

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.1020

(07/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况

**关于利用IP网的语音和其它话音频带
应用质量的性能参数定义**

ITU-T G.1020建议书

ITU-T



ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的	G.400-G.499
国际载波电话系统的一般特性	
无线电与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.1020建议书

关于利用IP网的语音和其它话音频带应用质量的性能参数定义

摘 要

语音和其它话音频带应用在分组网中传输会随它带来新的、有时独特的质量劣化形式。尽管有了许多关于分组网性能参数的定义，但是控制无弹性的同步应用的质量的要求还需要另外的补充信息。本建议书的目标是规定能更好地反映特定应用的感觉质量的分组网络和终端的性能参数。它主要集中于研究由于时延变化和包丢失而引起的质量损伤问题，这些问题是为 IP 和其它基于包的技术所特有的，并且在传统的 TDM 网络中是不会出现这些问题的。它讨论了这些包损伤中的相互影响和权衡，并且描述了一些机制，如去抖动缓存器和包丢失的掩盖，以减少它们对语音和其它应用的质量影响。然而，本建议书通过参考现有的定义的方法，尽可能避免重复。

在许多情况下，本建议书所定义参数已延伸到 IP 层的范围之外。为了确定语音/话音频带的质量，还必须要有端到端包系统（末端的终端和网络的组合）的参数。第 5、6 和 7 节分别收集了有关源终端、分组网和目的地终端的参数定义。第 8 节定义了综合参数。

在这一版本中，本建议书为 RFC 3611 RTCP extended Reports (RTCP-XR) 中确定的许多语音的度量标准加了正式的定义。

附件 A 规定了网关专用的参考点和参数。附件 B 提供了有关包丢失分布和包丢失模型的资料，并且还定义了突发包丢失的参数。附件 C 详细说明了自适应去抖动缓存器的仿真器，并规定了去抖动缓存器的参数。附录一列表说明了 RTCP-XR 的参数，以及考察现有研究书的结果和最终采取的行动。最终的行动通常是在本建议书中增加一个参数。

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 7 月 14 日批准了 ITU-T G.1020 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和适用性等），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，国际电联尚未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 2007

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	范围	1
2	参考文献	3
3	定义	3
4	缩写	4
5	源终端包的参数	5
5.1	模拟/数字变换时钟的精确度（自激）	5
5.2	包信息域的长度	6
5.3	包开销	6
5.4	源终端时延	6
5.5	源终端时延变化	6
6	分组网络性能参数	7
6.1	网络性能参数概要	7
6.2	建议的附加网络参数	8
7	目的地终端的包参数	9
7.1	目的地包处理的讨论	10
7.2	去抖动缓存器类型/参数的分类和模型	11
7.3	使用目的地时钟作为参考时钟时的系统频率偏差	15
7.4	包丢失掩盖（类型、时延）	15
8	总性能参数	16
8.1	总时延（包括源、网络和目的地的时延）	16
8.2	端系统时延	16
8.3	往返时延	16
8.4	在去抖动后和 PLC 的流中的时间标度不连续性	16
8.5	总的（帧/包）丢失（包括网络和目的地）	17
附件 A — VoIP 网关专用的参考点和性能参数		18
A.1	引言	18
A.2	定义	18
A.3	源网关的参数	18
A.4	目的网关参数	19
A.5	总时延	20
附件 B — 包丢失的分布和包丢失的模型		20
B.1	引言	20
B.2	常用的包丢失模型	20
B.3	典型的包踪迹	23
B.4	附件 B 的参考书目	24

	页码
附件 C — 典型自适应去抖动缓存器的仿真器.....	26
C.1 引言.....	26
C.2 参数定义.....	26
C.3 去抖动缓存器仿真.....	27
附录一 — RTCP XR 参数表.....	28
参考资料 	29

引言

语音和其它话音频带应用在分组网上传输会随它带来新的、有时独特的质量劣化形式。尽管有了许多关于分组网性能参数的定义，但是控制无弹性的同步应用的质量的要求还需要另外的补充信息。本建议书的目标是规定能够更好地反映特定应用的感觉质量的分组网络和终端的性能参数，在许多情况下，这些参数已延伸到 IP 层以外。为了确定语音/话音频带的质量，也需要有端对端分组系统（末端的终端和网络的组合）的参数，本建议书同样对它们做了规定。

关于利用IP网的语音和其它话音频带应用质量的性能参数定义

1 范围

本建议书为分组网和末端的终端规定了一套性能参数，这些性能参数可以有助于定量地确定语音和其它话音频带应用的端对端质量。它主要集中于由时延变化和包丢失而引起的质量损伤问题。这些问题是 IP 和其它基于包的技术所特有的，并且在传统的 TDM 网络中是不会出现这些问题的。它讨论了这些包损伤中的相互影响和权衡，并且描述了一些机制，如去抖动缓存器和包丢失的掩盖，以减少它们对语音和其它应用的质量的影响。

本建议书认可现有的性能参数的定义，并且避免重复。决定语音和话音频带应用的质量的许多因素对 TDM 网和基于 IP 的网络都是共通的，并且在现有的各建议书中已有论述。根据 ITU-T I.350 建议书的规定，本建议书的范围限制为 3×3 矩阵的信息传递函数和仅限于承载信道。本建议书不考虑连接接入和释放的呼叫处理的各个方面（例如，拨号音时延和拨号后的时延）。而且，本建议书没有对分组网或末端的终端规定数字上的指标，尽管这将是后续研究工作的主题。

图 1 对这一范围做了图解说明，并同时列出了与它们涵盖的领域有关的某些其它规范。本建议书仅规定了对语音和话音频带应用质量评估才有的描述分组终端和分组传输损伤的参数。

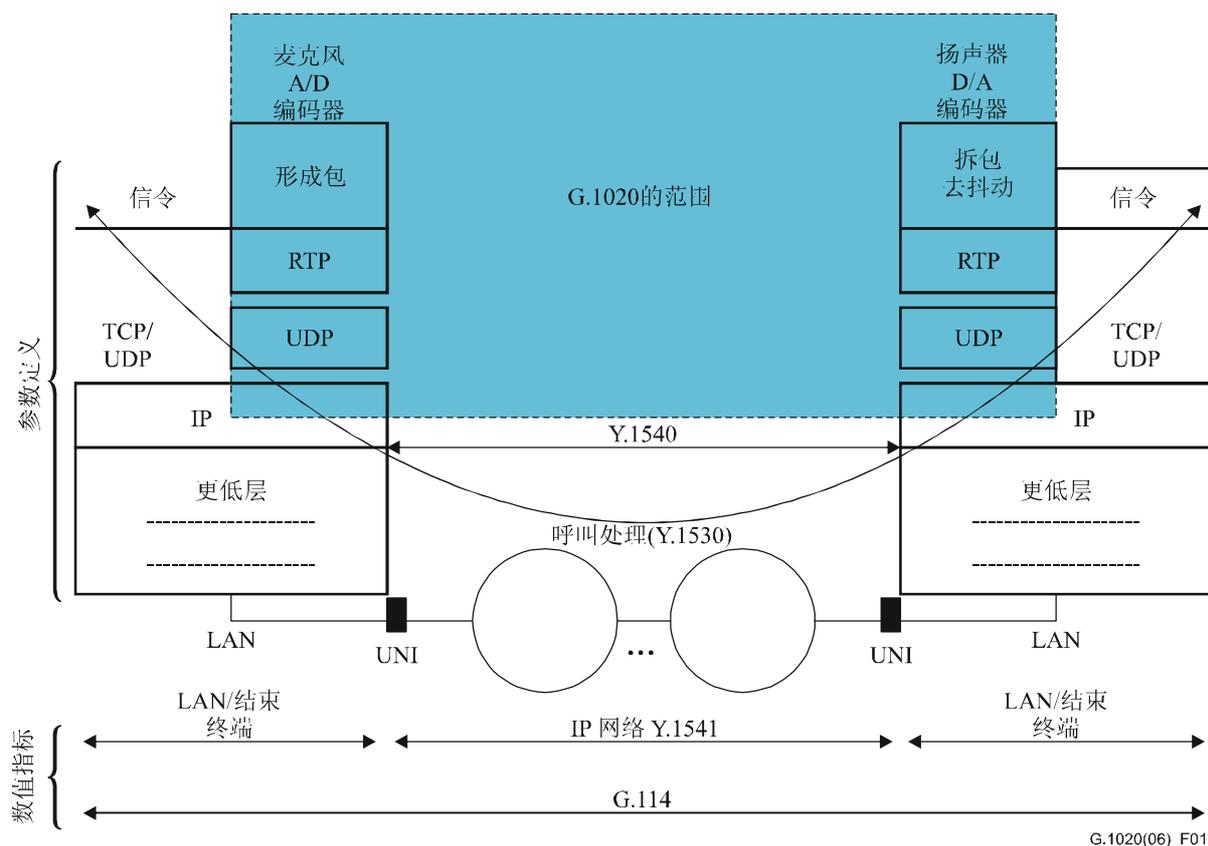


图 1/G.1020 — ITU-T G.1020建议书的范围与它和其它性能规范的关系

请注意，这些定义没有限制在终端之间的 IP 网络的数目。

其它的 ITU-T 建议书增补了本建议书中所提供的参数。例如，ITU-T G.177 建议书涵盖了互联网/PSTN 混合连接的传输规划。而且，其它建议书在评估国际数据通信业务上的 IP 包传递性能的内容中，对这样一些参数做了具体规定（例如，ITU-T Y.1540 建议书）。ITU-T Y.1541 建议书描述了有关不同的 QoS 类别的基于 IP 的业务的网络性能指标，而 ITU-T G.114 建议书规定了端到端的单向时延指标。

配套 ITU-T G.1020 建议书的各新建议书已预先做了考虑。连接的呼叫处理问题正在制定之中。ITU-T 现在还在处理下列情况的新建议方面开展工作，即网络以 IP 网为主，但有一些 PSTN 岛和网络以 PSTN 为主，但有一些 IP 的岛。ITU-T 规范 VoIP 终端和网关的性能指标的工作已在 ITU-T P.1010 建议书中完成。最后，有关通过测量与 VoIP 的端到端质量有关的数值来评估性能的方法的工作正在进行。

对 ATM 网络特有的包传输参数的定义显然超出了本建议书的范围。

本建议书应该对那些对 IP 上的话音（VoIP）不熟悉的想要达到更好地理解影响这些电信系统质量的因素的那些人是特别有用的。电信设备的开发者可以使用在本建议书中所规定的参数来具体说明它们对端对端性能的影响的各个有关方面。业务提供者可以使用这些参数将 IP 网络的解决方案的性能有效地做出汇总。

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。

- ITU-T Recommendation G.107 (2005), *The E-model, a computational model for use in transmission planning*.
- ITU-T Recommendation G.113 (2001), *Transmission impairments due to speech processing*.
- ITU-T Recommendation G.114 (2003), *One-way transmission time*.
- ITU-T Recommendation G.177 (1999), *Transmission planning for voiceband services over hybrid Internet/PSTN connections*.
- ITU-T Recommendation I.356 (2000), *B-ISDN ATM layer cell transfer performance*.
- ITU-T Recommendation P.51 (1996), *Artificial mouth*.
- ITU-T Recommendation P.57 (2005), *Artificial ears*.
- ITU-T Recommendation P.1010 (2004), *Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways*.
- ITU-T Recommendation Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters*.
- ITU-T Recommendation Y.1541 (2006), *Network performance objectives for IP-based services*.
- IETF RFC 3611 (2003), *RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)*.

3 定义

本建议书规定下列术语：

- 3.1 ear reference point 耳参考点：**位于听众的耳朵的入口处的一虚拟几何参考点，传统上用于计算电话响度的额定值[P.57]。
- 3.2 terminal input measurement point 终端输入测量点：**当 IP 包离开 IP 网和进入终端时，在将终端与所跨越的 IP 网连接起来的物理媒质中的一个参考点。
- 3.3 IP terminal IP 终端：**想要连接到支持语音通信的 IP 网的一个端点器件。这些器件可以是专用的器件（例如电话机）或者是通用用途的器件（例如，运行完成终端功能的一个应用的计算机）。
- 3.4 terminal output reference point 终端输出参考点：**当 IP 包离开终端和进入 IP 网时，将终端与所跨越的 IP 网连接起来的物理媒质中的一个测量点。
- 3.5 de-jitter buffer 去抖动缓存器：**设计用于去除包到达时间上的时延变化（即抖动）的缓存器。将数据以可变的速率放入去抖动缓存器（即每当从该网络接收这些数据的时候）并且以恒定的速率取出。
- 3.6 mouth reference point 嘴参考点：**离嘴唇平面 25 mm 的参考轴上的点[P.51]。

3.7 real-time signal 实时信号: 在时域上准确地表示声信号或电信号的一个信号。

3.8 receive electrical reference point 接收电参考点: 从终端时延测量观点看, 与耳参考点相等效的电参考点。

3.9 send electrical reference point 发送电参考点: 从终端时延测量观点看, 与嘴参考点相等效的电参考点。

4 缩写

本建议书采用下列缩写:

ADC	模数变换器
ATM	异步传送模式
DAC	数模变换器
DSCP	区分服务码点
Dst	目的
HDLC	高层数据链路控制
IETF	互联网工程任务组
IP	网际协议
IPER	IP 包差错率
IPErr	差错 IP 包计数
IPLR	IP 包丢失率
IPPM	IP 性能指数工作组
IPRE	IP 包传送参考事件
IPSLB	IP 包严重块丢失
IPSLBR	IP 包严重块丢失率
IPTD	IP 包传送时延
IPv4	IP 版本 4
IPv6	IP 版本 6
MAPDV2	平均的包绝对时延变化 2
NA	不可用
PSTN	公众交换电话网
QoS	业务质量
RFC	请求注释
RSVE-TE	有业务量工程扩展的资源预留协议
RTCP	实时传送控制协议
RTP	实时传送协议
RTPErr	出错的 RTP 包计数
SPR	虚假包比率
Src	源

TDM	时分复用
UDP	用户数据报协议
UDPErr	出错的 UDP 包计数
UNI	用户网络接口

5 源终端包的参数

本节规定了对所感觉到的语音和话音频带应用的质量有直接影响的有关的发送终端的包参数。图 2 表示出了测量点的位置和系统组成。

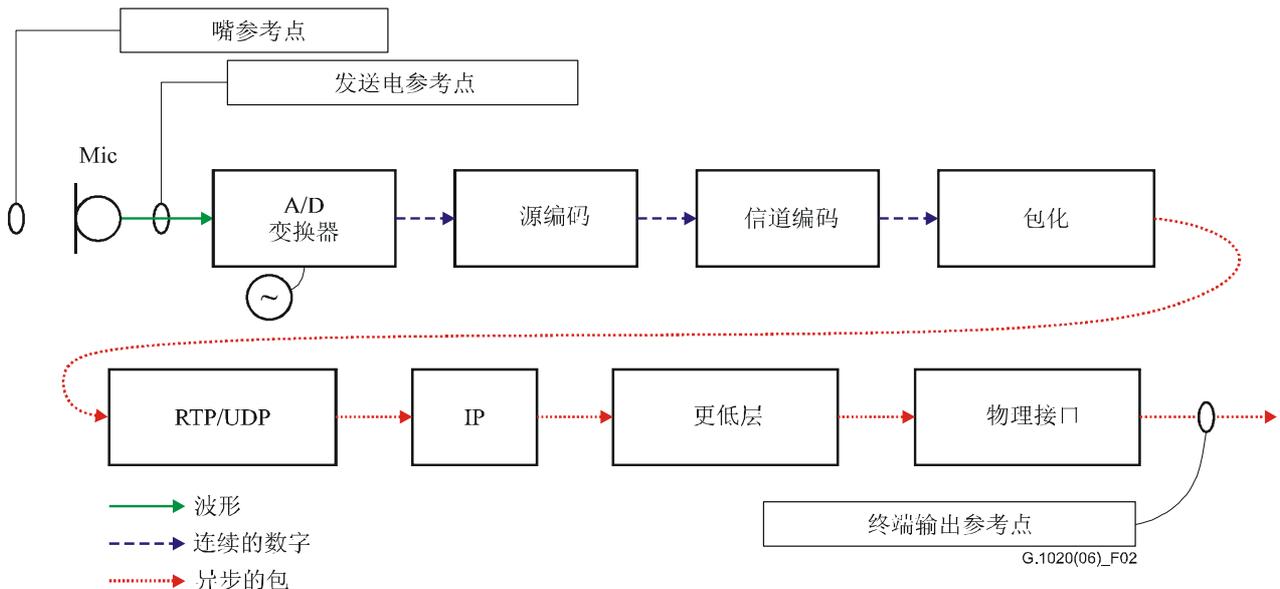


图 2/G.1020 — 源终端的图和参考点

5.1 模拟/数字变换时钟的精确度（自激）

时钟的相对频率偏差可以用下式来表示：

$$\frac{\Delta f}{f_{\text{nominal}}} = \frac{f_{\text{measured}} - f_{\text{nominal}}}{f_{\text{nominal}}}$$

应该将测量频率的误差减至最小，并且测量时，最好使用原子钟的参考频率（标称频率应该是尽可能接近于理想值的值）。

若能知道的话，也可以给出时钟振荡器技术（例如石英晶体）的长期（或寿命终了）精确度，因为它确定了频率偏差的上限。

例如，假设模拟/数字变换振荡器的标称频率是 8000 Hz，在源终端振荡器上的频率测量结果是 8000.0027 Hz，则相对频率偏差为 $0.0027/8000=3.38 \times 10^{-7}$ 。根据晶体振荡器的精确度的规范，通常规定的晶体振荡器的频率偏差能够达到 1×10^{-6} 。

请注意，从源的包速率的测量结果（在有利的情况下，例如当不激活静默抑制时）推断出发送时钟的频率应该是有可能的。这将会允许使用外部可以用的信号来进行测量。其方法有待于进一步研究。

相对频率偏差是一个无量纲的量，经常规定为一个小数或用百万分之几来表示。

5.2 包信息域的长度

包信息域的长度规定了一个包所包含的编好码的话音频带波形的量。这一长度必须使用下面的许多度量单位清清楚楚地表示出来：

- 1) 已编码的话音频带信号和支持信息的 8 比特字节数（例如，与帮助掩盖包丢失的前向纠错有关的比特，或者与加密有关的比特）。
- 2) 编码器的帧数（还必须规定特定的编码器和原来的帧长）。
- 3) 由该域中已编码的比特所代表的连续波形时间的量。

典型的信息域包含一个或两个编码器的帧和在单个包中组合了 10 或 20 ms 的波形时间。附件 A/G.114 对计算各种不同的编码器和包信息域长度下的时延提供指导。

5.3 包开销

应该对每一个协议层的信头分别计算出添加到该包信息域上的总字节数。因为该包离开了终端输出参考点，所以，包含信头压缩的效应（如有），可以计算出专门给非信息信头的总字节数。专门分给媒质流控制、状态/性能报告（例如，RTCP）或其它非载送包的媒质的包的字节数应该分开来计算。某些典型的开销组成如下（字节数）：

RTP: 12; UDP: 8; IPv4: 20; IPv6: 40; HDLC 封装: 8; 标志字节: 1。

包开销的量度单位是 8 比特的字节。

5.4 源终端时延

源终端的时延是由信号进入嘴参考点的时间和相应的已编好码的包化的信号的第一个比特离开终端输出参考点的时间所确定的时间段。适当时，可以用发送电参考点代替嘴参考点。根据定义，源终端的时延包含整个包化和去包化的时间，而且测试波形和测试方法必须保持足够的信息，以便评估由于测试信号和包的边界之间对准而引起的包化时间变化。例如，测试信号的长度必须足以跨越包的边界，以使得能够及时确定边界线。应该使用由最早的包净荷部分载送的那部分信号。

注 — 这一时延将包含源终端的时延变化（如果有），并且为了概括说明该变化，应该加以适当的统计。

源终端时延的计量单位是秒为单位的时间。

5.5 源终端时延变化

1 点的时延变化参数的基本表示法是实际的包发送图案和想要（通常是周期性）的发送图案之间的比较。正如在 ITU-T I.356 建议书中那样，这一定义的某些变化包括“跳跃式时钟”调整。

源终端时延的变化定义为在终端输出参考点上包发送的第一个比特和理想周期的参考时间之间的时间差。对一个流中的第一个包而言，把理想的周期参考时间设置为等于发送时间。如下式所示，将后面的包发射与这一周期参考时间进行比较：

$$\text{源终端时延变化} = t(\text{packet}_n) - t(\text{reference_packet}_n)$$

其中 $t(\text{reference_packet}_n)$ 是理想的周期参考流的 packet_n 的发送时间。

应该提供测量的时间间隔以及适当的统计。

注一 长时间的测量可能包含源频率偏差的不希望的效应。应该记下由于源频率偏差引起的变化，并且可能时应该将它作为测量误差去掉。

源终端时延变化的计量单位是秒。

6 分组网络性能参数

IP 层包传送参数的标准（例如，参阅 ITU-T Y.1540、Y.1541 建议书和 IETF RFC2330、2678 整个 2681、3357 和 3393）包含如下参数：单向传送时延、时延变化和包丢失。必须将这些参数映射到映射层上，以便充分地估计用户的影响。

6.1 网络性能参数概要

表 1 汇总了与本建议书有关的 IP 网的性能参数以及网络和终端参数之间的关系，这些参数构成了总系统参数的基础。在从左读到右的情况下，每一行确定一个参数，并且表示了它如何与其它参数组合起来，以便导出有关端到端或用户到用户的质量的一个方面的特定的综合性能参数（虽然在后面各节中给出精确的公式）。

表 1/G.1020 — IP 网的性能参数和映射到综合/用户—用户的参数的汇总

IP网络参数（注）	转换到总参数	总参数
传送时延（IPTD，平均）	IPTD+Src 时延+Dst 时延	平均用户—用户时延
时延变化（IPDV，99.9%分布的值减去最小值）	与 Src 时延变化分布组合在一起	影响 Dst 时延或音频帧丢失
时延跳跃（例如，可能由 RFC3393 所收集的）	可能来自网络路径/设备变化或可能仅在过去抖动缓存器输出口上出现	音频时间标度的不连续性
差错包（信头）	IPERR+UDPErr+RTPErr⇒	音频帧丢失（包或编解码帧被抛弃）
重新排序的包（附录 VII/Y.1540）	（可以视为丢失）⇒	音频帧丢失
丢失的包	IP 丢失+（所有音频缺陷）⇒	音频帧丢失（预先掩盖）
IP 严重丢失块（IPSLB）	（取决于块持续时间）	呼叫切断
丢失图案（例如 RFC3357）	完整的流丢失/到达⇒	突发的长度/连续丢失
包速率（从其它系统特性推导出来的）	源终端和目的终端 ADC/DAC 振荡器之间的差值	系统频率偏差（相对于目标值）
注一 除注明的外，取自 ITU-T Y.1540 建议书。		

6.2 建议的附加网络参数

ITU-T Y.1540 建议书（和参考书目中列出的 IETF RFC 文件）中定义了所有基本的单个包的输出。然而，当把包的流看作在 VoIP 规划和测量中的流时，有可能导出有用的附加参数。

6.2.1 连续的包丢失事件

根据在 ITU-T Y.1540 建议书中的丢失包输出的定义，对于在周期性流（例如，根据 RFC3432）中发出的连续的包定为丢失的情况下，则应该把该事件的长度规定为在序列中所丢失的包的数目。对每一事件，应该分别记录这一长度。在测量中，遭遇到多次连续丢失事件以后，还应该记录每一事件长度的数据。在包的信头中所包含的序列号可能对这一测量有帮助。

6.2.2 劣化秒

对所观测的包的一个块来说，当在 UNI 出口处在 1 秒时间段内丢失的包的数目与 UNI 入口处在对应的一秒时间段内包的总数之比超过 D%时，就出现一个劣化秒的输出。为了帮助这一测量，可以使用在包的信头中的序列号和时间标志。

D 的值暂时设定为 15%，并且它可能会根据将来的经验或研究结果而改变。例如，若每秒 50 个包的包流丢失了 8 个包（16%），则不管是包丢失是连续的或者是在整个 1 秒内分散开的，质量将都是劣化的。

劣化秒的度量单位是这些输出的计数。

6.2.3 短期IP时延变化/抖动的量化

以下各节规定了两种短期抖动量化的方法。当可以取得短的时段内的时延分布时，则建议的第一个方法是基于短期的范围。然而，若已经知道完整的时间系列的时延变化，则基于平均绝对包时延变化的方法可以提供附加的信息。

6.2.3.1 基于短期范围的方法

这一定义是与附录二/Y.1541 是一致的。

短期 IP 时延变化定义为在一给定的短的测量时间段期间，最大的 IPTD 减去最小的 IPTD。

$$IPDV_{short_Term} = IPTD_{max} - IPTD_{min}$$

其中：

$IPTD_{max}$ 是在短的测量时间段期间记录到的最大 IPTD；

$IPTD_{min}$ 是在短的测量时间段期间记录到的最小 IPTD。

这是一个计算实时 IPDV 的一个简单的和相当精确的方法。短测量时间的长度有待进一步研究。测量时间间隔影响采集在 IP 包时延特性中的低和高频率变化的测量数据的能力。

为了与本建议书中的其它参数定义相一致，一致同意暂定测量时间为 1 秒。

在一个比较长的时间段内（由许多短的测量时间段组成）测出许多 $IPDV_{short_Term}$ 的值。可以预期，这些 $IPDV_{short_Term}$ 值的 99.9% 分布满足 Y.1541 的 50 ms 的指标（请注意，这一指标是对一分钟的测量时间规定的，而百分数分布是在假定发送速率为每秒 50 个包或更多包的条件下，按包为基础求出的值）。

例如，假设在 20 分钟内采集到 1200 个 1 秒钟 $IPDV_{short_Term}$ 的测量结果。若两个或更多个 $IPDV_{short_Term}$ 的测量结果超过 50 ms，则在几个时间段内，可能已不满足 Y.1541 的指标，并且有正当理由要对该指标做更精确的评估。

短期范围的度量单位为秒。

6.2.3.2 基于平均绝对包时延变化的方法

另一个方法是确定平均绝对包时延相对于短期平均值或最小值的变化量 — 这里定名为校正绝对包时延变化。

这一方法可以给去抖动缓存器特性提供更有用的关系。

对于第 1 个包：（或者在已经检测出 3 个连续丢失的包以后到达的任何一个包）

$$D_1 = t_1$$

$$\text{偏差 } t_1 - D_1 = 0$$

不得计算为正或负

对第 1 个包，不计算 MAPDV2。

对于以后的包：

$$\text{平均时延 } D_i = (15 \times D_{i-1} + t_{i-1}) / 16$$

若 $t_i > D_i$ ，则

$$\text{正偏差 } P_i = (7 \times P_{i-1} + t_i - D_i) / 8$$

$$\text{负偏差 } N_i = (7 \times N_{i-1}) / 8$$

否则（当 $t_i \leq D_i$ ）

$$\text{正偏差 } P_i = (7 \times P_{i-1}) / 8$$

$$\text{负偏差 } N_i = (7 \times N_{i-1} + D_i - t_i) / 8$$

注 — 对于第 1 个包 t_1 ， $t_{i-1} = 0$ 和 $D_{i-1} = 0$ ，所以 $t_1 = D_1$ ，并且不计算偏差。

我们可以按下式计算包（ i ）的平均绝对包时延变化 2（MAPDV2）：

$$MAPDV2 = (P_i) + (N_i)$$

请注意，为了复位该算法所必需的连续丢失包的数目是根据假设三个丢失的包将造成典型的去抖动缓存器“清空”并要求按照在包流的开头所做的那样启动。

MAPDV2 的度量单位是秒。

7 目的地终端的包参数

本节规定了对所感觉到的语音和话音频带应用质量有直接影响的有关目的地终端的包参数和一套综合包参数。图 3 表示了测试点的位置和系统组成。

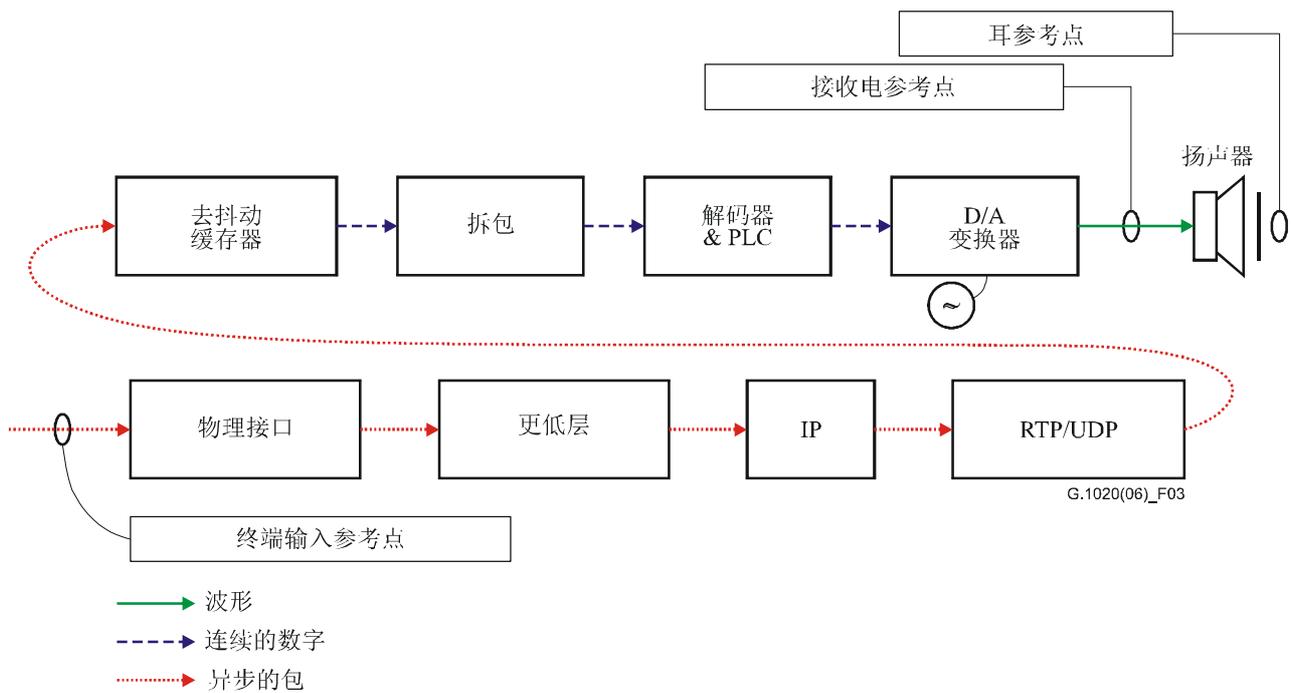


图 3/G.1020 — 目的终端组成

7.1 目的地包处理的讨论

图 4 表示了通过将 IP 包参数/损伤（传送时延、时延变化以及包丢失和包差错）映射到用总丢失和总时延来表示的应用层性能。

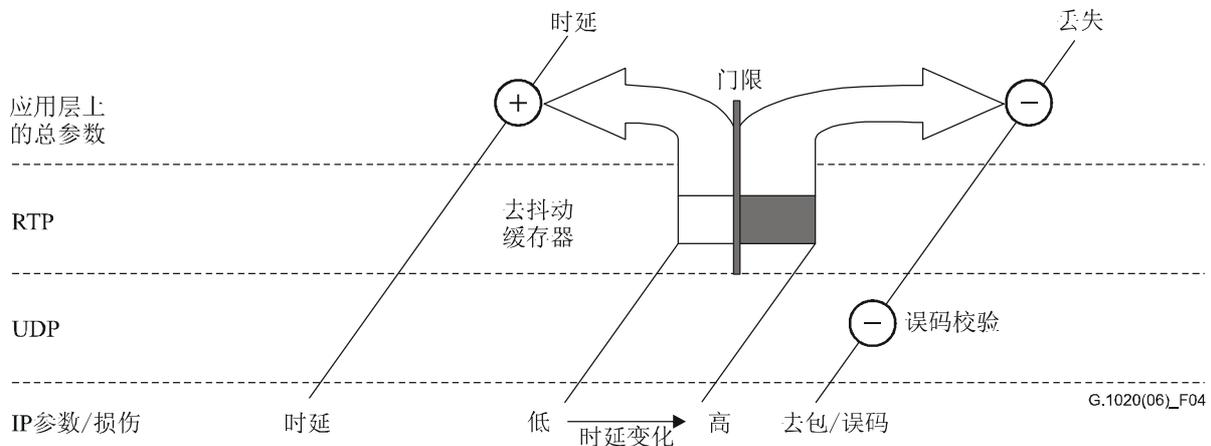


图 4/G.1020 — IP包性能到应用层的映射

在该图的底部，包到达时有各种各样的由源终端和网络引起的损伤或者决不能到达（丢失）。按照它们向上移动该协议栈，处理正在到达的包，以便尽可能多地去掉损伤。我们看到，某些形式的损伤（误码、抖动）映射到其它损伤（总丢失和总时延）中去。

图 4 根据去抖动缓存器的长度表示将应用级上的包时延和包丢失之间的权衡作为时延变化范围上的一个门限。时延变化范围在“白色”区域内的包被收纳，而时延变化量更大（在“黑色”区域内）的包将被抛弃。

更大的去抖动缓存器可以容纳具有更大时延变化量的包，所以，丢失包的总数较少将是总时延更大为代价的。相反，去抖动缓存器越小，产生的总时延将越小，但是将面临终端要抛弃的包的比例越大，从而增加了丢失包的总数。

7.2 去抖动缓存器类型/参数的分类和模型

主要有两种类型的去抖动缓存器，即固定长度和自适应长度。可以用许多不同的方法构成去抖动缓存器，它们包含下面表 2 中确定的属性。当评估一系统性能时，必须要知道可以应用的去抖动缓存器的参数值。

表 2/G.1020 — 去抖动缓存器的类型和参数

类 型	属 性	可 能 性	
固定（和自适应）	大小（配置最大和标称或最小值）	整数个包	分数个包
自 适 应	控制	若没有上溢/下溢，定时的时延	估计丢包率（在调整范围之间，配置可接受的最低门限和包的最小计数）
	调整	定时的	仅在静默间隙
	初始化	第一个包	小的取样值
	调整粒度	包的长度	部分包长度
	恢复包的次序	是	否
	话音频带数据模式	检测 2100 Hz 单音，设置于最大长度	无

7.2.1 目的终端时延和包丢失的评估

时延的主要来源是可变的源。本节说明了去抖动缓存器的长度和网络 IP 包的时延变化如何叠加在一起和我们必须如何审慎地积累特殊的时延统计数据，以便校正时延的总量。

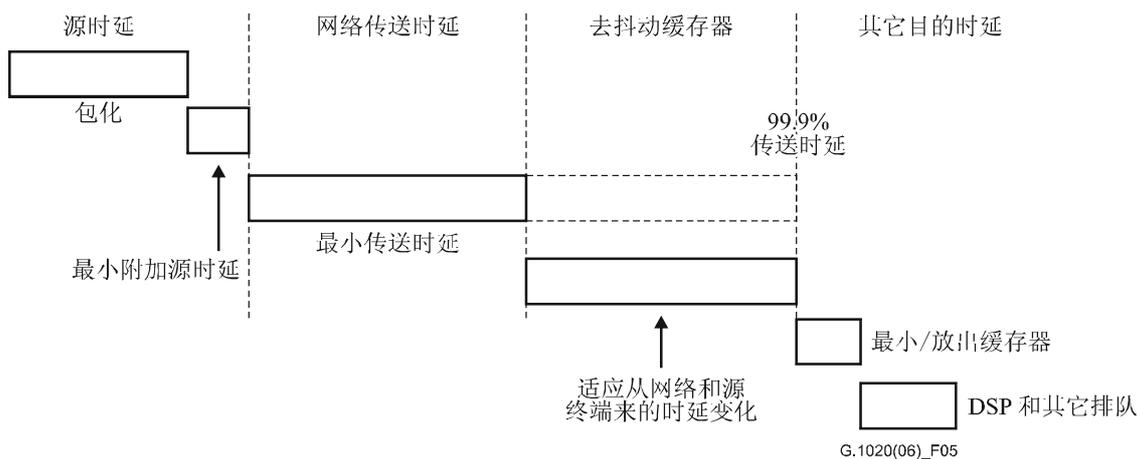


图 5/G.1020 — 分组网和网元的时延

图 5 表示出了对端对端时延有影响的某些 VoIP 路径的网元。在发信机上，包化时间可能是最重要的。一般当包穿越该网络时，存在可变的时延。在接收机上，为了适应时延变化和交付一个连续的净荷流，有去抖动缓存器。我们要注意到，具有最小的源时延和网络时延的包在去抖动缓存器中花费的时间最长，反之，遭遇到此最小时延更长时延的包在该缓存器中花费的时间较短。每一个包还存在某些必须花费在接收机上的去抖动缓存器中的最短时间量，可能长达整个一个包。

下面的小节给出了将 IP 层的丢失和时延与从目的终端的高层功能（例如，去抖动缓存器）来的附加影响组合在一起的过程的概貌。

7.2.1.1 丢失

取决于抖动缓存器的类型不同，将有某些规范，用来确定在流中的每一特定的包是否被收纳还是被抛弃。结果可能完全改变总的包丢失的分布。例如，若随机的比特差错正在使包破坏 UDP 的校验和，则包丢失将有随机的分布，因为它们进到了应用层。但是，若几个连续的包受到了过大的时延，则由于去抖动缓存器受限制而引起的附加的包抛弃将使得总的包丢失分布呈现突发性的，而不是随机性的分布。所以，在用 E-模型（见 ITU-T G.107 建议书）这样的工具估计应用性能以前，在应用层上，必须（使用在附件 B 中那样的技术或者用突发比，见附录一/G.113）对包丢失的分布进行分类。

在网络传送期间，还存在包的次序可能改变的情况。某些去抖动器的缓存器无法恢复这些重新排序的表的次序（ITU-T Y.1540 建议书），并且在这一情况下，将它们定为被抛弃的包。

7.2.1.2 时延

缓存器时延与其它时延组合起来的正确值取决于可以得到的描述性统计。例如，为了得到总的平均时延，应该求平均网络时延与平均去抖动缓存器占用时间（和其它时延）的和。这一方法考虑了缓存器的自适应性，在评估时间间隔内，对所有的包只需要平均排队时间。另一方面，若只知道最小网络时延，则为了给出总时延，应该求它与去抖动缓存器最长占用时间（或所用的缓存器长度或其它时延）之和。

下面我们考虑固定长度的去抖动缓存器的初始化。若到达的第一个包有最小传送时延，则接收机将把这个包缓存整个所请求的时间，并且缓存时间长度将是所期望的值。幸运的是许多包都在或者接近最小传送时间时到达，所以，这一情况有相当大的可能性。

另一方面，若第一个包有相当长的时延，则将需要更多的缓存空间，以适应在或者接近最小传送时间时“早”到达的包，并且去抖动缓存器对总计算值的影响将比所期望的时延大。

7.2.1.3 固定的去抖动缓存器和目的终端的模型

由于固定的去抖动缓存器引起的包丢失的最简单的有效模型是表示为抛弃的其时延大于该包流的最小传送时延的所有包加上（固定的）去抖动缓存器的长度。

下面的步骤提供了 IP 层和应用层之间的映射,假设固定长度的去抖动缓存器用于目的终端的性能评估。

- 1) 规定为丢失了所有 UDP 校验和失败的包。
- 2) 规定为抛弃了其时延大于包流的最小传送时延的所有包加上(固定的)去抖动缓存器长度或者其时延短于所确定的最短时延的所有包。
- 3) 平均网络时延(IPTD)与平均源终端和目的终端时延之和,以得到总的平均时延,或者最小源终端时延和最小网络时延与最大目的终端时延之和(反映了当存在网络抖动或使用最大缓存长度时,占用的最大去抖动缓存器空间)。

在上面第 2 步中,应该在短的时间间隔内(暂定使用 10 秒的值),估计最小传送时延。除非短期最小值增加以至超出了缓存器的适应范围,自始至终使用第一个时间间隔用的最小值。在这一情况下,将没有包发送给更高的层上,并且必须把去抖动缓存器重新设置到新的最小值,实际上,这是很可能出现的情况。换句话说,若短期最小值下降这样一个值,造成有高百分比(暂定 50%)的包将由于到达得早而丢失,就必须将去抖动缓存器重新设置到新的最小值。

当计算固定的去抖动缓存器的总损伤效应时,时延变化的分布决定了将会被抛弃的包的比例。可以使用能够容纳(不抛弃)的包的时延分布按下式计算平均去抖动缓存器占用时延:

$$\text{平均占用时延} = (\text{去抖动缓存器长度}) - (\text{容纳的包的平均时延} - \text{最小时延})$$

为了产生平均目的终端时延的估计值,可以将这一平均时延与目的终端的其它时延常数相加。若无法得到精确的时延分布,则有一个一致意见,即在支持网络规划的计算中,可以使用去抖动缓存器长度值的一半来代替平均占用时延。

若在计算中,需要最大目的终端时延,则为了产生最大时延的估计值,可以将最大去抖动缓存器的长度与其它目的终端时延常数相加。

7.2.1.4 自适应去抖动缓存器模型

上面第 2 项中的固定去抖动缓存器可以用自适应去抖动缓存器仿真来代替,正如在本节中所描述的那样,此时包流信息的时间序列是已求得的。

可以将包到达的时间序列和自适应去抖动缓存器仿真器一起使用来决定在该系列上的缓存器长度的动态变化和平均去抖动缓存器占用时间(时延)。可以将这一平均时延和其它目的终端时延常数组合起来,以产生平均目的终端时延的估计值。

附件 C 提供了自适应去抖动缓存器仿真器的一个例子。

7.2.2 与目的终端丢包有关的参数

本节中定义了 RTCP-XR[RFC 3611]报告中所使用的两个关键参数(丢包率和弃包率)和几个支持性术语。这些参数的定义有点独特,因为它们必须完全根据接收机上存在的信息来定义,而大多数包丢失的定义包含发信机的资料和接收机的观测结果。只有当确信在接收到的序列号中有空隙时(例如,当有一个序列号比所预期的号码号大的包到达时),才申报包丢失,这就避免了主要的不明确性,因为这是发信机的确没有停止发送的证据。

7.2.2.1 包放出时间

任一包的放出时间是通过将一固定的时间量加到 RTP 时间标记上来确定的。这一加上的时间量包含该包穿越网络的时间和在该接收机上所加的任何缓存时间，所以，放出时间是在呈现以前为解码或其它处理将该包从缓存器取出的瞬间。在整个流的延续时间内，序列号和预定的放出时间是相互配合并受跟踪的。

7.2.2.2 抛弃窗口

抛弃窗口是以放出时间为参考，可以接受的包到达的时间间隔，对早到达或晚到达的包，可能有不相同的容差。

7.2.2.3 被抛弃的包

当计算包的到达时间和放出时间（通过给时标加一个固定的时间）时，若已经超过了抛弃窗口的限值时，就申报该包被抛弃。

7.2.2.4 对丢失包的最长等待时间

通过对一个包所估计的放出时间加上一个固定的时间量的方法确定那个包的最长等待时间。通常，这一时间比加给晚到包的抛弃窗口要长得多。

7.2.2.5 丢失的包

当一给定的包的放出时间已过了最长等待时间和具有最大序列号的包已经到达，则申报该包是丢失的包。

7.2.2.6 评估的量纲

在上列各参数中，时间用秒来表示。只要每一个包表示一固定量的放出时间（通常在 VoIP 中就是这种情况，用包做量纲评估这些相同的参数将是可能的。例如，抛弃窗口将使用它们的序列号，以包的数目来表示，并且若到达的包的序列号在抛弃窗口的范围以外，则该包被抛弃。最长的等待时间将改成表示为相对于当时正在放出的包的序列号的若干数目的包。

7.2.2.7 在RTCP-XR丢失率参数中使用的丢失比

从接收到开始到正在报告的时间止，申报丢失的包的总数与所预计的总数之比。这里所预计的总数是根据最早的和最晚的序列号确定的。

这一参数的单位是被抛弃的包的数目与总包数之比。

7.2.2.8 在RTCP-XR抛弃率参数中使用的抛弃比

从接收开始到报告时间止，申报丢失的包的总数与预计的总数之比。这里预计的总数根据最早的和最晚的序列号来确定。

这一参数的单位是被抛弃的包数与总包数之比。

7.2.3 目的终端时延

目的终端时延是以代表一个波形信号的包的第 1 个比特进入该终端的输入参考点的时间为起点和以相应的已编码一包化的信号离开耳参考点的时间为终点所确定的那段时间间隔。适当时，可以用接收电参考点代替耳参考点。

注一 若有自适应去抖动缓存器，这一时延可能改变，并且为了概括表示该变化，应该应用适当的统计分析。

因为根据定义，源终端时延包含整个包化/去包化的时间，应该这样来构成目的终端的包测试信号，使得它们占用净荷的最早的部分。用这一方法，源和目的终端时延的测量将在相对于包化时间的相同时刻进行。

目的终端时延的量度单位是秒。

7.3 使用目的地时钟作为参考时钟时的系统频率偏差

通过监测每一单位时间内的序列号增加数或者监测累积时标偏差的方法可以估计系统频率偏差，它是在源和目的地模拟/数字变换时钟精确度之间的差的一个量度。在源和目的地时钟之间的相对频率偏差可以由下式来表示：

$$\frac{\Delta f}{f_{Destination}} = \frac{f_{Source} - f_{Destination}}{f_{Destination}}$$

可以使用这一频率偏差来确定在目的终端上的缓存器上溢或下溢事件的比率，频率偏差通常会导致附加的包丢失，注意到相对频率偏差等效于观测时间（T）上的时间漂移（ Δt ）就可以理解这一点。

$$\frac{\Delta f}{f_{Destination}} = -\frac{\Delta t}{T}$$

（注意，频率和时间周期的差值之间的关系式有一个负号）。例如，假设源频率是 7999.997 Hz，目的地频率为 8000.001 Hz，并且去抖动缓存器的长度是 20 ms。因为目的地的 D/A 变换时钟读信息比源提供信息更快，所以去抖动缓存器实际上将是空的或下溢。相对频率偏差为：

$$\frac{7999.997 - 8000.001}{8000.001} = -5 \times 10^{-7}$$

（式中负号表示源时钟脉冲比在目的地上的相应的脉冲出现得更慢），等于整个去抖动缓存器的时间漂移将在下面算出的观测时间间隔 T 内累积起来：

$$T = \frac{-(\Delta t = 0.02)}{-5 \times 10^{-7}} = 40\,000 \text{ 秒} = 667 \text{ 分}$$

系统频率的相对偏差是无单位的量，常常将它表示为一个小数或以每百万分之几来表示。

7.4 包丢失掩盖（类型、时延）

许多标准化的语言编码器有天生的包丢失掩盖（PLC）特性，并且它是以确定该 PLC 是否接上或切断和计入任何附加的时延。例如，附录一/G.711 至少加了 3.75 ms 的算法时延，并且它可能与实现方法的关系更大一些。在其它波形的编码器，如 G.726 的编码器的情况下，也可以应用这一 PLC。

实际上已经出现了许多形式的非标准化的 PLC，特别是对于 G.711 和其它编码器更是如此。若使用这些非标准化的 PLC 形式，应该具体说明特定的 PLC 算法和时延。

请注意，那些似乎对人类使用者最好的 PLC 可能不满足话音频调制解调器的载波检测器的需要。若用于话音频带数据或传真调制解调器的信号分类符，并且为了改善它们在分组网上的工作而选择了特殊的 PLC，则应该规定 PLC 的类型和信号分类方法。

8 总性能参数

8.1 总时延（包括源、网络和目的地的时延）

按照整个 7.2.1 中的描述和图 5 中的说明，根据对去抖动缓存器和其它目的终端部件的分析，可以将它们与源终端和网络的时延组合在一起，以得到系统的总时延。下面的公式是可以接受的，并且它们的使用是由计算时可以使用的特定的时延统计所决定的。

当所有部件的平均时延已经取得时，总平均时延由下式求出

$$\text{总平均时延} = \text{mean}(\text{source_delay}) + \text{mean}(\text{net_delay}) + \text{mean}(\text{destination_delay})$$

正如图 5 中所清楚地说明的那样，为了使用这些常数得到一个估计值，可以把源终端和网络的最小时延与最大的目的终端时延组合在一起：

$$\text{总时延（常数）} = \text{min}(\text{source_delay}) + \text{min}(\text{net_delay}) + \text{max}(\text{destination_delay})$$

当直接测量时，总时延是从信号进入嘴参考点的时间开始到相应的信号离开耳参考点（或等效参考点的时间结束所确定的那一时间段）。

[10]的附件 B 已经提供一个直接计算总时延的方法的资料。

附录七/Y.1541 介绍了几个计算总平均时延的例子。这些例子利用了各种各样的网络结构和具有几种包长度的参考终端。去抖动缓存器和多种形式的包丢失掩盖。附录七/Y.1541 继续对这些情况[G.107]中的每一种情况计算 E 模型的 R 值。

总时延的度量单位是秒。

8.2 端系统时延

本节规定了在 RTCP-XR[RFC 3611]报告中所使用的端系统时延的参数。

端系统时延定义为报告时延的端系统的源时延和目的时延之和，并且包括取样累积时延、编码时延、去抖动缓存器时延、解码时延和放出时延。

端系统时延的度量单位是秒。

8.3 往返时延

本节定义了 RTCP-XR[RFC 3611]报告中所使用的往返时延的参数。

往返时延定义为一个包从源 RTP 接口行进到目的地 RTP 接口，再返回到源 RTP 接口所花费的时间。已见到最近计算出的时间的报告。

往返时延的度量单位是秒。

8.4 在去抖动后和PLC的流中的时间标度不连续性

时间标度不连续性定义为从嘴参考点到耳参考点测得的总时延的突然改变。这一参数说明了网络路径、去抖动缓存器或两者怎样经常引起用户的时间参考发生漂移。

时间标度不连续性的度量单位是秒和事件计数。

8.5 总的（帧/包）丢失（包括网络和目的地）

这一参数可以用包或编码器的帧的数目来表示。重要的是要理解帧丢失和包丢失之间的关系。当每一包由两个帧组成时，则每一丢失的包的含意是一个两帧丢失的突发，并且解码器/PLC 必须在这些比孤立的单帧丢失更困难的这些情况下尝试恢复出每一个包。

8.5.1 总的（帧/包）丢失比

在一评估时间段内的总丢失比定义如下：

总丢失率=

$$1 - \frac{(\text{Total_pkt_sent} - \text{Lost_net} - \text{Lost_error_check} - \text{Discarded_de-jitter-buffer} - \text{Discarded_reordering})}{\text{Total_pkt_sent}}$$

这一参数的单位是丢失的包和总的包数目（或帧数）之比。

8.5.2 总的（帧/包）丢失模型

为了评估丢失包和抛弃包对 VoIP 应用的影响，考虑这些损伤的时间分布是有用的。典型的方法是 Gilbert-Elliott 模型和类似的基于马尔科夫的模型。RFC 3611 规定使用 Gilbert-Elliott 模型来描述包丢失和包抛弃的分布，并且给出了一个导出这些参数的 4 状态马尔科夫模型的例子。附件 B 提供了这些模型的描述，并给出了一个典型的包丢失/抛弃分布的例子。典型的输出参数是平均间隙长度和丢失/抛弃密度以及平均突发长度和丢失/抛弃密度。

8.5.3 总的连续（帧/包）丢失事件计数

在根据文献[9]对发出的包的流检查以后，根据在总丢失比参数中的所有有关的包丢失/包抛弃的准则，已经将一套连续的包定为丢失包或抛弃包，则应该把事件的长度规定为依次丢失的包的数目。对每一事件，应该分别对这一长度做出规定，单位为包的数目。因而也应该提供每一事件长度的计数。为了对这一测量有帮助，可以使用在包的信头中所包含的序列号。

8.5.4 在计算总参数中的缺陷和误差

得到总的端对端时延的一个简化方法是取平均的 IP 包传送时延，并且将它与在嘴到耳路径中的其它元素的一些常数组合在一起。这一过程可能产生误差，因为在某些终端部件中（例如去抖动缓存器）的时延是可变的，并且因为忽略了时延可变的元素。

另一个潜在的缺陷将是使用了用测试接收机测得的包丢失比，例如在申报一个包丢失以前，它允许 3 秒钟，所以造成低估了丢失比。对于超出标准的长时延，典型的去抖动缓存器将有小得多的容差。关于这一点，去抖动缓存器方面的知识显然要包含在应用层上包的性能和丢失之间的映射关系。

附件 A

VoIP网关专用的参考点和性能参数

A.1 引言

为了将分组交换网和电路交换网进行互连，一般配置 VoIP 网关。VoIP 网关需要有关时延和其它参数的新参考点。本附件定义了网关专用的参考点和参数。

A.2 定义

本附件规定下列术语：

A.2.1 packet input reference point 包输入参考点：当 IP 包离开 IP 网络进入网关时，将 IP 网络与跨越的网关连接起来的物理媒质中的测量点。这一测量点要尽可能靠近终端。

A.2.2 packet output reference point 包输出参考点：当 IP 包离开网关进入 IP 网络时，将网关与跨越的 IP 网络连接起来的物理媒质中的测量点。这一测量点要尽可能靠近网关。

A.2.3 TDM input reference point TDM 输入参考点：将时分复用网络与 VoIP 网关连接起来的物理媒质中的测量点。穿越这一点的信号进行包化处理并进入 IP 网。这一测量点要尽可能靠近网关。

A.2.4 TDM output reference point TDM 输出参考点：将网关与时分复用网连接起来的物理媒质中的测量点。穿越这一点的信号被载送到末端的终端。这一测量点要尽可能靠近网关。

A.3 源网关的参数

本节给出了对所感受的语音和话音频带应用的质量有直接影响的有关的源网关的包参数。图 A.1 表示了测量点的位置和系统组成。

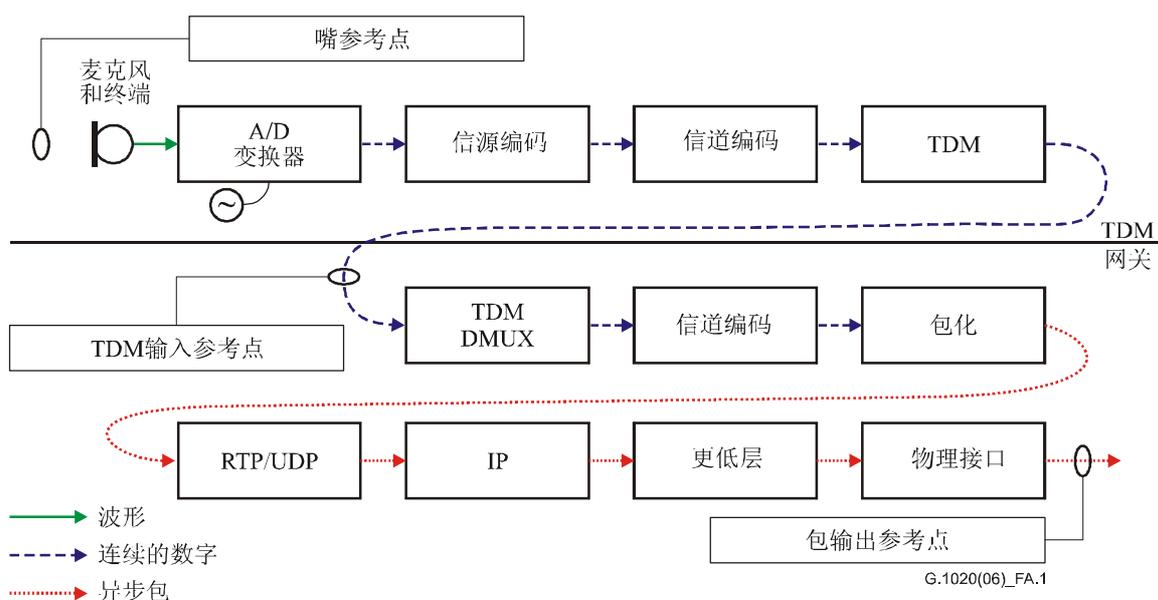


图 A.1/G1020 — 源网关图和参考点

我们注意到某些网关将包含提供比特率压缩的编码器，而另一些网关只是将 PCM 波形做包化处理或者提供对话音频带信号的其它处理，如传真的解调/重新调制。

在第 5 节中所定义的大多数源终端的参数是与源网关有关的。某些参数需要下面表 A.1 中所列出的参考点替代方法。

表 A.1/G.1020 — 源参考点替代法

源终端	代替源网关参考点
嘴参考点	TDM 输入参考点
发送电参考点	TDM 输入参考点
终端输出参考点	包输出参考点

源终端与源网关的参数映射如下：

表 A.2/G.1020 — 源参数映射

源终端参数	源网关参数
源终端时延	源网关时延
源终端时延变化	源网关时延变化

包信息域长度那类参数不需要修改。

A.4 目的网关参数

本节给出了对感受到的语音和话音频带应用的质量有直接影响的有关目的网关的包参数。图 A.2 表示了测量点的位置和系统组成。

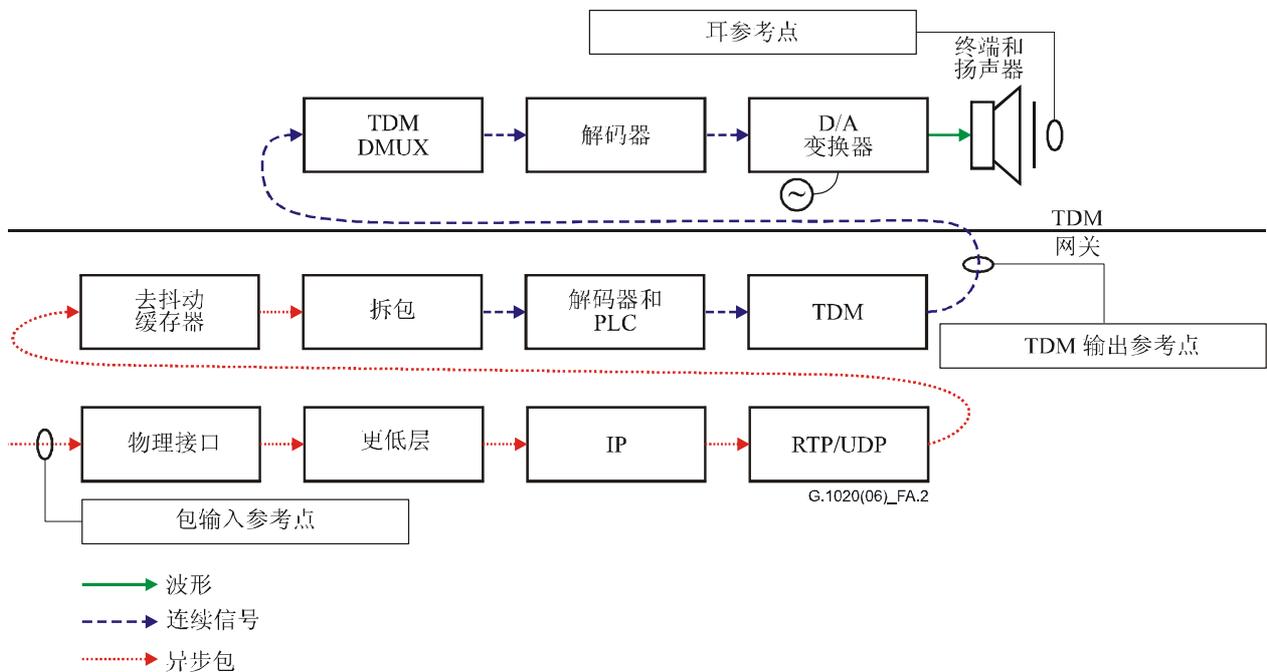


图 A.2/G1020 — 目的网关图和参考点

在第 7 节中所定义的大多数目的终端参数是与目的地网关有关的。某些参数需要表 A.3 中的参考点替代方法。

表 A.3/G.1020 — 目的参考点替代法

目的终端	替代目的网关参考点
耳参考点	TDM 输出参考点
接收电参考点	TDM 输出参考点
终端输入参考点	包输入参考点

目的终端与目的网关参数映射如下：

表 A.4/G.1020 — 目的参数映射

目的终端参数	目的网关参数
目的终端时延	目的网关时延

包丢失掩盖的这类参数不要求修改。

A.5 总时延

当在端一端的路径中存在网关时，在总时延中，必须包含在嘴或耳参考点和网关之间的 TDM 网络中的附加时延。TDM 网元通常有固定的时延，所以可以将这些时延加到分组网部件的时延上。总时延的度量单位是秒。

附 件 B

包丢失的分布和包丢失的模型

B.1 引言

通常认为在 IP 网中包丢失的分布是突发性的，然而关于特定的包丢失模型几乎没有可信性，而且事实上，对某些常用的模型例如 Gilbert 模型有某些误解。本附件概括介绍了某些关键的包丢失模型，提供了包丢失数据的某些分析结果，并讨论了模型和数据的“吻合”程度。

B.2 常用的包丢失模型

B.2.1 历史背景

关于丢失或误码建模的许多早期著作是在 1960 年代发表的有关电话信道上的误码分布的著作。

所使用的一个方法是马尔科夫或多状态模型。Gilbert 的[B-13]是描述这种类型的突发误码模型的第一篇文献，后来由 Elliott 的[B-10]和[B-11]以及 Cain 和 Simpson 的[B-6]加以扩充。Black 和 Trafton 的[B-3]提出了表示误码分布的更高状态的马尔科夫模型。

另一方法是确定间隙的统计分布。Mertz[B-16]使用双曲线分布而 Berger 和 Mandelbrot[B-2]使用 Pareto 分布来建立误码之间的间隙的模型。Lewis 和 Cox[B-15]发现，在测出的误码分布中，在相邻的间隙之间有相当强的正相关性。

在 IP 网中的包丢失的建模似乎已经遵循相似的方法，虽然，丢失的根本原因（一般是拥塞）可能与误码的原因（一般是电路噪声或抖动）不同。

B.2.2 伯努利或独立模型

最广泛使用的模型是简单的独立丢失信道。在这一信道中，以概率 P_e 丢失包（或出现误码）。在某些有大量包 N 的情况下，则所预计的丢失的包的数目是 $N \times P_e$ 。通过计算所丢失的包的数目并且用这一数除以所发送的包的总数来估计包丢失概率。

B.2.3 Gilbert和Gilbert-Elliott模型

最广泛熟知的突发模型是 Gilbert 模型[B-13]，而它的一个变型称为 Gilbert-Elliott 模型[B-10]和[B-11]。这些模型都是两状态模型，根据状态转变概率 P_{01} 和 P_{11} 在“好”或间隙的状态“0”和“坏”或突发的状态“1”之间转变状态：

- 1) *Gilbert* 模型
 - a) 状态“0”是零丢失/零误码的状态；
 - b) 状态“1”是有丢失的状态，具有独立的丢失概率 P_e1 ；
- 2) *Gilbert-Elliott* 模型：
 - a) 状态“0”是具有独立丢失概率 P_e0 的低丢失状态；
 - b) 状态“1”是具有独立丢失概率 P_e1 的有丢失状态。

经常假设 Gilbert 模型的有丢失状态相应于“丢失”状态，即在状态 1 中包丢失的概率是 1，然而，这是不正确的（它将是更适合于把这一状态描述为 2 状态的马尔科夫模型）。这将导致只用连续丢失来分析包丢失的突发性，这样就遗漏了更长时间的高丢失密度的效应。这些长时间的高丢失密度对 VoIP 业务有重要的影响。

例如，考虑下面的情况：

丢失图案 00000110010101011011000000000000000000

正确应用 *Gilbert* 模型 — 突发长度 15，突发密度 60%

不正确应用 *Gilbert* 模型 — 平均突发长度 1.5 个包

B.2.4 马尔科夫模型

马尔科夫模型是通用的多状态模型。在这一模型中，系统以某个转变概率 $P(i, j)$ 在状态 i 和 j 之间切换。

2 状态马尔科夫模型有某些优点，它能够捕捉到丢失的包之间、即连续丢失之间很短期的依存关系[B-1]、[B-4]、[B-14]和[B-18]。通常，这些是持续时间很短的事件（比方说，长度为 1-3 个包），但是偶然的链路故障可能导致很长的丢失序列，会延长到数十秒[B-5]。

将 2 状态模型和 Gilbert-Elliott 模型结合起来，它有可能同时捕捉到持续时间很短的连续丢失事件和更长的低密度事件。

B.2.5.3 间隙

间隙是有一个包丢失的最长包序列的起点和终点或接收的开始时间或终止时间，在这里，连续接收到的包的序列长度长于或等于 G_{min} 。单位为包的数目。

B.2.5.4 突发密度

突发密度是从接收开始起，在突发周期内，丢失的或被抛弃的 RTP 数据包的比例。这一值被表示为固定小数点的数，在该域的左面边缘处有二进制的小数点。计算它的方法是在突发周期内丢失或抛弃的包（排除重复的包抛弃的总数除以在该突发周期内预期的总包数，再将相除的结果乘以 256，最大值限于 255（以避免溢出），并取整数部分。单位是丢失和抛弃的包的数目与总包数之比。

B.2.5.5 间隙密度

间隙密度是从接收开始起，在突发之间的间隙时间内的丢失或抛弃的 RTP 数据包的比例，该值表示为一个固定小数点的数，在该域的左面边缘上有二进制小数点。计算它的方法是在间隙时间内丢失或抛弃的包的总数（排除重复抛弃的包）除以在该间隙时间内预计的总包数，再把相除的结果乘以 256，最大值限于 255（以避免溢出），并取整数部分。单位是丢失和抛弃的包的数目与总包数之比。

B.2.5.6 突发持续时间

突发持续时间是从接收开始起已经出现的突发周期的平均值，以 ms 为单位表示。每一周期的持续时间根据标有那个周期的起点和终点标记的那些包进行计算。它等于终点包的时间标记、加上终点包的持续时间、再减去起点包的时间标记。若无法使用实际值，必须使用估计的值。若没有突发周期，突发持续时间的值必须为零。

B.2.5.7 间隙持续时间

间隙持续时间是从接收开始起已经出现的间隙周期的平均值，以 ms 为单位表示。每一周期的持续时间根据标有前面的突发终点标记的包和标有后续突发的起点标记的包进行计算。它等于后续突发包的时间标志减去前面突发包的时间标志，加上前面突发包的持续时间。若无法得到实际的值，必须使用估计值。在接收开始时出现间隙的情况下，前面突发包的时间标志和前面突发包的持续时间要用接收开始时间代替。在接收结束时出现间隙的情况下，后续突发包的时间标志由接收结束时间代替。若没有间隙周期，间隙持续时间的值必须为零。

B.3 典型的包踪迹

下面表示出的两个图是根据典型的 IP 踪迹的分析结果得出的。第一个图表示突发长度与突发加权（Gilbert 模型）之间的散射图。突发长度是在一突发中第一个和最后一个丢失的包之间的距离，以包的数目计。而突发加权是在该突发内丢失的包的数目。显然可以看出，突发长度在 100 包以下，典型的丢失密度为 20-25%。

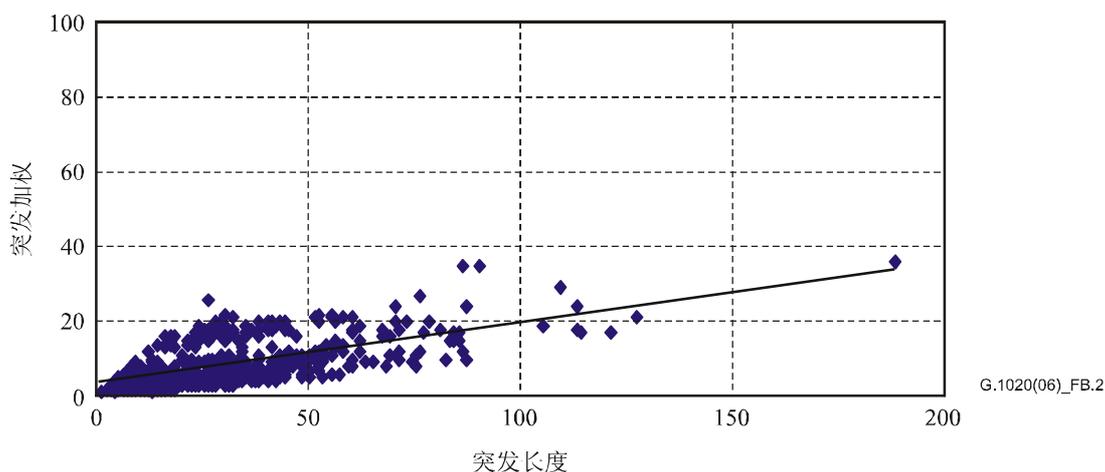


图 B.2/G1020 — 突发长度与仅对包丢失的加权的关系的踪迹W3的散射图

第二个图表示突发长度与对丢失和抛弃的包加权之间关系的散射图，假定去抖动缓存器长度固定为 50 ms。这一图显示出更大的突发数目，表示对这一踪迹，抖动是一个重要的问题。突发密度延伸到 500 个包以外，平均突发密度接近 30%。

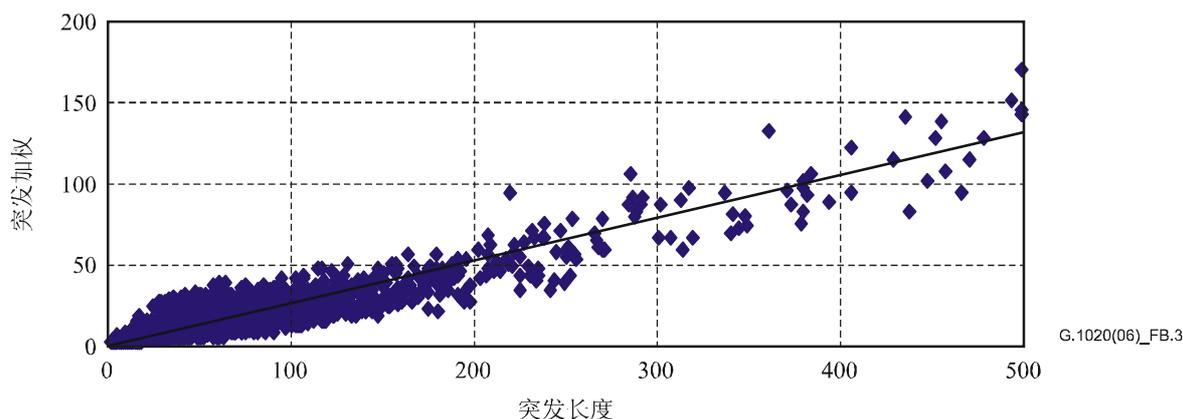


图 B.3/G1020 — 突发长度与对包丢失和包抛弃的加权
(50 ms抖动缓存器) 之间关系的踪迹W3散射图

B.4 附件B的参考资料

- [B-1] ALTMAN (E.), AVRACHENKOV (K.), BARAKAT (C.): TCP in the Presence of Bursty Losses, *Performance Evaluation* 42, pp. 129-147, 2000.
- [B-2] BERGER (J.M.), MANDELBROT (B.): A New Model for Error Clustering in Telephone Circuits, *IBM J R&D*, July 1963.
- [B-3] BLANK (H.A.), TRAFTON (P.J.): A Markov Error Channel Model, *Proc. Nat Telecomm Conference*, 1973.
- [B-4] BOLOT (J.C.), VEGA GARCIA (A.): The case for FEC based error control for packet audio in the Internet, *ACM Multimedia Systems*, 1997.
- [B-5] BOUTREMANS (C.), IANNACCONE (G.), DIOT (C.): Impact of Link Failures on VoIP Performance, *Sprint Labs Technical Report IC/2002/015*.

- [B-6] CAIN (J.B.), SIMPSON (R.S.): The Distribution of Burst Lengths on a Gilbert Channel, *IEEE Trans IT*, 15 September 1969.
- [B-7] CLARK (A.): Modelling the effects of burst packet loss and recency on subjective voice quality, *IPtel 2001 workshop*.
- [B-8] DRAJIC (D.), VUCETIC (B.): Evaluation of Hybrid Error Control Systems, *IEE Proc. F*. Vol. 131, April 1984.
- [B-9] EBERT (J-P.), WILLIG (A.): A Gilbert-Elliott Model and the Efficient Use in Packet Level Simulation, *TKN Technical Report 99-002*.
- [B-10] ELLIOTT (E.O.): Estimates of Error Rates for Codes on Burst Noise Channels, *BSTJ* 42, September 1963.
- [B-11] ELLIOTT (E.O.): A Model of the Switched Telephone Network for Data Communications, *BSTJ* 44, January 1965.
- [B-12] ETSI TIPHON TS 101 329-5 VI.1.2 (2002), *Annex E, QoS measurements for Voice over IP*.
- [B-13] GILBERT (E.N.): Capacity of a Burst Noise Channel, *BSTJ*, September 1960.
- [B-14] JIANG (W.), SCHULZRINNE (H.): Modelling of Packet Loss and Delay and their effect on Real Time Multimedia Service Quality, *NOSSDAV*, 2000.
- [B-15] LEWIS (P.), COX (D.): A Statistical Analysis of Telephone Circuit Error Data, *IEEE Trans COM-14*, 1966.
- [B-16] MERTZ (P.): Statistics of Hyperbolic Error Distributions in Data Transmission, *IRE Trans CS-9*, December 1961.
- [B-17] SANNECK (H.), CARLE (G.): A Framework Model for Packet Loss Metrics Based on Loss Runlengths, *Proc. ACM MMCN*, January 2000.
- [B-18] YAJNIK (M.), MOON (S.), KUROSE (J.), TOWSLEY (D.): Measuring and Modelling of the Temporal Dependence in Packet Loss, *UMASS CMPSCI Tech. Report 98-78*.

附件 C

典型自适应去抖动缓存器的仿真器

C.1 引言

这一去抖动缓存器仿真器的实例是通过跟踪短期最小时延，并用它来确定其长度等于去抖动缓存器长度的时间窗口的位置来进行工作的。为了确定包是否将被抛弃或被收纳，将包的实际到达时间与该时间窗口进行比较。

从这一去抖动缓存器仿真器来的输出是与“好包”（即没有丢失或没有被抛弃）数目的计数相联系的包丢失/抛弃事件，它是给包丢失分布模型的输入数据。

去抖动缓存器的仿真算法是根据 RTP 时间标志/序列号和本地时钟，确定每一个到达的包的时延变化。这一方法在出现下列情况时，可以优先测量包到包的时延变化：

- 1) 它处理不要求它们缓存的次序混乱的包，这样就降低了计算的复杂性；
- 2) 它能检测出由于拥塞、路由改变或定时漂移引起的中长期时延变化。

C.2 参数定义

C.2.1 （去）抖动缓存器自适应

去抖动缓存器长度的逻辑指示（用 2 比特位置表示）是自适应的（11）或是固定的/非自适应的（10）。比特图案（00）表示模式未知，而（01）保留。

C.2.2 （去）抖动缓存器速率

缓存器调整速率是自适应缓存器在从 30 ms 到 100 ms 的时延变化范围内调整到一步的改变所化的时间的近似值。速率 R 根据下面的公式计算：调整时间=2*R*（包净荷的大小（ms））。

C.2.3 （去）抖动缓存器的标称时延

这是对精确按时到达的包当时所加的缓存时间设置，它的含意是该包所受到的传送时延正好与为对齐去抖动缓存器所使用的参考包（在仿真器中的第一个包）的传送时延相同。

C.2.4 （去）抖动缓存器的最大时延

对不会被抛弃的包而言，这是给代表到达时间最早的包所施加的缓存时间，它的含意是该包相对于参考包受到了很短的传送时延，但是该包仍然被缓存并成功地放出。量度单位是 ms。

C.2.5 （去）抖动缓存器的绝对最大时延

这是在自适应缓存器控制下，可能给一个接收到的包所施加的缓存时间的最大值。在固定缓存器控制的情况下，这一参数等于上面定义的最大时延。通常，这是一个配置参数。量度单位是 ms。

C.3 去抖动缓存器仿真

去抖动缓存器的仿真器按下面的步骤工作：

第一个到达的 RTP 包是有 RTP 时标 R_{ref} 的初始参考点。

设置标称时延，它等于按时到达的包的时延（配置参数）。

设置最大时延，它等于包的数目乘以包的长度（配置参数）。

确定早窗口=最大时延—标称时延。

确定晚窗口=标称时延。

对于与通过监测点的流有关系的每一个 RTP 包：

将本地时标 L 与 RTP 包的到达时间相结合确定该包的 RTP 时标 R

根据参考 RTP 包，使用表示或 $L_{expected}=L_{ref}+(R-R_{ref})$ 估计 RTP 包的预期到达时间

按照 $D=L-L_{expected}$ 估计 RTP 包的时延变化

若 $D<$ 早窗口，则

将该包按被抛弃做标记

将参考点重新设置到这一包

若 $D>$ 晚窗口，则

将该包按被抛弃做标记

若包是早先收到过的包的重复包，则不声不响地抛弃

保持 32 个包的滑动窗口、按序列号排序、按默认标上丢失标记——在这一窗口内的包标上被收纳或被抛弃的标记

在该窗口的末尾——确定包为丢失/抛弃或收纳

早/晚窗口可以动态地进行调整，以配合自适应去抖动缓存器的性能。

调整算法如下：

确定门限 $T1$ ，它等于不可接受的最低抛弃率（一个配置参数）

确定门限 $T2$ ，它等于去抖动缓存器长度往下调整之间的时间周期（以包的数目表示，一个配置参数）

保持晚抛弃的运行平均 $C1$ ，有标度系数 S （典型值 15）

$C1 = (C1 \times (S - 1) + D) / S$ ，其中若包被抛弃 D 为“1”，若不抛弃， D 为“0”

保持自从最后一个晚抛弃 $C2$ 后接收到的包的计数

若 $C1$ 超过门限 $T1$ 和缓存器小于最大长度，则增加缓存器的长度和复位 $C1$ ；

若 $C2$ 超过门限 $T2$ 和缓存器大于最小长度，则缩短缓存器的长度和复位 $C2$ 。

必须规定时间窗口的最大值或去抖动缓存器的最大长度，以使得该仿真器不能使缓存器长度增加到实际上不可能存在的极限值。

附 录 一

RTCP XR参数表

本附录给出了 RTCP-XR 参数和各个不同的 ITU-T 建议书的对应关系,还有为了在该建议书的正文中包含这些参数所采取的行动的详细描述。

RTCP XR参数	现有的ITU-T建议书	行动
丢失率	Y.1540: IPLR 是在 IP 层上, 需要关于仅在接收机上计算的 RTP 层的新定义	根据 4.7.1/RFC 3611 在 7.2.2 中加了定义。有对所需要的其它定义(如丢失包的定义)所包含的 2 种可选的框架
抛弃率	在 G.1020 总丢失中提到, 但没有做定义	根据 4.7.1/RFC 3611, 在 7.2.2 中加了定义。
突发密度	该模型早已在附件 B 中做了规定。	根据 Gilbert-Elliott 模型, 规定了丢失模型。在 B.2.5 中的定义。
间隙密度		
突发持续时间		
间隙持续时间		
G_{min}		
往返时延		采用 RFC 3550 和 3611 的定义(需要对 8.3 加明确的表达)
端系统时延	源终端和目的终端时延, G.1020 对这一值的和。	需要有关精确定义方面的工作(根据 RFC 3611 给 8.2 加的定义)。
信号电平	P.56, P.561	推进使用这些先进的标准。
噪音电平	O.41, P.561	
残余回波损耗	G.122, 回波损耗; G.168 (SG16), 残余回波电平	
R 系数	G.107	需要特定的默认值
外部 R 系数	G.107	需要特定的默认值
MOSLQ	P.862, P.563, P.564	在 RTCP XR VoIP 参数块中遗漏确定已经使用什么模型的域。
MOSCQ	P.562(CCI), G.107	在 RTCP XR VoIP 参数块中遗漏确定已经使用什么模型的域。
包丢失掩盖	在 G.1020 的 7.4 中, 有关于这一点的材料。	
抖动缓存器自适应	条款 2 包含了大多数抖动缓存器的参数。	
抖动缓存器速率		在附件 C 中有去抖动缓存器的模型, 并且已经加了定义(这曾正式地称为附录 II)
抖动缓存器标称时延		
抖动缓存器最大时延		
抖动缓存器绝对最大时延		

参考资料

- [1] [RFC 3550], RTP (2003), *A Transport Protocol for Real-Time Applications*.
- [2] [RFC 2330] (1998), *Framework for IP Performance Metrics*.
- [3] [RFC 2678] (1999), *IPPM Metrics for Measuring Connectivity*.
- [4] [RFC 2679] (1999), *A One-way Delay Metric for IPPM*.
- [5] [RFC 2680] (1999), *A One-way Packet Loss Metric for IPPM*.
- [6] [RFC 2681] (1999), *A Round-trip Delay Metric for IPPM*.
- [7] [RFC 3357] (2002), *One-way Loss Pattern Sample Metrics*.
- [8] [RFC 3393] (2002), *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics IPPM*.
- [9] [RFC 3432] (2002), *Network performance measurement for periodic streams*.
- [10] ETSI [TS 101 329-5] V1.1.2 (2002), *TIPHON release 3, End-to-End Quality of Service in TIPHON Systems, Part 5 Quality of Service (QoS) Measurement Methodologies*.

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、声音节目和其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆和外部设备其他组件的结构、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	测量设备技术规程
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