# 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

1.1. Основные понятия и определения

**Сеть**– это совокупность объектов, образуемых устройствами передачи и обработки данных. Международная организация по стандартизации определила компьютерную сеть *как последовательную бит-ориентированную передачу информации между связанными друг с другом независимыми устройствами*.

В общем случае различают два понятия сети: коммуникационная сеть и информационная сеть.

**Коммуникационная сеть** предназначена для передачи данных, также она выполняет задачи, связанные с преобразованием данных. Коммуникационные сети различаются по типу используемых физических средств соединения.

**Информационная сеть** предназначена для хранения информации и состоит из *информационных систем*. На базе коммуникационной сети может быть построена группа информационных сетей.

Под **информационной системой** следует понимать систему, которая является поставщиком или потребителем информации.

**Вычислительная сеть** – это одна из разновидностей распределенных систем, предназначенная для распараллеливания вычислений, за счет чего может быть достигнуто повышение производительности и отказоустойчивости системы.

В общем, компьютерная сеть состоит из информационных систем и каналов связи.

Под **информационной системой** в данном случае следует понимать объект, способный осуществлять хранение, обработку или передачу информации. В состав информационной системы входят: компьютеры, программы, пользователи и другие составляющие, предназначенные для процесса обработки и передачи данных. В дальнейшем информационная система, предназначенная для решения задач пользователя, будет называться ***рабочей станцией*** (***client***) или ***хостом***. Рабочая станция в сети отличается от обычного персонального компьютера (ПК) наличием ***сетевой карты*** (***сетевого адаптера***), канала для передачи данных и сетевого программного обеспечения.

Под **каналом связи** следует понимать путь или средство, по которому передаются сигналы. Средство передачи сигналов называют ***физическим каналом***. **Абонентский канал** – это физический канал, соединяющий коммуникационную сеть с абонентской системой. Параметры и характеристики абонентского канала в точке подключения системы определяются абонентским интерфейсом.

Каналы связи создаются по **линиям связи** при помощи сетевого оборудования и физических средств связи. Физические средства связи построены на основе витых пар, коаксиальных кабелей, оптических каналов или эфира. Между взаимодействующими информационными системами через физические каналы коммуникационной сети и узлы коммутации устанавливаются *логические каналы*.

**Логический канал**– это путь для передачи данных от одной системы к другой. Логический канал прокладывается по маршруту в одном или нескольких физических каналах. Логический канал можно охарактеризовать как маршрут, проложенный через физические каналы и узлы коммутации.

Информация в сети передается **блоками данных,** или **пакетами,** по процедурам обмена между объектами. Эти процедуры называют **протоколами передачи данных**.

**Протокол**– это совокупность правил, устанавливающих формат и процедуры обмена информацией между двумя или несколькими устройствами.

**Интерфейс**– совокупность средств и методов взаимодействия между элементами или устройствами системы. Интерфейсы являются основой взаимодействия всех современных [информационных систем](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0). Если интерфейс какого-либо объекта (рабочей станции, сетевой карты, программы и т.д.) не изменяется (стандартизирован), это дает возможность модифицировать сам объект, не перестраивая принципы его взаимодействия с другими объектами.

Загрузка сети характеризуется параметром, называемым трафиком.

**Трафик** – это поток сообщений в сети передачи данных. Под ним понимают количественное измерение в выбранных точках сети числа проходящих блоков данных и их длины, выраженное в битах в секунду.

Существенное влияние на характеристику сети оказывает метод доступа.

**Метод доступа** – это способ определения того,как сеть управляет доступом к каналу связи (кабелю), что существенно влияет на ее характеристики. В сети все рабочие станции физически соединены между собою каналами связи по определенной структуре, называемой топологией.

**Топология**– это описание физических соединений в сети, указывающее какие рабочие станции могут связываться между собой. Тип топологии определяет производительность, работоспособность и надежность эксплуатации рабочих станций, а также время обращения к файловому серверу. В зависимости от топологии сети используется тот или иной метод доступа.

Состав основных элементов в сети зависит от ее архитектуры.

**Архитектура**– это концепция, определяющая взаимосвязь, структуру и функции взаимодействия рабочих станций в сети. Она предусматривает логическую, функциональную и физическую организацию технических и программных средств сети. Архитектура определяет принципы построения и функционирования аппаратного и программного обеспечения элементов сети.

Понятие ***топологии*** широко используется при создании сетей. Одним из подходов к классификации топологий локальных вычислительных сетей (ЛВС) является выделение двух основных классов топологий: широковещательные и последовательные.

В *широковещательных топологиях* персональный компьютер (ПК) передает сигналы, которые могут быть восприняты остальными ПК. К таким топологиям относятся топологии: *общая шина, дерево, звезда*.

В *последовательных топологиях* информация передается только одному ПК. Примерами таких топологий являются: произвольная (произвольное соединение ПК), кольцо, цепочка.

При выборе оптимальной топологии преследуются три основные цели:

* обеспечение *альтернативной маршрутизации* и максимальной надежности передачи данных;
* выбор *оптимального маршрута* передачи блоков данных;
* предоставление приемлемого *времени ответа* и нужной *пропускной способности*.

При выборе конкретного типа сети важно учитывать ее топологию. Например, в конфигурации сети ArcNet используется одновременно и линейная, и звездообразная топология. Сети TokenRing физически выглядят как звезда, но логически их пакеты передаются по кольцу. Передача данных в сети Ethernet происходит по линейной шине, так что все станции видят сигнал одновременно.

Существует пять основных топологий:

* *общая шина* (bus);
* *кольцо* (ring);
* *звезда* (star);
* *древовидная* (tree);
* *ячеистая* (mesh).

Также возможны комбинации нескольких различных топологий.

### 1.2.1. Топология «общая шина»

***Общая шина*** – это тип сетевой топологии, в которой рабочие станции расположены вдоль одного участка кабеля, называемого *сегментом* (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Топология *общая шина*

Топология *общая шина* предполагает использование одного кабеля, к которому подключаются все компьютеры сети. В случае данной топологии кабель используется всеми станциями по очереди. Для уменьшения зашумленности среды отраженными сигналами, мешающими передаче данных, используют так называемые *терминаторы* – специальные резистры на концах кабеля, предотвращающие появление «отраженной волны».

Все сообщения, посылаемые отдельными компьютерами, принимаются и прослушиваются всеми остальными компьютерами, подключенными к сети. Рабочая станция отбирает адресованные ей сообщения, пользуясь адресной информацией. Выход из строя отдельных компьютеров не нарушает работоспособность сети в целом. Поиск неисправности в сети затруднен. Кроме того, так как используется только один кабель, в случае обрыва нарушается работа всей сети.

Примерами использования топологии общая шина является сеть 10Base-5 (соединение ПК толстым коаксиальным кабелем) и 10Base-2 (соединение ПК тонким коаксиальным кабелем).

### 1.2.2. Кольцевая топология

***Кольцо*** – это топология ЛВС, в которой каждая рабочая станция соединена с двумя другими рабочими станциями, образуя кольцо (рис. 1.2). Данные передаются от одной рабочей станции к другой в одном направлении (по кольцу) (например, в сетях *TokenRing*).



Рис. 1.2. Топология *кольцо*

Каждая рабочая станция выполняет роль повторителя, ретранслируя сообщения к следующей рабочей станции, т. е. данные передаются от одного компьютера к другому как по эстафете. Если компьютер получает данные, предназначенные для другого компьютера, он передает их дальше по кольцу, в ином случае они дальше не передаются.

Основная проблема при кольцевой топологии заключается в том, что каждая рабочая станция должна активно участвовать в пересылке информации, и в случае выхода из строя хотя бы одной из них, вся сеть парализуется. Подключение новой рабочей станции требует краткосрочного выключения сети, так как во время установки кольцо должно быть разомкнуто. Топология кольцо имеет хорошо предсказуемое время отклика, определяемое числом рабочих станций.

Чистая кольцевая топология используется редко. Вместо этого кольцевая топология играет транспортную роль в схеме метода доступа. Кольцо описывает логический маршрут, а пакет передается от одной станции к другой, совершая в итоге полный круг.

### 1.2.3. Топология типа звезда

***Звезда*** – это топология ЛВС (рис. 1.3), в которой все рабочие станции присоединены к центральному узлу (например, к концентратору), который устанавливает, поддерживает и разрывает связи между рабочими станциями.

Преимуществом такой топологии является возможность простого исключения неисправного узла. В этом случае каждый компьютер через специальный сетевой адаптер подключается отдельным кабелем к объединяющему устройству. Однако, если неисправен центральный узел, вся сеть выходит из строя.



Рис. 1.3. Топология *звезда*

При необходимости можно объединять вместе несколько сетей с топологией звезда, при этом получаются разветвленные конфигурации сети. В каждой точке ветвления необходимо использовать специальные соединители (распределители, повторители или устройства доступа).

Примером звездообразной топологии является топология *Ethernet* с кабелем типа *витая пара* 10BASE-T, 100BASE-T и т. д. *Центром* звезды обычно является *hub* (*хаб, концентратор*). *Hub* – сетевое устройство, предназначенное для объединения нескольких устройств [Ethernet](http://ru.wikipedia.org/wiki/Ethernet) в общий [сегмент сети](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B3%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8).

Достоинством топологии звезда является то, что повреждение кабеля рабочей станции не приводит к выходу из строя всего сегмента сети – отключается лишь один компьютер. Данная топология позволяет легко диагностировать проблемы подключения, так как каждая рабочая станция имеет свой собственный кабельный сегмент, подключенный к концентратору. Для диагностики достаточно найти разрыв кабеля, который ведет к неработающей станции. Остальная часть сети продолжает нормально работать.

Однако звездообразная топология имеет и недостатки. Во-первых, она требует для организации сети большое количество кабеля. Во-вторых, центральные узлы могут довольно дорого стоить, особенно если в них реализованы средства тестирования и диагностики. В-третьих, центральные узлы при большом количестве кабеля трудно обслуживать.

В большинстве случаев в такой топологии используется недорогой кабель типа *витая пара*. В некоторых случаях можно даже использовать существующие телефонные кабели.

### 1.2.4. Древовидные топологии

Топология ***дерево*** (*tree*) можно рассматривать как комбинацию нескольких звезд. Причем дерево может быть активным или истинным (рис. 1.4) и пассивным (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Топология *активное дерево*



Рис. 1.5. Топология «пассивное дерево» (К – концентраторы)

При активном дереве в узлах соединения нескольких линий связи находятся центральные компьютеры, а при пассивном – концентраторы.

Сетевая топология ***утолщенное дерево*** (*fattree*) является дешевой и эффективной для [суперкомпьютеров](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80) (рис. 1.6).

В отличие от классической топологии дерево, в которой все связи между узлами одинаковы, связи в утолщенном дереве становятся более широкими (производительными по пропускной способности) по мере приближения к корню дерева. Часто используют удвоение пропускной способности на каждом уровне. Сети с топологией *утолщенное дерево* являются предпочтительными для построения кластерныхмежсоединений.



Рис. 1.6. Топология *утолщенное дерево*

### 1.2.5. Комбинированные топологии

Довольно часто применяются комбинированные топологии, среди которых наиболее распространены *звездно-шинная*(star- bus) (рис. 1.7) и *звездно-кольцевая*(star – ring) (рис. 1.8).

В звездно-шинной топологии используется комбинация шины и звезды. К концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты. На самом деле реализуется физическая топология шина, включающая все компьютеры сети. В данной топологии может использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры или сетевые сегменты с шинной топологией. В результате получается «звездно-шинное дерево». Таким образом, пользователь может гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети. С точки зрения распространения информации такая топология равноценна классической шине.



Рис. 1.7. Пример *звездно-шинной* топологии

В случае звездно-кольцевой топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы (рис. 1.8, концентраторы обозначены прямоугольниками), к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи.



Рис. 1.8. Пример *звездно-кольцевой* топологии

В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов линии связи образуют замкнутый контур. Данная топология дает возможность комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий. Например, концентраторы позволяют собрать в одно место все точки подключения кабелей сети. Если говорить о распространении информации, то данная топология равноценна классическому кольцу.

### 1.2.6. Ячеистые топологии

В***ячеистой****, или* ***сеточной****,* (mesh)топологии компьютеры связываются между собой не одной, а многими линиями связи, образующими сетку. Различают *полную* (рис. 1.9) и *частичную* (рис. 1.10) ячеистую топологию.



Рис. 1.9. Полная *ячеистую*топология



Рис. 1.10. Частичная *ячеистую*топология

В *полной ячеистой топологии* каждый компьютер напрямую связан со всеми остальными компьютерами. В этом случае при увеличении числа компьютеров резко возрастает количество линий связи. Более того, любое изменение в конфигурации сети требует внесения изменений в сетевую аппаратуру всех компьютеров, поэтому полная сеточная топология не получила широкого распространения.

*Частичная ячеистаятопология* предполагает прямые связи только для самых активных компьютеров, передающих максимальные объемы информации. Остальные компьютеры соединяются друг с другом через промежуточные узлы. Сеточная топология позволяет выбирать маршрут для доставки информации от абонента к абоненту, обходя неисправные участки. С одной стороны, это увеличивает надежность сети, с другой же – требует существенного усложнения сетевой аппаратуры, которая должна выбирать маршрут.

В заключение несколько слов о *решетчатой* топологии, в которой узлы образуют регулярную многомерную решетку. При этом каждое ребро решетки параллельно ее оси и соединяет два смежных узла вдоль этой оси.

Одномерная решетка – это цепь, соединяющая два внешних узла (имеющие лишь одного соседа) через некоторое количество внутренних (укоторых по два соседа  слева и справа). При соединении обоих внешних узлов получается топология «[кольцо](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%BE_(%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8))». Двух- и трехмерные решетки используются в архитектуре [суперкомпьютеров](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80). Многомерная решетка, соединенная циклически в более чем одном измерении, называется [*тор*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80_(%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)).

Основным достоинством топологии решетка является высокая надежность, а недостатком – сложность реализации.

### 1.2.7. Многозначность понятия топологии

Топология сети указывает не только на физическое расположение компьютеров, как часто считают, но, что гораздо важнее, и на характер связей между ними и особенности распространения информации, сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина линий связи и количество абонентов), необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, почти не влияет на выбор топологии. Как бы ни были расположены компьютеры, их можно соединить с помощью любой заранее выбранной топологии (рис. 1.11).

Так, например, если соединяемые компьютеры расположены по контуру круга, они могут соединяться как звезда или шина. Когда компьютеры расположены вокруг некоего центра, их допустимо соединить с помощью топологий шина или кольцо. Наконец, когда компьютеры расположены вдоль одной линию, они могут соединяться звездой или кольцом.

Строго говоря, при упоминании о топологии сети, могут подразумеваться четыре совершенно разных понятия, относящихся к различным уровням сетевой архитектуры.



Рис. 1.11. Примеры использования разных топологий

для соединения компьютеров

*Физическая топология* – географическая схема расположения компьютеров и прокладки кабелей. В этом смысле, например, пассивная звезда ничем не отличается от активной, поэтому ее нередко называют просто звездой.

*Логическая топология* – структура связей, характер распространения сигналов по сети. Это наиболее правильное определение топологии.

*Топология управления обменом* – принцип и последовательность передачи права на захват сети между отдельными компьютерами.

*Информационная топология* – направление потоков информации, передаваемой по сети.

Например, сеть с физической и логической топологией шина может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (быть в этом смысле кольцом) и одновременно передавать всю информацию через выделенный компьютер (быть в этом смысле звездой). Или сеть с логической топологией шина может иметь физическую топологию звезда (пассивная) или дерево (пассивное).

Сеть с любой физической топологией, логической топологией, топологией управления обменом может считаться звездой в смысле информационной топологии, если она построена на основе одного сервера и нескольких клиентов, общающихся только с этим сервером. В данном случае справедливы все рассуждения о низкой *отказоустойчивости* сети к неполадкам центра (сервера). Точно так же любая сеть может быть названа шиной в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как серверами, так и клиентами. Такая сеть будет малочувствительна к отказам отдельных компьютеров.

1.3. Использование пакета NetCrackerдля моделирования компьютерных сетей

Пакет NetCracker предназначен для проектирования и моделированиякомпьютерных сетей. При проектировании структуры сети пакет предоставляетвозможность выбора необходимого оборудования из встроенной базы данных, а такжедобавления в базу данных и конфигурирования нового оборудования различных типов.Пользователь размещает выбранные сетевые компоненты на наборном поле, задает структуру и типсвязей между ними, определяет тип программного обеспечения, а также характер трафика междуузлами сети. Кроме того, имеется возможность указать перечень анализируемыххарактеристик и вид отображения статистической информации и выполнить имитационноемоделирование спроектированной сети.

Скриншот окна программы, представленный на рис. 1.12, демонстрирует моделируемую сеть, состоящую из восьми компьютеров, четырех коммутаторов и двух маршрутизаторов.

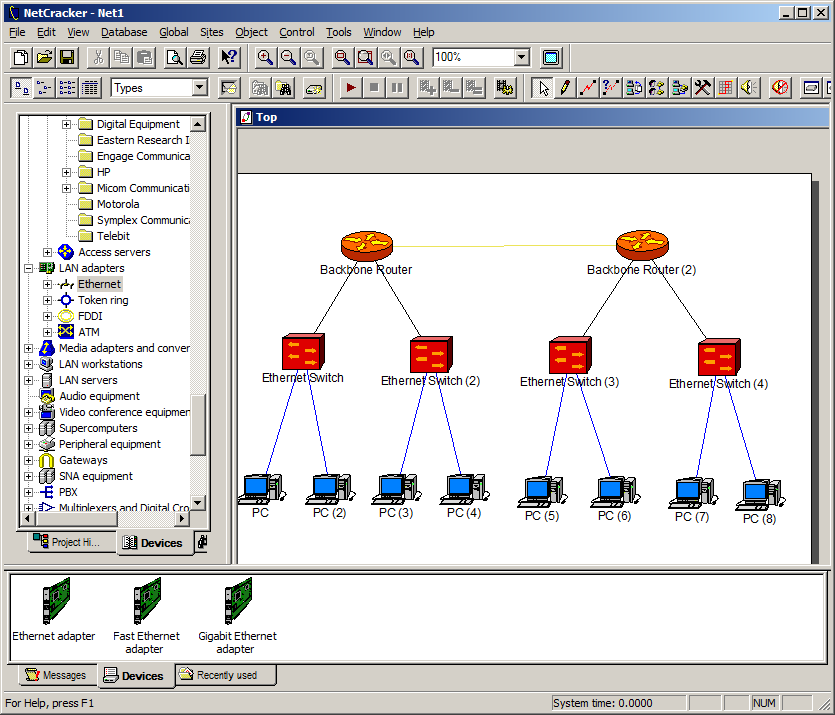


Рис.1.12. Основное окно программы NetCracker

Панель просмотра сетевых компонент, имеющихся в базе данныхNetCracker, располагается обычно в левой части окна и включается с помощью команды *View*/*Bars*/*BrowserPane*. Панель содержит несколько закладок.

Закладка *ProjectHierarchy* предназначена для отображения структуры документов создаваемого проекта сети.

Закладка *Devices* предназначена для отображения базы данных устройств. Список устройств имеет несколько видов отображения:

*Types* (*Типы*) – устройства в списке группируются по типам. Затем в каждой группе могут выделяться подтипы устройств по функциональным признакам. После этого устройства разделяются по изготовителям.

*Vendors* (*Изготовители*) – устройства в списке группируются по изготовителям. Затем в каждой группе выделяются подгруппы, соответствующие типу устройств.

*User* (*Пользовательские*) – устройства, определяемые пользователем. В свою очередь также могут группироваться по типам или изготовителям.

Закладка *CompatibleDevices* предназначена для отображения списка совместимых друг с другом устройств.

В нижней части окна программы обычно располагается панель устройств, которая может быть отображена с помощью команды *View*/*Bars*/*ImagePane*, предназначенная для отображения устройств из выбранной группы.

В правой верхней части главного окна NetCracker располагается основное окно, представляющее наборное поле. В нем необходимо размещать используемые компоненты при проектировании структуры сети. Последовательность шагов для построения компьютерной сети в пакете NetCrackerможет быть следующей.

1. В окно проекта заносятся изображения сетевого оборудования, которое предполагается использовать в проектировании сети. Если необходимо, то для рабочих станций и/или серверов добавляются сетевые адаптеры из списка. Вызов окна конфигурирования рабочих станций и серверов выполняется путем наведения указателя мыши на них с последующим нажатием правой кнопки мыши и применения соответствующей команды из появившегося контекстного меню.

2. В режиме *Linkdevices*необходимо выполнить соединение сетевого оборудования и компьютеров.

3. Для того чтобы можно было задать трафик на серверы, обязательно устанавливается соответствующее общее программное обеспечение (ПО) (в списке оборудования выбирается опция *NetworkandEnterpriseSoftware*). Поддерживаемые общим ПО типы трафика представлены в табл. 1.1.

Если выбранное общее ПО не поддерживает конкретный тип трафика, то настройка осуществляется следующим образом:

* кликнуть правой клавишей по серверу в окне проекта;
* выбрать опцию *Configuration* в контекстном меню;
* выделить в окне конфигурации установленное на сервер общее ПО и нажать клавишу *Plug-inSetup*;
* выбрать вкладку *Traffic*;
* установить необходимые флаги типов трафика;
* нажать клавишу *OK*;
* закрыть окно конфигурации.

В этом же окне конфигурации, на вкладке *Server* можно задать параметры ответа сервера на поступающие запросы.

Таблица 1.1

**Поддерживаемые типы трафика программным обеспечением**

**в пакете NetCracker**

|  |  |
| --- | --- |
| ОбщееПО | Поддерживаемыйтрафик |
| E-mail server | SMTP; POP3 |
| File-server | Fileclient-server |
| SQL-server | SQL |
| FTP-server | FTP |
| Small office database server | Data base client-server; SQL |
| HTTP-server | HTTP |

4. После выбора типа трафика необходимо задать сам трафик между компьютерами. Для этого на панели инструментов надо нажать кнопку *SetTraffic*, затем поочередно щелкнуть левой кнопкой мыши станцию-клиента и сервер, с которым клиент будет обмениваться данными. Трафик можно также задать и между клиентами. Направление трафика определяется от первого элемента ко второму. Изменять свойства трафика можно с помощью пункта меню *Global*/*DataFlow*.Кроме того здесьразрешается добавлять и удалять сетевой трафик.

5. При выборе компьютера или сегмента сети необходимо указать типы отображаемой статистики. Для этого следует выбрать в выпадающем меню пункт *Statistics*, а затем в появившемся окне отметить, в каком виде выводить статистику. Статистику можно выводить в виде диаграммы, числа, графика или голосом.

6. Если при построении сети показываются связи между различными сегментами (например, требуется показать связи между зданиями и строение сети внутри здания), следует щелкнуть правой кнопкой мыши, и в выпадающем меню выбрать пункт *Expand*. После этого можно продолжать рисовать сеть на новом листе.

7. Процесс имитации запускается с помощью кнопки *Start*. После его окончания в меню выбирается пункт *Tools*/*Reports*/*Wizard*/*Statistical*. Отчет можно также получить, выбрав соответствующий пункт в подменю *Reports*. Сформированный отчет можно распечатать или сохранить в виде файла. Рисунок сети можно вывести на печать, используя меню *File*/*Print*.

1.4. Лабораторная работа № 1

*Цель*: моделирование компьютерных сетей с заданной топологией для изучения их достоинств и недостатков, а также анализ различных типов трафика в моделируемых сетях, сбор статистики.

*Задание*: построить модельсети в пакетеNetCracker с топологиями согласно варианту (табл. 1.2). Смоделировать передачу по сети различных пакетов. Проанализировать статистику передачи пакетов.

Таблица 1.2

**Варианты заданий для лабораторной работы № 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Моделируемые топологии | Количество хостов  в сети | Типы трафика |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | кольцевая | 6 | FTP, HTTP, SMTP, POP3 |
| полная сеточная | 6 |
| звездно-кольцевая | 10 |
| активное дерево | 12 |
| 2 | звездообразная | 6 | FTP, HTTP, SMTP, POP3 |
| полная сеточная | 6 |
| звездно-кольцевая | 12 |
| пассивное дерево | 8 |
| 3 | звездообразная | 7 | FTP, HTTP, SMTP, POP3 |
| частичная сеточная | 7 (4 активных хоста) |
| звездно-кольцевая | 10 |
| утолщенное дерево | 16 |
| 4 | кольцевая | 8 | FTP, HTTP, SMTP, POP3 |
| частичная сеточная | 8 (5 активных хостов) |
| звездно-кольцевая | 8 |
| пассивное дерево | 6 |
| 5 | звездообразная | 5 | FTP, HTTP, SMTP, POP3 |
| частичная сеточная | 7 (5 активных хостов) |
| звездно-кольцевая | 8 |
| активное дерево | 10 |