

# 基于 SRT 协议的安全推流整合方案 在云手机产品中的应用

Application of The Secure Streaming Integration Scheme  
Based on Secure Reliable Transport in Cloud Mobile Phone Products

陈 颢<sup>1</sup>, 宁 静<sup>1</sup>, 孟小燕<sup>1</sup>, 侯玉华<sup>1</sup>, 王德霖<sup>2</sup> (1. 中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048; 2. 北京飞机维修工程有限公司, 北京 100621)

Chen Si<sup>1</sup>, Ning Jing<sup>1</sup>, Meng Xiaoyan<sup>1</sup>, Hou Yuhua<sup>1</sup>, Wang Delin<sup>2</sup> (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. Beijing Aircraft Maintenance and Engineering Corporation, Beijing 100621, China)

## 摘 要:

为落实国家“十四五”数字经济与新型基础设施建设规划, 遵循数据安全法和个人信息保护法的相关要求, 推动云手机安全传输技术国产化与标准化, 针对云手机音视频流传输的高丢包、低安全与延迟等问题, 研发了基于 SRT 协议的云手机安全推流方案, 支撑政务移动办公、云游戏等场景的规模化落地。通过融合 SRT 协议的 ARQ/FEC 抗弱网机制, 采用加密链路, 结合硬件编解码与时间戳同步优化端到端延迟, 为云手机提供高可靠、强安全的传输底座, 实现端到端的移动信息安全, 助力新基建战略下行业数字化转型。

## Abstract:

In order to implement “The 14th Five-Year Plan” for the construction of digital economy and new infrastructure, comply with the requirements of the data security law and the personal information protection law, and promote the localization and standardization of technology of cloud mobile phone security transmission, aiming at the problems of high packet loss, low security and delay of cloud mobile phone audio and video streaming transmission, it develops a cloud mobile phone secure streaming scheme based on Secure Reliable Transport (SRT) to support the large-scale implementation of government mobile office, cloud games and other scenarios. Through integrating with ARQ/FEC anti weak network mechanism of Secure Reliable Transport, the end-to-end delay is optimized by using encrypted link, combining hardware encoding and decoding and timestamp synchronization, providing a transmission base of highly reliable and secure for cloud mobile phones, realizing end-to-end mobile information security, and helping the digital transformation of the industry under the new infrastructure strategy.

## Keywords:

Secure streaming; Cloud mobile phone; ITAI industry; Government and enterprise mobile officing

引用格式: 陈颢, 宁静, 孟小燕, 等. 基于 SRT 协议的安全推流整合方案在云手机产品中的应用[J]. 邮电设计技术, 2025(9): 26-31.

## 1 概述

随着移动互联网与云计算技术的深度融合, 云手机作为突破终端硬件限制、实现算力云端化的新兴形态, 正加速赋能远程办公、云游戏、工业控制等实时交互场景<sup>[1-2]</sup>。然而, 云手机的核心能力——云端音视频

## 关键词:

安全推流; 云手机; 信创产业; 政企移动办公

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2025.09.005

文章编号: 1007-3043(2025)09-0026-06

中图分类号: TN915.08

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



流的高效安全传输, 仍面临三重挑战: 其一, 公网环境下高丢包率与随机抖动导致画面卡顿、音画割裂, 严重损害用户体验; 其二, 敏感操作数据, 如金融交易、隐私会话等, 在传输过程中易遭窃取或篡改, 传统流媒体协议无法充分保证端到端的安全防护; 其三, 现有技术方案难以平衡低延迟与高可靠性的要求, 制约了政务协同办公、远程视频会议等高实时性场景的规模化应用<sup>[3-5]</sup>。

收稿日期: 2025-08-01

针对上述问题,本文提出基于SRT(Secure Reliable Transport)协议的云手机安全推流整合方案,通过多层级抗弱网传输、动态端到端加密及自适应同步控制,构建云手机音视频流传输的全链路优化体系。该方案创新性地融合SRT流传输协议的ARQ重传、FEC冗余与AES-256加密机制<sup>[6]</sup>,在保障数据隐私的同时,提升抗丢包能力,并降低端到端延迟,为高安全、强实时的云端交互场景提供可靠技术支撑。

## 2 云手机安全推流整合方案设计

云手机安全推流整合方案的核心是定义一套交互协议,关键部分由服务端和客户端构成。服务端运行在云手机的Android系统上,客户端运行在移动终端上。客户端和服务端通过基础网络连接,比如4G、5G、Wi-Fi等,实现高效的流媒体传输和控制指令传输,可以实现用户的远程操控和交互。云手机安全推流架构如图1所示。

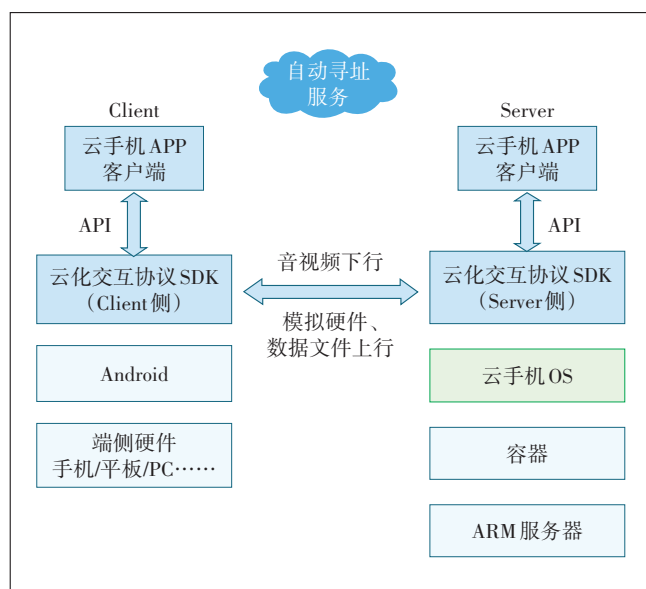


图1 云手机安全推流架构

云化交互协议(Client侧和Server侧)是核心的实现层,Client侧和Server侧交互实现音视频从云手机下行到终端上,同时在终端上采集和各种模拟硬件控制流数据、文件数据等上传到云手机上。

基于云化交互协议,客户端APP需要实现用户交互界面,服务端实现无界面的后台应用,最终完成端到端的远程交互。同时,提供自动寻址服务,协助客户端实时找到可用的设备,客户端和服务端通过各种

网络环境,实现即时的互联互通。

因此,云手机产品实际包含服务端和客户端2个部分,服务端主要功能包括账号登录、屏幕和音频数据抓取、基于云手机推流协议进行推流、接收云手机客户端发来的各种模拟输入事件等;客户端主要功能包括用户登录、连接管理、播放来自云手机推流协议的音视频帧、采集本地的触屏、麦克风、摄像头指令和数据等。

## 3 SRT流传输协议

### 3.1 基本概念

SRT流传输协议<sup>[7-8]</sup>是由Haivision创建的基于UDP协议的数据传输协议,旨在通过不可预测的网络提供高质量的视频和音频,并提供纠错、低延迟、可靠性和安全性等高级功能。SRT协议能够在不可预测的网络上(即互联网)安全可靠地传输数据,理论上任何数据类型都可以通过SRT协议传输,但在低延迟亚秒级视频流的传输场景下,SRT协议是最理想的选择。

SRT协议核心特性如下。

- 低延迟。通过优化传输机制,实现端到端的低延迟(通常在120~400 ms)。
- 抗丢包。使用ARQ自动重传请求和FEC前向纠错技术,有效应对网络丢包。
- 安全性。支持AES加密,确保数据传输的安全性。
- 可靠性。通过错误恢复机制,保证数据的完整性和可靠性。
- 自适应码率。能够根据网络状况动态调整传输参数。

### 3.2 通信过程

SRT流传输协议的通信过程如图2所示。主要包括握手阶段、数据传输阶段和连接终止阶段。

a) 握手阶段。通信的发起方向接收方发送握手请求,开始建立连接;接收方收到握手请求后,会为发起方返回一个基于主机、端口和时间的Cookie;发起方收到Cookie后,发起配置请求,进一步协商连接参数;接收方响应配置请求,确认对端延迟和延迟值等参数回复。

b) 数据传输阶段。建立连接后,发起方开始传输音视频或其他媒体数据。数据以UDP包的形式传输,每个数据包都添加了SRT头部信息,如序列号、时间戳等;接收方在收到数据包后会向发起方反馈媒体响

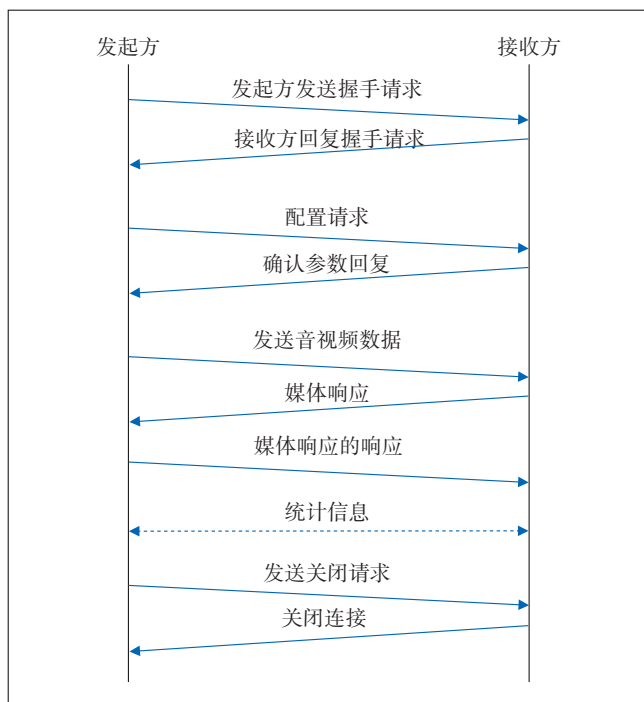


图2 SRT流传输协议的通信过程

应信号ACK,发起方收到媒体响应信号ACK后会回复媒体响应的响应信号ACKACK。接收方根据ACK发送时间和ACKACK收到时间的差值计算往返时间RTT,并将往返时间信息通过ACK发送给发起方。

c) 连接终止阶段。当数据传输完成后,发起方会向接收方发起Shutdown请求,表示要关闭连接;接收方收到Shutdown请求后,会关闭连接。通常情况下,由发起方发起Shutdown请求,接收方不会主动发起关闭。

### 3.3 安全性

SRT数据传输安全主要体现在2个方面,一个是数据自身的加密,一个是结合防火墙的网络安全策略。

a) 数据加密。SRT流传输协议支持使用计数模式下的AES-128或AES-256CTR对传输的数据进行加密,以此实现端到端的数据安全性。

b) 网络安全策略。针对某些企业或组织运用防火墙保护私有网络安全的策略,SRT协议使用的握手过程支持出站连接,而不需要在防火墙中打开危险的永久外部端口,从而维护了企业的安全策略。

### 3.4 SRT丢包恢复与拥塞控制

#### 3.4.1 丢包恢复机制

通信中常用纠错机制来恢复网络传输中的数据,

通常有2种策略:ARQ自动重传请求和FEC前向纠错。前期的SRT协议选择通过ARQ的方式来实现丢包恢复机制,在1.4版本后添加了FEC前向纠错机制,通过在传输的数据流中加入一定比例的前向纠错数据,当发生丢包时,接收端可根据前向纠错数据,恢复丢掉的数据包。SRT协议通过结合ARQ和FEC技术,有效地应对网络丢包问题,确保数据的可靠性和完整性。

#### 3.4.2 拥塞控制

SRT协议的拥塞控制算法不同于基于窗口的TCP拥塞控制算法,而是基于窗口和基于速率的混合拥塞控制算法,具有可扩展的拥塞控制框架、开源的代码、以及拥塞控制的C++类架构,支持开发者派生专用的拥塞控制算法。

SRT协议提供网络往返时延、接收端缓存、接收端数据比特流等信息,编码端可以根据此类信息判断网络的状态,动态调整编码参数,从而控制数据的流量。当接收到的ACK消息能表明当前网络比较健康时,编码再恢复原有的高质量视频,从而提高传输体验效果。

### 3.5 SRT流传输协议在云手机安全推流场景中的具体优势

SRT流传输协议在云手机安全推流场景中具有如下优势。

a) 高可靠性。在云手机推流场景中,网络条件可能并不稳定,SRT协议的抗丢包能力能够确保云手机流畅的推流体验。

b) 低延迟。云手机推流通常用于实时互动场景,SRT协议的低延迟特性能够提供更好的用户体验。

c) 安全性。SRT协议的内置加密功能可以保护推流数据的安全,防止数据泄露或篡改。

d) 适应复杂网络。SRT协议能够自动适应高丢包率、高延迟等复杂的网络环境,减少人工干预。

## 4 云手机服务端方案

### 4.1 云手机服务端屏幕流推送

云手机<sup>[9-11]</sup>服务端屏幕流推送主要包含2个服务:第1个服务是Socket服务,目的是与后台管理建立长链接接收指令;第2个服务是SRT服务,该服务继承Android中Service接口实现。云手机端屏幕流推送流程如图3所示。

a) 后台管理发送后台管理指令至Socket服务。

b) Socket服务控制SRT服务。

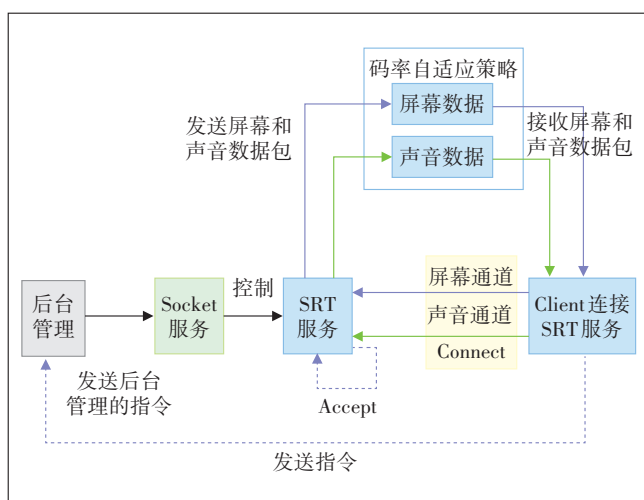


图3 云手机端屏幕流推送流程

- c) 启动SRT服务,等待客户端连接。
- d) 客户端连接成功后,开始录制虚拟屏幕。
- e) 进行视频编码,编码完成后发送屏幕和声音编码之后的数据。
- f) 客户端接收到屏幕和声音的数据包。
- g) 屏幕流推送过程中,实时监控网络变化,动态修改编码的码率,完成网络自适应。

#### 4.2 云手机服务端音频流推送

通过麦克风或虚拟设备采集PCM音频数据,采用低延迟编码器压缩,SRT协议封装并启用AES加密、ARQ重传及FEC纠错,动态调整码率适配网络波动。服务端通过多路复用推送,保障音频安全可靠传输至客户端播放,适用于实时通话、远程会议等高交互场景,兼顾安全性与弱网稳定性。具体流程如图4所示。

- a) 音频采集和编码。通过麦克风或虚拟音频设

备采集PCM原始音频,使用低延迟编码器进行音频编码。

- b) SRT封装与传输。启用AES-256加密,防止数据被窃听。设置ARQ最大重传次数和延迟窗口,将编码后的音频流分割为SRT数据包,添加序列号和时间戳。

- c) 网络传输。利用SRT协议的拥塞控制动态调整发送速率,同时结合FEC前向纠错冗余包,保证当网络丢包率>8%时自动启用。

- d) 客户端处理。客户端进行SRT接收和解封装,通过硬件/软件方式完成音频解码,音频实现播放渲染。

### 5 云手机客户端方案

#### 5.1 云手机客户端视频流解码播放

云手机服务端将编码后的视频流通过SRT协议传输,客户端接收解封装后,利用硬件/软件解码并同步渲染,实现高可靠低延迟播放,支持动态网络优化。具体流程如图5所示。

- a) SRT客户端接收与解封装。监听SRT端口,接收数据包,解封装SRT协议,提取视频裸流,SRT协议自动处理丢包重传请求。

- b) 视频解码。优先使用硬件解码方式,调用平台API(如Android MediaCodec)。备选软件解码方式,通过使用FFmpeg的avcodec库实现解码。

- c) 横竖屏切换。视频解码后,宽高发生变化,探测到横竖屏切换,将新的宽高设置到SurfaceView,即可完成横竖屏。

- d) 图像渲染与同步。将解码后的YUV/RGB帧转



图4 云手机服务端音频流推送流程

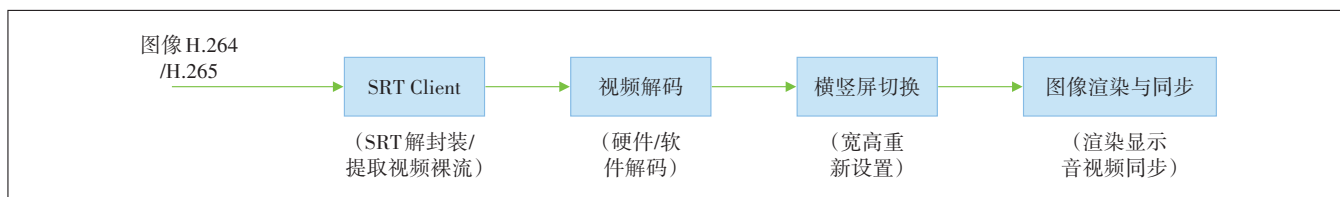


图5 云手机客户端视频流解码播放流程

换为纹理,通过渲染引擎(如 OpenGL ES)显示到屏幕,根据显示时间戳 PTS 同步音视频。

e) 网络自适应。监控网络延迟和抖动,动态调整缓冲区大小,反馈服务端调整码率。

## 5.2 云手机客户端音频流解码播放

云手机服务端将音频编码后通过 SRT 协议传输,云手机客户端解封装并解码为 PCM,动态缓冲后进行渲染,然后通过 AudioTrack 播放,实现端到端高保真音频传输。具体流程如图 6 所示。

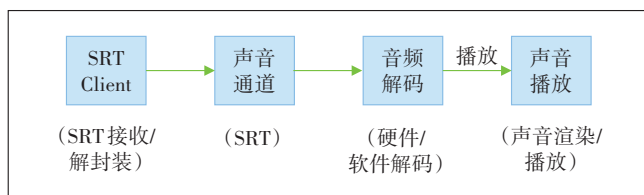


图6 云手机客户端音频流解码播放流程

a) SRT 客户端接收与解封装。监听 SRT 端口,接收并重组音频数据包,SRT 协议自动处理丢包重传。

b) 音频解码。优先使用硬件解码方式完成音频解码;备选软件解码方式为通过 FFmpeg 的 libopus 或 libfdk-aac 实现解码。

c) 音频渲染与播放。将解码后的 PCM 数据写入音频缓冲区,动态调整缓冲区大小,控制播放节奏,避免卡顿或断流。

## 6 云手机音视频流同步

手机客户端拉起屏幕流和声音流,正常情况下,音频和视频播放是完全匹配的。但是由于网络的不确定性,很可能导致音频和视频不同步。为了保证云手机操作流畅,音频与视频同步,通过统一时间戳(PTS/DTS)和动态时钟同步实现音画对齐。

服务端在采集音频和视频时,基于同一时钟源为每帧打同步时间戳,封装为 SRT 数据包,携带时间戳和序列号,通过 SRT 协议完成抗丢包传输和接收。客户端接收到音视频流的 SRT 数据包,进行音频和视频解包,解包后音频和视频进行时间戳对齐,若音视频帧时间戳偏差小于 20 ms,则音视频同步渲染,保持音视频处于最佳同步状态;若音视频帧时间戳偏差在 20~50 ms,则根据网络抖动动态调整缓冲区,视频渲染节奏微调 $\pm 5\%$ ,平滑过渡到音视频同步状态;若音视频帧时间戳偏差大于 50 ms,则通过丢帧或插帧进行音视频同步修正,快速恢复音视频同步。

具体流程如图 7 所示。

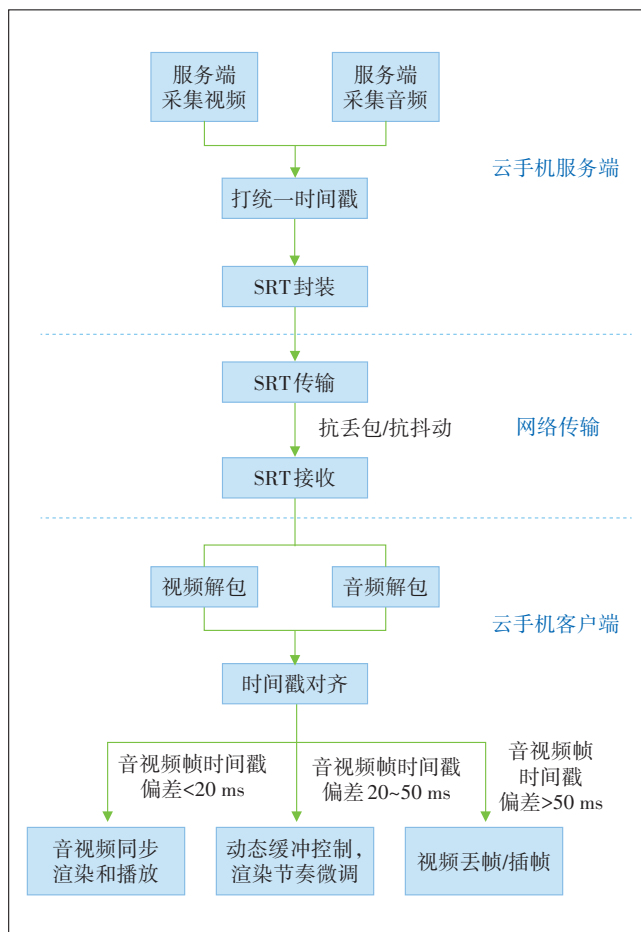


图7 云手机音视频同步实现流程

a) 时间戳同步。在服务端,使用硬件时钟或高精度系统时钟生成时间戳,嵌入音视频元数据。在客户端解析时间戳,以音频 PTS 为基准,计算视频帧展示时间。

b) 同步策略。当视频快于音频时,视频帧将进行等待或重复渲染。当视频慢于音频时,丢弃滞后视频帧,或进行加速解码追赶。

c) SRT 优化。设置相同延迟窗口,确保音视频流网络抖动一致。同时,启用基于时间戳的投递模式,按时间戳顺序投递数据包,实现音视频同步效果的优化。

## 7 云手机安全推流方案的优势

云手机安全推流方案具有如下优势。

a) 抗弱网与低延迟传输。

(a) SRT 协议特性。通过 ARQ 自动重传请求和

FEC前向纠错技术对抗网络丢包,保障弱网下音视频流连续稳定,延迟可控至50~200 ms,满足远程移动办公和云游戏场景下实时操控需求。

(b) 动态码率调整。结合网络状态实时调整码率,避免卡顿或画质损失。

b) 端到端安全加固。

(a) 加密传输。支持AES-256或国密算法加密流数据,防止中间人攻击与数据窃取,符合金融、医疗等高敏感场景合规要求。

(b) 身份鉴权。双向认证(DTLS/TLS)确保连接合法性,阻断非法设备接入。

c) 高可靠与弹性架构。

(a) 多路径传输。SRT支持多链路聚合(例如5G+Wi-Fi),单路故障自动切换,保障业务连续性。

(b) 云端负载均衡。服务端自动扩展推流节点,支持百万级并发,适配云手机大规模商用。

d) 精细化数据控制。

(a) 水印防泄密。推流画面实时叠加动态水印,溯源追责。

(b) 权限隔离。基于角色的流访问控制RBAC,限制未授权录屏、转发。

e) 跨平台兼容性。

(a) 协议通用性。SRT支持Android/iOS/Windows/Linux全平台,适配云手机多终端接入需求。

(b) 灵活编解码。兼容H.264/H.265/Opus等低码率高画质方案,降低占用带宽30%以上。

## 8 云手机安全推流方案的应用场景

云手机安全推流方案主要有如下应用场景。

a) 远程移动办公。通过基于SRT协议的云手机安全推流方案,企业员工可以使用云手机访问公司内部资源并进行远程办公操作,提高工作效率和业务连续性。

b) 在线游戏。基于SRT协议的云手机安全推流方案为游戏开发者和玩家提供了全新的体验。玩家无需拥有高端硬件设备即可畅玩各类大型游戏,并通过云手机将游戏画面实时推送给观众。

c) 高清视频会议。在视频会议中,基于SRT协议的云手机安全推流方案可以确保视频画面的高清流畅传输,提高会议效率和沟通效果。

d) 直播行业。主播可以通过云手机进行直播推流,实现多平台同步直播和高清画面传输。

## 9 结束语

基于SRT协议的云手机安全推流方案通过端到端加密、动态抗弱网与低延迟传输,解决了云端音视频流面临的数据泄露、卡顿与交互滞后等核心问题。不仅为政务、金融、医疗等高安全场景提供合规保障,更通过SRT流传输协议优化弱网适应性,有效降低端到端延迟,推动政务移动办公、云游戏等应用大规模落地。未来结合AI和边缘计算,云手机安全推流方案将进一步拓展至元宇宙、工业互联网等领域,为云端交互生态构建安全高效的技术底座。

### 参考文献:

- [1] 苗春雨,杜廷龙,孙伟峰.云计算安全关键技术、原理及应用[M].北京:机械工业出版社,2023:4-11.
- [2] 徐保民,李春艳.云安全深度剖析技术原理及应用时间建[M].北京:机械工业出版社,2024:48-58.
- [3] 李学峰.云原生安全[M].北京:机械工业出版社,2022:20-28.
- [4] 刘化君,郭丽红.网络安全与管理[M].北京:电子工业出版社,2021:3-11.
- [5] 刘文懋,江国龙,浦明,等.云原生安全攻防实践与体系构建[M].北京:机械工业出版社,2022:125-133.
- [6] 刘仲驰.基于国密算法的通信数据加密传输方法[J].数字通信世界,2023(3):24-26.
- [7] ISAKA K. SRT (Secure Reliable Transport) [J]. The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, 2020, 74 (1):102-104.
- [8] 葛宝尧.基于SRT协议的流媒体传输系统的研究与实现[D].西安:西安电子科技大学,2021.
- [9] 吴佳华.面向数据安全的云端服务系统设计与实现[D].广州:华南理工大学,2023.
- [10] 罗仁杨.基于百度云服务的Android云终端设计及实现[D].成都:电子科技大学,2016.
- [11] 曹晓芳.基于H.264的手机视频监控客户端的设计与实现[D].南京:东南大学,2012.

### 作者简介:

陈颢,毕业于北京理工大学,高级工程师,硕士,主要从事移动终端信息安全、云手机安全业务相关研究工作;宁静,毕业于天津大学,工程师,硕士,主要从事终端安全、密码通信安全、数据安全等安全领域的技术研究工作;孟小燕,毕业于东北师范大学,学士,主要从事移动终端、桌面端、Web端前端研发工作;侯玉华,毕业于沈阳工业大学,高级工程师,硕士,主要研究方向为移动信息安全、终端操作系统;王德霖,毕业于中国民航大学,工程师,学士,主要从事航空发动机信息质量管理的技术研究工作。