

# Требования, предъявляемые к современным вычислительным сетям

- Главным требованием, предъявляемым к сетям, является выполнение сетью её основной функции — обеспечение пользователям потенциальной возможности доступа к разделяемым ресурсам всех компьютеров, объединённых в сеть. Все остальные требования — производительность, надёжность, совместимость, управляемость, защищённость, расширяемость и масштабируемость — связаны с качеством выполнения этой основной задачи.



## Требования к сетям

- Хотя все эти 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.**

# Требования к сетям

- Независимо от выбранного показателя качества обслуживания сети существуют два подхода к его обеспечению. Первый подход, очевидно, покажется наиболее естественным с точки зрения пользователя сети. Он состоит в том, что сеть (точнее, обслуживающий ее персонал) гарантирует пользователю соблюдение некоторой числовой величины показателя качества обслуживания.

# Требования к сетям

- Например, сеть может гарантировать пользователю А, что любой из его пакетов, посланных пользователю В, будет задержан сетью не более, чем на 150 мс. Или, что средняя пропускная способность канала между пользователями А и В не будет ниже 5 Мбит/с, при этом канал будет разрешать пульсации трафика в 10 Мбит на интервалах времени не более 2 секунд. Технологии **Frame relay** и **АТМ** позволяют строить сети, гарантирующие качество обслуживания по производительности

# Требования к сетям

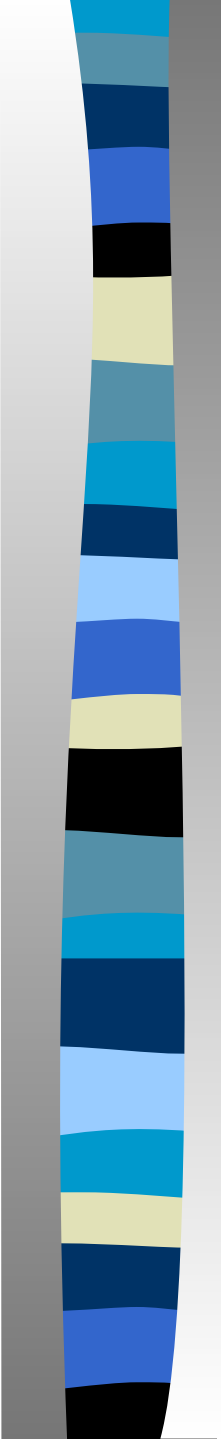
- Второй подход состоит в том, что сеть обслуживает пользователей в соответствии с их приоритетами. То есть качество обслуживания зависит от степени привилегированности пользователя или группы пользователей, к которой он принадлежит. Качество обслуживания в этом случае не гарантируется, а гарантируется только уровень привилегий пользователя.

# Требования к сетям

- Такое обслуживание называется обслуживанием *best effort* — с наибольшим старанием. Сеть старается по возможности более качественно обслужить пользователя, но ничего при этом не гарантирует. По такому принципу работают, например, локальные сети, построенные на коммутаторах с приоритезацией кадров.

# Производительность

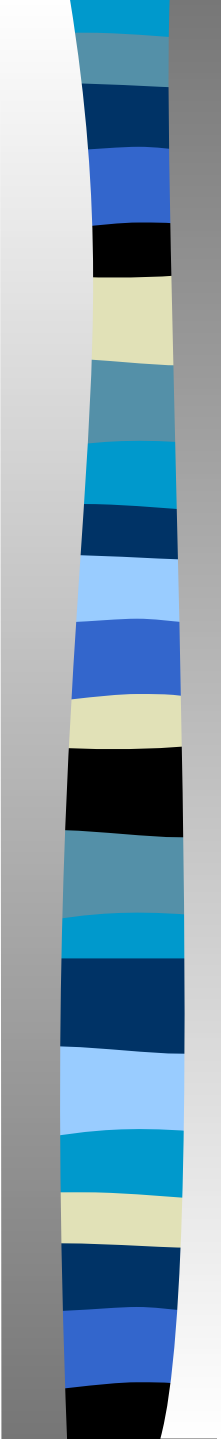
- Потенциально высокая производительность — это одно из основных свойств распределенных систем, к которым относятся компьютерные сети. Это свойство обеспечивается возможностью распараллеливания работ между несколькими компьютерами сети. К сожалению, эту возможность не всегда удается реализовать. Существует несколько основных характеристик производительности сети:



# Характеристики производительности

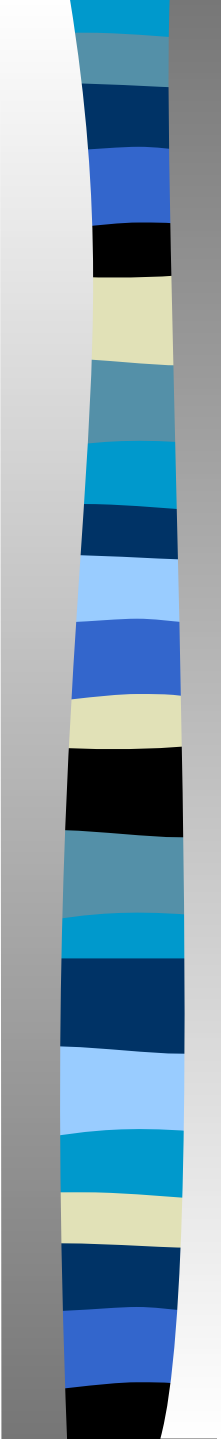
- *время реакции;*
- *пропускная способность;*
- *задержка передачи и вариация задержки передачи.*





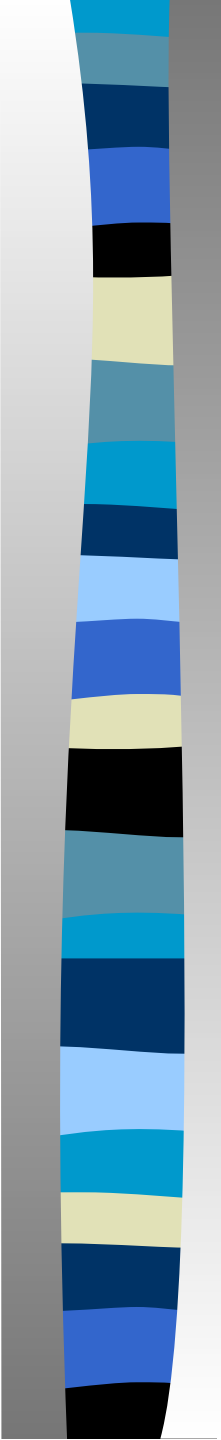
# Характеристики производительности

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



# Характеристики производительности

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



# Характеристики производительности

- 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).



# Характеристики производительности

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.



## Характеристики производительности

Ясно, что пользователя разложение времени реакции на составляющие 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.



# Характеристики производительности

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



# *Пропускная способность*

• *Пропускная способность S* отражает объем данных, переданных сетью или ее частью в единицу времени. Пропускная способность уже не является пользовательской характеристикой, так как она говорит о скорости выполнения внутренних операций сети — передачи пакетов данных между узлами сети через различные коммуникационные устройства.



# *Пропускная способность*

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





# *Пропускная способность*

- Пропускная способность измеряется либо в битах в секунду, либо в пакетах в секунду. Пропускная способность может быть мгновенной, максимальной и средней.



# *Пропускная способность*

- *Средняя пропускная способность  $S_c$  вычисляется путем деления общего объема переданных данных на время их передачи, причем выбирается достаточно длительный промежуток времени — час, день или неделя.*



# *Пропускная способность*

- *Мгновенная пропускная способность  $S_{cm}$  отличается от средней тем, что для усреднения выбирается очень маленький промежуток времени — например, 10 мс или 1 с.*



# *Пропускная способность*

- *Максимальная пропускная способность  $S_{\text{смх}}$  — это наибольшая мгновенная пропускная способность, зафиксированная в течение периода наблюдения.*



# *Пропускная способность*

Чаще всего при проектировании, настройке и оптимизации сети используются такие показатели, как средняя и максимальная пропускные способности. Средняя пропускная способность отдельного элемента или всей сети позволяет оценить работу сети на большом промежутке времени, в течение которого в силу закона больших чисел пики и спады интенсивности графика компенсируют друг друга.

# *Пропускная способность*

- Максимальная пропускная способность позволяет оценить возможности сети справляться с пиковыми нагрузками, характерными для особых периодов работы сети, например утренних часов, когда сотрудники предприятия почти одновременно регистрируются в сети и обращаются к разделяемым файлам и базам данных.



# *Пропускная способность*

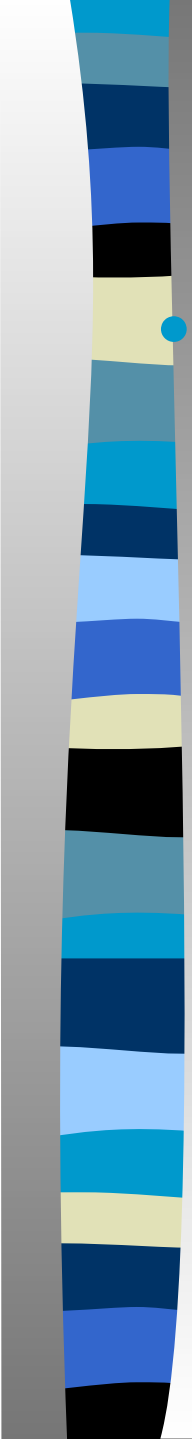
- Пропускную способность можно измерять между любыми двумя узлами или точками сети, например между клиентским компьютером и сервером, между входным и выходным портами маршрутизатора. Для анализа и настройки сети очень полезно знать данные о пропускной способности отдельных элементов сети.

# Пропускная способность

- Важно отметить, что из-за последовательного характера передачи пакетов различными элементами сети общая пропускная способность сети 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 — в данном случае таким элементом, скорее всего, будет маршрутизатор.

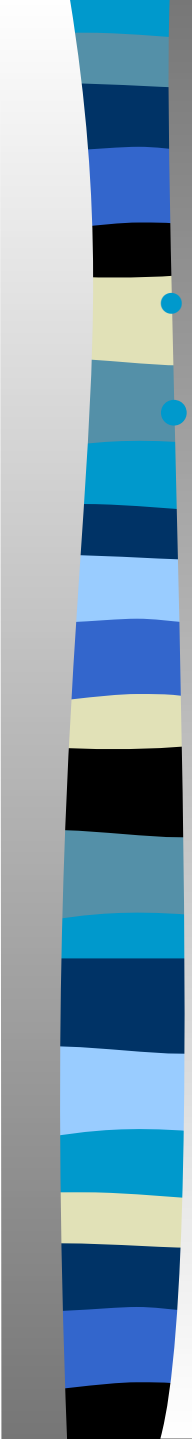


# *Пропускная способность*



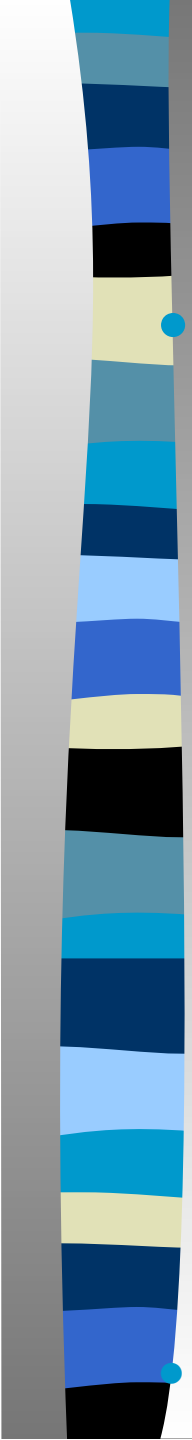
- Следует подчеркнуть, что если передаваемый по составному пути трафик будет иметь среднюю интенсивность, превосходящую среднюю пропускную способность самого медленного элемента пути, то очередь пакетов к этому элементу будет расти теоретически до бесконечности, а практически — до тех пор, пока не заполнится его буферная память, а затем пакеты просто начнут отбрасываться и теряться.

# *Пропускная способность*



Иногда полезно оперировать с *общей пропускной способностью сети*, которая определяется как среднее количество информации, переданной между всеми узлами сети в единицу времени. Этот показатель характеризует качество сети в целом, не дифференцируя его по отдельным сегментам или устройствам.

# *Пропускная способность*

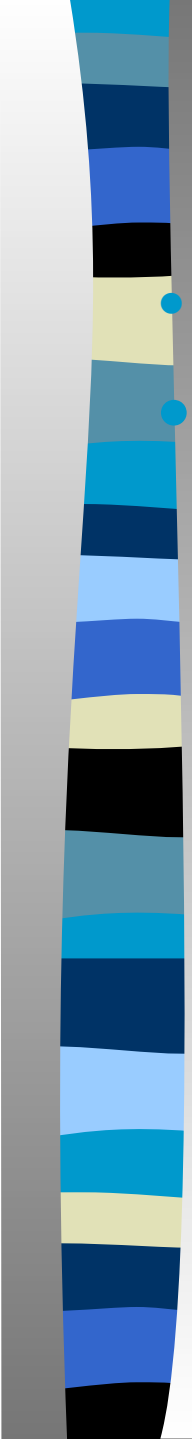


Обычно при определении пропускной способности сегмента или устройства в передаваемых данных не выделяются пакеты какого-то определенного пользователя, приложения или компьютера — подсчитывается общий объем передаваемой информации. Тем не менее для более точной оценки качества обслуживания такая детализация желательна, и в последнее время системы управления сетями все чаще позволяют ее выполнять.

# *Пропускная способность*

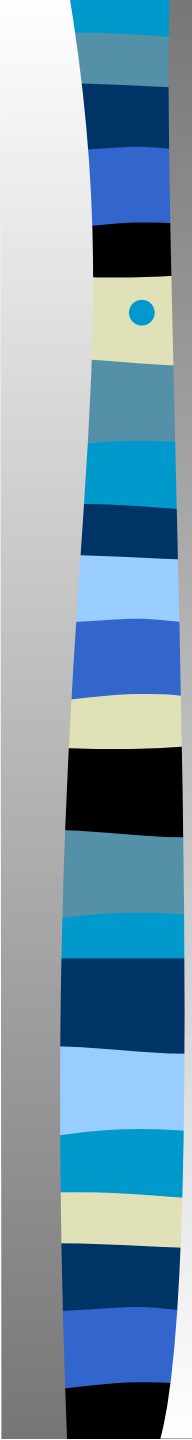
- *Задержка передачи  $t_p$*  определяется как задержка между моментом поступления пакета на вход какого-либо сетевого устройства или части сети и моментом появления его на выходе этого устройства. Этот параметр производительности по смыслу близок ко времени реакции сети, но отличается тем, что всегда характеризует только сетевые этапы обработки данных, без задержек обработки компьютерами сети.

# Пропускная способность



Обычно качество сети характеризуют величинами *максимальной задержки передачи* и *вариацией задержки*. Не все типы графика 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.

# *Пропускная способность*



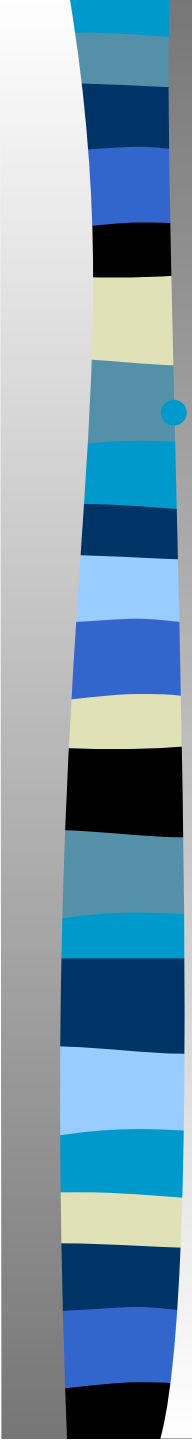
- Такого порядка задержки пакетов, порождаемых файловой службой, службой электронной почты или службой печати, мало влияют на качество этих служб с точки зрения пользователя сети. С другой стороны, такие же задержки пакетов, переносящих голосовые данные или видеоизображение, могут приводить к значительному снижению качества предоставляемой пользователю информации — возникновению эффекта «ЭХО», невозможности разобрать некоторые слова, дрожание изображения и т. п.



# *Пропускная способность*

- . Пропускная способность и задержки передачи являются независимыми параметрами, так что сеть может обладать, например, высокой пропускной способностью, **НО** вносить значительные задержки при передаче каждого пакета.

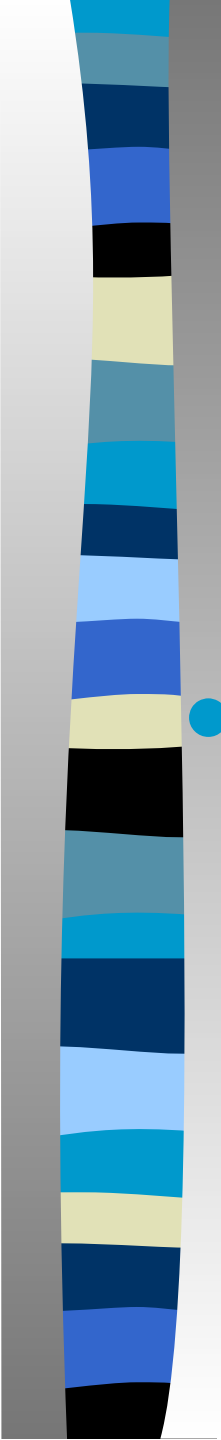
# *Пропускная способность*



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 сигнала (около 300 000 км/с) и длиной канала (72 000 км)



# Надежность и безопасность



- Основные характеристики надёжности и безопасности компьютерных сетей

## *Надёжность и безопасность*

- *Готовность или коэффициент готовности  $K_p$*  означает долю времени, в течение которого система может быть использована. Готовность может быть улучшена путем введения избыточности в структуру системы: ключевые элементы системы должны существовать в нескольких экземплярах, чтобы при отказе одного из них функционирование системы обеспечивали другие.



## *Надёжность и безопасность*

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



## *Надёжность и безопасность*

Так как сеть работает на основе механизма передачи пакетов между конечными узлами, то одной из важных характеристик надёжности является ***вероятность доставки пакета*** узлу назначения без искажений.

## *Надёжность и безопасность*

Наряду с этой характеристикой могут использоваться и другие показатели:

*вероятность потери пакета* (по любой из причин — из-за переполнения буфера маршрутизатора, из-за несовпадения контрольной суммы, из-за отсутствия работоспособного пути к узлу назначения и т. д.);

*вероятность искажения отдельного бита передаваемых данных;*

*отношение потерянных пакетов к доставленным.*

## *Надёжность и безопасность*

Другим аспектом общей надёжности 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

## *Надёжность и безопасность*

- Другим уязвимым местом могут быть оставленные без присмотра персональные компьютеры. Кроме того, всегда имеется потенциальная угроза взлома защиты сети от неавторизованных пользователей, если сеть имеет выходы в глобальные сети общего пользования.



## *Надёжность и безопасность*

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, то пользователи могут просто не заметить отказ одного из них.



## *Надёжность и безопасность*

В отказоустойчивой системе отказ 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

Термины расширяемость и масштабируемость иногда используют как синонимы, но это неверно — каждый из них имеет четко определенное самостоятельное значение.



# Расширяемость и масштабируемость

- *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 некоторых весьма ограниченных пределах.



# Расширяемость и масштабируемость

Например, локальная сеть Ethernet построенная на основе одного сегмента толстого коаксиального кабеля, обладает хорошей расширяемостью, в том смысле, что позволяет легко подключать новые станции. Однако такая сеть имеет ограничение на число станций — их число не должно превышать 30-40.



# Расширяемость и масштабируемость

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.

# Расширяемость и масштабируемость

- *Масштабируемость (scalability)* означает, что сеть позволяет наращивать количество узлов и протяженность связей в очень широких пределах, при этом производительность сети существенно не ухудшается. Для обеспечения масштабируемости сети приходится применять дополнительное коммуникационное оборудование и специальным образом структурировать сеть.

# Расширяемость и масштабируемость

- 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

A decorative vertical bar on the left side of the slide, composed of various colored segments (blue, yellow, black, grey) and a small blue dot near the top.

*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 **Microsystems**: “Сеть — это компьютер” — говорит именно о такой прозрачной сети.





# Прозрачность

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 ему процедуры, что и для работы с локальными ресурсами.



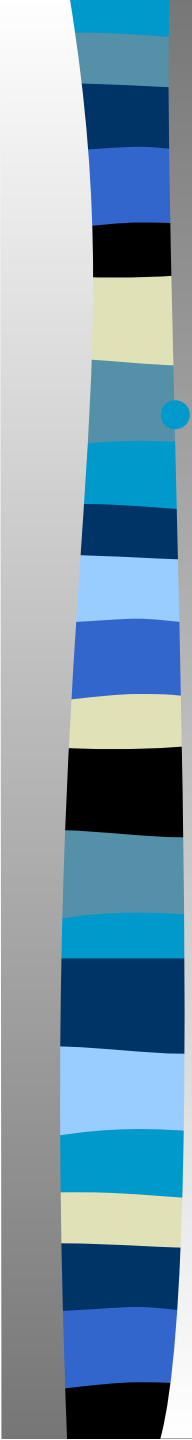
# Прозрачность

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.

# Прозрачность

- Прозрачность на уровне пользователя достигается проще, так как особенности процедур, связанные с распределенным характером системы, маскируются от пользователя программистом, который создает приложение. Прозрачность на уровне приложения требует сокрытия всех деталей распределенности средствами сетевой операционной системы.

# Прозрачность

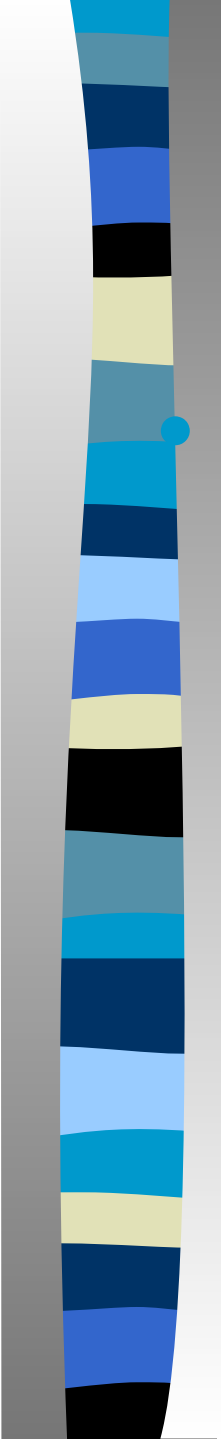


- Сеть должна скрывать все особенности операционных систем и различия в типах компьютеров. Пользователь компьютера Macintosh должен иметь возможность обращаться к ресурсам, поддерживаемым UNIX-системой, а пользователь UNIX должен иметь возможность разделять информацию с пользователями Windows XP.

# Прозрачность

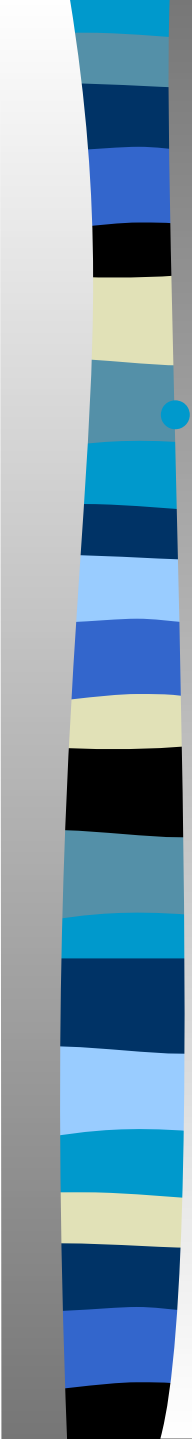
• Подавляющее число пользователей ничего не хочет знать о внутренних форматах файлов или о синтаксисе команд UNIX. Пользователь терминала IBM 3270 должен иметь возможность обмениваться сообщениями с пользователями сети персональных компьютеров без необходимости вникать в секреты трудно запоминаемых адресов.

# Прозрачность



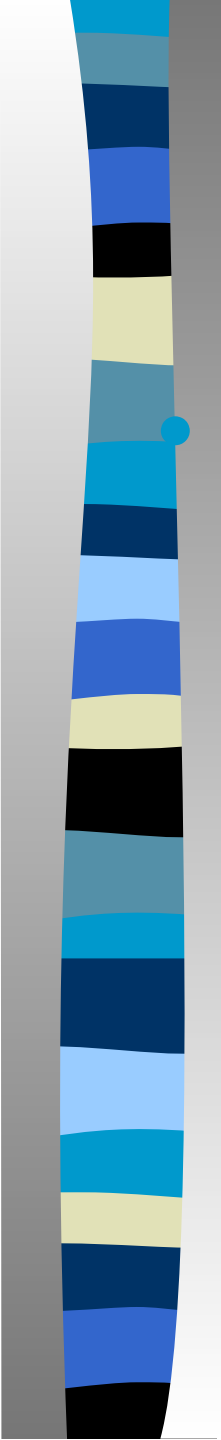
Концепция прозрачности может быть применена к различным аспектам сети. Например, прозрачность расположения означает, что от пользователя не требуется знаний о месте расположения программных и аппаратных ресурсов, таких как диски, принтеры, файлы и базы данных.

# Прозрачность



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 должны свободно перемещаться из одного компьютера в другой без изменения своих имен.

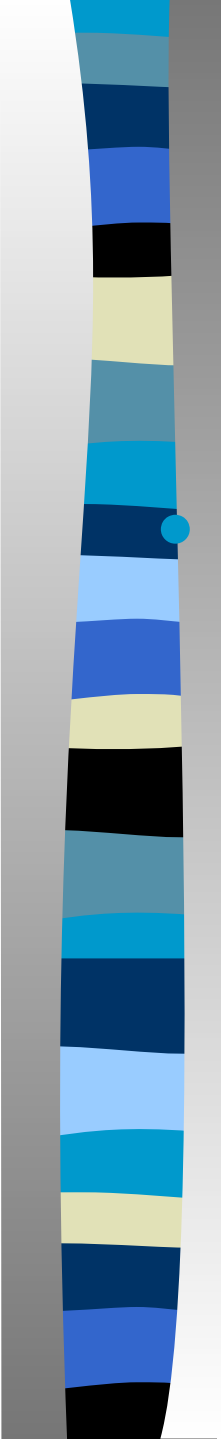
# Прозрачность



Еще одним из возможных аспектов прозрачности является прозрачность параллелизма, заключающаяся в том, что процесс распараллеливания вычислений происходит автоматически, без участия программиста, при этом система сама распределяет параллельные ветви приложения по процессорам и компьютерам сети.

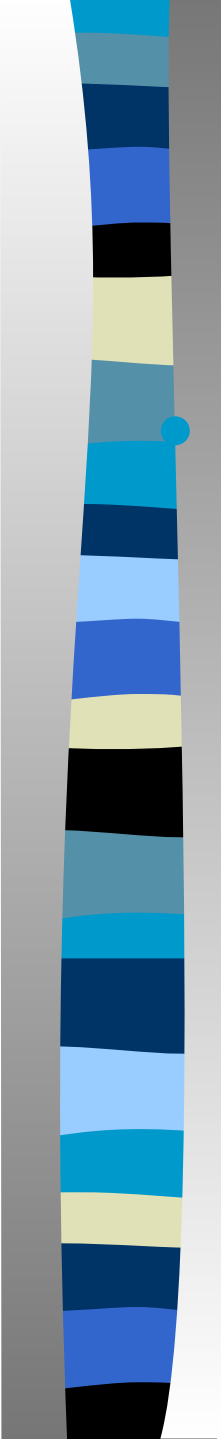


# Прозрачность



В настоящее время нельзя сказать, что свойство прозрачности в полной мере присуще многим вычислительным сетям, это скорее цель, к которой стремятся разработчики современных сетей.

# Прозрачность



Еще одним из возможных аспектов прозрачности является прозрачность параллелизма, заключающаяся в том, что процесс распараллеливания вычислений происходит автоматически, без участия программиста, при этом система сама распределяет параллельные ветви приложения по процессорам и компьютерам сети.

# Поддержка разных видов трафика

- Компьютерные сети изначально предназначены для совместного доступа пользователя к ресурсам компьютеров: файлам, принтерам и т. п. Трафик, создаваемый этими традиционными службами компьютерных сетей, имеет свои особенности и существенно отличается от трафика сообщений в телефонных сетях или, например, в сетях кабельного телевидения. Однако 90-е годы стали годами проникновения в компьютерные сети трафика мультимедийных данных, представляющих в цифровой форме речь и видеоизображение.



# Поддержка разных видов трафика

- Компьютерные сети стали использоваться для организации видеоконференций, обучения и развлечения на основе видеофильмов и т. п. Естественно, что для динамической передачи мультимедийного трафика требуются иные алгоритмы и протоколы и, соответственно, другое оборудование. Хотя доля мультимедийного трафика пока относительно невелика, его проникновение как в глобальные, так и локальные сети идёт весьма быстро, и этот процесс, очевидно, будет продолжаться с возрастающей скоростью.

# Поддержка разных видов трафика

- Главной особенностью трафика, образующегося при динамической передаче голоса или изображения, является наличие жестких требований к синхронности передаваемых сообщений. Для качественного воспроизведения непрерывных процессов, которыми являются звуковые колебания или изменения интенсивности света в видеоизображении, необходимо получение измеренных и закодированных амплитуд сигналов с той же частотой, с которой они были измерены на передающей стороне. При запаздывании сообщений будут наблюдаться искажения.



# Поддержка разных видов трафика

- В то же время трафик компьютерных данных характеризуется крайне неравномерной интенсивностью поступления сообщений в сеть при отсутствии жестких требований к синхронности доставки этих сообщений



# Поддержка разных видов трафика

- Например, доступ пользователя, работающего с текстом на удаленном диске, порождает случайный поток сообщений между удаленным и локальным компьютерами, зависящий от действий пользователя по редактированию текста, причем задержки при доставке в определенных (и достаточно широких с компьютерной точки зрения) пределах мало влияют на качество обслуживания пользователя сети.



# Поддержка разных видов трафика

- Все алгоритмы компьютерной связи, соответствующие протоколы и коммуникационное оборудование были рассчитаны именно на такой «пульсирующий» характер трафика, поэтому необходимость передавать мультимедийный трафик требует внесения принципиальных изменений *как в протоколы, так и оборудование*. Сегодня практически все новые протоколы в той или иной степени предоставляют поддержку мультимедийного трафика.



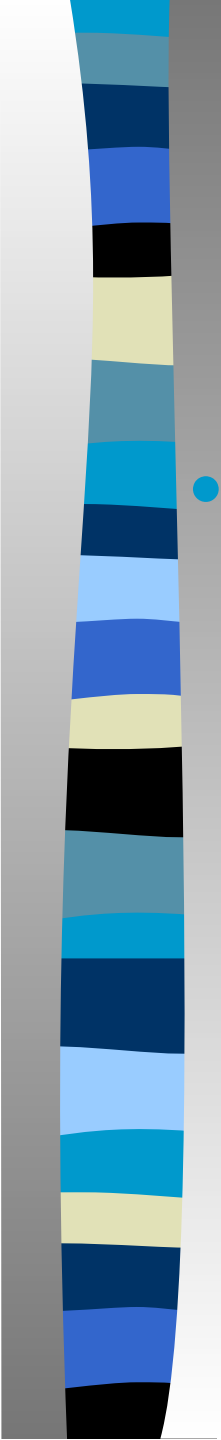
# Поддержка разных видов трафика

- Особую сложность представляет *совмещение* в одной сети традиционного *компьютерного* и *мультимедийного* трафика. Передача исключительно мультимедийного трафика компьютерной сетью хотя и связана с определенными сложностями, но вызывает меньшие трудности. А вот случай сосуществования двух типов трафика с противоположными требованиями к качеству обслуживания является намного более сложной задачей.

# Поддержка разных видов трафика

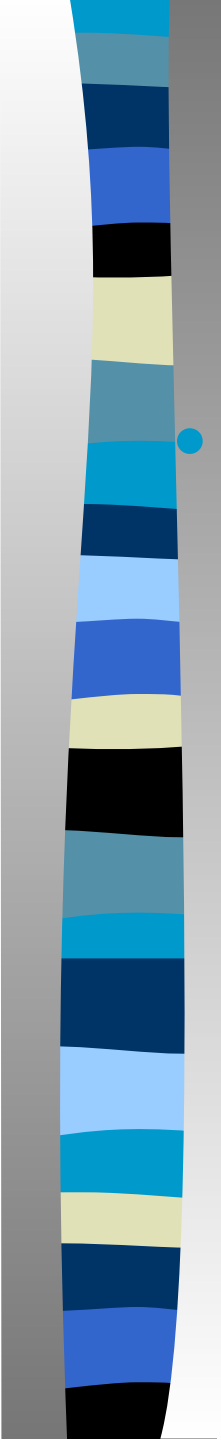
- Обычно протоколы и оборудование компьютерных сетей относят мультимедийный трафик к факультативному, поэтому качество его обслуживания оставляет желать лучшего. Сегодня затрачиваются большие усилия по созданию сетей, которые не ущемляют интересы одного из типов трафика. Наиболее близки к этой цели сети на основе технологии АТМ, разработчики которой изначально учитывали случай сосуществования разных типов трафика в одной сети.

# Управляемость



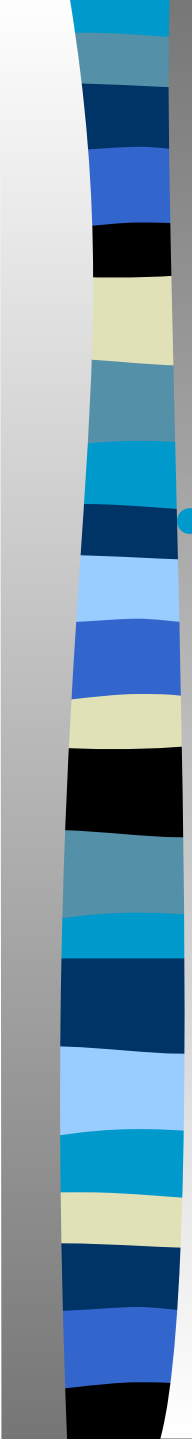
- *Управляемость* сети подразумевает возможность централизованно контролировать состояние основных элементов сети, выявлять и разрешать проблемы, возникающие при работе сети, выполнять анализ производительности и планировать развитие сети.

# Управляемость

A vertical decorative bar on the left side of the slide, composed of various colored segments (blue, black, yellow, grey) and a small blue dot near the top.

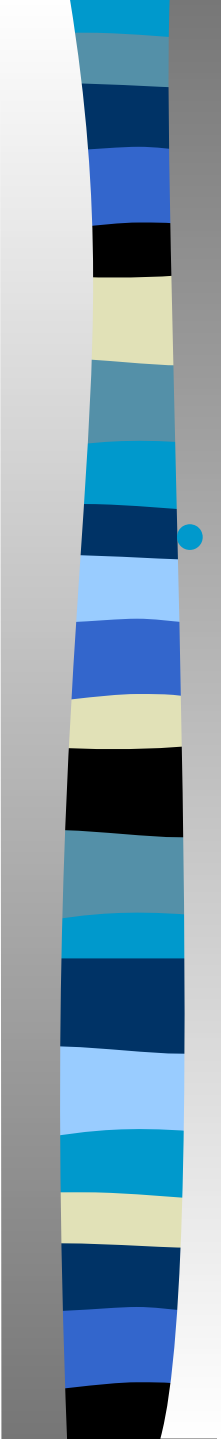
В идеале средства управления сетями представляют собой систему, осуществляющую наблюдение, контроль и управление каждым элементом сети — от простейших до самых сложных устройств, при этом такая система рассматривает сеть как единое целое, а не как разрозненный набор отдельных устройств.

# Управляемость



- Хорошая система управления наблюдает за сетью и, обнаружив проблему, активизирует определенное действие, исправляет ситуацию и уведомляет администратора о том, что произошло и какие шаги предприняты

# Управляемость



- Одновременно с этим система управления должна накапливать данные, на основании которых можно планировать развитие сети. Наконец, система управления должна быть независима от производителя и обладать удобным интерфейсом, позволяющим выполнять все действия с одной консоли.

# Управляемость

- Решая тактические задачи, администраторы и технический персонал сталкиваются с ежедневными проблемами обеспечения работоспособности сети. Эти задачи требуют быстрого решения, обслуживающий сеть персонал должен оперативно реагировать на сообщения о неисправностях, поступающих от пользователей или автоматических средств управления сетью.

# Управляемость

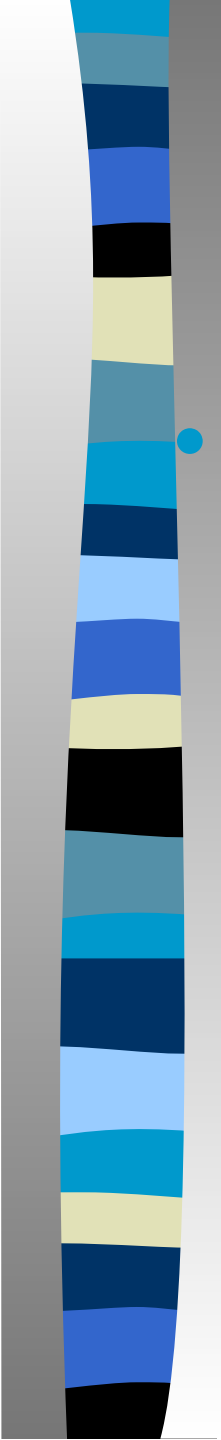
- Постепенно становятся заметны более общие проблемы производительности, конфигурирования сети, обработки сбоев и безопасности данных, требующие стратегического подхода, то есть *планирования* сети. Планирование, кроме этого, включает прогноз изменений требований пользователей к сети, вопросы применения новых приложений, новых сетевых технологий и т. п.



# Управляемость

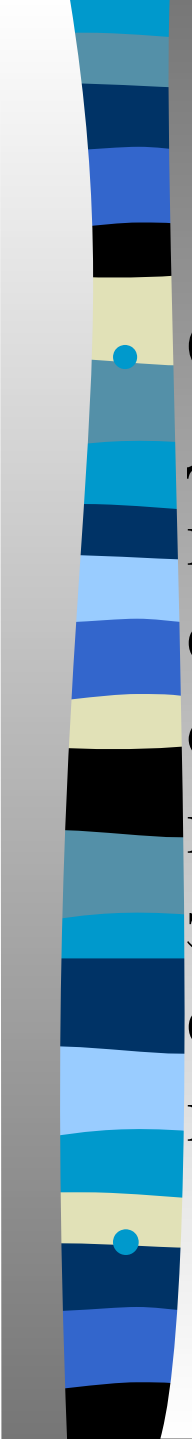
- Полезность системы управления особенно ярко проявляется в больших сетях:
  - корпоративных или публичных глобальных.
- Без системы управления в таких сетях нужно присутствие квалифицированных специалистов по эксплуатации в каждом здании каждого города, где установлено оборудование сети, что в итоге приводит к необходимости содержания огромного штата обслуживающего персонала.

# Управляемость

A decorative vertical bar on the left side of the slide, composed of various colored segments (blue, black, yellow, grey) and a small blue dot near the top.

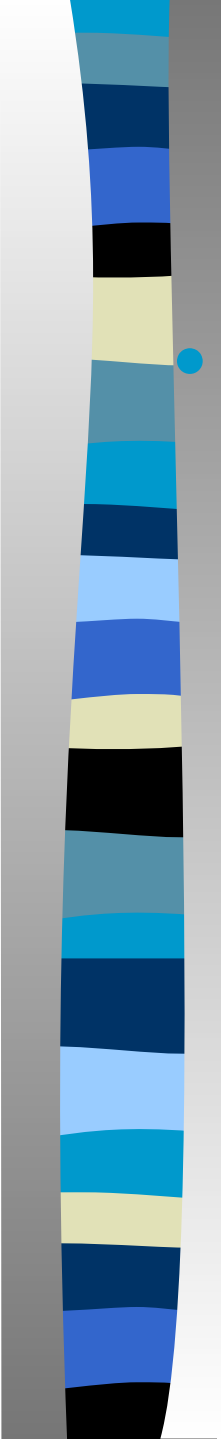
В настоящее время в области систем управления сетями много нерешенных проблем. Явно недостаточно действительно удобных, компактных и многопротокольных средств управления сетью. Большинство существующих средств вовсе не управляют сетью, а всего лишь осуществляют *наблюдение* за ее работой.

# Управляемость



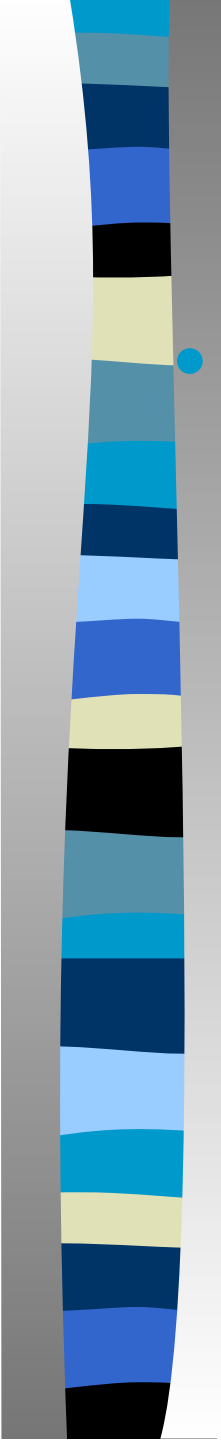
Они следят за сетью, но не выполняют активных действий, если с сетью что-то произошло или может произойти. Мало масштабируемых систем, способных обслуживать как сети масштаба отдела, так и сети масштаба предприятия, - очень многие системы управляют только отдельными элементами сети и не анализируют способность сети выполнять качественную передачу данных между конечными пользователями сети.

# Совместимость



- *Совместимость* или *интегрируемость* означает, что сеть способна включать в себя самое разнообразное программное и аппаратное обеспечение, то есть в ней могут сосуществовать различные операционные системы, поддерживающие разные стеки коммуникационных протоколов, и работать аппаратные средства и приложения от разных производителей.

# Совместимость

- 
- Сеть, состоящая из разнотипных элементов, называется неоднородной или гетерогенной, а если гетерогенная сеть работает без проблем, то она является интегрированной. Основным путем построения интегрированных сетей — использование модулей, выполненных в соответствии с открытыми стандартами и спецификациями.