

智慧交通F5G全光路网 技术应用白皮书1.0

Technical & Application White Paper of Smart
Transportation F5G All-optical Network V1.0

绿色全光网络专业委员会（ONA）
2023年5月8号

总体策划: 绿色全光网络专业委员会

主编人员: 张锐利 朱峻涛 许智宇 王洪凯 王 平

参编人员: 辛 涛 戴 高 吴伟娜 王天雨 高鹏超 范呈祥
(排名不分先后) 朱 梁 岳彩林 陈 鹏 朱 敏 高 波 胡 昊
糜 军 赵 肖 张 灏 孙建荣 彭佳媛 戴文涛
吕民家 张 军 陈庆辉

参编单位: 济南市公安局交警支队
(排名不分先后) 太仓公安局
成都交通信息港有限责任公司
深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司
悉地（苏州）勘察设计顾问有限公司
上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
绿色全光网络专业委员会（ONA）
北京中软政通信息技术有限公司
北京博研智通科技有限公司
重庆攸亮科技股份有限公司
南京莱斯信息技术股份有限公司
北京易华录信息技术股份有限公司
深圳榕亨实业集团有限公司
四川华控智能交通设施工程有限公司
予途交通科技（北京）有限公司
安徽科力信息产业有限责任公司
连云港杰瑞电子有限公司
浙江中控信息产业股份有限公司
四川科维实业有限责任公司
上海骏码交通科技有限公司
山东华夏高科信息股份有限公司
华为技术有限公司

PREFACE

| 前言

当前,云计算、大数据、人工智能、IoT 等新兴信息技术加速创新,日益融入经济社会发展各领域全过程,驱动各行各业数字化转型,并在我们身边有了规模应用。城市的持续规模化发展需要城市交通管理能力的不断提升,城市交通的数字化转型有助于创造更加安全、有序、畅通的道路交通环境。网络作为联接城市交通感知末梢与指挥中心的数字桥梁,是支持城市交通数字化转型的核心基础设施,地位举足轻重。过去十多年,我们见证了光通信的迅猛发展,光纤不断延伸至业务端实现光联万物。新一代 F5G (The 5th Generation Fixed Network, F5G) 全光网凭借超宽、长距传输、超高可靠和绿色可持续发展的特性能够成为城市交通数字化转型的坚实底座,助力推进城市道路交通治理体系和治理能力现代化。这次绿色全光网络专业委员会 (ONA) 联合产业链多家单位,共同编制了《智慧交通 F5G 全光路网技术应用白皮书》,相信能够帮助加速城市道路交通数字化转型,推动城市道路交通产品的应用和升级,助力提升道路交通管理现代化水平,促进道路交通行业高质量发展,为建设交通强国做出积极贡献。

姜廷顺

CONTENTS

目 录

前 言	1
目 录	2
01 第一章 关于F5G全光网.....	5
1.1 产业升级是大势所趋	6
1.2 F5G全光网概念	6
1.3 F5G全光网技术特点	8
1.3.1 传输性能优异.....	8
1.3.2 网络架构先进.....	8
1.3.3 未来演进平滑.....	9
1.3.4 运维简单便捷.....	9
1.3.5 网络安全性高.....	10
02 第二章 城市交通路网的政策分析及发展趋势.....	11
2.1 城市交通骨干网络分析	12
2.1.1 城市交通骨干网络分析	12
2.1.2 城市交通骨干现有网络局限	12
2.2 城市交通路口分析	13
2.2.1 路路口的数字化转型	13
2.2.2 城市交通路口传统方案主要局限	14
2.3 未来发展趋势分析	14
2.3.1 政策力推交通智能化建设	14
2.3.2 路口智能化的快速发展	16
2.3.3 “光进铜退”是大势所趋	17

03 第三章 全光路网技术与解决方案 18

- 3.1 全光骨干解决方案 19
 - 3.1.1 全光骨干网络主要需求 19
 - 3.1.2 全光骨干网络架构..... 20
 - 3.1.3 全光路网主要优势..... 21
- 3.2 全光路口解决方案 21
 - 3.2.1 全光路口解决方案..... 21
 - 3.2.2 全光路口技术特点..... 27
 - 3.2.3 全光路口部署 28
 - 3.2.4 全光路口价值..... 29

04 第四章 全光路网应用场景及典型案例 33

- 4.1 全光骨干应用场景 34
- 4.2 全光路口应用场景 34
 - 4.2.1 纯信控场景 34
 - 4.2.2 电警+信控场景 35
 - 4.2.3 全息路口场景 36
 - 4.2.4 车路协同场景 37
- 4.3 全光路网典型案例 37
 - 4.3.1案例1:
F5G全光路网为S市大数据分析与智能研判奠定网络基础.. 37
 - 4.3.2案例2:
F5G为山东某市打造全球首个全光数字化路口 38
 - 4.3.3案例3:
江苏某市F5G全光路口为电警和信控提供统一承载..... 40
 - 4.3.4案例4:
全光路口为广东省G市数字化改造传统信控机 40

4.3.5案例5:
C市实现高安全低压信控方案落地..... 41

05 第五章 全光路网产业情况..... 43

5.1 全光路口生态链 44

5.2 全光路口主要品牌 45

5.2.1 全光路口分布式信号控制机产品 45

5.2.2 智能红绿灯 61

5.2.3 智能控制箱 62

5.2.4 开放型城市智能交通信号统一管控优化平台 64

5.3 全光网络设备产品 65

06 第六章 F5G全光路网未来展望 68

第一章

关于 F5G 全光网

01

1.1 产业升级是大势所趋

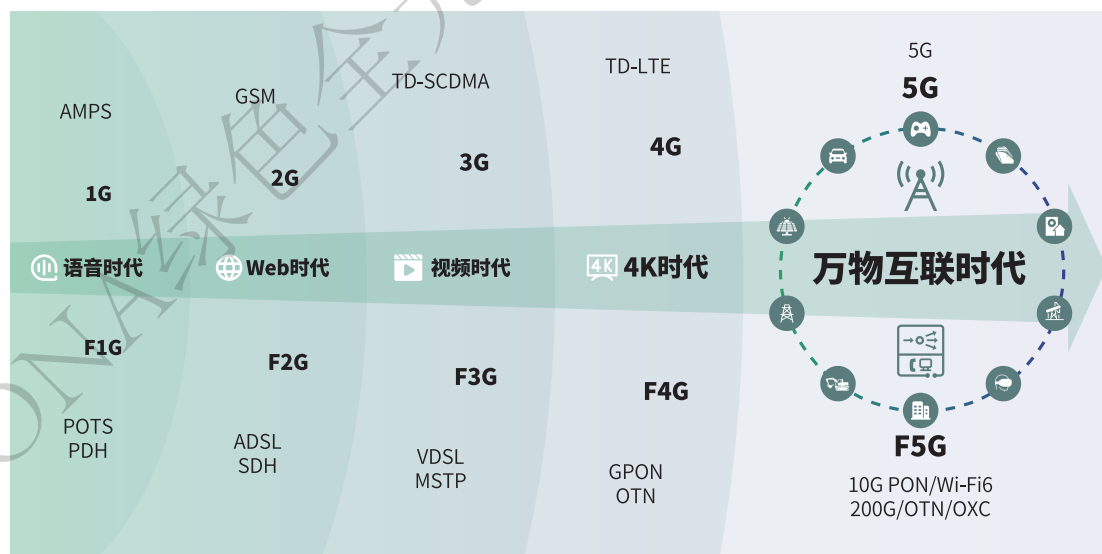
创新是引领发展的第一动力，是我国建设现代化经济体系的战略支撑。中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要明确围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑，布局建设信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施等新型基础设施。建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施，增强数据感知、传输、存储和运算能力，推广升级千兆光纤网络。

1.2 F5G 概念

F5G (The 5th Generation Fixed Networks)是由中国信通院、中国三大运营商等 10 余家单位提出的第五代固定网络。2020 年被 ETSI（欧洲电信标准协会）接纳，业界广泛参与的最新一代固定网络。

F5G 与 5G 是协同关系，有线网络和无线网络互相补充，为万物感知和网络应用赋能。ETSI 预测 F5G 与 5G 将一同开启万物互联时代。

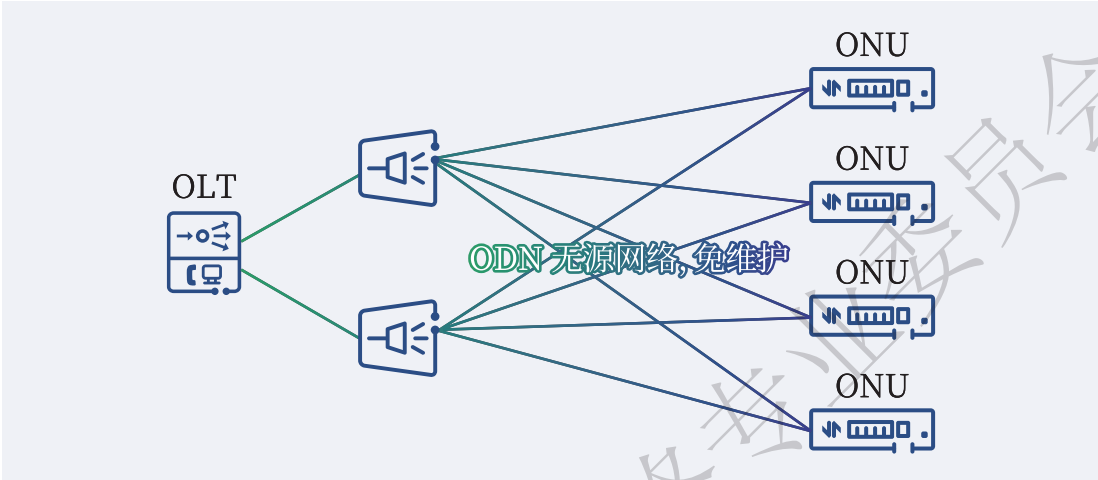
图表 1-1 固定网络技术与移动通信技术代际



F5G 具备增强型固定宽带、全光联接、极致体验三大主要特征，其代表性技术包括 GPON/10G PON/OTN 等，可广泛应用在交通、企业、园区等领域。

GPON (Passive Optical Network) 是一种点到多点 (P2MP) 结构的无源光网络, 参考《无源光局域网工程技术标准》(TCECA 20002-2019)。

图表 1-2 GPON 网络架构



- OLT(Optical Line Terminal, 光线路终端): 终结 PON 信号的设备, 通过 PON 接口和 ODN 网络连接, 对 ONU 进行集中管理。
- ONU(Optical Network Unit, 光终端): 放置在用户侧, 提供各种接口连接用户终端设备, 将用户终端设备信号转换成 PON 信号, 通过 ODN 传输给 OLT 进行业务转发处理。
- ODN (Optical Distribution Network, 光分配网络): ODN 是由光纤、一个或多个无源分光器(Splitter, 无源光分路器)等无源光器件组成的无源网络。OLT 和 ONU 通过 ODN 连接起来进行互相通信。

F5G 全光网主要可采用的 GPON 和 XGS-PON 技术, 具体的技术参数如下表所示:

图表 1-3 GPON 和 10G GPON 的主要技术参数

技术参数	GPON	XGS-PON
线路速率	上行: 1.25Gbit/s	上行: 9.95Gbit/s
	下行: 2.5Gbit/s	上行: 9.95Gbit/s
波长	上行: 1290-1330nm	上行: 1260-1280nm
	下行: 1480-1550nm	下行: 1575-1580nm

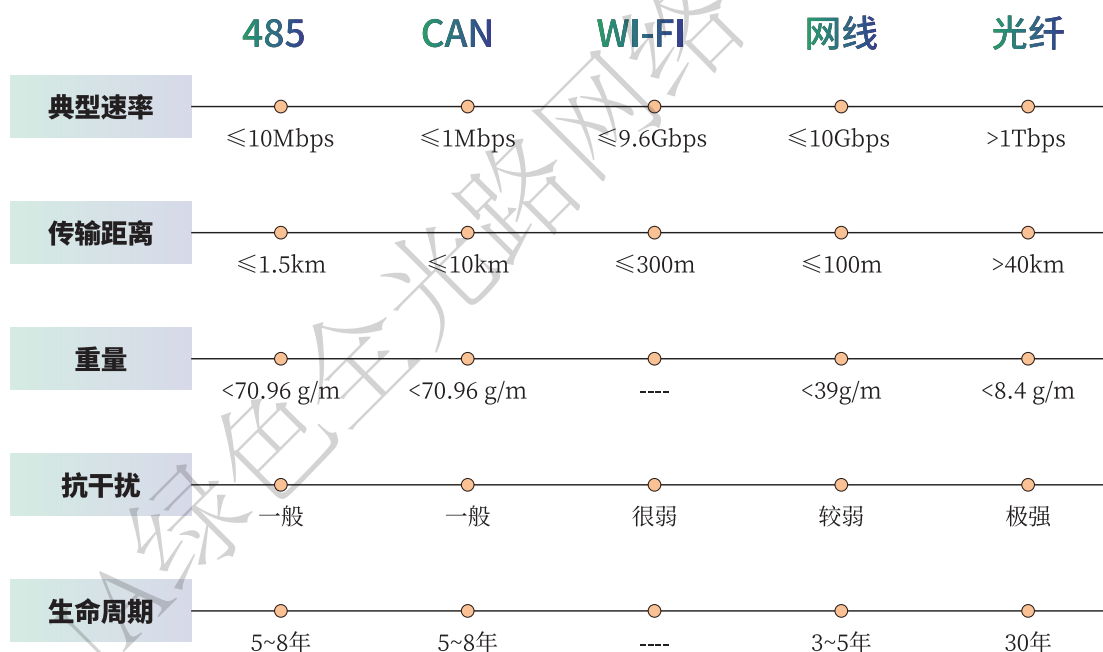
1.3 F5G 全光网技术特点

F5G 全光网是符合技术发展的新建网方式, 采用更先进的架构和传输介质, 具备以下技术特点。

1.3.1 传输性能优异

F5G 全光网采用光纤替代网线, 光纤体积更小, 空间更省, 价格更低等优势, 具有超过 1Tbps 的带宽能力, 远高于传统的网线等。光纤传输防探测, 防电磁干扰, 可与电源线缆共用管道。光纤的传输距离可达 40 公里, 远高于其他传输介质。光纤使用的主要材料为石英, 生产过程污染较铜线材质轻。

图表 1-4 485、can、wifi、网线与光纤的传输性能对比



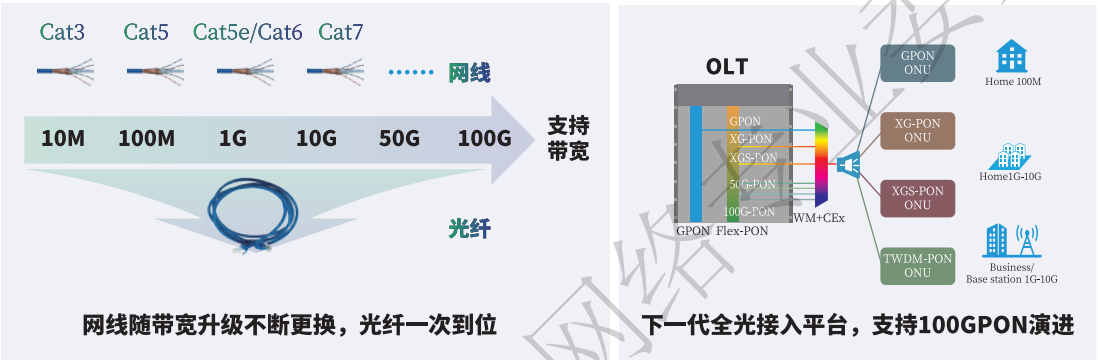
1.3.2 网络架构先进

F5G 全光网为 OLT 和 ONU 二层架构, 中间采用无源的分光器, 相比于传统以太网交换机组网的三层架构缩减了汇聚层的配置, 实现了架构上的优化, 更可靠, 无网络风暴, 减少业务转发节点, 降低了时延, 提高了传输质量, 为持续高效地支撑业务应用系统的数据交互奠定了基础。

1.3.3 未来演进平滑

支持一根光纤承载多种业务,可承载数据、视频、串口等多种业务,并支持多业务的灵活演进。由于光纤作为传输介质,具备抗干扰、耐腐蚀的能力并且带宽非常大,可达到 Tbit/s 级别,且使用寿命长,一般来讲可以使用 30 年以上。因此在网络带宽升级时,前期部署的光纤基础设施不需要变更,可以直接利用以前已经部署的光纤,仅需要升级两端有源设备即可,带宽的演进十分平滑。

图表 1-5 F5G 全光网在介质和设备两端实现平滑演进



1.3.4 运维简单便捷

在 F5G 全光网中, OLT 统一集中管理和统一配置的 ONU 终端, ONU 无需配置独立的管理 IP 地址。ONU 可以理解成是 OLT 基于光传输技术的拉远部件。因此在业务发放和部署时, 仅需要在 OLT 上配置即可。

F5G 全光网支持可视化的网络设备管理系统, 对 OLT 和 ONU 进行有效控制, 能够实现用户认证、警告管理、性能管理、报表管理、PON 网络部署、PON 资源管理等功能。

图表 1-6 网络设备管理系统功能

系统管理分支	具体管理功能
安全管理	实现对网管系统本身的安全控制, 通过用户管理、操作授权(分权分域)管理、用户登录管理和一系列其他的安全策略, 支持对用户登录、用户操作和系统运行过程中所产生的日志进行管理, 支持完善的 HA 高可用性方案和数据库备份
拓扑管理	以拓扑图方式显示被管网元及其之间连接的状态, 用户可通过浏览拓扑视图实时了解整个网络的组网情况和监控运行状态

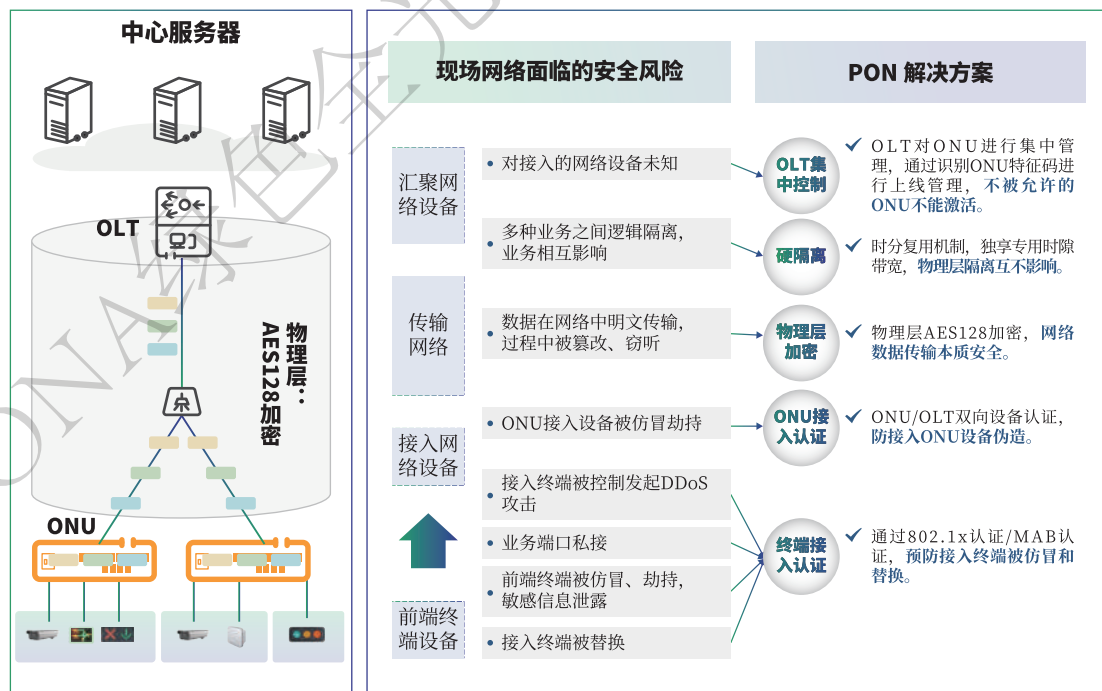
故障诊断	主要面向运营级网络提供网络连通性的测试及故障排查，系统提供丰富的网络连通性测试手段用于诊断故障
性能管理	通过性能管理可以提前发现性能劣化的趋势，并在故障发生前暴露故障隐患，提前规避网络故障风险
日志管理	记录操作网管的信息以及系统中发生的重要事件，有助于网络管理人员及时发现非法登录、非法操作或进行故障分析
软件管理	管理网元数据和对网元软件进行升 / 降级

ONU 还支持即插即用免配置部署功能，借助网管系统，可以自动的完成设备上线和业务发放，做到业务分钟级开通。由于网络架构简单，中间的 ODN 为无源网络，故障率非常低，且众多的 ONU 可通过系统和 OLT 统一管理运维。

1.3.5 网络安全性高

F5G 网络系统性的构筑端到端网络安全，通过接入设备双向认证，业务物理隔离、传输物理层加密等多种手段组合，解决现网面临的诸多安全风险挑战，如设备私接、仿冒劫持、数据篡改、数据窃听、业务互相影响等。

图表 1-7 F5G 网络安全功能



第二章

城市交通路网的政策分析及发展趋势

02

2.1 城市交通骨干网络分析

2.1.1 城市交通骨干网络分析

国家政策指出要加快建设交通强国、网络强国、数字中国。交通运输部发布的《数字交通“十四五”发展规划》，提出深入推进数字交通体系，交通新基建在2025年要取得重要进展，行业数字化、网络化、智能化水平显著提升，有力支撑交通运输行业高质量发展和交通强国建设。

随着城市交通的发展，数据急剧增长，现有网络资源日趋紧张，部分网络已处于满负荷运行状态，且扩容难度大，无法满足新业务发展的需求；大量高清监控、高清电子警察、信号控制、行车诱导、车牌识别等各类前端业务设备对网络提出了更高的要求。作为通信基础设施，建设超宽带全业务骨干传送网已经是大势所趋。在保证网络建设的“安全性、统一性、完整性、先进性、高可用性”的基础上，宜采用易于平滑演进网络架构，需以业务需求为导向，发展预测为基础，组建一个网络结构清晰、层次分明、调度便捷、高带宽、高可靠性的高速网络，首先满足现有业务需求，同时为未来5-10年的业务开展作好网络资源储备。

2.1.2 城市交通骨干现有网络局限

现有的城市交通通信网络局限主要包括：

带宽不足，网络质量无保证：路段向区域的回传多为100M以内运营商租赁专线，区域向中心的汇聚多为1000M运营商租赁专线，随着高清设备不断增加，网络带宽受到很大挑战。部分前端网络重复建设，租用大量链路，如：路口信控、电警、视频存在多链路单独回传，且设备在线率、故障率也较高。

缺乏端到端业务保护：当前网络普遍采用多厂商的交换机组网，依赖网络协议的收敛来提供基本的连通性，缺乏针对关键业务的端到端带宽预留和保护；部分业务由单节点承载，存在单节点、单链路风险，如果单节点故障，会影响所有业务，风险大；部分现网设备老旧，扩展困难，存在设备故障后无专业服务团队解决，无可备用件风险。

运维困难：网络业务问题无法快速定界，运维难；缺乏智能化运维手段。精准定位能力不足，影响网络可用性及可服务性。

2.2 城市交通路口分析

2.2.1 交通路口的数字化转型

城市交叉路口是城市道路中环境最复杂、参与者最多、问题状况最频繁的交通场景。它是道路交通系统的节点和枢纽，承担了大量的交通流量，交叉路口的畅通程度直接影响交通通行能力。在城市道路发生的交通事故中，有超过 60% 发生在交叉路口及附近。路口智能化建设是缓解交通拥堵，提升道路通行能力，降低交通事故发生率最有效的手段之一。

二十大提出建设“交通强国”和“数字中国”。2016 公安部部署推进“城市道路交通信号灯配时智能化和交通标志标线标准化”(两化)，对路口智能化提出要求。2019 年国务院发布《交通强国建设纲要》，要求推进“数据资源赋能交通发展，加速交通基础设施网”。公安部交通管理局多次发文部署路口智能化管理工作。2020 年 10 月，“信号控制指导意见”，对信号控制应用工作提出具体要求。2021 年 6 月，“2021 年交通秩序管理十项重点工作”，涉及信号设施规范化、信号应用水平提升等重点任务。“公安交通管理科技发展规划(2021-2023 年)”，要求综合运用多源数据，探索使用在线交通仿真技术，评价和预测道路点段实时交通运行状态，因地制宜科学优化信号配时、交通组织方案，有效缓解城市交通拥堵。

2022 年 4 月交通运输部和科技部联合发布的《“十四五”交通领域科技创新规划》，将推动 ICT 技术大力发展智慧交通，推动云计算、大数据、物联网、移动互联网、区块链、人工智能等新一代信息技术与交通运输融合，实现重点运输通道全天候、全要素、全过程实时监测列入规划中。2022 年 7 月国家安委会办公室发布《“十四五”全国道路交通安全规划》，“推动设立道路交通安全防控与综合治理重点研发计划，推进图像智能识别、北斗高精定位、5G+AI、边缘计算等新技术在交通安全治理中的应用”。

对交通路口进行数字化和智慧化升级改造是大势所趋。当下交通路口数字化的主要发力点在于信号控制，即如何提升通行效率。除此之外，还需要对交通态势进行掌控，及对路口违法行为进行监控识别等。

传统交通路口的交管设备包括信号控制设备、监控及执法设备、诱导发布设

备、流量检测设备和相关的网络设备等。随着智能化技术发展和交通通行需求的提升，需要检测的行为越来越多，需要采集的流量和特征数据越来越多，需要处理的数据也越来越多，简而言之就是路口智能化需求越来越高。

2.2.2 城市交通路口传统方案主要局限

传统交通路口存在的问题主要为：设备多，线缆多，施工复杂；网络 and 用电安全性差；人工巡检，效率低；路口设备维护性差，问题难定位等，难以支撑交通路口高质量、高可靠和建设发展的要求。

城市交叉路口作为城市交通的核心节点，路路口的的交通系统通过多套低端网络烟囱式叠加方式的传统建设方案制约了数字化和智慧化升级改造。

随着路口智慧化需求发展，交通路口作为智慧城市的基础信息汇聚节点，构建高可靠、大带宽和高安全性的网络基座是数字基建的技术基础。

2.3 未来发展趋势分析

2.3.1 政策力推交通智能化建设

创新是引领发展的第一动力，是我国建设现代化经济体系的战略支撑。固定网络通信技术具有发展速度快、技术更新迭代周期短、对业务应用支撑显著等特点。目前，由于国家整体发展战略的调整和全球外交环境的变化，鼓励固定网络通信技术创新发展的相关政策进入爆发期，以下是国家近年来在固定网络通信技术方面顶层设计以及关于路口智能化建设的相关政策的汇总。

图表 2-1 信息化技术创新重大激励政策

政策名称	关于印发《中国制造 2025》的通知(国发〔2015〕28 号)		
发布机构	国务院	发布日期	2015 年 05 月 19 日
相关内容	提出“一二三四五五十”的总体结构，实行五大工程，涉及十大领域的，其中包括信息通信设备，掌握新型计算、高速互联等核心技术，全面突破第五代移动通信(5G)技术、核心路由交换技术、超高速大容量智能光传输技术、“未来网络”核心技术和体系架构。		

政策名称	关于积极推进“互联网+”行动的指导意见(国发[2015]40号)		
发布机构	国务院	发布日期	2015年07月04日
相关内容	加快实施“宽带中国”战略,组织实施国家新一代信息基础设施建设工程,推进宽带网络光纤化改造,加快提升移动通信网络服务能力,促进网间互联互通,大幅提高网络访问速率,使互联网下沉为各行业、各领域、各区域都能使用,人、机、物泛在互联的基础设施。		
政策名称	中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要		
发布机构	全国人民代表大会	发布日期	2016年3月12日
相关内容	围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑,布局建设信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施等新型基础设施。建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施,增强数据感知、传输、存储和运算能力,推广升级千兆光纤网络。		
政策名称	关于印发“十三五”国家信息化规划的通知(国发[2016]73号)		
发布机构	国务院办公厅	发布日期	2016年12月27日
相关内容	加快构建高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施,推进信息网络技术广泛运用,形成万物互联、人机交互、天地一体的网络空间。		
政策名称	关于印发信息通信行业发展规划(2016—2020年)的通知(工信部规[2016]424号)		
发布机构	工业和信息化部	发布日期	2016年12月18日
相关内容	优化网络结构布局。以数据中心为核心,打破传统地域和行政区划组网模式,推动传统网络的转型升级,构建能够支撑互联网业务发展的新型网络。		
政策名称	交通强国建设纲要		
发布机构	中共中央、国务院	发布日期	2019年9月
相关内容	大力发展智慧交通。推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合。推进数据资源赋能交通发展,加速交通基础设施网、运输服务网、能源网与信息网络融合发展,构建泛在先进的交通信息基础设施。		

政策名称	交通运输部办公厅 公安部办公厅关于印发 《公路安全设施和交通秩序管理精细化提升行动方案》的通知 交办公路〔2022〕14 号		
发布机构	交通运输部、公安部	发布日期	2022 年 2 月 21 日
相关内容	对事故易发多发点段进行评估, 从人、车、路、环境、管理等方面运用各种技术手段详细分析事故成因, 从完善交通安全设施、促进规范行车秩序等方面, 研究制定优化公路安全通行环境的实施计划, 并提请当地政府统筹解决整治工作遇到的问题。		
政策名称	“十四五”交通领域科技创新规划		
发布机构	交通运输部、科学技术部	发布日期	2022 年 4 月 8 日
相关内容	推动 5G 通信技术应用, 实现重点运输通道全天候、全要素、全过程实时监测。突破道路交通运输组织、路网监测、仿真测试、运营管控等智能化、自主化技术。		
政策名称	国务院安委会办公室关于印发《“十四五”全国道路交通安全规划》的通知 安委办〔2022〕8 号		
发布机构	国务院安委会办公室	发布日期	2022 年 7 月 21 日
相关内容	推进图像智能识别、北斗高精定位、5G+AI、边缘计算等新技术在交通安全治理中的应用, 针对新业态新问题开展前瞻性研究探索。		

智能交通路口是物联网高度发展的产物, 其涉及多种信息技术, 具有较强的系统性, 构建高度集成性、智能化的运输管理系统, 实现交通信息合理利用, 可实现提升车辆运用效率, 减少交通事故发生的作用。

2.3.2 路口智能化的快速发展

随着图像识别、人工智能、自动驾驶和车路协同技术的快速发展, 结合目前已有的交通项目实践, 基于 F5G 无源光局域网技术分别可以在交通信息设施系统中的布线系统、信号控制系统、电警系统、卡口系统、信息诱导发布系统和网络通信系统中进行应用, 负责对信息进行转换和传输, 承载上层应用软件业务。使传统交通路口融入到一张基于 F5G 全光网的超大带宽、超低时延、安全可靠的“全光路口”方案之中。

图表 2-2 F5G 全光网在交通路口中的常见应用

路口智能化系统		承载业务
信息设施系统	路口全息感知	信息设备物理相连
	信号控制优化	信号传输连接
	路口秩序管控	违法记录与传输
	设备运维管理	计算机网络管理
	信息引导发布	信息的播放与管理
安全技术防范系统	视频监控系统	路口视频记录与管理
	卡口系统	人、非机动车、机动车识别

2.3.3 “光进铜退”是大势所趋

自高锟博士于 1966 年发表《光频率介质纤维表面波导》开创性地提出光导纤维在通信上应用的基本原理以来，光纤通信技术在学术界和工业界均取得了突破性的发展。欧洲电信标准协会（ETSI）于 2020 年 2 月举办了“Fibre to Everywhere”F5G 线上发布会，面向全球宣布成立 F5G 产业工作组，致力于研究固定网络的代际演进和长期发展，推动从光纤到户（FTTH）迈向光联万物，为产业的发展指明了方向。相较于使用传统铜线作为主要传输介质，F5G 全光网不仅具备大带宽、低时延、高稳定的全光联接特性，还在远距离传输、原材料消耗、使用寿命等方面有着明显的优势。在《“十三五”国家信息化规划》中明确提出要加快光纤到户网络改造和骨干网的优化升级，并推进光网城市建设，加快推进光缆到行政村，进一步推动了 F5G 全光网在我国网络基础设施中的应用。

随着智慧交通的发展趋势，F5G 全光网将推动光纤网络覆盖部署进一步延伸到路口建设的方方面面，从摄像头到中心，到流量检测器、信号机和信号灯，到执法设备到卡口检测，最终迈向“全光路口”、“全光路网”。

第三章

全光路网技术与解决方案

03

3.1 全光骨干解决方案

3.1.1 全光骨干网络主要需求

由于交警网络所承载的业务将持续演进，作为支撑交管业务科技应用系统的通信骨干传送网，随着业务宽带化发展，建设超宽带全业务 100G/200G OTN 传送网已经是大势所趋。该网络解决方案设计时需满足如下需求：

高带宽性需求 - 根据交管局未来的业务部署规划，未来交管局将实现云化布局，同时进一步完善车牌识别、高清视频监控、高清电子警察、信号控制、行车诱导等业务系统，未来的计算和存储资源将逐步实现云化共享，核心机房间的通信需求将大大提高，以高清视频监控为例，1 路 IP 高清摄像头带宽按照 8M 计算，10000 路高清摄像头并发带宽将达到 80G，因此建设一个高带宽网络是基本要求。

高可靠性需求 - 主要实现对道路视频点位的全天 24 小时监控，同时要保障后台监控终端可以实时显示前端摄像机的监控信息，并将所有的监控图像进行实时保存。高清卡口、交通违法行为监测记录系统、交通信号控制系统主要实现中心与系统前端的数据交互，将外端的违法数据等信息传回指挥中心，并将中心的交通控制信息实时传送到路口前端，因此本项目各系统对网络的需求主要体现在高可靠、支持组播、低延时抖动、保证关键业务流传送质量以及全网的安全问题。

高安全性需求 - 网络设计应能有效的避免单点失效，在设备的选择和关键设备的互联时，要提供充分的冗余备份，一方面最大限度地减少故障的发生，另一方面要保证网络系统全网路由能快速收敛。网络系统要求能适应较复杂的空间使用环境，保证不受高频电气设备、空间电磁波辐射干扰，并保证在信息集成网络系统中传输的各类信号之间互不干扰。

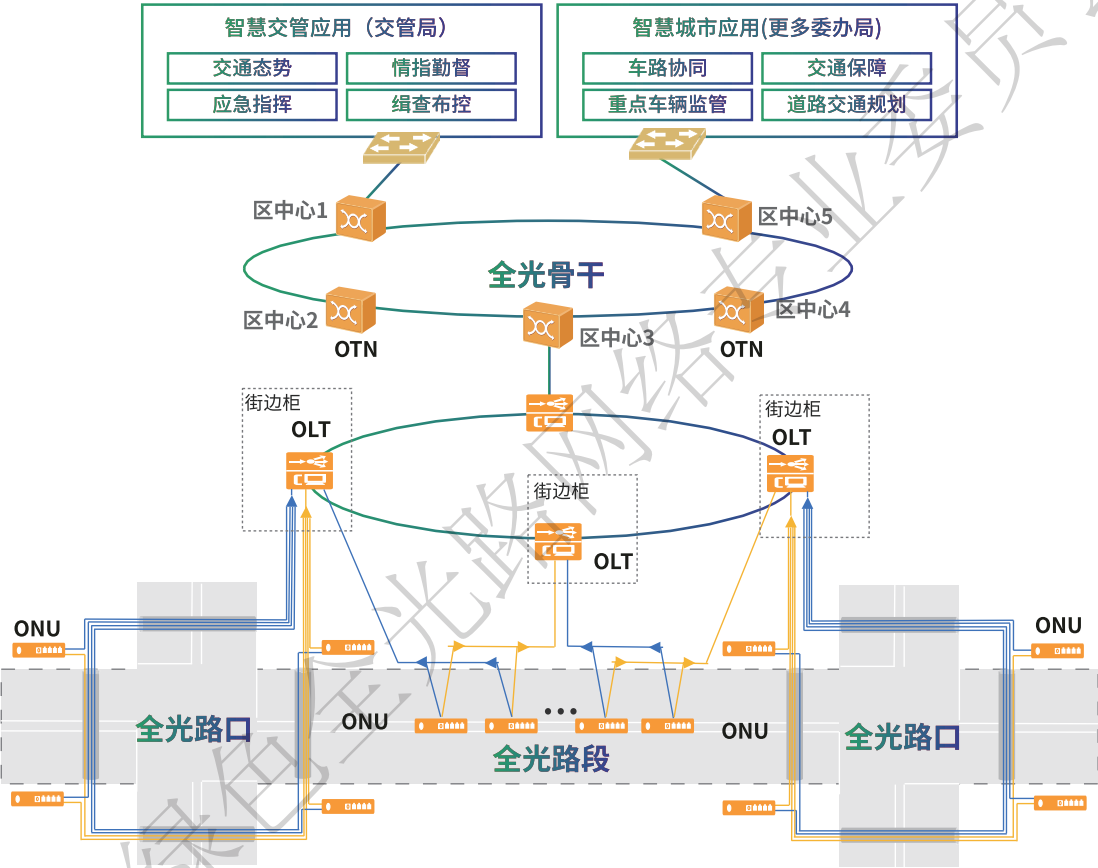
易管理性需求 - 网络系统要提供较强的系统管理能力，可以有效地进行系统管理、系统维护、系统故障排除等。监视和控制整个网络系统的设备性能、数据流量、安全性等，并可以进行远程管理和故障诊断。

可扩展性需求 - 系统建设是一个长期的、循序渐进的过程，为了提高网络系统的利用率和投资的有效性，系统配置最好与业务增长的需求相一致，保持同步

的增长和适当的超前，所以高可扩展性能够保证业务系统与业务增长的需求在较长的时间内保持同步的增长,从而避免了重复建设对现行业务系统的冲击,保护投资。

3.1.2 全光骨干网络架构

图表 3-1 城域光传输网组网



OTN 设备布放原则：

- a、支队及各大队机房布置一个 OTN, 并且大队间建设互联骨干光缆；
- b、其他关键流量汇聚和发布节点, 按需部署 OTN, 并且建设互联骨干光缆。
- c、如果部分大队之间流量较大, 可再建设汇聚环, 路段 OLT 就近接入汇聚 OTN。

在城市路段中, 可以将多个路口通过环网连接起来, 形成路段的 OLT 环网, 从而有效增强路口通讯的可靠性, 并且在回传时可以有效降低回传光纤的数量及光纤 / 带宽的租赁费用。

3.1.3 全光骨干主要优势

1. 以 OTN 技术为基础, 建立可统一承载、统一运维、统一管理的综合承载网。网络建成后可以建立端到端的业务配置, 统一维护, 根据业务需求后期向网状网模式灵活组网。

2. 可以实现各类业务端到端的配置, 端到端维护, 端到端调度的网络管理平台, 满足各类业务管理及运维。

3. 可以实现各类业务物理隔离, 各级网络分层分域, 传输网络、数据网络保护安全有效, 保障网络安全可靠, 带宽充裕, 网络资源调度灵活有效。

4. 可以减少交通通信基础设施资源浪费, 提速降费, 在保证干线传输网的灵活、可靠性和保证全网通信质量的基础上, 兼顾经济的合理性, 尽量降低工程的投资成本。

5. 可以提升整体运维能力, 实时监控网络运行状态及网络资源消耗情况, 评估网络整体运行情况, 提前发现网络隐患, 减少网络故障频次, 提升网络安全性。

3.2 全光路口解决方案

全光路口解决方案运用先进的 F5G 光通信技术结合交通信号控制系统, 将传统交通信号机对红绿灯的控制方式, 从模拟电缆升级为数字光纤, 从集中式控制改造为分布式控制。

应用 F5G 全光路口方案, 同时可为电警、卡口、监控球机、雷达、雷视一体机等路口设备提供高品质全光网络, 可实现路口网络微秒级确定性时延、大带宽路口汇聚回传中心, 并实现路口、路段间可靠组网。方案为路口智慧化应用奠定基础, 如保证全息路口的实时数据拟合, 实现高清视频可靠传输、车路协同、路口内应用等。

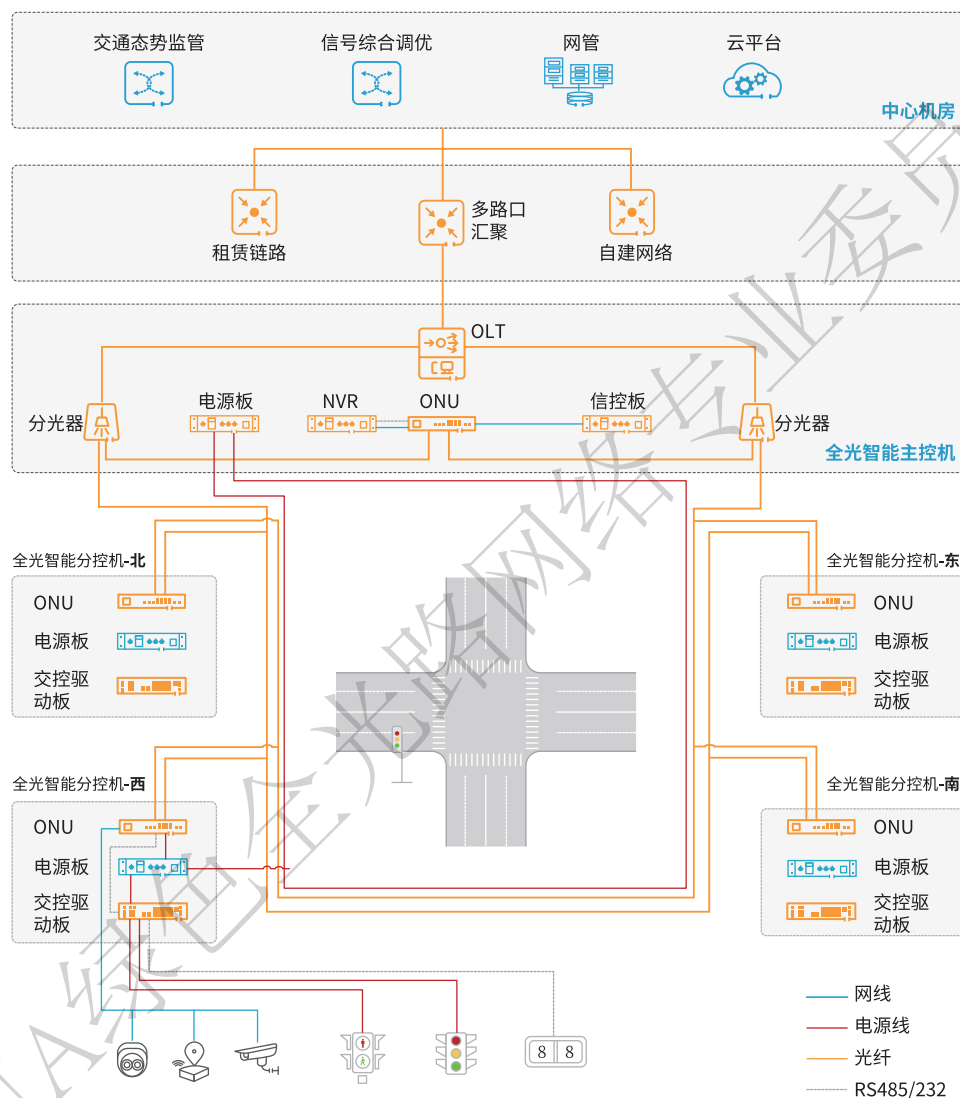
全光路口结合 F5G 全光网络先进技术及路口业务需求, 并规划支持未来数字化道路建设演进需求, 为路口的网络建设最优的通信基础。

3.2.1 全光路口解决方案

3.2.1.1 城市交通路口业务结构

当前路口一般包括信号控制、电子警察、卡口、交通诱导、视频监控、流量检测等业务系统,各系统由路口现场设备、回传网络、中心管理平台等组成。

图表 3-2 城市交通路口业务结构



中心平台包括: 设备远程管理系统、信号综合调优系统, 交通态势监管平台, 视频监控管理等及其上层运用平台, 部署于中心机房, 实现远程管理。

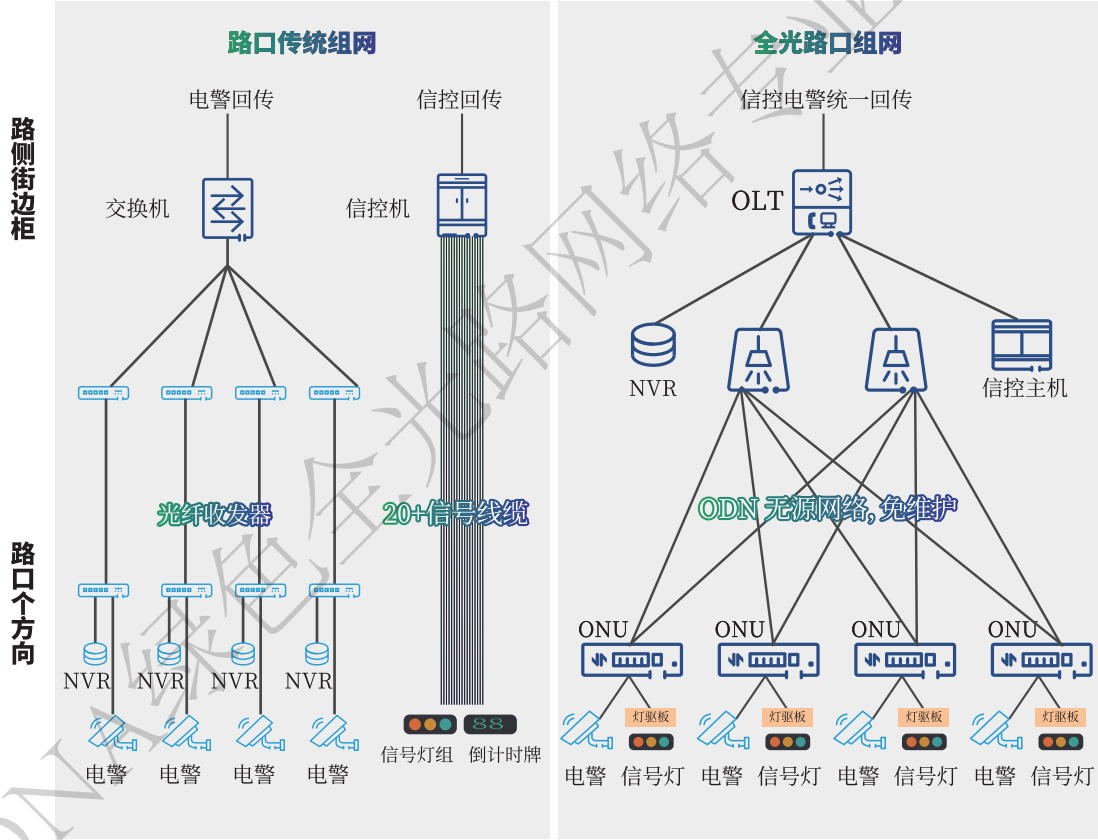
回传网络: 现场业务数据传回中心管理平台所需的专用网络, 常见组网方式是通过租赁运营商网络进行回传, 部分城市有条件也通过自建网络进行回传, 根据现场条件可进行部分汇聚后再通过租赁链路回传。

现场业务系统：主要包括路口现场的设备，如信号控制机、交通红绿灯、电警及配套爆闪灯、配套频闪灯、雷达、卡口、诱导指示牌等设备，以及配套的土建基础设施。

3.2.1.2 全光路口解决方案架构

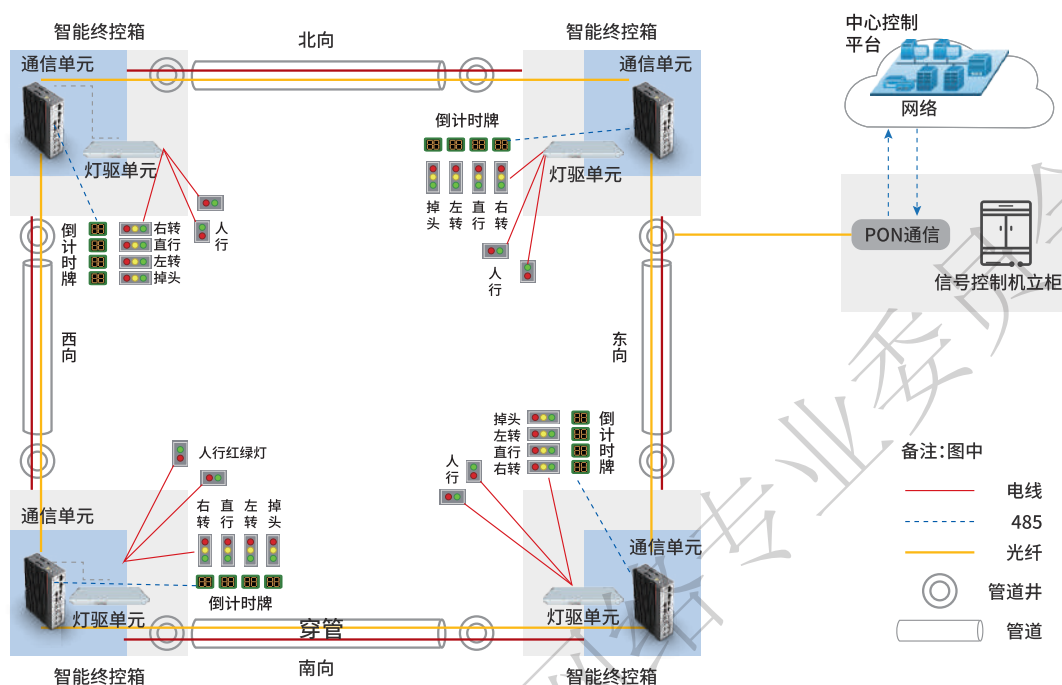
全光路口方案通过对优化现场部署，首先实现路口交通信号控制系统分布式升级改造, 同时可统一承载电警、卡口、雷达、诱导屏等其他现场业务, 并优化信号控制系统与电警、雷达等业务终端的互联互通, 架构图示如下:

图表 3-3 全光路口组网架构通过 F5G PON 技术进行简化



全光路口方案将信号控制系统由集中式升级为分布式，交通信号控制主机作为路口控制逻辑中心，其控制命令协议通过全光网络传输至路口各方向的分布式分机系统，由分机实现对交通信号灯及倒计时牌的控制。在该架构下，光纤和供电电缆均通过环形主备实现热备份，实现单方向线缆损坏不中断业务。

图表 3-4 F5G 全光路口分布式信控架构



分布式信控系统架构组成主要如下:

- 信号控制主机系统: 部署于路口街边柜中,用于路口交通信号灯控制;
- 交通信号控制分机系统: 信号控制分布式驱动模块, 部署于挂杆安装的智能挂箱内,用于控制红绿灯、倒计时;
- 光通信网络: 包括光汇聚 OLT 与光介入 ONU 分别集成部署于信号机柜和挂杆安装的智能挂箱内,用于支持路口稳定可靠的通信;
- 配套设施设备: 包含配套主机的落地机柜, 配套杆侧的智能挂箱, 红绿灯、倒计时牌等;

3.2.1.3 全光路口方案模块及要求

◆ 路口主机机柜主要功能及要求:

- ✓ 满足信号机国标要求,支持路口现场环境中设备稳定运行,
- ✓ 具备安全可演进的配电模块, 以及灵活充足的空间, 可支持路口多业务设备部署, 如 NVR(视频存储)、OLT(光线路汇聚)、ONU(光终端)、ODF(光纤配线架)、MCE(边缘计算)等设备安装部署;

◆ 交通信号控制主机主要功能及要求：

- ✓ 信号主机模块符合 GB25280-2016(道路交通信号控制机)标准要求；
- ✓ 满足《交通信号控制机与上位机的数据通信协议》(GB20999-2017) 要求；
- ✓ 支持《GAT 1743-2020 道路交通信号控制机信息发布接口规范》发布灯态信息等；
- ✓ 能管理多路路口感知接入,进行信号控制优化；
- ✓ 支持车路协同推演进；
- ✓ 支持通过光通信设备与分布式驱动模块进行连接控制；

◆ 配套智能挂箱主要功能及要求：

- ✓ 智能终控箱可满足路口现场环境稳定运行,可部署 ONU,信控分布式驱动、车辆检测单元等；
- ✓ 智能终控箱可通过网络远程中心连接,实现智能箱远程管理；

◆ 交通信号控制分机主要功能及要求：

- ✓ 适应路口复杂环境要求稳定运行的工业级设备；
- ✓ 可独立控制不少于 4 路灯组相位输出；
- ✓ 支持灯驱的级联,具备完善的状态检测、故障检测及上报主机功能；
- ✓ 支持通过光通信设备与信号控制主机模块进行连接控制；

◆ 光通信网络主要功能及要求：

- ✓ 适应路口复杂环境要求稳定运行的工业级设备；
- ✓ 高可靠光汇聚设备 OLT,实现多业务汇聚及安全隔离连接,支持 VLAN、IP 等丰富的网络功能,设备可联网管理；可直接接入骨干光网络,并支持网络高可靠保护；
- ✓ 高可靠盒式 ONU,网络侧提供双上行 GPON 接口,用户侧支持以太网、485/232 等接口,支持多类型设备接入,具备高性能的转发能力；支持硬件防非法接入,软件防非法攻击；支持主备连接,形成环形保护,能无感知切换；
- ✓ 支持路口灵活扩展及后续演进；

◆ 红绿灯、倒计时的主要功能及要求：

- ✓ 红绿灯、倒计时等满足国标要求；
- ✓ 可支持物联化演进,如故障自检及上报、亮度调节等。

电警及其他业务终端设备接入：电警、雷达、诱导屏等可通过连接近端的 ONU 回传至光 OLT 设备，实现可靠全光网络连接；不同业务之间可通过规划配置在同一张全光网络基础上实现业务隔离及互联互通，在保证业务独立的同时也打通业务的必要联结；同时网络设备可通过网管中心进行管理，对设备掉电、光纤信号质量等网络问题进行管理，同时也可通过中心服务器对电警设备进行质差检测，对画面质量问题进行预警。

回传网络在有条件时可按照全光路网方案进行建设，实现从中心到末端的全光网络覆盖，可实现具备业务高可靠、高带宽、低时延、易扩容、易演进的基础网络设施。

3.2.2 全光路口技术特点

全光路口采用业界最先进的交通路口信号灯控制系统,实现线缆归一、线缆保护、极简交付、极简运维、路口快速抢修等功能,真正实现交通路口控制从模拟化转向数字化的技术变革。

◆ 3.2.2.1 通过全光分布式信控方案,简化路口部署和运维

交通控制机基于原标准做分布式灯驱改造,便可实现路口信号控制业务的分布式部署,通过光通信承载,大量减少电缆、通信线缆的部署。

◆ 3.2.2.2 通过全光网络保护技术,提升路口业务可靠性

光通信设备 OLT 提供完善的可靠性方案,包括上行保护、设备保护、下行 PON 链路保护等,增强全网可靠性。在路口上,在终控机内置 OLT 支持 xPON Type C 保护,对 OLT、ONU 口、光纤、光分路器进行保护,当某部件发生故障,可以不中断业务自动切换。当故障恢复后,也可实现业务自动回切。

◆ 3.2.2.3 通过路口内主备供电,提升设备供电可靠性

方案通过主备电源电路实现逻辑上的双链路环形供电,有效保护单方向的供电线路故障时信号控制业务不中断,维修人员可从容安排修复,降低抢修难度。

◆ 3.2.2.4 通过全光路口方案,提升可维护性

架构简单:低时延,大带宽,多系统融合承载,物理隔离,取消红灯检测器,管理简单;极简光网络:基于 esight,网络设备端到端管理,故障可定位(光纤、设备);红绿灯、线缆故障可以远程排查:过街电缆可基于抱杆箱网管远程排查,红绿灯可基于信控网管进行排查(上杆线缆从 100 米到 10 米,坏的可能性很小);

◆ 3.2.2.5 通过全光路口方案,实现路口业务综合承载

F5G 全光网可以支持一根光纤承载多种业务,包括:支持信控控制业务(基于 485 的总线业务),支持信控联网联控业务,支持电子警察业务,支持倒计时业务、支持雷达接入等。面向未来的万物互联场景, F5G 全光网可以有效支持种类繁多的物联网感知设备的接入以及种类更多的业务应用系统数据的传输,为智慧交通的实现提供基础。



全光在自身可靠基础上, 支持各种业务隔离, 不同业务走不同通道, 最终实现多种业务的安全可靠传输。

3.2.3 全光路口部署

3.2.3.1 全光路口适用场景

全光路口适用场景包括:

- ▶ **路口信控新建:** 全新道路建设时, 可以直接四面预埋管道, 布设全光路口解决方案, 在成本差异不大的情况下, 极大的降低交付、运维难度, 提升系统的可靠性。
- ▶ **路口智慧化建设:** 智慧化路口通常需开通多类业务, 如信号控制业务、电警业务、监控、检测、雷达、“双智”业务等, 可应用全光路口方案可实现综合业务承载。
- ▶ **路口老旧改造或扩建:** 老城区地下管道损坏, 因地下过街线缆少, 可以使用开窄槽方案快速施工开通业务。
- ▶ **临近路口场景:** 在邻近路口, 如两个路口相距距离较远, 也可通过全光路口方案部署统一信控, 可极大的信控设备及施工费用的投入。

3.2.3.2 全光路口方案部署概述

全光路口方案较传统方案部署主要差异体现为光通信相关设施部署, 原信号机基础、杆件水泥基础、窨井、PVC 管道、接地、避雷等土建配套, 及信号机柜、灯杆、交通灯、倒计时等按原施工要求不变, 按原方案标准进行施工即可。

- ◆ 光纤部署建议绕路口各杆位部署为环形网络以实现高可靠保护网络，也可根据实际条件选择普通的以落地机柜为中心的星型网络拓扑结构；光设备 OLT 及 ONU 分别集成部署于落地机柜及智能挂箱内。
- ◆ 智能挂箱：安装于红绿灯车行灯立杆或电警立杆上，安装位置建议为立杆 2.5 米 ~3 米的高度。箱体对于立杆的方向主要考虑安全因素及市政统一要求，建议在路面外方向。
- ◆ 光缆：在典型十字路口仅信控业务场景下，光缆建议选用 8 芯室外优质光缆，其中 4 芯主用，4 芯备用；多业务场景下，如同时建设信控和电警业务场景，可根据维护需求，若同一单位同时维护两种业务，可按光缆综合布放设计，建议选用 16 芯室外优质光缆；如两类业务需分开维护，建议对不同业务部署不同环光缆，分别部署 8 芯光缆。光缆按点到点布放，光纤尾端熔接在落地机柜及终控箱内完成，部署光缆时注意在抱杆箱侧预留一定长度方便尾端熔接，建议 2~3 米。
- ◆ 电缆：按路口整体业务功耗设计配置线缆，一般若只用于信控业务，可使用 2*2.5 平室外电缆。电缆按点到点布放，接续在落地机柜及终控箱内完成。
- ◆ 开槽方案：在某些场景下，因无预埋管道或管道被破坏时，不便重埋管道时，因布放线缆少，可考虑路面开槽免开挖方案；开槽尺寸宽度约 30mm，深度约 100mm。

3.2.4 全光路口价值

全光路口方案是未来数字化道路建设的通信基础，将大幅降低路口的建设、改造、抢修的工程难度，加速路口信息化设备的联网联控，也奠定了道路的智能化管理运维、流量调优的基础。

3.2.4.1 技术领先，优化解决传统方案难题

全光路口方案相较传统方案有明显优势，方案主要价值体现如下：

大幅提升业务可靠性

全光方案中用光纤取代大量电缆，对恶劣管道环境的容忍度明显提高。传统

方案穿管施工时易破损,若遇水侵则易漏电导致故障,适应力弱,而且光纤抵御地下管道泥浸、水泡的能力明显好于电缆,且光纤传输全可靠,防探测,防电磁干扰,故能大幅改善红绿灯系统对环境的适应力和系统的运行稳定性。

全光方案中通过光通信设备业务保护技术结合物理部署实现逻辑环形通信、环形供电,当路口线缆单方向出现故障时,另一条线路将继续保障系统运行,业务不受影响,并上报线缆故障告警。只需正常派遣维护队伍修复即可,减少抢修出工。传统路口方案中,信号灯线缆无备份,如遇意外故障则系统瘫痪,如电缆被鼠咬,被挖断等,需要较长时间恢复。

工程极简,大幅降低红绿灯系统的新建、改造、抢修的难度

全光路口方案过街线缆大量减少,线缆在地下管道布放难度大大降低。在传统路口方案中,交通信号控制机和红绿灯之间有 30+ 根电缆地下穿管,包含: 1) 20+ 的 220V 电力线; 2) 10+ RS485; 3) 4+ FE 线等,因线缆量大,地下管道情况复杂,交付部署时施工困难。在全光路口方案中,交通信号控制机和红绿灯之间采用一根电缆 + 一根光缆通过地下管道,因需通过线缆少,施工穿管难度低。

全光路口方案因线缆简单,跨路施工迅速,对道路通行的影响小。传统路口方案施工时,通常需要阻断交通长达近 10 天。若遇道路已预埋有管道时,全光路口方案相比传统方案在穿管施工时的工程量将降低 50%。若遇管道堵塞难以疏通或无预埋管道时,全光路口方案相比传统方案的工程量将大幅下降 90%。红绿灯系统改造时若遇道路难以开挖,全光路口方案将可以实现免开挖改造,即:疏通已有管道,或者开槽布线。而传统路口方案进行改造时,如无法开挖则只能放弃改造。

全光路口方案采用光传输红绿灯信号,交通信号控制机和红绿灯之间可距离数公里,能方便地解决超宽路、立交桥等复杂场景的红绿灯部署问题。模块设计易集成:路口智能盒子模块化,开发生态和标准,可按需提供解决方案。

极简运维,降低运维难度及成本

全光路口方案相比传统方案,布线简化、故障定位能力强,系统建成后综合

运维成本将明显降低,道路维护费用预计降低 50%~70%。

传统路口方案中,线路断开,系统瘫痪,线路故障位置难定位,光纤收发器以及多厂家汇聚交换机难管理,整体系统的预警能力及运维能力较差。若遇线缆意外挖断,或者施工导致原有红绿灯信号管道中断,需要紧急修复抢修,恢复时间较长,需要额外部署临时落地式红绿灯等临时措施。

全光路口所有通信单元均可以利用可视化、智能化维护平台,检测设备的状态以及故障问题,从而实现极简运维。路口的通讯设备可统一管理,彻底解决老旧方案光纤收发器无法管理导致故障无法快速定位的问题,设备故障,可以通过远程网管快速定位并安排修复。灯原有红绿灯系统运行。红绿灯部分故障时,可以发出预警,及时更换红绿灯。故障智能检测,降低运维成本: 1)对传统的红绿灯、爆闪灯、频闪灯等提供故障自动检测手段; 2)可以对摄像头提供 E2E 的故障检测手段。

易扩容,支撑多业务数字化扩展

传统路口设施建设时烟囱式建设,新增设备或扩容时,需要配套安装整套网络设施,施工周期长、成本高。基于全光路口基础设施,可灵活快捷的部署新设备新业务,不用重新部署供电、网络配套设备。未来全光路口方案将大幅扩大信控机的管理范围,促进 1:N 的路口管理模式,将进一步降低红绿灯路口建设成本。

3.2.4.2 支持演进,奠定智慧交通数字化基座

随着智慧交通的发展需要,智慧路口建设会更多应用行业最新技术实现智慧化管理,如传感器技术、高精度地图技术、AI 算法、大算力芯片、边缘计算技术,形成车辆时空数据、过车身份数据、违法抓拍数据、车道流量数据、信号灯状态数据等多种元数据。全光通信网络因天然高可靠、低时延优势,构筑在交通路口,可作为智慧交通数字化发展底座。

智慧路口可通过以光通信为基础的全光路口方案,建立具备高可靠的光融合通信网络架构模型,同时可以接入包括路口雷达、电警、信号控制机、计算单元全路段雷达、卡口等模块数据的一体化光融合通信网络。该网络除保证路口多种业务

的同时接入外还具备端到端可视化运维的能力，可提升整体网络的演进性及稳定性，奠定路口业务扩容、业务演进的优质网络基础。

在交通流量优化控制方向上，方案可通过路口拥堵智能检测，降低拥堵，降低路口流量控制智能化难度，通过路口智能盒子提供边缘计算能力，基于容器技术适配不同厂家不同设备的原始车辆数据，并提供统一的车辆数据标准降低路口流量控制智能化的门槛。

在车路协同演进上，支持交通信息实时在线：交通红绿灯实时信息及时传递到车辆，将交通灯实时状态通过公网或 C-V2X 网络传递到汽车，从而实现交通红绿灯信息服务，以及未来无人驾驶场景下的车路协同。