



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

X.149

(10/2003)

СЕРИЯ X: СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И
ВЗАИМОСВЯЗЬ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

Сети передачи данных общего пользования – Сетевые
аспекты

**Рабочие характеристики IP-сетей, которые
поддерживаются сетями передачи данных
общего пользования с ретрансляцией кадров**

Рекомендация МСЭ-Т X.149

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ X
СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	
Службы и услуги	X.1–X.19
Интерфейсы	X.20–X.49
Передача, сигнализация и коммутация	X.50–X.89
Сетевые аспекты	X.90–X.149
Техническое обслуживание	X.150–X.179
Административные предписания	X.180–X.199
ВЗАИМОСВЯЗЬ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ	
Модель и обозначение	X.200–X.209
Определения служб	X.210–X.219
Спецификации протоколов в режиме с установлением соединений	X.220–X.229
Спецификации протоколов в режиме без установления соединений	X.230–X.239
Проформы PICS	X.240–X.259
Идентификация протоколов	X.260–X.269
Протоколы обеспечения безопасности	X.270–X.279
Управляемые объекты уровня	X.280–X.289
Испытание на соответствие	X.290–X.299
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ СЕТЯМИ	
Общие положения	X.300–X.349
Спутниковые системы передачи данных	X.350–X.369
IP-сети	X.370–X.399
СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ СООБЩЕНИЙ	X.400–X.499
СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ	X.500–X.599
ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТИ ВОС И СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ	
Организация сети	X.600–X.629
Эффективность	X.630–X.639
Качество обслуживания	X.640–X.649
Наименование, адресация и регистрация	X.650–X.679
Абстрактно-синтаксическая нотация 1 (ASN.1)	X.680–X.699
УПРАВЛЕНИЕ ВОС	
Структура и архитектура управления системами	X.700–X.709
Служба и протокол связи для управления	X.710–X.719
Структура управляющей информации	X.720–X.729
Функции управления и функции ODMA	X.730–X.799
БЕЗОПАСНОСТЬ	X.800–X.849
ПРИЛОЖЕНИЯ ВОС	
Фиксация, параллельность и восстановление	X.850–X.859
Обработка транзакций	X.860–X.879
Удаленные операции	X.880–X.899
ОТКРЫТАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ОБРАБОТКА	X.900–X.999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т Х.149

Рабочие характеристики IP-сетей, которые поддерживаются сетями передачи данных общего пользования с ретрансляцией кадров

Резюме

Главная цель этой Рекомендации – обеспечить оценку рабочих характеристик уровня Межсетевого протокола (IP), получаемых в случае, когда инфраструктура сети с Ретрансляцией кадров (РК) используется для создания возможностей соединения низкого уровня с целью транспортировки IP-пакетов между маршрутизаторами.

Дается отображение между параметрами рабочих характеристик ретрансляции кадров и IP. Численные значения параметров рабочих характеристик IP оцениваются на основе значений норм, установленных для параметров рабочих характеристик ретрансляции кадров согласно Рекомендации МСЭ-Т Х.146.

Дается общая модель для расчета времени переноса. Эта модель может помочь при планировании сетей. Представленный анализ дает верхнюю границу рабочих характеристик, которая может быть достигнута IP-сетью, в которой используется перенос по сети с ретрансляцией кадров.

Указанное отображение рабочих характеристик между сетями РК и IP рассматривается как дополнение к Рекомендации МСЭ-Т Y.1541, поскольку Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 не зависит от технологий обеспечения физического уровня и уровня звена. Соответственно, настоящая Рекомендация не определяет нормы на рабочие характеристики "от конца до конца", но иллюстрирует путь, дающий возможность поддержать нормы Y.1541.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т Х.149 утверждена 29 октября 2003 года 17-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

Ключевые слова

Сети с ретрансляцией кадров, IP-сети, Рабочие характеристики.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© МСЭ 2004

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Область применения	1
2	Ссылки	1
3	Определения терминов	2
3.1	Определения параметров рабочих характеристик IP и ретрансляции кадров ..	2
4	Сокращения	3
5	Соглашения.....	4
6	Общая модель взаимного соединения IP-маршрутизаторов через ретрансляцию кадров	4
7	Многоуровневая модель рабочих характеристик для IP-служб	5
8	Общая модель рабочих характеристик IP-службы	6
8.1	Сетевые компоненты, каналные секции и сетевые секции.....	6
8.2	Эталонный тракт для оценки качества обслуживания от UNI до UNI	6
9	Вложение IP-пакета в кадр ретрансляции кадров	7
10	Аналитическое отношение между параметрами рабочих характеристик IP и ретрансляции кадров.....	8
10.1	Рабочие характеристики потерь	8
10.2	Рабочие характеристики времени переноса	8
10.3	Рабочие характеристики вариации времени переноса IP-пакета (IPDV)	8
11	Отображение рабочих характеристик IP в классы качества обслуживания ретрансляции кадров.....	9
11.1	Отображение FLR в IPLR	9
11.2	Отображение FTD в IPTD	10
12	Использование для планирования IP-сетей	10
Приложение А – Общая модель времени переноса		10
A.1	Модель времени переноса.....	10
A.2	Компоненты времени переноса	11
Приложение В – Использование модели времени переноса при планировании IP-сетей.....		13
V.1	Использование модели времени переноса	13
V.2	Расчет секции IP, удовлетворяющей норме на IPTD для классов 0 и 2	14
Дополнение I – Влияние размера пакета/кадра на время переноса IP-пакета.....		16
I.1	Оценка времени переноса IP-пакета с помощью модели	16
Дополнение II – Использование ретрансляции кадров для поддержки классов IP-службы, определенных в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541		18
II.1	Простое взаимное соединение IP-маршрутизаторов.....	18
II.2	Расчет времени переноса "от конца до конца".....	19
II.3	Оценка IPDV	20
II.4	Оценка коэффициента потери IP-пакетов (IPLR).....	20
Дополнение III – Общая сетевая архитектура для IP-сети		21
III.1	Общая сетевая архитектура для IP-сети	21
III.2	Эталонная модель IP-сети доступа	21

	Стр.
Дополнение IV – Определения сетевых компонентов, канальных секций и сетевых секций ...	22
IV.1 Сетевые компоненты	22
IV.2 Канальные секции и сетевые секции	23
Дополнение V – Классы качества обслуживания IP-сети (согласно Рекомендации МСЭ-Т Y.1541)	24

Рекомендация МСЭ-Т X.149

Рабочие характеристики IP-сетей, которые поддерживаются сетями передачи данных общего пользования с ретрансляцией кадров

1 Область применения

Основная задача настоящей Рекомендации – определить рабочие характеристики "от конца до конца", которые могут быть достигнуты IP-сетью в случае, когда опорную сеть, обеспечивающую возможности соединения между IP-маршрутизаторами, предоставляет инфраструктура с ретрансляцией кадров. Данная Рекомендация не определяет нормы на рабочие характеристики "от конца до конца" для IP-сетей. Рекомендация дает оценку рабочих характеристик уровня IP, которые получаются, когда сети данных общего пользования с ретрансляцией кадров используются для транспортировки IP-пакетов, а также показывает, как могут быть поддержаны классы Качества обслуживания (КО) (Quality of Service) IP-сети, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541.

В Рекомендации дается анализ отображения между параметрами рабочих характеристик Ретрансляции кадров и IP. Численные значения ожидаемых параметров рабочих характеристик IP получаются из значений норм, установленных для параметров рабочих характеристик ретрансляции кадров в Рекомендации МСЭ-Т X.146.

Описывается использование общей модели для анализа ожидаемых рабочих характеристик при разных размерах IP-пакета (соответствующих разным IP-приложениям), а также влияние инфраструктуры сети с ретрансляцией кадров (например, межузловых линий передачи). Этот анализ дает верхнюю границу рабочих характеристик, которая может быть достигнута IP-сетью, в которой используется перенос по сети с ретрансляцией кадров, так как инфраструктура IP-сети может увеличить как достижимое время переноса IP-пакета, так и коэффициент потери IP-пакетов.

Данная Рекомендация и, в частности, отображение параметров рабочих характеристик между сетями ретрансляции кадров и IP рассматриваются как дополнение к Рекомендации МСЭ-Т Y.1541, поскольку Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 не зависит от технологий обеспечения физического уровня и уровня звена.

Предмет рассмотрения настоящей Рекомендации ограничен IP-сетями, в которых инфраструктура на уровне звена обеспечена сетями данных общего пользования с ретрансляцией кадров или поддерживана ими.

2 Ссылки

Нижеследующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники являются предметом пересмотра; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания Рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- ITU-T Recommendation E.651 (2000), *Reference connections for traffic engineering of IP access networks*.
- ITU-T Recommendation G.114 (2003), *One-way transmission time*.
- ITU-T Recommendation G.1000 (2001), *Communications Quality of Service: A framework and definitions*.
- ITU-T Recommendation G.1010 (2001), *End-user multimedia QoS categories*.
- ITU-T Recommendation X.36 (2003), *Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating Equipment (DCE) for public data networks providing frame relay data transmission service by dedicated circuit*.

- ITU-T Recommendation X.76 (2003), *Network-to-network interface between public networks providing PVC and/or SVC frame relay data transmission service.*
- ITU-T Recommendation X.140 (1992), *General quality of service parameters for communication via public data networks.*
- ITU-T Recommendation X.144 (2003), *User information transfer performance parameters for public frame relay data networks.*
- ITU-T Recommendation X.145 (2003), *Connection establishment and disengagement performance parameters for public Frame Relay data networks providing SVC services.*
- ITU-T Recommendation X.146 (2000), *Performance objectives and quality of service classes applicable to frame relay.*
- ITU-T Recommendation Y.1221 (2002), *Traffic control and congestion control in IP-based networks.*
- ITU-T Recommendation Y.1231 (2000), *IP Access Network Architecture.*
- ITU-T Recommendation Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.*
- ITU-T Recommendation Y.1541 (2002), *Network performance objectives for IP-based services.*
- IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification.*

3 Определения терминов

Используемые в настоящей Рекомендации термины и их определения согласуются с теми, которые определены в Рекомендациях МСЭ-Т X.36, X.76, X.144, X.145, X.146, Y.1231, Y.1540 и Y.1541. В Дополнении III дается общая сетевая архитектура для IP-сети согласно Рекомендации МСЭ-Т Y.1231. В Дополнении IV дается описание (на основе Рекомендации МСЭ-Т Y.1540) сетевых компонентов, в том числе канальных и сетевых секций, которые образуют строительные блоки, с помощью которых может быть представлена любая IP-служба "от конца до конца".

3.1 Определения параметров рабочих характеристик IP и ретрансляции кадров

Определения коэффициента потерь IP-пакетов (согласно Рекомендации МСЭ-Т Y.1540) и коэффициента потерь кадров приводятся здесь для ясности.

3.1.1 Параметры рабочих характеристик IP-пакетов

3.1.1.1 коэффициент потери IP-пакетов (IPLR): Коэффициент потери IP-пакетов является отношением всех результатов "потерянный IP-пакет" ко всем переданным IP-пакетам в рассматриваемой совокупности. "Результаты "потерянный IP-пакет" ("Lost IP packet outcomes") и "Рассматриваемая совокупность" ("Populations of Interest") определены в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540.

3.1.1.2 время переноса IP-пакета (IPTD): Время переноса IP-пакета определяется для всех успешных пакетов и пакетов с ошибками, прошедшими через какую-либо базовую секцию или ансамбль сетевых секций. IPTD – это время $(t_2 - t_1)$ между появлениями двух соответствующих эталонных событий IP-пакетов, входного события IPRE₁ в момент времени t_1 и выходного события IPRE₂ в момент времени t_2 , где $t_2 > t_1$, а также $(t_2 - t_1) < T_{max}$. Ансамбль сетевых секций (Network Section Ensemble, NSE) и Эталонное событие IP (IP Reference Events, IPRE) определены в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540.

3.1.2 Параметры рабочих характеристик ретрансляции кадров

Определения коэффициента потери кадров и времени переноса кадра (из X.144, как для переноса пакета) приводятся здесь для ясности.

3.1.2.1 коэффициент потери кадров: Коэффициент потери кадров (FLR) для информации пользователя определяется следующим образом:

$$FLR = \frac{F_L}{F_L + F_S + F_E},$$

где для определенной совокупности:

- F_S – общее число результатов "успешно перенесенный кадр";
- F_L – общее число результатов "потерянный кадр"; и
- F_E – общее число результатов "кадр с необнаруженными ошибками".

Значения норм на коэффициент потери кадров, указанные для классов КО ретрансляции кадров в Рекомендации МСЭ-Т X.146, соответствуют частному случаю вышеприведенного коэффициента. Это будет FLR_C . FLR для кадров, отмеченных битом "приемлемость сброса" DE = 0, будет оставаться относительно постоянным, пока общий трафик с DE = 0 не превышает обязательную информационную скорость (CIR). Если сеть получает все согласующиеся кадры, то FLR_C является вероятностью того, что кадр с DE = 0, полученный в качестве согласующегося, будет потом потерян. Кадры с DE = 0, транслированные с изменением бита DE на DE = 1, включаются в расчет FLR_C .

3.1.2.2 время переноса кадра с информацией пользователя: Время переноса кадра (FTD) с информацией пользователя определяется следующим образом:

$$FTD = t_2 - t_1,$$

где для определенной совокупности:

- t_1 – время появления первого Эталонного события на уровне кадров (Frame Layer Reference Event, FE);
- t_2 – время появления второго FE;
- $t_2 - t_1 \leq T_{max}$,

а T_{max} является значением, которое используется при определении результата "успешно перенесенный кадр".

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

BC	Виртуальное соединение	
KBK	Коммутируемый виртуальный канал	
ПКВ	Постоянный виртуальный канал	
ПК	Ретрансляция кадров	
СДОП-ПК	Сеть данных общего пользования с ретрансляцией кадров	
CPE	(Customer Premises Equipment)	Оборудование в помещении абонента
CPN	(Customer Premises Network)	Сеть в помещении абонента
DBDJ	(Data Block Delay Jitter)	Дрожание времени переноса блока данных
DBDR	(Data Block Delivered Ratio)	Коэффициент доставленных блоков данных
DBLR	(Data Block Loss Ratio)	Коэффициент потери блоков данных
DBTD	(Data Block Transfer Delay)	Время переноса блока данных
DST	(Destination)	Получатель
FCS	(Frame Check Sequence)	Комбинация проверки кадра
FLR	(Frame Loss Ratio)	Коэффициент потери кадров
FTD	(Frame Transfer Delay)	Время переноса кадра

IP	(Internet Protocol)	Межсетевой протокол
IPDV	(IP Delay Variation)	Вариация времени переноса IP-пакета
IPLR	(IP Packet Loss Ratio)	Коэффициент потери IP-пакетов
IPRE	(IP packet transfer Reference Event)	Эталонное событие переноса IP-пакета
IPTD	(IP Packet Transfer Delay)	Время переноса IP-пакета
SRC	(Source)	Источник
TE	(Terminal Equipment)	Оконечное оборудование
UNI	(User-Network Interface)	Интерфейс "пользователь–сеть"

5 Соглашения

В данной Рекомендации термин "Сеть данных общего пользования с ретрансляцией кадров" может использоваться поочередно с термином "Сеть данных общего пользования", обеспечивающая "Службу передачи данных с ретрансляцией кадров".

6 Общая модель взаимного соединения IP-маршрутизаторов через ретрансляцию кадров

На рисунке 1 представлена общая модель взаимного соединения IP-маршрутизаторов через виртуальные соединения с ретрансляцией кадров. Эта модель применима как в случае, когда IP-маршрутизаторы являются конечным оборудованием в помещении пользователя (СРЕ) или шлюзом, так и в случае промежуточных маршрутизаторов, принадлежащих провайдерам (поставщикам) IP-службы. В модели предполагается, что IP-маршрутизаторы имеют интерфейсы с сетью ретрансляции кадров, в которой используются формат кадра и протоколы, определяемые в Рекомендации МСЭ-Т X.36. Модель применима как в случае КВК, так и в случае ПВК. Эта модель является частным случаем общей модели сетевой архитектуры для IP-сети, которая определена в Рекомендации МСЭ-Т Y.1231 (см. Дополнение III).

Рисунок 1 является обобщенной эталонной моделью IP-среды, в которой базовые инфраструктурные элементы IP-сети (то есть аппаратура IP-маршрутизации) взаимно соединяются с помощью виртуальных каналов, образуемых сетями данных общего пользования с ретрансляцией кадров. Эталонная конфигурация охватывает также случай, когда виртуальное соединение с ретрансляцией кадров образуется через несколько СДОП-РК, то есть виртуальные соединения с ретрансляцией кадров могут проходить более чем через одну национальную или международную транзитную сеть. Предполагается, что в этих случаях сети данных общего пользования с ретрансляцией кадров будут взаимно соединяться, используя интерфейс "сеть–сеть", определенный в Рекомендации МСЭ-Т X.76.

В контексте настоящей Рекомендации виртуальные соединения с ретрансляцией кадров используются для установления взаимосвязи только между парой IP-маршрутизаторов. Соответственно, при организации IP-сети требуемые возможности соединений могут обеспечиваться несколькими сетями с ретрансляцией кадров. Каждый маршрутизатор может иметь несколько UNI с РК, чтобы соединяться с разными РК-сетями.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При организации IP-сети соединительные звенья будут, вероятно, обеспечиваться разными технологиями нижнего уровня, среди которых ретрансляция кадров является лишь одним из примеров.

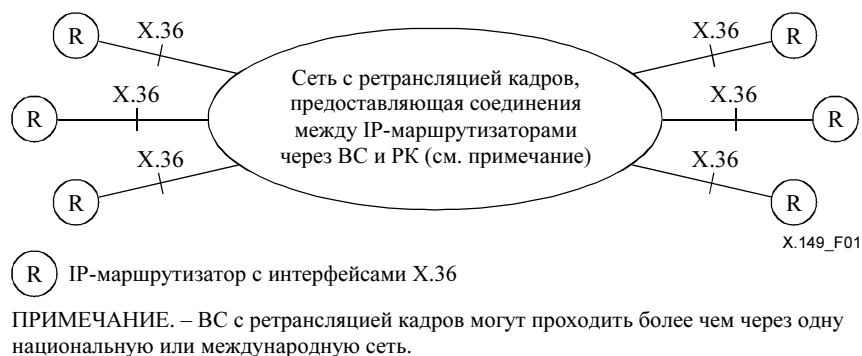
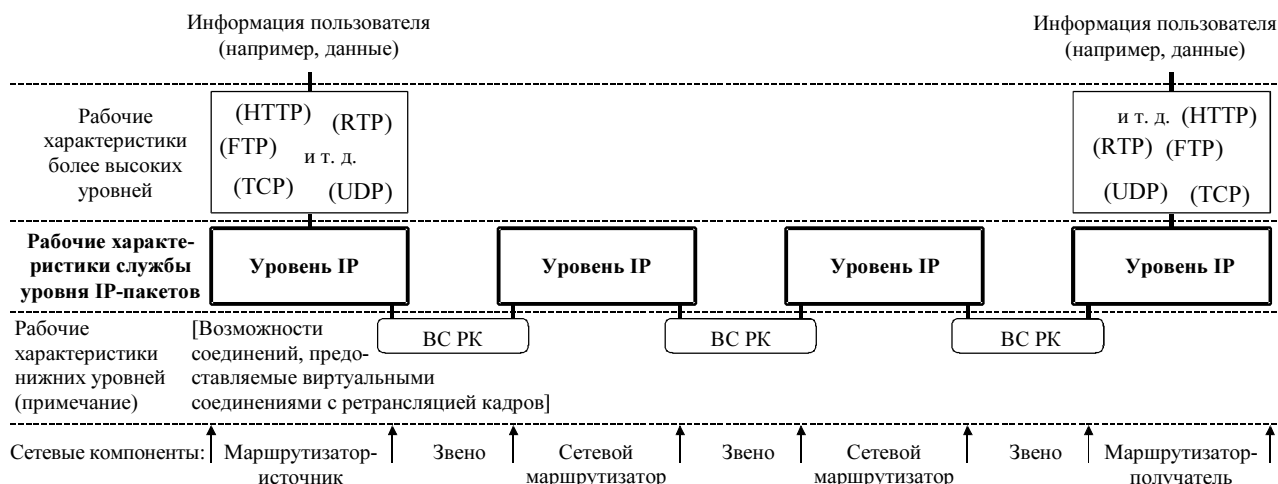


Рисунок 1/Х.149 – Использование виртуальных соединений с ретрансляцией кадров для взаимного соединения IP-маршрутизаторов

7 Многоуровневая модель рабочих характеристик для IP-служб

На рисунке 2 (адаптации многоуровневой модели рабочих характеристик, определенной в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540) иллюстрируется многоуровневый характер рабочих характеристик IP-службы. (Согласно предмету рассмотрения настоящей Рекомендации предполагается, что возможности соединения на нижележащем уровне обеспечиваются инфраструктурой с ретрансляцией кадров.) Рабочие характеристики, которые обеспечиваются для пользователей IP-службы, зависят от рабочих характеристик других уровней:

- Нижележащие уровни, которые обеспечивают (через "звенья данных с ретрансляцией кадров") транспорт, ориентированный на соединения и поддерживающий уровень IP. Эти звенья оканчиваются в пунктах, в которые направляются IP-пакеты (то есть в сетевых маршрутизаторах, маршрутизаторах-источниках и маршрутизаторах-получателях), и поэтому не организованы "от конца до конца".
- Уровень IP, который обеспечивает транспортировку IP-датаграмм (то есть IP-пакетов) без организации соединений. Уровень IP организуется "от конца до конца" для заданной пары IP-адресов источника и получателя. Определенные элементы в заголовках IP-пакетов могут изменяться маршрутизаторами IP-сети, но данные IP-пользователя не могут быть изменены на уровне IP или ниже.
- Более высокие уровни, которые поддерживаются протоколом IP и обеспечивают дальнейшие связи "от конца до конца". Верхние уровни могут содержать, например, уровни TCP, UDP, FTP, RTP и HTTP. Более высокие уровни будут изменять и могут улучшить рабочие характеристики "от конца до конца", которые обеспечивает уровень IP.



ПРИМЕЧАНИЕ. – Только для иллюстрации показано, что возможности соединений нижних уровней обеспечиваются тремя экземплярами ВС РК.

X.149_F02

Рисунок 2/Х.149 – Многоуровневая модель рабочих характеристик IP-службы (только пример)

8 Общая модель рабочих характеристик IP-службы

В этом разделе используется модель рабочих характеристик IP-службы, определенная в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541. Эта модель состоит, в первую очередь, из двух типов секций: сетевые секции IP и каналные секции (межсетевые звенья, которые обеспечивают возможности соединений на нижнем уровне). Эти секции формально определены в 5.2/Y.1540. (См. также Дополнение IV.) Предмет рассмотрения настоящей Рекомендации посвящен случаю, когда базовые элементы инфраструктуры IP-сети (например, устройства IP-маршрутизаторов) взаимно соединяются с помощью виртуальных соединений, которые обеспечиваются сетью данных общего пользования с ретрансляцией кадров.

8.1 Сетевые компоненты, каналные секции и сетевые секции

В Дополнении IV даются описания сетевых компонентов, а также каналной и сетевой секций, которые образуют строительные блоки, с помощью которых может быть представлена любая IP-служба "от конца до конца".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дополнение IV технически согласуется с разделами 5.1 и 5.2/Y.1540, но оно было конкретизировано для случая, когда возможности соединения нижних уровней обеспечивает ретрансляция кадров.

8.2 Эталонный тракт для оценки качества обслуживания от UNI до UNI

На рисунке 3 представлен эталонный тракт для оценки рабочих характеристик "от конца до конца" для потока IP-пакетов. Тракт от UNI до UNI в IP-сети содержит набор IP-сетевых секций (Network Sections, NS) и межсетевые звенья, которые обеспечивают транспорт для IP-пакетов, передаваемых от UNI на стороне источника к UNI на стороне получателя. В этой Рекомендации предполагается, что межсетевые секции обеспечиваются виртуальными соединениями с ретрансляцией кадров. IP-сетевая секция может состоять из одного или нескольких IP-маршрутизаторов. Предполагается также, что маршрутизаторы внутри IP-сетевой секции взаимно соединяются с помощью виртуальных каналов с ретрансляцией кадров.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Нормы на рабочие характеристики, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541, применяются от интерфейса "пользователь–сеть" (UNI) до другого UNI. Эти нормы на рабочие характеристики от UNI до UNI определены для IP-параметров рабочих характеристик, которые соответствуют эталонным событиям переноса IP-пакета (IPRE).

Согласно Y.1541 эталонные IP-тракты имеют следующие атрибуты:

- 1) Облака (сети) IP могут поддерживать соединения "пользователь–пользователь", "пользователь–хост" и другие варианты соединения оконечных пунктов.
- 2) IP-сетевые секции могут быть представлены в виде облаков с маршрутизаторами-шлюзами на их границах и с некоторым количеством внутренних маршрутизаторов, выполняющих различные роли.
- 3) Число IP-сетевых секций в заданном тракте может зависеть от предоставляемого Класса Обслуживания, а также от сложности и географической протяженности каждой IP-сетевой секции.
- 4) IP-тракт может содержать одну или несколько сетевых секций.
- 5) IP-сетевая секция, поддерживающая пакеты в некотором потоке, может изменяться за время ее жизни.

IP-возможности соединений обычно перекрывают международные границы и не следуют традиционным для МСЭ договоренностям о пакетной коммутации для национальных и международного участков сети. Например, на международной границе может не быть опознаваемых шлюзов, если одна и та же IP-сетевая секция используется с обеих сторон этой границы.

В контексте этой Рекомендации возможности соединений IP-потоков "от конца до конца" обеспечиваются сцеплением IP-маршрутизаторов, коммутаторов ретрансляции кадров и звеньями передачи. Поэтому рабочие характеристики (которые характеризуются потерями пакетов, временем переноса пакета и вариацией этого времени) для IP-потока будут зависеть как от уровня сложности сети, так и от перекрываемого географического расстояния.

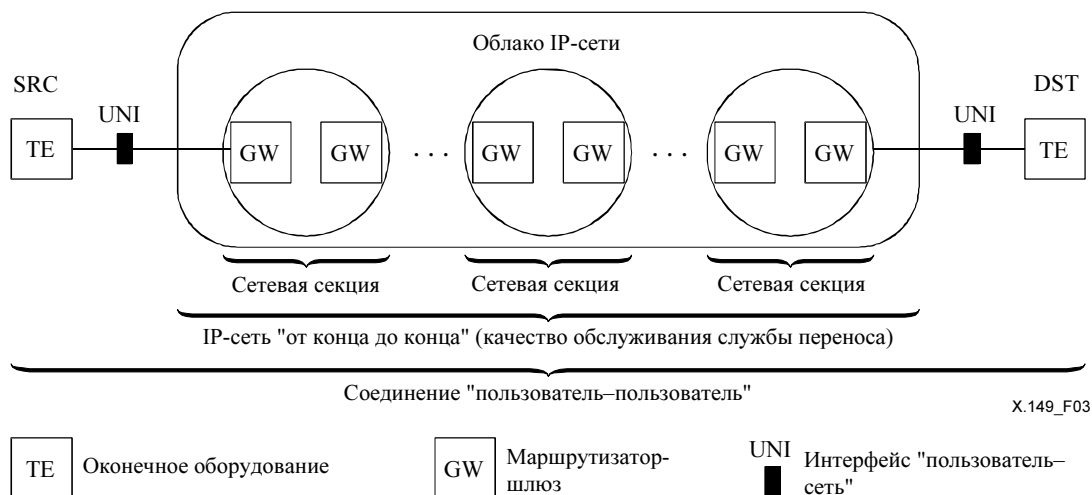


Рисунок 3/X.149 – Эталонный тракт от UNI до UNI для оценки норм на качество обслуживания с IP

В частности, на рабочие характеристики будут влиять следующие компоненты тракта:

- скорость передачи линии доступа (источника и получателя);
- IP-маршрутизаторы-шлюзы (источника и получателя);
- промежуточные маршрутизаторы вдоль IP-тракта потока;
- добавки от виртуальных соединений с ретрансляцией кадров (коммутаторы РК, скорость звена передачи и время распространения).

В Приложении А дается общая модель для расчета времени переноса и информация о влиянии размеров пакета/кадра и скорости передачи на это время переноса.

9 Вложение IP-пакета в кадр ретрансляции кадров

Формат, применяемый для вложения ("инкапсуляции") IP-датаграмм в кадры ретрансляции кадров и определенный в Приложении D/X.36, показан на рисунке 4. Идентификатор протокола устанавливается в шестнадцатеричное значение СС.

8	7	6	5	4	3	2	1	Октет
Флаг								1
Первый октет адресного поля								2
Второй октет адресного поля								3
Поле управления кадра UI = шестнадцатеричное 03								4
Идентификатор протокола, установленный в шестнадцатеричное СС								5
IP-датаграмма								6 до N – 3
Первый октет комбинации проверки кадра								N – 2
Второй октет комбинации проверки кадра								N – 1
Флаг								N

Рисунок 4/X.149 – Вложение IP-датаграммы в кадр X.36

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В разделе 8.2.6/X.36 указано, что все сети с ретрансляцией кадров должны поддерживать размер информационного поля ретрансляции кадров не менее 1600 октетов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – 1500 байтов являются обычно определяемым максимумом для пакетов Ethernet.

10 Аналитическое отношение между параметрами рабочих характеристик IP и ретрансляции кадров

Для того чтобы разработать аналитические отношения между всеми параметрами рабочих характеристик, определенными для уровней IP и ретрансляции кадров, предположим, что каждый IP-пакет вкладывается в один кадр. Протоколы РК и IP позволяют изменять размеры кадра и пакета. Поэтому в последующем анализе предполагается, что сегментация IP-пакета в несколько РК-кадров не нужна. Влияние сегментации останется для изучения. Так как IP-пакеты могут иметь разные размеры, зависящие от приложений, образованные РК-кадры также будут иметь разные размеры.

10.1 Рабочие характеристики потерь

Рассмотрим Коэффициент потери IP-пакетов (IPLR). Вероятность потери одиночного кадра определяется Коэффициентом потери кадров (FLR), определенным в разделе 3. Так как каждый IP-пакет вкладывается в один кадр, вероятность пропадания IP-пакета будет совпадать с вероятностью пропадания РК-кадра.

Поэтому минимальная потеря IP-пакета определяется выражением: $IPLR = FLR$.

Кадры с ошибками отбрасываются устройствами обработки кадров в сети с ретрансляцией кадров. Поэтому наличие ошибок просто транслируется в потери на уровне кадров. Следовательно, потери IP-пакетов включают в себя любые потери из-за ошибок на физическом уровне. Однако в вышеприведенном отношении предполагается, что IP-маршрутизаторы не вносят заметных потерь IP-пакетов. Это отношение может использоваться для определения уровня поддерживаемых рабочих характеристик сети с ретрансляцией кадров, которые предоставляются для уровня IP. Кстати, это отношение не зависит от размера IP-пакетов.

10.2 Рабочие характеристики времени переноса

Для случая рабочих характеристик времени переноса также легко увидеть, что среднее время переноса IP-пакета прямо связано со средним временем переноса кадра.

Поэтому минимальное время переноса IP-пакета определяется выражением: $IPTD = FTD$.

Время обработки IP-пакета, в первом приближении, считаем постоянным и пренебрегаем им здесь. (Ожидается, что время на обработку и очередь внутри IP-маршрутизатора будет по порядку величины, по крайней мере, меньше времени переноса "от конца до конца".) Вышеприведенное равенство означает, что время переноса для IP-пакета, передаваемого по сети с ретрансляцией кадров, будет таким же, что и для кадров. Численные нормы для времени переноса кадра в Рекомендации МСЭ-Т X.146 определяются для кадров длиной 256 байтов. Если IP-пакеты (кадры) длиннее, то вносимое время должно подсчитываться отдельно.

В Приложении А дается общая модель для расчета времени переноса для разных размеров пакета и скоростей передачи в звене.

10.3 Рабочие характеристики вариации времени переноса IP-пакета (IPDV)

Вариация времени переноса IP-пакета (IPDV) определена в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 как максимальное время переноса IP-пакета (IPTDmax) минус минимальное время переноса IP-пакета (IPTDmin) за заданный интервал измерения, состоящий из статистически значительного числа (N) измерений времени переноса.

Так как IP-пакеты вкладываются в одиночный кадр, в первом приближении мы можем считать, что вариация времени переноса IP-пакета будет эквивалентна Дрожанию времени переноса кадра (Frame Delay Jitter, FDJ). Однако при больших нагрузках трафика будет вероятно дополнительная вариация времени переноса, вносимая IP-маршрутизаторами.

Таким образом, минимальная вариация времени переноса IP-пакета определяется выражением: $IPDV = FDJ$.

10.3.1 Компоненты IPDV

Так как тракт "от конца до конца" состоит из связанных звеньев доступа, IP-маршрутизаторов, коммутаторов ретрансляции кадров и звеньев передачи, все узлы (то есть IP-маршрутизаторы и коммутаторы ретрансляции кадров) в таком тракте могут вносить добавки в IPDV "от конца до конца".

10.3.2 Оценка IPDV

При оценке IPDV "от конца до конца" следует учитывать, что поведение этого параметра зависит от накопленных подобных стандартных отклонений почти независимых случайных переменных. Когда независимые случайные переменные суммируются, результирующее стандартное отклонение приблизительно равно квадратному корню из суммы квадратов. Можно увидеть, что сумма назначенных IPTD больше, чем IPDV "от конца до конца". Вычисление IPDV для узлов k производится по следующей формуле:

$$IPDV = \sqrt{\sum_k IPDV_k^2}.$$

11 Отображение рабочих характеристик IP в классы качества обслуживания ретрансляции кадров

В таблице 1 показаны классы качества обслуживания (КО) для ретрансляции кадров и численные нормы на них для каждого из параметров рабочих характеристик согласно Рекомендации МСЭ-Т X.146.

Таблица 1/X.149 – Нормы на рабочие характеристики для классов службы с ретрансляцией кадров (из Рекомендации МСЭ-Т X.146)

Класс РК	Поддержка сетью	FLR _C	FTD (мс)
0	Обязательна, класс "по умолчанию"	Верхняя граница не определяется	Верхняя граница не определяется
1	Обязательна	$< 1 \times 10^{-3}$	< 400 для 95%
2	Факультативна	$< 3 \times 10^{-5}$	< 400 для 95%
3	Факультативна	$< 3 \times 10^{-5}$	< 150 для 95%

Эти численные нормы могут применяться в аналитических выражениях (определенных в 10.1 и 10.2) для получения оценки рабочих характеристик IP-уровня, которые можно ожидать при использовании различных классов КО службы с ретрансляцией кадров.

11.1 Отображение FLR в IPLR

В таблице 2 показано отображение для коэффициентов потерь. В таблице 3 показаны значения IPLR, соответствующие каждому классу КО службы с ретрансляцией кадров.

Таблица 2/X.149 – Значения IPLR, полученные из аналитического выражения $IPLR = FLR$

FLR	IPLR
3×10^{-5}	3×10^{-5}
1×10^{-3}	1×10^{-3}

Таблица 3/X.149 – Значения IPLR, соответствующие каждому классу КО службы с ретрансляцией кадров

Класс КО службы с ретрансляцией кадров	FLR ретрансляции кадров	IPLR, 40 байтов	IPLR, 576 байтов	IPLR, 1500 байтов
1	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}
2	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}
3	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}	3×10^{-5}

11.2 Отображение FTD в IPTD

Результаты отображения IPTD в FTD ретрансляции кадров сведены в таблицу 4. Для удобства показаны результаты расчетов, основанные на звеньях 1,544 Мбит/с в эталонном соединении. Значения IPTD для 40-байтовых IP-пакетов будут много меньше, чем указанная норма 400 мс; они не показаны здесь.

Таблица 4/Х.149 – Значения IPTD, соответствующие нормам на время переноса для классов службы с ретрансляцией кадров

Класс службы с ретрансляцией кадров	FTD для 95% (согласно Рекомендации МСЭ-Т Х.146)	Оценка IPTD для 95% (примечание)		
	Размер кадра: 256 байтов	< 256 байтов	576 байтов	1500 байтов
1	400 мс	400 мс	430 мс	515 мс
2	400 мс	400 мс	430 мс	515 мс
3	150 мс	150 мс	180 мс	265 мс

ПРИМЕЧАНИЕ. – При оценке IPTD применена модель времени переноса, описанная в Приложении А. Эта оценка базируется на эталонной сети с РК, содержащей 19 коммутаторов РК, использующей звенья передачи 1,544 Мбит/с и охватывающей такое расстояние, что норма на время переноса кадра, рассчитанная для кадров длиной 256 байтов для каждого класса службы, точно выполняется. Применение звеньев передачи с более высокой скоростью будет уменьшать время переноса для пакетов с большим размером. См. в Дополнении I расчеты значений IPTD для пакетов длиной 576 и 1500 байтов.

12 Использование для планирования IP-сетей

Результаты отображения из раздела 11 показывают, что рабочие характеристики потерь на уровне IP не зависят от размеров пакетов, переносимых в кадрах. Это объясняется тем фактом, что нормы на потери при ретрансляции кадров в классах службы с ретрансляцией кадров согласно Рекомендации МСЭ-Т Х.146 применяются ко всем обязательным кадрам независимо от их размера.

Значения рабочих характеристик уровня IP также идентичны значениям для ретрансляции кадров в случае использования простого вложения IP-пакетов в кадры. Размер IP-пакетов влияет на время переноса "от конца до конца" для пакета, который вложен в кадр и транспортирован через СДОП-РК. Нормы на время переноса кадра, установленные для классов КО ретрансляции кадров, даны для размера кадра 256 байтов. Более длинные кадры приведут к более длинной задержке синхронизации и будут поэтому влиять на достижимое время переноса IP-пакета "от конца до конца". В Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 определен размер IP-пакета 1500 октетов для оценки рабочих характеристик. В Приложении А приведена общая модель для расчета времени переноса "от конца до конца". Эта модель времени переноса может быть использована при планировании IP-сетей, как показано в Приложении В.

Приложение А

Общая модель времени переноса

А.1 Модель времени переноса

В этом Приложении описывается модель, которая может использоваться при оценке времени переноса для потока IP в случае, когда взаимное соединение IP-маршрутизаторов обеспечивается виртуальными соединениями с ретрансляцией кадров.

Модель, иллюстрирующая компоненты времени переноса "от конца до конца", показана на рисунке А.1. Время переноса "от конца до конца" является простой суммой задержек, вносимых задержкой синхронизации (передачи) через каждый узел (коммутатор РК или маршрутизатор IP), временем

распространения (зависящим от расстояния – 5 мс на 1000 км наземного соединения) по трактам передачи, соединяющим узлы, а также задержкой на очередь и обработку в каждом узле.

Время переноса при транзите через сеть можно рассчитать с помощью простой модели, которая содержит связанные задержки в каждом узле и в межузловых звеньях передачи.

Используя эту модель (показанную на рисунке А.1), можно активное соединение представить в виде серии $(k - 1)$ звеньев передачи (от l_1 до l_{k-1}), соединяющих k узлов (от N_1 до N_k).

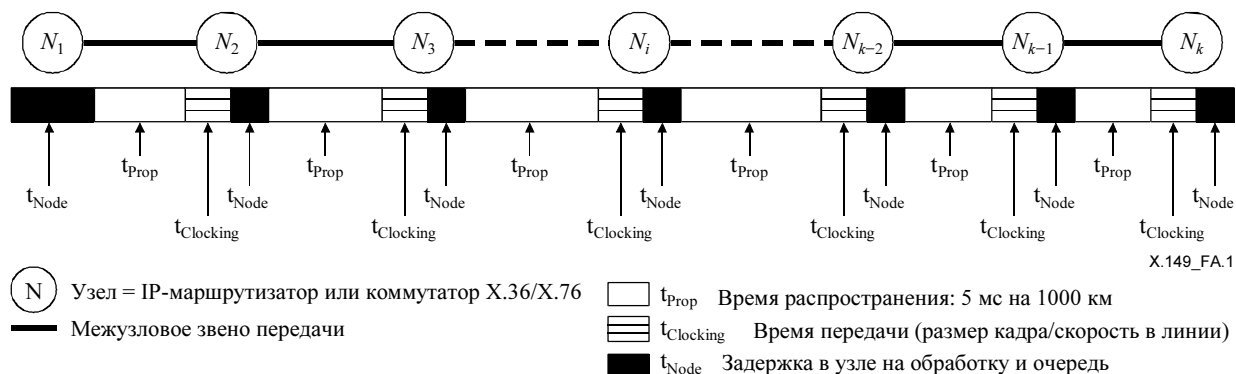


Рисунок А.1/Х.149 – Модель, иллюстрирующая компоненты времени переноса

Определим следующие параметры:

- D_i – это средняя задержка на обработку и очередь в узле N_i тракта.
- D_{wc_i} – это максимальная (в худшем случае) задержка на обработку и очередь в узле N_i тракта.
- L_i – это задержка синхронизации (время передачи) в каждом межузловом звене передачи l_i .
- T_i – это время распространения (зависящее от расстояния) в каждом межузловом звене передачи l_i .

Среднее время переноса (или, альтернативно, верхняя граница/худший случай) через сеть легко подсчитывается следующим образом:

$$\text{Среднее_время_переноса} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$$

$$\text{Максимальное_время_переноса} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_{Dwc_i},$$

Нижнюю границу легко найти, приравняв к нулю задержку в узле (D_i).

Следует заметить, что вышеприведенные выражения являются достаточно общими, учитывающими возможность изменения вдоль тракта как задержек узла на обработке (D_i), так и задержек синхронизации звена (L_i). Узлами могут быть либо коммутаторы РК, либо маршрутизаторы IP.

А.2 Компоненты времени переноса

А.2.1 Задержка узла

Задержка узла представляет время переноса через отдельный узел (маршрутизатор IP или коммутатор РК). Эта задержка узла может быть далее разделена на две части: Задержка очереди и Задержка маршрутизации/коммутации. Задержка маршрутизации/коммутации является временем на обработку кадра через коммутатор РК или пакета через маршрутизатор IP; она составит минимум при отсутствии очереди кадров/пакетов внутри коммутатора/маршрутизатора. Задержка очереди является отображением трафика, коммутируемого через узел, и представляет перегрузку, которая может случиться в коммутаторах или маршрутизаторах; она вызывает дополнительную задержку кадров/пакетов, ожидающих прохождения через очередь.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Средние задержки узла внутри сети с ретрансляцией кадров могут быть определены из измерений общего времени переноса "от конца до конца" путем вычитания известных и постоянных задержек на распространение и синхронизацию в соединении РК. Задержки коммутаторов обычно можно получить из документации изготовителя оборудования.

Типичные задержки на очередь и коммутацию для узлов ретрансляции кадров (узла доступа и внутреннего узла) приведены в таблице А.1.

Таблица А.1/Х.149 – Примеры задержке, вносимых узлами доступа РК и внутренними узлами РК

Компонент задержки узла ретрансляции кадров	Типовые значения
Узел доступа РК – задержка очереди	2,5 мс
Узел доступа РК – задержка коммутации	~ 50 мкс
Внутренний узел РК – задержка очереди	от 1 до 2 мс
Внутренний узел РК – задержка коммутации	~ 50 мкс

Таблица А.2/Х.149 – Примеры типичных задержек, вносимых ролью маршрутизатора IP (согласно таблице III.1/У.1541)

Роль маршрутизатора IP	Средняя общая задержка (сумма от очереди и обработки)	Вариация задержки
Шлюз доступа	10 мс	16 мс
Межсетевой шлюз	3 мс	3 мс
Распределение	3 мс	3 мс
Внутренний	2 мс	3 мс

ПРИМЕЧАНИЕ. – Вклад маршрутизатора в различные параметры может изменяться соответственно его роли. Межсетевые шлюзы обычно имеют рабочие характеристики, отличающиеся от характеристик шлюзов доступа.

А.2.2 Задержка от синхронизации

Задержка от синхронизации вызывается тем фактом, что узел должен сначала подождать полного кадра (или пакета), продвигаемого тактовыми импульсами в память, прежде чем начинать какую-либо обработку или коммутацию этого кадра (пакета). Имеется зависимость как от длины отдельного кадра, так и от скорости, с которой кадры синхронно продвигаются в устройство. В таблице А.3 приводятся различные задержки синхронизации, рассчитанные для разных скоростей передачи и размеров кадра. Задержка синхронизации канальных секций доступа и межсетевых канальных секций может быть значительным компонентом времени переноса "от конца до конца", в частности, в случае, когда кадры большой длины переносятся по низкоскоростным звеньям передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данной Рекомендации низкими скоростями считаются средние скорости передачи ниже 1,5 Мбит/с.

Таблица А.3/Х.149 – Задержка от синхронизации для различных скоростей передачи и размеров кадра

Скорость передачи	Размер кадра (информационного поля РК) (примечание)						
	48 байтов	64 байта	128 байтов	256 байтов	512 байта	1024 байта	1500 байтов
64 кбит/с	6,4 мс	8 мс	16 мс	32 мс	64 мс	128 мс	188 мс
128 кбит/с	3,25 мс	4 мс	8 мс	16 мс	32 мс	64 мс	94 мс
256 кбит/с	1,63 мс	2 мс	4 мс	8 мс	16 мс	32 мс	47 мс
512 кбит/с	0,81 мс	1 мс	2 мс	4 мс	8 мс	16 мс	23,5 мс
1024 кбит/с	406 мкс	0,5 мс	1 мс	2 мс	4 мс	8 мс	11,8 мс
1544 кбит/с	269 мкс	0,35 мс	0,68 мс	1,35 мс	2,67 мс	5,3 мс	7,8 мс
2048 кбит/с	203 мкс	0,25 мс	0,5 мс	1 мс	2 мс	4 мс	5,8 мс
34 368 кбит/с	12 мкс	16 мкс	31 мкс	61 мкс	120 мкс	240 мкс	350 мкс
44 736 кбит/с	9,3 мкс	12 мкс	24 мкс	46 мкс	92 мкс	184 мкс	269 мкс
155 520 кбит/с	2,7 мкс	3,5 мкс	7 мкс	13 мкс	27 мкс	53 мкс	77 мкс

ПРИМЕЧАНИЕ. – Размер кадра относится к размеру информационного поля РК (содержащего IP-пакет). Предполагается также 2-байтовый размер заголовка РК плюс 2-байтовая FCS.

А.2.3 Время распространения

Компонент "время распространения" представляет физическую скорость света, действующую на биты, проходящие по звеньям передачи, и просто рассчитывается с помощью известного расстояния между узлами путем назначения вносимой задержки 5 мс на 1000 км расстояния для наземного маршрута (согласно Рекомендации МСЭ-Т G.114).

А.2.3.1 Влияние спутника в соединении РК

Если спутник включен, например, в международный участок соединения РК, то задержка, назначенная для этого участка, составляет 270 мс. Двумя другим участкам соединения РК тогда выделяется по 40 мс для каждого. Однако эти другие два национальных участка могли бы вносить задержку более 40 мс при размерах кадра, превышающих 256 байтов.

Приложение В

Использование модели времени переноса при планировании IP-сетей

В.1 Использование модели времени переноса

В данном Приложении дается пример того, как общая модель времени переноса может использоваться совместно с нормами по Y.1541 на время переноса качества обслуживания с IP для начального инфраструктурного планирования IP-сети, в которой соединения между маршрутизаторами IP должны обеспечиваться виртуальными соединениями с ретрансляцией кадров.

Рассмотрим время переноса по тракту секции IP-сети, показанному на рисунке В.1. Трасс "от конца до конца" состоит из 2-х IP-маршрутизаторов-шлюзов и $(k - 2)$ узлов IP. Узлы IP взаимно соединены с помощью виртуальных соединений с ретрансляцией кадров.

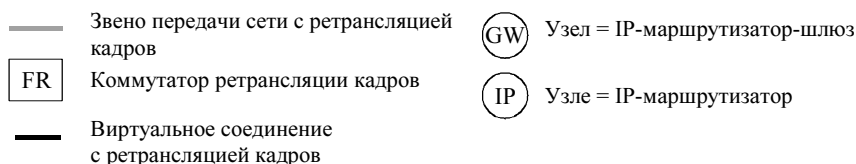
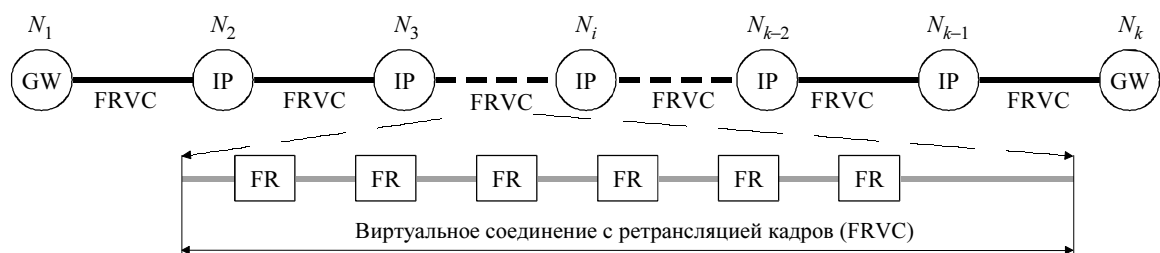


Рисунок В.1/X.149 – Секция IP-сети с использованием виртуальных соединений РК для взаимосвязи маршрутизаторов

Из Приложения А: *Среднее время переноса* = $\sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i$.

Определим следующие параметры:

- k = число маршрутизаторов IP в тракте (включая шлюзы IP);
- D_{GW} = задержка на обработку в шлюзе IP;
- D_N = задержка на обработку в узле IP;
- FR_{LD} = задержка в звене ретрансляции кадров (содержит только задержки коммутации и синхронизации РК).

Отсюда:

Время переноса секции IP-сети = $2 \times D_{GW} + (k - 2) \times D_N + (k - 1) \times FR_{LD}$ + *время распространения*

а также *Время переноса звена ретрансляции кадров (Frame Relay Link Delay, FRLD):*

$$FRLD = 2 \times (\text{Время переноса линии доступа РК}) + \sum \text{Задержка узла РК} + \sum \text{Время переноса звена передачи РК.}$$

Эти уравнения одновременно определяют рабочие характеристики секции IP-сети. При планировании секции IP-сети могут применяться разные подходы. Физическое расстояние, которое необходимо преодолеть, будет определять время распространения. С другой стороны, набор норм на время переноса для секции IP будет определять число узлов, которое может быть поддержано в тракте, а также дает ограничение на время распространения. Уравнение может быть решено при условии, что известна конфигурация соединений с ретрансляцией кадров (то есть число коммутаторов и магистральная скорость передачи).

В.2 Расчет секции IP, удовлетворяющей номер на IPTD для классов 0 и 2

Предположим, только для примера, что:

- норма на IPTD = 100 мс;
- максимальный размер IP-пакета = 1500 байтов;
- все звенья передачи = 34 Мбит/с; задержка синхронизации = 350 мкс;
- для установления любого виртуального соединения РК требуется максимально шесть узлов РК;
- максимальная задержка в узле ретрансляции кадров = 2 мс;
- максимальная задержка в узле-шлюзе IP = 10 мс;
- максимальная задержка в узле IP = 2 мс.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На практике задержка на обработку и очередь в коммутаторе РК будет, вероятно, значительно меньше, чем 2 мс, а все звенья ретрансляции кадров не будут иметь идентичные конфигурации. В случае, когда виртуальные соединения РК обеспечиваются одной национальной сетью, требуемое число коммутационных ступеней должно быть, вероятно, менее шести. Использование высокоскоростных звеньев передачи будет значительно уменьшать вклад задержки синхронизации РК.

Худший случай Времени переноса звена РК определяется формулой:

$$FRLD = 2 \times (350 \text{ мкс}) + 6 \times (2 \text{ мс}) + (350 \text{ мкс}) = 14,45 \text{ мс.}$$

Отсюда:

Время переноса секции IP-сети = $2 \times 10 \text{ мс} + (k - 2) \times 2 \text{ мс} + (k - 1) \times 14,45 \text{ мс} + \text{время распространения}$.

Допустим 16 мс на задержку синхронизации в линии абонентского доступа. (Предполагаем линию доступа со скоростью 1,544 Мбит/с.)

Поэтому: $(100 - 16) \text{ мс} = 2 \times 10 \text{ мс} + (k - 2) \times 2 \text{ мс} + (k - 1) \times 14,45 \text{ мс} + \text{время распространения}$.

Отсюда:

Время распространения = $82,45 - 16,45 k$, либо $k = (82,45 - \text{время распространения})/16,45$.

В таблице В.1 показано число IP-узлов, разрешенное для тракта при заданном времени распространения и позволяющее удовлетворить норму на IPTD (100 мс), установленную для секции IP-сети. Можно легко увидеть, что при увеличении географического расстояния, которое следует преодолеть, разрешенное число маршрутизаторов в тракте уменьшается. Это означает, что существует "обмен" между задержкой на обработку в узле и временем распространения. Соответственно, для сетей, покрывающих большие расстояния, будут минимизированы потребности в сложности.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Таблица В.1 отражает результаты предыдущего анализа для конкретного примера и не определяет предписанных пределов.

Таблица В.1/Х.149 – Взаимоотношение между размещенным числом узлов и временем распространения

Перекрываемое расстояние (км)	Время распространения (мс)	k	Разрешенное число IP-узлов
125	0,625	4,97	5
250	1,25	4,9	4
500	2,5	4,8	4
1 000	5	4,7	4
2 000	10	4,4	4
4 000	20	3,8	3
6 000	30	3,2	3
8 000	40	2,6	2
10 000	50	1,97	2

Дополнение I

Влияние размера пакета/кадра на время переноса IP-пакета

В этом Дополнении приводятся расчеты для оцененных значений IPTD, указанных в таблице 4, а также демонстрируется влияние размера кадра и скорости в звене передачи на достижимое время переноса.

I.1 Оценка времени переноса IP-пакета с помощью модели

Для того чтобы оценить влияние размера пакета на время переноса IP-пакета, предположим, что эталонное соединение с ретрансляцией кадров содержит два национальных участка сети, каждый с восемью коммутационными узлами, и международный участок с тремя коммутационными узлами. Предположим также, что для соединения коммутаторов РК применяются звенья передачи со скоростью 1,544 Мбит/с или 2,048 Мбит/с. Предположив, что норма на время переноса может быть правильно соблюдена, если виртуальное соединение РК охватывает эталонное соединение, можно будет оценить вклад от времени распространения. Затем можно вычислить оценку времени переноса для более длинных пакетов, используя полученное значение времени распространения.

I.1.1 Оценка вклада от времени распространения по эталонному соединению

Предположим, что при 256-байтовом кадре правильно соблюдается норма на время переноса (150 мс или 400 мс).

Оценку вклада времени распространения для эталонного соединения можно получить, используя выражение для времени переноса, введенное в Приложении А, а также значения задержки на обработку (таблица А.1) и задержки на синхронизацию (таблица А.3).

Для IP-пакетов длиной 256 байтов при использовании звеньев 1,544 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров имеем:

$$150 \text{ мс} = 18 \times 1,35 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс}.$$

Отсюда:

- Допустимое время распространения = 107 мс.

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров имеем:

$$400 \text{ мс} = 18 \times 1,35 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс}.$$

Отсюда:

- Допустимое время распространения = 357 мс.

Используя эти значения допустимого времени распространения, можно теперь оценить время переноса для IP-пакетов длиной 576 и 1500 байтов.

Для IP-пакетов длиной 576-байтов при использовании звеньев 1,544 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 107 мс), имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 3 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 180 \text{ мс}. \end{aligned}$$

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 357 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 3 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 430 \text{ мс}. \end{aligned}$$

Для IP-пакетов длиной 1500 байтов при использовании звеньев 1,544 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 107 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 7,8 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 266 \text{ мс.} \end{aligned}$$

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 357 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 7,8 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 516 \text{ мс.} \end{aligned}$$

Теперь рассмотрим случай, когда звенья передачи работают со скоростью 2,048 Мбит/с.

Для IP-пакетов длиной 256 байтов при использовании звеньев 2,048 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров имеем:

$$150 \text{ мс} = 18 \times 1,0 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс.}$$

Отсюда:

- Допустимое время распространения = 113 мс.

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров имеем:

$$400 \text{ мс} = 18 \times 1,0 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс.}$$

Отсюда:

- Допустимое время распространения = 363 мс.

Используя эти значения времени распространения, можно оценить время переноса для IP-пакетов длиной 576 и 1500 байтов.

Для IP-пакетов длиной 576 байтов при использовании звеньев 2,048 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 113 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 2,25 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 172 \text{ мс.} \end{aligned}$$

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 363 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 2,25 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 422 \text{ мс.} \end{aligned}$$

Для IP-пакетов длиной 1500 байтов при использовании звеньев 2,048 Мбит/с

Для класса 3 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 113 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 5,8 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 236 \text{ мс.} \end{aligned}$$

Для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров (допустимое время распространения = 363 мс) имеем:

$$\begin{aligned} \text{Время переноса} &= 18 \times 5,8 \text{ мс} + \text{время распространения} + 19 \times 1 \text{ мс} \\ &= 486 \text{ мс.} \end{aligned}$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приведенные расчеты показывают, что использование более скоростных звеньев передачи будет уменьшать время переноса "от конца до конца". Использование звена 2,048 Мбит/с вместо звена 1,544 Мбит/с приводит к уменьшению задержки синхронизации на 2 мс в каждом звене передачи. Однако в случае (при размере кадра 256 байтов), когда норма на время переноса для классов 1 и 2 службы с ретрансляцией кадров действительно выполняется, ожидается, что время распространения будет вносить значительный вклад.

Эти результаты сведены в таблице I.1.

Таблица I.1/X.149 – Оценки значений IPTD для разных размеров пакета и скоростей в звене передачи

Класс службы с ретрансляцией кадров	Скорость в звене передачи	FTD для 95% (согласно Рекомендации МСЭ-Т X.146)	Оценка IPTD для 95% (примечание)		
		Размер кадра: 256 байтов	< 256 байтов	576 байтов	1500 байтов
1	1,544 Мбит/с	400 мс	400 мс	430 мс	515 мс
2	1,544 Мбит/с	400 мс	400 мс	430 мс	515 мс
3	1,544 Мбит/с	150 мс	150 мс	180 мс	265 мс
1	2,048 Мбит/с	400 мс	400 мс	422 мс	486 мс
2	2,048 Мбит/с	400 мс	400 мс	422 мс	486 мс
3	2,048 Мбит/с	150 мс	150 мс	172 мс	236 мс

Дополнение II

Использование ретрансляции кадров для поддержки классов IP-службы, определенных в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541

Целью настоящего Дополнения является иллюстрация способа, с помощью которого классы КО ретрансляции кадров (определенные в Рекомендации МСЭ-Т X.146) способны поддерживать классы IP-службы, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541. Нормы на КО IP-службы, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541, являются нормами "от конца до конца", и поэтому следует учитывать вклад линии доступа.

II.1 Простое взаимное соединение IP-маршрутизаторов

Рассмотрим эталонную модель, показанную на рисунке II.1 для случая, когда виртуальное соединение с ретрансляцией кадров используется для взаимного соединения двух IP-сетей. В зависимости от ситуации виртуальное соединение РК может охватывать международное соединение с ретрансляцией кадров. IP-сеть может содержать ряд IP-маршрутизаторов.

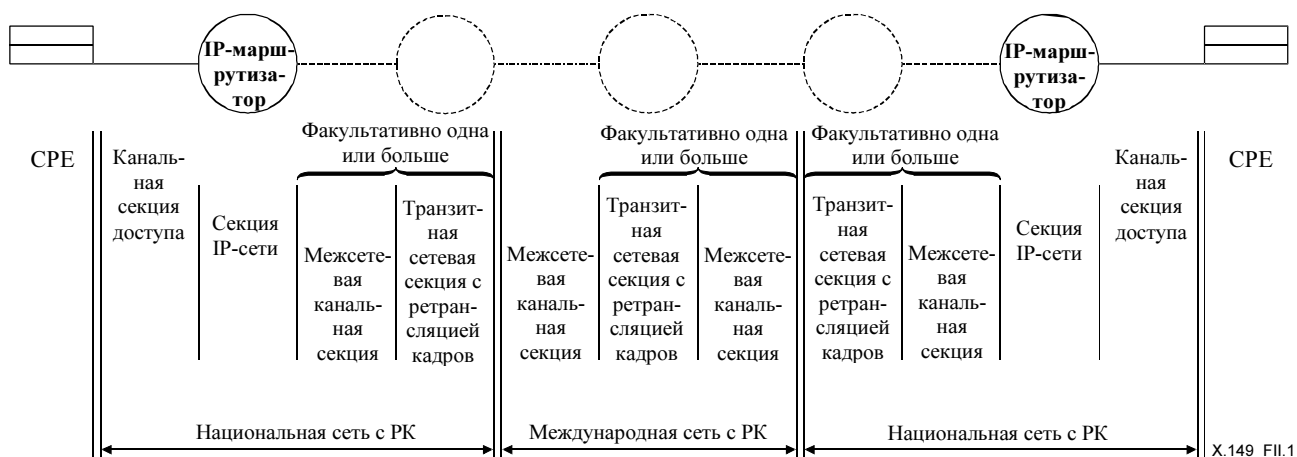


Рисунок II.1/X.149 – Использование виртуальных соединений РК для взаимного соединения IP-маршрутизаторов

II.2 Расчет времени переноса "от конца до конца"

Время переноса "от конца до конца" включает в себя вклады всех сетевых секций IP и РК, а также соответствующих канальных секций.

II.2.1 Вклад канала доступа и IP-шлюза

Как определено в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541, типичная задержка на очередь и на обработку для каждого IP-шлюза доступа составляет 10 мс. Вклад времени на передачу от канала доступа является функцией длины кадра (Frame Length, FL) и скорости передачи на доступе (Access Transmission Rate, TS). Считаем, что время распространения в канале доступа пренебрежимо мало.

$$\text{Время переноса на доступе} = 10 \text{ мс} + FL/TS$$

II.2.2 Вклад национальных и международных сетевых секций с ретрансляцией кадров

Вклад соединения с ретрансляцией кадров может быть рассчитан с помощью выведенного в Приложении А выражения для времени переноса.

$$\text{Среднее время переноса} = \sum_{i=1}^{k-1} L_i + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k D_i.$$

Допустим, что задержка на очередь и на обработку для каждого внутреннего коммутатора РК составляет D мс.

Время распространения (Propagation Delay, PD) рассчитывается исходя из 5 мс на 1000 километров маршрута.

Число коммутаторов ретрансляции кадров = k .

Тогда:

$$\text{Врем_переноса_РК} = \frac{(k-1) \times FL}{\text{Скорость передачи в звене}} + PD + k \times D.$$

II.2.3 Примеры расчетов IPTD для типичных глобальных соединений

Предположим, что международное физическое соединение с ретрансляцией кадров состоит из 19 коммутаторов РК (восемь коммутаторов РК на каждом национальном участке и три коммутатора РК на международном участке).

II.2.3.1 Пример 1

Параметры конфигурации:

- число коммутаторов РК $k = 19$;
- скорость доступа = 2,048 Мбит/с;
- внутренние звенья сети РК = 2,048 Мбит/с;
- расстояние = 12 000 км; время распространения = 60 мс;
- размер кадра = 48 байтов (приложение с реальным временем);
- допустимая задержка маршрутизатора = 10 мс;
- допустимая задержка узла РК = 1 мс.

$$\text{Время переноса "от конца до конца"} = 2 \times (10 \text{ мс} + 0,203 \text{ мс}) + 18 \times 0,203 \text{ мс} + 60 \text{ мс} + 19 \times 1 \text{ мс} = 103 \text{ мс}.$$

Это значение немного превышает нормы на IPTD из Y.1541 для классов КО 0 и 2.

II.2.3.2 Пример 2

Параметры конфигурации:

- число коммутаторов РК $k = 19$;
- скорость доступа = 2,048 Мбит/с;

- внутренние звенья сети РК = 34 Мбит/с;
- расстояние = 12 000 км; время распространения = 60 мс;
- размер кадра = 48 байтов (приложение с реальным временем);
- допустимая задержка маршрутизатора = 10 мс;
- допустимая задержка узла РК = 1 мс.

Время переноса "от конца до конца" = $2 \times (10 \text{ мс} + 0,203 \text{ мс}) + 18 \times 12 \text{ мкс} + 60 \text{ мс} + 19 \times 1 \text{ мс} = 99 \text{ мс}$.

Это значение как раз удовлетворяет норме на IPTD из Y.1541 для классов КО 0 и 2.

Следует заметить, что в случае, когда размер пакета превышает 48 байтов, норма "от конца до конца" не была бы удовлетворена. Аналогично, если расстояние тракта увеличить, то норма на КО для классов 0 и 2 не была бы удовлетворена.

II.2.3.3 Пример 3

Параметры конфигурации:

- число коммутаторов РК $k = 19$;
- скорость доступа = 34 Мбит/с;
- внутренние звенья сети РК = 34 Мбит/с;
- расстояние = 27 000 км; время распространения = 135 мс;
- размер кадра = 576 байтов (приложение – перенос данных);
- допустимая задержка маршрутизатора = 10 мс;
- допустимая задержка узла РК = 1 мс.

Время переноса "от конца до конца" = $2 \times (10 \text{ мс} + 135 \text{ мкс}) + 18 \times 135 \text{ мкс} + 135 \text{ мс} + 19 \times 1 \text{ мс} = 176 \text{ мс}$.

Это значение превышает норму на IPTD из Y.1541 для классов КО 0 и 2.

Эти примеры ясно показывают, что время распространения является преобладающим фактором в длинных международных соединениях.

II.3 Оценка IPDV

Применив формулу из 10.3.2 к случаю, когда тракт содержит 18 внутренних коммутаторов ретрансляции кадров, каждый с FDJ = 25 мс, и два IP-шлюза доступа, каждый с IPDV = 16 мс, получим следующий результат:

$$\text{IPDV ("от конца до конца")} = 25,11 \text{ мс.}$$

Отсюда видим, что рабочая характеристика IPDV удовлетворяет норме на IPDV для IP-классов КО 0, 1 и 2.

II.4 Оценка коэффициента потери IP-пакетов (IPLR)

Как в 10.1: ($IPLR = FLR$).

Так как для всех РК-классов КО (кроме класса 0) коэффициент потери кадров меньше или равен IPLR, видно, что использование соединений ретрансляции кадров с классами КО 1, 2 или 3 будет позволять достигнуть IPLR для всех IP-классов КО.

Дополнение III

Общая сетевая архитектура для IP-сети

III.1 Общая сетевая архитектура для IP-сети

На рисунке III.1 показана (согласно Рекомендации МСЭ-Т Y.1231) общая сетевая архитектура для IP-сети. Эта модель не предполагает использования какой-либо конкретной технологии для обеспечения соединения между CPN и IP-сетью доступа или взаимного соединения IP-маршрутизаторов/сетей. Модель допускает использование различных технологий соединений на нижележащем уровне (уровне 2).

Эталонные точки (Reference Point, RP), показанные на рисунке III.1, являются логическими разделителями функций и могут не соответствовать физическим интерфейсам в некоторых реализациях сети. В некоторых сетевых реализациях могут не разделяться сеть доступа и внутренняя сеть.

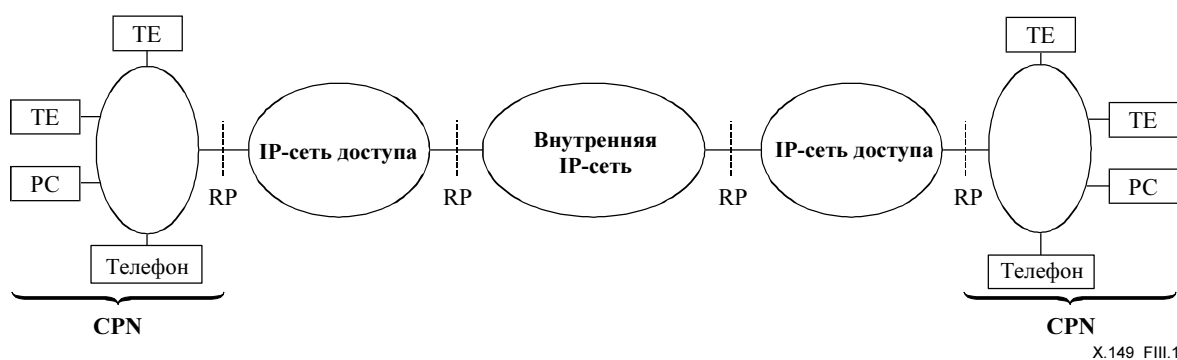


Рисунок III.1/X.149 – Общая сетевая архитектура IP-сети

В Рекомендации МСЭ-Т Y.1231 определены следующие термины:

III.1.1 IP-сеть доступа: Реализация, содержащая сетевые объекты для обеспечения требуемых возможностей доступа между "IP-пользователем" и "провайдером (поставщиком) IP-службы" с целью обеспечения IP-служб. "IP-пользователь" и "провайдер IP-службы" являются логическими объектами, которые оканчивают IP-уровень и/или относящиеся к IP функции и могут также охватывать функции нижележащего уровня.

III.1.2 внутренняя IP-сеть: Сеть провайдера IP-службы, имеющая одного или несколько провайдеров IP-службы.

III.2 Эталонная модель IP-сети доступа

На рисунке III.2 показан пример эталонной модели IP-сети доступа. В данной Рекомендации Транспортная функция сети доступа может обеспечиваться различными технологиями доступа (например, Коммутируемая телефонная сеть общего пользования, Цифровая сеть с интеграцией служб, РК, Асинхронный режим переноса, Асимметричная цифровая абонентская линия и др.). В случае, когда Транспортная функция сети доступа обеспечивается виртуальным соединением с ретрансляцией кадров, это ВС обеспечивает соединение на нижележащем уровне между CPN и провайдером IP-службы.

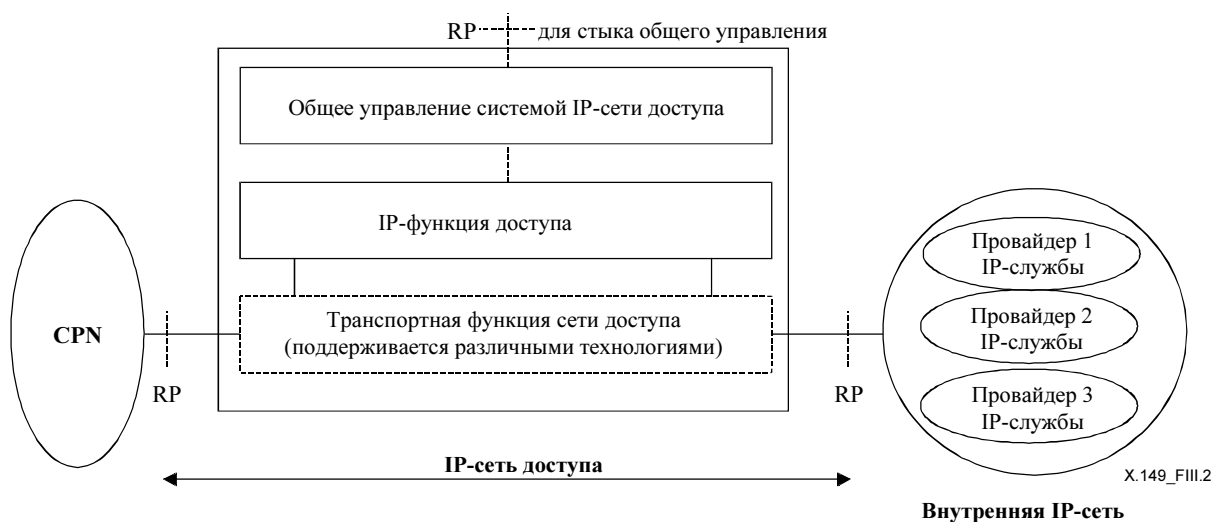


Рисунок III.2/X.149 – Пример архитектуры IP-сети доступа

Дополнение IV

Определения сетевых компонентов, канальных секций и сетевых секций

IV.1 Сетевые компоненты

IV.1.1 хост (хост-компьютер): Компьютер, который пользуется связью с помощью протоколов Интернета. Хост реализует функции маршрутизации (то есть он работает на уровне IP) и может реализовать дополнительные функции, включая протоколы вышестоящих уровней (например, протокол TCP в хост-источнике или в хост-получателе) и протоколы нижележащих уровней (например, ATM).

IV.1.2 маршрутизатор (router): Хост, который создает возможность связи между другими хостами путем пересылки IP-пакетов, используя содержимое их полей IP-адреса получателя.

IV.1.3 хост-источник (source host, SRC): Хост или полный IP-адрес пункта, из которого выдаются IP-пакеты "от конца до конца". Обычно хост может иметь более одного IP-адреса; однако хост-источник является уникальным, связанным с одним IP-адресом. Хосты-источники выдают также протоколы более высокого уровня (например, TCP), когда такие протоколы реализованы.

IV.1.4 хост-получатель (destination host, DST): Хост и полный IP-адрес пункта, в котором IP-пакеты "от конца до конца" заканчиваются. Обычно хост может иметь более одного IP-адреса; однако хост-получатель является уникальным, связанным с одним IP-адресом. Хосты-получатели заканчивают также протоколы более высокого уровня (например, TCP), когда такие протоколы реализованы.

IV.1.5 звено (link): Соединение (возможно, виртуальное) "от точки до точки", используемое для транспортировки IP-пакетов между парой хостов. Оно не включает в себя какие-либо части этих хостов или какие-либо другие хосты; оно действует ниже IP-уровня. В данной Рекомендации звено реализуется в виде логического соединения по сети с ретрансляцией кадров.

На рисунке IV.1 показаны сетевые компоненты, относящиеся к IP-службе между SRC и DST. Звенья, являющиеся виртуальными соединениями с ПК или сетями с ПК, показаны в виде линий между хостами. Маршрутизаторы показаны в виде окружностей, а SRC и DST – в виде треугольников.

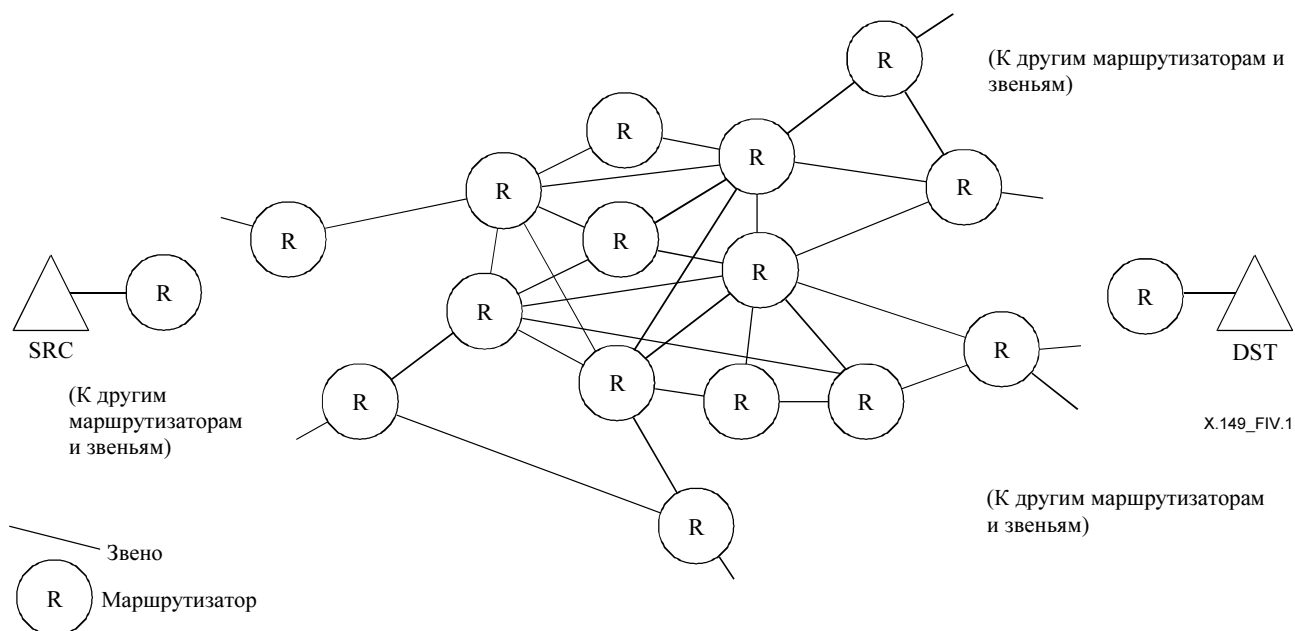


Рисунок IV.1/X.149 – Компоненты IP-сети

IV.2 Канальные секции и сетевые секции

IV.2.1 канальная секция (circuit section, CS): Звено (создаваемое виртуальным соединением с ПК, которое может быть установлено через одну или несколько сетей с ретрансляцией кадров), которое соединяет:

- 1) хост-источник или хост-получатель со смежным хостом (например, маршрутизатором), возможно, находящимся в другом подчинении; либо
- 2) маршрутизатор с одной сетевой секции с маршрутизатором в другой сетевой секции.

Отметим, что ответственность за канальную секцию, ее пропускную способность и ее рабочие характеристики обычно разделяется между соединяемыми сторонами.

ПРИМЕЧАНИЕ. – "Канальная секция" приближенно эквивалентна термину "exchange" (обмен, передача), определенному в RFC 2330.

IV.2.2 сетевая секция (network section, NS): Набор хостов вместе со всеми соединяющими их звеньями, которые вместе образуют часть IP-службы между SRC и DST и находятся под одной (или совместной) полномочной ответственностью. Некоторые сетевые секции содержат один хост без соединительных звеньев. Частными случаями сетевых секций являются NS-источник и NS-получатель. Две сетевые секции соединяются с помощью канальной секции.

ПРИМЕЧАНИЕ. – "Сетевая секция" приближенно эквивалентна термину "cloud" (облако, сеть), определенному в RFC 2330.

Любой набор хостов, взаимно соединенных звеньями, может рассматриваться как сетевая секция. Однако для целей (будущих) назначения IP-рабочих характеристик будет уместно сосредоточиться на наборе хостов и звеньев, находящихся под одной (или совместной) полномочной ответственностью (например, международного провайдера службы, ISP, или сетевого провайдера службы, NSP). Эти хосты обычно имеют один и тот же идентификатор сети в своих IP-адресах. Обычно они имеют свои собственные правила внутренней маршрутизации. Выбор маршрутизации к получателям за пределами такой сетевой секции (к другой NS через канальные секции) диктуется глобальными процессами и местной политикой. Эти сетевые секции обычно ограничиваются маршрутизаторами, которые реализуют внешние IP-протоколы шлюза.

IV.2.3 NS-источник: NS, которая содержит источник (SRC), находящийся под ее полномочной ответственностью. В некоторых случаях SRC является единственным хостом в NS-источнике.

IV.2.4 NS-получатель: NS, которая содержит получателя (DST), находящегося под ее полномочной ответственностью. В некоторых случаях DST является единственным хостом в NS-получателе.

На рисунке IV.2 показаны возможности соединения сети, относящиеся к IP-службе между источником (SRC) и получателем (DST). Маршрутизаторы-шлюзы на границах каждой NS получают и передают IP-пакеты по каналным секциям.

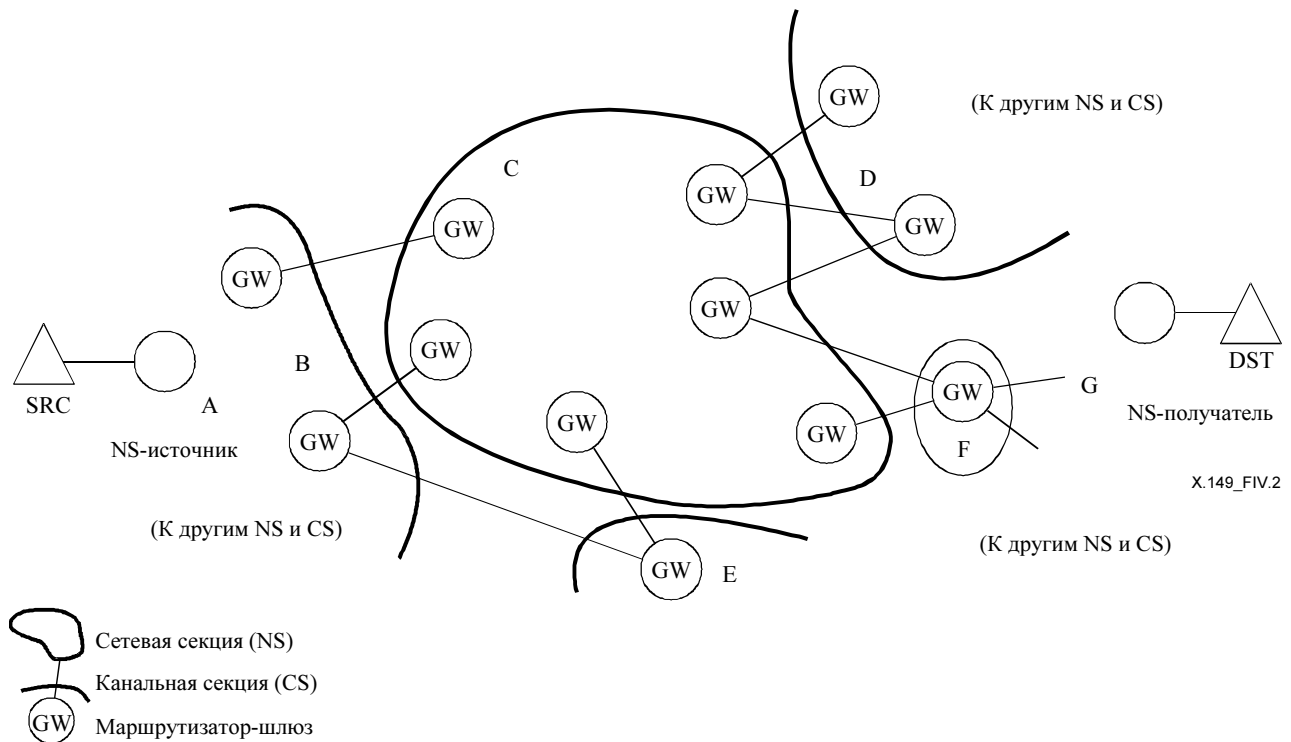


Рисунок IV.2/X.149 – Возможности соединения IP-сети

Дополнение V

Классы качества обслуживания IP-сети (согласно Рекомендации МСЭ-Т Y.1541)

Содержание настоящего Дополнения дано лишь для облегчения понимания; оно описывает классы КО IP-сети, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 (2002).

Таблица V.1/X.149 – Предварительные определения классов КО IP-сети и норм на сетевые рабочие характеристики

Параметр сетевых рабочих характеристик	Характер нормы на сетевые рабочие характеристики	Классы КО					
		Класс 0	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5, ненормированный
IPTD	Верхняя граница для среднего IPTD (примечание 1)	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	U
IPDV	Верхняя граница для $1 - 10^{-3}$ от количества IPTD минус минимальное IPTD (примечание 2)	50 мс (примечание 3)	50 мс (примечание 3)	U	U	U	U
IPLR	Верхняя граница для вероятности пропадания пакета	1×10^{-3} (примечание 4)	1×10^{-3} (примечание 4)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	U
Коэффициент ошибок по IP-пакетам, IPER	Верхняя граница	1×10^{-4} (примечание 5)					U

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

Эти нормы применяются к IP-сетям общего пользования. Считается, что нормы достижимы в типовых реализациях IP-сети. Обязательство провайдера сети по отношению к пользователю заключается в попытках доставить пакеты так, чтобы достичь каждую из применимых норм. Подавляющее большинство IP-трактов, для которых объявляется соответствие с Рекомендацией МСЭ-Т Y.1541, должны отвечать этим нормам. Для некоторых параметров рабочие характеристики могут быть значительно лучше в более коротких и/или менее сложных трактах.

Интервал оценки 1 минута предварительно предложен для IPTD, IPDV и IPLR; в любом случае интервал должен указываться.

Отдельные провайдеры сети могут решить взять обязательства по рабочим характеристикам, лучшие по сравнению с этими нормами.

Буква "U" означает "ненормировано" или "неограничено". Когда рабочая характеристика, относящаяся к конкретному параметру, обозначена буквой "U", МСЭ-Т не устанавливает норму на этот параметр, а любые нормы "по умолчанию" из Y.1541 могут игнорироваться. Когда норма на параметр установлена в "U", рабочая характеристика в части этого параметра временами может быть случайно плохой.

Все значения являются предварительными и могут не удовлетворяться сетями, пока нормы не будут пересмотрены (вверх или вниз) на основе реального эксплуатационного опыта.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Очень большое время распространения будет препятствовать удовлетворению малых норм на время переноса "от конца до конца". В этом и некоторых других случаях нормы на IPTD для классов 0 и 2 всегда будут недостижимы. Каждый провайдер сети будет сталкиваться с такими ситуациями; диапазон норм на IPTD в этой таблице указывает достижимые классы КО как варианты. Нормы на время переноса какого-либо класса не препятствуют, чтобы провайдер сети предоставлял услуги с обязательством по меньшему времени переноса. Согласно определению IPTD из Рекомендации Y.1540, время ввода пакета включено в норму на IPTD. В настоящей Рекомендации для оценки этих норм предложена максимальная длина информационного поля пакета 1500 байтов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Определение и характер нормы на IPDV остаются для изучения. Больше деталей имеется в Дополнении II/Y.1541.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это значение зависит от пропускной способности межсетевых звеньев. Меньшие вариации возможны в случаях, когда все пропускные способности выше первичной скорости (системы T1 и E1) или когда информационные поля конкурирующих пакетов короче 1500 байтов (см. Дополнение IV/Y.1541).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Нормы на IPLR для классов 0 и 1 частично базируются на изучениях, которые показали, что высококачественная передача голоса и голосовые кодеки будут, по существу, не подвержены искажению при $IPLR = 10^{-3}$.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Это значение гарантирует, что потеря пакетов будет преобладающим источником дефектов, выдаваемых верхним уровням; оно достижимо при транспортировке IP по ATM.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, эксплуатация служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура и аспекты межсетевого протокола (IP)
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи