

VOIP技术在民航通信网中的运用研究

江振华

民航西南地区空中交通管理局 四川 成都 610202

摘要: 2019年由民航系统新一代网络民航通信网投产后,民航地空VHF通信已在民航通信网上实现VOIP。本文研究民航通信网路由器将模拟VHF信号封装成VOIP数据时,VOIP报文的数据封装格式、VOIP各项性能参数之间的关系,并基于民航运行保障特点给出民航通信网VOIP业务参数设置建议。

关键词: VOIP; 民航通信网; 打包间隔; 带宽; 哈斯效应; 边际递减效应

1 背景

随着中国民航的高速发展,对航空运行保障提出了更高的要求。过去三十年民航地空VHF通信地面传输都承载于PCM复用器上。但随着行业发展,PCM设备点对点组网不灵活的缺点已不适应当前民航发展需要。民航通信网是替代民航原ATM网的下一代生产运行网络,它由路由器组网,覆盖民航各系统800余节点,目前国内地面与航班之间的地空VHF通信在民航通信网上已通过VOIP技术实现。

本文将分析VHF数据的格式、研究民航通信网实现VOIP的技术应用原理、VOIP各项性能参数之间的关系,

并基于研究结论给出民航通信网VOIP业务参数设置建议。

2 民航通信网的两种VOIP实现方式

当前民航地面与空中的语音信号,在地面的传输主要有两种VOIP实现方式:一种方式是内话与电台输出传统模拟E&M信号,民航通信网路由器接收VHF语音信号后完成VOIP模拟数字转换,并完成业务隔离和数据转发。另一种是在内话与电台内部完成VOIP模拟数字转换,由内话与电台直接输出VOIP数据,民航通信网通过接收IP信号后,实施业务通道隔离并转发数据。两种VOIP实现方式如图1所示。

方式1: 民航通信网内部数模转换



方式2: 内话与电台内部数模转换

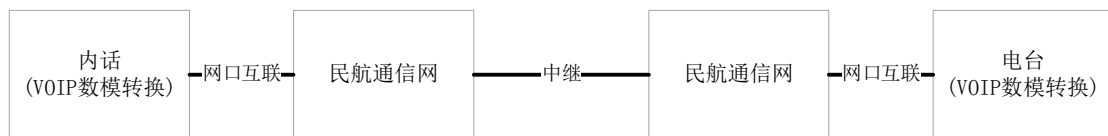


图1 当前空管VHF业务两种VOIP实现方式

方式1是目前VHF业务在民航通信网的主要传输方式。这种方式便于人为的监听信号、排查故障,同时对硬件要求低。

方式2是还处于技术测试论证阶段,并且当前民航VHF电台硬件条件大多不支持直接输出VOIP语音信号。同时方式2的参数设置一般在电台内部完成,与民航通信网参数设置并无关联,本文暂不讨论。

3 VHF原始数据编码格式与特点

目前民航地空通信的主要手段依然是VHF,业务的编码方式采用G.711编码。该编码方式下,数据采用PCM编码抽样标准,采用这种编码方式音频信号的采样率为

8K每秒,产生每秒8000帧,每帧1Byte的数据,每Byte数据8位即8bit,因此G.711的每秒数据流为8000byte*8bit,即64kb/s。

4 民航通信网封装VOIP数据的格式

民航通信网目前主要由华为AR路由器和华三MSR路由器两种设备作为接入路由器。因此结合图1里两种VOIP数模转换方式,民航通信网目前共有4种VOIP封装格式。

4.1 MSR路由器实现数模转报时VOIP数据封装格式

华三MSR路由器利用美国IETF制定的SIP协议(Session initialization Protocol,会话初始协议)实现,是目前VOIP主流技术路线^[1]。利用SIP协议封装原始VHF数

据, 随后采用RTP协议 (Real-time Transport Protocol, 实时传输协议) 完成音频格式封装, 最后依次完成UDP、IP、

Ethernet封装, 每个VOIP数据报头开销共计62Byte, 如表1所示。

表1 MSR路由器VOIP报文数据格式

Ethernet头 (18 Byte)	IP头 (20 Byte)	UDP头 (8 Byte)	RTP头 (12 Byte)	SIP头 (4 Byte)	VHF数据载荷 (Byte可变)
------------------------	------------------	------------------	-------------------	------------------	---------------------

4.2 AR路由器实现数模转换时VOIP数据封装格式

华为AR路由器PWE3 (Pseudo-Wire Emulation Edge to Edge, 边缘到边缘的伪线仿真), PWE3可以实现对低速TDM帧, ATM、帧中继、以太网等多种业务的仿真, 是一种较为先进的二层业务承载技术^[2], 因此华为路由器实现VOIP时完全绕开了网络三层协议。其VHF数据进行音频封装时, 而是采用CESoSPN封装, 直接把模拟VHF数据封装进PWE3协议中模拟TDM帧, 再利用PW技术实现MPLS进行数据封装隔离^[3], 其报头开销共计30Byte, 如表2所示。

表2 AR路由器VOIP报文数据格式

Ethernet头 (18 Byte)	MPLS头 (4 Byte)	PW头 (4 Byte)	PWE3头 (4 Byte)	VHF数据载荷 (Byte可变)
------------------------	-------------------	-----------------	-------------------	---------------------

5 VOIP 业务各性能参数之间的关系

5.1 VOIP报文打包间隔PT

根据前面已经提到的VHF业务编码格式, 单信道VHF数据每秒需要产生8000Byte的数据, 但因为最大传输单元 (MTU) 的限制, 一个以太网数据帧不能超过1518Byte, 因此一秒内产生的8000Byte数据都需要被分片后打包到多个VOIP数据包中。打包间隔的概念只指路由器会按照这个时间间隔稳定产生VOIP数据报, 就类似于地铁通常每5分钟会准确的发一次车。这里我们用PT (Packed time) 表示, 通常PT的单位是毫秒即ms。

$$PT = \text{打包间隔, (ms)}$$

5.2 VOIP报文有效载荷PL

有效载荷是与打包间隔直接相关的参数, 因为VHF业务的保障特点就是实时性、可靠性, 每秒产生8000Byte的特点, 因此有效载荷PL (Payload) 及PT的关系如下,

$$PL = 8000\text{Byte}/s * PT, (\text{Byte})$$

打包间隔PT与有效载荷PL成正相关, PT越小, PL越小。以20ms打包间隔为例, 按照公式对应的有效载荷为160Byte。有效载荷PL加上固定的报头开销, 就是每个VOIP数据包的总长度。需要指出的是, VOIP报文的特殊性, 打包间隔或有效载荷一旦设定好, 即使没有VHF数据流入, 有效载荷也会填充空数据至设定值。类似于地铁, 即使没有乘客, 发车时车厢数量和座位也是固定不变的, VOIP业务在完成配置时, 无论业务是否接入, 因为预留机制到款会被占用。

5.3 VOIP报文带宽C

VOIP单信道带宽占用计算公式如下所示

$$C = \frac{(H + PL)}{PT} * 8\text{bit} = 64\text{Kb}/s * (\frac{H + PL}{PL})$$

其中H是报头开销, 即报头所占字节长度。

举例来说明公式的计算方式。假设每秒8000Byte的VHF数据按照10ms打包间隔每秒打包成100个VOIP数据包传送, 每个包就需要包含62Byte报头开销和80Byte有效载荷, 通过计算可以得出单信道VOIP业务带宽占用为114Kb/s。

6 性能参数的合理化区间分析

6.1 以太网帧MTU值限制

由于以太网帧的MTU限制, 以太网帧最小最大区间范围是64-1518Byte, 小于64Byte将自动填充数据至64Byte, 大于1518Byte将被分片传送, 因此VOIP的报头与数据的大小区间必须满足数据链路层MTU限制。

6.2 哈斯效应的限制

由于神经传导速度的限制, 人的视觉存在暂留现象, 视觉暂留的时间是100ms, 当电影、动画的画面帧数只要大于每秒10帧视觉就会认为画面的连续的, 与之类似人而的听觉也存在暂留现象。根据哈斯效应当两次声音的间隔大于50ms时, 人耳才能够分辨出声音的间隔、延迟或回声。

VOIP数据包打包时间间隔大于50ms时, 一旦发生网络抖动, 任何一个包的丢失或延迟, 都会造成大于50ms的音频信号数据确实, 管制员就能明显的感知到。反之, 当打包间隔小于50ms时, 网络的抖动才不会对管制员听觉上造成影响。按照公式计算PT小于50ms时, 每个VOIP数据报的有效载荷PL应小于400Byte。

6.3 VOIP时延的限制

国际电信联盟 (ITU) 的G.114明确规定VOIP的时延应小于150ms。VOIP的时延通常是传播时延、队列时延、处理时延三者的总和。民航通信网的传输时延和队列时延通常不超过10ms, 因此VOIP时延可以按照10ms+打包间隔PT估算。因此打包间隔应按照小于50ms设置, 时延通常不会超过60ms, 满足ITU标准。

6.4 带宽与有效载荷的边际递交效应

全国民航通信网每月的网络带宽运行成本都会产生

上亿元费用,因此有必要控制带宽占用降低运行成本。
根据带宽C计算公式,绘制出了报头开销为62Byte

时,有效载荷从24Byte到400Byte区间坐标图,单信道VOIP带宽占用的函数坐标图,如图2所示。

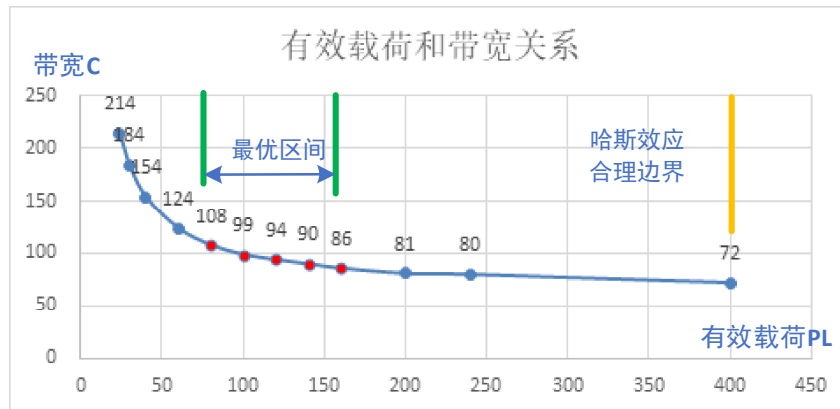


图2 VOIP单信道带宽占用与有效载荷的关系

如果把带宽C看做经济成本,有效载荷PL看做效益,通过图上的数据不难看出,VOIP数据有效载荷PL从24Byte到400Byte区间符合边际效应递减效应关系。PL从24Byte至80Byte时,虽然增大PL会造成PT的略微增加,但带宽成本会显著降低,因此PL应大于80Byte。PL从160Byte发生边际效应,继续增加PL增加时延降低VOIP性能,已经基本不会对使带宽减小。

因此VOIP的报文合理化区间,PL最合理区间就是80至160Byte,对应的VOIP打包间隔为10ms-20ms。而这恰恰是VOIP技术的行业标准,欧洲标准下VOIP的打包间隔通常就是10ms或20ms两个标准。

7 民航通信网 VOIP 业务参数设置建议

民航通信网实路由器通过配置中的某些参数调整有效载荷PL来调整VOIP业务性能。

MSR路由器调整有效载荷的命令是依次进入Voice视图, dial-program视图, VHF业务实体视图下,通过命令 codec G711alaw X命令设置每个包的有效载荷, X的取值范围为24Byte-240Byte,对应的打包间隔为3.3ms-30ms。根据图3公式,此时的报头有62Byte,通过公式可计算出MSR路由器的带宽范围为224-80Kb/s。建议X设置为160Byte,打包间隔20ms,单信道带宽占用为89Kb/s。

AR路由器调整有效载荷的命令是PW视图下,通过 tdm-encapsulation-number X命令设置每个包的有效载荷

PL, X的取值范围为8、16、24、32、40,对应的打包间隔为1-5ms。需要注意的是,根据图4,华为AR路由器的VOIP报头仅有30Byte,加上32Byte也不满足MTU限制,以太网帧不足64Byte长度,需要填充空数据到64Byte,反而造成了极大的带宽浪费。因此配置8、16、24、32Byte时总数据长度应按照64Byte计算。根据带宽公式可计算出带宽占用分别为512Kb/s、256Kb/s、171Kb/s、128Kb/s、106Kb/s。建议X设置为40Byte,对应打包间隔5ms,单信道带宽占用为106Kb/s。

8 结语

本文总结了当前民航通信网实现VOIP的原理以及4种不同场景下的数据格式,数学分析了VOIP各项性能参数的合理化区间,并给出了民航通信网实现VOIP业务时的推荐配置。既实现了民航运行保障的高性能要求,又有效控制了带宽,降低网络运行成本。

参考文献

- [1]陈鸿杰.基于SIP协议的半双工VHF话音通信远程接入系统[J].电讯技术,2010,50(08):107-110.
- [2]黄玉芝.基于PWE3隧道技术实现甚高频业务的传输[J].中国新通信,2021,23(17):41-43.
- [3]张锦跃.MPLS PWE3多段PW体系结构的研究与实现[D].南京邮电大学,2011.