

基于GPON的长大附中全光网络方案设计

千家欣, 陈国瑞*

长江大学计算机科学学院, 湖北 荆州

收稿日期: 2023年11月7日; 录用日期: 2023年12月7日; 发布日期: 2023年12月15日

摘要

随着我国物联网技术的发展和在教育信息化的重视, 近几年来各中学与高校开始步入智慧校园的建设阶段。而传统网络的接入方式难以满足智慧校园业务增长的需求, 为解决传统网络在智慧校园建设中的不足, 本文以长江大学附属中学为例, 在充分了解其建设需求和规划原则的前提下, 提出一种基于GPON (Gigabit Passive Optical Network)的接入网方案。该方案在费用较低的同时, 保障了其先进性, 在未来十余年可平滑过渡到下一代网络。灵活的方案设计保障了其可扩展性, 在校区规模扩大时, 只需接入对应的设备即可, 此外高带宽的网络方案提供了高清的监控系统保障校园安全。

关键词

教育信息化, 智慧校园, GPON

Design of All-Optical Network Solution for Middle School Affiliated to Yangtze University Based on GPON

Jiaxin Gan, Guorui Chen*

School of Computer Science, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Nov. 7th, 2023; accepted: Dec. 7th, 2023; published: Dec. 15th, 2023

Abstract

With the development of Internet of Things technology and the emphasis on education informatization in China, middle schools and colleges have begun to enter the construction stage of smart campus in recent years. However, the traditional network access method is difficult to meet the

*通讯作者。

needs of smart campus business growth. In order to solve the shortcomings of traditional network in the construction of smart campus, this paper takes the Affiliated High School of Yangtze University as an example and fully understands its construction needs and planning principles. An access Network scheme based on Gigabit Passive Optical Network (GPON) is proposed. This solution guarantees its advanced nature at a lower cost, allowing for a smooth transition to next-generation networks over the next decade. The flexible scheme design ensures its scalability. When the scale of the campus is expanded, only the corresponding equipment can be accessed. In addition, the high-bandwidth network scheme provides a high-definition monitoring system to ensure campus security.

Keywords

Informatization of Education, Smart Campus, GPON

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

教育是关乎一个国家全体人民的大事, 而教育离不开良好的校园环境。在传统的校园生活中, 由于网络的限制, 各种先进的教育手段难以普及, 各大学校亟需建立一种能够满足多种教学业务的智慧校园。智慧校园是以物联网为核心的智慧化的校园学习、生活一体化的环境, 通过信息化手段将教学、教务管理和校园生活进行充分融合, 实现智慧化管理和服务的校园模式。

智慧校园对于网络有着较高的要求, 例如高带宽、安全可靠、节能环保等等, 而传统的铜缆网络传输性能弱, 灵活性差, 并且铜缆还会出现老化等问题, 难以胜任智慧校园对于网络的要求, 此外过度使用铜缆是对铜资源的浪费, 铜缆的这些缺点导致其无缘智慧校园的部署[1]。

根据长江大学附属中学的智慧校园网络建设要求, 需要满足多业务发展, 符合未来技术发展方向, 还需要考虑后续的机会成本, 应当采用主流的、先进的技术和产品, 保证基础支撑平台五至十年内不会被淘汰。在这种背景下, 基于 GPON 的全光网络是十分值得考虑的方案。

2. GPON 技术

2.1. GPON 简介

GPON 使用的是 ITU-TG.984.x 系列的标准, 其提供卓越的服务质量并拥有动态带宽分配能力, 十分适合园区网的部署。其中“千兆”一词表示它提供的最大速度, 通常为下行 2.488 Gbps 和上行 1.244 Gbps; “无源”表示全光网络的路径上不需要依赖任何电力设备。目前 GPON 在单纤上最高有 1:64 的比例, 这表明 GPON 中的一根光纤通过光分可以向 64 个终端提供视频、数据和语音等业务接入, 因此 GPON 减少了光纤网络中的光纤运行数量。GPON 的另一个突出特点是使用异步传输模式编码, 可以在同一网络上集成语音和数据流量等, 完美做到三网融合。GPON 在今天以更高的数据传输速率、更大的带宽、更远的传输距离以及更为安全的方式提供三重播放服务(数据、IPTV、VoIP)。

GPON 的整体结构如图 1 所示, 其中 OLT (Optical Line Terminal) 是光线路终端, 相当于传统网络中的交换机或路由器, 具有管理 ONU (Optical Network Unit)、宽带分配以及运行维护等功能; ONU 是光网络中的用户端设备, 与 OLT 配合使用, 实现以太网二层、三层功能; ODN (Optical Distribution Network)

由一个或多个无源光分路器等无源光器件组成, 用于连接 OLT 和 ONU, 其作用是在 OLT 和 ONU 之间提供光传输的通道。

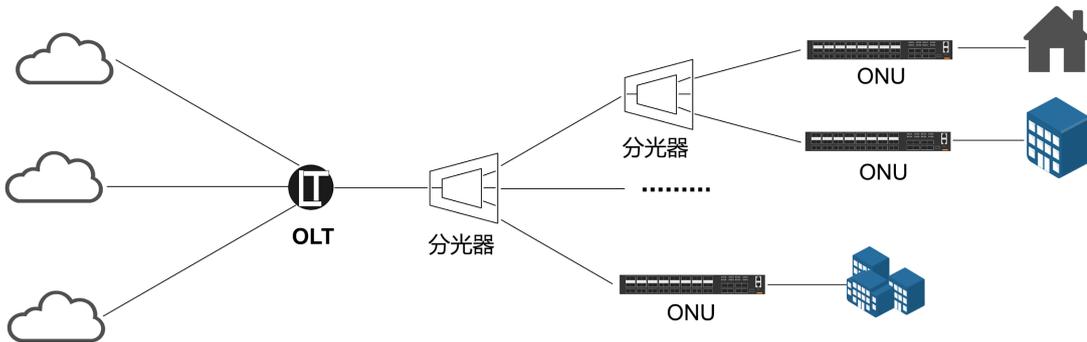


Figure 1. Overall structure diagram of GPON
图 1. GPON 的整体结构图

2.2. GPON 系统原理

GEM (GPON Encapsulation Mode)帧是 GPON 中最小的业务承载单元, 一个 GEM Port 可以承载一种或多种业务, T-CONT (Transmission Container)是 GPON 上行方向承载业务的载体, 一个 T-CONT 可以承载一个或多个 GEM Port, GEM Port 承载业务后先要映射到 T-CONT 单元进行上行业务调度, 再由 ONU 为其配置不同业务类型, 最后 OLT 通过 DBA (Dynamic Bandwidth Assignment)调度的方式上行[2]。

在上行方向, 各种业务先在 ONU 上映射到不同的 GEM Port 中, GEM Port 携带业务再映射到不同类型的 T-CONT 中上行传输至 OLT。T-CONT 在 OLT 侧先将 GEM Port 单元解调出来, 送入 GPON MAC 芯片将 GEM Port 净荷中的业务再解调出来, 再送入相关的业务处理单元进行处理。在下行方向, 所有的业务在 GPON 业务处理单元被封装到 GEM Port 中, 然后广播到该 GPON 接口下的所有 ONU 上。ONU 再根据 GEM Port ID 进行数据过滤, 只保留属于该 ONU 的 GEM Port 并解封装后将业务从 ONU 的业务接口送入用户设备中。GPON 的业务映射关系如图 2 所示。

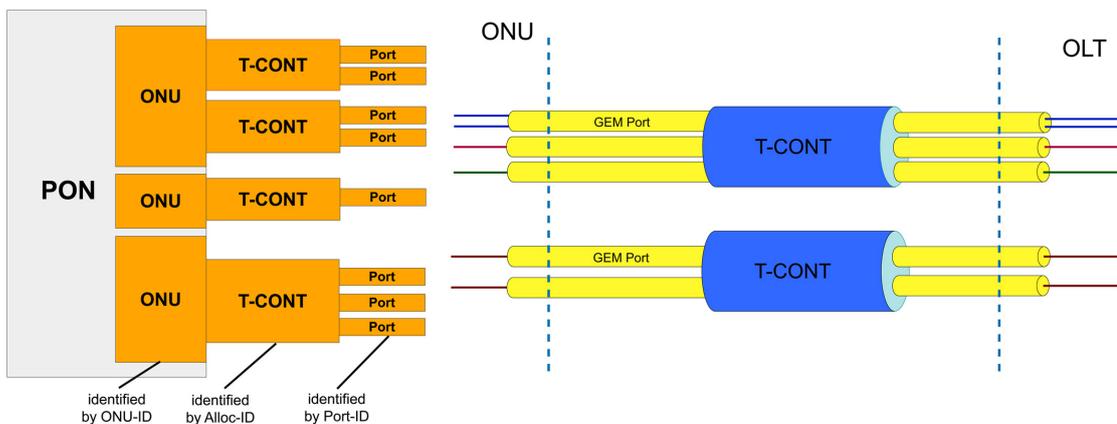


Figure 2. GPON business mapping relationship
图 2. GPON 的业务映射关系

2.3. GPON 部署优势

就智慧校园而言, 首先应该满足其高带宽和多业务的需求, 而 GPON 的上下行在目前主流网络中遥

遥领先, 此外, GPON 支持 ATM 业务和 IP 业务, ONU 可同时提供数据、语音和电视接口, 做到了真正意义上的全业务, 是为满足运营商在统一网络上支持多业务融合需求而量身定制的。与此同时, GPON 的维护较为简单, 且设备故障率低, 绝大多数的管理工作都在 OLT 上进行, GPON 厂商还会提供远程维护。在保证其高品质服务质量的同时, GPON 的综合成本同样具有优势, GPON 的分光比高, 接入的用户更多, 有效分摊 OLT 成本, 且维护成本也更低, 还能平滑过渡换代, 保障在未来多年不会被淘汰。

3. 全光网络方案设计

3.1. 需求分析

本次的长江大学附属中学网络规划建设项目共涉及小学部和初中部, 共约 140 余间教室及办公室的网络连接, 未来还会扩充。其中涉及到计算机教室、录播室、会议室、多媒体教室等功能教室, 不同的教室对于带宽的需求不同, 具体规划如表 1 所示, 此外还需要对食堂、图书馆、操场、宿舍、体育馆等场所进行网络覆盖, 还有校园语音、视频、电话以及监控的部署, 计划新建的网络做到光纤全覆盖。校园网络整体采用有线和无线相结合的方式, 有线网络采用 GPON 全光网, 无线网络通过 AP 置于公共走廊或者室内进行无线网络覆盖[3]。在网络质量上, 校园网络应具有较高的网络传输带宽、稳定的网络质量以及充足的网络覆盖面来满足学校各种先进的教学方式, 例如教师上课视频录播、学生在线视频点播、线上视频会议等。与此同时, 校园网络应具备良好的安全性和稳定性, 并且还需要保障其未来的可扩充性, 在校园网的维护上尽可能的简单便捷。

Table 1. Various classroom network planning

表 1. 各类教室网络规划

	上行带宽	下行带宽	ONU (数据口 + 语音口)	分光比
普通教室	34 M	72 M	16 + 16	1:8
教师办公室	34 M	72 M	8 + 2	1:8
计算机教室	17 M	36 M	16 + 16	1:16
多媒体教室	34 M	72 M	16 + 4	1:8
会议室	68 M	144 M	8 + 8	1:8
录播室	68 M	144 M	4 + 2	1:4

3.2. 方案设计

本方案在中心机房部署两台核心交换机, 来实现核心交换层次的稳定和吞吐量; 为保护服务器的安全, 在校园网的出口部署两台万兆防火墙, 防火墙向上连接荆州市城域网, 城域网是一个承载多媒体、实时业务、数据业务等各种应用的复杂网络, 可为长大附中提供桌面云、数字图书馆、远程教育、移动学习和虚拟实验等功能。为保障师生及访客校园网的安全连接以及网络身份的认证管理, 在核心交换机旁部署一台管理和认证服务器; 根据使用校园网人数的不同以及使用场景的不同, 来部署不同类型的无线接入点 AP。图书馆、食堂、教学楼等密集场所使用更密集的 AP 来保障 WIFI 网络的流畅, 由于 ONU 本身具有无线接入的功能, 教室、办公室以及寝室等场所则无需额外配置无线 AP; 教学楼与办公楼只需在走廊或过道部署低密度的 AP; 对于室外场景的无线网络覆盖来说, 校园室外环境恶劣, 选用室外能够防水防雷 AP 部署, 采用 2x2 MIMO 技术[4]。为了对众多无线 AP 进行集中管理, 在机房部署一台无线接入控制器 AC; 视频监控网络主要负责校园门禁、教室、考场、车辆以及其他安防终端, 在监控接入点多的区域, 例如考场教室以及教学楼, 选用多端口 MDU, 在监控接入点需求少的区域, 例如学校非主干道路, 选用 ONT, 在供电不方便的区域, 选用支持 POE 的 MDU, 直接为摄像头供电[5]。

本方案将长大附中校园网络分为四个区域来规划, 分别为智慧教室、智慧办公、智慧宿舍以及平安校园, 共配置 2 台 OLT 设备, 每个分光器向上均连接两台 OLT, 当其中一条链路损坏后, 网络仍能正常运行, 保障了校园网络的鲁棒性。其中智慧教室对网络稳定性的要求最高, 相比于传统的智慧教室, 本方案在录播室、会议室、广播室使用单独的专线, 确保网络的连接; 对于多媒体教室以及会议室等, 使用高带宽线路, 确保网络的流畅; 对于校园的监控系统, 则为每台摄像机单独开通一个 ip, 同时为校园正门、校园主干道路以及食堂等重点地区的监控系统分配更大的带宽, 提供高清的监控画面服务。最后对于 OLT 的带宽计算, 这是保障全体师生网络畅通的关键, 带宽过大会造成资源浪费, 带宽过小则影响用户体验。若 OLT 上联链路带宽为 X, 终端用户承诺带宽为 W, 终端用户总数为 N, 占空比为 K, 用户业务并发率为 E, 带宽冗余系数为 δ , 则 OLT 上联链路带宽的计算如公式(1)所示:

$$X = \frac{W * N * K * E}{\delta} \tag{1}$$

GPON 接口的下行容量需要考虑选用的分光器的能力, 这里采用基于用户带宽规划的计算方法, 其中 PON 口下行带宽为 L, 则每个 PON 口接入用户数 N 的计算如公式(2)所示:

$$N = \frac{L * \delta}{W * E * K} \tag{2}$$

为了保障校园师生的网络使用体验, 本方案在原有的带宽基础上, 减少一定的终端用户数量, 来进一步提高网络的使用体验。本方案引入网络体验系数 T, 其中 $T > 1$, 具体的每个终端用户带宽 W 计算如公式(3)所示:

$$W = \frac{L * \delta}{N * K * E * T} \tag{3}$$

OLT 下行采用 FTTH (Fiber to the Home)接入方式, 在 GPON 系统中, ODN 可以进行二级分光, 有业务需要时还可以在一级 ODN 下, 再挂接一级 ODN, 通常 ODN 设备配置时选择 1:64 或者 1:32 的分光比, 为校园网络预留足够接入点, 还能够减少光纤的使用量, 节能环保的同时使得校园的网络接入更加灵活多样。整体网络拓扑图如图 3 所示。

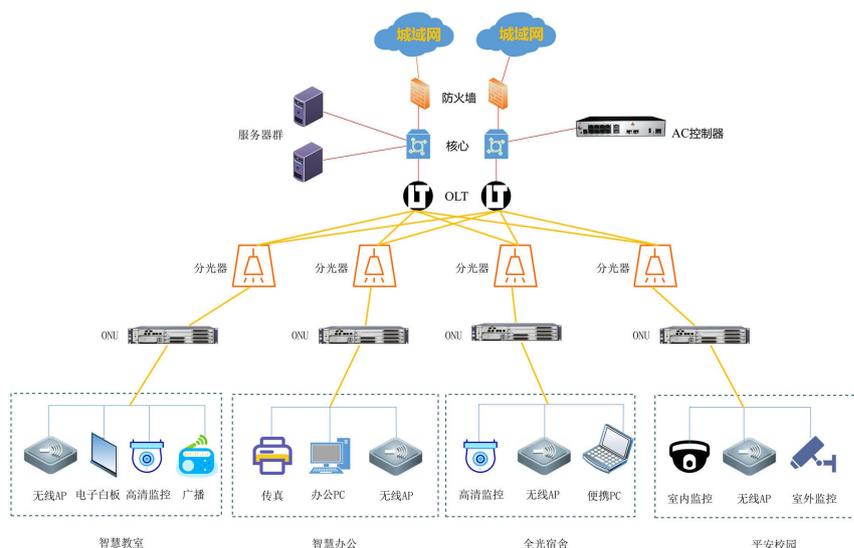


Figure 3. Network topology diagram of affiliated middle school
图 3. 长大附中网络拓扑图

3.3. 校园接入网综合布线方案

两台 OLT 均放置在学校中心机房内, 经 ODF 出主干光缆, 主干光缆分别串联到各个楼栋一楼对应的弱电井内, 在一楼弱电井内通过一级光分的连接到各楼层弱电井, 分光比拟采用 1:4, 在各楼层弱电井采用二级光分连接到各个教室, 分光比拟采用 1:8, 根据各个教室的功能需求配置不通数量的网络终端点。食堂及体训馆网络汇聚点设置在对应的弱电间, 通过金属桥架到达各个信息点。教学一体机、校园广播、网络信息点、AP 的分配通过多口终端 ONU 分配。无线 AP 的供电则接入对应房间的强电, 采用电源适配的方式[6]。整个布线方式采用二级分光, 总分光比不超过 1:16, 从节约端口速率上考虑, 分光比略有调整, 其中多人办公室及计算机教室等信息点较多房间采用 16 路数据口 + 16 路语音口及以上, 区域光纤串联主干光缆直接到达 OLT 处。

3.4. 运维管理

校园网络中同时具有有线用户和无线用户, 且需要对有线网络和无线网络的接入进行认证, 保证接入网络的用户的合法性。针对长大附中校园的特点, 在汇聚层交换机上部署 Portal 认证, 对接入校园网的用户进行身份认证, 在汇聚层交换机上配置 ACL, 准入服务器下发 ACL 号来控制用户的访问权限, 并对校园人员进行身份分组, 使得不同分组内的人员只能使用特定的资源与访问权限。最后在无线接入控制器上对无线用户作认证, 这种认证方式适用各种校园终端的接入, 方便灵活, 管理维护方便[7]。

PON 定义了完善的管理协议栈, 绝大多数的设备与网络故障可以请求厂商远程处理, 只需要少数的管理员进行校园网络运维。校园门禁使用人脸识别的方式, 网络管理员可以更加清晰的了解学生进出校园的情况, 也可辅助教职工与学生的考勤, 同时降低校园安全隐患。

4. 结语

随着教育信息化的发展, 传统的 XDSL 的接入方式已经无法承载智慧校园多业务的需求, 智慧校园要求能满足多媒体教学等业务的同时, 还需要进一步降低成本, 本文针对长江大学附属中学的网络建设要求, 提出基于 GPON 的全光网络设计方案, 该方案围绕智慧的主题, 力争为学生以及教职工提供一个智慧的、便捷、安全的校园。

随着学校人数的增多以及校园业务的变更, 网络拓扑还需要不定期做出调整。且现阶段, GPON 全光网络架构仍有一些短板, 例如 ONU 设备上各网口之间的通讯效率较低; 其次, 全光网络作为近十年才开始广泛使用的技术架构, 还存在灵活性较差, 不同厂商的设备不能互通等缺点[8]。最后, 该方案可能还存在一些设计上的不足, 将会在后续施工的过程中实时完善和改进。

参考文献

- [1] 洪海兵. 基于光电复合缆的 GPON 高校校园网光网的研究[J]. 大众标准化, 2021(21): 32-34. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-1350.2021.21.013>
- [2] 胡炎垣. 基于 GPON 技术下的家庭宽带网络的设计[J]. 电子测试, 2022(19): 79-81, 47. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8519.2022.19.023>
- [3] 赵文斌. 基于 GPON 技术的智慧校园基础网络设计[J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(32): 17-19.
- [4] 罗大伟, 王朝斌, 胡伽率. 基于 GPON 技术的校园网设计研究[J/OL]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2023: 1-7. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1699.N.20220228.1809.006.html>
- [5] 杨文伟, 杜亚飞, 张帅. 基于 GPON 技术的接入网方案设计与应用[J]. 通讯世界, 2022, 29(7): 16-18. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4222.2022.07.006>
- [6] 胡修友. 基于 GPON 技术的接入网设计与实施[D]: [硕士学位论文]. 辽宁: 大连理工大学, 2019.

- [7] 深圳大学: 基于 GPON 构建校园全光网[J]. 中国教育网络, 2021(1): 71-72.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-9781.2021.01.036>
- [8] 刘勇, 钱鑫, 徐晓红. 南京航空航天大学: 向校园全光网演进[J]. 中国教育网络, 2021(9): 54-56.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-9781.2021.09.031>