Лекция 10. Методы обеспечения качества обслуживания: инжиниринг трафика

Цель лекции

Изучить недостатки традиционных методов маршрутизации, основные методы инжиниринга трафика и способы управления потоками данных различных классов для обеспечения требуемого качества обслуживания в компьютерных сетях.

1. Понятие и назначение инжиниринга трафика

Инжиниринг трафика (Traffic Engineering, TE) представляет собой совокупность методов управления потоками данных в сети с учётом пропускной способности каналов, загрузки маршрутизаторов, требований приложений и условий качества обслуживания.

Основная задача инжиниринга трафика заключается в рациональном распределении сетевой нагрузки между доступными маршрутами. Это позволяет уменьшить перегрузки, повысить эффективность использования сетевых ресурсов и улучшить качество передачи данных.

В традиционных сетях маршруты часто выбираются на основе метрик протоколов маршрутизации. Однако такой подход не всегда обеспечивает равномерное распределение нагрузки. Один канал может быть перегружен, в то время как другие каналы остаются недогруженными.

Инжиниринг трафика позволяет учитывать дополнительные параметры:

- доступную пропускную способность каналов;
- текущую загрузку сетевых устройств;
- задержку передачи пакетов;
- потери пакетов;
- требования различных приложений;
- приоритеты потоков данных;
- стоимость использования сетевых ресурсов.

Основные цели инжиниринга трафика

1. Снижение перегрузки отдельных каналов связи.
2. Равномерное распределение трафика между доступными маршрутами.
3. Повышение пропускной способности сети.
4. Снижение задержки и потерь пакетов.
5. Обеспечение требований QoS для разных приложений.
6. Повышение устойчивости сети к отказам.
7. Эффективное использование имеющихся сетевых ресурсов.

Инжиниринг трафика особенно важен для сетей операторов связи, крупных корпоративных сетей и инфраструктур центров обработки данных.

2. Недостатки традиционных методов маршрутизации

Традиционная маршрутизация обеспечивает выбор пути передачи пакетов на основе определённых метрик. Например, протокол RIP использует количество переходов, а OSPF учитывает стоимость маршрута, которая обычно связана с пропускной способностью каналов.

Эти методы позволяют автоматически находить маршруты, но не всегда обеспечивают оптимальное распределение нагрузки.

2.1. Выбор маршрута без полного учёта нагрузки

Некоторые протоколы выбирают маршрут по фиксированной метрике. При этом текущая загрузка каналов может не учитываться напрямую.

Например, два маршрута могут иметь одинаковую стоимость, но разную фактическую загрузку. В результате трафик может направляться по уже перегруженному пути.

2.2. Неравномерное распределение трафика

При традиционной маршрутизации значительная часть потоков может использовать один маршрут, хотя в сети существуют альтернативные пути.

Это приводит к следующей ситуации:

- один канал работает почти на пределе пропускной способности;
- другой канал используется недостаточно;
- очереди пакетов на перегруженном канале увеличиваются;
- задержка и потери пакетов возрастают.

2.3. Недостаточный учёт требований QoS

Разные приложения предъявляют разные требования к сети.

Например, IP-телефонии необходимы небольшая задержка и низкий джиттер. Передача файлов обычно допускает более длительную задержку, но требует надёжной доставки данных.

Традиционные протоколы маршрутизации не всегда учитывают такие различия при выборе маршрута.

2.4. Медленная реакция на изменение нагрузки

Состояние сети может изменяться из-за увеличения числа пользователей, запуска новых приложений или отказа каналов.

Перестроение маршрутов зависит от механизмов обнаружения изменений и сходимости протоколов. Поэтому кратковременные перегрузки могут возникнуть до того, как сеть адаптируется к новым условиям.

2.5. Ограниченные возможности управления потоками

Традиционная маршрутизация обычно определяет путь на основании метрик маршрута, но не всегда позволяет администратору точно задавать путь для определённого класса трафика.

Инжиниринг трафика предоставляет дополнительные механизмы управления потоками и распределения нагрузки.

Иллюстративный пример: нагрузка распределена неравномерно, хотя доступен дополнительный канал.



Рисунок 1. Пример неравномерного распределения сетевого трафика.

Основной вывод: наличие нескольких маршрутов само по себе не гарантирует эффективного использования ресурсов. Необходимо учитывать загрузку каналов и требования передаваемого трафика.

3. Методы инжиниринга трафика

Для управления потоками данных применяются несколько основных методов.

3.1. Управление маршрутами

Этот метод предусматривает выбор пути с учётом не только традиционной метрики, но и дополнительных ограничений.

При выборе маршрута могут учитываться:

- доступная пропускная способность;
- задержка;
- стоимость использования канала;
- требования к надёжности;

- допустимый уровень потерь пакетов.

Маршрут может быть выбран так, чтобы избежать перегруженного участка сети.

3.2. Балансировка нагрузки

Балансировка нагрузки (Load Balancing) представляет собой распределение трафика между несколькими доступными маршрутами или каналами связи.

Балансировка может выполняться по потокам, по назначенным весам маршрутов или на основе других параметров.

Например, если доступны два канала с одинаковой пропускной способностью, часть потоков можно направить по первому каналу, а остальные по второму.

При этом балансировка не всегда означает равное распределение. Если один канал имеет более высокую пропускную способность, ему может быть назначена большая доля трафика.

3.3. MPLS Traffic Engineering

MPLS Traffic Engineering (MPLS-TE) позволяет управлять путями передачи трафика в сетях MPLS.

В отличие от обычного выбора кратчайшего маршрута, MPLS-TE позволяет задавать дополнительные ограничения для пути. Например, маршрут может быть выбран с учётом доступной пропускной способности и административных требований.

Основные возможности MPLS-TE:

- создание управляемых путей передачи данных;
- распределение нагрузки между каналами;
- резервирование ресурсов для определённых потоков;
- обход перегруженных участков;
- использование альтернативных путей при отказах.

Для установления путей с ограничениями по ресурсам может применяться протокол RSVP-TE.

3.4. Маршрутизация с учётом ограничений

Маршрут выбирается при условии, что он удовлетворяет заданным требованиям.

Например, для видеоконференции могут быть установлены следующие ограничения:

- задержка не выше заданного значения;
- достаточная пропускная способность;
- допустимый уровень потерь пакетов.

Из всех подходящих маршрутов выбирается путь, который соответствует требованиям приложения и доступным ресурсам сети.

Такой подход называется маршрутизацией с учётом ограничений (Constraint-Based Routing).

3.5. Инжиниринг на основе измерений

При этом методе параметры сети регулярно измеряются и анализируются.

Для оценки состояния сети используются:

- загрузка каналов;
- длина очередей;
- задержка доставки пакетов;
- потери пакетов;
- доступная пропускная способность.

На основании результатов измерений могут изменяться маршруты и распределение потоков.

Следует учитывать, что частые изменения маршрутов могут вызвать дополнительные колебания нагрузки. Поэтому механизмы управления должны предотвращать нестабильные переключения.

3.6. Резервирование и восстановление маршрутов

Для повышения надёжности сети заранее предусматриваются альтернативные пути.

Если основной канал выходит из строя, трафик переводится на резервный маршрут. При этом качество обслуживания зависит от пропускной способности резервного пути и времени переключения.

Резервирование особенно важно для приложений, которые требуют высокой доступности связи.

Сравнение методов инжиниринга трафика

Метод	Основная задача	Ожидаемый результат
Управление маршрутами	Выбор подходящего пути	Снижение перегрузок
Балансировка нагрузки	Распределение трафика	Более эффективное использование каналов
MPLS-TE	Управление путями в MPLS	Контроль распределения потоков
Маршрутизация с учётом ограничений	Соблюдение заданных требований	Улучшение QoS
Измерение параметров сети	Оценка состояния сети	Своевременная корректировка управления
Резервирование маршрутов	Подготовка альтернативных путей	Повышение отказоустойчивости

4. Инжиниринг трафика различных классов

В компьютерных сетях передаются данные с различными требованиями к качеству обслуживания. Поэтому для каждого класса трафика могут применяться отдельные правила маршрутизации, очередей и распределения ресурсов.

Классификация трафика позволяет определить приоритеты и выбрать подходящий способ передачи.

4.1. Голосовой трафик

Голосовой трафик используется в IP-телефонии и других приложениях речевой связи.

Основные требования:

- низкая задержка;
- небольшой джиттер;
- низкий уровень потерь пакетов;
- стабильная пропускная способность.

Для голосовых потоков могут использоваться очереди с высоким приоритетом и резервирование необходимой пропускной способности.

Однако чрезмерное увеличение приоритета голоса может ухудшить обслуживание других классов. Поэтому необходимо ограничивать объём высокоприоритетного трафика.

4.2. Видеотрафик

Видеотрафик характерен для видеоконференций, потокового видео и дистанционного обучения.

Его требования зависят от приложения. Для интерактивной видеосвязи особенно важны задержка и джиттер. Для потокового видео важны достаточная пропускная способность и отсутствие длительных перерывов.

Для такого трафика могут применяться:

- резервирование пропускной способности;
- распределение потоков между маршрутами;
- приоритетное обслуживание;
- адаптация битрейта;
- контроль перегрузки.

4.3. Интерактивный трафик

К этому классу относятся интерактивные приложения, удалённый доступ, онлайн-игры и некоторые корпоративные сервисы.

Для них важны небольшая задержка и предсказуемое время ответа.

Инжиниринг трафика помогает направлять такие потоки по маршрутам, которые соответствуют требованиям по задержке и доступности ресурсов.

4.4. Трафик передачи файлов

Передача файлов, резервных копий и крупных наборов данных обычно менее чувствительна к задержке.

Для таких потоков могут использоваться каналы с доступными остаточными ресурсами и очереди с более низким приоритетом.

Например, передача резервных копий может выполняться ночью, когда общая нагрузка сети ниже.

Такой подход позволяет освободить ресурсы для приложений, которым требуется быстрый отклик.

4.5. Фоновый трафик

Фоновый трафик включает обновления программ, синхронизацию данных и другие задачи, которые не требуют немедленного обслуживания.

Для него могут применяться ограничения скорости и обслуживание по остаточному принципу. Это позволяет уменьшить влияние фоновых задач на голосовую связь, видеоконференции и интерактивные приложения.

Сравнение классов трафика

Класс трафика	Чувствительность к задержке	Требования к пропускной способности	Возможные методы управления
Голосовой	Очень высокая	Умеренные, относительно стабильные	Высокий приоритет, резервирование
Интерактивное видео	Высокая	Высокие	Приоритет, управление маршрутами
Потоковое видео	Средняя, зависит от приложения	Высокие	Контроль скорости, распределение нагрузки
Интерактивные приложения	Высокая	Зависит от приложения	Маршрутизация с учётом задержки
Передача файлов	Обычно низкая	Может быть высокой	Балансировка, использование свободных ресурсов
Фоновый трафик	Низкая	Зависит от задачи	Ограничение скорости, низкий приоритет

5. Применение инжиниринга трафика для обеспечения QoS

Инжиниринг трафика наиболее эффективен при совместном использовании с другими механизмами качества обслуживания.

К таким механизмам относятся:

- Классификация трафика. Определение класса, к которому относится каждый поток.
- Управление очередями. Назначение порядка обработки пакетов и правил обслуживания.
- Ограничение скорости. Контроль объёма трафика, который поступает в сеть.
- Резервирование ресурсов. Выделение пропускной способности для важных потоков.
- Мониторинг сети. Измерение загрузки каналов и характеристик передачи.
- Управление маршрутами. Выбор путей с учётом состояния сети и требований QoS.

Пример организации инжиниринга трафика

Рассмотрим корпоративную сеть с двумя каналами между маршрутизаторами. Первый канал имеет пропускную способность 100 Мбит/с, второй канал также имеет пропускную способность 100 Мбит/с.

По первому каналу передаются голосовые данные и видеоконференции. По мере роста нагрузки его загрузка достигает 90%. Второй канал загружен только на 30%.

С помощью инжиниринга трафика часть подходящих потоков может быть перенаправлена на второй канал. Для этого проверяется доступная пропускная способность и соответствие маршрута требованиям приложения.

После перераспределения нагрузки загрузка первого канала может уменьшиться, а второй канал будет использоваться эффективнее.

При этом голосовые потоки не следует автоматически переводить на любой свободный путь. Сначала необходимо проверить задержку, джиттер, потери пакетов и другие ограничения.

Этапы внедрения инжиниринга трафика

1. Сбор информации

Измерение загрузки каналов, задержки и потерь пакетов

2. Анализ требований

Определение классов трафика и требований QoS

3. Выбор маршрутов

Оценка доступных путей и сетевых ресурсов

4. Распределение трафика

Настройка маршрутов, приоритетов и резервирования

5. Контроль результатов

Повторное измерение параметров и корректировка настроек

Рисунок 2. Основные этапы инжиниринга трафика.

Заключение

Инжиниринг трафика является важным методом обеспечения качества обслуживания в современных компьютерных сетях. Он позволяет управлять маршрутами, распределять нагрузку и использовать доступные ресурсы с учётом требований приложений.

Традиционная маршрутизация не всегда обеспечивает оптимальное распределение трафика, поскольку выбранный маршрут может не учитывать текущую загрузку каналов и требования отдельных классов данных.

Для решения этих задач применяются балансировка нагрузки, маршрутизация с учётом ограничений, MPLS Traffic Engineering, мониторинг параметров сети и резервирование маршрутов.

Для разных классов трафика устанавливаются соответствующие правила обслуживания. Голосовая связь и интерактивные приложения требуют небольшой задержки, тогда как передача файлов и фоновый трафик могут использовать свободные ресурсы сети.

Совместное применение инжиниринга трафика и механизмов QoS позволяет повысить эффективность использования пропускной способности, снизить перегрузки и улучшить качество сетевых услуг.

Контрольные вопросы

1. Что такое инжиниринг трафика?
2. Каковы основные цели инжиниринга трафика?
3. Какие недостатки имеют традиционные методы маршрутизации?
4. Почему наличие нескольких маршрутов не гарантирует равномерного распределения нагрузки?
5. Что такое балансировка нагрузки?
6. Какие возможности предоставляет MPLS Traffic Engineering?
7. Что представляет собой маршрутизация с учётом ограничений?
8. Какие параметры сети необходимо учитывать при выборе маршрута?
9. Чем отличаются требования голосового трафика от требований передачи файлов?
10. Какие методы инжиниринга применяются для видеоконференций?
11. Как резервирование маршрутов влияет на надёжность сети?
12. Как инжиниринг трафика помогает обеспечить качество обслуживания различных классов данных?