

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.1050

(11/2005)

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

评估IP上多媒体传输性能的网络模型

ITU-T G.1050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国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	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。

评估IP上多媒体传输性能的网络模型

摘 要

本建议书描述评估 IP 网络上多媒体传输性能的网络模型。它是一个统计模型，其中的可能出现值指配给所有的网络单元和损伤。采用这些统计模型的测试结果以网络模型覆盖的形式表示。这些结果是无条件的 — 不取决于任何网络单元或损伤的预先规范。对统计模型的全面测试提出通信设备可以在 IP 网络上以网络模型覆盖的形式执行的方法。本建议书关注第三层性能上损伤的影响。来自任何类型网络设备的 IP 流均可以采用本模型评估。

应该强调：通信设备的制造商以及业务提供商关注精确模拟决定性能的 IP 网络特性的规范。评估者需要一组权威的简单测试来正确测量来自不同厂商的通信设备的性能。因此，本建议书的目标是定义一个独立于技术的模型，它代表 IP 网络并可以在合理的复杂性上模拟并可便于实际的评估。

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 2005 年 11 月 29 日批准了 ITU-T G.1050 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 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	范围	1
2	参考文献	2
3	术语和定义	3
4	缩写词	4
5	模型描述	5
6	IP 损伤级结构	6
6.1	业务测试轮廓	6
6.2	网络损伤	7
6.3	测试结构	8
6.4	损伤结合表	8
6.5	网络模型覆盖	15
附录一	— IP 网络模型基本原理	18
I.1	无线 LANs	18
I.2	构建的配线	18
I.3	网络中心与交换	19
I.4	接入速率	19
I.5	路由器延迟	19
I.6	来自匿名 IP 网络业务提供商的损伤数据	19
附录二	— 分组延迟和丢失算法	20
II.1	普通 IP 网络模型	20
II.2	分组丢失模型	20
II.3	延迟变更模型	20
II.4	中心分组重新安排	21
II.5	模型输出	21
II.6	模型输入参数	22
参考资料	24

引言

早先的评估调制解调器性能的网络传输模型标准（参见参考资料）已经是一个统计模型，其中的可能出现值(LOO)指配给所有的网络单元和损伤。采用这些统计模型的测试结果以网络模型覆盖(NMC)的形式表示。这些 NMC 结果是无条件的 — 不取决于任何网络单元或损伤的预先规范。这是一个统计模型的例子，对统计模型的全面测试提出通信设备可以在 IP 网络上以网络模型覆盖的形式执行的方法。

不同于以往的着重于物理层损伤的方法，本建议书关注第 3 层性能上损伤的影响。来自任何类型网络设备的 IP 流均可以采用本模型评估。

应该强调：通信设备的制造商以及业务提供商关注精确模拟决定性能的 IP 网络特性的规范。评估者需要一组权威的简单测试来正确测量来自不同厂商的通信设备的性能。因此，本标准的目标是定义一个独立于技术的模型，它代表 IP 网络并可以在合理的复杂性上模拟并可简化实际的评估次数。于此介绍的匿名 IP 网络模型表示由 IP 业务提供商和匿名 IP 网络设备制造商于 2005 期间提供的实际网络数据的简单反映，并将随着得到更多统计信息以及 IP 网络的发展而继续改进。

在开发本模型中，已经根据最有效统计信息做出某些假设。这些假设参见附录一。

本建议书描述的模型独立于技术并适合各种 IP 通信网络和设备。

下列是影响业务质量和 IP 网络性能的参数和损伤：

- 网络基础结构；
- 接入链路的类型；
- QoS 控制的边缘选路；
- 译码算法；
- A/D 和 D/A 转换；
- MTU 长度；
- 信令协议失配；
- 网络故障；
- 链路故障；
- 时间漂移；
- 路由摆动；
- 重新安排分组；
- 分组丢失（帧丢失）；
- 单向延迟（潜在）；
- 可变延迟（抖动）；以及
- 背景业务量（拥塞、带宽、利用、网络负荷、负荷分担）。

评估IP上多媒体传输性能的网络模型

1 范围

本建议书规定一种 IP 网络模型和用于评估和比较通过一个会聚广域网连接的通信设备的情况。IP 网络模型由许多根据不同情况和不同时间的损伤组合构成。来自任何类型网络设备的 IP 可以采用本模型进行评估。测试情况结合了、LAN、接入和核心网络单元，以现实的方式创建第 3 层 IP 网络损伤 — 导致分组经历不同的延迟或丢失。这些情况基于 IP 业务提供商和 IP 网络设备制造商提供的实际网络数据。

可以采用本模型进行评估的设备类型示例包括：

- IP 连接的端点：
 - IP 网络设备（如：用户代理、呼叫代理、媒体服务器、媒体网关控制器、关守、应用服务器、边缘选路器等。）；
 - IP 视频；
 - IP 电话；
 - IAF（互联网传真）。
- 通过 IP 网关的 PSTN 连接设备：
 - 通过 IP 语音(VoIP)网关的 POTS；
 - T.38 传真设备和网关；
 - V.150.1 和 V.152（话音频带数据、VBD）IP 调制解调器网关；
 - V.151 IP 文本电话网关。

图 1 图示这些设备以及其通过 IP 网络的互连。

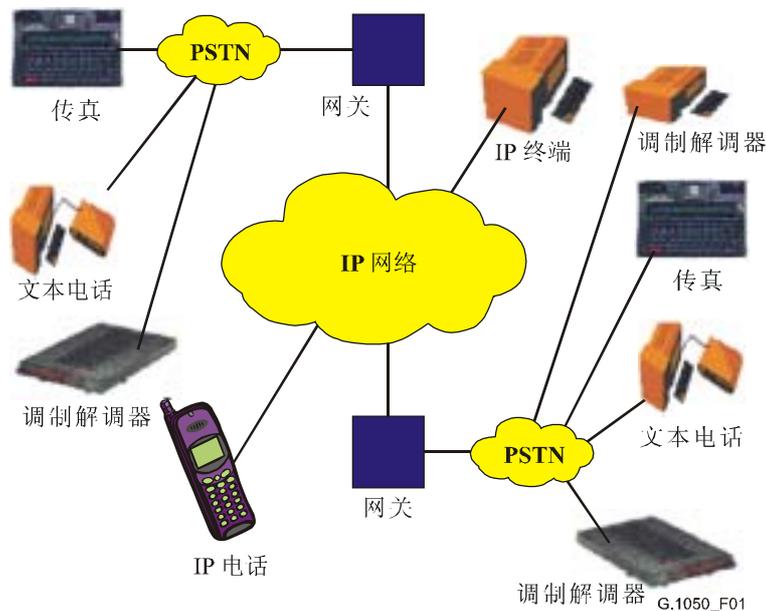


图 1/G.1050—评估多媒体传输性能的网络模型

本模型包括可用于配置和建立适用的仿真器设备的参数。

本建议书包括强制要求、建议项和任选项；分别由“必须”、“应该”和“可以”表示。

本模型的限制：

- 本 IP 网络模型不用于表示任何特定的 IP 网络。它提供一定范围的测试情况，可表示大范围的 IP 网络特性，如完全管理（QoS 管理）、部分管理（非 QoS）和未管理（互联网）网络。
- 某些网络可通过一个媒体网关在连接的一端或两端利用 PSTN。本模型只确定网络的 IP 部分并不确定端到端连接的 PSTN 部分。
- 本建议书中表示的网络模型不能模拟设备之间可遇到的所有可能的连接。
- 于此介绍的 IP 网络模型基于由匿名 IP 业务提供商和 IP 网络设备制造商于 2005 期间提供的非正式调查，并将随着得到更多统计信息以及 IP 网络的发展而继续改进。

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.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide*.
- ITU-T Recommendation G.114 (2003), *One-way transmission time*.
- ITU-T Recommendation T.38 (2005), *Procedures for real-time Group 3 facsimile communication over IP networks*.
- ITU-T Recommendation V.150.0 (2003), *Modem-over-IP networks: Foundation*.
- ITU-T Recommendation V.150.1 (2003), *Modem-over-IP networks: Procedures for the end-to-end connection of V-series DCEs*.
- ITU-T Recommendation V.152 (2005), *Procedures for supporting voice-band data over IP networks*.
- ITU-T Recommendation Y.1541 (2002), *Network performance objectives for IP-based services*.

3 术语和定义

本建议书规定下列术语：

- 3.1 burst loss 突发丢失：**一定时间内高密度的分组丢失或连续的分组丢失，由于网络上的拥塞、带宽限制或重新选路（由于实现而延迟转变为丢失）。
- 3.2 codec 编解码器：**编码器/解码器的首字母缩写，联合了模拟到数字变换和数字到模拟变换的功能。
- 3.3 delay 延迟：**一个分组在网络或网络的分段穿过所需要的时间。参见等待时间。
- 3.4 downstream 下行：**从业务提供商到终端用户的传输。
- 3.5 end-to-end network 端到端网络：**属于一个完整通道、从一个端到另一个端的部分。可以指单个的分段（例如：中心延迟）或完整通道（例如：端到端网络延迟）。
- 3.6 E-model E 模型：**规划电话网络传输质量的基于标准的模型（ITU-T G.107 和 G.108 建议书）。E 模型的输出为传输额定因素，称为 R 因素。R 因素的数值范围在 0 到 100 之间，其中 0 和 100 分别为低和高的传输质量。
- 3.7 gateway 网关：**起到其他网络入口作用的网络设备。一个功能是将一种网络类型中提供的媒体转换为另一种网络类型中要求的格式。例如，一个网关可以终止来自交换电路网的承载通路（例如，DSOs）以及来自分组网的媒体流（例如，IP 网中的 RTP 流）。
- 3.8 IP network IP 网络：**一个网络基于网际协议，一个无连接协议。
- 3.9 jitter 抖动：**分组延迟中的变更。
- 3.10 jitter buffer 抖动缓冲器：**一个共享的数据区域，其中分组可以被收集、存储并以均匀的空间间隔发送到处理器中以改善终端用户的体验。
- 3.11 latency 等待时间：**一个数据的分组从一个目的地点到另一点所用时间量的表达方式。参见延迟。
- 3.12 layer 3 第 3 层：**国际标准化组织（ISO）开放系统互连（OSI）模型的第 3 层，称为网络层。第 3 层协议为 IP。
- 3.13 link failure 链路故障：**一个连续分组丢失的时期，可以持续几秒或许几分钟。采用链路故障期间空投连续的分组的方式，网络模型模拟在中心分段中链路故障的效果。
- 3.14 link failure interval 链路故障间隔：**链路故障之间的间隔。
- 3.15 likelihood of occurrence (LOO) 出现的可能性：**常规估计的可能性，以百分率表示，即在 IP 网络中出现一个特定的损伤组合。
- 3.16 mean opinion score conversational quality (MOS-CQ) 平均评价得分会话质量 (MOS-CQ)：**对一个连接的质量测试，表征根据通话期间的接听质量和会话能力，用户如何估价一个呼叫的整体质量。这包括所有可能影响通话的回声或延迟相关的困难。参数范围从 1 到 5。
- 3.17 mean opinion score listening quality (MOS-LQ) 平均评价得分接听质量 (MOS-LQ)：**对一个连接的质量测试，表征用户如何估价一个呼叫期间的“接听”。参数范围从 1 到 5。
- 3.18 MTU size MTU 长度：**最大长度分组或帧，以八比特组为单位，在基于分组或基于帧的网络如互联网中发送。

- 3.19 NMC score NMC 得分:** NMC 曲线中使用的一个值。得分的计算为 LAN 速率组合的 LOO 乘以严重程度的 LOO。对每种严重程度总得分最高加到 100%(A, B, C)。得分= $LOO_{LAN/接入} \times LOO_{严重性}$ 。
- 3.20 occupancy 占用:** LAN 上的背景业务量, 包括来自冲突的拥塞, 它不是被评估的用户信号部分。
- 3.21 packet loss 分组丢失:** 分组穿过网络到其目的地失败。(本方法不考虑由于缓冲器溢出导致的丢弃)。
- 3.22 packet loss concealment 分组丢失隐藏:** 通过产生合成分组而隐藏丢失媒体分组的情况的一种方法。
- 3.23 peak jitter 峰值抖动:** 与平均延迟相比最大的延迟变量。
- 3.24 peak-to-peak jitter 峰值到峰值抖动:** 从最大到最小量的分组延迟全部范围。
- 3.25 QoS edge routing QoS 边缘选路:** 根据业务质量分类值在用户单位网络和业务提供商网络间选路。
- 3.26 R-factor call quality (R-CQ) R 因素呼叫质量:** 一个 R 因素测量, 表征根据通话期间的接听质量和会话能力, 用户如何估价一个呼叫的整体质量。这包括所有影响通话的回声或延迟相关的困难。
- 3.27 R-factor R 因素:** 根据 ITU-T G.107 和 G.108 建议书中描述的 E 模型, 对电话网的传输质量的客观测量。R 因素的得分范围为 0 到 100, 其中 0 和 100 为最低和最高的传输质量。
- 3.28 R-factor listening quality (R-LQ) R 因素接听质量:** 一个 R 因素测试, 表征用户如何估价一个呼叫期间的“接听”。
- 3.29 reordered packets 重新排序分组:** 到达目的地的一个分组, 其分组序号小于以前的分组。
- 3.30 route flap 路由摆动:** 由于选路表更新造成的通道中的重复变化。通过制造中心段的延迟值中的递增变化网络模型模拟路由摆动的效果。
- 3.31 total delay 总延迟:** 连接中所有段的累积延迟。
- 3.32 upstream 上行:** 从终端用户向业务提供商进行的传输。

4 缩写词

本建议书采用下列缩写词:

ADSL	不对称数字用户线路
CSMA/CD	承载者感知多重接入/冲突检查
IP	网际协议
ISDN	综合业务数字网
LAN	局域网
LOO	出现的可能性
MOS	平均评价得分
MTU	最大传输单元
NMC	网络模型覆盖
OSI	开放系统互连

PESQ	语音质量的感觉评估
PLC	分组丢失隐藏
POTS	普通旧电话业务
PSQM	感觉语音质量测量
PSTN	公共交换电话网
QoS	业务质量
RF	无线电频率
SDSL	对称数字用户线路
SLA	业务等级协定
VoIP	IP上的话音
VTC	视频电信会议

5 模型描述

IP 网络模型包括许多基于特定情形的损伤组合，提供损伤状况重要示例的时间变更的 IP 网络损伤。采用本模型的测试可以是单向或双向的。损伤出现在双方向上。因为接入链路本身可能不对称，并且在同一个方向上传输的分组将遇到的模型部分在顺序上不同于在另一方向上传输的分组，在每个方向上的损伤可能不同。图 2 示出适用于模型的每个部分的网络参数和损伤：

A 侧参数：

LAN A 速率和类型，LAN A 占用，本地接入 A 每个方向上的速率，接入 A 占用，MTU 长度。

中心参数：

路由摆动间隔、路由摆动延迟变化、链路故障间隔、链路故障持续时间、单向延迟、抖动、重新排序分组和分组丢失。

B 侧参数：

LAN B 速率和类型、LAN B 占用、每个方向上本地接入 B 的速率、接入 B 占用、MTU 长度。

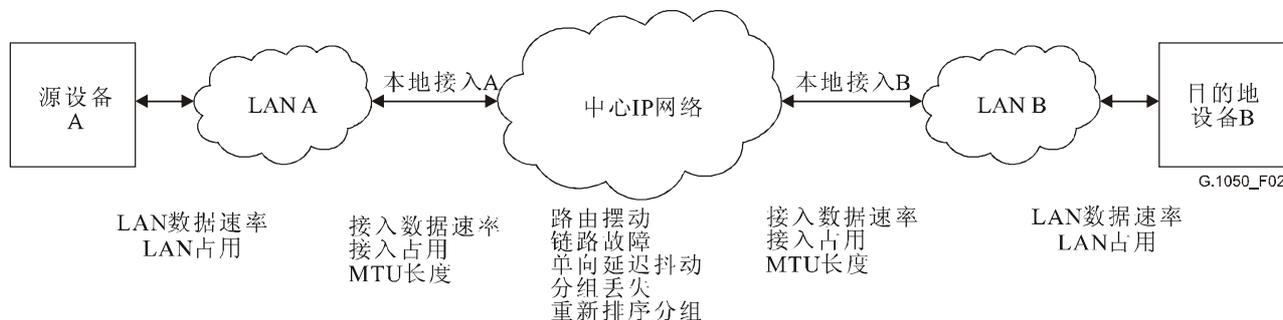


图 2/G.1050—IP网络损伤模型

附录一提供 IP 网络模型的网络参数和损伤的基本原理。

附录二规定由于模型的每部分的网络参数和损伤导致的延迟、分组的重新排序和分组丢失计算的算法。

采用 IP 网络模型可以估计出来自网络设备类型的 IP 流，并且将得出对应于评估设备和应用类型的结果。

这些测试旨在允许在 36 小时内完成全部测试组（每种测试情况下每项测试运行 2 分钟）或更少的时间—取决于运行的测试类型。测试方法易于自动操作。测试单元（UUT）在每个损伤组合上运行。本方法可以视为运行在许多单个的 IP 节点上并具有大范围的损伤。

本模型之外影响端到端延迟、抖动和应用质量的项目包括：

- 分组长度。
- 源分组生成速率—假定同步流。
- 压缩算法。
- 分组丢失隐藏算法。
- 抖动缓冲器类型和长度。
- 前向纠错。
- QoS 边缘选路。
- 语音活动检测。

6 IP 损伤级结构

6.1 业务测试轮廓

表 1 描述业务测试轮廓和应用，与其相关的节点机理和网络技术。ITU-T Y.1541 建议书采用类似的方法，但不太可能一对一地映射到这些业务轮廓。

表 1/G.1050—业务测试轮廓

业务测试轮廓	应用 (举例)	节点机理	网络技术
完全被管的 IP 网络 (轮廓 A)	高品质视频和 VoIP, VTC (实时应用, 丢失敏感, 抖动敏感, 高交互作用)	严格 QoS, 保证链路上无超量用户	约束的选路和距离
部分被管的 IP 网络 (轮廓 B)	VoIP, VTC (实时应用, 抖动敏感的, 交互作用)	分开队列, 具有优先服务业务量修整	较少约束的选路和距离

表 1/G.1050—业务测试轮廓

业务测试轮廓	应用 (举例)	节点机理	网络技术
未被管的 IP 网络， 互联网 (轮廓 C)	低品质视频和 VoIP，信令，事物处理数据（高交互作用）	分开队列（结束优先级）	约束的选路和距离
	事物处理数据，交互作用		较少约束的选路和距离
	短事物处理，大量数据（低丢失）	长队列（结束优先级）	任意路由/通道
	传统的互联网应用（默契 IP 网络）	分开队列（最低优先级）	任意路由/通道

6.2 网络损伤

6.2.1 业务测试轮廓

下列三种测试轮廓在本 IP 网络模型中采用，可以联合下列业务等级安排（SLA）：

- 完全被管的网络（轮廓 A）— 无过量使用链路的网络，使用 QoS 边缘选路。
- 部分被管的网络（轮廓 B）— 最少过量使用链路的网络，并有一个或多个没有 QoS 边缘选路的链路。
- 未被管的网络（轮廓 C）— 未被管的网络如互联网，包括过量使用链路并有一个或多个没有 QoS 边缘选路的链路。

这些表格表示出端到端损伤等级，包括 LAN 和接入。在表 2、3 和 4 中，总分组丢失为连续分组丢失和随机分组丢失之和。注意，业务提供商 SLAs 只保证网络的中心部分的特性。

表 2/G.1050—完全被管网络的损伤范围（轮廓 A）

损伤类型	单位	范围（最小到最大）
单路等待时间	ms	20 到 100（区域性） 90 到 300（洲际）
抖动（峰—峰）	ms	0 到 50
连续分组丢失	ms	只有随机丢失（当出现链路故障时除外）
连续丢失率	s ⁻¹	只有随机丢失（当出现链路故障时除外）
随意分组丢失	%	0 到 0.05
重新排序分组	%	0 到 0.001

表 3/G.1050—部分被管网络的损伤范围（轮廓B）

损伤类型	单位	范围（最小到最大）
单路等待时间	ms	50 到 100（区域性） 90 到 400（洲际）
抖动（峰—峰）	ms	0 到 150
连续分组丢失	ms	40 到 200
连续丢失率	s ⁻¹	≤10 ⁻³ （注）
随意分组丢失	%	0 到 2
重新排序分组	%	0 到 0.01
注 — 每 1000 秒出现一次连续分组丢失。		

表 4/G.1050—未被管网络的损伤范围（轮廓C）（注1）

损伤类型	单位	范围（最小到最大）
单路等待时间	ms	50 到 500
抖动（峰—峰）	ms	0 到 500
连续分组丢失	ms	40 到 10000
连续丢失率	s ⁻¹	≤10 ⁻¹ （注 2）
随意分组丢失	%	0 到 20
重新排序分组	%	0 到 0.1
注 1 — 本表格表示正常工作的未被管网络的级别。计算灾害情况时损伤情况的损伤等级 H 可以超过本表中规定的范围。		
注 2 — 每 10 秒出现一次连续分组丢失。		

6.3 测试结构

参见图 3。

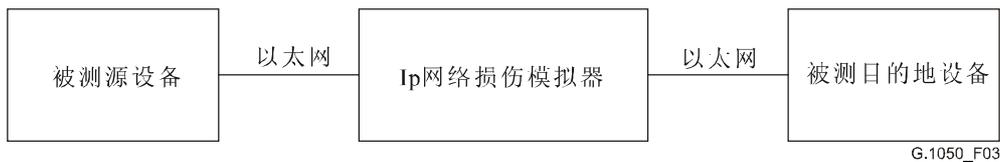


图 3/G.1050—模拟器结构框图

6.4 损伤结合表

每个测试情况包括一组完整的参数和损伤。在连接的每端的 LAN 和接入速率由这些参数的第一个组成。这些速率指示有效速率以及变更，取决于多个因素包括与中心局的距离，超量用户，业务提供，同时出现的用户数量，物理造成的损伤以及其他因素。

表 5 到 8 提供非业务速率的住宅和商行位置的典型速率。

可能的位置组合为：

- 住宅到住宅
- 住宅到商行
- 商行到住宅
- 商行到商行

表 5/G.1050—住宅位置的LAN速率

有效LAN速率 (Mbit/s)	LOO (%)	显示
4	75	802.11b, 10BaseT 网络中心
20	25	802.11g, 100BaseT 网络中心

表 6/G.1050—商业位置的LAN速率

有效LAN速率 (Mbit/s)	LOO (%)	显示
4	20	802.11b, 10BaseT
20	20	802.11g, 100BaseT 网络中心
100	60	100BaseT 交换, Gbit 以太网

表 7/G.1050—住宅位置的接入速率

接入速率		LOO (%)	显示
目的中心 (kbit/s)	起始中心 (kbit/s)		
128	768	40	ADSL
384	1536	50	电缆, ADSL
384	3000	10	电缆, ADSL

表 8/G.1050—商业位置的接入速率

接入速率		LOO (%)	显示
目的中心 (kbit/s)	起始中心 (kbit/s)		
384	1536	40	ADSL 入口
384	3000	15	ADSL 收费
1 536	1 536	40	T1
43 000	43 000	5	T3

本模型平等地权衡住宅和商业 LAN 和接入速率的普遍性。

表 9，完全速率组合表，由所有可能的位置、LAN 速率和接入速率的组合组成。每个组合的 LOO 列为 LAN 速率的 LOO 与接入速率的 LOO 的乘积。在双倍速率组合（或镜像组合）出现处，它们被组合并将相应的 LOO 相加。这导致了其 LOO 值增加到 100% 的 133 个唯一的速率组合。

表 9/G.1050—LAN和接入速率组合

测试情况#	LAN A 速率 (Mbit/s)	A->B 接入速率 (在A) (kbit/s)	A->B 接入速率 (在B) (kbit/s)	LAN B 速率 (Mbit/s)	B->A 接入速率 (在B) (kbit/s)	B->A 接入速率 (在A) (kbit/s)	LOO (%)
1	4	128	768	4	128	768	2.2500
2	4	128	768	20	128	768	1.5000
3	20	128	768	20	128	768	0.2500
4	4	128	1 536	4	384	768	3.4125
5	4	128	1 536	20	384	768	2.6750
6	20	128	1 536	20	384	768	0.5125
7	4	128	3 000	4	384	768	0.7875
8	4	128	3 000	20	384	768	0.6750
9	20	128	3 000	20	384	768	0.1375
10	4	384	768	4	128	1 536	3.4125
11	4	384	768	20	128	1 536	2.6750
12	20	384	768	20	128	1 536	0.5125
13	4	384	1 536	4	384	1 536	5.1756
14	4	384	1 536	20	384	1 536	4.6638
15	20	384	1 536	20	384	1 536	1.0506
16	4	384	3 000	4	384	1 536	1.1944
17	4	384	3 000	20	384	1 536	1.1638
18	20	384	3 000	20	384	1 536	0.2819
19	4	384	768	4	128	3 000	0.7875
20	4	384	768	20	128	3 000	0.6750
21	20	384	768	20	128	3 000	0.1375
22	4	384	1 536	4	384	3 000	1.1944
23	4	384	1 536	20	384	3 000	1.1638
24	20	384	1 536	20	384	3 000	0.2819
25	4	384	3 000	4	384	3 000	0.2756
26	4	384	3 000	20	384	3 000	0.2888
27	20	384	3 000	20	384	3 000	0.0756
28	4	128	1 536	100	384	768	1.8000
29	20	128	1 536	100	384	768	0.6000
30	4	128	3 000	100	384	768	0.6750
31	20	128	3 000	100	384	768	0.2250
32	4	128	1 536	4	768	1 536	0.6000

表 9/G.1050—LAN和接入速率组合

测试情况#	LANA 速率 (Mbit/s)	A->B 接入速率 (在A) (kbit/s)	A->B 接入速率 (在B) (kbit/s)	LAN B 速率 (Mbit/s)	B->A 接入速率 (在B) (kbit/s)	B->A 接入速率 (在A) (kbit/s)	LOO (%)
33	4	128	1 536	20	768	1 536	0.8000
34	4	128	1 536	100	768	1 536	1.8000
35	20	128	1 536	20	768	1 536	0.2000
36	20	128	1 536	100	768	1 536	0.6000
37	4	128	43 000	4	768	43 000	0.0750
38	4	128	43 000	20	768	43 000	0.1000
39	4	128	43 000	100	768	43 000	0.2250
40	20	128	43 000	20	768	43 000	0.0250
41	20	128	43 000	100	768	43 000	0.0750
42	4	384	1 536	100	384	1 536	5.4600
43	20	384	1 536	100	384	1 536	2.4600
44	4	384	3 000	100	384	1 536	1.6538
45	20	384	3 000	100	384	1 536	0.7913
46	4	384	1 536	4	1 536	1 536	0.9100
47	4	384	1 536	20	1 536	1 536	1.3200
48	4	384	1 536	100	1 536	1 536	3.2100
49	20	384	1 536	20	1 536	1 536	0.4100
50	20	384	1 536	100	1 536	1 536	1.7100
51	4	384	43 000	4	1 536	43 000	0.1138
52	4	384	43 000	20	1 536	43 000	0.1650
53	4	384	43 000	100	1 536	43 000	0.4013
54	20	384	43 000	20	1 536	43 000	0.0513
55	20	384	43 000	100	1 536	43 000	0.2138
56	4	384	1 536	100	384	3 000	1.6538
57	20	384	1 536	100	384	3 000	0.7913
58	4	384	3 000	100	384	3 000	0.4725
59	20	384	3 000	100	384	3 000	0.2475
60	4	384	1 536	4	1 536	3 000	0.2100
61	4	384	1 536	20	1 536	3 000	0.3200
62	4	384	1 536	100	1 536	3 000	0.8100
63	20	384	1 536	20	1 536	3 000	0.1100
64	20	384	1 536	100	1 536	3 000	0.5100
65	4	384	43 000	4	3 000	43 000	0.0263
66	4	384	43 000	20	3 000	43 000	0.0400
67	4	384	43 000	100	3 000	43 000	0.1013
68	20	384	43 000	20	3 000	43 000	0.0138

表 9/G.1050—LAN和接入速率组合

测试情况#	LAN A 速率 (Mbit/s)	A->B 接入速率 (在A) (kbit/s)	A->B 接入速率 (在B) (kbit/s)	LAN B 速率 (Mbit/s)	B->A 接入速率 (在B) (kbit/s)	B->A 接入速率 (在A) (kbit/s)	LOO (%)
69	20	384	43 000	100	3 000	43 000	0.0638
70	4	384	768	100	128	1 536	1.8000
71	20	384	768	100	128	1 536	0.6000
72	4	384	768	100	128	3 000	0.6750
73	20	384	768	100	128	3 000	0.2250
74	4	768	1 536	4	128	1 536	0.6000
75	4	768	1 536	20	128	1 536	0.8000
76	20	768	1 536	20	128	1 536	0.2000
77	4	768	1 536	100	128	1 536	1.8000
78	20	768	1 536	100	128	1 536	0.6000
79	4	1 536	1 536	4	384	1 536	0.9100
80	4	1 536	1 536	20	384	1 536	1.3200
81	20	1 536	1 536	20	384	1 536	0.4100
82	4	1 536	1 536	100	384	1 536	3.2100
83	20	1 536	1 536	100	384	1 536	1.7100
84	4	1 536	3 000	4	384	1 536	0.2100
85	4	1 536	3 000	20	384	1 536	0.3200
86	20	1 536	3 000	20	384	1 536	0.1100
87	4	1 536	3 000	100	384	1 536	0.8100
88	20	1 536	3 000	100	384	1 536	0.5100
89	4	768	43 000	4	128	43 000	0.0750
90	4	768	43 000	20	128	43 000	0.1000
91	20	768	43 000	20	128	43 000	0.0250
92	4	768	43 000	100	128	43 000	0.2250
93	20	768	43 000	100	128	43 000	0.0750
94	4	1 536	43 000	4	384	43 000	0.1138
95	4	1 536	43 000	20	384	43 000	0.1650
96	20	1 536	43 000	20	384	43 000	0.0513
97	4	1 536	43 000	100	384	43 000	0.4013
98	20	1 536	43 000	100	384	43 000	0.2138
99	4	3 000	43 000	4	384	43 000	0.0263
100	4	3 000	43 000	20	384	43 000	0.0400
101	20	3 000	43 000	20	384	43 000	0.0138
102	4	3 000	43 000	100	384	43 000	0.1013
103	20	3 000	43 000	100	384	43 000	0.0638
104	100	384	1 536	100	384	1 536	1.4400

表 9/G.1050—LAN和接入速率组合

测试情况#	LAN A 速率 (Mbit/s)	A->B 接入速率 (在A) (kbit/s)	A->B 接入速率 (在B) (kbit/s)	LAN B 速率 (Mbit/s)	B->A 接入速率 (在B) (kbit/s)	B->A 接入速率 (在A) (kbit/s)	LOO (%)
105	100	384	3 000	100	384	1 536	0.5400
106	100	384	1 536	100	1 536	1 536	1.4400
107	100	384	43 000	100	1 536	43 000	0.1800
108	100	384	1 536	100	384	3 000	0.5400
109	100	384	3 000	100	384	3 000	0.2025
110	100	384	1 536	100	1 536	3 000	0.5400
111	100	384	43 000	100	3 000	43 000	0.0675
112	100	1 536	1 536	100	384	1 536	1.4400
113	100	1 536	3 000	100	384	1 536	0.5400
114	4	1 536	1 536	4	1 536	1 536	0.1600
115	4	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0.3200
116	4	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0.9600
117	20	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0.1600
118	20	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0.9600
119	100	1 536	1 536	100	1 536	1 536	1.4400
120	4	1 536	43 000	4	1 536	43 000	0.0400
121	4	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0.0800
122	4	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0.2400
123	20	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0.0400
124	20	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0.2400
125	100	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0.3600
126	100	1 536	43 000	100	384	43 000	0.1800
127	100	3 000	43 000	100	384	43 000	0.0675
128	4	43 000	43 000	4	43 000	43 000	0.0025
129	4	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0.0050
130	4	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0.0150
131	20	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0.0025
132	20	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0.0150
133	100	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0.0225

表 10 列出了 8 个严重等级 (A 到 H)。每个等级包括来自源位置、中心网络和目的地位置的损伤组合。为尽量减少测试时间, 测试方可以选择启动一组与一个特别 SLA (轮廓 A, B 或 C) 相关的测试情况, 参见 6.2.1。关于在损伤算法中精确使用这些参数参见附录二。

表 10/G.1050—损伤严重组合

损伤	严重=>单位	A	B	C	D	E	F	G	H*
轮廓 A LOO	%	50	30	15	5	0	0	0	0
轮廓 B LOO	%	5	25	30	25	10	5	0	0
轮廓 C LOO	%	5	5	10	15	20	25	15	5
源位置 (A) 参数									
LAN A 占用	%	1	2	3	5	8	12	16	20
接入 A 占用	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU A	字节	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508
中心网络损伤									
路由摆动间隔	秒	0	3600	1800	900	480	240	120	60
路由摆动延迟	ms	0	2	4	8	16	32	64	128
延迟 (区域性)	ms	4	8	16	32	64	128	256	512
延迟 (洲际)	ms	16	32	64	128	196	256	512	768
抖动 (峰—峰)	ms	5	10	24	40	70	100	150	500
链路故障间隔	秒	0	3600	1800	900	480	240	120	60
链路故障持续时间	ms	0	64	128	256	400	800	1600	3000
分组丢失	%	0	0.01	0.02	0.04	0.1	0.2	0.5	1
重新排序分组	%	0	0.00025	0.0005	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1
目的地位置 (B) 参数									
接入 B 占用	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU B	字节	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508
LAN B 占用	%	1	2	3	5	8	12	16	20
* 为计算灾害情况, 状态 H 可能超过表 4 中的范围。									

全部列出的 1064 种测试情况标记如下:

- 1A, 1B, 1C...1H 结合成速率组合 1, 其严重等级 A, B, C...H。
- 2A, 2B, 2C...2H 结合成速率组合 1, 具有相同的严重等级 A, B, C...H。
- 等等, 直到...
- 133H 完成全部 $133 \times 8 = 1064$ 种测试情况。

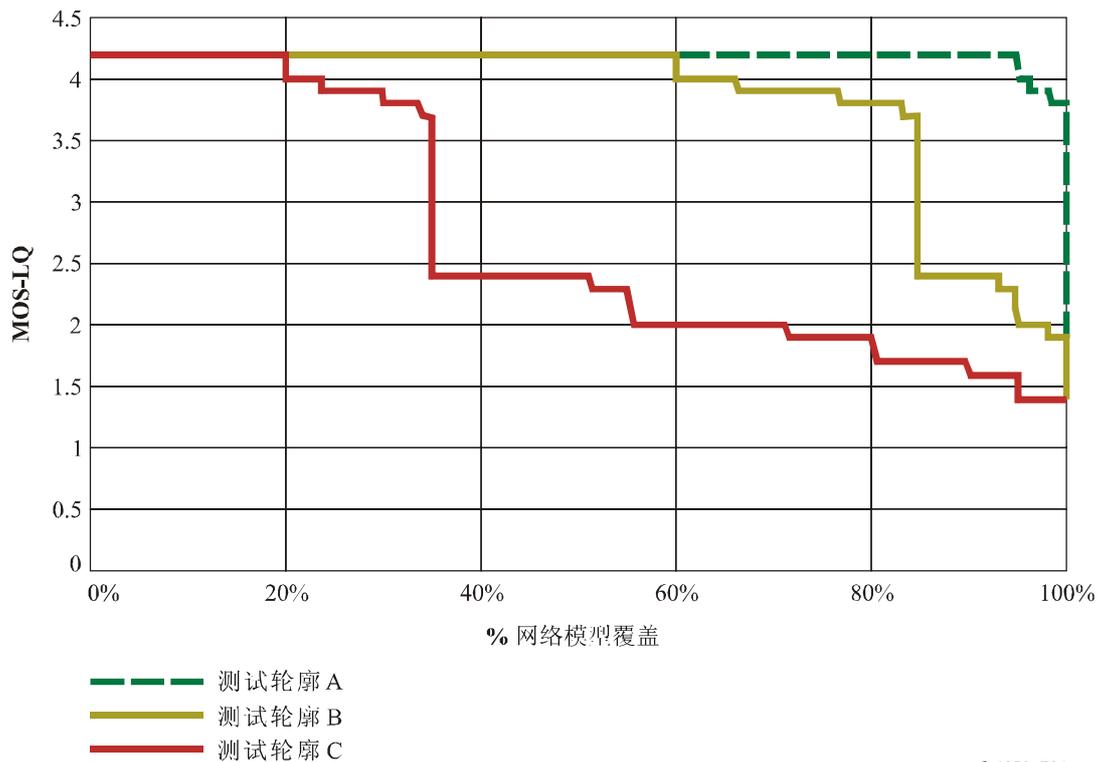
6.5 网络模型覆盖

图 4 到 7 的图示出基于样本结果统计的 VoIP 连接的 NMC 曲线的样本。在样本曲线中，Y 轴示出希望的质量参数，X 轴示出网络模型覆盖百分比。NMC 曲线由下列过程创建：

- 1) 运行每种测试情况（有一个相关的 NMC 得分）。
- 2) 测量希望的参数（例如，PESQ, PEAQ, PSQM, MOS, 通过量, 连接速率, 视频质量测量, 等等。）。
- 3) 结合相关 NMC 得分, 以递减顺序, 采用电子数据表或类似的机制对被测量的参数进行分类。
- 4) 在 Y 轴上绘出被测量的参数和 X 轴上相关的 NMC 得分。
- 5) 结果曲线表示出的性能（在被测量的参数方面）作为网络模型的百分比。

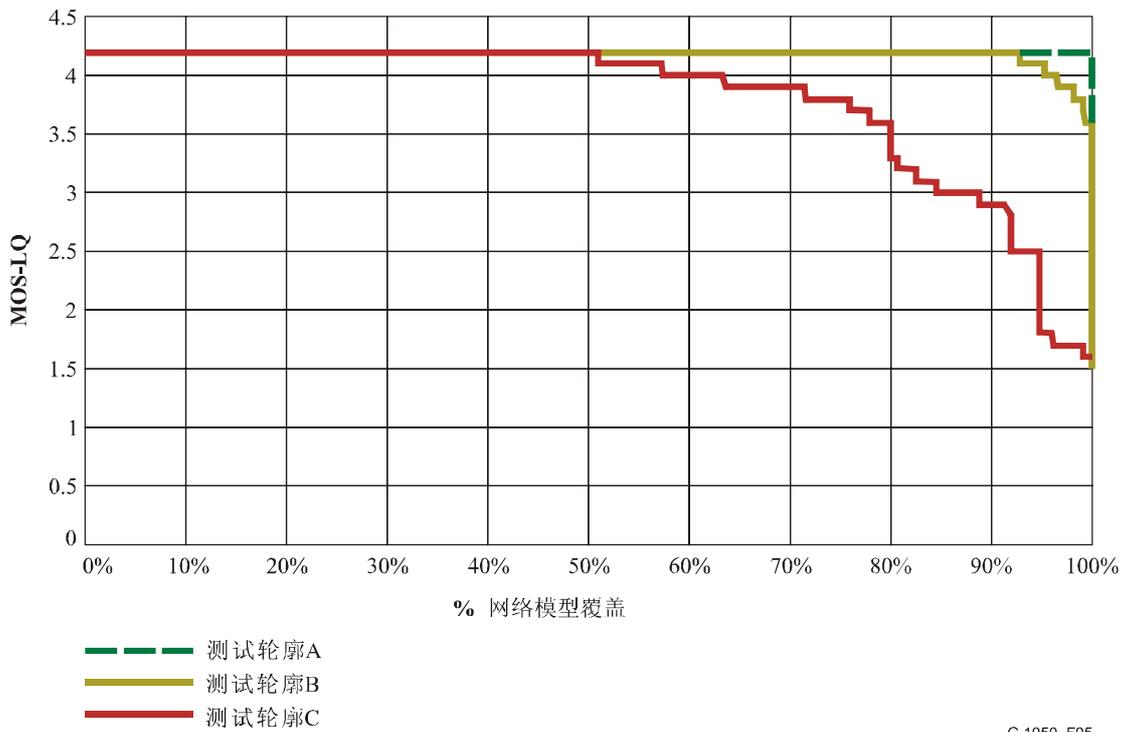
结果图表用于比较不同的 SLA 或服务性能/质量。ITU-T G.107 建议书指配 R 因素和平均意见得分 (MOS) 的用户满意等级—接听质量值。NMC 覆盖 (X 轴) 与得分 (Y 轴) 交叉点指示：将体验用户满意或较高等级的用户的百分比。

这些样本图表比较越过 SLA 轮廓的特定设备的语音质量得分。然而，Y 轴上可以采用任何性能或质量度量以评估 NMC 覆盖交叉服务等级轮廓或多个设备。



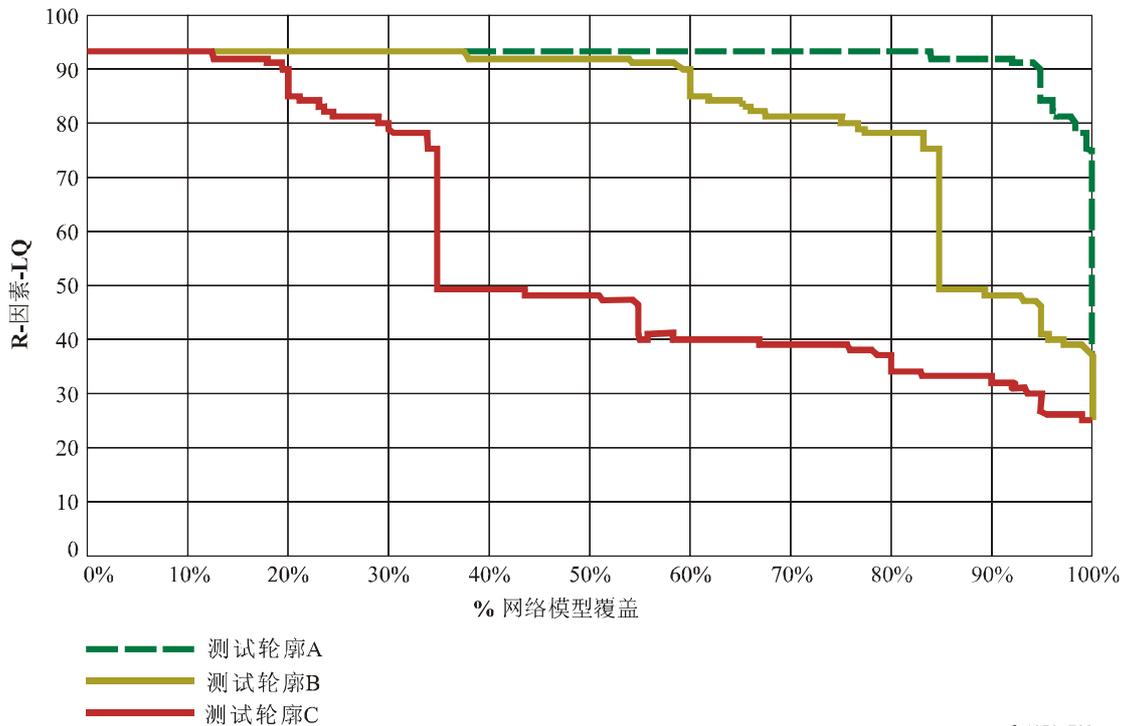
G.1050_F04

图 4/G.1050—采用MOS的样本网络覆盖曲线—
接听品质（40 ms抖动缓冲器）



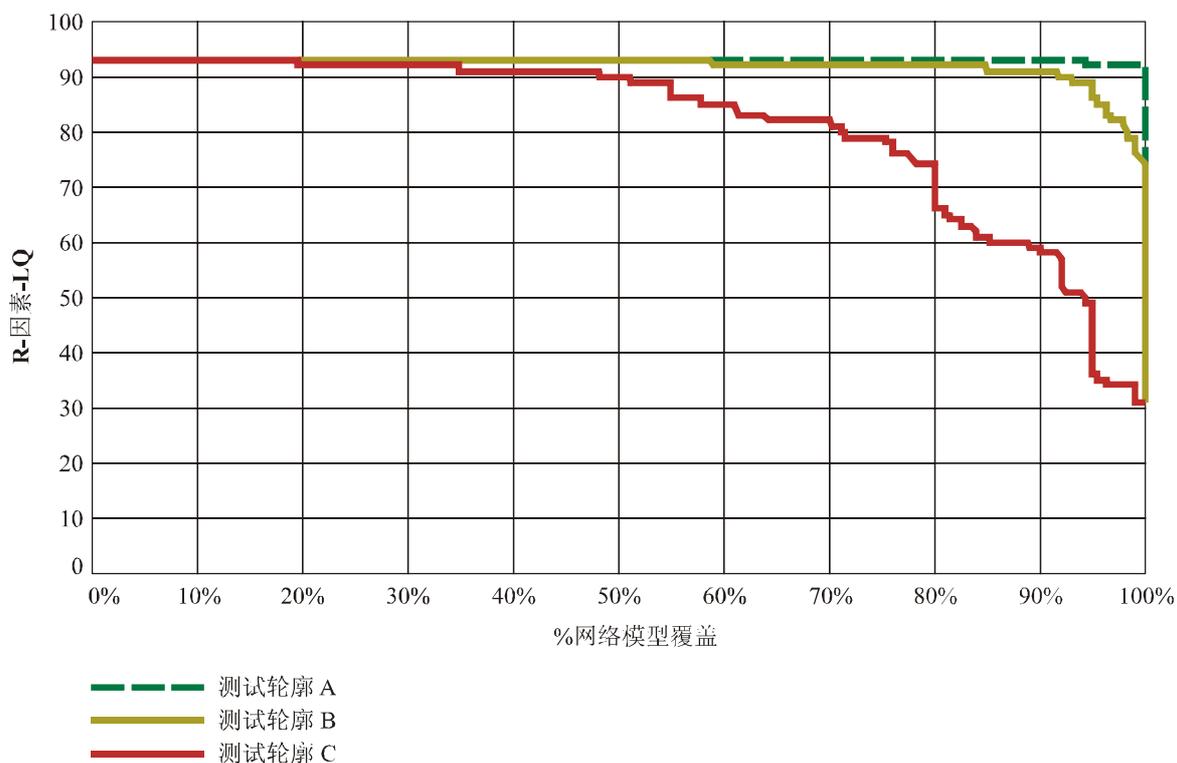
G.1050_F05

图 5/G.1050—采用MOS的样本网络覆盖曲线—
接听品质（100 ms抖动缓冲器）



G.1050_F06

图 6/G.1050—采用R因素的样本网络覆盖曲线—
接听品质（40 ms抖动缓冲器）



G.1050_F07

图 7/G.1050—采用R因素的样本网络覆盖曲线—
接听品质（100 ms抖动缓冲器）

表 11 和 12 的数值表示在用户满意或更高等级上的用户的百分比。百分比近似于图 4 到 7 中的数值。通过这些表和图可以容易地比较实现一个 40 ms 抖动缓冲器与 100 ms 抖动缓冲器的效果。

表 11/G.1050—样本网络模型覆盖和MOS接听品质得分

MOS — 接听品质	图4 (40 ms)			图5 (100 ms)			G.107 用户满意
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
4.3	95%	60%	20%	100%	93%	51%	非常满意
4.0	96%	66%	24%	100%	97%	64%	满意
3.6	100%	85%	35%	100%	100%	80%	一些用户不满意
3.1	100%	85%	35%	100%	100%	85%	许多用户不满意
2.6	100%	92%	51%	100%	100%	92%	将近所有用户不满意
1.0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	未推荐

表 12/G.1050—样本网络模型覆盖和R因素接听品质得分

R因素 — 接听品质	图6 (40 ms)			图7 (100 ms)			G.107 用户满意
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
90+	95%	60%	20%	100%	93%	51%	非常满意
80	98%	77%	30%	100%	98%	72%	满意
70	100%	85%	35%	100%	100%	80%	一些用户不满意
60	100%	85%	35%	100%	100%	89%	许多用户不满意
50	100%	90%	44%	100%	100%	94%	将近所有用户不满意
<50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	未推荐

附录一

IP网络模型基本原理

I.1 无线LANs

基于 IEEE 802.11 系列标准的无线 LANs 为住宅中最广泛配置的 LANs。主要原因是当连接到宽带接入（具有 DSL 或电缆调制解调器）时网络计算机的简便。

无线 LAN 速率主要由物理层技术和运行状态确定。目前住宅中最广泛配置的 LAN 基于 IEEE 802.11b 标准。在考虑到开销和来自其他 2.4 GHz 未许可设备的 RF 噪声以及接入点与无线调制解调器之间的距离的限制后，典型的通过量用户体验约为 4 Mbit/s。因此，表 5（住宅位置的 LAN 速率）中采用 4 Mbit/s。更高的速率 LAN 基于 IEEE 802.11g 和 IEEE 802.11a 标准。直到最近，这些系统的较高的成本已经限制这些单位部署到较早的接受器；因此不能广泛应用。在考虑到 OSI 层 1-3 开销和由于 RF 噪声以及接入点与无线调制解调器之间的距离的限制后，典型的用户通过量为 20 Mbit/s。因此，表 5（住宅位置的 LAN 速率）中采用 20 Mbit/s。

I.2 构建的配线

较其无线形式，单位中配线的以太网通常提供较高的数据速率。这主要由于以太网技术中明显的低开销以及 CAT5/CAT6 传输媒体的抗 RF 噪声进入。构建的配线速率在网络中心和转换安排中包括 10BT（10 Mbit/s）和 100BT（100 Mbit/s）以及最近的用于较早接受器的吉比特以太网。住宅通常采用 10/100 以太网连接，商用一般采用 100 Mbit/s 或 1 Gbit/s 以太网连接。因此，表 5（住宅位置的 LAN 速率）通常采用 10 Mbit/s，表 6（商业位置的 LAN 速率）通常采用 100 Mbit/s。

I.3 网络中心与交换

与交换相比，网络中心在网络速率方面为限制因素。由于业务量间冲突导致网络中心安排上较高的占用等级。而且，许多网络中心限制用户数据发送到半双工。相反地，交换不会遇到冲突并通常在全双工模式中运行。

当鼓励通过单位网络中使用网络中心进行交换以降低成本时，仍有相当多的网络中心安排在使用。为减少数据速率变量数，当采用网络中心时，10 Mbit/s 配线 LAN 的用户通过量假定为 4 Mbit/s，与采用交换的 IEEE 802.11b 无线 LAN 的速率相同。

I.4 接入速率

接入技术主要包括 ADSL、电缆调制解调器、SDSL、ISDN、T1、T3/E3 或纤维。这些技术最广泛的配置为 ADSL 和电缆调制解调器。电缆和电信提供商竞争非常激烈并提供类似的速率。最近，业务提供商已经提供下行 3 Mbit/s 和上行 384-512 kbit/s。在考虑到 OSI 层 1-2 开销和由于服务距离以及基础设施中的损伤而减少的速率后，典型的用户通过量估计为下行 1536 kbit/s 和上行 384 kbit/s。为减少模式中的变量数，通过量数也与 T1 和 SDSL 的通过量一致。此外，384 kbit/s SDSL 也成为重要的部署。在 ADSL 不能及的配线环回上扩展带宽时这个速率非常有用。不同于 ADSL 技术，SDSL 和其他相称的技术允许业务水平协商保证的速率，并越来越具商业意义。在考虑到开销后，假设 T3 具有有效通过量为 43 Mbit/s。表 7 和 8 中的速率源于这些假设。

I.5 路由器延迟

参见表 I.1。

表 I.1/G.1050—由路由器任务导致的典型延迟的例子

任务	平均总延迟（排队和处理之和）	延迟变更
接入网关	10 ms	16 ms
互联网工作网关	3 ms	3 ms
分配	3 ms	3 ms
中心	2 ms	3 ms

I.6 来自匿名IP网络业务提供商的损伤数据

表 2 到 4 中的端到端特性源自匿名业务提供商和网络设备制造商的网络损伤数据，并包括 LAN 和接入部分的贡献。

附录二

分组延迟和丢失算法

II.1 普通IP网络模型

IP 网络模型化为 5 个分段的串联：本地 LAN 段、本地接入链路段、中心 IP 网络段、远端接入链路段、远端接入链路段、远端 LAN 段。每段均引入具有某些可能性和时变延迟的分组丢失。模型的输入为一组分段参数（LAN 和接入速率、占用和一组中心网络）、分组长度、分组速率以及将端到端发送的分组总数。1 ms 的时间分片被指配给延迟值和采用模型参数的丢失概率。当分组到达时，指配到达时的延迟值和丢失概率毫秒。输出为每个分组总的延迟值并指示是否有分组丢失。

II.2 分组丢失模型

II.2.1 突发分组丢失

通常 IP 网络中的分组丢失是突发性的。在本模型中，突发的定义是一个由丢失的分组界定的时间段，在此时间段中分组丢失最严重。“连续丢失期”非常著名，此时间段内丢失了全部分组。

采用两状态模型模拟突发分组丢失，一种 Gilbert-Elliott 模型，它在一个高丢失率状态（HIGH_LOSS 状态）和低丢失率状态（LOW_LOSS 状态）之间转换。Gilbert-Elliott 模型的每段有 4 个参数：HIGH_LOSS 状态中的丢失概率、LOW_LOSS 状态中的丢失概率，从 HIGH_LOSS 到 LOW_LOSS 状态的转换概率以及从 LOW_LOSS 到 HIGH_LOSS 状态的转换概率。中心网络的丢失率为给定的参数。LAN 和接入链路的丢失率取决于 LAN 和接入链路占用参数。此模型的伪代码如下：

```
if rand() < loss_probability[LOSS_STATE]
    loss = TRUE
else
    loss = FALSE
endif
if rand() < transition_probability[LOSS_STATE]
    if LOSS_STATE == HIGH_LOSS
        LOSS_STATE = LOW_LOSS
    else
        LOSS_STATE = HIGH_LOSS
    endif
endif
endif
```

II.2.2 连续的分组丢失

在中心网络中另一个丢失源是链路故障。这导致某时段的连续的分组丢失。采用 2 个参数进行模拟，定期链路故障率和链路损耗出现的持续时间。

II.3 延迟变更模型

时间系列模型用于描述具有某些随时间变化性能的序列的特性。它们典型地包括一个或多个由噪声和基本信号或定期元素联合驱动的滤波器功能。

延迟轨迹的“尖峰”特性建议：抖动可以采用一个脉冲噪声序列模拟。在网络中某阶段上分组遇到的延迟应是干扰业务和业务量的连续延迟的函数。脉冲的高度应是连续延迟的函数，频率为拥塞等级的函数。LAN 拥塞往往出现在短突发中——采用以太网的 CSMA/CD 算法，一个分组可能被延迟，然而，下一个可能立刻接入到 LAN；这提出一个短的滤波器响应时间。由于边缘选路器填充中的序列，接入链路拥塞通常与短期延迟变化相关；这提出一个较长的滤波器响应时间。延迟变化的伪代码为：

```
if rand() < impulse_probability
    i = impulse_height
else
    i = 0
endif
d(n) = d(n-1) * (TC) + i * (1-TC)
```

其中 $d(n)$ = 分组 n 的延迟，TC 显示滤波器时间常量。

II.3.1 LAN和接入链路抖动

LAN 和接入链路中的抖动采用每毫秒延迟值模拟，通过单极滤波器传送脉冲创建。在每段中，对于每毫秒，根据某些概率一个脉冲或零输入到滤波器。然后计算滤波器输出，结果变为该毫秒的延迟值。根据分组到达时的以毫秒为单位的当前值将延迟值应用于分组，但到达分组的次序将维持。脉冲的幅度与该段的连续延迟成比例。脉冲发生的概率与分段的拥塞等级成比例。对于 LAN 段不采用滤波器；延迟直接来自于脉冲。对于接入链路段，采用具有一个时间常量的滤波器度量 1 ms 间隔的值。

II.3.2 中心网络抖动

模拟中心网络抖动是不同的。每分组加入随机延迟。本延迟均匀地分布在从 0 到中心网络抖动参数值中。

II.3.3 中心网络基础延迟和路由摆动

一个基础延迟参数与中心网络相关。另一个延迟变化源是中心网络中的路由摆动。这由中心网络的基础延迟的变化模拟。一个定期的路由摆动率是一个给定的参数。当路由摆动出现时，模型将加上或减去至或自中心网络延迟的路由摆动延迟。对于每个路由摆动，模型联系路由摆动延迟的加和减。

II.4 中心分组重新安排

在模型中，只允许中心根据延迟重新安排分组。每个时间片有一个延迟值。当分组到达时，当前的延迟值适用于该分组。只有中心段允许重新安排。在其他段中，分组按其到达的顺序发送，不管指配的延迟值。

II.5 模型输出

如果在任何段中一个分组标志为丢失，则它为丢失。

加到一个分组上的全部延迟为来自每段的延迟之和。由于延迟变化可能有失序的分组。LAN 和接入链路不应引起分组重新安排。因此，首先总计由于 LAN 和接入链路造成的延迟并调整延迟以维持分组的次序。然后再加上由于中心网络造成的延迟。这可能导致失序分组。

II.6 模型输入参数

下列是模型输入参数列表以及这些参数的使用方法。

II.6.1 本地和远端LAN段参数

表 5 和 6 中所列的输入参数：

- 1) LAN 速率。本速率用于计算 LAN 段延迟。
- 2) LAN 百分比占用。

导出的参数：

- 1) LAN 丢失概率。每丢失状态一个值。当前值：对于低丢失状态，概率为 0。对于高丢失状态，它为 $0.004 \times$ 百分比占用。
- 2) LAN 丢失状态转移概率。每丢失状态一个值。当前值：从低丢失到高丢失状态转移的概率为 $0.004 \times$ 百分比占用。相反转移的概率为 0.1。
- 3) LAN 抖动滤波器脉冲高度。每丢失状态一个值。当前值：最大脉冲高度 = $(MTU - \text{长度比特次数}) \times (1 + (\text{百分比占用}/40))$ 。对于低丢失状态的值为随意变量，从 0 到最大脉冲高度均匀分布。高丢失状态的值为最大脉冲高度。
- 4) LAN 抖动滤波器脉冲概率。当前值：对于低丢失状态的值为 0。对于高丢失状态的值为 0.5。
- 5) LAN 抖动滤波器系数。滤波器输出为当前分组的延迟值。本延迟为 $A \times (\text{脉冲高度}) + (1 - A) \times (\text{前延迟})$ 。当前值：A=1（即无滤波）。

II.6.2 本地和远端链路段参数

- 1) 链路速率。本速率用于计算 LAN 段延迟。
- 2) 链路百分比占用。
- 3) 链路 MTU 长度。
- 4) 链路丢失状态转移概率。每丢失状态一个值。当前值：从低丢失到高丢失状态转移的概率为 $0.0003 \times (\text{百分比占用})$ 。相反转移的概率为 $0.2 / (1 + (\text{百分比占用}))$ 。
- 5) 链路抖动滤波器脉冲高度。每丢失状态一个值。当前值：最大脉冲高度 = $(MTU - \text{长度比特时间}) \times (1 + (\text{百分比占用}/40))$ 。对于低丢失状态的值为随意变量，从 0 到最大脉冲高度均匀分布。对于高丢失状态的值为最大脉冲高度。
- 6) 链路抖动滤波器脉冲概率。当前值：对于低丢失状态，值为 $0.001 + (\text{百分比占用}) / 2000$ 。对于高丢失状态，值为 $0.3 + 0.4 \times (\text{百分比占用}) / 100$ 。
- 7) 链路抖动滤波器系数。滤波器输出为当前分组的延迟值。延迟为 $A \times (\text{脉冲高度}) + (1 - A) \times (\text{前延迟})$ 。当前值：A=0.25。
- 8) 链路丢失概率。每个丢失状态一个值。当前值：对于低丢失状态，概率为 0。对于高丢失状态，它为 $0.0005 \times$ 百分比占用。
- 9) 链路基础延迟。这是分组一长度比特次数。它假定根据应用分组长度是固定的。

II.6.3 中心IP网络段参数

- 1) 延迟。
- 2) 分组丢失。只有一种丢失状态。丢失概率在中心网络丢失概率参数中给出。
- 3) 抖动。中心网络中的抖动模拟为增加的延迟，在 0 和中心网络抖动参数值间均匀分布。
- 4) 路由摆动间隔。
- 5) 路由摆动延迟。
- 6) 链路故障间隔。
- 7) 链路故障持续时间。
- 8) 重新安排百分比。

参考资料

- TIA/EIA 496A-1989, *Interface Between Data Circuit Terminating Equipment (DCE) and the Public Switched Telephone Network*, which includes a Network Model for Evaluating Modem Performance.
- TIA/EIA TSB 37A-1994, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*, which became ITU-T Rec. V.56 bis-1995.
- TIA/EIA TSB 38-1994, *Test Procedures for Evaluation of 2-Wire 4 Kiloherz Voice Band Duplex Modems*, which became ITU-T Rec. V.56 ter-1996.
- ANSI/TIA/EIA 3700-1999, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*.
- ANSI/TIA/EIA-793-2001, *North American Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Client and Digitally Connected Server Modems*.
- ANSI/TIA-876-2002, *North American Network Access Transmission Model for Evaluating xDSL Modem Performance*.
- TIA/EIA-810-A-2000, *Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones*.
- TIA-1001-2004, *Transport of TIA-825-A Signals over IP Networks*.
- TIA/EIA TSB-116-2001, *Telecommunications – IP Telephony – Voice Quality Recommendations for IP Telephony*.
- TIA/EIA TSB-122A-2001, *Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Router/Gateway Loss and Level Plan Guidelines*.
- ETSI TIPHON TS 101 329-2, *End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 2: Definition of Quality of Service (Qos) classes*.
- IEEE 802.11a-1999 (8802-11:1999/Amd.1:2000(E)), *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 1: High-speed physical layer in the 5 GHz band*.
- IEEE 802.11b-1999/Cor1-2001, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 2: Higher-speed physical layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band – Corrigendum 1*.
- IEEE 802.11g-2003, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band*.

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