

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ

И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Вычислительные системы и сети.

Курс лекций. Раздел 3.

Казань - 2025

УДК 681.324

ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

*Печатается по решению
заседания кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта
Протокол № 6 от 19 марта 2025 г.*

Составитель:

кандидат физ.-мат. наук, доцент каф. прикладной математики и
искусственного интеллекта Абдюшева Г.Р.

Научный редактор:

доктор физ.-мат. наук, доцент каф. прикладной математики и
искусственного интеллекта Тимербаев М.Р.

Вычислительные системы и сети. Курс лекций. Раздел 3. Учебное пособие / Сост. Абдюшева Г.Р. – Казань: Казанский федеральный университет, 2025. – 51 с.

Данное учебно-методическое пособие является третьим разделом курса лекций по вычислительным системам и сетям. Пособие составлено для студентов института вычислительной математики и информационных технологий Казанского федерального университета. Цель курса - дать студентам минимум базовых концептуальных знаний в области сетевых технологий. Для лучшего усвоения материала лекции каждого раздела завершаются контрольными вопросами-тестами по изложенным темам.

© Казанский федеральный
университет, 2025

Содержание раздела:

Содержание	3
Лекция 8. Структуризация сетей	4
Контрольные тесты к теме “ <i>Структуризация сетей</i> ”	15
Лекция 9. Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей.	18
Контрольные тесты к теме “ <i>Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей</i> ”	40
Лекция 10. (часть I) Требования к компьютерным сетям.	42
Литература	51

Лекция 8.

Структуризация сетей

Причины структуризации локальных и глобальных сетей. Физическая и логическая структуризация. Функциональное назначение основных типов коммуникационного оборудования: повторителей, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов, а также роль сетевых служб.

Причины структуризации транспортной инфраструктуры сетей

В сетях с небольшим (10–30) количеством компьютеров чаще всего используется одна из типовых *топологий* — "общая шина", "кольцо", "звезда" или полносвязная сеть. Все перечисленные *топологии* обладают свойством однородности, то есть все компьютеры в такой сети имеют одинаковые права в отношении доступа к другим компьютерам (за исключением центрального компьютера при соединении "звезда"). Такая однородность структуры упрощает процедуру наращивания числа компьютеров, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети.

Однако при построении больших сетей *однородная структура* связей превращается из преимущества в недостаток. В таких сетях использование типовых структур порождает различные *ограничения*, важнейшими из которых являются:

- *ограничения на длину связи между узлами;*
- *ограничения на количество узлов в сети;*
- *ограничения на интенсивность трафика, который генерируют узлы сети.*

Например, технология Ethernet на тонком коаксиальном кабеле позволяет использовать кабель длиной не более 185 метров, к которому можно подключить не более 30 компьютеров. Однако если компьютеры интенсивно обмениваются информацией, иногда приходится снижать число подключенных к кабелю машин до 20, а то и до 10, чтобы каждому компьютеру доставалась приемлемая доля общей пропускной способности сети.

Для снятия этих *ограничений* используются особые методы *структуризации* сети и специальное структурообразующее оборудование — *повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы*. Такого рода

оборудование также называют **коммуникационным**, имея в виду, что с его помощью отдельные сегменты сети взаимодействуют между собой.

Различают:

1. *Топологию физических связей (физическую структуру сети)*. В этом случае конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров, то есть ребрам графа соответствуют отрезки кабеля, связывающие пары узлов.
2. *Топологию логических связей (логическую структуру сети)*. Здесь в качестве логических связей выступают маршруты передачи данных между узлами сети, которые образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования.

Физическая структуризация сети

Простейшее из коммуникационных устройств — **повторитель** (repeater) — используется для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с целью увеличения общей длины сети. Повторитель передает сигналы, приходящие из одного сегмента сети, в другие ее сегменты (рис. 8.1). Повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи за счет улучшения качества передаваемого сигнала — восстановления его мощности и амплитуды, улучшения фронтов и т. п.

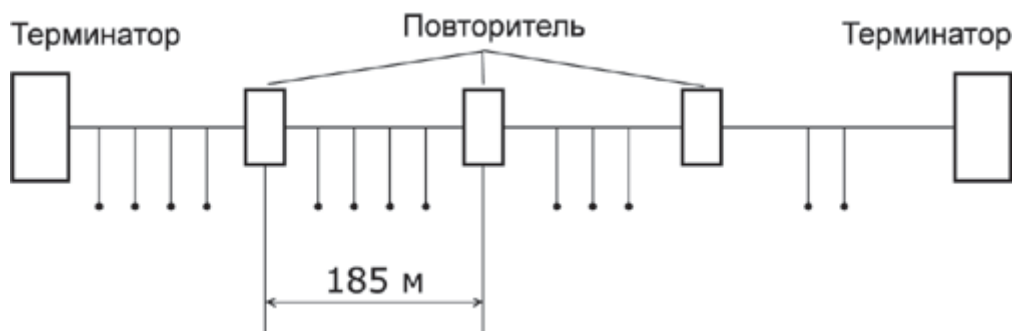


Рис. 8.1. Повторитель позволяет увеличить длину сети Ethernet.

Повторитель, который имеет несколько портов и соединяет несколько физических сегментов, часто называют **концентратором** (concentrator) или **хабом** (hub). Эти названия (hub — основа, центр деятельности) отражают тот факт, что в данном устройстве сосредоточены все связи между сегментами сети.

Использование концентраторов характерно практически для всех базовых технологий локальных сетей — Ethernet, ArcNet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.

Нужно подчеркнуть, что в работе любых концентраторов много общего — они повторяют сигналы, пришедшие с одного из их портов, на других своих портах. Разница состоит в том, на каких именно портах повторяются входные сигналы. Так, концентратор Ethernet повторяет входные сигналы на всех своих портах, кроме того, с которого сигналы поступают (рис. 8.2).

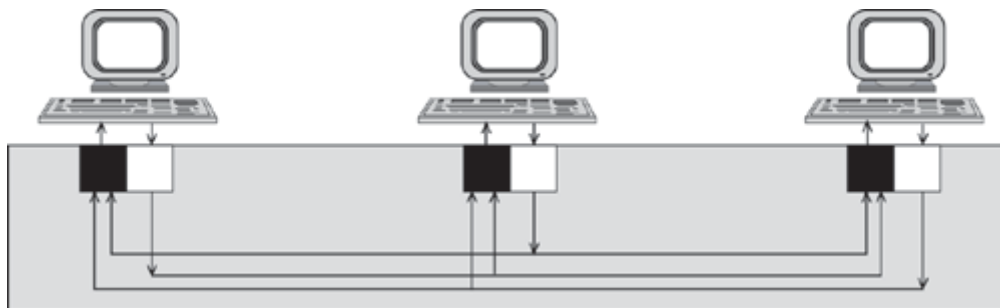


Рис. 8.2. Концентратор Ethernet.

А концентратор *Token Ring* (рис. 8.3) повторяет входные сигналы, поступающие с некоторого порта, только на одном порту — на том, к которому подключен следующий в кольце компьютер.

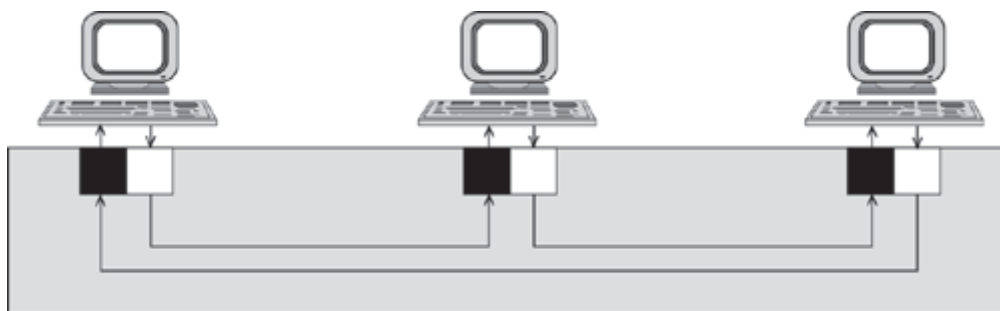


Рис. 8.3. Концентратор Token Ring.

Добавление в сеть концентратора всегда изменяет физическую *топологию* сети, но при этом оставляет без изменений ее логическую *топологию*.

Как уже было сказано, под физической *топологией* понимается конфигурация связей, образованных отдельными частями кабеля, а под логической — конфигурация информационных потоков между компьютерами сети. Во многих случаях физическая и логическая *топологии* сети совпадают. Например, сеть, представленная на рис. 8.4а, имеет физическую *топологию* "кольцо". Компьютеры такой сети получают доступ к кабелям кольца за счет передачи друг другу специального кадра — маркера, причем этот маркер также передается последовательно от компьютера к компьютеру в том же порядке, в котором компьютеры образуют физическое кольцо, то есть компьютер А передает маркер компьютеру В, компьютер В — компьютеру С и т. д.

Сеть, показанная на рис. 8.4б, демонстрирует пример несовпадения физической и логической *топологии*. Физически компьютеры соединены по *топологии* "общая шина". Доступ же к шине происходит не по алгоритму случайного доступа, применяемому в технологии Ethernet, а путем передачи маркера в кольцевом порядке: от компьютера А — компьютеру В, от компьютера В — компьютеру С и т. д. Здесь порядок передачи маркера уже не повторяет физические связи, а определяется логическим конфигурированием драйверов сетевых адаптеров. Ничто не мешает настроить сетевые адаптеры и их драйверы так, чтобы компьютеры образовали кольцо в другом порядке, например: В, А, С... При этом физическая структура сети не изменяется.

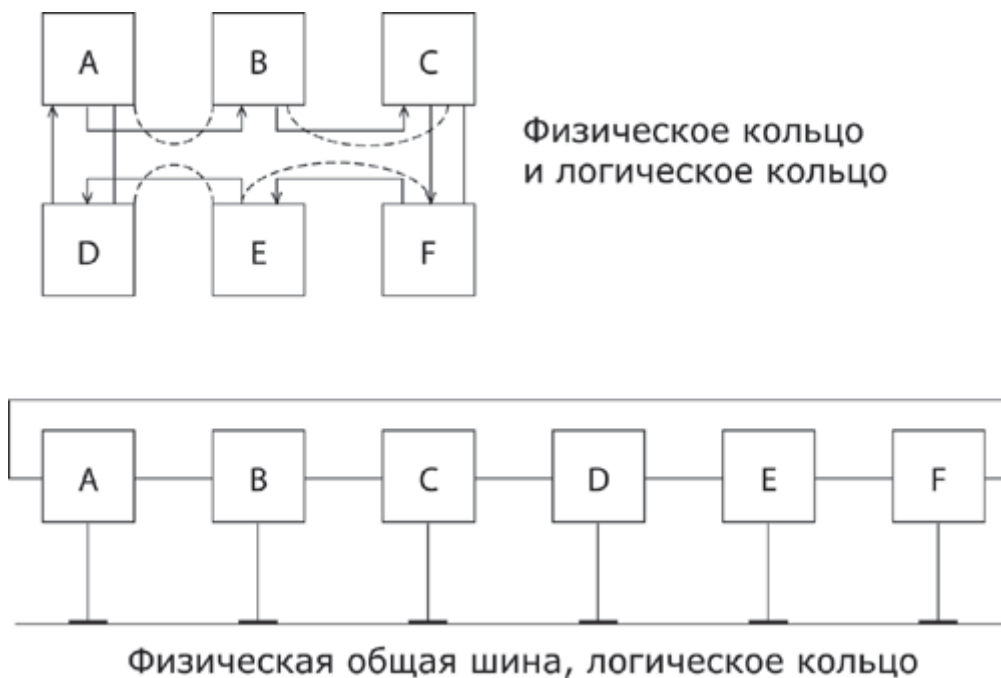


Рис. 8.4. а) логическая и физическая структуры сети совпадают;
б) логическая структура не совпадает с физической.

Другим примером несовпадения физической и логической *топологий* сети является уже рассмотренная сеть на рис. 8.2 *Концентратор* Ethernet поддерживает в сети физическую *топологию* "звезда". Однако логическая *топология* сети осталась без изменений — это "общая шина". Так как *концентратор* повторяет данные, пришедшие с любого порта, на всех остальных портах, то они появляются на всех физических сегментах сети одновременно, как и в сети с физической общей шиной. Логика доступа к сети не меняется: все компоненты алгоритма случайного доступа — определение незанятости среды, захват среды, распознавание и обработка коллизий — остаются в силе.

Физическая структуризация сети с помощью *концентраторов* полезна не только для увеличения расстояния между узлами сети, но и для повышения ее надежности. Например, если какой-либо компьютер сети Ethernet с физической общей шиной из-за сбоя начинает непрерывно передавать данные по общему кабелю, то вся сеть выходит из строя, и остается только одно — вручную отсоединить сетевой адаптер этого компьютера от кабеля. В сети Ethernet, построенной с использованием *концентратора*, эта проблема может быть решена автоматически — *концентратор* отключает свой порт, если обнаруживает, что присоединенный к нему узел слишком долго монопоЛЬНО занимает сеть. *Концентратор* может блокировать некорректно работающий узел и в других случаях, выполняя роль некоторого управляющего узла.

Логическая структуризация сети

Физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, однако в ряде случаев, обычно относящихся к сетям большого и среднего размера, без логической структуризации сети обойтись невозможно. Наиболее важной проблемой, не решаемой путем физической структуризации, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

В большой сети естественным образом возникает неоднородность информационных потоков: *сеть* состоит из множества *подсетей* рабочих групп, отделов, филиалов предприятия и других административных образований. В одних случаях наиболее интенсивный обмен данными наблюдается между компьютерами, принадлежащими одной *подсети*, и только небольшая часть обращений происходит к ресурсам компьютеров, находящихся вне локальных рабочих групп. На других предприятиях, особенно там, где имеются централизованные хранилища корпоративных данных, активно используемые всеми сотрудниками предприятия, наблюдается обратная ситуация: интенсивность внешних обращений выше интенсивности обмена между "соседними" машинами. Но независимо от того, как распределяются внешний и внутренний трафик, для повышения эффективности работы *сети* неоднородность информационных потоков необходимо учитывать.

Сеть с типовой топологией ("шина", "кольцо", "звезда"), в которой все физические сегменты рассматриваются в качестве одной разделяемой среды, оказывается неадекватной структуре информационных потоков в большой *сети*. Например, в сети с общей шиной взаимодействие любой пары

компьютеров занимает ее на все время обмена, поэтому при увеличении числа компьютеров в сети шина становится узким местом. Компьютеры одного отдела вынуждены ждать, когда завершит обмен пара компьютеров другого отдела.

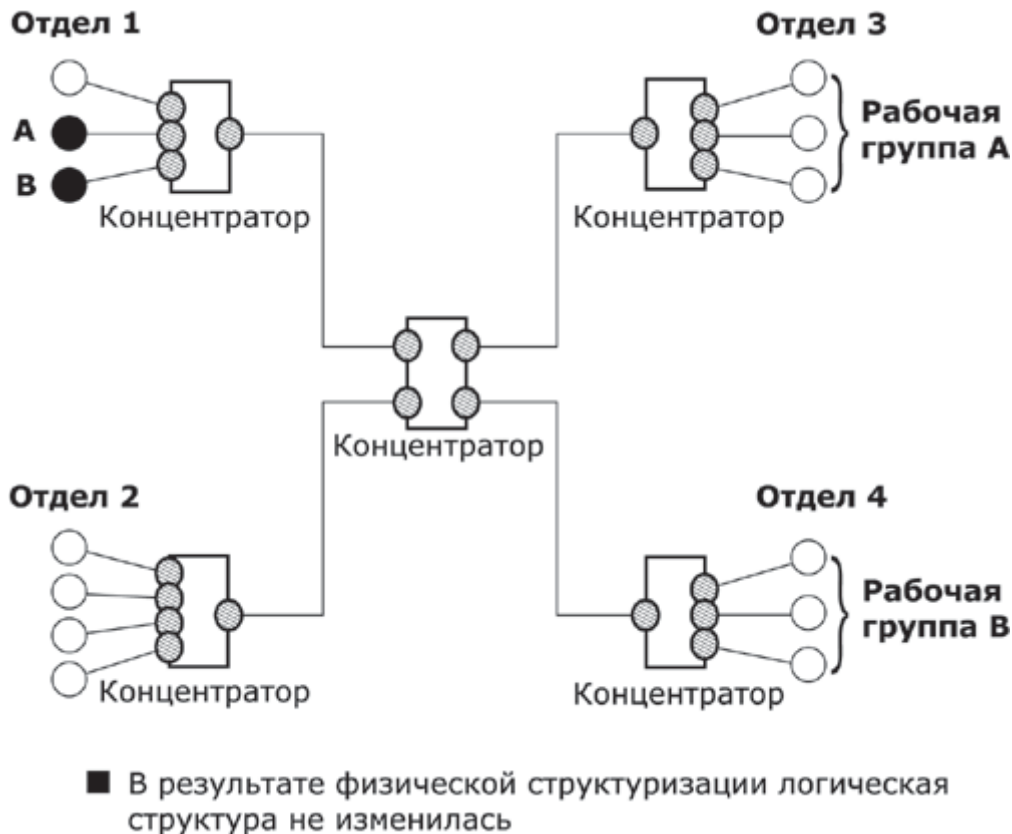


Рис. 8.5. Физическая структуризация на основе концентраторов.

Этот случай иллюстрирует рис.8.5. Здесь показана *сеть*, построенная с использованием концентраторов. Пусть компьютер А, находящийся в одной *подсети* с компьютером В, посылает ему данные. Несмотря на разветвленную физическую структуру *сети*, концентраторы распространяют любой кадр по всем ее сегментам. Поэтому кадр, посылаемый компьютером А компьютеру В, хотя и не нужен компьютерам отделов 2 и 3, в соответствии с логикой работы концентраторов поступает на эти сегменты тоже (на рисунке кадр, посланный компьютером А, показан в виде заштрихованного кружка, который повторяется на всех сетевых интерфейсах данной *сети*). И до тех пор, пока компьютер В не получит адресованный ему кадр, ни один из компьютеров этой *сети* не сможет передавать данные.

Такая ситуация возникает из-за того, что логическая структура данной *сети* осталась однородной — она никак не учитывает возможность локальной

обработки трафика внутри отдела и предоставляет всем парам компьютеров равные возможности по обмену информацией (рис.8.6).

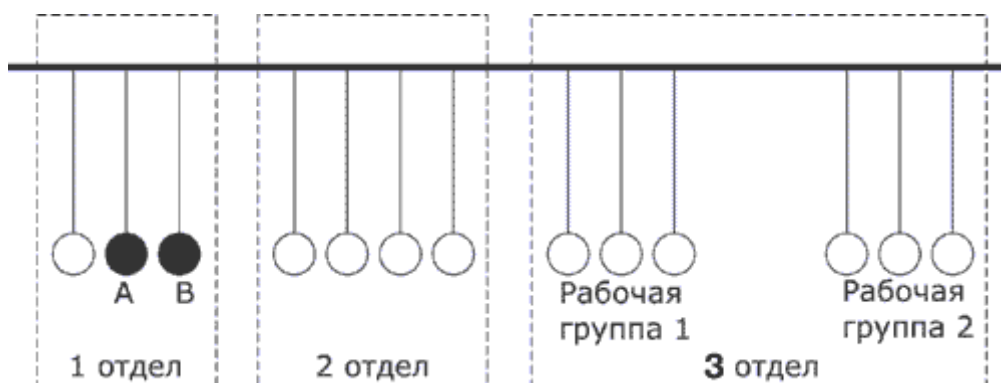


Рис. 8.6. Логическая структура продолжает соответствовать "общей шине".

Для решения проблемы придется отказаться от идеи единой однородной разделяемой среды. Например, в рассмотренном выше примере желательно было бы сделать так, чтобы кадры, которые передают компьютеры отдела 1, выходили бы за пределы этой части *сети* в том и только в том случае, если эти кадры направлены какому-либо компьютеру из других отделов. С другой стороны, в сеть каждого из отделов должны попадать только те кадры, которые адресованы узлам этой *сети*. При такой организации работы *сети* ее производительность существенно повысится, так как компьютеры одного отдела не будут простаивать в то время, когда обмениваются данными компьютеры других отделов.

Нетрудно заметить, что в предложенном решении мы отказались от идеи общей разделяемой среды в пределах всей *сети*, хотя и оставили ее в пределах каждого отдела. Пропускная способность линий связи между отделами не должна совпадать с пропускной способностью среды внутри отделов. Если трафик между отделами составляет только 20% трафика внутри отдела (как уже отмечалось, эта величина может быть другой), то и пропускная способность линий связи и коммуникационного оборудования, соединяющего отделы, может быть значительно ниже внутреннего трафика *сети* отдела.

Распространение трафика, предназначенного для компьютеров некоторого сегмента *сети*, только в пределах этого сегмента, называется **локализацией трафика**. Логическая структуризация *сети* — это процесс разбиения *сети* на сегменты с локализованным трафиком.

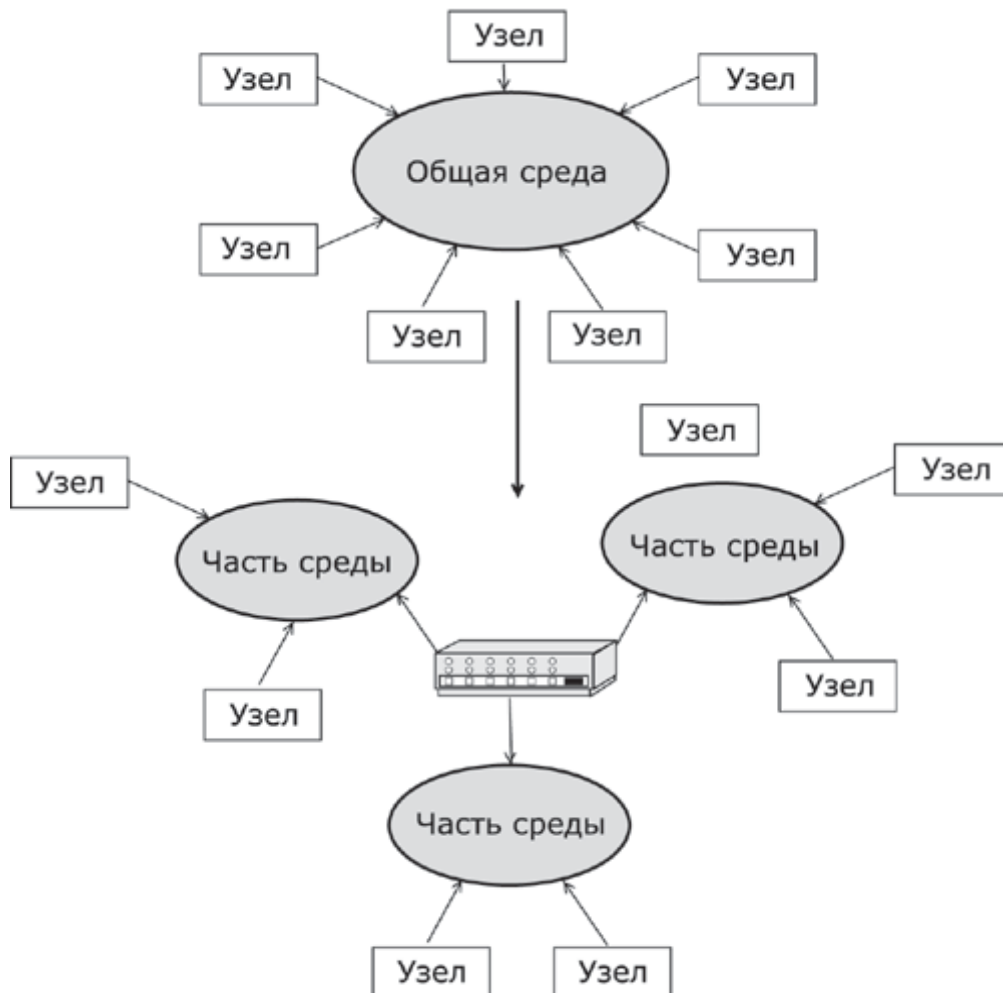


Рис. 8.7. Отказ от единой разделяемой среды.

Для логической структуризации *сети* используются коммуникационные устройства:

- *мосты*;
- *коммутаторы*;
- *маршрутизаторы*;
- *шлюзы*.

Мост (*bridge*) делит разделяемую среду передачи *сети* на части (часто называемые логическими сегментами), передавая информацию из одного сегмента в другой только в том случае, если такая передача действительно необходима, то есть если адрес компьютера назначения принадлежит другой *подсети*. Тем самым мост изолирует трафик одной *подсети* от трафика

другой, повышая общую производительность передачи данных в сети. Локализация трафика не только экономит пропускную способность, но и уменьшает возможность несанкционированного доступа к данным, так как кадры не выходят за пределы своего сегмента, и злоумышленнику сложнее перехватить их.

На рис. 8.8 показана сеть, которая была получена из сети с центральным концентратором (см. рис. 8.5) путем его замены на мост. Сети 1-го и 2-го отделов состоят из отдельных логических сегментов, а сеть отдела 3 — из двух логических сегментов. Каждый логический сегмент построен на базе концентратора и имеет простейшую физическую структуру, образованную отрезками кабеля, связывающими компьютеры с портами концентратора. Если пользователь компьютера А пошлет данные пользователю компьютера В, находящемуся в одном с ним сегменте, то эти данные будут повторены только на тех сетевых интерфейсах, которые отмечены на рисунке заштрихованными кружками.

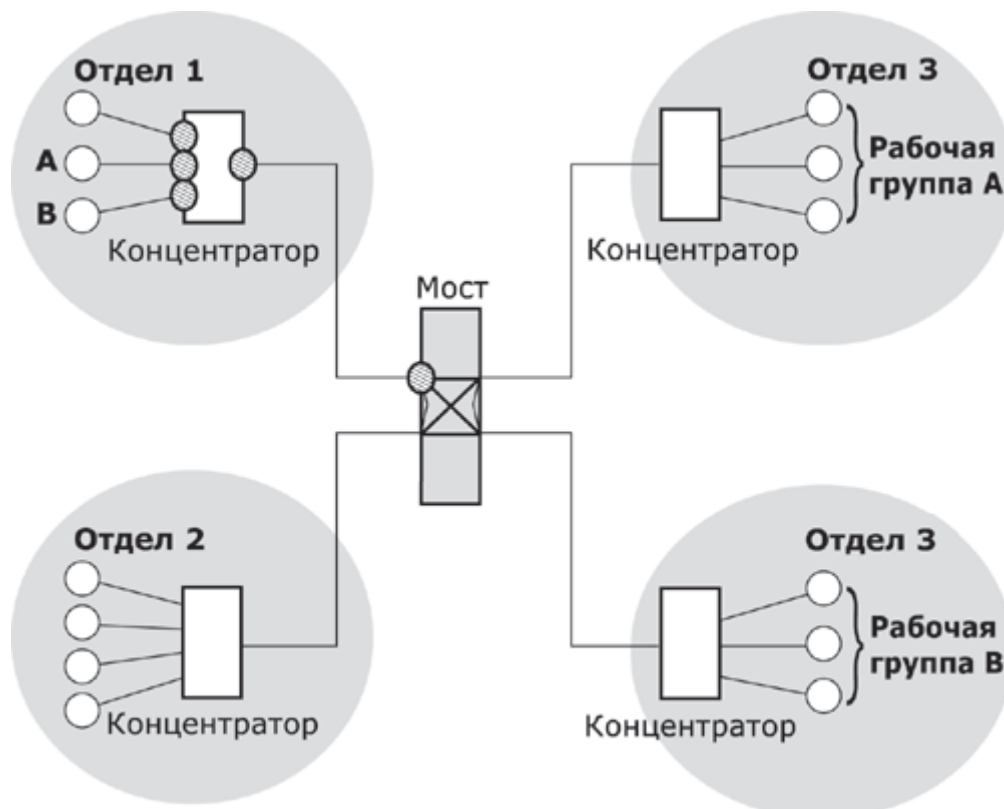


Рис. 8.8. Логическая структуризация сети с помощью моста.

Мосты используют для локализации трафика аппаратные адреса компьютеров. Это затрудняет распознавание принадлежности того или иного компьютера к определенному логическому сегменту — сам адрес не содержит подобной информации. Поэтому мост достаточно упрощенно

представляет деление сети на сегменты — он запоминает, через какой порт на него поступил кадр данных от каждого компьютера сети, и в дальнейшем передает кадры, предназначенные для данного компьютера, на этот порт. Точной топологии связей между логическими сегментами мост не знает. Из-за этого применение мостов приводит к значительным ограничениям на конфигурацию связей сети — сегменты должны быть соединены таким образом, чтобы в сети не образовывались замкнутые контуры.

Коммутатор (switch) по принципу обработки кадров от моста практически ничем не отличается. Единственное его отличие состоит в том, что он является своего рода коммуникационным мультипроцессором, так как каждый его порт оснащен специализированной микросхемой, которая обрабатывает кадры по алгоритму моста независимо от микросхем других портов. За счет этого общая производительность коммутатора обычно намного выше производительности традиционного моста, имеющего один процессорный блок. Можно сказать, что коммутаторы — это мосты нового поколения, которые обрабатывают кадры в параллельном режиме.

Ограничения, связанные с применением мостов и коммутаторов — по топологии связей, а также ряд других, — привели к тому, что в ряду коммуникационных устройств появился еще один тип оборудования — маршрутизатор (router1)) Маршрутизаторы более надежно и более эффективно, чем мосты, изолируют трафик отдельных частей сети друг от друга. Маршрутизаторы образуют логические сегменты посредством явной адресации, поскольку используют не плоские аппаратные, а составные числовые адреса. В этих адресах имеется поле номера сети, так что все компьютеры, у которых значение этого поля одинаковое, принадлежат одному сегменту, называемому в данном случае подсетью (subnet).

Кроме *локализации трафика*, маршрутизаторы выполняют еще много других полезных функций. Так, маршрутизаторы могут работать в сети с замкнутыми контурами, при этом они осуществляют выбор наиболее рационального маршрута из нескольких возможных. Сеть, представленная на рис. 8.9, отличается от своей предшественницы (см. рис. 8.8) тем, что между подсетями отделов 1 и 2 проложена дополнительная связь, которая может использоваться для повышения как производительности сети, так и ее надежности.

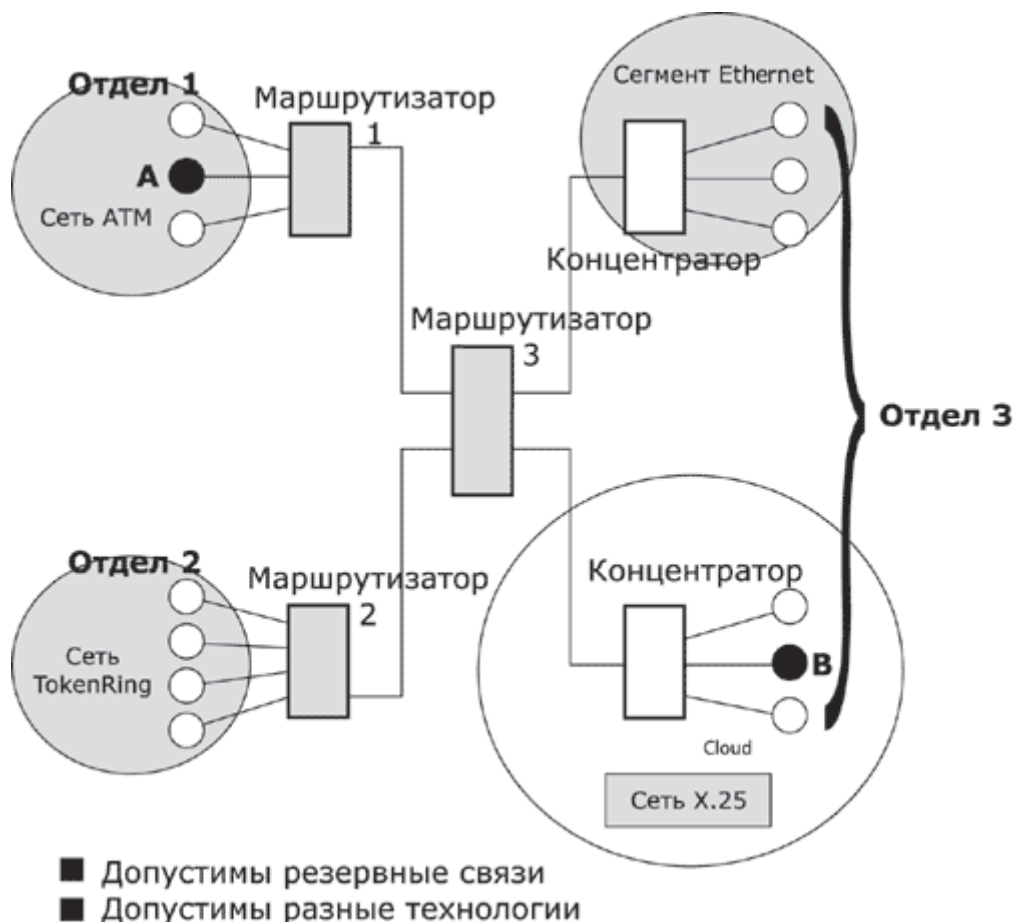


Рис. 8.9. Логическая структуризация сети с помощью маршрутизаторов.

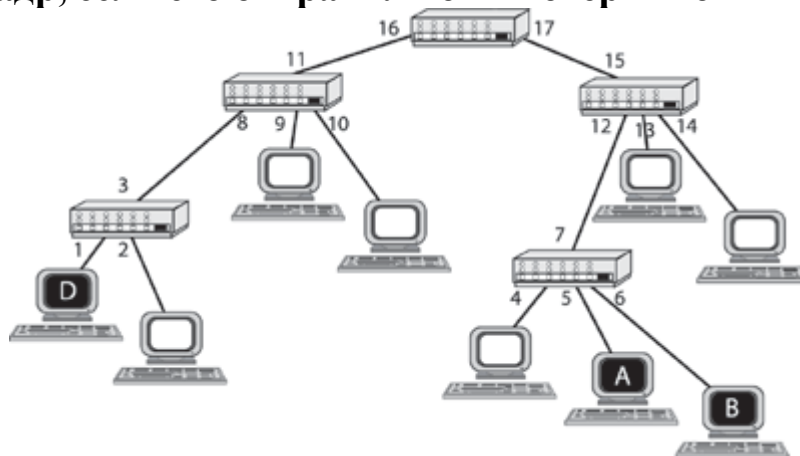
Другой очень важной функцией *маршрутизаторов* является их способность связывать в единую *сеть подсети*, построенные с использованием разных сетевых технологий, например Ethernet и X.25.

Кроме перечисленных устройств, отдельные части *сети* может соединять *шлюз* (gateway). Обычно основной причиной использования *шлюза* в *сети* является необходимость объединить *сети* с разными типами системного и прикладного программного обеспечения, а не желание локализовать трафик. Тем не менее, *шлюз* обеспечивает и *локализацию трафика* в качестве некоторого побочного эффекта.

Большие *сети* практически никогда не строятся без логической структуризации. Для отдельных сегментов и *подсетей* характерны типовые однородные топологии базовых технологий, и для их объединения всегда используется оборудование, обеспечивающее *локализацию трафика*: *мосты*, *коммутаторы*, *маршрутизаторы* и *шлюзы*.

Контрольные тесты к теме “Структуризация сетей”

1. В чем отличие логической структуризации сети от физической?
2. Определите функциональное назначение основных типов коммуникационного оборудования – повторителей, концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов
3. Если все коммуникационные устройства в приведенном фрагменте сети являются коммутаторами, кроме одного концентратора, к которому подключены компьютеры А и В, то на каких портах появится кадр, если его отправил компьютер А компьютеру D?

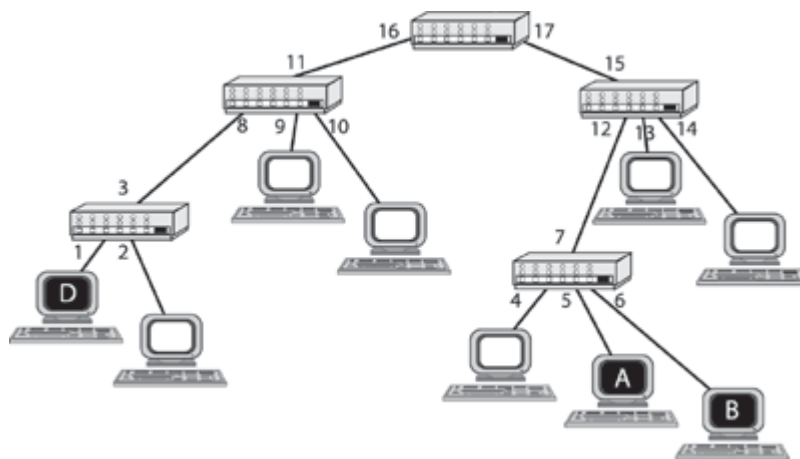


- на 5 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 1
 - на 4,5,6 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 2, 1
 - на 4,5,6 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 1
 - на всех
1. Укажите, какие из перечисленных терминов являются синонимами?
 - hub
 - switch
 - concentrator
 - repeater
 2. Укажите, какие из указанных различий между мостом и коммутатором имеют место в действительности.
 - коммутатор может работать в сети, имеющей конфигурацию с обратными связями, а мост — нет
 - коммутатор в принципе имеет более высокую производительность за счет параллелизма работы портов
 - коммутатор, в отличие от моста, изолирует трафик одной подсети от трафика другой, повышая общую производительность передачи данных в сети
 - нет отличий

3. Укажите какие из перечисленных терминов являются синонимами?

- hub
- switch
- concentrator
- router
- repeater
- gateway

4. Если все коммуникационные устройства в приведенном фрагменте сети являются коммутаторами, кроме одного концентратора, к которому подключены компьютеры **A** и **B**, то на каких портах появится кадр, если его отправил компьютер **A** компьютеру **D**?



- на 5 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 1
- на 4,5,6 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 2, 1
- на 4,5,6 и 7, 12, 15, 17, 16, 11, 8, 3, 1
- на всех

5. Укажите, какие из перечисленных терминов являются синонимами?

- hub
- switch
- concentrator
- repeater

6. Укажите, какие из указанных различий между мостом и коммутатором имеют место в действительности.

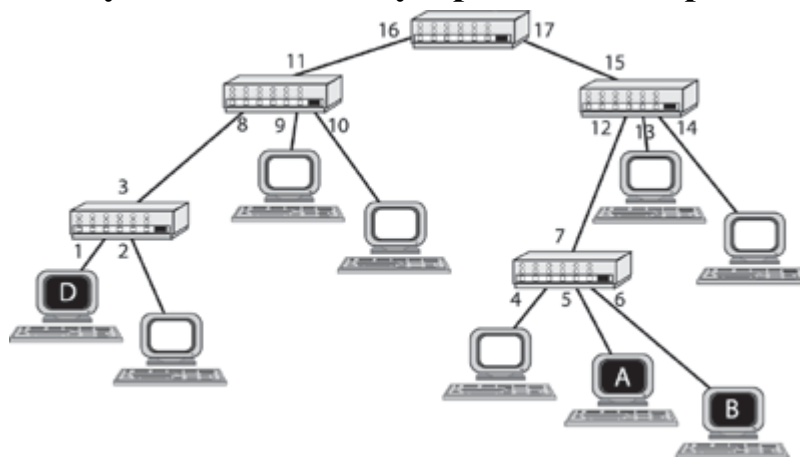
- коммутатор может работать в сети, имеющей конфигурацию с обратными связями, а мост — нет
- коммутатор в принципе имеет более высокую производительность за счет параллелизма работы портов
- коммутатор, в отличие от моста, изолирует трафик одной подсети от трафика другой, повышая общую производительность передачи данных в сети

- нет отличий

7. Укажите какие из перечисленных терминов являются синонимами?

- hub
- switch
- concentrator
- router
- repeater
- gateway

8. Если все коммуникационные устройства в приведенном фрагменте



сети являются коммутаторами, то на каких портах появится кадр, если его отправил компьютер А компьютеру В?

- на 5 и 6
- на 4, 5 и 6
- на 4, 5, 6 и 7
- на 4, 5, 6, 7 и 12
- на всех

9. Укажите, какие из перечисленных терминов относятся к функционально подобным устройствам?

- router
- switch
- concentrator
- bridge

10. Укажите, какие из указанных различий между мостом и коммутатором имеют место в действительности.

- коммутатор может работать в сети, имеющей конфигурацию с обратными связями, а мост — нет
- коммутатор в принципе имеет более высокую производительность за счет параллелизма работы портов
- коммутатор, в отличие от моста, изолирует трафик одной подсети от трафика другой, повышая общую производительность передачи данных в сети

- нет отличий

11. Пусть администратору требуется модернизировать сеть так, чтобы каждый пользователь получил дополнительную пропускную способность, при этом администратор сохраняет в сети технологию Fast Ethernet 100 Мб/сек. Какие из перечисленных ниже подходов могут привести к требуемому результату?

- увеличить число концентраторов, тем самым уменьшив число пользовательских компьютеров, подключенных к каждому из них
- заменить концентраторы на коммутаторы
- задачу решить невозможно без перехода на более производительную технологию

Лекция 9.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей. Определяются понятия сети доступа и магистрали. Обсуждаются особенности сетей операторов и корпоративных сетей. Рассматривается классификация сетей операторов по территориальной протяженности, набору услуг, клиентской базе.

Ярко выраженная в последнее время тенденция сближения различных типов сетей характерна не только для локальных и глобальных *компьютерных сетей*, но и для *телекоммуникационных сетей* других типов.

К *телекоммуникационным сетям* в настоящее время можно отнести:

- *телефонные сети*;
- *радиосеть*;
- *телевизионные сети*;
- *компьютерные сети*

Во всех этих сетях предоставляемым клиентам ресурсом является информация.

Вид телекоммуникационной сети	Вид услуг	Вид представления информации
телефонные сети	интерактивные услуги	только голосовая информация
радиосети	широковещательные услуги	только голосовая информация
телевизионные сети	широковещательные услуги	голос и изображение
компьютерные сети		алфавитно-цифровое

Таблица характеризует изначальное распределение вида услуг и формы представления информации в сетях разного типа.

Телефонные сети оказывают *интерактивные услуги (interactive services)*, так как два абонента, участвующие в разговоре (или несколько абонентов, если это конференция), попеременно проявляют активность.

Радиосети и *телевизионные сети* оказывают *широковещательные услуги (broadcast services)*, при этом информация распространяется только в одну сторону - из сети к абонентам, по схеме "один ко многим" (point-to-multipoint).

Сегодня по многим направлениям идет *конвергенция*. разных видов *телекоммуникационных сетей*.

Общая структура телекоммуникационной сети

Несмотря на то, что различия между *компьютерными*, *телефонными*, *телевизионными* и *первичными сетями*, безусловно, существенны, все эти сети на достаточно высоком уровне абстракции имеют сходные структуры.

Телекоммуникационная сеть (рис. 10.1) в общем случае включает следующие компоненты:

- ***сеть доступа (access network)*** - предназначена для концентрации информационных потоков, поступающих по многочисленным *каналам связи* от оборудования пользователей, в сравнительно небольшом количестве узлов *магистральной сети*;
- ***магистраль (backbone или core network)*** - объединяет отдельные *сети доступа*, обеспечивая транзит трафика между ними по высокоскоростным *каналам*;
- ***информационные центры*** или центры управления сервисами (***data centers или services control point***) - это собственные информационные

ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей.

И *сеть доступа*, и *магистральная сеть* строятся на базе коммутаторов. Каждый коммутатор оснащен некоторым количеством портов, которые соединяются с портами других коммутаторов *каналами связи*.

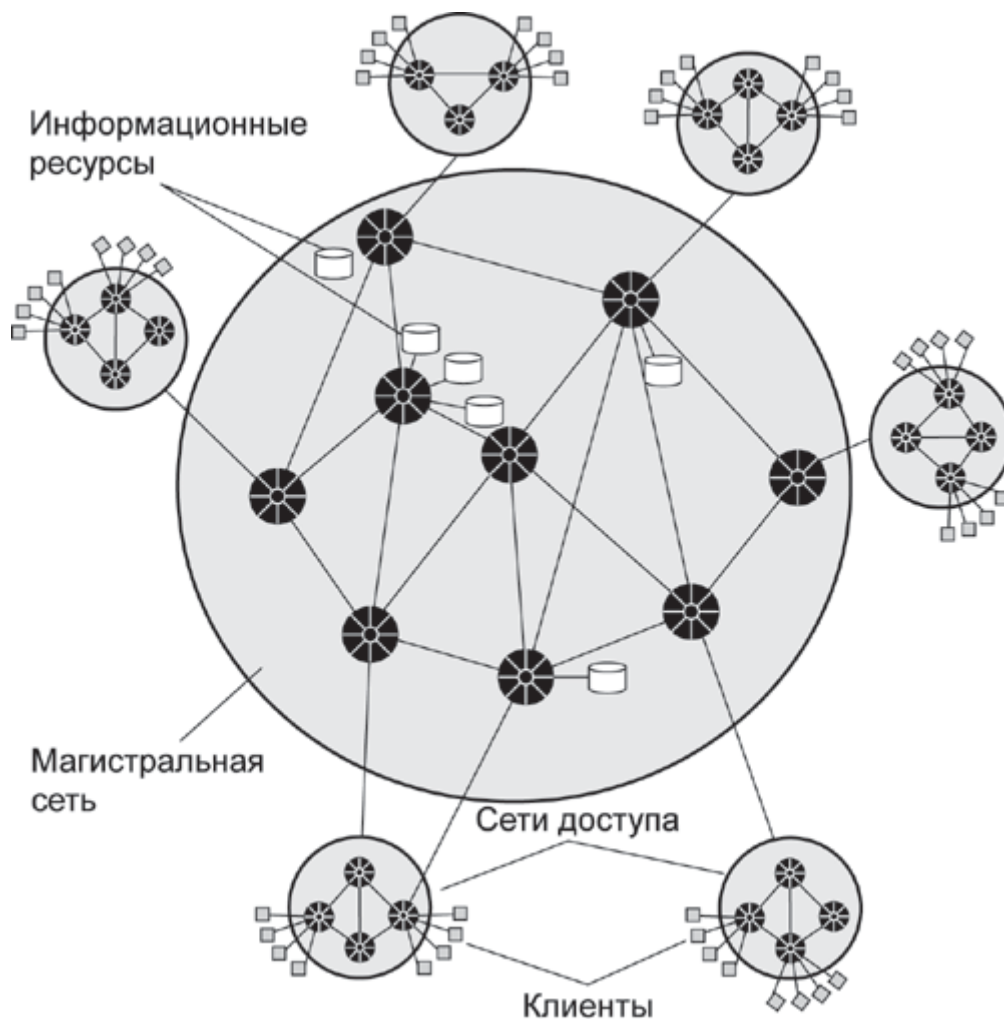


Рис. 10.1. Структура телекоммуникационной сети

Сеть доступа

Сеть доступа представляет собой нижний уровень иерархии телекоммуникационной сети.

К этой сети подключаются конечные (терминальные) узлы - оборудование, установленное у пользователей (абонентов, клиентов) сети. В случае *компьютерной сети* конечными узлами являются компьютеры, телефонной -

телефонные аппараты, а *телевизионной* или *радиосети* - соответствующие теле- и радиоприемники.

Основное назначение *сети доступа* - концентрация информационных потоков, поступающих по многочисленным *каналам связи* от оборудования пользователей, в сравнительно небольшом количестве узлов *магистральной сети*.

Сеть доступа, как и *телекоммуникационная сеть* в целом, может состоять из нескольких уровней (на рисунке показано два). *Коммутаторы*, установленные в узлах нижнего уровня, мультиплексируют информацию, поступающую по многочисленным абонентским каналам (называемым часто абонентскими окончаниями, local loop) и передают ее коммутаторам верхнего уровня, чтобы те в свою очередь передали ее коммутаторам магистралей. Количество уровней *сети доступа* зависит от ее размера; небольшая *сеть доступа* может состоять из одного уровня, а крупная - из двух-трех. Следующие уровни осуществляют дальнейшую концентрацию трафика, собирая его и мультиплексируя в более скоростные *каналы*.

Магистральная сеть

Магистральная сеть объединяет отдельные *сети доступа*, выполняя функции транзита трафика между ними по высокоскоростным *каналам*. *Коммутаторы магистралей* могут оперировать не только информационными соединениями между отдельными пользователями, но и агрегированными информационными потоками, переносящими данные большого количества пользовательских соединений. В результате информация с помощью *магистралей* попадает в *сеть доступа* получателей, демультиплексируется там и коммутируется таким образом, что на входной порт оборудования пользователя поступает только та информация, которая ему адресована.

В том случае, когда абонент-получатель подключен к тому же *коммутатору* доступа, что и абонент-отправитель (непосредственно или через подчиненные по иерархии связей *коммутаторы*), последний выполняет необходимую операцию *коммутации* самостоятельно.

Информационные центры

Информационные центры/центры управления сервисами - это собственные информационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется

обслуживание пользователей. В таких *центрах* может храниться информация двух типов:

- *пользовательская информация, то есть те данные, которые непосредственно интересуют пользователей сети;*
- *вспомогательная служебная информация, позволяющая предоставлять пользователям некоторые услуги.*

Примером информационных ресурсов первого типа могут служить Web-порталы, на которых расположена разнообразная справочная информация и новости, информация электронных магазинов и т.п. В телефонных сетях роль таких центров играют службы экстренного вызова (например, милиции, скорой помощи) и справочные службы различных организаций и предприятий - вокзалов, аэропортов, магазинов и т.п. В телевизионных сетях такими центрами являются телестудии, поставляющие "живую" картинку или же воспроизводящие ранее записанные сюжеты или фильмы.

К ресурсам второго типа относятся, например, различные системы аутентификации и авторизации пользователей, с помощью которых организация, владеющая сетью, проверяет права пользователей на получение тех или иных услуг; системы биллинга, которые в коммерческих сетях подсчитывают плату за предоставленные услуги; базы данных учетной информации пользователей, хранящие имена и пароли, а также перечни услуг, на которые подписан каждый пользователь. В телефонных сетях существуют центры управления сервисами (Services Control Point, SCP), где установлены компьютеры, на которых хранятся программы нестандартной обработки телефонных вызовов пользователей, например вызовов бесплатных справочных служб коммерческих предприятий (так называемые службы 800) или вызовов при проведении телеголосования. Еще одним из распространенных видов вспомогательного информационного центра является централизованная система управления сетью, которая представляет собой программное обеспечение, работающее на одном или нескольких компьютерах.

Естественно, у сетей каждого типа имеется много особенностей, тем не менее, их структура в целом соответствует описанной выше. В то же время, в зависимости от назначения и размера сети, некоторые составляющие обобщенной структуры могут в ней отсутствовать или же иметь несущественное значение. Например, в небольшой локальной компьютерной сети нет ярко выраженных сетей доступа и магистрали - они сливаются в

общую достаточно простую структуру. В корпоративной сети, как правило, система биллинга отсутствует, так как услуги сотрудникам предприятия оказываются не на коммерческой основе. В некоторых телефонных сетях могут отсутствовать информационные центры, а в телевизионных сеть доступа приобретает вид распределительной сети, так как информация в ней распространяется только в одном направлении - из сети к абонентам.

Сети операторов связи

Компьютерные сети можно классифицировать по различным критериям. Уже упоминавшееся в предыдущих лекциях деление на локальные и глобальные сети происходит по территориальному признаку, то есть по размерам территории, которую покрывает сеть. Другим важным признаком классификации сетей является назначение предоставляемых услуг:

- *сети операторов связи (сети провайдеров услуг) оказывают общедоступные услуги;*
- *корпоративные сети предоставляют услуги только сотрудникам того предприятия, которое владеет сетью.*

Операторы связи и клиенты

Существуют сети, которые создаются специально для оказания *общедоступных (публичных, public) телекоммуникационных услуг*. Примерами таких сетей могут служить городские, региональные, национальные и международные *телефонные сети*. Их услугами пользуются многочисленные клиенты - владельцы домашних и мобильных телефонов, а также предприятия (корпоративные пользователи). Еще одной традиционной телекоммуникационной услугой является предоставление в аренду *каналов связи*. У *первичных сетей PDH/SDH*, создаваемых телекоммуникационным предприятием для объединения своих АТС, обычно остается не используемая для внутренних нужд канальная емкость, которую логично сдавать в аренду. Типичными потребителями этой услуги являются крупные предприятия, которые создают с помощью арендованных *каналов* собственные сети - *телефонные* или *компьютерные*.

По мере роста популярности компьютерной обработки данных к набору телекоммуникационных услуг добавилась возможность объединения локальных сетей предприятий с помощью общедоступной территориальной сети передачи данных, например сети технологии X.25, frame relay, АТМ или

IP. Internet-революция 90-х годов породила такую распространенную общедоступную услугу, как доступ в Internet для обмена сообщениями электронной почты и использования ресурсов многочисленных Web-сайтов. Вскоре среда Internet стала использоваться предприятиями не только для доступа к "чужим" информационным ресурсам, но и для объединения собственных, то есть как типичная сеть передачи данных, оказывающая транспортные услуги. На стыке *телефонных* и *компьютерных сетей* начали появляться новые типы общедоступных услуг, использующие возможности комплексного применения различных технологий.

Специализированное предприятие, которое создает *телекоммуникационную сеть* для оказания общедоступных услуг, владеет этой сетью и поддерживает ее работу, традиционно называется *оператором связи (telecommunication carrier)*.

Операторы связи отличаются друг от друга:

- набором предоставляемых услуг;
- территорией, в пределах которой предоставляются услуги;
- типом клиентов, на которых ориентированы услуги;
- имеющейся во владении оператора **инфраструктурой** - линиями связи, коммутационным оборудованием, информационными серверами и т.п.

Услуги, провайдеры услуг и сетевая инфраструктура

Операторы связи осуществляют свою деятельность на коммерческой основе, заключая договоры с потребителями услуг.

Услуги можно разделить на несколько уровней и групп, используя разные критерии классификации.

1. На рисунке группы услуг определяются по типу сетей, которые их оказывают - телефонные или компьютерные (для полноты картины нужно было бы дополнить рисунок услугами *телевизионных* и *радиосетей*. На рис. 10.2 показаны только некоторые основные уровни и группы, но и эта неполная картина хорошо иллюстрирует широту спектра современных телекоммуникационных услуг и сложность их взаимосвязей. Услуги каждого более высокого уровня опираются на услуги нижележащих уровней. Услуги предоставления в аренду *каналов связи* являются услугами самого нижнего уровня, так как пользователь сначала должен построить с помощью этих *каналов* собственную сетевую *инфраструктуру* (установить телефонные коммутаторы или коммутаторы пакетных сетей).

Следующий уровень составляют две большие группы услуг:

- *телефонные услуги;*
- *услуги компьютерных сетей.*

Комбинированные услуги: ● IP-телефония ● Универсальная служба сообщений (Unified Messaging)	
Услуги телефонии: ● Соединение двух абонентов ● Доступ к справочным службам ● Переадресация вызовов ● Голосовая почта ● ...	Услуги компьютерных сетей: ● Доступ в Internet ● Электронная почта ● Объединение LAN - Виртуальные частные сети ● Информационные порталы (www) ● ...
Предоставление каналов связи в аренду	

Рис. 10.2. Классификация услуг телекоммуникационной сети (закрашенные области соответствуют традиционным услугам операторов связи)

Этот уровень, в свою очередь, можно делить на подуровни, так как из более простых услуг строятся более сложные. Например, на основе услуги доступа к Internet, которая заключается в простом транспортном подключении компьютера или локальной сети к всемирной общедоступной сети, можно оказывать услуги электронной почты. Или же на основе базовой телефонной услуги соединения абонентов можно создать услугу голосовой почты.

Верхний уровень сегодня занимают комбинированные услуги, реализация которых требует совместного оперативного взаимодействия *компьютерных и телефонных сетей*.

2. Услуги можно классифицировать в зависимости от того, предоставляется ли клиенту дополнительная информация:
 - *услуги, состоящие в передаче трафика в неизменном виде между абонентами сети;*
 - *услуги, состоящие в предоставлении пользователю информации, созданной оператором или операторами связи.*

Телефонный разговор - это пример услуги первого типа, так как информация создается абонентами сети, а оператор только доставляет ее от одного абонента к другому. К этому же типу относится услуга соединения двух локальных сетей клиента с помощью сети передачи данных оператора. Примерами услуг второго типа (их обычно называют информационными) являются услуги справочных служб *телефонной сети* или услуги какого-либо Web-сайта.

3. Еще один общеупотребительный признак классификации услуг - наличие или отсутствие интерактивности. Если при оказании услуги попеременно и в реальном масштабе времени активны два (или более) абонента, то это **интерактивная услуга**. Телефонный разговор - классический пример *интерактивной услуги*. Если же абонент только получает информацию, передаваемую по сети, то это не *интерактивная услуга*. Например, таковы услуги радио и телевидения, аналогичные услуги предоставляют Web-сайты, однако здесь грань между интерактивностью и неинтерактивностью провести зачастую сложно, так как пользователь может активно участвовать в просмотре содержимого сайта, играя или отвечая на вопросы анкеты.

Каждый оператор связи оказывает те услуги из общего набора, которые ему представляются наиболее соответствующими его профилю и экономически выгодными. В большинстве стран мира (и в России тоже) операторы связи должны получать от государственных органов лицензии на оказание тех или иных услуг связи. Такое положение существовало не всегда - практически во всех странах были операторы, которые фактически являлись монополистами на рынке телекоммуникационных услуг в масштабах страны. Сегодня происходит процесс демонополизации этой области деятельности, бывшие монополисты продолжают работать, но им приходится бороться за клиентов с новыми операторами, которых часто называют альтернативными, так как благодаря им у пользователей действительно появляется свобода выбора.

Клиенты

Все множество клиентов - потребителей инфотелекоммуникационных услуг - можно разделить на два больших лагеря:

- *массовые индивидуальные клиенты;*
- *корпоративные клиенты.*

Массовые индивидуальные клиенты

В первом случае местом потребления услуг является квартира или частный дом, а клиентами - жильцы этой квартиры, которым нужны, прежде всего, базовые услуги - телефонная связь, телевидение, радио и (пока еще не всем) выход в Internet.

Для массовых клиентов очень важна экономичность услуги - низкая месячная оплата, возможность использования стандартных терминальных устройств (телефонные аппараты, телевизионные приемники, персональные компьютеры), а также существующей в квартире проводки в виде телефонной

пары и телевизионного коаксиального кабеля. Сложные в обращении и дорогие терминальные устройства, такие как, например, включающие компьютер телевизоры или *IP-телефоны*, вряд ли станут массовыми до тех пор, пока не приблизятся по стоимости к обычному телевизору или телефону и не будут поддерживать простой пользовательский интерфейс, не требующий для освоения прослушивания специальных курсов.

Существующая в наших домах проводка - это серьезное ограничение для предоставления услуг доступа в Internet и новых услуг *компьютерных сетей*, так как она не рассчитана на передачу данных, а подведение к каждому дому нового качественного кабеля, например, волоконно-оптического, обойдется недешево. Поэтому доступ в Internet чаще всего осуществляется с помощью низкоскоростного модемного соединения по *телефонной сети*. Однако постепенно развиваются новые технологии - так называемые технологии цифровых абонентских линий, позволяющие передавать по существующей телефонной проводке данные с гораздо более высокой скоростью, чем обычные модемы.

Корпоративные клиенты

Корпоративные клиенты - это предприятия и организации различного профиля. Небольшие предприятия по набору предпочтительных услуг не слишком отличаются от массовых клиентов - это та же базовая телефония и телевидение, только телефонных номеров такому предприятию может потребоваться не один, а два-три, да и потребности в передаче данных сводится к стандартному модемному доступу к Internet.

Крупные же предприятия, состоящие из нескольких территориально рассредоточенных отделений и филиалов, а также имеющие сотрудников, часто работающих дома, нуждаются в расширенном наборе услуг. Прежде всего, такой услугой является виртуальная частная сеть (Virtual Private Network, VPN), когда оператор связи создает для предприятия иллюзию того, что все его отделения и филиалы соединены частной, то есть полностью принадлежащей и управляемой предприятием-клиентом сетью, в то время как на самом деле при этом используется сеть оператора, то есть общедоступная сеть, одновременно передающая данные многих клиентов. Услуги VPN могут предоставляться как для телефонии (например, корпоративные пользователи звонят по сокращенным внутренним номерам), так и для сетей передачи данных.

В последнее время корпоративные клиенты все чаще пользуются не только коммуникационными, но и информационными услугами операторов - например, переносят собственные Web-сайты и базы данных на территорию оператора, поручая последнему поддерживать их работу и обеспечивать быстрый доступ к ним для сотрудников предприятия и, возможно, других пользователей сети оператора.

Крупные корпоративные клиенты требуют расширенного набора услуг и согласны платить за него больше, чем за стандартный, если услуги предоставляются с высоким уровнем качества. Поэтому оператор может взяться за прокладку новой физической линии связи до помещения такого клиента и установку сложных коммуникационных устройств.

Одни операторы оказывают услуги как массовым, так и корпоративным клиентам, другие специализируются только на одной категории потребителей.

Инфраструктура

Кроме субъективных и правовых причин, на формирование набора предлагаемых оператором услуг оказывает влияние материально-технический фактор, так как для предоставления определенной услуги оператор должен владеть соответствующей аппаратно-программной *инфраструктурой*. Так, для оказания услуг по аренде *каналов* оператор должен иметь в своем распоряжении транспортную сеть - например, *первичную сеть* PDH/SDH или же сеть с *коммутацией каналов*, такую как ISDN. Для оказания информационных Web-услуг он должен создать собственный сайт, который должен быть соединен с Internet, чтобы пользователи Internet могли получить доступ к нему.

В тех случаях, когда у оператора отсутствует необходимая *инфраструктура* для оказания некоторой услуги, он может воспользоваться услугами другого оператора, на основе которых требуемая услуга может быть сконструирована. Например, для создания общедоступного Web-сайта электронной коммерции оператор связи может не иметь собственной IP-сети, соединенной с Internet. Для этого ему достаточно только создать информационное наполнение сайта и поместить его на компьютере другого оператора, сеть которого имеет подключение к Internet. Аренда физических *каналов связи* для создания собственной *телефонной* или *компьютерной сети* является другим типичным примером предоставления услуг при отсутствии одного из элементов аппаратно-программной *инфраструктуры*.

Оператора, который предоставляет услуги другим операторам связи, часто называют *оператором операторов (carrier of carriers)*.

Физические каналы связи и другие элементы первичной транспортной *инфраструктуры* играют ключевую роль в предоставлении любых коммуникационных услуг, так как без них передача информации становится просто невозможной. Собственно, от наличия или отсутствия собственной транспортной *инфраструктуры* зависит и название предприятия, оказывающего информационно-коммуникационные услуги - традиционное "оператор связи" или новое "провайдер (поставщик) услуг". Хотя каждый оператор связи, безусловно, оказывает услуги своим клиентам, то есть является провайдером услуг, в этих терминах есть некоторая разница. Говоря "оператор связи", обычно подчеркивают то обстоятельство, что компания владеет собственной транспортной *инфраструктурой*, поддерживает ее функционирование и на этой основе предоставляет услуги. Обычно традиционный оператор связи в первую очередь оказывает низкоуровневые транспортные услуги - простую передачу трафика (телефонного или данных) между географическими пунктами без его дополнительной обработки. Когда же говорят "провайдер услуг", то акцент делается на том, что предприятие оказывает новые высокоуровневые услуги, например доступ в Internet, размещение в своей сети информационных ресурсов (Web-сайты, базы данных предприятий), но не обязательно владеет собственной развитой транспортной *инфраструктурой*, так как часто для их эффективной реализации достаточно арендованных сетевых ресурсов.

Территория покрытия

По степени охвата территории, на которой предоставляются услуги, операторы делятся на:

- *локальных;*
- *региональных;*
- *национальных;*
- *транснациональных.*

Локальный оператор работает на территории города или сельского района.

Традиционный локальный оператор - это оператор городской *телефонной сети*, который владеет всей соответствующей транспортной *инфраструктурой*: физическими каналами между помещениями абонентов

(квартирами, домами и офисами) и узлом связи, телефонными станциями (АТС) и *каналами связи* между телефонными станциями.

Сегодня к *традиционным локальным операторам* добавились *альтернативные*, которые часто являются провайдерами услуг нового типа, прежде всего, связанных с Internet, но иногда конкурируют с традиционными операторами и в области телефонии. Несмотря на демополилизацию телекоммуникационной отрасли, физическими каналами доступа к абонентам по-прежнему владеют традиционные локальные операторы, то есть "*Городские телефонные сети*" (ГТС), поэтому альтернативным операторам проще оказывать высокоуровневые услуги, не столь сильно зависящие от наличия прямой связи с абонентом, такие, например, как доступ в Internet, размещение в своих узлах информационных ресурсов и т.п. А для организации доступа к этим ресурсам абонентам приходится заключать договор с традиционным оператором, который направляет трафик непосредственно подключенных к нему абонентов в сеть альтернативного оператора, если абонент подписался на соответствующую услугу. Здесь мы видим естественную специализацию операторов - каждый занимается тем делом, для которого больше подходит имеющаяся *инфраструктура*, при этом сотрудничество дает дополнительный эффект, порождая новые услуги.

Региональные и национальные операторы оказывают услуги на большой территории, также располагая соответствующей *инфраструктурой*. Традиционные операторы этого масштаба выполняют транзитную передачу телефонного трафика между телефонными станциями локальных операторов, имея в своем распоряжении крупные транзитные АТС, связанные высокоскоростными физическими *каналами связи*. Это операторы операторов, их клиентами являются, как правило, локальные операторы или крупные предприятия, имеющие отделения и филиалы в различных городах региона или страны. Располагая развитой транспортной *инфраструктурой*, такие операторы обычно оказывают услуги дальней связи, передавая транзитом большие объемы информации без какой-либо обработки. Альтернативные операторы регионального и национального масштаба могут иметь собственную транспортную *инфраструктуру*, но это не обязательно. В первом случае они конкурируют с традиционными операторами на рынке услуг дальней связи, а во втором стараются оказывать дополнительные информационные услуги, заключая договоры с большим числом локальных операторов, а также с каким-либо из операторов, предоставляющих услуги дальней связи, - для организации взаимодействия между своими информационными ресурсами.

Корпоративные сети

Корпоративная сеть - это сеть, главным назначением которой является обеспечение функционирования конкретного предприятия, владеющего данной сетью.

Пользователями *корпоративной сети* являются только сотрудники данного предприятия. В отличие от сетей операторов связи, *корпоративные сети*, в общем случае, не оказывают услуг другим организациям или пользователям.

В зависимости от масштаба предприятия, а также от сложности и многообразия решаемых задач различают *сети отдела*, *сети кампуса* и *корпоративные сети* (термин "корпоративные" в данной классификации приобретает узкое значение - сеть большого предприятия). Прежде чем обсуждать характерные особенности каждого из перечисленных типов сетей, остановимся на тех факторах, которые заставляют предприятия обзаводиться собственной *компьютерной сетью*.

Что дает предприятию использование сетей

Этот вопрос можно уточнить следующим образом:

- *В каких случаях развертывание на предприятии вычислительных сетей предпочтительнее использования автономных компьютеров или многомашинных систем?*
- *Какие новые возможности появляются на предприятии с появлением вычислительной сети?*
- *И, наконец, всегда ли предприятию нужна сеть?*

Если не вдаваться в подробности, то конечной целью использования компьютерных сетей на предприятии является повышение эффективности его работы, которое может выражаться, например, в увеличении прибыли. Действительно, если благодаря компьютеризации снизились затраты на производство уже существующего продукта, сократились сроки разработки новой модели или ускорилось обслуживание заказов потребителей - это означает, что данному предприятию в самом деле нужна была сеть.

Концептуальным преимуществом сетей, которое вытекает из их принадлежности к распределенным системам, перед автономно работающими компьютерами является их способность выполнять параллельные вычисления. За счет этого в системе с несколькими обрабатывающими узлами в принципе можно достичь производительности, превышающей

максимально возможную на данный момент производительность любого отдельного, сколь угодно мощного, процессора. Распределенные системы потенциально имеют лучшее соотношение производительность/стоимость, чем централизованные системы.

Еще одно очевидное и важное достоинство распределенных систем - это их более высокая отказоустойчивость. Под отказоустойчивостью следует понимать способность системы выполнять свои функции (может быть, не в полном объеме) при отказах отдельных элементов аппаратуры и неполной доступности данных. Основой повышенной отказоустойчивости распределенных систем является избыточность. Избыточность обрабатывающих узлов (процессоров в многопроцессорных системах или компьютеров в сетях) позволяет при отказе одного узла переназначать приписанные ему задачи на другие узлы. С этой целью в распределенной системе могут быть предусмотрены процедуры динамической или статической реконфигурации. В вычислительных сетях некоторые наборы данных могут дублироваться на внешних запоминающих устройствах нескольких компьютеров сети, так что при отказе одного из них данные остаются доступными.

Использование территориально распределенных вычислительных систем больше соответствует распределенному характеру прикладных задач в некоторых предметных областях, таких как автоматизация технологических процессов, банковская деятельность и т. п. Во всех этих случаях имеются рассредоточенные по некоторой территории отдельные потребители информации - сотрудники, организации или технологические установки. Эти потребители автономно решают свои задачи, поэтому следовало бы предоставлять им собственные вычислительные средства, но в то же время, поскольку решаемые ими задачи логически тесно взаимосвязаны, их вычислительные средства должны быть объединены в общую систему. Оптимальным решением в такой ситуации является использование вычислительной сети.

Для пользователя распределенные системы дают еще и такие преимущества, как возможность совместного использования данных и устройств, а также возможность гибкого распределения работ по всей системе. Такое разделение дорогостоящих периферийных устройств - таких как дисковые массивы большой емкости, цветные принтеры, графопостроители, модемы, оптические диски - во многих случаях является основной причиной развертывания сети на предприятии. Пользователь современной вычислительной сети работает за

своим компьютером, часто не отдавая себе отчета в том, что он пользуется данными другого мощного компьютера, находящегося за сотни километров от него. Он отправляет электронную почту через модем, подключенный к коммуникационному серверу, общему для нескольких отделов его предприятия. У пользователя создается впечатление, что эти ресурсы подключены непосредственно к его компьютеру или же "почти" подключены, так как для работы с ними нужны незначительные дополнительные действия по сравнению с использованием действительно собственных ресурсов.

В последнее время стал преобладать другой побудительный мотив развертывания сетей, гораздо более важный в современных условиях, чем экономия средств за счет разделения между сотрудниками корпорации дорогой аппаратуры или программ. Этим мотивом стало стремление обеспечить сотрудникам оперативный доступ к обширной корпоративной информации. В условиях жесткой конкурентной борьбы в любом секторе рынка выигрывает, в конечном счете, та компания, сотрудники которой могут быстро и правильно ответить на любой вопрос клиента - о возможностях их продукции, об условиях ее применения, о решении различных проблем и т. п. На крупном предприятии даже хороший менеджер вряд ли знает все характеристики каждого из выпускаемых продуктов, тем более что их номенклатура может обновляться каждый квартал, если не месяц. Поэтому очень важно, чтобы менеджер имел возможность со своего компьютера, подключенного к *корпоративной сети*, скажем, в Магадане, передать вопрос клиента на сервер, расположенный в центральном отделении предприятия в Новосибирске, и оперативно получить ответ, удовлетворяющий клиента. В таком случае клиент не обратится в другую компанию, а будет пользоваться услугами данного менеджера и впредь.

Использование сети приводит к совершенствованию коммуникаций между сотрудниками предприятия, а также его клиентами и поставщиками. Сети снижают потребность предприятий в других формах передачи информации, таких как телефон или обычная почта. Зачастую именно возможность организации электронной почты является одной из причин развертывания на предприятии вычислительной сети. Все большее распространение получают новые технологии, которые позволяют передавать по сетевым *каналам связи* не только компьютерные данные, но и голосовую и видеoinформацию. *Корпоративная сеть*, которая интегрирует данные и мультимедийную информацию, может использоваться для организации аудио- и видеоконференций, кроме того, на ее основе может быть создана собственная *внутренняя телефонная сеть*.

Преимущества, которые дает использование сетей

1. *Интегральное преимущество - повышение эффективности работы предприятия.*
2. *Способность выполнять параллельные вычисления, за счет чего может быть повышена производительность и отказоустойчивость.*
3. *Большее соответствие распределенному характеру некоторых прикладных задач.*
4. *Возможность совместного использования данных и устройств.*
5. *Возможность гибкого распределения работ по всей системе.*
6. *Оперативный доступ к обширной корпоративной информации.*
7. *Совершенствование коммуникаций.*

Проблемы

1. *Сложность разработки системного и прикладного программного обеспечения для распределенных систем.*
2. *Проблемы с производительностью и **надежностью** передачи данных по сети.*
3. *Проблема обеспечения безопасности.*

Конечно, при использовании вычислительных сетей возникают и проблемы, связанные в основном с организацией эффективного взаимодействия отдельных частей распределенной системы.

Во-первых, это неполадки в программном обеспечении операционных системах и приложениях. Программирование для распределенных систем принципиально отличается от программирования для централизованных систем. Так, сетевая операционная система, выполняя в общем случае все функции по управлению локальными ресурсами компьютера, сверх того решает многочисленные задачи, связанные с предоставлением сетевых услуг. Разработка сетевых приложений осложняется из-за необходимости организовать совместную работу их частей, выполняющихся на разных машинах. Массу хлопот доставляет и обеспечение совместимости программного обеспечения, устанавливаемого в узлах сети.

Во-вторых, много проблем связано с транспортировкой сообщений по каналам связи между компьютерами. Основные задачи здесь - обеспечение надежности (чтобы передаваемые данные не терялись и не искажались) и производительности (чтобы обмен данными происходил с приемлемыми задержками). В структуре общих затрат на вычислительную сеть расходы на решение "транспортных вопросов" составляют существенную часть, в то

время как в централизованных системах эти проблемы полностью отсутствуют.

В-третьих, это вопросы, связанные с обеспечением безопасности, которые гораздо сложнее решать в вычислительной сети, чем в автономно работающем компьютере. В некоторых случаях, когда безопасность особенно важна, от использования сети лучше отказаться.

Можно приводить еще много "за" и "против", но главным доказательством эффективности использования сетей является бесспорный факт их повсеместного распространения. Сегодня трудно найти предприятие, на котором нет хотя бы односегментной сети персональных компьютеров; все больше и больше появляется сетей с сотнями рабочих станций и десятками серверов, некоторые крупные организации обзаводятся частными глобальными сетями, объединяющими их филиалы, удаленные на тысячи километров. В каждом конкретном случае для создания сети были свои основания, но верно и общее утверждение: что-то в этих сетях все-таки есть.

Сети отделов

Сети отделов - это сети, которые используются сравнительно небольшой группой сотрудников, работающих в одном отделе предприятия. Эти сотрудники решают некоторые общие задачи, например ведут бухгалтерский учет или занимаются маркетингом. Считается, что отдел может насчитывать до 100-150 сотрудников.

Главной целью сети отдела является разделение локальных ресурсов, таких как приложения, данные, лазерные принтеры и модемы. Обычно сети отделов имеют один или два файловых сервера, не более тридцати пользователей (рис. 10.3) и не разделяются на подсети. В этих сетях локализуется большая часть трафика предприятия. Сети отделов обычно создаются на основе какой-либо одной сетевой технологии - Ethernet, Token Ring. В такой сети чаще всего используется один или, максимум, два типа операционных систем.

Задачи управления сетью на уровне отдела относительно просты: добавление новых пользователей, устранение простых отказов, установка новых узлов и установка новых версий программного обеспечения. Такой сетью может управлять сотрудник, посвящающий выполнению обязанностей администратора только часть своего времени. Чаще всего администратор сети отдела не имеет специальной подготовки, но является тем человеком в

отделе, который лучше всех разбирается в компьютерах, и само собой получается так, что он и занимается администрированием сети.



Рис. 10.3. Пример сети масштаба отдела

Существует и другой тип сетей, близкий к сетям отделов, - сети рабочих групп. К таким сетям относят совсем небольшие сети, включающие до 10-20 компьютеров. Характеристики сетей рабочих групп практически не отличаются от описанных выше характеристик сетей отделов. Такие свойства, как простота сети и однородность, здесь проявляются в наибольшей степени, в то время как сети отделов могут приближаться в некоторых случаях к следующему по масштабу типу сетей - *сетям кампусов*.

Сети кампусов

Сети кампусов получили свое название от английского слова campus - студенческий городок. Именно на территории университетских городков часто возникала необходимость в объединении нескольких мелких сетей в одну большую. Сейчас это название не связывают со студенческими городками, а используют для обозначения сетей любых предприятий и организаций.

Сети кампусов (рис. 10.4) объединяют множество сетей различных отделов одного предприятия в пределах отдельного здания или одной территории, покрывающей площадь в несколько квадратных километров. При этом глобальные соединения в сетях кампусов не используются. Службы такой сети включают взаимодействие между сетями отделов, доступ к общим базам данных предприятия, доступ к общим факс-серверам, высокоскоростным модемам и высокоскоростным принтерам. В результате сотрудники каждого

отдела предприятия получают доступ к некоторым файлам и ресурсам сетей других отделов. Сети кампусов обеспечивают доступ к корпоративным базам данных независимо от того, на каких типах компьютеров они располагаются.

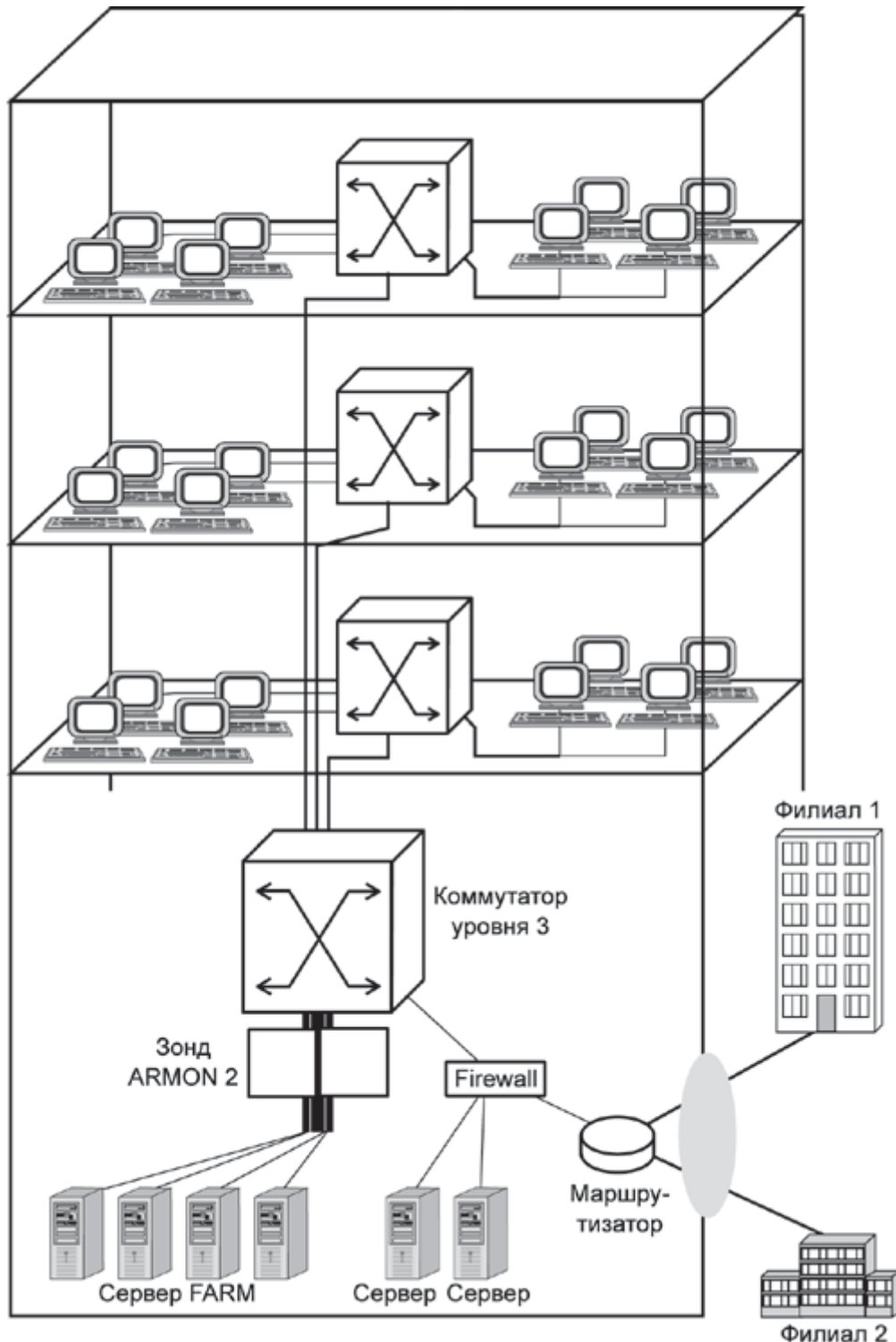


Рис. 10.4. Пример сети кампуса

Именно на уровне сети кампуса возникают проблемы интеграции неоднородного аппаратного и программного обеспечения. Типы

компьютеров, сетевых операционных систем, сетевого аппаратного обеспечения в каждом отделе могут отличаться. Отсюда вытекают сложности управления сетями кампусов. Администраторы должны быть в этом случае более квалифицированными, а средства оперативного управления сетью - более эффективными.

Сети масштаба предприятия

Корпоративные сети называют также сетями масштаба предприятия, что соответствует дословному переводу термина "*enterprise-wide networks*", используемого в англоязычной литературе для обозначения этого типа сетей. Сети масштаба предприятия (*корпоративные сети*) объединяют большое количество компьютеров на всех территориях отдельного предприятия. Они могут быть сложно связаны и способны покрывать город, регион или даже континент. Число пользователей и компьютеров может измеряться тысячами, а число серверов - сотнями, расстояния между сетями отдельных территорий бывают такими, что приходится использовать *глобальные связи* (рис. 10.5). Для соединения удаленных локальных сетей и отдельных компьютеров в *корпоративной сети* применяются разнообразные телекоммуникационные средства, в том числе телефонные каналы, радиоканалы, спутниковая связь. *Корпоративную сеть* можно представить в виде "островков локальных сетей", плавающих в телекоммуникационной среде.

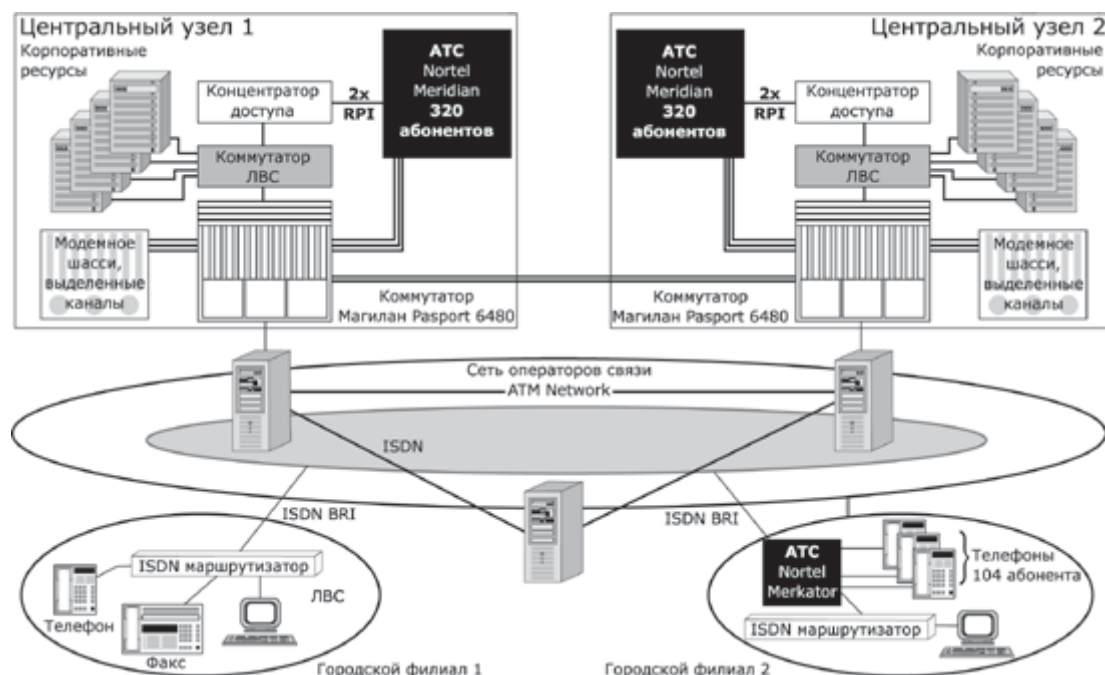


Рис. 10.5. Пример корпоративной сети

Непременным атрибутом такой сложной и крупномасштабной сети является высокая степень неоднородности (гетерогенности) - нельзя удовлетворить потребности тысяч пользователей с помощью однотипных программных и аппаратных средств. В *корпоративной сети* обязательно будут использоваться различные типы компьютеров - от мэйнфреймов до персоналок, несколько типов операционных систем и множество различных приложений. Неоднородные части *корпоративной сети* должны работать как единое целое, предоставляя пользователям по возможности удобный и простой доступ ко всем необходимым ресурсам.

Сети предприятий (*корпоративные сети*) объединяют большое количество компьютеров на всех территориях отдельного предприятия. Для *корпоративной сети* характерны:

- *масштабность - тысячи пользовательских компьютеров, сотни серверов, огромные объемы хранимых и передаваемых по линиям связи данных, множество разнообразных приложений;*
- *высокая степень гетерогенности - различные типы компьютеров, коммуникационного оборудования, операционных систем и приложений;*
- *использование глобальных связей - сети филиалов соединяются с помощью телекоммуникационных средств, в том числе телефонных каналов, радиоканалов, спутниковой связи.*

Появление *корпоративных сетей* - это хорошая иллюстрация известного постулата о переходе количества в качество. При объединении отдельных сетей крупного предприятия, имеющего филиалы в разных городах и даже странах, в единую сеть многие количественные характеристики объединенной сети переходят некоторый критический порог, за которым начинается новое качество. В этих условиях существующие методы и подходы к решению традиционных задач сетей меньших масштабов для *корпоративных сетей* оказались непригодными. На первый план вышли такие задачи и проблемы, которые в сетях рабочих групп, отделов и даже кампусов либо имели второстепенное значение, либо вообще не проявлялись. Примером может служить простейшая (для небольших сетей) задача - ведение учетных данных о пользователях сети.

Наиболее простой способ ее решения - поместить учетные данные каждого пользователя в локальную базу учетных данных каждого компьютера, к ресурсам которого пользователь должен иметь доступ. При попытке доступа эти данные извлекаются из локальной учетной базы, и на их основе предоставляется или не предоставляется доступ. В небольшой сети,

состоящей из 5-10 компьютеров и примерно такого же количества пользователей, такой способ работает очень хорошо. Но если в сети насчитывается несколько тысяч пользователей, каждому из которых нужен доступ к нескольким десяткам серверов, то, очевидно, это решение становится крайне неэффективным. Администратор должен повторить несколько десятков раз (по числу серверов) операцию занесения учетных данных каждого пользователя. Сам пользователь также вынужден повторять процедуру логического входа каждый раз, когда ему нужен доступ к ресурсам нового сервера. Хорошее решение этой проблемы для крупной сети - использовать централизованную справочную службу, в базе данных которой хранятся учетные записи всех пользователей сети. Администратор один раз выполняет операцию занесения данных пользователя в эту базу, а пользователь один раз выполняет процедуру логического входа, причем не в отдельный сервер, а в сеть целиком.

При переходе от более простого типа сетей к более сложному - от сетей отдела к *корпоративной сети* - территория охвата увеличивается, поддерживать связи компьютеров становится все сложнее. По мере увеличения масштабов сети повышаются требования к ее надежности, производительности и функциональным возможностям. По сети циркулирует все возрастающее количество данных, и необходимо обеспечивать их безопасность и защищенность наряду с доступностью. Все это приводит к тому, что *корпоративные сети* строятся на основе наиболее мощного и разнообразного оборудования и программного обеспечения.

Контрольные тесты к теме

“ Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей ”

1. Каким образом альтернативный оператор может обеспечить массовым клиентам доступ к ресурсам своей сети?

- проложив собственные абонентские окончания до помещений клиентов (А).
- построив свою собственную магистраль (В).
- взяв абонентские окончания в аренду у традиционного оператора связи (С).
- заключив договор с традиционным оператором связи о маршрутизации трафика клиентов в свою сеть (D).

2. **Что такое сеть доступа?**
3. **Что такое магистраль?**
4. **Что такое информационные центры?**
5. **Что такое сети операторов связи?**
6. **Что такое корпоративные сети?**
7. **Что такое провайдеры услуг?**
8. **Что дает предприятию использование сетей?**
9. **Услуги.**
10. **Сетевая инфраструктура.**
11. **Каким образом альтернативный оператор может обеспечить массовым клиентам доступ к ресурсам своей сети?**
 - проложив собственные абонентские окончания до помещений клиентов (А).
 - построив свою собственную магистраль (В).
 - взяв абонентские окончания в аренду у традиционного оператора связи (С).
 - заключив договор с традиционным оператором связи о маршрутизации трафика клиентов в свою сеть (D).

Лекция 10 (часть1)

Требования к компьютерным сетям.

Обсуждаются важнейшие показатели работы сети: производительность, надежность и безопасность, расширяемость и масштабируемость, прозрачность, поддержка разных видов трафика, характеристики качества обслуживания, управляемость и совместимость.

Соответствие стандартам — это только одно из многих требований, предъявляемых к современным сетям. В этой лекции мы остановимся на некоторых других, не менее важных.

Самое общее пожелание, которое можно высказать в отношении работы сети — это выполнение сетью того набора услуг, для оказания которых она предназначена: например, предоставление доступа к файловым архивам или страницам публичных Web-сайтов Internet, обмен электронной почтой в пределах предприятия или в глобальных масштабах, интерактивный обмен голосовыми сообщениями IP-телефонии и т.п.

Все остальные требования — *производительность*, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, *расширяемость* и *масштабируемость* — связаны с качеством выполнения этой основной задачи. И хотя все перечисленные выше требования весьма важны, часто понятие "*качество обслуживания*" (*Quality of Service, QoS*) компьютерной сети трактуется более узко: в него включаются только две самые важные характеристики сети — *производительность* и *надежность*.

Производительность

Потенциально высокая *производительность* — это одно из основных преимуществ распределенных систем, к которым относятся компьютерные сети. Это свойство обеспечивается принципиальной, но, к сожалению, не всегда практически реализуемой возможностью распределения работ между несколькими компьютерами сети.

Основные характеристики *производительности* сети:

- *время реакции;*
- *скорость передачи трафика;*
- *пропускная способность;*
- *задержка передачи и вариация задержки передачи.*

Время реакции сети является интегральной характеристикой *производительности* сети с точки зрения пользователя. Именно эту характеристику имеет в виду пользователь, когда говорит: "Сегодня сеть работает медленно".

В общем случае *время реакции* определяется как интервал между возникновением запроса пользователя к какой-либо сетевой службе и получением ответа на него.

Очевидно, что значение этого показателя зависит от типа службы, к которой обращается пользователь, от того, какой пользователь и к какому серверу обращается, а также от текущего состояния элементов сети — загруженности сегментов, коммутаторов и маршрутизаторов, через которые проходит запрос, загруженности сервера и т.п.

Поэтому имеет смысл использовать также и средневзвешенную оценку *времени реакции* сети, усредняя этот показатель по пользователям, серверам и времени дня (от которого в значительной степени зависит загрузка сети).

Время реакции сети обычно складывается из нескольких составляющих. В общем случае в него входит:

- *время подготовки запросов на клиентском компьютере;*
- *время передачи запросов между клиентом и сервером через сегменты сети и промежуточное коммуникационное оборудование;*
- *время обработки запросов на сервере;*
- *время передачи ответов от сервера клиенту и время обработки получаемых от сервера ответов на клиентском компьютере.*

Очевидно, что разложение времени реакции на составляющие пользователя не интересует — ему важен конечный результат. Однако для сетевого специалиста очень важно выделить из общего времени реакции составляющие, соответствующие этапам собственно сетевой обработки данных, — передачу данных от клиента к серверу через сегменты сети и коммуникационное оборудование.

Знание сетевых составляющих времени реакции позволяет оценить производительность отдельных элементов сети, выявить узкие места и при необходимости выполнить модернизацию сети для повышения ее общей производительности.

Производительность сети может характеризоваться также скоростью передачи трафика.

Скорость передачи трафика может быть мгновенной, максимальной и средней.

- **средняя скорость** вычисляется путем деления общего объема переданных данных на время их передачи, причем выбирается достаточно длительный промежуток времени — час, день или неделя;
- **мгновенная скорость** отличается от средней тем, что для усреднения выбирается очень маленький промежуток времени — например, 10 мс или 1 с;
- **максимальная скорость** — это наибольшая скорость, зафиксированная в течение периода наблюдения.

Чаще всего при проектировании, настройке и оптимизации сети используются такие показатели, как средняя и максимальная скорость. Средняя скорость, с которой обрабатывает трафик, отдельный элемент или сеть в целом, позволяет оценить работу сети на протяжении длительного времени, в течение которого в силу закона больших чисел пики и спады интенсивности трафика компенсируют друг друга. Максимальная скорость позволяет оценить, как сеть будет справляться с пиковыми нагрузками, характерными для особых периодов работы, например в утренние часы, когда сотрудники предприятия почти одновременно регистрируются в сети и обращаются к разделяемым файлам и базам данных. Обычно при определении скоростных характеристик некоторого сегмента или устройства в передаваемых данных не выделяется трафик какого-то определенного пользователя, приложения или компьютера — подсчитывается общий объем передаваемой информации. Тем не менее, для более точной оценки качества обслуживания такая детализация желательна, и в последнее время системы управления сетями все чаще позволяют ее выполнять.

Пропускная способность — максимально возможная скорость обработки трафика, определенная стандартом технологии, на которой построена сеть. Пропускная способность отражает максимально возможный объем данных, передаваемый сетью или ее частью в единицу времени.

Пропускная способность уже не является, подобно времени реакции или скорости прохождения данных по сети, пользовательской характеристикой, так как она говорит о скорости выполнения внутренних операций сети — передачи пакетов данных между узлами сети через различные

коммуникационные устройства. Зато она непосредственно характеризует качество выполнения основной функции сети — транспортировки сообщений — и поэтому чаще используется при анализе производительности сети, чем время реакции или скорость.

Пропускная способность измеряется либо в битах в секунду, либо в пакетах в секунду.

Пропускная способность сети зависит как от характеристик физической среды передачи (медный кабель, оптическое волокно, витая пара) так и от принятого способа передачи данных (технология Ethernet, FastEthernet, ATM). Пропускная способность часто используется в качестве характеристики не столько сети, сколько собственно технологии, на которой построена сеть. Важность этой характеристики для сетевой технологии показывает, в частности, и то, что ее значение иногда становится частью названия, например, 10 Мбит/с Ethernet, 100 Мбит/с Ethernet.

В отличие от времени реакции или скорости передачи трафика пропускная способность не зависит от загруженности сети и имеет постоянное значение, определяемое используемыми в сети технологиями.

На разных участках гетерогенной сети, где используется несколько разных технологий, пропускная способность может быть различной. Для анализа и настройки сети очень полезно знать данные о пропускной способности отдельных ее элементов. Важно отметить, что из-за последовательного характера передачи данных различными элементами сети общая пропускная способность любого составного пути в сети будет равна минимальной из пропускных способностей составляющих элементов маршрута. Для повышения пропускной способности составного пути необходимо в первую очередь обратить внимание на самые медленные элементы. Иногда полезно оперировать **общей пропускной способностью** сети, которая определяется как среднее количество информации, переданной между всеми узлами сети за единицу времени. Этот показатель характеризует качество сети в целом, не дифференцируя его по отдельным сегментам или устройствам.

Задержка передачи определяется как задержка между моментом поступления данных на вход какого-либо сетевого устройства или части сети и моментом появления их на выходе этого устройства.

Этот параметр производительности по смыслу близок ко времени реакции сети, но отличается тем, что всегда характеризует только сетевые этапы обработки данных, без задержек обработки конечными узлами сети.

Обычно качество сети характеризуют величинами максимальной задержки передачи и вариацией задержки. Не все типы трафика чувствительны к задержкам передачи, во всяком случае, к тем величинам задержек, которые характерны для компьютерных сетей, — обычно задержки не превышают сотен миллисекунд, реже — нескольких секунд. Такого порядка задержки пакетов, порождаемых файловой службой, службой электронной почты или службой печати, мало влияют на качество этих служб с точки зрения пользователя сети. С другой стороны, такие же задержки пакетов, переносящих голосовые или видеоданные, могут приводить к значительному снижению качества предоставляемой пользователю информации — возникновению эффекта "эха", невозможности разобрать некоторые слова, вибрации изображения и т. п.

Все указанные характеристики производительности сети достаточно независимы. В то время как пропускная способность сети является постоянной величиной, скорость передачи трафика может варьироваться в зависимости от загрузки сети, не превышая, конечно, предела, устанавливаемого пропускной способностью. Так в односегментной сети 10 Мбит/с Ethernet компьютеры могут обмениваться данными со скоростями 2 Мбит/с и 4 Мбит/с, но никогда — 12 Мбит/с.

Пропускная способность и задержки передачи также являются независимыми параметрами, так что сеть может обладать, например, высокой пропускной способностью, но вносить значительные задержки при передаче каждого пакета. Пример такой ситуации дает канал связи, образованный геостационарным спутником. Пропускная способность этого канала может быть весьма высокой, например 2 Мбит/с, в то время как задержка передачи всегда составляет не менее 0,24 с, что определяется скоростью распространения электрического сигнала (около 300000 км/с) и длиной канала (72000 км).

Надежность и безопасность

Одна из первоначальных целей создания распределенных систем, к которым относятся и вычислительные сети, состояла в достижении большей надежности по сравнению с отдельными вычислительными машинами.

Важно различать несколько аспектов надежности.

Для сравнительно простых технических устройств используются такие *показатели надежности*, как:

- *среднее время наработки на отказ*;
- *вероятность отказа*;
- *интенсивность отказов*.

Однако эти *показатели* пригодны для оценки надежности простых элементов и устройств, которые могут находиться только в двух состояниях — работоспособном или неработоспособном. Сложные системы, состоящие из многих элементов, кроме состояний работоспособности и неработоспособности, могут иметь и другие промежуточные состояния, которые эти характеристики не учитывают.

Для оценки надежности сложных систем применяется другой набор характеристик:

- *готовность* или *коэффициент готовности*;
- *сохранность данных*;
- *согласованность (непротиворечивость) данных*;
- *вероятность доставки данных*;
- *безопасность*;
- *отказоустойчивость*.

Готовность или **коэффициент готовности** (availability) означает период времени, в течение которого система может использоваться. *Готовность* может быть повышена путем введения избыточности в структуру системы: ключевые элементы системы должны существовать в нескольких экземплярах, чтобы при отказе одного из них функционирование системы обеспечивали другие.

Чтобы компьютерную систему можно было считать высоконадежной, она должна как минимум обладать высокой *готовностью*, но этого недостаточно. Необходимо обеспечить *сохранность данных* и защиту их от искажений. Кроме того, должна поддерживаться *согласованность (непротиворечивость) данных*, например если для повышения надежности на нескольких файловых серверах хранятся несколько копий данных, то нужно постоянно обеспечивать их идентичность.

Так как сеть работает на основе механизма передачи пакетов между конечными узлами, одной из характеристик надежности является

вероятность доставки пакета узлу назначения без искажений. Наряду с этой характеристикой могут использоваться и другие показатели: вероятность потери пакета (по любой из причин — из-за переполнения буфера маршрутизатора, несовпадения контрольной суммы, отсутствия работоспособного пути к узлу назначения и т. д.), вероятность искажения отдельного бита передаваемых данных, соотношение количества потерянных и доставленных пакетов.

Другим аспектом общей надежности является **безопасность** (security), то есть способность системы защитить данные от несанкционированного доступа. В распределенной системе это сделать гораздо сложнее, чем в централизованной. В сетях сообщения передаются по линиям связи, часто проходящим через общедоступные помещения, в которых могут быть установлены средства прослушивания линий. Другим уязвимым местом могут стать оставленные без присмотра персональные компьютеры. Кроме того, всегда имеется потенциальная угроза взлома защиты сети от неавторизованных пользователей, если сеть имеет выходы в глобальные общедоступные сети.

Еще одной характеристикой надежности является **отказоустойчивость** (fault tolerance). В сетях под **отказоустойчивостью** понимается способность системы скрыть от пользователя отказ отдельных ее элементов. Например, если копии таблицы базы данных хранятся одновременно на нескольких файловых серверах, пользователи могут просто не заметить отказа одного из них. В **отказоустойчивой** системе выход из строя одного из ее элементов приводит к некоторому снижению качества ее работы (деградации), а не к полному останову. Так, при отказе одного из файловых серверов в предыдущем примере увеличивается только время доступа к базе данных из-за уменьшения степени распараллеливания запросов, но в целом система будет продолжать выполнять свои функции.

Расширяемость и масштабируемость

Расширяемость (<i>extensibility</i>)	Масштабируемость (<i>scalability</i>)
Возможность сравнительно легкого добавления отдельных элементов сети	Легкость расширения системы может обеспечиваться в некоторых весьма ограниченных пределах
Возможность добавления (необязательно легкого) элементов сети	<i>Масштабируемость</i> означает, что наращивать сеть можно в очень широких пределах, при сохранении потребительских свойств сети

Расширяемость (*extensibility*) означает возможность сравнительно легкого добавления отдельных элементов сети (пользователей, компьютеров, приложений, служб), наращивания длины сегментов сети и замены существующей аппаратуры более мощной. При этом принципиально важно, что легкость расширения системы иногда может обеспечиваться в весьма ограниченных пределах. Например, локальная сеть Ethernet, построенная на основе одного сегмента толстого коаксиального кабеля, обладает хорошей расширяемостью, в том смысле, что позволяет без труда подключать новые станции. Однако такая сеть имеет ограничение на число станций — оно не должно превышать 30–40. Хотя сеть допускает физическое подключение к сегменту и большего числа станций (до 100), но при этом чаще всего резко снижается производительность сети. Наличие такого ограничения и является признаком плохой масштабируемости системы при хорошей расширяемости.

Масштабируемость (*scalability*) означает, что сеть позволяет наращивать количество узлов и протяженность связей в очень широких пределах, при этом производительность сети не ухудшается. Для обеспечения масштабируемости сети приходится применять дополнительное коммуникационное оборудование и специальным образом структурировать сеть. Например, хорошей масштабируемостью обладает многосегментная сеть, построенная с использованием коммутаторов и маршрутизаторов и имеющая иерархическую структуру связей. Такая сеть может включать несколько тысяч компьютеров и при этом обеспечивать каждому пользователю сети нужное качество обслуживания.

Прозрачность

Прозрачность (*transparency*) сети достигается в том случае, когда сеть представляется пользователям не как множество отдельных компьютеров, связанных между собой сложной системой кабелей, а как единая традиционная вычислительная машина с системой разделения времени. Известный лозунг компании Sun Microsystems "Сеть — это компьютер" — говорит именно о такой прозрачной сети.

Прозрачность может быть достигнута на двух различных уровнях — на уровне пользователя и на уровне программиста. На уровне пользователя прозрачность означает, что для работы с удаленными ресурсами он использует те же команды и привычные процедуры, что и для работы с локальными ресурсами. На программном уровне прозрачность заключается в том, что приложению для доступа к удаленным ресурсам требуются те же

вызовы, что и для доступа к локальным ресурсам. Прозрачности на уровне пользователя достичь проще, так как все особенности процедур, связанные с распределенным характером системы, скрываются от пользователя программистом, который создает приложение. Прозрачность на уровне приложения требует сокрытия всех деталей распределенности средствами сетевой операционной системы.

Прозрачность — свойство сети скрывать от пользователя детали своего внутреннего устройства, что упрощает работу в сети.

Сеть должна скрывать все особенности операционных систем и различия в типах компьютеров. Пользователь компьютера Macintosh должен иметь возможность обращаться к ресурсам, поддерживаемым UNIX-системой, а пользователь UNIX — разделять информацию с пользователями Windows 95. Подавляющее большинство пользователей ничего не хочет знать о внутренних форматах файлов или о синтаксисе команд UNIX. Пользователь терминала IBM 3270 должен иметь возможность обмениваться сообщениями с пользователями сети персональных компьютеров без необходимости вникать в секреты трудно запоминаемых адресов.

Концепция прозрачности применима к различным аспектам сети. Например, прозрачность расположения означает, что от пользователя не требуется знать местонахождение программных и аппаратных ресурсов, таких как процессоры, принтеры, файлы и базы данных. Имя ресурса не должно включать информацию о месте его расположения, поэтому имена типа `machine1:prog.c` или `\\ftp_serv\pub` прозрачными не являются. Аналогично, прозрачность перемещения означает, что ресурсы могут свободно перемещаться из одного компьютера в другой без изменения имен. Еще одним из возможных аспектов прозрачности является прозрачность параллелизма, которая заключается в том, что процесс распараллеливания вычислений происходит автоматически, без участия программиста, при этом система сама распределяет параллельные ветви приложения по процессорам и компьютерам сети. В настоящее время нельзя сказать, что свойство прозрачности в полной мере присуще многим вычислительным сетям, это скорее цель, к которой стремятся разработчики современных сетей.

Литература

1. **В.Г.Олифер, Н.А.Олифер** Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание, дополненное и исправленное. Учебник для ВУЗов. – СПб: Питер, 2025
2. **В.Л. Бройдо** Вычислительные сети, сети и телекоммуникации. Учебник для ВУЗов. . – СПб: Питер, 2002
3. **Д.Л. Шиндер.** Основы компьютерных сетей.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.
4. **В.В. Самойленко** Локальные сети. Полное руководство. . – СПб: Корона принт, 2002