

ADSL 技术及其在校园网络中的应用

ADSL Technology and its Applications in Campus-Wide Network Systems

赵建民 朱信忠

(浙江师范大学计算机科学系 金华 321004)

Abstract ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) is one of the modulation and demodulation techniques. Using the wideband capacity in copper twisted pair cable, high speed data can be transmitted on the subscriber line. ADSL technology and its applications in campus-wide network systems are discussed in this paper.

Keywords ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, xDSL

1 什么是 ADSL 及 xDSL 技术

随着 Internet 以惊人的速度发展,在 Internet 上的商业应用和多媒体信息服务等也得以迅猛推广。用户接入网(从本地电话局到用户之间的部分)是电信网的重要组成部分,也是信息高速公路的“最后一英里”。为了实现用户接入网的数字化、宽带化,提高用户上网速度,光纤到户(FTTH)是用户网今后发展的必然方向,但由于光纤用户网的成本过高,在今后的十几年内大多数用户网仍将继续使用现有的铜线环路。近年来人们提出了多项过渡性的宽带接入网技术,如 N-ISDN、Cable Modem、ADSL、HFC(光纤同轴混合网)等等,其中 ADSL(非对称数字用户线)是最具前景及竞争力的一种。目前采用普通拨号 Modem 及 N-ISDN 技术接入的用户将逐步过渡到 ADSL 等宽带接入方式,并最终实现光纤接入。

非对称数字用户线 ADSL 是一种高速的 Internet 解决方案,它是一种通过现有的双绞线电话线传输多媒体和视频等高带宽数据的调制解调技术。ADSL 只需对现有的电信基础设施作很小的改进,即在市话双绞铜线的两端分别接入 ADSL 调制解调器,即可利用其高频宽带特性向比较分散的地方传输高速数据,避免对中心机房和 PSTN 造成拥塞。其目前最高速率为:下行信道(从端局到用户)为 9Mbps,上行信道(从用户到端局)为 1Mbps。它是 xDSL 技术大家族的一部分。xDSL 是美国贝尔通信研究所于 1989 年为推动视频点播(VOD)业务而开发出的用户线高速传输技术。

xDSL 中,“x”代表着不同种类的数字用户线路技术。DSL(Digital Subscriber Line 数字用户线路)是以铜质电话线为传输介质的传输技术组合,它包括 HD-

SL、SDSL、MVL、IDSL、VDSL、ADSL 和 RADSL 等。它们主要的区别体现在信号传输速率和距离的不同以及上行速率和下行速率对称性的不同这两个方面。

1.1 对称 DSL 技术

HDSL(高比特率 DSL)是 xDSL 技术中最成熟的一种。这种技术可以通过两对现有的铜双绞线以全双工 T1(1.544Mbps)或 E1(2.048Mbps)方式传输,支持 $N \times 64\text{kbps}$ 各种速率。HDSL 是 T1/E1 的一种替代技术,主要用于 PBX 数字交换机的连接、高带宽视频会议、远程教学、蜂窝电话基站连接、大学校园网络等。

SDSL(单线 DSL)是 HDSL 的单线版本,它利用单对双绞线可以提供双向高速可变比特率连接,速率范围从 160Kbps 到 2.04Mbps。用户可根据数据流量,选择最经济合适的速率,而且比用 HDSL 节省一对铜线。在 0.4mm 双绞线上 SDSL 的最大传输距离为 3 公里以上。

MVL(多虚拟数字用户线)是 Payadyne 公司开发的低成本 DSL 传输技术。其特点是:利用一对双绞线;安装简便,价格低廉;功耗低,可以进行高密度安装;利用与 ISDN 技术相同的频率段,对同一电缆中的其他信号干扰非常小;支持语音传输,在用户端无需语音分离器;支持同一条线路上同时连接多至 8 个 MVL 用户设备,动态分配带宽;上/下行共享速率可达 768Kbps;传输距离可达 7 公里以上。

IDSL(ISDN 数字用户线)技术通过在用户端使用 ISDN 终端适配器和在双绞线的另一端使用与 ISDN 兼容的网络接口卡,可以提供 128Kbps 双向速率对称通信业务。

1.2 非对称 xDSL 技术

非对称 xDSL 技术主要有:ADSL、VDSL(甚高比

特率 DSL) 及速率自适应的 RADSL (RADSL: Rate adaptive ADSL) 等。

VDSL 技术是 xDSL 技术中传输速率最快的一种, 在一对铜质双绞电话线上, 下行数据的速率为 13M~52Mbps, 上行数据的速率为 1.5M~2.3Mbps, 但是 VDSL 的传输距离只在几百米以内, 要远比 ADSL 短; VDSL 可以成为光纤到户 (FTTH) 的具有高性价比的替代方案, 可以传输高清晰度电视 (HDTV) 信号及用于 VOD (视频点播)。

ADSL 在一对铜线上支持上行速率 640Kbps~1.5Mbps, 下行速率 1M~9Mbps, 有效传输距离在 3~5 公里范围以内; RADSL 与 ADSL 基本相同, 但它可以根据双绞铜线质量的优劣和传输距离的远近动态地调整用户的访问速度。

2 ADSL 技术概述

ATM 论坛认为 ADSL 是非屏蔽双绞线的物理层传输协议, 为了扩展 ADSL 概念, 使系统结构、协议、接口适应大型 ADSL 应用的需求, 于 1994 年 12 月成立了 ADSL 论坛。美国国家标准学会 (ANSI) T1E1.4 工作组批准了一个 ADSL 标准 T1.413, 欧洲技术标准学会 (ETSI) 还为 T1.413 增加了一个附录, 以适应欧洲的需求。

ADSL 电路在双绞线电话线的两端各连接一个调制解调器, 并建立三个信息信道, 即: 高速下行信道、中速全双工信道和普通老式电话信道 (POTS)。ADSL 通过分离滤波器将 POTS 信道从数字调制解调器中分离出来, 以保证电路失效时, POTS 不中断。高速信道的速率为 1.5~9Mbps, 全双工信道的速率为 16K~1Mbps, 每个信道都可以被复用成多路低速信道。

我们知道传统的 Modem 也是使用电话线传输的, 但它只使用了 0~4kHz 的低频段, 而电话铜线理论上接近 2MHz 的带宽, ADSL 正是使用了 26kHz 以后的高频带才提供了如此高的速率。它无需修改任何现有协议和网络结构 (实际上要做的就是电信公司的线路出口和用户的电话线路入口各加一台 ADSL 调制解调器), 即可在电信公司与最终用户之间架起一座高速通道。

ADSL 的应用很多, 如高速 Internet 接入、SOHO、基于 WEB 的宽带网络游戏、线上购物、远程教学、远程医疗、分支机构连接、远程通讯服务、视频会议等, 这其中还包括 MPEG-2 压缩数字音视频传输。作为实时信号, 数字视频不能使用一般数据通信系统中的链路级或网络级的错误控制过程; ADSL 调制解调器采用前向纠错机制, 以减少由脉冲噪音干扰导致的错误, 这种基于符号到符号的纠错机制降低了由于连续噪音干

扰耦合到线路上所造成的错误。

结合目前上网用户的实际条件及市场需求, 深圳市数据通信局首先采用了 RADSL 技术作为 Internet 用户网宽带高速接入服务方案。ADSL 个人用户和局域网用户具有固定的静态 IP 地址, 申请了 ADSL 局域网形式入网的学校、企事业单位可以在中国公众多媒体信息网 (169 视聆通) 上架设本单位网站, 向网上其它用户提供 WWW、FTP、E-mail、IRC、News 新闻组等服务; ADSL 服务有足够的带宽供局域网用户共享, 用户可以通过代理服务器的形式为整个单位的局域网用户提供上网服务。由于 ADSL 是基于 ATM 干线网络传输接入视聆通的, 因而也可以提供基于 ATM 或 IP 的 VPN (虚拟专用网) 服务。

为了在电话线上分隔有效带宽, 产生多路信道, ADSL 调制解调器一般采用两种方法实现: 频分多路复用 (FDM) 或回波消除技术。FDM 在现有带宽中分配一段频带作为数据下行通道, 同时分配另一段频带作为数据上行通道。下行通道通过时分多路复用 (TDM) 技术再分为多个高速信道和低速信道。同样, 上行通道也由多路低速信道组成。而回波消除技术则使上行频带与下行频带叠加, 通过本地回波抵消来区分两频带, 此技术非常有效地使用了有限的带宽。当然, 无论使用哪一种技术, ADSL 都会通过分离滤波器 (又简称为分离器或滤波器) 分离出 4kHz 的频带用于老式电话服务 (POTS)。分离器负责分离承载音频信号的 4kHz 以下的低频带和 ADSL Modem 调制用的高频带。分离器实际上是由低通滤波器和高通滤波器合成的设备, 为了简化设计和避免馈电的麻烦, 通常采用无源器件构成。

ADSL 调制解调器组织总的数据流, 通过将下行信道、全双工信道和维护信道的数据复合成数据块, 并在数据块后加上纠错码, 可形成总数据流。接收方根据纠错码和数据块的长度纠正传输过程中出现的错误, 如果用户需要还可通过在数据块中交叉数据, 形成超级数据块, 以使接收方纠正某一指定比特串中的任何复合错误。

当前 ADSL 设备多采用两种线路编码技术, 分别称为 CAP (抑制载波幅度和相位) 和 DMT (离散多音复用), 其区别在于发送数据的方式不同。

(1) CAP 调制技术 其基础是 QAM (正交幅度调制 quadrature amplitude modulation) 的调制方式, 在 CAP 中, 数据被调制到单一载波之上, 上、下行信号调制在不同载波上, 速率对称型和非对称型的 xDSL 均可采用。V.32、V.34 等模拟 Modem 也采用 QAM, 它和 CAP 的差别在于其所利用的频带不同, Modem 只用到 4kHz, 而 ADSL 方式中的 CAP 要利用 30kHz~

1MHz 的频带。频率越高,其波形周期越小,故可提高调制信号的数据传输速率。在 CAP 中,输入数据被送入编码器, m 位输入比特被映射为 k 个不同的复数符号 $A_n = a_n + j b_n$ (其中 $k=2m$),由 K 个不同的复数符号构成 k -CAP 线路编码。编码后 a_n 和 b_n 被分别送入同相和正交数字整形滤波器,求和后送入 D/A 转换器,最后经低通滤波器将信号发送出去。CAP 中的“无载波”是指生成载波的部分(电路和 DSP 的固件模块)不独立,它与调制/解调部分合为一体,使结构更加精炼。CAP 技术用于 ADSL 的主要技术难点是要克服近端串音对信号的干扰。一般可通过使用近端串音抵消器或均衡器来解决这一问题。

(2)DMT 调制技术 使用 0~4kHz 频带传输电话音频,用 26K~1.104MHz 频带传送数据,并把它以 4kHz 的带宽单位划分为 25 个上行子通道和 249 个下行子通道。速率计算公式为通道数 $\times$ 每通道位数 $\times$ 调制速度,所以 ADSL 的理论上行速率为 $25 \times 15 \times 4\text{kHz} = 1.5\text{Mbps}$,而理论下行速率为 $249 \times 15 \times 4\text{kHz} = 14.9\text{Mbps}$ 。由于电话铜线的质量问题以及外界环境干扰的存在,在不同时刻对不同频率上的信号有不同影响。下行信道速率主要受以下因素的影响,如:铜缆的长度、规格,是否有桥接螺栓以及交叉耦合干扰等。线路越长,频率越高,衰减越大,而电缆的直径越大,衰减则越小。DMT 可根据探测到的信噪比-频率曲线,调整各个子通道的速率使总体传输速率尽可能接近给定条件下的最高速率。DMT 理论上可以每赫兹传送 15bits 数据,在干扰到来时受干扰的频率上的子通道可能降为每赫兹 8bits,在不受干扰或干扰较小的子通道上仍然可保持 15bits/赫兹或稍低。但对于 CAP 这类单载波单通道的方式,只要干扰存在,各处都会降为 8bits/赫兹,没受干扰的频段也被白白浪费掉了。另外,基于 DMT 的 ADSL 还连续地对每个子通道进行监测,当某些通道噪音增大时,DMT 系统会自动地把分配给这个通道的数据流转移到其它通道去,保证了传输的高性能和可靠性,具有很强的抗干扰性能。美国的 ADSL 国家标准(T1.413)推荐使用 DMT 技术,在今后几年中,DMT 将成为 ADSL 设备的主流技术。

3 ADSL 高宽带技术在校园网中的应用

3.1 基于 ADSL 的高宽带服务结构

对家庭用户和学校及其他企事业单位来讲,用户首先通过访问 ADSL 网络与本地电话公司的中心机房相连,再通过高速链路连接到一个或多个 ISP 上,最终访问 Internet。这些高速链路可以是本地电信网的一部分,或许是 ATM、SONET 或帧中继。端到端的基于 ADSL 的网络结构包括 4 个子网部分:客户前端网

络、访问网络、地区网以及服务提供商网络。

客户前端网络包括居民家庭办公室、学校和小型企业。每一类型可包括一台或多台 PC 机。当有多台 PC 机时,它们连接在一个局域网。与外部网络相连的网关可以是专用硬件设备,例如路由器,也可以是 PC 服务器用作代理服务器。在后一种情况下,PC 服务器有 2 个网络接口卡,一块连接到 ADSL modem (或内置 ADSL modem 卡上),另一块卡用于连接本地局域网。客户端的 ADSL modem 称为 ADSL-NT。

ADSL 访问网络包括中心机房中的 ADSL modem 和访问复用器,以及在客户端与本地网络相连的 ADSL modem。中心机房的 ADSL modem 称做 ADSL-LT (Line Termination)。访问复用系统和 ADSL-LT 通常集成在一起,称为访问节点 Access Node 或 ADSL 访问复用器 DSLAM (DSL Access Multiplexer)。如果骨干网是 ATM,ADSL 访问节点则连接一台 ATM 访问交换机,ATM 访问交换机再将大量的 ADSL 访问节点送出的数据进行汇聚和交换处理,送到本地的宽带 ATM 网络中去。本地宽带网络通常是建立在 SONET 结构之上,负责宽带连接区域内的各个中心机房。

服务提供商网络包括 ISP 的 POP,信息提供商网络、企业网络以及地区操作中心 (Regional Operation Center)。其中 POP 用于连接 Internet,并提供 ISP 服务。信息提供商网络包括服务器集群,用于分发信息。企业网络则与本地宽带网相连,允许员工从家中或分支机构进行远程访问。而地区操作中心则由网络管理员管理维护整个访问网络,并可提供附加服务,例如计费与认证。

3.2 校园使用 ADSL 技术的必要性

目前在国内各大学校园内,各系科办公大楼内部大多已利用局域网布线系统连接,但是各院区、大楼之间的互连还存在问题。由于局域网的单个网段最大可连接距离以及使用中继器的个数有限制,所以距离在 1 公里到几公里范围内的连接是比较麻烦的事情。如果使用光纤则价格过于昂贵,但是利用高性能价格比的 ADSL 技术即可轻松解决这个问题,甚至可以利用原有的双绞电话线实现大楼之间的高速数据传输,当然更可使用 ADSL 高速接入 Internet。

3.3 校园使用 ADSL 技术的可行性

一般在各高校校园内都有自己内部的交换机及完备的内部电话系统,ADSL 技术利用原有的电话线作为传输介质,在不影响原有电话使用的条件下提供相互连接和上网的功能。电话系统的变化只是加入了一个滤波器和一个 ADSL 的调制解调器,对原有的电话线路不需要作任何改动。ADSL 调制解调器一头连接

滤波器分离过来的 DSL 信号,另一头连接 HUB 即可。(参见图 3)。

3.4 校园使用 ADSL 技术的先进性

在校园中使用 ADSL 系统和现在普遍使用的 56K Modem、128K N-ISDN 及 HFC、Cabel Modem 等其它接入服务相比,具有明显的技术优势。

Cable Modem 的校园 HFC 接入方案采用分层树型结构,在理想状态下,其带宽可达 10Mbps。但这种技术本身是一个共享式总线型网络,用户要和邻近用户分享有限的带宽。当一条线路上用户数量激增时,其速度将会明显变慢。而且在大部分情况下,HFC 方案因必须兼顾现有的有线电视节目而占用了大部分带宽,只剩余一部分可供传送其它数据信号。实验表明 Cable Modem 的传输速率只能达到理论速率的一小半,一般为 1M~2Mbps。而 ADSL 接入方案在网络拓扑结构上较为先进,每个用户都有单独的一条线路与 ADSL 局端相连,组成星型结构,数据传输带宽由每一用户独享。

比起拨号 Modem 的最高 56K 以及 N-ISDN 128K 的速率,ADSL 的速率优势是不言而喻的。ADSL 更吸引人的地方是,它分别传送数据和语音信号,数据信号并不通过电话交换机设备,减轻了电话交换机的负载,并且不需要拨号,一直在线,属于专线上网方式。这意味着使用 ADSL 的用户无需再缴纳另外的上网电话费。

3.5 ADSL 在校园网中的接入模型及安装方法

ADSL 的接入模型主要由中央交换局端模块和远端模块组成。中央交换局端模块包括在中心位置的 ADSL Modem 和接入多路复合系统。中心位置的 ADSL Modem 被称为 ATU-C (ADSL Transmission Unit-Central)。ADSL-LT 访问复用系统和 ATU-C 通常集成在一起,称为访问节点 Access Node 或 ADSL 访问复用器 DSLAM。

远端模块由用户 ADSL Modem 和滤波器组成,用户端 ADSL Modem 通常被称为 ATU-R (ADSL Transmission Unit-Remote)。在学校里通过电话线连接远端单机的方法可参见图 1。

ADSL 安装包括局端线路调整和用户端设备安装。在局端方面,由服务商将用户原有的电话线接入 ADSL 局端设备。用户端的 ADSL 安装非常简易方便,只要将电话线连上分离滤波器,滤波器与 ADSL MODEM 之间用一条两芯电话线连上,ADSL MODEM 与计算机的网卡之间用一条交叉网线连通即可完成硬件安装,再将 TCP/IP 协议中的 IP 地址、子网掩码、DNS 和网关等参数设置好,便完成安装工作。由于 ADSL 不需要拨号,一直在线,用户只需接上 ADSL 电

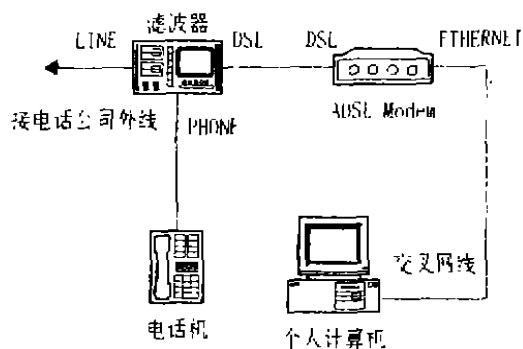


图 1 远端单机的连接图

源便可以享受高速网上冲浪的服务了,而且可以同时打电话(参见图 2)。

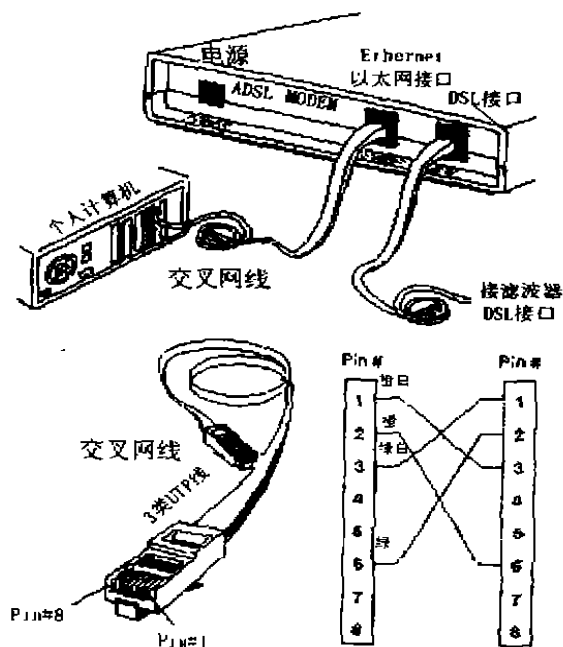


图 2 ADSL 用户端安装图

学校局域网用户的 ADSL 安装与单机用户没有很大区别,只需将 HUB 用直连网线与 ADSL MODEM 连起来就可以了(参见图 3)。

学校总机房的交换机需要作如下处理:在交换机房中加入一个分离滤波器,将 ADSL 的高频信号在进入电话交换机之前分离开来,高频 ADSL 信号送到 ADSL Modem 中,电话信号送入交换机。

校园内部电话系统做了以上的改动之后既保留了原有的语音通信能力又具有了各局域网间的高速连接能力和宽带的 Internet 上网能力。

总之,校园网采用 ADSL 技术主要有如下优点:

(下转第 46 页)

和删除部分与其余部分的交互进行测试。

2) 在针对 P 的测试集 T 中, 选择需要重新测试的子集作为 T', 并确定 T' 中需要修改的用例, 进行修改。

在 T 中选择哪些穿越修改点的测试用例 T', 如果代码修改没有改变数据流, 则选择这些用例; 对于增加丢失的语句, 如果增加了丢失的数据流, 则确定生成用例覆盖之; 对于删除语句, 如果删除了多余的数据流, 则确定相应的路径, 从 T' 中删除; 如果代码修改导致数据流改变, 则作以上两项。

3) 对于 T, 增加测试用例。

由于代码修改引起的数据流变化, 如果没有包含在 T 中, 则按照数据流组合策略, 从 AIP 中选择相应的用例, 加入到 T' 中。

4) 对于功能规范的修改, 增加测试用例。

假设增加功能对应的代码部分为 AF, 首先, 针对 AF, 按以上数据流组合策略建立测试集, 加入到 T' 中, 其次, 需要考虑 AF 与其余部分之间的交互(路径), 加入到 T' 中。

假设删除功能对应的代码部分为 DF, 需要考虑 DF 与其余部分之间的交互(路径)的修改, 从 T 中选择测试用例, 如果用例包含的数据流丢失, 则删除该用例; 否则, 根据数据流测试策略, 修改测试用例, 加入到 T' 中。

结束语: 针对面向对象软件特点, 以数据为中心, 计算效果传播比传统的数据流策略具有更好的测试路径选择能力和更强的代码错误发现能力, 本文基于相关数据流组合测试策略, 研究了面向对象程序回归测试问题。

在本文的数据流组合策略中, 可以划分不同的组合的级别, 但为了建立有效的分级, 尚需要在功能和行为层面研究进行联合测试建模方法。

参考文献

- 1 Ntafos S C. A Comparison of Some Structural Testing Strategies. IEEE trans. on Software Engineering, 1988, 14(6): 868~874
- 2 Frankle P G, Weyuker E J. Provable Improvements on Branch Testing. IEEE trans. on Software Engineering, 1993, 19(10): 963~975
- 3 Jeng B. Integrating Data Flow and Domain Testing. In: Proc. of the 16th Intl. Conf. on Software Engineering, 1994. 154~162
- 4 Rothermel G, Harrold M J. Selecting Regression Tests for Object-Oriented Software. In: Proc. of the 16th Intl. Conf. on Software Engineering, 1994. 14~24
- 5 Harrold M J, McGregor J D. An Approach to Fault Modeling and Fault Seeding Using the Program Dependence Graph. J. System Software, 1997
- 6 Binder R V. Design for Testability in Object-Oriented Systems.
- 7 Rothermel G, Harrold M J. A Safe, Efficient Algorithm for Regression Test Selection. In: Proc. of the 15th Intl. Conf. on Software Engineering, 1993. 358~367
- 8 Leung H K N, White L. Insights into regression testing. In: Proc. Conf. Software Maintenance, 1989. 60~69
- 9 Leung H K N, White L. A Study of regression testing and software regression at the integration level. In: Proc Conf. Software Maintenance, 1990. 290~301

(上接第17页)

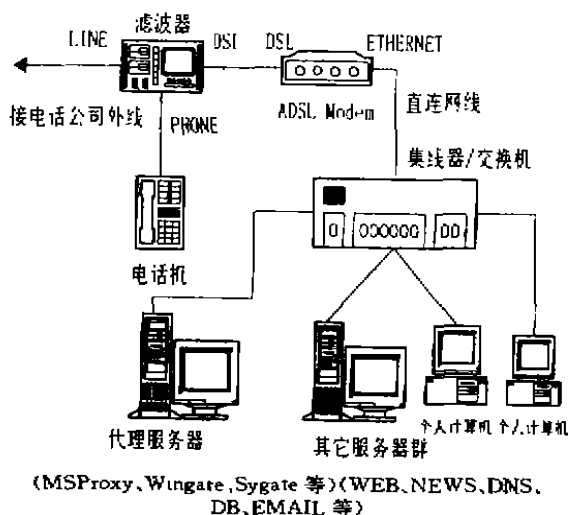


图3 学校局域网 ADSL 连接图

·提供了高速接入 Internet 网的途径, 可达下行 9M/上行 1.5Mbps 的传输速率。

·不需更改和添加线路, 直接使用原有的双绞铜质电话线, 经济高效, 简单易用。

·总是处于联机状态, 语音信号和数字信号可以并行传输, 可同时“上网”和“打电话”。

·支持集中配置, 消除延迟问题, 不经过电话交换设备, 上网不再需要缴纳电话费。

·充足的带宽为以后的宽带实时多媒体服务提供了传输的基础, 并且每个用户都有特定的带宽, 而不是和其他人共享。

参考文献

- 1 Ford M, Lew H K. Internetworking Technologies Handbook. Cisco Press. Part: ADSL Technology, April 1998. 139~144