

宽带接入网低成本解决方案及应用研究

杨正琴

中国电信股份有限公司南通分公司, 江苏 南通 226001

[摘要]随着互联网需求的不断增长, 宽带接入网面临着建设成本高和覆盖范围有限的问题。传统的接入技术如光纤到户 (FTTH) 虽然提供高质量网络, 但在一些偏远地区和小型社区的建设成本较高。为了应对这些挑战, 低成本宽带接入网的解决方案应运而生。这些方案包括无线接入技术 (如 Wi-Fi 和 LTE)、混合接入技术 (如 FTTC 和 VDSL) 以及基于现有网络的创新技术。通过优化网络架构和共享资源, 这些技术能够有效降低成本, 扩展覆盖范围, 尤其在农村和社区的宽带接入上具有重要意义。

[关键词] 宽带接入网; 低成本; 解决方案; 应用研究

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14719

中图分类号: TN929

文献标识码: A

Research on Low Cost Solutions and Application for Broadband Access Networks

YANG Zhengqin

Nantong Branch of China Telecom Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226001, China

Abstract: With the continuous growth of Internet demand, broadband access networks are facing the problems of high construction costs and limited coverage. Traditional access technologies such as Fiber to the Home (FTTH) provide high-quality networks, but have higher construction costs in some remote areas and small communities. In order to address these challenges, low-cost broadband access network solutions have emerged. These solutions include wireless access technologies (such as Wi-Fi and LTE), hybrid access technologies (such as FTTC and VDSL), and innovative technologies based on existing networks. By optimizing network architecture and sharing resources, these technologies can effectively reduce costs and expand coverage, especially in broadband access in rural and community areas, which is of great significance.

Keywords: broadband access network; low cost; solutions; application research

引言

随着信息技术的迅猛发展及数字化转型的不断推进, 宽带接入网已经成为现代社会不可或缺的基础设施。尤其是在互联网、云计算、大数据、物联网等新兴技术的驱动下, 宽带接入网的建设需求愈加迫切。然而, 传统宽带接入技术常面临建设成本过高、覆盖范围受限等挑战。如何在保障网络性能的同时, 降低建设与运营成本, 已成为行业亟待解决的重要问题。低成本宽带接入网技术的提出, 旨在通过创新的网络架构、资源优化配置及新型接入技术的应用, 实现成本效益的最大化, 同时满足用户日益增长的需求。信息通信基础设施的普及率, 借助这种低成本方案, 不仅能得到提升, 还能够有效推动数字经济的发展, 并促进偏远及农村地区的信息化进程, 从而缩小城乡之间的数字鸿沟。随着技术的进步, 宽带接入方式逐步从传统的光纤接入、ADSL 接入等方式, 向更加灵活的无线接入、混合接入等新型方案转变。这些创新解决方案不仅能显著降低初期投资, 还能提高网络的运营效率, 更好地适应不同场景的宽带接入需求。低成本宽带接入网的技术方案及其在各类应用场景中的实际应用, 本文将探讨, 分析其成本效益, 并展望未来的发展方向。通过研究这些技术方案, 期望为相关领域的从业者提供有价值的理论支持和实践指导, 助力宽带接入网建设在成本控制与技术创新方面的

突破, 为实现普及的数字化、智能化社会贡献力量。

1 低成本宽带接入网技术方案

1.1 光纤到户 (FTTH) 技术

光纤到户 (FTTH) 技术是低成本宽带接入网方案中的关键技术之一, 其原理在于通过光纤将宽带服务直接连接到用户家庭, 提供高速且稳定的互联网连接。与传统的铜线接入方式相比, FTTH 技术能够提供更高的带宽和更低的延迟, 满足日益增长的宽带需求, 尤其在高清视频、云计算、大数据等应用场景中, 至关重要。光纤的传输特性, 使其具备较长的传输距离和较强的抗干扰能力, 信号衰减及网络质量波动得以有效减少, 确保了在长时间、大流量使用的情况下, 依然能够保持优质的服务体验。尽管 FTTH 技术在低成本解决方案中的部署面临挑战, 尤其是在建设初期的高投资成本及铺设工作的复杂性, 但随着技术的不断发展与市场需求的不断增长, FTTH 的建设成本逐渐得到了控制。在城市及高密度区域, 光纤铺设可通过集中化布线、共享管道等方式, 投资可大幅降低。此外, 良好的扩展性与未来可升级性, FTTH 技术也具备, 能够满足日后更高速率的需求, 从而保障了网络的长期发展。随着宽带用户对网络速度与稳定性的需求不断提升, FTTH 技术已成为推动下一代宽带网络建设的核心技术。现有网络接入的速度瓶颈, FTTH 不仅有效解决了, 还能满足未来更大带宽

和更高性能的需求。正因如此，FTTH 正在全球范围内逐步成为宽带接入网发展的重要方向。在低成本解决方案中，尽管初期建设面临挑战，但随着技术优化与市场规模的扩展，FTTH 的性价比正在逐渐提高，成为实现普及宽带接入的关键技术之一。

1.2 无线接入技术（如 Wi-Fi、LTE 等）

无线接入技术，如 Wi-Fi 与 LTE，是低成本宽带接入网方案的核心组成部分，为用户提供了灵活且经济的网络连接选项。通过无线电波，Wi-Fi 技术在较短的距离内进行数据传输，广泛应用于家庭、办公室及公共场所等区域，极大地方便了互联网接入。其主要优点在于低部署成本、高灵活性，并且可以通过现有基础设施进行改造，尤其适合密集区域的快速覆盖。引入 Wi-Fi 6 技术后，数据传输速率不仅得到了提高，而且在设备密集环境中的稳定性与容量也得到了改善，能够满足高清视频、智能家居等需求。相比之下，LTE（长期演进）技术提供了更广泛的覆盖范围及更高的移动性，尤其适用于偏远地区或移动场景下的宽带接入需求，表现尤为突出。作为一种蜂窝网络技术，LTE 能够提供稳定的高速数据连接，支持大规模用户接入与频繁的切换^[1]。由于其基于运营商基础设施的特性，LTE 具有较强的可扩展性与经济性，尤其在农村或低密度地区，通过共享基础设施，LTE 能够有效降低成本并扩展网络覆盖范围。随着 5G 技术逐步商用，LTE 的路径逐渐朝着更速度与低延迟的方向发展，未来对于大数据与物联网等应用对带宽及网络性能的高要求，能够得以满足。在低成本宽带接入的框架下，无线接入技术通过减少物理布线与设备投资，显著降低了网络建设成本，同时提升了网络部署的灵活性。尤其是在城市与农村地区，结合 Wi-Fi 与 LTE 等无线接入技术，传统有线接入方式中的建设周期长、费用高等问题得到了有效解决，网络覆盖也因此实现了更广泛的覆盖。无线接入技术的持续发展与创新，为低成本宽带接入网的推广提供了坚实支持，尤其在提升网络普及率、优化用户体验及推动社会经济的数字化转型方面，正在发挥着越来越重要的作用。

1.3 混合接入技术（如 FTTC、VDSL 等）

混合接入技术，如 FTTC 和 VDSL，融合了光纤与传统铜缆的优势，是低成本宽带接入网的重要解决方案之一。FTTC（Fiber to the Curb，光纤到路边）技术将光纤铺设至离用户较近的路边或街道旁的配线柜，随后通过现有的铜缆（如电话线）将信号传输至用户终端。这种方式相比光纤到户（FTTH），光纤铺设成本得到了显著降低，尤其在已具备传统电话网络基础设施的地区，FTTC 为宽带接入提供了一个经济高效的替代方案。通过引入光纤，传输速率得到了提升，使得 FTTC 相比传统铜缆接入方式具有更高的带宽，能够满足高清视频、在线游戏、云计算等高带宽应用的需求，同时保证较低的延迟。作为一种高效

的铜缆宽带接入技术，VDSL（高速数字用户线）能够在现有电话线的基础上实现更高的数据传输速率。VDSL 的带宽优势，使其能够支持大规模的视频流媒体、在线办公、高清视频会议等应用，特别是在距离基站较近的用户环境中，接近光纤接入的网络体验得以提供。结合 FTTC 与 VDSL，传统铜缆与现代光纤技术的优势得到了充分利用，信号传输方式得以优化，从而降低了接入成本，并提高了网络覆盖范围与传输质量。混合接入技术不仅大幅降低了宽带接入的初期投资，还延长了现有网络基础设施的使用寿命。在城市密集区或人口集中区域，FTTC 与 VDSL 能够提供充足的带宽，满足不同用户的接入需求。与此同时，随着技术的进步，FTTC 与 VDSL 在传输速率与信号质量方面的表现逐步接近光纤接入，使这一混合接入方案成为低成本宽带接入网络的重要选择之一^[2]。通过该方案，不仅运营商的建设成本有效降低，同时在保障网络质量的情况下，也能迅速实现大规模的宽带网络部署，推动网络普及与社会信息化进程。

1.4 基于现有网络的技术创新

基于现有网络的技术创新，旨在通过充分利用已有基础设施，降低宽带接入网的建设成本，同时提升网络传输能力与覆盖范围。传统的宽带接入网通常依赖全新的建设，尤其在资源有限或地理条件复杂的地区，建设成本往往较高。然而，通过对现有网络技术进行创新应用，可以有效节约建设投入，加速宽带网络的普及进程。对 DSL（数字用户线）技术进行升级改造，是一种常见的技术创新方式，尤其在 ADSL（非对称数字用户线）基础上引入更高速的 VDSL 或 G.fast 技术。通过改进传输协议和信号处理方式，这些技术显著提高了传统铜缆网络的传输速率，使得即便在现有铜缆基础设施上，也能够满足更高带宽的需求。例如，G.fast 技术通过优化频谱利用与信号压缩方法，实现了接近光纤级的传输速率，尤其在短距离内，能够避免完全铺设光纤带来的高昂成本。另一项创新是通过无源光网络（PON）架构提升接入网性能。通过共享光纤资源，PON 技术减少了光纤到户（FTTH）建设中的重复投入，同时，通过精确的带宽分配，网络运营成本得到了降低。除了光纤技术外，基于现有电力线和同轴电缆等传输介质的技术也在不断发展。例如，电力线通信（PLC）技术通过现有电力线网络实现数据传输，尽管其速度稍逊于光纤或专用线路，但快速部署的优势，使其特别适用于没有光纤基础设施的地区。随着无线接入技术的发展，Wi-Fi、LTE 等无线通信技术也在现有网络中发挥着重要作用。宽带服务通过利用现有的移动通信基站或 Wi-Fi 热点，可以实现无缝覆盖，尤其在城市与农村地区，网络接入问题得以有效解决。

2 低成本宽带接入网的应用场景

2.1 城市宽带接入

城市宽带接入，作为现代信息社会发展的核心基础之

一, 承载着重要的社会与经济功能。随着城市化进程的加速以及互联网应用的广泛普及, 市民与企业对高速、稳定的宽带接入需求日益增加。在这一过程中, 低成本解决方案逐渐成为主流选择, 旨在降低网络建设与运营成本, 同时满足对带宽及网络质量的多样化需求。通过采用光纤到楼 (FTTB) 与光纤到户 (FTTH) 的混合接入模式, 城市地区面临的高人口密度与复杂建筑环境的挑战得到了有效应对, 同时网络性能的高效运作得到了保证。此外, 无线接入技术, 如 Wi-Fi 与 LTE, 在城市中的广泛应用, 进一步推动了网络覆盖的扩展。特别是在公共区域、商业区以及高密度居民区, Wi-Fi 热点与小基站的建设能够迅速提供广泛覆盖, 不仅提升了用户体验, 也有效降低了建设成本。技术的结合, 推动了城市宽带接入的普及, 满足了不同地区对高质量网络服务的需求。

2.2 农村地区宽带接入

在农村地区, 宽带接入的推广面临地理环境、经济条件以及基础设施建设等多方面的挑战。由于建设成本较高及基础设施不足, 传统的光纤到户 (FTTH) 技术常常难以在这些地区广泛应用。为应对这一问题, 低成本的宽带接入技术显得尤为关键。为了降低建设费用, 混合接入方案, 诸如光纤到社区 (FTTC) 与无线接入技术 (如 LTE、Wi-Fi), 可被广泛采用。通过利用现有的通信网络资源, 光纤铺设的工程量得以有效减少, 从而降低了整体投资。这些技术能够将宽带信号覆盖到各个村庄或社区, 最后通过无线网络、铜缆或电力线等方式完成最后一公里的接入。另外, 电力线通信 (PLC) 技术, 作为一种成本较低的解决方案, 也逐渐得到应用^[3]。通过现有的电网线路提供宽带接入服务, 不仅避免了铺设新线路的高昂费用, 还能够迅速实现宽带覆盖。通过这些创新的接入方式, 基础设施建设的投资得以有效减少, 宽带网络的覆盖面与服务质量得到显著提升。

2.3 企业和社区的宽带接入方案

在企业与社区的宽带接入方案中, 低成本技术的应用旨在兼顾网络性能与建设、维护的经济性。尤其是在中小型企业环境中, 由于面临较为严格的预算限制, 选择适合的宽带接入方案显得尤为重要。对于这些企业, 具有较高性价比的选择是混合接入技术, 如光纤到社区 (FTTC) 结合无线接入 (如 Wi-Fi、LTE 等)。通过将光纤铺设至接入点, 再结合无线技术或铜线进行内部网络分布, 初期建设成本得以有效降低。此外, Wi-Fi 与 LTE 等无线技术不仅提供灵活的接入方式, 在区域扩展性方面也具有显著优势。在社区宽带接入方面, 尤其是在住宅密集区, 采用光纤到户 (FTTH) 或光纤到大楼 (FTTB) 结合 VDSL 等技术, 既能够提供高带宽, 又能在成本上保持一定的可控性。通过统一部署并整合现有基础设施, 高速互联网接入在社区中得以实现的同时, 单个用户的费用被有效分摊, 从而降低

了整体接入成本。

3 低成本解决方案的成本效益分析

在低成本宽带接入网的实施过程中, 进行全面的成本效益分析至关重要, 这不仅包括初期投资、长期运营与维护成本, 还涉及成本与性能之间的平衡。初期投资与建设成本常常是决定宽带接入方案可行性的关键因素。采用如光纤到社区 (FTTC) 或无线接入技术 (如 Wi-Fi、LTE 等) 等混合方案, 能够显著降低光纤敷设与设备安装的开支。这类方案相比全光纤接入 (如 FTTH), 在较大范围内减少了光纤的铺设长度, 从而初期建设费用得以降低。尽管这些方案在建设上更加经济, 但设备选型与技术选择仍需考虑未来的可扩展性与网络服务质量。在长期的运营与维护成本方面, 也是一个重要的考量因素。虽然低成本的方案能够有效减小初期投入, 但设备维护、网络升级与持续优化依然需要一定的投入。网络维护的复杂性, 在无线接入技术中尤为突出, 涉及频谱管理、网络性能监控以及设备更新等多个方面。相比之下, 光纤网络在稳定性上具备优势, 然而其初期投入较大, 随之而来的运营与维护成本也逐步增加。宽带接入方案的设计, 必须在成本与性能的平衡上兼顾两者。在追求降低成本的同时, 带宽、延迟、稳定性等性能要求也不应被忽视。某些特殊应用场景, 例如大规模企业或人口密集的居民区, 虽然混合接入方案能够减少建设费用, 但在带宽与服务质量上却可能无法满足需求。对于这些情况, 可能需要进一步的技术投资或网络升级。最终, 如何在成本与性能之间找到最佳平衡, 将决定该方案的可行性与用户满意度。

4 发展方向

低成本宽带接入网的未来发展, 将受到技术进步、市场需求与政策环境等多重因素的综合影响。随着 5G、6G 等先进通信技术的快速发展, 无线接入技术在带宽、传输速率以及网络覆盖等方面将迎来更大突破, 新的技术支撑将为低成本宽带接入提供。与此同时, 网络虚拟化技术 (如 SDN、NFV) 的日益成熟, 使得传统网络架构能够更加高效地管理和调度资源, 从而降低运营与维护成本, 并提高网络的灵活性与可扩展性。另一方面, 尽管光纤到户 (FTTH) 等传统光纤接入技术初期建设成本较高, 但随着制造工艺与施工技术的不断进步, 光纤铺设成本逐渐降低, 高带宽与低延迟特性所提供的优势, 使光纤更加契合未来对高带宽的需求^[4]。混合接入技术, 如 FTTC 与 VDSL 结合, 仍然是一个关键的发展方向, 这类方案在平衡成本效益的同时, 能够满足不断增长的带宽需求。此外, 随着政策对农村及边远地区宽带接入的支持力度不断加强, 低成本解决方案在这些地区的应用前景将更加广阔。智能家居、物联网等新兴应用的普及, 亦推动着网络服务质量的不断提升。在这一背景下, 低成本宽带接入方案将逐步发展为一种高效能的全方位解决方案, 为数字经济与智慧社会的建设提供

强大动力。

5 结语

在宽带接入网建设过程中,应用低成本解决方案具有重要的实际意义。通过结合光纤到户、无线接入及混合接入等多种技术手段,建设成本得以显著降低,网络覆盖得到有效提升,尤其是在农村及偏远地区。本文通过对各类技术方案的比较分析,突出了低成本宽带接入网络在满足用户需求、降低运营费用方面的明显优势。随着技术的不断进步及市场需求的日益增长,低成本宽带接入技术有望在更广泛的应用场景中得到推广。政策支持、技术创新与社会资本的积极参与,为低成本宽带网络的普及提供了更加稳固的保障,推动全球信息化进程

迈向更高层次。

【参考文献】

- [1]罗洪江,黄志新,赖柏辉,等.宽带接入网低成本解决方案及应用研究[J].长江信息通信,2021,34(12):197-199.
- [2]杨江滋.无线光宽带接入网中节能算法设计与仿真实现[D].吉林:东北大学,2012.
- [3]陆洋.互联网宽带接入技术及其工程实践研究[D].江苏:南京邮电大学,2018.
- [4]张崇富,陈晨,张位,等.宽带接入网关键技术研究进展[J].科技导报,2016,34(16):34-44.

作者简介:杨正琴(1981.9—),女,硕士,主要从事城域网、宽带接入网维护与优化工作。