

Мониторинг и отладка VoIP-сетей с помощью сетевого анализатора

Аннотация

VoIP (Voice over IP) стремительно изменяет облик современной телефонии. Термин "Voice over IP" подразумевает под собой VoIP-сети, включая потоковые и сигнальные протоколы, а также кодеки. VoIP широко используется всеми, начиная с обычных любителей, которым нравится возможность совершать звонки на большие расстояния через Интернет, и заканчивая разработчиками многофункциональных решений, направленных на замену всей инфраструктуры аналоговой телефонии.

Вне всяких сомнений, технология VoIP обладает всем необходимым для снижения стоимости коммуникаций по сравнению с традиционной аналоговой телефонией. Другой важный аспект – это достижение качества звонка, сравнимого со звонками, проходящими по сетям PSTN. Для внедрения VoIP-решений требуется тщательный анализ сетевых требований и текущих условий с целью обеспечения качества звонка, сопоставимого с аналоговой средой (PSTN).

В данной статье описаны возможные проблемы, связанные с качеством, которые необходимо решать при разработке или внедрении VoIP-решения как в беспроводных (Wi-Fi), так и в проводных сетевых инфраструктурах.



Copyright © 2008 TamoSoft

Все права защищены. Никакая часть данного документа не может быть воспроизведена или скопирована в любой форме без специального на то письменного разрешения от компании TamoSoft.

| | |
|---------------------------------------------------|----|
| Обзор протокола | 3 |
| Сигнальные протоколы | 3 |
| Потоки | 4 |
| Кодеки | 5 |
| Мониторинг VoIP-сетей..... | 6 |
| Статус текущих звонков..... | 7 |
| Подробная информация о текущих звонках..... | 7 |
| Загрузка сети | 7 |
| Станции..... | 8 |
| Типичные проблемы в VoIP-сетях..... | 9 |
| Потеря пакетов | 9 |
| Джиттер | 10 |
| Ошибки последовательности | 11 |
| Качество кодека..... | 11 |
| Оценка качества звука | 12 |
| MOS и R-Factor | 13 |
| Воспроизведение звонка..... | 14 |
| Особенности VoIP в беспроводных сетях 802.11..... | 14 |
| Число клиентов на одной точке доступа | 15 |
| Уровень сигнала | 16 |
| Количество повторных запросов | 16 |
| Беспроводной QoS (WMM)..... | 16 |
| Отчеты | 17 |
| О компании TamoSoft..... | 18 |

Обзор протокола

В этой главе дается обзор транспортного протокола VoIP.

VoIP использует Internet Protocol (IP) в качестве сетевого транспорта. Голос оцифровывается, преобразуется в IP-пакеты и передается от точки к точке по IP-сети.

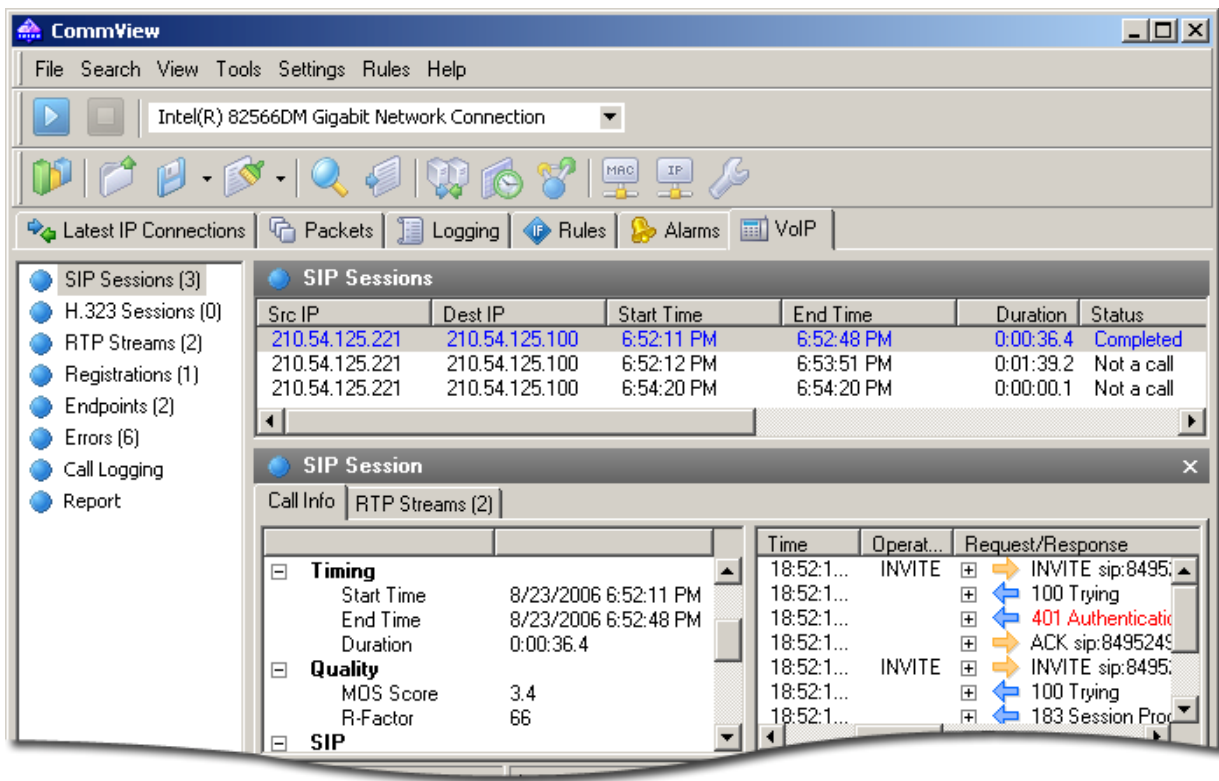
Сигнальные протоколы

Стандарты VoIP описывают различные сигнальные протоколы, которые используются для инициации и осуществления звонка, передачи информации, необходимой для идентификации и обнаружения абонента, а также для согласования функций и возможностей, доступных для данной среды передачи и конечного абонента. SIP и H.323 являются наиболее распространенными и часто используемыми сигнальными протоколами VoIP.

Выбор того или иного сигнального протокола при разработке VoIP-решения зависит от требований к системе и подбора оборудования. SIP наиболее часто выбирается крупными VoIP-операторами, поскольку SIP-совместимые устройства VoIP, к примеру, SIP-телефоны или адаптеры, достаточно распространены. Когда требуется мультимедийная передача по IP-сетям, включая видеоконференции и информационные вызовы в дополнение к передаче аудио-сигналов, то вполне естественным выбором становится H.323.

Из характеристик сигнальных протоколов вытекает множество возможных сложностей, которые могут возникнуть из-за проблем с совместимостью оборудования или неполадок в сети. Корень распространенной ошибки "невозможно установить соединение" лежит как раз в области сигнальных протоколов. Два участника, найдя друг друга, не могут установить соединение между собой по причине несовместимости между двумя конечными устройствами (некоторые реализации протокола SIP особенно подвержены этой проблеме), или из-за отсутствия необходимых функций, таких как функция конференц-связи на одном из устройств.

Сетевой анализатор должен распознавать и поддерживать сигнальные протоколы SIP и H.323, позволяя обнаруживать проблемы на ранней, сигнальной стадии еще на этапе развертывания VoIP-системы. В этой статье мы будем иллюстрировать проблемы и их решения с помощью [CommView](#) и [CommView for WiFi](#) – программных сетевых анализаторов для проводных и беспроводных сетей со встроенным модулем анализа VoIP.



Потоки

После нахождения участников соединения и установления самого соединения начинается потоковая передача голосовых пакетов. Для обеспечения естественного звучания разговора без эха и задержек голосовые пакеты должны передаваться по IP-сети в режиме реального времени. Все стандарты VoIP для потоковой передачи голосовых пакетов в реальном времени используют протокол RTP.

Стандарт RTP не определяет и не требует использования какого-то определенного UDP-порта. Эта функция возложена на станции, которые и должны "договориться", какой порт будет использован для начала голосового звонка. Такая реализация с неопределенным портом усложняет задачу обхода брандмауэров (firewall) и часто включает в себя использование выделенных STUN-серверов для синхронизации станций. Часто встречающаяся в VoIP проблема со связью возникает при попытке передать или принять пакет через более или менее случайный порт, который заблокирован брандмауэром. Сетевой анализатор позволяет четко видеть RTP-потоки, связанные с определенной сигнальной сессией, а также используемые при VoIP-звонке IP-адрес и порты, что дает возможность быстрее и проще внедрить VoIP-систему.

The screenshot displays two windows from a network analysis tool. The top window, titled "RTP Streams", shows a summary table of active streams. The bottom window, titled "RTP Stream", provides a detailed view of a selected stream, including transport information, timing, quality, RTP statistics, and network utilization.

| Src IP | Dest IP | Start Time | End Time | Duration | RTP Packe... | Averag... | Total Traffi... | Max Jitter (ms) | Lo |
|---------------|---------------|------------|------------|-----------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|----|
| 212.55.35.219 | 86.192.4.88 | 3:32:26 PM | 3:32:50 PM | 0:00:24.3 | 1087 | 40.48 | 125,972 | 11.29 | |
| 213.46.11.66 | 213.46.11.154 | 6:08:32 AM | 6:08:44 AM | 0:00:11.9 | 448 | 21.59 | 33,152 | 3.57 | |
| 193.232.243.1 | 86.192.4.88 | 3:27:58 PM | 3:28:25 PM | 0:00:27.2 | 863 | 19.27 | 67,314 | 10.80 | |
| 212.55.35.254 | 86.192.4.88 | 3:09:46 PM | 3:10:28 PM | 0:00:42.0 | 2113 | 83.91 | 452,182 | 306.21 | |
| 212.55.35.219 | 86.140.116.2 | 6:52:23 PM | 6:52:47 PM | 0:00:23.3 | 753 | 19.63 | 58,734 | 56.28 | |

| Stream Info | | Pac... | Time | Time Inte... | Sequen... | RTP Timest... | Payload Name |
|------------------------------|------------------|--------|----------------|--------------|-----------|---------------|--------------|
| Transport Information | | 1 | 06:08:32.92... | 0.000000 | 30059 | 1080704222 | ITU-T G.729 |
| Src IP | 213.46.11.154 | 2 | 06:08:32.94... | 0.019999 | 30060 | 1080704382 | ITU-T G.729 |
| Src Port | 4030 | 3 | 06:08:32.96... | 0.019975 | 30061 | 1080704542 | ITU-T G.729 |
| Dest IP | 212.46.11.66 | 4 | 06:08:32.98... | 0.019985 | 30062 | 1080704702 | ITU-T G.729 |
| Dest Port | 31954 | 5 | 06:08:33.00... | 0.020027 | 30063 | 1080704862 | ITU-T G.729 |
| Protocol | UDP | 6 | 06:08:33.02... | 0.019992 | 30064 | 1080705022 | ITU-T G.729 |
| Timing | | 7 | 06:08:33.04... | 0.020045 | 30065 | 1080705182 | ITU-T G.729 |
| Start Time | 9/13/2006 6:0... | 8 | 06:08:33.06... | 0.019956 | 30066 | 1080705342 | ITU-T G.729 |
| End Time | 9/13/2006 6:0... | 9 | 06:08:33.08... | 0.020025 | 30067 | 1080705502 | ITU-T G.729 |
| Duration | 0:00:11.9 | 10 | 06:08:33.10... | 0.019985 | 30068 | 1080705662 | ITU-T G.729 |
| Quality | | 11 | 06:08:33.12... | 0.020036 | 30069 | 1080705822 | ITU-T G.729 |
| MOS Score | 4.1 | 12 | 06:08:33.14... | 0.020020 | 30070 | 1080705982 | ITU-T G.729 |
| R-Factor | 83.2 | 13 | 06:08:33.16... | 0.019965 | 30071 | 1080706142 | ITU-T G.729 |
| RTP Statistics | | 14 | 06:08:33.18... | 0.020015 | 30072 | 1080706302 | ITU-T G.729 |
| RTP Packet Count | 599 | 15 | 06:08:33.20... | 0.019995 | 30073 | 1080706462 | ITU-T G.729 |
| Lost Packets | 0 | 16 | 06:08:33.22... | 0.020015 | 30074 | 1080706622 | ITU-T G.729 |
| Duplicate Packets | 0 | 17 | 06:08:33.25... | 0.028216 | 30075 | 1080706782 | ITU-T G.729 |
| Sequence Errors | 0 | 18 | 06:08:33.27... | 0.011824 | 30076 | 1080706942 | ITU-T G.729 |
| Network Utilization | | 19 | 06:08:33.28... | 0.019966 | 30077 | 1080707102 | ITU-T G.729 |
| Total Traffic (bytes) | 44,326 | 20 | 06:08:33.30... | 0.020012 | 30078 | 1080707262 | ITU-T G.729 |
| Network Transport... | 25,158 (56.7%) | 21 | 06:08:33.32... | 0.020005 | 30079 | 1080707422 | ITU-T G.729 |
| | 7,188 (16.2%) | | | | | | |

RTP не использует протокол TCP для передачи голосовых пакетов. Несмотря на то, что TCP гарантирует доставку пакетов, время установления сессии и задержки совершенно неприемлемы для передачи мультимедийных данных в режиме реального времени. Поэтому выбор UDP является в данном случае вполне естественным. Поскольку восстановление недоставленных пакетов в UDP не предусмотрено, определенный процент голосовых пакетов обычно теряется. Хотя в VoIP предусмотрены средства восстановления потерянных пакетов без существенного снижения качества голосового звонка, потеря пакетов сверх определенного предела приводит к существенному ухудшению качества разговора. Рисунок сверху иллюстрирует показания о количестве потерянных пакетов, что позволяет обнаружить проблемы с доставкой потоков по сети.

В каждом голосовом пакете RTP содержится дополнительная информация, включая идентификацию полезной нагрузки (payload type) для определения типа передаваемых данных, порядковые номера для обнаружения и идентификации потерянных пакетов и временные отметки для синхронизации и расчета джиттера (флуктуации времени задержки). Эта дополнительная информация бывает очень полезна для анализа RTP-потоков и определения источников возможных проблем, связанных с качеством передачи.

Кодеки

Для преобразования аналогового голосового сигнала в набор цифровых пакетов, передачи их по IP-сети и последующего восстановления из этих пакетов слышимого голоса были разработаны специальные голосовые кодеки. На рынке существует масса кодеков, многие из которых бесплатны. Кодеки отличаются по качеству звука и по нагрузке на сетевые и вычислительные ресурсы. За

немногими исключениями, кодеки осуществляют сжатие данных с целью снижения загрузки сети, но при этом используют большее количество ресурсов памяти и процессора и/или осуществляют передачу голоса более низкого качества к принимающей стороне. Чем меньше потребление кодеком сетевых и вычислительных ресурсов для достижения одного и того же качества звука, тем более качественным он считается.

G.711 является довольно распространенным кодеком с высоким битрейтом, открытыми исходными кодами и отсутствием денежных отчислений за его использование. Этот кодек не подлежит лицензированию, потребляет очень скромные вычислительные ресурсы и выдает наилучшее качество, правда, создавая при этом довольно высокую нагрузку на сеть. С другой стороны, G.723 и G.729 (защищены патентом в некоторых странах) дают в 3-4 раза меньше нагрузку на сеть, чем G.711, но создают большую нагрузку на процессор и память при чуть худшем качестве звука. На рынке представлено множество других бесплатных и лицензируемых кодеков, каждый со своим балансом нагрузки на вычислительные/сетевые ресурсы и качеством звука.

| Пак... | Time | Time Inte... | Operation | Request/Response |
|--------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------------|
| 1 | 19:22:45.999980 | 0.000000 | INVITE | INVITE sip:84952492679@sipnet.i |
| 2 | 19:22:46.057856 | 0.057876 | | 100 Trying |
| 3 | 19:22:46.057917 | 0.000061 | | 401 Authentication required |
| 4 | 19:22:46.067018 | 0.009101 | | ACK sip:84952492679@sipnet.i |
| 5 | 19:22:46.073539 | 0.006521 | INVITE | INVITE sip:84952492679@sipnet.i |
| 6 | 19:22:46.142806 | 0.069267 | | 100 Trying |
| 7 | 19:22:46.347880 | 0.205074 | | 488 Codec Mismatch |
| 8 | 19:22:46.352509 | 0.004629 | | ACK sip:84952492679@sipnet.i |

Каждый сервис или станция VoIP поддерживают несколько разных кодеков. Для успешного обмена данными две станции должны согласовать общий кодек, который они будут использовать. Несмотря на то,

что проблемы, связанные с несовместимостью кодеков или с недостатком общих кодеков у неоднородных инфраструктур довольно редки, обнаружить их бывает очень сложно. Ошибки в SIP-сессии можно определить, наблюдая несоответствие кодеков (проиллюстрировано с помощью CommView на рисунке выше).

Мониторинг VoIP-сетей

В этой главе будут рассмотрены основные параметры сети, мониторинг которых должен осуществляться анализатором сетевого трафика в проводных и беспроводных VoIP-сетях (беспроводные VoIP-сети часто обозначаются аббревиатурами "VoWLAN" или "VoFi").

Хотя цена и технические преимущества инфраструктуры VoIP находятся уровнем выше по сравнению с сетями POTN, конечных пользователей всегда привлекает высокое качество и надежность переговоров. Если пожертвовать качеством связи, многие пользователи не захотят перейти на новую технологию.

Во многих случаях, особенно когда используются локальные сети (LAN), сетевой администратор может относительно просто управлять качеством передаваемого голоса, контролируя такие параметры сети, как загрузка сети, уровни потери пакетов и задержки. Следовательно, помимо факторов, относящихся непосредственно к приложениям VoIP, сетевой анализатор должен быть способен регистрировать другие параметры работы сети и нагрузку на нее.

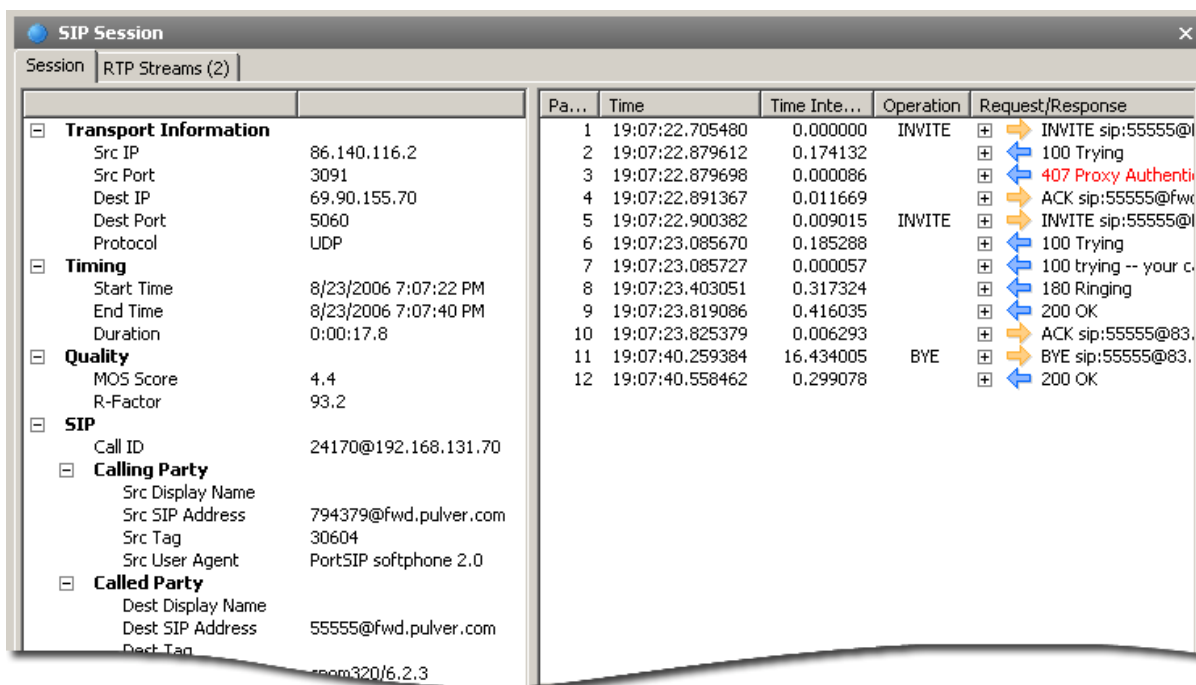
Статус текущих звонков

Сетевой анализатор может показывать состояние всех VoIP-звонков, по запросу выдавая дополнительную информацию по выбранному звонку. На следующих иллюстрациях приведены типичные данные, которые может показывать сетевой анализатор по каждому звонку.

Подробная информация о текущих звонках

Возможность просмотра детальной информации о текущих звонках позволяет идентифицировать и решить проблемы со связью на сетевом и протокольном уровнях. В детализацию звонка входят IP-адреса источника и точки назначения, время начала и окончания разговора, длительность разговора, статус звонка, показатели качества, названия VoIP-устройств пользователей, а также дополнительные данные, зависящие от протокола, такие как информация по аутентификации и типы кодеков.

Используя эти данные о звонках (проиллюстрированные ниже с помощью CommView), можно идентифицировать многие сетевые проблемы. Помимо высокоуровневой и статистической информации, показанной на панели слева, пользователь может увидеть низкоуровневый журнал с записями по сигнальной сессии на панели справа.



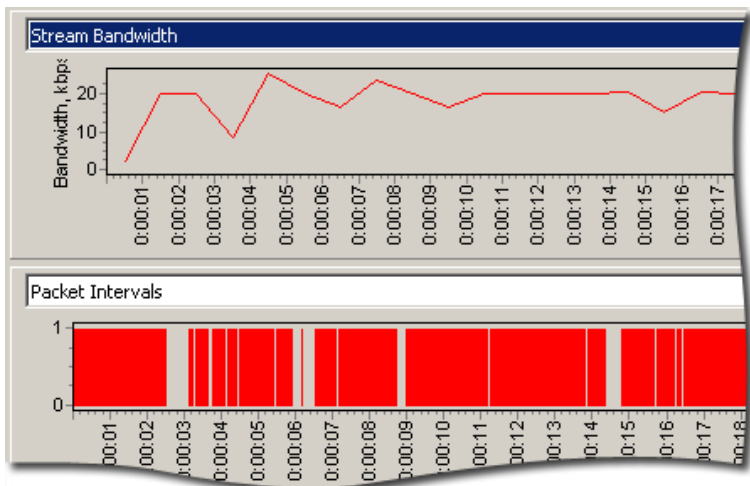
The screenshot shows the 'SIP Session' window with two tabs: 'Session' and 'RTP Streams (2)'. The 'Session' tab is active, displaying a tree view of session details on the left and a message log on the right.

| Session | | Pa... | Time | Time Inte... | Operation | Request/Response |
|------------------------------|-----------------------|-------|-----------------|--------------|-----------|----------------------|
| Transport Information | | 1 | 19:07:22.705480 | 0.000000 | INVITE | INVITE sip:55555@i |
| Src IP | 86.140.116.2 | 2 | 19:07:22.879612 | 0.174132 | | 100 Trying |
| Src Port | 3091 | 3 | 19:07:22.879698 | 0.000086 | | 407 Proxy Authent |
| Dest IP | 69.90.155.70 | 4 | 19:07:22.891367 | 0.011669 | | ACK sip:55555@fw |
| Dest Port | 5060 | 5 | 19:07:22.900382 | 0.009015 | INVITE | INVITE sip:55555@i |
| Protocol | UDP | 6 | 19:07:23.085670 | 0.185288 | | 100 Trying |
| Timing | | 7 | 19:07:23.085727 | 0.000057 | | 100 trying -- your c |
| Start Time | 8/23/2006 7:07:22 PM | 8 | 19:07:23.403051 | 0.317324 | | 180 Ringing |
| End Time | 8/23/2006 7:07:40 PM | 9 | 19:07:23.819086 | 0.416035 | | 200 OK |
| Duration | 0:00:17.8 | 10 | 19:07:23.825379 | 0.006293 | | ACK sip:55555@83. |
| Quality | | 11 | 19:07:40.259384 | 16.434005 | BYE | BYE sip:55555@83. |
| MOS Score | 4.4 | 12 | 19:07:40.558462 | 0.299078 | | 200 OK |
| R-Factor | 93.2 | | | | | |
| SIP | | | | | | |
| Call ID | 24170@192.168.131.70 | | | | | |
| Calling Party | | | | | | |
| Src Display Name | | | | | | |
| Src SIP Address | 794379@fwd.pulver.com | | | | | |
| Src Tag | 30604 | | | | | |
| Src User Agent | PortSIP softphone 2.0 | | | | | |
| Called Party | | | | | | |
| Dest Display Name | | | | | | |
| Dest SIP Address | 55555@fwd.pulver.com | | | | | |
| Dest Tag | | | | | | |

Загрузка сети

Необходимость мониторинга загрузки и контроля условий в сети является первостепенной для обеспечения ожидаемого качества звука в VoIP-системе. VoIP накладывает строгие ограничения на загрузку сети, что вынуждает постоянно следить за сетью при нормальной и максимальной нагрузках, по крайней мере на стадии внедрения и в процессе отладки качества звонков. Для понимания разницы между оптимальной средой передачи и той средой, которая существует в текущий момент времени, очень важна возможность оценить нагрузку на сеть в реальном времени. Зачастую такая

оценка позволяет сетевым администраторам понять, что простой шейпинг трафика способен значительно повысить качество звонков, проходящих по сети.



Загрузку сети можно наблюдать по графику "Stream bandwidth" (или "Полоса пропускания потока", если вы пользуетесь русским интерфейсом CommView), как показано на рисунке слева. Нерегулярный характер графика, резкие скачки и неравномерные интервалы между пакетами дают повод предположить, что текущие условия загрузки сети не

дают VoIP-приложению возможности равномерно и надежно передавать голосовой поток.

Станции

Существует множество видов устройств конечного пользователя (станций) – программные IP-телефоны (софтфоны), обычные IP-телефоны, VoIP-адаптеры и шлюзы. Станции отвечают за инициацию, ведение и завершение разговора. В разнородных VoIP-сетях могут содержаться различные виды устройств с разной степенью совместимости как с VoIP-сервером, так и между собой. Это особенно справедливо для VoIP-сетей на базе SIP.

Сетевой анализатор определяет и отображает наименования устройств-станций, что позволяет отслеживать проблемы со связью и быстро их устранять простым апгрейдом ПО или прошивки без необходимости тщательного поиска и "инвентаризации" устройств сети.

| Endpoints | | | | | | | | |
|------------|----------------|---------------------|--------------------|------------|----------|---------|------------|---------------|
| Endpoints | | Top Callers Chart | | | | | | |
| Last Ac... | IP Address | MAC Address | Description | Placed ... | Recei... | Succ... | Failed ... | Total Talk... |
| 3:07:40 PM | 192.168.10.2 | WelltechCo:01:42:3D | SIP201 (lp201si... | 0 | 1 | 1 | 0 | 0:00:10.8 |
| 3:07:40 PM | 192.168.10.1 | WelltechCo:01:42:3C | SIP201 (lp201si... | 1 | 0 | 1 | 0 | 0:00:10.8 |
| 1:31:56 PM | 68.142.233.154 | AsustekCom:0D:D4:4D | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0:01:13.6 |
| 6:08:44 AM | 213.46.11.154 | AudioCodes:06:D0:C8 | Gateway 4.80A... | 3 | 3 | 6 | 0 | 0:01:21.9 |
| 6:08:44 AM | 213.46.11.14 | Cisco:4F:4D:01 | netH323v4 7.6.2 | 3 | 3 | 6 | 0 | 0:01:21.9 |
| 7:07:40 PM | 69.90.155.70 | 80:AB:20:00:01:00 | snom320/6.2.3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0:00:16.2 |
| 6:54:20 PM | 213.53.35.219 | 80:AB:20:00:01:00 | CommuniGatePr... | 0 | 2 | 1 | 1 | 0:00:34.0 |
| 6:54:20 PM | 86.140.116.2 | 00:00:01:00:00:00 | PortSIP softpho... | 3 | 0 | 2 | 1 | 0:00:50.2 |
| 3:32:57 PM | 86.192.4.88 | D-Link:CD:E8:FE | CommuniGatePr... | 1 | 1 | 1 | 0 | 0:01:38.0 |
| 3:32:57 PM | 213.53.35.219 | Compex:36:FF:AC | PortSIP softpho... | 1 | 0 | 0 | 0 | 0:00:24.3 |

Типичные проблемы в VoIP-сетях

Из-за фактора участия человека и особенностей его восприятия, VoIP-сети намного более чувствительны к отклонениям, чем другое ПО, для которого такие отклонения вполне терпимы. Такие явления, как потеря пакетов, джиттер или ошибки последовательности пакетов являются неотъемлемыми для IP-сетей и успешно обнаруживаются и корректируются протоколом передачи данных. По своей сущности, передача голоса является событием реального времени, поэтому для разрешения сетевых проблем в VoIP-сетях требуются несколько другие подходы. Потеря пакетов, джиттер и беспорядочно следующие пакеты тесно связаны между собой, поэтому исправление какой-либо одной ошибки зачастую снижает действие всех трех и ведет к существенному улучшению качества голосовых звонков.

В данной главе дано описание сетевых проблем, которые влияют на воспринимаемое человеком качество VoIP-звонков.

Потеря пакетов

Потеря пакетов происходит в сетях любого типа. В каждом сетевом протоколе разработаны методы для борьбы с этой проблемой тем или иным способом. Например, в протоколе TCP предусмотрена гарантированная передача за счет повторных запросов для потерянных пакетов. В протоколе RTP, который используется в VoIP, таких гарантий не предусмотрено, поэтому в самом VoIP должны содержаться средства работы с потерянными пакетами.

Хотя в протоколе передачи данных возможен простой повторный запрос потерянного пакета, у VoIP нет времени ждать, пока такой пакет будет доставлен. Для поддержания качества звонка потерянные пакеты заменяются некоторыми усредненными (сглаженными) значениями.

Для маскирования эффекта пропавших пакетов в VoIP-коммуникации предусмотрен метод PLC – Соккрытие Потерянных Пакетов (Packet Loss Concealment). В разных реализациях могут быть применены разные методы.

Замещение нулем (zero substitution) является наиболее простым PCL-методом с минимальными требованиями по вычислительным ресурсам. Этот простой алгоритм, в котором отсутствующие фрагменты звука замещаются тишиной, дает наихудшее качество звука когда потеряна значительная часть пакетов.

Замещение формой сигнала (waveform substitution) используется в старых протоколах и заключается в замещении потерянных пакетов новыми, сгенерированными искусственно. В простейшем случае потерянный пакет замещается последним принятым. К сожалению, при потере длинной цепочки пакетов голос, восстановленный данным методом, получается ненатуральным, с машинным звучанием.

Наиболее совершенные алгоритмы используют интерполяцию пропущенных участков, в результате чего получается наилучшее качество звука. Правда, за это приходится расплачиваться повышенной вычислительной нагрузкой. Самые удачные решения на базе подобных алгоритмов могут справиться с потерей до 20% пакетов без существенного ухудшения качества звучания голоса.

Несмотря на то, что некоторые PLC-методы работают лучше других, никакое маскирование не способно компенсировать значительные потери пакетов. Когда вследствие перегрузки сети происходят потери целых серий пакетов, наблюдается заметное падение качества звука.

Пакеты в VoIP-сетях могут быть отброшены по разным причинам, включая перегрузку сети, ошибки на линии и задержки в доставке.

Сетевой анализатор показывает количество потерянных пакетов. Хороший сетевой анализатор отображает графики в реальном времени и графически показывает число потерянных пакетов и провалы, ответственные за существенное ухудшение качества. Вид графика потерянных пакетов может подсказать сетевым администраторам, какой из методов коррекции подойдет лучше всего для данной сети, а также меры, которые можно принять для сокращения уровня потерь пакетов.



Джиттер

Джиттер (jitter, вариация задержки) – это особый показатель для VoIP-сетей, который при выходе из-под контроля может повлиять на качество передаваемого звука.

В отличие от естественной задержки при передаче в сети, джиттер появляется не из-за самого факта задержки, а по причине флуктуации времени задержки от пакета к пакету. По мере того, как VoIP-устройства стараются компенсировать джиттер путем увеличения размера пакетного буфера, джиттер приводит к паузам в разговоре. Если разброс становится слишком большим и превышает 150 мс, то стороны обычно замечают эти задержки и разговор начинает напоминать разговор по рации.

Можно предпринять некоторые шаги для сокращения джиттера как на сетевом уровне, так и на уровне VoIP-устройств (программные IP-телефоны, обычные IP-телефоны или VoIP-адаптеры). Сокращение задержек в сети по определению позволит держать буфер в рамках 150 мс даже в случаях наличия значительных разбросов. Хотя снижение задержек вовсе необязательно устраним вариацию, тем не менее оно значительно снизит эффект до такой степени, что он будет незаметен для говорящих. Приоритетизация VoIP-трафика и шейпинг полосы пропускания могут также снизить вариацию задержек пакетов.

Оптимизация джиттер-буфера в VoIP-устройстве также существенно влияет на результат. Хотя больший размер буфера снижает или вообще устраняет джиттер, размер буфера, превышающий 150

мс, существенно влияет на воспринимаемое качество разговора. Часто оказываются эффективными адаптивные алгоритмы контроля размера буфера в зависимости от текущих сетевых условий. Подбор размера пакетов или использование другого кодека (например, G.711) часто помогают контролировать джиттер.

Хотя джиттер чаще вызван задержками в сети, нежели самими VoIP-станциями, в определенных системах с жесткими ограничениями ресурсов, работающими в конкурентных средах (программные VoIP-телефоны) могут присутствовать значительные и непредсказуемые вариации в задержках пакетов. При разработке VoIP-станций или при исследовании проблем качества звонка в существующей инфраструктуре VoIP крайне важным является идентификация самой причины джиттера. Сетевой анализатор может быть чрезвычайно полезен для быстрой и эффективной локализации источника проблемы. Хороший сетевой анализатор способен рассчитать джиттер для каждого RTP-потока и построить графики зависимости от времени как самого джиттера, так и его отклонения.

Ошибки последовательности

Пакеты с данными проходят по сети независимо друг от друга и могут при этом подвергаться различным задержкам в зависимости от точного пути прохождения. Пакеты вне последовательности не считаются проблемой для передачи данных, поскольку протоколы передачи данных могут сделать повторный запрос таких пакетов и воссоздать данные без искажений. Поскольку голосовые коммуникации должны происходить в реальном режиме времени, в VoIP-системах должны быть предусмотрены совсем иные методы обработки пакетов, следующих не по порядку.

Некоторые VoIP-устройства просто отбрасывают все пакеты с ошибками последовательности, другие отбрасывают их только если они выходят за рамки внутреннего буфера, что, в свою очередь, вызывает джиттер, описанный в предыдущей главе. Ошибки последовательности серьезно снижают качество звонка.

Ошибки последовательности могут возникать из-за способов маршрутизации пакетов. Пакеты могут проходить разными маршрутами через разные сети, при этом, естественно, возникают различные временные показатели задержки. В результате этого пакеты, имеющие более низкие порядковые номера, могут достигать VoIP-устройства позже по сравнению с пакетами, порядковый номер которых выше. Пакеты обычно принимаются в буфер, что дает возможность станции расположить по порядку те пакеты, которые выбились из последовательности и восстановить тем самым исходный сигнал. Однако размер буфера ограничен для контроля джиттера, и значительные отличия в порядке прибытия пакетов по назначению могут привести к отбрасыванию станцией пакетов, что в свою очередь приводит к джиттеру и потере пакетов.

Роутинг VoIP-звонков по надежным маршрутам и недопущение прохождения пакетов от одного звонка по разным путям может существенно снизить количество ошибок последовательности.

Качество кодека

Кодек – это алгоритм, который преобразует аудио-сигналы в цифровые пакеты и обратно. Кодеки характеризуются разными частотами дискретизации и разрядностью. В разных кодеках реализованы

разные методы компрессии, которые основаны на различных требованиях к сетевой нагрузке и вычислительным ресурсам.

Выбор наилучшего кодека для конкретных сетевых условий может существенно повысить качество передачи звука. Выбор в сети с узкой полосой пропускания такого кодека с отличным качеством как G.711 будет ошибкой, поскольку качество звука пострадает из-за ограничений в пропускной способности и потери пакетов. Если пропускная способность сети не превышает 64 Кбит/с, то следует выбрать кодеки G.729 или G.723, у которых низкий битрейт и высокая степень сжатия.

Помните, что, несмотря на высокую пропускную способность локальной сети, внешние звонки могут в дальнейшем проходить через сегменты с меньшей полосой пропускания. У провайдеров ADSL и кабельных сетей пропускная способность исходящего канала часто ограничена, что приводит к его перегрузке при большом количестве одновременно проходящих звонков. В этом случае узкополосные кодеки будут более предпочтительны. Широкополосный кодек G.711 (PCM) дает наивысшее качество звука, но имеет при этом самый высокий уровень трафика. G.729a (CS-ACELP), G.723.1 (MP-MLQ) и G.726 (ADPCM) имеют разную степень качества звука, в порядке его уменьшения.

Выбор кодека не происходит автоматически. Системный администратор должен указать и расположить кодеки в порядке их приоритета в VoIP-системе. Правильный выбор кодека может существенно улучшить качество звука. Отображая данные VoIP-сессии, сетевой анализатор позволяет наблюдать процесс согласования кодеков, т. е. кодеки, доступные устройствам, а также тот кодек, который был в итоге согласован для передачи данных.

| Pa... | Time | Time In... | Operation | Request/Response | CSeq |
|-------|-----------------|------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | 15:07:20.968571 | 0.000000 | INVITE | INVITE sip:2222@192.168.10.2 + Header - Content v=0 o=SIP201 12367 0 IN IP4 192.168.10.1 s=SIP201 Session i=Audio Session c=IN IP4 192.168.10.1 t=0 0 m=audio 16384 RTP/AVP 0 8 18 4 18 a=rtpmap:0 PCMU/8000/1 a=rtpmap:8 PCMA/8000/1 a=rtpmap:18 G729/8000/1 a=rtpmap:4 G723/8000/1 a=rtpmap:18 G729/8000/1 | 1 INVITE |
| 2 | 15:07:21.322004 | 0.353433 | | + 180 Ringing | 1 INVITE |
| 3 | 15:07:29.146735 | 7.824731 | | + 200 OK | 1 INVITE |
| 4 | 15:07:29.228749 | 0.082014 | | + ACK sip:2222@192.168.10.2:5060 | 1 ACK |
| 5 | 15:07:40.127723 | 10.898... | BYE | + BYE sip:2222@192.168.10.2:5060 | 2 BYE |
| 6 | 15:07:40.202025 | 0.074302 | | + 200 OK | 2 BYE |

Оценка качества звука

Оценка качества звука путем проведения пробного звонка и прослушивания ответа может быть довольно субъективной при разработке или внедрении VoIP-системы. Существуют формальные методы количественной и качественной оценки качества звука.

В этой главе описаны методы оценки качества VoIP-переговоров.

MOS и R-Factor

Для количественной оценки качества VoIP-переговоров была введена шкала MOS – усредненная оценка разборчивости речи (Mean Opinion Score). MOS включает в себя показатель воспринимаемого качества звука по балльной шкале от 1 до 5.

Изначально MOS представлял собой среднее арифметическое всех оценок качества, данных людьми, которые прослушивали тестовый звонок и давали ему свою оценку. На сегодняшний день для оценки качества звукового потока человеческого участия не требуется. Современный инструментарий оценки качества VoIP включает в себя искусственные программные модели для расчета MOS.

Показатель MOS крайне субъективен, поэтому не стоит принимать решение по VoIP-системе, основываясь лишь на этом показателе. Следует оценить другие измеряемые параметры, такие как задержки в сети, потери пакетов, джиттер и т. д. В качестве альтернативы MOS был предложен менее субъективный критерий.

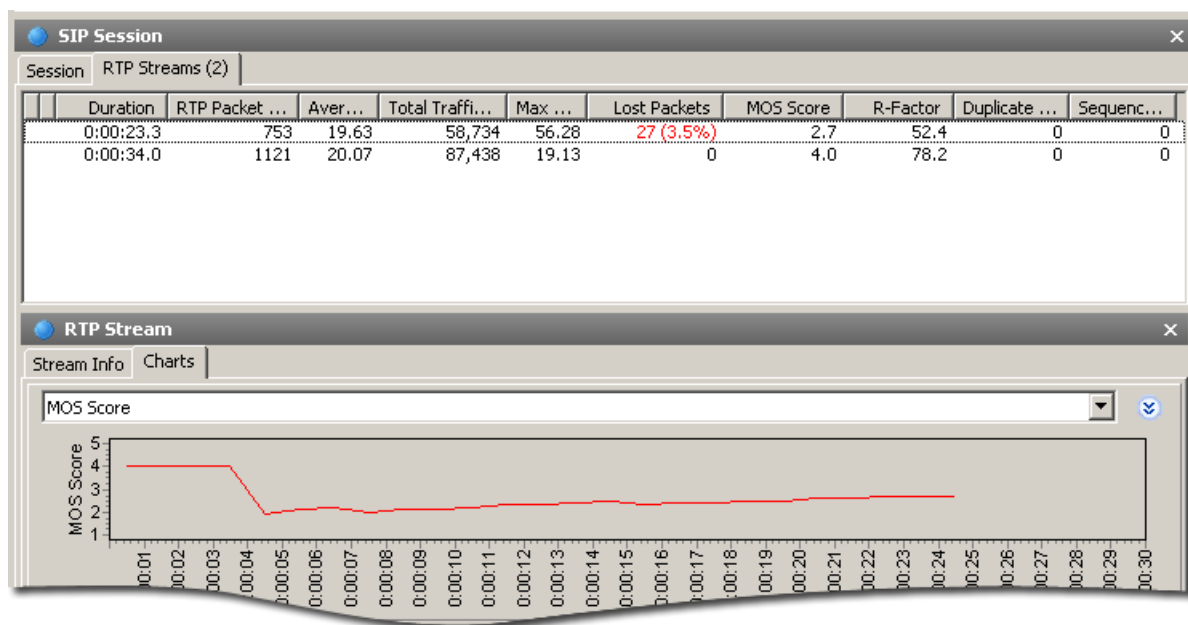
R-Factor является альтернативным способом оценки качества звука. Балльная шкала от 0 до 120 в отличие от сокращенной шкалы MOS (1-5) позволяет делать более точную оценку показателя качества. R-Factor рассчитывается с учетом ощущений пользователя и объективных факторов, которые влияют на общее качество VoIP-системы; соответственно, отдельно рассчитываются сетевой R-Factor и пользовательский R-Factor.

В следующей таблице отражено влияние MOS и R-Factor на воспринимаемое качество звука.

| Уровень удовлетворенности пользователей | MOS | R-Factor |
|------------------------------------------------|------------|-----------------|
| Максимальный с применением G.711 | 4.4 | 93 |
| Очень довольны | 4.3-5.0 | 90-100 |
| Довольны | 4.0-4.3 | 80-90 |
| Некоторые пользователи довольны | 3.6-4.0 | 70-80 |
| Многие пользователи недовольны | 3.1-3.6 | 60-70 |
| Практически все пользователи недовольны | 2.6-3.1 | 50-60 |
| Работа не рекомендуется | 1.0-2.6 | Менее 50 |

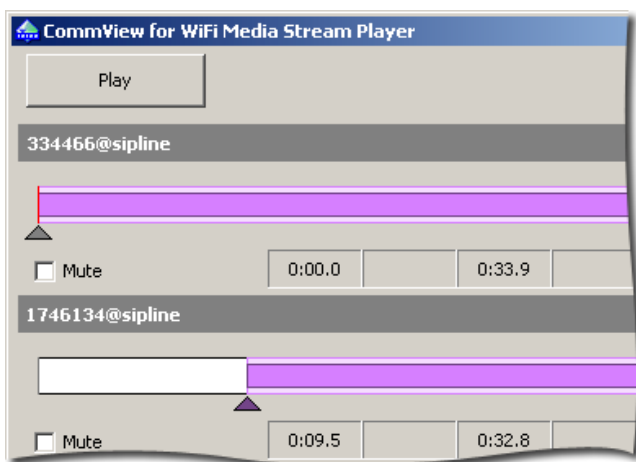
Некоторые пользователи полагают, что R-Factor является более объективным показателем качества VoIP-системы, нежели MOS. Тем не менее, сетевой анализатор должен рассчитывать оба показателя и давать две оценки для более полного представления о качестве звука.

На следующих иллюстрациях показана детальная информация по двум RTP-потокам (по одному потоку в каждом направлении) SIP-звонка со значением MOS 4.0 в одном направлении и 2.7 в другом. Согласно стандарту качества, значение MOS 4.0 означает высокое общее качество звука, но имеются слышимые искажения, которые были замечены некоторыми пользователями и беспокоят лишь немногих. В то же время RTP-поток в противоположном направлении имеет плохой показатель качества (MOS = 2.7), который изменяется со временем. Качество этой VoIP-сети можно улучшить, проанализировав параметры сети, внося коррективы в сеть или выбрав другой кодек.



Воспроизведение звонка

MOS и R-Factor не дают полной картины качества VoIP-системы. Эти показатели являются лишь оценками ожидаемого качества звука при внедрении VoIP-системы. Для получения точной взаимосвязи между численными измерениями и реальным качеством звука следует прослушать несколько разговоров и вынести свое решение по поводу приемлемого качества.



Возможность воспроизведения звонка очень важна для успешного внедрения VoIP-решений. Как показано на скриншоте CommView, для оценки качества звонка путем прослушивания в сетевом анализаторе имеются средства записи и воспроизведения звонков.

Особенности VoIP в беспроводных сетях 802.11

В беспроводных сетях существуют свои, особые проблемы, влияющие на качество VoIP-переговоров. Число пользователей, которые могут одновременно использовать одну и ту же беспроводную точку

доступа при поддержании приличного качества звонка, ограничено. Плохое качество приема и низкий уровень сигнала могут изменять доступную полосу пропускания и влияют на количество повторных запросов (retries). Как правило, можно повысить качество звука без особых усилий, изменяя настройки станций и беспроводных точек доступа с целью выставления приоритета голосового трафика над передачей данных, используя механизм Quality of Service (QoS).

В беспроводных сетях при работе с VoIP может возникнуть множество проблем, которых не наблюдается в проводных сетях. В этой главе обсуждаются различные факторы, влияющие на качество VoIP-звонков, передаваемых по беспроводным сетям.

Число клиентов на одной точке доступа

Точки доступа Wi-Fi имеют ограниченную пропускную способность, что накладывает ограничение на количество одновременно работающих пользователей VoIP. Количество звонков, проходящих одновременно через точку доступа, может меняться в зависимости от выбора станциями кодеков и стандарта 802.11, используемого в оборудовании. Анализ средних и экстремальных значений количества подключенных клиентов очень важен при внедрении VoIP-системы, поскольку эти показатели позволят сделать оптимальный выбор аппаратуры и кодеков. На следующей иллюстрации показано подключение нескольких клиентов к беспроводным точкам доступа, а также несколько других параметров, которые будут обсуждаться в следующих главах.

| MAC Address | Chan... | Type | SSID | Encryption | Signal | Rate | Bytes | Packets | Retry | ICV Er... |
|---------------------|---------|------|---------|-------------|----------|--------------|-----------|---------|-------|-----------|
| D-Link:57:B8:2D | 2 | AP | DOT11N | WPA-CCMP... | 48/68/85 | 1/106.97/300 | 1,740,704 | 5,608 | 113 | 609 |
| D-Link:E9:05:00 | 11 | AP | OFFICE5 | WEP | 46/57/68 | 1/13.99/54 | 123,346 | 1,190 | 89 | 0 |
| IntelCorpo:A0:8F:B5 | 2 | STA | | WPA | 38/52/83 | 18/56.89/65 | 570,414 | 2,876 | 17 | 0 |
| D-Link:03:96:1F | 2 | STA | | WPA | 43/58/80 | 1/150.79/300 | 977,582 | 2,428 | 230 | 697 |
| Netgear:D2:37:53 | 11 | STA | | WEP | 23/36/56 | 11/43.59/54 | 83,704 | 1,150 | 130 | 0 |

С появлением новой технологии 802.11n, которая в настоящий момент поддерживает скорость до 300 Мбит/с, а в дальнейшем будет поддерживать скорость до 600 Мбит/с, количество одновременно совершаемых звонков стало менее актуальной проблемой. Тем не менее, более старые стандарты 802.11b (11 Мбит/с), 802.11g (54 Мбит/с) и 802.11a (54 Мбит/с) пока распространены гораздо шире, чем устройства с новым стандартом 802.11n. Калькуляторы для подсчета загрузки сети доступны в Интернете; используя такой калькулятор, сетевой администратор может рассчитать значения в зависимости от используемого стандарта 802.11 и выбранного кодека. Например, для беспроводной сети 802.11g и VoIP-кодека G.729 рекомендуется одновременное прохождение 27 VoIP-звонков с ожидаемым MOS 3.8; при этом максимальное допустимое количество звонков составляет 98 при ожидаемом MOS 3.2. Использование стандарта 802.11b вместо 802.11g уменьшает количество одновременно проходящих звонков примерно в пять раз. При использовании широкополосного кодека G.711 с точкой доступа 802.11g, рекомендуется одновременное прохождение 15 звонков с ожидаемым MOS 4.1; при этом максимальное допустимое количество звонков составляет 53 при ожидаемом MOS 3.4.

Уровень сигнала

Уровень сигнала оказывает влияние на эффективную скорость передачи данных по беспроводному каналу и существенно влияет на качество VoIP-звонка. Низкий уровень сигнала заставляет клиентов точки доступа снижать скорость передачи данных, а это вполне может привести к тому, что изначально выбранный кодек уже не сможет быть использован. Низкий уровень сигнала влияет на количество повторных запросов (retries), что приводит к выпадающим из последовательности пакетам и увеличению джиттера. Понятно, что низкие уровни сигналов могут привести к падению скорости передачи до такой степени, что качество передачи голоса станет неприемлемым.

Сетевой анализатор постоянно следит и отображает уровень сигнала и скорости передачи для всех беспроводных станций, что позволяет сетевым администраторам вовремя обнаруживать недостаточные скорости и для их корректировки вносить необходимые изменения в аппаратную конфигурацию и/или кодеки.

Количество повторных запросов

Беспроводная передача данных гораздо более чувствительна к ошибкам, чем проводная. Пакеты, передаваемые по беспроводной сети, часто теряются, что приводит к передаче беспроводным оборудованием одних и тех же пакетов вновь и вновь. Как было сказано в предыдущих главах, VoIP отбрасывает пакеты, которые пришли слишком поздно или выбились из последовательности. Таким образом, повторные запросы беспроводных пакетов влияют на такие показатели качества звука, как джиттер, и вызывают "провалы" в аудио-потоках вследствие потери пакетов.

Большое количество повторных запросов уменьшает эффективную скорость беспроводной сети, снижает доступную полосу пропускания и приводит к скачкам скорости передачи данных, что в свою очередь, влияет на джиттер и еще более усложняет поддержание надлежащего качества звукопередачи. Используя статистику, предоставляемую анализатором беспроводной сети, вы можете определить количество повторных запросов для каждого клиента, как это показано на скриншоте выше. Хотя некоторое количество повторных запросов неизбежно случается в любой 802.11-сети, большое количество таких запросов относительно общего числа пакетов означает, что

клиенты либо находятся слишком далеко от точки доступа, либо уровень радиопомех слишком велик.

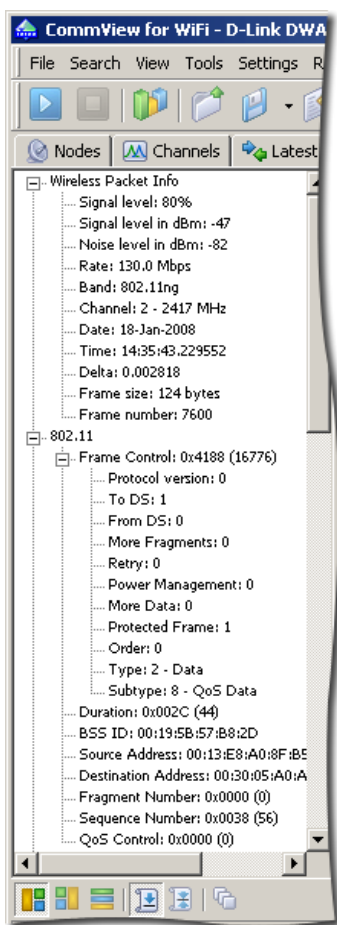
Беспроводной QoS (WMM)

Стандарт Wi-Fi Multimedia (WMM) является сертификацией Wi-Fi Alliance, базирующейся на стандарте IEEE 802.11e. Он обеспечивает основные возможности QoS для сетей IEEE 802.11. Отдавая приоритет VoIP-трафику над процессами, менее чувствительными к скорости передачи данных, можно добиться уменьшения флуктуации интервалов между пакетами при их прохождении по

The image shows two screenshots from a network configuration interface. The top screenshot is titled "QOS ENGINE SETUP" and contains the following settings: "Enable QoS Engine" is checked; "Automatic Classification" is unchecked; "Dynamic Fragmentation" is checked; "Automatic Uplink Speed" is checked; "Measured Uplink Speed" is "Not Estimated"; "Manual Uplink Speed" is set to "128" kbps with a "Select Transmission Rate" dropdown; "Connection Type" is "Cable Or Other Broadband Network"; "Detected xDSL or Other Frame Relay Network" is "No". The bottom screenshot is titled "10 -- QOS ENGINE RULES" and shows a table with columns for Name, Priority, Protocol, Local IP Range, and Local Port Range. The first row is checked and has the following values: Name: "All QoS", Priority: "100" (range 1..255), Protocol: "17" (range << UDP), Local IP Range: "0.0.0.0" to "255.255.255.255", and Local Port Range: "1024" to "65535".

сети. Использование QoS является простым и недорогим решением для серьезного улучшения качества VoIP-звонков.

При настройке QoS в беспроводной сети следует установить приоритет VoIP-трафика. В результате беспроводная точка доступа будет использовать методы управления перегрузками и их предотвращения, что обеспечит приоритетную передачу VoIP-пакетов по сравнению со всеми остальными пакетами.

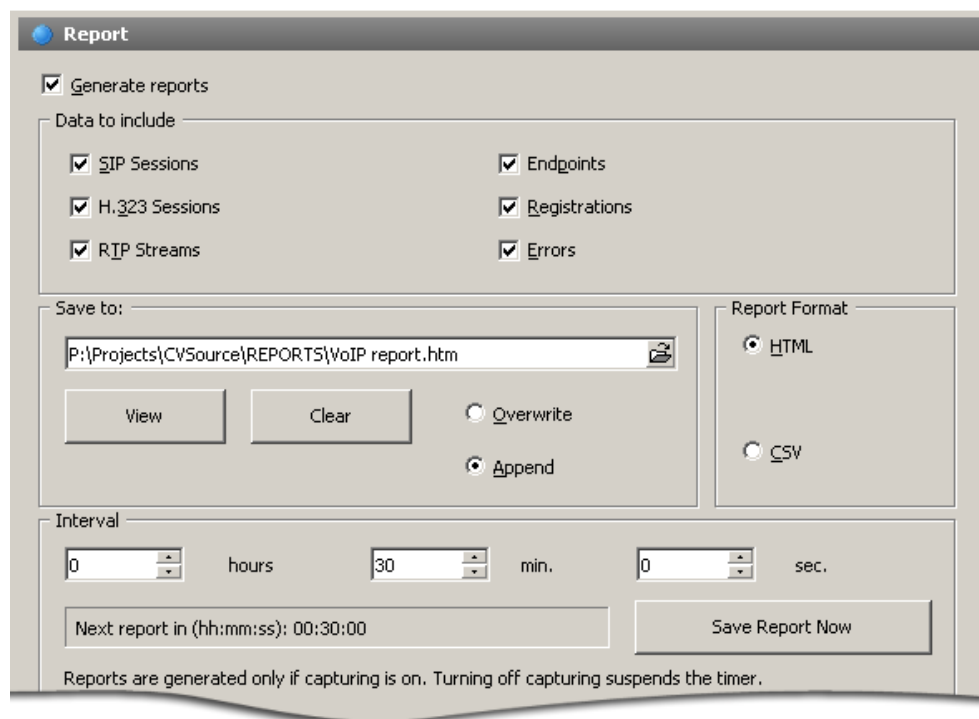


Введение QoS в беспроводную среду позволяет получать более предсказуемые характеристики сети и более высокие скорости передачи, сокращая при этом джиттер и минимизируя эффекты от потерянных пакетов и пакетов, переданных вне последовательности. Включение механизма QoS – вещь достаточно простая, требуется лишь изменение настроек станций и беспроводной точки доступа. На рисунке выше показана типичная настройка QoS для точки доступа. Считается, что QoS обладает наилучшим соотношением цена/качество из всех средств настройки беспроводных сетей.

Несмотря на то, что настройка QoS точки доступа кажется простой задачей, важно удостовериться, что QoS работает как положено, т. е. правила механизма QoS применяются верно, VoIP-пакеты в отличие от других имеют приоритет, а беспроводные узлы, участвующие в коммуникации VoIP, имеют поддержку WMM на драйверном уровне. Поскольку программа мониторинга может перехватывать и декодировать отдельные пакеты, то вполне возможно изучение перехваченных пакетов на предмет соответствия QoS. А именно, для пакетов, задействованных с коммуникации VoIP, поле Data Subtype в пакетах должно иметь значение "QoS Data", а поле QoS Control, содержащее информацию об уровне приоритета данных, должно быть ненулевым. Соответственно, для не-VoIP-пакетов поле QoS Control должно быть нулевым. Если для некоторых клиентов поле Data Subtype имеет значение "Data", а не "QoS Data", то это означает, что у клиента нет поддержки WMM на уровне драйвера.

Отчеты

Анализ в режиме реального времени является важным для внесения изменений на месте в разрабатываемую или внедряемую VoIP-систему. Более тщательный анализ дает такие преимущества, как статистика на больших промежутках времени, удобство, а также возможность сфокусироваться на наиболее важных проблемах. Хотя анализ в реальном времени чаще всего используется техническими специалистами, руководителям групп и менеджменту может быть удобно работать с хорошо отформатированным отчетом. Обработанные результаты из отчета могут служить основой для хорошей презентации или краткого доклада в ходе заседания компании.



Возможность создания настраиваемых отчетов является важной функцией анализатора. Выше проиллюстрирована информация, доступная в отчете о работе VoIP-системы.

О компании TamoSoft

Компания TamoSoft разрабатывает передовые программные продукты, связанные с безопасностью и мониторингом Интернета и локальных сетей, давая своим клиентам возможность уверенно смотреть в завтрашний день. Самые современные стандарты и технологии, используемые в продуктах компании, помогут вам быстро и качественно решить стоящие перед вами задачи администрирования компьютерных сетей, поиска уязвимостей в них, отслеживании потоков данных, возможных вторжений в сеть извне или утечки информации изнутри сети.

Имея среди своих клиентов такие компании, как Motorola, Siemens, Ericsson, Nokia, Cisco, Lucent Technologies, Nortel Networks, Unisys, UBS, Olympus, General Electric и пр., TamoSoft является одной из самых быстрорастущих фирм на рынке производства программного обеспечения. Продукты компании TamoSoft доступны как на нашем веб-сайте, так и через сеть партнеров.

TamoSoft
PO Box 1385
Christchurch 8140
New Zealand
www.tamos.com
www.tamos.ru