

国际电信联盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**Y.1541**

(02/2006)

Y系列：全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络

互联网的协议问题 — 服务质量和网络性能

---

## IP服务的网络性能目标

ITU-T Y.1541建议书

ITU-T



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
<b>服务质量和网络性能</b>	<b>Y.1500-Y.1599</b>
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。

## IP服务的网络性能目标

### 摘 要

本建议书定义网络服务质量（QoS）等级以及网际协议网络性能参数的目标。等级中的两个包含有暂定的性能目标。这些等级旨在在网络提供商之间以及终端用户和它们的网络提供商之间，作为做出约定的基础。

附录一提供 ATM 如何能支持 IP 层性能的有关信息。附录二讨论定义 IP 时延变化的不同方法。附录三提供了假设参考路径，可针对它测试 Y.1541 QoS 目标的可实现性。附录四给出了计算包时延变化的例子。附录五讨论当进行 IP 测量时须考虑的问题。附录六描述本建议书和 IETF 定义的 QoS 管理机制的关系。附录七给出了对语音传输质量在附录三假设参考路径情况下的估计。附录八讨论在 IP 网络中数字电视的传送。附录九对符合 Y.1541 目标的路径上 TCP 文件传送的性能做出估计。

### 来 源

ITU-T 第 12 研究组（2005-2008）按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序，于 2006 年 2 月 22 日批准了 ITU-T Y.1541 建议书。

## 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

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。

# 目 录

页码

1	引言和范围 .....	1
1.1	引言 .....	1
1.2	范围 .....	1
2	参考文献 .....	2
3	缩写词 .....	3
4	传送能力、能力约定以及 QoS 等级的适用性 .....	5
5	网络性能目标 .....	6
5.1	QoS 的一般性讨论 .....	6
5.2	UNI 到 UNI QoS 的参考路径 .....	6
5.3	网络的 QoS 等级 .....	8
6	可用性目标 .....	12
7	性能目标的实现 .....	12
8	链接的网络段及其 QoS 数值 .....	13
8.1	引言 .....	13
8.2	合成 UNI 到 UNI 的数值 .....	13
8.3	损伤累积过程 .....	15
9	安全 .....	15
	附录一 — ATM 网络的 QoS 对 IP QoS 的支持 .....	16
	附录二 — IP 时延变化参数定义的考虑 .....	17
	附录三 — 用于验证 IP 性能目标的假设参考路径举例 .....	18
III.1	HRP 中的 IP 节点数 .....	18
III.2	支持端到端等级 0 和等级 1 时延的计算举例 .....	20
III.3	端到端等级 1 时延计算的举例 .....	21
III.4	支持端到端等级 4 的时延计算的举例 .....	22
III.5	HRP 内的负荷 .....	23
III.6	HRP 中的同步地球卫星 .....	23
	附录四 — IP 包时延变化计算的例子 .....	23
IV.1	IP 包时延变化的影响因素 .....	24
IV.2	确定 IPDV 上限的模型和计算过程 .....	24
IV.3	计算举例 .....	26
	附录五 — 与 IP 性能测量方法有关材料 .....	28
	附录六 — Y.1221 传送能力和 IETF 差别服务对 IP QoS 等级的适用性 .....	29

附录七 — 网络 QoS 对用户感知的端到端语音传输性能的影响 .....	30
VII.1 具有 Y.1541 等级 0 网络性能的 VoIP 的计算举例 .....	30
VII.2 具有 Y.1541 等级 1 网络性能的 VoIP 的计算举例 .....	31
VII.3 Y.1541 虚拟参考路径语音质量的计算 .....	31
附录八 — IP 网络性能对数字电视传输 QoS 的影响 .....	33
VIII.1 引言 .....	33
VIII.2 高带宽电视信号的假设参考端点 (HRE) .....	33
VIII.3 服务概要和对端到端包性能的要求 .....	34
VIII.4 改善 UNI-UNI 性能的前向纠错 (FEC) /交织 .....	35
VIII.5 前向纠错 (FEC) /交织效果的实验室评估 .....	36
VIII.6 额外的性能参数 .....	36
附录九 — 网络 QoS 对采用 TCP 的端到端数据传输性能的影响 .....	37
IX.1 引言 .....	37
IX.2 TCP 性能模型 .....	37
IX.3 TCP 假设参考端点 (HRE) .....	38
IX.4 观察 .....	38
IX.5 TCP 能力估算的小结 .....	40
参考资料 .....	41

## IP服务的网络性能目标

### 1 引言和范围

#### 1.1 引言

用户需要网络性能的水平，在它与其主机、终端和其他装置相组合时，能满意地支持他们的应用。采用基于 IP 的网络服务并没有改变这一事实，不同的只是网络必须以数据包的传送性能参数（如 ITU-T Y.1540 建议书所定义的）来加以制约。

应用的性能要求是易于理解的，但有一些关键因素常常超出网络服务提供商的控制范围（如归属网、LAN、应用网关、终端、主机以及其他客户装置）。我们注意到对客户设备的一些性能目标已经具备，例如用于 VoIP 终端和网关的 ITU-T P.1010 建议书，以及这些目标和特定的网络性能水平的结合（正如本建议书一些附录所说明的），对应用性能的观察可以直接地与网络性能相联系。

作为响应，服务提供商已经就它们一起努力所要达到的网络性能水平取得一致，并已编写成本建议书的数值目标。对网络性能水平的约定很有好处，因为它约束了应用性能中一个关键的、通常是决定性的因素。

目标将被组织成被称为服务质量（QoS）等级的目标组（在表 1 中），它们与有良好设计的客户设备相匹配能令人满意地支持各种应用（如表 2 所指示的）。在表 3 中给出了这些等级以及暂定的目标。已刻意地使等级的数量保持较少，目的是简化那些跨越多个运营商网络的路径的工程实施，因此每个等级中的目标务必满足多种应用的需要。本建议书的读者在考虑协议字段和数值时应该按至少 8 个等级进行规划，因为在将来有可能会对这些等级加以扩展。

这些目标值是对关键应用，如会话式通话、多媒体会议、采用 TCP 可靠的数据交换以及数字电视进行分析的结果，并与网络的可实现性相呼应。附录中提供了有意义的、详细的陈述，说明这些网络 QoS 等级的目标如何能用于确定可提供的端到端（应用）的质量。

这些网络的 QoS 等级将在保证端到端性能的一系列开发中成为一种重要的链接。它们是用户和网络间进行 QoS 协商的语法的一部分，尤其是当在动态的基础上由信令协议传送 QoS 请求时。

对服务是否满足网络目标的检验是用户关心的另一个重要领域。这里已通过对评估间隔、包有效负荷大小以及对测量设计人员有用的其他方面提出建议来加以解决。此外，与那些用于非用户接口，或采用用户不熟悉的信息（如路由距离）的目标相比，UNI-UNI 目标也是用户直接可以检验的。

#### 1.2 范围

本建议书为 ITU-T Y.1540 建议书中定义的每一个性能参数规定网络（UNI-UNI）的 IP 性能数值。所规定的性能值是变化的，取决于网络的 QoS 等级。本建议书定义了 8 个网络 QoS 等级，其中有两个是暂定的。本建议书适用于国际的 IP 网络路径（UNI-UNI）。这里定义的网络 QoS 等级旨在用于作为终端用户与网络服务提供商之间和服务提供商之间做出约定的基础。当静态的约定让位于由 QoS 规范协议支持的动态请求时，这些等级应继续使用。

这里定义的 QoS 等级支持范围极为广泛的应用，具体如下：会话式通话、多媒体会议、数字电视和交互的数据传送。其他应用可能会需要新的修正的等级，但任何新等级的愿望务必与可实现性的要求相平衡，等级的数量必须小到能够在全网网络的规模上可以实现。

这些 QoS 目标主要将用于接入链路的速率在 T1 或 E1 和更高的情况。这一限制承认 IP 包的串行时间是包括在 IP 包传送时延 (IPTD) 的定义之中的，而次 T1 的接入速率，在数据包具有 1500 字节的有效负荷时，会产生超过 100 ms 的串行时间。同样，本建议书在实际上还要求在接入装置中部署网络的 QoS 机制，以实现 IP 包时延变化的要求，尤其是当接入速率较低时（例如 T1 速率）。网络设计可以包括较低的接入速率，如果：

- 1) 网络设计者理解这额外的串行时间对用户网络接口 (UNI) 到 UNI IPTD 目标的影响。
- 2) QoS 机制将限制接入部分对 IPDV 的馈送，且 IPDV 的 UNI 到 UNI 目标可以满足。正如附录三和附录七所清楚地表明的，目前的 IPDV 目标对于实现高质量应用的性能是必需的。

本建议书提供的网络 QoS 等级是支持面向用户的 QoS 类别所需要的。因此本建议书是与 ITU-T G.1000 建议书中定义的通信服务质量的一般性框架相一致的，是与 ITU-T G.1010 建议书中给出的支持用户应用所需的终端用户多媒体 QoS 类别相一致的。

注一 本建议书利用 ITU-T Y.1540 建议书定义参数，可以用这些参数来表征用 IPv4 提供的 IP 服务；对于其他协议（例如 IPv6）的适用性或可扩展性有待进一步研究。

## 2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其它参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其它参考文献的最新版本。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [1] ITU-T Recommendation G.114 (2003), *One-way transmission time*.
- [2] ITU-T Recommendation G.109 (1999), *Definition of categories of speech transmission quality*.
- [3] ITU-T Recommendation G.826 (2002), *End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections*.
- [4] ITU-T Recommendation G.1020 (2003), *Performance parameter definitions for quality of speech and other voiceband applications utilizing IP networks*.
- [5] ITU-T Recommendation I.113 (1997), *Vocabulary of terms for broadband aspects of ISDN*.
- [6] ITU-T Recommendation I.350 (1993), *General aspects of quality of service and network performance in digital networks, including ISDNs*.



- [7] ITU-T Recommendation P.1010 (2004), *Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways.*
- [8] ITU-T Recommendation Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.*
- [9] IETF RFC 791 (STD-5) (1981), *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification.*
- [10] ITU-T Recommendation Y.1231 (2000), *IP Access Network Architecture.*
- [11] ITU-T Recommendation E.651 (2000), *Reference connections for traffic engineering of IP access networks.*
- [12] ITU-T Recommendation G.1000 (2001), *Communications Quality of Service: A framework and definitions.*
- [13] ITU-T Recommendation G.1010 (2001), *End-user multimedia QoS categories.*
- [14] ITU-T Recommendation Y.1221 (2002), *Traffic control and congestion control in IP-based networks.*
- [15] ITU-T Recommendation G.107 (2005), *The E-model, a computational model for use in transmission planning.*
- [16] ITU-T Recommendation G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide.*

### 3 缩写词

本建议书采用下列缩写词：

AF	安全转发
ATM	异步传送模式
CBR	恒定比特率
CDV	信元时延变化
CER	信元差错率
CLR	信元丢失率
CMR	信元误插率
CS	电路段
DS	差别服务
DST	目的地主机
E1	数字等级系列 2.048 Mbit/s 的传输
E3	数字等级系列 34 Mbit/s 的传输
EF	加速转发
FEC/I	前向纠错和交织
FIFO	先入先出
FTP	文件传送协议
GW	网关
HRE	假设参考端点
HRP	假设参考路径

HTTP	超文本传送协议
IETF	互联网工程任务组
IP	网际协议
IPDV	IP 包时延变化
IPER	IP 包差错率
IPLR	IP 包丢失率
IPOT	基于字节的 IP 包通量
IPPT	IP 包通量
IPRE	IP 包传送参考事件
IPRR	IP 包重定序比率
IPTD	IP 包传送时延
ISP	互联网服务提供商
ITU-T	国际电信联盟 — 电信标准化部门
LL	支持 IP 层的较低层协议和技术
LAN	局域网
$M_{av}$	为评价可用性状态而建议的数据包的最小数量
MP	测量点
MPLS	多协议标记交换
MTBISO	IP 服务中断之间平均时间
MTTISR	到 IP 服务恢复的平均时间
N	大小为 N 的通量探测中数据包的数量
NS	网络段
NSE	网络段集合
NSP	网络服务提供商
OSPF	首先打开最短路径
PDB	每个域的行为
PDH	准同步数字系列
PHB	每一跳的行为
PIA	百分率的 IP 服务可用性
PIU	百分率的 IP 服务不可用性
pkt	IP 数据报 (IP 包)
QoS	服务质量
R	路由器
RFC	征求意见
RSVP	资源预留协议
RTP	实时传送协议

SDH	同步数字系列
SPR	虚假包的比率
SRC	源主机
STD	标准
T1	数字等级系列 1.544 Mbit/s 的传输
T3	数字等级系列 45 Mbit/s 的传输
T <sub>av</sub>	IP 有效性时间的最小长度；IP 无效性时间的最小长度
TBD	待定
TCP	传输控制协议
TDMA	时分多址接入
TE	终端设备
T <sub>max</sub>	IP 包的最大时延，超过该数值数据包将被宣告为丢失
ToS	服务类型
TTL	存活时间
UDP	用户数据报协议
UNI	用户网络接口
VoIP	在网际协议上传送语音
VTC	可视电话会议

#### 4 传送能力、能力约定以及QoS等级的适用性

本节的主题是网络传送能力（在一个时间间隔上为一个信息流传送的有效比特率）以及这种能力与 ITU-T Y.1540 建议书中定义的包传送服务质量（QoS）参数及这里规定的目标之间的关系。

传送能力是一个基础的 QoS 参数，它对终端用户感知的性能具有首要影响。很多的用户应用有最低的能力要求；这些要求在进行服务约定时应该考虑。ITU-T Y.1540 建议书并没有为能力定义一个参数，然而，它定义了包丢失参数。可以暂定地从发送的总数中减去丢失的比特或字节来确定网络能力。有关能力独立的定义还待进一步研究。

这里假定用户和网络提供商已经就最大的接入能力达成一致，这种能力将可获得用于有特定 QoS 等级（不加规范的等级除外）的一个或多个数据包流。一个数据包流是与一个给定连接或无连接信流相联系的业务量，它们有共同的源主机（SRC）、目的地主机（DST）、服务等级和会话识别码。其他文件在提及按这种程度分类的业务流时，可能会使用微信流或次信流等术语。在最初，商议的各方可以使用他们认为适当的任何能力规范，只要这规范对网络提供商是可以执行而用户又是可以检验的。例如，对接入链路的峰值比特率（包括较低层的开销）进行规范可能就足够了。网络提供商将同意在特定的能力下按约定的 QoS 等级来传送数据包。

当支持动态请求的协议和系统可用时，用户将商议业务量契约。这种契约将对一个或多个业务量参数（如 ITU-T Y.1221 建议书[14]或者 RSVP 中定义的）及 QoS 等级做出规定，应用到一个特定的信流。

当提交的数据包存在有超过能力约定或所协商的业务量契约时，网络性能目标可能将不再适用。如果观察到超额数据包，将允许网络丢弃一些与超额数相等的数据包。这种丢弃的数据包不可以计入到所关注的要用网络性能参数评估的那个数据包集的总体中。尤其要注意，这丢弃的数据包，在进行网络 IPLR 评定时，不得计入为丢失的数据包。一个丢弃的数据包可能会重新传输，但在评估网络性能中，务必将它视为是一个新的数据包。

网络有特权来规定它对有超量数据包信流的响应，很可能会依据所观察到的超额数据包的数量。当一个信流有超量数据包时，就不需要遵守网络性能承诺。然而网络可以提供经修改的网络性能承诺。

## 5 网络性能目标

本节讨论公众 IP 服务中用户信息传送性能的目标。这些目标是用 ITU-T Y.1540 建议书定义的 IP 层的性能参数来陈述的。在表 1 中可看到对目标的归纳，连同相关的一般性说明。表 1 中的所有数值已经稳定。

注 — 从用户的角度，网络的 QoS 目标只是部分地影响着传输性能（例如对话音载于 IP 时嘴到耳的质量）。附录七中对这一领域中适当的建议书提供了指南。

### 5.1 QoS的一般性讨论

表 1 的 QoS 等级的定义提供了用户网络接口之间网络性能的界限。只要用户（以及单独的网络）不超越约定的能力规范或业务量契约，且路径存在（如 ITU-T Y.1540 建议书所定义的），网络提供商就应该在信流的生命期内合作地支持这些 UNI 到 UNI 的界限。

实际提供给一个给定信流的网络 QoS 将决定于穿越的距离和路径的复杂性。通常会优于表 1 中 QoS 等级定义包含的界限。

静态的 QoS 等级约定可以通过将包标记（例如服务领先比特的类型或差别服务编码值）与一个特定等级相联系来实现。

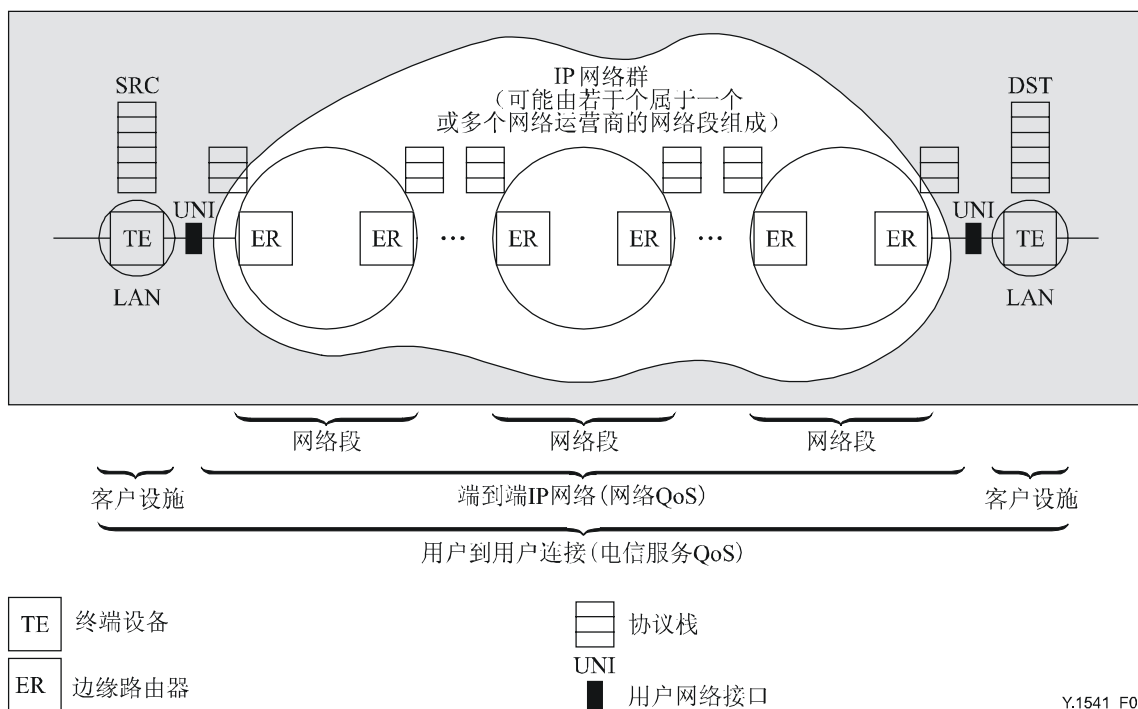
用户与网络提供商以及网络提供商之间支持 QoS 动态请求的协议还待研究。当这些协议以及支持的系统实现时，用户或网络将可以在逐个流的基础上请求和接受不同的 QoS 等级。以这种方式，不同服务与应用的不同的性能需求将可在通信中提出，并进行估算和确认（或拒绝，或加以修正）。

### 5.2 UNI到UNI QoS的参考路径

一个信流中的每一个数据包是沿着一个特定的路径而行的。任何信流（在路径上有一个或多个数据包），只要它满足本节的性能目标，就可以认为完全符合了 ITU-T Y.1541 建议书的规范要求。

注 — 短语“端到端”在涉及用户 QoS 等级的建议书中有不同的含义，例如在话音质量的建议中，端到端意味着从嘴到耳。而在本建议书的背景下，端到端要理解为从 UNI 到 UNI。

UNI 到 UNI 性能目标是按对应于 IP 包传送参考事件 (IPRE) 的 IP 性能参数来定义的。UNI 到 UNI 的 IP 性能目标应用于图 1 中的用户网络接口到用户网络接口。UNI 到 UNI 的网络路径包括了一组网络段 (NS) 和网间链路，它们提供 IP 包的传送，从 SRC 侧的 UNI 发送到 DST 侧的 UNI；包括 IP 层的低层协议（一层到三层）也可以考虑是 IP 网络的组成部分。网络段 (NS)（如 ITU-T Y.1540 建议书所定义）与运营商区域是同义的，它可能包含有 ITU-T E.651 和 Y.1231 建议书所描述的 IP 接入网的结构。图 1 的参考路径是从 Y.1540 的性能模型修改而来的。



注 — 客户的设施设备（阴影区域）在此仅作为示意。

图 1/Y.1541—用于网络QoS目标的UNI到UNI的参考路径

用户设施包括所有的终端设备（TE），如主机和任何的路由器或 LAN，如果存在的话。在某些应用中将只有一个人类用户。有必要说明：TE 和用户到用户连接的规范不属于本建议书的范围。与终端设备相连接的边缘路由器也可以被称为接入网关。

参考路径具有如下的属性：

- 1) IP 群可以支持用户到用户的连接、用户到主机的连接以及其他的端点变种。
- 2) 网络段可以描述成是一些在它们边界上有边缘路由器，还有一些担当不同角色的内部路由器群。
- 3) 一个给定路径中网络段的数量可能取决于所提供的服务等级以及每一个网络段的复杂性和地理跨距。
- 4) 在本建议书的范围内，一个路径中允许有一个或多个网络段。
- 5) 支撑一个信流数据包的网络段在它的生命期中可能会改变。
- 6) IP 的接续会跨越国际边界，但它并不遵循电路交换的惯例（例如当边界的两侧使用同一个网络段时，在国际边界上可能没有可识别的网关）。

### 5.3 网络的QoS等级

本节描述当前定义的网络 QoS 等级。每一个网络 QoS 的等级将形成性能值界限的一个特定组合。本节还就每一个网络 QoS 等级在何时使用提供了指导，但它并不强求在一个特定背景下必须要使用一个特定的网络 QoS 等级。

表 1/Y.1541—IP网络QoS等级的定义和网络性能的目标

网络性能参数	网络性能目标的性质	QoS等级					
		等级0	等级1	等级2	等级3	等级4	等级5未规定
IPTD	平均 IPTD 上限（注 1）	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	IPTD 不超过概率为 $1-10^{-3}$ 的上限减去 IPTD 的最小值（注 2）	50 ms（注 3）	50 ms（注 3）	U	U	U	U
IPLR	包丢失概率的上限	$1 \times 10^{-3}$ （注 4）	$1 \times 10^{-3}$ （注 4）	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	U
IPER	上限	$1 \times 10^{-4}$ （注 5）					U

一般性说明：

这些目标适用于公众 IP 网络。可以相信这些目标在普通的网络实现中是可以达到的。网络提供商向用户的承诺是要以能达到每一个可适用的目标的方式来传递数据包。宣告符合 ITU-T Y.1541 建议书的大量多数的 IP 路径应该能满足这些目标。而对某些参数，在较短和/或不太复杂的路径上，性能可以好得多。

对于 IPTD、IPDV 和 IPLR 建议采用一分钟的评估间隔，并且在所有情况下，这时间间隔必须连同观察到的数值一起记录。任何一分钟的观察值都应该满足这些目标。

单独的网络提供商可以选择提供好于这些目标的性能承诺。

“U”表示“不加规范”或“无界”。当相对于一个特定参数的性能被标识为“U”时，ITU-T 对这一参数没有设立目标，任何默认的 Y.1541 目标都可以忽略。当一个参数的目标被设置为“U”时，有关这一参数的性能有时可任意地低劣。

注 1 — 很长的传播时间会妨碍端到端的低时延目标的满足。在这种和其他的一些情况下，服务等级 0 和 2 的 IPTD 目标并不总是能满足的。每个网络提供商会遭遇这种情况，作为其他选择，表 1 中 IPTD 的目标范围提供了可以实现的 QoS 等级。一个等级的时延目标并不排除网络提供商承诺对较短时延服务的提供。按照 ITU-T Y.1540 建议书对 IPTD 的定义，包插入时间应该包括在 IPTD 的目标之内。本建议书建议：在评估这些目标时，数据包信息字段的最大长度是 1500 字节。

注 2 — IPDV 目标的定义（在 ITU-T Y.1540 建议书中规定）是两点间 IP 包时延的变化。关于这一目标性质的更为详细的说明参见 ITU-T Y.1540 建议书和附录二。出于规划的目的，可以取 IPTV 均值的限额作为 IPTD 最小值的上限，因此这不超概率为  $1-10^{-3}$  的上限可以通过将 IPTD 均值与 IPDV 值相加来得到（例如在等级 0 时为 150 ms）。

表 1/Y.1541—IP网络QoS等级的定义和网络性能的目标

注 3 — 所提供数值与网络间链路的容量有关，当这种容量都高于一次群（T1 或 E1）时，或者当那些竞争的数据包的信息字段短于 1500 字节时（参见附录四），时延变化的数值会比较小。

注 4 — 服务等级 0 和 1 的 IPLR 目标部分地是基于以下的研究结果：在 IPLR 为  $10^{-3}$  时，高质量话音应用和话音编解码器并未受重要影响。

注 5 — 这一数值用于在数据包的丢失对于较高层是一个决定性差错因素时提供担保。这一数值在 IP 载于 ATM 上时是可行的。

### 5.3.1 网络性能目标的性质

表 1 中的目标应用于 MP 之间的公众 IP 网络，MP 为端到端 IP 网络定界。可以相信：这些目标在 IP 网络普遍的实现中是可以达到的。

在表 1 的左侧指示了性能目标的统计的性质，性能目标出现在随后的各列中。

IP 包传送时延的性能目标是基础的信流 IPTD 均值之上的上限值。虽然有许多单个的数据包可以有超过这一上限的传送时延，信流生命期内平均的 IPTD（统计的平均数估计值）通常应小于表 1 中所使用的界限。

2 点间 IP 包时延变化的性能目标（如 ITU-T Y.1540 建议书所定义的）是基于不超过概率为  $1-10^{-3}$  的基础的信流 IPTD 分布的上限。这  $1-10^{-3}$  的不超过概率允许使用较短的评估间隔（例如取一个有 1000 个数据包的样本是评估这一上限所需的最小数量）。同样，它也允许网络设计有较多的灵活性，在此为时延增设的缓冲存储器以及路由器排列长度的工程设计必须满足量级在  $10^{-3}$  的 IPLR 的总目标。使用较低的不超过概率值将导致对去抖动缓冲存储器大小的低估，并会使真正的包丢失量超过 IPLR 的总目标（例如在  $IPLR=10^{-3}$  时，不超过概率为  $1-10^{-2}$  的上限可能会使总的包丢失量达到 1.1%）。对 IPDV 其他的统计技术和定义将在附录二中进行介绍，同时附录四还将讨论 IPDV 的性能评估。

IP 包丢失率的性能目标是信流 IP 包丢失的上限。虽然有单独的数据包将会丢失，但在信流持续期间任何单独数据包失去的潜在概率应该小于表 1 中使用的界限。

比较少见的传送结果的目标及其相联系的参数，例如 ITU-T Y.1540 建议书所定义虚假数据包的比率（SPR），还有待研究。

### 5.3.2 评估间隔

表 1 的目标不能在瞬间做出评定。评估间隔会形成所关注数据包总体中的一个子集（如 ITU-T Y.1540 建议书所定义）。理想地，这种间隔应该：

- 足够长，就规范的比率和不超过概率而言，使它能包括所需信流中足够的数据包。
- 足够长以反映典型的使用时长（流的生命期）或用户的评估时长。
- 足够短，以保证可接受性能能平衡遍及所有的评估间隔（不应该辨认出性能恶劣的间隔，它们在很长的评估间隔上是难以隐蔽的）。
- 足够短以解决测量的实际问题。

对于和通话相联系的评估，在典型的包速率下（每秒 50 到 100 个数据包），一个量级为 10 至 20 秒的最小间隔是需要的，而间隔应该有分钟数量级的上限。已经建议要使用 1 分钟的数值，不过不管如何，这所用数值务必与观察值并连同任何的假设与置信区间一起记录。所观察到的每一分钟都应该满足表 1 中的 IPTD、IPDV 和 IPLR 的目标。本建议书有意在将来的修改中采用最低可接受的估算方法学。

检验目标达到的方法还待进一步研究。不管是连续的还是不连续的评估都可以使用。一种可能的测量方法已在 RFC 3432 “采用周期流的网络性能测量”中提出，在此要求用随机的测量启动时间和有限长度的评估间隔形成的将是非连续的评估。

### 5.3.3 评估的数据包大小

包的大小将影响大多数性能参数的结果。由于许多信流中包的大小有着相当大的变化，给包的大小取一个范围是适当的。然而当评估 IPDV 时，或者当评估面向的是支持恒定比特率信源的信流时，用单一的数据包大小可以使评估得到简化，为此建议用一个固定大小的信息字段。已经建议可使用 160 字节或者 1500 字节的信息字段，同时务必记录所用字段的大小。此外还建议在使用较低层测试时将 1500 字节的信息字段用于 IP 参数的性能评估，例如比特差错的测量。

### 5.3.4 未规定的（无界的）性能

对于网络的某些 QoS 等级，一些性能参数的数值被指定为“U”。在这些情况下，ITU-T 没有就这些参数设置目标。网络运营商可以单边地做出选择为这种不加规范的性能参数确保某个最低的质量水平，但 ITU-T 并不对这种最低水平提出建议。

那些 QoS 等级的用户应该知晓：未规定参数的性能有时会任意地恶劣。然而一般地可以期望：IPTD 的均值将不会大于 1 秒钟。

注一 在有关 B-ISDN 信令的建议书中，这“未规定”的措词会具有不同的意义。

### 5.3.5 IPTD 目标的讨论

很长的传播时间，例如在地理距离很长的情况下或者在采用同步地球卫星的情况下，会妨碍 UNI 到 UNI 的低时延目标的满足。在这些以及某些其他情况下，等级 0 和 2 的 IPTD 目标将并不总是能够达到的。需要说明：一个等级的时延目标并不妨碍网络提供商提供承诺较小时延的服务。任何这样的承诺应明确加以说明。参见附录三，它给出了在一个全球路由上计算 IPTD 的例子。每个网络提供商将遭遇这种情况（或者是单个网络，或者是与其他网络合作工作来提供 UNI 到 UNI 的路径），作为其他选择，表 1 中 IPTD 的目标范围提供了可以实现的 QoS 等级。不考虑那些路由和距离，相对的等级（例如等级 0 和 1）通常总是用同样的节点机制来实现的。

按照 ITU-T Y.1540 建议书对 IPTD 的定义，包插入时间应包含在 IPTD 的目标之中。本建议书建议：在评估目标时数据包最大的信息字段为 1500 字节。



### 5.3.6 等级的使用指南

表 2 对网络 QoS 等级的适用性及工程实施提供指导。

表 2/Y.1541—对 IP QoS 等级的使用指南

QoS等级	应用（举例）	节点的机制	网络技术
0	实时的，对抖动敏感的高质量互动（VoIP, VTC）	分别的队列，且具有优先性的服务和业务流的整理	对选路和距离加以限制
1	实时的，对抖动敏感的互动（VoIP, VTC）		对选路和距离加以较少的限制
2	事务数据，高度的互动（信令）	分别的队列，丢弃优先级	对选路和距离加以限制
3	事务数据，互动		对选路和距离加以较少的限制
4	仅要求低丢失率的（短暂的交易，批量数据，电视媒体流）	长队列，丢弃优先级	任何的路由/路径
5	默认 IP 网络中传统的应用	分别的队列（最低优先级）	任何的路由/路径

注 — 只要用户在其会话期间乐意接受那种普遍的性能水平，表 2 中列出的任何应用例子也可以用于未规定性能目标的第 5 等级。

在网络节点中还可以采用业务量强制和/或整形。

有关 IP 上广播质量电视传送的讨论可以在附录八中找到。

### 5.3.7 暂定的QoS 等级

本节提供一组暂定的 QoS 等级。这些等级（参见表 3）和表 1 中等级的区别在于：所有的目标值都是暂定的，在这些目标依据实际的运营经验进行修正（提高或降低）之前，网络不需要满足它们。

表 3/Y.1541—暂定的IP网络QoS等级的定义和网络性能目标

网络性能参数	网络性能目标的性质	QoS等级	
		等级6	等级7
IPTD	平均 IPTD 上限	100 ms	400 ms
IPDV	IPTD 不超过概率为 $1-10^{-5}$ 的上限减去 IPTD 的最小值（注 1）	50 ms	
IPLR	包丢失概率的上限	$1 \times 10^{-5}$	
IPER	上限	$1 \times 10^{-6}$	
IPRR	上限	$1 \times 10^{-6}$	

表 3/Y.1541—暂定的IP网络QoS等级的定义和网络性能目标

一般性说明:

这些等级的评估间隔应该为 1 分钟或更长。评估时使用 1500 字节的有效负荷。对于 IPTD、IPDV 和 IPLR, 建议使用 1 分钟的评估间隔, 每一分钟的观察值都应该满足这些目标。

对 IP 包丢失率 (IPLR) 目标的一个推理是: 要使丢失对 TCP 能力的影响达到最小, 即使对 TCP 参数和操作系统已经做了调整, 并采用了大窗宽选项。附录九对此提供了背景信息, 还有其他支持它的推理。

IPLR 的数值并不足以支持数字电视用户所期望的所有质量水平, 因而前向纠错和交织 (FEC/I) 看来是需要的。附录八就电视传送用户的质量期望以及在配备更低丢失率时所需要的 FEC/I 提供了背景。

IP 包差错率目标的设置是为了不至于对总的包损失产生重要影响。

IP 包重新排序率 (IPRR) 在附录七/Y.1540 中是作为补充性术语定义的。重新排序数据包对于 TCP 发送者会呈现为一种丢失, 具体取决于自它们始发位置的距离。因此, IPRR 的设置是为了不至于对总的包损失产生重要影响。

IPDV 的数值还在研究, 欢迎提供文稿来审议其他 (较低) 数值的合理性与可行性。

注 1 — IPDV 目标的定义 (在 ITU-T Y.1540 建议书中规定) 是两点间 IP 包时延的变化。关于这一目标性质的更为详细的说明参见 ITU-T Y.1540 建议书和附录二。出于规划的目的, 可以取 IPTV 均值的限额作为 IPTD 最小值的上限, 因此这不超过概率为  $1-10^{-5}$  的上限可以通过将 IPTD 均值与 IPDV 值相加来得到 (例如在等级 6 时为 150 ms)。

这些等级旨在支持高比特率用户应用的性能要求, 这些应用与表 1 中等级 0 到 4 所支持的相比有更为严格的丢失/差错要求。

## 6 可用性目标

这一节将包含有关可用性目标的信息, 这种目标基于 ITU-T Y.1540 建议书中定义的可用性参数。由于作为基础的网络设计选项在迅速地改变, 目标还需要更多的研究。

## 7 性能目标的实现

当涉及到多个网络提供商时, 如何来实现这些性能目标还需要进一步研究。当前有很多有希望的标准开发活动, 它们正试图完成 UNI-UNI QoS 保证所需要的其他方面。

第 8 节中给出了两个或更多个网络段性能水平相链接时的关系, 以确定 UNI-UNI 的目标是否满足。

## 8 链接的网络段及其QoS数值

### 8.1 引言

本节讨论在知道分段的性能后，如何估算路径 UNI 到 UNI 的性能。目的是为构成这些 UNI 到 UNI 的估计提供标准的关系。

这种关系将对 UNI 到 UNI 性能形成一个适当精确的估算。这估算进程的误差相信可以和各个单个数值本身潜在的误差相平衡。当这些数值是来自最新的测量或者模型化活动时，如果条件不稳定，或者网络段之间彼此独立的重要假设并不成立，它们会遭遇很大的误差。

这种关系旨在支持由 QoS 信令协议提供的对损伤的累加。不要将它们用于支持 UNI 到 UNI 数值的分配。

### 8.2 合成UNI到UNI的数值

#### 8.2.1 平均传送时延

对于平均的 IP 包传送时延 (IPTD) 性能参数，UNI 到 UNI 的性能是各网络段贡献的平均值的总和。

IPTD 的单位是秒，最小分辨率是 1 微秒。如果数值中有更低的分辨率，无用的数字位可以置为 0。

#### 8.2.2 丢失率

对于 IP 包的丢失率 (IPLR) 性能参数，UNI 到 UNI 的性能可以通过对数据包跨越  $n$  个网络段成功传送的概率取倒数来估算，具体如下：

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPLR_{NS1}) \times (1 - IPLR_{NS2}) \times (1 - IPLR_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPLR_{NSn}) \}$$

这一关系对于参数值并不设置限制，因为它相对于其他的近似关系，例如对丢失率简单的求和，更为可取。所有的测量将使用同样的  $T_{max}$  数值（宣告一个包丢失的等待时间）。

IPLR 值的单位是丢失的数据包数除以发送的数据包总量，分辨率至少为  $10^{-9}$ 。如果数值中有更低的分辨率，无用的数字位必须置为 0。

#### 8.2.3 包差错率

对于 IP 包的差错率 (IPER) 性能参数，UNI 到 UNI 的性能可以通过对数据包跨越  $n$  个网络段无差错传送的概率取倒数来估算，具体如下：

$$IPER_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPER_{NS1}) \times (1 - IPER_{NS2}) \times (1 - IPER_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPER_{NSn}) \}$$

这一关系对于参数值并不设置限制，因为它相对于其他的近似关系，例如对包差错率简单地求和，更为可取。

IPER 值的单位是有差错的数据包数除以发送的数据包总量，分辨率至少为  $10^{-9}$ 。如果数值中有更低的分辨率，无用的数字位必须置为 0。

#### 8.2.4 对时延变化暂定的关系

从网络段数值估算 UNI 到 UNI 时延变化 (IPDV) 的性能，务必要承认它的低于相加性的性质，如果没有关于单个时延分布的充足信息，要精确估算是很困难的。例如，如果独立的时延分布的特性已经知道或者能够测量，就可以求它们的卷积来估算相组合的分布。然而这样详细的信息是很少能在运营商之间共享的，因而可能难以得到来构造一个连续的分布。由于这样，对 UNI 到 UNI IPDV 估算的精度会受到限制。由于这一领域的研究还在继续，以下给出的估算关系是在暂定的基础上说明的，将来在新的发现或者在实际运营经验的基础上，本节可能会修改。

组合 IPDV 数值暂定的关系给出如下。

待考虑的问题可以陈述如下：估算 UNI 到 UNI 的时延  $t$  在满足以下条件时的分位数  $t$ ：

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

### 步骤1

测量  $n$  个网络段中每一个网络段时延的均值和方差。通过对各分量分布的均值和方差求和来估算 UNI 到 UNI 时延的均值和方差。

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2$$

### 步骤2

测量每个时延分量在关注概率为  $p=0.999$  时的分位数。使用下面所示的公式估算对应的偏离度和三阶矩，其中  $x_{0.999}=3.090$  是满足  $\Phi(x_{0.999})=0.999$  的数值， $\Phi$ 代表标准的（均值为 0，方差为 1）正态分布函数。

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

$$\omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$

假设各时延分布互不相关，于是 UNI 到 UNI 时延的三阶矩将正好是各网络段三阶矩的和。

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots = \sum_{k=1}^n \omega_k$$

UNI 到 UNI 的偏离度可以除以  $\sigma^3$ ，计算如下：

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3}$$

### 步骤3

对 UNI 到 UNI 时延达 99.9% ( $p=0.999$ ) 的估值  $t$  可以估算如下。

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

其中  $x_p = x_{0.999} = 3.090$ 。

正如前面所述，IPDV 目标的性质是 IPTD 在不超过概率为  $1-10^{-3}$  时的上限减去 IPTD 的最小值（也即 IPDV 的分布被规范化到它的最小 IPTD）。IPDV 值的单位为秒，分辨率至少为 1 微秒。如果数值中有更低的分辨率，无用的数字位必须置为 0。

### 8.3 损伤累积过程

在两种主要的方法，可应用上述关系来估算 UNI 到 UNI 的性能水平。两者都是可接受的。

当路径中所有网络段的数值都已经在一个地点可获得以供计算时，它们可以就作为分别的数值在上述关系中使用。在信令协议中，这分别的数值将从源点起收集到目的地，并传递给负责计算和对结果采取行动的实体。

这数值也可以在每当有新数值可用时进行积累。在此情况下，上述关系可用于将积累的估值与当前网络（或路由器，如果它是组合的基础）的数值组合起来。算得的估值将变成新的积累值，并沿着路径被传送到目的地。

## 9 安全

本建议书并不规定协议，因而只有很有限的领域可能会出现安全问题。它们都与性能目标的检验连同测量系统的实现相关。

测量系统用来评定网络性能，以确定它是否符合本建议书规定的数值目标，这些系统务必将测量的业务量限制在适当水平，以避免滥用（例如拒绝服务攻击）。参与测量活动的各方，包括承载业务量的网络的管理员或操作员，应该对可接受的业务量水平预先做出约定。

用于测量目的的用户业务量监测系统必须保持用户信息的机密性。

用于执行测量的系统可以采用一些技术（如密码的散列）来确定是否有攻击者插入了额外的业务量，它表面上显得像是所关注总体的一部分。

## 附录一

### ATM网络的QoS对IP QoS的支持

本附录对将 IP 性能参数映射到 ITU-T I.356 建议书规范的 ATM QoS 等级目标提供一个分析。这一分析的目的在于估计当 ATM 被用于底层传送时 IP 层的性能。因为这一分析中没有考虑路由器，这里所示的 IP 性能数字是可能期望的最好性能。在存在中间路由器的情景下，IP 性能将会更坏。

**表 I.1/Y.1541—对应于ATM QoS服务等级1和2的IP包丢失率（IPLR）数值  
（IP包长为40个字节；所有误码的数据包都被视为丢失）**

ATM QoS 等级	传送的 ATM CER	传送的 ATM CLR	得到的 IPLR
1	4.00 E-06	3.00 E-07	4.30 E-06
2		1.00 E-05	1.40 E-05

**表 I.2/Y.1541—一个流端到端和国内部分的IP包传送时延（IPTD）值**

网络部分	由ATM QoS等级1得到的IPTD （没有IP路由器的时延）
国内部分	~27.4 ms
端到端	400 ms

注意，等级 0 和等级 2 意味着 IPTD 在 I.356 的 27 500 km 的参考连接上不能满足。

在 ATM 等级中信元差错率（CER）的数值是  $4 \times 10^{-6}$ 。如果 IP 包较长（1500 字节），且误码的信元将导致误码的 IP 包，那么 IP 包的差错率数值将为约  $10^{-4}$ 。

信元误插入率（CMR）的当前规范是每天 1 个。CMR 对 SPR 的影响还需要更多研究。

## 附录二

### IP时延变化参数定义的考虑

本附录讨论对 IPDV 定义的考虑以及对 IPDV 目标不同统计方法的使用。

为了给边缘设备抖动缓冲存储器的设计者提供指导，参数需要捕捉对 IPDV 的如下影响：

- 网络中常规的拥塞（高频率的 IPDV 变化）；
- TCP 的窗控行为（低频率的 IPDV 变化）；
- 在平均网络负荷下的周期性和非周期性变化（很低频率的 IPDV 变化）；
- 选路更新对 IPDV 的影响（IPTD 瞬间的（但可能很大的）改变）。

IP 时延变化的当前定义为：

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

其中：

$\text{IPTD}_{\text{upper}}$  是评估间隔中不超过概率为  $1-10^{-3}$  的 IPTD 上限

$\text{IPTD}_{\text{min}}$  是评估间隔中 IPTD 的最小值

IPDV 的定义是基于 6.2.2/Y.1540 中给出的参考事件。在此，额定的时延是基于单向时延最小的数据包（作为对第一个包的替代值，或者对以总体的均值为额定时延的替代值）。

对  $1-10^{-3}$  分位数的规范（相当于 99.9%）将受到一分钟测量间隔中数据包样本大小的影响，IPLR  $\leq 10^{-3}$  的目标将导致约  $10^{-3}$  的总丢失率。如下图所示，分位数越小将增加更多的丢失。

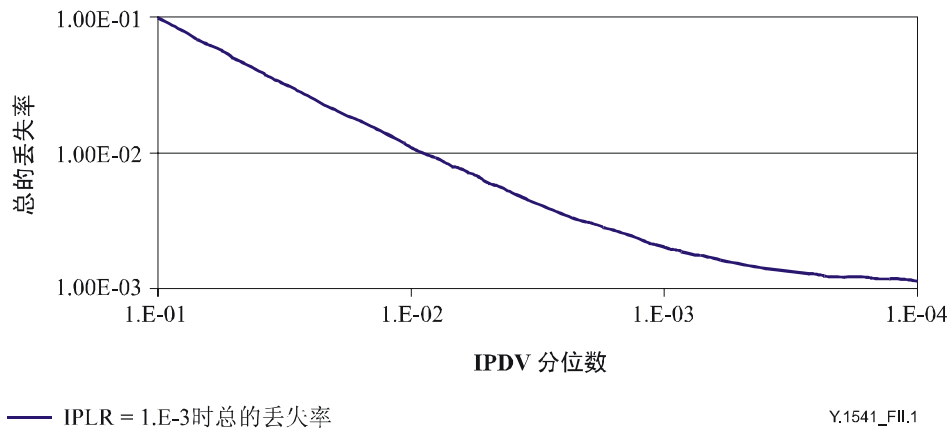


图 II.1/Y.1541—IPLR = 0.001时IPDV不同分位数对总丢失率的影响

IP 时延变化不同定义的一个例子如下。在一个给定的短的测量间隔期间，IP 时延变化可以定义为最大的 IPTD 减去最小的 IPTD。

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

其中：

$\text{IPTD}_{\max}$  是测量间隔期间记录到的最大 IPTD

$\text{IPTD}_{\min}$  是测量间隔期间记录到的最小 IPTD

可以在一个包含有若干个短测量间隔的大时间间隔上测量若干个 IPTD 值。这些 IPTD 值中的 95% 可望符合要求的目标。这对实时计算 IPDV 是一个简单而又有适当精度的方法。测量间隔的实际数值待进一步研究。这测量间隔将会影响捕捉 IP 包时延行为低频和高频变化的度量能力。

## 附录三

### 用于验证IP性能目标的假设参考路径举例

本附录介绍假设参考路径，它是对第 5 节中提供的端到端性能目标进行可行性验证所要考虑的。这些假设参考路径（HRP）仅是例子而已。本附录的材料不是规范性的，并不建议或提倡任何具体的路径结构。

信流中的每一个数据包是顺着一个特定路径而行的。任何信流（在一个路径上的一或多个数据包），它满足第 5 节的性能目标，就可以认为完全符合了本建议书正文部分的规范性建议。

端到端性能目标是针对对应于 IP 包传送参考事件（IPRE）的 IP 性能参数来定义的。端到端的 IP 网络包括一组网络段（NS）和网间链路，它们提供自 SRC 的发送的 IP 数据包到 DST 的传送；在 SRC 和 DST 以内的低层协议，包括 IP 层（第 1 层至第 3 层）也可以考虑是 IP 网络的一部分。

注一 有关这里介绍的假设参考路径所给出的时延数值对于用户感知的端到端质量的影响参见附录七。

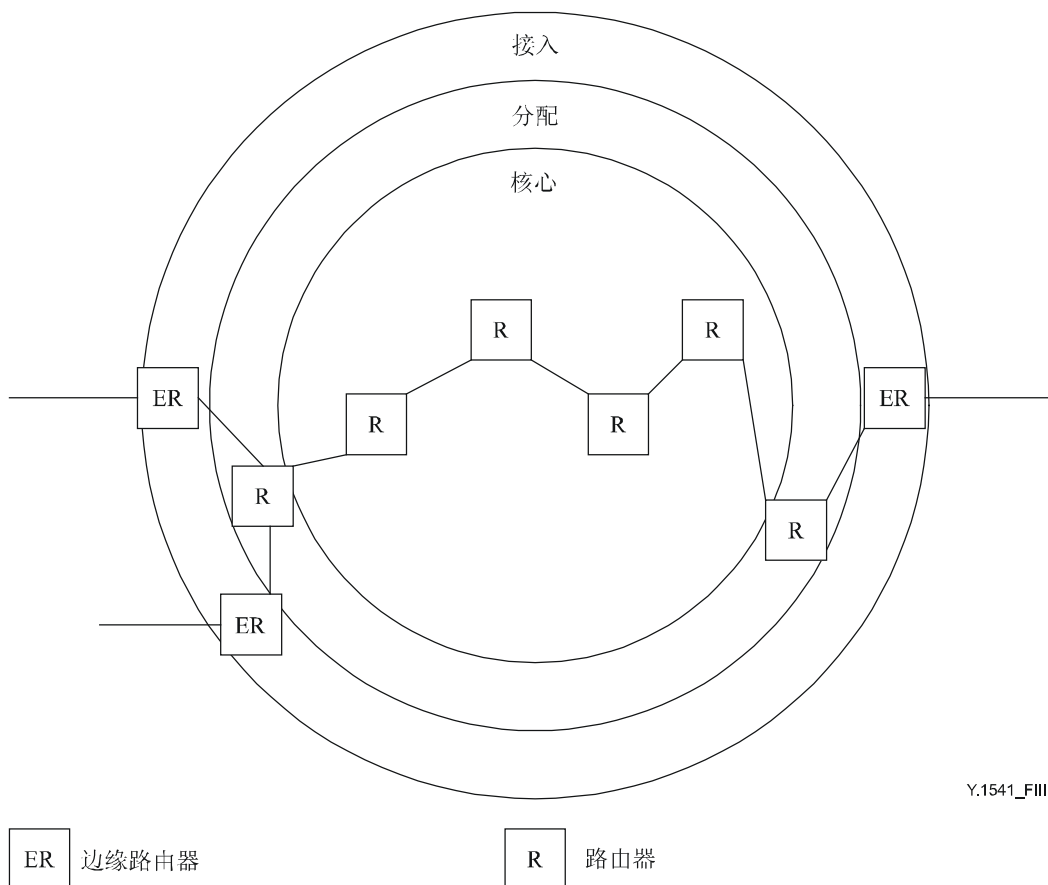
### III.1 HRP中的IP节点数

HRP 与第 5 节中的参考路径具有类似的属性。

网络段（在 ITU-T Y.1540 建议书中）被定义为主机组，连同所有连接它们的链路一起构成 SRC 和 DST 之间 IP 服务的一部分，并在单个（或合作的）法定责任体的负责之下。网络段和运营商域是同义的。网络段（NS）可以表示为网络群，它们具有位于边界的边缘路由器以及充当不同角色的若干个内部路由器。在这种情况下 HRP 等效于 RFC 2330 中的“路径摘要”。

每个 NS 可以由充当接入、分配和核心角色的 IP 节点所构成，如图 III.1 所示。





Y.1541\_FIII.1

图 III.1/Y.1541—一个网络段中IP节点的角色

注意，为完成每一个角色会需要一个或多个路由器，图中所示的核心路径中串接有 4 个路由器。在本例子中穿越一个 NS 的路径可能会遇到少至 3 个、多至 8 个的路由器。

路由器对各种参数的影响，依据它们的角色可能是不同的。边缘路由器一般地执行两个角色中的一个，或者是接入网关路由器，或者是网间网关路由器。

表 III.1/Y.1541—路由器角色对时延典型影响的举例

角色	总的平均时延 (排队和处理的总和)	时延变化
接入网关	10 ms	16 ms
网间网关	3 ms	3 ms
分配	3 ms	3 ms
核心	2 ms	3 ms

注一 网间网关通常具有不同于接入网关的性能特征。

### 路由长度计算

如果基于距离的分量正比于实际的地面距离，考虑到典型的物理路由与实际距离的相比要加上一个正比的差额。这里采用的路由长度的计算基于 ITU-T G.826 建议书，而且仅用于这里考虑的长距离。如果  $D_{km}$  是界定区段的两个 MP 之间的空间路由距离，那么路由长度的计算为：

- 如果  $D_{km} > 1200$ ,  $R_{km} = 1.25 \times D_{km}$

当区段中包含有卫星中继段, 上述关系将不适用。

### III.2 支持端到端等级0和等级1时延的计算举例

#### 等级X网络时延的计算 (X=0到4)

本节计算任何路径部分的 IPTD, 它支持 QoS 等级为 X 的信流。当信流的区段不包含卫星中继段时, 其计算的 IPTD 如下 (采用 ITU-T G.114 建议书中给出的光传送的时延):

$$\text{IPTD (以微秒计)} \leq (R_{km} \times 5) + (N_A \times D_A) + (N_D \times D_D) + (N_C \times D_C) + (N_I \times D_I)$$

在这一公式中:

- $R_{km}$  代表上面计算的假设的路由长度。
- $(R_{km} \times 5)$  是考虑区段内距离的估计量。
- $N_A$ 、 $N_D$ 、 $N_C$  和  $N_I$  分别代表 IP 接入网关、分配节点、核心节点和网间网关节点的数量; 它们与图 III.1 中列举的网络段相一致。
- $D_A$ 、 $D_D$ 、 $D_C$  和  $D_I$  分别代表 IP 接入网关、分配节点、核心节点和网间网关节点的时延; 它们与等级 X (例如表 III.1) 的数值相一致。

最大的 IPDV 可以类似地进行计算。

作为这一计算的一个例子, 考虑以下的 HRP。这一路径包含两个 IP 网络和一个网间连接点。

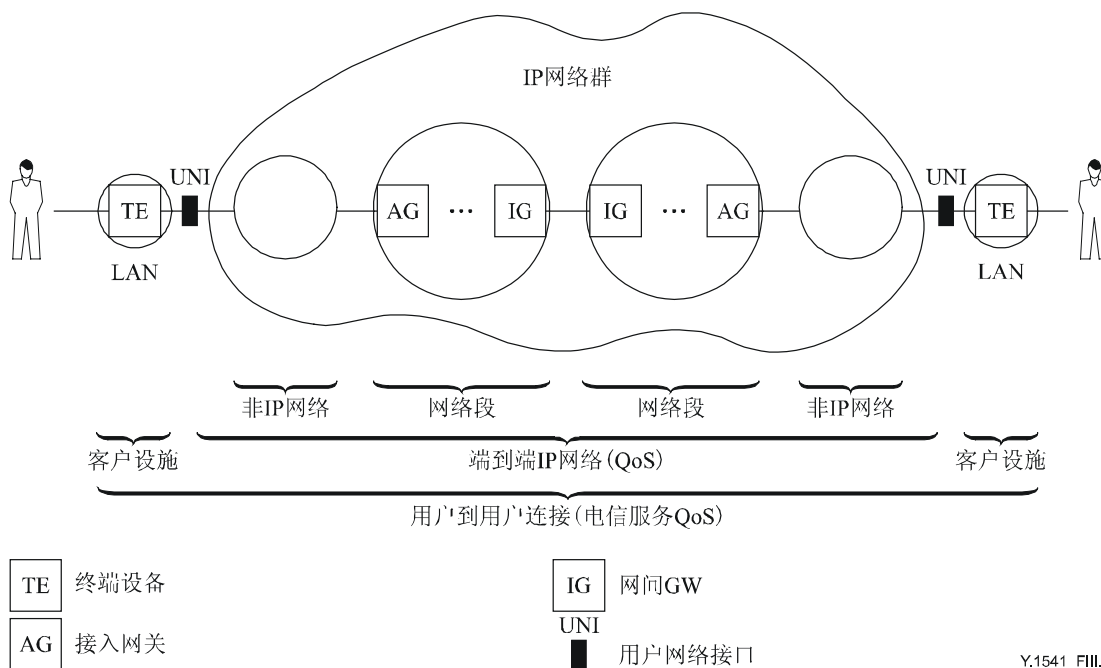


图 III.2/Y.1541—QoS等级0的假设参考路径

在图 III.2 的假设参考路径中对内部路由器的配置没有显示。核心和分配路由器的数量可以从表 III.2 中找到。

假设：

- 1) 所用的距离近似为 Daytona Beach 和 Seattle 之间的跨度（US 的对角线，它长于里斯本到莫斯科）。
- 2) 接入链路的能力为 T1，其他的都大于 T1（例如 OC-3）。
- 3) 最长的数据包长度为 1500 个字节，而 VoIP 的包长为 200 个字节。
- 4) 在 NI 和接入 GW 之间非 IP 网络是需要的。

表 III.2/Y.1541—等级为0的一个路径例子的分析

元 素	单 位	每单位的 IPTD	平均IPTD	每单位的 IPDV	最大IPDV
距离	4070 km				
路由	5087.5 km		25		
插入时间	200 字节 (1500 字节)		1 (8)		
<b>非 IP 网络 1</b>			15		0
<b>IP 网络 1</b>					
接入, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
分配, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
核心, N <sub>C</sub>	2	2	4	3	6
网间 GW, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>IP 网络 2</b>					
接入, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
分配, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
核心, N <sub>C</sub>	4	2	8	3	12
网间 GW, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>非 IP 网络 2</b>			15		0
<b>总计, ms</b>			<b>100</b>		<b>62</b>

表 III.2 以路由器的类型和数量、距离以及所有 HRP 分量对时延（IPTD）和时延变化（IPDV）的影响给出了 HRP 的配置。注意，这里对最大 IPDV 的计算是很悲观的（假设各个节点按最坏的情况相加），因此它比本建议书正文中 IPDV 的规范值更大。

### III.3 端到端等级1时延计算的举例

等级 1 可用于支持更长的路径长度和更为复杂的网络路径。采用表 III.2 所描述的同样的假设，但将距离取为 12 000 km，这时平均的 IPDV 将为 150 ms，R 值可能近似为 83。

在第 2 个例子中我们增加一个中继的 IP 网络段，总计为 3 个 NS。

表 III.3/Y.1541—等级1路径计算的举例

元 素	单 位	每单位的 IPTD	平均IPTD	每单位的 IPDV	最大IPDV
距离	km				
路由	27 500 km		138		
插入时间	200 字节 (1500 字节)		1 (8)		
<b>非 IP 网络 1</b>			15		0
<b>IP 网络 1</b>					
接入, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
分配, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
核心, N <sub>C</sub>	2	2	4	3	6
网间 GW, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>IP 网络 2</b>					
分配, N <sub>D</sub>	2	3	6	3	6
核心, N <sub>C</sub>	4	2	8	3	12
网间 GW, N <sub>I</sub>	2	3	6	3	6
<b>IP 网络 3</b>					
接入, N <sub>A</sub>	1	10	10	16	16
分配, N <sub>D</sub>	1	3	3	3	3
核心, N <sub>C</sub>	4	2	8	3	12
网间 GW, N <sub>I</sub>	1	3	3	3	3
<b>非 IP 网络 2</b>			15		0
<b>总计, ms</b>			<b>233</b>		<b>86</b>

表 III.3 以路由器的类型和数量、距离以及所有 HRP 分量对时延 (IPTD) 和时延变化 (IPDV) 的影响给出了 HRP 的配置。

### III.4 支持端到端等级4的时延计算的举例

遵照上述计算的形式, 我们可将具有表 III.1 所给的时延影响的 NS 的数量进行扩展, 或者对时延影响值进行如下的扩展:

表 III.4/Y.1541—路由器角色对等级4时延的影响

角 色	总的平均时延 (排队和处理的总和)
接入网关	200 ms
网间网关	64 ms
分配	64 ms
核心	3 ms

这里在路由长度达 27 500 km 时, 平均的单向时延将达到 884 ms (采用表 III.2 描述的 HRP 及其节点配置)。

### III.5 HRP内的负荷

各个传输链路被有效数据包占用的比例是 HRP 中要考虑的因素之一。网络将连续运行的负荷水平是另一个因素。

### III.6 HRP中的同步地球卫星

在 HRP 研究期间对同步地球卫星的使用曾做了考虑。单个的同步地球卫星，如果假设它将取代相当数量的地面距离、多个 IP 节点和/或中继网络段，它可以在 HRP 中使用，并仍能达到端到端的目标。

低轨道和中轨道地球卫星的使用在这些 HRP 的连接中没有被考虑。

当一个路径包含有卫星链路的一跳时，考虑到地球站的低视角、TDMA 系统的低速率，或同时考虑两者时，这部分将需要 320 ms 的 IPTD。在卫星星上具有处理能力时，考虑到星上的处理和包排队时延将需要 330 ms 的 IPTD。

可以期望：大多数的 HRP，包括包含同步地球卫星的路径将能达到低于 400 ms 的 IPTD。然而在某些情况下，400 ms 的数值可能会超越。对于通往远程区域的很长的路径，网络提供商可能需要做出额外的双边约定来改善实现这 400 ms 目标的概率。

## 附录四

### IP包时延变化计算的例子

本附录提供材料以便于对 IPDV 规定的数值相当严格的那些 IP QoS 等级的 IP 包时延变化 (IPDV) 进行计算，这些等级是 IP QoS 等级 0 和等级 1。

为了下面的计算，这里假定：网络运营商将提供在不同的 IP QoS 等级中进行选择，其中包括对 IPDV 不加规定的 QoS 等级。这种混合的特性将培植“时延变化敏感”的流（例如 QoS 等级 0 和等级 1）和“时延变化不敏感”的流（QoS 等级 2、3、4 和 5）的观念。可以进一步假定：运营商提供这样的 QoS 等级的混合，并做出合理的努力来分离变化敏感和变化不敏感的流。这样一种努力的关键要素是包时间安排的策略和额外的业务量控制措施。为了本附录的计算，这里假定：时延变化敏感流的数据包相对于时延变化不敏感流的数据包在时间安排上有非预空的优先性，而在这两类的每一类之内，时间安排是 FIFO。

注 — 这种简单假设的目的只是为了达成一个‘可计算的’模型。这里并不排除数据包时间安排的其他策略（例如加权的公平队列）或其他的业务量控制措施。进一步还将假设：其他方法的性能与这种计算所用方法的性能相比会更好，或不会太坏。

## IV.1 IP包时延变化的影响因素

作为对变化敏感流的 IP 包时延变化 (IPDV) 最重要的影响因素, 要考虑如下因素:

- 包转发决策 (选路查找) 处理时延导致的可变时延不是一个单一固定值, 是逐个包地变化的。
- 由于数据包必须在其他早到的变化敏感的数据包之后等待而导致的可变时延。
- 由于数据包必须等待早到并已经进入服务的变化不敏感的数据包结束服务所导致的可变时延。

## IV.2 确定IPDV上限的模型和计算过程

### IV.2.1 由于选路查找引起的时延变化

对于一个到达的数据包, 路由器需要基于 IP 地址确定该数据包要转发的输出端口。这一转发决策需要的时间从一个包到另一个包是可能变化的。

高性能的路由器可以缓存最近使用过的 IP 地址, 以便在后续的数据包加速这一进程。因此, 一个流的所有数据包, 除了第一个以外, 都可望经历较短的查找时延和很小的包间变化。虽然严格地讲, 这第一个较长的时延会影响 IPDV, 但这第一个包例外的时延在这种计算中将会忽略, 因为这是个“一过即终”的事件, 它在流中的影响随着一个相当长的持续时间 (例如一个 VoIP 流) 会逐渐消失。

可以期望: 在选路查找中包到包之间的变化在每个路由器中不会大于几十微秒。对计算而言, 对每个路由器这种变化将假设为小于  $30 \mu\text{s}$ 。

由于有关这一时延分量的分布没有什么信息可用, 跨越相串接数个路由器的总的变化将设为各单个变化的总和, 也即对于这一 IPDV 分量不考虑统计的影响。

### IV.2.2 由变化敏感的数据包引成的时延变化

一个变化敏感的数据包将必须等待其他较早到达的变化敏感的数据包接受服务。每个变化敏感的流将被模型化为一个有 1 点 IP 包时延变化可以忽略的连续的数据包流, 这与 ATM 信元 CBR 流使用的“可忽略的 CDV”概念是相类似的 (参见 ITU-T E.736 建议书)。

为了计算, 这里进一步假定: 所有变化敏感的数据包具有 1500 字节固定的大小。这使人们熟知的 M/D/1 排队模型 (参见 ITU-T E.736 建议书) 可以应用于包时延变化这一分量的计算。通过假设固定的包大小 (1500 字节) 可以确定固定的服务时间和路由器输出的链路速率, 例如在 STM-1 链路中将是  $80.13 \mu\text{s}$ 。

为了对这一时延分量在经过若干相串接的路由器后进行累积, 将对适当的时延分布求卷积, 如果需要, 还要同时考虑不同的输出链路速率。较低的分位数将假设为 0, 较高的 ( $1-10^{-3}$ ) 分位数可运用大偏差定理进行相当精确的近似, 尤其是 [IFIP] 中 Bahadur-Rao 做出的估算。

图 IV.1 示意了这样的计算结果。它显示了由变化敏感业务量干扰造成的累积的时延分量的 ( $1-10^{-3}$ ) 时延变化分位数, 其中考虑了变化敏感业务量不同的负荷水平以及路由器串接的不同跳数。

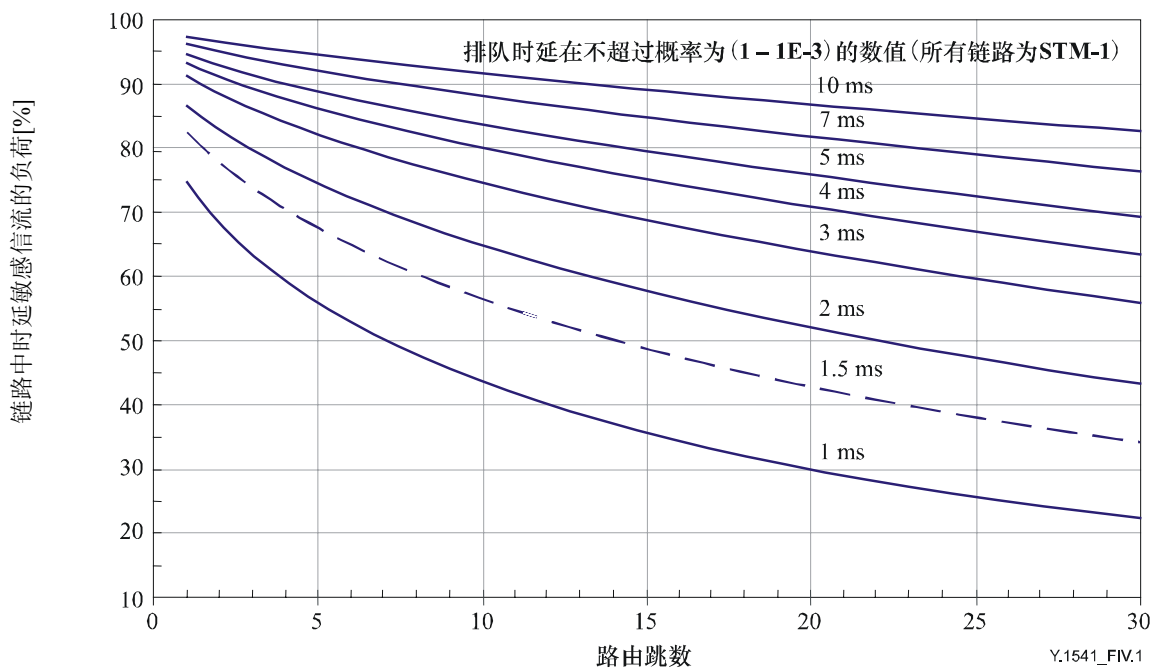


图 IV.1/Y.1541—在变化敏感业务量不同的负荷水平下以及路由器串接的不同跳数下由变化敏感业务量造成的累积的排队时延分量在不超过概率为  $(1-10^{-3})$  时的数值

图 IV.1 假设网络中的所有链路都为 STM-1，所有链路呈现相同的变化敏感业务量的负荷水平。如果有一个或多个链路具有高于 STM-1 的较高容量，得到的端到端时延将会较低；如果某些链路具有较低的容量，得到的端到端时延将会较高。这种影响可以计算（参见 IV.2.4），但难以在图 IV.1 中反映出来。

最后，我们来假设：网络既支持变化敏感的业务量，又支持变化不敏感的业务量，一个链路上变化敏感的业务量负荷不大于链路的 50%，以反映观察到的‘数据多于语音’的发展趋向。这时从图 IV.1 可以推测：这一时延分量在路径上对 IPDV 的影响将不会超过约 2.48 ms，即便这连接会跨越达 25 个 STM-1 的很高数据量的路由跳数。

### IV.2.3 由变化不敏感的数据包引成的时延变化

一个刚到达的变化敏感的数据包不能抢占对较早到达的变化不敏感的数据包的服务。因此变化敏感的数据包在每个路由器中会经历一个排队分量，它的大小由路由器用来为一个变化不敏感的数据包服务所花的时间来确定。

为了计算，这里假设：每个变化敏感的数据包由于变化不敏感的数据包要经历一个随机的时延，它的数值是均匀地分布于 0 到最长的（1500 字节）变化不敏感数据包在相关输出链路速率下的服务时间。在一个 STM-1 的输出链路上，这对应于一个路由器中 0 到 80.13  $\mu\text{s}$  之间的一个均匀分布。

为了对这一时延分量在跨越串接的若干路由器后进行累加，将对适当的时延分布求卷积，如果需要，还要同时考虑不同的输出链路速率。较低的分位数假设为 0，较高的  $(1-10^{-3})$  分位数可以严格计算。但在大多数情况下，运用正态（高斯）分布的近似，或按最坏情况取出现数最少的数值，可以得到良好的近似。可以在  $(\mu+3.72\cdot\sigma)$  找到不超过概率为  $(1-10^{-3})$  的数值。

## IV.2.4 变化敏感数据包累加的时延变化

在一个 HRP 上 IPDV 的上限可以通过将从 IV.2.1 到 IV.2.3 中算出的 3 个分量每一个的数值相加而得到。

注一 得到的计算值可望高于实际网络中发生的数值。有以下因素需要说明：

- 3 个分位数相加会产生比实际的时延分位数更高的数值。
- 变化敏感数据包的实际长度（例如 VoIP 数据包）可望比假设的长度 1500 字节要小得多。此外，变化敏感数据包的负荷也可望小于假设的数值 50%。因此由于变化敏感数据包干扰而造成的实际的排队时延可望小于计算的数值。
- 变化不敏感数据包（例如 TCP acks）的实际分布中也包含有比假设长度 1500 字节小（得多）的数据包。此外在大多数链路上总的负荷（变化敏感的加变化不敏感的）通常也可望小于假设的 100% 的数值。因此由于变化不敏感数据包干扰而造成的实际的排队时延可望小于计算的数值。

## IV.3 计算举例

下面提供 3 个计算用户到用户 HRP 引入的 IPDV 的例子（参见图 II.1）

- 所有链路速率都相对较高（STM-1 或更高）的一个例子。
- 客户与网络间的链路以及网络段之间的链路都具有较低速率（E3 或 T3）的一个例子。
- 客户与网络之间为低速链路（例如 1.544 Mbit/s, T1）的一个例子。

### IV.3.1 STM-1链路的例子

在这一例子中，所有的链路都假设为 STM-1。IP 网络群（参见图 III.2）的网络接口之间的 HRP 由 12 个路由器跳构成。因此在这一路径上对 IPDV 的影响因素可以计算如下：

- 路由查找时延的变化（参见 IV.2.1）： $12 \times 30 \mu\text{s} = 0.36 \text{ ms}$ 。
- 由于变化敏感业务量造成的排队时延变化（参见图 IV.1 中 50% 负荷和 12 跳 STM-1 时的数值）： $\approx 1.36 \text{ ms}$ 。
- 由变化不敏感业务量造成的排队时延变化（参见 IV.2.3）： $\approx 9.01 \times 80.13 \mu\text{s} = 0.72 \text{ ms}$ 。

因此这一高链路速率路径的 IPDV 可望小于 **2.44 ms**。

### IV.3.2 使用E3互连链路的例子

在这一例子中，除了用户网络链路和网络段之间的链路假设为 E3（34 Mbit/s）外，所有的链路都假设为 STM-1。IP 网络群（参见图 III.2）的网络接口之间的 HRP 由 12 个路由器跳构成，其中有两跳有较低的 E3 比特率。因此在这一路径上对 IPDV 的影响因素可以计算如下：

- 路由查找时延的变化（参见 IV.2.1）： $12 \times 30 \mu\text{s} = 0.36 \text{ ms}$ 。
- 由变化敏感业务量造成的排队时延变化（在 50% 的负荷，10 跳 STM-1 加 2 跳的 E3 时）： $\approx 2.92 \text{ ms}$ 。
- 由变化不敏感业务量造成的排队时延变化（在 10 跳 STM-1 加 2 跳的 E3 时）： $\approx 1.19 \text{ ms}$ 。

因此这一混合链路速率路径的 IPDV 可望小于 **4.47 ms**。



### IV.3.3 使用低速接入链路的例子

在这一例子中，除了用户网络链路假设约为 1.5 Mbit/s T1 外，所有的链路都假设为 STM-1。IP 网络群（参见图 III.2）的网络接口之间的 HRP 由 12 个路由器跳构成，其中有一跳具有较低比特率。在这一情况下，接入链路的影响将分开处理。这一路径上高速率部分对 IPDV 的影响因素可以计算如下。

- 路由查找时延的变化（参见 IV.2.1）： $12 \times 30 \mu\text{s} = 0.36 \text{ ms}$ 。
- 由变化敏感业务量造成的排队时延变化（在 50%的负荷和 11 跳 STM-1 时）： $\approx 1.29 \text{ ms}$ 。
- 由变化不敏感业务量造成的排队时延变化（在 11 跳 STM-1 时）： $\approx 8.364 \times 80.13 \mu\text{s} = 0.67 \text{ ms}$ 。

因此这一高速链路核心路径的 IPDV 可望小于 **2.32 ms**。

在接入链路上，由于变化不敏感数据包干扰造成的对时延变化的影响，在有两个 1500 字节数据包在变化敏感数据包之前需要服务时（其中之一可能属于时延敏感流），可能会高达 15.6 ms。由于其他变化敏感流干扰造成的对 IPDV 的影响很大程度上将取决于这种流的数量和所用数据包的实际长度。

注意，变化敏感流的数量和低速接入链路上数据包的相对长度是由终端用户选择的应用决定的。由于没有任何影响，网络运营商将发现在有低速接入链路存在时，要对 IPDV 网络性能目标承诺一个严格的数值，它们将处于一个困难的位置。

如果时延敏感业务量具有恒定的数据包长度（每一个包含有与附录三相一致的 20 ms 的 G.711 编码话音），且只占据不足 50%的接入链路，那么时延可以如下地进行估算。这里可能有多达每秒 50 个包的 9 个话音流，每个包有 160 字节的有效负荷，加上 40 字节的 RTP、UDP 和 IP 的包头（每一个总计为 80 kbit/s）。

- 采用 M/D/1 的排队模型，由变化敏感业务量造成的排队时延变化（在负荷为 46.9%和 1 跳 T1 时）显示：由于接入链路上那些相对较小的变化敏感数据包，对时延的影响为 5.12 ms。
- 由变化不敏感业务量造成的排队时延变化（在 1 跳 T1 时）为：7.81 ms。

因此接入链路上对时延变化影响的累计为 12.93 ms，使得总数为 15.25 ms。可见在这种情况下，接入链路的影响对 IPDV 处于支配地位。

### IV.3.4 对例子的归纳与结论

这例举的计算显示：一个做出适度努力既支持变化敏感业务量又支持变化不敏感业务量的网络运营商，在所有链路具有相当高的速率时（例如混合使用 STM-1 和 E3/T3，或更高）可以对一个长 HRP 的 IPDV 做出相当严格的承诺。承诺 10 ms 数量级的 IPDV 将为额外的较低速（E3/T3）链路或者额外的网络段留有空间。

如果有一个低速率链路存在，要承诺任何低的 IPDV 值将变得很难。网络运营商对变化敏感流的实际数量和变化敏感数据包实际的包长度将无法控制。因此这种情况下网络做出的 IPDV 承诺将由接入链路支配，将需要比 10 ms 大得多的数值，如表 1 所示。但在接入链路上，终端用户可以控制指定使用时延敏感等级的流的数量和类型，因而也能控制得到的 IPDV。假设接入链路上变化敏感业务量仅是适度加载的（<50%），并且那些数据包占支配地位的长度与 1500 字节的最大长度比是较小的，那么对于一个低速率的接入链路，额外地分配 **20 ms** 可能就足够了。

## 附录五

### 与IP性能测量方法有关材料

本附录还在进一步研究，它将描述在开发 IP 性能测量方法时要考虑的重要问题。它将描述待测段外部的条件对测量性能的影响，包括业务量的考虑。

在 IP 性能测量期间，以下条件应加以规定和控制：

- 1) 待测量的确切的区段：
  - 用于端到端测量的 SRC 和 DST；
  - 为一个待测量 NSE 定界的 MP；

注 — 为了描述性能没有必要在所有的 MP 对之间或所有的 SRC 和 DST 对之间都进行测量。
- 2) 测量时间：
  - 多长的样本需要搜集；
  - 何时进行测量。
- 3) 准确的业务量特性：
  - SRC 供出业务量的速率；
  - SRC 业务量的式样；
  - 在 SRC 和 DST 间业务量的竞争；
  - IP 包的大小。
- 4) 测量的类型：
  - 服务中测试或服务外测试；
  - 活性的或非活性的。
- 5) 测得数据的总结：
  - 均值，最差情况，实际经验的分位数；
  - 总结的周期：
    - 短周期（例如一分钟）；
    - 长周期（例如一小时，一天，一周，一个月）。

## 附录六

### Y.1221传送能力和IETF差别服务对IP QoS等级的适用性

本附录论述 ITU-T Y.1221 建议书定义的传送能力在支持 Y.1541 IP QoS 等级方面的适用性。它同时说明 Y.1221 传送能力和 IETF 差别服务中与 ITU-T Y.1221 建议书所规定的相一致的逐跳行为之间的关系。

ITU-T Y.1221 建议书定义了三种传送能力（TC），它们被称为专用带宽（DBW）、统计带宽（SBW）和尽力而为（BE）。作为 Y.1221 传送能力定义的组成部分所规定的每一个服务模型当前规定了一组与表 1 中规定相一致的网络性能参数。ITU-T Y.1221 建议书中定义的传送能力可以用于满足 ITU-T Y.1541 建议书定义的 6 个 QoS 等级的性能目标。

表 1 中 QoS 等级 0 和 1 规定 IP 包时延和时延变化的界限以及 IP 包丢失率的界限。允许业务量契约以规定 IP 包时延/时延变化和 IP 包丢失率的界限的 Y.1221 的传送能力是专用带宽的传送能力。表 1 中 QoS 等级 2、3 和 4 规定 IP 包丢失率的界限，但没有规定时延变化。允许业务量契约以规定 IP 包丢失和时延的界限的 Y.1221 的传送能力还在研究。表 1 中的 QoS 等级 5 没有规定 IP 包丢失率或者 IP 包时延/时延变化的界限。未提供任何 QoS 承诺的 ITU-T Y.1221 建议书的传送能力是尽力而为的传送能力。表 VI.1 说明了 Y.1541 QoS 等级和 Y.1221 传送能力之间的映射关系。

ITU-T Y.1221 建议书提供了它定义的三种传送能力之间的映射以及一个使用差别服务架构的网络应该使用的 IETF 差别服务的逐跳行为。表 VI.1 说明了 Y.1221 传送能力和 IETF 差别服务逐跳行为之间的映射。

表 VI.1/Y.1541—Y.1541 QoS等级与Y.1221传送能力和差别服务PHB的联系

Y.1221传送能力	相联系的差别服务PHB	IP QoS等级	备注
尽力而为（BE）	默认	未规定的 QoS 等级 5	一种传统的 IP 服务，当运行于轻载的网络上时可以达到良好的 IP QoS 水平。
时延敏感的统计带宽（DSBW）	AF	QoS 等级 2, 3, 4	IPLR 目标仅适用于每个 AF 等级中处于较高优先级水平的 IP 包。 IPTD 适用于所有数据包。
专用带宽（DBW）	EF	QoS 等级 0 和 1	

## 附录七

### 网络QoS对用户感知的端到端语音传输性能的影响

本附录对端到端语音质量做出计算，首先采用 Y.1541 网络 QoS 等级 0 和 1 的目标作为开始点。这些目标限制了对应用性能的关键性影响因素，这些因素在计算中常常是支配性的。当与良好设计的客户设备的性能相组合时，可以相信，本建议书提供的目标确能允许实现用户可感知的端到端语音的高传输性能。然而，G.100 系列建议书提供的材料也应该给予考虑。

ITU-T G.107、G.108、G.109、G.113 和 G.114 建议书是以相关的网络 QoS 等级数值推导可以实现的端到耳语音质量评价所需要的关键性文档。

ITU-T G.114 建议书提供了平均单向时延的端到端限值及其分配，它们独立于其他传输损伤。ITU-T G.107 建议书论述了有必要就所有损伤对整个传输质量的组合影响进行考虑，所谓的 E 模型，作为 ITU-T 共用的传输评定模型，是 ITU-T 建议的用于对端到端传输质量进行规划的方法。ITU-T G.108 建议书给出了详细的例子，说明如何使用这种模型评定连接的传输性能，这连接可涉及多种损伤，包括时延；而 ITU-T G.109 建议书则将模型的传输评定预测映射到语音传输质量的类别。因此，在 ITU-T G.114 建议书提供有关平均单向时延，其本身作为一种参数的有用信息的同时，ITU-T G.107 建议书（以及相伴随的 ITU-T G.108 和 G.109 建议书）应该用于评定时延，并连同其他损伤（如由于语音处理的畸变）的影响。

此外 ITU-T G.101 建议书（传输规划）和相关的建议书当前正在进行基础性的修改。

#### VII.1 具有Y.1541等级0网络性能的VoIP的计算举例

作为举例，一个用于语音媒体的电话的假设参考端点（HRE）可以表示如下。信息流从发话人下降到左侧的协议栈，跨越 HRP 后，在右侧的协议栈上升到收听人（仅显示了一个发送方向）。

发话人		收听人
G.711编码器		G.711解码器，附录I/G.711的包丢失隐匿算法
RTP 20 ms有效负荷长度		60 ms抖动缓冲存储器
UDP		UDP
IP		IP
	(较低层)	

图 VII.1/Y.1541—VoIP假设参考端点举例

利用图 VII.1 的假设参考端点，可得到端点的时延如下。这些计算遵循了 ITU-T G.1020 建议书给出的用于总时延的公式。

表 VII.1/Y.1541—端点时延分析

	时延, ms	说 明
包的形成	40	2 倍的帧长度加上 0 个预测
抖动缓冲存储器, 平均值	30	60 ms 缓冲存储器的中心值
包丢失隐匿算法	10	一个 PLC “帧”
<b>总计, ms</b>	<b>80</b>	

表 VII.1 中计算的端点时延与 P.1010 B 类终端的目标是一致的。如果我们将这一平均端点时延值与等级 0 的网络时延相组合, 用户到用户路径总的平均时延为  $100 + 80 = 180$  ms。附录三中等级 0 参考路径的例子指出: 这一时延可能在 4070 km 的距离上实现。

一个 50 ms 的客户设施 (单向发送和接收) 在 10 ms 的包形成时间和 50 ms 的去抖动缓冲存储器时是可能的。

表 VII.2/Y.1541—低时延端点的时延分析

	时延, ms	说 明
包的形成	20	2 倍的帧长度加上 0 个预测
去抖动缓冲存储器, 平均值	25	50 ms 缓冲存储器的中心值
包丢失隐匿算法	0	“重复前一帧” 不需要额外的时延
其他装置	5	
<b>总计, ms</b>	<b>50</b>	

表 VII.2 中计算的端点时延与 P.1010 A 类终端的目标是一致的。等级 0 路径的 IPTD 和用户设施时延相加得到 150 ms 的单向嘴到耳传输时间, 它能满足大部分应用的需要 (按照 ITU-T G.114 建议书)。

务必注意: 去抖动缓冲存储器对嘴到耳时延的影响是基于数据包在缓冲存储器中所花的平均时间, 而不是缓冲存储器长度的最大值。遇到最小传送时延的数据包, 在作为同步流进行演示时, 必须等待去抖动缓冲存储器的一个最长时间, 而反之这对于得到最大传送时延的数据包是正确的 (这些包在去抖动缓冲存储器中将花最少的时间)。这样去抖动缓冲存储器就补偿了传送时延的变化, 保证了数据包可按同步的放送时钟被移走。ITU-T G.1020 建议书给出了对去抖动缓冲存储器更为详细的描述以及它们对总时延的贡献。

## VII.2 具有Y.1541等级1网络性能的VoIP的计算举例

利用同样的假设和表 VII.1 的假设参考路径端点时延以及附录三中等级 1 路径的例子, 27 500 km 用户到用户路径总的平均时延为  $233 + 80 = 313$  ms。

## VII.3 Y.1541虚拟参考路径语音质量的计算

有可能利用 G.107 的传输规划工具, 也被称为 E 模型, 来估算 IP 网络的语音质量。

附录三给出了网络 UNI 到 UNI 计算的假设和配置的细节。对端点假设的例子和上面对时延的计算包含了编解码器（G.711）、数据包长度、包丢失的隐匿算法、去抖动缓冲存储器的长度等。其他的具有较低比特率的语音编解码器、不同的包长度和其他变化也是可能的。

图 VII.2 给出了这种分析的参考连接。

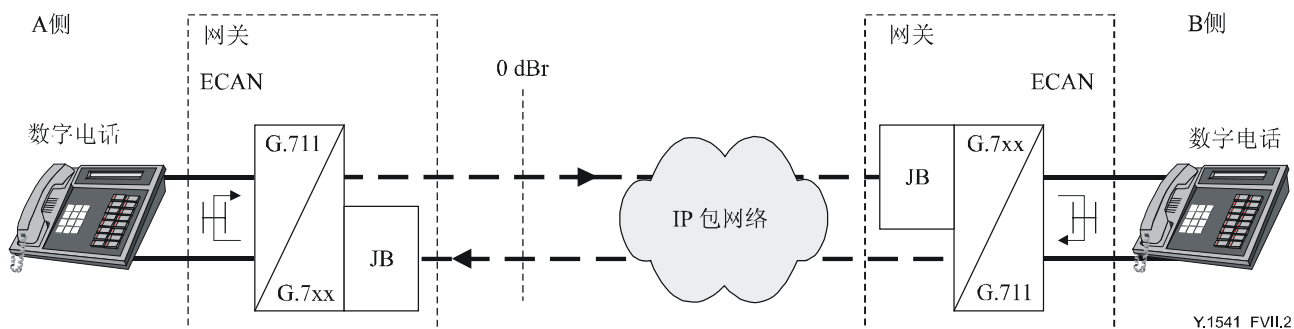


图 VII.2/Y.1541—参考连接

表 VII.3 给出了分析中使用的 E 模型的参数。

表 VII.3/Y.1541—E模型的参数

参 数		模型输入值		
符号	定义	G.107 默认值	输入值	单位
Nc	折算到 0 dBr 点的电路噪声	(-70)	-70.0	dBm0p
Pos	房间噪声（发送）	(35)	35.0	dB (A)
Por	房间噪声（接收）	(35)	35.0	dB (A)
SLR	发送响度评定值	(8)	8.0	dB
R LR	接收响度评定值	(2)	2.0	dB
Ds	D 系数（发送）	(3)	3.0	
LSTR	接收人的侧音评定值	(公式)	18.0	dB
Nfor	噪声本底	(-64)	-64.0	dBmp
STMR	侧音掩模评定值	(15)	15.0	dB
qdu	量化失真单位	(1)	1.0	units
T	平均单向时延	(0)	<b>150.0</b>	ms
TELR	发话人回声响度评定值	(65)	65.0	dB
WEPL	加权回声路径衰耗	(110)	110.0	dB
Ta	从 (S) 到 (R) 的绝对时延	(0)	<b>150.0</b>	ms
Tr	往返时延	(0)	<b>300.0</b>	ms
Ie	设备损伤系数	(0)	0.0	
Bpl	包丢失稳健性系数	(1)	<b>4.8</b>	
Ppl	随机的包丢失概率	(0)	0.0	%
A	期望系数	(0)	0.0	
Dr	D 系数（接收）	(3)	3.0	

我们假设：除了 T、Ta 和 T 以外，其余所有参数都取默认值。平均绝对的单向时延采用 100 ms 的网络时延（UNI 到 UNI，符合 QoS 等级 0 的目标）和 50 ms 的终端时延来计算（ $100 + 50 = 150$  ms = T = Ta = Tr/2），终端时延中包括了 G.711 打包和去抖动缓冲存储器，于是 R = 89.5。

包丢失同样影响语音质量。我们在下面加入了一列，在这里将约 0.1%的包丢失与包丢失稳健性系数 Bpl = 4.8 相组合，在此与 G.711 一起使用的包丢失隐匿算法为重复 1 帧，并后随静默。当采用附录一/G.711 PLC，我们取包丢失稳健性系数为 Bpl = 4.8。

附录三还提供了呈现较长平均网络时延和较长终端时延时的计算结果。表 VII.4 归纳这些发现。

表 VII.4/Y.1541—采用Y.1541假设参考路径和端点终端时的E模型结果

网络平均单向时延, ms	终端平均单向时延, ms	总的平均单向时延, ms	包大小, ms	包丢失隐匿算法	无丢失的 R值	约0.1%包丢失时的R值	Y.1541 QoS 等级
100	50	150	10	重复 1 帧/静默	89.5	87.6	0
100	80	180	20	G.711 附录一	87.8	87.5	0
150	80	230	20	G.711 附录一	81.9	81.5	1
233	80	313	20	G.711 附录一	71.1	70.7	1

## 附 录 八

### IP网络性能对数字电视传输QoS的影响

#### VIII.1 引言

本附录提供有关表 3 中暂定的网络 QoS 等级 6 和 7 的规范背后一部分分析的细节。这目标值是为了支持数字电视传输而选出来的。正如本附录的前一版所指出的，等级 0 到 4 中的 IP 包丢失率（IPLR）目标对于支持这样的应用是不够的。

#### VIII.2 高带宽电视信号的假设参考端点（HRE）

重要的是首先要建立一个用于电视传送的参考端点。提议的端点是基于 ATIS T1A1.3 委员会以前完成的工作以及由电视服务论坛做出的对典型电视传送端点模型的分析，该模型跨越了压缩的和非压缩的电视。最终还可能需要建立多于一个的 HRE，以便考虑点到点的和点到多点的传输，但这一分析还仅仅限于较简单的点到点 HRE 的情况。

发送器		接收器
电视（非压缩的SDI，多个或单个压缩的MPEG流，DVB-ASI，等等），多个音频流，辅助性数据		电视（非压缩的SDI，多个或单个压缩的MPEG流，DVB-ASI，等等），多个音频流，辅助性数据
嵌入器		抽出器
装包/交织/FEC		FEC-1/去交织/拆包
RTP		100 ms抖动缓存
UDP		UDP
IP		IP
	(物理层)	

图 VIII.1/Y.1541—数字电视的假设参考端点

在数字电视传送使用 IP 网络时，非压缩的电视包或 MPEG 压缩的电视包被封装在 UDP/IP 或 RTP/UDP/IP 中。我们假设：所用的协议是 RTP/UDP/IP，因而将使用如下的协议开销：

$$\text{IP 包长度} = (7 \times 188 \text{字节的MPEG包}) + \text{RTP/UDP/IP包开销}$$

以下各节描述电视服务的三种概要，并就在 IP 网络中部署差错纠正机制来保证适当的质量和可靠性水平进行解释。

### VIII.3 服务概要和对端到端包性能的要求

本附录的技术要求仅限于 3 种服务概要：馈给服务概要、主配送服务概要和接入配送服务概要。这 3 种概要包括了电视行业绝大多数的应用和需求。我们还将依据包丢失率，在三个不同的观看者质量水平或点击率上提供对这些概要的性能要求。

#### VIII.3.1 馈给电视服务概要

馈给服务通常具有最高的性能，可以在非压缩的和略微压缩的电视和声音信号间有所不同。馈给连接允许一个网络或它的分支机构进行内容的交换以供更进一步使用，例如将信号从固定、临时或远程的地点送回到演播室供编辑或立即转播。在这些情景中，对于长距离应用，可以利用地面光纤、微波或卫星基础设施的端点连接。

馈给也可以指信号的对外传递，从主网络的演播室到网络分支机构用于转播，它通常使用卫星或长距离的地面网络服务。今天，这种对外连接的提供是采用固定的或者按需的专用租线（光纤）方式，或者在某些不太昂贵的应用中，使用提供 DS-3、OC-3 或 OC-12 带宽的 ATM 服务。

除了这些实时的应用外，有时也将 IP 服务用于电视和声音服务器之间非实时的文档交换，用于远程系统的监视和控制。由于同样的用户可以使用它们的 IP 服务来馈送电视和传送文档，馈给服务概要也可以容易地适应于文档传送和远程控制。

#### VIII.3.2 主分配电视服务概要

分配意味着将电视和声音内容或者直接送到消费者，或者送到电缆头端再经由有线电视设施进行传输。在这些应用中，通常只需要较低的信号质量（或低的数据速率），因为很少进行额外的信号处理。对于这种应用传统地是采用陆上的或卫星的服务。有两类配送信号，主分配和接入分配。主分配连接是从本地的分支机构馈送到头端或者到电视塔，一般地这种连接在质量上与馈给连接相比是相当的，或者稍差。主分配可以由卫星、短距离地面微波或光纤的光连接来提供。接入分配涉及到内容从电缆头端经由有线电



视设施，或者经由空间以广播发射的形式从电视塔到最终消费者的传递。VSF 建议将 40 Mbit/s 作为这种类型服务的比特率。

### VIII.3.3 接入分配服务概要

接入分配服务概要被定义为当前由电缆和卫星网络传递的 TV 服务。因为这些网络能达到的质量是有某种主观性的，本文将电视数据（由于网络）在一个特定时间窗口中误码的上限来描述质量。

### VIII.3.4 对这些服务概要的性能要求

这一应用的服务质量将依据特定时间周期中实际的误码数（性能中断）来给出。表 VIII.1 是基于电视服务论坛有效成员的建议构建的，表达了服务提供商（例如 DirecTV）以及用户（例如 Fox Sports Network）将要求的期望的误码率。

表 VIII.1/Y.1541—数字电视丢失/误码率的建议

服务概要 (典型的比特率)	每10天一次性能中断	每1天一次性能中断	每1天十次性能中断
馈给 (270 Mbit/s)	$4 \times 10^{-11}$	$4 \times 10^{-10}$	$4 \times 10^{-9}$
主分配 (40 Mbit/s)	$3 \times 10^{-10}$	$3 \times 10^{-9}$	$3 \times 10^{-8}$
接入分配 (3 Mbit/s)	$4 \times 10^{-9}$	$4 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-7}$

这张表假设：所有的数据包丢失都会造成一次性能中断（很可能是可见或可听到的损伤），而在单个 IP 包中封装有 7 个 MPEG TS 包。所要求的包丢失率在中断率和概要的交叉点上给出。例如接入分配概要要求在允许每天一次中断时要求包丢失率为  $4 \times 10^{-8}$ 。

### VIII.4 改善UNI-UNI性能的前向纠错（FEC）/交织

一个符合 QoS 等级 6 或 7 的 IP 网络不能够提供上述各概要需要的包丢失率，因而边缘设备将需要对包差错、包丢失和重新排序的包进行纠正。我们假设：服务将使用 Pro-MPEG 论坛 COP-3 建议书（Code of Practice）定义的 FEC/交织，正如表 VIII.2 所反映的。

表 VIII.2/Y.1541—实现所需端到端中断率的FEC/交织

	最小的纠正	适度的纠正	高度的纠正
最低的网络性能			
丢失距离（包）	100	50	50
丢失时期（包）	5	5	10
所加的 FEC			
FEC L, D	5, 20	5, 10	10, 5
FEC 开销（%）	5	10	20
得到的电视性能质量?	高	高	高

注意，上述的网络性能规范利用了两个新术语，RFC 3357 中定义的丢失距离（LD）和丢失时期（LP），它们是包丢失式样的参数。LP 定义可能顺序丢失的数据包的最大数量，而 LD 定义在丢包之间，使算法能对丢失做适当纠正而务必达到的好数据包的最小数量。LD 和 LP 的值描述了可由对应的 FEC 在同一列中进行纠错的最低的网络性能。FEC 是由长度（L）和深度（D）这两个确定方法稳健性的算法参数来定义的。

网络损伤的纠正并不是白给的，因为它要消耗额外的带宽。表中的开销值代表了稳健性的三个水平，在 5%代表最小的纠正，10%代表适度的纠正，而 20%代表最高的纠正总量。注意，我们选择的算法越稳健，开销就越高。VSF 的观点是，这三个值包括了行业中绝大部分的需求。

举一个例子，一个需要最小纠正的 2 Mbit/s 的电视服务可以将（L, D）配置为（5, 20）。这将产生 100 kbit/s（2 Mbit/s 的 5%）网络的额外业务量用于 FEC 包，使总的数据速率达 2.1 Mbit/s。类似地，一个需要高度纠正的 270 Mbit/s 的电视服务可以将（L, D）配置为（10, 5），这将产生 54 Mbit/s 网络的额外业务量，使累计的速率达 324 Mbit/s。

### VIII.5 前向纠错（FEC）/交织效果的实验室评估

实验室以（5, 50）的 FEC/交织进行测试的结果指示：

- UNI 到 UNI 的丢失率从  $10^{-4}$  改善为  $1.5 \times 10^{-8}$ （覆盖了大部分接入概要）；
- UNI 到 UNI 的丢失率从  $10^{-5}$  改善为  $2 \times 10^{-10}$ （覆盖了大部分服务概要）。

已经得出结论：IP 网络，在符合表 3 等级 6 或 7 UNI 到 UNI 的 IPLR 和 IPER 时，只要应用适当的 FEC/交织，将能支持上面描述的数字电视应用。

### VIII.6 额外的性能参数

电视服务论坛已得出结论：表 3 中等级 6 或 7 规定的 IPTD 和 IPDV 数值对于数字电视的传送是足够的。

## 附录九

### 网络QoS对采用TCP的端到端数据传输性能的影响

#### IX.1 引言

本附录将对表 3 中暂定的网络 QoS 等级 6 和 7 规范背后的分析部分进行详细的介绍。这些目标值的选择是为了支持采用传输控制协议 (TCP) [RFC793]的可靠字节流传送服务在最大可能数据速率上的应用。现有 IP 包丢失率 (IPLR) 的目标 (在等级 0 到 4 中) 支持 TCP, 但受广泛部署的传统设施的限制, 或者在 UNI-UNI 路径之外将遇到某种瓶颈。

有两个关键因素限制着 TCP 的传送能力:

- 1) **对拥塞有意识的流控机制**推测, 当发生包丢失时, 就已遇到拥塞。作为对丢失的反映, 流控会将发送的窗宽切去两半, 并在完整的一窗数据包成功传送后允许其线性增长。因此**包丢失可以限制能力**。
- 2) **最大的窗口大小**会受发送器和接收器的 TCP 设置所限制, 或者由操作系统本身所限制 (限制一个特定应用对网络数据进行缓冲存储的可用存储量)。这就是经典的时延带宽乘积, 在此传输速率是**按每单位往返时间发送一个窗口的字节数** (供确认) 来给定的。

假设包传送时间通常是由传播时间所支配的, 分析的目的是要确定 IPLR 的目标, 它在其他因素, 如窗口大小或瓶颈带宽不阻碍进程时, 能提供很高的 TCP 传送能力。已经为等级 6 和 7 选择了  $10^{-5}$  的包丢失率, 下面来分析可以达到什么样的能力。

#### IX.2 TCP性能的模型

这一研究的基础是 TCP Reno 模型[RFC2001], 它是由 Padhye et al 提出和验证的[Padhye98]。它们的模型可以用下式近似:

$$B(p) \approx \min \left( \frac{W_{\max}}{RTT}, \frac{1}{RTT \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \min \left( 1, 3\sqrt{\frac{3bp}{8}} \right) p (1 + 32p^2)} \right)$$

其中:

$B(p)$ : TCP 通量的近似模型[包/秒]

$W_{\max}$ : 接收器最大的窗口缓冲存储器长度[包]

$RTT$ : 往返时间[秒]

$b$ : 由接收到的一个 ACK 确认过的包的数量

$p$ : 一个包丢失的概率

$T_0$ : 未确认 (丢失) 数据包重新传输的时限[秒]

TCP 的有许多特征组合, 而且这些不同的组合是按照它们被接受时的会议地点命名的 (Vegas、Tahoe 和 Reno)。对 TCP 特征的讨论可以从[Morton98]和许多其他的参考文献中找到。有一种只有单个设置参数的 TCP 模型, 尽管较为简单, 却很有用并跨越不同版本, 对此可参见[Mathis97]。

### IX.3 TCP假设参考端点 (HRE)

本建议书的各个附录规定了假设参考端点 (HRE)，并用假设参考路径将它们配对来评价网络性能目标能支持的用户应用的质量水平。以下我们来定义 TCP 的假设参考端点。

发送应用		接收应用
TCP Reno 最大窗宽= 16 kbyte, 64 kbyte, 或256 kbyte T0超时= 1 s 大窗口选项		TCP Reno 最大窗宽= 16 kbyte, 64 kbyte, 或256 kbyte b = 1 ACK/2包 大窗口选项
IP	(较低层)	IP

图 IX.1/Y.1541—TCP假设参考端点

我们假设发送应用提供一个没有空闲间隔的连续的字节流，且接收主机对 RTT 的影响并不重要。注意，发送和接收的最大窗口大小在后面的分析中将是变化的。

### IX.4 观察

图 IX.2 显示了“传统的”TCP Reno 能力相对于往返时间（包括主机处理）和包丢失率的估值。这三维的表面上被划了线，这些线对应于 20、40、100、200、400、1000、2000 和 4000 ms 的往返时间 (RTT)，并被对应于丢失率为  $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$  和  $10^{-6}$  的线相交。表面的高度指示用比特/秒表示的 TCP 能力，表面的颜色在它标注的能力水平相交时改变。

我们注意到，这里并没有应用长时延的缓解功能，如 RFC 1323 的大窗口或 RFC 2018 的选择性确认 (SACK)。

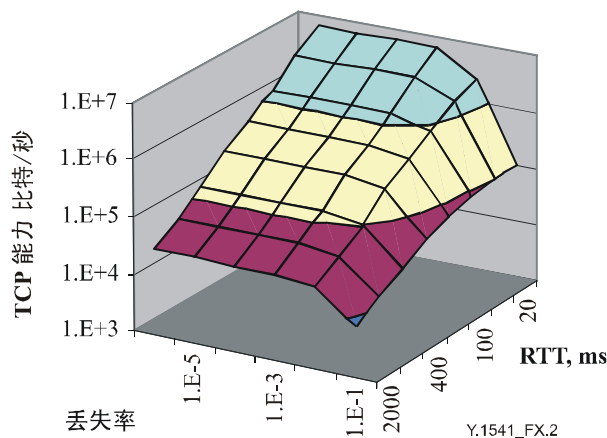


图 IX.2/Y.1541—16 kbyte窗口的TCP能力 (“传统的”)

在很多传统的 TCP 实现中 8 kbyte 或 16 kbyte 的窗宽是默认的设置。图 IX.2 显示： $>10^{-3}$  的包丢失率对能力有影响，但在往返时间 (RTT) 一个很宽的范围上与丢失性能相比是窗口大小限制支配着能力。因此在这种环境下，IPLR 的目标  $<10^{-3}$  已是足够的了，网络 QoS 等级 2、3 和 4 将能得到满意的能力。

虽然 10 Mbit/s 量级的传送能力在很低的 RTT 下是可能的，包传送时间同样影响着“传统”TCP 发送接收器对的能力。

图 IX.3 显示了在最大窗口大小设置为 64 kbyte 时 TCP Reno 的能力。这通常是可能的，只要用简单的调整过程，然而绝大多数的 IP 网络用户并不打算调整，或没有需要。那些想要实现宽带接入全部潜力同时又降低极长文档（例如 Linux 分发的 ISO 文档包含 700 Mbyte 的 CD-ROM 影像）的传送时间的用户可能会寻求这种调整的好处。

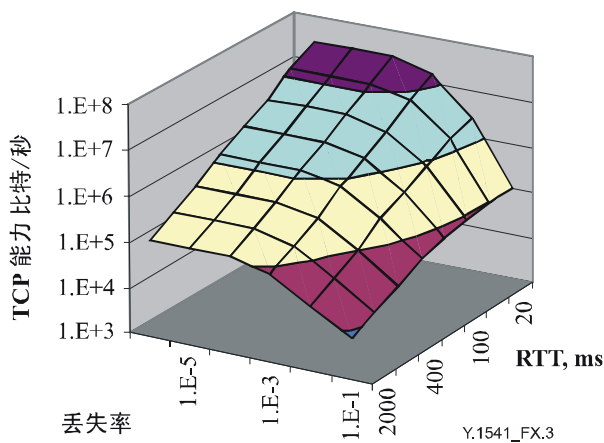


图 IX.3/Y.1541—64 kbyte窗口的TCP能力

一个 64 kbyte 的窗口是标准 TCP 实现的最大设置，它并不启用 RFC 1323 的大窗口。图 IX.3 显示了  $> 10^{-4}$  的包丢失对能力的影响，但自那一点起窗口大小的限制支配着能力。

图 IX.4 显示了当最大窗口大小被置为 256 kbytes 时的 TCP Reno 的能力。这在许多操作系统情况下都是可能的，但 TCP 大窗口的选项务必备。

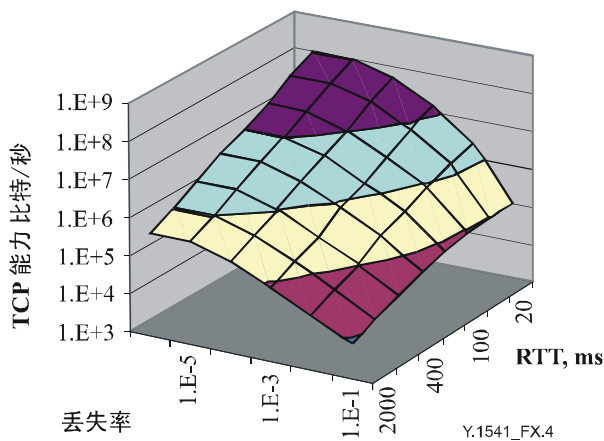


图 IX.4/Y.1541—256 kbyte窗口（和RFC 1323）的TCP能力

图 IX.4 显示了  $> 10^{-5}$  的包丢失对能力的影响，但超过那个点，相对于丢失性能，窗口大小的限制将起支配作用。因此将会有一些环境，在此需要新的暂定的等级（其 IPLR 目标  $< 10^{-5}$ ）来支持最大的能力。

在很低的 RTT 下，量级为 100 Mbit/s 的传送能力是可能的，而且用大窗口选项（RFC 1323）可以降低 RTT 对能力的负面影响。

## IX.5 TCP能力估算的小结

表 IX.1 以目标中出现的时延和丢失率数值提供了对图 IX.2 到图 IX.4 的数值小结。

表 IX.1/Y.1541—TCP能力 (bits/s) 估计小结

窗口大小	包丢失率, p	IPTD = RTT/2 = 100 ms	IPTD = RTT/2 = 400 ms
16 kbytes	$10^{-3}$	640 000	160 000
	$10^{-5}$	640 000	160 000
64 kbytes	$10^{-3}$	<b>1 624 887</b>	<b>409 640</b>
	$10^{-5}$	2 560 000	640 000
256 kbytes	$10^{-3}$	<b>1 624 887</b>	<b>409 640</b>
	$10^{-5}$	10 240 000	2 560 000

注意，**粗体**的数值是由包丢失率限制的，否则是窗口的大小限制能力。 $10^{-5}$  的包丢失率在所考察的任何窗口大小上都不限制能力，这很清楚地显示了设立新的网络 QoS 等级的好处。

## 参考资料

- ITU-T Recommendation J.241 (2005), *Quality of service ranking and measurement methods for digital video services delivered over broadband IP networks.*
- ITU-T Recommendation P.911 (1998), *Subjective audiovisual quality assessment methods for multimedia applications.*
- ETSI TIPHON TR 101 329 – Part 2, *Quality of Service (QoS) Classes.*
- IETF RFC 768 (STD-6) (1980), *User Datagram Protocol.*
- IETF RFC 792 (STD-5) (1981), *Internet Control Message Protocol.*
- IETF RFC 793 (STD-7) (1981), *Transmission Control Protocol – DARPA Internet program Protocol specification.*
- IETF RFC 919 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams.*
- IETF RFC 922 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets.*
- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure (updates RFC 792).*
- IETF RFC 959 (STD-9) (1985), *File Transfer Protocol (FTP).*
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (v3) – Specification, Implementation and Analysis.*
- IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry.*
- IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers.*
- IETF RFC 1889 (1996), *RTP: A transport protocol for real-time applications.*
- IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options.*
- IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP performance metrics.*
- IETF RFC 2474 (1998), *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers.*
- IETF RFC 2475 (1998), *An Architecture for Differentiated Services.*
- IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group.*
- IETF RFC 2598 (1999), *An Expedited Forwarding PHB.*
- IETF RFC 2679 (1999), *A One-way Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2680 (1999), *A One-way Packet Loss Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2681 (1999), *A Round-trip Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2733 (1999), *An RTP payload format for generic forward error correction.*
- IETF RFC 3086 (2001), *Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviours and Rules for their Specification.*
- IETF RFC 3357 (2002), *One-way loss pattern sample metrics.*
- IETF RFC 3432 (2002), *Network Performance Measurement with Periodic Streams.*

- [RFC1323] IETF RFC 1323 (1992), *TCP Extensions for High Performance*.
- [RFC2001] IETF RFC 2001 (1997), *TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms*.
- IFIP: MANDJES (Michel), VAN DER WAL (Kees), KOOIJ (Rob), BASTIAANSEN (Harrie): End-to-end delay models for interactive services on a large-scale IP network, *Proceedings* (edited by Guido H. Petit) *of the seventh IFIP workshop on Performance Modelling and Evaluation of ATM Networks: IFIP ATM'99*, Paper 42, Antwerp, Belgium, June 1999.
- [Mathis97] MATHIS (M.), SEMKE (J.), MAHDAVI (J.), OTT (T.): The Macroscopic Behaviour of TCP Congestion Avoidance Algorithm, *Computer Communications Review*, Vol. 27, No. 3, July 1997, ISSN# 0146-4833.  
[http://www.psc.edu/networking/papers/model\\_ccr97.ps](http://www.psc.edu/networking/papers/model_ccr97.ps)
- [Morton98] MORTON (A.C): Transmission Control Protocol Overview, T1A1.3/98-015;  
PROJECT#: T1A1-14; MEETING DATE: 03/16/98.  
<ftp://ftp.tl.org/pub/t1a1/98-t1a1.3/8a130150.doc>
- [Padhye98] PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), AND KUROSE (J.): Modelling TCP Throughput: a Simple Model and its Empirical Validation, *SIGCOMM 1998*.  
<http://gaia.cs.umass.edu/pub/Padhye-Firoiu98:TCP-throughput.ps.Z>
- PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), KUROSE (J.): Modelling TCP Reno Performance: A Simple Model and its Empirical Validation, *IEANEP*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-145, April 2000.
  - Study Group 12 Delayed Contribution D15: The effect of Packet Losses on Speech Quality, C. Karlsson, *Telia AB*, Feb. 2001.
  - Study Group 12 Delayed Contribution D22: A Framework for Setting Packet Loss Objectives for VoIP, J. Rosenbluth, *AT&T*, Oct. 2001.
  - T1 Standard<sup>1</sup> T1.522-2000, Quality of Service for Business Multimedia Conferencing.

---

<sup>1</sup> T1的标准自2003年11月起改由ATIS维持。





## 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
<b>Y系列</b>	<b>全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络</b>
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题