

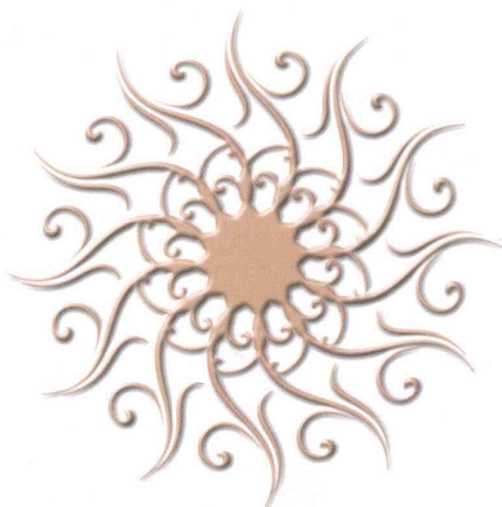


信息通信专业教材系列

组网工程

ZUWANG GONGCHENG

刘文林 李梅 李洪 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

信息通信专业教材系列

组网工程

刘文林 李 梅 李 洪 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 提 要

《组网工程》的内容包括两大部分。一部分介绍了从局域网、家庭和个人网络到城域网以至广域网的组网技术以及相关的数据传输技术;另一部分介绍了 IP 协议和 TCP 协议。本书内容全面新颖,讲解精炼,通俗易懂,适合非网络技术专业学生学习,也适合广大网络爱好者学习组网知识,迅速入门。

图书在版编目(CIP)数据

组网工程/刘文林,李梅,李洪编著. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1867-8

I. 组… II. ①刘…②李…③李… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163495 号

书 名: 组网工程
作 者: 刘文林 李 梅 李 洪
责任编辑: 孔 玥
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京源海印刷有限责任公司
开 本: 787 mm×960 mm 1/16
印 张: 14.25
字 数: 303 千字
印 数: 1—3 000 册
版 次: 2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1867-8

定价: 24.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

很多人在接触 Internet 之后,不是仅仅对上网感兴趣,而且也渴望了解一些关于 Internet 比较“高级”的知识,甚至想成为 Internet 相关技术的专业人士。本书想帮助这些人了解 Internet 的体系、技术和工程方面的知识,达到快速入门的目的。作者力图使本书有如下的特点:

新。对于陈旧的内容,本书都不作介绍,而是集中介绍新的网络技术和应用。另外,对于曾经红极一时的过渡技术也不再做大篇幅的讨论。本书很多内容都是作者从网络、专题讲座、专业杂志上获得的,反映了网络发展现状以及未来一段时间可能的发展方向。

全。这部书是作者多年的积累,内容覆盖了组网技术的主要方面。“全”并不是指篇幅多和面面俱到,而是指书的内容能构建一个完整的体系,让读者能从宏观上把握网络发展的概貌及其发展方向。

精炼。一些书籍洋洋洒洒,篇幅浩大,但多是罗列细节充数,没有实际意义,反而让人觉得不知所云。学生的学习应该以学习原理为主,而不是死记硬背细枝末节的东西。大学毕业后估计会把所学 80% 以上的东西忘掉吧?更何况细节的东西?本书决心改掉罗列无用细节的弊病,直入主题,让读者集中精力了解该了解的东西。

紧密结合实际。本书的主要作者从事网络实践工作多年,在写书的过程中很自然地结合了工作实践。本书有很多涉及工程实践的内容,在一般的书籍上是看不到的。

形象。虽然这是本以工程为主的书,但是理论介绍也是很重要的一部分。撇开理论谈工程是讲不清工程的。理论的东西很稳定,介绍理论的书籍很多,不过作者试图以和传统理论书籍不同的视角介绍理论,将理论形象化,和人们日常生活结合起来,使之更好理解。

紧密结合历史。任何一项理论、技术都不是凭空而来的,了解它们的历史对了解理论、技术是非常有帮助的。

作者也是网络知识的学习者,而且还在不断学习中,在学习的过程中也走了弯路,这本书也是其经验教训的总结,希望通过这本书能让学习网络知识的读者少走弯路。本书有大量资料来源于互联网,包括 RFC 文档、论文、专业文章等,不便于一一列出,敬请谅解。作者水平有限,书中难免会有错误,欢迎读者指正。

作 者

目 录

第 1 章 概述

1.1 互联网的历史	1
1.1.1 公用电话网	1
1.1.2 电路交换	2
1.1.3 分组交换技术	3
1.1.4 分组交换与电路交换的比较	5
1.1.5 从 ARPANET 到 Internet	6
1.2 TCP/IP 协议	7
1.3 网络参考模型	8
1.3.1 什么是网络参考模型	8
1.3.2 TCP/IP 协议参考模型	9
1.3.3 OSI 参考模型	10
1.3.4 两个参考模型的关系	11
1.4 一些术语和计量缩写	11
1.5 互联网的作用	12
1.6 互联网和电信公司的关系	14
1.7 中国互联网的历史和电信改革	14
1.8 网络设备制造商	16
1.9 一些有影响的网络标准化组织	16

第 2 章 局域网(上)

2.1 局域网参考模型	17
2.2 传统以太网	18
2.3 媒体访问控制	19
2.4 帧结构	21
2.4.1 前导码	21

2.4.2 目的地址和源地址	24
2.4.3 类型/长度和数据区字段	25
2.4.4 填充域	26
2.4.5 检验和	26
2.5 网络拓扑结构	29
2.6 通过 10BaseT 以太网组建小型局域网	32
2.6.1 组网步骤	32
2.6.2 网线制作	32
2.6.3 网线制作的步骤	34
2.6.4 HUB 级联	35
2.6.5 参数限制	37
2.7 令牌环网	37

第 3 章 局域网(下)

3.1 交换型以太网	40
3.1.1 交换机	40
3.1.2 MAC 地址表	41
3.1.3 MAC 地址表的构造	42
3.2 交换型以太网的优点	43
3.3 扩展树协议	45
3.4 高速以太网	47
3.5 以太网的兼容性	47
3.6 帧扩展和帧突发技术	49
3.6.1 帧扩展技术	49
3.6.2 帧突发技术	49
3.7 什么是以太网	50
3.8 光纤传输技术	50
3.8.1 光纤和光缆	50
3.8.2 光纤传输系统	52
3.8.3 光纤传输的优缺点	52
3.8.4 光路连接	53
3.9 光纤以太网	54
3.10 无线传输技术	54
3.11 无线局域网	56

3.12 楼宇布线	58
3.13 一些名词解释	62

第 4 章 家庭和个人上网

4.1 电话拨号上网	64
4.1.1 概述	64
4.1.2 数字电话传输技术	64
4.1.3 调制解调技术	66
4.1.4 PPP 协议	68
4.1.5 设置拨号上网的步骤	70
4.2 ADSL	76
4.2.1 什么是 ADSL	76
4.2.2 ADSL 上网的设置步骤	77
4.2.3 ADSL 的优点	81
4.3 其他家庭上网模式	82
4.3.1 有线电视网	82
4.3.2 以太网	83
4.3.3 电力线上网	83
4.3.4 光纤入户	83
4.4 个人上网	86
4.5 移动电话上网	86
4.5.1 GSM	87
4.5.2 CDMA	88
4.5.3 2 G 手机上网	89
4.5.4 3 G 通信和 4 G 通信	90
4.6 卫星用于个人通信	92

第 5 章 IP 协议和路由器

5.1 实现互联互通的关键因素	93
5.1.1 统一数据包的格式	93
5.1.2 统一地址	94
5.1.3 IP 交换	94
5.1.4 IP 网络	95
5.2 IP 地址	96

5.2.1 概述	96
5.2.2 分类编址方案	98
5.2.3 特殊的 IP 地址	99
5.2.4 无类域间路由	100
5.3 IP 分组的格式	103
5.4 路由	105
5.4.1 路由表	105
5.4.2 路由表的构造	107
5.4.3 分层路由	110
5.5 地址解析协议	111
5.6 路由器的作用	114
5.7 路由器	115
5.8 配置路由器	115
5.9 TCP/IP 协议的配置	119
5.10 常用的命令	123
5.10.1 ping 命令	124
5.10.2 ipconfig 命令	125
5.10.3 tracert/traceroute 命令	125
5.11 服务质量	126
5.11.1 什么是服务质量	126
5.11.2 QoS 保障	128
5.12 下一代 IP 协议——IPv6	128
5.12.1 IPv6 分组头的格式	129
5.12.2 IPv6 和 IPv4 分组格式的差别	130
5.12.3 IPv6 地址的分类	130
5.12.4 IPv6 的一些新特性	132
5.12.5 IPv6 的前景	134

第 6 章 三层交换机和虚拟局域网

6.1 基于 cache 的三层交换	135
6.2 基于 ASIC 的三层交换技术	136
6.3 传统路由器与三层交换机比较	139
6.4 多协议标签交换	140
6.4.1 概述	140

6.4.2	标签的格式	141
6.4.3	无连接网络上的标签分配协议	141
6.4.4	无连接网络上的标签交换	142
6.4.5	面向连接的网络上的标签交换	144
6.4.6	多协议标签交换的特点	145
6.5	虚拟局域网	146
6.6	VLAN 和三层交换机	147

第 7 章 广域网和城域网

7.1	SDH/SONET	151
7.1.1	概述	151
7.1.2	SDH/SONET 的优点	153
7.2	异步传输模式	155
7.2.1	什么是异步传输模式	155
7.2.2	ATM 的特点	155
7.2.3	ATM 参考模型	161
7.2.4	ATM 交换技术与 IP 交换技术的比较	162
7.3	波分复用	163
7.4	IP over WDM	164
7.4.1	什么是 IP over WDM	164
7.4.2	IP over WDM 的优点	165
7.5	全光网	166
7.6	铺设光缆	167
7.6.1	陆地光缆	167
7.6.2	海底光缆	168
7.7	卫星通信	169
7.8	微波通信	170
7.9	城域网	171
7.10	万兆以太网	171
7.11	无线城域网	172

第 8 章 TCP 协议及其应用

8.1	差错和顺序控制	174
8.2	可靠的数据传输服务	177

8.2.1 TCP 协议的可靠数据传输服务	177
8.2.2 三次握手协议	177
8.3 IP 地址多路复用	179
8.4 TCP 协议	180
8.5 TCP 服务	181
8.5.1 TCP 分组的格式	181
8.5.2 Socket 编程	183
8.6 UDP 服务	187
8.6.1 UDP 分组的格式	187
8.6.2 使用 UDP 服务的 Socket 编程	188
8.6.3 UDP 的应用场合	191
8.7 共享上网	192
8.7.1 代理	192
8.7.2 网络地址转换	194
8.7.3 ADSL 路由器	197
8.8 防火墙	199
8.9 虚拟专用网络	200
8.9.1 远程访问 VPN	200
8.9.2 企业内部 VPN	202
8.9.3 MPLS VPN	203

第9章 组网实例

9.1 网络结构	205
9.2 网络布线	205
9.3 交换设备	206
9.3.1 接入层交换机	206
9.3.2 核心层交换机	207
9.3.3 会聚层交换机	207
9.3.4 线速交换	208
9.4 网络管理	208
9.4.1 网管软件	209
9.4.2 身份认证	211
9.4.3 地址分配	212
9.4.4 收费系统	212

9.4.5 防火墙	212
9.5 网络带宽	213
9.6 网络应用	213
9.7 网络中心机房	213
9.8 系统集成商	214
9.9 组网步骤	214
9.10 组网实例	215
参考文献	216

第 1 章

概 述

互联网渗入个人和社会生活的方方面面,已经成为个人和社会生活的不可或缺的一个部分,其重要性不言而喻。互联网真正开创了信息时代,它成为人们获取信息重要甚至是最重要的手段,学会利用互联网也就成为新时代人才的一个基本技能。可以说,如果你不知道如何利用互联网为自己的生活、学业、事业等服务,就很可能成为各类竞争的失败者。要学会利用互联网并不意味着你一定要了解互联网的技术细节,对于一般用户,能熟练地使用各类网络软件可能就足够了。但是,了解互联网的技术细节,能帮助用户更好地利用互联网。实际上,很多人在接触互联网之后,不是仅仅对上网感兴趣,而且也渴望了解一些关于互联网比较“高级”的知识,甚至想成为互联网相关技术的专业人士。满足上述人群的这个需要,正是本书希望达到的目标。本书将为读者介绍和互联网相关的网络技术,特别是网络组建方面的技术。

互联网是个庞大的系统,涉及方方面面的知识,初学者一接触它可能有老虎吞天,无从下口的感觉。要把各种关于互联网的知识贯穿起来,了解互联网的发展历史是很有帮助的。因为技术不是突然出现的,它们往往是为了解决某些难题而出现的。所以,通过了解互联网的历史,也就容易搞清楚某种技术的来龙去脉,从而更好地理解这种技术。

1.1 互联网的历史

互联网(internet)的历史源于美苏冷战时期,美苏都极力争取军事上的优势。美军的指挥系统电子化程度很高,能够极大地提高作战指挥效率,但也带来了一定的脆弱性:如果电子指挥系统的通信网络被摧毁,电子指挥系统就成为一堆废铁了。当时,美军的通信系统主要采用公用电话网(Public Switched Telephone Network, PSTN)的电路交换技术。

1.1.1 公用电话网

电话刚发明出来的时候是没有电话网的,用户购买电话,然后自行用电话线连接起

来。因为每对电话之间都要拉单独的线,所以某个电话用户要和 N 个电话用户通话,就得拉 N 条线。很快,城市就布满了密密麻麻、杂乱无章的电话线了。为了解决这个问题,电话交换局应运而生了(如图 1.1 所示)。

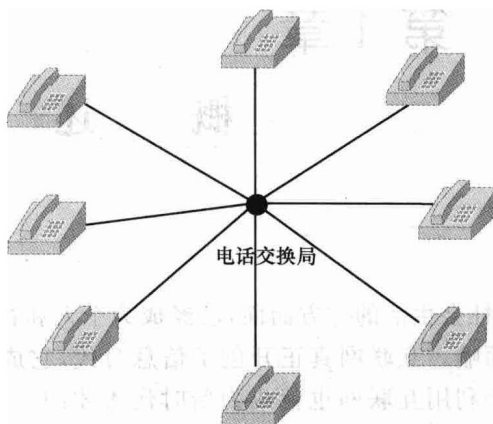


图 1.1 电话交换局

电话交换局是电话网的中心连接点,所有用户的电话都通过电话线连接到电话交换局。如果用户要通话,由交换局的接线员负责把用户的电话线和对方的电话线接起来。

一个电话交换局负责一片区域,对于一个大的电话网,可以划分为若干区域,每个区域设置一个电话交换局。整个电话网是一个分层的网络:小区级的电话交换局连接到大区级的电话交换局,若干大区级电话交换局连接到市级电话交换局……以此类推,直至组成一个全国性的电话网(如图 1.2 所示)。

● 各级电话交换局

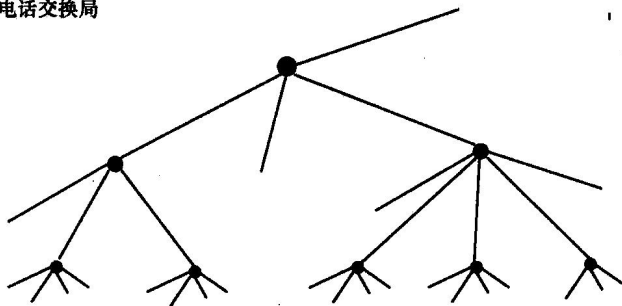


图 1.2 电话网层次

1.1.2 电路交换

所谓电路交换就是通信双方在通信前建立一条物理链路,然后通过这条物理链路进行通信;通信完毕,拆除这条物理链路。公用电话网络就是一种典型的电路交换网络。假设 A 给 B 打电话, A 提起话筒,本地端局(就是本地电话交换局)内的接线员就会听到

A 线路的铃声,接线员接上 A 线路,询问 A 打给什么地方。如果 B 和 A 在同一个端局,接线员直接将 A 的线路和 B 的线路搭接起来,于是 B 的电话开始振铃。如果 B 听到铃声摘机,A、B 就可以开始通话了。如果 B 和 A 不再同一个端局,情况稍微复杂一些。接线员必须确定下一个端局的方向,呼叫下一个端局的接线员,由下一个接线员继续接线。这个过程可能要重复几次,跨越几个端局,直至 B 的本地端局接线员将最后的线路接通(图 1.3)。不管是哪种情况,A、B 通话前由各个接线员为 A 和 B 搭建了一条临时的线路来通话。如果 A、B 通话完毕,就要拆掉这个临时线路,过程正好和建立线路相反,就不多述了。现代的电话网络已经电子化了,电子程控交换机取代了接线员,电子交换取代了手工搭线,但基本原理还是一样的。

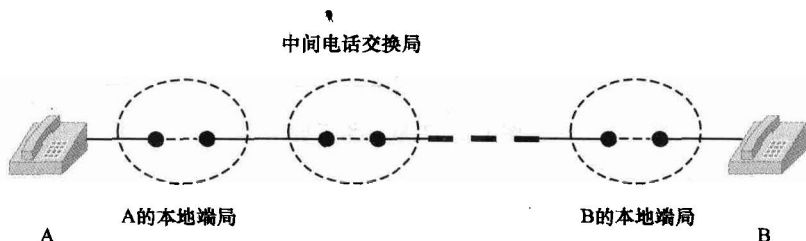


图 1.3 电路交换

电路交换技术有个缺点让美国军方很不满意:如果 A 和 B 之间的通信线路所经过的任何一个设备或者线路发生故障或者中断,A、B 之间的通信链路随即中断,通信也随即中断。所以电路交换的可靠性很差,不适合战争条件下使用。美国国防部希望建立一个新型的通信网络,它具备高度的可靠性,即使在核战争的情况下也能维持通信。分组交换技术恰恰能满足美国国防部对可靠性的要求,于是,在 1967 年下半年,美国国防部高级研究规划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)决定采用分组交换技术组建一个试验性的网络。

1.1.3 分组交换技术

实现分组交换的关键是一种叫做路由器的网络设备,它是互联网的核心设备。路由器把局域网连接起来,组成一个大的互联网,并负责在局域网之间转发数据。

图 1.4 是一个高度简化的互联网络系统的示意图。为了简化起见,图中的路由器是用干线连接起来的,但在实际网络中,两个路由器之间也可能是一个网络。

许多网络是把数据分为一个个数据包来传输,在分组交换里面,传输的数据包又称为分组(packet)。“交换”就是根据数据包的目的地址(也就是分组接收者的地址)转发数据包,以便将数据包传递给分组的接收者。

从图 1.4 可以看出,在互联网上,路由器的连接是高度冗余的:路由器可能同时连接到多个其他路由器,两个路由器之间可能有多条路径可达。

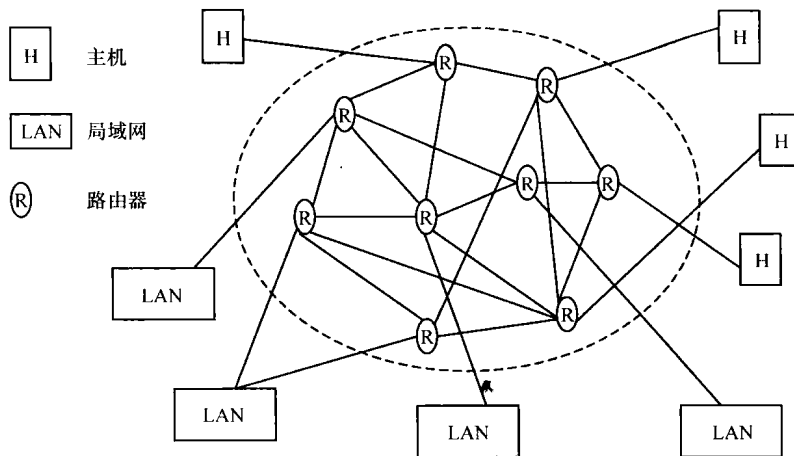


图 1.4 互连网络系统

路由器是种高度智能的交换设备,它能够自动发现网络的拓扑结构(通过路由算法),并记录下来。而且这个发现过程是周期性地进行的,一旦网路拓扑结构发生变化(某条路径加入或者退出网络),路由器会相应地更新它记录的网络拓扑结构。依据网络的拓扑结构,路由器选择转发数据包的路径。一般地,如果路由器转发数据包时有多个路径可选,路由器会根据一定的标准(比如路径的带宽)选择一条最优的路径。

分组交换机技术可靠性高的一个原因在于路由器能根据实际情况动态地选择数据包的交换路径;当某条路径中断之后,路由器自动从网路拓扑结构中挑选下一条可选的路径。假设发生大规模战争,通信网络被炸得支离破碎,但是只要数据的源和目的之间有一条路径仍未中断,路由器就会自动切换到这条路径上继续传输数据。

分组交换可靠性高的另一个原因是它是无连接的交换技术,允许在传输分组的过程中改变传输路径。对于电路交换,维持连接实际上隐含地规定了不得改变连接的路径;而分组交换是无连接的,所以不需要维持固定的传输路径,在传输分组的过程中切换传输路径并不会中断分组传输的过程。路由器转发分组的过程类似接力传递(图 1.5):源主机首先将分组发送给本地路由器,本地路由器收到分组后根据目的主机的地址(每个分组都会携带源和目的主机的地址),决定转发路径,把分组转发给下一个路由器;然后,下一个路由器重复上一个路由器的操作继续转发分组……路由器之间的接力传递过程可能重复多次,直到转发到连接目的主机的本地路由器,由它最后转发给目的主机。由于路由器可以依据实际情况决定转发分组的路径,所以同一批分组在传输的过程中可能走不同的路径。也就是说,在分组交换的过程中,路径是可变的。在分组交换的整个过程中,既不需要事先建立连接,也不需要拆除连接。

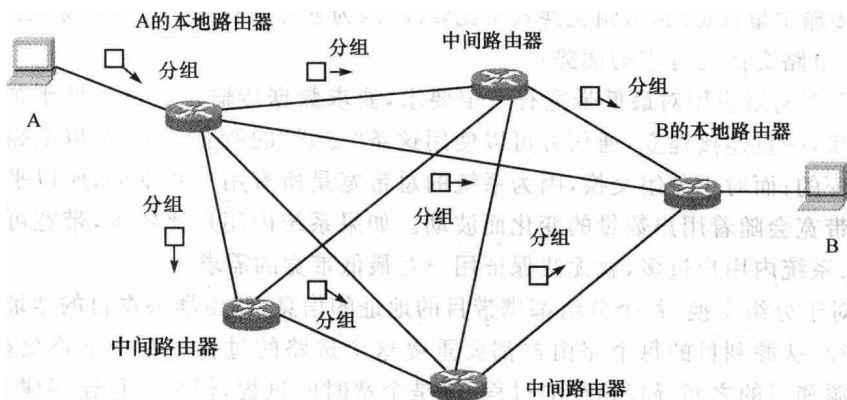


图 1.5 分组交换

1.1.4 分组交换与电路交换的比较

除了可靠性高的优点,分组交换还有其他一些优点:

(1) 分组交换也能更好地共享系统的带宽。电路交换预先建立一条物理连接供通信双方使用,这条连接类似一条“专线”,即使通信双方不传输数据的时候,其他用户也不能使用。分组交换不需要建立连接,主机不发送分组的时候不占用系统的带宽。路由器收到各个主机发送的分组,如果不考虑分组优先级的问题,一般按照先来后到的顺序处理,对所有的主机一视同仁,所以,整个系统的带宽是所有主机共享的。

互联网上传输的数据习惯上称为 IP 数据。早期的互联网应用主要包括传输文件、收发电子邮件、浏览网页等,这类经典应用涉及的数据称为经典的 IP 数据。不过很多人喜欢把经典的 IP 数据直呼为 IP 数据,本书依照这个习惯,如果不加特别说明,IP 数据就是指经典的 IP 数据。IP 数据的一个显著特点是突发性强:平常流量几乎为 0,但突然地会出现大的流量。最典型的是网页浏览:用户打开网页等于从网站服务器上下载网页,这时出现大的数据流量;网页打开后,用户浏览网页,数据流量变成 0。打开网页可能只需要几秒,而浏览网页可能需要十几分钟,甚至更长。对于经典的 IP 数据流,峰值(最高)数据流量达到平均流量的几百倍甚至上千倍都不足为奇。

假设网络的总带宽是 B ,用户使用的带宽的峰值是 M ,平均值是 N 。如果不考虑分组交换和电路交换的差异导致的其他复杂性,对于电路交换网络,为了满足用户对峰值带宽的需求,每个连接的带宽需要按照峰值带宽设置,这样,网络可以支持的用户数: $N_1 = B/M$;对于分组交换网络,考虑到所有用户使用的带宽同时达到峰值带宽的概率很小,可以按照平均带宽计算网络可以支持的用户数: $N_2 = B/N$ 。可以推导出: $N_2/N_1 = M/N$ 。只要 $M/N > 1$,就有 $N_2 > N_1$ 。

对于 IP 数据, M/N 的值远大于 1,所以分组交换技术特别适合传输 IP 数据。