

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

Y.1541

修正1
(06/2006)

Y系列：全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络

互联网协议问题 — 服务质量和网络性能

IP服务的网络性能目标

修正1：新的附录X – 在多个段上计算延迟变化（IPDV）的示例

ITU-T Y.1541建议书（2006） – 修正1



ITU-T Y系列建议书
全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络

全球信息基础设施	
概要	Y.100-Y.199
业务、应用和中间件	Y.200-Y.299
网络方面	Y.300-Y.399
接口和协议	Y.400-Y.499
编号、寻址和命名	Y.500-Y.599
运营、管理和维护	Y.600-Y.699
安全	Y.700-Y.799
性能	Y.800-Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000-Y.1099
业务和应用	Y.1100-Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200-Y.1299
传输	Y.1300-Y.1399
互通	Y.1400-Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500-Y.1599
信令	Y.1600-Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700-Y.1799
计费	Y.1800-Y.1899
下一代网络	
框架和功能体系模型	Y.2000-Y.2099
服务质量和性能	Y.2100-Y.2199
业务方面：业务能力和业务体系	Y.2200-Y.2249
业务方面：NGN中业务和网络的互操作性	Y.2250-Y.2299
编号、命名和寻址	Y.2300-Y.2399
网络管理	Y.2400-Y.2499
网络控制体系和协议	Y.2500-Y.2599
安全	Y.2700-Y.2799
通用移动性	Y.2800-Y.2899

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T Y.1541建议书

IP服务的网络性能目标

修正1

新的附录X- 在多个段上计算延迟变化（IPDV）的示例

摘 要

本附录举例介绍了在涉及多个网络段时计算延迟变化（IPDV）的方法。其依据为8.2.4/Y.1541中的内容，并提供了有关方法的一些背景信息。

来 源

ITU-T第12研究组（2005-2008）于2006年6月13日就ITU-T Y.1541（2006）的修正1达成一致。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联已经收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2006年

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

IP服务的网络性能目标

修正1

新的附录X – 在多个段上计算IPDV的方法示例

本附录举例介绍了当涉及多个网络段时计算 IPDV 的方法。其依据为 8.2.4/Y.1541 中的内容，并提供了有关方法的一些背景信息。

此处所使用的 IP 延迟变化的定义（见附录 II/Y.1541 中的论述）为：

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

其中：

$\text{IPTD}_{\text{upper}}$ 为评价间隔内 IPTD 的 $1 - 10^{-3}$ 分位数（第 99.9 个分位数）

IPTD_{min} 为评价间隔内的最小 IPTD。

假设在若干个网络段 S_1 、 S_2 、...、 S_n 中可获得 IPDV_1 、 IPDV_2 、...、 IPDV_n 的估值。为保证端到端组合有意义，必须在可比较的网络环境下获得单个估值。例如，可以在各网络段的某月的最忙时测得所有估值。在此情况下，所得到的组合一般并不对应于实际可能测得的端到端数据，原因是并非所有作为组件的段均会同时处于最忙时段。不过，该结果所产生的上限可用于规划和网络监控。

利用网络段值估计用户网络接口之间（UNI-UNI）的延迟变化（IPDV）性能所使用的关系须认识到其次相加性质，在未充分了解各延迟的分布情况时，很难做出准确的估计。例如，如已知或已测得独立延迟分布的特性，则可对这些特性计算卷积，以便对合并分布情况进行估计。在运营商之间很少共享此类详情，一般也不会以连续分布的形式提供此类详情。因此，UNI-UNI IPDV 的估算可能在准确性方面存在局限。由于在此领域仍在开展研究，下述估算关系仅作为临时性规定。未来，随着新研究结果的出现或实际运营经验的获得，本条款可能会发生变化。

X.1 延迟变化的计算

以下为用于合并 IPDV 值的关系。

所研究问题可陈述如下：估算以下条件定义的 UNI-UNI 延迟 T 的分位数 t ：

$$\Pr(T < t) = p$$

我们假设 $p = 0.999$ （第 99.9 个分位数），为简单起见，已删除所测得的最小延迟，以便将所有延迟测算结果进行正态化。对上面的数字示例而言，假设有三个网络段（ $n = 3$ ），且所有延迟均以毫秒（ms）来表示。

步骤 1

对 n 个网络段分别测量延迟的平均值和偏差。对第 k 个段而言，一组测量结果 D_1 、 D_2 、...、 D_n 的平均值 μ_k 和偏差 σ_k^2 的计算公式如下：

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

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

在本例中，我们假设：

$$\mu_1 = 1.0 \quad \mu_2 = 2.0 \quad \mu_3 = 3.0$$

$$\sigma_1^2 = 0.5 \quad \sigma_2^2 = 1.0 \quad \sigma_3^2 = 1.5$$

将各分布组件的平均值和偏差相加，以估算 UNI-UNI 延迟的平均值和偏差。

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k = 1.0 + 2.0 + 3.0 = 5.0$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 = 0.5 + 1.0 + 1.5 = 3.0$$

步骤 2

以 $p = 0.999$ 的兴趣概率测量各延迟段的分位数 t_k 。为此仅需对测量结果 D_i 进行分类，以使其不失普遍性：

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

然后选择第 m 个测量结果 D_m 作为第 p 个分位数（即 $t_k = D_m$ ），其中 m 为满足 $p \leq m/n$ 的最小整数。如 $n = 1000$ ，则当 $p = 0.999$ 时， $m = 999$ 。假设在本例中，我们发现：

$$t_1 = 4.32 \quad t_2 = 6.02 \quad t_3 = 7.55$$

使用以下公式估算第 k 个段的歪斜度和第三动量 ω_k ，其中 $x_{0.999} = 3.090$ 为满足 $\Phi(x_{0.999}) = 0.999$ 的值， Φ 表示标准正态分布函数（平均值为 0，偏差为 1）。

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2} \quad \omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$

$$\gamma_1 = 6 \cdot \frac{3.09 - \frac{4.32 - 1}{\sqrt{0.5}}}{1 - 3.090^2} = 1.126 \quad \omega_1 = 1.126 \cdot (\sqrt{0.5})^3 = 0.398$$

$$\gamma_2 = 6 \cdot \frac{3.09 - \frac{6.02 - 2}{\sqrt{1.0}}}{1 - 3.090^2} = 0.653 \quad \omega_2 = 0.653 \cdot (\sqrt{1.0})^3 = 0.653$$

$$\gamma_3 = 6 \cdot \frac{3.09 - \frac{7.55 - 3}{\sqrt{1.5}}}{1 - 3.09^2} = 0.439 \quad \omega_3 = 0.439 \cdot (\sqrt{1.5})^3 = 0.806$$

假设延迟分布互相独立，UNI-UNI 延迟的第三动量即为网络段第三动量的总和。

$$\omega = \sum_{k=1}^n \omega_k = 0.398 + 0.653 + 0.806 = 1.856$$

按以下公式将 $\sigma^{3/2}$ 作为除数，以计算 UNI-UNI 的歪斜度。

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3} = \frac{1.856}{(\sqrt{3})^3} = 0.357$$

步骤 3

UNI-UNI 延迟 t 的第 99.9 个分位数 ($p = 0.999$) 的估算值 (单位为毫秒) 如下。

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\} = 6 + \sqrt{3} \cdot \left\{ 3.09 - \frac{0.357}{6} (1 - 3.09^2) \right\} = 12.23$$

如上所述，IPDV 目标的性质为 IPTD 的 $1-10^{-3}$ 分位数的上限减去 IPTD 的最小值 (即：将 IPDV 的分布正态化为 IPTD 的最小值)。总之，IPDV 值的单位为秒，其精度为至少 1 微秒。若在某一值中可获得更小的精度，则未使用的数位应设为零。

X.2 数学背景

若已知各 T_k 组件的详细分布情况，则可使用卷积计算端到端延迟 T 的分布情况。在实际计算时使用卷积存在问题：在进行部署时将大多依赖于拉普拉斯 (Laplace) 变换技术，其中包括为恢复基本概率分布对有关数值进行逆变换的方法。为使用此方法，必须对分布组件的确切性质进行假设。

不过，亦可使用一种替代方法，此方法使用可获得的信息，而不要求进行附加假设或采用复杂方法。

其基本思路为将已知平均值 μ 、偏差 σ^2 和歪斜度 γ 的某一随机变量 T 变换为属标准正态 (平均值为 0、偏差为 1) 或近标准正态分布的一个对称随机变量 Z 。一种被称之为正态冥近似化的此类方法 (见[1]) 的工作原理如下：

- 定义标准化变量 $X = \frac{T - \mu}{\sigma}$
- 正态冥近似化规定 $X \approx Z + \frac{\gamma}{6}(Z^2 - 1)$ ，其中 Z 为标准正态 (平均值为 0、偏差为 1) 随机变量。

在解决了细节问题后，便可进行以下近似化过程：

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

其中 Φ 为累加标准正态分布函数：

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

虽然该函数值不难获得，但同时亦可获得一个更为透明的关系，以去除所有与 Φ 有关的内容，并允许直接利用分位数组件 t_k 来计算分位数 t 。

事实上，由于所有分位数定义 $\Pr(T_k < t_k) = p$ ， $\Pr(T < t) = p$ 中的概率均包含 p 值，如我们将 x_p 定义为满足 $\Phi(x_p) = p$ 的唯一值，则：

$$\frac{1}{\gamma_k}\sqrt{9+6\gamma_k\left(\frac{t_k-\mu}{\sigma_k}\right)+\gamma_k^2}-\frac{3}{\gamma_k} = x_p \text{ 和}$$

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

我们将以上两个等式分别乘以 σ_k^2 和 σ^2 ，并将我们通过对独立分布变量求和推得的所有组件加在一起：

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

其中，我们设定 $\delta = \frac{\gamma}{3}$ 和 $\delta_k = \frac{\gamma_k}{3}$ 。虽然看似复杂，但它仅要求进行简单的代数计算，便可利用 t_k 组件和已算得的分位数计算出端到端的分位数 t 。

X.3 特例

在近似化过程

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

中，我们让 $\gamma \rightarrow 0$ ，便得到以下结果

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

它对应于 T 属正态分布（平均值 μ 、偏差 σ^2 ）的情况。如我们让所有歪斜度 $\gamma \rightarrow 0$ ， $\gamma_k \rightarrow 0$ ，则上述各段的代数表达式可简化为：

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

再做一些人为的简化，以去除一些变量，便可得到：

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

这表明，当延迟组件 T_k 为正态分布时（平均值为 μ_k 、偏差为 σ_k^2 ），则相应的分位数遵循与变量类似的复合法则。

亦可直接得到正态变量的复合法则。上述各段的代数表达式可被视为此类特定复合法则的一种概括形式。

X.4 利用分位数估算歪斜度

考虑一个随机变量 T ，其平均值为 μ ，偏差为 σ^2 （均为已知），其中 $\Pr(T < t) = p$ 中的分位数 t 已知，但歪斜度 γ 未知。利用正态近似化，我们可得到：

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

利用标准正态分布函数 Φ 的列表数值，我们便可得到满足 $\Phi(x_p) = p$ 的唯一值 x_p 。因此：

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

这样便可算得 γ 的值：

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

X.5 参考文献

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

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题