

Математические модели в сетях связи (ММвСС)

Задание на курсовое проектирование

Расчет пропускной способности линий связи

2023 г.

1. Цель работы

Применение знаний в области моделирования сетей связи с целью расчета параметров сетевых элементов. Целью выполнения задания является расчет требуемых пропускных способностей линий связи в сети с заданными структурными параметрами и требованиями к качеству обслуживания.

2. Исходные данные

Для получения численных значений исходных данных следует:

- открыть файл *task.xlsm*;
- разрешить выполнение макросов, содержащихся в этом файле;
- в поле код задания ввести уникальный код своего задания:

Внимание! Файл корректно работает только в MS Excel

Код задания –состоит из 4х цифр – первые две цифры – номер группы, две вторые – номер в списке группы, для однозначных номеров перед номером добавляется ноль (например, группа ИКПИ 67, номер в списке группы 2 – код задания 6702; группа ИКПИ 68, номер в списке группы 21 – код задания 6821).

- нажать на кнопку «генерировать» рядом с полем кода задания.

После этого будет сгенерирован уникальный набор исходных данных, соответствующий коду вашего задания:

Параметры сети:

- количество узлов в сети связи n (20 для всех вариантов),
- интенсивность удельной абонентской нагрузки y_0 (0,1 Эрл для всех вариантов),
- тип кодека (G.711 для всех вариантов),
- скорость потока для данного типа кодека a_0 (85,6 Кбит/с для всех вариантов),
- длина пакета L (200 байт для всех вариантов),
- количество абонентов в узлах связи (Распределение абонентов по узлам сети - индивидуально),

-матрица расстояний между узлами связи (Матрица расстояний – индивидуальна).

Требования к качеству обслуживания:

-начальное требование к величине задержки T_0 (100 мс=0,1с для всех вариантов),

-доля вызовов, обслуженных с гарантированным качеством q (98% для всех вариантов).

(Данные могут быть получены многократно.)

Структура сети задана неориентированным графом. Вершинами графа являются узлы сети, а ребрами линии связи.

Граф задан матрицей (матрицей расстояний между вершинами).

$$\mathbf{D} = [d_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n$$

n – количество узлов сети.

Пример графа приведен на рис.1

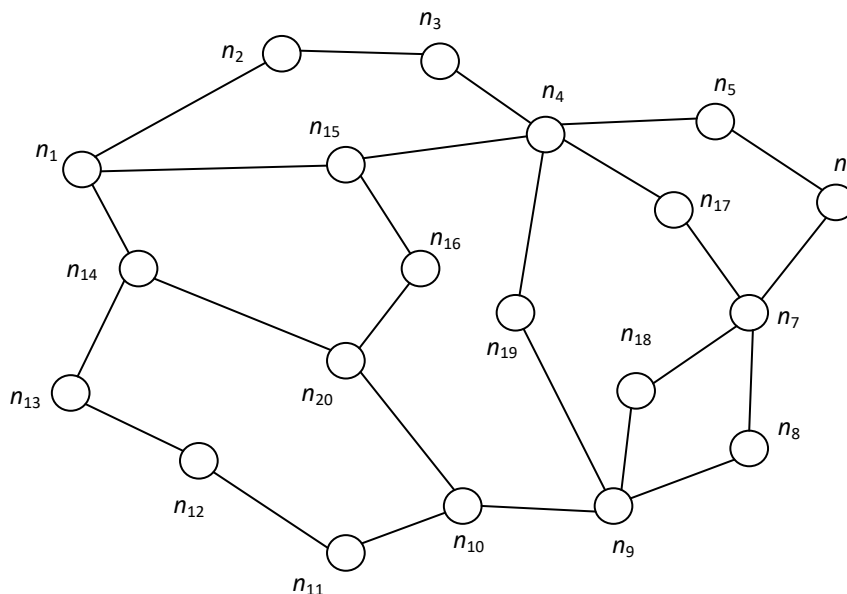


Рис.1 Структура сети связи

-Узлы сети заданы вершинами графа $n_1 \dots n_{20}$.

-Каждый из узлов сети может производить *«собственный»* трафик и может выполнять функции маршрутизации трафика других узлов сети.

-«Собственный» трафик узла связи производят абоненты, подключенные к этому узлу. Количество абонентов определено индивидуальным заданием.

-Линии связи в сети являются *двунаправленными* (т.е. если скорость передачи равна b Мбит/с, то данные по ней могут передаваться независимо в двух направлениях со скоростями b Мбит/с).

-Трафик между узлами сети распределен *пропорционально их абонентской емкости*.

-Маршрутизация трафика производится по *кратчайшему маршруту*, при этом кратчайшим маршрутом является маршрут с *минимальной длиной*, вычисленной согласно заданной *матрице расстояний* между узлами.

-Все абоненты сети используют только услугу IP телефонии (VoIP).

-Удельная интенсивность абонентской нагрузки определена заданием (0,1 Эрл для всех вариантов).

-Число абонентов, включенных в узлы, задается индивидуально при получении задания на курсовое проектирование (Распределение абонентов по узлам сети).

3. Задание

1. Требуется выполнить расчет величины пропускной способности линий связи, для обеспечения нормы качества обслуживания (q и T_0).

2. Оптимизировать величины пропускной способности линий связи в сети, при целевом значении «сквозной» задержки абонент-абонент $T_0/2=50$ мс.

4. Указания

-При выполнении расчета, в качестве норматива качества обслуживания следует принять задержку доставки пакета на линии связи между узлами сети (между окончными узлами сети).

-При расчете принять допустимую начальную величину задержки $T_0=100$ мс.

-Услуга связи предоставляется с помощью IP телефонии, с использованием кодека G.711. Скорость ПД в канале связи принять равной 85,6 Кбит/с, длину пакета равна 200 байт.

-Доля вызовов, обслуженных с гарантированным качеством q (98%).

5. Результаты

В результате расчета должны быть получены пропускные способности линий сети связи, при которых обеспечивается заданная норма качества обслуживания.

В пояснительной записке следует представить:

Введение (Цель и план выполнения работы)

1. Задание – исходные данные для выполнения работы.
2. Расчет интенсивности производимого в узлах сети трафика.
3. Расчет коэффициентов распределения трафика по направлениям связи.
4. Расчет интенсивности трафика в направлениях связи.
5. Расчет кратчайших маршрутов между узлами сети.
6. Расчет интенсивности нагрузки на линиях связи.
7. Расчет количества потоков в линиях связи.
8. Расчет интенсивности трафика ПД для линий связи.
9. Расчет пропускной способности линий связи.
10. Оптимизация пропускной способности линий связи (выполняется по согласованию с преподавателем).
11. Выводы (краткое описание полученных результатов).

6. План выполнения работы

1. Интенсивность исходящего трафика от каждого из узлов сети

$$y_i = N_i y_0, \quad i = 1 \dots n \quad (1)$$

N_i – количество абонентов в i -м узле связи.

2. Коэффициенты распределения трафика по направлениям связи

$$k_{ij} = \frac{y_j}{y_\Sigma}, \quad j = 1 \dots n, \quad y_\Sigma = \sum_{i=1}^n y_i, \quad i = 1 \dots n \quad (2)$$

3. Матрица интенсивностей трафика в направлениях связи

$$\mathbf{Y} = [y_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n \quad (3)$$

$$y_{i,j} = k_{i,j} y_i, \quad i, j = 1 \dots n$$

4. Матрица кратчайших маршрутов между вершинами графа

На основе матрицы расстояний между вершинами графа, используя алгоритм Флойда, получить матрицу кратчайших путей

$$\mathbf{R} = [] \quad (4)$$

5. Матрица интенсивностей нагрузок на линии связи

На основе матрицы \mathbf{Y} и матрицы \mathbf{R} найти матрицу

$$\tilde{\mathbf{Y}} = [\tilde{y}_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n \quad (5)$$

6. Матрица потоков

На основе матрицы интенсивностей нагрузок на линии связи \mathbf{Y} и требований к качеству обслуживания p_0 , найти матрицу потоков

$$\mathbf{V} = [v_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n \quad (6)$$

$$v_{i,j} = \arg \min_{v_{i,j}} |p(\tilde{y}_{i,j}, v_{i,j}) - p_0|, \quad p(\tilde{y}_{i,j}, v_{i,j}) \leq p_0 \quad (7)$$

$$p(\tilde{y}_{i,j}, v_{i,j}) = \frac{\tilde{y}_{i,j}^{v_{i,j}}}{\sum_{k=0}^{v_{i,j}} \frac{\tilde{y}_{i,j}^k}{k!}} \quad (8)$$

Требований к качеству обслуживания p_0 определяются на основе заданной доли вызовов, обслуживаемых с гарантированным качеством q .

$$p_0 = 1 - q/100, \text{ где } q \text{ в } \%. \quad (9)$$

7. Интенсивность трафика ПД в линиях связи

На основе матрицы потоков V и данных о типе кодека (скорости одного потока) вычисляем матрицу

$$A = [a_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n \quad (10)$$

$$a_{i,j} = v_{i,j} a_0 \quad (11)$$

Для кодека G.711 примем $a_0 = 85,6$ Кбит/с.

8. Пропускная способность линий связи

На основе матрицы интенсивности трафика ПД A и данных и требований к величине задержки T_0 , выбрав для расчета модель М/М/1 вычислить матрицу пропускных способностей

$$B = [b_{i,j}] \quad i, j = 1 \dots n \quad (12)$$

$$b_{i,j} = a_{i,j} + \frac{L}{T_0} \quad (13)$$

9. Оптимизация пропускной способности линий связи

(Данный раздел выполняется по согласованию с преподавателем)

Целью оптимизации пропускной способности является распределение минимального объема ресурса пропускной способности по линиям связи, необходимого для обслуживания трафика при величине задержки не превышающей $T_{opt} = T_0/2$ от абонента до абонента (на всех маршрутах).

Задачу предлагается решить методом динамического программирования. Алгоритм решения (рис.2):

1. Ввести исходные данные.
2. Получить решение задачи п.1-п.8 для некоторой начальной величины T_0 , заданной для каждой из линий связи. В результате решения будет получено k соединительных линий между узлами сети и вычислены их пропускные способности $b_i, i=1 \dots k$.
3. Задаемся некоторой величиной шага изменения пропускной способности dc (рекомендуемая величина $dc=10000$ бит/с).

4. Определяем цикл по $m=1 \dots k$.

Изменяем (увеличиваем) пропускную способность m -й линии связи (между узлами i и j) на величину dc

$$b_m = b_m + dc \quad (14)$$

4. Вычисляем задержку на данной линии с учетом сделанной добавки;

При вычислении задержки используем модель М/М/1, т.е. задержка

$$\text{равна } T_m = T_{ij} = \frac{\rho \bar{t}}{1 - \rho} + \bar{t} = \frac{\bar{t}}{1 - \rho} = \left[\begin{array}{l} \bar{t} = \frac{L}{b_m} \\ \rho = \frac{a_m}{b_m} \end{array} \right] = \frac{L}{b_m - a_m} = [c \text{ учетом } dc] = \frac{L}{b_m + dc - a_m}$$

где b_m - пропускная способность линии (без учета добавки) (бит/с),

a_m - интенсивность трафика на линии (бит/с),

dc – произведенная «добавка» пропускной способности (бит/с).

Примечание. При вычислении следует предусмотреть наличие матрицы задержек между каждой парой узлов **DEL**.

$$\mathbf{DEL} = [T_{ij}] \quad i, j = 1 \dots n$$

5. Вычисляем задержки на маршрутах с учетом изменения задержки в линии;

Вычисляются задержки во всех маршрутах абонент-абонент, т.е. $n \times n$ значений.

$$\mathbf{DL} = [dl_{ij}] \quad i, j = 1 \dots n$$

$$dl_{ij} = \sum_{k \in r} del_{ik}$$

где r – множество узлов в маршруте между узлами i и j

Принадлежность узлов маршруту по матрице маршрутов **R**, вычисленное ранее (она остается неизменной).

Примечание. При вычислении следует предусмотреть наличие двух матриц: матрицы задержек между каждой парой узлов **DEL**.

6. Вычисляем значение целевой функции

$$O_m = \sum_i^n \sum_{j=1}^n (dl_{i,j} - T_{opt})^2 \quad (15)$$

где $dl_{i,j}$ - значения из матрицы **DL**.

Значение целевой функции (15) вычисляется в цикле по m (т.е. m – раз).

Примечание. Следует предусмотреть матрицу значений целевой функции **O**.

$\mathbf{O} = \{O_m\}$, $m = 1 \dots nls$, где nls - количество линий связи в сети.

Для упрощения программы, можно создать матрицу избыточной размерности $n \times n$.

7. Выбираем следующее значение $m=m+1$ и выполняем цикл, идти к 4, пока $m < k$.

8. По завершению цикла по m выбираем ту линию (m_o) прибавка пропускной способности к которой дала наименьшее значение целевой функции (15).

$$m_o = \arg \min_m \{O_m\}$$

9. Выделяем величину dc для линии m_o .

$$b_{m_o} = b_{ij} = b_{m_o} + dc \quad (16)$$

Примечание. В программе оптимизации следует предусмотреть наличие матрицы пропускных способностей **Bo**.

$$\mathbf{Bo} = \{b_{ij}\}$$

10. Проверяем как изменилось значение целевой функции по сравнению с предшествующим значением. Если оно уменьшилось, то продолжаем далее, т.е. идти к 4. Если нет, то останов.

Рекомендации

Используемые в программе матрицы и данные:

1. $\mathbf{R} = [num_{ij}]$, $i, j = 1 \dots n$ (получена в п.4, не изменяется)

2. $\mathbf{A} = [a_{i,j}]$, $i, j = 1 \dots n$ (получена в п.7, не изменяется),

3 $\mathbf{Bo} = \{b_{ij}\}$, $i, j = 1 \dots n$ матрица инициализируется в начале процесса оптимизации значениями из матрицы пропускных способностей \mathbf{B} , полученной в п.8. В конце процесса оптимизации содержит оптимальные значения пропускных способностей.

4. $\mathbf{DEL} = [T_{ij}]$, $i, j = 1 \dots n$ матрица задержек на каждой из линий связи.

5. $\mathbf{DL} = [dl_{ij}]$, $i, j = 1 \dots n$ матрица задержек в каждом из маршрутов.

6. $\mathbf{O} = \{O_m\}$, $m = 1 \dots nls$ матрица значений целевой функции.

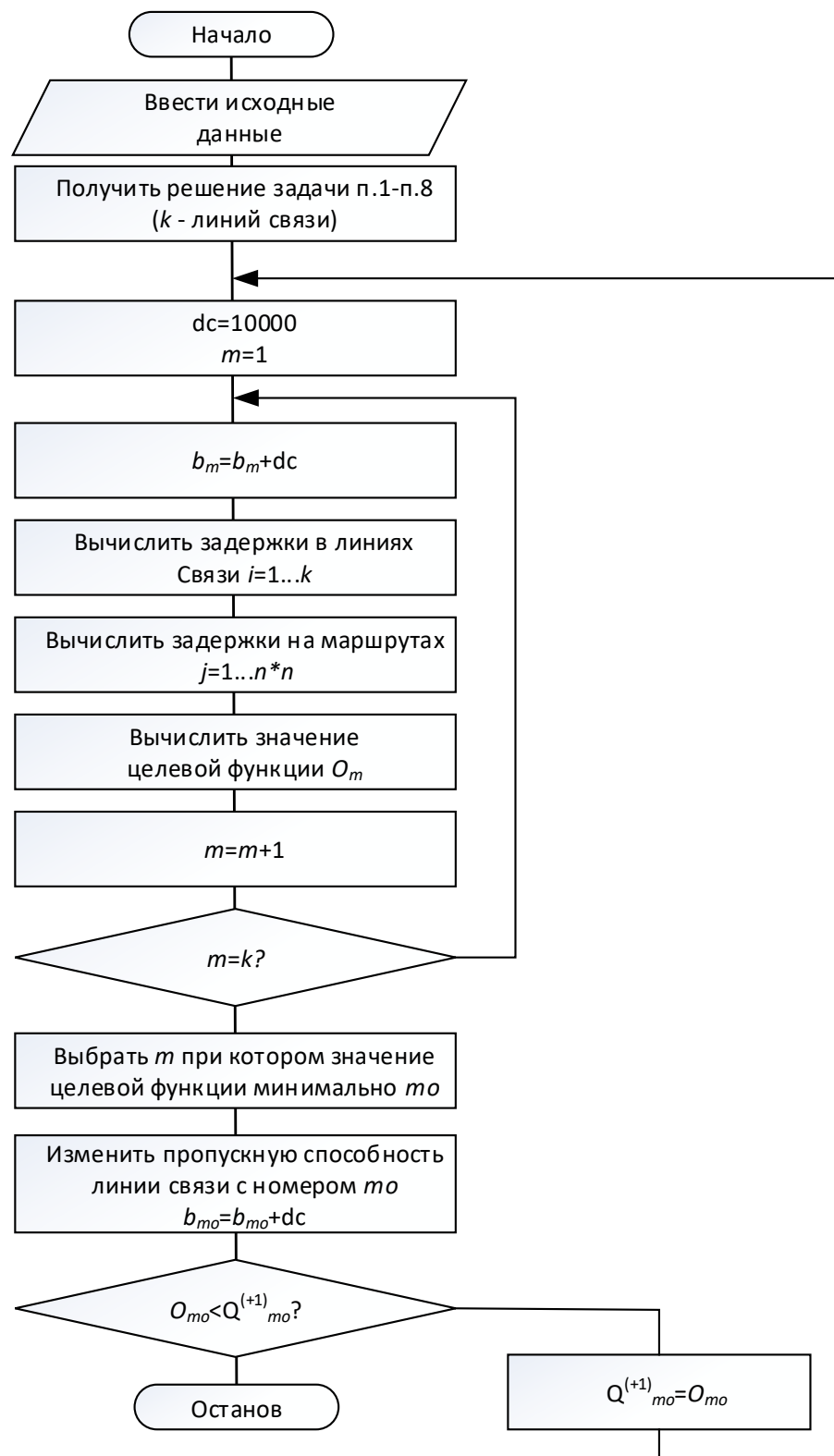


Рис.2 Алгоритм оптимизации пропускной способности