

ADSL 用户终端的设计与实现

杨 涛¹, 马天 宁², 魏以民¹

(1 解放军理工大学 通信工程学院, 江苏 南京 210007; 2 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029)

[摘要] 简述 ADSL 技术的发展历程和国际标准的制定情况, 分析 ADSL 接入模型, 介绍了 ADSL 技术实现的 DMT 调制解调原理和需要满足的频谱特性. 针对 G.992.2 标准, 采用大规模专用集成电路设计并实现了符合 G.992.2 标准的 ADSL 用户终端, 以驱动程序的形式实现了 RFC2364 和 RFC1483 协议. 设计了测试方案, 并对研制的 ADSL 用户终端进行了测试, 测试结果表明设计的 ADSL 用户终端在传输速率和传输距离上符合要求.

[关键词] ADSL, 接入模型, 离散多音技术 (DMT), 回波抵消

[中图分类号] TN913.3 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2007)02-0072-04

Design and Implementation of ADSL User Terminal

Yang Tao¹, Ma Tianding², Wei Yin¹

(1. Institute of Communication Engineering, PLA Science and Technology University, Nanjing 210007, China;

2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract This paper introduces the development of ADSL technology and international standards. ADSL access model. For G.992.2, the DMT modulation, demodulation, and spectrum characteristic are provided. Using large scale integrated circuit, a ADSL user terminal according to the ITU G.992.2 standard is designed, the RFC2364 and RFC1483 as drivers are implemented. The test scheme is designed, and the test result shows that the ADSL user terminal meets the ITU G.992.2 standard.

Key words ADSL, discrete multi-tone, echo cancellation, access model

0 引言

非对称数字用户线路 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), 它是 DSL (Digital Subscriber Line) 技术的一种. 它能比较好地解决大量存在的铜线电缆的改造问题, 使得电信运营商在投入较小的前提下, 可以提供高速因特网服务和其它增值业务, 因而在我国具有广泛的应用前景^[1]. 针对这种情况, 自主开发的符合 G.992.2 标准的 ADSL 用户终端, 除了主要处理芯片, 其它部件基本实现了国产化, 具有低价格、高可靠性和符合国际标准等特点, 这将对我国 ADSL 技术的推广起到一定的作用.

ADSL 是以现有普通电话线为传输介质, 能够提供高达 8 Mbit/s 的高速下行速率, 远高于 ISDN 速率; 而且上行速率有 1 Mbit/s, 传输距离则达到 3 000~5 000 m. 因此只要在线路两端加装 ADSL 设备即可使用 ADSL 提供高宽带服务. ADSL 的另外一个优点在于它可以与普通电话共存于一条电话线上, 使上网与接听、拨打电话互不影响.

早在 20 世纪 60 年代, 由于传统 T1 线路传输方式每隔大约 3 km 就需要一个放大器, 这使得成本居高不下. 人们都希望能够找到一种价廉的传输方式, 于是就出现了高速数字用户线路 HDSL (High-speed Digital Subscriber Line). HDSL 使用两对铜线作传输介质, 可以在不使用放大器的情况下使数字信号传输大约 11 km, 后来 T1 线路也就改为使用 HDSL. 到了 90 年代, 由于因特网的高速发展, ADSL 的非对称特性正好满足了因特网业务的非对称性, 所以 ADSL 技术得到了重视^[2,3].

ADSL 的发展引起了国际电信联盟 (ITU) 的高度关注, ITU-T 相继发布了 5 个关于 ADSL 的标准如表 1 所示, 国内信息产业部也出台了相应的 ADSL 标准.

收稿日期: 2006-12-20

作者简介: 杨涛 (1971-), 讲师, 主要从事智能控制和数字信号处理等方面的教学与研究. E-mail: y71@163.com

表 1 ITU-T发布的关于 ADSL的标准
Table 1 ADSL Standards of ITU-T

标准号	名称	备注
[G. 992. 1]	Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers	又称为 G. DMT,是全速率的 ADSL标准
[G. 992. 2]	Splitter-less Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers	又称为 G. Lite,是 1.5Mbps 的 ADSL标准
[G. 994. 1]	Handshake Procedures for Digital Subscriber Line (DSL) transceivers	
[G. 996. 1]	Test Procedures for Digital Subscriber Line (DSL) transceivers	ADSL系统的测试标准,它规定了对于 ADSL 系统的测试方法和测试环境.
[G. 997. 1]	Physical Layer Management for Digital Subscriber Line (DSL) transceivers	

1 ADSL接入模型及工作原理

ADSL的工作原理和 ADSL接入模型如图 1所示.

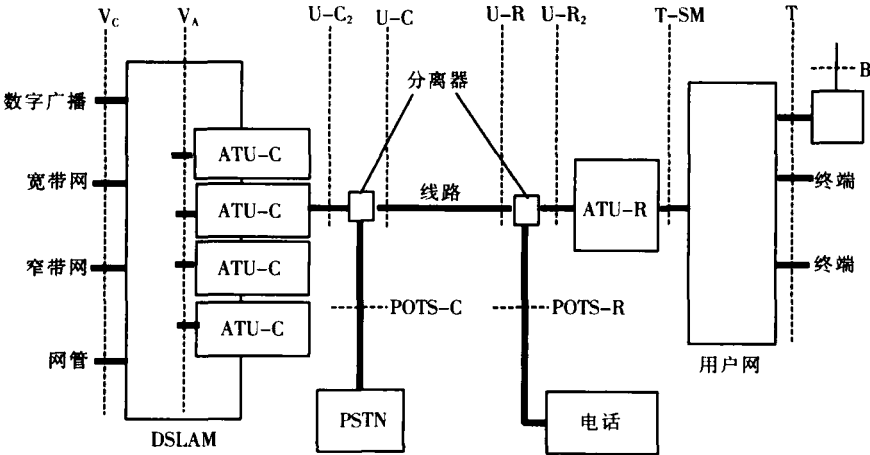


图 1 ADSL 的接入模型
Fig.1 Access model of ADSL

处在用户端的 ADSL用户终端通常被称为 ATU-R (ADSL Transmission Unit-Remote);而处在电信局的 ADSL用户终端被称为 ATU-C (ADSL Transmission Unit-Central). 普通电话业务和数据业务通过分离器 (Splitter)进行分离, 用户端的数据业务通过 ADSL接入到数字宽带网.

我们使用 ADSL上网的时候, ADSL用户终端便在电话线上产生了 3个信息通道: 标准电话服务的通道、速率为 640 kbps~ 1.0Mbps的中速上行通道; 速率为 1~ 8Mbps的高速下行通道, 并且这 3个通道可以同时工作. 传统的 Modem也是使用电话线传输的, 但它只使用了 0~ 4 kHz的低频段, 而电话铜线理论上接近 2MHz的带宽, ADSL正是使用了 26 kHz以后的频带才提供了如此高的速度.

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)和回波消除 (Echo Cancellation)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. 此技术来源于 V. 32和 V. 34的调制解调器技术, 它非常有效地使用了有限的带宽. 但从复杂性和价格来说, 其代价较大. 当然, 无论使用两种技术中的哪一种, ADSL都会分离出 4 kHz的频带用于电话服务 (POTS).

另外, ADSL能达到如此高的速率, 要归功于它先进的调制解调技术. 目前被广泛应用的 ADSL调制解调技术有两种: 抑制载波幅度、相位技术 (CAP, Carrier-less Amplitude and Phase)和离散多音技术 (DMT, Discrete Multi-Tone). 其中 DMT调制解调技术由于技术先进已经被 ANSI(美国国家标准协会)和 ITU (国际电信联盟)定为标准, 是目前最具前景的调制解调技术.

在 DMT调制解调技术中一对铜制电话线上 0~ 4 kHz频段用来传输电话音频, 用 26 kHz~ 1.1MHz频段传送数据, 并把它以 4 kHz的宽度划分为 25个上行子通道和 249个下行子通道. 输入的数据经过比特分配和缓存变为比特块, 再经 TCM 编码及 QAM 调制后送上子通道. 理论上每 Hz可以传输 15bits数据, 所

以 ADSL 的理论上行速度为 $25 \times 4 \times 15 = 1.5 \text{ Mbps}$ 而理论下行速度为 $249 \times 4 \times 15 = 14.9 \text{ Mbps}$ (理论值)。此外 DMT 还具有良好的抗干扰能力, 它可以根据实际线路及外界环境干扰的情况动态地调整子通道的传输速率, 即在有干扰存在的子通道上的传输速率可能降为 8 bits/H z 而未受干扰或干扰较小的子通道仍可保持较高的速率, 同时 DMT 还可以把受干扰较大的子通道内的数据流转移到其它通道上, 这样既保证了传输数据的高速性又保证了其完整性。

G992.2 标准是 G992.1 标准的一个简化版本. 它和 G992.1 相比, 省去了分离器, 占用的频带只是 26~552 kHz G992.2 ADSL 信号的频谱图如图 2 所示. G992.2 标准的 ADSL 用户终端的上行速率为 512 kbps 下行速率为 1 536 kbps 正因为如此, G992.2 标准的 ADSL 用户终端才具有安装简单、价格适中、高速可靠的特点, 从而受到了广泛欢迎。

2 G992.2 ADSL 用户终端系统的设计

ADSL 用户终端的设计主要需要解决以下几个问题:

- (1) 模拟线路接口问题;
- (2) 线路驱动问题 (宽带、低失真功放);
- (3) 高速、高精度 ADC、DAC;
- (4) DMT 调制解调、RS 编译码、交织、成帧、SAR (分割重组);
- (5) 软件支持 RFC1483、RFC2364 (PPP over ATM)。

对于模拟线路接口, 采用 spice 设计了上行 / 下行滤波网络, 使得电话信号、上行 ADSL 信号和下行 ADSL 信号之间的干扰满足 G992.2 标准的要求, 从而保证了用户终端的性能。

对于线路驱动问题, 采用 LinearTech 公司的超高带宽运放设计了线路驱动电路, 满足了 ADSL 线路驱动的高带宽、高线性、低失真的要求。

本文选用了国外公司的专用集成电路进行设计, 实现了高速高精度 ADC、DAC、DMT 调制解调、RS 编译码、交织和成帧. 以驱动程序形式实现了 SAR、RFC1483、RFC2364 (PPP over ATM) 功能^[4 5]。这两种形式的协议栈如图 3 所示, 一种是 RFC2364 (PPP over ATM), 也就是在 ATM 上封装 PPP 协议然后进行传输; 另一种是 RFC1483 (IP over ATM), 也就是在 ATM 上封装 IP, 直接进行传输。

用户端的 G992.2 ADSL 用户终端原理方框图如图 4 所示. 它主要由 PCI 接口、ATM 传输、DMT 调制解调、RS 编译码、AD/DA 和线路接口组成, 完成 TCP/IP 数据和模拟信号之间的转换。

其中 PCI 接口完成插卡和计算机的接口, ATM 模块完成 ATM 传输和控制, DMT 调制解调完成信号星座映射和逆映射, RS 编译码完成数据的纠错编码和译码, AD/DA 模块完成信号的数据和模拟信号转化, 线路驱动完成信号驱动, 模拟线路接口完成和模拟线路的接口和匹配。

用户终端的主要特性如下:

- (1) PCI 2.1 接口;

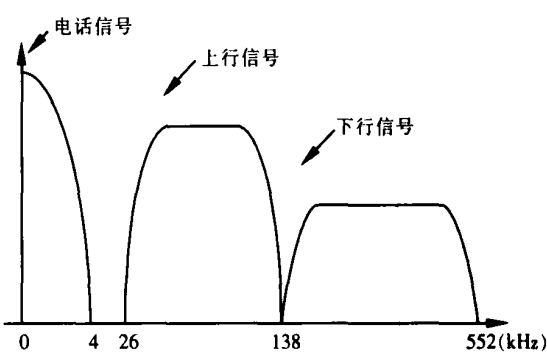


图 2 G992.2 ADSL 信号的频谱图
Fig.2 Spectrum of G992.2 ADSL

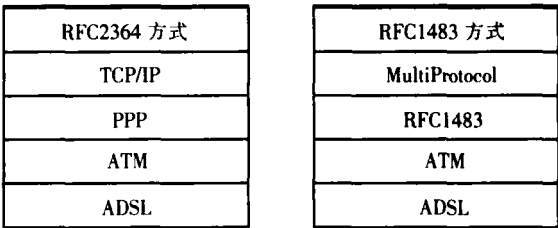


图 3 RFC2364 和 RFC1483 的协议栈
Fig.3 Protocol stacks of RFC2364 and RFC1483



图 4 用户终端方框图
Fig.4 Framework of user terminal

- (2) 符合 G992. 2 ADSL, 支持 1. 536Mbps下行速率, 512 kbps上行速率;
- (3) 软件支持 RFC2364和 RFC1483
- (4) 符合 PC98/99规格.

3 性能测试

参照 G. 992. 2 Annex D和邮电部技术规范 YDN 078-1998 制定了测试方案, 其组成如图 5所示.

测试系统主要由计算机、线路(或线路模拟器)和 ADSL测试仪组成. 在这里 ADSL测试仪模拟局端的 ATU-C, 和计算机内的 ATU-R进行通信. 在计算机端, 可以通过软件测试 ADSL用户终端的线路速率、误码率和断线率等. 测试方案主要以北美地区对 G992. 2 ADSL的性能要求为参照, 参考欧洲地区的性能指标. 数据传输速率测试结果如图 6所示, 测试结果表明设计的 ADSL用户终端在传输速率和传输距离上完全符合标准要求.

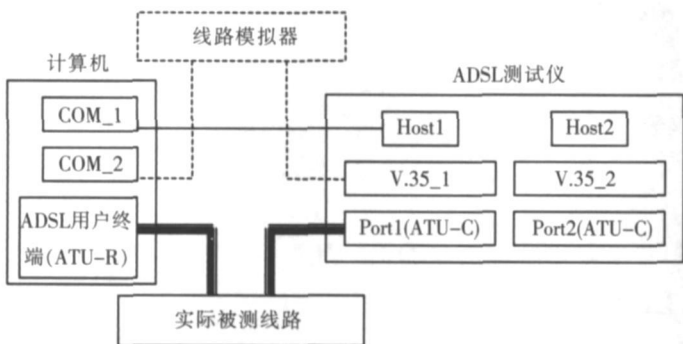


图 5 测试方案
Fig.5 Test scheme

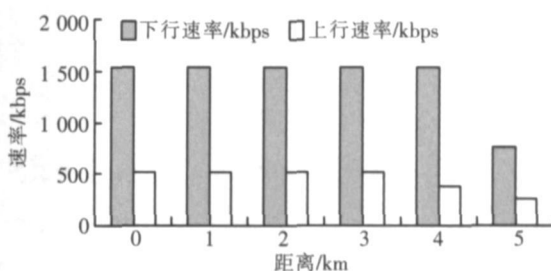


图 6 数据传输速率测试结果
Fig.6 Result of speed test

4 结束语

ADSL技术是一项可以满足高速因特网接入的传输技术, 它的出现非常好地解决了大量存在的铜线电缆的改造问题, 使得电信运营商在投入比较小的前提下, 可以提供高速因特网服务和其它增值业务, 在我国具有非常好的应用前景. 我们自主开发的 G992. 2标准的 ADSL用户终端除了主要处理芯片, 其它部件基本实现了国产化, 具有低价格、高可靠性和符合国际标准等特点, 这将对我国 ADSL技术的推广起到一定的作用.

[参考文献] (References)

- [1] 韦乐平. 接入网[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998
Wei Leping. Access Network[M]. Beijing: Post and Telecom Press, 1998 (in Chinese)
- [2] 唐宏, 王锦涛. ADSL技术及其应用与发展[J]. 现代电子技术, 2002(10): 45- 48
Tang Hong Wang Jintao. The application and development of the ADSL technology[J]. Modern Electronics Technique 2002(10): 45- 48 (in Chinese)
- [3] 毛婕, 高强, 阳武. ADSL中的 DMT技术浅析[J]. 电力系统通信, 2001 22(10): 28- 30
Mao Jie Gao Qiang Yang Wu. The analysis of the DMT technology in ADSL system[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2001, 22(10): 28- 30 (in Chinese)
- [4] 周炯槃, 陈学勤, 刘勇. PPP overADSL接入系统的设计与研制[J]. 北京邮电大学学报, 2001, 24(3): 80- 84
Zhou Jiongpan, Chen Xueqin, Liu Yong. Design and development of PPP overADSL system[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2001, 24(3): 80- 84 (in Chinese)
- [5] Grass G, Kaycee M, Lin A, et al. PPP over AAL5. [2006-12-20]. [http://www. faqs. org/rfcs/rfc2364. html](http://www.faqs.org/rfcs/rfc2364.html) 1998

[责任编辑: 刘 健]