

新一代光纤网络 SoC 在 FTTR 全光网中 Mini-OLT 的应用 (Rev. A)

Version 0.28

07/12/2023

鹏瞰半导体
www.poncansemi.com

目 录

第一章 前言	3
第二章 数字家庭网络发展及需求	5
2.1 宽带接入网已进入千兆时代	5
2.2 数字家庭与企业的网络需求	5
2.3 数字家庭与企业网络现状	6
2.3.1 数字家庭网络	6
2.3.2 数字企业网络	7
2.4 FTTR 全光网络	8
第三章 鹏瞰芯片方案及功能特性	9
3.1 数字家庭全光组网方案	9
3.2 鹏瞰全光网络芯片	11
第四章 PoncanSemi 全光组网方案	13
4.1 主网关方案	13
4.2 从网关方案	14
4.3 任意运营商接入的 FTTR 实施方案	17
第五章 总结	19

第一章 前言

随着新一轮科技革命和产业革命的浪潮席卷而来，人类逐步进入数字经济时代，数字经济是以千兆光网、5G、大数据、人工智能、移动互联网、云计算等新一代信息技术的应用为基础，已成为国家经济高质量发展的重要支柱并上升为国家重大战略。近年来政府在工作报告中提出加大千兆光网建设力度，做好住宅和社区的信息基础设施规划，实现光纤宽带高速网络覆盖，鼓励开展光纤到房间，光纤到桌面建设，着力提升住宅户内网络质量。网络是数字家庭发展的基础，为高质量的数字家庭体验提供必要的保障。随着国家“千兆光网”战略的推进和运营商千兆接入业务的普及，家庭或企业网络的质量已经成为影响用户数字家庭或者企业体验的重要因素。

过去几十年来，家庭室内宽带网络从铜线发展到光纤入户，业务从语音、视频发展到 4K 超高清，空前丰富了人们的生活。伴随着 VR、云游戏、在线教育等新业务不断普及，以及全社会数字化、智能化进程加速，家庭室内网络升级到千兆乃至更高势在必行。但要真正给用户带来极致的千兆宽带体验，行业仍需解决诸多问题。比如，千兆宽带套餐的实测速率只有百兆，Wi-Fi 信号穿墙后视频卡顿不断，室内网络布线不美观、不可靠、升级难等等，这些问题对用户体验、运营商的品牌声誉和收入等会带来极大的影响，还阻碍了宽带业务的快速发展。为解决这些问题，当前室内宽带正从 FTTH 跨入 F5G FTTR 时代，将一根根光纤进一步向下延伸到每一个房间、每一台桌面、每一台机器，给用户带来 5 星级的宽带体验，为产业带来了新一轮发展机遇。

以业务需求驱动、以技术发展为支撑，家庭和企业固定网络的发展目前迈入以 10G PON 和 Wi-Fi6 融合的方向，从过去的提供宽带接入服务“改变生活”到目前逐步使能千行百业数字化“改变社会”。ESTI（欧洲电信标准协会）于 2020 年 2 月正式发布了 F5G，提出了从“光纤到户”迈向“光联万物”的行业愿景，并定义了 F5G 具备的全光联接（FFC，Full-Fibre connection）、超高带宽（eFBB，Enhanced Fixed Broadband）、极致体验（GRE，Guaranteed Reliable Experience）三大关键特征。全光联接就是全面提升光纤网络的覆盖范围，同时拓展垂直行业的应用，支撑业务场景扩展十倍以上、连接数提升百倍以上，使能光纤联接万物时代；超高带宽则使网络带宽能力提升十倍以上，具备上下行对称宽带能力，带来云时代一点即达的联接体验；极致体验支持零丢包、微妙级时延，配合 AI 智能运维满足家庭/企业用户等极致业务体验要求，支撑运营商从“以联接为中心”转向“以体验为中心”的转型。

当前，不管从政策还是产业发展趋势看，F5G 正迎来新的发展风口，而 FTTR 作为 F5G 的基本保障将首当其冲迎来蓬勃发展。在此背景下，鹏瞰科技创新性地推出了 FTTR 应用场景 OLT SoC 芯片 ASIC 解决方案，极大地满足 F5G 建设场景产品需求。采用 PoncanSemi 的 OLT/ONU 芯片系列，可灵活组建不同网络拓扑、不同速率和传输介质的 FTTR 网络，提供高达 10G 上、下行对称的带宽保证了 FTTR 内部数据的高效共享，也保护了用户敏感数据不泄露到外网。同时，PoncanSemi SoC 芯片的丰富 IO 接口给智能家居设备的接入带来无限可能。

第二章 数字家庭网络发展及需求

2.1 宽带接入网已进入千兆时代

随着“宽带中国”战略的持续推进，光纤宽带网络的发展全面实现了以家庭或中小企业为单位的高速信息服务，完成了第一次“光进铜退”革命。数字家庭与企业的接入网络带宽已迈入千兆时代，为真正满足用户室内的千兆网络需求，需要形成配套的光纤室内组网及布线方案，配合无线 Wi-Fi 网络的覆盖，真正实现用户的千兆宽带体验。

2.2 数字家庭与企业的网络需求

网络是数字家庭与企业的神经和血管，通过网关将公共网络的各种信息通信业务应用功能延伸到家庭和企业内部，并以无线或有线网络的方式连接家庭与企业内的信息终端设备，为终端设备提供语音、数据、图像、多媒体信息的传送、控制和管理，实现数据信息在家庭与企业内部之间的交互和共享。同时，网络还能通过与外部公共网络的连接，实现内部与外部网络信息互通，通过丰富多彩的业务和应用使用户享受与体验到丰富、舒适、便利、安全高效的生活与工作。

千兆网络时代的到来，正在急速改变传统家庭生活和企业的工作模式。随着 2020 年新冠疫情大爆发以来，人们的日常工作生活发生了明显的变化，对网络的依赖程度也逐渐上升，同时对网络也提出了更高要求。4K 高清平面视频下行带宽需求一般在 100Mbps，8K 超清则需要 150Mbps 左右，体验沉浸式强互

动 VR 业务，带宽需求可高达 540Mbps 以上，而像多机位直播则是对网络的上行带宽有更高的诉求，云游戏对网络时延和抖动要求严苛。

网络基础条件的提升，为互联网业务的繁荣提供了信息底座，也为创新应用提供了基础。不断涌现的新兴业务，又对网络带宽、时延及抖动提出更高要求。

2.3 数字家庭与企业网络现状

2.3.1 数字家庭网络

在固定宽带网络中，家庭网络是重要也是最复杂和多样的一个环节。光纤已经入户并可提供千兆带宽接入，但是光纤仅到住宅的信息箱，住宅内部的家庭网络组网由用户自己定制和安装，各家各户结合各自环境条件，出现了网线、Wi-Fi、电力猫等不同的家庭网络组网方式。由于缺少统一的家庭网络解决方案，导致上网体验差异巨大。从已有的家庭网络组网方案看，主要存在以下问题：

- ◆ 宽带体验不佳：网线老旧或者质量不合格，电力线干扰或 Wi-Fi 穿墙后速率下降不稳定，导致入房间速率小于 100Mbps，导致百兆/千兆业务体验不佳。

- ◆ Wi-Fi 不是一张网：家庭内部 Wi-Fi 点位部署无统一规划，Wi-Fi 网络无统一管理，导致家庭内部 Wi-Fi 组网实际总吞吐性能不达标，多 Wi-Fi 热点间相互干扰严重、无法漫游，业务体验无法保证。

◆ 家庭网络不可视、不可管、不可维：用户 DIY 自组网，网线、Wi-Fi、电力线等多种组网方式并存。组网终端厂家众多，组网部署后成为黑盒不可集成管理，网络质量不可感知、难以优化。

2.3.2 数字企业网络

企业网络是企业数字化智能化的基石，企业网络包含企业宽带接入、企业内网和企业云网融合。当前数字企业网络的应用场景和客户需求都发生了重大变化，企业网络需要成为一张自感知、自组织、自优化、自演进的可视化高效率生产网。升级到 FTTR/FTTD 光网能较长期地满足企业网大带宽、多连接、高可靠及平滑演进的需求。

当前企业内网主流方案还是千兆以太网辅以无线路由器，AC+AP 等，但存在如下限制和约束：

◆ 千兆速率瓶颈：网线老旧，支持速率较低，替换高性能网线将带来成本的大幅提升。

◆ 网络架构复杂：P2P 架构，3~4 层有源设备堆叠，故障点多，设备间连线复杂，占用空间多，工程施工存在大量重复布线工作量，安装部署调测工作量大。

◆ 平滑演进难：网线作为基础设施，其寿命约 10 年，远低于光纤的寿命，网络升级时，需更换高规格高成本的网线且无法突破铜缆的带宽瓶颈，重新布线，工程实施成本高。

- ◆ 传输距离受限：网线最远传输距离 100 米，部分复杂场景（如厂房、工地等）无法有效满足，需增加交换机进行中继，导致成本上升，网络结构复杂化。
- ◆ 不匹配绿色低碳趋势：有源设备层次和数量多，电能消耗大。

2.4 FTTR 全光网络

光纤通信具有频率宽、速率高、损耗低、抗电磁干扰能力强、保密性好等特点，同时，光纤产品绝缘性能好，寿命长，光器件体积小，便于施工和维护。因此，光纤通信技术是当前宽带互联网信息的重要承载介质，同时也是信息时代的核心应用技术之一。

从上述数字家庭及企业网络发展的需求及现状来看，基于光纤组网的新一代家庭和企业组网方案 FTTR/FTTD（Fiber to The Room, Fiber to the Desktop 光纤到房间及桌面）是必然的趋势，其借助光纤本身体积小、重量轻、超长寿命、不受电磁干扰、带宽无限演进的特性，为家庭和企业内部组网提供了新的选择。光纤到房间，是将光纤延伸到家庭的每一个房间，是光纤入户的更进一步，通过光纤构建家庭和企业的基礎信息网络底座。

第三章 鹏瞰芯片方案及功能特性

3.1 数字家庭全光组网方案

数字家庭全光组网（FTTR）是光纤入户（FTTH）在家庭内部的延伸，也是保证用户真千兆体验的必然选择。从入户家居配线箱部署光纤到家庭内各个房间，替代传统的以铜缆为基础的以太网线，通过光纤以及配套的组网设备为每个房间提供有线、无线业务接口，配合 Wi-Fi6 技术实现全屋的“千兆”网络覆盖。进一步落实国家“双千兆”战略，真正实现“千兆”到房间，到用户终端设备。

数字家庭全光网络包括主网关(个别场景再添加中继网关)、从网关、室内光纤基础设施、家庭网络管理平台四部分组成，在房间规模较大的场景如多楼层建筑，可采用分级中继网关进行分级组网。典型的组网示意图如下所示：

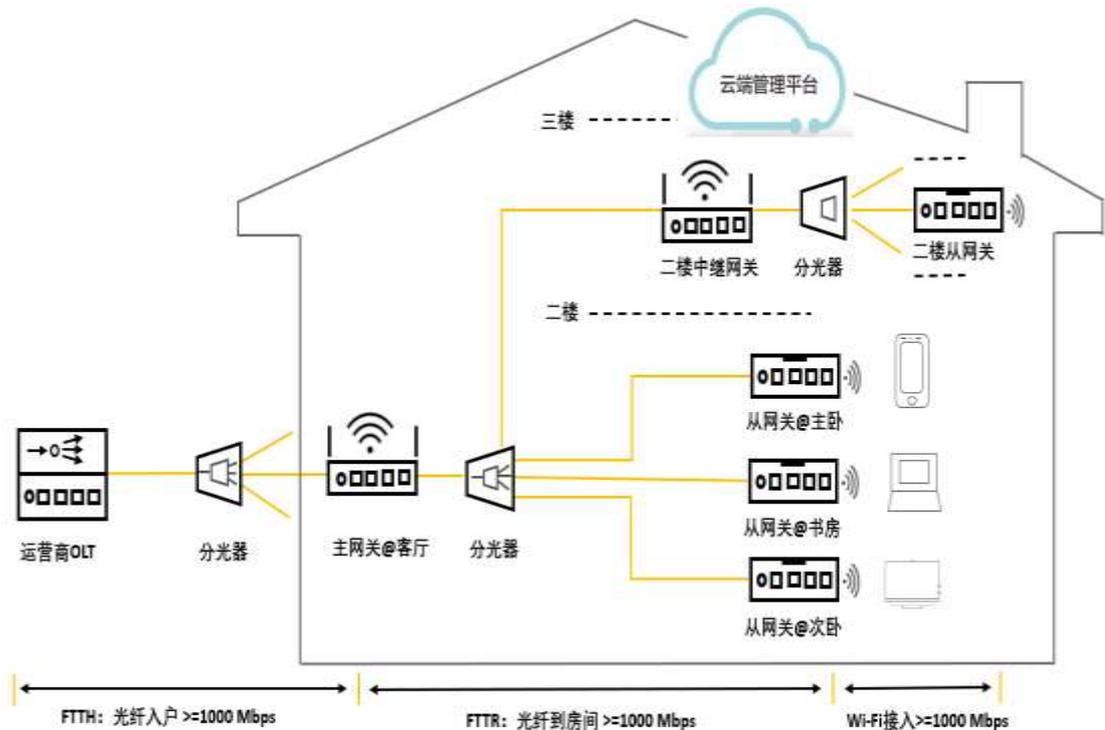


图 1 数字家庭全光组网

主网关：网络位置在局端 OLT 和从网关之间，向上连接至运营商局端的 OLT 设备，通过运营商网络提供千兆/万兆的入户接入带宽，向下作为内网的主 OLT 设备。主网关在家庭内部提供家庭光网络接口，通过无源分光器将光信号通过光纤传输到分布在各房间/楼层的从网关或者中继网关，将千兆/万兆网络通过光纤延伸到各个房间。主网关是数字家庭全光网络的内部交换核心，除了具备基础的网络功能，还需要实现对所有从网关的统一管理和配置。

中继网关：中继网关是鹏瞰科技独有的技术方案，它是将 ONU MAC 和 OLT MAC 集成在一个片子上，这样可以前向对接 OLT，后向对接 ONU，实现中继级联的作用。比如多层别墅、酒店或办公楼，房间及前端节点众多，这时，可以在每一层放一个中继网关，入户客厅内主网关 OLT 分发对接到各楼层的中继网关（接中继网关中的 ONU），然后每一楼层的中继网关的 OLT 又可做为该楼层的主网关组成子网并实现分发对接到此楼层各房间 ONU。

从网关：家庭分布式提供有线及 Wi-Fi 接入的设备，分布在户内主要房间，通过户内光纤连接到主网关设备，为用户提供 Wi-Fi6 无线接入和 10/2.5/1GbE 的有线接口，满足各类终端设备的千兆宽带接入需求。从网关由主网关统一配置和管理，全光数字家庭网络构成可互通的局域网。

室内光纤基础设施：由光缆、分光器、光缆面板构成的家庭内光纤基础设施，实现主从网关设备的全光纤连接。可在前装时由开发商负责建设，也可通过运营商的专业施工团队进行现场施工改造。

家庭网络管理平台：家庭网络管理、控制、分析一体化平台，实现对用户家庭网络的远程管理，包括查看网络信息、配置家庭 Wi-Fi 网络、快速监测和处理家庭网络问题等功能。实现对家庭网络的可视、可管和可维。

3.2 鹏瞰全光网络芯片

鹏瞰半导体创新性地研发并推出了系列光网络芯片，可完美地应用在 FTTR 场景主从网关组网方案中。系列芯片主要有：

Core (OLT Root) : VN1802, FTTR GPON miniOLT

VN1803, FTTR/POL GPON OLT

VN1808, FTTR/POL Combo XG(S)/GPON OLT

Gate (Gate relay) : VN1210, 中继网关, 包含 ONU Node 节点和二级子网 OLT Root

Node (ONU Node) : VN1110, 从网关, 终端 ONU Node, 边缘节点

鹏瞰半导体系列芯片支持 FTTR 主网关 OLT 到终端 ONU (ONT) 的全光组网，并且创新性地推出了集成 OLT+ONU MAC 核心的 Gate 中继芯片，具备 FTTR 各类应用场景的灵活组网的特性。芯片支持多种 PON 协议，支持从 1G/2.5G/10G 乃至更高的对称或非对称的上下行速率，满足客户的各种应用组网需求。同时，芯片还具备多种类型丰富的 IO 接口，如 1G/2.5G/10G Ethernet、PCIe-G3 RC/EP、USB、UART、GPIO 等，极大增加了客户产品方案设计的可选性和便利性。

PoncanSemi 全光芯片具备如下技术特性：

1.) 丰富的 PON 协议族，支持 GPON/XG(S)PON/TS-PON 等标准或私有协议，满足多速率、多场景的客户方案选择；

2.) 丰富的外设接口，如 1G/2.5G/10G Ethernet Port、PCIe、USB 等，极大方便了客户方案的设计选择，如与无线 Wi-Fi6 芯片的无缝集成；Gate 中继芯片又增加了客户场景的灵活组网便利性，如多层别墅、酒店、校园、企业等规模较大的场景；

3.) 丰富的网络功能特性

◆ 高带宽和带宽利用率，第一代产品支持高达 10Gbps 带宽，未来产品可以平滑升级到 25G/50G/100G/…，全网络带宽有效利用率大于 90%；

◆ TS-PON 协议满足确定性网络所需要的高可靠、可保证的超低时延，高确定性的实时和同步特性。FTTR 内网的高可靠、低时延特性为日渐丰富的智能家庭新业务如高清视频、VR、AR 等应用带来极致的网络体验；

◆ 多 QoS 业务流，硬实时网络调度，无网络拥塞，高效灵活的业务流塑形

4.) 具备极高标准的功能安全和通信可靠性

◆ 通信可靠性，光纤通信自身能够提供 BER 小于 $1e^{-12}$ ；增强的 FEC 纠错能力，可修复多达 6% 的位错误；提供端到端的 ACK 机制，错误包检测；在物理层实现自动重传机制，最小化额外的重传时延；对环境电磁干扰的强抗性，同时对环境发射的电磁干扰最小。

◆ 系统弹性，支持全网冗余设计，Core 模块及光纤冗余，极易调度冗余节点；实时检测网络失败（光纤、器件、设备），极短时间内自动实施保护倒换，快速的恢复能力。

第四章 PoncanSemi 全光组网方案

本章重点介绍几种采用 PoncanSemi 全光芯片构建主从网关的技术方案。

4.1 主网关方案

主网关方案 1（与现有光猫方案轻松互联集成）

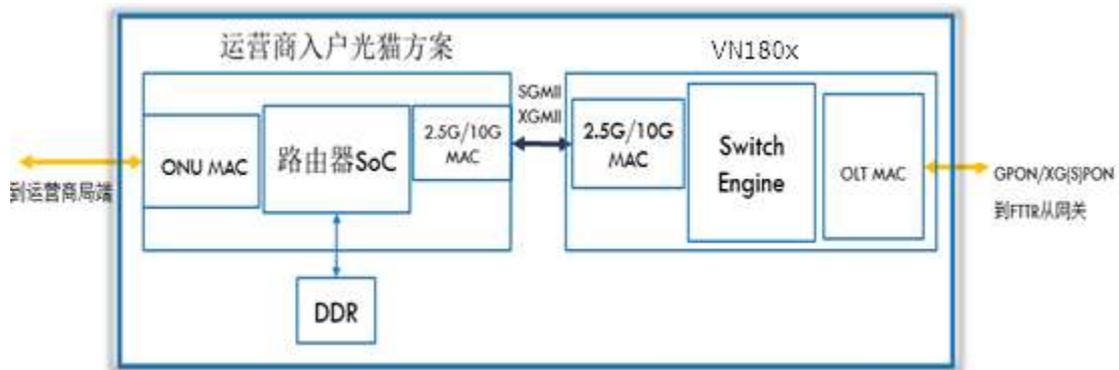


图 2 主网关方案 1 拓扑

如上方案里，到中心局端的集成 ONU MAC 的 SoC 光猫通过以太网接口与鹏瞰 OLT Core VN1810 或者 Mini-OLT VN1802 相连，VN18xx 作为入户向房间分发的 Core OLT，支持 TS-PON/GPON/XG(S)PON 等协议到终端房间 ONU，提供千兆接入到房间。

SoC 可以选择现有的 ONU 方案如 MTK、RealTek、BRCM，需要与运营商的 OLT 做到互联互通。此外，光猫 ONU 也可单独分体设计，通过以太网接口与 Mini-OLT VN180x 连接。Mini-OLT VN180x 方案，可采用标准 PON 协议或者 TS-PON 私有协议，支持上下行对称 1.25G/2.5G/10G，支持 Dynamic DBA，高可靠性和低时延，可以做到最短时间入市。

主网关方案 2（成本最佳）

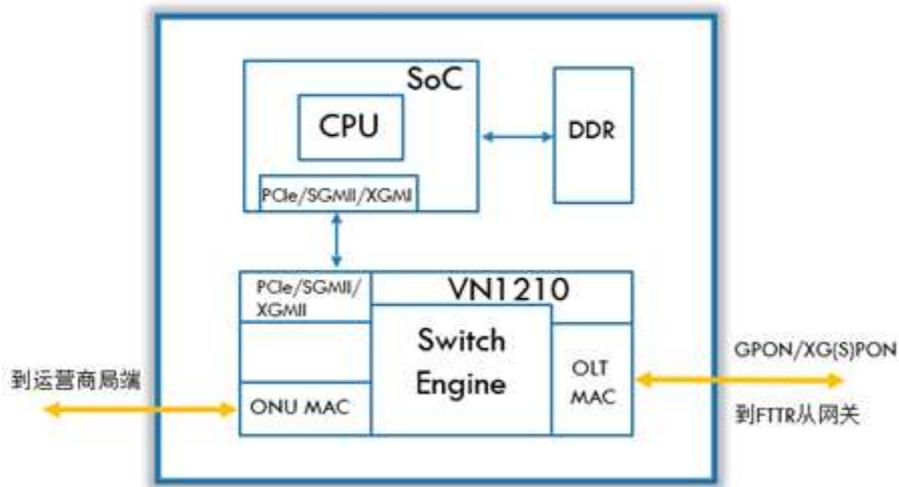


图 3 主网关方案 2 拓扑

如上方案里，主 SoC CPU 负责网关的路由和管理控制，核心 PON 接入采用 VN1210 Gate 芯片，面向运营商 OLT 侧，通过 ONU MAC 向上对接，OLT MAC 作为入户向房间分发的 Core OLT，支持 TS-PON/GPON/XG(S)PON 等协议到终端房间 ONU，提供千兆接入到房间。

SoC 方案选择较多，且此方案由于减少了面向运营商 OLT 的光猫，价格有优势，但 VN1210 的 ONU MAC 需要与运营商的 OLT 做到互联互通，这样可能增加了入市的时间。

4.2 从网关方案

从网关方案 1（以太网及电话终端）

如下图所示，描述一种从网关场景方案。VN1110 Node 终端通过 TS-PON/GPON/XG(S)PON 协议与鹏瞰主网关对接，可以利用丰富的 VN1110 的外设接口将客户应用如 VoIP、视频、数据等业务应用无缝集成。

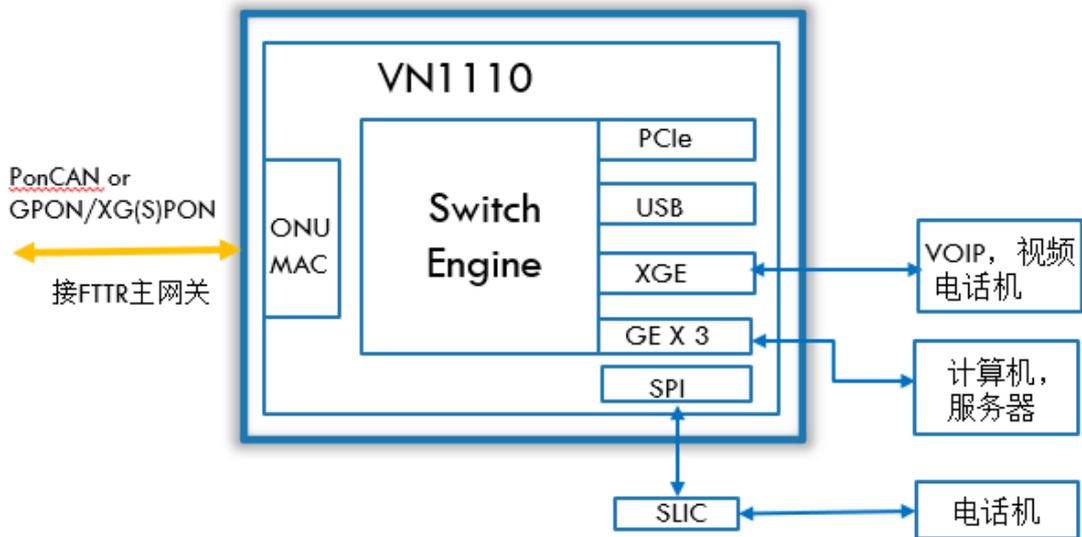


图 6 从网关方案 1 拓扑

从网关方案 2 (WIFI 终端)

对于 FTTR 光纤到房来说，最后 10m 的接入至关重要，因此 Wi-Fi6 的接入必不可少。如下图方案 2 重点介绍 VN1110 集成 Wi-Fi6 AP 的场景拓扑。可以有 3 种方案选择：1.) 外接一个 SoC，通过 SoC 接入 WiFi 芯片，由 SoC 实现 WiFi driver 以及 CAPWAP 协议；2.) 外接一个自带 CPU 的 WiFi 路由芯片；3.) 通过 VN1110 的 PCIe 接口直连 WiFi 芯片，由 VN1110 实现 WiFi driver 以及 CAPWAP 协议。在上述方案中，AC 都是运行在主网关的 CPU 上的，由主网关 CPU 做 FTTR 一张光网的统一配置和调度管理。

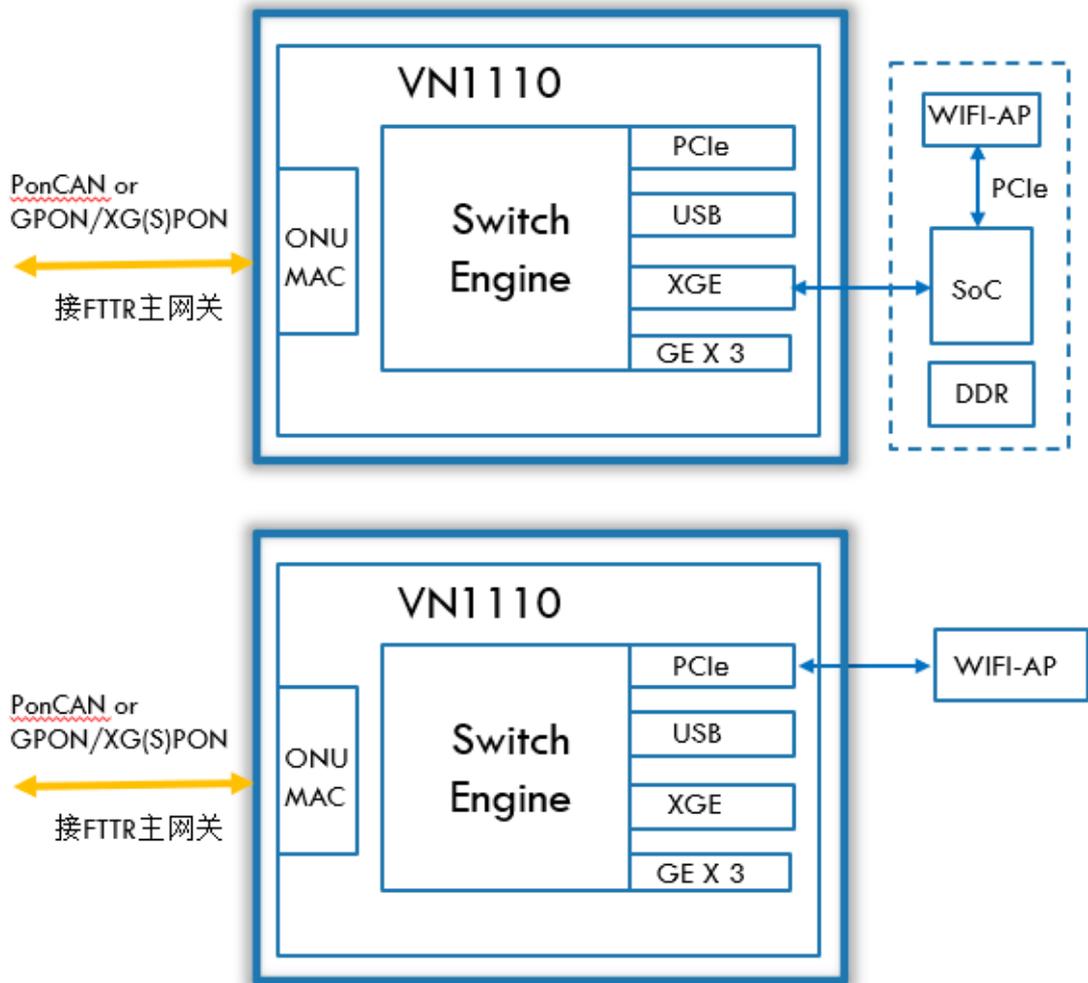


图 7 从网关方案 2 拓扑

从网关方案 3 (USB/PCIE 终端)

对于终端节点从网关来说，由于具备 USB/PCIE 接口，还可以扩展客户的 USB/PCIE 终端应用，下图介绍 USB/PCIE 接口的终端应用方案。通过 PCIE 接口可以外接 USB 扩展卡，从而实现扩展多个 USB 口，并且性能更优。也可以直接使用单个的 USB 口，成本更低。此外，PCIE 接口可以方便灵活地直接接入 PCIE 外设，以满足客户的应用需求。

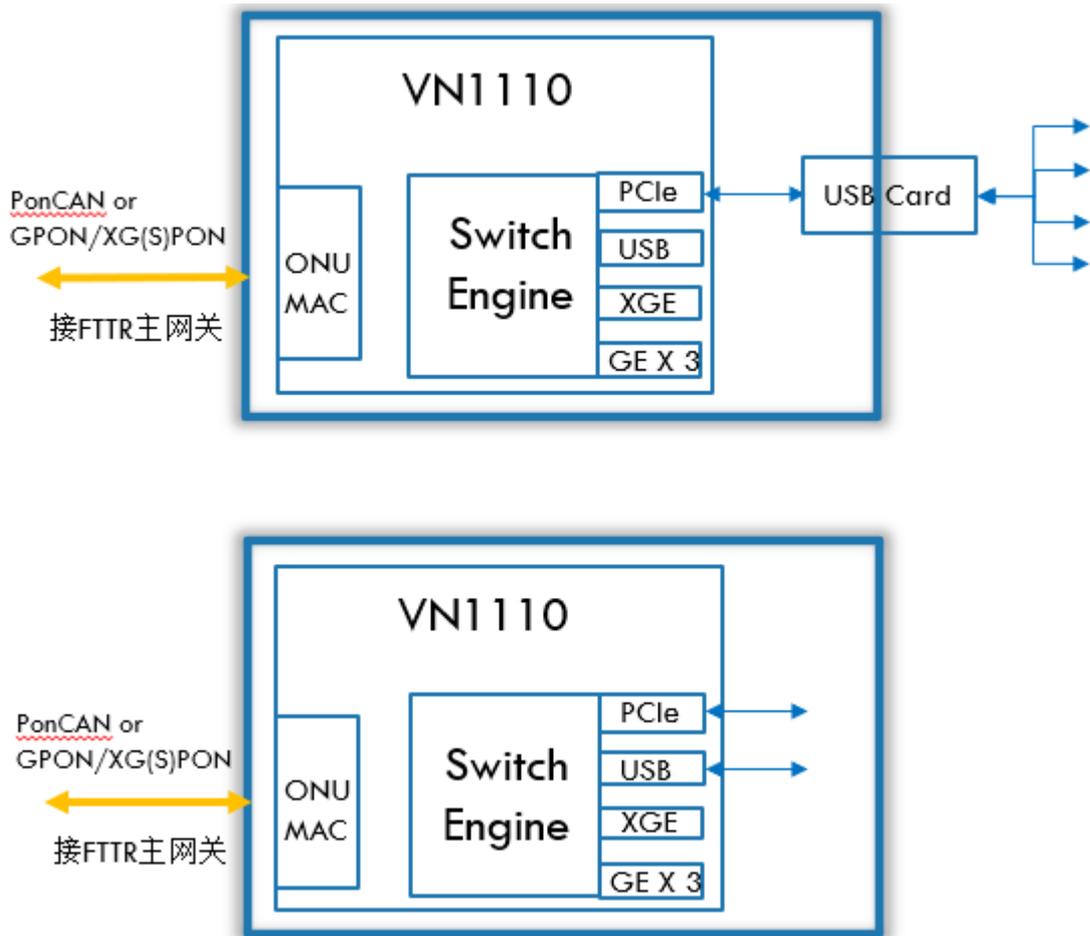


图 8 从网关方案 3 拓扑

4.3 任意运营商接入的 FTTR 实施方案

主网关方案中，主要强调入户光猫及 FTTR 主网关的一体化设计往往需要考虑与运营商局端 OLT 的互联互通问题。在实际应用中，往往存在这样 2 种场景：新建房屋及预装或者原有已安装部署运营商 FTTH 入户网络的室内千兆光网升级改造，这时我们可以在任意运营商入户光猫的基础上，通过路由器或者交换机与 FTTR 主网关（VN1802）的以太网端口相连，主网关再通过分光器向户内 Gate 中继网关（需要时）或者从网关（边缘节点）进行数据分发，从而达到 FTTR 千兆入室和内部可自行设置、维护安全网络的目的。

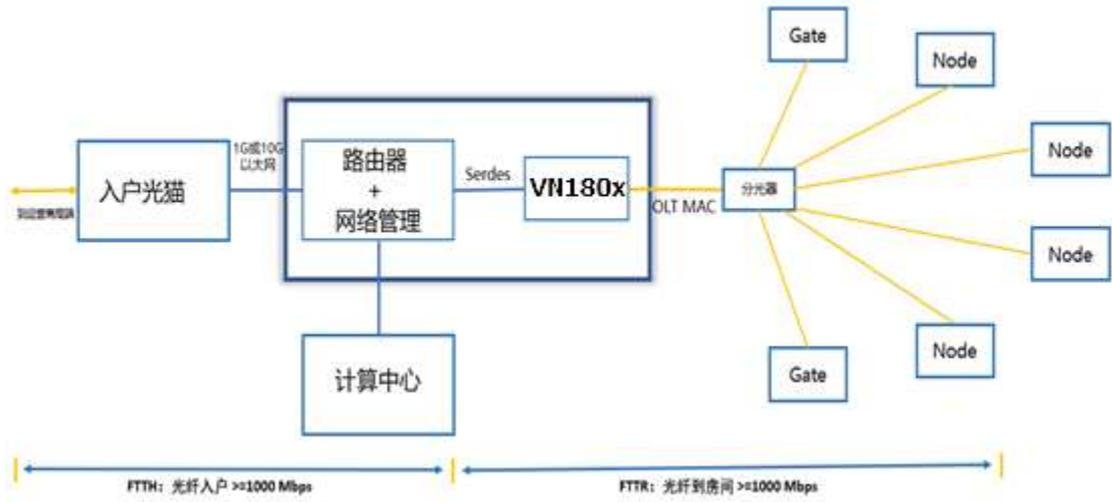


图 8 独立于运营场景方案

第五章 总结

综上所述，PoncanSemi 的 VN180x 系列 SOC 芯片在 FTTR 全光领域的应用优势主要有：

- ◆ 具备多协议如 GPON/XG(S)PON/TS-PON 等标准或私有协议，高达 10G 乃至未来更高的上下行对称或非对称速率，适应客户的多种需求及平滑升级；
- ◆ 网络组网更灵活，Gate 方案支持桥接，终端 ONU 支持菊花链式组网；
- ◆ 高带宽、可保证的超低时延，高确定性的实时和同步，具备以太网确定性网络所需的一切网络性能特性，网络能力从电信级提升到工业级，网络时延降低到微秒级，网络可用性提升到 99.9999%，满足未来 F5.5G 时代网络高频调度的高可靠性需求；
- ◆ 具备多类型的 IO 接口，多种芯片方案为客户的组网选择带来极大的便利；
- ◆ 具备极高标准的功能安全和通信可靠性，系统弹性，提供客户可靠的网络体验；
- ◆ 利用光技术的低能耗特征，使全光时代的网络能效提升 10 倍，满足低碳绿色环保趋势。

目前身处的 F5G 乃至即将到来的 F5.5G 时代，必将是一个高速高可靠全光纤的光网时代，FTTR 全光网络赋能“千行百业”，给人类的生产生活带来极致的高效和体验，光联万物势不可挡。鹏瞰半导体，致力于光纤网络的前沿技术，推动实现光联万物的宏大愿景！