



综述

有线电视网络的发展现状与趋势

赵翠¹, 张诚², 欧阳峰¹

(1. 国家新闻出版广电总局广播科学研究院, 北京 100866; 2. 北京大学, 北京 100871)

摘要: 双向化改造后的有线电视网络, 既是广播电视信号的传输网络, 也是宽带业务的承载网络, 是有线电视运营商实现业务发展与转型的基础网络。其中有线接入网络是有线电视网络发展的关键, 与用户带宽需求和有线接入技术的发展密切相关。通过调研当前国内外有线电视网络的发展现状、有线接入技术及标准的研究进展, 分析了有线接入网络的发展趋势, 最后对一种自主创新的吉比特同轴接入技术(HINOC)进行了介绍。

关键词: 有线电视网络; 有线接入网; 同轴接入技术; HINOC

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017182

Development status and trends of cable TV networks

ZHAO Cui¹, ZHANG Cheng², OUYANG Feng¹

1. Academy of Broadcasting Science, SAPPRFT, Beijing 100866, China

2. Peking University, Beijing 100871, China

Abstract: After bi-directional renovation, cable TV network not only transmits broadcasting TV signals, but also carries bidirectional broadband services. It's the basic network that cable network operators achieve business development and transformation. Cable access network is the key point of cable network's development, and bounds up with subscriber's bandwidth requirement and cable access technologies. The current situations of domestic and international cable TV networks, cable access technologies and standards was surveyed, then the develop trends of cable access network was analyzed. Finally, an indigenously-developed gigabit coaxial cable access technology—HINOC was introduced.

Key words: cable TV network, cable access network, coaxial cable access technology, high performance network over coax

1 引言

随着网络双向化改造的推进, 有线电视网络承载的业务已经从传统的广播电视业务转变为以视频、数据及语音为一体的宽带多媒体业务。传统的标清视频向高清及 4K、8K 等超高清方向发展, 物联网、智慧家庭等新业务场景的涌现, VR

(virtual reality, 虚拟现实) 和 AR (augmented reality, 增强现实) 等新技术的发展以及网络直播等新兴媒体业务形态的出现, 使得业务内容更为丰富, 业务流量特征发生变化, 并驱动用户带宽需求持续快速增长。根据尼尔森定律, 高端用户带宽将以平均每年 50% 的增幅增长, 每 21 个月带宽速率将增长一倍, 预计未来 3~5 年, 用户带宽

收稿日期: 2017-05-17; 修回日期: 2017-06-05

需求将从百兆向吉比特过渡。

用户带宽需求的快速增长意味着对网络承载能力的要求不断提升。单就接入网络而言,当前接入网络设备应至少具有百兆(100 Mbit/s)接入能力,并在将来能够向吉比特(1 000 Mbit/s)接入带宽升级。

2 有线电视网络发展情况

2.1 国外有线电视网络发展现状

根据 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development, 经济合作与发展组织) 的统计,截止到 2016 年 6 月, OECD 成员国内固网宽带用户中,同轴电缆宽带用户占比 32.2%,同轴电缆接入网络目前仍是为用户提供固定宽带接入的重要承载媒介。在 OECD 成员国中,美国拥有规模最大、用户数最多的同轴电缆网络市场。这些同轴电缆网络主要由有线电视运营商所拥有,接入部分采用 DOCSIS (data-over-cable service interface specification, 电缆数据业务接口规范) 技术体系,用于承载广播电视业务和宽带数据业务。

根据美国调研机构 LRG (Leichtman Research Group) 的统计数据,美国宽带用户总体数量逐年稳步增加,而有线电视运营商和电信运营商的宽带订户数则呈现了明显不同的变化趋势,以 2015 年为例,主流有线电视运营商宽带用户数增长了 330.3 万户,是自 2008 年以来有线行业宽带用户的最大增量,而主流电信运营商则流失了 18.7 万宽带用户,是电信运营商多年来第一次出现宽带用户负增长,而且从 2015 年第 2 季度到 2016 年第 3 季度的连续 6 个季度中,有 5 个季度电信宽带用户数是负增长的。具体来看,电信运营商流失的宽带用户主要是 DSL (digital subscriber line, 数字用户线) 用户,而光纤到户覆盖区域的用户数则呈现了小幅增长的趋势,意味着 DSL 的网络性能已难以满足用户日益增长的带宽需求。美国有线和电信运

营商宽带用户数量统计如图 1 所示。

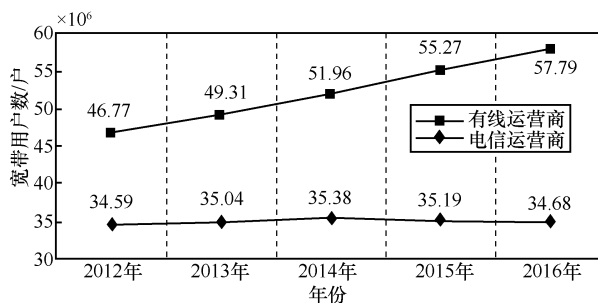


图 1 美国有线和电信运营商宽带用户数量统计

为满足互联网时代背景下用户日益增长的带宽需求,北美有线电视运营商全力发展宽带业务,目前宽带业务已成为有线电视运营商重要的发展业务和盈利方式。LRG 报告数据显示,自 2014 年第 2 季度开始,包括 Comcast、TWC (Time Warner Cable) 等在内的有线电视运营商宽带用户超过了付费电视用户的总和,意味着北美有线电视运营商实现了向宽带运营商的转型。

在过去的十几年间,美国的有线电视网络经历了一轮大变革,完成了模拟向数字的整体转换,现在正向全 IP 的网络架构演进,其网络概况可以总结如下。

- 美国的有线电视网络如 Comcast、TWC 的有线分配网络都采用了 HFC (hybrid fiber coaxial, 光纤—同轴电缆混合) 网络结构,能够提供双向数据通信,可以承载 VOD (video on demand, 视频点播)、高速宽带、语音等业务。
- 为了提高底层物理频谱资源的利用效率,并使其有线电视网络系统能够提供更多类型的新兴业态服务,模拟有线广播电视系统以及模拟/数字混合型有线广播电视系统已基本全部转换成全数字有线广播电视系统。
- 有线电视网络接入网正在进行性能提升与网络优化,既向大带宽、高性能网络升级,又简化网络架构、提高网络管理效率。提升网络性能方面,美国有线电视实验室



(CableLabs)发布了 DOCSIS3.1 技术规范,思科、华为等厂商推出了符合 DOCSIS3.1 的设备,Comcast 等有线运营商在实际网络中部署了 DOCSIS3.1 设备,并开展 HFC 网络的扩展升级,为该技术的推广应用做好准备。通过部署 DOCSIS3.1 设备,可以在现有网络上为用户提供吉比特甚至更高速率的宽带接入。针对网络优化的技术方案主要是融合有线接入平台 (converged cable access platform, CCAP),目标是把宽带接入和 IPQAM 集成在高密度的统一平台上,通过改变各业务在物理上的分离现状,使之融合,可以简化前端与机房中的设备配置,提高能效。

2.2 国内有线电视网络发展现状

随着数字电视和互联网技术的发展,有线电视网络已经从传统的广播电视单向网络,发展为可以承载语音、数据、视频点播、互动游戏等业务的双向网络。2003 年国家广播电影电视总局(以下简称广电总局)开始推动有线电视网络数字化转换工作,数字化提高了有线电视网络的频率资源利用率,有线电视数字化后释放出一定的频率资源,这些频率资源使有线电视网络运营商为用户提供多层次、多样化、个性化的服务成为可能。随着国务院提出并积极推进三网融合,有线电视网络双向化改造拉开帷幕。广电总局提出要建设“适合我国国情的、三网融合的、有线无线相结合的、全程全网”宽带交互式下一代广播电视网 (next generation broadcasting, NGB),并在上海启动了 NGB 示范网建设。伴随着三网融合上升为国家发展战略,下一代广播电视网也进入加快建设阶段。

根据 2016 年第 4 季度《中国有线电视行业发展公报》提供的数据,截止到 2016 年底,我国有线电视用户规模总量为 2.52 亿户,数字电视用户数达到 2.09 亿户,数字化率为 82.77%;有线双向网改覆盖用户超过 1.51 亿户,双向覆盖率达到

59.93%,双向网渗透用户数 6 735.5 万户;宽带用户规模总量达到 2 576.9 万户,占有线数字电视用户的比重达到 12.33%。

有线电视网络双向化改造技术主要包括接入网光传输改造技术和用户接入网改造技术两部分。接入网光传输改造技术已经被广泛应用,技术相对成熟。而对于用户接入网改造技术,在有线双向宽带网络发展之初,专门针对同轴接入这一独特的应用场景和传输介质的技术基本上是空白的,造成了多种从其他方面改造的技术分别用于广电同轴网络,一时间出现了技术种类多样、指标参差不齐的状况。随着技术的整合与汇聚,目前主要形成了如下 4 种应用较为广泛的双向网络改造/建设技术体制。

- 第 1 种是基于传统 HFC 网络结构,利用 CMTS (cable modem terminal system, 同轴电缆局端接入设备)和 CM (cable modem, 电缆调制解调器)构建双向接入网络,该技术已经发展多年、成熟度高,但其设备采购和维护成本高、技术相对复杂、对国内网络的适应性较差。
- 第 2 种是推进光节点到楼头,构建“光纤到楼+楼内接入网”的网络结构,采用的技术主要是“EPON (Ethernet passive optical network, 以太网无源光网络)+EOC (Ethernet over coax, 同轴电缆以太网)”,楼内接入网采用 EOC 技术进行网络的改造和建设,广电总局发布为行业标准的 EOC 技术包括两项:一项是 HomePlug AV/C-HPAV (China high performance advance, 中国先进高性能同轴宽带接入技术),得到了较为广泛的部署,另一项是 HINOC (high performance network over coax, 高性能同轴电缆接入技术),是我国拥有完备自主知识产权的技术标准。
- 第 3 种是以 CMTS 技术为基础,根据国内住户密集的网络场景创新的 C-DOCSIS

(China DOCSIS, 中国 DOCSIS) 技术, 采用 CMC (cable media converter, 有线电视媒介转换设备)+CM 组网, CMC 上联设备可以是 EPON 或路由器。

- 第4种是 FTTH (fiber to the home, 光纤到户), 有线电视双向网络 FTTH 既要实现广播电视信号传输, 又要承载双向数据业务, 因此所采用 FTTH 网络和技术架构更为复杂。

在上述 4 种双向网络改造方式中, 以 EPON+EOC 和 CMTS+CM 技术为主, 两者占据了超过 82% 的市场份额。然而由于受国家政策的引导和电信运营商大规模部署 FTTH 的影响, 各地广电运营商逐步开始部署 FTTH 网络, 部署区域主要集中在城市新建网络和农村新建/改造网络, 到 2016 年末 FTTH 覆盖用户已经超过 800 万户。

3 有线接入技术及标准

3.1 HINOC

HINOC 是一种针对国内有线网络传输环境、由中国的研发团队自主创新研发的同轴电缆宽带接入技术。HINOC 针对 FTTB (fiber to the building, 光纤到楼) 的组网场景, 利用小区楼内有线电视网同轴电缆实现高性能双向信息传输。在现有单向网络不做任何改造的前提下, 实现百兆甚至吉比特的信息传输速率, 进而实现高清数字电视、宽带数据业务的共缆传输, 实现全业务承载。

HINOC 技术的研究已历经十余年, 共形成 HINOC1.0 和 HINOC2.0 两代技术标准。HINOC1.0 行业标准 GY/T 265 的设计目标是利用楼内的“最后 100 m”同轴电缆实现百兆接入, 采用的信道带宽为 16 MHz, 采用 TDD (time division duplex, 时分双工) 方式, 在物理层采用了 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing, 正交频分复用) 调制机制, 在 MAC (media access control, 媒体接入控制) 层采用 TDMA (time division multiple access, 时分多址) 有序接入技术。

HINOC2.0 行业标准 GY/T297 于 2016 年初发布, 该技术针对实现吉比特传输性能进行设计, 信道带宽为 128 MHz, 在 OFDM 调制技术基础上最高支持 4 096QAM (quadrature amplitude modulation, 正交幅度调制), 支持自适应调制技术, 支持 BCH、LDPC (low density parity check, 低密度奇偶校验) 编码, 在 MAC 层支持 TDMA/OFDMA (orthogonal frequency division multiple access, 正交频分多址) 机制, 并设计了高效的信道分配机制, 能够实现吉比特传输带宽、毫秒级的传输时延和传输抖动。

3.2 DOCSIS 和 C-DOCSIS

由工业界联合发起的 DOCSIS 是在 HFC 网络上提供高速双向数据传输的通信协议, 该技术规范由美国 CableLabs 制定, 已经发布的标准版本包括 DOCSIS1.0/1.1、DOCSIS2.0、DOCSIS3.0、DOCSIS3.1。DOCSIS 标准采用 FDD (frequency division duplex, 频分双工) 模式, 其上下行信道工作于不同的频率范围, 每个下行信道带宽设计为 6 MHz/8 MHz, 上行信道带宽包括 6.4 MHz、3.2 MHz、1.6 MHz。目前国内有线电视网络应用的主要是下行信道带宽 8 MHz 的 DOCSIS 标准。

广电总局发布的 C-DOCSIS 行业标准是针对国内用户居住密集的组网场景, 面向大带宽业务承载及运营管理的需求, 基于 DOCSIS3.0 技术, 提出的一种可分布式部署、集中式管理的有线宽带接入系统逻辑架构, 定义了支撑该架构的系统逻辑功能模块、接口和协议, 并在此基础上定义了 3 种不同的系统实现方式。

最新一代的 DOCSIS 技术是 DOCSIS3.1, 采用了 OFDM 多载波调制, 支持 LDPC 纠错编码, 支持高阶调制技术, 下行信道最高支持 16 384QAM, 上行信道最高支持 4 096QAM, 支持自适应调制和自适应功率加载技术, 理论上 DOCSIS3.1 能够提供最高 10 Gbit/s 的下行传输速率和 1 Gbit/s 的上行传输速率。而国内的 C-DOCSIS2.0 技术及标准尚在研发中。



3.3 HomePlug AV 和 C-HPAV

HomePlug 电力线联盟颁布的 HomePlug AV 技术规范, 最初的目的是在家庭内部的电力线上构筑局域网络, 用来满足家庭数字多媒体传输的需要, 该规范于 2010 年被发布为 IEEE 标准, 标准号为 IEEE 1901。HomePlug AV 技术采用 TDD 方式, 工作于 2~28 MHz 频段; 在 MAC 层, 使用 TDMA 有序接入和 CSMA/CA 竞争接入两种方式。该技术被国内广电行业应用为一种 EOC 技术, 将原来电力线的 HomePlug AV 技术移植到同轴电缆上, 由于同轴电缆具有比电力线更优的信道环境, 可以提供相对更高的传输性能。HomePlug AV 目前成为国内市场规模最大的一种 EOC 技术。

2013 年广电总局发布的 C-HPAV 行业标准就是对这种技术进行了标准化, 基于 IEEE 1901 并对其进行调整和扩展定义得到, 调整和扩展的内容涉及工作频率、组网结构、调制和编码方式、MAC 层多址调度方式以及网络管理方式等。

最新一代的 C-HPAV 技术是 C-HPAV2.0, 该技术通过扩展传输带宽并采用高效的数据编码与传输机制, 目标是实现吉比特级别的宽带接入速率。该技术目前已初步形成标准草案。

3.4 FTTH

FTTH 是将光纤延伸到用户家中的接入技术, 广电运营商部署 FTTH 时, 需考虑到既要承载广播电视业务, 也要承载双向数据业务。在如前所述的几种网络结构基础上, 目前已经发展出了 RFOverlay、I-PON 和 RFoG 3 种典型的组网方案。在具体入户方式上, 也存在单纤三波、两纤三波和双线入户的接入方案。2016 年初广电总局发布了 FTTH 系列行业标准之一的总体技术要求, 该标准将作为各地有线电视网络运营商采用 FTTH 技术进行网络双向化改造的技术依据。

4 有线电视网络发展趋势

有线接入网络呈现出如下发展趋势。

(1) 同轴电缆网络是光纤向用户家庭和户内延伸的最好介质

随着 FTTB 建设, 光节点延伸到楼头, 同轴电缆网络的覆盖范围通常在 100 m 左右。根据广电行业标准对同轴电缆和分支分配器的技术特性要求, 模拟带宽需支持到 1 GHz, 经过实际测试, 在覆盖百米的组网场景下, 现有同轴网络可以工作到 1.2 GHz 附近。以有线电视接入网络通常采用的 75-5 同轴电缆为例, 考虑 1 台头端节点覆盖 32 台终端节点的情况, 计算可得百米网络的链路损耗最大约为 45 dB。因同轴网络具有电磁封闭的特性, 受到外界干扰比较小, 理想情况下可以达到 40 dB 以上信噪比。经粗略计算, 假设在带宽 5~1 005 MHz、信噪比为 40 dB 时, 根据香农公式 $C = W \lg(1 + SNR)$, 计算可得同轴电缆网络的信道容量为 13 Gbit/s。

随着现代通信技术的发展, 通信系统的传输能力逐渐接近香农极限, 考虑到工程实现以及现存网络中存在线缆老化弯折、接头不匹配等问题, 可以认为现有网络的传输能力至少可以达到香农限的 50%, 以工作在 1 GHz 频段附近的 HINOC 系统为例, 信道带宽为 128 MHz, 理论最高传输速率为 1.1 Gbit/s, 实测速率在 700~1 000 Mbit/s。可以认为, 有线同轴网络能够提供接近 10 Gbit/s 的总体数据传输速率, 同轴电缆网络的潜力有待进一步发掘。

广电运营商拥有丰富的有线同轴网络资源, 2016 年底我国有线电视用户规模总量为 2.52 亿户, 连接到这些家庭的最后一段(接入段和户内段)传输介质都是同轴电缆。由于光纤具有质地脆、不易维护、弯折半径不宜过小等问题, 使其难以在家庭户内部署走线, 所以即使光纤逐渐向用户延伸直至光纤到户, 光纤链路都会终结并采用其他介质构建到用户设备的传输网络。对于广电运营商, 已经广泛部署的同轴网络, 是联结光纤终结点到用户设备的最好的传输介质。

(2) 有线同轴接入的吉比特时代即将来临

经过十年左右的发展, 有线电视同轴宽带接

入技术已历经了3个阶段的演进。

第一阶段是有线电视网络双向化改造初期，从单向广播到双向传输是广播电视网的一次重大革命，特别是在双向宽带化发展后，支持同轴电缆接入技术基本是空白，多种技术体制、多项源于其他介质改造的技术分别尝试应用于有线同轴网络，包括：基于HFC网络的电缆调制解调(cable modem)技术、来源于电力线通信的HomePlug/HomePlug AV和HomePNA、Wi-Fi降频技术、基带EOC技术以及基于家庭组网的MoCA的接入技术等，技术种类多、指标参差不齐，有线同轴接入技术也呈现出“七国八制”的状态。这一阶段是有线电视网络从单向到双向转换的起步阶段，是一个双向数据传输“从无到有”的过程，广电行业整体处于尝试和探索的形势，尚未形成明确的双向接入技术要求及行业标准规范，同时随着改造工程加快和三网融合升温，技术、标准、工程及维护都陷入混乱。

第二个阶段是有线电视网络双向化改造的快速发展阶段，国务院先后发布了三网融合战略、宽带中国战略，广电总局将“加快建设下一代广播电视网(NGB)”列为“十二五”科技发展规划的主要任务之一。在这个阶段，在政府引导和市场检验下，有线同轴接入技术实现了汇聚、整合，自主创新技术取得发展，标志性事件是2012—2013年间广电总局发布了3项NGB宽带接入技术标准：HINOC，完全自主的创新技术；C-HPAV，由HomePlugAV技术为基础演变而来；C-DOCSIS，由HFC双向技术为基础演变而来。在这个阶段，接入技术标准和产品均以百兆级别的接入速率为设计目标，并开始考虑满足业务、运营、管理、维护的要求。与此同时，有线网络双向化改造快速发展，从2011年初到2015年底，双向网络覆盖用户从约5000万户发展到1.23亿户。

第三个阶段则是有线电视网络双向化改造的深化阶段。超高清电视、物联网、VR/AR等新兴

多媒体业务的发展，驱动用户带宽需求快速增长，促使有线运营商关注网络承载能力及业务运营管理能力。与此同时，电信运营商在FTTH规模部署的道路上高歌猛进，高带宽业务和IPTV(internet protocol television, 互联网电视)业务不断攻城略地，有线电视用户开始出现流失。可以认为现阶段迎来了吉比特同轴接入技术发展的新契机，与此同时HINOC2.0行业标准率先发布，能够提供FTTH相当的传输性能和管理能力，是解决丰富存量同轴网络升级换代的有效技术手段。

目前，有线电视网络的发展尚处于第二阶段向第三阶段升级转型的过渡期，随着吉比特同轴接入技术、产品逐渐成熟，产业链逐渐完善，有线同轴网络的吉比特时代即将来临。

(3) 光纤到户和同轴双向网络并存将是有线电视网络的发展常态

双向化网络改造技术的选择是由业务需求、改造成本、运营维护的难度与成本等相关因素综合决定的，现阶段来看，运营商关心的一个重要因素是成本。为此，需要区分应用场景对待技术选择。在用户居住地点密集的城市区域，光纤延伸到楼头，楼内的短距同轴线缆可以覆盖几十户家庭，是EOC接入技术主要应用场景，目标是充分利用现有同轴线缆资源提供高带宽双向接入。采用EOC技术进行双向接入改造无需重新布线或改网，改造成本较低，而且目前的EOC产品最高可以支持千兆接入带宽，能够满足现阶段和未来较长时间的业务带宽需求。在用户居住地点分散的区域，存在光节点到用户家的距离较远、取电困难等问题，适宜采用光纤到户的方式开展双向网络改造。目前广电运营商在进行技术选择时，较为一致地采取了如下做法，即农村模拟和单向网改造采用光纤到户以及在新建网络部署光纤到户，而对于已经完成双向网改的大部分区域，则是在原有系统的基础上进行升级。根据目前情况



可以推断，同轴双向网络和光纤到户网络在未来很长一段时间内将同时存在、并行运营。

5 HINOC 技术方案

HINOC 技术的主要应用场景是“光纤到楼+同轴覆盖入户”。HINOC 系统由 HB (HINOC bridge, HINOC 网桥) 和 HM (HINOC modem, HINOC 调制解调器) 构成，通过在楼头增加 HB 设备，在用户家庭内增加 HM 设备，就可以利用有线电视网络为用户提供包括高清、标清电视节目以及高速上网、视频点播、网络游戏等多媒体宽带业务。

在组网模式上，HINOC 系统典型网络覆盖距离不超过 100 m，物理拓扑采用树型网络结构，逻辑拓扑采用点到多点结构，单信道内支持的最大用户数为 64 个。

HINOC 组网方案如图 2 所示。

HINOC 技术针对同轴宽带接入场景做了很多优化设计，主要技术特点如下。

(1) 吉比特宽带接入 (MAC 层理论最高速率 1.14 Gbit/s)

该技术采用同轴电缆中的高频段通信，信道质量好；物理层独创提出“分布式信道均衡”算法，降低信道训练开销，实现高效的物理层传输；MAC 层采用精简的信令开销，并引入节点测距、

以太网分片和打包等技术提升传输速率，使得其 MAC 层净载荷传输效率高达 90%。

(2) 毫秒级时延抖动

采用 TDD/TDMA 通信体制，以 2.5 ms 作为各个节点信道资源的统一调度周期，在保证上下行带宽资源灵活分配的前提下控制了数据传输时延，在多节点并发情况下其平均传输时延可以控制在 3 ms 以内，平均时延抖动在 2 ms 以内。

(3) 高效率带宽管理

采用“报告—授权”机制进行带宽管理，每个用户可使用极少量的子载波以 OFDMA 地方式独立上报带宽需求，局端可根据网管配置的 SLA (service-level agreement, 服务水平协议)、局端本地以及用户上传等信息，对各用户带宽以及上下行链路进行 DBA (dynamic bandwidth allocation, 动态带宽分配)，带宽资源分配精度为 1 Mbit/s，提供“固定带宽”“保证带宽”“尽力而为带宽”等多种业务保证等级。

(4) 强功能中心管控

采用局端中心管控的机制，信道通信资源均由局端根据各个节点信道状况独立进行速率匹配和调度，可以控制性能劣化节点对于全网质量的影响。同时在设备层面，局端会收集各个终端节点的上下行信道状况并予以上报，包括通信频段内链路损耗、

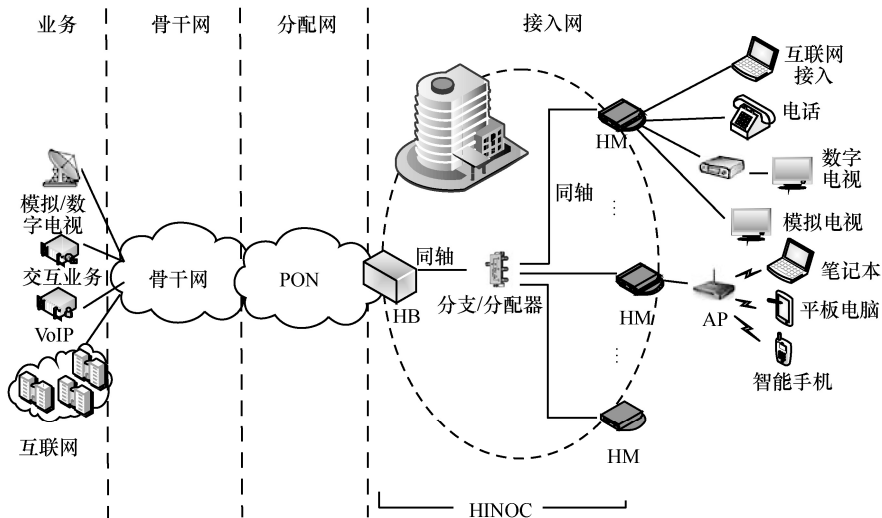


图 2 HINOC 组网方案

子载波信噪比、幅频相频曲线、误码率等参数，配合网络拓扑图，便于基层技术人员等运维。

(5) 多维度干扰规避

在物理层与 MAC 层进行了多个维度的优化设计，能够稳定适用于实际网络中复杂的干扰环境，例如冲激脉冲、无线干扰、多径串扰以及设备自身的非理想因素。HINOC 通过多维度的干扰规避获得了系统效率与稳定性之间的平衡点。

(6) 全方位 QoS (quality of service, 服务质量) 保证

具备硬件加速流分类功能，可以针对以太网帧特征进行捕获、插入、修改、标记等操作；支持 VLAN(virtual local area network, 虚拟局域网)、TOS/COS、基于 QoS 的优先级调度、IGMP 多播(256 条) 等常见业务功能。

6 结束语

本文对国内外有线电视网络的现状进行了调研，对当前国内广电行业应用较为广泛的有线接入技术现状和演进的情况做了介绍，在此基础上，对国内有线电视网络的发展趋势进行了分析。本文认为同轴电缆网络是广电运营商所拥有的实现光纤网络向用户家庭延伸的最好介质，并且在与光纤到户同台竞争的阶段，有线同轴接入技术向吉比特升级的时代已经来临，本文最后介绍的吉比特同轴接入技术 HINOC 就是一种能够支撑广电运营商基于现有同轴网络实现吉比特升级换代的可靠手段。

参考文献:

[1] 欧阳峰, 崔竞飞, 赵玉萍, 等. HINOC 同轴电缆接入系统技术方案[J]. 广播电视信息, 2011, 38(10): 34-38.
 OUYANG F, CUI J F, ZHAO Y P, et al. HINOC coaxial cable access system technology program[J]. Radio and Television Information, 2011, 38(10): 34-38.

[2] 中国广播电视网络有限公司. 中国有线电视行业发展公报[EB/OL]. (2017-01-25)[2017-05-17]. http://www.sohu.com/a/125156064_488920.
 China Broadcasting Network. China's cable TV industry development bulletin[EB/OL]. (2017-01-25)[2017-05-17]. [http://www.](http://www.sohu.com/a/125156064_488920)

sohu.com/a/125156064_488920.

[3] 国家新闻出版广电总局. NGB 宽带接入系统 HINOC 传输和媒质接入控制技术规范: GY/T 265[S]. 2012.
 SAPPRT. NGB broadband access system-technical specification of HINOC physical layer and media access control protocol: GY/T 265[S]. 2012.

[4] 国家新闻出版广电总局. NGB 宽带接入系统 HINOC 物理层和媒体接入控制层技术规范: GY/T 297[S]. 2016.
 SAPPRT. NGB broadband access system-technical specification of HINOC2.0 physical and MAC layer: GY/T 297[S]. 2016.

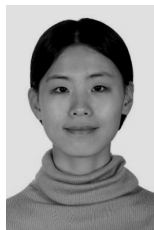
[5] 国家新闻出版广电总局. NGB 宽带接入系统 C-DOCSIS 技术规范: GY/T 266[S]. 2012.
 SAPPRT. NGB broadband access system-technical specification of C-DOCSIS: GY/T 266[S]. 2012.

[6] 国家新闻出版广电总局. NGB 宽带接入系统 C-HPAV 系统技术规范: GY/T 269[S]. 2013.
 SAPPRT. NGB broadband access system-technical specification of C-HPAV: GY/T 269[S]. 2013.

[7] 高蓉蓉. 从 DOCSIS3.1 看未来有线网络 IP 化趋势[J]. 有线电视技术, 2015(10): 59-62.
 GAO R R. IP trends analysis of cable network from DOCSIS3.1[J]. Cable TV Technology. 2015(10): 59-62.

[8] 曾庆珠. 新形势下有线电视网的改造方案[J]. 电信科学, 2010, 26(8): 90-94.
 ZENG Q Z. Reform program of cable television network under the new situation[J]. Telecommunications Science, 2010, 26(8): 90-94.

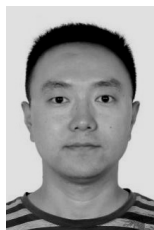
[作者简介]



赵翠 (1986-), 女, 国家新闻出版广电总局广播科学研究院工程师, 主要研究方向为有线网络传输技术。



张诚 (1984-), 男, 博士, 北京大学信息科学技术学院工程师, 主要研究方向为高性能同轴电缆宽带接入 (HINOC)、微波光子学。



欧阳峰 (1979-), 男, 国家新闻出版广电总局广播科学研究院有线所副所长、高级工程师, 主要研究方向为网络传输技术、网络信息安全技术等。