



European Broadcasting Union
Technical Department

Union Européenne de Radio-Télévision
Département Technique

EBU – TECH 3329

A Tutorial on Audio Contribution over IP

Руководство по передаче звука через IP

Источник: N/ACIP

Внимание!

- Данный перевод **НЕ** является аутентичным и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

Женева
Май 2008

Содержание

Предисловие	4
1. Аудио по IP	4
1.1 Введение	4
1.2 Типы передачи	4
1.2.1 Передача файлов	5
1.2.2 Передача потоков	5
1.3 Инициативы EBU	5
2. Почему IP?	6
2.1 Смена технологии	6
2.2 Преимущества для пользователей	6
2.3 Качество услуг	7
3. Прототипы	7
3.1 Транспортные протоколы	7
3.1.1 UDP.....	7
3.1.2 TCP.....	7
3.1.3 RTP.....	7
3.1.4 RTCP	8
3.1.5 UDP или TCP?.....	8
3.2 Протоколы сигнализации	8
3.2.1 SDP	8
3.2.2 SIP	8
3.2.3 SAP	9
3.2.4 RTSP.....	9
4. Алгоритмы аудио кодирования	9
4.1 Обязательные аудио кодеки	9
4.1.1 ITU G.711	10
4.1.2 ITU G.722	10
4.1.3 ISO MPEG-1/2 Layer II	10
4.1.4 PCM	10
4.2 Рекомендуемые аудио кодеки	10
4.2.1 ISO MPEG-1/2 Layer III	11
4.2.2 MPEG-4 AAC, MPEG-4 AAC-LD	11
4.3 Опциональные аудио кодеки	11
4.3.1 Enhanced APT-X	11
4.3.2 MPEG-4 HE-AACv2	11
4.3.3 Dolby AC-3.....	11
4.3.4 AMR-WB+.....	12
5. IP сети	12
5.1 Доступ «последней мили» к конечному пользователю	12
5.2 Дефекты сети	12
5.2.1 Потеря пакетов	12
5.2.2 Задержка пакетов	12
5.2.3 Колебания задержки пакетов / джиттер	12

5.2.4	Нарушение порядка пакетов	13
5.2.5	Фрагментация пакетов	13
5.3	Управление сетью	13
5.3.1	Профилирование согласно ITU-T Rec Y.1541.....	13
5.3.2	Качество услуг	13
5.3.3	Unicast и Multicast	14
6.	Синхронизация	14
7.	Эксплуатационная практика	14
7.1	Классы эксплуатации	14
7.2	Типы соединений	15
7.3	Задержка	16
7.4	Доступность и качество сети	16
7.5	Безопасность	16
7.6	Контрольные устройства через SNMP	16
8.	В заключение	17
9.	ОФИЦИАЛЬНОЕ УВЕДОМЛЕНИЕ	17
10.	Ссылки	18
11.	Глоссарий	18

Руководство по передаче (сбору) звука через IP

<i>Комитет EBU</i>	<i>Первый выпуск</i>	<i>Переработка</i>	<i>Переиздание</i>
NMC	2008		

Ключевые слова: Распределение звука, Интернет-протокол, Пользовательские требования, Взаимодействие

Предисловие

Терминалы аудио по IP все больше используются в радио операциях для передачи потоков радио программ по IP сетям из удаленных пунктов или местных станций в студийные центры. Неизменно используются хорошо управляемые частные IP сети с контролируемым качеством услуг. Интернет тоже все больше используется для радио распределения, особенно на дальние расстояния. Радиокорреспонденты смогут использовать в оборудовании либо ISDN, либо Интернет через ADSL, либо другие IP сети для передачи своих отчетов. Службы ISDN, используемые вещателями, в некоторых странах будут закрыты.

За очень редким исключением IP оборудование одного производителя до настоящего времени не было совместимо с оборудованием другого производителя. На основе инициативы немецких производителей и вещателей EBU провел работу по созданию стандарта для взаимодействия в проектной группе N/ACIP, Audio Contribution over IP. Этот стандарт, совместно разработанный членами группы EBU и производителями, опубликован как EBU Doc Tech 3326-2007, а несколько производителей уже частично его внедрили. Некоторые устройства звука по IP еще не совсем доработаны и находятся в стадии прототипа, но развитие продолжается. Plugfest между 9 производителями в феврале 2008 г. показал, что прежде несовместимые устройства теперь могут соединяться по новому стандарту.

Требования к взаимодействию основаны на использовании RTP по UDP для аудио сеанса и SIP для сигнализации. Структура полезной нагрузки пакетов определена в документах IETF RFC для общепринятых аудио форматов в радио распределении. Определены четыре обязательных формата кодеков: G.711, G.722, MPEG Layer II и линейный PCM. Можно использовать и другие аудио форматы в структуре EBU, если метод инкапсуляции будет опубликован как документ IETF RFC.

Настоящий документ основан на коллективных вкладах членов EBU и производителей.

1. Аудио по IP

1.1 Введение

Документ предназначен для поддержки членов EBU в технологии систем аудио по IP в распределении звука. Он охватывает базовые IP компьютерные и сетевые технологии и предлагает подходящие протоколы для передачи потоков аудио по IP. Терминалы для аудио по IP сейчас распространены в операциях передачи потоков радиопрограмм по IP сетям. Это оборудование используется для создания схем распределения из удаленных пунктов или местных станций в студийные центры.

Обычно используются хорошо управляемые частные IP сети с контролируемым качеством услуг (QoS) и обычно большой полосой пропускания. Интернет тоже все больше используется для радио распределения, особенно на дальние расстояния. Однако использование высоких скоростей передачи битов и надежную передачу через Интернет гарантировать нельзя. Корреспонденты могут использовать в оборудовании либо ISDN, либо Интернет для передачи своих отчетов. Более 20 производителей поставляют оборудование для приложений аудио по IP.

1.2 Типы передачи

В IP сетях можно использовать два типа передачи звука:

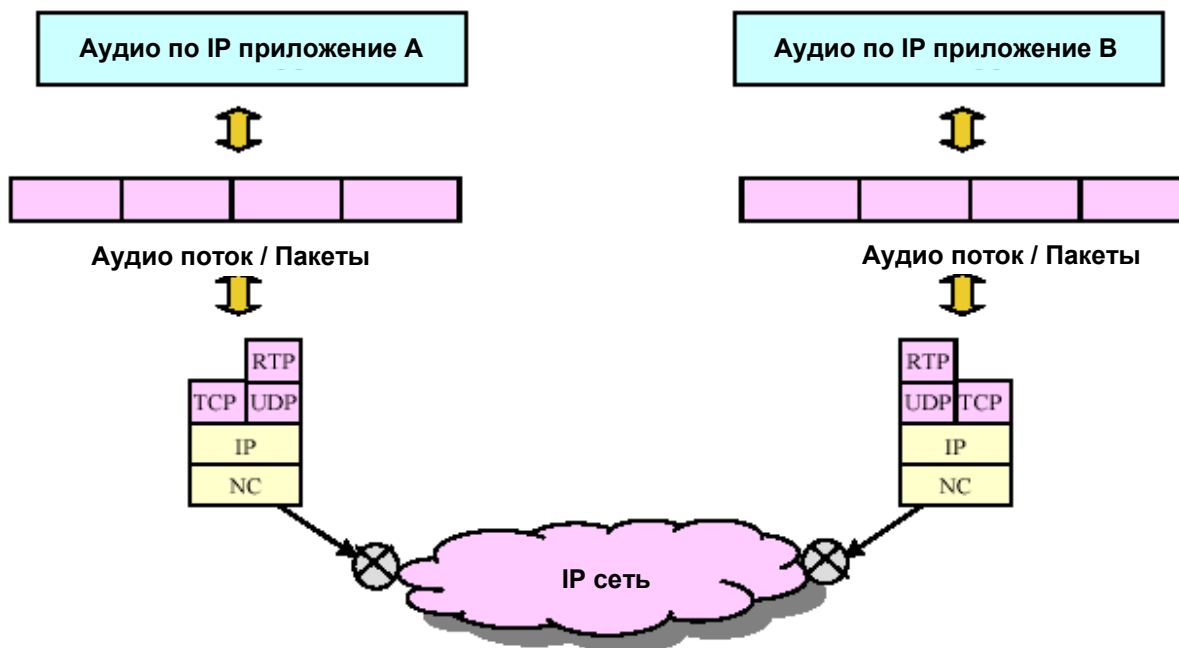
- Передача файлов
- Передача звука потоками

Аудио по IP экстенсивно используется для распространения в прямом web-радио и для подкастов, т.е. загрузке аудио файлов потребителям. Частные IP сети начинают использоваться в вещании для распределения звука с передачей файлов или внутренней передачей потоков.

1.2.1 Передача файлов

Безопасность и хорошее качество звука можно гарантировать за счет передачи аудио файлов FTP/TCP. Этот метод широко используется для файловых операций на ТВ и радио станциях. Стандарты аудио файлов определены EBU. Broadcast Wave Format [2] и RF64 [3] используются во всем мире для вещания и аудио архивирования. Ограниченная емкость сети может вести к небольшой задержке в передаче файла, но не ухудшает качество звука в исходном файле. Задержка в несколько секунд или минут часто вполне допустима для записанного материала. Передача файлов в данном документе не рассматривается и изучается группой EBU N/FT-AVC. Имеется справочный документ EBU: Tech 3319.

1.2.2 Передача потоков



Для прямых трансляций следует использовать передачу потоков. Передача прямого звука по сетям с коммутацией пакетов типа IP может быть проблематичной, т.к. большие задержки или потеря пакетов могут вызвать прерывания звука. Настоящий документ сфокусирован на передаче потоков.

1.3 Инициативы EBU

До настоящего времени решения производителей по распределению звука по IP были несовместимы друг с другом. На базе инициативы немецких поставщиков и вещателей Европейский вещательный союз создал проектную группу: N/ACIP, Audio Contribution over IP. Одна из ее задач – предложение структуры для достижения взаимодействия. Члены EBU и производители сотрудничали в выработке стандарта для взаимодействия. Он был опубликован в 2007 г. [1]. Более 10 производителей уже начали его внедрять, начиная с минимальной опции взаимодействия.

Спецификация взаимодействия основана на протоколах для Voice over IP с RTP по UDP для транспорта звука и SIP для сигнализации. Формат полезной нагрузки пакетов уже был в спецификациях IETF (RFC) для общепринятых аудио форматов в радио распределении, например, G.722, MPEG Layer II и линейный PCM.

Еще одна задача проектной группы N/ACIP – дать вещателям руководство по внедрению распределения звука по IP.

Дальнейшую информацию о EBU N/ACIP можно получить в <http://www.ebu-acip.org>.

2. Почему IP?

2.1 Смена технологии

Интернет-протокол (IP) распространен сегодня во всех компьютерах. Он используется во всем мире в Интернете и в корпоративных или частных сетях на базе IP, используемых вещателями.

IP не зависит от лежащей в основе технологии передачи данных. Для физических уровней существует много адаптаций IP, например, Ethernet, ATM и SDH по медным, волоконным или радио каналам.

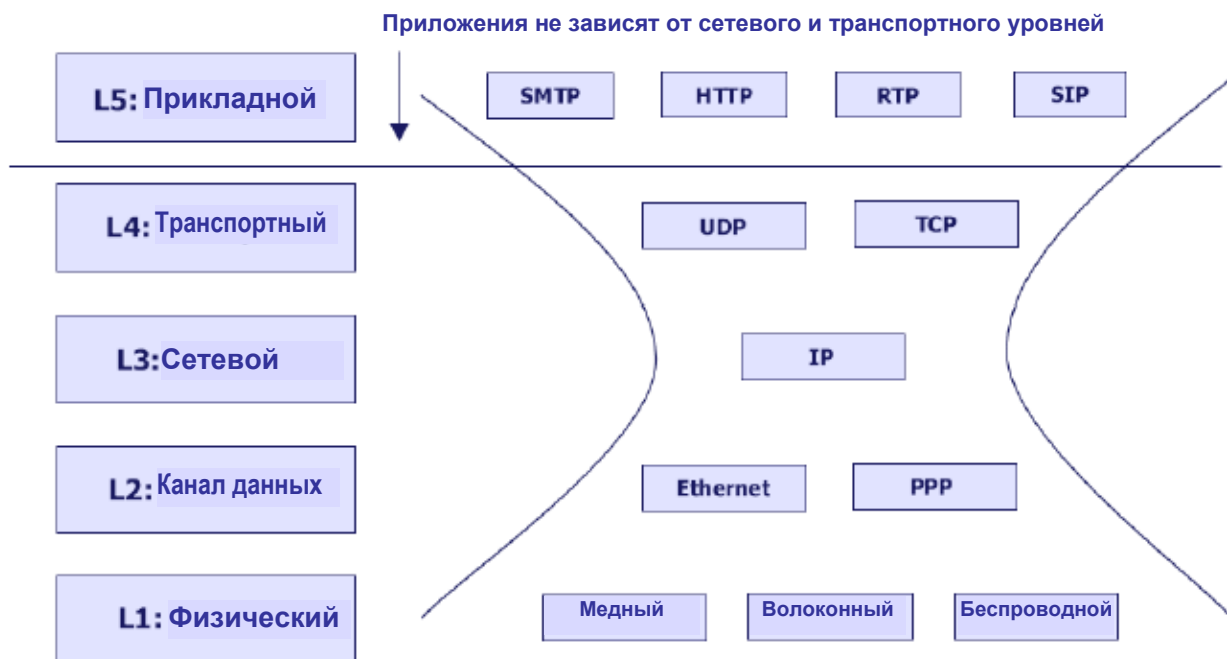


Рис. 1

2.2 Преимущества для пользователей

Приложения могут сообщаться стандартизированным путем по соединенным IP сетям. Компьютеры-хосты доступны почти мгновенно, где бы они ни находились. Постоянные или временные соединения для распределения звука могут использовать одни и те же типы приложений. С помощью стандартных протоколов (SIP, RTP, UDP), используемых также для Voice over IP в передаче звука потоками, радиопрограммы можно напрямую передавать в другое место, просто набрав номер или имя типа e-mail. Можно использовать разные типы форматов аудио кодирования с разной скоростью передачи битов. Большая скорость позволит стерео или многоканальный звук с линейной кодировкой PCM. Максимально допустимая скорость зависит от сети и качества услуг.

Интернет и частные IP сети постоянно модернизируются и увеличивают полосу пропускания, что позволит передачу ТВ изображений высокой четкости и высококачественного звука для всех потребителей. При такой быстрой эволюции можно будет использовать для распределения и распространения только звука корпоративные IP-компьютерные сети и Интернет. Стоимость сетей будет падать, а качество услуг расти. NGN (Next Generation Networks) - is the broad term name for the продвинутых сетей для публики, с увеличенной полосой. Тройная услуга предлагает данные, телефон и ТВ.

Мобильные IP сети будут иметь большой охват населения во многих странах. Системы 3G/UMTS и LTE (4G) скоро обеспечат более высокие скорости передачи от абонента. Точки доступа WiMAX и WLAN – другие эволюции, способные обеспечить достаточную скорость для распределения радио. Однако качество услуг в этих системах не гарантировано из-за интерференции и коллективного доступа. Добавленная ценность этих новых сетей – почти мгновенный доступ к ПТС или репортерам во всех городских зонах. Например, преимущество использования SIP (Session Initiation Protocol) в том, что репортер легкодоступен почти в любой точке мира с одной идентификацией, независимо от используемого оборудования.

Ожидается, что системы аудио по IP все больше будут использоваться для прямой IP передачи потоков. Это будет происходить постепенно в течение нескольких лет, когда терминалы достигнут зрелости, стандарты будут внедрены, а емкость сетевого транспорта, возможно, подешевеет. На рынке будут конкурировать специальные аппаратные или программные системы, работающие в PC. Ценовые тенденции прогнозировать сложно, но более зрелый конкурентный рынок с увеличением продаваемого оборудования, возможно, приведет к снижению цен.

2.3 Качество услуг

Качество услуг обычно очень высоко в существующих синхронных системах для распределения, при довольно высокой цене. Вообще, традиционные системы на базе SDH/PDH по волоконным или микроволновым каналам с системами передачи не-IP дают в год всего несколько минут простоя. Вероятно, потребуется некоторое время, чтобы прийти к уровню бесперебойного обслуживания с используемыми сегодня различными сетевыми IP решениями. Например, физическое резервирование (за счет двух независимых терминалов в каждом конце и двух сетевых трактов) надо учитывать в большинстве критических распределительных схем вещания, использующих хорошо управляемые частные IP сети.

3. Протоколы

3.1 Транспортные протоколы

EBU выпустил стандарт взаимодействия [1]. Он основан на обязательном использовании SIP для сигнализации и RTP по UDP для передачи звука. TCP опционален. RTP (по UDP) разработан в особенности для прямой передачи медиа и дает эффективный метод. Механизм сегментирования исходного аудио формата в IP пакеты основан на существующих RFC от IETF.

Взаимодействие между терминалами аудио по IP и IP телефонами будет возможно через протокол SIP для сигнализации.

3.1.1 UDP

UDP, User Datagram Protocol, очень прост и состоит в передаче информации «как есть» в пакетах, без контроля перегрузки, установки сеанса или подтверждений. UDP часто называют «выстрелил-забыл». Все функции и механизмы контроля ошибок должны быть реализованы на верхних прикладных уровнях. Есть некоторые проблемы при прохождении файрволов с NAT (Network Address Translation). С NAT можно справиться специальными методами, например, STUN (Simple Traversal of UDP through NATs), которые используются для преобразования множества частных IP-адресов в один публичный адрес.

3.1.2 TCP

TCP, Transmission Control Protocol – надежный протокол, использующий подтверждения / ретрансляции и включающий механизм предотвращения перегрузки. Требуется двунаправленной передачи. Этот протокол не годится для передачи потоков, т.к. механизм ретрансляции ведет к большим задержкам, и эффективность снижается. Контроль перегрузки может снизить скорость передачи ниже скорости передачи битов медиа кодека, что может привести к отправке перегруженного и приему недогруженного буфера. Это может вызвать разрыв соединения. С другой стороны, TCP имеет преимущество в надежности и легче проходит файрволы, чем UDP, т.к. ориентирован на соединение.

3.1.3 RTP

RTP (Real-time Transport Protocol) предназначен для транспорта мультимедийных потоков по IP сетям. Работает поверх UDP. IP сети асинхронны и могут терять или переупорядочивать пакеты. Для решения этих проблем в RTP определено несколько полей:

PT (Payload Type) отмечает содержание пакета. Существует несколько стандартных значений, но для других кодеков тип должен быть описан в протоколе описания услуги, SDP (Session Description Protocol).

Порядковый номер используется прежде всего для идентификации и обнаружения потерянных пакетов, а во-вторых, для восстановления порядка их передачи, что может облегчить обнаружение потерь.

Временная метка – момент дискретизации для первого октета медиа данных в пакете. Может использоваться для восстановления тактовой частоты на приемной стороне, если она не обеспечена другими средствами.

RTP не включает механизм восстановления в случае потери пакетов.

3.1.4 RTCP

RTCP (RTP Control Protocol) используется для передачи отчетов получателя обратно отправителю. На основе информации о джиттере, полосе или потере пакетов отправитель может заново переслать пакеты или адаптировать передачу согласно сообщениям, например, с синхронизацией медиа потоков, членством в сеансах или исходной описательной информацией.

3.1.5 UDP или TCP?

Стандарт EBU предполагает использование RTP по UDP, а не TCP. Однонаправленный поток RTP с небольшим заголовком (малой перегрузкой) больше подходит для аудио передач. Кроме того, RTP по UDP иногда имеет высший приоритет, чем TCP в маршрутизаторах.

3.2 Протоколы сигнализации

Сигнализация необходима для установки «вызова», окончания и согласования параметров между терминалами. SIP (Session Initiation Protocol), популярный протокол, используемый в телефонных системах Voice over IP, также выбран для спецификации EBU для соединения широкополосного звука.

Это открывает взаимодействие между IP телефонами или мобильными ручными устройствами с SIP и вещательными системами аудио по IP. Во время установления вызова SIP и SDP дают возможность автоматического согласования между терминалами для поиска общей системы аудио кодирования.

3.2.1 SDP

SDP (Session Description Protocol – согласно RFC 4566) используется для определения типа аудио кодирования, используемого в медиа потоке RTP. Это протокол на базе текста, который легко анализируется и контролируется.

Пример SDP:

Описание стерео сеанса PCM 16 бит 48 kHz в host.anywhere.com:

```
v=0
o=alice 2890844526 2890844526 IN IP4 host.anywhere.com
s=
c=IN IP4 host.anywhere.com
t=0 0
m=audio 49232 RTP/AVP 98
a=rtpmap:98 L16/48000/2
```

Поле “m=” показывает, что это поток RTP с полезной нагрузкой типа 98. Поле “a=rtpmap” дает формат и параметры аудио кодирования с данным типом полезной нагрузки.

SDP – просто текстовый формат, и транспорт не определен. Для транспорта текста SDP можно использовать RTSP (Real-Time Streaming Protocol), SIP (Session Initiation Protocol) или любой другой транспортный механизм.

3.2.2 SIP

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол сигнализации, все больше используемый в телефонных IP системах вместо H.323. Он имеет много полезных свойств, которые могут использоваться и в распределительных системах радио с лучшим качеством звука. SIP передает сообщения SDP.

Порт 5060 используется SIP. Терминалы прослушивают этот порт на входящие запросы. SIP активен только для установки, окончания и контроля вызова. Другой конец обнаруживается с помощью DNS-серверов или баз данных ENUM. После инициации сеанса SIP остается незанятым и начинается отдельный сеанс передачи аудио потоков.

Полезное свойство SIP в сочетании с SDP – согласование аудио кодека для передачи во время установки вызова. Каждый терминал выдвигает понятную ему аудио кодировку, и затем выбирается общий формат.

Сеансы SIP могут происходить напрямую между терминалами или через промежуточные системы типа шлюзов SIP или прокси. Типы элементов SIP в сетях:

- User Agent (UA) , кодек или телефон
- Прокси-сервер (часто называемый SIP сервер или SIP прокси)
- Сервер местоположения
- Сервер регистрации
- Сервер переадресации

Разные элементы могут использовать общие аппаратные средства.

Ключевое свойство SIP – «*присутствие*», где терминал может регистрироваться по серверу местоположения, содержащему информацию об IP адресах и других параметрах. Затем можно делать все вызовы через этот сервер, не зная IP адреса от корреспондента. Эта функция, в сочетании со стационарными или ручными устройствами SIP, позволит персоналу ньюсрума быстро находить своих репортеров.

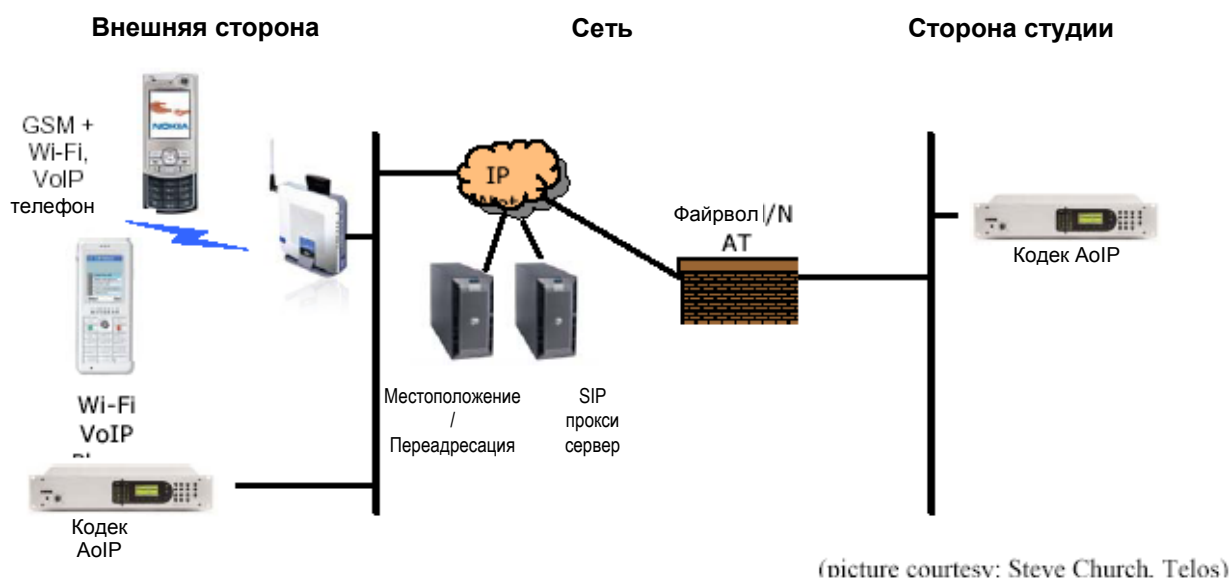


Рис. 2: Типичная инфраструктура с использованием SIP

3.2.3 SAP

SAP (Session Announcement Protocol) – простой однонаправленный протокол для транспорта сообщений SDP. Сообщения передаются регулярно. Это полезно в случае отсутствия возвратного канала (пример: спутниковый канал) или с многоабонентскими сеансами.

3.2.4 RTSP

RTSP (Real Time Streaming Protocol) используется для установки и контроля одного или нескольких медиа потоков. Обеспечивает функции в стиле дистанционного управления потоком и сеансом. Используется, например, в некоторых системах IPTV.

Не используется в спецификации N/ACIP для взаимодействия, т.к. там выбран SIP.

4. Алгоритмы аудио кодирования

4.1 Обязательные аудио кодеки

Четыре обязательных формата аудио кодирования предложены EBU для взаимодействия в распределении по IP. Эти форматы должны присутствовать в устройствах, соответствующих спецификации. Цель – минимальная общая база. Эти четыре формата намеренно выбраны как дешевые и несложные в реализации.

- ITU G.711
- ITU G.722
- MPEG Layer II
- PCM (опционален для портативных устройств)

4.1.1 ITU G.711

G.711 можно найти почти во всех системах речи по IP. Скорость передачи битов аудио 64 kbit/s. Существует два профиля компрессии: μ -law, используемый в США и Японии, и A-law для Европы и остальных стран. По умолчанию следует использовать 20 мс аудио на пакет RTP, для повышения совместимости с системами Voice-over-IP, хотя можно брать и другие значения.

4.1.2 ITU G.722

G.722 очень распространен и прост в реализации несмотря на ограниченную полосу звука. Скорость передачи битов 64 kbit/s. По умолчанию следует использовать 20 мс аудио на пакет RTP, хотя можно брать и другие значения.

4.1.3 ISO MPEG-1/2 Layer II

Аудио формат MPEG-1/2 Layer II несложен и имеет невысокую патентную стоимость. Он обеспечивает высокое качество звука на средних / высоких скоростях передачи битов и опцию передачи вспомогательных данных. Диапазон возможных скоростей передачи и частот дискретизации большой. EBU N/ACIP решила определить обязательные/рекомендуемые скорости для оборудования аудио по IP. Следующая таблица содержит обязательные скорости передачи жирным шрифтом плюс другие рекомендуемые. Производители могут опционально реализовать и другие скорости.

Формат полезной нагрузки RTP – это формат для элементарных или транспортных потоков MPEG. Он весьма распространен и используется для некоторых систем IPTV.

Параметры MPEG также сигнализируются в тексте SDP, поэтому промежуточные системы могут получить всю информацию о потоке.

Скорость передачи битов [kbit/s]	Частота дискретизации			
	16 kHz*	24 kHz*	32 kHz	48 kHz
32	M			
40	M			
48	M			
56	M	M	M	M
64	M	M	M	M
80		M	M	M
96		M	M	M
112		M	M, JS, S	M, JS, S
128		M	M, JS, S	M, JS, S
160			M, JS, S	M, JS, S
192†			M, JS, S	M, JS, S
224			S	S
256†			S	S
320			кадр слишком большой	S
384†			кадр слишком большой	S

*MPEG-2 †ОПЦИОНАЛЬНО для портативного оборудования

Обозначения: M = Mono, JS = Joint-Stereo, S = Stereo

4.1.4 PCM

PCM (линейное аудио) не имеет стоимости патента, несложен и не подвержен деградации в случае каскадов аудио кодирования. Определено квантование 16, 20 и 24 бит. Следует заметить, что это raw transport. Пользовательские биты и другая информация в формате AES/EBU не транспортируются. Для аудио кадров AES/EBU не существует никакой полезной нагрузки RTP, хотя в будущем это можно определить. Реализация линейного аудио формата опциональна для портативных устройств.

4.2 Рекомендуемые аудио кодеки

Кроме обязательных кодеков, можно использовать в качестве общей структуры для других форматов аудио кодирования стандарт взаимодействия EBU Doc Tech 3326. Некоторые распространенные форматы, рекомендованные EBU N/ACIP, перечислены ниже.

Производители могут их реализовывать, а могут и нет, даже если они рекомендованы. В случае реализации они должны следовать следующей спецификации в целях соответствия.

4.2.1 ISO MPEG-1/2 Layer III

(ISO 11172-3 MPEG-1 Layer III и ISO/IEC 13818-3 MPEG-2 Layer III).

Для сокращения числа вероятностей в следующей таблице показана рекомендуемая реализация. Скорости передачи битов и частоты дискретизации жирным шрифтом обязательны.

Скорость передачи битов [kbit/s]	Частота дискретизации			
	16 kHz*	24 kHz*	32 kHz	48 kHz
32	M			
40	M			
48	M	M	M	M
56	M	M	M	M
64	M	M	M	M
80		M	M	M
96		M	M	M
112		M	M, JS, S	M, JS, S
128		M	M, JS, S	M, JS, S
160			M, JS, S	M, JS, S
192†			M, JS, S	M, JS, S
224			S	S
256†			S	S
320			Большой кадр	S

*MPEG-2 †ОПЦИОНАЛЬНО для портативного оборудования

Обозначения: M = Mono, JS = Joint-Stereo, S = Stereo

Можно использовать два формата полезной нагрузки: либо обычный MPEG (RFC2250), либо формат, специально предназначенный для робастного транспорта MPEG Layer III (RFC3119). Дело в том, что кадры MPEG Layer III зависимы, и в случае потери одного пакета увеличивается эффект деградации. Робастный транспортный режим предназначен для предотвращения этой ситуации, собирая зависимые кадры в один или общий групповой пакет.

Эти транспортные режимы по-разному сигнализируются в SDP.

4.2.2 MPEG-4 AAC, MPEG-4 AAC-LD

(ISO/IEC 14496-3 MPEG-4 AAC Low Complexity Profile, MPEG-4 AAC-LD).

Существует формат полезной нагрузки RTP для элементарных потоков MPEG-4 (RFC3640). Он включает все варианты MPEG-4 AAC. (AAC-LC, AAC-LD,...). Для уменьшения перегрузки сигнализация кадров (ADTS или LATM) не используется. Это значит, что все параметры должны сигнализироваться в SDP, чтобы декодер получил необходимые параметры.

4.3 Опциональные аудио кодеки

Дальнейшие спецификации сделаны для других форматов аудио кодирования. Правило в спецификации EBU – что аудио форматы должны иметь формат полезной нагрузки RTP, определенный и зарегистрированный в IETF. Каждый производитель кодеков может передать формат полезной нагрузки в группу IETF AVT, который потом будет опубликован как RFC. Это важно для взаимодействия.

4.3.1 Enhanced APT-X

Это формат ADPCM от корпорации APT (www.aptx.com)

Формат полезной нагрузки RTP находится в процессе стандартизации в IETF.

Этот формат имеет преимущество небольшой задержки кодирования. Он используется для передачи многоканального звука 5.1. Имена подтипов MIME: 'aptX', 'EaptX 16', 'EaptX 24', 'aptXLive'

4.3.2 MPEG-4 HE-AACv2

Следует использовать инкапсуляцию RTP согласно RFC 3640 (как для других форматов MPEG-4 AAC).

4.3.3 Dolby AC-3

Следует использовать инкапсуляцию RTP согласно RFC 4184.

4.3.4 AMR-WB+

Extended Adaptive Multi-Rate Wideband определен в 3GPP TS 26.290. 3GPP первоначально разработал аудио кодек AMR-WB+ для передачи потоков и служб сообщений в сотовых системах GSM и 3G.

Кодек задуман как аудио расширение речевого кодека AMR-WB (G.722.2). Реализация этих кодеков открывает возможности для будущего взаимодействия с сетями мобильной связи и повышения качества звука в мобильных телефонах.

При реализации AMR-WB+ следует использовать инкапсуляцию RTP согласно RFC 4352. При реализации AMR-WB (G722.2) следует использовать инкапсуляцию RTP согласно RFC 3267.

5. IP сети

Важно делать различие между управляемыми IP сетями и Интернетом. Интернет – публичная неуправляемая IP сеть, не имеющая гарантированного качества услуг (QoS).

Операторы телекома предлагают все больше услуг на базе IP. Традиционные услуги на базе ATM, PSTN, ISDN, SDH и PDH постепенно ликвидируются или станут дорогим нишевым продуктом. Их заменят услуги «all-over-IP» по медным, волоконным или микроволновым каналам.

Эти услуги касаются не только передачи данных, но и речевой телефонии и ТВ, на базе IP сетей с управляемым качеством услуг.

5.1 Доступ «последней мили» к конечному пользователю

Следующие методы доступа «последней мили», возможно, будут использоваться для Audio over IP:

- Волоконно-оптический: высокое качество, но дорого.
- Медный кабель с ADSL или SDSL: Хорошая производительность по разумной цене, распространен.
- Мобильный (3G/UMTS, WiMAX): Распространен, но, к сожалению, пока нет решения с управляемым качеством услуг. Большие задержки.
- Спутниковый: Есть несколько решений, с развитием управляемого качества услуг, но пока дорого. Большие задержки.
- Беспроводной (WiFi /WLAN): Коллективное использование частот, отсюда проблемы интерференции.

5.2 Дефекты сети

5.2.1 Потеря пакетов

Это может быть вызвано перегрузкой сети (переполнением буфера в маршрутизаторах), а также ошибками в линии передачи. Транспортные протоколы UDP и TCP используют контрольную сумму для проверки целостности каждого пакета. В случае одиночной битовой ошибки отбрасывается весь пакет. Скорости передачи битов будут варьироваться в последовательных IP сетях коллективного пользования, и возможна перегрузка. Это может вести к сокращению полосы и массовой потере пакетов.

5.2.2 Задержка пакетов

Это время ожидания из-за времени распространения и буферизации. Внезапные изменения длины маршрутов, вызванные динамической маршрутизацией, вызовут быстрые изменения значений задержки.

5.2.3 Колебания задержки пакетов / джиттер

Исходный поток звука в вещательных системах синхронный, и непрерывный поток обычно посылается с равной разбивкой между аудио кадрами. IP сети асинхронны с пакетами, приходящими с неравными временными интервалами. Это известно как колебание задержки пакетов или джиттер во временном интервале. Этот артефакт нужно компенсировать буфером для хранения пакетов в приемном конце, а затем считыванием из буфера с корректной синхронизацией при воспроизведении. Если величина джиттера меньше размера буфера, то разное время прибытия пакетов выровняется приемником. Таким образом можно будет восстановить синхронный поток звука. Если джиттер слишком велик, биты или пакеты будут потеряны, что приведет к заметному искажению.

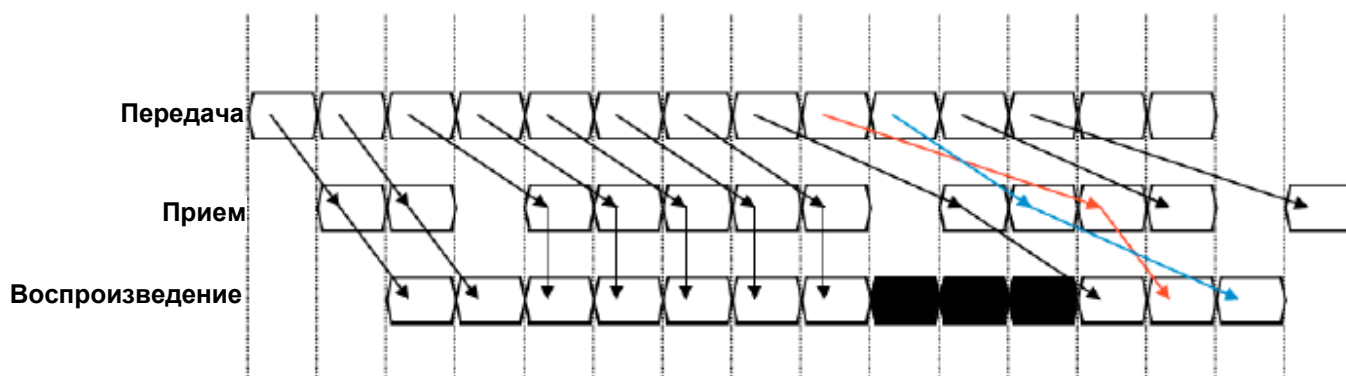


Рис. 3 (courtesy: Greg Massey, APT)

5.2.4 Нарушение порядка пакетов

Разупорядочение пакетов бывает в сетях с динамической маршрутизацией. При изменении маршрута некоторые пакеты могут прийти в приемный конец в другом порядке, чем они посылались, из-за разной длины тракта. Пересекающиеся стрелки на рисунке выше иллюстрируют смещение порядка пакетов, которое корректируется при воспроизведении.

Результат этих дефектов зависит от управления сетями относительно маршрутизации, линий передачи и коллективного пользования. Интернет – неуправляемая публичная сеть, состоящая из соединения сетей разного типа или секторов, с динамической маршрутизацией и множеством разных линий передачи.

Некоторые дефекты незначительны в частных IP сетях и двухточечных IP каналах, особенно когда пакеты аудио по IP не перемежаются с другими пакетами данных.

5.2.5 Фрагментация пакетов

Кадры, превышающие максимальную единицу передачи около 1500 байт, должны перед передачей фрагментироваться на несколько RTP пакетов. Фрагментация может производиться приложением на уровне RTP или сетью с IP фрагментацией. Фрагментацию следует избегать, т.к. она увеличивает нагрузку сети и потеря одного пакета ведет к отбрасыванию содержимого остальных фрагментов, усиливая эффект потери.

5.3 Управление сетью

5.3.1 Профилирование согласно ITU-T Rec Y.1541

Дефекты IP сети можно частично контролировать механизмами качества услуг (QoS).

Недавно ITU издал рекомендацию по сетевым профилям, определяющую классы с предельными значениями вероятности потери пакетов, задержки и джиттера. Эта рекомендация (Y.1541) [5] должна помочь операторам согласовать класс для различных служб и производителей для выпуска оборудования, масштабированного под эти классы. См. также Y.1221 'Traffic control and congestion control in IP based networks'

5.3.2 Качество услуг

Для контроля дефектов корпоративной IP сети можно использовать несколько методов. Два основных принципа передачи параметров качества услуг (QoS):

- "IntServ" (Integrated Services) считается мелкоструктурным механизмом на основе потоков. Принцип – резервирование сетевых ресурсов внешней сигнализацией во все машины (маршрутизаторы), способные поддерживать QoS. Это подход RSVP (Resource ReSerVation Protocol), определенный в RFC2205.
- "DiffServ" (Differentiated Services) считается крупноструктурным механизмом на основе классов и использует тегирование IP пакетов. В маршрутизаторах используется разная политика приоритетов в зависимости от тега. Пошаговое поведение показывается 6-битным значением (или тегом) – под названием DSCP (Differentiated Services Code Point), закодированным в 8-битный DS (Differentiated Services), также известный как поле TOS (Type of Service) в заголовке IP.

Важно различать управляемые IP сети и Интернет. Для Интернета механизмов для достижения хорошего QoS пока не существует. Интернет – «негарантированная» сеть без гарантированного качества услуг. За десять лет потери пакетов, задержка и джиттер в Интернете медленно уменьшаются, но производительность сети по-прежнему является серьезной проблемой для разработчиков оборудования аудио по IP.

5.3.3 Unicast и Multicast

В IP существуют две основные схемы передачи медиа:

- **Unicast (одноадресная передача):** Передача «один-один» между конечными точками. Самый распространенный и простой режим передачи. Unicast может стать дорогим, если нужно передавать один и тот же контент одновременно большому количеству получателей, т.к. число потоков равно числу клиентов.
- **Multicast (многоадресная передача):** Для передачи «один-много» и «много-много» между конечными точками. Multicast легко реализуется в рамках специальной корпоративной сети. Он требует специальных механизмов сигнализации и алгоритмов маршрутизации для контроля передачи. Кроме того, он требует особой поддержки и конфигурации маршрутизаторов. Для multicast можно использовать следующие протоколы:
 - IGMP (Internet Group Membership Protocol) – позволяет хостам динамически вступать/покидать группы multicast; информация о членстве передается в ближайший маршрутизатор (который должен поддерживать multicast).
 - Multicast Routing Protocols, например, DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF (Multicast расширение OSPF) и PIM (Protocol Independent Multicast) – позволяют маршрутизаторам строить древо передачи между отправителями и получателями группы multicast для передачи unicast; маршрутизация может быть постоянной или динамической (выбор лучшего маршрута или изменение его в случае прерывания канала).

Multicast вообще технически развит и внедрен в изолированных участках маршрутизаторов и частных управляемых IP сетей. Однако для multicast в Интернете пока не существует хороших бизнес-моделей. Провайдеры Интернет-услуг вообще избегают равноправной передачи протоколов multicast между собой, т.к. это считается нерентабельным. Распространение IP-TV может изменить эту ситуацию.

6. Синхронизация

Колебания во времени доставки пакетов бывают главным образом вследствие различной задержки в маршрутизаторах и совместном использовании емкости с другим трафиком данных. Для компенсации этих колебаний требуется буферизация. На уровне IP тактовые импульсы не транспортируются, и их надо восстанавливать в приемном конце. Существует много разных алгоритмов восстановления синхронизации. Трудность заключается в правильной оценке медленного смещения тактовых импульсов и отделения их от кратковременного джиттера сети. Передача аудио потоков с высоким качеством зависит от гарантированной и стабильной частоты тактовых импульсов как в передающем, так и в приемном конце.

Другой вариант – использовать внешний источник синхронизации, например, GPS или из общих тактовых импульсов не-IP сети.

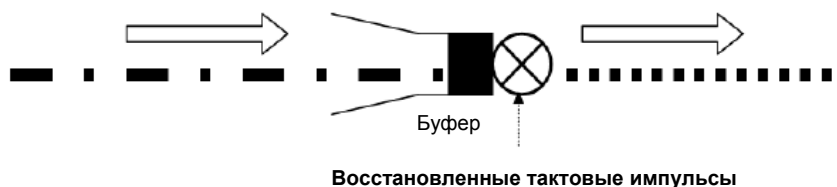


Рис. 4

7. Эксплуатационная практика

7.1 Классы эксплуатации

Распределение звука по IP можно разделить на следующие классы:

- Внешние передачи (концерты, спорт, новости)
- Интервью (два человека беседуют в двух разных местах, дуплекс)
- Дискуссии, ток-шоу, круглый стол (много людей, много мест)
- Multicast, многоточечная связь для внутреннего распространения программ.
- Непрямые / не в реальном времени передачи (с передачей файлов вместо потоков звука)

Можно идентифицировать разные типы режимов распределения звука в вещании:

- Однонаправленный без возвратного канала (пример: распределение по спутнику).
- Двухнаправленный, где возвратный звук узкополосный, невещательный, с речевым качеством и предназначен для управления распределением (примеры: концерт, футбольные комментарии). Время ожидания не представляет серьезной проблемы.
- Двухнаправленный, с двухнаправленным звуком вещательного качества, например, интервью, дискуссии и т.д. Время ожидания критично и должно учитываться. Эту проблемы частично может решить тип операций Clean Feed/ "N-1".

Максимально допустимая задержка зависит от приложения. Для двухнаправленных разговорных программ она должна быть меньше, чем для однонаправленной передачи, которую надо синхронизировать только в начале.

7.2 Типы соединений

Можно использовать два типа соединений:

- Постоянные соединения, обычно на базе управляемых частных сетей с постоянной известной полосой и качеством услуг. Для постоянных соединений типы аудио кодеков обычно известны заранее.
- Временные соединения, которые могут быть на базе прежде неизвестных сетей с коллективно используемой и неизвестной полосой через Интернет или временно арендованные частные сети.

Кодеки и конечная точка могут быть неизвестны. Тип аудио кодека можно обнаружить путем согласования с помощью протоколов SIP и SDP согласно спецификации взаимодействия EBU. Имеющуюся полосу можно измерить до передачи для установки параметров.

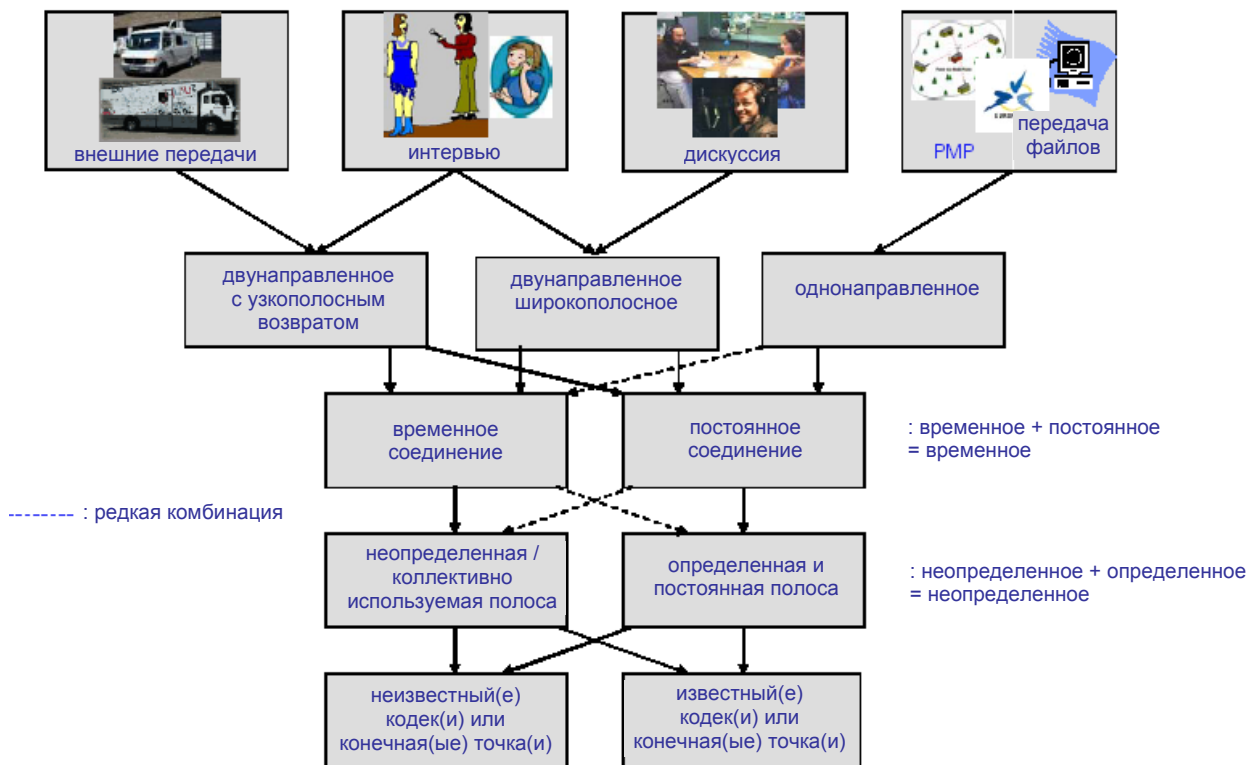


Рис. 5: Иллюстрация некоторых типов операций для аудио по IP

7.3 Задержка

Буферы в приемном конце могут вводить значительную величину задержки. Размер буфера задержки – это компромисс между допустимой задержкой и надежной передачей. Кроме того, IP сеть сама имеет задержку от десятых долей миллисекунды в хорошо управляемых сетях до 500 мс или более на очень больших расстояниях через Интернет или спутниковые каналы. Аудио кодирование само по себе вводит задержку от миллисекунд для РСМ до более сотен миллисекунд для некоторых форматов кодирования с пониженной скоростью передачи битов. В случае двусторонней беседы суммарная задержка на подтверждение приема должна быть как можно меньше, т.к. иначе разговор затруднится, особенно при интервьюировании неопытных репортеров или обычной публики. При использовании аудио по IP в сочетании с видео распределением будет проблематична синхронизация изображения и речи.

Элементы, влияющие на сквозное время ожидания, можно обобщить следующим образом:

- Задержка аудио кодирования / декодирования (~ 1- 500 мс)
- Алгоритм аудио кодирования + реализация
- Задержка пакетирования (~ 1 – 100 мс или более)
- Компромисс между задержкой и размером буфера / перегрузкой / скоростью пакетов (нагрузкой сети)
- Время ожидания сети (~ 1 – 500 мс)
- Вследствие расстояния, буферизации, коммутации пакетов (туннелировании)
- Задержка приемного буфера (~ 10 – 500 мс или более)

По этим причинам задержка обычно больше в распределении звука по IP, чем в традиционном распределении на базе синхронных сетей. Задержку можно снизить до минимума посредством высококачественных IP сетей с очень малым джиттером, алгоритмами аудио кодирования с малой задержкой и короткими пакетами.

7.4 Доступность и качество сети

Компьютерные системы вообще могут иметь другие требования к простоям, чем канал аудио по IP с миллионами слушателей. Возможно, компьютерная и IP-сетевая индустрия постепенно адаптируются к повышенному требованию высокой надежности и низкой задержки. Для передачи аудио файлов механизм ретрансляции обычно учитывает все потерянные пакеты в IP сетях. Это не касается потерянных пакетов в сеансах передачи потоков звука. Поэтому необходимо разрабатывать системы для прямой коррекции и/или маскирования ошибок, с минимальной добавочной задержкой, для передачи потоков аудио по IP.

7.5 Безопасность

Необходимы методы защиты систем от несанкционированного вмешательства. Можно использовать шифрование контента, но это ведет к дополнительной задержке пакетов, что нежелательно и потому обычно не применяется.

Аудио трафик и системы контроля / управления в аудио по IP могут использовать несколько разных портов TCP/UDP. При работе через файрвол должны быть открыты определенные порты, что создает брешь в системе безопасности. Поэтому желательно ограничить число разных номеров портов. Файрволы и другие устройства безопасности должны знать используемые протоколы и действовать соответственно. Web-интерфейсы должны быть хорошо защищены.

7.6 Контрольные устройства через SNMP

Большинство устройств аудио по IP можно контролировать через SNMP (Simple Network Management Protocol). Эта функция рекомендуется для вещателей, т.к. базовые системы для контроля маршрутизаторов и сети обычно уже есть в зоне центральной аппаратной.

Проектная группа EBU N/CNCS (Common Network Control Strategy) работает над общей MIB (Management Information Base) – целиком или частично, которую можно включать в оборудование. Она стандартизируется параллельно через IEC (<http://www.iec.ch>).

Контрольная структура была разработана для аудио по ATM в радиовещании и расширена для охвата видео и других критичных ко времени медиа, других сетевых технологий и приложений в профессиональной и бытовой среде.

В стандарте сейчас шесть частей:

1. Общее
2. Аудио
3. Видео
4. Данные
5. Передача по сетям
6. Служба передачи пакетов

Часть 1 определяет общие аспекты для всего оборудования и опубликована как международный стандарт [6] [7]

Части 2 – 4 определяют контроль внутренних функций оборудования, передающего определенные типы медиа; в Части 4 это критичные ко времени медиа, кроме аудио и видео, например, данные управления приложениями RS232 и RS422. Часть 4 не касается данных пакетов, например, самих контрольных сообщений. На данный момент Часть 2 (Аудио) передана и проходит процесс стандартизации [8].

Часть 5 определяет контроль передачи этих медиа по каждой отдельной сетевой технологии, с отдельным подразделом для каждой. Она включает интерфейсы управления сетью вместе с элементами управления, интегрированными в структуру управления. Часть 5-1 включает аспекты, общие для всех сетевых технологий. Части 5-2 и далее охватывают другие сетевых технологии, например, IP (Internet Protocol), ATM (Asynchronous Transfer Mode) IEEE 1394 (FireWire) и т.д.

Часть 6 определяет передачу контрольных сообщений и сообщений о состоянии и неаудиовизуальных данных через транспортные механизмы, не поддерживающие аудио и видео, с (как в Части 5) отдельным подразделом для каждой технологии.

Изначально здесь только один подраздел, 6-1, включающий последовательные каналы RS232.

Первоначально предлагалась и Часть 7, определяющая контроль различных типов трансляционного оборудования, с общими условиями для всех передатчиков, и еще четыре, включающие DVB-T, DAB, FM radio и DRM (Digital Radio Mondiale) соответственно.

Соответствующий документ по поводу управления передатчиком доступен из EBU Tech 3323

8. В заключение

Непрерывное развитие IP сетей в сочетании с более сложными терминалами аудио по IP приведет к увеличению использования этой технологии в будущем. Группа EBU N/ACIP сделала предложение по взаимодействию. Соединения через Интернет с различными типами телефонии и профессионального оборудования для вещания повысят телефонное качество звука и всемирный доступ к репортерам. Небольшие ручные устройства и программные кодеки в ноутбуках или мобильных телефонах обеспечат очень эффективные инструменты для репортеров. SIP обеспечит очень мощный метод обнаружения другого конца и согласования подходящего формата аудио кодирования. Стационарное оборудование аудио по IP начнет вытеснять старое синхронное двухточечное оборудование для распределения стерео или многоканального звука 5.1.

9. ОФИЦИАЛЬНОЕ УВЕДОМЛЕНИЕ

Настоящий документ был создан с участием членов EBU и производителей, работающих в проектной группе EBU N/ACIP.

10. Ссылки

- [1] EBU Doc Tech 3326: Audio contribution over IP Requirements for Interoperability
- [2] EBU Doc Tech 3285-2001: Broadcast Wave Format
- [3] EBU Doc Tech 3306-2007: RF64: An extended File Format for multichannel audio
- [4] AES Convention Paper 118th Barcelona: New File Format and Methods for Multichannel Sound in Broadcasting /Jonsson, Holzinger
- [5] ITU-T Rec Y.1541
- [6] IEC62379-1: Common Control Interface for Networked Digital Audio and Video Products– Part 1
- [7] IEC Project Team 62379 web site (<http://www.iec62379.org/>)
- [8] IEC62379-2: Common Control Interface for Networked Digital Audio and Video Products – Part 2: Audio.

11. Глоссарий

3GPP	3rd Generation partnership project Проект партнерства 3-го поколения
AAC	Advanced Audio Coding Продвинутое аудио кодирования ADTS (или LATM) - варианты сигнализации AAC
ADSL	Asynchronous Digital Subscriber Line Асинхронная цифровая абонентская линия
AMR-WB	Adaptive Multi Rate – WideBand (G.722.2) Адаптивный многоскоростной широкополосный кодек
AoIP	Audio over IP (broadband audio) Аудио по IP (широкополосный звук)
ATM	Asynchronous Transfer Mode Асинхронный режим передачи
BGP	Border Gateway Protocol Протокол граничного шлюза
CSRC	Contribution Source (in RTP) Источник вклада (в RTP)
DRM	Digital radio Mondiale Всемирное цифровое радио
DSCP	Differentiated Services Code Point Точка кода дифференцированных услуг
DVMRP	Distance vector Multicast Routing Protocol Дистанционно-векторный протокол многоадресной маршрутизации
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial Цифровое видел вещание – наземное
FEC	Forward Error Correction Прямая коррекция ошибок
FTP	File Transfer Protocol Протокол передачи файлов
GPS	Global Positioning System Глобальная система навигации
HTTP	HyperText Transfer Protocol Протокол передачи гипертекстовой информации

IETF	Internet Engineering Task Force Специальная группа Интернет-разработок
IGMP	Internet Group Management Protocol Межсетевой протокол управления группами
IP	Internet Protocol Интернет-протокол
IMS	IP Multimedia Subsystem IP мультимедийная подсистема
ISDN	Integrated Services Digital Network Цифровая сеть с интегрированными услугами
LTE	Long Term Evolution (4G mobile system) Долгосрочная эволюция (мобильные системы 4G)
MIB	Management Information Base Информационная база управления
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions Многоцелевые расширения почты Интернета
MOSPF	Расширение для многоабонентской передачи OSPF
MPEG	Motion Picture Experts Group Группа киноэкспертов
NAT	Network Address Translation Трансляция сетевых адресов
NGN	Next Generation Networks Сети следующего поколения
OSPF	Open Shortest Path First Открытый протокол с выбором кратчайшего пути
PCM	Pulse Coded Modulation Импульсно-кодированная модуляция
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy Плещиохронная цифровая иерархия
PIM	Protocol Independent Multicast Независимая от протокола многоадресная рассылка
PPP	Point-Point Protocol Двухточечный протокол
PSTN	Public Switched Telephone Network Телефонная сеть общего пользования
QoS	Quality of Service Качество услуг
RFC	Request For Comments (IETF standard) Запрос на комментарии (стандарт IETF)
RSVP	Resource ReSerVation Protocol Протокол резервирования ресурсов
RTP	Real time Transport Protocol Транспортный протокол реального времени
RTCP	Real time Control Protocol Контрольный протокол реального времени
RTSP	Real time Streaming Protocol Протокол передачи потоков реального времени

SAP	Session Announcement Protocol Протокол анонсирования сеансов
SDH	Synchronous Data Link Hierarchy Иерархия синхронного канала данных
SDP	Session Description Protocol Протокол описания сеансов
SDLC	Symmetric Digital Subscription Line Симметричная цифровая абонентская линия
SIP	Session Initiation Protocol Протокол инициации сеанса
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol Простой протокол передачи почты
SNMP	Simple Network Management Protocol Простой протокол управления сетью
STUN	Simple Traversal of UDP through NATs Простое прохождение UDP через NAT
TCP	Transmission Control Protocol Протокол управления передачей
TOS	Type of Service Тип услуги
UDP	User Datagram Protocol Протокол пользовательских дейтаграмм
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System Универсальная система мобильной связи
VoIP	Voice over IP (narrowband audio) Речь по IP (узкополосный звук)
WLAN	Wireless LAN IEEE 802.11(a,b & g) Беспроводная LAN IEEE 802.11(a,b & g)
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access IEEE 802.16 Всемирное взаимодействие для микроволнового доступа IEEE 802.16