

中国机场行业内部通信系统格局及下一代IMS系统应用研究

王兴宇

北京挪拉斯特芬通信设备有限公司 北京 100071

摘要：本文深入探讨了中国机场行业内部通信系统的现状及下一代IMS系统的应用前景。通过文献研究和案例分析，系统梳理了中国机场通信系统的发展历程和现有格局，重点分析了IMS系统的技术特点及其在机场行业的潜在应用场景。研究表明，IMS系统在提升机场通信效率、整合多媒体服务和增强应急响应能力方面具有显著优势。通过对西安机场T5航站楼案例的分析，验证了IMS在调度通信、云部署、互联互通等场景的实际价值。研究同时指出，其应用仍面临技术整合、成本投入等挑战。本文提出了分阶段实施、加强跨部门协作和注重人才培养等建议，并结合5G-A、人工智能等技术趋势展望了发展方向，为推进IMS系统在中国机场行业的应用提供了系统性参考。

关键词：机场通信系统；IMS；下一代网络；多媒体通信；应急响应；系统集成

引言

随着中国民航业的快速发展，机场作为航空运输的重要枢纽，其运营效率和安全性日益受到关注。据民航局统计数据显示，2024年全国机场旅客吞吐量已恢复至疫情前水平的125%，航班总量增长带来的运行压力与旅客对服务品质的更高期待，对机场内部通信系统提出了全新挑战。高效的内部通信系统已成为保障机场正常运行的关键因素，而传统的分散式通信架构在多媒体支持、系统整合及应急响应等方面逐渐暴露局限性。

近年来，IP多媒体子系统（IMS，IP Multimedia Subsystem）作为3GPP标准化的新一代通信架构，凭借其开放的分层设计、强大的多媒体融合能力及灵活的扩展性，在全球通信领域获得广泛应用。特别是在2024年中国移动主导完成《5G演进网络智简IMS信令架构》国际标准立项后，IMS在低时延、高可靠场景的技术优势进一步凸显。与此同时，民航业数字化转型加速推进，智慧机场建设对统一通信平台的需求与IMS技术特性高度契合。

1 中国机场行业内部通信系统现状

1.1 通信系统演进历程与现有格局

中国机场通信系统的发展经历了从模拟到数字、单一到多元的技术演进。早期机场主要依赖传统对讲系统、有线电话网络及VHF（甚高频）地空通信等基础设施。随着2000年后民航业快速发展，大型枢纽机场逐步引入数字集群系统（如TETRA）、IP电话网络、视频监控系统及专用数据通信网络。

截至2024年，中国千万级旅客吞吐量机场已普遍形

成“多系统并存、功能专有化”的通信格局，主要包含以下几类系统：空管专用通信系统：以VHF地空通信、自动航站情报服务（ATIS）、雷达数据链为核心，承担飞机与塔台间关键指令传输。二地面调度系统：基于TETRA或DMR标准的数字集群网络，支撑机坪调度、行李运输、特种车辆管理等作业。其优势在于组呼、紧急呼叫等专用功能，但带宽限制导致多媒体支持薄弱。三行政办公网络：以IP-PBX为基础的语音通信及视频会议系统，用于跨部门协同与旅客服务，但在移动性支持方面存在不足。

1.2 当前系统面临的挑战

尽管多元化系统满足了专业场景需求，但其“烟囱式”架构导致系统性痛点日益凸显。系统孤立导致协同效率低下：空管、地服、安检等系统采用独立硬件和专用协议，跨部门协作需人工切换终端。例如应急响应时，塔台无法直接将雷达数据共享至消防调度终端，延误黄金处置时间。多媒体支持不足：传统集群系统以语音为主，无法支持实时视频传输、移动工单推送等智慧作业需求，深圳机场调研显示，地勤人员需同时携带2-3台终端（对讲机+平板+电话），增加操作负担^[5]。维护成本高企：各系统独立运维导致人力投入倍增。应急弹性薄弱：突发事件下系统扩容能力不足，关键节点故障可能引发全网瘫痪。

这些挑战凸显了构建统一通信平台的必要性，而基于IMS的下一代网络架构正成为破局关键。其核心价值在于通过IP化、云化部署，实现语音、视频、数据的融合传输与集中控制，为机场提供可扩展的“神经中枢”。

2 下一代 IMS 系统技术架构及其机场应用场景

2.1 IMS技术架构解析

IMS系统由3GPP标准定义，是一种基于SIP（会话初始协议）的开放架构，通过分层设计实现接入无关性与业务融合。其核心架构分为三层：业务应用层：提供呼叫控制、视频会议、即时消息等能力，机场可定制开发调度应用、应急指挥模块。会话控制层：核心为CSCF（呼叫会话控制功能），处理SIP信令路由，包含代理/查询/服务三种角色，实现呼叫建立与位置管理。连接承载层：整合IP网络、LTE/5G无线接入及传统TDM中继。IMS的2.2关键技术优势在机场场景尤为突出。多媒体融合能力：支持语音、视频、即时消息、文件共享的同步传输，地勤人员可通过手持终端实时回传跑道异物高清影像。高可靠架构：服务器热备、双通信线路、负载均衡保障关键业务不中断。无缝扩展性：通过IBCF（互连边界控制功能）实现跨运营商互通，支持异地容灾部署。中国电信2025年立项的高轨卫星IMS语音项目，进一步扩展了无地面覆盖区的通信能力。

3 IMS 在机场的核心应用场景

3.1 统一通信平台

IMS可整合空管VHF、地勤集群、行政电话等独立系统，构建单一管理平台。通过SIP网关对接现有设备，保留原有终端投资。首都机场测试显示，跨部门呼叫建立时间从平均45秒缩短至8秒以内，并实现状态呈现（如机务人员忙闲标识）、智能路由（按技能组转接）等增强功能^[4]。

3.2 智能调度中心

融合GIS地图与实时数据，实现可视化调度：飞机拖车监控：结合UWB定位与视频回传，调度员实时查看车辆位置及作业进度。资源动态分配：根据航班延误数据自动调整登机口分配，并通过IMS广播通知旅客。

3.3 应急指挥中枢

当发生跑道入侵或极端天气时，IMS启动应急协同模式：自动触发多方视频会议，连通塔台、消防、医疗部门。推送应急预案至相关终端，同步更新处置步骤，利用广播系统引导旅客疏散。

4 实用案例分析

西安机场T5航站楼2024年启动IMS系统建设，引入斯坦特芬的IMS系统一体解决方案，系统采用云端分布式架构，与机场云计算平台深度整合。该平台基于先进的虚拟化技术，对分散的服务器资源进行深度整合与优化配置，实现了如下功能：

4.1 云端部署：弹性资源池与虚拟化赋能

系统将IMS核心组件（包括SIP应用服务器、媒体网关控制器、网管节点）部署于虚拟容器集群，实现CPU、内存资源的秒级弹性伸缩。本地化部署：采用ISS虚拟化平台构建私有云，确保数据不出监管区。

4.2 互联互通

IMS系统作为T5航站楼的“通信中枢”，打破传统系统孤岛，实现跨域设备无缝对接：协议兼容：通过DDD领域建模抽象Modbus、CAN、SIP等12类协议，统一接入航站楼内：终端设备：IP话机、可视调度台、广播终端网络设备：中继媒体网关（TG）、接入网关（AG）、以太网交换机、路由器。业务系统：广播系统、无线调度系统。

4.3 数据监管：全链路感知与安全治理

采集层：对接机场1, 200+物联网设备，实时采集通话记录、设备状态、网络流量、会话日志，每日处理数据量超2TB。分析层：部署AI算力平台，实现：通话质效分析，包括自动检测掉话率、语音抖动、MOS值劣化。T5航站楼的IMS系统如同机场的“智能神经网络”——云端部署构建了可弹性伸缩的神经中枢，数据监管形成感知风险的自免疫屏障，互联互通实现多器官高效协同，自动化网管则赋予系统自我修复能力。

5 挑战与对策

5.1 实施障碍深度分析

尽管IMS技术优势显著，但机场部署仍面临多重挑战，系统整合复杂性：协议转换难题：传统TETRA系统采用专有信令，需定制SIP网关适配器。测试显示，不同厂商设备互联需200+参数调优。传统大厂包括摩托罗拉、空客等协议不同，均需专业匹配。数据迁移风险。数据迁移不慎，易导致丢失。成本投入压力，大型枢纽机场全网改造预估投资超亿元，包含：核心网设备（CSCF/HSS）、终端更换（5G防爆手持终端）、系统集成服务等。安全合规风险：等保三级要求下，IMS需部署端到端加密，但媒体流加密增加100ms时延，空管数据需物理隔离，要求IMS划分独立虚拟网络。

5.2 分阶段实施策略

针对上述挑战，建议采用渐进式部署路径，试点先行阶段（1-2年），选择非关键区域：如货站、维修机库部署试验网，保留与传统系统并行接口，首都机场案例：先在T3航站楼商业区部署IP广播，验证语音质量，核心业务迁移阶段（2-3年），迁移地勤调度、航显广播等业务，引入SBC（会话边界控制器）保障与传统PBX互联，全面融合阶段（3-5年），纳入空管应急通信等高可靠场景，实现与低空物联网（如无人机巡检）对接。

6 发展前景与建议

6.1 技术演进趋势

IMS在机场的应用将向智能化、全域化、云化方向加速演进：5G-A与IMS融合，利用5G-A网络切片技术，为不同业务提供差异化QoS保障。AI原生架构重构，中国移动主导的智简IMS信令架构，通过AI实现：智能路由选择：根据网络状态动态优化路径，异常呼叫拦截：基于行为分析的虚假呼叫识别。语音质量优化：实时补偿丢包导致的语音中断，低空经济扩展。2025年中国低空经济规模预计达1.5万亿元^[7]，IMS需支持。无人机交通管理：实时传输ADS-B数据，eVTOL数字孪生：通过数字映射模拟起降流程。低空应急通信：为消防无人机提供视频回传通道。云化部署模式。区域枢纽机场可共享IMS核心云来实现公用枢纽云、处理本地信令、异地容灾等。

6.2 政策与产业建议

为加速IMS技术落地，需构建多维度支撑体系，完善标准体系。制定《机场IMS建设指南》，明确空管数据安全规范：隔离要求与加密强度。终端入网认证标准：防爆/防水/待机指标。

接口开放要求：支持第三方应用集成。培育产业生态。建立“机场通信创新联盟”。设备商提供定制化IMS网元。软件开发商：开发调度、广播等应用。集成商：输出机场专属解决方案。低轨卫星增强结合中国电信高轨卫星IMS语音项目成果。在无地面网络区部署卫星回传，研发机载微型IMS终端，实现荒漠救援场景全时通信覆盖。

结束语

本研究系统分析了中国机场行业通信系统的现状与挑战，论证了下一代IMS技术的应用价值及实施路径。研究表明，IMS凭借其融合通信架构与智能业务能力，可有效解决机场现有系统分散化、协同效率低、应急响应慢等痛点。然而，IMS部署仍面临系统整合复杂、初期投资高昂、安全合规严格等障碍。建议采取分阶段实施策略：优先在货运区等非关键区域试点，逐步扩展至地勤调度，最终纳入空管应急等核心场景。成功落地需依靠三大支柱：建立跨部门协作机制降低整合难度，通过BOT模式缓解资金压力。

未来IMS发展将与5G-A、人工智能、低轨卫星技术深度融合。5G-A网络切片为不同业务提供差异化QoS保障，AI重构IMS信令架构实现智能路由优化，卫星回传技术扩展无地面网络区的通信覆盖。特别是在中国低空经济规模预计达1.5万亿元的背景下，IMS对无人机交通管理、eVTOL数字孪生等创新场景的支撑价值将进一步凸显。

通过政策引导、标准制定与产业协同，IMS技术将有力推动中国机场从“信息化孤岛”向“智慧化生态”转型，为民航强国建设构筑坚实的数字底座。

参考文献

- [1]焦立彬,王明,马文学,等.基于IMS的智能多媒体通信技术研究[J/OL].无线电通信技术,1-8[2025-06-12].
- [2]“支持窄带物联网高轨卫星IMS语音通话的移动核心网增强技术研究”成功立项.卫星通信,2025-04-23
- [3]翟振辉,郝倩,刘蕾,等.下一代新通话网络媒体面演进及关键技术研究[J].电信科学,2025,41(04):191-198.