

Лабораторная работа №3

Логический метод маршрутизации

Цель работы: Изучение логического метода маршрутизации и общих принципов функционирования сети связи. Исследование качества работы сетей различной конфигурации.

Введение.

Проектирование сетей связи связано с решением ряда проблем, к числу которых относится проблема маршрутизации, являющаяся одной из важных функций управления сетью связи.

Сеть связи – это сложная совокупность систем передачи информации и управления. Данные системы взаимосвязаны между собой на единых организационно-технических средствах построения и эксплуатации.

Основное назначение сети связи – передача информации между её пользователями.

Линии связи представляют собой физическую среду (оптоволоконные и электрические кабельные линии, спутниковые линии и другие).

Современные сети связи характеризуются:

- применением цифровых систем передачи и вычислительных средств для решения задач управления;

- интеграцией всех видов передаваемой информации (речь, изображение, данные, факсимильные и другие сообщения).

Маршрутизация значительно влияет на качество обслуживания пользователей сети, эффективное использование линейных сооружений и аппаратуры передачи информации. Раскроем термин маршрутизация, и то, что с ним связано:

Маршрут – список элементов сети связи начинающийся с абонентского пункта вызывающего и заканчивающийся абонентским пунктом вызываемого абонента. Физически маршрут реализуется в виде соединительного тракта передачи сообщения, либо скоммутированных в узлах коммутации каналов связи между исходящим и входящим оконечным оборудованием пользователей.

Маршрутизация – набор процедур, позволяющих определить оптимальный по заданным параметрам маршрут (например, количество транзитных узлов коммутации, время задержки в элементах сети связи при передаче информации между пользователями, надежности элементов сети и другие) на сети связи между абонентскими пунктами пользователей либо узлами коммутации.

Обычно для реализации маршрутизации на сети в каждом транзитном узле коммутации, начиная с исходящего, формируется таблица маршрутизации, которая представляет собой матрицу размерностью $(S-1) \times N_j$, где:

S – количество узлов коммутации в сети,

N_j – количество исходящих трактов передачи сообщения из j -го узла коммутации.

Матрица содержит информацию о предпочтительности выбора исходящего тракта передачи сообщения из j -го узла коммутации при передаче информации к i -му узлу.

Для того, чтобы была возможность определять маршруты между любой парой узлов коммутации необходимо построить таблицы маршрутизации в каждом узле сети.

Совокупность таблиц маршрутизации для всех узлов коммутации сети называется **планом распределения информации** на сети связи. Считается, что план распределения информации на сети задан, если определены таблицы маршрутизации для каждого узла коммутации.

Формирование планов распределения информации осуществляется по следующим критериям:

- минимальное количество транзитных узлов коммутации в искомом маршруте,
- надежность элементов сети связи,
- время задержки передачи информации в элементах сети,

- скорость передачи информации и прочие.

Данные параметры зависят от многих причин:

- вида и интенсивности трафика пользователей сети,
- условий окружающей среды при эксплуатации оборудования сети,
- технического состояния оборудования сети и других причин.

Поэтому в процессе эксплуатации сетей связи могут возникнуть ситуации, при которых необходимо скорректировать таблицы маршрутизации и тем самым перестроить план распределения информации.

Если в процессе эксплуатации сетей связи происходит автоматическое перестроение плана распределения информации (без участия администрации сети), то такой план распределения информации называют **динамическим**.

В противном случае формирование плана распределения информации будет **статическим**.

План распределения информации позволяет определить маршруты между любой парой узлов на сети связи. Для этого необходимо во всех транзитных узлах коммутации, начиная с исходящего узла, обращаясь к таблице маршрутизации, определить ту, вектор строку, номер которой совпадает с номером приемного узла. В данной вектор строке необходимо выбрать исходящий тракт передачи сообщения первого выбора. Если по каким либо причинам, исходящий тракт передачи сообщения первого выбора оказался недоступным, (занятость передачей другой информации или неисправность аппаратуры), следует выбрать исходящий тракт передачи сообщения второго выбора. В случае недоступности исходящего тракта передачи сообщения второго выбора, выбрать следующий по предпочтительности исходящий тракт передачи сообщения. Данная процедура продолжается во всех узлах, участвующих в формировании искомого маршрута, пока не будет определен маршрут между заданной парой узлов.

В случае недоступности всех исходящих трактов передачи сообщения в данном узле потребуется либо вернуться на предыдущий узел коммутации и выбрать менее предпочтительный исходящий тракт передачи сообщения, либо дать отказ на возможность организации искомого маршрута между заданной парой узлов.

Если в каждом узле коммутации одновременно выбирается два и более исходящих тракта передачи сообщения, то такой выбор называется параллельным. В этом случае на сети формируется несколько маршрутов от исходящего узла к приемному узлу, один из которых будет оставлен и зафиксирован. Остальные должны самораспасться.

Критерием выбора одного из множества маршрутов могут быть:

- минимальное количество транзитных узлов коммутации,
- минимальное время задержки при передаче сообщения по всей длине маршрута,
- максимальная надежность элементов, участвующих в формировании маршрута.

Возможен и комбинированный (последовательно-параллельный) выбор исходящих трактов передачи сообщений в узлах коммутации. В данном случае в процессе поиска искомого маршрута одна часть узлов коммутации осуществляет последовательный выбор исходящих трактов передачи сообщений, а другая часть узлов выполняет параллельный их выбор.

Отметим, что последовательный выбор исходящих трактов передачи сообщений является частным случаем их параллельного выбора.

Критериями выбора количества исходящих трактов передачи сообщений в каждом узле коммутации могут служить:

- приоритет пользователей сети связи (определяется срочностью и ценностью предполагаемой к передаче информации);
- степень загруженности или неисправности элементов сети связи.

Таким образом, можно заключить, что маршрутизация состоит из двух этапов:

1. Формирование плана распределения информации на сети связи.

2. Выбор исходящего тракта передачи сообщения в каждом узле коммутации при поиске маршрута между исходящим и приемным узлами.

Логический метод маршрутизации.

Логический метод формирования плана распределения информации на сети связи состоит в процедуре, выполняемой в каждом транзитном узле коммутации, начиная с исходящего узла, позволяющей определить исходящий тракт передачи сообщений, максимально близкий к геометрическому направлению на приемный узел. Рассмотрим основную идею данного метода. Сеть связи вкладывается в прямоугольную систему координат. Каждому узлу сети присваивается собственный адрес (X, Y) (Рис.1.1). В каждом транзитном узле коммутации, начиная с исходящего узла, производится анализ адреса приемного узла сопоставлением его с собственным. В результате вычисляется геометрическое направление из данного узла на приемный узел (в принципе эти вычисления можно привести заблаговременно и держать в оперативной памяти узла). Затем определяется тот тракт передачи сообщений, который имеет наибольшее совпадение с ранее рассчитанным геометрическим направлением на приемный узел. Если ближайший по направлению исходящий тракт передачи сообщений не доступен, то подбирается очередной по предпочтительности исходящий тракт передачи сообщений.

Рассмотрим на примере суть логического метода маршрутизации. На рисунке 1.2 представлена сеть связи, в которой исходящий узел и приемный узел, соответственно, имеют координаты $\{1, 2\}$ и $\{10, 2\}$.

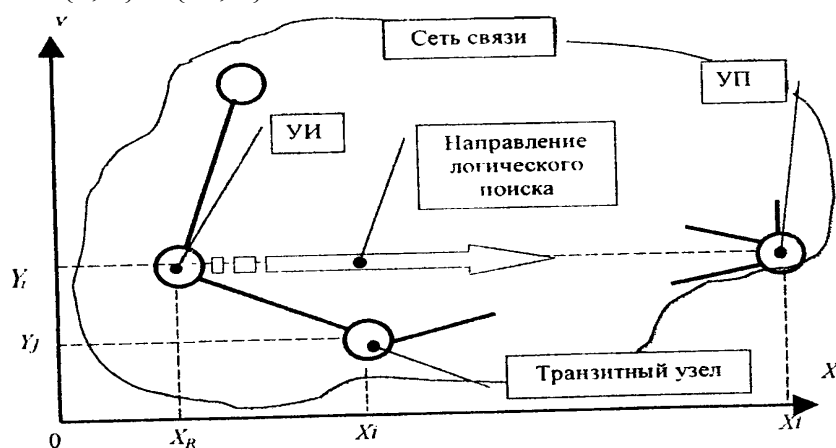


Рисунок 1.1 – Поиск маршрута логическим методом

Из исходящего узла определяем геометрическое направление на приемный узел (указано пунктиром).

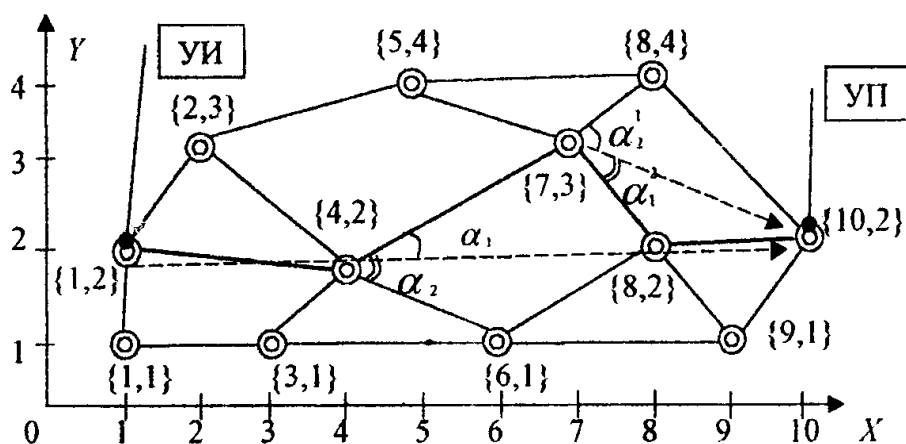


Рисунок 1.2 – Пример формирования плана распределения информации логическим методом

С данным направлением совпадает исходящий тракт передачи сообщений к узлу с координатами {4, 2}. В узле коммутации {4, 2} выбираем исходящий тракт передачи сообщений к узлу коммутации с координатами {7, 3}, так как он имеет наименьший угол отклонения от геометрического направления на приемный узел. В узле коммутации {7, 3} подобным образом выбираем тракт передачи сообщений к узлу коммутации {8, 2}. В узле коммутации {8, 2} выбираем тракт передачи сообщений к узлу коммутации {10, 2}.

Таким образом: $\mu(\{1, 2\}; \{10, 2\}) = (\{1, 2\}, \{4, 2\}, \{7, 3\}, \{8, 2\}, \{10, 2\})$.

Несомненным достоинством данного метода является простота и отсутствие необходимости передачи служебной информации по сети. Применение простого алгоритма вычисления исходящего тракта передачи сообщений в каждом узле коммутации позволяет отказаться от таблиц маршрутизации, что значительно сокращает объем оперативной памяти узла коммутации, упрощает процедуру маршрутизации и ввод в эксплуатацию новых узлов. В то же время, данный метод не является динамическим и не решает задачу глобальной оптимизации плана распределения информации [1].

Принципы работы с программой Net.

Задача оптимизации сети не решена в общем виде до сих пор, и поэтому для определения эффективности работы сети часто приходится проводить её моделирование. В связи с этим необходимо программное обеспечение для моделирования сети связи, которое позволяет разработчику оптимизировать её структуру на стадии разработки (в данной лабораторной работе используется программа Net.exe).

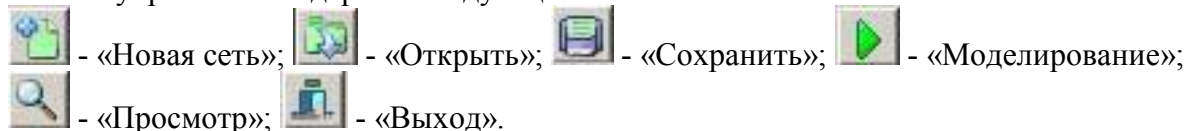
Описание интерфейса программы Net

Пользовательский интерфейс разработан с учетом современных технологий в рамках среды Windows.

Приложение имеет:

- ✓ главное окно с рабочей областью, строкой меню и панелью управления;
- ✓ окно ввода данных для узлов коммутации;
- ✓ окно ввода данных для линий связи;
- ✓ графическое окно.

Панель управления содержит следующие кнопки:



Рабочая область логически разделена на две части: «Параметры сети» и «Параметры моделирования», рисунок 2.1.

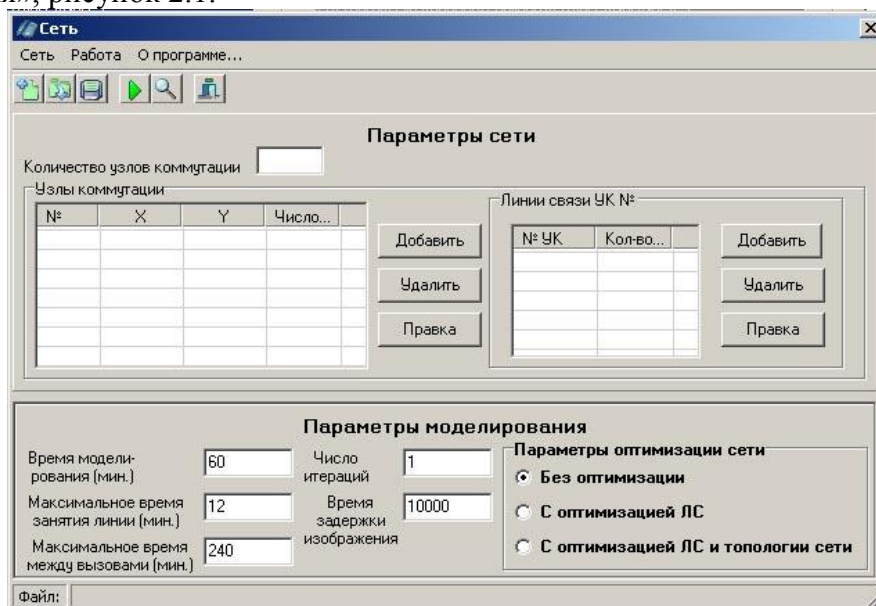


Рисунок 2.1 – Главное окно программы

В параметрах сети имеются две таблицы «Узлы коммутации» и «Линии связи для узла коммутации», рисунок 2.2, в которых содержатся данные об узлах коммутации и о линиях связи между узлами коммутации.

Параметры сети

Количество узлов коммутации: 13

Узлы коммутации

№ УК	X	Y	Число
1	-2,00	-7,00	7
2	-5,00	-5,00	7
3	-8,00	-2,00	7
4	-8,00	2,00	7
5	-5,00	5,00	7
6	-2,00	7,00	7

Добавить, Удалить, Правка

Линии связи для УК № 2

№ УК	Кол-во ЛС
13	1

Добавить, Удалить, Правка

Рисунок 2.2 – «Параметры сети»

Для добавления записи необходимо нажать кнопку «Добавить», при этом появляется диалоговое окно соответствующей таблицы «Узел коммутации», рисунок 2.3, или «Линия связи», рисунок 2.4.

Узел коммутации

№ узла коммутации: 14

Координаты узла коммутации (X, Y)

X: 0 Y: 0

Количество абонентов: 1

Сохранить, Отмена

Рисунок 2.3 – Окно ввода данных «Узел коммутации»

В этом окне можно ввести номер узла коммутации, координаты узла коммутации (X,Y), количество абонентов для каждого узла коммутации. Также в этом окне содержатся кнопки «Сохранить» и «Отмена».

Линия связи

Линия связи для УК № 2

С УК №: 4

Кол-во ЛС: 1

OK, Отмена

Рисунок 2.4 – Окно ввода данных «Линия связи»

В окне «Линия связи» отображается номер выбранного узла коммутации, номер узла коммутации, с которым мы хотим его соединить, с возможностью выбора из списка узлов коммутации свободных для данного узла, а также количество линий связи, которыми они будут соединены. Для сохранения введенной информации необходимо нажать кнопку «OK».

Для удаления узла коммутации необходимо выделить в таблице «Узлы коммутации» нужный узел коммутации и нажать кнопку «Удалить». Если данный узел коммутации соединен с каким-либо узлом коммутации, то при нажатии кнопки «Удалить» появится надпись: «Невозможно удалить узел коммутации – есть линии связи!». Следовательно, надо удалить все линии связи, связанные с этим узлом коммутации и только после этого можно будет удалить сам узел коммутации. Для удаления линии связи необходимо выделить в таблице «Линия связи для узла коммутации» узел коммутации, с которым связан данный узел коммутации. При нажатии кнопки «Удалить» соответствующей таблицы, линия связи между выбранными узлами удалится. Если же интересующий нас

узел коммутации будет соединен хотя бы с одним узлом коммутации, то его удаление невозможно, из-за наличия линии связи между ними.

Для исправления существующей записи, необходимо выделить ее и нажать кнопку «Правка» в соответствующей таблице. При нажатии этой кнопки появится диалоговое окно соответствующей таблицы «Узел коммутации», рисунок 2.3, или «Линия связи», рисунок 2.4, в котором можно исправить уже существующие данные.

На рисунке 2.5 показана вторая часть главного окна – «Параметры моделирования».

Параметры моделирования	
Время моделирования (мин.)	60
Максимальное время занятия линии (мин.)	12
Максимальное время между вызовами (мин.)	240
Число итераций	1
Время задержки изображения	10000

Параметры оптимизации сети
☒ Без оптимизации
☐ С оптимизацией ЛС
☐ С оптимизацией ЛС и топологии сети

Рисунок 2.5 – «Параметры моделирования»

К параметрам моделирования относятся:

- ✓ время моделирования, в минутах;
- ✓ максимальное время занятия линии, в минутах;
- ✓ максимальное время между вызовами, в минутах;
- ✓ число итераций;
- ✓ время задержки изображения;
- ✓ параметры оптимизации сети:

Все параметры моделирования оператор задает сам. В параметрах оптимизации сети имеется возможность выбора процедуры оптимизации:

- ✓ без оптимизации;
- ✓ с оптимизацией линий связи;
- ✓ с оптимизацией линий связи и топологии сети.

Все три способа оптимизации описаны ниже.

На рисунке 2.6 показано графическое окно «Топология сети».

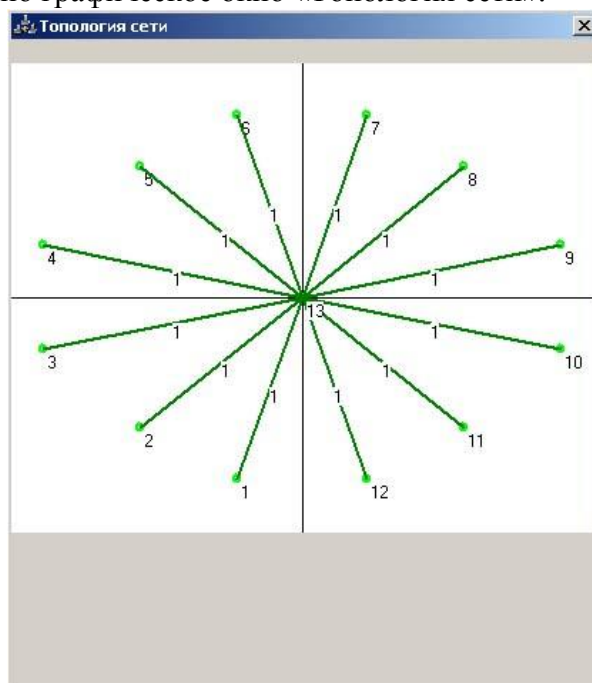


Рисунок 2.6 – Графическое окно «Топология сети»

После запуска программы в графическом окне «Топология сети», можно наглядно проследить, как осуществляются звонки в сети. При этом необходимо задать нужное время задержки изображения. Чем больше время задержки изображения, тем наглядней процесс. Занимаемая линия связи на время звонка меняет свой цвет, при этом показывается, сколько линий связи в канале связи занято одновременно.

Описание работы программы «Сеть»

Работу пользователя с программой можно разделить на два этапа: ввод параметров сети и моделирование её работы. У пользователя есть возможность задать сеть с клавиатуры или загрузить из файла. При вводе с клавиатуры в «Параметрах сети» вводится информация о каждом узле коммутации сети: координаты, число абонентов и линии связи. Когда вся необходимая информация введена, пользователь может сохранить сеть в файле с расширением net, чтобы в дальнейшем не вводить её повторно. Соответственно загрузка сети производится также из файла с расширением net. Можно сохранить любое количество сетей под разными именами.

Процесс моделирования работы сети осуществляет программа. При этом пользователь может влиять на него, меняя параметры моделирования. Случайным образом в случайное время выбирается исходящий и приемный узлы и между ними устанавливается соединение на время, также определяемое случайным образом. Время наступления перечисленных событий определяется случайным образом по равномерному закону распределения, исходя из заданных параметров моделирования (максимальное время занятия линии и максимальное время между вызовами). Хотя реально распределение плотности вероятности времени соединения между узлами имеет более сложную форму, в некотором приближении можно использовать равномерный закон распределения.

При выборе пути соединения используется логический метод маршрутизации.

Во время моделирования отображается в наглядной форме конфигурация исследуемой сети, а также строка состояния процесса моделирования.

По окончании сеанса моделирования выводится общее количество вызовов, количество отказов в связи, а также число отказов каждой линии связи.

История вызовов записывается в файл Net.TXT где отображается номер вызова, номера исходящего и приемного узлов коммутации, путь соединения, результат соединения (если соединение произведено, то “есть связь!” - время соединения, иначе сообщение “Абонент занят!”).

На основании этой информации пользователь решает, нужно ли изменить положение, либо число линий связи, или его устраивает имеющаяся ситуация. Если ситуация не устраивает, то можно закрыть окно “топология сети”, изменить расположение и количество линий связи, после чего повторить моделирование. Таким образом, по результатам моделирования пользователь может оптимизировать сеть в соответствии с выбранным способом оптимизации (**критерием оптимальности сети** может быть, например, количество отказов в связи имевшее место в сети за определенное время с учетом минимизации числа линий связи, а следовательно и стоимости сети). Оптимизация линий связи предполагает «переброс» линий связи из каналов связи с меньшим количеством отказов в каналы связи с максимальным количеством отказов. Оптимизация с изменением топологии сети предполагает помимо оптимизации линий связи добавление нового канала связи между узлами с максимальным количеством отказов, в случае если между ними нет линии связи.

Если выбрано «Без оптимизации», значит программа не выполняет оптимизацию, пользователь сам по результатам моделирования может оптимизировать сеть. В противном случае программа оптимизирует сеть в автоматическом режиме, тогда после завершения оптимизации программа выдает результат последней итерации. Так как результат последней итерации может оказаться не самым лучшим, то можно посмотреть в текстовом файле с расширением log результаты всех итераций.

Ниже приведено описание примера сети связи на рис.2.7, состоящей из абонентов a11, a12, a13, ..., a21, a22, ..., a31, a32, ..., a35.

Количество узлов : 3

1-й узел

Координаты : 1 4

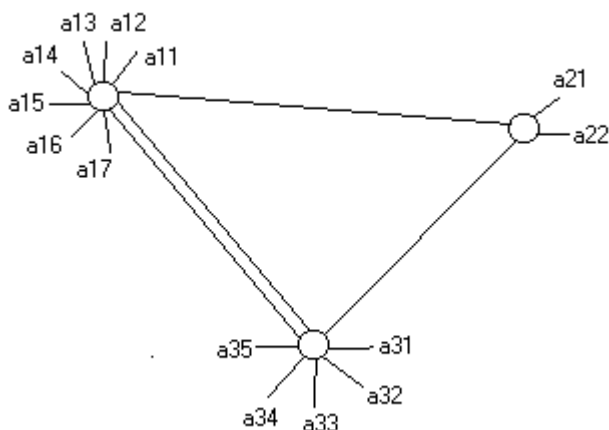
Количество абонентов : 7

2-й узел

Координаты : 3 3
Количество абонентов : 2
3-й узел
Координаты : 2 1
Количество абонентов : 5

Соединяем узлы : 1 2
Количество линий связи : 1
Соединяем узлы : 1 3
Количество линий связи : 2
Соединяем узлы : 2 3
Количество линий связи : 1

Рис.2.7.



Примечание: Необходимо также пояснить, при моделировании работы сети с помощью программы Net.exe считается, что отказ в предоставлении услуги связи сетью возникает только при занятости каналов между станциями. А абоненты одной и той же станции дозваниваются друг другу всегда.

Домашнее задание.

Спланировать методику выполнения лабораторной работы.

Лабораторное задание.

1. Задать простейшую сеть вида «точка-точка» (см. рис.3.1.) и зафиксировать зависимость вероятности возникновения отказа от количества линий связи. Найти оптимальное количество линий связи. Количество абонентов каждой станций сети взять равным $5 \cdot N$, $10 \cdot N$, $15 \cdot N$, где N – номер варианта. Доказать экспериментально примечание параграфа: “Принципы работы с программой Net”.

2. Сравнить качество работы сети с конфигурацией “звезда” и “кольцо” (см. рис.3.2. и рис.3.3.) при прочих равных условиях. Эксперимент выполнить в трёх вариантах: при количестве линий связи между соединяемыми станциями равном 1, 3, 6. Количество абонентов на всех станциях одинаково и равно 7, количество станций равно 12.

3. Для сети связи изображённой на рис.3.4. выполнить оптимизацию сети “в ручную” – на основе моделирования сети (“параметры оптимизации сети” – “без оптимизации”). На рис.3.4. кружки – узлы коммутации (станции), первая цифра в кружке – номер узла, вторая цифра – число абонентов данного узла. Цифры над трактами передачи сигналов – число линий связи в данном тракте (необходимо добиться минимума количества отказов при фиксированном суммарном количестве линий связи сети). Оптимизацию выполнить сначала при неизменной геометрической конфигурации сети связи (меняется только количество линий связи между станциями), а затем меняя и количество линий связи, и их расположение.

4. Повторить пункт 3, воспользовавшись возможностью автоматической оптимизации сети связи предусмотренной в программе.

5. Создать свою сеть связи и исследовать качество её работы. Количество станций, линий связи и абонентов задать самостоятельно, причём минимальное количество станций

– 5, абонентов на каждой станции – 10, максимальное количество линий на каждую станцию – 4 (желательно, чтобы разброс количества абонентов от станции к станции был как можно больше).

6. Экспериментально доказать, что данная программа моделирует сеть именно на основе логического метода маршрутизации.

Примечание: Время работы сети принять равным 10 ч. Максимальное время занятия линий - 12 мин., максимальное время между вызовами -24 мин.

Контрольные вопросы.

1. Опишите принцип работы телефонной сети.
2. Что такое маршрутизация и каковы её функции.
3. В чём суть логического метода маршрутизации.
4. Какие существуют критерии оптимизации сети связи.
5. Что такое система массового обслуживания (СМО). Проиллюстрируйте понятие СМО на примере телефонной сети связи.
6. Что такое трафик и каковы его свойства.
7. Какие виды сетей связи вы знаете.

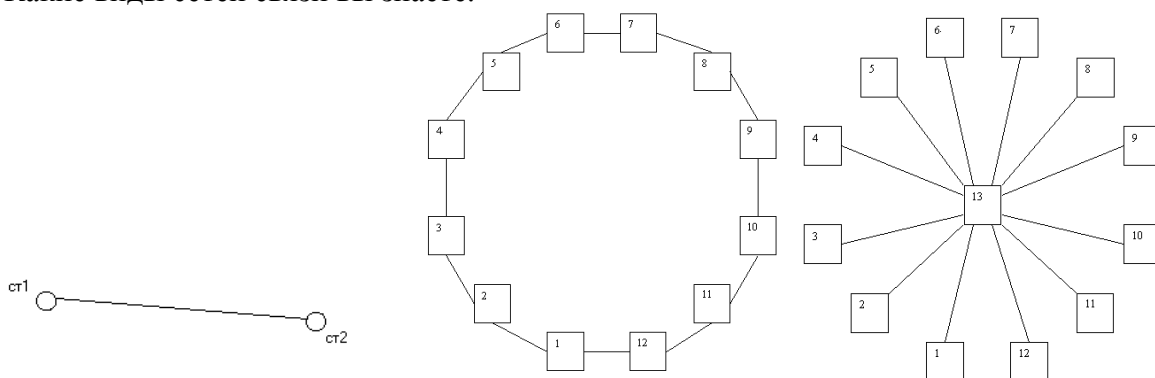


Рис.3.1. Сеть топологии “точка-точка”. Рис.3.2. Сеть топологии “кольцо”. Рис.3.3. Сеть топологии “звезда”.

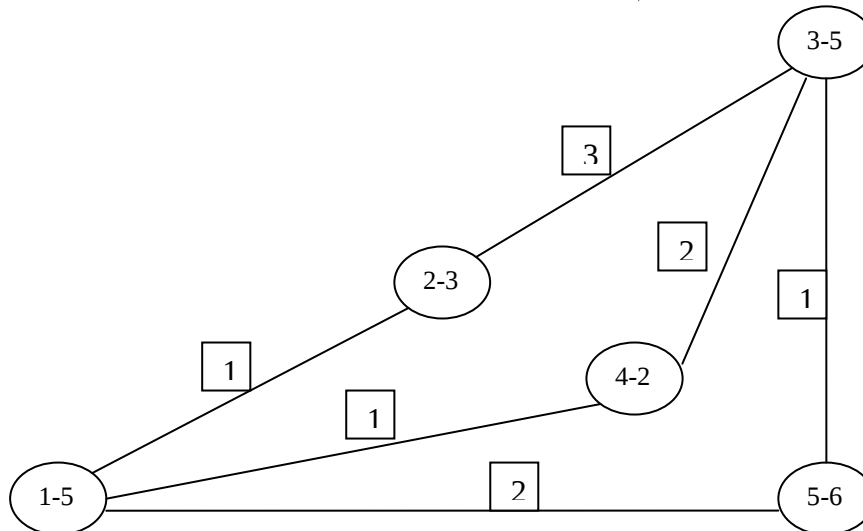


Рис.3.4.

Список использованной литературы

1. Новиков С.Н. Методы маршрутизации на цифровых широкополосных сетях связи: Учеб. пособие по специальности 200900 – сети связи и системы коммутации. – Новосибирск, Часть 1. – 2001. – 83 с.
2. Х. Штермер., Э. Белендорф., Н. Бининда., Г. Беретшнайдер., Э. Хоффман., Г. Зухланд. Теория телетрафика. – М.: Связь, 1971. – 320 с.
3. Телекоммуникационные системы и сети. Т.1: Учеб. Пособие / Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. – Изд. 2-е, испр. И доп. – Новосибирск: Сиб. Предприятие «Наука» РАН, 1998. – 536 с.