



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

О.211

(01/2006)

СЕРИЯ О: ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
АППАРАТУРЕ

Аппаратура для проведения измерений в IP сетях

**Испытательная и измерительная аппаратура
для проведения испытаний на уровне IP**

Рекомендация МСЭ-Т О.211

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ О
ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ

Общие положения	О.1–О.9
Доступ для технического обслуживания	О.10–О.19
Автоматические и полуавтоматические измерительные системы	О.20–О.39
Аппаратура для измерения аналоговых параметров	О.40–О.129
Аппаратура для измерения цифровых и аналоговых/цифровых параметров	О.130–О.199
Аппаратура для измерения параметров оптических каналов	О.200–О.209
Аппаратура для проведения испытаний в IP сетях	О.210–О.219

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

Рекомендация МСЭ-Т О.211

Испытательная и измерительная аппаратура для проведения испытаний на уровне IP

Резюме

В настоящей Рекомендации определяется сигнатура измерения качественных показателей IP (IPPMS) и испытательные пакеты, которые могут быть использованы для измерения качественных показателей и готовности к работе услуг IP сети в административных регионах, в композитных сетях и на устройствах различных производителей. IPPMS может использоваться для обеспечения работы и технического обслуживания как сетей IPv4, так и сетей IPv6.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т О.211 утверждена 13 января 2006 г. 4-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

Ключевые слова

Активные измерения, качественные показатели сети.

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.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются 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 I 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.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т.п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, 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 получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения 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 по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2006

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Сфера применения..... 1
2	Справочные документы 1
3	Определения..... 2
4	Сокращения..... 3
5	Анализ современного уровня технологии..... 5
5.1	ICMP PING и трассировка 5
5.2	Существующие решения для активных измерений 5
6	Требования и преимущества стандартного испытательного IP пакета..... 5
6.1	Общие требования..... 5
6.2	Преимущества стандартизации испытательного IP пакета 6
6.3	Возможность взаимодействия 6
6.4	Групповая IP адресация и подвижность..... 6
6.5	Совместимость IPv4 и IPv6 6
6.6	Транспортный протокол 7
6.7	Типовой испытательный пакет 7
6.8	Взаимосвязь с другими организациями или форумами..... 8
6.9	Показатели и параметры 8
7	Схема измерений качественных показателей IP пакета 9
7.1	Пояснение по размещению IPPMS внутри испытательного пакета..... 10
8	Определение сигнатуры измерения качественных показателей IP (IPPMS)..... 13
8.1	Размер испытательного IP пакета 14
8.2	Измерительный интервал 14
8.3	Сигнатура измерения качественных показателей IP (IPPMS) 14
8.4	Подробное описание формата IPPMS 15
9	Измерительные IP пакеты для уровней IPv4 и IPv6..... 19
9.1	Варианты IPPMS 20
9.2	Размер нагрузки – 32 байта (только IPPMS)..... 20
9.3	Размер нагрузки – 52 байта 20
9.4	Размер нагрузки – 132 байта 20
9.5	Размер нагрузки – 164 байта 21
9.6	Размер нагрузки – 564 байта 21
9.7	Размер нагрузки – 1464 байта 21
10	Безопасность 21
	БИБЛИОГРАФИЯ 22

Рекомендация МСЭ-Т О.211

Испытательная и измерительная аппаратура для проведения испытаний на уровне IP

1 Сфера применения

Для обеспечения работы и обслуживания IP сетей желательно иметь такой испытательный IP пакет общего стандартного формата, который позволил бы обеспечить *взаимодействие* испытательного оборудования и сравнивать результаты измерений. Для того чтобы измерить качественные показатели сетей IPv4 и IPv6, а также услуг для различных типов Р, требуется обеспечить взаимодействие оборудования различных производителей с целью проведения измерений параметров, определенных в Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 [4] и M.2301 [1] (IPER, IPLR, IPTD, IPDV, IPSLB, IPRR) в различных административных регионах или в композитных сетях. Такой формат пакета должен упростить не только проведение измерений между областями ответственности различных операторов, но также и идентификацию руководителя, контролирующего проведение измерений.

Это требование аналогично требованиям на сетевых уровнях ПЦИ/СЦИ (уровень 1) и АТМ (уровень 2), сформулированным в Рекомендациях МСЭ-Т О.181 [2] и О.191 [3]. Испытательный пакет должен содержать соответствующую информацию, необходимую для измерения основных качественных показателей сети, определенных в Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 [4] и M.2301 [1].

В настоящей Рекомендации рассматривается измерение качественных показателей услуги в IP сетях.

Методы измерений должны позволять измерять параметры, определенные 2-й, 4-й, 9-й, 12-й, 13-й, 15-й и 16-й Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, а также такими организациями, как ATIS T1A1, ETSI TIPHON, EURESCOM, 3GPP и IETF.

Целью настоящей Рекомендации является стандартизация общей сигнатуры измерения качественных показателей IP (IPPMS) и испытательных пакетов для измерения качественных показателей и готовности к работе IP сетей в административных районах, в композитных сетях и на разнородных устройствах. Уровень IP поддерживает множество различных IP-услуг, которые могут иметь различные требования по качеству работы, следовательно, испытательные пакеты должны быть максимально типичными *для данной услуги*, предоставляемой уровнем IPv4 и/или IPv6 для приемо-сдаточных испытаний, технического обслуживания, устранения неисправностей и контроля SLA.

В сферу применения настоящей Рекомендации не входит ни определение способа активизации или отключения измерений, ни определение того, как используются результаты измерений. Тем не менее сигнатура измерения должна позволять определить измеряемый параметр и того, кто запрашивает это измерение.

2 Справочные документы

В нижеследующих Рекомендациях и других справочных документах содержатся положения, которые с помощью ссылки в настоящем тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На время публикации указанные здесь издания были действительными. Все Рекомендации и другие справочные документы постоянно пересматриваются; поэтому всем пользователям данной Рекомендации настоятельно рекомендуется изучить возможность использования последних изданий перечисленных ниже Рекомендаций и других справочных документов. Перечень действующих на настоящий момент рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка в настоящей Рекомендации на какой-либо документ не придает этому отдельному документу статуса Рекомендации.

- [1] Рекомендация МСЭ-Т M.2301 (2002), *Объективные качественные показатели и процедуры эксплуатации и технического обслуживания сетей на базе IP.*
- [2] Рекомендация МСЭ-Т О.181 (2002), *Оборудование для оценки помехозащищенности интерфейсов STM-N.*
- [3] Рекомендация МСЭ-Т О.191 (2000), *Оборудование для измерения качества передачи в сети АТМ каналов.*

- [4] Рекомендация МСЭ-Т Y.1540 (2002), *Услуга передачи данных с использованием Интернет-протокола – передача IP пакетов и показатели качества и готовности к работе.*
- [5] Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 (2006), *Объективные качественные показатели сети для услуг на базе IP.*
- [6] Рекомендация МСЭ-Т Y.1241 (2001), *Предоставление услуг на базе IP с использованием возможностей IP передачи.*
- [7] Рекомендация МСЭ-Т I.353 (1996), *Эталонные события для определения показателей качества ЦСИС и Ш-ЦСИС.*
- [8] Рекомендация МСЭ-Т G.7041/Y.1303 (2005), *Общая процедура формирования кадров (GFP).*
- [9] Рекомендация МСЭ-Т M.1400 (2004), *Указания по взаимным соединениям сетей оператора.*
- [10] IETF RFC 4148 (2005), *Таблица регистрации измеряемых качественных показателей IP сетей (IPPM).*
- [11] ISO 3166-1:1997, *Коды для представления названий стран и их территорий – Часть 1: коды стран.*

3 Определения

Следующие определения взяты из Рекомендации МСЭ-Т Y.1241 [6]:

3.1 услуга на базе IP (IP-based service): Услуга на базе IP определяется как услуга, предоставляемая плоскостью обслуживания конечному пользователю (например, контроллеру (оконечной системы) или элементу сети), которая использует функциональные возможности IP передачи и соответствующие функции контроля и управления для доставки информации пользователя, определяемой соглашениями об уровне обслуживания.

3.2 услуга IP-сети (IP network service): Услуга IP-сети определяется как услуга передачи данных, в ходе которой данные, передаваемые через интерфейс между пользователем и провайдером, передаются в виде IP (Интернет-протокол) пакетов (иногда их называют датаграммами). Услуга IP-сети включает в себя услуги, предоставляемые с использованием функциональных возможностей IP передачи.

3.3 функциональные возможности IP передачи (IP transfer capability): Функциональные возможности IP передачи определяются как набор функциональных возможностей сети, предоставляемых уровнем IP. Они могут быть охарактеризованы контрактами на передачу трафика, а также показателями качества работы, поддерживаемыми функциями управления и контроля нижележащих уровней протокола.

В Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 [4] сквозная IP услуга и контрольная точка измерения (MP) определены следующим образом:

3.4 сквозная IP услуга (end-to-end IP service): В тексте настоящей Рекомендации сквозная IP услуга обозначает передачу IP датаграмм, сформированных пользователем (в настоящей Рекомендации они называются IP пакетами) между двумя оконечными станциями, обозначенными их полными IP адресами.

3.5 точка измерения (measurement point) (MP): Граница между оконечной станцией и соединенным с ней каналом, в котором можно наблюдать и измерить эталонные события, определяющие качественные показатели. В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т I.353 [7] в точках измерения IP можно контролировать стандартные Интернет-протоколы. В Рекомендации МСЭ-Т I.353 приведена дополнительная информация о точках MP для цифровых услуг.

3.6 Тип P (Type-P): Документ RFC 2330 определяет правила измерения качественных показателей. В нем введено понятие типа пакета, Тип-Р. Он соответствует набору протоколов, представленных в заголовках пакета IP и SUB-IP. Тип P представляет собой перечень названий идентификатора протоколов. Названия идентификаторов протоколов для IP определены в RFC 2896. Конкретные названия идентификаторов протоколов для IPv6 определены в RFC 3919. Например, Тип-Р "ip.udp.snmp" отличается от типа-Р "ip.ipv6.udp.snmp", поскольку последний является не просто пакетом SNMP, передаваемым по линии IPv6, но также и пакетом IPv6, инкапсулированным в сети IP. Это определение используется только в настоящей Рекомендации для создания более понятных примеров инкапсуляции.

3.7 сигнатура измерения качественных показателей IP (IP performance measurement signature) (IPPMS): Испытательный IP пакет – это обычный IP пакет, который содержит стандартизованные блоки полей, необходимых для проведения измерений. Эти блоки полей называются сигнатурой измерения качественных показателей IP (IPPMS).

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

3GPP	Third Generation Partnership Project	Проект партнерства третьего поколения
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions	Союз решений в области телекоммуникаций
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Асинхронный режим передачи
BGP	Border Gateway Protocol	Пограничный межсетевой протокол
CAC	Connection Admission Control	Управление установлением соединений
CIF	Controller Identifier Format	Формат идентификатора контроллера
CRC	Cyclic Redundancy Check	Циклическая проверка на основе избыточности
CRC32	32-bit Cyclic Redundancy Check	32-битовая циклическая проверка на основе избыточности
DiffServ	Differentiated Service	Дифференцированное обслуживание
DoS	Denial of Service	Отказ в обслуживании
DSCP	Differentiated Service Code Point	Кодовая точка дифференцированного обслуживания
DST	Destination	Пункт назначения
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	ETSI Европейский институт по стандартизации электросвязи
EURESCOM	European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications	Европейский институт исследований и стратегических разработок в области электросвязи
FR	Frame Relay	Ретрансляция кадров
FTP	File Transfer Protocol	Протокол передачи файлов
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Протокол передачи гипертекста
ICMP	Internet Control Message Protocol	Протокол управляющих сообщений в Интернет
ID	Identifier	Идентификатор
IETF	Internet Engineering Task Force	Целевая группа по инженерным проблемам Интернет
IntServ	Integrated Service	Интегрированная служба
IP	Internet Protocol	Межсетевой протокол
IPDR	IP Packet Discard Rate	Процент отброшенных IP пакетов
IPDV	IP Packet Delay Variation	Отклонение задержки IP пакетов
IPER	IP Packet Error Ratio	Коэффициент ошибок в IP пакетах
IPLR	IP Packet Loss Ratio	Процент утерянных IP пакетов
IPOD	IP Operator Domain	Домен оператора IP
IPPM	IP Performance Metrics	Параметры качества работы IP
IPPMS	IP Performance Measurement Signature	Сигнатура измерения качественных показателей IP
IPRR	IP Packet Reordering Ratio	Коэффициент изменения порядка следования IP пакетов

IPRTD	IP Packet Round Trip Delay		Задержка IP пакетов на пути следования в прямом и обратном направлении
IPSLBR	IP Packet Severe Loss Block Ratio		Коэффициент блоков, серьезно пораженных из-за потери IP пакетов
IPTD	IP Packet Transfer Delay		Задержка передачи IP пакетов
IPv4	IP version 4		Интернет-протокол, версия 4
IPv6	IP version 6		Интернет-протокол, версия 6
LL	Lower Layers		Нижележащие уровни
MIB	Management Information Base		База данных управляющей информации
MP	Measurement Point		Контрольная точка
MPEG	Moving Picture Experts Group		Группа экспертов по вопросам кинотехники
MTTR	Mean Time To Restore		Среднее время восстановления
NAT	Network Address Translation		Трансляция сетевых адресов
NTP	Network Termination Point		Сетевая оконечная станция
OBGR	Operator Border Gateway Router		Маршрутизатор пограничного шлюза оператора
PAM	Passive and Active Measurement		Пассивное и активное измерение
PAT	Protocol Address Translation		Протокол трансляции адресов
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	ПЦИ	Плещиохронная цифровая иерархия
PDU	Protocol Data Unit		Протокольный блок данных
PING	Packet Internetwork (Internet) Grouper		Группировщик пакетов между сетями (в Интернете)
PPP	Point-to-Point Protocol		Протокол передачи "из пункта в пункт"
QoS	Quality of Service		Качество обслуживания
RMON	Remote Network Monitoring		Дистанционный контроль работы сети
RTP	Real Time Transport Protocol		Протокол транспортирования реального времени
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SDU	Service Data Unit		Блок данных услуги
SLA	Service Level Agreement		Соглашение об уровне обслуживания
SN	Sequence Number		Порядковый номер
SRC	Source		Источник
STM-N	Synchronous Transport Module, level N		Модуль синхронной передачи порядка N
SUB-IP	Sub IP Layer		Вложенный IP уровень
TCP	Transmission Control Protocol		Протокол управления передачей
TIPHON	Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks		Гармонизация электросвязи и Интернет протокола в сетях передачи
TSC	Timestamp Control		Управление маркером времени
TSF	Timestamp Format		Формат меток времени
Tx	Transmitter		Передатчик
UDP	User Datagram Protocol		Протокол датаграмм пользователя
VoIP	Voice over IP		Передача речи по IP сети

5 Анализ современного уровня технологии

5.1 ICMP PING и трассировка

Используя простые методы, например, такие как ICMP PING или трассировка, можно измерить только задержку при передаче сигнала в IP сети в прямом и обратном направлениях (IPRTD), а задержка при передаче сигнала в одном направлении для пакетной сети, конечно же, не равна точно половине IPRTD. Две другие проблемы, связанные с использованием PING, заключаются в том, что частотная характеристика PING на маршрутизаторах все чаще отключается для уменьшения вероятности проникновения хакера и воздействий, вызывающих отказ в обслуживании законных пользователей, и, даже когда эти функции активизированы, они имеют наименьший приоритет при обработке пакетов на маршрутизаторе. Следовательно, задержка, измеренная при помощи PING, не является точной мерой задержки трафика пользователя. Действительно, PING – это всего лишь простейшая, но полезная проверка соединения.

5.2 Существующие решения для активных измерений

Существующие системы измерения качественных показателей IP сетей и услуг различных производителей не взаимодействуют между собой, но в них используются одинаковая семантика и методы. Испытательный пакет накладывается на обычный IP пакет. В наборе протоколов, существующих в заголовке IP, описывается пакет типа P. В такой пакет вводятся данные, предназначенные для измерения качественных показателей.

Измерительные пакеты отличаются по содержанию полей, порядку их следования, названиям полей, блокам полей, размерам полей и размещением испытательных данных в информационном содержании пакета. Обычно полями бывают:

- устройство, которое передало пакет;
- интерфейс, который передал пакет;
- идентификатор потока, которому принадлежит пакет;
- метка абсолютного времени, соответствующая времени передачи пакета;
- порядковый номер пакета; и
- контрольная сумма или CRC, вычисленная в предыдущих полях или в полном IP пакете.

В существующих вариантах реализации испытательные данные вводятся либо в начало, либо в конец SDU испытательного IP пакета.

В настоящей Рекомендации рассмотрены оба варианта реализации.

6 Требования и преимущества стандартного испытательного IP пакета

В настоящей Рекомендации определяется формат испытательного IP пакета, который должен использоваться для тестирования сети в ходе ее создания и обслуживания с целью проверки требований по качественным показателям IP передачи услуг на базе IP при помощи измерения показателей IP, определенных в Рекомендациях МСЭ-Т У.1540 [4] и М.2301 [1].

В настоящем разделе рассматриваются общие требования и преимущества стандартного испытательного пакета.

6.1 Общие требования

В Рекомендации МСЭ-Т М.2301 [1] описываются два основных вида измерений – влияющие и не влияющие на режим работы канала связи.

В измерениях, влияющих на режим работы, используются потоки испытательных IP пакетов для создания IP потоков в испытываемом канале. Эти испытательные пакеты либо перемежаются с обычными потоками трафика, передаваемыми между двумя точками измерений (MP), либо передаются в виде непрерывного потока трафика вымышленного пользователя.

В измерениях, не влияющих на режим работы, используется один из следующих методов:

- контроль и сбор данных MIB от сетевых элементов, например маршрутизаторов, для оценки качественных показателей и технического обслуживания сети;
- измерение качественных показателей сети для пользовательских IP пакетов.

При измерениях, не влияющих на режим работы, и IP пакеты пользователя, и испытательные IP пакеты контролируются как обычный трафик IP. Следовательно, пассивный и активный вид измерений, называемый PAM, исчезает. Он может рассматриваться как "смешанный режим", в котором вводятся испытательные пакеты, оказывающие влияние на режим работы, но контролируются без оказания такого влияния. Например, не мешающие работе канала датчики, соединенные с основными MP в сети, например шлюзовые маршрутизаторы, могут контролировать испытательные IP пакеты для измерения междоменных качественных показателей.

Для того чтобы измерить качество обслуживания, важно обеспечить оперативное взаимодействие оборудования различных производителей и иметь возможность измерить задержку и число утерянных пакетов на передаче в одну сторону во всех административных районах или по композитной сети для пакетов различных типов P.

Следовательно, в настоящей Рекомендации рассматриваются два главных вопроса:

- При выполнении прямо-сдаточных испытаний сети или услуги чрезвычайно важно использовать поток испытательных IP пакетов, который моделирует те типы приложений, которые будут поддерживаться в сети.
- IP – данные никогда не передаются непосредственно по IP каналу. Трафик пользователя передается главным образом по протоколам UDP или TCP, но не только.

6.2 Преимущества стандартизации испытательного IP пакета

Стандартизированный испытательный IP пакет имеет множество преимуществ, включая следующие:

- услуги на базе IP могут предоставляться и подключаться согласованно, а величина QoS устанавливается в соответствии с согласованными SLA;
- качественные показатели сети и QoS могут контролироваться согласованно, и результаты измерений могут сравниваться со значениями, определенными в SLA, и они будут скоррелированы для различных MP и приборов;
- можно оценить взаимодействие между приборами различных производителей;
- можно оценить взаимодействие между измерениями, выполняемыми в различных административных районах и в композитных сетях.

6.3 Возможность взаимодействия

Определение испытательного IP пакета должно допускать взаимодействие оборудования различных производителей для выполнения метрических измерений в различных административных районах и в композитных сетях.

В настоящее время в испытаниях, где используется оборудование различных производителей, и/или проводимых в различных административных районах, идентификатор измерений, установленный источником (в основном, идентификатором источника) не имеет никакого значения для приемника.

Для достижения взаимодействия испытательный IP пакет должен содержать информацию, которая бы однозначно идентифицировала контроллера измерения.

6.4 Групповая IP адресация и подвижность

В определении испытательного IP пакета должно рассматриваться измерение качественных показателей услуги группового вызова и подвижные IP услуги.

6.5 Совместимость IPv4 и IPv6

Для выполнения сквозных измерений испытательный пакет не должен зависеть ни от IPv4, ни от IPv6.

Механизмы трансляции протоколов между IPv4 и IPv6 и совместимость IPv4 и IPv6 являются возможными источниками отсутствия взаимодействия измерений.

Везде, где это возможно, испытательный пакет не должен отбрасываться ни процедурой трансляции IPv6/IPv4, ни механизмами переходов.

6.6 Транспортный протокол

На рисунке 1 показана многоуровневая модель качественных показателей для IP услуги, которая включает в себя UDP и TCP, описанных изначально в Рекомендации МСЭ-Т. Y.1540 [4].

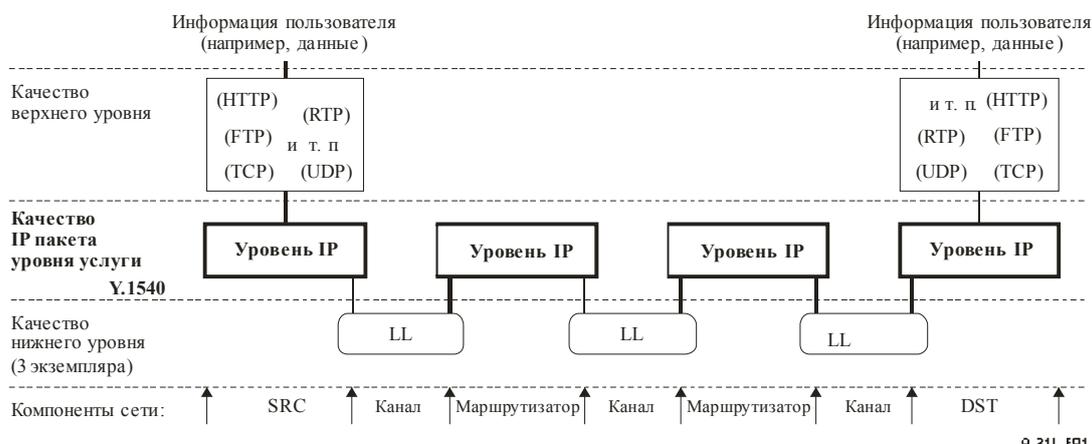


Рисунок 1/O.211 – Пример многоуровневой модели качественных показателей для IP услуги (по Y.1540)

IP данные редко непосредственно налагаются на протокол IP. В настоящее время информация пользователя передается, главным образом, по протоколам UDP или TCP. Следовательно, испытательный пакет должен позволять измерить качественные показатели потоков UDP и TCP.

Но информация пользователя передается не только по протоколам UDP или TCP. В настоящее время определено более 46 протоколов, которые инкапсулируются непосредственно в IP. В идеале в определении испытательного пакета должно предусматриваться измерение качественных показателей сетей и услуг на базе IP, опирающихся на эти протоколы.

В сферу применения настоящей Рекомендации не входит задача определить, для каких из этих протоколов следует измерять качественные показатели. Более того, в настоящей Рекомендации учитывается тот факт, что в будущем будут определены новые протоколы.

Следовательно, в настоящей Рекомендации описывается гибкая структура испытательного пакета для измерения качественных показателей любого протокола инкапсулируемого наложением на IPv4 или IPv6.

6.7 Типовой испытательный пакет

Для того чтобы быть типичным для IP услуги, поток испытательных IP пакетов должен чаще всего соблюдать инкапсуляцию данной услуги.

Большая часть используемых в офисе профессиональных приложений доступна через NAT/PAT или сетевой экран. Большая их часть работает по протоколу TCP, но не все:

Испытательные пакеты должны проходить сквозь NAT/PAT и сетевой экран точно так же, как проходят пакеты IP услуг.

QoS, как правило, гарантируется с применением механизмов SAS, которые в заголовке каждого IP пакета устанавливают кодовую точку DiffServ. Маршрутизаторы располагают пакеты в порядке очереди согласно значениям их кодовой точки:

- SAS должен классифицировать испытательный пакет, используя ту же самую кодовую точку, которая соответствует услуге, для измерения качественных показателей которой предназначен испытательный пакет.

Поскольку услуги на базе IP не инкапсулируются непосредственно в IP, не имеет смысла определять испытательный IP пакет на уровне необработанного IP.

6.8 Взаимосвязь с другими организациями или форумами

Цель настоящей Рекомендации – повысить эксплуатационное взаимодействие. Она может быть достигнута при осознании различными организациями и форумами необходимости использовать одни и те же измерительные пакеты и продолжать работать по существующим стандартам.

6.9 Показатели и параметры

В Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 [4] и M.2301 [1] определяются показатели качества работы и требуемые рабочие характеристики сетей на базе IP.

В разделе 6/M.2301 [1] описывается метод измерения и определяются показатели, которые могут быть измерены с использованием испытательных пакетов. В таблице 1 это соответствие уточняется.

Таблица 1/О.211 – Измерение параметров качества, влияющих и не влияющих на режим работы канала связи

Параметр	Влияющий на режим работы	Не влияющий на режим работы
IPTD	√	(Примечание)
IPDV	√	(Примечание)
IPER	√	√
IPLR	√	√
IPDR		√

ПРИМЕЧАНИЕ. – IPTD и IPDV можно вычислить из результатов измерений, не влияющих на режим работы. Например, один и тот же пакет обнаруживается и для него создается метка времени в двух местах, затем эта информация собирается для вычисления разницы во времени. Этот метод описан в документах рабочей группы IETF по дискретизации пакетов.

6.9.1 Задержка передачи IP пакета (IPTD)

IPTD – это основной измеряемый показатель, определенный в 6.2/Y.1540 [4].

Измерение параметров задержки сигнала выполняется между точками МР. Этот тест заключается в передаче из одного конца канала в другой потока пакетов с отметками времени, распределенных по потоку трафика. Время приема каждого пакета регистрируется.

Время, затраченное на передачу каждого пакета (IPTD) в одном направлении, определяется как разность моментов времени приема и передачи пакета.

Следовательно, в IPPMS должно содержаться поле абсолютной метки времени.

6.9.2 Отклонение задержки IP пакетов (IPDV)

В Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 [4] дается несколько определений отклонения задержки IP пакетов. В Приложении II/Y.1541 [5] IPDV четко определяется как межпакетное изменение задержки передачи. В нем используется то же самое определение, что и в документе RFC 3393.

Для расчета IPDV с целью вычисления отклонения задержки, меньшее значение IPTD, полученное на протяжении измерительного интервала, вычитается из большего значения.

Для того чтобы рассчитать пределы ошибок при измерениях IPDV, передатчик IPPMS должен содержать поле, в котором передаются данные о точности измерения времени на передатчике.

6.9.3 Коэффициент ошибок в IP пакетах (IPER)

IPER – это вторичный показатель, определенный в 6.3/Y.1540 [4].

Измерения качества по ошибкам выполняются между точками МР. Этот тест заключается в передаче из одного конца канала в другой пронумерованных пакетов, которые распределены по потоку трафика. Каждый испытательный пакет содержит биты проверки на ошибку. На приемном конце эти пакеты проверяются на наличие ошибок, а также контролируется, не было ли потери пакетов.

Для расчета IPER регистрируется общее число пакетов с ошибками, а также общее число полученных пакетов. Отношение этих двух величин и есть IPER.

Испытательный пакет должен содержать информацию, которая могла бы использоваться для обнаружения ошибок в битах пакета, когда измерение его качественных показателей выполняется на уровне IP или на уровне SUB IP.

6.9.4 Процент утерянных IP пакетов (IPLR)

IPLR – это вторичный показатель, определенный в 6.4/Y.1540 [4].

Для расчета IPLR регистрируется число утерянных пакетов, а также общее число переданных пакетов. Отношение этих двух величин и есть IPLR.

Следовательно, в IPPMS должно содержаться одно поле для нумерации пакетов в потоке испытательных пакетов.

6.9.5 Коэффициент блоков, серьезно пораженных из-за потери IP пакетов (IPSLBR)

IPSLBR – это вторичный показатель, определенный в 6.6/Y.1540 [4].

Для определения IPSLBR требуется длительный период наблюдений. Поскольку это определение может выполняться на высокоскоростных каналах, требуются большие порядковые номера для идентификации последовательностей испытательных пакетов. Следовательно, порядковый номер IPPMS должен иметь длину 32 или 64 бита.

6.9.6 Коэффициент изменения порядка следования IP пакетов (IPRR)

IPRR определяется в Приложении VII/Y.1540 [4].

Внеочередной пакет или пакет с измененным порядком следования возникает, когда порядковый номер пакета меньше, чем ожидалось, и, следовательно, порядок следования пакета изменился.

Следовательно, порядковый номер пакета, по определению, должен быть достаточно длинным, чтобы иметь возможность пересчитать длинную последовательность испытательных пакетов. Приемлемая длина порядкового номера 32 или 64 бита.

6.9.7 Коэффициент неготовности к работе

В Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 определяется критерий для объявления периодов неготовности к работе. IP услуга считается не готовой для сквозного канала передачи, если значение IPLR больше или равно 75% на протяжении оценочного интервала в 5 минут. Эти значения следует рассматривать как условные.

Поле метки времени должно быть достаточно длинным, чтобы сохранить все метки для интервала длиной 5 минут.

6.9.8 Маршрутизация IP пакета

В Приложении I/Y.1540 определяется необходимость измерения влияния IP маршрутизации на качественные показатели IP.

Продолжительность объединения BGP близка к 30 секундам, следовательно приемлема длина поля меток времени 64 бита.

6.9.9 Обнаружение пакетов

В IPPMS должны быть предусмотрены средства для обнаружения испытательных пакетов на промежуточных узлах, через которые проходит поток испытательных пакетов.

7 Схема измерений качественных показателей IP пакета

Целью настоящей Рекомендации является стандартизация сигнатуры пакета, которая может использоваться для измерения качественных показателей и готовности к работе сетей и услуг IPv4 и IPv6 в различных административных районах, в комбинированных сетях и на оборудовании различных производителей.

Для достижения этой цели первая задача состоит в том, чтобы определить общий информационный блок, т. е. сигнатуру измерения параметров IP (IPPMS).

Вторая задача состоит в том, чтобы определить испытательные пакеты в соответствии с требованиями и ограничениями. Основное ограничение – это местоположение IPPMS в испытательном пакете.

Рекомендуется следующая схема определения испытательных пакетов:

- учесть самые эффективные методы по результатам текущих измерений;
- определить формат, который позволяет обеспечить взаимодействие плоскости измерений систем различных производителей;
- определить формат, который дает возможность определить контроллера измерений, что облегчит диалог измерительных систем и управление измерениями в будущем;
- определить формат, который позволяет измерять качественные параметры, установленные МСЭ-Т, на основе качественных показателей IP, определенных в RFC 4148 [10];
- определить формат, который позволяет измерять качественные показатели IP протоколов, которые будут определены в будущем;
- определить испытательный пакет, совместимый с IPv4, IPv6, при этом сосуществующий с обеими версиями;
- определить формат испытательного пакета, аналогичный пакетам, передаваемым в реальных IP приложениях;
- определить формат испытательного пакета, который может распознаваться и обрабатываться на больших скоростях;
- определить испытательный пакет, который позволяет производителям ввести в него специальную информацию при сохранении возможности взаимодействия.

7.1 Пояснение по размещению IPPMS внутри испытательного пакета

Сигнатура IPPMS разработана так, чтобы ее можно было ввести либо в начало, либо в конец пакета, показанного на рисунке 2.

IP	Инкапсуляция 1	Инкапсуляция 2...	Данные	IPPMS расширения	IPPMS
Заголовок: переменная длина			Переменная длина	Переменная длина	Фиксированная длина

а) IPPMS после блока данных SDU

IP	Инкапсуляция 1	Инкапсуляция 2...	IPPMS	IPPMS расширения	Данные	Трейлер (если есть)
Заголовок: переменная длина			Фиксированная длина	Переменная длина	Переменная длина	Переменная длина

б) IPPMS до блока данных SDU

Рисунок 2/О.211 – Варианты формата испытательного IP пакета

Когда испытательная информация вводится в начало блока данных типа Р, до начала измерений передатчики и приемники должны договориться о типе Р.

Когда испытательная информация вводится в конец IP пакета, ее расположение не зависит от типа Р, при условии что тип Р не имеет трейлера¹. Следовательно, ни передатчики, ни промежуточные узлы, ни приемники не должны договариваться о типе Р до начала измерений.

¹ Трейлер – запись с контрольной суммой в конце пакета (прим. переводчика).

Пример:

В следующем примере рассмотрим испытательный пакет RTP, тип Р которого – IP.UDP.RTP.

IPPMS в начале блока данных услуги (SDU) типа Р

Передачик передает испытательный пакет IP.UDP.RTP.IPPMS.data, и, поскольку в приемнике имеются аналитические средства только уровня UDP, этот приемник будет искать IPPMS в начале UDP SDU, а не в начале RTP SDU, и, следовательно, он не распознает данный пакет как пригодный испытательный пакет.

IPPMS в конце IP пакета

Передачик передает испытательный пакет IP.UDP.RTP.IPPMS.data, и, поскольку приемник будет искать IPPMS в конце блока данных IP SDU, он распознает IPPMS.

7.1.1 IPPMS в конце блока данных IP SDU

Введение IPPMS в конец IP пакета имеет множество преимуществ.

Одним из преимуществ является то, что спецификация испытательного пакета не зависит от того, какой протокол наложен на IP. Следовательно, теоретически этот вариант является типичным для пакета любого приложения.

Предлагаемый испытательный IP пакет, представленный на рисунке 3, состоит из:

- набора заголовков IP протоколов (например, ip.udp.snmp, ip6.tcp.http и т. д.);
- блока данных;
- сигнатуры IPPMS.

7.1.2 IPPMS в начале приложения SDU

Уровень приложения определяет инкапсуляцию IP и, следовательно, местоположение IPPMS в пакете. Введение IPPMS в начале приложения SDU пакета требует фиксации инкапсуляции или анализа заголовка каждого пакета.

Большая часть данных пользователя передается по протоколам UDP или TCP.

7.1.2.1 Местоположение поля IPPMS

Поле IPPMS располагается непосредственно после заголовка приложения в испытательном IP пакете. Поскольку для заданного типа точки измерения длина заголовка известна, начало поля IPPMS найти очень просто.

Другими преимуществами размещения IPPMS непосредственно после заголовка являются:

- автоматическая 32-битовая синхронизация упрощает параллельную обработку;
- простое расширение стандартного поля IPPMS путем присоединения специальных информационных элементов.

7.1.2.2 Связь между типом Р и механизмами QoS на уровне IP

Требования, связанные с определенной услугой (например, приоритеты, максимальная задержка и т. д.), выполняются путем построения соответствий конкретных сквозных приложений в различных классах QoS или при помощи резервирования ресурсов сети исключительно для этих приложений.

IP маршрутизаторы могут реализовывать различные механизмы QoS, например, IntServ или DiffServ, в которых к отдельным потокам применяются различные правила маршрутизации (IntServ) или пакеты распределяются по определенным классам QoS (DiffServ).

Решения о маршрутизации в IntServ основаны на адресе пункта назначения и номере порта.

Решения о маршрутизации в Diffserv основаны на значении поля DSCP в заголовке IP. Значение поля DSCP устанавливается функцией управления установлением соединений (CAC) входного маршрутизатора канала. Это значение получается в результате анализа заголовка пакета.

7.1.2.3 Представление на уровне IP услуг более высокого уровня

Единственными параметрами, относящимися к приложению, кроме IP адреса, номера протокола, номера порта и DSCP, которые видны на IP уровне, являются длина пакета и структура трафика.

Следовательно, испытательный IP пакет должен иметь переменную длину поля данных, расположенного после IPPMS.

7.1.2.4 Структура с фиксированным заголовком

Самый простой испытательный пакет, который содержит всю вышперечисленную информацию, имеет фиксированный формат заголовка, состоящий из стандартного IP заголовка, за которым следует заголовок UDP.

Это соответствует другим действиям, связанным с активными измерениями в сетях с передачей кадров (см. Рекомендации МСЭ-Т М.2301 [1], О.181 [2] и О.191 [3]).

7.1.3 Необработанный IP пакет

IETF не рекомендует передавать необработанные IP пакеты, поэтому в настоящей Рекомендации предлагается использовать в качестве испытательного пакета по умолчанию пакет UDP типа Р.

7.1.4 Испытательный пакет UDP

Для приложений, которые передают датаграммы на главный узел, необходимо определить пункт назначения, который был бы более конкретным, чем IP адрес, так как датаграммы, как правило, предназначены для определенных процессов, а не для системы в целом.

UDP служит просто мультиплексором/демультиплексором для передачи и приема датаграмм с использованием портов, для направления датаграмм.

Испытательный пакет IP/UDP имеет уникальный формат, характеризующийся :

- фиксированной структурой заголовка для испытательного IP пакета;
- фиксированным положением сигнатуры измерения параметров IP (IPPMS) сразу после заголовка UDP.

Такой формат пакета позволяет выполнить измерения сквозных качественных показателей IP услуги, определенных в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 [4].

7.1.5 TCP

Для проверки качественных показателей на уровнях выше IP уровня, например качественных показателей канала связи TCP (см. Рекомендацию МСЭ-Т Y.1540 [4]), может потребоваться больше информационных элементов в испытательном кадре.

В будущем содержание этого раздела будет дополнено.

7.1.6 Испытательный пакет типа Р, содержащий IPPMS только в полезной нагрузке

Варианты введения измерительного блока в начало или конец блока типа SDU отличаются только местоположением IPPMS в пакете.

Когда в блоке SDU никаких данных нет, IPPMS располагается в начале и в конце испытательного пакета. Это показано на рисунке 3.

В этом случае допускается взаимодействие между этими двумя режимами инкапсуляции.

SUB IP	Набор заголовков IP	IPPMS
--------	---------------------	-------

Рисунок 3/О.211 – Общий формат испытательного пакета

7.1.7 Краткое описание вариантов использования

В таблице 2 показаны различные возможности расположения IPPMS в испытательном пакете и их влияние на взаимодействие систем и размер пакета.

Таблица 2/О.211 – Расположение IPPMS

Расположение IPPMS	Взаимодействие	Размер пакета
1) В конце полезной нагрузки	Нет необходимости анализировать весь набор заголовков	Любой
2) В начале полезной нагрузки	Требуется анализ набора заголовков. Может потребоваться информация о структуре заголовков.	Любой
3) IPPMS = полезная нагрузка	С 1 и 2	Размер пакета отличается от размера пакета приложения Только для малых размеров пакета

7.1.8 Общее правило классификации услуг по измерению качественных показателей

Для измерения качественных показателей IP может потребоваться наличие транспортировки или инкапсуляции приложения для гарантии того, чтобы испытательные пакеты подвергались тем же воздействиям, которым подвергаются обычные пакеты приложений.

Для измерения качественных показателей приложения, работающего по определенному протоколу, рекомендуется использовать формат, определенный в § 7.1.6.

Например, на рисунке 4 показан испытательный пакет RTP.

SUB IP	IP	UDP	RTP	данные
--------	----	-----	-----	--------

Рисунок 4/О.211 – Пример формата испытательного пакета RTP

Эти указания могут использоваться в Рекомендациях, в которых требуется определить испытательные пакеты для измерения качественных показателей сетевых приложений.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для инкапсуляции в некоторых протоколах требуется трейлер. В таком случае для определения местоположения IPPMS может потребоваться выполнить анализ трейлера и заголовка.

7.1.9 Другие возможные варианты использования IPPMS

IPPMS определяет информационный блок для измерения качественных показателей и готовности сети к работе. Следовательно, она может использоваться для измерения качественных показателей сети, работающей с передачей кадров. В таком случае IPPMS может быть введена непосредственно в необработанный кадр без какого-либо IP заголовка.

8 Определение сигнатуры измерения качественных показателей IP (IPPMS)

В последующих разделах определяется формат испытательного IP пакета, включая формат кадра и параметры полезной нагрузки. Он может использоваться для измерений качественных показателей IP сети, оказывающих влияние на параметры передачи канала, для поддержания уровня QoS и в качестве задающего формата для контроля качественных показателей IP сети, без влияния на параметры передачи канала, выполняемого в контрольных точках сети. Он может использоваться также для проверки пропускной способности, если программируемые устройства установлены на выбранные параметры IP передачи (соглашение о попуске трафика) для данной прикладной услуги. Тому, кто выполняет измерения, требуется соединение с SUB IP, для того чтобы иметь возможность передавать или принимать испытательный IP трафик для измерения качественных показателей IP сети и QoS. Он может содержать различные форматы канального уровня, включая PPP, FR, ATM, Ethernet и т. д. Более того, тот, кто выполняет измерения, должен активизировать каждую IP услугу до начала измерения ее качественных показателей.

Испытательный пакет типа Р определяется процессом инкапсуляции SUB-IP и набором заголовков этого пакета.

8.1 Размер испытательного IP пакета

Максимальный размер IP пакета составляет 65 535 байтов, а общий размер "по умолчанию" – 570 байтов. Каждый пакет состоит из набора IP заголовков и полезной информации. Размер набора IP заголовков зависит от версии протокола IP и от инкапсулированных приложений. Задержка на формирование пакета и на обработку возрастает с ростом размера пакета, который является одним из факторов, воздействующих на значения приложений QoS.

Размер пакета влияет на результаты измерений большинства параметров качества работы IP. Приемлемыми могут считаться размеры пакета в довольно широком диапазоне. Например, в VoIP используются короткие пакеты, а в системах передачи видео по IP используются пакеты намного большей длины. Однако оценка упрощается, когда для измерения IPDV используются пакеты одного размера или когда оценки касаются потоков, создаваемых источниками с постоянной скоростью передачи, и, следовательно, рекомендуется использовать фиксированный размер информационного поля. Согласно определению IPTD в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 [4], время введения пакета включается в качественные показатели IPTD. В Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 [5] предлагаются информационные поля длительностью либо 160 байтов, либо 1500 байтов, но, каким бы ни был размер поля, он должен быть указан в отчете. Также рекомендуется использовать информационное поле длительностью 1500 байтов для оценки параметров качества работы IP при использовании испытаний на более низких уровнях, например, при выполнении измерений ошибок по битам. Предполагается, что, в качестве минимально необходимой возможности для моделирования VoIP, видео и MPEG видеотрафика должны быть доступны испытательные IP пакеты фиксированной длины 80, 160, 200, 600 и 1500 байтов.

Для удовлетворения различных потребностей испытательный пакет должен содержать область данных, которая, как правило, заполняется согласно тому, какая длина требуется для измерений.

8.2 Измерительный интервал

В Рекомендациях МСЭ-Т Y.1541 [5] и M.2301 [1] определяются качественные показатели IP в виде верхней границы значения каждого параметра. В Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 [5] предлагается использовать для определения IPTD, IPDV, IPER и IPLR измерительный интервал продолжительностью в 1 минуту. В Рекомендации МСЭ-Т Y.1540 [4] предлагается использовать для измерения показателей готовности к работе измерительный интервал продолжительностью 5 минут. В соответствии с существующими Рекомендациями МСЭ-Т и эксплуатационными процедурами измерение качественных показателей выполняется в течение 15 минут, 24 часов, 7 дней или 1 месяц.

Для того чтобы учесть ограничения измерений показателей, допускается два варианта использования меток времени IPPMS:

- Во-первых, допускается отметка абсолютного времени для сквозного измерения качественных показателей сети и услуги на оборудовании разных типов.
- Во-вторых, допускается отметка относительного времени для измерения качественных показателей канала.

8.3 Сигнатура измерения качественных показателей IP (IPPMS)

Длина IPPMS составляет 32 байта.

IPPMS – это комбинация следующих информационных элементов:

- поле управления сигнатурой измерения качественных показателей IP (IPPMS Control);
- поле, определяющее измеряемые показатели (Metric_ID);
- поле, зарезервированное для будущего использования (Reserved);
- порядковый номер (Seq_Number);
- информационный элемент о передаче метки времени (Tx_Timestamp);
- идентификатор контроллера (Controller_ID);
- идентификатор потока испытательных пакетов (Flow_ID);
- поле защиты IPPMS (CRC32).

Для обеспечения максимальной возможности взаимодействия требуется иметь только один формат сигнатуры испытательного пакета и минимальное число возможностей.

Далее описана предлагаемая сигнатура испытательного пакета. Она учитывает все требования и имеет постоянный размер 32 байта. В таблице 3 приведен перечень полей IPPMS.

Таблица 3/О.211 – Информационные элементы IPPMS

Информационные элементы	Размер (байты)
Control	2
Metric_ID	1
Reserved	1
Seq_Number	4
Tx_Timestamp	8
Controller_ID	10
Flow_ID	2
CRC32	4

Описанный здесь общий формат IPPMS показан на рисунке 5.

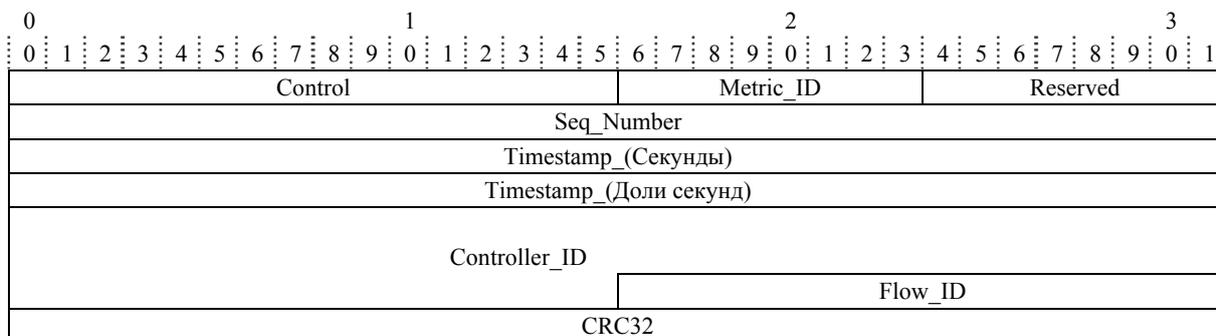


Рисунок 5/О.211 – Формат IPPMS

8.4 Подробное описание формата IPPMS

8.4.1 Поле управления IPPMS (Control)

Поле управления сигнатурой измерения IPPMS имеет длину 2 байта. Оно состоит из 6 полей:

- формат метки времени (TSF);
- точность метки времени в соответствии с точностью часов устройства, передавшего пакет (TSC);
- расширение присутствия (Ext);
- версия IPPMS (Ver);
- формат идентификатора контроллера (CIF);
- зарезервированное поле.

В таблице 4 показаны размеры каждого поля.

Таблица 4/О.211 – Формат заголовка IPPMS

Поля	Размер (биты)
Формат метки времени (TSF)	1
Точность метки времени (TSC)	3
Расширение присутствия (Ext)	1
Версия (Ver)	2
Формат идентификатора измерительной системы (CIF)	3
Зарезервированное	6

8.4.1.1 Формат метки времени (TSF)

Это поле указывает, является ли указание времени метки времени абсолютным или нет.

"0" означает, что абсолютная метка времени не используется.

"1" означает, что используется абсолютная метка времени.

8.4.1.2 Точность метки времени (TSC)

Это поле содержит данные о точности часов передатчика. Возможные значения перечислены в таблице 5.

Таблица 5/О.211 – Точность метки времени

TSC	Величина	Значение: Точность часов лучше, чем:
000	0	0 означает, что в момент передачи пакета источник не был синхронизирован по сигналам точного времени
001	1	10 нс
010	2	50 нс
011	3	500 нс
100	4	10 мкс
101	5	50 мкс
110	6	500 мкс
111	7	≤10 мс

8.4.1.3 Расширение присутствия (Ext)

Это поле имеет длину 1 бит.

В точках измерения в испытательный пакет может вводиться специализированная информация при условии сохранения взаимодействия измерений. В поле 'Ext' указывается наличие такой информации.

Значение 0 означает, что расширений нет (режим по умолчанию).

Значение 1 означает наличие расширения.

Для выполнения измерения IPER расширение должно быть защищено при помощи CRC32.

8.4.1.4 Версия IPPMS (Ver)

Это поле имеет длину 2 бита.

Поле версии, имеющее имя 'Ver', позволяет определить до четырех версий IPPMS.

В настоящее время 'Ver' всегда имеет значение 0.

8.4.1.5 Формат идентификатора и контроллера (CIF)

Это поле имеет длину 3 бита.

Оно определяет текущий тип контроллера. В таблице 6 приведены различные значения.

Таблица 6/О.211 – Формат идентификатора контроллера

CIF	Значение	Значение: В настоящее время поле контроллера содержит данные:
000	0	Зарезервированное значение
001	1	Код оператора
010	2	Номер предприятия
011	3	Адрес IPv4, тип протокола и порт подключения контроллера
100	4	Первые 10 байтов адреса IPv6 контроллера
101	5	Последние 6 байтов адреса IPv6, тип протокола и порт подключения контроллера
110	6	Служебная информация
111	7	Зарезервированное значение

8.4.2 Идентификатор показателя (Metric_ID)

В RFC 4148 [10] определен исходный регистр "Регистр показателей качества работы IP (IPPM)". Это – расширяемый регистр, поддерживаемый Полномочным органом по цифровым адресам в Интернет (IANA), который присваивает идентификационный номер каждому показателю, определенному Рабочей группой IETF IPPM.

Поле Metric_ID имеет длину 1 байт. Оно содержит идентификатор показателя IPPM, соответствующего показателю качества работы, который должен быть измерен.

Значение 0 означает, что это поле не используется (по умолчанию).

Последующие испытательные пакеты могут содержать список показателей (первичных и вторичных), которые необходимо измерить. Это помогает приемнику ограничить потребление ресурсов.

8.4.3 Зарезервированное поле

Это поле имеет длину 1 байт.

Оно не используется в версии "0" сигнатуры IPPMS. Его значение не должно учитываться приемником.

8.4.4 Порядковый номер (Seq_Number)

Для измерения утери пакетов требуется определить разрывы в принятой последовательности пакетов.

Все больше и больше IP услуг представляются с передачей сигналов через шлюзы, на которых может измениться порядковый номер пакета, находящегося в IP заголовке (например, исходное значение). Для вычисления многих показателей используются результаты анализа порядка следования пакетов. Для получения достоверных результатов необходимо ввести в IPPMS порядковый номер. Точка измерения должна иметь возможность вводить и считывать порядковый номер. Порядковый номер IPPMS (Seq_Number) увеличивается на единицу с каждым измерительным кадром в процессе измерений.

Это поле имеет длину 32 битов. Она является обязательной.

8.4.5 Передача метки времени (Tx_Timestamp)

Это поле имеет длину 64 бита.

Оно используется либо как счетчик на 64 бита с непрерывным циклом, когда флаг TSF в поле управления выставлен на 0, или как метка времени NTP, когда флаг TSF выставлен на 1.

8.4.5.1 NTP 'Seconds'

Это – поле длиной 32 бита, которое содержит целое число метки времени NTP.

8.4.5.2 NTP 'Fract_Seconds'

Это – поле длиной 32 бита, которое содержит дробную часть метки времени NTP.

8.4.6 Идентификатор контроллера (Controller_ID)

Современные испытательные устройства взаимодействуют, только если они произведены одним производителем. Для управления измерениями испытательные устройства вводят три поля:

- устройство, которое передало пакет;
- интерфейс, который передал пакет;
- идентификатор потока, которому принадлежит пакет.

Такая схема работы непригодна для взаимодействия испытательных устройств и для междоменного взаимодействия, главным образом потому, что значения терминов "устройство", "интерфейс" и "поток" не используются совместно передатчиком и приемником. Следовательно, в процессе испытаний, выполняемых двумя испытательными устройствами различных производителей, каждое устройство будет использовать свои правила нумерации для определения типа испытания. Это делает взаимодействие невозможным, т.к. контроллер измерений не определяет единственного идентификатора испытания.

Для обеспечения взаимодействия требуется, чтобы идентификатор испытания выбирался контроллером испытаний. Испытательное устройство может использоваться одновременно различными системами, в IPPMS должен содержаться идентификатор контроллера.

Этот идентификатор даст возможность и передатчику, и приемнику иметь одинаковый и однозначный идентификатор контроллера для измерений, проводимых в различных административных регионах.

Его тип зависит от значения в поле CIF управляющего поля IPPMS (см. таблицу 6).

Его значение и тип могут меняться в соседних испытательных пакетах. Это позволяет полностью идентифицировать контроллер и, следовательно, идентифицировать поток.

Для полной идентификации контроллера измерений определено несколько типов идентификаторов.

8.4.6.1 Код оператора

Код оператора имеет длину 10 байтов. Его формат имеет вид:

- 6 байтов – для ID оператора, определенного в Рекомендации МСЭ-Т. М.1400 [9];
- 1 байт – для символа "/";
- 3 байта – для кода страны, определенного в ISO 3166-1 [11].

8.4.6.2 Номер предприятия

Этот номер идентифицирует производителя измерительной точки, которая передает пакеты. Эта информация повышает взаимодействие между различными производителями.

Номер предприятия должен быть выставлен на 0, если это поле не используется.

8.4.6.3 Адрес IPv4

Это значение содержит адрес, тип протокола и порт идентификатора контроллера.

8.4.6.4 Адрес IPv6

Это значение содержит адрес IPv6, тип протокола и порт идентификатора контроллера. Оно формируется в два этапа, описанных в определении поля CIF (таблица 6).

8.4.6.5 Служебная информация

Это значение содержит служебную информацию.

8.4.6.6 Междоменное использование и взаимодействие

IP адрес контроллера и ID потока являются абсолютным идентификатором измерения.

Код оператора, номер предприятия и IP адрес контроллера обязательны для выполнения измерений между двумя административными регионами или двумя различными производителями.

8.4.7 Flow_ID

Сигнатура IPPMS должна содержать идентификатор потока испытательных пакетов, соответствующих выполняемому измерению.

Идентификатор Flow_ID определяет испытательные пакеты, связанные с одним измерением.

Его длина 2 байта.

Идентификатор Flow_ID назначается тем, кто запросил измерение.

8.4.8 Защита IPPMS (CRC32)

Это поле имеет длину 32 бита. Наличие этого поля является обязательным.

Оно используется для защиты IPPMS.

Передатчик вычисляет CRC32 на сигнатуре IPPMS и вводит результат в последние 4 байта поля "CRC32".

Для проверки целостности IPPMS приемник вычисляет CRC32 и сравнивает результат со значением поля "CRC32". Если это значение совпадает с переданным, то IPPMS не содержит ни одной битовой ошибки и принятый пакет классифицируется как испытательный пакет.

Промежуточные узлы могут использовать его для обнаружения наличия IPPMS в пакете.

Для расчета CRC32 должно использоваться следующее определение полиномиального генератора:

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1.$$

Расчет CRC должен выполняться в соответствии с процедурой, описанной, например, в Рекомендации МСЭ-Т. G.7041/Y.1303 [8].

9 Измерительные IP пакеты для уровней IPv4 и IPv6

В настоящем разделе определяется шесть испытательных пакетов, согласно требованиям по измерению качественных показателей IP уровня между измерительными точками IP.

Полезная нагрузка не может быть непосредственно инкапсулирована в IP уровень. Поэтому предлагаемые испытательные пакеты, в действительности, являются UDP пакетами, как показано на рисунке 6.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	заполнение
--------	----	-----	-------	------------

Рисунок 6/О.211 – Формат испытательного пакета UDP

Фиксированная длина пакета упрощает обнаружение и выделение на промежуточных узлах сигнатуры IPPMS.

Допустимые размеры испытательных пакетов для IPv4 это – 80, 160, 200, 600 и 1500 байтов. Поскольку в них 20 байтов зарезервировано для заголовка IPv4, 8 байтов – для заголовка UDP и 32 байта – для IPPMS, то размеры соответствующих заполняемых полей будут равны 20, 100, 130, 530, 1430 байтов. Для улучшения высокоскоростной обработки было решено синхронизировать заполнение по 32-битовым границам. Следовательно, размер полезной нагрузки составит 52, 132, 164, 564 и 1464 байтов.

Кроме того, мы предлагаем еще один испытательный пакет UDP, который содержит только 32 байта сигнатуры IPPMS.

9.1 Варианты IPPMS

Формат IPPMS, определенный в § 8.3, обладает большой гибкостью. Для того чтобы максимизировать взаимодействие, следует применять следующие установки "по умолчанию":

- нет расширений;
- поле CIF может содержать только код оператора (например, междоменный) и/или адрес IPv4, тип протокола и порт контроллера (например, распределенный), и/или служебную информацию (например, местное использование);
- значение поля Metric_ID = 0. Другие значения приемником игнорируются;
- шаблон заполнения:
 - в качестве шаблона заполнения может использоваться любой шаблон распределения битов;
 - для измерения IPER шаблон заполнения должен быть защищен с использованием CRC32, как определено в § 8.4.8, для обеспечения возможности обнаружения ошибок. Сумма CRC32 должна рассчитываться для первых N-4 байтов шаблона заполнения, где N – длина поля заполнения. Последние 4 байта поля заполнения – это CRC32;
 - во всех других измерениях приемник должен игнорировать поле заполнения.

Изменение этих исходных установок лежит в пределах компетенции руководителя испытаний и не входит в сферу применения настоящей Рекомендации.

9.2 Размер нагрузки – 32 байта (только IPPMS)

Этот испытательный пакет показан на рисунке 7.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS
--------	----	-----	-------

Рисунок 7/О.211 – Размер нагрузки – 32 байта

9.3 Размер нагрузки – 52 байта

Этот испытательный пакет показан на рисунке 8.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	20 байтов
--------	----	-----	-------	-----------

Рисунок 8/О.211 – Размер нагрузки – 52 байта

9.4 Размер нагрузки – 132 байта

Этот испытательный пакет показан на рисунке 9.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	100 байтов
--------	----	-----	-------	------------

Рисунок 9/О.211 – Размер нагрузки – 132 байта

9.5 Размер нагрузки – 164 байта

Этот испытательный пакет показан на рисунке 10.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	132 байта
--------	----	-----	-------	-----------

Рисунок 10/О.211 – Размер нагрузки – 164 байта

9.6 Размер нагрузки – 564 байта

Этот испытательный пакет показан на рисунке 11.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	532 байта
--------	----	-----	-------	-----------

Рисунок 11/О.211 – Размер нагрузки – 564 байта

9.7 Размер нагрузки – 1464 байта

Этот испытательный пакет показан на рисунке 12.

SUB IP	IP	UDP	IPPMS	1432 байта
--------	----	-----	-------	------------

Рисунок 12/О.211 – Размер нагрузки – 1464 байта

10 Безопасность

В Рекомендации МСЭ-Т М.2301 [1] рекомендуется, чтобы при измерении качественных показателей, влияющих на параметры работы канала, создавался дополнительный трафик в сети, поэтому следует проявлять осторожность, следя за тем, чтобы эти испытания не привели к перегрузке сети и последующей потере пакетов пользователей.

Во избежание ситуации, когда системы измерения используются для осуществления злонамеренных действий, установлено строгое требование – необходимо предложить механизм обеспечения безопасности, который регулировал бы доступ к выполнению измерений в сети.

С точки зрения безопасности сети, основным уязвимым местом при выполнении измерений является управление испытательным пакетом. Стандартизация сигнатуры пакета не упрощает управление датчиками для воздействия, вызывающего отказ в обслуживании законных пользователей (DoS).

БИБЛИОГРАФИЯ

- IETF RFC 1305 (1992), *Сетевой протокол синхронизации времени (Версия 3) спецификация, реализация и анализ.*
- IETF RFC 2330 (1998), *Схема для измерения показателей качества работы IP.*
- IETF RFC 2679 (1999), *Измерение задержки при передаче сигнала в одном направлении для IPPM.*
- IETF RFC 2680 (1999), *Измерение утери пакетов при передаче сигнала в одном направлении для IPPM.*
- IETF RFC 2896 (2000), *Макросы идентификатора протокола MIB дистанционного контроля состояния сети.*
- IETF RFC 3919 (2004), *Идентификаторы протокола дистанционного контроля состояния сети (RMON) для IPv6 и многопротокольная коммутация с использованием меток (MPLS).*
- IETF RFC 3393 (2002), *Измерение отклонений задержки IP пакета (IPPM).*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование 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	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
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, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевых протоколов и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи