

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Дагестанский государственный технический университет»**

**Лабораторные работы**  
**по дисциплине**

**«Системы распределенного управления данными»**

<u>Направление</u>	09.04.04 Программная инженерия
<u>Направленность</u>	Системы искусственного интеллекта
<u>Квалификация</u>	магистр
<u>Форма обучения</u>	очная

Махачкала 2021

**Лабораторная работа №1**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ**  
**С ЛИНЕЙНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ**

*Краткая теория*

**Цель работы.** Изучение принципов работы распределенных вычислительных сетей на примере простейшей имитационной модели, а также оценка времени обслуживания и конфликтов в этих сетях.

В настоящее время широкое применение получили локальные вычислительные сети (ЛВС), которые строятся на ПЭВМ, соединенных линией связи и аппаратурой, поддерживающей соответствующий интерфейс. Информация в таких сетях передается в виде пакетов стандартной длины и формата. Структура пакета и методы его обработки регламентируются специальными протоколами. Если передаваемое сообщение имеет большую длину, то оно представляется как последовательность пакетов. Такая операция выполняется с использованием сетевого оборудования и его программного обеспечения.

В качестве канала чаще всего применяют высокочастотный телефонный кабель с пропускной способностью 40 - 1000 Кбод. Для подключения к нему используют сетевые адаптеры (контроллеры, сетевые карты), в состав которых могут быть включены модемы.

Наиболее распространенными структурами сети являются:

\*моноканал или шина (рис. 1.1), типичным примером которого служит Ethernet;

\*звезда (рис. 1.2), например Fast Ethernet;

\*петля (кольцо) - рис. 1.3, классическим примером которой является сеть Token Ring.

В линейных сетях используется случайный метод доступа (захват канала в любой момент - CSMA/CD) [1]. При этом возможно наложение пакетов, передаваемых с разных станций, т.е. искажение информации. Оно обнаруживается оборудованием сетевых адаптеров (СА). Случайный доступ реализуется двумя основными способами: с проверкой столкновений и несущей. Первый способ (с проверкой столкновений) только обнаруживает наложение передаваемого пакета на тот, который движется по каналу. При обнаружении столкновения передача прекращается, и следующая попытка предпринимается через случайный интервал времени  $t$ . Этот способ применяется в слабо загруженных сетях. При проверке несущей адаптер прослушивает канал и начинает передачу только, если в ней отсутствует пакет (нет несущей частоты). Такой способ обеспечивает меньшую вероятность столкновения пакетов и лучшую загрузку линии связи.

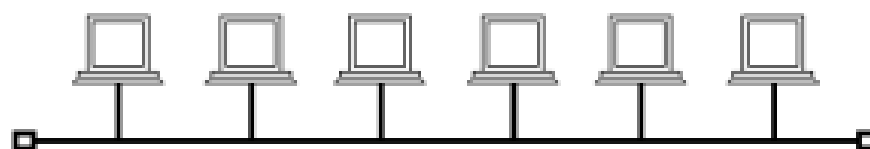


Рис. 1.1. Типовая структура линейной ЛВС

В настоящее время всё большее распространение получает звездообразная структура сети (рис. 1.2) [4]. Она наилучшим образом обеспечивает реализацию режима обработки задач «Клиент – сервер». В такой сети имеется мощная центральная ЭВМ, выполняющая функции файлового сервера и управляющая работой всей сети. Эта структура носит название активная звезда. Более простые сети вместо центральной ЭВМ используют концентраторы или коммутаторы. Их архитектура называется пассивной звездой.

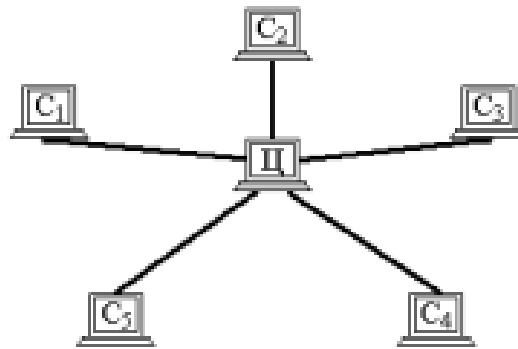


Рис. 1.2. Типовая структура звездообразной ЛВС :  
Ц – Центральная ЭВМ, С<sub>1</sub>-С<sub>5</sub> – локальные станции

В кольцевых сетях используется детерминированный (маркерный, эстафетный) метод доступа [4]. При этом сетевой адаптер получает разрешение на передачу пакета в момент поступления специального маркера. Обычно его роль играет пустой пакет. После получения заполненного пакета адаптер адресата освобождает его от информации и гонит по каналу.

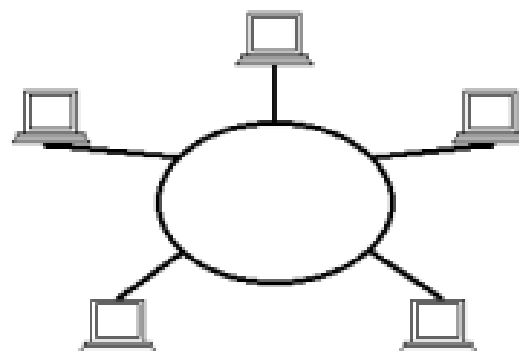


Рис. 1.3. Типовая структура кольцевой ЛВС

### *Описание лабораторной установки*

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 95/98/NT. В ней используется программа имита-

ционного моделирования наиболее распространенной сети, имеющей архитектуру типа моноканала (аналога Ethernet). Программа составлена на языке Delphi 4.0. Она позволяет выполнить следующие операции:

1. Варьировать количество и типы программ, обрабатываемых каждой станцией (от 1 до 20).
2. Изменять для всех программ одновременно или для каждой в отдельности
  - \*количество и длину передаваемых пакетов, а также
  - \*максимальное значение интервала времени между отправленными двух соседних пакетов.
3. Варьировать пропускную способность линии связи от 40 до 1024 Кбайт.
4. Задать один из двух методов доступа к линии: с проверкой столкновений или с проверкой несущей.
5. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

Моделируемая сеть может содержать до 10 станций, соединенных между собой каналом связи. Работа каждой станции представляется закраской ее на схеме соответствующим цветом. Станция может находиться в состоянии обслуживания программы или передачи пакета. Пакеты передаются в канал в случайные моменты времени, которые определяются с помощью генератора случайных чисел. Максимальное значение интервала времени между отправленными двух соседних пакетов, как отмечалось выше, является характеристикой соответствующей программы. Передача пакета в модели представляется закраской канала цветом ее станции.

Как отмечалось выше, важной особенностью и недостатком случайного метода доступа к каналу являются наложения (столкновения) пакетов. В модели предусмотрено обнаружение этой ситуации, прекра-

щение передачи и возобновление ее через случайный промежуток времени. Количество столкновений подсчитывается программой и является одной из характеристик сети.

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Lab.exe** и находится в папке **Lab 9**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется первое окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

В левой части окна находится панель управления приложением. На ней размещено несколько кнопок, каждая из которых снабжена всплывающей подсказкой. Кнопка с изображением раскрытой книги переводит приложение в режим ввода характеристик или моделирования. После запуска установлен первый режим.

Все поле для ввода параметров разделено на четыре основных блока.

1. «Типы задач», обеспечивающий задание до двадцати различных типов задач, каждый из которых характеризуется числом пакетов, их размером и максимальным интервалом времени между двумя соседними пакетами;
2. «Линия связи», позволяющий ввести пропускную способность линии, которая может изменяться в пределах от 40 до 1024 Кбайт в секунду.
3. В блоке «Характеристики станции» задаются количество, типы задач и порядок их обслуживания для каждой станции в отдельности или для всех одновременно. Последняя операция обеспечивается выбором поля «Принять для всех станций». При этом необходимо выбрать тип задачи из соответствующего блока, а затем нажать кнопку пересылки. Указанная кнопка находится между блоками. На ней изображена стрелка, направленная вправо. Задачи, которые приписаны станции, изображаются в ее списке в том порядке, в котором они будут впоследствии обрабатываться. Этот список можно очистить или удалить из

него какую-либо запись с помощью соответствующих кнопок (название кнопки можно увидеть на всплывающей подсказке).

4. В последнем блоке, «Дисциплина доступа станций к линии связи», задаются методы доступа станций к каналу: с проверкой столкновений или несущей.

После того как ввод всех параметров закончен нужно переключиться на режим моделирования. Запуск модели осуществляется нажатием на кнопку с изображением зеленой лампочки. При этом будет поддерживаться непрерывный режим, а кнопка утоплена. В любой момент можно остановить моделирование повторным нажатием на ту же кнопку, а затем – снова продолжить. Имеется возможность исследовать работу сети в каждом такте, определяемом ее новым состоянием (началом или окончанием передачи очередного пакета). Выполнение такта начинается после нажатия мышью кнопки с изображением красной лампочки.

Во время моделирования появляется окно приложения, в верхней части которого изображена структура сети (станции и линия связи), а в нижней - представлена трасса загрузки канала и станций. Каждой станции, как отмечалось выше, соответствует свой цвет. В нижней части экрана выводится столько трасс (временных диаграмм), сколько рабочих станций считалось активными в моделируемой сети. При возникновении конфликта через все диаграммы проводится вертикальная линия белого цвета.

В средней части экрана в процессе моделирования в полях «Прошло времени», «Количество конфликтов», «Среднее время выполнения» выводятся основные характеристики сети. После каждого запуска модели программа запоминает значение среднего времени выполнения задач и строит график этого времени, который располагается в рамке, находящейся в правой половине средней части экрана. Для его получения нужно запустить программу, по меньшей мере, дважды.

### *Порядок выполнения лабораторной работы*

Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с различными параметрами устройств, потока задач и режимов их обслуживания.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

### *Последовательность выполнения лабораторной работы*

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Меняя количество программ, обрабатываемых сетью и станциями, при одинаковых параметрах самих программ определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

2. Задавая разные параметры программ, обрабатываемых сетью и станциями, при постоянном общем количестве программ, определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

3. Варьируя параметры станций и линии связи при постоянных параметрах программ и их количестве, определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

4. Построить графики зависимости времени и количества столкновений от изменяемых параметров.



## *Содержание отчета о выполненной работе*

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Графики следующих зависимостей для каждого из двух способов доступа к линии связи:
  - 1) общего и среднего времени выполнения программ от количества программ;
  - 2) количества столкновений от числа программ;
  - 3) общего и среднего времени выполнения программ от длины пакета и максимального интервала времени между последовательными моментами отправления двух пакетов;
  - 4) количества столкновений от длины пакета и максимального интервала времени между последовательными моментами отправления двух пакетов;
  - 5) общего и среднего времени выполнения программ от заданного преподавателем параметра одной или нескольких станций или линии связи;
  - 6) количества столкновений от заданного преподавателем параметра одной или нескольких станций или линии связи.

## **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные типы структур локальных вычислительных сетей.
2. Какие методы доступа используются в сетях?
3. Как обнаруживается наложение пакетов при передаче и что делается в этой ситуации?
4. Как влияет количество задач, обрабатываемых одной станцией, на характеристики сети?
5. Как влияет общее количество задач, обрабатываемых сетью, на ее характеристики?
6. Как влияет на характеристики сети пропускная способность канала?

7. Как влияют характеристики задач, обрабатываемых одной станцией, на характеристики сети в целом?
8. Какое влияние на работу сети оказывают общие характеристики задач, обрабатываемых станциями?
9. Как влияет на характеристики сети длина пакета сообщения?
10. Как влияет на характеристики сети максимальный интервал времени между последовательными моментами отправления двух пакетов?
11. При каком методе доступа наложения пакетов наиболее вероятны?
12. Какой из исследованных вами режимов работы сети можно считать лучшим и почему?

**Лабораторная работа №2**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С КАНАЛАМИ**  
**МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ**

*Краткая теория*

**Цель работы.** Изучение на простейшей имитационной модели особенностей работы одноранговых вычислительных сетей при наличии помех в канале.

В настоящее время, как отмечалось в руководстве к работе 1, широкое применение получили локальные вычислительные сети (ЛВС), которые строятся на ПЭВМ, соединенных линией связи и аппаратурой, поддерживающей соответствующий интерфейс. Информация в таких сетях передается в виде пакетов стандартной длины и формата. Структура пакета и методы его обработки регламентируются специальными протоколами. Такая операция выполняется с использованием сетевого оборудования и его программного обеспечения. В качестве канала чаще всего применяют высокочастотный телефонный кабель с пропускной способностью 40 - 1000 Кбод.

Одной из наиболее распространенных структур локальных сетей является моноканал или шина (рис. 1.1) [1]. В таких сетях используется случайный метод доступа. При этом возможно наложение пакетов, передаваемых с разных станций, т.е. искажение информации. Случайный доступ, как отмечалось в руководстве к лабораторной работе 4, реализуется двумя основными способами: с проверкой столкновений и несущей. Первый из них самый простой и применяется в слабо загруженных сетях, а второй обеспечивает меньшую вероятность столкновения пакетов и лучшую загрузку линии связи.

Передача информации по каналу занимает определенную часть времени ее обработки. Она может быть прервана из-за появления помех в линии. Для сетей любого уровня и архитектуры характерны как единичные, так и продолжительные помехи. При их обнаружении выполняется повторная передача очередного пакета. Если помехи длительные, то таких попыток может быть несколько. Их количество обычно ограничивается разумными пределами (например, не более 15 попыток). При достижении такого предела задача снимается (работа станции блокируется).

### *Описание лабораторной установки*

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 95/98/NT. В ней используется программа имитационного моделирования, аналогичная той, которая была в работе 7. Программа составлена на языке Delphi 4.5. Она позволяет выполнить те же операции, что и в предыдущей работе, а именно:

1. Варьировать количество и типы программ, обрабатываемых каждой станцией (от 1 до 20).
2. Изменять для всех программ одновременно или для каждой в отдельности:
  - количество и длину передаваемых пакетов, а также

- максимальное значение интервала времени между отправками двух соседних пакетов.
3. Варьировать пропускную способность линии связи от 1024 до 10240 Кбайт, а также задавать меньшие значения, начиная от 1.
  4. Задать один из двух методов доступа к линии: с проверкой столкновений или с проверкой несущей.
  5. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

Кроме того, имеется дополнительная возможность задавать **параметры помех** в канале:

- максимальную длительность и
- максимальное количество попыток повторной передачи пакета при искажении.

В программе предусмотрена стандартная реакция на продолжительные помехи: если после заданного числа попыток пакет так и не передан, то соответствующая задача снимается.

Моделируемая сеть может содержать до 10 станций, соединенных между собой каналом связи. Так же, как и в предыдущей работе, функционирование каждой станции представляется закраской ее на схеме соответствующим цветом. Станция работает по тому же алгоритму [2]. Передача пакета в модели представляется закраской канала цветом ее станции. Возникновение конфликта отображается на временной диаграмме работы станций вертикальной линией пурпурного цвета. Помехи также представляются на временной диаграмме группой серых линий, количество которых соответствует длительности помех.

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Lan.exe** и находится в папке **Lab 10**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется первое окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

Слева в окне расположена панель управления приложением. На ней находятся несколько кнопок, каждая из которых снабжена всплывающими подсказками. Кнопка с изображением раскрытой книги переводит приложение в режим ввода характеристик или моделирования. После запуска установлен первый.

Все поле ввода параметров разделено на пять основных блоков.

1. «Типы задач» обеспечивает задание до двадцати типов задач, каждый из которых характеризуется числом пакетов, их размером, максимальным интервалом времени между двумя соседними пакетами и максимальным числом попыток передачи пакета при помехах.
2. «Помехи» обеспечивает задание максимального интервала времени между помехами и их максимальной продолжительности. Блок «Линия связи» позволяет ввести пропускную способность линии. Она может изменяться в пределах от 1024 до 10240 Кбайт в секунду.
3. «Характеристики станции», в котором можно задать как для отдельной станции, так и для всех одновременно их характеристики. Характеристиками станций являются количество, типы задач и порядок их обслуживания. Для их ввода необходимо выполнить те же действия, что и в работе 7, т.е. выбрать тип задачи из соответствующего блока, а затем нажать кнопку пересылки. Указанная кнопка находится между блоками. На ней изображена стрелка, направленная вправо. Задачи, которые приписаны к станции, изображаются в ее списке в том порядке, в котором они будут впоследствии обрабатываться. Этот список можно очистить или удалить из него какую-либо запись с помощью соответствующих кнопок (название кнопки можно увидеть во всплывающей подсказке).
4. Станции, как отмечалось выше, могут работать в двух режимах: с проверкой столкновений и с проверкой несущей. Эти

характеристики можно задать в последнем блоке: «Дисциплина доступа станций к линии связи».

После того как ввод всех параметров закончен, нужно переключиться в режим моделирования. *Запуск модели* осуществляется последовательным *нажатием на кнопки с изображением книги* (настройки параметров), а затем — *зеленой лампочки*. При этом будет поддерживаться непрерывный режим и кнопка западет. В любой момент можно остановить модель повторным нажатием на зеленую кнопку, а затем снова продолжить. Генерацию каждого следующего такта можно выполнить вручную нажатием на кнопку с изображением красной лампочки.

При имитации работы станций и канала считается, что интервалы между пакетами в задачах, а также интервалы между помехами и длительность самих помех являются случайными величинами, диапазон изменения которых определяется исходными данными [2].

Во время моделирования появляется окно приложения, в верхней части которого изображена структура сети (станции и линия связи), а в нижней - представлены временные диаграммы (трассы) загрузки канала и станций. При этом количество трасс соответствует числу активных рабочих станций. Каждой станции, как отмечалось выше, соответствует свой цвет.

В средней части окна в полях: «Прошло времени», «Общее число наложенных помех на пакеты», «Количество снятых задач» представлены основные характеристики. По окончании работы программа запоминает значение общего времени работы сети. При нескольких последовательных запусках приложения в центральной части экрана строится график изменения этого времени.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

#### **Подготовка к работе**

1. Знакомство со всеми разделами руководства.

2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с помехами в канале.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

#### *Последовательность выполнения лабораторной работы*

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Варьируя **длительность помех** при **постоянных параметрах станций** и программ и фиксированном количестве тех и других, определить характеристики сети для каждого из двух способов доступа.

2. Варьируя **интервалы между помехами** при **постоянных параметрах станций** и программ и фиксированном количестве тех и других, определить характеристики сети для каждого из двух способов доступа.

3. Задавая разное **количество программ**, обрабатываемых сетью и станциями, **при одинаковых параметрах** самих программ и варьируя параметры помех определить те же характеристики, что и в п.п.1 и 2.

4. Определить те же характеристики, что и в п.п.1 и 2, для разных параметров программ при постоянном общем их количестве и изменяющихся параметрах помех.

5. Построить графики зависимости времени, количества столкновений и числа снятых задач от параметров помех для разных вариантов параметров задач, выбранных при выполнении п.п. 2 — 4.

#### *Содержание отчета о выполненной работе*

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Графики зависимостей для каждого из двух способов доступа к линии связи и вариантов исследованных характеристик задач:

- a) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций от длительности помех;
- b) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций от длительности интервалов между помехами;
- c) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций и нескольких вариантах длин пакетов и максимальных интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности интервалов между помехами;
- d) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций, нескольких вариантах длин пакетов и интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности помех;
- e) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций, нескольких вариантах длин пакетов и максимальных интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности интервалов между помехами;
- f) количества снятых задач при одинаковых характеристиках их и станций от длительности помех;
- g) количества снятых задач при одинаковых характеристиках их и станций от длительности интервалов между помехами;
- h) количества снятых задач при нескольких вариантах их характеристик и станций от длительности помех;
- i) количества снятых задач при нескольких вариантах их характеристик и станций от длительности интервалов между помехами.

### **Контрольные вопросы**



1. Назовите основные типы структур локальных вычислительных сетей и области их применения.
2. Какие методы доступа используются в сетях?
3. Как обнаруживается наложение пакетов при передаче и что предпринимается в этой ситуации?
4. Какие виды помех возникают в канале сети?
5. Какова стандартная реакция на обнаружение помехи в канале сети?
6. Как влияет длительность помех в канале на характеристики сети?
7. Как влияет на характеристики сети длительность интервалов между помехами в канале?
8. Как влияет на характеристики сети допустимое количество повторных передач пакетов при помехах в канале?
9. При каком методе доступа к каналу влияние помех наиболее ощутимо?
10. Как влияет на характеристики сети пропускная способность канала при наличии помех в нем?
11. Как влияет на характеристики сети при помехах длина пакета сообщения?
12. Как влияет на характеристики сети при помехах максимальный интервал времени между последовательными моментами отправления двух пакетов?

### **Лабораторная работа №3**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ С ЗВЕЗДООБРАЗНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ**

### *Краткая теория*

**Цель работы.** Изучение на простейшей имитационной модели особенностей работы вычислительных сетей со звездообразной архитектурой.

«Звезда» — это топология с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные абоненты (см. рис. 3.1). Обмен информацией происходит исключительно через центральный компьютер, на который, таким образом, ложится очень большая нагрузка. Поэтому никакими другими операциями, кроме сетевых, он заниматься не может.

Конфликты в сети с топологией «звезда» в принципе невозможны, так как управление ею полностью централизовано [3].

Если говорить об устойчивости звезды к отказам, то выход из строя периферийного компьютера никак не отражается на функционировании оставшейся части сети. В то же время отказ центральной ЭВМ делает сеть полностью неработоспособной. Обрыв любого кабеля или короткое замыкание в нем нарушает обмен только с одним компьютером, а все остальные могут нормально продолжать работу.

В отличие от шины, в звезде на каждой линии связи находятся только два абонента: центральный и один из периферийных. Чаще всего для их соединения используется две линии связи, каждая из которых передает информацию только в одном направлении. Недостаток топологии «звезда» состоит в ограничении количества абонентов. Обычно центральная ЭВМ может обслуживать не более 8-16 периферийных абонентов.

Звезда, показанная на рис. 3.1, носит название активной, или истинной. Существует также топология, называемая пассивной звездой (рис. 3.2). В настоящее время она распространена гораздо больше, чем первая. Достаточно сказать, что она используется в самой популярной на сегодняшний день архитектуре сети Ethernet. В центре такой сети помещается не компьютер, а концентратор, или хаб (hub). Он восстанавливает входящие сигналы и пересылает их в другие линии связи. Хотя схема прокладки кабелей подобна истинной или активной звезде, фактически имеет место шинная топология, так как информация от каждого компьютера одновременно передается ко всем остальным, а центрального абонента не существует. Естественно, пассивная звезда получается дороже обычной шины, так как она содержит еще и концентратор. Однако такая архитектура предоставляет целый ряд дополнительных возможностей, связанных с преимуществами звезды. Именно поэтому в последнее время пассивная звезда все больше вытесняет истинную шину, которая считается малоперспективной.

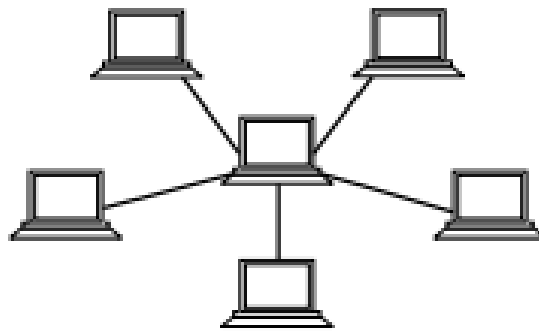


Рис. 3.1. Сетевая топология «звезда»



Рис. 3.2. Топология «пассивная звезда»

Существует также промежуточный тип топологии. В нем вместо концентратора используется переключатель (switch), который не только ретранслирует поступающие на него сигналы, но и управляет обменом, хотя сам в обмене не участвует.

Большое достоинство звезды (как активной, так и пассивной) состоит в том, что все точки подключения ее собраны в одном месте. Это позволяет легко контролировать работу сети, локализовать неисправности путем простого отключения от центра тех или иных абонентов (что невозможно, например, в случае шины), а также ограничивать доступ посторонних лиц к жизненно важным для сети точкам подключения.

Общим недостатком для всех топологий типа «звезда» является значительно больший, чем у других архитектур, расход кабеля. Это существенно влияет на стоимость всей сети в целом.

Классическим примером современных сетей, имеющих звездообразную архитектуру, является сеть 100VG AnyLAN (рис. 3.3). Она отличается от Ethernet следующими показателями:

- использует другой метод доступа Demand Priority (приоритетный), который обеспечивает более справедливое распределение пропускной способности сети по сравнению со случайным доступом;
- кадры передаются не всем станциям, а только станции назначения;
- в сети есть выделенный арбитр доступа – концентратор, и это заметно отличает рассматриваемую технологию от других, в которых применяется распределенный между станциями сети алгоритм доступа;
- в AnyLAN поддерживаются кадры двух технологий – Ethernet и Token Ring.

Сеть состоит из центрального концентратора, называемого также корневым, и соединенных с ним конечных узлов и других концентраторов. Концентратор циклически выполняет опрос портов. Станция, желающая передать пакет, посылает ему специальный низкочастотный сигнал, запрашивая разрешение на передачу кадра и указывая его приоритет. В сети 100VG AnyLAN используются два уровня приоритетов – низкий и высокий. Низкий уровень соответствует обычным данным (файловая служба, служба печати и т.п.), а высокий приоритет присваивается данным, чувствительным к временным задержкам (например, мультимедиа). Приоритеты запросов имеют статическую и динамическую составляющую. Это позволяет станциям с низким уровнем приоритета, которые долго не имеют доступ к сети, получить высокий приоритет и быть обслуженной за конечное время [5].

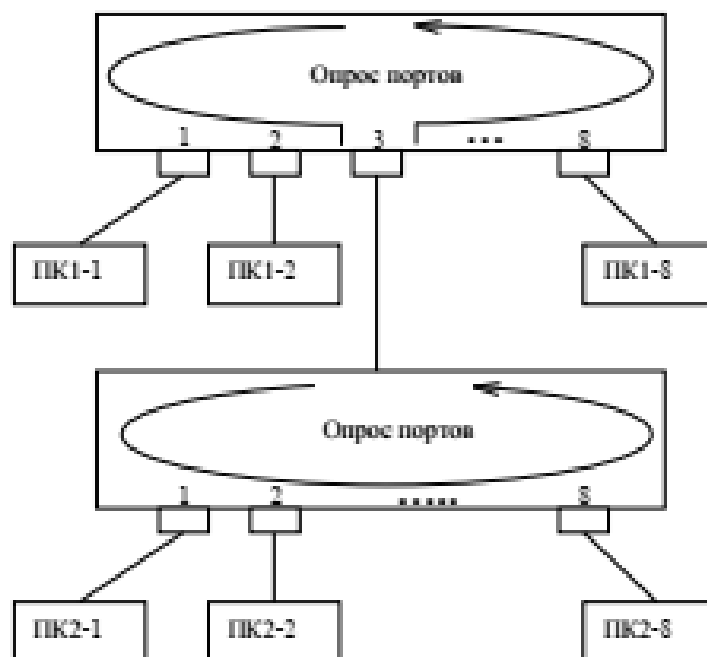


Рис. 3.3 Архитектура сети 100VG AnyLAN

Если концентратор нижнего уровня свободен, то он разрешает передачу пакета. В противном случае запрос на передачу ставится в очередь, которая обрабатывается в соответствии с порядком его поступления и приоритетом. Концентратор верхнего уровня (корневой) работает аналогично. При передаче через него пакетов в нижний сегмент опрос приостанавливается до завершения работы концентратора нижнего уровня. Станции, подключенные к концентраторам различного уровня, не имеют преимуществ по доступу к разделяемой среде, так как решение о предоставлении доступа принимается после проведения опроса всеми концентраторами своих портов.

Концентратор определяет, к какому порту подключена станция назначения следующим образом. Вначале в момент физического присоединения станции к сети он распознает ее MAC адрес и запоминает его в соответствующей таблице. Аналогично работает мост/коммутатор. Отличие концентратора 100VG AnyLAN от моста/коммутатора в том, что у него нет внутреннего буфера для хранения кадров. Поэтому он прини-

мает от станции только один кадр, отправляет его на порт назначения и, пока этот кадр не будет полностью принят станцией назначения, новые кадры не принимаются. Таким образом сохраняется эффект разделяемой среды и улучшается безопасность сети, т.к. кадры не попадают на чужие порты, и их труднее перехватить.

### *Описание лабораторной установки*

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 95/98/NT. В ней используется программа имитационного моделирования, составленная на языке Delphi 4.5. Она позволяет выполнить следующие операции.

1. Варьировать количество активных станций (от 2 до 8).
2. Задавать для каждой станции список адресатов, которым она передает сообщения.
3. Варьировать количество и типы программ, обрабатываемых каждой станцией (от 1 до 20).
4. Изменять для всех программ одновременно или для каждой в отдельности:
  - количество и длину передаваемых пакетов, а также
  - максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов.
5. Варьировать пропускную способность линии связи от 3000 до 1024000 Байт/с.
6. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

В лабораторной работе исследуется простейшая архитектура типа «пассивная звезда», приведенная на рис. 3.2. Центром сети является концентратор (*hub*), имеющий до 8 входов. Концентратор циклически выполняет опрос портов. Станции, желающие передать свой пакет, посылают ему свои запросы. Если хаб свободен, то он разрешает передачу

пакета, в противном случае полученный запрос ставится в очередь и обрабатывается в соответствии с порядком поступления. Таким образом, концентратор принимает от станции только один кадр, отправляет его в порт назначения и, пока он не будет полностью передан, новые пакеты не принимаются и не отсылаются.

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Star.exe** и находится в папке **Lab 11**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется первое окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

В левой части окна находится панель управления, снабженная функциональными кнопками, как в модели одноранговой локальной сети.

Все поле для ввода параметров разделено на три основных блока.

1. «Типы задач» - обеспечивает задание до двадцати типов задач, каждый из которых характеризуется числом пакетов, их размером и максимальным интервалом времени между двумя соседними пакетами. При имитации работы сети считается, что интервалы между пакетами в задачах являются случайными величинами, диапазон изменения которых определяется исходными данными.
2. «Линия связи» - позволяет ввести пропускную способность линии, которая может изменяться в пределах от 40 до 1024000 байт в секунду. В верхней части приложения вводится количество активных станций.
3. «Характеристики станции» - обеспечивает ввод количества, типов задач, порядка их обслуживания и станций-адресатов в виде списка. Задачи, которые приписаны к станции, изображаются в том порядке, в котором они будут передаваться адресатам из списка. Списки можно очистить или удалить из них какую-либо запись с помощью соответствующих кнопок (название кнопки можно увидеть во всплывающей подсказке).

После того как ввод всех параметров закончен, нужно переключиться в режим моделирования. Запуск модели осуществляется нажатием на кнопку с изображением зеленой лампочки. Генерацию каждого следующего такта можно выполнить вручную нажатием на кнопку с изображением красной лампочки.

Во время моделирования появляется окно приложения, в верхней части которого изображены сами станции, Hub и линии связи, а в нижней — представлена временная диаграмма передачи пакетов. Каждой станции соответствует свой цвет. Вертикальные цветные линии отмечают поступление в концентратор запросов на передачу пакета в момент его занятости. В этом случае соответствующая станция ставится в очередь, и начинается отсчет времени ее ожидания. В верхнем правом углу выводятся сообщения об операциях, выполняемых в процессе моделирования.

В средней части представлены основные характеристики в полях: «Прошло времени», «Количество задержанных передач», «Время ожидания Hub» и «Среднее время ожидания». В конце работы программа запоминает значение среднего времени ожидания, и при нескольких последовательных запусках в центральной части экрана строится его график.

### *Порядок выполнения лабораторной работы*

#### Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с различными параметрами устройств, потока задач и режимов их обслуживания.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

#### Последовательность выполнения лабораторной работы



В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Задавая **разное количество программ**, обрабатываемых станциями, при **одинаковых параметрах** самих программ и фиксированном количестве адресатов каждой станции (например, 3) определить общее время их пребывания в сети, а также среднее время ожидания и количество задержанных пакетов.

2. Выполнить исследования, как предложено в п.1, для **количеств адресатов**, меняющихся в пределах от 4 до 7.

3. Задавая **разные параметры программ**, обрабатываемых станциями, при **постоянном общем количестве программ** и **фиксированном количестве адресатов** каждой станции (например, 3), определить общее время их пребывания в сети, а также среднее время ожидания и количество задержанных пакетов.

4. Выполнить исследования, как предложено в п.3, для **количеств адресатов**, меняющихся в пределах от 4 до 7.

5. Варьируя **пропускную способность линий связи** при **постоянных параметрах программ** и их количестве, а также **фиксированном количестве адресатов** каждой станции (например, 3), определить общее время их пребывания в сети, а также среднее время ожидания и количество задержанных пакетов.

6. Выполнить исследования, как предложено в п.5, для **количеств адресатов**, меняющихся в пределах от 4 до 7.

7. Построить графики зависимости времени пребывания и ожидания задач, а также количества задержанных пакетов от изменяемых в п.п. 1 — 6 параметров.

### *Содержание отчета о выполненной работе*

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.

2. Исходные данные.
3. Графики зависимостей времени пребывания и ожидания задач, а также количества задержанных пакетов от изменяемых параметров для вариантов, перечисленных в разделе «Порядок выполнения работы».

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные типы структур локальных вычислительных сетей и области их применения.
2. Назовите основные виды структур сетей «звездообразной» архитектуры.
3. Какие методы доступа используются в сетях?
4. Какие достоинства и недостатки имеют сети с архитектурой типа «звезда»?
5. Как реализуется передача пакетов в сети с архитектурой типа активная или пассивная «звезда»?
6. Как влияет на характеристики сети количество задач, обслуживаемых станциями?
7. Как влияет на характеристики сети количество пакетов, передаваемых станциями?
8. Как влияет на характеристики сети количество адресатов, с которыми работает каждая станция?
9. Как влияет на характеристики сети длина пакета сообщения?
10. Как влияет на характеристики сети пропускная способность каналов?
11. Используется ли в моделируемой сети приоритетное обслуживание пакетов?

### **Лабораторная работа №4**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ С ПЕТЛЕВОЙ АРХИТЕКТУРОЙ**

##### *Краткая теория*

**Цель работы.** Изучение на простейшей имитационной модели особенностей работы вычислительных сетей с петлевой архитектурой.

Петля (кольцо) – это топология, в которой каждый компьютер соединён линиями связи только с двумя другими: от одного он получает информацию, а другому передаёт. На каждой линии связи работает один передатчик и один приёмник. При этом каждый компьютер ретранслирует (восстанавливает) проходящий к нему сигнал, то есть выступает в роли репитера. Чётко выделенного центра в данном случае нет, все компьютеры могут быть одинаковыми. Однако довольно часто в кольце выделяется специальный абонент, который управляет обменом или контролирует его [5].

Строго говоря, компьютеры в сети не являются полностью равноправными (в отличие, например, от шинной топологии). Одни из них получают информацию от источника раньше, а другие позже. Именно на этой особенности топологии и строятся методы управления обменом по сети типа «кольцо»: право на следующую передачу переходит последовательно к соседнему по кругу сети компьютеру.

Подключение новых абонентов в «кольцо» обычно осуществляется совершенно безболезненно, хотя и требует обязательной остановки всей сети на это время. Максимальное количество абонентов может быть довольно велико (до тысячи и больше). Кольцевая топология обычно является самой устойчивой к перегрузкам. Она обеспечивает уверенную работу с большими потоками информации, так как в ней, как правило, нет конфликтов. Сигнал в кольце проходит через все компьютеры сети, поэтому выход из строя хотя бы одного из них нарушает работу сети в целом. К такому же результату приводят обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей. Кольцо наиболее уязвимо к повреждениям кабеля, поэтому в нём предусматривают прокладку двух или более параллельных линий связи, одна из которых является резервной. Указанное обстоятельство является одним из существенных недостатков рассматриваемой топологии.

В кольцевых сетях наиболее популярны маркерные методы управления, которые используют небольшой управляющий пакет специаль-

ного вида (маркер) [2]. Именно эстафетная передача маркера по кольцу позволяет передавать право на захват сети от одного абонента к другому. Маркерные методы относятся к децентрализованным и детерминированным методам управления обменом в сети. В них нет явно выраженного центра, но существует чёткая система приоритетов и потому не бывает конфликтов. Они гораздо эффективнее случайных при большой интенсивности обмена в сети и позволяют работать с большой нагрузкой, которая теоретически может приближаться к 100 %.

### *Описание лабораторной установки*

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 95/98/NT. В ней используется программа имитационного моделирования, составленная на языке Delphi 4.0. Она позволяет выполнить следующие операции.

1. Варьировать количество активных станций.
2. Задавать для каждой станции список адресатов, которым она передает сообщения.
3. Варьировать количество пакетов, передаваемых каждой станцией.
4. Изменять для всех станций максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов.
5. Варьировать пропускную способность линии связи от 1024 до 1024000 Бод (эта величина для наглядности изображения передачи пакетов всегда кратна длине пакета - 1024 бит).
6. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

В лабораторной работе исследуется простейшая архитектура типа «кольцо», приведенная на рис. 4.1. Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Ring.exe** и находится в папке **Lab 12**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на

экране появляется окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования. Оно содержит пять полей: два для ввода параметров, два — для вывода характеристик и последнее — для изображения структуры сети и передачи пакетов по ней.

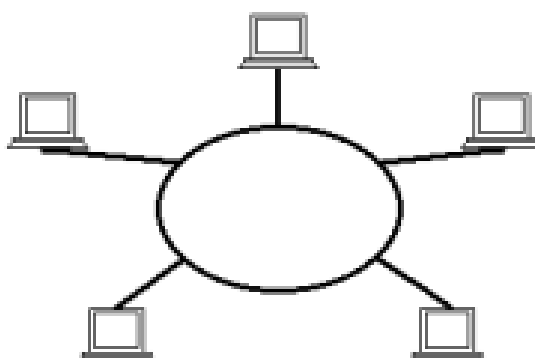


Рис. 4.1. Сеть с архитектурой типа «кольцо»

В первом блоке, «Характеристики задачи», расположены элементы, позволяющие задать:

1. Количество адресатов, которым будут посланы пакеты. Значение этого параметра варьируется от 1 до количества станций-1. По умолчанию оно равно 1.
2. Количество пакетов, которые будут отправлены каждому из адресатов. Изменяется от 1 до 10. По умолчанию оно равно 1.
3. Длину отправленного пакета. Значение изменяется от 1024 до 10240 с шагом, кратным пропускной способности сети. Единица измерения – бит.
4. Интервал между посылкой двух соседних пакетов. Измеряется в миллисекундах. По умолчанию он равен 5мс. Сам интервал является случайной величиной, значения которой находятся в диапазоне от 0 до заданной величины.

В окне «Характеристики сети» вводятся:

1. Пропускная способность сети. Она измеряется в бодах и по умолчанию равна 1024 бод.

2. Количество станций. Значение меняется от 3 до 10. По умолчанию оно равно 3. При изменении значения перерисовывается сеть в области графического отображения процесса моделирования, а также динамически меняется размерность таблицы выводов результатов моделирования.

Изменения значений всех полей ввода на форме осуществляется путём нажатия на стрелки вверх и вниз, находящиеся справа от полей ввода, а также при наличии колеса на мыши путём его прокручивания.

Программа, как отмечалось выше, работает в двух режимах: непрерывно и по тактам. Режим определяется нажатием одной из двух кнопок запуска:

- «Старт» (непрерывный режим работы).
- «Шаг» (потактовое выполнение).

В непрерывном режиме программа имитирует очередной такт автоматически, через определенный промежуток времени, который задаётся положением бегунка, расположенного рядом с кнопкой «Старт». Причём первая позиция бегунка соответствует решению задачи без отображения на экран процесса передачи пакетов по сети. Вторая и последующие позиции кратны  $1/10$  части секунды. Положение бегунка можно изменять и в процессе работы. При этом первая позиция соответствует паузе в моделировании.

Во время работы программы динамически изменяются значения временных характеристик. По окончании моделирования на экран выводятся:

1. Загрузка сети.
2. Среднее время доставки пакетов.
3. Для каждой станции отображается
  - Количество отправленных и полученных пакетов.
  - Пропуск пакетов в результате ожидания свободного маркера, а также само время ожидания.

Программа позволяет сохранить параметры модели и результаты моделирования в файле, имя которого задается пользователем. Кроме того, она обеспечивает возможность загрузки параметров из файла. Для этого окно снабжено меню «Файл», в котором находятся команды «Открыть» и «Сохранить как».

Команда «Сохранить как» позволяет сохранить два типа данных:

1. Структуру – количество станций, количество адресатов и так далее.
2. Отчёт, содержащий исходные данные и результаты моделирования.

Команда «Открыть» позволяет открыть сохранённую ранее структуру данных.

### *Порядок выполнения лабораторной работы*

Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с различными параметрами устройств и потока задач.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

Последовательность выполнения лабораторной работы

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Задавая разное количество станций  $N$ , при одинаковых параметрах пакетов и канала, а также фиксированном количестве адресатов каждой станции (например, 1) определить характеристики сети в целом, а также отдельных станций.

2. Выполнить исследования, как предложено в п.1, для количеств адресатов, меняющихся в пределах от 2 до  $N-1$ .

3. Задавая **разные количества пакетов**, обрабатываемых станциями, при **постоянном интервале** между ними и **общем количестве станций**, а также **фиксированном количестве адресатов** каждой станции (например, 1), определить характеристики сети в целом, а также отдельных станций. Количество станций задается преподавателем.

4. Выполнить исследования, как предложено в п.3, для **количеств адресатов**, меняющихся в пределах от 2 до  $N-1$ .

5. Варьируя **пропускную способность линий** связи при **одинаковых параметрах пакетов и канала**, а также **фиксированном количестве адресатов** каждой станции (например, 1) определить характеристики сети в целом, а также отдельных станций. Количество станций задается преподавателем.

6. Выполнить исследования, как предложено в п.5, для **количеств адресатов**, меняющихся в пределах от 2 до  $N-1$ .

7. Построить графики зависимости полученных характеристик сети в целом и одной из станций (по заданию преподавателя) от изменяемых в п.п. 1 — 6 параметров.

### *Содержание отчета о выполненной работе*

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Графики зависимостей временных характеристик сети в целом и одной из станций для вариантов, перечисленных в разделе «Порядок выполнения работы».

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные типы структур локальных сетей и области их применения.
2. Каковы основные отличия кольцевых сетей от других архитектур?
3. Как влияет на характеристики сети количество активных станций?



4. Как влияет на характеристики сети количество пакетов, передаваемых задачами?
5. Как влияет на характеристики сети длина пакетов, передаваемых задачами?
6. Как влияет на характеристики сети величина интервала между пакетами?
7. Как влияет на характеристики сети количество адресатов пакетов?
8. Как влияет на характеристики сети пропускная способность линий связи?
9. Как влияют на характеристики отдельных станций параметры передаваемых ими пакетов?
10. Как влияет на характеристики отдельных станций количество адресатов пакетов, отправляемых ими?
11. Как влияет на характеристики отдельных станций пропускная способность линии?

## **Лабораторная работа №5**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ С МАРШРУТИЗАТОРАМИ**

#### *Краткая теория*

**Цель работы.** Изучение на простейшей имитационной модели особенностей работы вычислительных сетей с произвольной архитектурой.

Маршрутизатор – это универсальный компьютер или специальное устройство, работающее в сети и выполняющее специфическую функцию соединения двух или более её частей. Маршрутизаторы ретранслируют пакеты из одной части сети в другую (из одного её сегмента в другой). Они поддерживают сети с множеством возможных путей передачи информации, так называемые ячеистые сети. Размер таких сетей практически ничем не ограничен. При этом для обеспечения надёжности связи используются альтернативные дублирующие пути распространения информации. Именно маршрутизаторы чаще всего применяются для связи локальных сетей с глобальными, в частности, с Internet, которая может рассматриваться как полностью маршрутизируемая сеть

[1,4,5]. При объединении маршрутизаторов между собой образуется так называемое маршрутизируемое облако или коммуникационная сеть (рис. 5.1). Модель такой сети и исследуется в работе. При этом оценивается влияние изменения маршрутов (разрывов или включения части связей) на время доставки пакетов.

### *Описание лабораторной установки*

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 95/98/NT. В ней используется программа имитационного моделирования, составленная на языке Delphi 4.0. Она позволяет выполнить следующие операции.

1. Задавать различные пути маршрутизации, т. е. связи между станциями и маршрутизаторами, которые устанавливаются визуально.
2. Варьировать для каждой станции количество пакетов и номера адресатов.
3. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

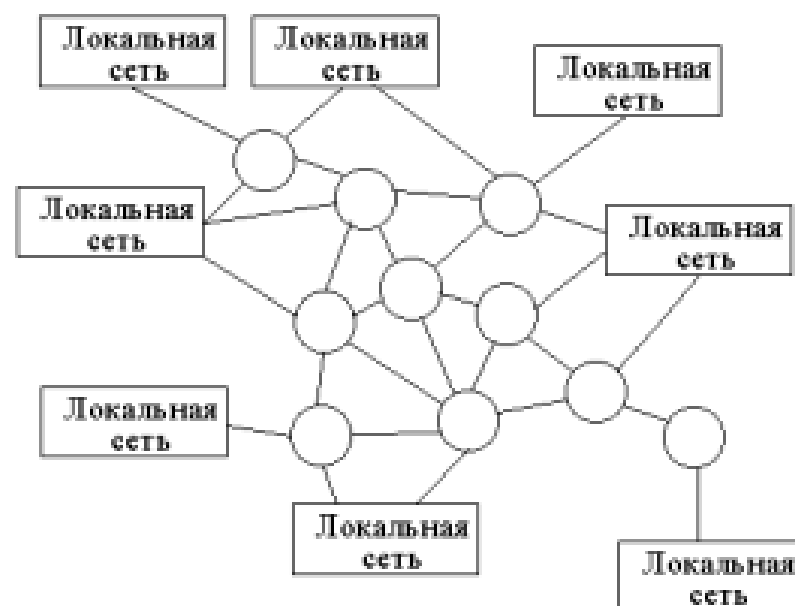


Рис. 5.1. Маршрутизируемое облако

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Marshrut.exe** и находится в папке **Lab 13**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

В левом верхнем углу окна устанавливается флаг создания всех связей. Он обеспечивает получение полносвязной решетчатой структуры, у которой маршрутизируемое облако имеет вид прямоугольной решетки. В дальнейшем эту структуру можно изменять, удаляя связи с помощью мыши. Таким образом, можно получить самые разнообразные структуры коммуникационных сетей.

Например, если необходимо удалить связь между двумя маршрутизаторами, то сначала курсор помещается между ними, а затем одинарным нажатием кнопки мыши удаляется соединение. Добавление связи осуществляется аналогично.

После задания структуры сети выполняется ввод исходных данных для станций. При этом в поле «номер станции» устанавливается номер подсети, свойства которой задаются в рамке характеристики. Затем вводятся значения в два следующих поля:

- Количество пакетов (по умолчанию 1). Максимальное значение ничем не ограничено.
- Номер адресата (по умолчанию 0). Максимальное значение 16. Если номер совпадает с номером станции, то пакет никуда не отправляется.

Запуск модели происходит после нажатия кнопки «Пуск». Все результаты выводятся в многострочное поле. Основными характеристиками являются общее время работы, а также загрузка сети, которые отображаются на форме. Маршрутизаторы разделены на 4 части, каждая из которых может быть закрашена одним из 16 цветов, соответствующих

станциям. Закраска показывает, пакетом какой станции занят буфер узла в данный момент.

После завершения процесса моделирования на экран выводится соответствующее сообщение.

### *Порядок выполнения лабораторной работы*

Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с различными параметрами устройств и потока задач.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

Последовательность выполнения лабораторной работы

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Для **полносвязной структуры** сети и нескольких пар «Исходная станция — адресат» получить характеристики при количестве передаваемых пакетов, изменяющемся от 3 до 10.
2. Выполнить исследования, аналогичные п. 1, для **линейной архитектуры** (убрать лишние связи так, чтобы между исследуемыми парами узлов был один путь).
3. Выполнить исследования, аналогичные п. 1, для **петлевой архитектуры** (задать связи так, чтобы между исследуемыми парами узлов было замкнутое кольцо).
4. Выполнить исследования, аналогичные п. 1, для **нескольких произвольных архитектур** (по заданию преподавателя).
5. Построить графики зависимости полученных характеристик сети от исследованных параметров.

### *Содержание отчета о выполненной работе*

Отчет должен содержать следующее:

4. Название и цель работы.
5. Исходные данные.
6. Графики зависимостей временных характеристик сети для вариантов, перечисленных в разделе «Порядок выполнения работы».

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы вычислительных сетей и области их применения.
2. Что такое маршрутизатор?
3. Что такое маршрутизируемое облако?
4. Как влияет на характеристики сети структура маршрутизируемого облака?
5. Какая из исследованных Вами структур обеспечивает минимальное, а какая максимальное время доставки пакетов?
6. Как влияет на характеристики сети количество пакетов, передаваемых станциями?
7. Имеются ли в модели ограничения на количество пакетов, принимаемых узлами коммуникационной сети?
8. В каких сетях применяются архитектуры, исследованные Вами в лабораторной работе?
9. Что представляют собой пронумерованные узлы, расположенные по периферии коммуникационной сети?

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ефимушкина Н.В., Орлов С.П.* Вычислительные системы и комплексы: Учеб. пособ. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 268 с
2. *Ефимушкина, Н.В.* Организация вычислительных систем/ Н.В. Ефимушкина, С.П. Орлов. Лабораторный практикум. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 104 с.
3. *Орлов С.П., Ефимушкина Н.В.* Организация компьютерных систем: учеб. пособие для вузов. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 188 с. – ISBN 978-5-7964-1451-4.
4. *Тихонов В.А., Баранов А.В.* Организация ЭВМ и систем: учебник для вузов. – М.: «Гелиос АРВ», 2008. – 384 с. –ISBN 978-5-85438-1 79-6.
5. *Цилькер Б.Я., Орлов С.А.* Организация ЭВМ и систем: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 586 с.
6. Загрузка приложений на серверы Google.  
<https://www.google.com/accounts/manageaccount>.