

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

低空宽带集群通信平台技术要求

Technical requirements for low-altitude broadband trunking
communication platform

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2026年2月)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 缩略语	4
5 平台架构	5
5.1 平台架构	5
5.2 平台组成	6
5.3 平台接口	8
6 功能要求	10
6.1 指挥控制链路	10
6.2 集群业务	10
6.3 存储功能	12
6.4 优先级管理	13
6.5 互联互通	13
7 性能要求	13
7.1 平台容量要求	13
7.2 业务处理性能	13
7.3 音视频处理性能	13
7.4 可靠性要求	14
8 业务接口流程	14
8.1 认证授权	14
8.2 业务配置	16
8.3 指挥控制链路	18
8.4 群组附着	19
8.5 语音功能	19
8.6 视频功能	23
8.7 数据功能	28
8.8 位置功能	31
8.9 专用承载管理	32
9 网管要求	34
9.1 配置管理	34
9.2 告警通知	34
9.3 性能统计	34
10 安全要求	34
10.1 一般要求	34
10.2 认证授权	34
10.3 密钥管理	34

10.4 信令安全	35
10.5 媒体安全	35
11 测试要求	35
11.1 功能测试	35
11.2 性能测试	45
11.3 互联测试	47
附录 A（规范性） QoS 优先级管理	51
附录 B（规范性） 多媒体编码要求	52
附录 C（资料性） 飞控接口要求（A3 接口）	53

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会信息专业委员会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化委员会归口。

本文件起草单位：通号低空智能科技有限公司、北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中国移动通信研究院、中铁第四勘察设计院集团有限公司、青岛地铁集团有限公司、通号城市轨道交通技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海复旦通讯股份有限公司、科立讯通信股份有限公司、南京泰通科技股份有限公司、通号通信信息集团上海有限公司、北京佳讯飞鸿电气股份有限公司、中信科移动通信技术股份有限公司、西门子交通技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：王啸阳、殷卫海、姜梦、王旭、徐正春、于晓泉、陈逸、李浩、胡莉丽、陈林宝、金红岩、唐霏、王义华、王师尧、代新建、陈强、王玮、孔庆富、姚宇威、陈建平、余小宇、张露露、肖正杰、张俊武、唐荣旺、李昊、王开强。

低空宽带集群通信平台技术要求

1 范围

本文件规定了低空宽带集群通信平台的平台架构、功能要求、性能要求、业务接口流程、网管要求、安全要求、测试要求等内容。

本部分适用于低空宽带集群通信平台的设计、研制及测试。

2 规范性引用文件

以下文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 4109-2022 5G移动通信网核心网策略控制技术要求

YD/T 2591-2013 统一IMS媒体面安全技术要求

GA/T 1364-2017 警用数字集群（PDT）通信系统 互联技术规范

3GPP TS 23.228 3GPP项目技术规范组；业务和系统；IP多媒体子系统（IMS）；第2阶段（版本18）（3GPP TS 23.228 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2(Release 18)）

3GPP TS 23.280 3GPP项目技术规范组；业务和系统；支持关键业务的公共功能架构；第2阶段（版本18）（3GPP TS 23.280 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Common functional architecture to support mission critical services; Stage 2(Release 18)）

3GPP TS 23.281 3GPP项目技术规范组；业务和系统；支持关键视频业务（MCVideo）的功能架构和信息流；第2阶段（版本18）（3GPP TS 23.281 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Functional architecture and information flows to support Mission Critical Video (MCVideo); Stage 2(Release 18)）

3GPP TS 23.282 3GPP项目技术规范组；业务和系统；支持关键数据业务（MCData）的功能架构和信息流；第2阶段（版本18）（3GPP TS 23.282 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Functional architecture and information flows to support Mission Critical Data (MCData); Stage 2(Release 18)）

3GPP TS 23.379 3GPP项目技术规范组；业务和系统；支持关键语音业务（MCPTT）的功能架构和信息流；第2阶段（版本18）（3GPP TS 23.379 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Functional architecture and information flows to support Mission Critical Push To Talk (MCPTT); Stage 2(Release 18)）

3GPP TS 24.229 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；基于SIP和SDP的IP多媒体呼叫控制协议；第3阶段（版本18）（3GPP TS 24.229 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; IP multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3(Release 18)）

3GPP TS 24.281 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键视频业务（MCVideo）信令控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.281 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Video (MCVideo) signalling control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.282 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键数据业务（MCData）信令控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.282 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Data (MCData) signalling control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.379 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键语音业务（MCPTT）呼叫控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.379 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Push To Talk (MCPTT) call control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.380 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键语音业务（MCPTT）媒体层控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.380 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Push To Talk (MCPTT) media plane control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.481 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键业务（MCS）组管理；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.481 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Services (MCS) group management; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.482 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键业务（MCS）身份管理；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.482 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Services (MCS) identity management; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.484 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键业务（MCS）配置管理；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.484 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Services (MCS) configuration management; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.581 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键视频业务（MCVideo）媒体层控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.581 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Video (MCVideo) media plane control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 24.582 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；关键数据业务（MCData）媒体层控制；协议规范（版本18）（3GPP TS 24.582 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mission Critical Data (MCData) media plane control; Protocol specification(Release 18)）

3GPP TS 26.179 3GPP项目技术规范组；业务和系统；关键语音业务（MCPTT）；编解码与媒体处理（版本18）（3GPP TS 26.179 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Mission Critical Push To Talk (MCPTT); Codecs and media handling(Release 18)）

3GPP TS 26.281 3GPP项目技术规范组；业务和系统；关键视频业务（MCVideo）；编解码与媒体处理（版本18）（3GPP TS 26.281 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Mission Critical Video(MCVideo); Codecs and media handling(Release 18)）

3GPP TS 29.514 3GPP项目技术规范组；核心网和终端；5G系统；策略授权服务；第3阶段（版本18）（3GPP TS 29.514 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; 5G System; Policy Authorization Service; Stage 3(Release 18)）

3GPP TS 33.180 3GPP项目技术规范组；业务和系统；关键业务安全（版本18）（3GPP TS 33.180 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Security of the mission critical service(Release 18)）

RFC 791 INTERNET PROTOCOL

RFC 1034 DOMAIN NAMES – CONCEPTS AND FACILITIES

RFC 1035 DOMAIN NAMES – IMPLEMENTATION AND SPECIFICATION

RFC 2136 Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE)

RFC 7540 Hypertext Transfer Protocol Version 2 (HTTP/2)

RFC 8086 GRE-in-UDP Encapsulation

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

宽带集群通信平台 broadband trunking communication platform

遵循3GPP MCX标准，能够为低空业务提供安全、可靠通信链路以及语音、视频、数据、位置等多种集群业务服务的通信平台。

3.2

端到端安全 end to end security

对发送端和接收端之间传输的信息进行全面保护的安全机制，包括端到端语音、视频、数据等安全。

3.3

附着 affiliation

客户端参与群组业务的前置条件，是客户端向系统声明并关注加入一个或多个群组的过程。客户端在完成群组附着后，才可接收该群组的业务通知，并发起或参与相应的群组音视频通信。

3.4

话权控制 floor control

半双工语音通信中对信道独占使用权的控制，仅获得话权的客户端可发送语音，其它客户端只能接收语音。

3.5

传输控制 transmission control

视频组呼中对客户端视频发送权限的控制，仅获得传输权限的客户端可向群组发送视频流。

3.6

接收控制 reception control

视频组呼中对客户端视频接收权限的控制，仅获得接收权限的客户端可接收并播放视频流。

3.7

专用承载 dedicated bearer

为特定业务单独预留、独立使用的无线承载资源，用于保障该业务在带宽、时延、可靠性等方面的专属性和确定性要求。

3.8

低空航空器 low-altitude aircraft

在低空空域内进行飞行活动的航空器，包括无人机、载人飞行器等低空航行的主体。

3.9

飞控设备 flight control unit

安装在低空航空器上的机载飞行控制模块，用于接收指挥控制指令，对低空航空器的姿态、运动状态和飞行过程进行计算与控制。

3.10

低空运营服务平台 low-altitude operation service platform

面向低空飞行活动提供安全、高效、可持续运营的服务系统，用于任务调度、飞行动态监控、服务协调以及运营维护等内容。

3.11

低空空域管控平台 low-altitude airspace management and control platform

用于对低空空域的安全、有序、可控使用实施监管与统筹的管理系统，用于空域划设、飞行审批、冲突预警与消解、态势感知、安全监管等内容。

3.12

指挥控制链路 command and control link

承载低空航空器的飞控设备与低空空域管控平台之间飞行控制指令和状态数据的双向传输通道，具备高可靠性和强实时性。

3.13

机载通信终端 airborne communication terminal

安装在低空航空器上的机载通信设备，支持公网、专网等多种无线网络接入，为飞行控制指令、状态数据以及语音、视频、其他关键任务数据提供可靠的无线专用传输通道。

3.14

机载集群业务客户端 airborne trunking service client

集成于机载通信终端上的宽带集群通信业务客户端，可提供语音、视频、数据、位置及专用承载控制等集群业务功能。

3.15

MC 系统 mission critical system

符合3GPP MCX标准的宽带集群通信系统，用于支持行业关键任务的语音、视频和数据等业务，可提供高可靠性、低时延和高可用性的集群通信功能。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

3GPP: 第三代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project)

5G-R: 铁路5G通信系统 (5G for Railways)

AMR-WB: 宽带自适应多速率编码 (Adaptive Multi Rate-WideBand)

ATC: 机载集群业务客户端 (Airborne Trunking service Client)

C2L: 指挥控制链路 (Command and Control Link)

CIF: 通用中间格式 (Common Intermediate Format)

CMS: 配置管理服务 (Configuration Management Server)

CSC: 公共服务配置 (Common Service Core)

DNS: 域名服务 (Domain Name System)

EVS: 增强语音服务编解码 (Enhanced Voice Services)

FRMCS: 未来铁路移动通信系统 (Future Railway Mobile Communication System)

GMS: 群组管理服务 (Group Management Server)

GRE: 通用路由封装 (Generic Routing Encapsulation)

IdMS: 身份管理服务 (Identity Management Service)

HTTP: 超文本传送协议 (Hyper Text Transfer Protocol)

IMPI: 多媒体用户私有标识 (IP Multimedia Private Identity)

IMPU: 多媒体用户公有标识 (IP Multimedia Public Identity)

IMS: IP多媒体子系统 (IP Multimedia Subsystem)

I-CSCF: 查询呼叫会话控制功能 (Interrogating-Call Session Control Function)

IP: IP协议 (Internet Protocol)

IWF: 接口网关 (InterWorking Function)

KMS: 密钥管理服务 (Key Management Server)

LMS: 位置管理服务 (Location Management Server)

MC: 关键任务 (Mission Critical)

MCX: 关键任务业务 (Mission Critical X), X表PTT、Video和Data等不同业务类型

MCData: 关键任务数据通信 (Mission Critical of Data)

MCPTT: 关键任务集群语音通信 (Mission Critical of Push To Talk)

MCS: 核心交换服务 (Mission Critical Service)

MCVideo: 关键任务视频通信 (Mission Critical of Video)

MSS: 记录存储服务 (Media Storage Server)

MTBF: 平均无故障工作时间 (Mean Time Between Failure)

MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair)

NAT: 网络地址转换 (Network Address Translation)

NMS: 网络管理服务 (Network Management Server)

NVOC: 蜂窝窄带语音 (Narrowband Voice Over Cellular)

OIDC: 开放身份连接协议 (OpenID Connect)
PCF: 策略控制功能 (Policy Control Function)
PCMA: A律脉冲编码调制 (Pulse Code Modulation A-law)
PDT: 警用数据集群系统 (Police Digital Trunking)
pSDP: PDT会话描述协议 (PDT session description protocol)
PSI: 公共服务标识 (Public Service Identity)
pSIP: PDT会话初始协议 (PDT session initiation protocol)
P-CSCF: 代理呼叫会话控制功能 (Proxy-Call Session Control Function)
QoS: 服务质量 (Quality of Service)
RTCP: 实时传输控制协议 (Real-Time Transport Control Protocol)
RTP: 实时传输协议 (Real-time Transport Protocol)
SDP: 会话描述协议 (Session Description Protocol)
SIP: 初始会话协议 (Session Initiated Protocol)
SNMP: 简单网络管理协议 (Simple Network Management Protocol)
SRTCP: 安全实时传输控制协议 (Secure Real-Time Transport Control Protocol)
SRTP: 安全实时传输协议 (Secure Real-time Transport Protocol)
S-CSCF: 服务呼叫会话控制功能 (Serving-Call Session Control Function)
TLS: 传输层安全协议 (Transport Layer Security)
UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)
UDS: 用户数据服务 (User Database Server)
URI: 统一资源标识符 (Uniform Resource Identifier)
XML: 可扩展标记语言 (Extensible Markup Language)

5 平台架构

5.1 平台架构

低空宽带集群通信平台是低空通信的核心子系统，具备指挥控制链路、语音/视频/数据/位置等集群业务以及存储、优先级管理、互联互通等功能。平台由多个网元组成，包括核心交换服务MCS、公共服务配置CSC、SIP核心服务、HTTP代理、接口网关IWF、配置管理服务CMS、群组管理服务GMS、身份管理服务IdMS、密钥管理服务KMS、位置管理服务LMS、记录存储服务MSS、用户数据服务UDS、网络管理服务NMS、域名服务DNS和机载集群业务客户端。

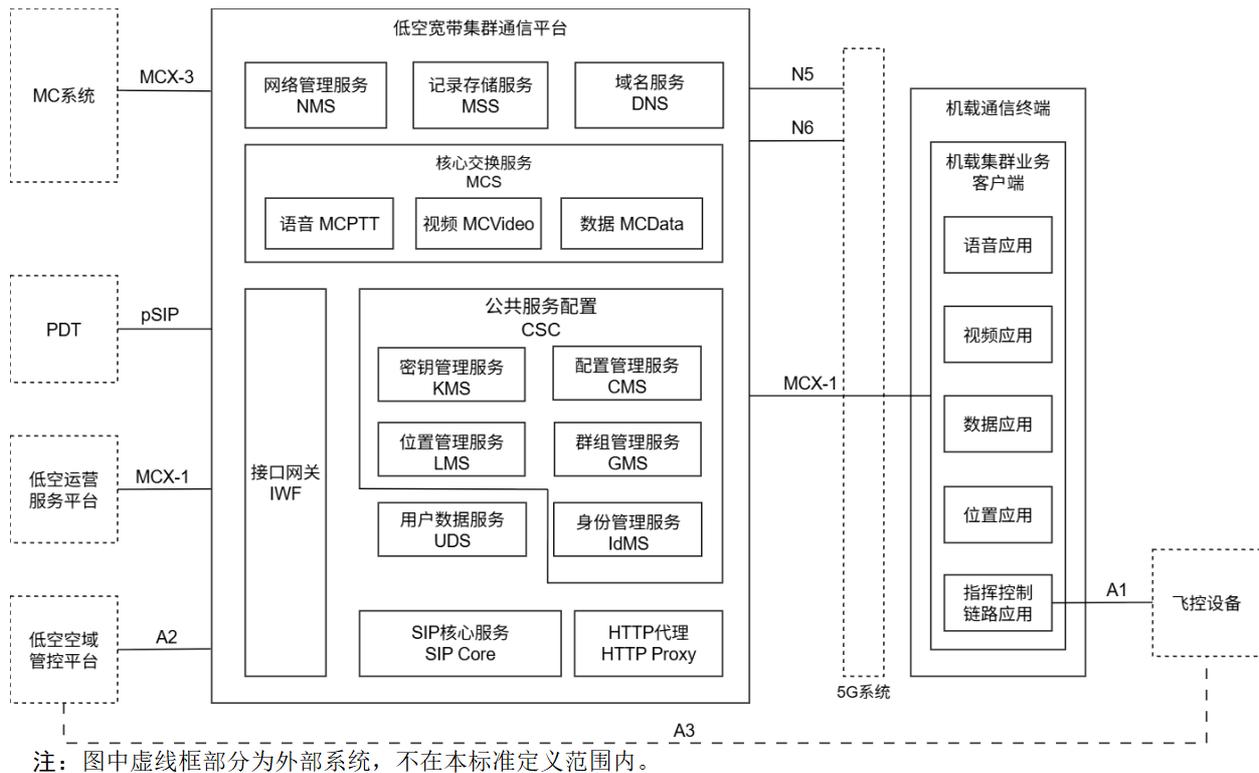


图 1 低空宽带集群通信平台架构图

5.2 平台组成

5.2.1 核心交换服务

核心交换服务MCS，提供语音（MCPTT）、视频（MCVideo）、数据（MCData）等宽带集群通信业务，应具备以下功能：

- 支持机载集群业务客户端的认证授权，通过用户数据服务查询并验证签约信息；
- 支持与机载集群业务客户端建立指挥控制链路；
- 支持群组附着与取消附着；
- 支持语音单呼、语音组呼、话权控制、语音组呼状态订阅、语音媒体处理及编解码功能；
- 支持视频单呼、视频组呼、传输控制、视频上拉、视频推送、视频组呼状态订阅、视频媒体处理功能；
- 支持短数据与文件分发控制功能，包括：点对点短数据、群组短数据、点对点文件分发、群组文件分发、回执消息；
- 可支持专用承载资源的申请、修改、释放，具备端到端 QoS 管理能力；
- 支持 AMR-WB 语音编解码；
- 支持 H.264、H.265 视频编解码，支持 CIF、4CIF、720P、1080P 等分辨率，可支持 2K、4K 等高分辨率视频。

5.2.2 公共服务配置

5.2.2.1 身份管理服务

身份管理服务IdMS，用于统一管理机载集群业务客户端的用户身份，提供集中认证、授权和单点登录，确保安全访问和身份验证。

5.2.2.2 配置管理服务

配置管理服务CMS，用于集中管理机载集群业务客户端的用户配置、服务配置等。

5.2.2.3 群组管理服务

群组管理服务GMS，用于创建和管理机载集群业务客户端的群组，控制组内成员的权限、优先级等。

5.2.2.4 位置管理服务

位置管理服务LMS，用于实时跟踪和管理机载集群业务客户端的位置数据，支持位置上报策略下发、实时位置和历史位置管理、位置查询、历史轨迹查询等功能。

5.2.2.5 密钥管理服务

密钥管理服务KMS，用于安全生成、存储、管理和分发密钥材料，提供集群业务的控制面与媒体面加密所需必要安全信息，确保数据的机密性和访问控制。

5.2.3 用户数据服务

用户数据服务UDS，为低空宽带集群通信平台提供用户数据管理，应具备以下功能：

- a) 用户认证鉴权：提供机载集群业务客户端的用户认证鉴权接口，支持 SIP 核心服务在注册过程中的用户身份认证；
- b) 用户数据管理：存储机载集群业务客户端的用户配置文件和业务签约信息，为配置管理服务 CMS 和核心交换服务 MCS 提供用户查询与鉴权能力。

5.2.4 记录存储服务

记录存储服务MSS，应具备以下功能：

- a) 支持呼叫记录存储与查询，呼叫记录应包括呼叫类型、主叫、被叫、呼叫时间、呼叫时长等；
- b) 支持对语音和视频呼叫过程中的媒体流进行录制与存储，并提供回放、下载等接口功能；
- c) 支持短数据的存储与查询功能；
- d) 支持分发文件的存储功能，提供上传、下载接口。

5.2.5 SIP 核心服务

SIP核心服务，位于机载集群业务客户端与低空宽带集群通信平台之间的接入层，负责SIP控制信令的接入与路由管理等，应具备以下功能：

- a) 包含 P-CSCF、I-CSCF、S-CSCF 等逻辑功能实体；
- b) 支持信令控制面的注册、服务选择和路由功能；
- c) P-CSCF 主要功能包括：
 - 1) 转发 SIP 注册请求；
 - 2) 路由/转发机载集群业务客户端与 S-CSCF 之间的请求和响应；
 - 3) 转发请求和响应至机载集群业务客户端；
 - 4) 支持 NAT 穿越；
 - 5) 可支持专用承载资源的申请、修改、释放等管理和 QoS 管理；
 - 6) 支持 SIP 信令安全；
 - 7) 支持与 DNS 互联进行域名解析；
- d) I-CSCF 主要功能包括：
 - 1) 通过查询用户数据库为机载集群业务客户端的 SIP 注册分配 S-CSCF；
 - 2) 路由 SIP 请求至 S-CSCF；
 - 3) 转发 S-CSCF 与机载集群业务客户端之间的请求或响应；
- e) S-CSCF 主要功能包括：
 - 1) 支持机载集群业务客户端注册和身份的认证和鉴权，更新用户数据库中注册状态信息；
 - 2) 为 SIP 事件提供应用服务选择；
 - 3) 管理机载集群业务客户端的会话状态；
 - 4) 执行 SIP 信令安全；
 - 5) 执行会话路由功能；
 - 6) 转发 SIP 请求或响应其他通信系统；
- f) 符合 3GPP TS 23.280 和 3GPP TS 24.229 的规定。

5.2.6 HTTP 代理

HTTP代理，位于机载集群业务客户端与低空宽带集群通信平台之间的接入层，支持HTTP信令的接入与路由管理，隐藏内部网元HTTP接口细节，可提供反向代理、负载均衡、安全接入等功能。

5.2.7 接口网关

接口网关IWF，负责协议转换和数据格式转换，为低空宽带集群通信平台提供与外系统互联互通能力，可具备以下功能：

- a) 支持通过 MC 标准互通接口，实现与 MC 系统的语音、视频和数据业务互通；
- b) 支持通过 PDT 互联接口，实现与 PDT 系统的语音业务互通；
- c) 支持通过 A2 接口，为低空空域管控平台提供与飞控设备之间的通信通道，实现指挥控制指令与状态数据的传输。

5.2.8 网络管理服务

网络管理服务NMS，负责对低空宽带集群通信平台各网元进行管理，应具备配置、性能、告警、安全管理等功能，可支持HTTP、SNMP北向接口。

5.2.9 域名服务

域名服务DNS，为各网络设备提供域名至IP地址的解析能力，应具备以下功能：

- a) 支持动态域名注册、更新、删除，符合 RFC 2136 的相关规定；
- b) 支持单域名多 IP 地址的解析；
- c) 符合 RFC 1034 和 RFC 1035 的相关规定。

5.2.10 机载集群业务客户端

机载集群业务客户端通过无线接入网接入低空宽带集群通信平台，应具备以下功能：

- a) 支持为低空航空器提供语音、视频、数据、位置等多业务类型的宽带集群业务能力；
- b) 支持与低空宽带集群通信平台建立指挥控制链路，为低空航空器提供面向飞行控制指令、状态数据等关键任务信息的高可靠、低时延无线专用承载数据链路。

5.3 平台接口

5.3.1 A1 接口

A1接口为机载集群业务客户端与机载飞控设备应用之间的接口。

机载飞控设备应用通过A1接口收发控制指令与状态信息等相关数据，网络层采用IP协议，应符合RFC 791的相关规定。

5.3.2 A2 接口

A2接口为低空宽带集群通信平台的接口网关IWF与低空空域管控平台之间的接口。

低空空域管控平台通过A2接口收发控制指令与状态信息等相关数据，网络层采用IP协议，应符合RFC 791的相关规定。

5.3.3 A3 接口

A3接口为低空空域管控平台与机载飞控设备应用之间的应用层协议接口，用于状态信息与控制指令的交互。该接口应支持心跳保活、异常重连和数据确认等机制，实现定位、姿态、电量等状态信息上报以及控制指令下发。A3接口要求见附录C。

5.3.4 MCX-1 接口

MCX-1接口为低空宽带集群通信平台提供统一的客户端接入能力，支持机载集群业务客户端接入平台的语音、视频、数据和指挥控制链路等服务。

MCX-1接口应满足3GPP MCX相关协议规范，具体包括：

- a) MCPTT-1 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的语音控制面接口，实现语音会话建立与管理功能，符合 3GPP TS 24.379 的相关规定；
- b) MCPTT-4 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的话权控制接口，实现半双工语音话权控制，符合 3GPP TS 24.380 的相关规定；
- c) MCPTT-7 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的语音媒体面接口，实现语音编解码与语音流传输，符合 3GPP TS 26.179 的相关规定；
- d) MCVideo-1 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的视频控制面接口，实现视频会话建立与管理功能，符合 3GPP TS 24.281 的相关规定；
- e) MCVideo-3 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的传输控制接口，实现视频传输与接收控制，符合 3GPP TS 24.581 的相关规定；
- f) MCVideo-7 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的视频媒体面接口，实现视频编解码与视频流传输，符合 3GPP TS 26.281 的相关规定；
- g) MCDData-SDS-1 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的短数据接口，实现短数据收发与回执功能，符合 3GPP TS 24.282 的相关规定；
- h) MCDData-FD-1 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的文件分发接口，实现文件分发与回执功能，符合 3GPP TS 24.282 的相关规定；
- i) MCDData-IPcon-1 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的 MCDData IP Connectivity 控制面接口，实现指挥控制链路会话建立与管理功能，符合 3GPP TS 24.282 的相关规定；
- j) MCDData-IPcon-2 接口：核心交换服务与机载集群业务客户端之间的 MCDData IP Connectivity 数据接口，实现指挥控制链路 IP 数据隧道功能，符合 3GPP TS 24.582 的相关规定。IP 数据传输可采用 GRE-in-UDP 隧道进行封装，封装格式应符合 RFC 8086 的规定；
- k) CSC-1 接口：身份管理服务 IdMS 与机载集群业务客户端之间的认证接口，符合 3GPP TS 24.282 和 3GPP TS 33.180 的相关规定；
- l) CSC-2 接口：群组管理服务 GMS 与机载集群业务客户端之间的群组管理接口，符合 3GPP TS 24.481 的相关规定；
- m) CSC-4 接口：配置管理服务 CMS 与机载集群业务客户端之间的配置管理接口，符合 3GPP TS 24.484 的相关规定；
- n) CSC-8 接口：密钥管理服务 KMS 与机载集群业务客户端之间的密钥管理接口，符合 3GPP TS 33.180 的相关规定。

5.3.5 MCX-3 接口

MCX-3接口为低空宽带集群通信平台与其他MC系统之间的接口，应满足3GPP MCX相关协议规范要求，具体包括：

- a) MCPTT-3 接口：与其他 MC 系统之间的语音业务互通接口，传送语音业务的单呼和组呼媒体流、话权控制消息，符合 3GPP TS 24.379 和 3GPP TS 24.380 的相关规定；
- b) MCVideo-3 接口：与其他 MC 系统之间的视频业务互通接口，传送视频业务的单呼和组呼媒体流、媒体传输控制消息，符合 3GPP TS 24.281 和 3GPP TS 24.581 的相关规定；
- c) MCDData-3 接口：与其他 MC 系统之间的传送 MC 数据业务的信令、消息及文件数据，符合 3GPP TS 24.282 和 3GPP TS 24.582 的相关规定。

5.3.6 N5 接口

低空宽带集群通信平台与5G系统的PCF网元之间的接口，负责传送应用层的会话信息及会话策略等消息，实现无线专用承载管理，采用TLS、HTTP/2协议，应符合YD/T 4109-2022、3GPP TS 23.228、3GPP TS 29.514、RFC 7540等规范的相关规定。

5.3.7 N6 接口

低空宽带集群通信平台与5G系统的UPF网元之间的接口，负责传送控制信令、媒体数据及媒体流，网络层采用IP协议，应符合RFC 791的相关规定。

5.3.8 pSIP 接口

低空宽带集群通信平台通过接口网关IWF完成与PDT系统的语音业务互通，接口应符合PDT系统互联互通技术规范的相关规定：

- a) 低空宽带集群通信平台与 PDT 系统间控制信令采用 pSIP 协议，语音传输使用 RTP 协议；
- b) 信令消息应符合 GA/T 1364 中对 pSIP 消息和 pSDP 协议的规定；
- c) 与 PDT 系统间语音组呼流程应符合 GA/T 1364 中对组呼会话流程的规定。

6 功能要求

6.1 指挥控制链路

6.1.1 指挥控制链路管理

机载集群业务客户端与低空宽带集群通信平台之间的指挥控制链路，基于 3GPP MCDATA IP Connectivity 机制完成建立与管理，应具备以下功能：

- a) 机载集群业务客户端支持发起 MCDATA IP Connectivity 数据通道建立；
- b) 低空宽带集群通信平台支持 MCDATA IP Connectivity 创建及销毁流程；
- c) 机载集群业务客户端与低空宽带集群通信平台支持根据 MCDATA IP Connectivity 协商结果建立 GRE-in-UDP 隧道，隧道封装应符合 RFC 8086 的规定；
- d) 低空宽带集群通信平台支持通过 N5 接口完成指挥控制链路的专用承载建立与优先级控制；
- e) 机载集群业务客户端为飞控设备提供 A1 接口，低空宽带集群通信平台为低空空域管控平台提供 A2 接口，以实现飞控设备与低空空域管控平台间的数据互通。

6.1.2 飞控设备接入

机载飞控设备应用通过 A1 接口与低空空域管控平台进行数据交互，应满足以下要求：

- a) 机载飞控设备应用支持将与低空空域管控平台交互的 IP 数据包发送至机载集群业务客户端；
- b) 机载集群业务客户端支持对来自机载飞控设备应用的 IP 数据包进行隧道封装，并通过指挥控制链路上传；
- c) 机载集群业务客户端支持对来自指挥控制链路的数据包进行解封装，并将原始数据包发送至机载飞控设备应用。

6.1.3 低空空域管控平台接入

低空空域管控平台通过 A2 接口与低空宽带集群通信平台进行数据交互，应满足以下要求：

- a) 低空空域管控平台支持将与飞控设备交互的 IP 数据包发送至低空宽带集群通信平台的接口网关 IWF；
- b) 接口网关 IWF 支持对来自低空空域管控平台的 IP 数据包进行隧道封装，并通过指挥控制链路传输至目标机载集群业务客户端；
- c) 接口网关 IWF 支持对来自指挥控制链路的数据包进行解封装，并将原始数据包发送至低空空域管控平台。

6.2 集群业务

6.2.1 语音业务

6.2.1.1 语音单呼

语音单呼是指机载集群业务客户端之间建立的点对点双向语音呼叫，仅包含主叫和被叫两个通信方。语音单呼可分为全双工或半双工方式。

语音单呼功能应满足以下要求：

- a) 支持在两个客户端之间发起全双工或半双工的语音呼叫；
- b) 支持手动应答和自动应答两种接听模式。

6.2.1.2 语音组呼

语音组呼是指机载集群业务客户端向一个通信群组发起的半双工语音呼叫。组呼建立后，组呼成员可通过PTT键申请话权。

语音组呼功能应满足以下要求：

- a) 支持多个客户端之间的语音组呼通信；
- b) 支持话权控制机制；
- c) 支持预定义组呼，可基于预设的组定义发起呼叫；
- d) 支持组内成员迟后加入已建立的组呼；
- e) 支持组呼状态的订阅与通知；
- f) 支持手动应答和自动应答两种接听方式；
- g) 支持调度身份客户端强拆语音组呼。

6.2.2 视频业务

6.2.2.1 视频单呼

视频单呼是指机载集群业务客户端之间建立的点对点双向视频通话，通话建立后，通信双方可实时查看对方视频画面，并进行语音交互。

视频单呼功能应满足以下要求：

- a) 支持在两个客户端之间发起视频呼叫，实现双向视频与语音通信；
- b) 支持手动应答和自动应答两种接听模式。

6.2.2.2 视频组呼

视频组呼是指机载集群业务客户端向一个通信群组发起的半双工视频呼叫。呼叫建立后，组内成员可通过PTT键申请视频传输权限。

视频组呼功能应满足以下要求：

- a) 支持多个客户端之间的视频组呼通信；
- b) 支持视频传输控制；
- c) 支持预定义组呼，可基于预设的组定义发起呼叫；
- d) 支持组内成员迟后加入已建立的视频组呼；
- e) 支持视频组呼状态订阅与通知；
- f) 支持手动应答和自动应答两种接听模式；
- g) 支持调度身份客户端强拆视频组呼。

6.2.2.3 视频上拉

视频上拉是指机载集群业务客户端向指定目标客户端发起单向视频会话，将实时视频上传到发起方客户端。

视频上拉功能应满足以下要求：

- a) 视频上拉是客户端发起的单向视频会话，要求调看其他客户端视频；
- b) 支持被调看的客户端可以接受或者拒绝视频上拉请求。

6.2.2.4 视频推送

视频推送是指机载集群业务客户端选择在线的客户端，将本地视频推送到目标客户端上呈现。

视频推送功能应满足以下要求：

- a) 视频推送是客户端发起的单向视频会话，主动将本地视频发送给其他客户端；
- b) 接收视频推送的客户端可以接受或者拒绝视频推送请求。

6.2.3 数据业务

6.2.3.1 点对点短数据

点对点短数据是指机载集群业务客户端之间发送简短数据信息的通信方式。

点对点短数据功能应满足以下要求：

- a) 支持客户端与客户端之间发送大小有限（不大于 1000 字节）的数据；

- b) 短数据类型支持文本信息、地理位置、控制指令、网址链接等形式；
- c) 短数据业务发起方可以要求接收方返回接收指示、已阅读指示等回执；
- d) 接收方应按要求返回回执。

6.2.3.2 群组短数据

群组短数据是指机载集群业务客户端向一个通信群组发送简短数据信息的通信方式。

群组短数据功能应满足以下要求：

- a) 支持组内客户端向组内其他客户端发送大小有限（不大于 1000 字节）的数据；
- b) 短数据类型支持文本信息、地理位置、控制指令、网址链接等形式；
- c) 短数据业务发起方可以要求接收方返回接收指示、已阅读指示等回执；
- d) 接收方应按要求返回回执。

6.2.3.3 点对点文件分发

点对点文件分发是指机载集群业务客户端之间发送多媒体文件的通信方式。

点对点文件分发功能应满足以下要求：

- a) 支持客户端与客户端之间进行文件传输；
- b) 支持传输的文件类型包括语音、图片、视频、文档等格式；
- c) 文件发送方可以要求接收方返回已下载指示等回执；
- d) 接收方应按要求返回回执。

6.2.3.4 群组文件分发

群组文件分发是指机载集群业务客户端向一个通信群组发送多媒体文件的通信方式。

群组文件分发功能应满足以下要求：

- a) 群组文件分发适用于一个组内客户端向组内其他客户端发起文件传输；
- b) 支持传输的文件类型包括语音、图片、视频、文档等格式；
- c) 支持文件发送方请求接收方返回“已下载”状态回执信息；
- d) 接收方应按要求返回回执。

6.2.4 位置业务

6.2.4.1 位置配置

位置配置是指服务器对机载集群业务客户端位置的自动上报策略管理与下发。

位置配置功能应满足以下要求：

- a) 支持管理和控制客户端位置信息上报策略，位置上报策略中指明位置上报触发条件，包含周期上报、位置信息变化超过阈值上报、切换小区上报等；
- b) 支持向已完成注册的机载集群业务客户端下发位置上报策略。

6.2.4.2 位置上报

客户端根据服务器下发的位置策略，在满足触发条件的情况下自动上报位置信息。

位置上报功能应满足以下要求：

- a) 位置采集支持北斗卫星导航定位；
- b) 机载集群业务客户端根据服务下发策略向平台发送位置信息；
- c) 支持多种上报模式，包括周期上报、时间触发上报、紧急模式下的高频上报等。

6.2.4.3 位置查询

位置查询是指授权客户端查询指定机载集群业务客户端位置信息，便于实时定位、跟踪与追溯。

位置查询功能应满足以下要求：

- a) 授权客户端可查询指定客户端位置信息，支持单次查询和持续跟踪；
- b) 授权客户端可查询指定客户端历史轨迹信息。

6.3 存储功能

6.3.1 业务呼叫记录

业务呼叫记录存储应满足以下要求：

- a) 支持呼叫详细记录的生成、存储、查询及备份功能；
- b) 呼叫记录至少应包括主叫号码、被叫号码、呼叫时间、通话时长等信息；
- c) 呼叫记录至少保存 6 个月。

6.3.2 业务数据记录

业务数据记录存储应满足以下要求：

- a) 支持所有呼叫的音视频录制功能；
- b) 录音录像文件支持标准格式存放，如 mp4 等；
- c) 支持短数据信息存储；
- d) 支持文件分发时的文件存储，为设备提供上传、下载功能；
- e) 支持根据条件查询业务数据记录；
- f) 支持在线调听、调看、下载录音/录像记录文件；
- g) 录音、录像、短数据、文件保存时长不低于 3 个月。

6.4 优先级管理

应支持不同的业务优先级，业务优先级范围为 0-15，15 为最高优先级。根据业务需要，默认优先级分配见附录 A。

6.5 互联互通

互联互通应满足以下包括：

- a) 应支持与其他 MC 系统的语音、视频、数据业务互联互通；
- b) 可支持与 PDT 系统的语音业务互联互通；
- c) 应支持不同厂家低空宽带集群通信平台与机载集群业务客户端的互联互通。

7 性能要求

7.1 平台容量要求

平台容量应满足以下要求：

- a) 支持的在线机载集群业务客户端数量 ≥ 10000 个；
- b) 支持的群组数量 ≥ 500 个；
- c) 单群组中最大机载集群业务客户端数量 ≥ 255 个；
- d) 并发呼叫数量 ≥ 1000 路。

7.2 业务处理性能

业务处理性能应满足以下要求：

- a) 指挥控制链路建立时延不大于 500ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- b) 指挥控制链路端到端数据传输时延不大于 300ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- c) 组呼呼叫建立时延不大于 300ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- d) 单呼呼叫建立时延不大于 1000ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- e) 端到端媒体传输时延不大于 300ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- f) 话权授权时延不大于 300ms 的概率 $\geq 95\%$ ；
- g) 呼叫接通率 $\geq 99\%$ 。

7.3 音视频处理性能

媒体处理性能应满足以下要求：

- a) 语音处理，编解码要求见附录 B.1；
- b) 视频处理，编解码要求见附录 B.2；

- c) 不同编码格式的网络带宽占用要求:
- 1) AMR-WB: <45 kbps;
 - 2) H. 264 (CIF) : <0.5 Mbps;
 - 3) H. 264 (4CIF) : <1 Mbps;
 - 4) H. 264 (1080p) : <4 Mbps;
 - 5) H. 264 (720p) : <2 Mbps;
 - 6) H. 265 (1080p) : <2.5 Mbps;
 - 7) H. 265 (720p) : <1.5 Mbps。

7.4 可靠性要求

可靠性应符合以下规定:

- a) 系统可用性 $\geq 99.999\%$;
- b) 系统 MTBF $\geq 50000\text{h}$;
- c) 系统 MTTR $\leq 1\text{h}$ 。

8 业务接口流程

8.1 认证授权

8.1.1 客户端认证

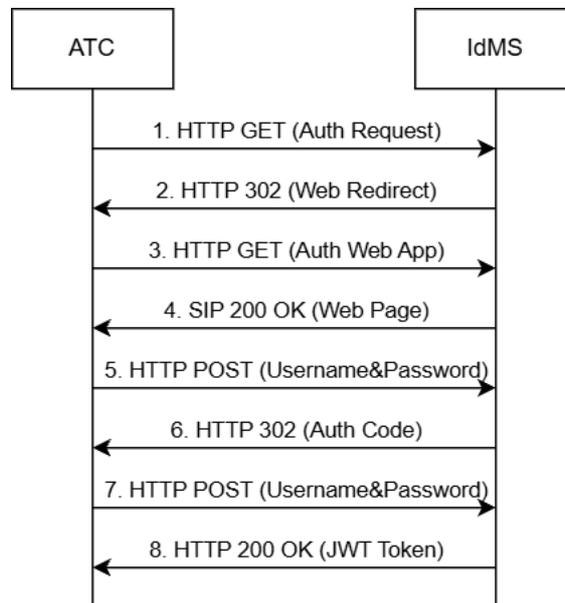


图2 客户端认证

机载集群业务客户端登录低空宽带集群通信平台，采用账号/密码方式完成身份认证，并获取授权令牌用于后续的服务访问控制。客户端认证见图2，认证流程包括以下内容：

- a) 客户端向身份管理服务 IdMS 发起认证请求；
- b) IdMS 根据认证方法，返回重定向消息；
- c) 客户端根据重定向信息，跳转至认证网页地址；
- d) IdMS 返回账号密码登录页面，客户端进行展示；
- e) 用户输入账号和密码信息，客户端提交账号密码表单；
- f) IdMS 校验账号密码，若验证通过，则返回 302 重定向响应并携带授权码；
- g) 客户端使用授权码向 IdMS 令牌服务发起令牌请求；
- h) IdMS 检查授权码有效性，生成并返回认证令牌。

8.1.2 客户端注册

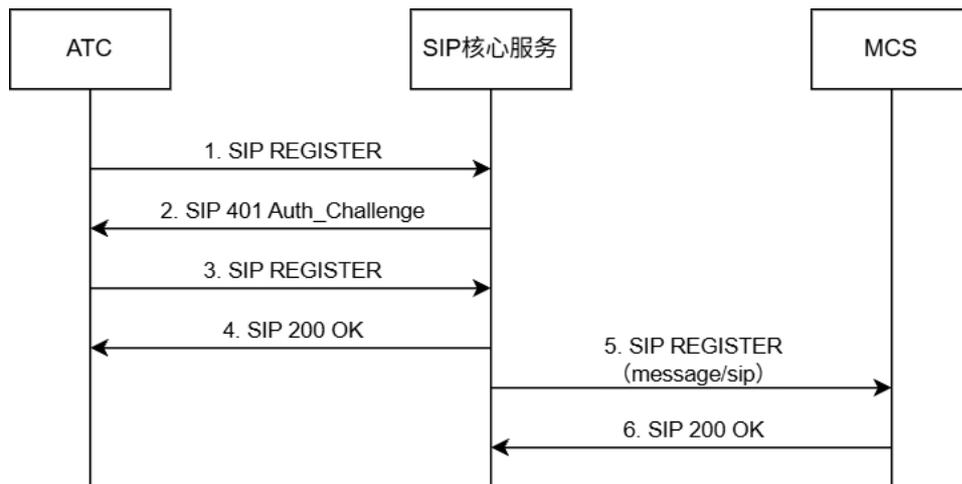


图3 客户端注册

机载集群业务客户端通过SIP DIGEST注册完成SIP核心服务认证，接入低空宽带集群通信平台。客户端注册见图三，注册流程包括以下内容：

- 客户端向SIP核心服务发起SIP REGISTER请求；
- SIP核心服务返回401 Unauthorized响应并携带挑战参数；
- 客户端根据挑战参数计算认证响应，再次发起SIP REGISTER请求；
- SIP核心服务校验认证响应，认证通过后返回SIP 200 OK响应，完成客户端注册；
- SIP核心服务基于步骤c中的SIP REGISTER请求，向MCS发起第三方SIP REGISTER请求；
- MCS记录客户端上线信息，并返回成功响应。

8.1.3 服务授权

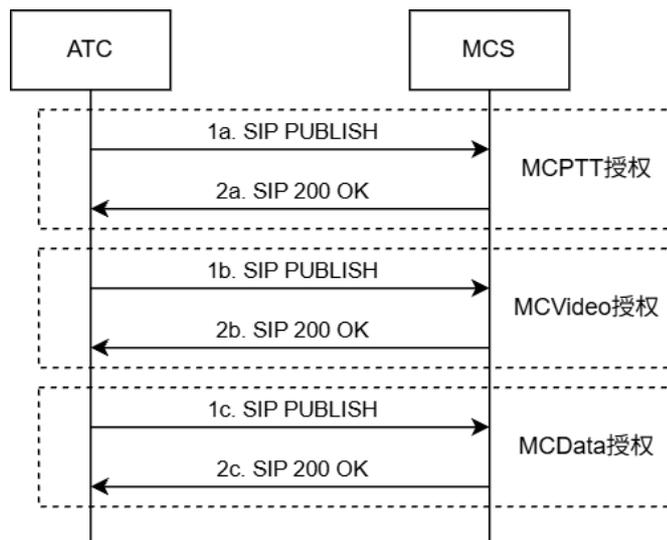


图4 MCPTT/MCVideo/MCDData 服务授权

机载集群业务客户端完成注册，在使用语音、视频和数据业务前需分别完成相应业务的授权。服务授权见图4，服务授权流程包括以下内容：

- 客户端根据自身类型与业务需求，分别发起MCPTT、MCVideo和MCDData授权，向MCS发送SIP PUBLISH消息，携带授权类型和授权令牌；
- MCS校验授权令牌有效后，返回SIP 200 OK响应，表示授权成功。

8.1.4 客户端注销

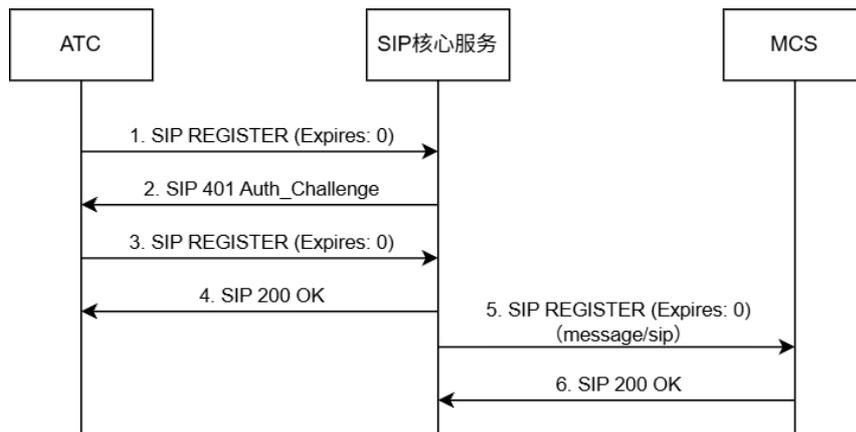


图 5 客户端注销

机载集群业务客户端退出登录，主动发起SIP注销。客户端注销见图5，注销流程包括以下内容：

- 客户端向 SIP 核心服务发送 SIP REGISTER 注销消息；
- SIP 核心服务返回 SIP 401 Unauthorized 响应并携带挑战参数；
- 客户端计算认证响应，再次发送 SIP REGISTER 注销请求；
- SIP 核心服务校验认证响应成功后，返回 200 OK 响应，表示注销完成；
- SIP 核心服务将步骤 3 中的 SIP REGISTER 消息封装在消息体中，发起第三方注册流程，向 MCS 转发 SIP REGISTER 请求以通知客户端下线；
- MCS 清空注册上下文，完成客户端注销过程。

8.2 业务配置

8.2.1 用户配置订阅

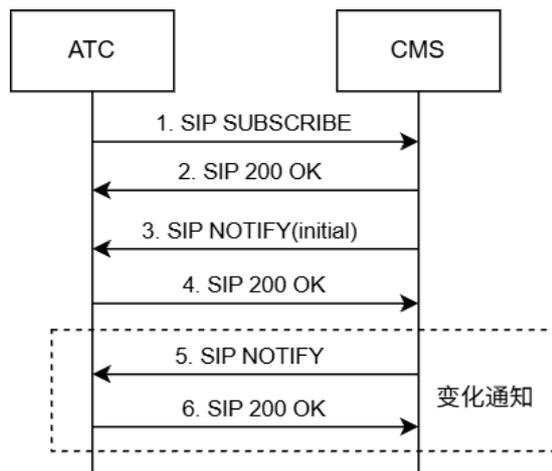


图 6 用户配置订阅

机载集群业务客户端登录认证完成后，应向配置管理服务CMS发起配置的订阅操作，订阅内容包括语音、视频、数据等配置。配置订阅完成后，如配置发生变化，CMS应主动通知订阅发起方客户端。用户配置订阅见图6，订阅流程包括以下内容：

- 客户端发送 SIP SUBSCRIBE 请求，指定语音、视频和数据配置文件路径，并携带授权令牌；
- CMS 接收 SIP SUBSCRIBE 请求并校验授权令牌，校验成功后返回订阅成功响应；
- CMS 发送初始 SIP NOTIFY 消息，携带各配置文件路径与版本信息；
- 客户端接收初始通知并返回确认响应，订阅会话建立完成；
- 当订阅的配置文件发生变化时，CMS 主动发送会话内 SIP NOTIFY 消息；
- 客户端接收通知，返回确认响应，并下载更新相关配置文件。

8.2.2 用户配置下载

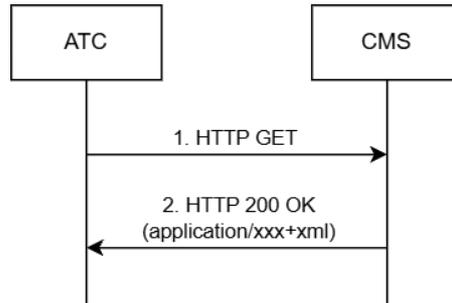


图7 配置下载

机载集群业务客户端主动获取语音、视频和数据业务的设备配置、用户配置及服务配置信息。用户配置下载见图7，下载流程包括以下内容：

- a) 客户端携带配置文件路径，向CMS发起HTTP GET请求；
- b) CMS找到路径匹配的配置文件，返回HTTP 200 OK并携带对应的配置XML文件。

8.2.3 群组配置订阅

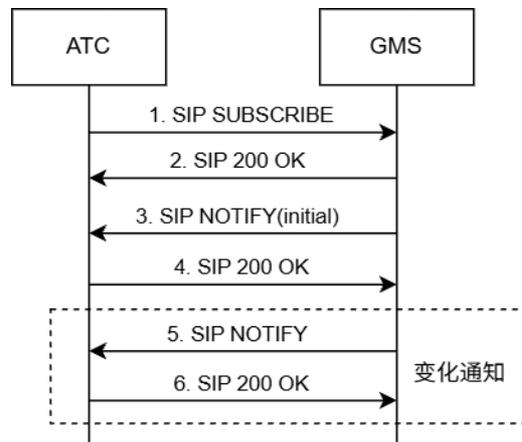


图8 群组配置订阅

机载集群业务客户端从用户配置中获得归属群组信息，向群组配置服务GMS发起群组配置文件订阅。群组配置订阅见图8，订阅流程包括以下内容：

- a) 客户端发送SIP SUBSCRIBE请求，指定需要订阅的群组配置文件路径，并携带授权令牌；
- b) GMS接收SIP SUBSCRIBE请求并校验授权令牌，校验成功后返回200 OK响应；
- c) GMS发送初始NOTIFY消息，携带订阅目标群组配置文件路径及文件版本；
- d) 客户端接收初始通知并返回200 OK响应，订阅会话建立完成；
- e) 当订阅的群组配置文件发生变化时，GMS主动发送会话内SIP NOTIFY通知；
- f) 客户端接收通知，返回确认响应，并下载更新相关群组配置文件。

8.2.4 群组配置下载

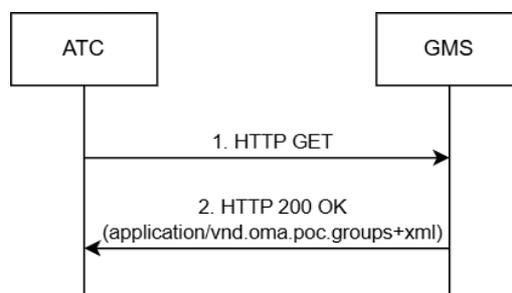


图9 群组配置下载

机载集群业务客户端主动下载群组配置，获取群组成员、权限配置等群组信息。群组配置下载见图9，下载流程包括以下内容：

- 客户端携带群组配置文件路径，向GMS发起HTTP GET请求；
- GMS找到路径匹配的群组配置文件，返回HTTP 200 OK并携带对应的群组配置XML文件。

8.3 指挥控制链路

8.3.1 指挥控制链路建立

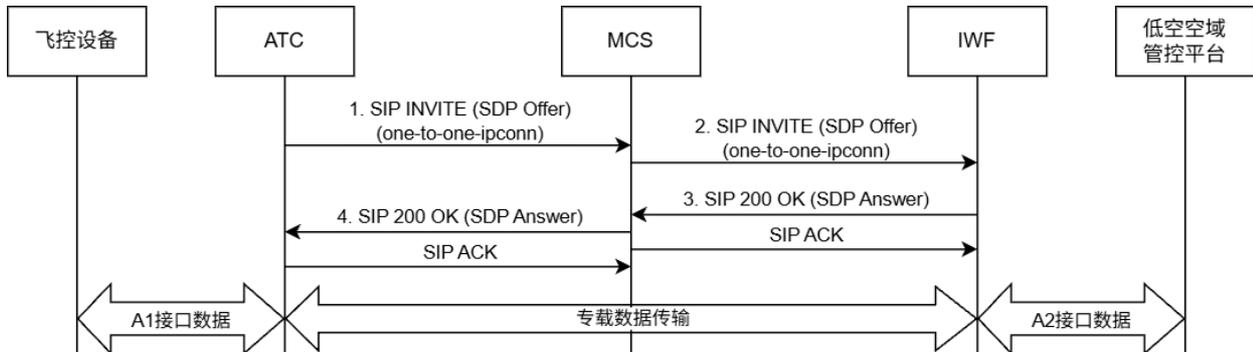


图10 指挥控制链路建立

机载集群业务客户端完成认证授权后，发起与低空空域管控平台间的指挥控制链路建立流程。指挥控制链路建立见图10，建立流程包括以下内容：

- 客户端发起指挥控制链路建立请求，向MCS发送SIP INVITE消息，携带低空空域管控平台标识以及隧道信息；
- MCS接收请求后识别为指挥控制链路建立流程，确定目标低空空域管控平台，并向IWF转发SIP INVITE消息，携带低空空域管控平台标识及MCS端隧道信息；
- IWF确认目标低空空域管控平台信息，向MCS返回SIP 200 OK响应，并携带IWF端隧道信息；
- MCS将SIP 200 OK响应转发给客户端，同时通过N5接口根据优先级和隧道两端信息完成专用承载建立；
- 客户端与IWF完成隧道建立，MCS作为中间转发节点完成隧道数据包转发；飞控设备通过A1接口与机载集群业务客户端交互，低空空域管控平台通过A2接口与IWF交互，控制指令、状态数据等在两者之间通过指挥控制链路完成传输保障。

8.3.2 指挥控制链路释放

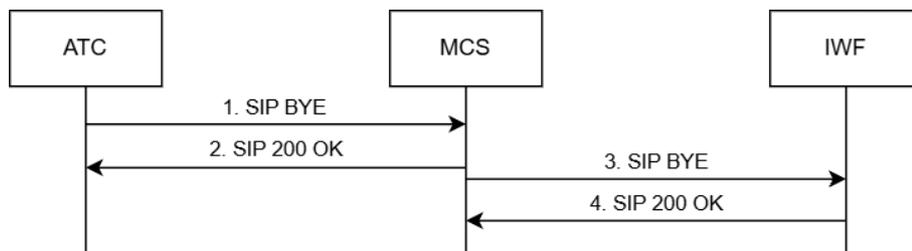


图11 指挥控制链路释放

机载集群业务客户端建立指挥控制链路后，可主动发起释放流程。指挥控制链路释放见图11，释放流程包括以下内容：

- 客户端发起指挥控制链路释放，向MCS发送SIP BYE请求，释放指定指挥控制链路会话；
- MCS接收指挥控制链路会话释放请求，释放链路资源，并向客户端返回SIP 200 OK响应；
- MCS主动释放与IWF间的指挥控制链路会话，向IWF发送SIP BYE请求；
- IWF接收指挥控制链路会话释放请求，释放链路资源，并返回SIP 200 OK响应。

8.4 群组附着

8.4.1 附着状态订阅

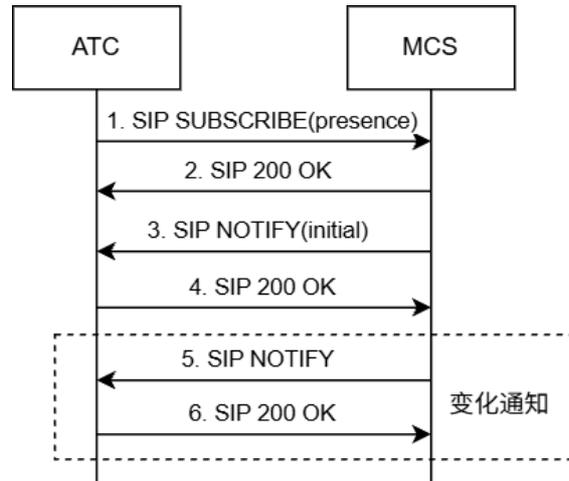


图 12 附着状态订阅

机载集群业务客户端可根据自身业务功能需要，对语音、视频、数据业务的群组附着状态发起订阅。附着状态订阅见图12，订阅流程包括以下内容：

- 客户端向MCS发送SIP SUBSCRIBE请求，订阅语音、视频、视频业务的群组附着状态；
- MCS接收订阅请求并校验成功后，返回SIP 200 OK响应；
- MCS向客户端发送SIP NOTIFY初始通知消息，携带该客户端的群组附着状态信息；
- 客户端接收初始通知并返回SIP 200 OK响应，订阅会话建立完成；
- 当客户端的群组附着状态发生变化时，MCS向客户端发送会话内SIP NOTIFY通知消息；
- 客户端接收通知并返回响应，更新本地的群组附着状态。

8.4.2 群组附着更新

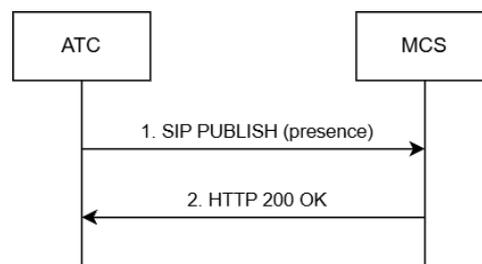


图 13 群组附着更新

当机载集群业务客户端进行语音、视频、数据的群组附着或取消附着时，执行群组附着更新流程。群组附着更新见图13，更新流程包括以下内容：

- 客户端向MCS发送SIP PUBLISH消息，携带全量群组附着信息；
- MCS更新群组附着信息，并返回SIP 200 OK响应。

8.5 语音功能

8.5.1 语音单呼建立

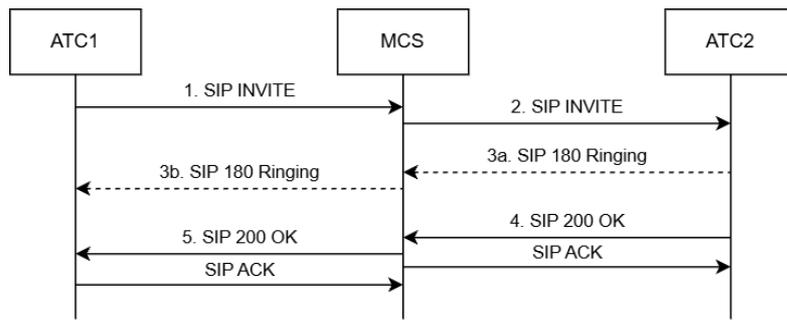


图 14 语音单呼建立

机载集群业务客户端指定被叫客户端，发起语音单呼建立流程。语音单呼建立见图14，建立流程包括以下内容：

- 主叫方客户端向 MCS 发送 SIP INVITE 消息以发起语音单呼会话建立，携带被叫信息、媒体协商参数、紧急标识等；
- MCS 校验主被叫权限及服务配置，校验通过后向被叫方发送 SIP INVITE 请求；
- 被叫方客户端根据自身接听策略判断是否为手动接听模式，如为手动接听，则返回 SIP 180 Ringing 响应；主叫客户端收到 SIP 180 Ringing 响应后提示振铃中；
- 被叫方客户端接听后，返回 SIP 200 OK 响应，并携带媒体协商参数；
- MCS 接收到被叫成功接入信息后，向主叫客户端返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成主叫会话接入。

8.5.2 语音单呼释放

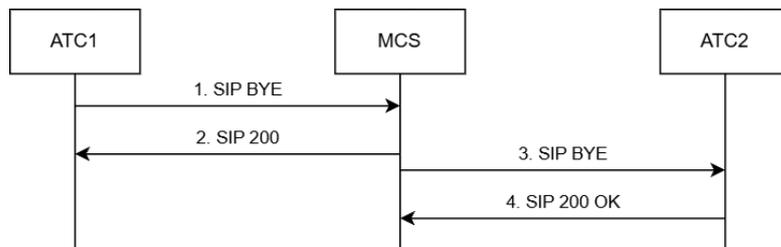


图 15 语音单呼释放

语音单呼呼叫过程中，单呼双方任意一方主动挂断，即进行语音单呼释放。

语音单呼释放见图15，单呼建立完成后，任意一方发送SIP BYE消息挂断会话，MCS结束呼叫，并向另一方发送SIP BYE结束会话。

8.5.3 语音组呼建立

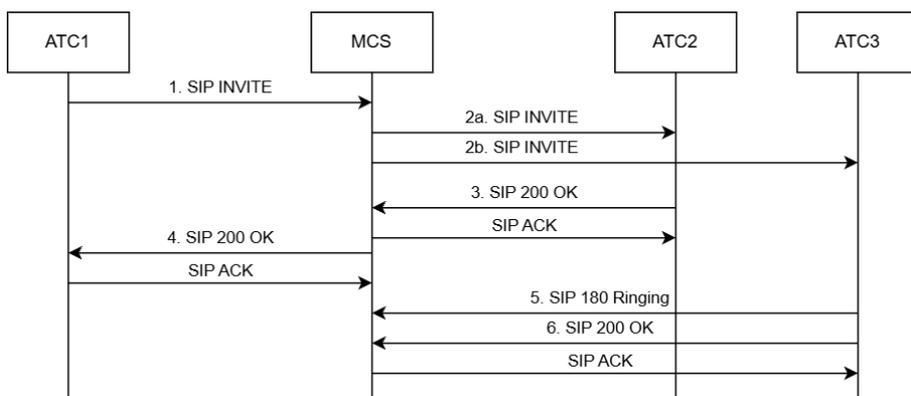


图 16 语音组呼建立

在无激活呼叫场景下，机载集群业务客户端可通过PTT按键向所选择的附着群组发起语音组呼。语音组呼建立见图16，建立流程包括以下内容：

- a) 主叫客户端发起语音组呼，向MCS发送SIP INVITE请求，携带目标群组ID、媒体协商参数、紧急标识等；
- b) MCS收到组呼请求后，校验主叫权限及服务配置，通过校验后向所有附着该群组的成员发送SIP INVITE请求，邀请组成员接入组呼；
- c) 自动应答的客户端直接返回200 OK响应，携带媒体协商参数，完成组呼接入；
- d) MCS判断接入成员以满足起呼最小成员数，则向主叫返回SIP 200 OK响应，携带媒体协商参数，通知组呼建立成功；
- e) 手动应答的客户端收到组呼邀请后，振铃通知，并返回SIP 180 Ringing响应；
- f) 接听呼叫后返回SIP 200 OK响应，携带媒体协商参数，完成组呼接入。

注：客户端1、客户端2和客户端3为群组成员且已附着群组；客户端2为自动接听模式、客户端3为手动接听模式；目标群组起呼最小成员数为2。

8.5.4 语音组呼状态订阅

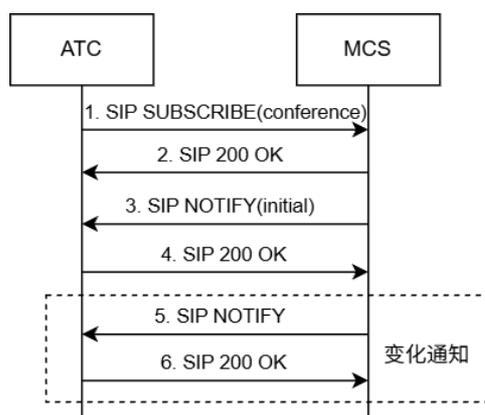


图 17 语音组呼状态订阅

组呼建立成功后，参与方机载集群业务客户端可通过组呼状态订阅获取组呼参与方及其状态信息。语音组呼状态订阅见图17，订阅流程包括以下内容：

- a) 语音组呼会话建立成功后，客户端可对目标组呼发起组呼状态订阅，向MCS发送SIP SUBSCRIBE请求，携带群组ID、会话ID等信息；
- b) MCS接收订阅请求后，返回SIP 200 OK响应；
- c) MCS生成初始通知，通过SIP NOTIFY携带全部组呼参与成员及其状态信息通知客户端；
- d) 客户端接收初始通知后返回200 OK响应，订阅会话建立完成；
- e) 后续组呼参与成员状态发生变化，MCS通过SIP NOTIFY消息通知订阅方；
- f) 客户端接收通知并返回响应，更新本地的组呼参与成员状态信息。

8.5.5 语音组呼迟后接入

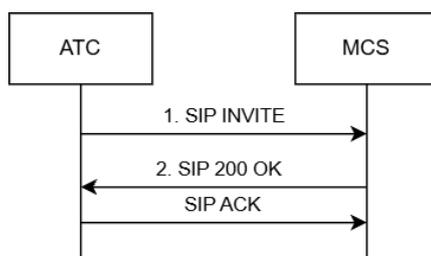


图 18 语音组呼迟后接入

对于已建立的语音组呼，平台支持未参与的机载集群业务客户端在组呼过程中迟后接入。语音组呼迟后接入见图18，迟后接入流程包括以下内容：

- a) 客户端发起语音组呼请求，向 MCS 发送 SIP INVITE 消息，携带目标群组 ID 及媒体协商参数；
- b) MCS 检测该群组已有正在进行的呼叫，并进行权限与服务配置校验，校验通过后返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成迟后接入。

8.5.6 语音组呼释放

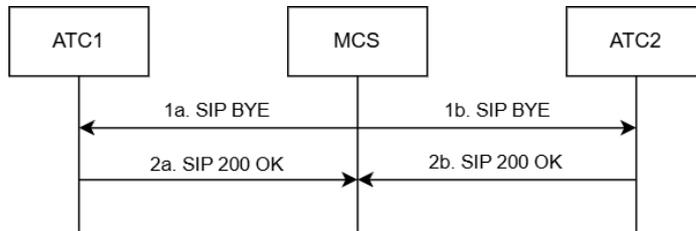


图 19 语音组呼释放

MCS判断满足组呼释放条件，向组呼中的成员发送SIP BYE请求结束组呼。

语音组呼释放见图19，语音组呼释放场景包括：

- a) 主叫主动退出呼叫；
- b) 非激活定时器超时；
- c) 调度客户端强拆呼叫。

8.5.7 话权控制

8.5.7.1 话权申请

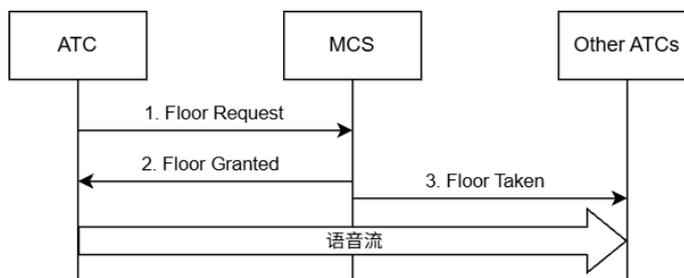


图 20 话权申请

机载集群业务客户端已加入半双工呼叫，发起话权申请，获得语音发送权限。话权申请见图20，申请流程包括以下内容：

- a) 当话权空闲时，客户端发送话权申请；
- b) MCS 检测到当前话权空闲，向申请客户端返回话权授予消息；
- c) MCS 向除申请方之外的其他组呼参与客户端发送话权占用通知消息，告知话权被占用，并转发申请方的语音媒体流；其他客户端显示讲话方信息并播放语音媒体流。

8.5.7.2 话权抢占

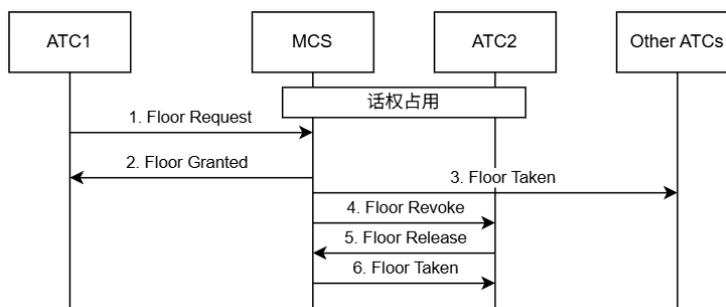


图 21 话权抢占

机载集群业务客户端已加入半双工呼叫，发起话权申请，抢占其他客户端话权。话权抢占见图21，抢占流程包括以下内容：

- 当话权已被占用时，客户端 1 发送话权申请；
 - MCS 检测话权占用情况，比较申请方与当前话权方的优先级：若申请方优先级不高于当前话权方，则直接返回话权拒绝消息；若申请方优先级高于当前话权方，则执行话权抢占，MCS 变更话权占用方，向申请客户端返回话权授予消息；
 - MCS 向除发起方客户端 1 和前话权占用方客户端 2 之外的其他组呼客户端发送话权占用通知，告知话权已变更；
 - MCS 向前话权占用方客户端 2 发送话权撤销消息，通知其话权已被撤销；
 - 客户端 2 收到撤销消息后，发送话权释放消息；
 - MCS 收到释放消息后确认撤销成功，通过话权占用通知消息通知客户端 2 话权占用方信息。
- 注：呼叫中话权已被机载集群业务客户端2占用，客户端1的优先级高于客户端2。

8.5.7.3 话权释放

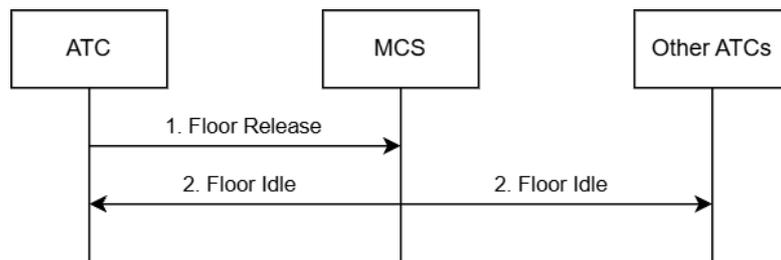


图 22 话权释放

机载集群业务客户端已获得话权申请，语音发送结束后主动释放话权。话权释放见图22，释放流程包括以下内容：

- 机载集群业务客户端发送话权释放消息，主动释放话权并停止语音发送；
- MCS 释放该客户端的话权，进入话权空闲状态，并向呼叫中所有参与方发送话权空闲消息。

8.6 视频功能

8.6.1 视频单呼建立

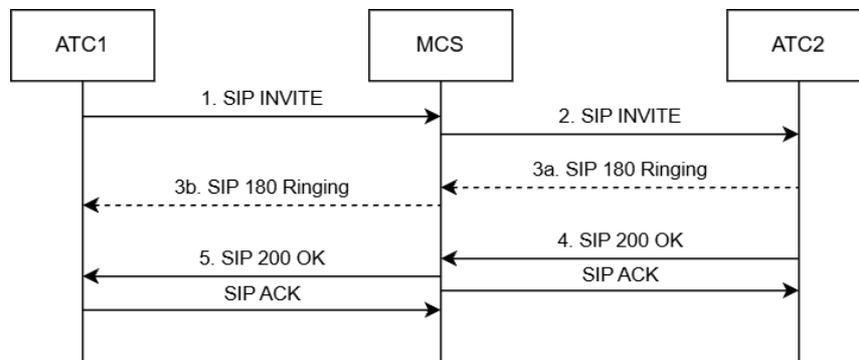


图 23 视频单呼建立

机载集群业务客户端指定被叫客户端，发起视频单呼建立流程，开始双向音视频通信。视频单呼建立见图23，建立流程包括以下内容：

- 主叫客户端向 MCS 发送 SIP INVITE 消息以发起视频单呼会话建立，携带被叫方信息、媒体协商参数、紧急标识等；
- MCS 校验主被叫权限及视频服务配置，校验通过后向被叫方发送 SIP INVITE 请求；
- 被叫方客户端根据自身接听策略判断是否为手动接听模式，如为手动接听，则返回 SIP 180 Ringing 响应；主叫客户端收到 SIP 180 Ringing 响应后提示振铃中；

- d) 被叫方客户端接听视频单呼后，返回 SIP 200 OK 响应，并携带媒体协商参数；
- e) MCS 接收到被叫成功接入信息后，向主叫客户端返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成主叫视频单呼会话接入。

8.6.2 视频上拉

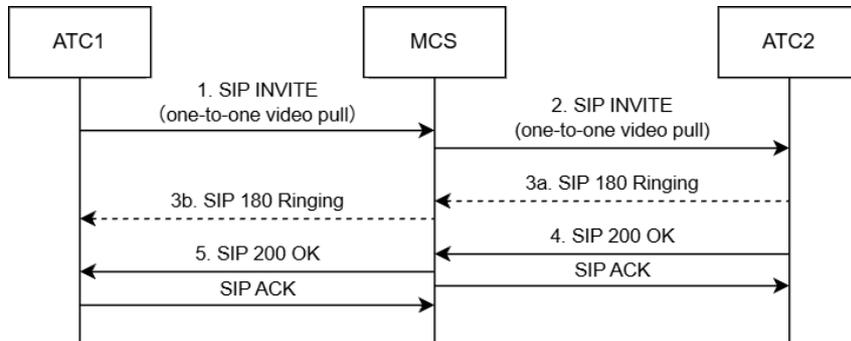


图 24 视频上拉

机载集群业务客户端指定目标客户端，发起视频上拉流程，接收被叫客户端实时视频流。视频上拉见图24，与视频单呼流程一致，被叫客户端上传视频流，主叫客户端接收视频流。

8.6.3 视频推送

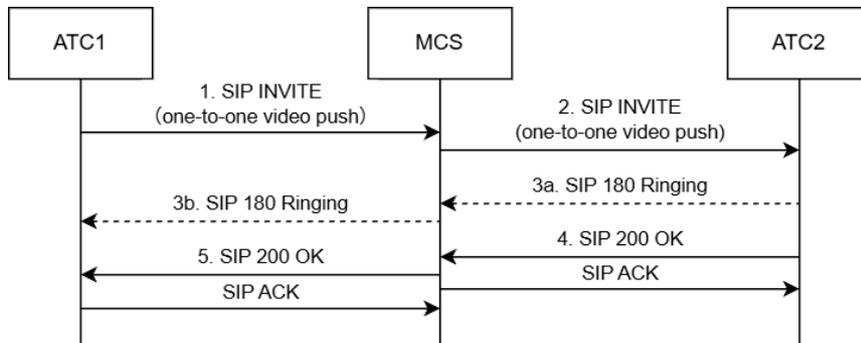


图 25 视频推送

机载集群业务客户端指定目标客户端，发起视频推送流程，向被叫客户端发送视频流。视频推送见图25，与视频单呼流程一致，主叫客户端上传视频流，被叫客户端接收视频流。

8.6.4 视频单呼释放

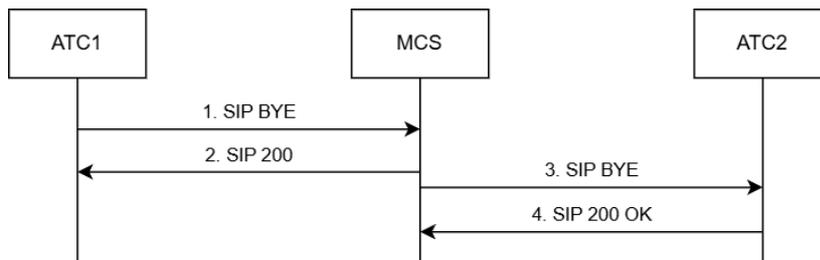


图 26 视频单呼释放

视频单呼/上拉/推送过程中，呼叫双方任意一方主动挂断，即进行呼叫释放流程。

视频单呼释放见图26，呼叫建立完成后，任意一方发送SIP BYE消息挂断会话，MCS结束呼叫，并向另一方发送SIP BYE结束会话。

8.6.5 视频组呼建立

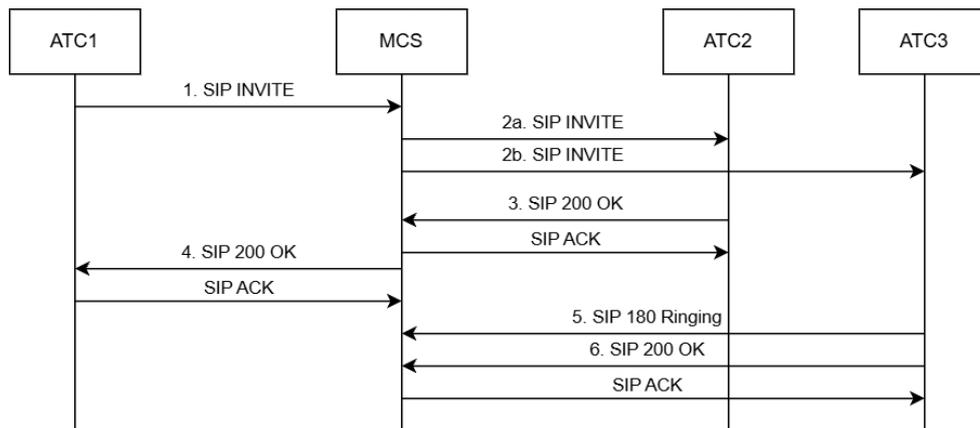


图 27 视频组呼建立

机载集群业务客户端向所选择的附着群组发起视频组呼。视频组呼建立见图27，建立流程包括以下内容：

- 主叫客户端发起视频组呼，向 MCS 发送 SIP INVITE 请求，携带目标群组 ID、媒体协商参数、紧急标识等；
- MCS 收到视频组呼请求后，校验主叫权限及视频服务配置，通过校验后向所有附着该群组的成员发送 SIP INVITE 请求，邀请组成员接入视频组呼；
- 自动应答的客户端直接返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成视频组呼接入；
- MCS 判断接入成员以满足起呼最小成员数，则向主叫返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，通知视频组呼建立成功；
- 手动应答的客户端收到视频组呼邀请后，振铃通知，并返回 SIP 180 Ringing 响应；
- 接听呼叫后返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成视频组呼接入。

注：机载集群业务客户端1、客户端2和客户端3为群组成员且已附着群组；客户端2为自动接听模式、客户端3为手动接听模式；目标群组起呼最小成员数为2。

8.6.6 视频组呼状态订阅

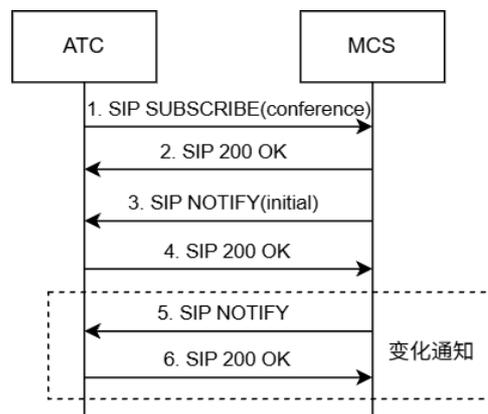


图 28 视频组呼状态订阅

视频组呼建立成功后，参与方机载集群业务客户端可通过视频组呼状态订阅获取视频组呼参与方及其状态信息。视频组呼状态订见图28，订阅流程包括以下内容：

- 视频组呼会话建立成功后，客户端可对目标视频组呼发起视频组呼状态订阅，向 MCS 发送 SIP SUBSCRIBE 请求，携带群组 ID、会话 ID 等信息；
- MCS 接收订阅请求，返回 SIP 200 OK 响应；
- MCS 生成初始通知，通过 SIP NOTIFY 携带视频组呼全部参与成员及其状态信息通知客户端；
- 客户端接收初始通知后返回 200 OK 响应，订阅会话建立完成；
- 后续视频组呼参与成员状态发生变化，MCS 通过 SIP NOTIFY 消息通知订阅方；

f) 客户端接收通知并返回响应，更新本地的视频组呼参与成员状态信息。

8.6.7 视频组呼迟后接入

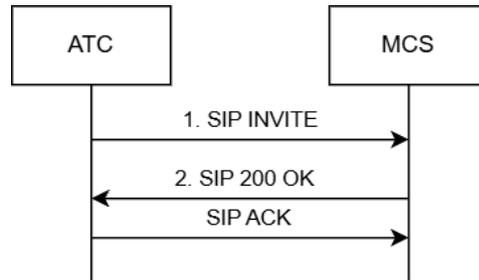


图 29 视频组呼迟后接入

对于已建立的视频组呼，平台支持未参与的机载集群业务客户端在视频组呼过程中迟后接入。视频组呼迟后接入见图29，迟后接入流程包括以下内容：

- a) 客户端发起视频组呼起呼请求，向 MCS 发送 SIP INVITE 消息，携带目标群组 ID 及媒体协商参数；
- b) MCS 检测该群组已有正在进行的视频呼叫，并进行权限与视频服务配置校验，校验通过后返回 SIP 200 OK 响应，携带媒体协商参数，完成迟后接入。

8.6.8 视频组呼释放

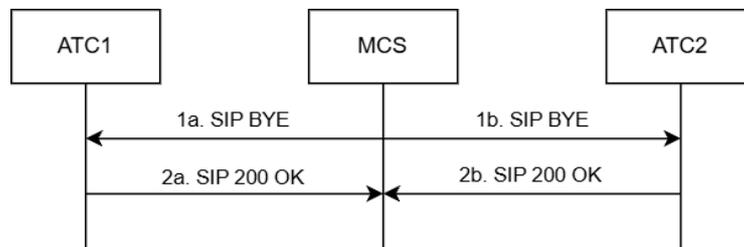


图 30 视频组呼释放

MCS判断满足视频组呼释放条件，向视频组呼中的成员发送SIP BYE请求结束组呼。视频组呼释放见图30，视频组呼释放场景包括：

- a) 主叫主动退出呼叫；
- b) 非激活定时器超时；
- c) 调度客户端强拆呼叫。

8.6.9 传输控制

8.6.9.1 传输申请

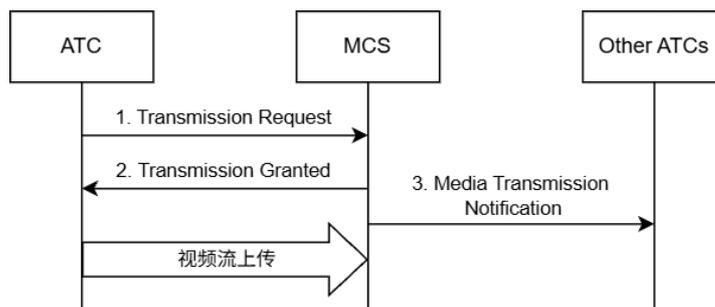


图 31 传输申请

机载集群业务客户端已加入视频组呼，发起传输申请，获得视频传输权限。传输申请见图31，申请流程包括以下内容：

- 机载集群业务客户端发送传输申请请求；
- MCS 接收传输申请，判断当前传输并发数量未达上限，向客户端返回传输授权消息；
- MCS 向视频组呼中的其他成员客户端发送媒体传输通知消息。

注：视频组呼传输并发数量并未达上限

8.6.9.2 传输抢占

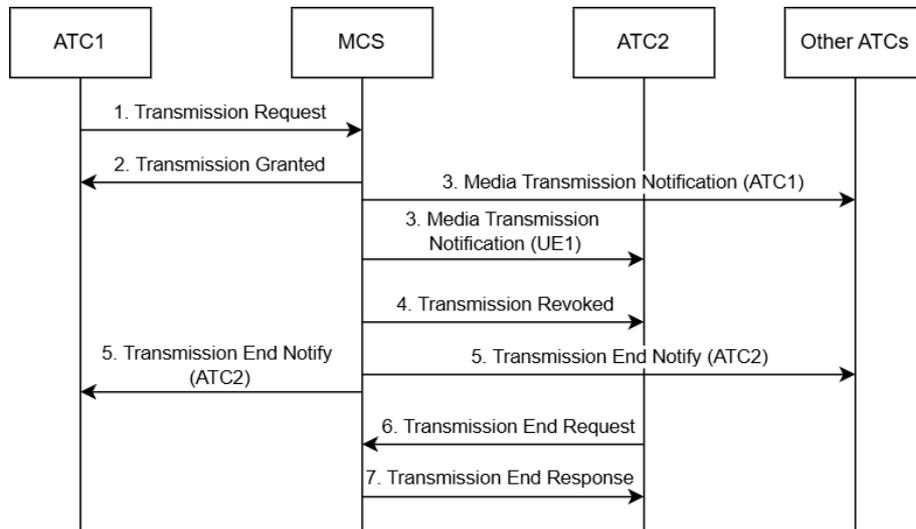


图 32 传输抢占

机载集群业务客户端已加入视频组呼，发起传输申请，抢占其他客户端视频传输权限。传输抢占见图32，抢占流程包括以下内容：

- 机载集群业务客户端发送传输申请请求；
- MCS 检查传输并发已达上限，比较当前传输客户端列表中客户端与申请方客户端的优先级，如所有传输客户端优先级均不低于申请方，则返回传输拒绝消息；如存在优先级低于申请方的传输客户端，则发生传输抢占，MCS 向申请方返回已授权消息；
- MCS 通过媒体传输通知消息通知除发起方外其他客户端，发起方获得传输权限；
- MCS 撤销传输客户端列表中优先级最低的客户端，向其发送传输撤销消息；
- MCS 向除被撤销方之外的其他客户端发送传输结束通知，通知其他客户端被撤销方已结束传输；
- 被撤销方客户端接收传输撤销消息，发送传输结束请求；
- MCS 确认后返回传输结束响应，撤销流程完成。

注：视频组呼传输并发已达上限，且存在优先级低于申请方的传输客户端

8.6.9.3 传输结束

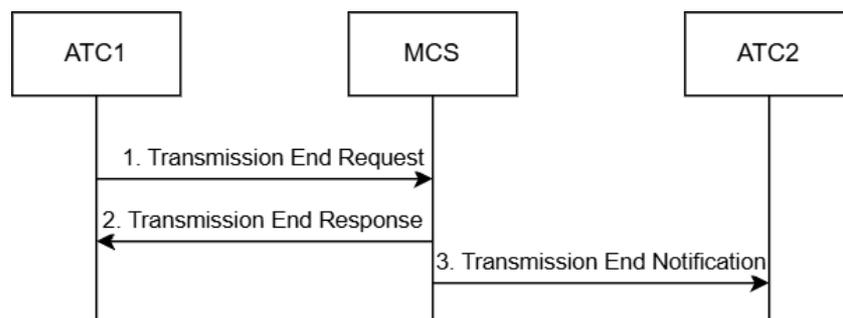


图 33 传输结束

机载集群业务客户端已获得视频传输权限，视频传输结束后主动结束传输。传输结束见图33，结束流程包括以下内容：

- a) 机载集群客户端结束视频传输，发送传输结束请求；
- b) MCS 接收传输结束申请，向客户端返回传输结束响应；
- c) MCS 向其他在视频组呼中的客户端发送传输结束通知，发起方已结束视频传输。

8.6.10 接收控制

8.6.10.1 接收申请

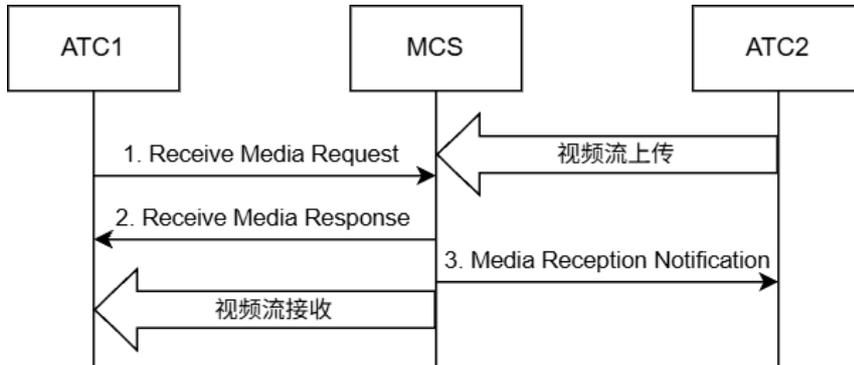


图 34 接收申请

机载集群业务客户端已加入视频组呼，发起接收申请，请求获得目标客户端所传输的视频流。接收申请见图34，申请流程包括以下内容：

- a) 机载集群业务客户端 2 正在视频传输中，客户端 1 请求接收客户端 2 的视频流，向 MCS 发送媒体接收请求；
- b) MCS 接收请求并返回成功响应，将客户端 2 的视频流转发至客户端 1；
- c) MCS 向客户端 2 发送媒体接收通知，通知其上传的视频流正在被客户端 1 接收。

8.6.10.2 接收结束

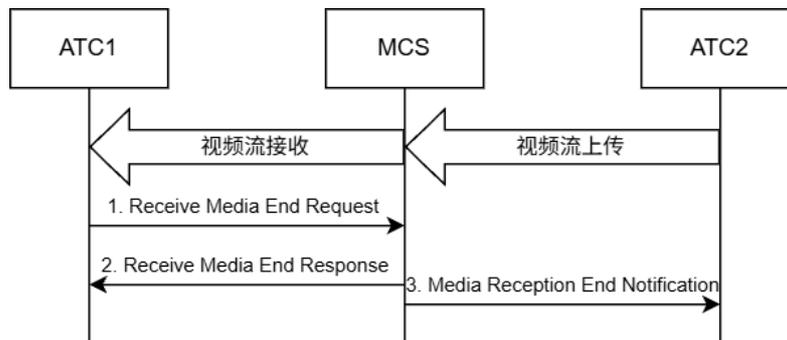


图 35 接收结束

机载集群业务客户端已获得接收权限并播放视频流，观看结束后主动结束接收。接收结束见图35，结束流程包括以下内容：

- a) 机载集群业务客户端 1 请求停止接收客户端 2 的视频流，向 MCS 发送结束媒体接收请求；
- b) MCS 接收请求并向客户端 1 返回成功响应，停止向客户端 1 转发视频流；
- c) MCS 向客户端 2 发送媒体接收结束通知，通知其客户端 1 已结束接收视频流。

8.7 数据功能

8.7.1 点对点短数据

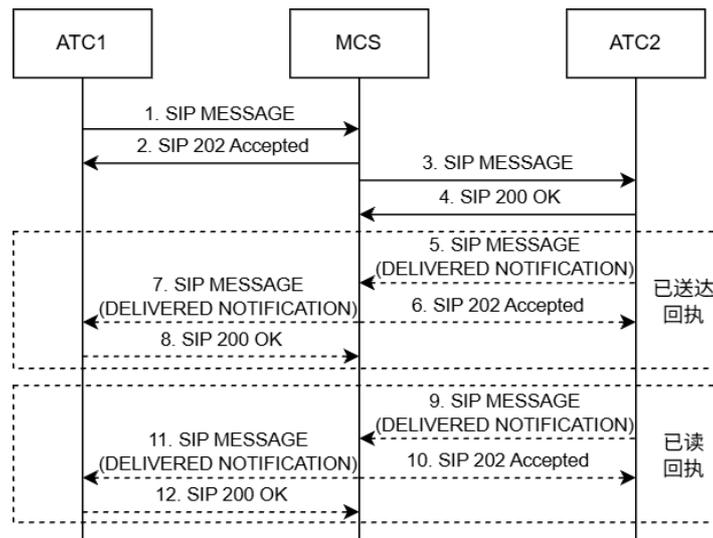


图 36 点对点短数据

机载集群业务客户端可选择对其他客户端发送点对点短数据，支持送达回执和已读回执机制。点对点数据见图36，点对点数据传输流程包括以下内容：

- a) 发起方客户端 1 通过 SIP MESSAGE 向 MCS 发送点对点短数据，携带消息内容、消息类型、目标用户 ID 等信息；
- b) MCS 收到消息后，向客户端 1 返回 SIP 202 Accepted 响应，表示短数据已接收；
- c) MCS 向目标客户端 2 转发 SIP MESSAGE 消息；
- d) 客户端 2 接收短数据并提示用户，同时向 MCS 返回 SIP 200 OK 响应；
- e) 若消息包含已送达回执要求，客户端 2 在接收后向 MCS 发送 SIP MESSAGE 已送达回执；
- f) MCS 收到回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- g) MCS 根据回执要求向目标客户端转发已送达回执消息；
- h) 客户端 1 收到已送达回执后更新消息状态，提示用户消息已送达；
- i) 若消息包含已读回执要求，客户端 2 用户打开短数据后向 MCS 发送已读回执；
- j) MCS 收到回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- k) MCS 根据回执要求向目标客户端转发已读回执消息；
- l) 客户端 1 收到已读回执后更新消息状态，提示用户消息已读。

8.7.2 群组短数据

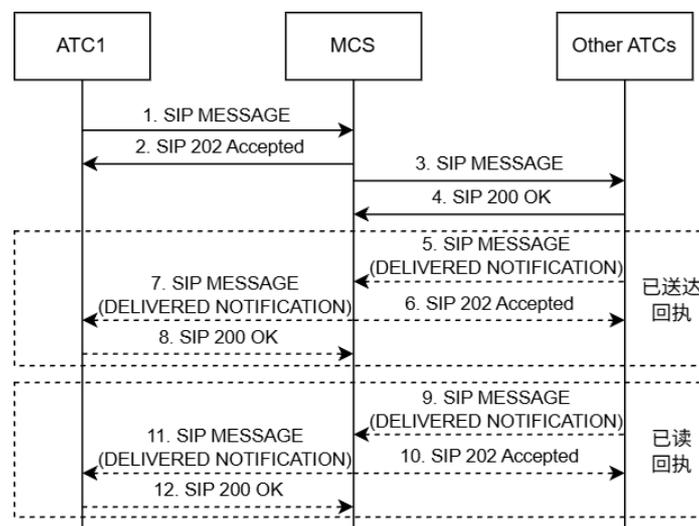


图 37 群组短数据

机载集群业务客户端可选择目标群组发送短数据，支持送达回执和已读回执机制。群组短数据见图 37，群组短数据传输流程包括以下内容：

- a) 客户端 1 向 MCS 发送 SIP MESSAGE，携带消息内容、消息类型及目标群组 ID 等信息；
- b) MCS 收到消息后，向客户端 1 返回 SIP 202 Accepted 响应，表示群组短数据已接收；
- c) MCS 向目标群组的所有附着客户端转发 SIP MESSAGE 消息；
- d) 群组成员客户端接收短数据并提示用户，同时返回 SIP 200 OK 响应；
- e) 若消息包含已送达回执要求，群组成员客户端接收后向 MCS 发送 SIP MESSAGE 已送达回执；
- f) MCS 收到回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- g) MCS 根据回执要求向目标客户端转发已送达回执消息；
- h) 客户端 1 收到已送达回执后更新消息状态，提示用户消息已送达对应的群组成员；
- i) 若消息包含已读回执要求，群组成员用户打开短数据后，客户端向 MCS 发送已读回执；
- j) MCS 收到回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- k) MCS 根据回执要求向目标客户端转发已读回执消息；
- l) 客户端 1 收到已读回执后更新消息状态，提示用户消息已被相应的群组成员读取。

8.7.3 点对点文件分发

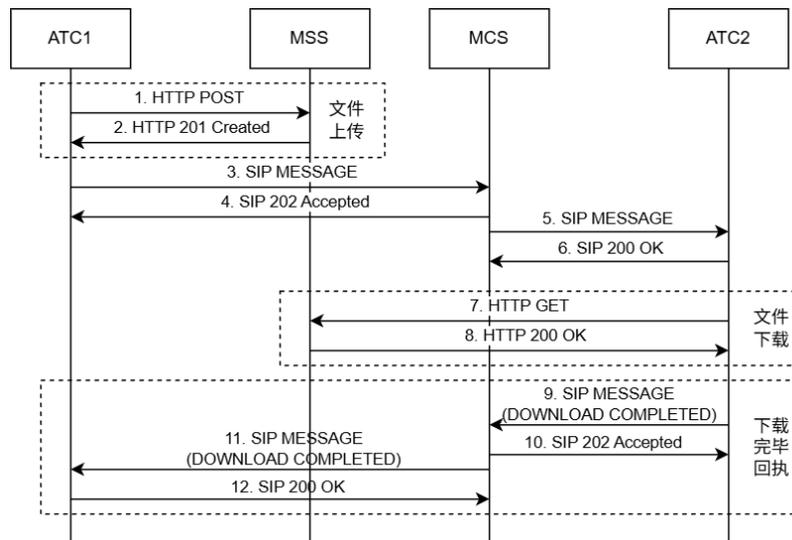


图 38 点对点文件分发

机载集群业务客户端可选择目标客户端进行文件分发。点对点文件分发见图 38，分发流程包括以下内容：

- a) 发送方客户端发起文件分发，首先向 MSS 发送 HTTP POST 请求上传文件；
- b) MSS 接收并存储文件，返回 HTTP 201 Created 响应并携带文件下载路径；
- c) 发送方客户端通过 SIP MESSAGE 向 MCS 发送点对点文件分发请求，携带目标用户 ID、文件下载路径及文件元数据信息；
- d) MCS 收到请求后，向发送方返回 SIP 202 Accepted 响应，表示文件分发请求已受理；
- e) MCS 向目标客户端转发 SIP MESSAGE 文件分发消息；
- f) 目标客户端接收文件分发通知，提示用户有新消息，并返回 SIP 200 OK 响应；
- g) 用户触发下载操作，客户端根据文件下载路径向 MSS 发起文件下载请求；
- h) MSS 返回文件数据流，客户端完成文件本地存储；
- i) 若文件分发包含已下载回执要求，客户端 2 下载完成后向 MCS 发送 SIP MESSAGE 已下载回执；
- j) MCS 收到已下载回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- k) MCS 根据已下载回执要求向目标客户端转发回执消息；
- l) 发送方客户端 1 接收回执后更新状态，提示用户文件已被目标客户端下载。

8.7.4 群组文件分发

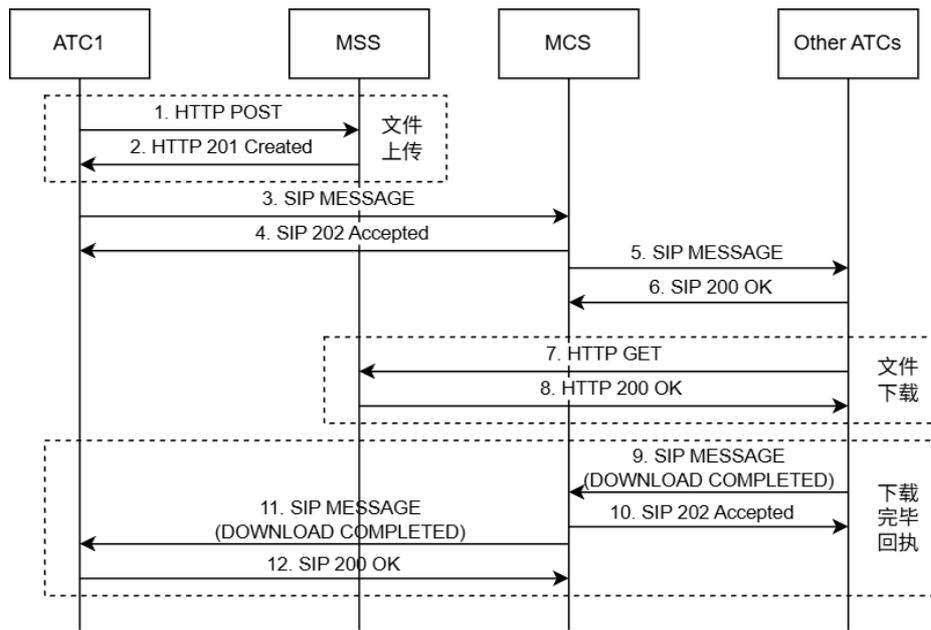


图 39 群组文件分发

机载集群业务客户端可选择目标群组进行文件分发。群组文件分发见图39，分发流程包括以下内容：

- 发送方客户端发起文件分发，首先向 MSS 发送 HTTP POST 请求上传文件；
- MSS 接收并存储文件，返回 HTTP 201 Created 响应并携带文件下载路径；
- 发送方客户端通过 SIP MESSAGE 向 MCS 发送群组文件分发请求，携带群组 ID、文件下载路径及文件元数据信息；
- MCS 收到请求后，向发送方返回 SIP 202 Accepted 响应，表示文件分发请求已受理；
- MCS 向群组附着客户端转发 SIP MESSAGE 文件分发消息；
- 群组成员客户端接收文件分发通知，提示用户有新消息，并返回 SIP 200 OK 响应；
- 用户触发下载操作，客户端根据文件下载路径向 MSS 发起文件下载请求；
- MSS 返回文件数据流，客户端完成文件本地存储；
- 若文件分发包含已下载回执要求，客户端下载完成后向 MCS 发送 SIP MESSAGE 已下载回执；
- MCS 收到已下载回执消息回复 SIP 202 Accepted 响应；
- MCS 根据已下载回执要求向目标客户端转发回执消息；
- 发送方客户端 1 接收回执后更新状态，提示用户文件已被群组成员下载。

8.8 位置功能

8.8.1 位置配置下发

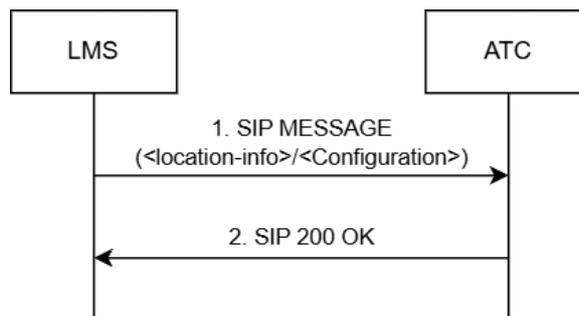


图 40 位置配置下发

机载集群业务客户端完成认证授权或其位置配置发生变更后，LMS将主动向客户端下发位置配置。位置配置下发见图40，位置配置下发流程包括以下内容：

- a) 认证授权完成或位置配置发生变更时，LMS 向目标客户端下发位置配置，内容包括位置上报参数及位置上报触发策略；
- b) 客户端接收位置配置后，更新本地位置上报策略，并根据配置要求执行后续位置信息上报。

8.8.2 客户端位置上报

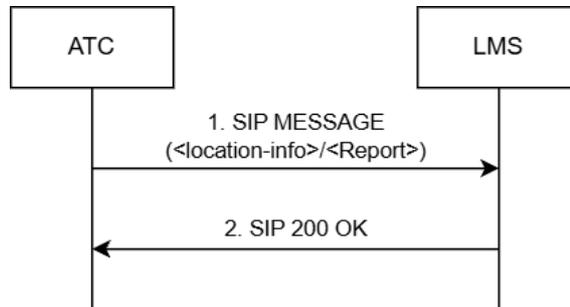


图 41 客户端位置上报

根据位置配置，机载集群业务客户端在满足触发条件时应自动进行位置上报。客户端位置上报见图 41，位置上报流程包括以下内容：

- a) 机载集群业务客户端根据位置配置中的触发条件，触发位置上报，向 LMS 发送 SIP MESSAGE 消息并携带位置信息；
- b) LMS 接收位置信息后，更新客户端实时位置记录，并返回 SIP 200 OK 响应。

8.8.3 客户端位置请求

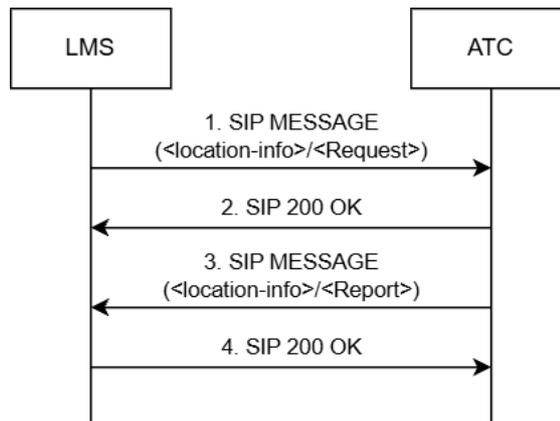


图 42 客户端位置请求

低空宽带集群通信平台需要立即更新客户端位置时，LMS 主动通知客户端进行位置上报。客户端位置请求见图 43，位置请求流程包括以下内容：

- a) LMS 向客户端发送 SIP MESSAGE 消息，请求其立即上报位置；
- b) 客户端收到消息后回复 SIP 200 OK，确认已接收位置请求；
- c) 客户端立即执行位置上报，上报内容应符合位置配置要求，向服务器发送 SIP MESSAGE 消息并携带位置信息消息体；
- d) 服务器收到位置信息后，更新实时位置记录，并返回 SIP 200 OK 响应。

8.9 专用承载管理

8.9.1 5G 网络专用承载建立

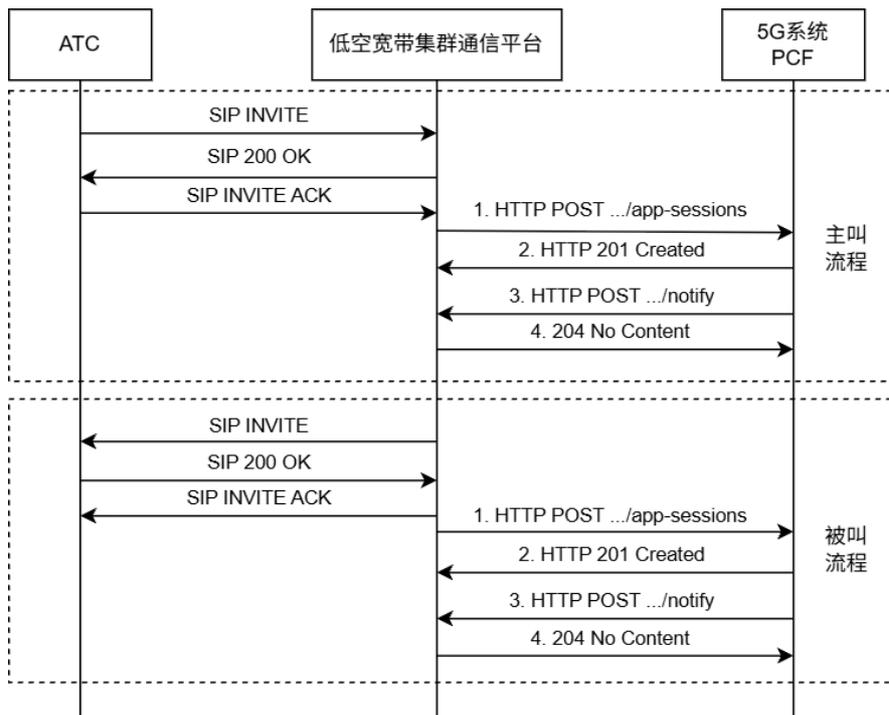


图 43 5G 网络专用承载建立

在指挥控制链路、语音单呼、语音组呼、视频单呼、视频组呼建立过程中，低空宽带集群通信平台通过N5接口与5G系统的PCF交互，完成机载集群业务客户端与低空宽带集群通信平台间数据传输链路的专用承载建立，以保障无线传输的服务质量。5G网络专用承载建立流程见图43，建立流程包括以下内容：

- 当呼叫控制面协商成功后，低空宽带集群通信平台通过 N5 接口向 5G 系统 PCF 申请专用承载，携带媒体面地址及资源优先级等信息；
- 5G 系统 PCF 接收专用承载申请请求，并返回 HTTP 201 Created 响应；
- 5G 系统 PCF 专用承载建立成功后，向低空宽带集群通信平台发送 HTTP POST 专用承载建立完成通知；
- 低空宽带集群通信平台收到通知消息返回 HTTP 204 No Content 响应。

8.9.2 5G 网络专用承载释放

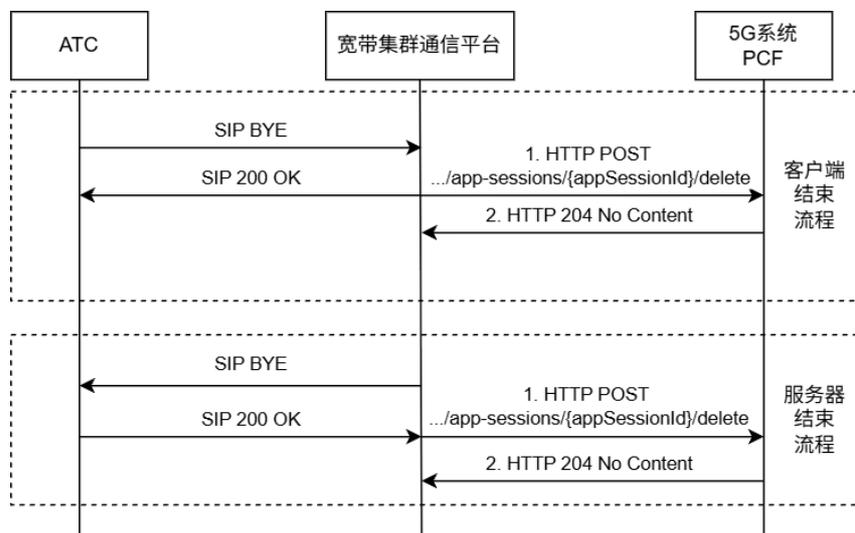


图 44 5G 网络专用承载释放

会话结束过程中，对于已建立占用承载的会话需要主动释放专用承载资源。5G网络专用承载释放流程见图44，释放流程包括以下内容：

- a) 呼叫释放过程中，低空宽带集群通信平台收到会话释放请求后，开始专用承载释放，向5G系统PCF发起HTTP POST专用承载释放请求，并携带会话ID等信息；
- b) 5G系统PCF接收专用承载释放请求，回复HTTP 204 No Content响应，释放专用承载资源。

9 网管要求

9.1 配置管理

配置管理功能应满足以下要求：

- a) 支持网元配置管理功能，包括增加或删除网元、对网元参数进行设置、删除、修改和查询等功能；
- b) 支持生成网络拓扑图，并通过拓扑图实时查看设备之间的连通性；
- c) 支持系统配置文件备份和恢复功能；
- d) 支持系统软件版本或补丁升级管理。

9.2 告警通知

告警通知功能应满足以下要求：

- a) 支持接收来自网元设备的故障告警；
- b) 支持告警信息进行分级管理，并以可闻可视的方式提示；
- c) 支持对告警类型、告警级别、告警时间、告警描述等进行存储；
- d) 支持根据告警设备、告警级别、告警类型、告警状态、告警产生时间等条件对告警信息进行查询统计，查询统计结果以报表形式显示，并能导出和打印；
- e) 提供故障定位分析与故障处置建议功能。

9.3 性能统计

性能统计功能应满足以下要求：

- a) 性能统计包括设备运行状态的监测、性能参数的监视和分析，实现对系统中设备主要性能参数和数据的统计分析；
- b) 设备运行状态的获取支持人工查询方式及主动轮巡方式，对设备的性能参数进行即时或周期性查询，可对查询结果进行显示、统计、导出、打印等功能；轮巡策略可定制，包括轮巡时间、设备范围、查询参数；
- c) 系统应当提供业务量统计功能，能够根据用户、时间、业务类型等信息进行统计，统计信息至少应包括主被叫、业务类型、时长、起止时间、各类媒体数据收发数量、业务终止原因等内容。

10 安全要求

10.1 一般要求

低空宽带集群通信平台安全要求应符合3GPP TS 33.180和YD/T 2591-2013的相关规定，包括认证授权、密钥管理、信令安全和媒体安全。

10.2 认证授权

平台具备统一、可靠的身份认证与访问控制能力，基于OpenID Connect (OIDC) 1.0身份认证框架，实现对用户和终端的可信身份识别与精细化授权管理，确保只有合法授权实体才能访问低空宽带集群通信平台的相关服务。

10.3 密钥管理

平台具备完善的密钥管理与分发能力，支持证书与密钥的统一生成、分发和生命周期管理，满足不同通信场景下的安全需求，并通过安全存储与自动清除机制，保障密钥和敏感凭据的长期安全性。

10.4 信令安全

平台对控制与业务信令提供全面的安全保护能力，支持对不同类型信令进行加密与完整性校验，有效防止信令在传输过程中被窃听、篡改或伪造，确保系统控制与业务调度的安全可靠。

10.5 媒体安全

平台具备端到端媒体安全保障能力，支持点对点及群组通信场景下的统一媒体加密与密钥分发机制，对语音、视频及数据业务进行全流程保护，确保媒体内容在传输过程中的机密性和完整性。

11 测试要求

11.1 功能测试

11.1.1 注册注销

11.1.1.1 客户端注册

11.1.1.1.1 初始条件

客户端注册测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端正常入网；
- c) 客户端处于未注册状态。

11.1.1.1.2 试验步骤

客户端注册试验步骤如下：

- a) 客户端输入账号和密码，发起集群业务登记；
- b) 客户端向 IdMS 发起认证流程，认证通过且获得认证令牌；
- c) 客户端向 SIP 核心服务发起注册流程，完成 SIP 注册；
- d) 客户端发起 MCPTT、MCVideo 和 MCDData 业务授权流程，业务授权成功；
- e) 客户端向 CMS 发起配置订阅与配置下载流程，成功获取设备配置、用户配置和服务配置信息。

11.1.1.1.3 结果判定

客户端注册测试应满足以下结果：

- a) 客户端完成注册登记，状态更新为已注册；
- b) 客户端成功通过 IdMS 认证，获得有效认证令牌；
- c) 客户端成功完成 SIP 核心服务注册；
- d) 客户端成功完成 MCPTT、MCVideo 和 MCDData 业务授权；
- e) 客户端成功完成配置订阅与下载，本地缓存各业务相关的设备配置、用户配置与服务配置。
- f) 低空宽带集群通信平台显示对应客户端在线。

11.1.1.2 客户端注销

11.1.1.2.1 初始条件

客户端注销测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台。

11.1.1.2.2 试验步骤

客户端注销试验步骤如下：

- a) 客户端退出登录，发起客户端注销流程；

- b) 客户端成功完成 SIP 核心服务注销。

11.1.1.2.3 结果判定

客户端注销测试应满足以下结果：

- a) 客户端完成注销，状态更新为未注册；
- b) 低空宽带集群通信平台显示对应客户端离线。

11.1.2 指挥控制链路

11.1.2.1 指挥控制链路建立

11.1.2.1.1 初始条件

指挥控制链路建立测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 机载通信终端正常入网；
- c) 飞控设备与机载通信终端间有线网络连接正常；
- d) 低空空域管控平台与低空宽带集群通信平台间有线网络连接正常；
- e) 机载集群业务客户端已注册至低空宽带集群通信平台；
- f) 机载集群业务客户端已开通指挥控制链路功能。

11.1.2.1.2 试验步骤

指挥控制链路建立试验步骤如下：

- a) 机载集群业务客户端发起指挥控制链路建立流程；
- b) 低空空域管控平台向飞控设备下发飞行控制指令；
- c) 飞控设备向低空空域管控平台发送状态信息。

11.1.2.1.3 结果判定

指挥控制链路建立测试应满足以下结果：

- a) 客户端与低空宽带集群通信平台之间的指挥控制链路建立成功；
- b) 飞控设备成功接收并执行低空空域管控平台下发的飞行控制指令。
- c) 低空空域管控平台成功接收并解析飞控设备的状态信息。

11.1.2.2 指挥控制链路释放

11.1.2.2.1 初始条件

指挥控制链路建立测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 机载通信终端正常入网；
- c) 机载集群业务客户端已完成指挥控制链路建立。

11.1.2.2.2 试验步骤

指挥控制链路建立试验步骤如下：

机载集群业务客户端发起指挥控制链路释放。

11.1.2.2.3 结果判定

指挥控制链路建立测试应满足以下结果：

指挥控制链路释放成功，低空空域管控平台与飞控设备间通信断开。

11.1.3 语音业务

11.1.3.1 语音单呼

11.1.3.1.1 初始条件

语音单呼测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1 设置为手动接听，客户端 2 设置为自动接听。

11.1.3.1.2 试验步骤

语音单呼试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起语音单呼，客户端 2 自动接听，通话持续 3min，观察语音质量，客户端 1 挂断呼叫；
- b) 客户端 2 向客户端 1 发起语音单呼，客户端 1 手动接听，通话持续 3min，观察语音质量，客户端 1 挂断呼叫。

11.1.3.1.3 结果判定

语音单呼测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1 呼叫客户端 2，客户端 2 自动接听成功，双方语音通话清晰可辨，无杂音、底噪、回声，通话双方音色真实；
- b) 客户端 2 呼叫客户端 1，客户端 1 收到振铃提示并手动接听，双方语音通话清晰可辨，无杂音、底噪、回声，通话双方音色真实；
- c) 呼叫释放过程正常，双方通话正常结束。

11.1.3.2 群组附着

11.1.3.2.1 初始条件

群组附着测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2 均为群组 1 和群组 2 的群组成员。

11.1.3.2.2 试验步骤

群组附着试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起群组语音业务附着，完成群组 1 的语音业务附着；
- b) 客户端 2 发起群组语音业务附着，完成群组 2 的语音业务附着；
- c) 客户端 1 发起群组 1 的集群语音组呼，呼叫建立成功，验证客户端 2 未接入组呼后，客户端 1 挂断组呼；
- d) 客户端 2 更新附着群组，完成群组 1 的语音业务附着并解除群组 2 的语音业务附着；
- e) 客户端 1 发起群组 1 的集群语音组呼，呼叫建立成功，验证客户端 2 正常接入组呼，客户端 1 挂断组呼。

11.1.3.2.3 结果判定

群组附着测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1、客户端 2 群组语音业务附着及附着更新过程正常，附着状态与操作一致；
- b) 试验步骤 3 中，客户端 2 未接入群组 1 组呼，符合预期；
- c) 试验步骤 5 中，客户端 2 成功接入群组 1 组呼，符合预期。

11.1.3.3 语音组呼

11.1.3.3.1 初始条件

语音组呼测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；

- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员，且均已完成群组 1 的语音业务附着；
- e) 客户端 1、客户端 2 设置为自动接听模式，客户端 3 设置为手动接听模式。

11.1.3.3.2 试验步骤

语音组呼试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起群组 1 集群语音组呼；
- b) 客户端 2 自动接入群组 1 组呼，通话建立成功；
- c) 客户端 3 收到群组 1 组呼振铃提示，手动选择接听后成功加入组呼；
- d) 客户端 1 挂断组呼，验证客户端 2、客户端 3 自动结束呼叫。

11.1.3.3.3 结果判定

语音组呼测试应满足以下结果：

- a) 群组 1 组呼建立成功，客户端 2 自动接入，客户端 3 经手动接听后接入；
- b) 当客户端 1 挂断组呼后，组呼会话正常释放，客户端 2、客户端 3 均自动结束呼叫。

11.1.3.4 组呼状态订阅

11.1.3.4.1 初始条件

组呼状态订阅测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均已接入群组 1 语音组呼。

11.1.3.4.2 试验步骤

组呼状态订阅试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向平台发起 群组 1 语音组呼的状态订阅请求，获得当前组呼成员信息；
- b) 客户端 3 主动退出组呼会话，客户端 1 收到组呼状态通知。

11.1.3.4.3 结果判定

组呼状态订阅测试应满足以下结果：

- a) 试验步骤 1 中，客户端 1 获得所有组呼成员信息，成员列表包含客户端 2、客户端 3；
- b) 试验步骤 2 中，客户端 1 收到组呼状态通知，通知中正确指示客户端 3 退出组呼。

11.1.3.5 语音组呼迟后接入

11.1.3.5.1 初始条件

语音组呼迟后接入测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员；
- d) 客户端 1、客户端 2 已完成群组 1 的语音业务附着，客户端 3 尚未附着群组 1；
- e) 客户端 1、客户端 2 已接入群组 1 语音组呼。

11.1.3.5.2 试验步骤

语音组呼迟后接入试验步骤如下：

- a) 客户端 3 发起群组 1 的语音业务附着；
- b) 客户端 3 接入正在进行的群组 1 语音组呼。

11.1.3.5.3 结果判定

语音组呼迟后接入测试应满足以下结果：

客户端3完成群组1语音业务附着后，能够加入正在进行的群组1语音组呼。

11.1.3.6 话权控制

11.1.3.6.1 初始条件

话权控制测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均已接入群组 1 语音组呼；
- e) 客户端 1 与客户端 2 在群组 1 中话权优先级相同，客户端 3 的话权优先级高于客户端 1 和客户端 2。

11.1.3.6.2 试验步骤

话权控制试验步骤如下：

- a) 客户端 1 按下 PTT 键申请并获得话权，开始发送语音；
- b) 客户端 2 在客户端 1 占用话权期间按下 PTT 键申请话权，客户端 2 提示话权被拒绝；
- c) 客户端 3 在客户端 1 占用话权期间按下 PTT 键申请话权，客户端 3 完成话权抢占。

11.1.3.6.3 结果判定

话权控制测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1 获得话权时，客户端 2、客户端 3 终端界面显示客户端 1 持有话权，并可清晰接收客户端 1 的语音；
- b) 客户端 2 抢占话权失败，终端提示话权被拒绝；
- c) 客户端 3 抢占话权成功，客户端 1 和客户端 2 终端界面显示客户端 3 持有话权，并可清晰接收客户端 3 的语音。

11.1.4 视频业务

11.1.4.1 视频单呼

11.1.4.1.1 初始条件

视频单呼测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1 设置为手动接听，客户端 2 设置为自动接听。

11.1.4.1.2 试验步骤

视频单呼试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起视频单呼，客户端 2 自动接听，通话持续 3min，观察语音质量和视频质量，客户端 1 挂断呼叫；
- b) 客户端 2 向客户端 1 发起视频单呼，客户端 1 手动接听，通话持续 3min，观察语音质量和视频质量，客户端 1 挂断呼叫。

11.1.4.1.3 结果判定

视频单呼测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1 呼叫客户端 2，客户端 2 自动接听成功，双方可清晰接收对方语音和视频画面，语音流畅、画面稳定；
- b) 客户端 2 呼叫客户端 1，客户端 1 收到振铃提示并手动接听，双方可清晰接收对方语音和视频画面，语音流畅、画面稳定；

c) 呼叫释放过程正常，通话双方正常结束会话。

11.1.4.2 视频上拉

11.1.4.2.1 初始条件

视频上拉测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1 设置为手动接听，客户端 2 设置为自动接听。

11.1.4.2.2 试验步骤

视频上拉试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起视频上拉，客户端 2 自动接听，通话持续 3min，客户端 1 接收到客户端 2 的视频画面，双方可互相听到语音，客户端 1 挂断呼叫；
- b) 客户端 2 向客户端 1 发起视频上拉，客户端 1 手动接听，通话持续 3min，客户端 2 接收到客户端 1 的视频画面，双方可互相听到语音，客户端 1 挂断呼叫。

11.1.4.2.3 结果判定

视频上拉测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1 上拉客户端 2 视频时，客户端 2 自动接听成功，客户端 1 能够清晰、稳定地接收客户端 2 的视频画面，双方语音清晰可辨；
- b) 客户端 2 上拉客户端 1 视频时，客户端 1 收到振铃提示并手动接听，客户端 2 能够清晰、稳定地接收客户端 1 的视频画面，双方语音清晰可辨；
- c) 呼叫释放过程正常，通话双方正常结束会话。

11.1.4.3 视频推送

11.1.4.3.1 初始条件

视频推送测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1 设置为手动接听，客户端 2 设置为自动接听。

11.1.4.3.2 试验步骤

视频推送试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起视频推送，客户端 2 自动接听，通话持续 3min，客户端 2 接收到客户端 1 的视频画面，双方可互相听到语音，客户端 1 挂断呼叫；
- b) 客户端 2 向客户端 1 发起视频推送，客户端 1 手动接听，通话持续 3min，客户端 1 接收到客户端 2 的视频画面，双方可互相听到语音，客户端 1 挂断呼叫。

11.1.4.3.3 结果判定

视频推送测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1 向客户端 2 推送视频时，客户端 2 自动接听成功，客户端 2 能够清晰、稳定地接收客户端 1 的视频画面，双方语音清晰可辨；
- b) 客户端 2 向客户端 1 推送视频时，客户端 1 收到振铃提示并手动接听，客户端 1 能够清晰、稳定地接收客户端 2 的视频画面，双方语音清晰可辨；
- c) 呼叫释放过程正常，通话双方正常结束会话。

11.1.4.4 群组附着

11.1.4.4.1 初始条件

群组附着测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2 均为群组 1 和群组 2 的群组成员。

11.1.4.4.2 试验步骤

群组附着试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起群组视频业务附着，完成群组 1 的视频业务附着；
- b) 客户端 2 发起群组视频业务附着，完成群组 2 的视频业务附着；
- c) 客户端 1 发起群组 1 的视频组呼，呼叫建立成功，验证客户端 2 未接入视频组呼后，客户端 1 挂断视频组呼；
- d) 客户端 2 更新附着群组，完成群组 1 的视频业务附着并解除群组 2 的视频业务附着；
- e) 客户端 1 发起群组 1 的视频组呼，呼叫建立成功，验证客户端 2 正常接入视频组呼，客户端 1 挂断视频组呼。

11.1.4.4.3 结果判定

群组附着测试应满足以下结果：

- a) 客户端 1、客户端 2 群组视频业务附着及附着更新过程正常，附着状态与操作一致；
- b) 试验步骤 3 中，客户端 2 未接入群组 1 视频组呼，符合预期；
- c) 试验步骤 5 中，客户端 2 成功接入群组 1 视频组呼，符合预期。

11.1.4.5 视频组呼

11.1.4.5.1 初始条件

视频组呼测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员，且均已完成群组 1 的视频业务附着；
- e) 客户端 1、客户端 2 设置为自动接听模式，客户端 3 设置为手动接听模式。

11.1.4.5.2 试验步骤

视频组呼试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起群组 1 视频组呼；
- b) 客户端 2 自动接入群组 1 视频组呼，呼叫建立成功；
- c) 客户端 3 收到群组 1 视频组呼振铃提示，手动选择接听后成功加入视频组呼；
- d) 客户端 1 挂断视频组呼，验证客户端 2、客户端 3 自动结束呼叫。

11.1.4.5.3 结果判定

视频组呼测试应满足以下结果：

- a) 群组 1 视频组呼建立成功，客户端 2 自动接入，客户端 3 经手动接听后接入；
- b) 当客户端 1 挂断视频组呼后，视频组呼会话正常释放，客户端 2、客户端 3 均自动结束呼叫。

11.1.4.6 视频组呼状态订阅

11.1.4.6.1 初始条件

视频组呼状态订阅测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；

- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均已接入群组 1 视频组呼。

11.1.4.6.2 试验步骤

视频组呼状态订阅试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向平台发起群组 1 视频组呼的状态订阅请求，获得当前视频组呼成员信息；
- b) 客户端 3 主动退出视频组呼会话，客户端 1 收到视频组呼状态通知。

11.1.4.6.3 结果判定

视频组呼状态订阅测试应满足以下结果：

- a) 试验步骤 1 中，客户端 1 获得所有视频组呼成员信息，成员列表包含客户端 2、客户端 3；
- b) 试验步骤 2 中，客户端 1 收到视频组呼状态通知，通知中正确指示客户端 3 退出视频组呼。

11.1.4.7 视频组呼迟后接入

11.1.4.7.1 初始条件

视频组呼迟后接入测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员；
- d) 客户端 1、客户端 2 已完成群组 1 的视频业务附着，客户端 3 尚未附着群组 1；
- e) 客户端 1、客户端 2 已接入群组 1 视频组呼。

11.1.4.7.2 试验步骤

视频组呼迟后接入试验步骤如下：

- a) 客户端 3 发起群组 1 的视频业务附着；
- b) 客户端 3 加入正在进行的群组 1 视频组呼。

11.1.4.7.3 结果判定

视频组呼迟后接入测试应满足以下结果：

客户端 3 完成群组 1 视频业务附着后，能够加入正在进行的群组 1 视频组呼。

11.1.4.8 传输控制与接收控制

11.1.4.8.1 初始条件

传输控制与接收控制测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均已接入群组 1 视频组呼；
- e) 群组 1 的最大并发视频传输数量为 1；
- f) 客户端 1 与客户端 2 在群组 1 中传输优先级相同，客户端 3 的传输优先级高于客户端 1 和客户端 2。

11.1.4.8.2 试验步骤

传输控制与接收控制试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起视频传输申请并获得传输授权，开始上传视频流；
- b) 客户端 2 和客户端 3 手动或自动发起视频接收请求，成功接收客户端 1 的视频画面；
- c) 在客户端 1 视频传输期间，客户端 2 发起视频传输申请，提示传输申请被拒绝；
- d) 在客户端 1 视频传输期间，客户端 3 发起视频传输申请，完成视频传输抢占并获得传输授权；
- e) 客户端 1 的视频传输被撤销，客户端 2 和客户端 3 自动停止接收客户端 1 的视频；

f) 客户端 1 和客户端 2 手动或自动发起视频接收请求，成功接收客户端 3 的视频画面。

11.1.4.8.3 结果判定

传输控制与接收控制测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2、客户端 3 请求接收客户端 1 视频后，能够清晰、稳定地接收客户端 1 的视频画面，并清晰接收客户端 1 的语音；
- b) 客户端 2 的视频传输申请失败，终端正确提示传输申请被拒绝；
- c) 客户端 3 的视频传输申请抢占成功，客户端 1 的传输被撤销，客户端 2 和客户端 3 自动停止接收客户端 1 视频；
- d) 客户端 3 传输申请成功，客户端 1 和客户端 2 在收到客户端 3 传输通知后发起视频接收申请，能够清晰、稳定地接收客户端 3 的视频画面，并清晰接收客户端 3 的语音。

11.1.5 数据业务

11.1.5.1 点对点短数据

11.1.5.1.1 初始条件

点对点短数据测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台。

11.1.5.1.2 试验步骤

点对点短数据试验步骤如下：

- a) 客户端 1 打开短数据界面，输入短信内容（内容包含数字、英文、中文），向客户端 2 发送点对点短数据；
- b) 客户端 2 收到客户端 1 的短数据通知，查看短数据内容。

11.1.5.1.3 结果判定

点对点短数据测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2 能正确接收并显示客户端 1 发送的短数据，消息内容完整无误；
- b) 客户端 1 收到客户端 2 的已送达和已读回执，消息发送与状态显示正确。

11.1.5.2 群组短数据

11.1.5.2.1 初始条件

群组短数据测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员。

11.1.5.2.2 试验步骤

群组短数据试验步骤如下：

- a) 客户端 1 打开短数据界面，输入短信内容（内容包含数字、英文、中文），向群组 1 发送群组短数据；
- b) 客户端 2 和客户端 3 收到客户端 1 的短数据通知，查看短数据内容。

11.1.5.2.3 结果判定

群组短数据测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2、客户端 3 能正确接收并显示客户端 1 发送的群组短数据，消息内容完整无误；
- b) 客户端 1 分别收到客户端 2 和客户端 3 的已送达和已读回执，消息发送与状态显示正确。

11.1.5.3 点对点文件分发

11.1.5.3.1 初始条件

点对点文件分发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2 已注册至低空宽带集群通信平台。

11.1.5.3.2 试验步骤

点对点文件分发试验步骤如下：

- a) 客户端 1 选择客户端 2 为目标，从本地选择文件并向客户端 2 发起文件分发；
- b) 客户端 2 收到来自客户端 1 的文件分发通知；
- c) 客户端 2 打开文件分发通知并执行文件下载操作。

11.1.5.3.3 结果判定

点对点文件分发测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2 能正确接收客户端 1 发送的文件分发通知；
- b) 客户端 2 成功下载文件，文件大小与原始文件一致，文件内容完整无误；
- c) 客户端 2 文件下载完成后，客户端 1 能收到客户端 2 的已下载回执，文件分发状态显示正确。

11.1.5.4 群组文件分发

11.1.5.4.1 初始条件

群组文件分发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 正常入网；
- c) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 已注册至低空宽带集群通信平台；
- d) 客户端 1、客户端 2、客户端 3 均为群组 1 的群组成员。

11.1.5.4.2 试验步骤

群组文件分发试验步骤如下：

- a) 客户端 1 选择群组 1 为目标，从本地选择文件并向群组 1 发起文件分发；
- b) 客户端 2 和客户端 3 收到客户端 1 的文件分发通知；
- c) 客户端 2 和客户端 3 打开文件分发通知并执行文件下载操作。

11.1.5.4.3 结果判定

群组文件分发测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2 和客户端 3 能正确接收客户端 1 发送的文件分发通知；
- b) 客户端 2 和客户端 3 能成功下载文件，文件大小与原始文件一致，文件内容完整无误；
- c) 客户端 2 和客户端 3 文件下载完成后，客户端 1 能分别收到已下载回执，文件分发状态显示正确。

11.1.6 位置业务

11.1.6.1 位置配置下发

11.1.6.1.1 初始条件

位置配置下发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端正常入网。

11.1.6.1.2 试验步骤

位置配置下发试验步骤如下：

- a) 客户端成功注册至低空宽带集群通信平台，平台向客户端下发位置配置；
- b) 平台修改位置配置，客户端接收并应用新的位置配置。

11.1.6.1.3 结果判定

位置配置下发测试应满足以下结果：

- a) 客户端注册成功后，能够正确获得平台下发的位置配置，配置内容完整；
- b) 平台位置配置更新后，客户端能正确接收新的位置配置并覆盖旧配置。

11.1.6.2 客户端位置上报

11.1.6.2.1 初始条件

客户端位置上报测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台；
- c) 客户端已收到平台下发的位置配置。

11.1.6.2.2 试验步骤

客户端位置上报试验步骤如下：

- a) 客户端持续移动一定时间；
- b) 在低空宽带集群通信平台上能够观察到客户端实时位置上报内容，包括经纬度、小区、方向、速度和上报时间等。

11.1.6.2.3 结果判定

客户端位置上报测试应满足以下结果：

客户端按照位置配置内容和触发条件（如周期触发），上报经纬度、小区、方向、速度等信息。

11.1.6.3 客户端位置请求

11.1.6.3.1 初始条件

客户端位置请求测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 客户端正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台；
- c) 客户端已收到平台下发的位置配置。

11.1.6.3.2 试验步骤

客户端位置请求试验步骤如下：

- a) 低空宽带集群通信平台向客户端发起位置请求；
- b) 客户端收到位置请求，并按照位置配置内容上报经纬度、小区、方向、速度等信息；
- c) 低空宽带集群通信平台上观察客户端上报的位置信息。

11.1.6.3.3 结果判定

客户端位置请求测试应满足以下结果：

- a) 客户端能够正确接收位置请求，并及时上报经纬度、小区、方向、速度等信息；
- b) 平台能够正确接收并显示客户端上报的位置信息。

11.2 性能测试

11.2.1 注册客户端并发

11.2.1.1 初始条件

注册客户端并发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 利用测试工具模拟大批量客户端注册；
- c) 低空宽带集群通信平台数据库开放 10000 客户端。

11.2.1.2 试验步骤

注册客户端并发试验步骤如下：

利用测试工具模拟1000/s的客户端注册速度，一共注册10000客户端。

11.2.1.3 结果判定

注册客户端并发测试应满足以下结果：

10000客户端全部注册成功，低空宽带集群通信平台系统的CPU、内存均正常。

11.2.2 语音呼叫并发

11.2.2.1 初始条件

语音呼叫并发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 利用测试工具模拟大批量语音呼叫并发。

11.2.2.2 试验步骤

语音呼叫并发试验步骤如下：

利用测试工具模拟200/s的语音单呼速度，一共并发1000路呼叫。

11.2.2.3 结果判定

语音呼叫并发测试应满足以下结果：

1000路呼叫全部成功，低空宽带集群通信平台系统的CPU、内存均正常。

11.2.3 视频呼叫并发

11.2.3.1 初始条件

视频呼叫并发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 利用测试工具模拟大批量视频呼叫并发，视频分辨率为 720P。

11.2.3.2 试验步骤

视频呼叫并发试验步骤如下：

利用测试工具模拟20/s的视频单呼速度，一共并发200路视频呼叫。

11.2.3.3 结果判定

视频呼叫并发测试应满足以下结果：

200路呼叫全部成功，低空宽带集群通信平台系统的CPU、内存均正常。

11.2.4 短数据业务并发

11.2.4.1 初始条件

短数据业务并发测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 利用测试工具模拟大批量短数据并发。

11.2.4.2 试验步骤

短数据业务并发试验步骤如下：

利用测试工具模拟100/s的短数据发送速度，一共发送1000条短数据。

11.2.4.3 结果判定

短信业务并发测试应满足以下结果：

1000条短数据全部发送成功且收到回执，低空宽带集群通信平台系统的CPU、内存均正常。

11.3 互联测试

11.3.1 与MC系统互联测试

11.3.1.1 语音互联

11.3.1.1.1 初始条件

与MC系统语音互联测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台1与低空宽带集群通信平台2工作正常；
- b) 平台1与平台2之间已完成互联配置；
- c) 客户端1正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台1；
- d) 客户端2正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台2。

11.3.1.1.2 试验步骤

与MC系统语音互联试验步骤如下：

- a) 客户端1向客户端2发起语音单呼，客户端2自动接听，通话持续3min，观察语音质量；
- b) 客户端1挂断呼叫。

11.3.1.1.3 结果判定

与MC系统语音互联测试应满足以下结果：

- a) 语音呼叫成功，双方语音通话清晰可辨；
- b) 呼叫释放过程正常，双方通话正常结束。

11.3.1.2 视频互联

11.3.1.2.1 初始条件

与MC系统视频互联测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台1与低空宽带集群通信平台2工作正常；
- b) 平台1与平台2之间已完成互联配置；
- c) 客户端1正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台1；
- d) 客户端2正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台2。

11.3.1.2.2 试验步骤

与MC系统视频互联试验步骤如下：

- a) 客户端1向客户端2发起视频单呼，客户端2自动接听，通话持续3min，观察语音质量和视频质量；
- b) 客户端1挂断呼叫。

11.3.1.2.3 结果判定

与MC系统视频互联测试应满足以下结果：

- a) 视频呼叫成功，双方可清晰接收对方语音和视频画面，语音流畅、画面稳定；
- b) 呼叫释放过程正常，双方通话正常结束。

11.3.1.3 短数据互联

11.3.1.3.1 初始条件

与MC系统短数据互联测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台1与低空宽带集群通信平台2工作正常；

- b) 平台 1 与平台 2 之间已完成互联配置；
- c) 客户端 1 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台 1；
- d) 客户端 2 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台 2。

11.3.1.3.2 试验步骤

与MC系统短数据互联试验步骤如下：

- a) 客户端 1 打开短数据界面，输入短信内容（内容包含数字、英文、中文），向客户端 2 发送点对点短数据；
- b) 客户端 2 收到客户端 1 的短数据通知，查看短数据内容。

11.3.1.3.3 结果判定

与MC系统短数据互联测试应满足以下结果：

- a) 客户端 2 能正确接收并显示客户端 1 发送的短数据，消息内容完整无误；
- b) 客户端 1 收到客户端 2 的已送达和已读回执，消息发送与状态显示正确。

11.3.2 与 5G 系统互联测试

11.3.2.1 指挥控制链路专用承载管理

11.3.2.1.1 初始条件

指挥控制链路专用承载管理测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 机载通信终端正常入网；
- c) 飞控设备与机载通信终端间有线网络连接正常；
- d) 低空空域管控平台与低空宽带集群通信平台间有线网络连接正常；
- e) 机载集群业务客户端已注册至低空宽带集群通信平台，且已开通指挥控制链路功能。

11.3.2.1.2 试验步骤

指挥控制链路专用承载管理试验步骤如下：

- a) 机载集群业务客户端完成指挥控制链路建立；
- b) 指挥控制链路建立完成时，低空宽带集群通信平台向 5G 系统的 PCF 发起专用承载创建流程；
- c) 飞控设备与低空空域管控平台间进行数据交互。

11.3.2.1.3 结果判定

指挥控制链路专用承载管理测试应满足以下结果：

- a) 指挥控制链路建立时，专用承载创建成功；
- b) 飞控设备与低空空域管控平台间数据交互正常，数据完整无误。

11.3.2.2 语音专用承载管理

11.3.2.2.1 初始条件

语音专用承载管理测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 5G 系统工作正常；
- c) 低空宽带集群通信平台完成 5G 系统 N5 接口配置；
- d) 客户端 1、客户端 2 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台。

11.3.2.2.2 试验步骤

语音专用承载管理试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起语音单呼，客户端 2 接通呼叫，通话持续 3min；
- b) 呼叫建立成功时，低空宽带集群通信平台向 5G 系统 PCF 发起语音专用承载创建流程；
- c) 客户端 1 挂断呼叫；

d) 呼叫结束时，低空宽带集群通信平台向 5G 系统 PCF 发起语音专用承载删除流程。

11.3.2.2.3 结果判定

语音专用承载管理测试应满足以下结果：

- a) 通话建立时，语音承载创建成功；
- b) 通过过程中，双方语音清晰可辨；
- c) 通话结束时，语音承载删除成功。

11.3.2.3 视频专用承载管理

11.3.2.3.1 初始条件

视频专用承载管理测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) 5G 系统工作正常；
- c) 低空宽带集群通信平台完成 5G 系统 N5 接口配置；
- d) 客户端 1、客户端 2 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台。

11.3.2.3.2 试验步骤

视频专用承载管理试验步骤如下：

- a) 客户端 1 向客户端 2 发起视频单呼，客户端 2 接通呼叫，通话持续 3min；
- b) 呼叫建立成功时，低空宽带集群通信平台向 5G 系统 PCF 发起视频专用承载创建流程；
- c) 客户端 1 挂断呼叫；
- d) 呼叫结束时，低空宽带集群通信平台向 5G 系统 PCF 发起视频专用承载删除流程。

11.3.2.3.3 结果判定

视频专用承载管理测试应满足以下结果：

- a) 通话建立时，视频承载创建成功；
- b) 通过过程中，双方可清晰接收对方语音和视频画面，语音流畅、画面稳定；
- c) 通话结束时，视频承载删除成功。

11.3.3 与 PDT 系统互联测试

11.3.3.1 语音互联

11.3.3.1.1 初始条件

与PDT系统语音互联测试应具备以下初始条件：

- a) 低空宽带集群通信平台工作正常；
- b) PDT 系统运行正常；
- c) 低空宽带集群通信平台群组 1 与 PDT 系统群组 2 存在绑定关系；
- d) 客户端 1 正常入网，且已注册至低空宽带集群通信平台；
- e) 客户端 1 为群组 1 的群组成员，且已完成群组 1 的语音业务附着；
- f) PDT 客户端 2 正常接入 PDT 系统，且已监听群组 2。

11.3.3.1.2 试验步骤

与PDT系统语音互联试验步骤如下：

- a) 客户端 1 发起群组 1 集群语音组呼，PDT 客户端 2 被接入群组 2 组呼；
- b) 客户端 1 申请话权并发送语音，PDT 客户端 2 可清晰听到客户端 1 语音；
- c) 客户端 1 释放话权；
- d) PDT 客户端 2 申请并发送语音，客户端 1 可清晰听到 PDT 客户端 2 语音。

11.3.3.1.3 结果判定

与PDT系统语音互联测试应满足以下结果：

- a) 低空宽带集群通信平台群组 1 与 PDT 系统群组 2 实现语音互联互通；
- b) 当客户端 1 在群组 1 中申请话权并发言时，PDT 系统群组 2 中客户端 2 可清晰接收并听到客户端 1 的语音；
- c) 当 PDT 系统群组 2 中 PDT 客户端 2 申请话权并发言时，低空宽带集群通信平台群组 1 中客户端 1 可清晰接收并听到 PDT 客户端 2 的语音。

附录 A
(规范性)
QoS 优先级管理

表 A.1 业务优先级分配表

序号	业务名称	MC业务优先级
1	运营紧急语音通信	15
2	飞行指挥控制指令	13
3	飞行状态实时播报	11
4	运营紧急视频通信	9
5	运营普通语音通信	8
6	运营普通视频通信	6

附 录 B
(规范性)
多媒体编码要求

B.1 语音编解码要求

语音编解码应满足以下要求：

- a) 支持 AMR-WB 编码格式，支持 9 种速率模式，符合 3GPP TS 26.179 规范；
- b) 可支持 EVS 格式，符合 3GPP TS 26.179 规范；
- c) 与 PDT 系统互通，应支持 NVOC 编码格式；
- d) 与电话程控交换网或电话 IP 交换网互通，应支持 PCMA 编码格式。

B.2 视频编解码要求

视频编解码应满足以下要求：

- a) 支持 H264 编解码，符合 3GPP TS 26.281 规范；
- b) 支持 H265 编解码，符合 3GPP TS 26.281 规范；
- c) 支持 CIF、4CIF、720P、1080P 等分辨率。

附录 C
(资料性)
飞控接口要求 (A3 接口)

C.1 链路机制

- a) 飞控设备与低空空域管控平台之间应支持周期性发送心跳信息，确保链路可用性；
- b) 当链路中断或心跳丢失超过阈值时，飞控设备应主动尝试重连；
- c) 对关键指令或状态数据，可使用应答机制确认数据已成功接收。

C.2 通信协议

A3接口通信协议应具备实时、高效性，可采用MavLink等通信协议。

C.3 指令内容

- a) 飞行控制指令，包括模式切换、航电控制、速度控制、姿态控制、任务执行等；
 - b) 状态上报，包括位置（经纬度）、高度、姿态、系统状态、任务状态以及相关传感器信息。
-