

EPON+EOC 双向改造方案

解立伟¹, 李跃辉¹, 任勋益^{2,3}, 马晓东³, 陈小星³

(1. 南京邮电大学 通信学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;

3. 江苏亿通高技术股份有限公司, 江苏 常熟 215500)

摘 要:目前在电信网、广播电视网和互联网三网逐步融合的背景下,有线电视网络面临前所未有的挑战,使用何种改造方案来实现双向网络的改造就显得尤为重要。介绍了广电网络双向改造的技术方案及其特点,对有线电视网络双向改造使用的 CMTS+CM、EPON+LAN、EPON+EOC 三种方案的优劣进行了分析和比较,对 EOC 技术进行了详细论述。从业务性能、建设成本、改造技术复杂程度等方面进行分析,最终认为 EPON+EOC 是广电网络双向改造、实现三网融合的最佳方案。广电网络运营商应根据实际情况,选择适合的 EOC 方案。

关键词:双向改造;同轴电缆多媒体联盟;HomePlug AV 协议;同轴电缆传输以太网信号

中图分类号:TP393.14

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)07-0238-04

Two-way Transformation Scheme of EPON+EOC

XIE Li-wei¹, LI Yue-hui¹, REN Xun-yi^{2,3}, MA Xiao-dong³, CHEN Xiao-xing³

(1. School of Telecomm. and Information Engineering, Nanjing Univ. of Posts
and Telecomm., Nanjing 210003, China;

2. School of Computer Science & Technology, Nanjing Univ. of Posts and Telecomm., Nanjing 210003, China;

3. Jiangsu Yitong High-tech Co. Ltd., Changshu 215500, China)

Abstract: During the digital convergence process, which is the integration of telecom, CATV and Internet, there is new challenge for the CATV network. It is crucial to choose appropriate reform technology for the CATV network. Introduces the two-way transformation scheme of CATV network. According to the detailed analysis and comparison of three networking technologies, such as CMTS + CM, EPON + LAN, EPON + EOC. Furthermore, EOC-related technologies are explained in detail, from the business performance, the cost of construction and the complexity of transformation. The conclusion can be reached that EPON + EOC is the most suitable choice for the current two-way transformation and the subsequent convergence of three networks. However, it is suggested that the transformation of CATV network be based upon the actual situation.

Key words: two-way; transformation MoCA; HomePlug AV; EOC

0 引言

传统的广电业务只是单向业务,伴随着通信技术和广播电视技术的迅速发展,用户对交互业务的刚性需求不断增加,要求广电业务具备双向交互功能,广电行业应对三网融合业务发展的第一步即是光纤同轴混合网络的“单改双”。目前广电网络绝大部分是光纤同轴混合网 HFC (Hybrid Fiber Coaxial),而传统的 HFC 网络只有下行通道,只能提供单向的广播业务,

业务单一,所以必须进行双向化改造从而为用户提供互动业务。从 2006 年开始,广电总局大力倡导有线网络双向改造,开展交互电视等多种增值业务,并下发了相应的网络改造指导性意见文件。2009 年 5 月,发改委批准《关于 2009 年深化经济体制改革工作的意见》,要求实现广电和电信企业的双向进入,推动“三网融合”取得实质性进展。根据广电网络双向改造的需求,有线电视网正向下一代广播电视网(NGB)过渡。通过对接入网的光网络改造,可以为广电运营商带来更多的机遇与发展,从而实现三网融合的战略目标。目前有线电视双向改造主要有三种方案^[1]:一是采用 CMTS+CM 技术(电缆调制解调器端接系统);二是采用 EPON + LAN 方案;三是采用 EPON+EOC 方案。

收稿日期:2010-12-25;修回日期:2011-03-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61073188);国家博士后基金资助项目(20100471355)

作者简介:解立伟(1986-),女,山东德州人,硕士研究生,研究方向为光纤通信;李跃辉,教授,硕士生导师,研究方向为光纤通信。

1 三种技术的比较

1.1 CMTS+CM 技术

CMTS 是电缆调制解调器的端接设备,它可对终端设备 CM 进行认证、配置和管理。CMTS 技术成熟完善,在国外特别是北美地区应用较早、较广,能够充分利用现有同轴电缆资源,但带宽成本高,适合于大面积的覆盖,CMTS 方案存在明显的缺陷^[2]:带宽低,上下行带宽不对称,单位带宽成本高,无法支撑后续宽带业务等多业务的提供,并且只有很少几家设备供应商;上行噪声严重,噪声干扰将引起数据传输延时和抖动,造成视频图像失真或话音不连续;对同轴电缆及接头质量要求较高,后续维护工作量大、维护成本高、扩容难,这也是各地 CMTS+CM 方案无法顺利推行的主要因素。可以想象将网络中几乎全部的同轴电缆及分支分配器更换几乎相当于重新建网,这不符合广电业务发展的需求。因此该技术仅普遍应用在北美地区,国内只有少量应用,局限在上海和广东等经济条件较好且双向改造较早的地区。

1.2 EPON+LAN 技术

EPON+LAN 方案即在最后 100 米采用 LAN 技术,以五类双绞线入户,技术成熟,网络稳定。由于需要重新组线,对于广电网络而言,存在诸多阻力,不易实施。该方案是在原来的 HFC 网基础上重新架构 EPON 网络作为回传信道^[3],其优点是带宽大、成本低、运营商不承担用户终端的投入,网络未来升级改造方便。缺点是对已经布线的小区需重新入户施工,重新铺设五类线,穿墙打洞会破坏建筑内部装修,施工量及施工难度较大,投入成本高;电视网和数据网形成两张网络分开运营,维护人员素质要求高;后期维护成本较大,资源利用率不高,需要一次性投入。该方案较适合新建小区,但尚不具备在其他欠发达城市和地区广泛推广的成熟条件,目前仅杭州大量采用。此方案的关键点是不能体现出广电现有的优势。

1.3 EPON+EOC 技术

EPON+EOC 通过一张接入网提供多张网络的功能^[4],该技术是在现有 HFC 网络基础上构造的适用于广电网络系统的数字带宽用户接入网络,在不影响现有 CATV 正常工作的前提下,采用先进的频分复用技术,实现有线电视射频信号和以太网 IP 数据在一根同轴电缆内同时传输,充分利用已有的同轴电缆资源,混合信号在客户端进行分离,

IP 数据信号连接至电脑,射频信号连接至电视机或数字机顶盒,最终实现 HFC 双向化改造及宽带接入。更重要的是,该方案能够实现 EPON 设备和 EoC 设备的统一管理,大大降低广电的管理和运维成本,提升广电的服务能力。EPON+EOC 以较少的改造成本和工程量将原来单向网络改造成为集数据、视频、语音于一体的双向宽带网络平台,具有良好的适应性和灵活性。EPON+EOC 方案实施后,广电原有的单向 HFC 网络发生了根本的变化,不仅能为交互机顶盒提供回传通道,而且能够实现多种宽带业务提供。该方案在开发过程中充分考虑中国国情和当前广电网络的实际情况,在驻地网层面利用广电网已有的 CABLE 网络作为传输介质,节约了大量的综合布线成本和运维投资,兼具高性能和低成本。

EoC 发展中的一个重要问题是标准不统一,归纳起来,当前主要 EoC 技术包括无源 EoC(基带 EoC)、有源 EoC(调制 EoC)两种。

1.3.1 基带 EoC

基带 EoC^[5]是指利用频分复用技术,通过阻抗变换、对信号不做调制等动作将以太网数据信号和下行的 CATV 信号结合在一起,介质直接从五类线转换成同轴电缆,并通过有线电视同轴电缆入户,在用户端把电视射频信号与 IP Data 数据信号分离开来。它是一种简单的滤波器和阻抗匹配技术,仅适合点对点应用,优点是成本低廉,缺点是由于是采用简单的耦合传输技术,抗干扰能力差、对阻抗匹配要求高,用户端口空载导致交换机死机、网络自环等问题,并且无源 EoC 经过的同轴电缆网络不能有普通分支分配器,无法适应树形网络及众多复杂用户家庭的户内网络,这样的网络是不可运营的。所以上述缺点已经完全掩盖了无源 EoC 价格低廉的最大优点,近几年对无源 EoC 的讨论也越来越少。

1.3.2 有源 EoC

有源 EoC 是目前备受关注的技术,现在业界方案有多种,均是调制技术,将数据信号调制到适合有线电视同轴网传输的某一频段上,如图 1 所示,然后将有线

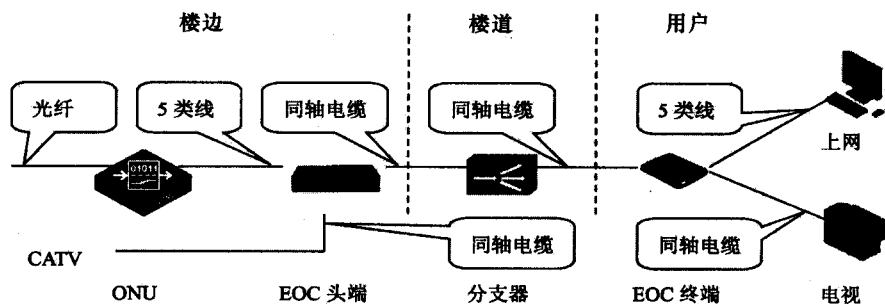


图 1 有源 EoC 原理图

电视信号和调制后的数据信号在 EoC 头端混后合传输,在 EoC 终端将 CATV 信号和数据信号分离。该技术对现有的 HFC 网络不作大的改造,无须新建网络和二次室内布线。

由于采用多载波正交频分复用技术,系统的抗干扰能力极强,对网络传输性能依赖性较小,工作稳定^[6]。有源 EoC 所用的频带是低频部分,因此可全网络通行,如此就可灵活部署 EoC 头端,可放置于小区光点,完成全小区的覆盖,也可以放置于楼道等。EPON+有源 EoC 方案从技术性能、成本、效率上而言都是可以大规模应用的革命式的方案。

由于电视信号的传输频段为 110 ~ 860MHz,为避免对原有的电视信号造成影响,信号的传输频段可选择 0MHz ~ 87MHz 和 860MHz ~ 1000MHz。这两个频段相对电视信号的频段分别是高频和低频,因此有源 EoC 技术主要分为高频和低频两种。

高频方案有^[7]: MOCA (800 ~ 1550MHz)、wifi (2.4G)、wifi 降频 (900MHz ~ 1.1GHz);

低频方案主要有: homeplug AV, HomePNA (4 ~ 28MHz)。

(1) MoCA 技术方案。

MoCA 是同轴电缆多媒体联盟 (Multimedia over Coax Alliance) 的缩写,是专门为适应 Cable 网络开发的一种用于家庭联网的技术,它们利用 Entropic 的技术 (c-link) 作为 MoCA1.0 规范的依据。它采用 OFDM 调制技术和 TDMA/TDD 技术,调制速率最高 270 Mbps,带宽为共享,与其他 EoC 技术相比较,MoCA 本身就是基于同轴电缆的家庭网络技术^[8], MoCA 的频率与原广电的频率不同,是从 800MHz 到 1500MHz,其中每一个频段 50MHz,总共可有 15 个信道,1 个信道支持 1 个局端设备,1 个局端设备可支持 31 个终端用户,MOCA 技术的调制速率最高,达 270Mbps (实际吞吐量 < 80 Mb/s),而且按网络状态,头端最多可叠加 4 个,方便用户扩容。主要缺点是:工作频率为高频,单个局端支持终端数量太少,仅仅适合楼栋 EoC 接入,应用局限性较大。芯片成本最高,目前不支持 VLAN,这对今后运营是致命的缺点。MoCA 技术对线路要求也比较高,信号衰减也很大。

(2) Wi-Fi 降频电缆传输技术。

Wi-Fi 无线局域网技术,采用 802.11b 标准,是工作于 2.4GHz 高频的无线传输技术,在同轴上承载时,可为用户提供 108MHz 的物理层速率。但在广电特殊的应用环境下必须降频使用,即将工作于 2.4GHz 无线局域网技术经过降频到 900MHz ~ 1.1GHz 以满足同轴电缆网络传输,这就形成了 Wi-Fi 降频电缆传输技术。为避免与电视信号的冲突和干扰,在方案中将射

频的工作频点设置为 900MHz。在有线电视网络双向综合业务中,下行链路中需要传输的数据量远远大于上行链路的数据量,而在 Wi-Fi 方案的典型应用中也恰好是相同的情况,可以天然满足增值服务的非对称高速数据传输的要求,下行 54Mb/s,可分配给 1 ~ 60 个客户,推荐配置为 20 个客户,上行速率为 128kb/s 的整数倍,也可根据不同情况进行调整。Wi-Fi 比较成熟,但应用到同轴电缆上仍然存在一些问题,该方案适合终端数量不多的系统使用,长距离传输需要增加中继器,同时不支持 VLAN, QoS 支持差,频率随温度变化的性能是降频技术的要害,同时对线路要求比较高,信号衰减大^[9]。

(3) Homeplug AV 技术方案。

HomePlug (HomePlug Powerline Alliance) 是基于电力线和铜线上网的家庭插电联盟技术。常用 EoC 技术往往只适合星型网络,在树型网络中不能使用,而 HomePlug AV 同时支持这两种结构,尤其适合树型网络,这就弥补了 EoC 技术的不足。基于 HomePlug AV 技术的 EoC 设备采用 OFDM 调制技术,能在回传频带内开展双向数据业务,使电视和以太网数据流分频段在同一根电缆中传输,而无需改造原有的同轴电缆网,能充分利用广电 HFC 网络的电缆网资源,提供数据宽带接入,具有良好的抗噪能力。该技术能够通过分支分配器工作在低频段 (2~28MHz),在物理层采用具有高级前向纠错、通道预估和自适应能力的多载波的 OFDM 有源调制,适应噪声环境下的高速信号传输。而在 MAC 层则综合使用具有 QoS 保证的 TDMA (时分多址) 有序接入和 CSMA (竞争接入) 两种方式,并通过快速自动重发请求可靠传输, HomePlug AV 支持 TDMA 和 FDMA,兼容 HomePlug1.0,拥有 RJ45 以太网接口、FTYPE (75) 连接头,易于使用、安装、维护。该技术支持 VLAN、QoS,支持广播、组播、单播,支持 SNMPv2 网管协议,可实现本地及远程的管理^[10,11]。Homeplug AV 一个前端可带 64 终端,网络适应能力强,技术成熟,性价比高,能与 Cable 网络的改造吻合,也不需要更换优质的分支分配器和电缆,抗干扰能力强。也正是因为 HomePlug AV 技术的抗干扰能力突出,在广电总局的设备测试结果也完全印证了这一结论,所以非常适合推广使用。

(4) HomePNA 技术方案。

HomePNA (Home Phoneline Networking Alliance) 是家庭电话线网络联盟的简称,HomePNA 技术可以利用家庭内部已经布设好的电话线和插座,快速、方便、低成本地组建家庭内部局域网,不需要重新布设 5 类线,可以很方便地增加数据终端。目前,该组织共发布了三个技术标准^[12],1998 年发布 HomePNA V1.0 版本,

传输速度为 1.0Mbit/s,传输距离为 150 米;1999 年发布 V2.0 版本,传输速度为 10Mbit/s,传输距离为 300 米。到 2003 年所推出的 3.0 版,将传输速率提升到 128Mbps,且还可扩充到 240Mbps。HomePNA 的 MAC 层协议为 CSMA/CD,提供 QoS 服务,采用八种不同优先等级的帧传送方式,HomePNA over Coax 为广电行业应用 HomePNA 技术奠定了基础。它工作在低频段(4~28MHz),传输损耗小,网络适应能力较好,但干扰大(目前采用 12~28MHz)。当一点对多点通信时,要受到汇聚噪声的影响,接入设备越多影响越严重,所以比较适合节点较少的联网场所。HomePNA 技术因芯片提供商目前只有一家,供应风险较大。

2 结束语

通过前面的论述以及表 1^[13]分析比较可以看出,在广电网的双向化改造中,EPON+EOC 方案相比其他方案具有非常明显的成本优势,改造简单,适合 HFC 网络的拓扑结构,避免庞大的双线入户改造工程,在不影响原有下行广播电视信号的情况下,提供数据上下行传输功能。业务开展迅速,更加符合广电双向改造

的低成本、高带宽、可升级、保护现有投资的需求。维护简单,网络层次简洁,成本低,安装方便。在 EoC 方面,现在正处于“百家争鸣”的时代,基于各种技术方案的 EoC 系统均能够实现电视信号与数据业务等综合业务在同轴电缆中的双向传输,各种技术都有各自的优缺点,且都互不兼容。各方案在物理层性能、数据处理能力、组网能力、业务和设备管理能力以及设备稳定性等方面均各有特点与优势,目前没有一种方案能完全具有所有优点。

因此可以得到如下结论:EOC 和 EPON 的方案的自然吻合是广电双向改造、适应三网融合需求、能够满足客户各种需求的完美方案之一。而在 EoC 技术方面,不同的 EoC 技术有不同的优缺点,选择哪一种,就要根据不同的网络情况,综合成本、速率来考虑,可以说没有最好的技术,只有最适合的产品。几年之后,有可能高频与低频方案都只会剩下一种,技术上,将有可能达到或超过 400Mbps 传输速率。技术的更新换代、新旧交替永远没有完结的一天,没有绝对完美的技术,选择何种接入技术关键在于其投资收益比,是否能充分利用现有资源,并满足今后发展。

表 1 几种接入技术的对比框图

项目/方案		CMTS+CM	EPON+LAN	EPON+无源基带 EoC	EPON+有源调制 EoC
整体情况	通信信道质量	差,噪声漏斗效应严重	中等,双网传输,且技术成熟	差,易受电磁干扰,噪声源集中	好,抗干扰能力强,传输稳定
	适合网络结构	星型、树形	重新布设五类线网络	星形	星形、树形
工程技术	线路改造	是	是	是	否
	改造工程及技术难度	难度大,需计算每个用户反向电平	难度大,需重新建设五类线网络,需在楼内及入户施工	难度大,无法透传分支分配器,需重新改造分配网络,入户施工	难度小,网络适应能力强,几乎不用改造
运维成本		高	高	高	低

参考文献:

[1] 夏亮,倪天宇.下一代广播电视网(NGB)的构造、设计与关键技术的应用[M].上海:上海南汇有线网络中心,2009.

[2] 任伶俐,查澜.基于 EoC 的 HFC 接入网络双向改造技术及应用[J].信息通信技术,2010(3):8-10.

[3] 阎德升,边恩炯,王旭. EPON 新一代宽带光接入技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2008.

[4] 李静宇. EPON + EoC 双向网络的网管实现[J].有线电视技术,2009,16(12):53-57.

[5] 管潇. EoC 技术在湖北黄石地区的应用[J].有线电视技术,2009(12):1279-1281.

[6] 赵学亮. EPON+EOC 技术的介绍及实例分析[J].实验室科学,2010,13(4):85-86.

[7] 杨晓秋,沈凌霄,张剑. EPON+EOC 技术实现旧城有线电视网络的三网融合[C]//何宗就.数字电视产业与三网融合学术研讨会论文集.重庆:重庆出版社,2009:140-142.

[8] Qiu Xin, Liu Lian-hao. The Research and Design of a Multi-network Port EoC System[J]. Electronics Quality,2009(11):719-721.

[9] 广电总局科技司.面向下一代广播电视网(NGB)电缆接入技术(EoC)需求白皮书[S].广电总局科技司,2009.

[10] 李力,王彦,王锰,等. HomePlug AV over Coax 系统

初始化,使能主控模式;调用写操作子程序,写入一个字节的数;判断数据是否发送完毕,若是,则程序结束;若否,则继续写入数据。

数据读取程序设计思路如下:首先对 MSSP 模块初始化,使能主控模式;调用读操作子程序,读取一个字节的数;判断数据是否读取完毕,若是,则程序结束;若否,则继续读取数据。

4 系统测试

通过精密低速角速率转台实验对系统进行了性能测试,证明系统工作稳定。实验过程如下:将系统安装在角速率转台上,给定一初始角速率指令,利用角速率传感器测量其实际角速率。

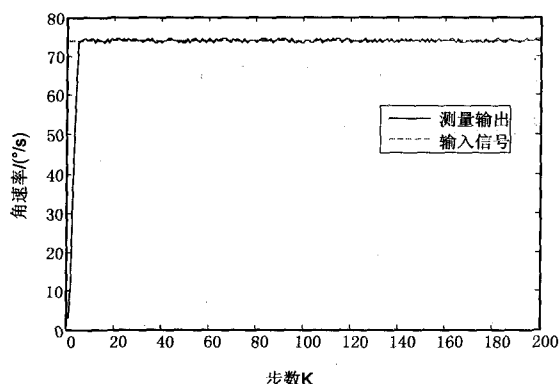


图4 角速率转台测量输出与实际输出

图4为经过处理后的转台测量角速率与实际给定角速率信号。根据实验结果可看出角速率测量输出与实际输出的误差在 $0.5^{\circ}/s$ 之内。证明文中设计的系统角速率数据的测量精度较高。

结合实验与分析,给出了辨识建模系统的性能参数,如下所示。

PIC18F2525 单片机参数设置如下:时钟频率为4MHz,定时器分频比为1:8,定时器宽度为16位。

系统性能参数如下:重量小于50g,供电电压为5V,容许在很大范围内变化,俯仰角速率分辨率为 $0.5^{\circ}/s$,垂向加速度分辨率为 $0.13g$,捕捉PWM频率范围为2~1000Hz,PWM占空比误差小于1%。

5 结束语

设计的微小倾转旋翼机辨识建模系统充分利用了

P18F2525 单片机内部集成的 CCP 模块和 A/D 模块,使得系统硬件电路设计简洁,软件实现方便。通过精密低速转台测速实验证明,系统工作稳定,精度可靠,实时性较好。

该系统能够进行飞行器输入舵偏信号(遥控操纵)和部分飞行姿态信号的采集,在微小型飞行器遥控飞行试验飞行数据采集中具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 杨喜立,朱纪洪. 倾转旋翼飞机建模与仿真[J]. 航空学报, 2006,27(4):584-587.
- [2] 凡永华,杨军. 倾转旋翼机过渡段最优飞行控制系统设计[J]. 飞行力学,2007,25(1):47-50.
- [3] Lesching A, Wagner S. Theoretical model to calculate aerodynamic interference effects between rotor and wing of tilt-rotors[C]//Presented at the 16th European Rotorcraft Forum. [s.l.]:[s.n.],1990.
- [4] Ulrich E R, Humbert J S. System Identification and Control of Mechanical Samara Micro-Air-Vehicles[M]. US: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009.
- [5] Keller J A. Analysis and control of the transient aeroelastic response of rotors during shipboard engagement and disengagement operations[D]. US:Department of Aerospace Engineering, Graduate School, Pennsylvania State University, 2001.
- [6] 李建波,高正. 直升机机动飞行仿真的气动建模及试验研究[J]. 航空学报,2003,24(2):116-118.
- [7] 肖刚,卢京潮. 基于DSP的飞行数据采集系统的设计与实现[J]. 测控技术,2007,26(5):43-45.
- [8] Carlson E B. Optimal tiltrotor aircraft operations during power failure[D]. US:University of Minnesota, 1999.
- [9] Leishman J G. Principles of helicopter aerodynamics[M]. Cambridge:Cambridge University Press, 2000.
- [10] 李春华,徐国华. 悬停和前飞状态倾转旋翼机的旋翼自由尾迹计算方法[J]. 空气动力学学报,2005,23(2):152-156.
- [11] 赵景根,高正,徐国华. 直升机旋翼/机身气动干扰的计算方法[J]. 南京航空航天大学学报,2000,32(4):369-374.
- [12] 牛徐明. 基于ARM与MEMS器件的微惯性测量系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2007(3):62-64.

(上接第241页)

设计[J]. 有线电视技术,2008(12):54-56.

- [11] Li Zhen-guo. The Development and Application of Access Network Technology[J]. Journal of Datong Vocational College, 2006(3):76-81.
- [12] WANG Ying-lai. The Application of EoC Technology which

Based on Homeplug AV in Xinjiang Radio and TV Two-way HFC Network Conversion[J]. China Digital Cable TV, 2009(7):24-26.

- [13] 廖志强. HFC 网络双向改造最后100m接入方案对比分析[J]. 中国有线电视,2008(2):161-163.