Лекция 9. Методы обеспечения качества обслуживания: обратная связь, резервирование ресурсов

Цель лекции

Изучить назначение обратной связи в компьютерных сетях, виды информации обратной связи и способы резервирования сетевых ресурсов для обеспечения требуемого качества обслуживания (QoS).

План лекции

1. Понятие и назначение обратной связи.
2. Участники обратной связи.
3. Информация обратной связи.
4. Резервирование ресурсов в компьютерных сетях.
5. Системы обеспечения качества обслуживания, основанные на резервировании.

1. Понятие и назначение обратной связи

Обратная связь в компьютерных сетях представляет собой механизм передачи информации о состоянии сети от одного сетевого устройства или участника взаимодействия к другому. На основе этой информации принимаются решения об изменении параметров передачи данных.

Обратная связь необходима для контроля качества обслуживания и своевременного обнаружения проблем в сети.

Например, при передаче видеопотока могут возникнуть задержки, потеря пакетов или снижение пропускной способности. Информация об этих проблемах передаётся отправителю. После этого скорость передачи данных или другие параметры соединения могут быть изменены.

Основные назначения обратной связи

- Контроль качества обслуживания. Определение текущего состояния сети и соответствия параметров установленным требованиям.
- Обнаружение перегрузок. Выявление ситуаций, при которых объём поступающих данных превышает возможности сети.
- Регулирование скорости передачи. Изменение интенсивности передачи пакетов в зависимости от состояния сети.
- Снижение потерь пакетов. Предупреждение перегрузок и повторная передача потерянных данных, если это предусмотрено протоколом.
- Повышение стабильности передачи. Поддержание приемлемых значений задержки, пропускной способности и других характеристик.

Обратная связь особенно важна для приложений реального времени, таких как видеоконференции, IP-телефония и потоковое видео.

2. Участники обратной связи

В процессе обратной связи могут участвовать несколько элементов сети.

1. Отправитель данных. Устройство или приложение, которое передаёт информацию получателю. Отправитель может изменять скорость передачи и другие параметры в соответствии с полученными сообщениями.

2. Получатель данных. Устройство или приложение, которое принимает данные и оценивает качество их доставки. Получатель может сообщать об ошибках, задержках и потерях пакетов.

3. Сетевые устройства. Маршрутизаторы и коммутаторы передают пакеты и могут предоставлять информацию о загрузке каналов, заполнении очередей и перегрузках.

4. Система управления сетью. Программные средства, которые собирают и анализируют сетевые показатели. На основании результатов анализа могут изменяться маршруты, приоритеты и параметры передачи.

5. Механизм управления передачей. Протокол или алгоритм, который обрабатывает полученную информацию и определяет необходимые действия.

Пример взаимодействия:



Рисунок 1. Принцип организации обратной связи в компьютерной сети.

3. Информация обратной связи

Информация обратной связи содержит сведения, которые позволяют определить состояние сети и выбрать подходящий способ управления передачей данных.

К основным показателям относятся:

1. Задержка передачи. Время, необходимое для доставки пакета от отправителя до получателя. Большая задержка ухудшает качество голосовой связи и видеоконференций.

2. Джиттер. Изменение задержки доставки пакетов. Высокий джиттер приводит к неравномерному воспроизведению аудио и видео.

3. Потери пакетов. Доля пакетов, которые не были доставлены получателю. Потери могут возникать из-за перегрузки, ошибок канала или неисправностей оборудования.

4. Пропускная способность. Максимальный объём данных, который может быть передан за единицу времени. Фактическая доступная пропускная способность может изменяться в зависимости от нагрузки сети.

5. Загрузка сетевых ресурсов. Информация о занятости каналов связи, использовании буферов и длине очередей пакетов.

6. Состояние соединения. Сведения о доступности узлов, ошибках передачи и нарушении связи.

Информация обратной связи может передаваться в виде специальных управляющих сообщений, отчётов о качестве передачи или уведомлений о перегрузке.

Например, в TCP отправитель использует подтверждения приёма и сведения о потерях для управления передачей. В RTP/RTCP могут передаваться отчёты о потерях пакетов, джиттере и других показателях качества мультимедийной передачи.

Пример применения обратной связи

Предположим, что видеоконференция использует канал с ограниченной пропускной способностью. При увеличении сетевой нагрузки задержка и потери пакетов возрастают. Получатель или сетевое устройство сообщает об ухудшении качества. Отправитель снижает скорость передачи либо уменьшает качество видео.

После снижения нагрузки показатели сети могут улучшиться. Если доступная пропускная способность возрастёт, скорость передачи может быть увеличена.

Таким образом, обратная связь позволяет адаптировать передачу данных к текущему состоянию сети.

4. Резервирование ресурсов

Резервирование ресурсов представляет собой предварительное выделение или сохранение сетевых ресурсов для обеспечения определённого уровня качества обслуживания.

К резервируемым ресурсам относятся:

- пропускная способность каналов связи;
- буферная память сетевых устройств;
- места в очередях пакетов;
- ресурсы обработки маршрутизаторов;
- резервные каналы и маршруты передачи данных.

Главная цель резервирования заключается в том, чтобы необходимые ресурсы были доступны приложению даже при высокой нагрузке сети.

Например, для IP-телефонии требуется небольшая задержка и стабильная передача пакетов. Если все ресурсы сети используются обычным трафиком, голосовые пакеты могут задерживаться. При резервировании части пропускной способности для голосового трафика вероятность такого ухудшения снижается.

Основные виды резервирования

1. Резервирование пропускной способности. Часть пропускной способности канала выделяется для определённого потока или класса трафика.

2. Резервирование буферной памяти. Для пакетов выделяется необходимое пространство в буферах сетевых устройств. Это помогает уменьшить вероятность потери пакетов при кратковременных всплесках нагрузки.

3. Резервирование вычислительных ресурсов. Часть ресурсов сетевого оборудования сохраняется для обработки важных потоков данных.

4. Резервирование каналов связи. Для передачи данных предусматриваются дополнительные каналы на случай отказа основного канала.

5. Резервирование маршрутов. Заранее определяются альтернативные пути передачи пакетов при отказе основного маршрута.

Следует различать резервирование ресурсов для QoS и резервирование для отказоустойчивости. В первом случае ресурсы выделяются для соблюдения требований к качеству обслуживания. Во втором случае дополнительные ресурсы обеспечивают продолжение работы при отказах. В некоторых сетях оба подхода используются совместно.

Пример расчёта резервирования пропускной способности

Предположим, что пропускная способность канала составляет 100 Мбит/с. Для голосового трафика резервируется 20 Мбит/с.

Тогда:

$$C_{\text{рез}} = 20 \text{ Мбит/с}$$

$$C_{\text{общ}} = 100 \text{ Мбит/с}$$

Оставшаяся пропускная способность для другого трафика:

$$C_{\text{ост}} = 100 - 20 = 80 \text{ Мбит/с}$$

В этом примере для голосового трафика предусмотрено 20% пропускной способности канала, а 80 Мбит/с остаются для других задач.

Фактическая гарантия качества зависит от правильной настройки очередей, контроля допуска новых потоков и соблюдения установленных параметров трафика.

5. Системы обеспечения качества обслуживания, основанные на резервировании

Существуют сетевые механизмы и архитектуры, которые позволяют выделять ресурсы для потоков данных и поддерживать требуемое качество обслуживания.

5.1. Архитектура IntServ и протокол RSVP

Integrated Services (IntServ) представляет собой архитектуру, в которой ресурсы сети могут резервироваться для отдельных потоков данных.

Для резервирования часто применяется протокол RSVP (Resource Reservation Protocol). Он позволяет запросить необходимые сетевые ресурсы на пути от отправителя к получателю.

Основные этапы работы:

1. Отправитель передаёт запрос на резервирование ресурсов.
2. Запрос проходит через сетевые устройства на выбранном маршруте.
3. Маршрутизаторы проверяют наличие свободной пропускной способности и других необходимых ресурсов.
4. При наличии ресурсов резервирование подтверждается.
5. Передача данных выполняется с учётом установленных параметров обслуживания.

Если необходимых ресурсов недостаточно, запрос может быть отклонён. Это предотвращает принятие новых потоков, которые нарушили бы уже установленные гарантии.

Преимущество: возможность предоставить гарантии качества для отдельных потоков.

Недостаток: высокая нагрузка на управление при большом количестве соединений, поскольку состояние потоков должно учитываться на сетевых устройствах.

5.2. Архитектура DiffServ

Differentiated Services (DiffServ) обеспечивает качество обслуживания за счёт разделения трафика на классы.

Вместо резервирования ресурсов для каждого отдельного потока пакеты получают определённую метку приоритета. Сетевые устройства обрабатывают их согласно настроенным правилам.

Например, могут быть выделены следующие классы:

- голосовой трафик;
- видеоконференции;
- обычный пользовательский трафик;
- фоновая передача файлов.

Для каждого класса могут применяться отдельные очереди, приоритеты и ограничения скорости.

В отличие от IntServ, DiffServ обычно не требует отдельного состояния резервирования для каждого потока на каждом маршрутизаторе. Однако сама по себе классификация трафика не гарантирует фиксированную пропускную способность. Для этого необходимы правильная настройка оборудования и контроль доступных ресурсов.

5.3. MPLS Traffic Engineering

MPLS Traffic Engineering (MPLS-TE) позволяет управлять маршрутами передачи трафика в сетях MPLS с учётом доступных ресурсов и заданных ограничений.

С помощью этого механизма можно:

- выбирать маршруты с учётом доступной пропускной способности;
- распределять трафик между несколькими путями;
- уменьшать перегрузку отдельных каналов;
- использовать альтернативные маршруты при изменении условий сети.

В соответствующих реализациях MPLS-TE может применяться совместно с RSVP-TE для установления путей с заданными параметрами ресурсов.

5.4. Сравнение механизмов обеспечения QoS

Характеристика	IntServ / RSVP	DiffServ	MPLS-TE
Основной подход	Резервирование ресурсов для потоков	Обработка трафика по классам	Управление маршрутами с учётом ресурсов
Уровень управления	Отдельные потоки	Классы трафика	Пути передачи данных
Контроль ресурсов	Для каждого потока	По настроенным политикам классов	При выборе и настройке маршрутов
Основное применение	Приложения с высокими требованиями к QoS	Крупные корпоративные и операторские сети	Сети MPLS с требованиями к управлению трафиком

Заключение

Обратная связь и резервирование ресурсов являются важными методами обеспечения качества обслуживания в компьютерных сетях.

Обратная связь позволяет получать информацию о задержках, потерях пакетов, джиттере и загрузке каналов. На основании этих данных могут изменяться скорость передачи и другие параметры работы сети.

Резервирование ресурсов позволяет заранее выделить необходимую пропускную способность, буферную память и другие ресурсы для важных потоков данных. Для реализации этих подходов применяются IntServ, RSVP, DiffServ и MPLS Traffic Engineering.

Совместное использование обратной связи, управления очередями, резервирования ресурсов и контроля нагрузки позволяет повысить предсказуемость качества обслуживания сетевых приложений.

Контрольные вопросы

1. Что такое обратная связь в компьютерных сетях?
2. Каково основное назначение обратной связи?
3. Кто участвует в процессе обратной связи?
4. Какие параметры сети могут передаваться в сообщениях обратной связи?
5. Как задержка, джиттер и потери пакетов влияют на качество обслуживания?
6. Что такое резервирование ресурсов?
7. Какие сетевые ресурсы могут быть зарезервированы?
8. Чем резервирование пропускной способности отличается от резервирования каналов?
9. Как работает архитектура IntServ и для чего применяется RSVP?
10. В чём заключается отличие DiffServ от IntServ?
11. Как MPLS Traffic Engineering помогает управлять сетевыми ресурсами?
12. Почему обратная связь и резервирование ресурсов могут применяться совместно?