



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

Y.1541

Изменение 1

(06/2006)

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты межсетевого протокола – Качество
обслуживания и сетевые показатели качества

Требования к сетевым показателям качества
для служб, основанных на протоколе IP

**Изменение 1: Новое Дополнение X – Пример,
показывающий метод расчета IPDV на основе
множества сегментов**

Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 (2006 г.) – Изменение 1

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Службы, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Технические характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты служб: возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты служб: взаимодействие служб и СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899

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

Рекомендация МСЭ-Т Y.1541

Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP

Изменение 1

Новое Дополнение X – Пример, показывающий метод расчета IPDV на основе множества сегментов

Резюме

В данном Дополнении приводится пример, показывающий метод расчета IPDV в случаях, когда участвует ряд сетевых сегментов. Оно основано на информации, содержащейся в п. 8.2.4/Y.1541, и предлагает также некоторую базовую информацию по конкретному методу.

Источник

Изменение 1 к Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 (2006 г.) утверждено 13 июня 2006 года 12-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.).

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.

© ITU 2007

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

Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP

Изменение 1

Новое Дополнение X – Пример, показывающий метод расчета IPDV на основе множества сегментов

В данном Дополнении приводится пример, показывающий метод расчета IPDV в случаях, когда участвует ряд сетевых сегментов. Оно основано на информации, содержащейся в п. 8.2.4/Y.1541, и предлагает также некоторую базовую информацию по конкретному методу.

Принятое здесь определение изменения задержки протокола IP (см. исследование в Дополнении II/Y.1541):

$$\text{IPDV} = \text{IPTD}_{\text{upper}} - \text{IPTD}_{\text{min}},$$

где:

$\text{IPTD}_{\text{upper}}$ равна $1 - 10^{-3}$ квантиля (99,9 процентиля) IPTD, полученного в интервале оценки,
 IPTD_{min} равна минимальному значению IPTD, полученному в интервале оценки.

Предполагается, что существует ряд сетевых сегментов S_1, S_2, \dots, S_n , для которых имеются оценки $\text{IPDV}_1, \text{IPDV}_2, \dots, \text{IPDV}_n$. Чтобы быть показательными, индивидуальные оценки должны быть получены при сравнимых сетевых режимах для любой сквозной комбинации. Например, все они могли бы быть измерены в период максимальной нагрузки конкретного месяца в каждом из своих индивидуальных сегментов. В этом случае полученные комбинации, как правило, не будут соответствовать реальному сквозному измерению, которое могло бы быть произведено, поскольку нельзя рассчитывать, что все составные сегменты испытывают максимальную нагрузку в одно и то же время. Тем не менее полученный результат указал бы верхнее ограничение, которое можно было бы использовать для целей планирования сети и управления ею.

Соотношение для оценки рабочей характеристики изменения задержки (IPDV) для интерфейса UNI-UNI из значений сетевых сегментов должно учитывать их субаддитивный характер, и трудно осуществить ее точную оценку без наличия достаточной информации о распределениях конкретных задержек. Например, если характеристики независимых распределений задержки известны или измерены, они могут быть свернуты для оценки комбинированного распределения. Эта подробная информация в редких случаях может быть совместно использована операторами и может оказаться недоступной в виде непрерывного распределения. В результате оценка параметра IPDV интерфейса UNI-UNI может иметь ограничения по точности. Поскольку исследования в данной области продолжаются, соотношение оценки, представленное ниже, указывается как временное, и этот пункт в будущем может быть изменен с учетом новых данных или фактического опыта эксплуатации.

X.1 Расчет изменения задержки

Соотношение для объединения значений IPDV представлено ниже.

Рассматриваемая проблема может быть сформулирована следующим образом: оценить квантиль t задержки T интерфейса UNI-UNI, как определено следующим условием:

$$\text{Pr}(T < t) = p.$$

Предположим, что $p = 0,999$ (99,9 процентиля) и, для упрощения, что все измерения задержки нормированным путем исключения измеренной минимальной задержки. Для числовых примеров, которые приводятся ниже, предполагается, что имеется три сетевых сегмента ($n = 3$) и что все задержки выражены в мс.

Этап 1

Измеряется среднее значение и изменение задержки в каждом из n сетевых сегментов. Для серии измерений, D_1, D_2, \dots, D_n для среднего значения k сегмента, μ_k и изменение σ_k^2 рассчитываются следующим образом:

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$
$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \mu_k)^2.$$

Для нашего примера предположим, что мы установили, что:

$$\mu_1 = 1,0 \quad \mu_2 = 2,0 \quad \mu_3 = 3,0$$
$$\sigma_1^2 = 0,5 \quad \sigma_2^2 = 1,0 \quad \sigma_3^2 = 1,5.$$

Оценивается среднее значение и изменение задержки интерфейса UNI-UNI путем суммирования средних значений и изменений составных распределений.

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k = 1,0 + 2,0 + 3,0 = 5,0$$
$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 = 0,5 + 1,0 + 1,5 = 3,0.$$

Этап 2

Измеряются квантили t_k для каждого сегмента задержки с процентной вероятностью, $p = 0,999$. Этого можно достичь путем простой сортировки измерений D_i таким образом, чтобы без потери общности:

$$D_1 \leq D_2 \leq \dots \leq D_n$$

и последующего выбора в качестве p квантиля m измерения D_m (то есть $t_k = D_m$), где m – наименьшее целое число, удовлетворяющее условию $p \leq m/n$. Если $n = 1000$, тогда $m = 999$ для $p = 0,999$. Предположим, что для нашего примера мы устанавливаем, что:

$$t_1 = 4,32 \quad t_2 = 6,02 \quad t_3 = 7,55.$$

Оценивается соответствующая асимметрия γ_k и третий момент ω_k для k сегмента с использованием формул, представленных ниже, где $x_{0,999} = 3,090$ является значением, удовлетворяющим условию $\Phi(x_{0,999}) = 0,999$, где Φ обозначает стандартизированную нормальную (среднее значение 0, изменение 1) функцию распределения.

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2} \quad \omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$
$$\gamma_1 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{4,32 - 1}{\sqrt{0,5}}}{1 - 3,090^2} = 1,126 \quad \omega_1 = 1,126 \cdot (\sqrt{0,5})^3 = 0,398$$
$$\gamma_2 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{6,02 - 2}{\sqrt{1,0}}}{1 - 3,090^2} = 0,653 \quad \omega_2 = 0,653 \cdot (\sqrt{1,0})^3 = 0,653$$

$$\gamma_3 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{7,55 - 3}{\sqrt{1,5}}}{1 - 3,09^2} = 0,439 \quad \omega_3 = 0,439 \cdot (\sqrt{1,5})^3 = 0,806.$$

Предположив независимость распределений задержки, третий момент оценки задержки для интерфейса UNI-UNI заключается лишь в суммировании третьих моментов сетевых сегментов.

$$\omega = \sum_{k=1}^n \omega_k = 0,398 + 0,653 + 0,806 = 1,856.$$

Асимметрия интерфейса UNI-UNI рассчитывается путем деления на $\sigma^{3/2}$, как показано ниже.

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3} = \frac{1,856}{(\sqrt{3})^3} = 0,357.$$

Этап 3

Оценка 99,9 перцентиля ($p=0,999$) задержки t (в мс) интерфейса UNI-UNI, как показано ниже.

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\} = 6 + \sqrt{3} \cdot \left\{ 3,09 - \frac{0,357}{6} (1 - 3,09^2) \right\} = 12,23.$$

Как указывалось ранее, сущность требования IPDV заключается в следующем – верхнее ограничение для $1 - 10^{-3}$ квантиля IPTD за вычетом минимального значения IPTD (то есть, распределение IPDV приведено к минимальному значению IPTD). В большинстве случаев, единицей измерения значений IPDV являются секунды с разрешением как минимум в 1 микросекунду. Если для какого-либо значения доступно меньшее разрешение, то неиспользованным цифрам должно быть присвоено значение ноль.

Х.2 Математическое обоснование

Если бы распределения каждой из составляющих T_k были известны в подробностях, то конкретное распределение сквозной задержки T можно было бы рассчитать с использованием свёрток распределений. На практике расчет с использованием свёрток распределений представляет определенную сложность: большая часть реализаций будет использовать методы преобразования Лапласа, включая методы численной перестановки преобразованного выражения, для того чтобы вернуть основные распределения вероятности в исходное состояние. Для того чтобы воспользоваться этим методом, необходимо сделать предположения о точном характере составных распределений.

Вместо этого применяется альтернативный метод, основанный на использовании имеющейся информации и не требующий использования дополнительных предположений или сложных методов.

Основная идея состоит в том, чтобы преобразовать случайную величину T с известным средним значением μ , изменением σ^2 и асимметрией γ в симметричную случайную величину Z , которая является стандартизированной нормальной (среднее значение 0, изменение 1) или почти стандартизированной нормальной величиной. Один из таких методов, получивший название аппроксимации нормальной мощности (см. [1]), работает следующим образом:

- Определяется нормированная переменная $X = \frac{T - \mu}{\sigma}$;
- Аппроксимация нормальной мощности определяет, что $X \approx Z + \frac{\gamma}{6}(Z^2 - 1)$, где Z – стандартизированная нормальная (среднее значение 0, изменение 1) случайная величина.

После проработки деталей получаем следующую аппроксимацию:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right),$$

где Φ – интегральная стандартизированная нормальная функция распределения:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} dx.$$

Хотя значения этой функции легко доступны, можно получить более понятное соотношение, которое исключает всякую ссылку на Φ и позволяет рассчитать квантиль t непосредственно из составных квантилей t_k .

К тому же, поскольку вероятности во всех определениях квантиля $\Pr(T_k < t_k) = p$, $\Pr(T < t) = p$ имеют общее значение p , если мы определяем, что x_p является единственным значением, удовлетворяющим условию $\Phi(x_p) = p$, то получим:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\gamma_k} \sqrt{9 + 6\gamma_k\left(\frac{t_k - \mu}{\sigma_k}\right) + \gamma_k^2} - \frac{3}{\gamma_k} &= x_p \text{ и} \\ \frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} &= x_p. \end{aligned}$$

Если мы умножим вышеупомянутое соответственно на σ_k^2 и на σ^2 и добавим к тому же все составляющие, то из аддитивности изменений независимых распределений получаем, что:

$$\sigma^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta \cdot \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \delta^2} - 1}{\delta} = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta_k \cdot \left(\frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}\right) + \delta_k^2} - 1}{\delta_k},$$

где имеем набор $\delta = \frac{\gamma}{3}$ и $\delta_k = \frac{\gamma_k}{3}$. Хотя внешне это кажется сложным, требуется всего лишь знание алгебры для того, чтобы рассчитать сквозной квантиль t из составляющих t_k и наличие измеренных величин.

Х.3 Особые случаи

При аппроксимации

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right),$$

если допустить, что $\gamma \rightarrow 0$, то в результате получаем

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right),$$

соответствующее случаю, при котором T имеет нормальное распределение со средним значением μ и изменением σ^2 . Если мы предположим, что все асимметричные выражения $\gamma \rightarrow 0$, $\gamma_k \rightarrow 0$, то алгебраическое выражение предыдущего раздела будет сведено к:

$$\sigma \cdot (t - \mu) = \sum_{k=1}^n \sigma_k \cdot (t_k - \mu_k).$$

Посредством некоторых дополнительных действий устраняются соответствующие изменения и тогда получаем:

$$(t - \mu)^2 = \sum_{k=1}^n (t_k - \mu_k)^2.$$

Это свидетельствует о том, что если задержки составляющих T_k распределены нормально со средним значением μ_k и изменением σ_k^2 , то соответствующие квантили следуют закону композиции, аналогичному закону композиции для изменений.

Этот закон композиции для нормированных случайных величин также может быть получен естественным образом. Алгебраическое выражение, содержащееся в предыдущем разделе, можно рассматривать как обобщение данного конкретного закона композиции.

X.4 Оценка асимметричности на основе квантилей

Рассмотрим случайную величину T , среднее значение которой μ и изменение σ^2 известны, квантиль t в $\Pr(T < t) = p$ известен, а асимметричность γ неизвестна. Прибегнув к аппроксимации нормальной мощности, получаем:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi \left(\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} \right) = p.$$

Из табличных значений стандартизированной нормальной функции распределения Φ можем найти единственное значение x_p , удовлетворяющее условию $\Phi(x_p) = p$. Таким образом:

$$\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} = x_p.$$

После этого можно определить γ :

$$\gamma = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t - \mu}{\sigma}}{1 - x_p^2}.$$

X.5 Справочные материалы

- [1] "A Note on the Normal Power Approximation", Colin B. Ramsey, ASTIN Bulletin, Vol. 2. No. 1, April 1991.

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 сетей последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи