

面向关键任务的群组通信 (MCX) 技术白皮书

2025年



发布单位：中移智库

编制单位：中国移动通信研究院

前言

当前，伴随着 5G 网络在垂直领域的纵深拓展，以及“扬帆”行动升级、加强极端场景应急通信能力建设等政策的相继发布，需进一步加大新业务的拓展力度以及提升公众通信网络应急服务能力，强化极端条件下现场应急通信保障能力。公共安全、轨道交通、电力能源、应急救援等行业关系到人民群众生命财产安全以及社会平稳运行。随着 5G 专网的发展成熟以及行业应用的普及，更需要采用先进的关键任务群组通信（MCX）网络技术来赋能行业、拓展应急通信特色服务、促进各网络系统间互联互通，完善资源统筹与信息共享。

关键任务群组通信（MCX）技术具备“多接入、多媒体、多模式”等特点，提供完备的 QPP 机制、异构系统互联、安全可靠等能力，能够解决传统窄带群组通信接入形式单一、传输载体受限等问题，构建高安全、强保障的群组通信体系，面向公共安全、轨道交通等各行业提供全流程的调度和管理能力，是未来群组通信网络的重要发展方向，有望构建智慧互联新生态。

本白皮书首先从技术概述、标准化历程、产业进展三个维度，勾勒关键任务群组通信 MCX 技术的发展现状与产业生态；随后，深入探讨 MCX 技术的关键能力，创新构建“1+4+2+N”技术体系；最后，结合典型应用案例实际商用落地效果与需求，对未来技术演进方向进行了展望。希望能够为产业在规划设计 MCX 相关技术、产品和解决方案时提供参考和指引。本白皮书由中国移动携手海能达、华为、中兴、中兴高达、诺基亚、善理、宝尔爱迪、东方通信、通号、爱立信等众多行业合作伙伴共同编制。

本白皮书的版权归中国移动所有，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本建议之部分或全部内容。

目录

	• 前言	
01	• 概述	01
	1.1. 技术概述 -----	01
	1.2. 标准化历程 -----	03
	1.3. 产业进展 -----	04
	1.3.1. 国际产业现状 -----	04
	1.3.2. 国内产业现状 -----	05
02	• 技术体系及关键技术	06
	2.1. 技术体系 -----	06
	2.2. 关键技术 -----	07
	2.2.1. “1” 套基础底座 -----	07
	2.2.2. “4” 大关键能力 -----	10
	2.2.3. “2” 类通信模式 -----	12
	2.2.4. “N” 种业务特性 -----	14
03	• 应用探索	16
	3.1. 应用 1：江苏无锡地铁 4 号线项目 -----	16
	3.2. 应用 2：青岛地铁试点项目 -----	16
04	• 未来技术演进	17
05	• 总结与展望	18
	• 参考文献	19
	• 缩略语列表	20
	• 参编单位	23

1 概述

1.1 技术概述

关键任务群组通信（Mission Critical Service, MCX）是一种为公共安全、应急救援、工业能源、铁路交通、大型赛事等对通信安全性、可靠性、实时性等要求较高行业提供的通信解决方案。“关键任务”可以理解为当一项任务的失败 / 中断会危及生命或使重要资产处于危险中时，这项任务即为“关键任务”。其核心目标是在极端环境或高风险场景下，确保多部门、多设备之间的无缝协同与信息高效流转，保障生命安全和关键基础设施稳定运行。

当前主流群组通信技术主要包括窄带数字集群技术和宽带数字集群技术。陆地无线电系统（Land Mobile Radio, LMR）涵盖了包括 TETRA、Project 25、DMR 和 PDT 等四大主流窄带数字集群技术，广泛应用于构建数字传输的专网系统，支持公共安全和工业领域的群组通信需求：

- TETRA：由欧洲电信标准协会（ETSI）在 90 年代为欧洲 PPDR（Public Protection and Disaster Relief，公共保护与救灾）组织开发。由于其可靠性、高弹性和安全性，TETRA 技术在关键通信市场上获得广泛认可，已成为全球 PPDR 组织和多个行业的标准。
- Project 25：由公共安全通信官员协会（APCO）在 90 年代开发的数字集群系统，简称 P25，应用于北美、部分拉美以及澳新等国家，为他们的公共安全机构提供服务。
- DMR：由 ETSI 制定的 2 时隙 TDMA 解决方案，旨在为价格敏感的关键业务型客户提供从传统模拟系统平滑迁移到数字系统的途径。由于其价格优势，DMR 在全球设备销量中占据主导地位。
- PDT：PDT 是由我国开发的数字通信标准，融合了 DMR 和 TETRA 技术优点，最初旨在满足我国警察特定需求。PDT 技术具有低运营成本、广泛覆盖和向后兼容等优势。目前，PDT 已成为国家标准，在我国的公安、消防救援和应急管理部门广泛采用，并在一些“一带一路”国家得到落地应用。中国当前已建立了全球最大的全国性 PDT 互联互通和漫游网络。

宽带数字集群技术从 3GPP R12 4G LTE 开始正式引入，主要包括中国自主制定的 B-TrunC（Broadband Trunking Communication，宽带集群系统），以及 3GPP 制定的 LTE MCX、5G MCX。

- B-TrunC: 2013 年, B-TrunC 由中国通信标准化协会 CCSA 制定和发布。作为一种宽带数字集群通信系统, B-TrunC 依托专用频段能够为行业用户提供高效、可靠、安全的通信解决方案。B-TrunC 支持语音、视频、数据等多种业务的无缝融合, 能够满足现代行业用户对多媒体通信的多样化需求, 广泛应用于公共安全、交通运输、能源、制造业等领域。该技术采用先进的下行共享信道技术, 支持点对多点的传输机制, 是国际上首个支持点对多点语音通话、点对多点视频通话等应用的宽带集群通信标准; 支持动态资源分配和优先级调度, 能够在高并发场景下保障关键业务的通信质量; 具备较强的网络覆盖能力, 支持广域覆盖和深度覆盖; 具备高安全性, 采用端到端的加密技术和严格的用户鉴权机制; 支持网络连续性和稳定性保障, 支持多级冗余设计和故障自愈功能。该技术 2015 年已被国际电信联盟 (ITU) 采纳为全球标准, 其开放的接口和协议也支持与其他通信系统的互联互通, 为用户提供了更广泛的集成和应用空间。
- LTE MCX: 4G LTE 用于关键任务通信相较于之前的集群专网技术具备明显优势, 一是覆盖部署方面, 4G LTE 已在发达国家广泛部署, 具备覆盖优势; 二是数据传输速率与带宽方面, LTE 技术能够提供更高的带宽, 支持视频实时传输、高清图像回传、传感器数据高速采集等多媒体关键任务应用; 三是生态建设方面, 设备制造商、解决方案提供商和应用程序开发人员能够构成更强大的生态圈, 利于端到端的发展成熟; 四是面向 5G 演进的未来扩展性, LTE 作为 4G 技术天然具备向 5G 网络演进的路径, 可逐步引入 5G 超低时延、海量连接以及未来 6G 等能力, 为未来关键任务通信的智能化提供技术基础。
- 5G MCX: 随着 5G 技术的发展, 移动宽带网络的边界被推向新的水平, 5G 的强大功能也为关键任务通信带来了新活力。3GPP 从 2020 年逐步开展对 5G MCX (下文统称为 MCX) 技术的研究和标准制定, 致力于技术增强研究, 让关键任务用户之间合作更高效, 提高应急救援业务能力和民众安全感; 同时基于 AI、自动化等前沿技术, 创新性能监控和服务保障能力, 优化用户体验。MCX 基础功能包括关键任务语音 MCPTT、视频 MCVideo 以及数据 MCDData, 支持灵活的操作模式, 能够适应用户和环境的变化:
 - (1) MCPTT: 提供一种基于 5G 的强大集群对讲服务, 不仅能够提供即时的语音通信服务, 还支持紧急呼叫、离网运行、呼叫组管理、会话保持、位置共享等功能;
 - (2) MCVideo: 支持视频点对点通话、视频组呼、视频上拉、视频推动等多种应用场景, 为用户提供高品质的视频通信体验;
 - (3) MCDData: 为关键通信用户提供数据传输服务, 支持多种传输方式, 包括点对点传输和点对多点传输, 并支持文本消息、图片、视频、文件传输等多种数据格式。

1.2 标准化历程

3GPP 标准组织自 2015 年开始，研究制定基于 LTE 的 MCX 技术标准，满足行业客户宽带化集群通信需求。3GPP SA6 主要负责定义 MC 业务的应用层协议，承担 MCX 应用层之上的标准架构和接口定义等。迄今为止，3GPP 标准组织已完成 Release 12 到 Release 18 版本的 MCX 标准化制定工作，Release 19 正在进行。基于 LTE 的商用版本在 Release 16，基于 5G 的商用版本在 Release 18。技术演进时间轴如图 2，每个版本仍在持续演进中。

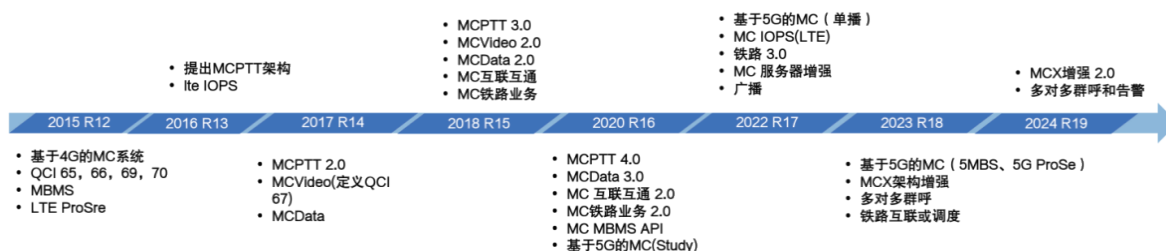


图 1 关键任务通信技术演进阶段

MCPTT 架构于 Release13 发布，后续版本中逐步增加了 MCDData、MCVideo、MCX 系统互通互联、高速铁路和船舶集群业务协议等功能，Release 12 到 Release 19 的技术标准内容介绍如下：

- Release 12 制定了基于 4G LTE 技术的 MC 系统架构，定义关键任务通信的 QCI 值；
- Release 13 制定了集群语音 MCPTT 标准、基于 LTE 的 IOPS；
- Release 14 增加集群视频 MCVideo、集群数据 MCDData 标准；
- Release 15 重点完成 MCX 和窄带集群系统互联互通的标准，多个 MC 系统间的业务迁移和互通；开始支持铁路集群领域的相关特性，首次引入多讲者和功能号等核心功能的标准化支持；在广播多播应用方面，引入了端侧 MBMS API 中间件，更好的使能集群数据在 eMBMS 承载。MCX 的基本特性和关键特性在 R15 基本覆盖，后面演进版本更多的聚焦特性增强、问题修正等；
- Release 16 除了对增强型群组通信、动态 QoS 调度等特性进一步优化，还针对关键任务场景中的安全监控与审计需求，系统性的开展了合法监听和日志管理的技术研究工作，为公共安全、铁路运营等场景提供合规性保障与网络行为追溯能力。Release 19 基于此技术报告的方案，在标准规范中引入了合法监听和日志管理；
- Release 17 重点开启 5G MCX 标准的制定。由于在 Release 13 首版本架构设计时，MCX 采取了应用层业务与网络承载传输解耦的设计，因此原有的应用层标准在迁移到 5G 网络时，仅需对接 5G 核心网新接口，包括 N5（策略控制）、Nmb2（群组管理）、N6（用户面传输）、Nudm、GC1，具体迁移对接关系见表 2。但在 Release 17 仅完成了技术报告，未引入标准支持。此外，还制定了基于 LTE IOPS 的应用层 MC IOPS 标准；

- Release 18 全面完成 5G MCX 标准；
- Release 19 继续针对 SA1 的需求对标准进行完善和增强，并启动制定 MCX 一致性测试规范和 MCX Server 测试规范。

3GPP 通过持续完善包括 5MBS、D2D 通信、NTN 集成等在内的技术标准，预计在 2030 年能够完成窄带集群通信向宽带集群通信的整体演进或迁移。

1.3 产业进展

1.3.1 国际产业现状

1.3.1.1 国际应用情况

随着 MCPTT/Data/Vedio、HPUE 和其他关键通信能力的逐步商用，在实时视频、高分辨率图像、多媒体消息传递、位置服务等需求方面，LTE 和 5G 的网络能力越来越被认可。当前，在公共安全领域已有 MCX 网络的成功应用，包括北美的 FirstNet 和韩国的灾难安全通信网，其他多国家也在逐步尝试落地中，具体应用情况如下：

- 北美依托强大的基础设施建设，对公共安全进行了大量投资，建设了覆盖全美的 FirstNet 国家级公共安全专用宽带网络。FirstNet 基于 3GPP 标准构建，专为应急通信设计，核心频段为 700MHz。其底层采用 LTE/5G 蜂窝技术，通过标准化协议、动态资源调度与多层级安全设计，形成的端到端的公共安全通信解决方案。FirstNet 网络应用效果明显，在飓风“艾达”等重大灾害中，相关数据显示应急团队响应速度提升 40%，跨部门协作失误率降低 25%。
- 亚太地区也呈现快速发展趋势，韩国已建成覆盖全国的灾难安全通信网，中国、东盟国家也逐步开始部署 MCX 项目，如中国江苏无锡地铁 4 号线项目，印尼警察 MCX 关键任务项目等。其中，韩国的灾难安全通信网 2017 年启动，2020 年投入使用。该网络基于 700MHz 频段 LTE 技术，为消防、警察、医疗等应急部门设计，该系统已有效提升台风、山火等灾害的应急响应效率，并逐步与 5G MCX 融合。
- 欧洲地区致力于 MCX 标准化工作，目前正在建立泛欧洲的公共安全网络，解决 MCX 跨系统、跨网络及跨境大规模组网、互操作的问题。备受关注的是英国主导的 ESN（Emergency Services Network）项目，该项目旨在替代老旧的 AirTetra 模拟网络，为警察、消防、急救等应急部门提供基于 LTE/5G 的 MCX。ESN 项目 2015 年启动，计划覆盖全境，但目前面临基站覆盖不足、终端适配延迟等挑战，导致项目多次延期，当前还未投入应用。此外已成立国家级项目且还在不断推进的包括芬兰 VIRVE 2.0、瑞典 Rakel G2、法国 RRF（Réseau Radio du Futur）、意大利公共安全 LTE 服务、德国 BOSNet 等。

- 大洋洲地区新西兰正在向宽带化转型，也考虑引入 MCX 技术。中东和非洲地区由于在石油、天然气、运输和医疗急救等行业对关键任务的需求变得越来越紧迫。拉丁美洲由政府主导，正在投资 MCX 基础设施，以增强公共安全，打击犯罪和灾害救援能力。

1.3.1.2 国际市场规模

近年来，MCX 国际市场规模因技术不断演进、全球安全需求不断上升得到显著增长，2024 年市场规模约 268 亿美元，预计 2025 年至 2026 年，MCX 的部署应用率将接近 PTTtoC 的 50%，2030 年市场规模或突破 400 亿美元。其中，北美地区预计会以 59% 的市场份额领先，其次是亚洲和大洋洲地区，预计 22% 市场份额，亚洲或将成为增速最快区域，欧洲地区占比预计 12%，其他地区也都正在规划国家级 MC 网络。（数据来源：Omdia 最新市场调查报告、MRFR《MCX 2030 预测》）

1.3.2 国内产业现状

我国宽带集群产业也在快速发展中。政策方面，国家“十四五”规划明确要求提升应急通信保障能力。技术标准方面，中国主导的 B-TrunC 标准已获国际认可，并在公安、交通等领域广泛应用。同时，国内多厂商正加速与 3GPP MCX 标准接轨，推动技术兼容性提升。

在 MCX 产业发展中，我国产业链日趋完善，包括芯片、设备、解决方案及运营服务，其中在芯片环节，华为海思、展锐等正在推动自主化进程，逐步降低对进口的依赖。由于未来 MCX 需要为政府部门提供服务，因此在服务器、终端芯片、操作系统、加密算法等都需尽快实现自主可控能力。

当前，MCX 在我国主要应用于轨道交通领域，2024 年，中国城市轨道交通协会发布《城市轨道交通 5G 公专网系列团体标准》，明确 MCX 在城市轨道交通（含地铁）通信中的应用路径。香港轻铁（Light Rail 2.0）率先部署 5G 公专网 MCX 系统，实现车地超低时延、高可靠通信，支持实时视频回传和智能调度，为行业提供示范。当前，无锡、青岛、深圳等城市已逐步开展 5G 公专网 MCX 试点，验证车地通信超低时延、高可靠性及语音视频融合调度能力。

中国移动将联合众多合作伙伴在与国际标准保持一致的同时，致力于满足客户需求、提高产业创新能力，同时提高安全性和自主可控性，实现高国产化，助力我国在全球关键通信领域占据领先地位。

2 技术体系及关键技术

2.1 技术体系

5G 带来运营商服务模式的重大变革，是从消费互联网迈向产业互联网的关键钥匙，中国移动为进一步丰富 5G 专网能力、拓展业务场景，积极打造 MCX 技术并构建“1+4+2+N”技术体系，助力垂直行业应用创新与发展。



图 2 中国移动 MCX“1+4+2+N”技术体系

- “1”套基础底座：由无线接入、5G 核心网和 MCX 服务器构成，作为整个技术体系的底层支撑，为上层 MCPTT、MCVideo、MCDATA 等多媒体通信业务提供统一的组网架构、网络连接、业务处理等能力。
- “4”大关键能力包含优先保障、标识体系、业务连续和跨域融合：

（1）优先保障：基于 QPP（QoS、Priority、Pre-emption）机制和 5G 网络切片，确保任务关键型通信业务的高优先级和可靠稳定的传输；

（2）标识体系：采用控制面和应用面双层融合标识体系，为用户与网络提供端到端的双向高安全保障；

（3）业务连续：根据业务类别与优先级，实现承载面、应用面双层多模式连续性保障；

（4）跨域融合：通过标准化接口，支持不同 MCX 系统间、MCX 与异构系统间的多网络架构间融合互通，为企业跨区域、网络运营提供坚实支撑。

- “2”类通信模式：针对有网络接入、无网络覆盖两种场景，均可稳定提供多媒体集群通信服务，通过多样化接入方式与适配多应用环境，形成在网呼叫、离网呼叫通信模式，进一步提升网络实用价值。
- “N”种业务特性：依托点对点呼叫、群组呼叫、动态组管理、数据共享、应急调度等核心特性，在满足客户宽带化群组通信、数据信息安全保障、跨部门系统协同等需求的基础上，同步提供全流程调度与管理能力。

2.2 关键技术

2.2.1 “1”套基础底座

为同时满足公共安全、运输、能源及其他关键任务行业在语音、视频、数据通信等场景下对高质量、高可靠、高安全的核心诉求，以及各关键任务行业间互联互通、协同运作的发展需求，MCX 系统通过统一的基础底座为上层 MCPTT、MCVideo、MCDData 等多媒体应用提供业务支撑能力。

MCX 组网架构一般由 MCX 客户端、5G 核心网、SIP 核心网、应用服务器（MC 服务器、MC 用户数据库、MC 网关服务器）四部分组成，如图 3 所示：

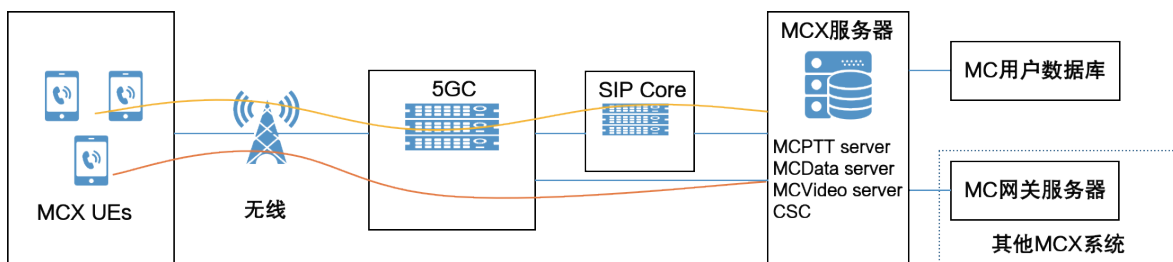


图 3 MCX 端到端网络架构图

图中各模块分别介绍如下：

- MCX 客户端（MCX UE）

MCX 客户端作为 MCX 网络的接入入口，需具备单呼、组呼、高优先级呼叫及呼叫抢占等核心功能，通过实现关键任务通信优先保障、用户身份安全绑定、开机一键快速注册等能力，全面适配公共安全、紧急响应、灾害救援等场景对通信高可靠、低延迟、快接入的核心诉求。

- 5G 核心网（5GC）

5G 核心网作为 MCX 网络的“高速公路”，依托低延迟通信、广播组播、QoS 保障、移动性管理、安全通信等特性，为 MCX 网络提供网络资源保障以及稳定、可靠、低延迟的数据传输。

- SIP 核心网（SIP core）

SIP Core 作为 MCX 网络的“调度中心”，由标准或简化的 IMS 核心网构成，包含多个逻辑单元；提供代理路由、SIP 加密、业务和应用服务器选择、用户注册管理等功能。

- 应用服务器

由 MC 服务器、MC 用户数据库和 MC 网关服务器构成。通过统一的用户数据管理（MC 用户数据库）以及一组通用的服务功能（CSC）为用户提供语音（MCPTT）、视频（MCVideo）、数据（MCData）等多媒体应用，依托 MC 网关服务器实现对 MC 网络与不同信任域 MC 网络之间的互连，同时提供拓扑隐藏，提高网络安全性。

2.2.2 “4” 大关键能力

2.2.2.1 优先保障

在网络拥塞或紧急场景下，正常数据传输易出现延迟、丢包问题，而关键任务集群数据包一般携带应急调度指令、实时业务协作等关键信息，传递受阻会直接导致应急响应滞后、核心业务中断，严重情况下会危及生命或使重要资产处于危险中。

针对上述痛点需求，MCX 网络需要具备完善的 QPP（QCI + Priority + Pre-emption）保障机制、支持在专用网络切片承载业务，通过动态调整端到端参数、配置高抢占能力、通过专用网络切片承载建立 MCX 业务，从而确保在网络拥塞或紧急情况下能够优先传递集群数据包。

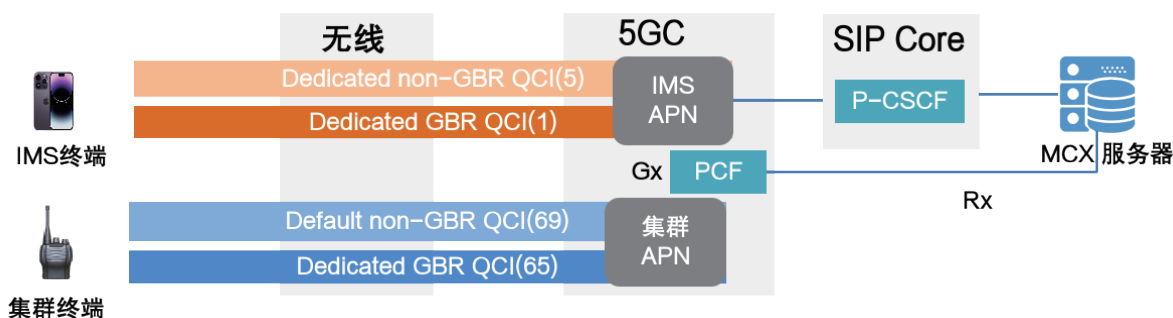


图 4 5G QoS 流建立

1. 端到端参数动态调整

为实现端到端参数动态调整，网络侧需能够根据业务需求动态调整 QoS 参数，包括 QCI 和 Priority 接入优先级。5G 网络可以通过策略控制功能（PCF）触发策略更改、设置 PCC 规则，触发 5G QoS 流的创建或修改。

2. 配置高抢占能力

抢占能力是确保 MCX 网络在拥塞期间能够拒绝非特权用户的访问 / 资源请求，同时允许新的 MC 用户抢占非特权用户的网络资源，确保 MC 用户可以始终访问蜂窝网络资源，防止 QoS Flow 级别的拥塞。

5G 核心网需要本地配置 ARP 值或与 PCF 交互设置确保 MCX 业务抢占能力，可配置最高优先级 1。

3. 专用网络切片

5G 网络按需为 MCX 业务提供专用网络切片承载业务，保障网络资源隔离专用；同时可支持因切片而异的二级认证和授权，确保关键任务服务在网络中的优先处理和安全隔离。

2.2.2.2 标识体系

与传统通信网络相比，MCX 网络在用户身份管理方面提出了差异化需求：一方面需保障 MCX 用户身份的高安全性与高可靠性，另一方面需满足普通用户及 MCX 用户在特殊场景下的快速接入与网络使用需求。以公共安全领域为例，MCX 网络既要确保 MCX 用户身份的私密性及关键任务执行能力，也要保障普通用户的基本通信权益。

为实现上述场景需求，MCX 构建应用面和控制面双层融合的标识体系。

• 应用面标识

MCX 网络通过构建关键任务用户身份标识（MC ID）、关键任务服务标识（MC service ID）、关键任务服务组标识（MC service group ID）和关键任务系统标识（MC system ID）四类核心标识，建立用户与网络间的双向多重认证机制，为 MCX 网络的高安全性提供了强有力的支撑。

针对不同行业的差异化安全需求，MCX 网络可对上述四类应用面标识灵活配置相同或不同的身份标识资源，以适配多样化场景的安全保障要求。

- 信令控制面标识

MCX 应为 MCX 用户在特殊场景下或普通用户提供紧急通信能力。例如，在应急救援场景下，MCX 既能够保障 MCX 用户的快速接入与通信，也要为普通用户提供必要的紧急通信服务支持。

有别于应用面标识，控制面标识依赖于一个私有用户身份标识和一个或多个公有用户身份标识，依托 SIP 信令向 SIP 核心网发送注册请求。完成认证后，MCX 可为用户提供紧急通信服务。

2.2.2.3 业务连续

终端用户位置产生变化时，不同的 MCX 服务对业务连续性的要求有所不同。例如，在铁路交通领域，相较于列车日志传输类业务，语音、视频等集群调度业务对连续性的要求更高。同时，当终端用户在单播模式和广播、多播模式之间切换时，MCX 网络需妥善处理并保障业务连续性不受影响。

为满足上述场景下多样化的业务连续性需求，MCX 支持采用承载面和应用面解耦的架构设计。在承载面，针对语音、视频等对业务连续性要求较高的业务，MCX 遵循 SSC mode 1 标准，通过维持终端移动过程中 IP 锚点不变，确保业务连续不中断；对于业务连续性要求较低的 MCDATA 业务，则可遵循 SSC Mode 2 标准，实现业务连续性保障。

当终端在单播模式和广播、多播模式之间切换时，MCX 业务连续性可由应用面负责处理和保障。当终端移动到广播小区边缘时，终端可以向服务器上报广播监听质量，服务器将自动切换至单播模式继续为该终端传输应急任务集群通信数据，避免业务中断；当终端进入有效广播区域并向服务器上报广播监听质量后，服务器将维持一段时间的单播传输，直至终端能够稳定接收广播数据，再停止向该终端的单播组呼数据传输，确保模式切换过程中业务连续性。

2.2.2.4 跨域融合

2.2.2.4.1 MCX 系统间互通

当前很多关键任务场景涉及多个 MCX 系统共存，比如跨区域应急救援、多部门联动任务等，这些独立的 MCX 系统若无法互通，会形成“通信孤岛”，导致语音组呼、定位数据、应急指令等关键信息无法传递，不同的应急响应机构无法即时共享信息和协调行动，直接阻碍协作效率，甚至延误救援、调度等关键任务。

针对上述痛点问题，网络侧需要支持接口互通和与 MC 网关服务器互通两种模式，如图 5 所示，进而实现跨系统通信和数据交换的能力。当多个 MCX 系统均在同一运营商 5G 网络内，可以通过标准接口互通。当 MCX 系统分布在多个运营商 5G 网络内，通过 MC 网关服务器实现互通。MC 网关服务器位于每个网络的边缘，确保进入每个网络的通信安全性并实现拓扑隐藏，使得各网络互相不了解对方的内部细节，保障互通下的安全隔离。

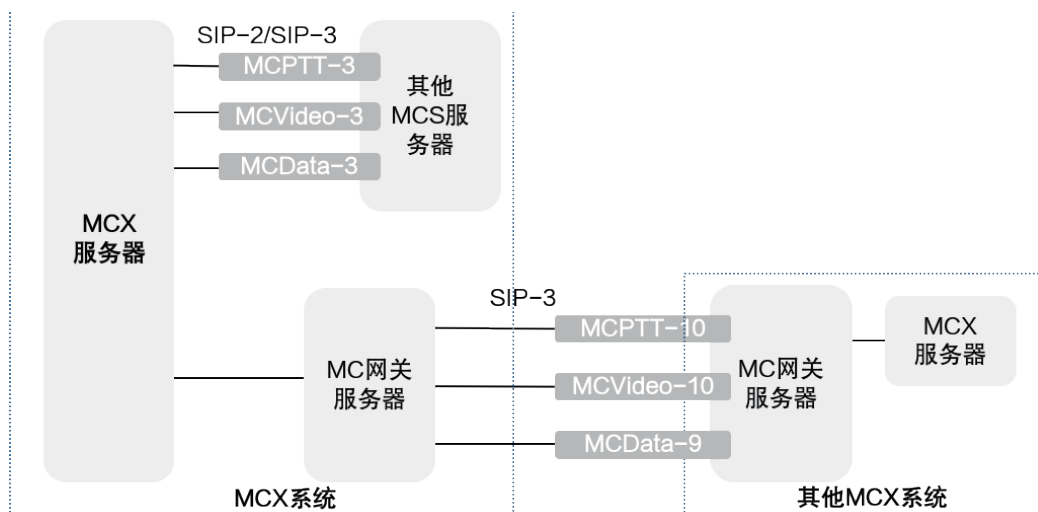


图 5 MCX 系统间互联互通架构

2.2.2.4.2 异构系统互通

在 MCX 技术现世前，LMR 已经历了较长的发展历程，包含了从早期简单的模拟通信系统到窄带数字通信系统多种类型，且多国为了保障公共安全已大面积部署窄带集群系统，比如 P25 系统、TETRA 系统、PDT 系统等。其中，PDT 是我国专门为满足公共安全、应急通信和行业专网的高效、可靠通信需求而设计的数字无线通信系统，已实现全国覆盖。因此，MCX 除了同系统间互通，宽窄融合互通能力也是必选项。

为满足上述需求，MCX 通信系统应支持 IWF（Interworking Function，互通功能）网关互连，进而实现 MCX 系统与 LMR 系统互联互通，如图 6 所示。其中，IWF 网关与 LMR 系统接口需适配 LMR 不同的技术体制。互联互通应实现语音单呼、语音组呼、紧急呼叫、短消息等关键业务，同时应明确语音编解码方案、编号规则及安全标准，确保两系统间的业务一致性、可靠性和安全性。

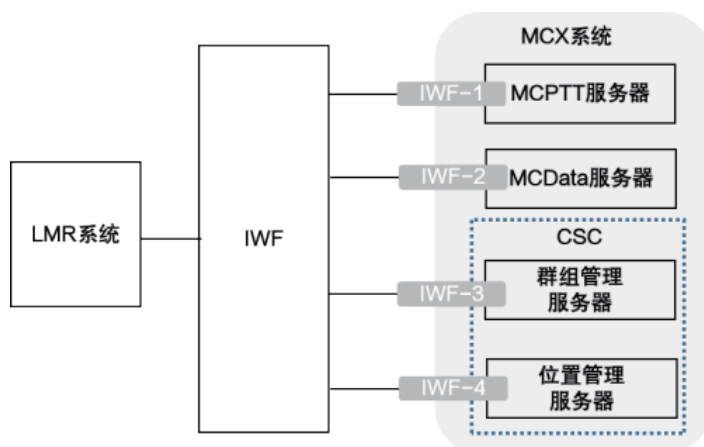


图 6 MCX 系统与 LMR 系统互通架构

MCX 系统与我国 PDT 系统在集群业务特性、协议标准以及功能实现上都存在一定差异，为了确保用户能够在两种系统之间获得一致且流畅的业务体验，实际的互通过程中可能需要对架构进行优化，并对接口进行增强和适配，包括对语音组呼、单呼、优先级处理、紧急呼叫等关键功能的协调，确保不同系统间的互操作性。同时，可能还需要针对信令协议、数据传输和安全机制等方面进行调整，以实现跨系统的无缝集成和业务一致性。

2.2.3 “2” 类通信模式

2.2.3.1 在网呼叫

在关键任务场景中，常面临网络覆盖正常的常规作业情境，比如日常跨部门调度、大型活动安保协同等，这类场景主要对单呼、组呼、MBS 等功能存在强烈需求，指挥者通过单呼能够向特定人员传递精准指令，团队能够借助组呼功能同步战术细节，并通过 MBS 向多终端高效下发全局部署信息，实现各参与方信息同步、行动协调，显著提高常规关键任务的处置效率。

基于上述场景需求，为了提高 MCX 业务的通信可靠性，当有 5G 网络覆盖时，MCX 通信系统应支持单呼、MBS 组播广播功能。

1、单呼模式

单呼即 MCPTT 点对点语音服务，起呼终端向被呼终端发起语音呼叫，建立链路后双方互传信息。在 5G 网络内部，PCF 需支持设置 PCC 流程，建立 MCX 专载，同时与 IMS 网络实现接口互通，能够发送呼叫请求与响应信令信息，数据传输流程如下图 7 所示：

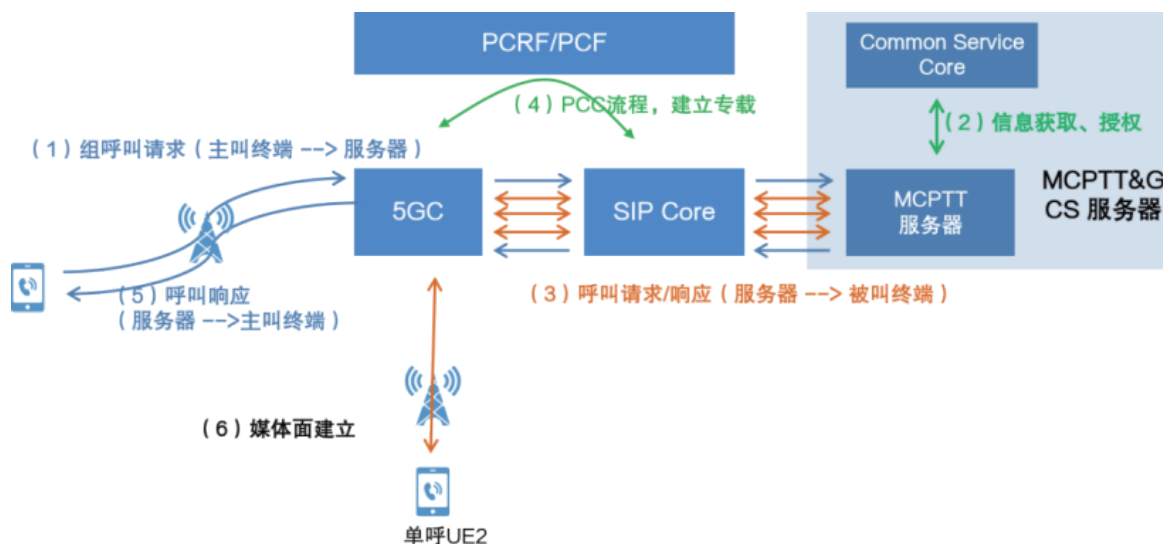


图 7 MCPTT 单呼数据传输流

2、MBS 组播广播

MBS 是点对多点通信服务，分为组播和广播两种会话模式，其中，组播模式为源终端业务数据通过 5G 下行链路传输到 MC 群组中的终端组，广播模式为源终端业务数据通过 5G 下行链路传输给服务区域内所有终端。为了更高效实现组播广播服务，5G 网络需协同 MCX 系统支持 MBS 组播与广播两种会话模式：一是会话管理能力，能动态创建、调整及释放 MBS 会话，精准区分组播对特定 MC 终端组、广播对服务区域所有终端的传输对象，确保业务数据定向或全域下发；二是资源优化，高效分配 5G 下行链路资源，协调 MBS 与单播业务资源占用，避免频谱浪费；三是差异化 QoS 保障，针对应急调度、工业数据下发等场景，提供低延迟、高可靠性传输；四是全域覆盖与稳定传输，通过功率调控、抗干扰技术，确保服务区域内终端均能稳定接收数据；同时需适配 3GPP MBS 相关协议标准，最终支撑公共安全、工业、交通等场景下的点对多点关键通信需求。数据传输架构如图 8 所示：

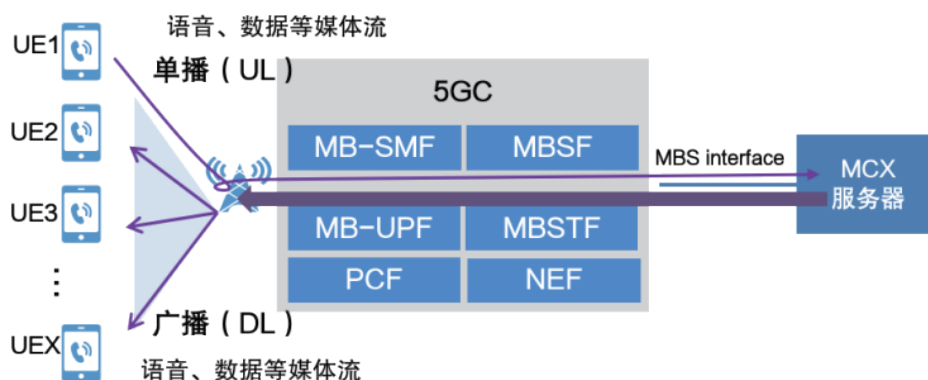


图 8 MCX 广播组播数据传输架构

2.2.3.2 离网呼叫

关键任务场景也存在特殊情况，比如地震后基站损毁、偏远山区救援、地下矿区作业等网络瘫痪或无覆盖的极端场景，若没有离网通信能力，会形成“通信盲区”，被困人员无法向外传递位置、伤情等关键信息，外部救援团队也无法向现场推送救援方案，导致现场与外界彻底失联，不仅阻碍救援、作业等关键任务推进，还可能因信息阻断延误最佳处置时机，危及人员生命安全。

基于上述痛点，MCX 系统可提供基于近距离服务 ProSe（Proximity based Services，ProSe）技术的 D2D 通信，由存在位置相临 UE 的 5GC 提供服务。MCX D2D 通信共有 4 种方式，如图 9 所示：

- 直接发现：根据网络侧授权和终端预配置等信息，支持 5G ProSe UE 之间互相发现；
- 直连通信：终端和终端间不需要蜂窝网络基础设施建立连接，通过 PC5 接口即可互传数据；
- UE-to-Network（U2N）中继：远端 UE 通过中继 UE 连接至 5G 网络，其中远端 UE 可不在无线覆盖范围内。包括层 2 中继、层 3 中继 2 种模式，MCX 离网呼叫使用层 2 中继模式；
- UE-to-UE（U2U）中继：远端 UE 通过中继 UE 与目标 UE 进行数据交换。

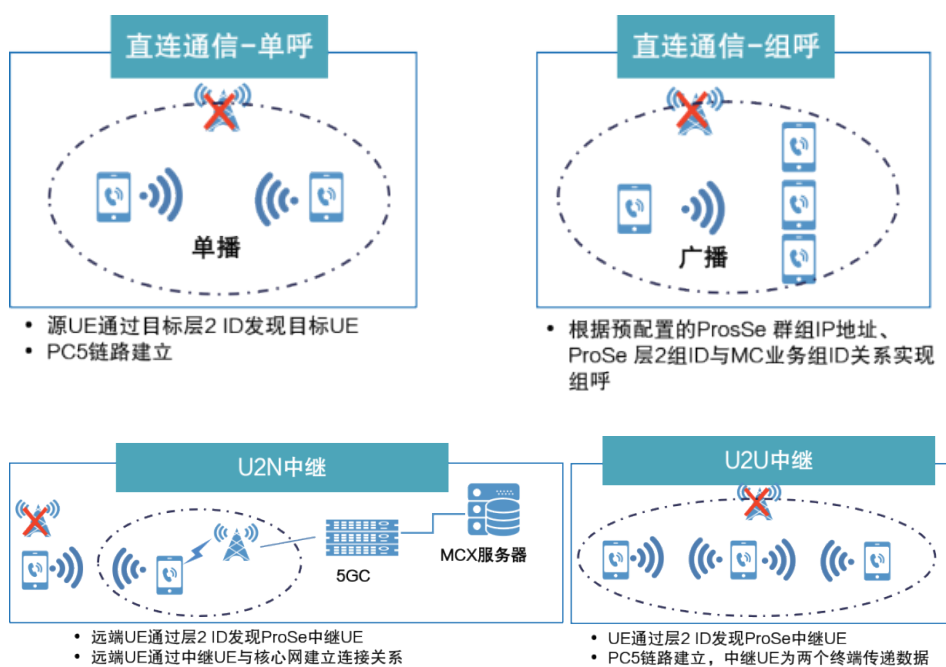
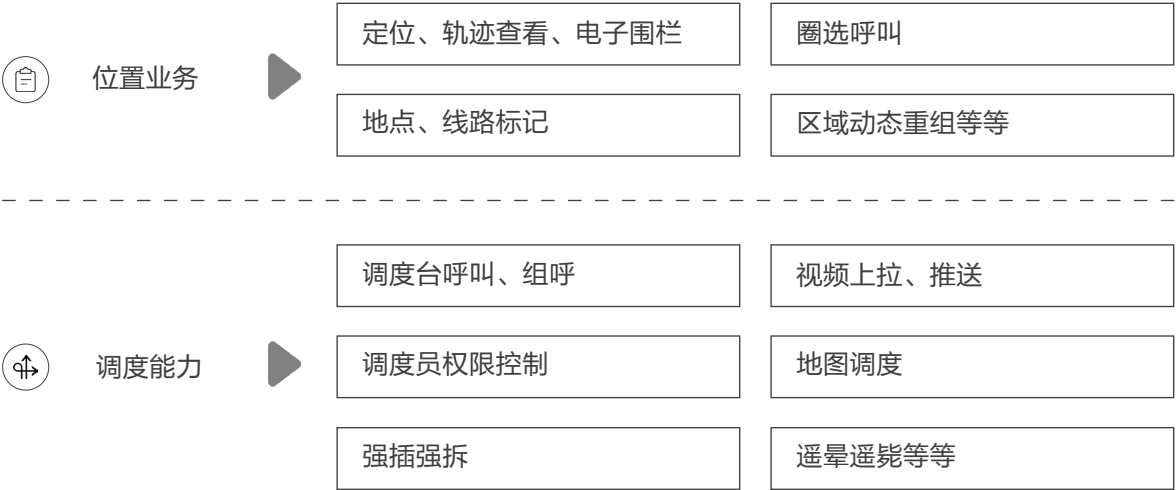


图 9 MCX 离网通信服务模式

2.2.4 “N” 种业务特性

MCX 提供涵盖语音、数据、视频、位置及调度等领域的多种业务能力：





MCX 丰富的业务特性可广泛应用于公共安全、轨道交通、能源巡检、机场港口等关键行业，实现“全域感知、精准指挥、高效协同”的现代化治理目标。



3 应用探索

随着 5G 技术的不断演进发展，MCX 依托 5G 网络优先级保障、业务连续性以及自身多样化的接入形式与传输内容，应用范围从传统的公共安全领域扩展至铁路交通、医疗急救、大型赛事、工业能源等多个行业，满足行业对关键通信语音、数据、视频的需求。中国移动基于 MCX 能力在轨交领域打造标杆应用案例，为后续 MCX 技术在更多行业落地应用提供参考范式。

3.1 应用 1：江苏无锡地铁 4 号线项目

2024 年，江苏移动启动无锡地铁 4 号线 5G 公专网应用智能化升级项目，通过将传统窄带语音集群升级为基于 3GPP 标准的 MCX 无线宽带集群通信系统，为调度台与司机间提供安全可靠的指挥调度服务，实现基于 5G 多媒体集群调度的音视频信息有效共享。

MCX 原生的 5G 高速度、大容量、低延迟、开放性和可扩展性等能力，为轨道交通领域关键任务中实现 PIS 直播视频下发、列车视频监控、列车紧急文本下发、PIS 日志回传和宽带集群通信等多种业务提供综合承载和有力保障。

3.2 应用 2：青岛地铁试点项目

青岛地铁运营公司联合中国移动牵头打造青岛地铁 5G 专网智能调度系统，覆盖青岛地铁蓝谷快线 11 号线。基于运营商中国移动提供的 4.9GHz 和 700M 的 5G 频段，青岛地铁建设 5G 专网作为网络管道，在保证所有数据安全可控的前提下，采用 5G 专网 +MCX 宽带集群系统的综合轨交调度解决方案。目前国内已有多家 MCX 厂商参与方案前期测试，包括 MCX 宽带集群通信系统与 5GC N5 接口对接测试，MCX 宽带集群通信系统与 PIS（乘客信息系统）、CCTV（闭路电视监控系统）以及 TACS（列车自主运行系统）等多类型业务系统的对接测试，以及不同厂家之间的 MCX 宽带集群通信系统发互联互通测试等多项测试流程，旨在验证 5G 承载车地通信各业务能力，为青岛地铁后续 5G 建设奠定技术基础。

4 未来技术演进

随着 3GPP 对 5G-A、6G 技术的持续研究，MCX 网络也将随着行业需求不断演进，目前主要有如下技术演进方向：

(1) 无线 Mesh 自组网：无线 Mesh 自组网技术可应用于网络覆盖最后一公里，作为无线公网和专网网络的无线覆盖补充，Mesh 自组网不依赖于中心节点和通信基础设施，具有快速部署、快速组网、拓扑自适应、自动重路由等诸多优点，极大降低了网络覆盖部署周期。可应用于公网无法覆盖的建筑、隧道、无人区等应用场景。

(2) 非陆地网络 NTN：NT 网络与 NTN 网络的融合将有利于实现包括室内和偏远地区在内的无处不在的天空地海的网络覆盖，有利于简化网络的部署与运营、提高业务的连续性和可操作性、加强不同网络的互联互通和漫游等能力。这些能力对提高公共安全和应急救援水平意义重大。基于 3GPP 标准化工作的不断完善、解决方案不断推向市场以及技术的不断创新，预期可以解决包括终端直连卫星、卫星 MCX 服务等技术问题。

(3) 安全与信任：在未来的 6G 时代，通信网络将实现更高安全、更高可靠，将更有利于实现 MCX 场景落地。新技术将包括采用零信任架构、可信计算、区块链等，采用零信任架构可以有效减少网络漏洞的利用，提高网络安全性；可信计算技术将确保数据在传输和处理过程中受到保护；区块链技术则可以提供分布式的安全性和数据不可篡改性。这些技术的应用将大大提升关键通信服务的弹性、隐私性、可靠性、安全性。未来的通信网络将更好地满足任务关键型场景的需求，为用户提供更安全、更可靠的通信环境。

(4) 韧性和鲁棒性：未来技术的网络架构将不断优化和增强，安全的云原生工具将提高系统的韧性，同时提升系统在降级状态下的健壮性。这些能力都有利于提升 MCX 业务的在公共安全和行业应用的韧性，确保业务的连续性、可靠性、弹性以及复原能力。未来网络架构的这些优化将为关键业务提供更可靠的支持，确保系统在面对挑战时能够保持高效运行。

(5) 其他的新技术也将与 MCX 结合：比如通感一体，将传感器集成在可穿戴设备里，用于消防员的生命体征和周边环境监控。新 IoT 设备将无需电池即可通过温差充能，避免电池爆炸的风险。这些技术的结合将为公共安全和关键通信领域带来更高效、更安全的解决方案，提升应急响应能力和保障人员安全。

5 总结与展望

随着 5G 通信技术的不断演进，传统窄带集群通信技术在带宽、数据业务支持能力、网络覆盖灵活性等方面逐渐显现出局限性，难以满足新时代下关键任务领域对多媒体通信、广域协同调度、智能化业务支撑的需求。MCX 通过标准化的技术架构、灵活的网络部署模式以及强大的业务适配能力，实现了关键任务通信从“窄带语音”向“宽带多媒体”的跨越，为关键任务场景提供了统一、高效、可扩展的通信解决方案。

当前，窄带、4G/5G 宽带、融合指挥调度、多模智能终端、融合通信平台，正与 MCX 应用共同构建起一个更开放、多元、互联的生态环境，同时随着 5G-A、AI、卫星通信等新技术的不断成熟，催生出更多创新的应用场景与商业模式，MCX 有望成为公共安全和智慧社会建设的重要技术补充，助力行业生态加速繁荣。

中国移动希望与合作伙伴通力协作，持续强化技术突破与协同创新，深化典型场景的应用研究，共同推进 MCX 产业生态成熟与标准化进程，推动构建更加可靠的关键信息基础设施，引领关键通信行业迈向更加智能、安全与可持续发展的新时代。

参考文献

1. 3GPP.Common functional architecture to support mission critical services:3GPP TS 23.280 [S/OL] .[2025-06-26] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
2. 3GPP.5G System; Interworking between 5G Network and external Data Networks:3GPP TS 29.561 [S/OL] .[2025-06-16] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
3. 3GPP.5G System; Policy and Charging Control signalling flows and QoS parameter mapping:3GPP TS 29.513 [S/OL] .[2025-06-16] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
4. 3GPP.5G System; Unified Data Management Services:3GPP TS 29.503 [S/OL] .[2025-06-23] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
5. 3GPP.Mission Critical Push To Talk (MCPTT) call control :3GPP TS 24.379 [S/OL] .[2025-07-02] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
6. 3GPP.Architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services:3GPP TS 23.247 [S/OL] .[2025-06-19] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
7. 3GPP.Mission Critical Push to Talk (MCPTT):3GPP TS 22.179 [S/OL] .[2025-03-28] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
8. 3GPP.IP Multimedia Subsystem (IMS):3GPP TS 23.228 [S/OL] .[2025-06-19] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
9. 3GPP.Proximity based services(ProSe)in the 5G system(5GS):3GPP TS 23.304 [S/OL] .[2025-06-19] . ftp: //ftp.3gpp.org/Specs/
10. GSMA. Network 2020: Mission critical communications [R]
11. NIST. End-to-End Mission Critical Push to Talk: Pushing for the future [R]. [2019-7-9]
12. SamSung.Mission Critical Network Solutions Technical White Paper v1.0.0 [R]. [2021-4]

缩略语

英文缩写	英文全称	中文释义
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
5GC	5G Core	第五代移动通信系统核心网
5MBS	5G Multicast Broadcast Services	5G 组播广播服务
AES	Advanced Encryption Standard	高级加密标准
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
ARP	Allocation and Retention Priority	分配与保留优先级
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions	电信行业解决方案联盟
BM-SC	Broadcast-Multicast Service Centre	广播组播业务中心
B-TrunC	Broadband Trunking Communication	宽带集群系统
CCSA	China Communications Standards Association	中国通信标准化协会
CDMA	Code Division Multiple Access	码分多址
CSC	Common Services Core	通用服务核心
D2D	Device - to - Device	设备到设备通信
DDNMF	Direct Discovery Name Management Function	直连发现名称管理功能
DMR	Digital Mobile Radio	数字移动无线电
E2EE	End-to-End Encryption	端到端加密
eMBMS	Enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service	增强型多媒体广播多播业务
eNodeB	Evolved Node B	演进型 Node B
EPS	Evolved Packet System	演进分组系统
FA	Functional Alias	功能别名
FDMA	Frequency Division Multiple Access	频分多址
FRMCX	Future Railway Mobile Communication System	未来铁路移动通信系统
GBR	Guaranteed Bit Rate	保证比特速率
GIS	Geographic Information System	地理信息系统

英文缩写	英文全称	中文释义
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Railway	铁路数字移动通信系统
HTTP	HyperText Transfer Protocol	超文本传输协议
IAM	Identity and Access Management	身份和访问管理
IBE	Identity-Based Encryption	基于身份的加密
iDEN	Integrated Digital Enhanced Network	增强型数字网络
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体子系统
IOPS	Input/Output Operations Per Second	单站运行
IoT	Internet of Things	物联网
IP	Internet Protocol	互联网协议
IPSec	Internet Protocol Security	网络安全协议
IWF	InterWorking Function	互连功能
LMR	Land Mobile Radio	陆地移动无线电
LTE	Long Term Evolution	4G 长期演进
MBS	Multicast and Broadcast Service	多播广播服务
MC	Mission Critical	关键任务
MCPTT	Mission Critical Push-to-Talk	关键任务一键通
MCX	Mission Critical Service	关键任务通信
NEF	Network Exposure Function	网络开放功能
NR	New Radio	新空口
NT	Non-Terrestrial	非地面
NTN	Non - Terrestrial Networks	非地面网络
PCF	Policy Control Function	策略控制功能
PDB	Packet Delay Budget	包延迟预算
PDT	Police Digital Trunking	警用数字集群
PKI	Public Key Infrastructure	公钥基础设施
PLMN	Public Land Mobile Network	公共陆地移动网络
PoC	Push - to - Talk over Cellular	无线一键通
PPDR	Public Protection and Disaster Relief	公共保护与救灾
ProSe	Proximity Services	近距离通信服务
PS	Packet Switched	分组交换

英文缩写	英文全称	中文释义
PSI	Public Service Identity	公有服务标识
PTT	Push - to - Talk	一键通
QCI	QoS Class Identifier	服务质量等级标识符
QoS	Quality of Service	服务质量
QPP	QoS-Priority-Preempt	QoS- 优先级 - 话权抢占
SA	Standalone	独立组网
SIP	Session Initiation Protocol	会话发起协议
SMF	Session Management Function	会话管理功能
SSC	Session and Service Continuity	会话和服务连续性
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	地面集群无线电
UDM	Unified Data Management	统一数据管理
UE	User Equipment	用户设备
User Plane Function	User Plane Function	用户面功能
Wi-Fi	Wireless Fidelity	无线保真

参编单位

排名不分先后

中国移动通信研究院

中国移动青岛公司

中国移动江苏公司

海能达通信股份有限公司

华为技术有限公司

中兴通讯股份有限公司

北京中兴高达通信技术有限公司

上海诺基亚贝尔股份有限公司

善理通益信息科技（深圳）有限公司

深圳市宝尔爱迪科技有限公司

东方通信股份有限公司

通号低空智能科技有限公司

