

Оценка качества передачи речи в пакетной сети (QoS)

Лекция 1

Показатели качества

**Костюкович Н.Ф.
Каф.АЭС, СибГУТИ**

www.aek-54.ru

План

1. Понятие QoS и его необходимость
2. Факторы, влияющие на качество
3. Показатели качества
 1. Пропускная способность (Bandwidth)
 2. Абсолютная задержка (Delay)
 3. Колебания задержки (Джиттер – Jitter)
 4. Потеря пакетов (BER, PER,...)
 5. Надежность
4. Классы качества. Нормативы
5. Методы оценки качества (Лекция 2)

Понятие QoS и его необходимость

QoS (Quality of Service — качество обслуживания) – это вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике (SLA).

Под термином QoS понимается набор технологий, обеспечивающих приоритетное использование сетевых ресурсов некоторыми видами трафика по сравнению с методом «равных возможностей».

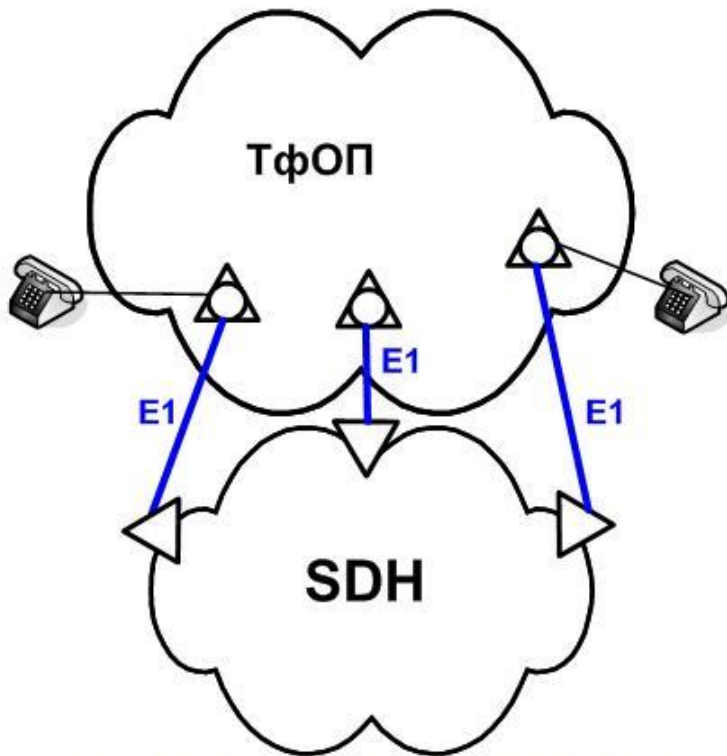
Пример, приложений, требующих QoS

- **потокковые мультимедиа-приложения требуют гарантированную пропускную способность канала**
- **VoIP и видеоконференция требуют небольших значений джиттера и задержки**
- **ряд приложений, например как телемедицина, требуют гарантированный уровень надёжности**

Качество услуг (QoS)

TDM-KK

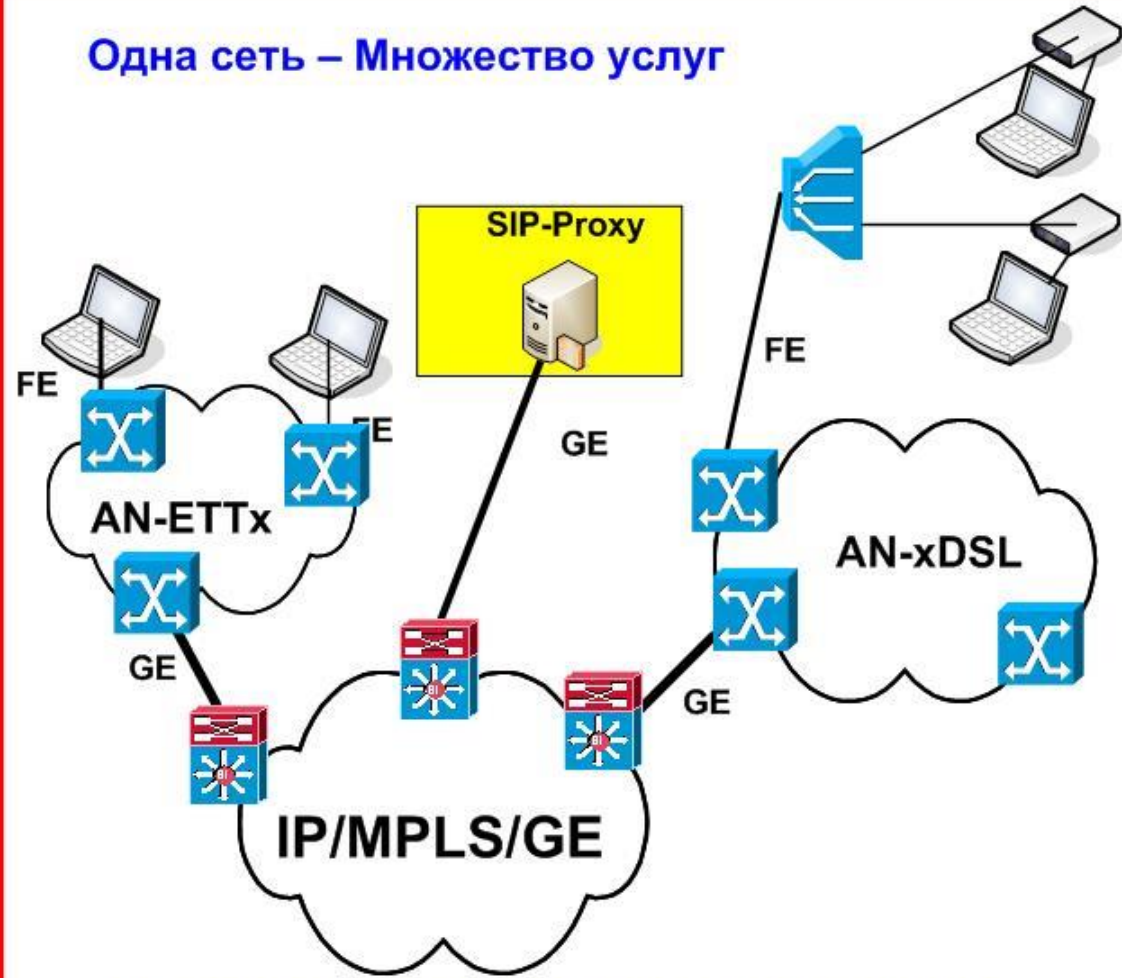
Одна сеть – одна услуга



Фиксированная пропускная способность, гарантирующая качество телефонии!

IP

Одна сеть – Множество услуг



Множество услуг, требующих различной пропускной способности.
Гибкое управление пропускной способностью

Показатели качества в ТфОП

Для ТфОП была разработана система показателей качества и нормы на них.

Детализация этих показателей для ТфОП приводится в **РД 45.196-2001**

Согласно этому документу, работа ТфОП характеризуется следующим набором показателей качества / рабочих характеристик:

- 1. Показатели нагрузки**
- 2. Показатели надежности**
- 3. Показатели качества работы сети ТфОП**

1. Показатели нагрузки

1.1 Основной показатель – интенсивность нагрузки.

Различают нагрузку

- на абонентские интерфейсы (U_m, Z, V_1, \dots)
- на СЛ

Например, интенсивность нагрузки, создаваемая в ЧНН абонентскими терминалами на аналоговую абонентскую линию (Z-интерфейс), включенную в АТС, составляет в среднем 0,1 Эрл.

Для МТ – 0,015 Эрл.

Для NT – 0,5 Эрл.

Средняя интенсивность обслуживаемой нагрузки одной СЛ должна составлять 0,7 Эрл (max = 0,8 Эрл)

**1.2 Другой важный показатель –
коэффициент использования
(каналов, пропускной способности).**

Для пучка СЛ коэффициент
использования не должен
превышать 0,8.

2 Показатели надежности характеризуют наличие и продолжительность отказов (fault) сети ТфОП и ее элементов

- 1. Коэффициент готовности – $K_{\text{гот}}$**
- 2. Время восстановления – $T_{\text{восст}}$**
- 3. Время полного простоя – $T_{\text{отказ}}$**
- 4. Время необнаруженного отказа – $T_{\text{н/о}}$**

Некоторые примеры:

- Для телефонного соединения отказом считается перерыв в соединении длительностью 10 с и более.
- Для систем передачи на базе SDH время $T_{восст\ связи} \leq 50$ мс
- Расчетным показателем надежности АТС является $T_{отказ}$, которое не должно превышать 0,4 час в год, что соответствует коэффициенту готовности $K_{гот}=0,99995$
- Для $T_{фОП}$ в целом $T_{отказ}$ не должно превышать 0,1 час в год, что соответствует $K_{гот}=0,99999$ (пять девяток).

3. Качество работы сети ТфОП определяется:

3.1 качеством обслуживания вызовов;

3.2 качеством передачи сообщений.

3.1 Качество обслуживания вызовов в ТфОП характеризуется:

- сетевыми потерями вызовов от абонента до абонента;**
- коэффициентом занятий с ответом (КЗО – ASR);**
- продолжительностью установления соединения от абонента до абонента.**

Сетевые потери – суммарные потери вызовов от абонента до абонента из-за технических неисправностей и недостатка сетевых ресурсов (например, недостаточно СЛ).

Нормы сетевых потерь приводятся как на отдельные элементы сети (системы коммутации, пучки СЛ, направления), так и на сеть в целом.

Расчетные нормы сетевых потерь
(РД45.196.2001) от абонента до абонента при:

- местной связи – не более 5 % (0,05)
- для цифровой местной сети – не более 3 %,
- междугородной связи – 7 %,
- международной связи – 13 %.

Основным показателем, характеризующим **качество обслуживания вызовов** в ТфОП, является коэффициент занятий с ответом, определяемый как процент занятий, закончившихся сигналом «ответ» в ЧНН.

Число занятий, закончившихся сигналом «ответ»

$$КЗО = \frac{\text{Число занятий, закончившихся сигналом «ответ»}}{\text{Общее число занятий}} \times 100$$

Измерение параметра КЗО может производиться по отдельным направлениям, по кодам или в целом по станции, сети.

Приняты следующие нормативы на значения КЗО:

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| – менее 30 % | - неудовлетворительное; |
| – от 30 до 60 % | - среднее; |
| – выше 60 % | - высокое. |

Например к «Сетевым потерям» относятся (Из правил ТЭ ЦАТС):

- Потери вызовов из-за занятости АЛ и перегрузок на этапах установления соединения

$$\frac{A}{B}, \text{ где}$$

A - число вызовов получивших сигнал «Занято»

B - общее число занятий

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 30%

Например к «Сетевым потерям» относятся:

- Потери вызовов из-за неответа по вызываемому номеру

$$\frac{A}{B}, \text{ где}$$

A - число случаев получения КПВ, при отсутствии сигнала «Ответ»

B - общее число занятий

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 15%

Например к «Сетевым потерям» относятся:

- Потери вызовов из-за неправильных действий вызывающего абонента

A+B

C , где

A - число преждевременных разъединений

B – набор несуществующих и неразрешенных кодов

C - общее число занятий

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 15%

Например к «Сетевым потерям» относятся:

- Потери вызовов из-за отсутствия свободных каналов

$B - A$

B , где

A - число занятых комплектов СЛ

B – общее число вызовов

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 1% -2%

Например к «Сетевым потерям» относятся:

- Потери вызовов при обмене линейными и управляющими сигналами

$$\frac{A}{B}, \text{ где}$$

A - число потерь при обмене линейными и управляющими сигналами

B – число занятий каналов

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 1%

Например к «Сетевым потерям»

относятся:

Потери вызовов по станции из-за:

- Перегрузок в КС
- Отсутствие свободных МЧПП
- Ошибок в ПО и т.д.

A+B+C

D , где

A - число потерь из-за перегрузок в КС

B – число потерь из-за отсутствие свободных МЧПП

C - число потерь из-за ошибок в ПО и т.д

D - число занятий каналов

НОРМЫ ПОТЕРЬ: 1%

Продолжительность установления соединения

Расчетные нормы на продолжительность установления соединения для ЦАТС в цифровом окружении определяются суммарной продолжительностью установления соединения через станции и узлы сети.

Для аналого-цифровых систем эти показатели не нормируются.

В сети с КК при наличии ОКС-7 между всеми АТС, реализованы минимальные значения продолжительности установления соединения (см. РД45.196.2001).

Например для ISDN:

- **Устанавливать соединения для передачи данных (в режиме коммутации каналов) не более чем за одну секунду.**
- **Время установления соединения с использованием ОКС не должно превышать 10 мс.**
- **Время разрушения соединения не должно превышать 10 мс.**

3.2 Качество передачи сообщений в ТфОП

По ТфОП передаются как телефонные (преимущественно), так и нетелефонные сообщения.

- Качество передачи телефонных сообщений (речи)

Для оценки качества передачи телефонных сообщений (речи) разработаны:

- **показатели громкости** (см. РД45.196.2001)
- **показатели разборчивости,**

Эти показатели используются при нормировании и оценке абонентских телефонных терминалов.

-

- **Качество передачи нетелефонных сообщений (передача данных)**

Качество передачи нетелефонного трафика по телефонным сетям с коммутацией каналов определяется **битовой вероятностью ошибки (BER)**, важной для оценки качества работы терминалов ПД.

Крупные операторы (например, France Telecom, DT, VT) мониторят до 100 показателей качества.

Для России опыт FT переработал ЛОНИИС и рекомендует **для ТфОП** следующий набор показателей, разбитых на группы (**РД 45.056.00**).

Этот набор показателей соответствует современной концепции управления качеством и включает показатели, отражающие взгляд клиента на качество предоставляемых услуг:

показатели качества обслуживания вызовов (показатели трафика);

- показатели потерь (доступности) по отдельным этапам обслуживания вызовов и участкам сети
- показатели нагрузки (по стационарному оборудованию и пучкам СЛ)
- показатели эффективности обслуживания вызовов (например, КЗО)

показатели качества работы оборудования (показатели эксплуатации);

- коэффициент готовности (время потери работоспособности за год)
- количество заявлений о неисправностях на 100 абон./ месяц
- доля повреждений устраненных в нормативные сроки

**показатели качества
обслуживания пользователей
(показатели маркетинга).**

- **телефонная плотность (кол-во ТА/100 чел населения)**
- **доля абонентов, неудовлетворенных качеством услуг и т.п.**

Для **СПС** РФ согласно РД 45.254-2002 «Нормы на показатели качества услуг связи», определены следующие показатели качества услуг, независящие от стандарта сетей СПС, поколения оборудования и типа вызовов.

Эти показатели делятся на две группы:

1. показатели удовлетворенности абонентов обслуживанием.
2. технические показатели качества услуг.

Более детальное представление этих показателей приведено в [РД 45.254-2002](#)

Любая инфокоммуникационная услуга требует услуг транспортировки.

Поэтому рассмотрим показатели качества транспортировки информации (показатели качества транспортных услуг)

В традиционных ТфОП с TDM-КК услуги телефонии были жестко интегрированы с транспортной инфраструктурой – сама сеть ТфОП проектировалась и эксплуатировалась в расчете на единственную услугу – телефонную:

Выбор технологии TDM-KK гарантировал:

- Постоянство пропускной способности во время сеанса**
- Минимальные сетевые задержки**
- Низкий уровень битовых ошибок (Рош - BER) (треб. G.703 для ЦСП типа E1)**

Проектирование ТфОП также было нацелено на пропуск телефонной нагрузки:

- Расчет числа СЛ (пропускной способности) при заданном уровне потерь**
- Надежность сети, определяемая выбором кольцевых топологий с резервированием физических путей и созданием альтернативных маршрутов**

Качество телефонных услуг в сетях IP

Качество телефонных услуг в сетях IP в целом характеризуется тем же набором показателей, что и в ТфОП (нагрузка, качество обслуживания вызовов, качество передачи).

Однако, этап передачи речевых сообщений по IP-сети существенно отличается от такого же этапа по сети с TDM-КК.

Сети IP являются **МУЛЬТИСЕРВИСНЫМИ**, т.е. способными пропускать все виды трафика, при этом телефонный трафик в сетях IP является одним из прочих, но требующих особого отношения к передаче – **НЕ ХУЖЕ ЧЕМ В ТфОП !!**

Но среда IP не может **по умолчанию** гарантировать качество передачи речевых сообщений.

Для исправления недостатков IP-сетей понадобилось:

- **Разработать специфические для IP-сетей показатели качества передачи речи**
- **Разработать методы оценки этих показателей**
- **Разработать набор технологий, способных гарантировать качество передачи речи по IP-сети не хуже чем в ТфОП или сопоставимое.**

Следующие причины выделяют этап
транспортировки информации из всех
остальных этапов предоставления телефонных
услуг:

1. Мультисервисная транспортная сеть на базе протокола IP по умолчанию не обладает прозрачностью (ни временной ни семантической) ни для каких информационных услуг
2. Услуги телефонии особенно на этапе передачи голосовой диалоговой информации – предъявляют наиболее жесткие требования к транспортной сети

3. Пакетные сетевые узлы принципиально буферизируют весь поступающий трафик, прежде чем передать его в сетевой интерфейс. Т.е. пакетная сеть принципиально вносит задержку !!!

4. Речевой трафик наиболее чувствителен к задержкам и их колебаниям.

Факторы, влияющие на качество услуг IP-тел

- 1. Пропускная способность сетевых интерфейсов**
- 2. Качество преобразования речи в аудиокодеках**
- 3. Задержки из-конца-в-конец (кодек – линии связи и СП – задержки в сетевых узлах – задержки в приемном буфере)**
- 4. Колебания задержек (джиттер из-за случайных задержек в сетевых узлах)**
- 5. Потери пакетов и ошибки в пакетах**
- 6. Отношение сигнал/шум в линиях связи**
- 7. Эхо**

Характеристики и показатели качества обслуживания для IP-сетей (ITU-T – Y.1540)

1. Производительность сети (Performance)/Пропускная способность
2. Надежность/Готовность сети/компонентов (Reliability)
3. Показатели доставки пакетов IP
 1. Задержка пакетов – IPTD
 2. Вариация задержки пакетов – IPDV (Джиттер)
 3. Потери пакетов / ошибки в пакетах – IPLR / IPER
4. Классы QoS (Y.1541)

1.Производительность сети / Пропускная способность

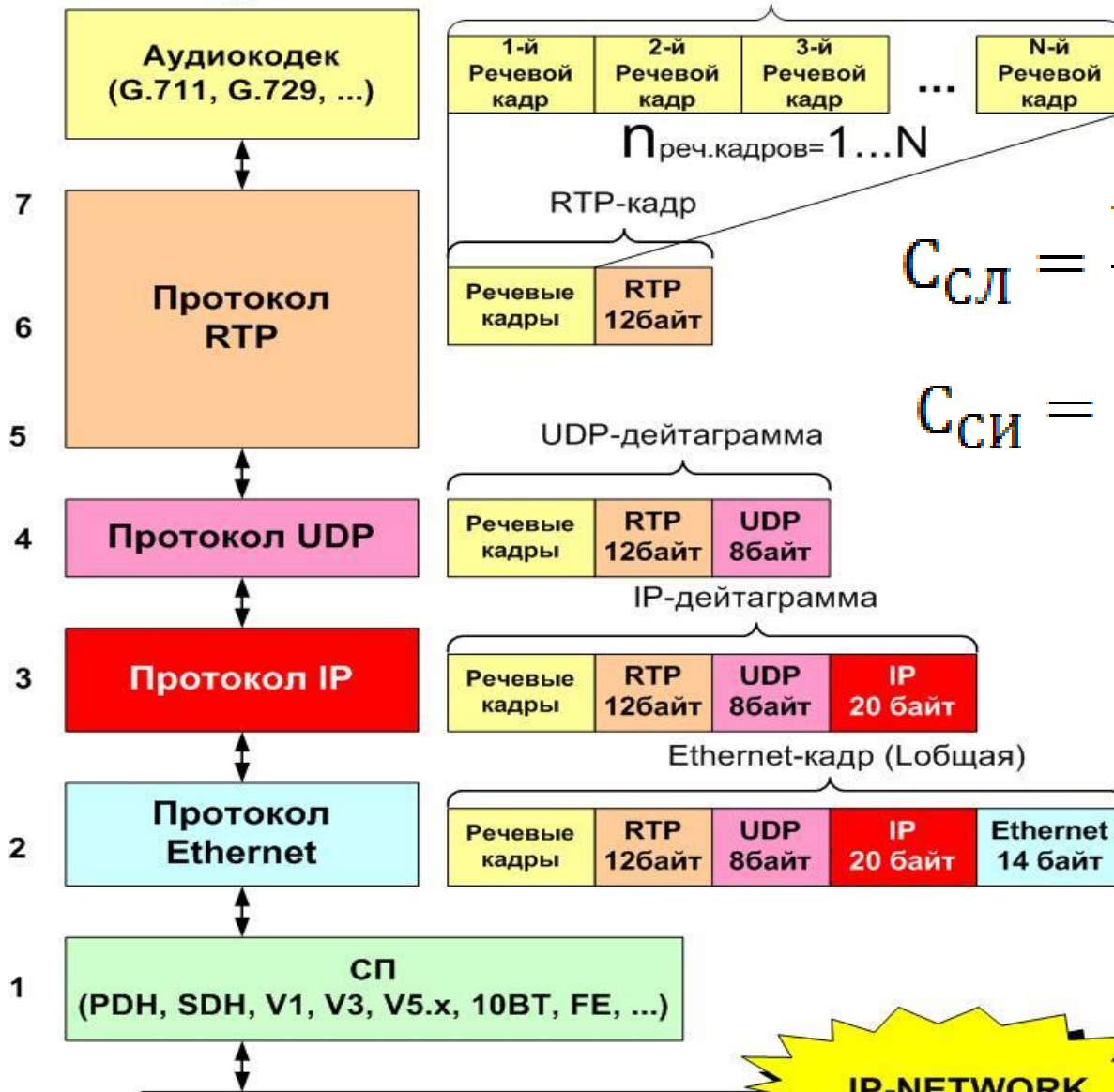
Для физического уровня производительность определяется как эффективная пропускная способность, измеряемая в бит/с.

- Требуемая пропускная способность сетевого интерфейса для одной СЛ определяется:
- $C_{сл} \text{ (кбит/с)} = V_{G.711} / K_{эфф} = 64 / 0,937 = 68,3$
Кбит/с

Для сетевого уровня производительность измеряется в количестве устанавливаемых соединений (например, вызовов) в ед.времени.

Кэфф = Лречевого кадра/Лобщая <= 1

Кизб = 1 - Кэфф



$$C_{СЛ} = \frac{V_{аудиокодека}}{K_{эфф}}$$

$$C_{СИ} = N_{СЛ} \times C_{СЛ}$$

2. Надежность/Готовность сети/компонентов (Reliability)

Надежность оценивается коэффициентом готовности, который для ТфОП в последние 10-15 лет выражается в числе “девяток” и равен “5 девяток”, т.е. **99.999%** (вероятность работы сети без отказов)

Оценка надежности в “девятках” означает:

- 99% выход из строя на 3.7 дней/год
- 99.9% выход из строя на 9 часов/год
- 99.99% выход из строя на 53 мин/год
- **99.999% выход из строя на 5.5 мин/год**

2. Надежность/Готовность сети/компонентов (Reliability)

Существующая сеть Интернет обеспечивает надежность около **98%** (Тотказ = 7 дней)

При передаче голоса по сети с такой надежностью – все клиенты разбегутся гораздо быстрее 7 дней 😊

3. Параметры доставки пакетов IP

1. Задержка доставки пакета IP – IPTD

IP packet transfer delay

Параметр IPTD определяется как абсолютная задержка между вводом пакета в сеть и выводом пакета из сети

| Сетевые характеристики | Классы QoS по G.114 | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | “5” | “4” | “3” |
| Задержка доставки пакета IP, IPTD | < 150 мс | 150...250 мс | 250...400 мс |

Источники задержки

Весь бюджет задержки **IPTD** включает следующие составляющие: **$T = T_{\text{пак}} + T_{\text{среды}} + T_{\text{сети}} + T_{\text{буф}}$**

1. **Время на пакетизацию** (формирование пакета на передаче) – зависит от типа трафика (например, для речи – от типа аудиокодека)

$T_{\text{пак}}$ – от 10 до 60 мс

2. **Распространение сигнала** в среде передачи, зависит от типа среды и расстояния. Не зависит от типа трафика

$T_{\text{среды}}$ (см. G.114) – от 1 до 3 мс/300 км

3. **Транспортировка по пакетной сети** (обработка в узлах сети) - зависит от типа трафика. Самая непредсказуемая и снижающая качество. **$T_{\text{сети}}$**

4. **Задержка в приемном буфере** - зависит от типа трафика, дисциплины обслуживания, приоритетности трафика (SLA)

$T_{\text{буф}}$ – определяется оператором при выравнивании задержки в приемном джиттер-буфере (**до 60 % от IPTD**)

2. Вариация задержки пакета IP – IPDV

IP packet delay variation

Вариация задержки (или **джиттер**) определяется как разность времени доставки соседних речевых пакетов IP.

Вариация задержки пакета IP, проявляется в том, что последовательные пакеты прибывают к получателю в случайные моменты времени, что вызывает на приеме «наползание» слога на слог («проглатываются» слоги) или «отставание слогов» («рвется» речь на куски), а в целом – джиттер приводит к слоговой неразборчивости.

3. Коэффициент потери пакетов IP – IPLR IP packet loss ratio

Коэффициент IPLR определяется как отношение суммарного числа потерянных пакетов к общему числу принятых пакетов за определенный промежуток времени.

Потери пакетов в сетях IP возникают в частности, если значение задержек при передаче пакетов превышает нормированное значение, определенное выше как T_{max} .

Среди причин, вызывающих потери пакетов – рост очередей в узлах сети, возникающий при перегрузках.

4. Коэффициент ошибок пакетов IP – IPER IP packet error ratio

Коэффициент IPER определяется как отношение суммарного числа пакетов, принятых с ошибками, к общему числу принятых пакетов за определенный промежуток времени.

4. Классы QoS и приложения (ITU-T Y.1541)

- **Класс 0** – Приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризуемые высоким уровнем интерактивности (VoIP и видеоконференции в режиме эмуляции каналов)
- **Класс 1** - Приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, интерактивные (VoIP и видеоконференции с разделением ПП между несколькими абонентами)
- **Класс 2** – Транзакции, характеризуемые высоким уровнем интерактивности (например, сигнализация, управление)
- **Класс 3** - Транзакции, интерактивные данные
- **Класс 4** – Приложения, допускающие низкий уровень потерь (короткие транзакции, массивы данных, потоковое видео)
- **Класс 5** – Традиционные применения сетей IP (**BE**)

Нормы для характеристик сетей IP с распределением по классам качества обслуживания

| Сетевые характеристики | Классы QoS | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Задержка доставки пакета IP, IPTD | 50* мс | 100 мс | 100 мс | 400 мс | 1 с | Н |
| Вариация задержки пакета IP, IPDV | 3* мс | 50 мс | Н | Н | Н | Н |
| Коэффициент потери пакетов IP, IPLR | 1×10^{-3} | 1×10^{-3} | 1×10^{-5} | 1×10^{-5} | 1×10^{-5} | Н |
| Коэффициент ошибок пакетов IP, IPER | 1×10^{-4} | 1×10^{-4} | 1×10^{-5} | 1×10^{-5} | 1×10^{-5} | Н |

Примечание: * - достигнуто в АТМ,
Н - не нормировано

СПАСИБО за ВНИМАНИЕ

