенсорных сетях;
 - разработка модели беспроводной стационарной БСС с автономными источниками питания;
 - разработка метода и алгоритма энергетической балансировки стационарной БСС с автономными источниками питания;
 - разработка модели и алгоритмов работы диспетчера качества обслуживания;
 - реализация и экспериментальное исследование разработанного метода, проверка адекватности разработанной модели стационарной БСС с автономными источниками питания.

Объект и предмет исследования

5

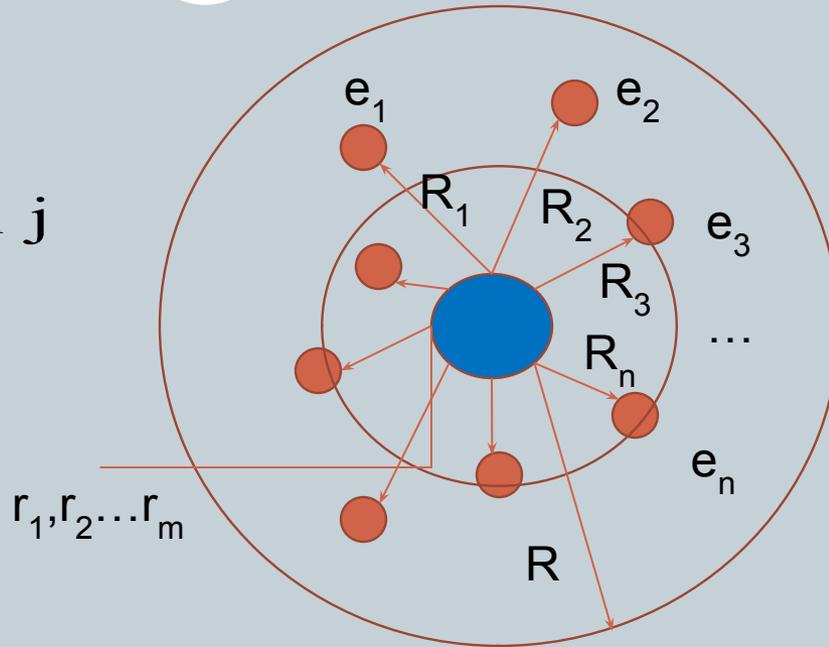
- **Объектом исследования** является стационарная сеть сбора данных с автономными источниками питания.
- **Предметом исследования** являются метод и алгоритм энергетической балансировки в беспроводной стационарной сенсорной сети сбора данных.
- **Основные положения, выносимые на защиту:**
 - Математическая модель беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания.
 - Метод энергетической балансировки беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания.
 - Алгоритм распределения сенсорных узлов в сети.

Модель стационарной БСС с автономными источниками питания

6

- Топология сети:

$$e_j = e_{tx j} + e_{rx j}$$



- Равномерное распределение оконечных устройств по ретрансляторам с учетом последовательной передачи данных (разделение по времени передачи).

Модель стационарной БСС с автономными источниками питания

7

$$E_i = \sum_{j=1}^n (x_{ij} e_{txj} V_{s_j} + x_{ij} e_{rxj} V_{ack_j}) \quad x_{ij} \geq 0 \quad E_i = E \quad i = \overline{1, m}$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \frac{1}{U} (P_{txj} V_{s_j} + k_{ij} \cdot P_{rxj} V_{ack_j})$$

$$f(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij} e_{rxi} V_{ack_i}$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} k_{ij} \frac{P_{rxj}}{U} V_{ack_j}$$

V_{s_j} – объем данных от j -го узла, которые необходимо принять i -му устройству сбора данных;

V_{ack_j} – объем данных подтверждения от i -го устройства сбора данных, которые необходимо передать на j -й конечный узел.

k_{ij} – коэффициент энергетического состояния канала передачи данных от i -го устройства сбора данных к j -му конечному узлу.

$$k_{ij} = c_1 + c_2 + c_3 + c_4, \quad k_{ij} \leq 1$$

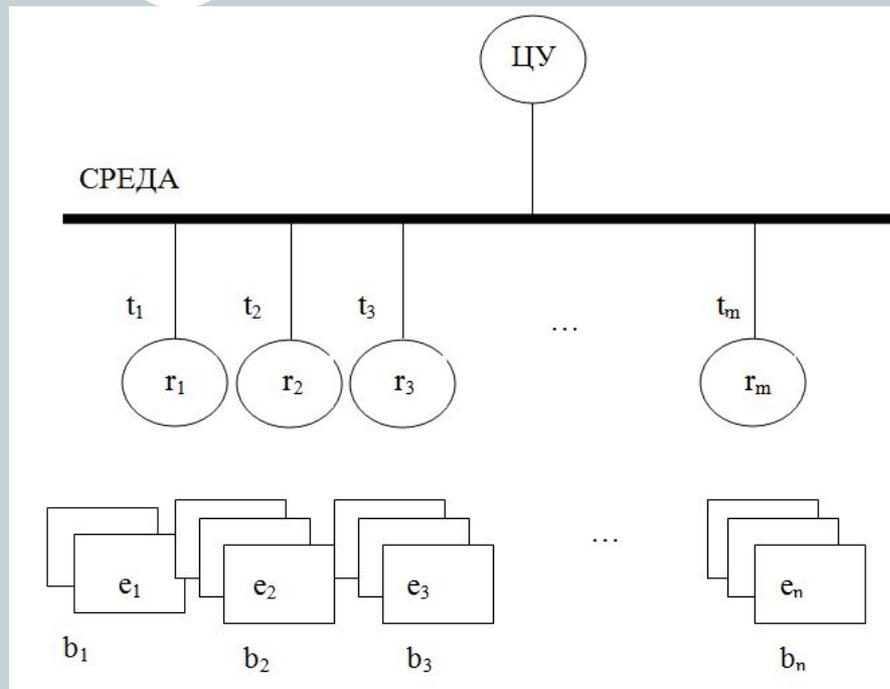
где c – коэффициенты влияния внешней среды ($0 < c \leq 1$).

Метод энергетической балансировки

8

- Топология сети:

$$e_j = e_{tx\ j} + e_{rx\ j}$$



- Равномерное распределение оконечных устройств по ретрансляторам с учетом последовательной передачи данных (разделение по времени передачи).

Метод энергетической балансировки

9

x_{ij} количество устройств j -ого типа, подкл. к i -ому ретранслятору

b_j количество устройств j -ого типа с энергопотреблением e_j

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = \overline{1, n} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n e_j x_{ij} \leq E, i = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = 0, \text{ при } b_j - \sum_{i=1}^m x_{ij} > 0 \quad (3)$$

для всех j и k , где $j = \overline{1, k-1}$

Метод энергетической балансировки

10

В терминах ЦЛП: минимизировать

$$L = E - \sum_{j=1}^n e_j x_{ij} \quad (4)$$

при ограничениях:

$$E - \sum_{j=1}^n e_j x_{ij} \geq 0 \quad , \text{ где } i=1,2,\dots,m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad , \text{ где } j=1,2,\dots,n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = 0, \text{ при } b_j - \sum_{i=1}^m x_{ij} > 0 \quad \text{для всех } j \text{ и } k, \quad (7)$$

для которых $j < k$, где $j=1,2,\dots,k-1$

$$x_{ij} \geq 0; e_j \geq 0; b_j \geq 0 \quad , \text{ где } i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

$$x_{ij}, b_j, e_j - \text{целые, где } i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n. \quad (9)$$

Алгоритм распределения узлов

Набор чисел $X^{(i)} = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)$, удовлетворяющий условиям (5-9) и

условию: $\sum_{j=1}^n e_j x_j^i \leq \xi^i$ назовем планом задачи p^i .

План задачи оптимальный, если выполняется $\sum_{j=1}^n e_j x_j^i = \xi^i$

Оптимальный план задачи p^i находится путем направленного перебора ее планов.

При нахождении оптимального плана задачи p^i , он фиксируется и по определенным правилам осуществляется переход к решению задачи p^{i+1} .

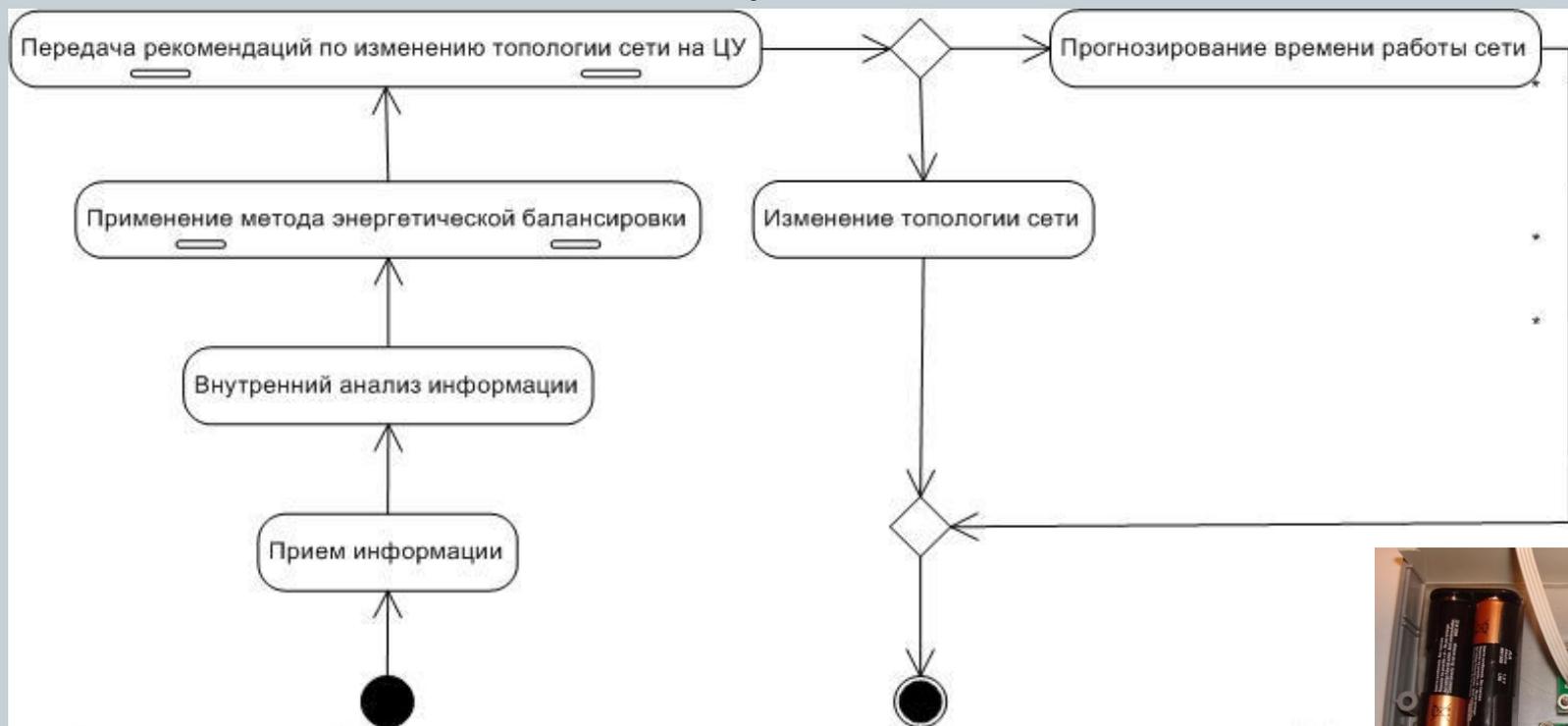
Если удастся таким образом решить m задач p^i , где $i = \overline{1, m}$, то задача p считается решенной, а m оптимальных планов задач p^i составят искомый план задачи p , при этом $E = \max_{i = \overline{1, m}} \xi^i$

При неудаче вычисляется новая граница

$\xi = \overline{\xi} + 1$ и задача p решается сначала, т.е. с решения задачи p^1 .

Диспетчер качества обслуживания

Общий алгоритм работы диспетчера качества обслуживания сети.



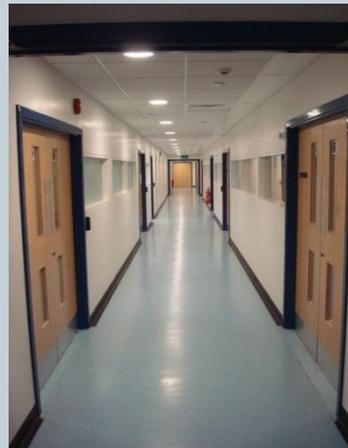
Определение расстояния между узлами

13

- Метод триангуляции
- Метод «фингерпринтинга»
- Метод «фингерпринтинга» с весовыми функциями

$d = \sum_{i=1}^k w_i d_i$, где w_i – это весовая функция узла i ,
 d_i – это рассчитанное расстояние от узла i .

$w_i = \frac{1/d_i}{\sum_{i=1}^k 1/d_i}$, где d_i – это расстояние до точки i карты «фингерпринтинга»,
 k – общее число точек на карте «фингерпринтинга».



Алгоритм энергетической балансировки

14



Общий алгоритм передачи данных при динамическом выборе узла сбора данных

Определение расстояния между узлами

16

Отклонение фактических значений от измеренных по оси X



Результаты экспериментального исследования

17

Показатель	Значение «До»	Значение «После»
Мощность приемопередатчика	10 мВт	3 мВт
Энергопотребление при передаче подтверждения о приеме данных	0,927 мА	0,278 мА
Среднее потребление тока при отправке данных	14,19 мА	13,54 мА
Общий объем энергии, затрачиваемый на передачу подтверждения о приеме данных	521,48 мА	515,46 мА
Время автономной работы	36 часов 31 минута	37 часов 5 минут

Научная новизна

18

- разработана и исследована модель стационарной БСС с автономными источниками питания, учитывающая условия внешней среды;
- разработан и исследован метод энергетической балансировки стационарной БСС с автономными источниками питания, увеличивающий время работы стационарной БСС с автономными источниками питания;
- разработан и исследован алгоритм энергетической балансировки стационарной БСС с автономными источниками питания, позволяющий решать практические задачи большой размерности.

Основные результаты и выводы

- Проведен обзор и анализ существующих моделей качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях. Обосновано проведение исследования в области обеспечения качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях.
- Разработана модель беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания (в том числе с преобразователями энергии от альтернативных источников с ограничением объемов энергии, учитывающая влияние внешних факторов на прием и передачу данных).
- Разработан метод и алгоритм энергетической балансировки стационарной БСС с автономными источниками питания, который позволяет распределить нагрузку на узлы сбора данных и уменьшить энергопотребление узла сбора данных.
- Дано определение диспетчера качества обслуживания и разработана модель и алгоритм его работы.
- На основе разработанной модели сети, метода энергетической балансировки созданы эффективные программные реализации, внедренные в собственную разработанную аппаратную платформу. Проведена экспериментальная верификация метода энергетической балансировки и проверка адекватности модели с учетом частных случаев влияния внешних факторов на прием и передачу данных. Результаты экспериментов показали уменьшение энергопотребления узла сбора данных на 10,58 мА, что позволяет увеличить время его автономной работы на 34 минут (на 1,5%) с 36 часов 31 минуты до 37 часов 5 минут.

Спасибо за внимание!
Вопросы?