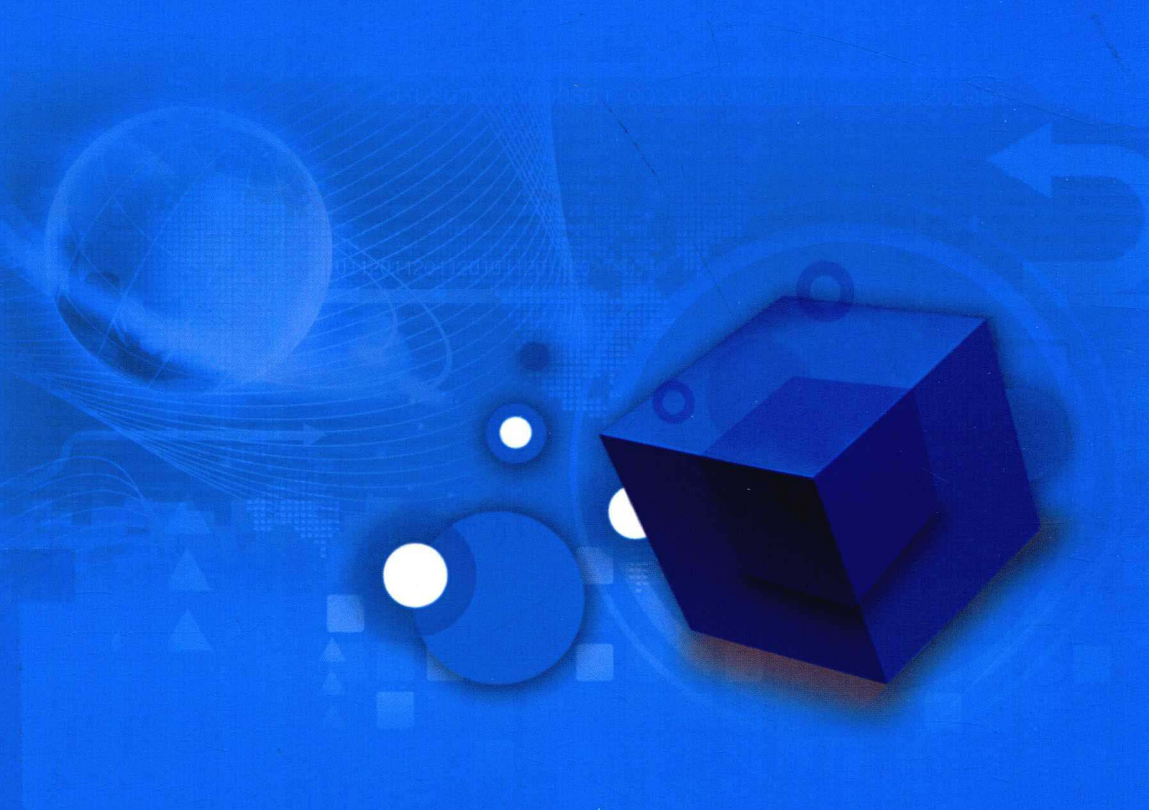


基于**C-DOCSIS**网络的 FTTH演进方案设计与运营

张国圆 王宇峰 著



中国矿业大学出版社

基于 C-DOCSIS 网络的 FTTH 演进方案设计与运营

张国圆 王宇峰 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以徐州广电网络改造为基础,提出小C网络叠加FTTH方案,可以在接入网改投入成本与市场高带宽需求之间取得平衡,既发挥了同轴电缆网络的低成本高密度覆盖优势,又充分利用了光纤长距离低损耗特性的广覆盖优势。

图书在版编目(CIP)数据

基于C-DOCSIS网络的FTTH演进方案设计与运营 / 张国圆,王宇峰著. —徐州:中国矿业大学出版社,2018.5
ISBN 978 - 7 - 5646 - 3958 - 7

I. ①基… II. ①张…②王… III. ①广播电视网—光导纤维通信系统—研究 IV. ①TN949.292②TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第086729号

书 名 基于C-DOCSIS网络的FTTH演进方案设计与运营

著 者 张国圆 王宇峰

责任编辑 王加俊 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83884103 83885105

出版服务 (0516)83995789 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 13.5 字数 257千字

版次印次 2018年5月第1版 2018年5月第1次印刷

定 价 45.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

张国圆和王宇峰细致地梳理了有线网络技术发展进程、设计方案、维护方法,有理论有实践,说理通俗易懂,技能便于掌握。在“互联网+”的时代,网上业务发展迅猛,尤其是网络视频业务的规模发展,对业务承载网络提出了更高的要求。新兴互联网公司从战略的角度投资网络基础设施,借助先进的 FTTH 接入方式,在向用户提供高质量、高带宽服务的同时降低使用成本,快速抢占宽带市场。

广电推出的 NGB 下一代广播电视网,保证每户接入带宽超过每秒 40 兆比特。而有线接入按照技术体制分为两大类,一是 DOCSIS 技术体制,简称为 C 网,包括 DOCSIS 和 C-DOCSIS,前者简称为大 C 网络,后者简称为小 C 网络;二是 FTTx 技术体制,包括 FTTC/B/U+EOC、FTTB/U+LAN、FTTH。为满足高带宽需求,不同的接入网基础具有不同的演进路线。大 C 网络的 CMTS 布设在局端,从 CMTS 到 CM,射频载波携带的数据经过了模拟光路和同轴电缆构成的传统 HFC 网络,其中光电转换发生在光节点站。小 C 网络是 CMTS 下移到光节点站的纯同轴电缆系统,而局端到光节点站间的光路则演进成传输基带数据的 FTTC/B/U,可采用 EPON 等无源光网实现,所以小 C 也可被看作一种 EOC。

面对运营商的竞争压力,既要满足 NGB 建设的高带宽、高可靠性需求,又要防止网络建设的超前。现阶段,充分发掘同轴潜力,光纤到户稳步推进,合理布局,有条件的推进入户,不一刀切地废弃同轴方案,以免造成用户流失、入户困难、投资过度等问题。因此采用小 C 网络叠加 FTTH 方案,可在成本与需求之间取得平衡。本书从技术方案、线路设计、系统造价、运行维护等各方面进行论证,选择适合徐州本地的网络演进方案,此书可供国内同行学习、借鉴。

上海大学(原上海科学技术大学)教授:
凌云天博光电科技有限公司首席科学家:



2018 年 1 月 18 日

前 言

江苏有线信息网络有限公司徐州分公司前身是 1991 年建立的徐州有线电视台,是自筹资金建设、全国最先开通 550 Mb/s 带宽的有线电视台,经营着整个徐州市的有线电视网络资源。2004 年,建设成精简型 HFC 网,实现单光站覆盖 200 户的集中分配型 HFC 网。2009 年,市区覆盖双向用户 50 余万户,传输节目百余套(其中标清数字电视节目 120 余套,高清 3D 数字电视节目 22 套),是全国传输数字电视节目和高清电视节目最多的网络公司之一。2017 年,FTTH 叠加 C-DOCSIS 网改结束,率先建设成满足 NGB 网络传输要求的广电网络。本书主要介绍此次网改的选型、论证、运营、维护,内容主要分为以下三部分。

第一部分主要介绍当前网络状况,现有技术流派及各自特点。该部分参考了江苏省广电研究院的接入网技术标准。第二部分介绍了小 C 网络建设、叠加 FTTH 设计原则、融合型网管建设,以及发表的相应期刊论文。第三部分介绍项目的保障措施、效益分析、业务运营,详细介绍了现有的网络维护流程,为技术人员提供排障参考。

本书由徐州市文化广电新闻出版局宋邦卓处长提供相关资料与审核,凌云天博光电科技有限公司首席科学家林如俭教授指导。小 C 网络建设,由运维部杨亚平、张效海等提供现场资料,FTTH 建设部分借鉴了工程部陈磊主任的建议,设计部分由技术保障部刘德主任、霍孝松提供支持,移动终端网管部分由传输部沈湛提供资料。案例集锦由运维部技术小组邵刚、佟扬等提供维护素材。对于他们的辛勤劳动,作者表示衷心感谢!

本书的出版得到“江苏省六大人才高峰”项目资助。

著 者

2018 年 1 月于江苏徐州

目 录

1	绪论	1
2	广电网络概况	3
2.1	社会背景	3
2.2	现网状况	3
2.3	需求分析	4
2.4	广电接入网组网模式	5
3	建设目标与设计依据	20
3.1	焦点问题	20
3.2	建设目标	20
3.3	设计依据	21
3.4	设计原则	22
4	网络优化方案比较	23
4.1	接入网技术演进路线	23
4.2	主流演进方案	23
4.3	综合对比	27
4.4	方案选择	29
5	融合型 C-DOCSIS 方案	30
5.1	小 C 概况	30
5.2	性能描述	32
5.3	技术参数	33
5.4	系统特点	34
5.5	双认证实现方法	41

6 FTTH 演进方案	47
6.1 演进概况	47
6.2 演进策略	48
6.3 FTTH 设计标准及整体方案	52
6.4 施工设计	56
7 融合型网管系统	61
7.1 光机接口	61
7.2 EPON 接口信息	67
7.3 手机网管 APP 相关接口	71
7.4 移动终端网管	76
8 实施方案	82
8.1 实施步骤	82
8.2 具体方案	83
8.3 实施计划	85
9 项目推进与效益分析	87
9.1 项目保障措施	87
9.2 业务推广策略	88
9.3 效益分析	89
10 运维手册	95
10.1 分配网概况	95
10.2 下行故障	98
10.3 HFC 互动故障	112
10.4 宽带故障	122
10.5 EPON+LAN 网络	142
10.6 FTTH(光纤入户)网络	144
附件 I 演进方案重要环节支撑论文	149
基于 C 网的 FTTH 演进方案探讨	149
广电全光网组网方案探讨	156
有线光纤同轴混合网络优化分析	162

小 C 网优标准与流程	169
基于 C 网的 NGB 建设探讨	177
C-DOCSIS 融合型网管建设	183
徐州有线 1 550 nm 光纤组网设计	188
附件 II 申请的发明专利	195
参考文献	204

1 绪 论

用户对带宽需求的不断提升,对广电接入网的承载能力提出了更高的要求。徐州广播电视传媒集团有限责任公司(简称徐州广电)面向公众用户提供云媒体电视、互动电视和宽带业务服务。由于城区网络建设早,双向网络覆盖和容量不足,HFC(混合光纤同轴电缆网)性能指标差,无法满足当前业务发展的要求,面临着宽带速率低、用户覆盖少、互动比率低等发展瓶颈。随着竞争加剧,运营商积极推动融合套餐产品(手机+宽带+网络电视),更对广电数字电视及交互电视业务造成严重影响。

徐州广电必须适应形势变化,快速转变业务形态,提升网络支撑能力,借鉴其他分公司及江苏省内其他区域网络优化的经验,综合技术、成本、业务需求、现有网络、技术和资金能力等因素,拟采取以 C-DOCSIS(中国有线电视数据服务接口规范)为主、FTTH(光纤到户)试点叠加的方式进行城区 HFC 网络优化改造。改造完成后将满足 3~5 年业务发展的要求,可满足市区云媒体全业务高清互动业务全覆盖、广电宽带 20%接入率的发展目标。

按照徐州城区 30 万户 HFC 网络改造测算,对其中 25 万户采用 C-DOCSIS 技术优化,投入 1 250 台 C-DOCSIS 设备(200 户模型);5 万用户采用 FTTH 技术试点优化,投入 782 个 PON(无源纤网络)口;项目同步建设网络监测管理系统,提升日常运维管理水平;项目期间将加强工程运维队伍技术培训和经验累积,为今后网络持续优化和主动运维打好基础;为适应未来网络演进,扩容光交箱光缆数,增加投入用于光纤资源下沉。总投入资金 2 600 万元,用 2 年时间完成。其中 2016 年投资 600 万元,2017 年投资 2 000 万元。

营利模式主要有:宽带业务营利、高清置换营利模式和专线增值业务营利模式。结合自身实际情况,同时借鉴其他成功运营城市的经验,采取“发展高清互动+宽带”为主,其他增值业务为辅的多管齐下的综合模式进行运营,预计 3 年最保守估测可增加收入 3 450 多万元。相比较 2 600 万元的逐年投入,可总盈余 800 多万元。

在小 C(C-DOCSIS 的简称)设备选型中,考虑到徐州已全面部署 OLT(光线路终端),相应的配件、网管熟悉以及未来光纤入户潮流的平滑过渡,采用纯小 C 系统,融合第三方厂家设备,具有较多的优势。网络优化后形成的用户格局为互

动、低端宽带用户使用小 C 网络,高端用户使用 FTTH,形成差异化用户网络服务格局。

在 FTTH 演进方案中,分别介绍了双纤入户、双线入户。针对老旧小区 FTTH 改造,目前主要有线缆整治小区、雨污分流改选小区、次新小区、PON+LAN(局域网)小区四种场景,针对此四种场景,提出不同的演进方案。

在融合型网管建设中,针对 OLT、ONU(光网络单元)、CM(电缆调制解调器)、小 C 等关键设备,定义接口标准,开发移动终端界面。在专利技术中,关键参数汇总统计,尤其是质量参数与绩效系数的自动统计,为网络维护和员工利益提供了保障;模糊查询与排序模块,打破了有线电视分配网广播拓扑的管理限制,以地址排序的方法,重构了电缆分配网的拓扑,在有线网络中据此定位故障点,具有性价比高、快速的特点。

在演进方案的重要环节,以 7 篇期刊论文分别介绍了演进路线、全光网机房建设、融合型网管建设、网络优化分析、优化和验收标准,确保满足 NGB(下一代广播电视网)路线的接入网演进。

维护案例中,对下行、互动、宽带、LAN 网络、FTTH 网络故障,分类介绍排查顺序、典型故障代码等,为社区经理维护提供技术指导。

2 广电网络概况

2.1 社会背景

2014年9月,江苏人民政府《关于推进智慧江苏建设的实施意见》(苏政发〔2014〕103号)要求至2016年,建成适应经济社会发展需要的新一代信息基础设施,实现城市光纤到楼入户、农村宽带进乡入村,城市和农村宽带接入能力分别达到100 Mb/s、20 Mb/s,整体建设水平达到国家一类地区标准。《智慧江苏建设行动方案(2014—2016年)》要求重点建设宽带江苏提升工程,加快无线城市建设,推进高清江苏工程。

《江苏有线宽带业务发展政策指导意见》就实施宽带提速工程、全面提升广电宽带服务能力、提高市场占有率,提出了具体的业务发展策略,其中网速提升计划为:“各分公司应制定面向家庭用户的网速升级计划,应大力推广10 Mb/s以上宽带产品,巩固宽带用户规模;在基础条件允许的地市,适时、适宜地发展20 Mb/s及以上的高带宽产品,体现广电宽带服务价值。对于政企、商业客户,有条件的地市可发展光纤接入,提供百兆以上的网络服务。”

根据徐州市委市政府与徐州广电达成的信息化建设合作框架协议,徐州广电应在2019年完成城区NGB(下一代广播电视网)网络改造,接入网带宽应达到城区用户百兆目标。目前城区HFC网络距离市委、市政府信息化建设目标差距非常大。

面对国家宽带战略要求和市场需求,徐州广电必须适应形势的变化,快速转变业务形态,提升网络支撑能力,在现4 Mb/s业务支撑基础上,进行接入网升级改造成为当务之急,以满足国家“宽带战略”的要求,满足徐州快速发展的业务需求。

2.2 现网状况

接入网是局端设备与客户网络接口之间的线路、设备组成的传输实体(不含家庭网络、集团客户综合布线系统等内部系统),是承载家庭客户、政企专线、

智慧城市等综合业务的重要基础设施。

徐州全网设计覆盖用户 56.2 万户,共 3 058 个光节点,双向覆盖 52.7 万户,双向覆盖率为 94%。实际有线电视用户 34.4 万户。老网采用 CMTS 方式接入,新网采用 EPON(以太无源光网络)+LAN 方式接入,全部采用 4 Mb/s 带宽接入。

CMTS(电缆调制解调器终端系统)使用思科 UBR7000 设备,共有 176 个下行通道,其中 DOCSIS 3.0 有 8 个下行通道。CMTS 每个下行通道约覆盖 16(为主)或 32 个光节点,下行通道主要采用 64 QAM(正交振幅调制),带宽约 40 Mb/s,256 个 QAM 在试点。上行采用 1.6 MHz、QPSK(正交相移键控调制)(少量 16 QAM),上行带宽约 2.56 M,ATDMA 调制方式。上行平均信噪比约为 26~27 dB,信噪比较低的原因主要为 CMTS 上行口接入用户较多,一般为 4 个光节点共约 1 000 户汇聚。HFC 网络多为 2004 年起改造的老网,有待优化。CM 终端:机顶盒内置 CM 品牌有创维、同州、银河,外置调制解调器有摩托、思科,全部为 DOCSIS 2.0 CM。

2012 年起开始在新建小区使用 EPON+LAN 模式,覆盖约 9 000 户。光节点一般覆盖 50 户,4 芯光纤到达。一般在光节点位置部署 4 口光网络单元(ONU,optical network unit),通过远程供电交换机覆盖用户,或者使用多口 ONU 直接入户。入户同轴电缆采用双屏蔽电缆。EPON 系统共开通 30 个 PON 口,厂家为瑞斯康达,楼栋光接收机厂家为康特。

2.3 需求分析

2.3.1 业务发展分析

根据对现有业务发展情况的分析,目前存在以下几方面的问题。

(1) 徐州城区广电用户开通单项业务的比例高,开展双向业务的用户比例低,尤其是宽带业务的比例更低。基于高清互动电视业务以及高带宽的广电宽带业务发展空间巨大。

(2) 广电宽带现仍然以 4 Mb/s 接入速率为主,不符合目前主流宽带产品的业务形式,较落后于本地其他运营商,竞争力弱,并且无法满足“宽带中国”、“智慧城市”、“互联网+”等各级政策的规划要求,无法充分发挥广电网络数据传输安全可靠的特点以及面向民生服务的功能。

(3) 由于业务产品不全面,尤其是 8 Mb/s 以上高带宽产品的开发滞后,无法应对其他运营商的竞争,影响了广电宽带的市场份额。其他运营商积极推动

融合套餐产品(手机+宽带+IPTV),更是对广电基础电视及交互电视业务造成严重影响,长此以往,将影响徐州地区数字电视业务市场格局。

2.3.2 带宽需求分析

按照省公司研究院对苏南、苏北区域广电业务模型的描述和分析,广电接入网带宽需求如图 2-1 所示。

(苏南)	业务模型描述	带宽	入户率	渗透率	并发率	户均带宽
云媒体页面	云媒体电视80%、OTT视频5%、4M/10M/20M宽带 (宽带总数占数字户数的20%,权重为4/10/6)	4	90%	80.0%	5%	0.144
OTT视频		2	90%	5.0%	10%	0.009
宽带1		4	90%	4.0%	40%	0.0576
宽带2		10	90%	10.0%	40%	0.36
宽带3		20	90%	6.0%	40%	0.432
云媒体户均带宽	=云媒体页面+OTT视频	0.15				
	=云媒体带宽+宽带	1.00				
(苏北)	业务模型描述	带宽	入户率	渗透率	并发率	户均带宽
云媒体页面	云媒体电视60%、OTT视频5%、4M/10M/20M宽带 (宽带总数占数字户数的20%,权重为5/8/5)	4	90%	60.0%	5%	0.108
OTT视频		2	90%	5.0%	10%	0.009
宽带1		4	90%	8.0%	40%	0.1152
宽带2		10	90%	8.0%	40%	0.288
宽带3		20	90%	4.0%	40%	0.288
云媒体户均带宽	=云媒体页面+OTT视频	0.12				
	=云媒体带宽+宽带	0.81				

图 2-1 广电接入带宽需求

2.4 广电接入网组网模式

2.4.1 FTTH 接入

FTTH 是指利用光纤介质连接接入网局端和用户端的接入方式,引入光纤由单个用户独享。按照端到端的网络结构层次划分,FTTH 网络定位于接入网,分为接入机房局端系统、ODN(光分配网)网络、用户网三个部分,如图 2-2 所示。

FTTH 网络主要采用光纤与同轴双线、双纤三波两种入户方式,下面对这两种方式进行介绍。

2.4.1.1 光纤与同轴双线方式

光纤与同轴双线入户方式适合于集中居住区场景。采用光纤与同轴双线入户,户外保留同轴电缆网络,用户端开通双向业务需要 ONU 终端。同轴网络传输数字电视射频信号,光纤网络传输宽带数据信号,如图 2-3 所示。

2.4.1.2 双纤三波方式

双纤三波方式适用于分散居住区场景。采用全光纤单线接入,户外取消同

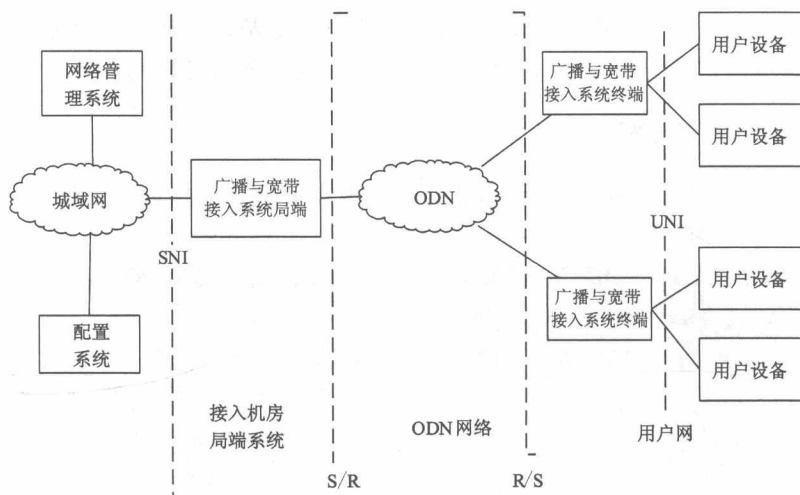


图 2-2 FTTH 系统组成

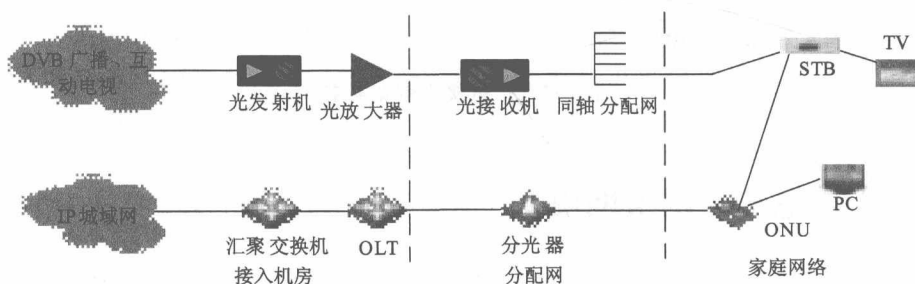


图 2-3 光纤与同轴接入方式网络

轴网络,用户端需要用户光接收机和 ONU 终端。数字电视信号、宽带数据信号分别采用不同光纤承载。在现有 DVB(数字视频广播)业务技术体系下,双纤三波方式在建设成本、运维成本方面优势较大,如图 2-4 所示。

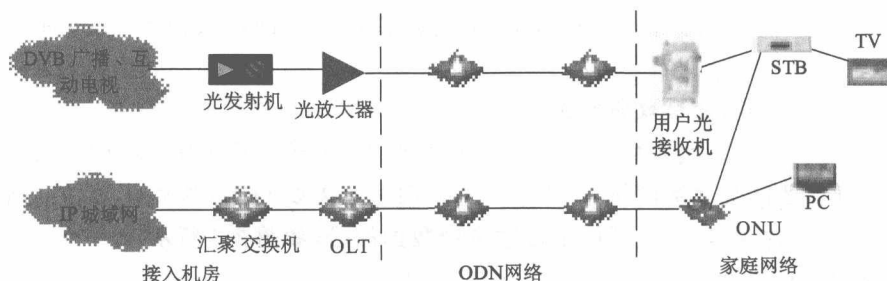


图 2-4 双纤三波接入方式网络示意图

2.4.2 C-DOCSIS 接入(小 C)

2.4.2.1 技术方案

C-DOCSIS 技术方案主要应用于网络改造,适宜作为 DOCSIS 3.0 的有效补充,用于数据业务渗透率高、接入带宽大的地区。C-DOCSIS 系统由 C-DOCSIS 头端、C-DOCSIS 终端、配置系统和网络管理系统组成。

C-DOCSIS 头端连接同轴分配网络和汇聚网络,负责它们之间的数据转发,通过汇聚网络接入运营商的配置系统及网络管理系统。

在 C-DOCSIS 系统架构中,C-DOCSIS 终端设备连接运营商的同轴分配网络和用户设备,负责它们之间的数据转发。用户设备可以嵌入终端设备之中,也可以作为独立的设备存在。

C-DOCSIS 配置系统提供 C-DOCSIS 系统的业务和设备配置服务,实现配置文件的生成、下发、终端设备的软件升级等功能,包括动点主机配置协议(DHCP, dynamic host configuration protocol)服务器、配置文件服务器、软件下载服务器、时钟协议服务器等。

C-DOCSIS 网络管理系统包括 SNMP(简单网络管理协议)管理系统和 SYSLOG(动态主机配置协议)服务器。

分布式 C-DOCSIS 技术方案如图 2-5 所示。

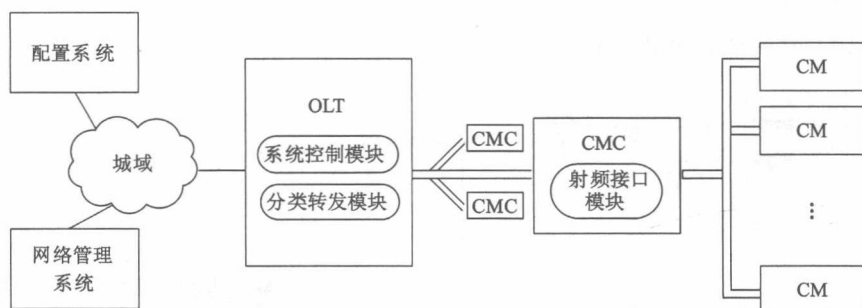


图 2-5 分布式 C-DOCSIS 技术方案

2.4.2.2 设计原则

(1) 系统架构

采用分布式技术方案,局端功能由汇聚设备光线路终端(OLT, optical line terminal)设备和同轴电缆媒介转换器(CMC, cable media converter)共同实现,通过一套网管系统统一管理。C-DOCSIS 网络可以继续保持与原有 DOCSIS 网

络的 CM 终端的兼容性,继续使用 DOCSIS 系统的业务支撑系统。

(2) OLT 设计原则

分前端机房部署三层 OLT 设备负责终结二层协议,管理和转发 C-DOCSIS 协议数据,具备识别 Option 60 的能力。

局端 OLT 设备宜采用低分光比(EPON 建议 1 分 2,GPON 建议 1 分 4,10 GEPON 建议 1 分 12)经 ODN 网络接入位于光节点的分式 CMC 设备。

OLT 设备下发配置给 CMC 设备,通过网管对 CMC 设备进行统一管理。根据原有网络的特点选择 DHCP 认证或是 PPPoE(通过以太网传输点对点协议)认证方案,对于已规模部署 DOCSIS 设备、后台服务支撑系统完整的区域优选 DHCP 认证,对于规模采用 FTTx 模式建设的区域优选 PPPoE 认证方案。

(3) CMC 设计原则

CMC 内部集成 ONU、光机模块(可选),软件支持 IPQAM 功能(可选)。广播电视占用 1 芯,使用原有网络波长;C-DOCSIS 占用 1 芯,上下行使用 1 310 nm 和 1 490 nm 波长。

CMC 设备建议覆盖 250 户左右,不超过 300 户,内置 ONU 模块,在设备能力为 16 下 4 上的基础上建议开启不低于 8 个下行频点、4 个上行频点。

DOCSIS 3.0 与 C-DOCSIS 不可在同一光节点下频分复用,而是采用分区域混合部署。

(4) 改造部署模式(图 2-6)

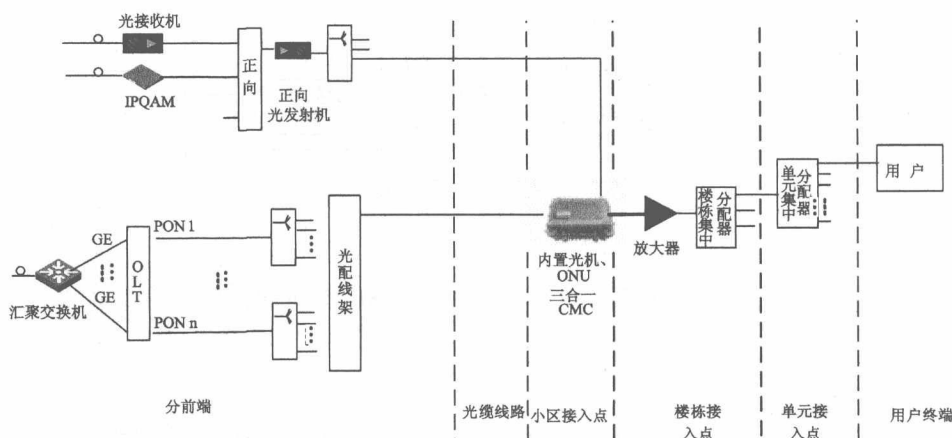


图 2-6 C-DOCSIS 应用于网络改造方案

模式 1:改造 250 户左右的双向光节点,利用原有光节点反向光纤 1 芯,在原有箱体中安装 1 台 CMC 设备,CMC 设备与光站设备完成信号混合,利用原有接入同轴网实现上下行信号传输。

模式 2:改造 500 户左右的双向光节点,利用原有光节点反向光纤 1 芯,再新增光纤 1 芯,每光节点部署 2 台 CMC 设备,2 台 CMC 设备与光站端口按照覆盖用户数进行合理搭配,实现广播信号与数据信号的混合,利用原有接入同轴网实现上下行信号传输。

2.4.2.3 运行指标

下行采用 256 QAM 调制方式,上行 64 QAM @ 6.4 MHz 以上调制方式,网络上信噪比应稳定控制在 28 dB 以上,见表 2-1。

表 2-1 C-DOCSIS 网络运行指标

运行系统及节点设备	指标名称	指标要求	优劣等级分类			备注
			甲 (优质)	乙 (建议)	丙 (最低)	
CMC	下行端口调制方式 256 QAM 比例/%	>90	>95	>90	>85	
	上行端口带宽 30 M 比例/%	>85	>90	>85	>75	即采用 6.4 M+64 QAM
	低频段噪声/dB μ V	<25	<20	<25	<30	光机反向输入口(25~65 MHz)
	丢包率/%	<0.1	0	<0.1	<0.5	具体根据网络现状确定
	下行单向平均延时/ms	<5	<4	<5	<8	
	上行单向平均延时/ms	<20	<18	<20	<25	
	周平均回传 SNR/dB	≥ 28	≥ 30	≥ 28	≥ 25	
CM	下行信号 MER/dB	≥ 36	≥ 36			
	下行信号 BER(R-S 纠错后)	$<1 \times 10^{-8}$	$<1 \times 10^{-8}$			
	发射终端离散度 (上行发射电平范围/dB μ V)	$\geq 95\%$ (42~57)	$\geq 90\%$ (42~54)	$\geq 95\%$ (42~57)	$\geq 99\%$ (42~60)	
	上下行通道负荷	<60%	<50%	<60%	<70%	