



PON 技术在平安城市中的应用 ——上海“城市光网”技术创新和应用实践之七

朱 俊,汪国荣

(中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200120)

摘 要

以往平安城市视频监控系统的承载网络以传统的点对点系统为主,因此网络建设成本尤其是光缆网建设成本非常高。当前,各电信运营商已全面开展以 PON 技术为主的光纤网络建设,采用 PON 技术建设平安城市的承载网络,是一种技术创新和行业信息化应用的实践。通过分析视频监控技术的演进,研究模拟与数字承载网络技术的发展,分析比较各种承载网技术的优劣,阐述采用以 PON 技术为基础的城市光网,在平安城市中承载应用具备的优势。同时,提出 PON 承载视频监控系统需关注的运维和技术问题并且探讨其解决方案。

关键词 EPON;OLT;ONU;视频监控系统

平安城市视频图像监控系统使用数字或模拟视频技术、计算机通信技术、网络技术及相关系统和设备,通过实时动态监控、记录查询、网络传输、分级控制、授权访问、资源共享等方式,实现对城市卡口、主要道路、重要目标、重点单位、要害部位、治安复杂区域等目标的治安监控。PON (passive optical network) 技术作为近年来“城市光网”的主流接入技术,它面向应用的组网模式使接入网络灵活性更高,接入业务类型更丰富,在解决“平安城市”视频监控系统接入网络覆盖范围广、接入点位设置不确定、接入前端设备数字化等问题上都有很好的适应性。

本文通过分析视频监控技术的演进,研究模拟与数字承载网络技术的发展,分析比较各种承载网技术的优劣,阐述采用以 PON 技术为基础的城市光网,在平安城市承载应用具备的优势。同时,提出 PON 承载视频监控系统需关注的运维和技术问题,并探讨其解决方案。

1 视频监控技术的演进

视频监控技术的发展在经历了模拟时代、数字时代、

远程时代后,正大步跨入城域、广域互连的崭新阶段。监控行业的数字化进程正方兴未艾,网络化进程刚刚起步,智能化进程已呼之欲出。

视频监控系统的发展历程可以归纳为以下 4 代。

(1) 第一代模拟监控系统

以视频矩阵、分割器、录像机为核心,系统采用视频切换矩阵连网,多路数视频光端机上传视频图像,第一代技术成熟、信号清晰、可靠性高、市场认知程度较高。但需要大量类似于矩阵类的配套设备,建设与维护成本远大于数字系统。由于采用同轴电缆,模拟监控系统仅适合于小范围的区域监控。

(2) 第二、三代数字远程系统

2000 年后硬盘录像机(DVR)应用到模拟监控系统中,开启了数字化道路。2004 年后数字视频服务器(DVS)大量应用,其基于 TCP/IP,实现视频在网上传输和监控系统内数据的切换、传输、存储的数字化。数字监控系统在组网方式上与传统的模拟监控和基于 PC 平台的监控方式有极大的不同,视频服务器输出已完成模拟到数字的转换并压

缩,采用统一的协议在网络上传输,支持跨网关、跨路由器的远程视频传输,方便在多种网络环境下运行。由于采用身份认证、权限管理、痕迹保留和信源、信道及网络加密等技术,系统的安全性远高于传统的模拟系统。但由于采用了数字编码,其视频质量、实时性相对不如模拟系统。

(3)第四代联网监控系统

第四代联网监控系统基于IP网实现大容量多级联网,统一呼叫信令格式、视音频媒体表示格式、控制与报警格式,采用流媒体技术实现视频在网上传输。联网监控中心的所有原始数据和视频图像都来自于各分中心,在监控中心实现资源共享。同时,联网监控中心为监控分中心做数据备份,负责向监控分中心下发路网统一时钟,下达交通控制指令或建议,在紧急情况下,可接管监控分中心的控制权,直接参与控制方案的执行。

联网监控系统是视频监控技术的发展趋势,它可以使监控系统发挥应有的效率,最大限度地满足对平安城市监控系统的控制、监督和指导。

2 数字编码技术

一幅没有经过压缩的640 dpi×480 dpi大小的视频图像,数据量约为900 KB,而未经压缩的相同幅面的视频图像传输速率高达175 Mbit/s。视频压缩技术的核心是利用人的视觉心理特性(如视觉暂留、大块着色原理等)以及信息论的理论,去除视频图像中的信息冗余部分,达到数据压缩的目的。

国际上音视频编解码标准主要有两大系列:ISO/IEC JTC1制定的MPEG系列标准;ITU针对多媒体通信制定的H.26x系列视频编码标准和G.7系列音频编码标准。1994年由MPEG和ITU合作制定的MPEG-2是第一代音视频编解码标准的代表,也是目前国际上最为通行的音视频标准。

经过10年多的演变,音视频编码技术本身和产业应用背景都发生了明显变化,后起之秀辈出。目前,音视频产业可以选择的信源编码标准有4个:MPEG-2、MPEG-4、AVC(简称AVC,也称JVT、H.264)、AVS。从制定者分,前3个标准由MPEG专家组完成,AVS是我国自主制定的。从发展阶段分,MPEG-2是第一代信源标准,其余3个为第二代标准。从主要技术指标——编码效率比较,MPEG-4是MPEG-2的1.4倍,AVS和AVC相当,都是MPEG-2的2倍以上。

由于音视频编码技术的革新,视频监控承载网技术也随之不断演进,从非压缩的模拟、数字承载技术演变到压缩编码的数字承载技术,下面的章节将进一步作阐述。

3 模拟承载技术

模拟承载采用PFM调制技术实时传输图像信号,是早些年第一代模拟监控系统常用的承载技术。发射端将模拟视频信号先进行PFM调制,再进行电—光转换,光信号传到接收端后,进行光—电转换,然后进行PFM解调,恢复出视频信号。由于采用了PFM调制技术,其传输距离可以达到30 km左右,有些产品的传输距离可以达到80 km甚至上百千米。并且图像信号经过传输后失真很小,具有很高的信噪比和很小的非线性失真。通过使用波分复用技术,还可以在一根光纤上实现图像和数据信号的双向传输,满足监控工程的实际需求。这种模拟光端机也存在一些缺点:如生产调试较困难;单根光纤实现多路图像传输较困难,性能会下降;抗干扰能力差,受环境因素影响较大;由于采用的是模拟调制解调技术,其稳定性不够高,随着使用时间的增加或环境特性的变化,光端机的性能也会发生变化,给工程的使用带来一些不便。

4 非压缩数字承载技术

非压缩数字承载技术是第二、三代数字远程系统常用的承载网技术,是将单路或多路模拟基带的视频、音频、数据进行高分辨率数字化,形成高速数据流,然后将多路数字流进行复用,通过发射光端机进行发射。然后,通过另一端的接收光端机进行接收、解复用,恢复成各路数字化信号,再通过数字模拟变换恢复成模拟视频、音频、数据。非压缩数字视频光端机传输的信号有视频、音频、开关量、RS-485数据/RS-232数据(优选RS-485数据)、以太网数据等。

数字视频光端机相比模拟视频光端机具有明显的优势:如传输距离较长,可达80 km,甚至更远(120 km);支持视频无损再生中继,因此可以采用多级传输模式;受环境干扰较小,传输质量高;支持的信号容量可达16路,甚至更多(32路、64路、128路)等。非压缩数字视频传输系统如图1所示。

5 编码压缩数字承载技术

编码压缩数字承载技术一般采用图像压缩技术,它能

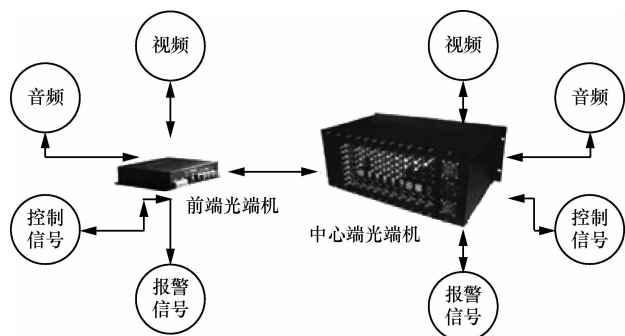


图1 非压缩数字视频传输系统

将活动图像压缩成 $N \times 2$ Mbit/s 的数据流通过标准电信通信接口传输或者直接通过光纤传输,是第三、四代视频监控系统的常用承载技术。由于采用了图像压缩技术,它能大大降低信号传输带宽。表1给出了各类摄像机图像信号经过编码后的传输带宽需求。

表1 各类编码带宽需求

监控分辨率(dpi×dpi)	上行带宽/路
CIF(352×288)	1 Mbit/s
D1(704×576)	2 Mbit/s
720P(1 280×720)	4~6 Mbit/s
1 080(1 920×1 080)	6~8 Mbit/s

对于编码压缩数字承载有两种主要技术:一是通过对点的方式采用光纤收发器/以太网交换机;二是通过对多点的方式采用 EPON 技术。

(1) 光纤收发器/以太网交换机承载方案

光纤收发器/以太网交换机承载方案如图2所示。前端监控摄像机分 IPC 数字和模拟摄像机,IPC 摄像机内部已经过编码,输出的是数字信号(以太网电信号),模拟摄像机通过 DVS 数字编码输出数字信号(以太网电信号),再经过光纤收发器转换成以太网光信号,经过光纤传输至局端多端口以太网交换机。

这一承载方案技术成熟,设备及网络结构简单,是前些年常用的一种承载方案。但该方案的缺点是:点对点的网络结构,光纤资源消耗过大,前端一个摄像机通过光纤收发器传输就需要收/发一对光纤。

(2) PON 承载方案

PON 承载方案如图3所示。基于 PON 的 FTTx 是新一代光纤用户接入网,用于连接电信运营商到终端用户,采用光纤媒质代替部分

或全程的传统铜线媒质,将光纤从局端位置向用户端延伸。目前,有两种主流 PON 技术得到规模应用,一个是由 ITU/FSAN 制定的 GPON 标准,另一个是由 IEEE 802.3ah 工作组制定的 EPON 标准,上海电信目前以发展 EPON 为主。

EPON 是一种新型的光纤接入网技术,它采用点到多点结构、无源光纤传输,在以太网上提供多种业务,它在物理层采用了 PON 技术,在链路层使用以太网协议,利用 PON 的拓扑结构实现了以太网的接入。因此,它具有低成本、高带宽、扩展性强、灵活快速的服务重组、与现有以太网兼容等特性。EPON 技术的基本特点主要有:OLT 与 ONU 之间的信号传输基于 IEEE 802.3 以太网帧;传输线路速率下行和上行分别为 1 250 Mbit/s、1 250 Mbit/s,以 MAC 控制子层的 MPCP(multi point control protocol)机制为基础,MPCP 通过消息、状态机和定时器来控制访问 P2MP 的拓扑结构;P2P 仿真子层是 EPON/MPCP 中的关键组件;逻辑分光比最大为 1:64;EPON 下行采用广播方式,上行采用 TDMA 的工作原理。

无论是 EPON 技术还是 GPON 技术均是以点到多点单纤双向的方式进行传输。在平安城市视频监控项目实际网络部署时,各监控点摄像机输出图像信号(标清模拟固定摄像机经过 DVS 编码器进模\数转换后)通过 ONU 设

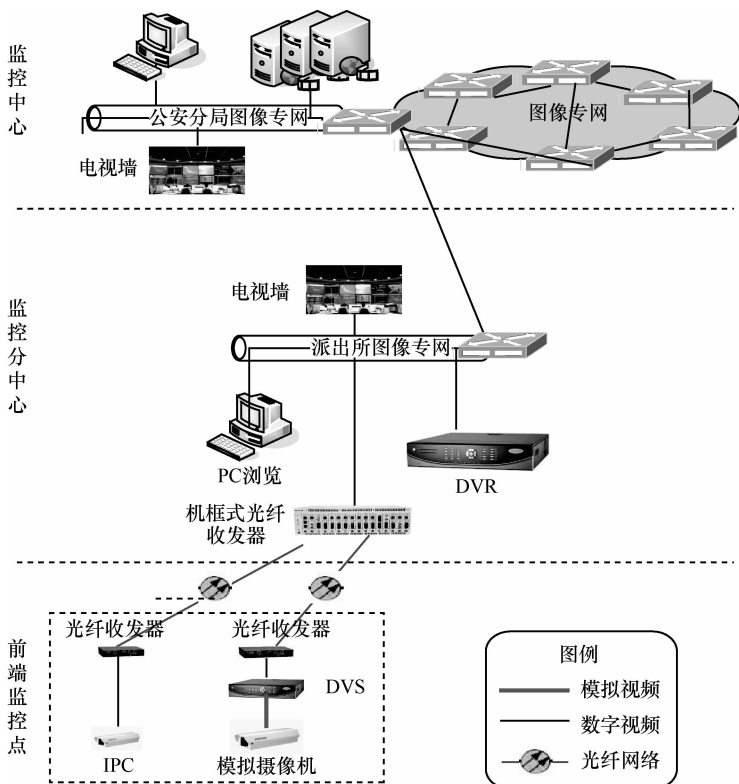


图2 光纤收发器/以太网交换机承载方案

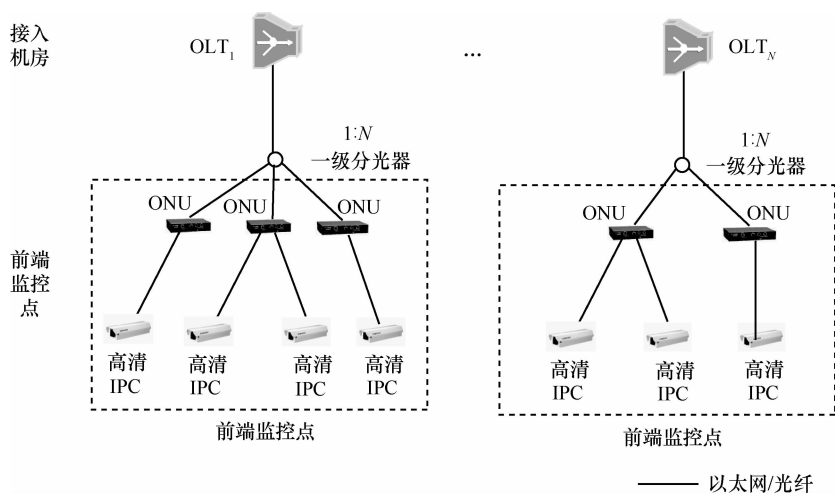


图 3 PON 承载方案

备接入 PON,通过光分路器实现多点到点的传输。数字视频流通过 OLT 设备上联板卡的 GE/10 GE 端口连至分控中心监控平台交换设备。在平安城市承载网的实际项目中,PON 方案非常适用于卡口高清固定摄像机、高清固定摄像机和标清模拟固定摄像机等的接入组网。

6 各种承载方案比较

综上所述,从技术方案、建设运维成本等各方面综合比较各种承载网技术,具体参见表 2。

视频光端机方案和交换机方案都是较为成熟的承载

网技术,PON 技术已经大规模应用在宽带网 FTTH/FTTB,在政企宽带、专线、VPN 有着广泛的应用,可见 PON 已经是非常成熟的承载技术。由于 PON 采用的是点到多点的单纤双向技术,通过光纤 1:32 或者 1:64 的分光可以同时接入几十个远端,光缆以及设备的投资将大幅减少。参考 2011 年某区平安城市项目投资,共计约 500 个高清摄像点位,采用 PON 点对多点承载方案与光纤收发器/以太网交换机点对点方案比较,光缆投资节省 65%。因此,PON 技术在建设成本和运维成本上有很大的优势。

由于 PON 的部署采用 1 级或 2 级分光的方式,对于

表 2 各种承载方案对比

	非压缩视频光端机方案	以太网交换机方案	PON 承载方案
方案成熟度	比较成熟,目前大量运用于各区县的平安城市项目中	比较成熟	比较成熟,是城市光网主流接入网技术
适用情况	单一	丰富	丰富
接入带宽能力	100 Mbit/s/1 000 Mbit/s	100 Mbit/s/1 000 Mbit/s	1 000 Mbit/s/2.5 Gbit/s
组网技术	采用点对点光纤直连方式	采用点对点光纤直连方式	点到多点单纤双向
网络适应性	较差	较差	较强
网络扩展性能	较差	较差	较好
扩容成本	较高	较高	较低
资源利用率	较低	较低	较高
网管能力	采用现有公安网管系统模式	光纤收发器不具备网管功能	具备完备的网管能力
运行维护成本	较高	较高	较低
设备成本	较高	较低	较低
线路成本	较高	较高	较低
系统能耗	较高	较高	较低



平安城市视频监控的布点扩容非常便利,只需网络做好规划可从分光点增加尾纤的连接,扩容的网络部署也非常快速灵活。

PON 技术有着国际统一的标准体系,EPON 为 802.3ah、GPON 为 G.984,其运维管理体系相对于其他两种承载技术更为标准化,甚至于 PON 设备可以实现不同厂家 OLT 与 ONU 的互联互通,在统一网管下管理不影响端到端的运维管理。PON 的标准体系在原有的以太网标准基础上增加了很大一块 OAM 的管理要求,进一步提升了 PON 的运维管理能力,如光链路测量和异常诊断、设备掉电告警、光链路保护等机制,这些功能都是其他承载网技术所缺乏的。

PON 技术本身还在不断地演进,其整体功能、性能、运维支撑系统的能力还在不断提升。目前,主流的 PON 技术为 EPON 和 GPON,未来演进方向分别为 10 GE PON 和 X GPON,速率从 GE、2.5 Gbit/s 提高到 10 Gbit/s。相对于其他两种技术,PON 的产业链环境更佳,更有利于技术的发展和成本的下降。因此,采用 PON 作为平安城市视频监控的主流承载技术是必然的趋势。

7 PON 承载需重点关注的问题

尽管 PON 承载平安城市监控系统是最佳技术选择,但在建设与运维中有以下几方面的问题需重点考虑和关注。

(1) 建设规划方面

需着重考虑光分比、ODN 距离长度、OLT 局站设置点及覆盖范围。目前,无论是 EPON 还是 GPON 技术均已支持 1:32 甚至 1:64 的分光比,但是鉴于平安城市视频业务的实时性、高带宽性的特点,PON ODN 的分光比不宜太高,建议采用 1:32 的分光比。同时,考虑到初期视频监控点开通率不高(有后续扩容需求)、光纤管道资源不足等因素,宜采用二级分光方式,主要采用 1:2/1:16 和 1:4/1:8 灵活配置,根据前端视频监控点位密集情况在点位较密集区域选用 1:2/1:16 模式,在点位较稀疏区域使用 1:4/1:8 模式。此外,采用二级分光的架构在满足网络后续发展要求,节省了整体投资的同时,还有利于采用光功率检测法进行 ODN 故障段落定位。在 ODN 距离方面,每台 PON OLT 设备覆盖半径一般在 5~10 km,若出现覆盖范围较广、前端视频监控点至 OLT 超过 10 km 时,可以采用减少光分比,或 OLT 设备下沉的方式解决。OLT 设置的局(站)应能适应未来网络和业务发展的需要,具备便于设备扩容,提升

用户接入带宽所需的各项条件,同时满足网络整体结构的长期稳定性和区域结构的灵活性两个要求。

(2) 带宽分配方面

由于视频监控上行流量的特殊性,还需规划好带宽流量。PON 技术采用动态带宽分配算法(DBA)进行上行带宽的调度,根据 PON ONU 终端接入视频监控点的数量,可以配置不同的 DBA 模板满足不同上行流量的需求,如配置保证带宽 35 Mbit/s、最大带宽 100 Mbit/s 的 DBA 模板用于标清视频监控业务,采用保证带宽 60 Mbit/s、最大带宽 100 Mbit/s 的 DBA 模板用于高清视频监控业务。同时通过控制 OLT PON 口内接入 ONU 的数量实现上行保证带宽不超过 900 Mbit/s。

(3) VLAN 规划方面

按照全覆盖的方式进行,确保为每个监控点预留足够的业务 VLAN,以避免由于将来视频监控点扩容导致现有 VLAN 资源不足或需要对现有 VLAN 进行大幅调整的情况发生。由于平安城市业务渗透率高且有安全隔离的需求,应采用 PUSPV(per user per service per VLAN,每用户每业务每 VLAN)模式,但是由于 VLAN 资源消耗多,单层 VLAN 无法满足需求,因此可以结合灵活 QinQ 技术进行 VLAN 资源的扩展。QinQ 在 PON OLT 设备上开启:QinQ 域起于 OLT,终结于监控平台交换设备。业务 VLAN 规划原则为:外层 SVLAN 用于识别不同的视频业务(如卡口业务、数字高清业务等),内层 CVLAN 用于识别不同的用户(即 ONU 终端)。为简化 ONU 终端的 VLAN 配置则采用统一默认的 VLAN 规划,如 4 端口 ONU 设备每个以太网端口统一配置为 VLAN ID101~104。由 OLT 根据不同 ONU 设备进行 VLAN 转换,转换为 CVLAN,再启用 QinQ 根据不同业务配置外层 SVLAN。

(4) 安全性方面

由于平安城市视频监控安全性方面的特殊要求,为保证 PON 系统内数据的安全性,下行方向应启用加密算法,OLT 和 ONU 之间建立密钥请求、密钥生成、密钥更新机制,使用密钥对业务数据进行实时搅动。例如在 EPON 系统中可以三重搅动进行加密,密钥长度为 48 bit,密钥总数为 248。采用简单穷举法进行破译需要的时间大大超过密钥更新周期,因此具有较好的安全性。在 GPON 系统采用 AES 加密算法同样具有很高的保密性。在 PON 系统内上行方向开启合法 ONU 接入认证进一步保证系统的安全性。目前,OLT 设备启用基于 ONU 逻辑标识符的 ONU 认

证方式,一旦逻辑标识符与局端 OLT 内保存的白名单不匹配便无法在 PON 系统内完成认证注册,并且在 ONU 注册后通过将逻辑标识符与 PON 口绑定,还可以保证 ONU 设备无法在其他 PON 口使用,进一步提高 PON 系统安全性。另外,为了防止非法监控视频摄像机接入 PON,在 PON 系统内部还应启用终端 MAC 地址绑定功能,在系统内部建立白名单,有效管理合法的终端(视频摄像机) MAC 地址。而一旦有非法视频摄像机接入(即非法 MAC 地址接入),将关闭接入的以太网端口,并上报告警。为了提高 PON 的安全性,PON 系统还应开启环路检测功能、广播风暴抑制功能,防止 PON 内产生环路风暴和广播风暴。

(5)时延问题

现阶段大量的前端标清模拟可控需求仍以非压缩数字视频光端机承载为主,主要原因是控制信号对于时延的要求非常高,一般要求在 300 ms 以下。视频光端机是通过 RS-485 接口直接将控制信号传输至局端,如采用编码压缩数字承载技术,控制信号通过 DVS 编码后通过以太网传输至局端,经测试时延在 500 ms 以上。一般 PON 承载网络的时延在 1~1.5 ms,主要的时延是在编码上产生的,因此编码技术降低时延是一个需要突破的重大问题。另外也可以考虑控制信号与业务信号分离的模式,即控制信号不经过编码压缩直接传输至控制平台,这样也可避免由于编码技术带来的时延。

(6)室外型 ONU

由于平安城市的前端设备一般都放置在室外,其对于

环境如温度、湿度、防雷有一定的要求。目前,在平安城市的应用中使用的 ONU 其温度、湿度的标准如下:类别 1,温度-0℃~40℃,相对湿度 10%~90%(非凝结);类别 2,温度-30℃~40℃,相对湿度 10%~90%(非凝结);类别 3,温度-10℃~55℃,相对湿度 10%~90%(非凝结)。其中,SFU 应支持 3 种类别中的一种(生产厂商往往按照类别 1 执行),MDU 应支持类别 2、3 的一种。可以看出目前 PON 的 SFU 终端采用的标准仅能满足室内使用的要求,远远不能满足室外部署运行要求。考虑到室外环境较为恶劣,加上北方和南方的温度/湿度相差较大,因此室外型 ONU 需要适应南方夏季闷热高温和北方冰雪霜冻的恶劣条件,其温度标准在低温方面需要达到-30℃,高温至少需要达到+60℃,湿度需满足 5%~95%湿度条件下无凝结。除此之外,充分考虑到野外供电环境的复杂性,室外型 ONU 应实现 220 V 交流电源接入或 60 V 交流电源接入两种方式,并适应宽范围的电压波动。在电气特性方面,室外 ONU 的电源接口和网口需有 6 kV 防雷能力,满足山区或多雷地区的设备部署。特殊环境下还应具备带防水套和铰链等防水套设计。室外型 ONU 运行可靠性也是一个关键指标,其 MTBF(平均无故障工作时间)至少应达到 30 000 h,长时间运行 30 000 h 不应出现业务中断或性能下降。

参考文献

- 1 中国电信集团公司. EPON 设备技术要求 V3.0
- 2 中国电信股份有限公司上海分公司. 基于 EPON 的 FTTx 宽带接入网资源及业务配置规范

Application of PON Technology in Video Monitoring Network System

Zhu Jun, Wang Guorong

(Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract This paper analyzes the evolution of video technology, studies of analog and digital development of network technology, analyzes the advantages and disadvantages comparison of different network technology, describes using the city optical network based on PON technology has more advantages in the application of video monitoring network system. At the same time, it is concerned about the operation and maintenance and technical problems and explore solutions of PON to carry video system.

Key words EPON, OLT, ONU, video monitoring network system

(收稿日期:2012-08-29)