

一种融合 5G 专网的智慧消防网设计方案

A Design Scheme of Smart Fire Network Integrating 5G Private Network

李高翡¹,郭奕星²,秦 奋¹,邱 坚¹,黄晓隽²,徐 怡²(1. 中国移动通信集团上海有限公司,上海 200060;2. 中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司,上海 200060)

Li Gaofei¹,Guo Yixing²,Qin Fen¹,Qiu Jian¹,Huang Xiaojuan²,Xu Yi²(1. China Mobile Group Shanghai Co.,Ltd.,Shanghai 200060, China;2. China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd. Shanghai Branch,Shanghai 200060,China)

摘 要:

现有的消防网存在各种网络之间不能直接互通、通信质量差、视频图像卡顿等问题,阻碍了智慧消防应用的发展。为解决现有消防网存在的问题,提出了一种融合 5G 专网的智慧消防网的设计方案。方案中新增了消防 5G 专网,将消防 5G 专网与现有的消防有线网、消防云融合成一网,构成满足语音、数据、高清视频等多种媒体智慧应用的智慧消防网。

关键词:

消防 5G 专网;5G 技术;智慧消防

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.02.016

文章编号:1007-3043(2025)02-0088-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The existing fire networks face various challenges such as the lack of direct interconnection between different networks, poor communication quality, and video image freezing, which hinders the development of smart fire applications. To solve the problems in the existing fire protection networks, a scheme for the smart fire protection network that integrates 5G private network is proposed. The scheme involves a new fire-specific 5G private network, which integrates fire-specific 5G private network with wired fire network, fire cloud into one single network to form a smart fire network that meets various media intelligent applications such as voice, data, and high-definition video.

Keywords:

5G private fire network; 5G technology; Smart fire applications

引用格式:李高翡,郭奕星,秦奋,等.一种融合 5G 专网的智慧消防网设计方案[J].邮电设计技术,2025(2):88-92.

0 引言

消防改革后,消防体系亟待进行转型升级,通过智慧化应用技术满足“全灾种、大应急”的综合应急救援需求。但是现有的消防网存在各种网络之间不能直接互通、通信质量差、视频图像卡顿等问题,导致消防救援队与消防指挥中心之间通信不畅,不能密切配合,失去最佳救援时机。

5G 网络具有大带宽、低时延等优点,作为公共服务网络,其网络质量好,将 5G 网络技术应用于智慧消防网的建设能够很好地解决现有消防网存在的问题。

1 消防网现状和消防信息化应用需求

1.1 消防网现状

现有的消防网由公安消防网、消防有线网、消防 4G 专网等多种网络组成,用于满足消防通信和信息化应用的语音和数据通信需求。

1.1.1 公安消防网

收稿日期:2025-01-04

公安消防网采用数字无线集群通信技术,主要功能为承载消防救援语音对讲和通信指挥业务,能够满足城市大部分区域的消防救援语音对讲和通信指挥需求。

1.1.2 消防4G专网

部分省、市建设了基于4G网的消防4G专网,通过消防4G智能终端开展智慧消防应用,如微型消防站可视化运管系统。

1.1.3 消防有线网

消防有线网为基于IP建设的计算机网络,它连接消防总队、消防支队、消防中队等各级消防单位,满足如消防监督管理、消防队伍管理、消防装备管理、民防管理、消防信息发布、社会公众服务等各种消防应用的数据通信需求。

1.1.4 消防网存在的问题

消防网存在的主要问题如下。

a) 各种网络之间不能直接互联。消防网中承载消防救援语音通信的公安消防网与承载数据通信的消防有线网及消防4G专网等相互独立,导致消防信息通信不畅,严重影响了消防救援工作。

b) 公安消防网通信质量差。采用数字无线集群通信的公安消防网在城市环境中,其电波的传播路径非常复杂,有些地点信号弱,甚至无信号。公安消防网还存在来自其他通信系统的干扰以及工业生产中的电磁干扰等,这导致通话语音质量差、杂音大。公安消防网的系统容量小,网内通话的电台过多,通信堵塞现象时有发生。

c) 视频图像卡顿。消防4G智能终端通过消防4G专网上传视频图像时常发生卡顿现象,影响了消防救援指挥。

1.2 消防应用需求

消防应用主要涵盖火灾防控、应急救援、社会服务、队伍建设4个方面,具体包括消防对讲(语音对讲、视频对讲)、自动远程报警、灭火救援调度指挥、视频回传、消防无人机视频巡察、消防监督管理、消防队伍管理、消防装备管理、民防管理、消防信息发布、社会公众服务等,可以归纳总结为3类业务。

a) 消防救援类业务。该业务主要包括建设消防对讲(语音对讲、视频对讲)、自动远程报警、灭火救援调度指挥等,要求通信无阻塞、时延小,优先级要求最高。

b) 视频回传类业务。该业务包括消防救援视频

回传、消防无人机视频巡察等,要求网络上行带宽大、网络时延和抖动较小,优先级要求次高。

c) 消防管理类业务。该业务包括消防监督管理、消防队伍管理、消防装备管理、民防管理、消防信息发布、社会公众服务等,对网络的要求一般,优先级要求低。

2 融合5G专网的智慧消防网的设计方案

2.1 智慧消防网总体设计方案

5G网络采用全新的网络架构,具有大带宽、低时延等优点,它作为公共服务网络具有很好的网络质量。5G专网是基于运营商5G网络来解决用户业务隔离性、安全性、大带宽、低时延等关键问题而建设的专用网络。

智慧消防网总体设计方案新增了一个消防5G专网,并将消防5G专网与现有的消防有线网、消防云融合成一张网,将公安消防网作为应急备用网络,构建基于IP传输的语音通信和数据通信统一的智慧消防网,满足消防救援、视频回传、消防管理等各类高速低时延的语音、数据、视频图像等多种媒体智慧消防应用的需求^[1-2]。

消防5G智能终端、5G CPE(为用户侧连接设备)等5G终端连接消防5G专网。消防5G智能终端替代传统的基于数字无线集群通信技术的消防对讲终端,使用5G PoC(Push to Talk Over Cellular,在移动公网上实现的一种具有对讲功能的移动数据业务)业务功能替代现有的公安消防网的语音对讲功能,开展消防语音对讲、高清视频直播、救援指挥调度、周边救援力量可视化等智慧消防应用。

融合5G专网的智慧消防网的网络拓扑如图1所示,具体由以下几部分组成。

a) 消防5G专网。消防5G专网是基于5G网络并采用多种5G专网技术构建的消防专用的5G网络。5G专网技术包括网络切片^[3-4]、QoS、DNN、边缘计算、无线增强等技术,通过灵活配置无线网、传送网、核心网的网元以满足各种应用场景的需求。接入消防5G专网的5G智能终端包括消防5G智能终端、5G CPE等,可通过消防5G智能终端开展各种智慧消防应用,通过5G CPE将移动调度台连入消防5G专网。

b) 消防有线网。消防有线网是基于IP建设的计算机网络,它连接消防总队、消防支队或大队、消防中队等各级消防单位,以及消防云。

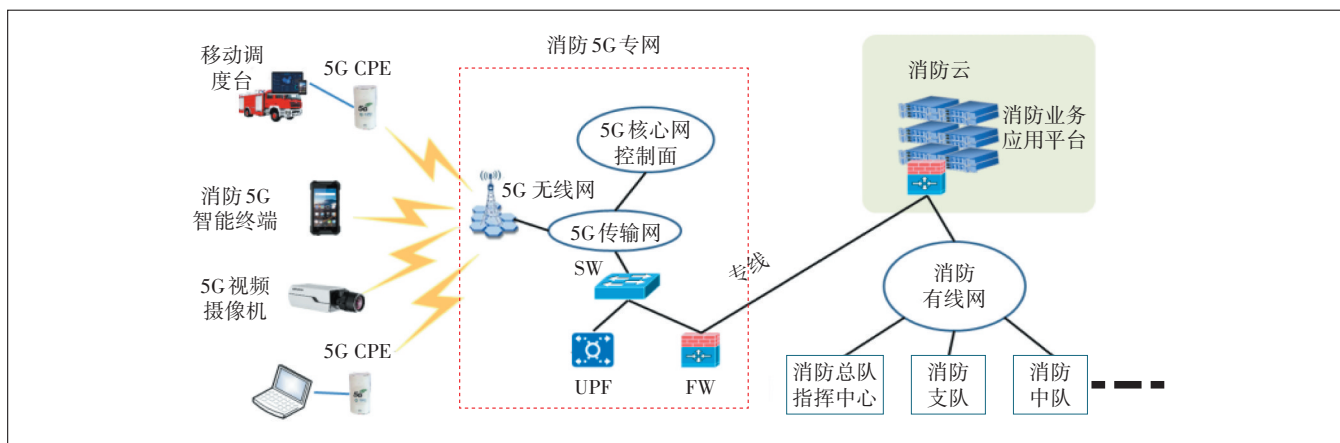


图1 融合5G专网的智慧消防网的网络拓扑

c) 消防云。消防云为智慧消防应用提供弹性计算、数据存储、数据库等服务。消防应急指挥调度系统、消防指挥车车载视频回传系统、无人机视频回传系统等智慧消防应用部署于消防云。消防云通过专线与消防5G专网的UPF网元(5G核心网的网元)相连,消防5G智能终端的IP数据包通过UPF分流到消防云的智慧消防应用平台。

2.2 消防5G专网方案

消防5G专网设计方案可以根据不同的服务要求采用公网默认切片或消防专用切片,并根据消防救援、视频回传、消防管理这三大类业务对网络性能的不同要求,配置不同的QoS和DNN,与5G公网的其他业务相互隔离。图2给出了消防5G专网设计方案示

意。

a) 无线网。复用5G公网,对消防救援类、视频回传类、消防管理类三大消防业务配置5QI,分别为6、8、9。

b) 核心网。UPF网元部署于地(市),通过N4接口与5G核心网SMF网元相连,通过专线与消防云相连。消防救援类、视频回传类、消防管理类三大消防业务分别配置DNN为5GXFDNNA、5GXFDNNB、5GXFDNNC(DNN的名称可根据用户要求修改),将业务分流到相应的智慧消防应用平台,如UPF将消防救援类业务(如图2红色实线所示)通过5GXFDNNA分流到灭火救援指挥平台。

c) 传输网。当网络切片为公网默认切片时,采用

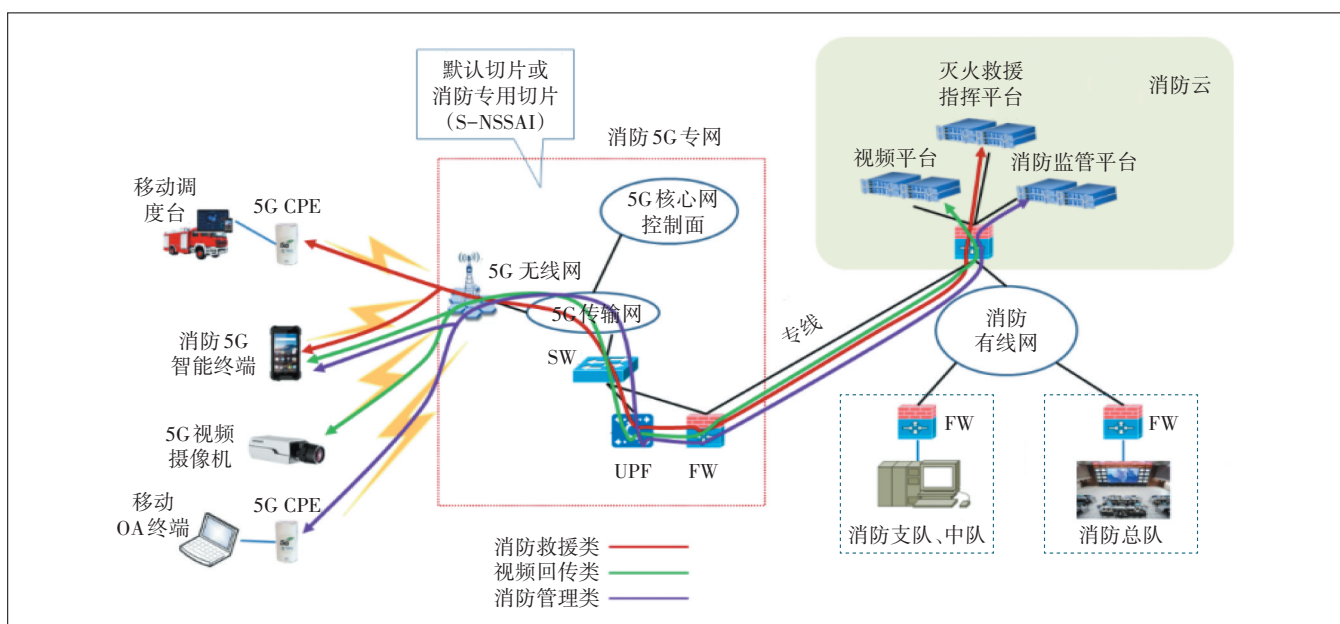


图2 消防5G专网设计方案示意

共享 SCL;当网络切片为专用切片时,采用专用 SCL。
3 类消防业务配置不同的 SPL VPN,分别为 VPN.5GXFDNNA、VPN.5GXFDNNB、VPN.5GXFDNNC。

消防 5G 专网网络配置方案如表 1 所示。

表 1 消防 5G 专网网络配置方案

序号	业务类别	网络切片	无线	传输	DNN	5QI
1	消防救援类	公网默认切片	QoS 调度	共享 SCL, VPN.5GXFDNNA	5GXF DNNA	6
		消防专用切片		专用 SCL, VPN.5GXFDNNA		
2	视频回传类	公网默认切片	QoS 调度	共享 SCL, VPN.5GXFDNNB	5GXF DNNB	8
		消防专用切片		专用 SCL, VPN.5GXFDNNB		
3	消防管理类	公网默认切片	QoS 调度	共享 SCL, VPN.5GXFDNNC	5GXF DNNC	9
		消防专用切片		专用 SCL, VPN.5GXFDNNC		

2.3 消防有线网和消防云

省、市级消防有线网已基本建成,智慧消防网将消防 5G 专网与消防有线网进行了融合。消防有线网典型的组网架构是采用骨干—汇聚—接入三层架构或者骨干—接入二层架构。

图 3 为某市消防有线网的二层网络架构,接入层和骨干层之间的连接采用运营商专线,路由协议采用 OSPF 协议,IP 地址采用 A 类私有 IP 地址 10.X.X.X,每个消防单位(总队、支队、中队等)分配一段 IP 地址,从 10.1.X.X/16 到 10.X.X.X/16 按顺序分配。未来,消防有

线网将进行 IPv6 的升级改造。

消防云采用虚拟化技术和云管理技术构建而成,为智慧消防应用提供弹性计算、数据存储、数据库等服务。云中心网络采用两层 Clos 网络(Spine—Leaf 架构),Spine 交换机采用具有高吞吐量、低延迟且端口密集的交换机,与每个 Leaf(TOR)交换机都有直接的高速连接,路由协议采用 BGP 协议。

2.4 业务承载

智慧消防主要可以归纳总结为消防救援类、视频回传类、消防管理类等 3 类业务应用,而融合 5G 专网的智慧消防网可承载语音、数据、高清视频等多种媒体业务,能够满足上述三大类应用的需求。

2.4.1 消防救援类业务

消防救援类业务包括建设消防对讲(语音对讲、视频对讲)、自动远程报警、灭火救援调度指挥等,其业务承载如图 2 所示。消防 5G 智能终端替代传统的消防对讲终端,连接消防 5G 专网,使用 5G PoC 业务功能替代现有的公安消防网的语音对讲功能,业务流通过消防 5G 专网的 UPF 网元分流到部署在消防云的灭火救援指挥平台,实现消防救援对讲指挥;位于消防车上的移动调度台连接 5G CPE,通过 5G CPE 连接消防 5G 专网,业务流通过消防 5G 专网的 UPF 网元分流到部署在消防云的灭火救援指挥平台,实现消防救援调度。

2.4.2 视频回传类业务

视频回传类业务包括消防救援视频回传、消防无

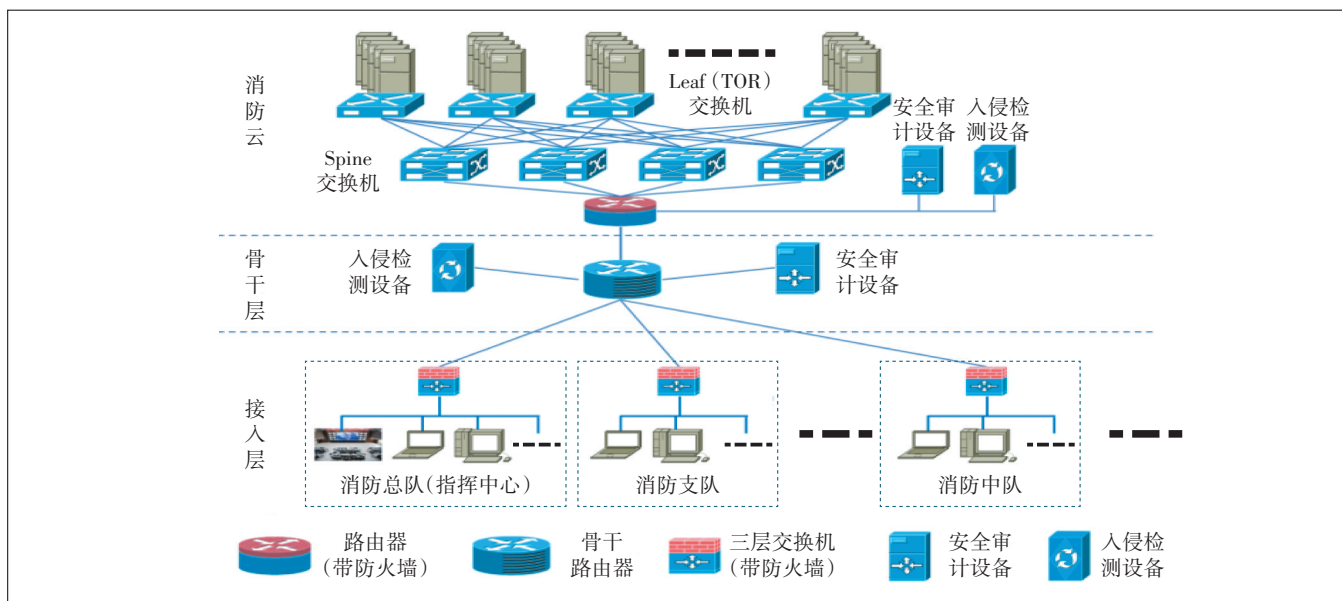


图 3 消防有线网和消防云的网络拓扑示意

人机视频巡察等,其业务承载如图2所示。高清 5G 视频摄像机、消防 5G 智能终端等 5G 终端连接消防 5G 专网,现场拍摄到的视频流通过消防 5G 专网的 UPF 网元上传到部署在消防云的视频平台。

2.4.3 消防管理类业务

消防管理类业务包括消防监督管理、消防队伍管理、消防装备管理、民防管理、消防信息发布、社会公众服务等,其业务承载如图2所示。移动 OA 终端(通过 5G CPE 或自带 5G 模块)以及消防 5G 智能终端连接到消防 5G 专网,业务流通过消防 5G 专网的 UPF 网元分流到部署在消防云的消防监管平台,实现日常的消防管理。

3 消防 5G 专网网络性能测试

在中国移动 5G 公网上按照消防 5G 专网设计方案搭建一个消防 5G 专网试验网,该试验网采用 5G 公网默认网络切片,QoS(5QI)配置为 6,核心网配置专用 DNN,传输网配置共享 SCL 和专用 SPL VPN。实验采

用消防 5G 智能终端,并通过终端经消防 5G 专网试验网连接微型消防站可视化运管平台进行测试。

实验选择 2 个采样点(无线信号大于-100 dBm 和无线信号小于-100 dBm),通过消防 5G 专网试验网分别测试了业务可用性、网络传输速率和网络传输时延等网络指标和业务指标。在业务可用性方面,经测试,通过消防 5G 智能终端可正常使用微型消防站可视化运管平台的应用功能,2K 视频图像回传流畅;在网络指标方面,使用了 iperf、ping 等软件工具进行测试,在设定限速 100 Mbit/s 的情况下,2 个测试点的测试结果为 TCP 包的平均传输速率均为 99.98 Mbit/s,平均网络传输时延分别为 28.4 ms 和 33.6 ms;在业务指标方面,使用了 wireshark 软件工具抓取消防对讲语音收发数据包进行分析,2 个测试点的平均业务时延分别为 94.6 ms 和 179 ms。

消防 5G 专网与 5G 公网测试结果对比如图 4 所示,消防 5G 专网的 TCP 包传输速率、网络传输时延、业务时延均优于 5G 公网的网络指标。

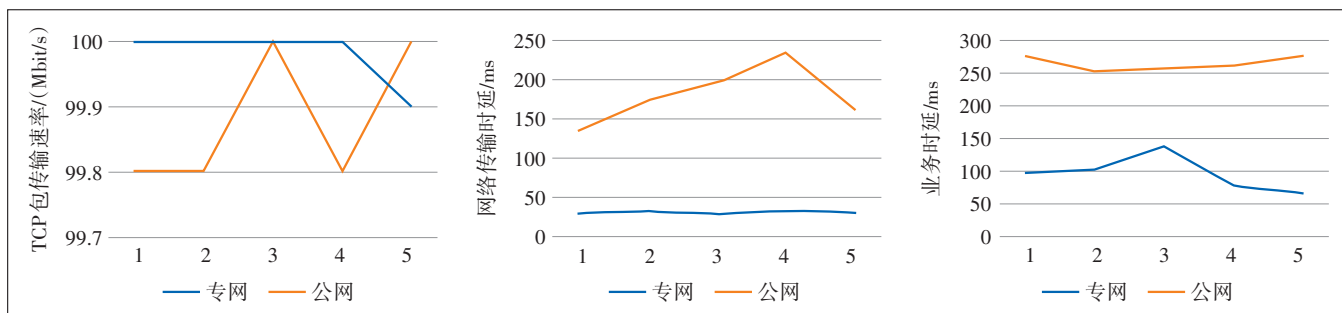


图4 消防 5G 专网与 5G 公网测试结果对比

4 结论

本文提出了一种融合 5G 专网的智慧消防网的设计方案,方案新增了消防 5G 专网,并将消防 5G 专网与现有的消防有线网、消防云融合成一网,构成满足语音、数据、视频图像、图片等多种媒体智慧应用的智慧消防网,为“传统消防”向“智慧消防”的数字化转型发展提供坚实的网络基础。

参考文献:

- [1] 张楹,裴学海,郭奕星,等. 5G 智慧消防专网系统研究[C]//5G 网络创新研讨会(2022)论文集. 北京:TD 产业联盟,2022:47-51.
- [2] 岳军凯. 5G 通信技术在消防救援工作中的应用难点及对策分析[J]. 信息与电脑(理论版),2021,33(14):195-197.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. 5G 网络切片 基于切片分组网

络(SPN)承载的端到端切片对接技术要求:YD/T 3974-2021[S]. 北京:中国通信标准化协会,2021.

- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 5G 网络切片 基于 IP 承载的端到端切片对接技术要求:YD/T 3975-2021[S]. 北京:中国通信标准化协会,2021.

作者简介:

李高翥,硕士,主要从事移动通信及 5G 无线网等领域的工作;郭奕星,教授级高级工程师,咨询设计总监,硕士,主要从事计算机应用、数据通信、系统集成等领域的咨询设计工作;秦奋,工程师,学士,主要从事移动通信核心网领域的网络运维管理工作;邱坚,高级工程师,硕士,主要从事无线网络规划优化工作;黄晓隼,高级工程师,高级咨询设计师,硕士,主要从事移动通信网络、区块链、系统集成等领域的咨询设计工作;徐怡,高级工程师,高级咨询设计师,硕士,主要从事移动通信网络、传输网、系统集成等领域的咨询设计工作。