

微软战略性技术丛书

带宽的竞争： 全面理解数据传输

关键技术的指南

- 快速 Internet 连接
- 无线通信
- 电视会议和交互式电视

[美] CARY LU 著

北京博彦科技发展有限公司 译



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

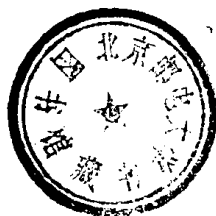
Microsoft® Press

761348

微软战略性技术丛书

带宽的竞争： 全面理解数据传输

[美] Cary Lu 著
博彦公司 译



21113000946348

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

带宽的竞争: 全面理解数据传输

The Race for Bandwidth: Understanding Data Transmission

Cary Lu

Copyright © 1998 by The Estate of Cary Lu.

Original English language Edition Copyright © 1998 by The Estate of Cary Lu.

Published by arrangement with the original publisher, Microsoft Press,
a division of Microsoft Corporation, Redmond, Washington, U.S.A.

本书中文版由 Microsoft Press 授权清华大学出版社出版。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-98-2290 号

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有 Microsoft Press 激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

带宽的竞争:全面理解数据传输/(美)卢(Lu, G.)著;博彦公司译.一北京:清华大学出版社,
1998.12

(微软战略性技术丛书)

ISBN 7-302-03311-0

I. 带… II. ①卢… ②博… III. 宽带通信系统 IV. TN.914.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 00794 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×960 1/16 印张:8.75 字数:174 千字

版 次:1999 年 2 月第 1 版 1999 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03311-0/TP·1778

印 数:0001~5000

定 价:20.00 元

译 者 序

当拿起本书时,您也许会问:“什么是带宽?”在 Internet 飞速发展的今天,带宽经常与 ISP、Web 站点等术语联系在一起,那么带宽是随着 Internet 而出现的概念吗?

信息和新技术每天都冲击着世界,迅速发展的电子商务和通信似乎永远都不会停止。Internet 在发展,通信在加速,计算机变得越来越便宜,电线把整个世界连接在了一起。

但是面对大量的信息以及各种各样的获取信息的手段,如何才能又快又便宜地得到信息呢?

本书的作者 Cary Lu 详细地介绍了带宽的概念和发展历史,介绍了数据传输的方方面面和带宽在其中所起的作用。本书对于快速 Internet 连接、无线通信以及电视会议和交互式电视等方面具有很大的参考价值。

本书中出现了很多通信方面的术语,我们尽量采用标准译法,并在书后附上了词汇表以供读者参考。如有不正确的地方,希望读者谅解并提出宝贵意见。

北京博彦科技有限公司

1998 年 9 月

序

Life is what happens to you while you're busy making other plans.
John Lennon, "Beautiful Boy (Darling Boy)," 1980

我拿起话筒,传来一个清晰的声音,“请找 Ellen Chu。”

“请说。”我说道。

“我是 Cary Lu,《High Technology》杂志的责任编辑,希望知道您是否能教成年人写作。”于是我将自己介绍给 Cary Lu——本书和广为人知的《The Apple Macintosh Book》一书的作者。我对这个电话感到迷惑,于是查阅当时在波士顿发行的《High Technology》的发行人栏,看看是否确有其人。果真有他。但他又是怎样知道我,一个刚刚走出研究生院的生物学家、麻省理工学院教授科技写作的新助理教授的呢?我立即发现,从职业上说,Cary 并没有听说过我,而且不是真地希望我教任何成年人写作。事实也正如此,他的母亲偶尔从我父母处得知我已搬到了波士顿,是她希望我们建立联系的。

那是 1982 年,四年后我们结婚了。在仅仅 15 年后的 1997 年 9 月,Cary 因癌症去世。

对于教“成年人写作”,Cary 非常有经验。经过大学的物理学训练,以及大学毕业和研究生阶段在视觉感知方面的研究,Cary 又用了十年的时间从事电影、电视工作,主要是为 Nova、Sesame Street 和 Infinity Factory 制作科学节目。在 70 年代,多种科学、电影和电视顾问工作让他有机会周游世界;在非洲生活,并且在廉价的 New York City 旅馆住了一年,这地方离林肯中心很近,以至几乎每天晚上结束工作回家之后,他稍睡片刻,就去观看歌剧。在 80 年代早期,Cary 觉得应该寻找一个更稳定的职业。因为他对技术感兴趣,于是买了一台 Zenith 微机,并且打算看看是否能自学写作。

Cary 在随后的几年中写了很多东西。他的写作风格和打电话一样简洁并独具特色。在我从事科技编辑工作期间,Cary 的作品事实上是我唯一想添加内容的作品。Cary 像追求简洁一样疯狂地追求精确;他还希望他写的每篇文章以及每本书都是相关主题中描述最全面的。他在 1982 年为《High Technology》写的文章“Microcomputers: The Second Wave”中列举了 3 页、24 栏的表格,涵盖了 22 种型号的微型计算机,包括硬件规格、制造商地址、脚注和附加的解释。1983 年,另一个关于“Dawn of the Portable Computer”的 3 页 29 栏的表格涵盖了 27 种便携机。为了得到这些表格中的数据,Cary 在工业界仔细搜寻,计算显示器的像素并用一系列的疑问向市场工作人员发难。

Cary 是技术知识难题和解决办法的仓库。他的《The Apple Macintosh Book》,自从 1984 年首次印刷后已经发行到了第四版,其中不仅解释了在家或办公室中轻松安装 Macintosh 的方法,还解释了复印机和激光打印机中的静电复印技术、局域网的基本知识和计算机之间传输数据的复杂性。对于仍然在我们房间里的几台计算机来说,他

对自己组装的那台 PC 最为自豪,该机中百分之九十九的部件物有所值,而其他的则是免费材料。他对事物直截了当进行说明的声誉几乎成为微机工业的传奇。当朋友们或其他记者想知道某个新产品详细的背景知识时,他们就会给 Cary 打电话。仰慕者们不仅惊讶于他所知道的每一件事,还惊讶于他总是在电话里直接回答。

Cary 热爱技术、音乐和孩子。他在波士顿的公寓里到处都是电线、散乱堆积的视听设备和计算机设备,还有一个巨大的橙色枕头压在《Sesame Street》专集上。在楼梯的顶部有一个实际大小的 Big Bird 的剪贴画迎候着来宾。在客厅角落壁板的架子上,独特的玩具布满了尘土。当我们在 1986 年买了所房子并搬到西雅图之后,他将地下室改装成电子作坊,并给整座房子连上了以太网。在房子原主人存放有角玻璃器皿的地方,Cary 收藏了上百张音乐 CD。

然而在他的整个事业生涯中,Cary 从未买过关于计算机的任何正统科技书籍,特别是 Internet 和爱好者方面的书籍。即使作为数字时代的建筑师,Cary 仍然相信计算机和技术只是工具,并像其他工具一样可能被误用。他在《The Apple Macintosh Book》一书中写到,“卖出一百万台 Macintosh 计算机是否意味着一千万张糟糕的图片?”90 年代中期,Lake Washington 学校地区想要通过几项技术协议的时候,我和 Cary 努力试图说服我们孩子所在小学的校长:比起孩子们忽略使用计算机来说,这种方式更会使孩子们忽视学习阅读。“最后一次大笔技术征税通过后,你们安装了一大堆无人使用的 Commodore 64 计算机。现在你们还有一大堆 Apple II。地方当局是否已经从这些经验中学到了什么?”我们在这次战斗中失败后,地方当局赢得了他们的税收,Cary 卖给学校几台 Macintosh 计算机和几台精密显微镜,然后自愿花费相当可观的时间帮助职员建立并维护一个运行的、有用的计算机系统。

Cary 第一次告诉我说他想写一本关于带宽方面的书时,我的反应是“什么是带宽”。仅仅当我阅读完了长长的校样后才认识到,此题目将他天真烂漫的魅力和整个成熟的带宽领域专业技术巧妙地结合在一起。阅读第二章“通信简史”时,我回忆起 1985 年沿 North Carolina Outer Bank 的一次汽车旅行。那时应该在多风的 Kitty Hawk 停一下,Wright 兄弟就是在那里实现了他们第一次成功的飞行,Guglielmo Marconi 也在这个海滩首次发送了跨越大西洋的无线电通信。如果 Cary 一气呵成将整个章节写完,我一点也不会感到惊奇。

虽然他在完成《带宽的竞争》(The Race for Bandwidth)之前去世了,但其中的文字仍然是精炼的,Cary 所特有的。除两章以外的所有章节大体写完了,Cary 已做了一个讲座,该讲座为 Internet 章节打下了基础。在最后的日子里,他花了大量时间和他的密友 Stephen Manes 和 Adam Engst 讨论尚未完成的章节。Stephen Manes 为《New York Times》和其他出版物撰写计算机专栏,Adam Engst 是电子时事通讯《TidBITS》的发行人和《Internet Starter Kit》系列丛书的作者。他们答应完成本书,我非常感激他们这样做了。在用 Cary 演讲稿组织 Internet 章节,并更新几处在他去世后移到前面的相关技术内容的工作中,Adam 和 Steve 对全书的内容重新进行了组织并编辑了全部文字。没有他们的辛勤劳动,这里有的也许仅是内容而绝对不是一本书。

十年前,在匆忙完成《The Apple Macintosh Book》第三版的修订版之后,Cary 和我向我们的女儿 Meredith 表达了这样的感情:“她在她的父母还未完成修订工作便到来

了,并一直呆到该书出版。”在第四版的致谢中写到“上一版的工作由于 Meredith 的到来而延迟;而这一次延误是由于 Nathaniel。至于下一版,我不得不去寻找其他理由。”这一次是《带宽的竞争》延期交付了,因为我们忙碌的时候生活并没有停止。

Ellen W. Chu

1998 年 5 月于华盛顿,柯克兰

目 录

第 1 章 带宽为什么是至关重要的	1
1.1 带宽意味着什么?	1
1.1.1 为什么必须了解带宽	2
1.1.2 混乱的根源	3
1.2 控制带宽的斗争	3
1.2.1 Internet 改变了这一规则	4
1.2.2 有限的资源	4
1.3 增加带宽的动力	5
1.4 费用降低,规则改变	5
1.4.1 障碍的消失	6
1.4.2 差的信息会赶走好的信息吗?	6
1.5 数量,不是质量	6
1.5.1 行话和事实	7
1.5.2 带宽可以增加,时间不会增加	7
1.6 一些适度的预测	7
1.6.1 如果现在还没有出现	8
1.6.2 商家说	8
1.6.3 您想要什么? 您想支付什么?	8
1.7 Internet 永远足够快吗?	8
第 2 章 通信简史	10
2.1 长途通信	10
2.1.1 电报	10
2.1.2 电话	12
2.1.3 传真	13
2.2 广播和电视	13
2.3 计算机通信	14
2.3.1 计算机网络	15
2.4 媒体封装	17
结论	18

第3章 关于带宽的思考	19
3.1 一条慢船胜过一条快速线路	19
3.2 模拟带宽	22
3.3 带宽的形式	22
3.4 模拟的还是数字的	23
3.4.1 将模拟信号转换为数字信号的原因和方法	24
3.4.2 数字信号不比模拟信号更好	24
3.4.3 数字信号的优点	25
3.4.4 数字信号的另一个优点	26
结论	27
 第4章 带宽	28
4.1 模拟带宽	28
4.1.1 音频质量和模拟带宽	29
4.1.2 音质和动态范围	29
4.1.3 规则的例外	30
4.1.4 视频带宽度量	31
4.2 数字带宽	31
4.2.1 位与字节	32
4.3 模拟和数字带宽的比较	34
4.3.1 通过采样把模拟信号转换为数字信号	35
4.3.2 有关模拟带宽的问题	35
4.3.3 模拟的优点	39
4.3.4 将模拟转换为数字的优点	39
4.3.5 数字带宽的问题	39
4.3.6 数字的优点	43
结论	44
 第5章 广播带宽:音频	45
5.1 调幅(AM)无线电广播	45
5.2 调频(FM)无线电广播	48

5.2.1 未来的数字广播格式	50
5.2.2 调频广播的局限	51
5.3 卫星音频	52
5.3.1 数字音频广播服务	52
5.3.2 加拿大卫星广播	54
结论	55
第6章 广播带宽:视频	56
6.1 电视带宽	56
6.1.1 电视图像	56
6.1.2 TV 广播带宽	57
6.1.3 VHF 和 UHF	58
6.1.4 有线电视	59
6.1.5 微波电视	60
6.2 彩色电视	60
6.2.1 兼容彩色电视	60
6.2.2 复合彩色信号	61
6.2.3 组合彩色信号	61
6.2.4 用户视频连接器	61
6.3 卫星电视	62
6.3.1 卫星天线的大小	62
6.3.2 卫星带宽:模拟	63
6.3.3 卫星带宽:数字	63
6.4 电视频道中的数据广播	64
6.4.1 垂直消隐间隔(VBI)	64
6.4.2 北美基本文字广播电视规范(NABTS)	65
6.4.3 闭路字幕数据	65
6.4.4 画面区的数据	66
6.4.5 视频边带中的数据	67
6.4.6 在整个电视频道上的数据	67
6.4.7 数据广播标准和发布	68
6.5 全球电视制式	68
6.5.1 视频带宽	69

6.5.2	PAL 和 SECAM 彩色	70
6.5.3	选择彩色制式	70
6.5.4	电视系统的兼容性	71
6.6	高清晰度电视	71
6.7	电影	73
结论		73
第 7 章	点对点带宽	75
7.1	有线通信	75
7.1.1	公共交换电话网	75
7.1.2	电话带宽	77
7.1.3	ISDN	80
7.1.4	数据包交换的数据通信	82
7.2	蜂窝通信	86
7.2.1	模拟蜂窝系统	86
7.2.2	数字蜂窝系统	89
7.2.3	数字蜂窝技术	90
7.2.4	蜂窝数据通信	92
7.2.5	其他蜂窝数据选项	94
7.3	寻呼机	95
7.4	传真	96
结论		97
第 8 章	带宽和 Internet	98
8.1	传输混淆	98
8.2	为 Internet 带宽分类	99
8.3	占用多少带宽?	100
8.3.1	慢速数据类型	100
8.3.2	慢速连接	100
8.3.3	快速数据类型	101
8.3.4	快速连接类型	102
8.4	Internet 工作的方式	102
8.5	瓶颈	104

8.5.1 调制解调器瓶颈	104
8.5.2 延时	105
8.5.3 转换	106
8.5.4 电话公司的限制	106
8.5.5 如何增加容量?	107
8.5.6 ISP 通信堵塞	108
8.5.7 其他瓶颈	110
8.6 替代声音线路进入 Internet 的方法	110
8.6.1 综合服务数字网	111
8.6.2 电缆访问	111
8.6.3 数字用户线路服务	112
8.6.4 T1 公寓	112
8.6.5 无线和蜂窝	112
8.6.6 卫星服务	113
8.6.7 无线扩展频谱	113
8.7 理论与实践的比较	113
8.7.1 费用是多少?	114
8.7.2 其他与费用有关的因素	114
8.8 广播数据	115
8.9 什么将填充我们的带宽?	117
后记	119
术语	121

第 1 章 带宽为什么是至关重要的

我们的信息社会一直在围绕着带宽这一概念活动。电话公司、电视广播公司、有线电视公司和 Internet 服务提供商的根本权力和利益在于他们能够控制(或试图控制)发展和使用带宽的方式。

带宽是如此重要,以至于它始终处于政府的控制之下

政府认为带宽是最重要的。因而专门建立了联邦通信委员会(Federal Communications Commission)和国家公共设施委员会等团体,明确地通过无线电通信条例、波段拍卖和官方标价来管理带宽。通常,最重要的问题都隐藏在细枝末节中,隐藏在法律条文深处,甚至在广泛涉及和讨论时,也不会引起多大注意。

1.1 带宽意味着什么?

带宽是信息流的度量标准

“带宽”这一抽象概念到底意味着什么呢?带宽是在给定的时间内有多少信息可以从一个地方传输到另一个地方的度量标准。信息流可以采用许多方式——通过电话线的交谈、通过无线电波的电视节目广播或从计算机中的 CD-ROM 向屏幕发送数据。但是这个术语正逐渐演变为传输媒体或设备的传输能力,例如人们经常会说,“您的调制解调器连接将给您带来多少带宽?”要想在给定的时间内发送更多的信息,或想更快地发送信息,就需要更多的带宽。因此,这个相当简单的技术概念有着极其丰富的内涵。

较高的带宽能够发送更多的信息

举一个音频的简单例子:尽管电话中的声音也很容易听懂,但它们不像在调频收音机上所听到的那样清楚。这主要是因为调频无线电广播使用的带宽是一条电话线使用带宽的六倍。那些多出的带宽帮助 FM 发送更高的高频、更低的低音和更少的噪音。

现在,让我们考虑一个有关视频的问题:为什么 CD-ROM 上的影片与我们在电视上所看见的相比,画面通常要小、不稳定而且模糊呢?答案是,CD-ROM 提供的带宽仅是广播电视带宽的若干分之一。让我们看得更仔细一些:广播一个高清晰度的电视频道需要的带宽大约相当于 300 条电话线。

1.1.1 为什么必须了解带宽

带宽影响我们体验信息的方式

为什么要花费心思考虑带宽呢?正如我们刚看到的,因为它直接影响我们体验信息的方式。设想一下,如果电视带宽突然由于某种原因减少到二百分之一,将会发生什么事情呢?——这个结果实际上是不可预见的。其实也不用设想它:只要看一看通过低带宽调制解调器与 Internet 连接时看到的可怜的视频图像就可以了。



图 1-1 通信设备所需带宽比较

带宽的利用情况影响公司的经营方式

带宽是任何一个公司活力的源泉。设想一下在没有电话、传真或电子邮件的环境中工作的情形。如果再过几年,您将意识到公司采用带宽的决定对公司的成败会起关键作用。那么,您是通过高速 Internet 链接同电子世界时刻保持联系呢,还是用断断续续的调制解调器连接勉强应付呢?当您参加电视会议时,同事的表情和声音是依稀难辨呢,还是同事们看起来就像在自己的办公室一样清楚呢?其答案在很大程度上都取决于带宽问题。

访问带宽影响人们的娱乐活动

当今的大多数娱乐活动也取决于带宽。您是想要很快就能在家里的高清晰度电视上观看电影和体育节目(这要比现有的频道更多的带宽)呢,还是要广播公司把相同的带宽细分成两打频道,使它看起来比现有的质量要略微差一些呢?是使我们的World Wide Web连接能够发送看起来极好的全动态视频呢,还是仍然称它为World Wide Wait? 其答案也都与带宽有关。

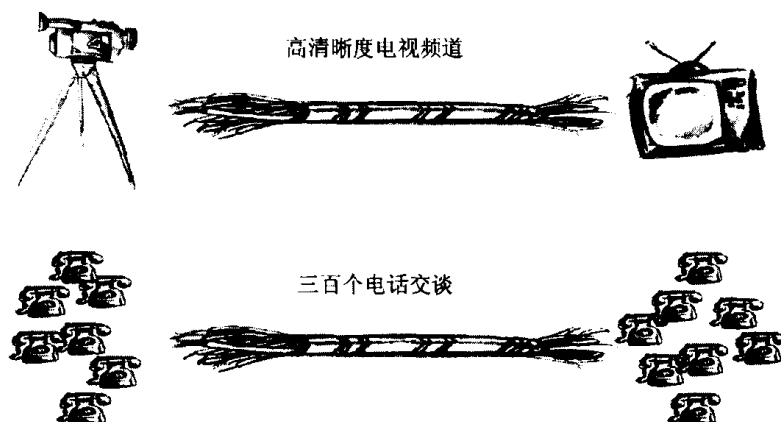


图 1-2 视频比音频需要更宽的带宽

1.1.2 混乱的根源

有关带宽的宣传事实和图表可能引起误导

了解带宽的基本内容并不很复杂。复杂的是从宣传事实中分辨出骗局。当今,许多有关带宽的通告和文章都充满了错误、误解和故意的误导声明。通常我们并不能分辨出发布一个错误声明的人是试图误导还是不小心犯了一个错误。技术行业并没有帮助我们抛弃不准确的或过于片面的数据和概念。例如,您将在第8章“带宽和Internet”中看到,称作10MB以太网的连接却从来没有以一秒钟10MB的速度发送过数据;甚至相差很远。并且您也会看到,为什么数字的并不总是比模拟的好(尽管某些人总是尽力让您相信这一点)。

1.2 控制带宽的斗争

现在的公司不但想控制发送的内容,而且想控制内容的发送方式

为什么在出版、广播、计算机和电讯行业中有如此多的大公司正在为公共的可见性而合并、结盟并转轨呢? 他们所做的一切都是为了控制带宽。一方面,就像现在电

话公司出售他们的服务而并不对您通过电话所听的和所说的产生任何影响一样,这些公司只想出售这些连接。但另一方面,他们还想作为出版者控制内容;他们想生成信息,并对人们观看和收听这些信息收取可观的费用。

联合控制可能增加利润并影响公众观点

过去,提供连接的公司很少提供信息。今天,这些角色正变得模糊不清。大多数公司扮演的角色更像有线电视公司。有线电视公司既控制连接,也控制内容,他们挑选公众最喜欢收看的流行频道进行投资。对连接线路的控制同流经连接的信息结合起来,其结果将是撬起利润增长的杠杆,甚至可以左右公众的观点。

1.2.1 Internet 改变了这一规则

Web使播放领域一律平等,为任何访问者都提供了论坛

Internet,实际是World Wide Web,提供了一种越过传统的出版和发行渠道的方法。首先,获得访问带宽的能力不再为大多数公司和政府机构所独占。在Web上,任何人都可以为读者发布内容。今天,在World Wide Web上,所有的页都很容易访问,并且其花费通常就是查看的费用:几乎为零。

带宽的控制会影响用户的访问

因对带宽获得成功控制的公司不同,Internet的性质可能会有很大的差异。Internet提供商可以使您访问出版商和广告商的网页比访问您的某个朋友主办的网页更容易、更快捷,这些出版商和广告商通过支付一定费用而得到某种特权。事物总是在不断发展变化的:价格开始因您需要的信息种类而异,同时您可能不得不通过观看广告来得到所需要的信息。

发布决议是民主国家的核心。如何更好地发布呢?这不仅取决于作为信息源和信息消费者的我们,而且取决于谁控制带宽以及我们访问的方式。

1.2.2 有限的资源

带宽的支持是有限的

带宽始终是一个有限的资源。这在通过无线电播送的广播和电视中早已很明显了。可用的频率是有限的,在同一时间同一地点的两个电台使用相同的频率不可能没有干扰(interference)。对广播媒体的限制直接由政府管理。

增加带宽是昂贵的

通过缆线支持的带宽电话、有线电视和局域网可能看起来限制少一点,因为缆线总是可以增加甚至可以用更高容量的连接来替换。但是安装新的电缆或光缆的费用高昂,在老系统上并入新的容量也存在很多困难,这在几年甚至几十年都从功能上限制了可用的带宽大小。

1.3 增加带宽的动力

最大限度地使用可用带宽是正在尝试的第一步

带宽是如此有用,因此人们有很多理由去设法增加它。而且,就像我们所期望的一样,信息社会中的大部分参与者从编程人员、计算机设计人员到电讯公司都在尽他们的最大努力来这样做。甚至不惜借助各种通信渠道以及各种巧妙的技术手段。例如彩电被硬塞进原本是为黑白电视设计的带宽;以及借助数字压缩方法帮助视频电话在原本用作声音传输的线路上发送彩色图像等。

当可用带宽的使用达到最大限度时,新的标准和技术就会诞生

但每当人们再也没有更好的技巧可采用时,使用更高带宽的新的通信方式就会作为一种新标准被提出。例如高清晰度电视正试图代替我们目前的电视系统,但是像大多数新标准一样,其实施的代价不会很低。其中的每一步都需要新的硬件和软件——新的摄像机、新的发射机、新的电视机和新的录像机,在软件方面,需要按新的格式开发新节目。

有时,新的标准是逐渐被采用的

过去,进步有时是如此之快,以至于新的标准很快便被接受。激光唱片代替乙烯树脂唱片就是一个很好的例子。然而,对费用、技术和带宽需求上的争论不休已经使对高清晰度电视的实施拖延了十多年。

保持资源的限制对那些拥有和控制他们的人可能有好处

并不是每个人都急于增加带宽。一些公司还正在从他们现有的带宽结构中赚取大量的利润,他们并不愿意发展更高的带宽,因为这样势必导致带宽的价格下降。另外一些公司在自身没有做好供应准备之前,会想方设法拖延其行业范围的带宽改进。电报公司当年试图忽略电话的引进和发展,目前一些公司正在仿效这种作法。

1.4 费用降低,规则改变

带宽价格有下降的趋势

带宽的总体费用在近几年里已经有了明显的下降。在无线电通信的初期人们(我们的上一代或更上一代)会急匆匆地打完长途电话,拿1945年相比,每分钟的长途电话要花费3美元多,而不是现在的不到15美分。带宽的价格过去一直在下降,并且这一趋势在某种程度上还会继续。但是带宽的价格是很不平等的;对于相同的带宽,一些人什么也不用支付,而另一些人就要支付很多。政府出于某些更大利益的