

## От современных локальных сетей к медиасетям будущего

Видеосервисы все шире используются при организации взаимодействия в рамках производственных процессов. Передача обращений руководства к сотрудникам с помощью IP-телевидения, воспроизведение записей совещаний и учебных семинаров по запросу пользователя, а также видеоконференции – лишь несколько примеров мультимедийных приложений, позволяющих компаниям совершенствовать эффективность коммуникаций между распределенными группами сотрудников. Выходя за рамки домашнего применения, видеoinформация становится современным инструментом модернизации бизнес-процессов. Нельзя не отметить роль видеотехнологий в изменении сознания и восприятия информации социумом вне зависимости от статуса и уровня и образованности его членов. Фактически визуальная информация начинает подменять собой Слово.

В чем же заключаются преимущества передачи картинки по сравнению с аудиоинформацией? Визуальные приложения позволяют снизить расходы на поездки, повышают гибкость и конкурентоспособность компании. Вместе с тем в условиях стабильного роста числа мобильных работников и количества оконечных точек Wi-Fi в IP-сети возможность передачи видео по беспроводной локальной сети создает новые проблемы для сотрудников службы информационных технологий.

Подобно процессам передачи голоса и данных, видеоприложения все теснее интегрируются с производственными процессами и системами. Конечным пользователям нужна гибкость, чтобы, независимо от местонахождения и вида клиент-

ских устройств и приложений, получать доступ к этим приложениям при одинаковом уровне и качестве сервисов. Во многих компаниях традиционные беспроводные сети не могут обеспечить экономически эффективное и масштабируемое решение проблем сквозной связи, пропускной способности и качества сервисов.

В условиях продолжающегося экономического кризиса главное, что информационные службы могут предпринять с целью снижения затрат и восстановления конкурентоспособности, – это использовать сделанные вложения в сетевую архитектуру. Поддержка мультимедийных приложений – в частности, передачи видео по сети Wi-Fi – позволяет компаниям не только сократить расходы на поездки и поддерживать связь между членами распределенных мобильных рабочих групп, но и создает новые возможности для увеличения доходов и повышения динамичности бизнеса и скорости реагирования на изменение рыночных условий. Компании приходят к пониманию, что возможность строить эффективные деловые взаимоотношения, создавать доверительную атмосферу и стимулировать результативность за счет виртуального общения лицом к лицу может означать разницу между успехом и неудачей.

Вместе с тем видео – очень требовательное приложение, сразу же выявляющее узкие места в сети. Качество трансляции видеоконтента по сети Wi-Fi должно соответствовать корпоративному классу. Сеть должна поддерживать надежную синхронизированную передачу нескольких потоков видео, звука и данных без прерывания. В условиях, когда потеря пакетов и джиттер становятся заметными визуально,

полезность видео быстро падает до нуля. Чтобы быть востребованным, видеоизображение должно быть четким и непрерывным. Ожидается, что к 2012 году передача видео будет составлять около 90 % всего трафика в глобальной сети Интернет.

### *Проблемы передачи видео через беспроводную сеть*

Организация передачи видеотрафика по сетям Wi-Fi намного сложнее, чем по проводным сетям, что обусловлено рядом причин. В частности, сеть Wi-Fi отличается рядом рабочих характеристик, препятствующих использованию традиционных подходов для получения гарантированного качества обслуживания (Quality of Service, QoS). Для осознания фундаментальных проблем, возникающих при передаче видео по сети Wi-Fi, важно понимать характеристики каждого из этих факторов.

### *Проблема № 1: переменная скорость передачи данных*

Первое существенное различие между сетью Wi-Fi и проводной локальной сетью состоит в том, что скорость передачи данных по сети Wi-Fi меняется во времени и зависит от расстояния между клиентом и точкой доступа. Этим сеть Wi-Fi существенно отличается от традиционной проводной системы, которая обеспечивает рабочую скорость передачи данных 100 Мбит/с сегодня и сохранит эти характеристики и завтра. В беспроводной же сети при изменении скорости передачи данных пропускная способность для отдельных видеопотоков и производительность сети в целом со временем меняются.

## Проблема № 2: потеря пакетов

Другое существенное различие между сетью Wi-Fi и проводной локальной сетью – относительная ненадежность на втором уровне (MAC) модели взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection, OSI). Проще говоря, в сети Wi-Fi теряется значительно больше пакетов, чем в проводной сети.

Первопричиной потери пакетов являются коллизии, то есть попытки двух устройств Wi-Fi передавать данные одновременно. В технологии Wi-Fi используется общая полудуплексная среда передачи, и хотя метод доступа к среде с использованием технологии прослушивания перед передачей (listen-before-talk) в значительной степени позволяет избежать коллизий, полностью предотвратить их невозможно. При наличии других радиоустройств, работающих в том же диапазоне, что и устройства Wi-Fi, ситуация лишь ухудшается. Большая часть этих устройств даже не использует алгоритм прослушивания перед передачей, поэтому коллизии становятся обычным явлением.

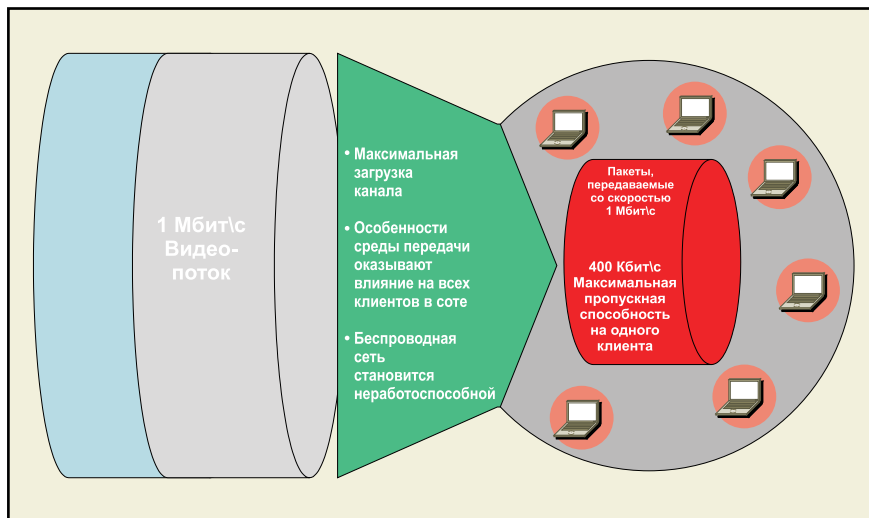
Другая причина потери пакетов связана с тем, что передачам по сети Wi-Fi присуще кратковременное пропадание сигнала (замирание). Это происходит вследствие поглощения радиоволн объектами, находящимися на их пути (например людьми), или отражения радиоволн в пространстве, что приводит к случайному пропаданию сигнала.

Последняя, не менее важная причина потери пакетов – осуществляемый системами Wi-Fi поиск наивысшей скорости передачи данных путем попыток передачи на различных скоростях. В ходе такого поиска некоторые пакеты теряются.

С учетом вышеперечисленного неудивительно, что системы Wi-Fi работают с базовым показателем доли ошибочных пакетов (Packet Error Rate, PER) до 5 %. Для компенсации этих потерь в технологии Wi-Fi используется механизм повторной передачи, посредством которого недоставленные или доставленные с ошибкой пакеты

передаются повторно. Этот механизм обычно способствует снижению доли окончательно потерянных пакетов (Packet Loss Rate, PLR) до величины менее 0,1 %. Однако повторная передача приводит к

множеством видеок кадров. Поэтому естественно, что видеоприложения с групповой рассылкой, работающие в проводной сети, могут быть совершенно неработоспособны при работе в сети Wi-Fi.



Широковещательная рассылка групповых пакетов оказывает негативное влияние при передаче через эфир

появлению эффекта джиттера и снижает общую пропускную способность сети. Каждое из этих явлений может повлиять на качество обслуживания и, как следствие, на качество передачи видео. Даже с использованием механизма повторной передачи окончательная доля потерянных пакетов значительно превышает показатель, обычно наблюдаемый в проводных сетях.

## Проблема № 3: ненадежность групповой рассылки

Для трафика групповой (multicast) рассылки в сети Wi-Fi показатель базовой доли ошибочных пакетов играет даже более заметную роль. При групповой рассылке (с несколькими получателями) в технологии Wi-Fi не используется механизм повторной передачи. В результате доля потерянных пакетов в трафике групповой рассылки становится равной доле ошибочных пакетов. Другими словами, для трафика групповой рассылки в сети Wi-Fi характерна доля потерянных пакетов до 5 %. Это составляет серьезную проблему при передаче видео, поскольку в этом случае потеря даже одного пакета может привести к распространению ошибки на

Поскольку каждый из этих факторов может влиять на передачу видео, приложение необходимо оценивать и с точки зрения того, как оно учитывает эти факторы.

## Технология Cisco VideoStream

Технология Cisco VideoStream представляет собой применяемый в масштабах всей системы набор функций унифицированной беспроводной сети (Cisco Unified Wireless Network), обеспечивающий качество передачи видео и включающий усовершенствования на физическом, канальном и прикладном уровнях.

Для надежной передачи видео по сети Wi-Fi прежде всего необходимо поддерживать высокое качество соединения на базовом физическом уровне. Иными словами, более качественный (более надежный) физический уровень обеспечивает более высокую скорость передачи данных и меньшее количество повторных передач, что обеспечивает более равномерную работу видеоприложений. Именно поэтому целесообразным выглядит применение технологии 802.11n, которая обладает некоторыми важными преимуществами

в отношении обеспечения качества физического уровня сети Wi-Fi. За счет использования технологии MIMO (Multi Input, Multiple Output) стандарт 802.11n обеспечивает существенно более высокое соотношение сигнал/шум, чем предыдущие версии семейства 802.11. Повышение соотношения сигнал/шум не только позволяет достичь более высокой скорости передачи данных (пропускной способности), но и улучшает надежность канала связи (обеспечивается меньшее количество повторных передач, возникающих вследствие затухания сигнала и процедуры подбора скорости передачи). Адаптивное формирование диаграммы направленности позволяет значительно повысить отношение сигнал/шум в точке присутствия устаревших клиентов (802.11a/g) и на границе действия точки доступа.

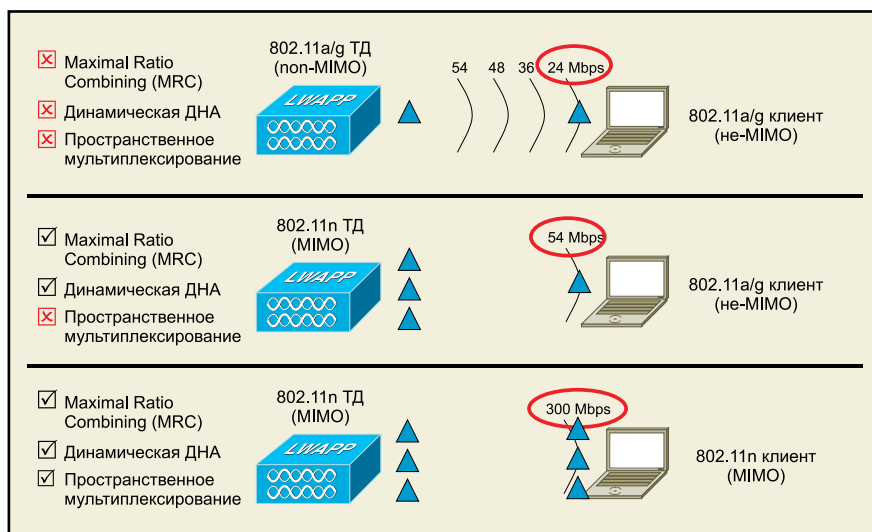
рованной доставкой оказываются в очереди на одном устройстве, видеопакеты передаются первыми. Помимо этого, видеопакетам обеспечивается более высокий приоритет, например, при конкуренции за доступ с другими устройствами в общей среде.

Функция WMM также реализует механизм резервирования ресурсов (TSPEC). Выдав запрос TSPEC, клиент с функцией WMM может зарезервировать эфирное время на точке доступа. Использование механизма TSPEC для управления доступом исключает ситуации, когда множество видеоклиентов создают перегрузку точки доступа и ни один из них не достигает требуемого качества передачи. Важной частью алгоритма управления доступом является наличие достаточных данных об имеющемся трафике и его характере. Система должна под-

точки доступа). При наличии потоков с низкими характеристиками может возникнуть необходимость в отключении потока, чтобы сохранить пропускную способность для других клиентов.

Алгоритм управления доступом должен также позволять администратору устанавливать приоритеты для различных типов трафика, чтобы трафик какого-либо типа (видео, голос, данные) не использовал всю имеющуюся пропускную способность. Например, администратору может понадобиться установить, чтобы не менее 20 % пропускной способности были зарезервированы для трафика с негарантированной доставкой, что позволит приложениям передачи данных получить уровень обслуживания не ниже заданного. Для 80 % пропускной способности, которые могут использоваться для трафика передачи голоса и видео, администратор может при необходимости указать, что для одного из типов трафика используется не более 60 % пропускной способности, чтобы гарантировать, что видеотрафик не вытеснит голосовой трафик или наоборот. При наличии возможности такой гибкой настройки администраторы могут быть уверены, что приложения всех типов будут корректно сосуществовать. Алгоритм управления доступом также должен обеспечивать роуминг между соседними точками доступа. Это позволит системе обрабатывать ситуации, когда видеоклиент передается от одной точки доступа к другой при его перемещении по этажу. Кроме того, алгоритм управления доступом должен согласованно взаимодействовать с функцией распределения нагрузки системы, чтобы клиенты были по возможности распределены по разным точкам доступа для снижения общей нагрузки на сеть. Помимо прочего, когда новый запрос клиента на видеопоток отклоняется, ему необходимо передать информацию о других соседних точках доступа, которые могли бы обработать этот поток.

Усовершенствования прикладного уровня обеспечивают уведомление инфраструктуры о передаче



MIMO увеличивает скорость передачи данных для клиентов всех типов

На канальном (MAC) уровне первой и наиболее важной функцией, гарантирующей качество передачи видеотрафика, является расширение Wi-Fi Multimedia (WMM). Функция WMM обеспечивает четыре уровня приоритетного формирования очередей: голос, видео, негарантированная доставка и фоновая передача. Благодаря преимуществам WMM видеоприложения могут установить приоритет видеотрафика над прочими видами трафика с негарантированной доставкой. Более высокий приоритет означает, что в случае, когда видеопакеты и пакеты с негаранти-

держивать измерение характеристик каждого видеопотока. Помимо предоставления данных для управления доступом, результаты этих измерений в дальнейшем также могут поступать в систему управления, чтобы облегчить настройку параметров для определенных потоков трафика. По завершении начальной настройки алгоритма управления доступом результаты измерения параметров потоков должны использоваться для наблюдения за любыми потоками, чьи характеристики существенно хуже ожидаемых (например вследствие перемещения клиента к краю зоны действия

видео на прикладном уровне, на уровне кодека или на обоих уровнях. Наиболее распространенный альтернативный метод идентификации видеопотоков состоит в использовании маркировки, содержащейся в поле кода дифференцированных сервисов (Differentiated Services Code Point, DSCP) в заголовке IP-пакета. На основании маркировки DSCP инфраструктура может определить, что пакеты должны обрабатываться с приоритетом видео. Недостаток использования одной только маркировки DSCP состоит в том, что она не обеспечивает инфраструктуре простую возможность задействовать управление доступом, поскольку явный запрос на доступ отсутствует.

Если инфраструктура способна обрабатывать уровень видекодека и отличать основные кадры от кадров изменений, то возможна реализация множества улучшений. Наиболее очевидным улучшением является следующее: если происходит перегрузка точки доступа вследствие переполнения буферов, вследствие чего возникает необходимость отбрасывать пакеты, то кадры изменений должны отбрасываться в первую очередь, раньше основных кадров. Второе улучшение состоит в том, что для основных кадров может устанавливаться приоритет за счет меньшей скорости передачи данных или большего количества повторных попыток передачи, чтобы повысить вероятность их успешного получения. Наконец, третье улучшение заключается в том, что в случае отбрасывания основных кадров (например по причине превышения максимального количества повторных попыток передачи пакетов), последующие пакеты могут перекодироваться, чтобы ограничить распространение ошибки. Иными словами, кадр изменений, который следует за потерянным основным кадром, перекодирован в новый основной кадр. Благодаря этому сбой на декодере продолжается в течение лишь одного кадра, а не нескольких.

В заключение можно отметить функцию, использующую кэширование в инфраструктуре Wi-Fi для улучшения характеристик переда-

чи видео. Одним из примеров кэширования является поддержание кэша по стандарту компании Cisco – Visual Quality of Experience, VQE (VQE – стандарт Cisco для повторной передачи видеопакетов). При этом, если приложение выдает запрос на повторную передачу видеопакета, он может быть выполнен целиком в рамках инфраструктуры без повторного обращения к серверу-источнику.

Другой пример кэширования относится к случаю, когда в инфраструктуре предусмотрено встроенное кэширование протокола HTTP для потоковой передачи видео по протоколу HTTP. В этом случае, если несколько клиентов принимают один и тот же видеопоток с индивидуально адресованной передачей, HTTP-запрос первого клиента проходит весь путь к серверу, но последующие запросы, начиная со второго, выполняются с использованием локального кэша.

## Управление резервированием ресурсов

По мере роста количества пользователей, использующих видео на рабочих местах с помощью оконечного оборудования Wi-Fi, становится критически важным обеспечить возможность удобного управления и масштабирования передачи непрерывного, высококачественного контента для перемещающихся групп пользователей в любое время и в любом месте. Механизм управления резервированием ресурсов (Resource Reservation Control, RRC) обеспечивает расширенные возможности, которые обсуждались выше в разделе, посвященном MAC-уровню, и позволяет управлять политикой и уровнем доступа.

Принятие решений относительно доступа и политики производится на основании измерений параметров радиоканала и статистических параметров трафика, а также настроек системы. Механизм RRC обеспечивает защиту пропускной способности для клиента видеосервисов за счет отклонения запросов, которые могли бы привести к перегрузке. Степень загрузки канала

используется в качестве показателя для определения пропускной способности и управления доступом.

## Масштабирование передачи видео по числу клиентов

Рост количества клиентов, получающих доступ к видео по сети Wi-Fi, приводит к увеличению нагрузки на сеть и повышению потребности в ее ресурсах, что влияет на производительность и качество. Степень масштабирования видео – это показатель количества клиентов, поддерживаемых одним контроллером в условиях оптимизированной передачи трафика из проводной сети в беспроводную. При использовании технологии Cisco VideoStream все дублирование выполняется на границе сети (в точке доступа), что повышает эффективность использования сети в целом. В любой момент времени по сети проходит только один настроенный поток мультимедиа, поскольку видеопоток преобразуется в индивидуально адресуемый в точке доступа при поступлении запроса IGMP, выдаваемого клиентом.

## Резюме

Сети всегда находились в развитии, чтобы удовлетворять новым требованиям, – от локальных внутренних сетей к корпоративным, далее – к Интернету и, наконец, к медиасети (интеллектуальной сети, оптимизированной для передачи мультимедиа). Такая сеть дает пользователям массу преимуществ: соединяет людей на немалых расстояниях, повышает производительность и безопасность, служит обучающим, развивающим и развлекательным центром. Причем с развитием возможностей коммуникационных технологий социальная составляющая, которую несут в себе медиасети, и содержащийся в них контент приобретают все большую значимость.

**Андрей Харитонов, менеджер по развитию бизнеса в области беспроводных технологий, компания Cisco**