

# 基于MPLS VPN的民航通信网IP承载网高可靠性方案研究

郑利彬

民航华北空管局 北京 100000

**摘要:** 民航通信网是民航空管关键基础设施设施之一,民航通信网稳定运行是民航空管运行安全的基础。民航通信网IP承载网采用了BGP/MPLS VPN技术,为民航各单位提供安全稳定的信息传输线路资源。民航通信网IP承载网从组网设备选型、网络结构设计、IGP路由规划、BGP路由反射器部署、快速故障检测BFD技术应用、快速重路由FRR技术应用等方面进行了高可靠性方案设计。

**关键词:** 民航通信网; BGP/MPLS VPN; 高可靠性

## 引言

民航通信网IP承载网涵盖民航局、各地区管理局及安监局、民航空管系统各单位、机场、航空公司等单位,是民航运行数据互联互通的“高速公路”,为民航信息系统数据传输提供了安全可靠的技术支持。在现有通信技术和其他行业优秀组网案例之上,民航空管通信维护部门希望通过优异的组网方案和技术部署实现对基础通信网络资源的高效利用,有效增强网络的效率、扩展性、安全性,满足多样化的业务需求<sup>[1]</sup>。民航信息系统不同节点间的数据通信对民航通信网线路高度依赖,针对此情况,应充分研究民航通信网IP承载网高可靠性设计,采取合理可行的技术措施,切实提高民航通信网IP承载网保障能力,为后期运维工作和系统稳定运行打好坚实基础。

## 1 概述

### 1.1 民航通信网IP承载网概述

民航通信网包括传输网、IP承载网和TDM承载网,其中传输网采用MSTP技术,为两张业务承载网提供传输线路,IP承载网主要承载民航IP业务,主要包括生产业务、行政业务、视频业务等;TDM承载网主要承载空管安全业务,主要包括自动转报、雷达信号、甚高频信号等。本文重点对民航通信网IP承载网进行可靠性设计研究。

民航通信网IP承载网采用BGP/MPLS VPN技术,作为民航自己运行维护的广域网络,为民航各用户提供MPLS L3 VPN线路。MPLS L3 VPN是一种通用的路由交换技术,支持此技术的设备厂商较多,产品较为成熟、稳定,已被国家各行业及各大电信运营商采用,有许多优秀的组网案例。

### 1.2 网络高可靠性方案必要性

民航通信网IP承载网承载的具体业务主要有三类:一是安全生产业务,包括空管流量管理、气象、航行情报、空管语音等,此类业务对实时性要求较高,随机性

强,传输可靠性要求较高;二是行政综合业务,包括办公自动化、财务、人力资源、信息化联网等,此类业务随机性强,突发性强,传输可靠性可由上层应用保障;三是视频多媒体业务,包括视频决策系统、视频会议系统、监控信号引接等,对延迟要求高,随机性强,稳定性高,且要保证带宽。

民航通信网IP承载网承载的业务均是保障民航空管安全及飞行安全的重要环节,民航空管各信息系统的通信不稳定会影响空管运行安全或者降低运行效率。面对种类繁多、数量庞大、通信指标差异化、业务重要性高的通信线路需求,研究设计民航通信网IP承载网高可靠性的重要意义不言而喻。

### 1.3 网络可靠性影响因素

影响民航通信网可靠性因素主要包括关键设备的性能和质量、通信网络拓扑结构的设计水平、通信设备供电环境、运营商线路稳定性、对通信设备运行的日常管理与维护等<sup>[2]</sup>。提高网络可靠性是一个复杂的系统工程,必须从多方面入手,不仅要提升网元本身的可用性,同时要缩短故障发生后的恢复时间。可靠性规划设计的核心思路是沿着网络故障的生命周期予以处理,运用行之有效的通信技术,避免民航通信网运行中各类故障的发生或减小故障后的业务影响。

## 2 网络高可靠性设计实现

网络的可靠性由多个因素构成,主要包括设备可靠性、拓扑冗余性、流量规划的合理性、协议规划的保护机制等方面,充分分析行业业务流量特点,选择适用的网络协议和技术,能够多维度提高网络的可靠性。

### 2.1 组网设备高可靠性

不间断转发技术是路由器设备可靠性的重要技术之一,在路由器局部的关键部件故障后,可以实现业务数据流量的正常转发。不间断转发技术在路由器软硬件

方面的实现主要包括系统双主控冗余配置,主用主控故障,备用主控自动接管工作;配有独立的用于数据转发的交换网板,且交换网板冗余配置;主用板卡和备用板卡实时同步运行数据,主备板卡切换时,不影响接口版数据的转发。

民航通信网IP承载网组网设备选用华为企业级高级路由器,全网核心路由器采用华为NE5000集群,地区核心路由器和地区汇聚路由器采用华为NE40E平台设备,业务接入路由器采用华为NE20E平台设备。所有组网设备均配置双主控板卡、多交换网板、多供电模块、多风扇模块,关键部件支持热插拔功能,保证在主用板卡发生故障或后业务平滑切换到备用板卡,倒换过程中业务板卡不重启,可以做到不间断的转发,提升路由器整体性能可靠性。

## 2.2 网络架构高可靠性

民航空管系统的业务类型一般为星形结构,如全国范围内以民航局空管局为星形拓扑的核心与全国各空管单位连接,或者在地区范围内以地区空管局为星形拓扑的核心与下属空管分局站连接,业务数据流基本为纵向传递,同级单位之间较少有流量交互需求,节点信息流基本是复用整合后向中心点集中的过程。从有利于业务流的调度与疏导,以及网络易于运行维护的角度出发,民航通信网采用分层设计原则,所有节点划分为全网核心层、地区核心层、地区汇聚层和业务接入层。

网络拓扑上采用双星型和双链路网络架构。全网和各区域均为双星型设计,全网核心层由北京网控中心和上海网控中心承担全网核心节点角色,相互冗余备份;各地区内由地区空管局和地区区管中心担任地区核心节点角色,相互冗余备份。重要节点(全网核心层、地区核心层、地区汇聚层和部分接入层)均部署双设备冗余和双链路冗余,链路使用民航通信网传输网提供的基于不用运营商的链路通道,可以保证重要节点在单一设备故障或单一链路故障后,承载的业务流量能够切换到备用设备或链路上,提升节点可靠性。

## 2.3 组网IGP路由优化设计

组网IGP路由协议是搭建TCP/IP传输网络的基础,优秀的组网IGP路由设计能够有效提升网络的运行效率、保障网络安全稳定、规避后期运行隐患。目前既可以用于大规模网络又基于标准的IGP动态路由协议有IS-IS和OSPF。IS-IS占用网络资源相对较少,支持网络规模大于OSPF,在网络相当庞大时能体现出优势。民航通信网IP承载网建设基于电信级运营管理的理念,IGP协议选择集成IS-IS路由协议,网络路由信息负载轻量化,便于网络

后期扩展。

民航通信网IP承载网路由协议规划设计的基本原则如下:网络结构上的冗余设计保证IGP路由冗余多路径;IGP最短路径清晰合理,可预测;备份路由为次优路径,主备路径切换不会造成较大的网络波动;避免使用复杂的路由策略以及策略路由,方便后期运行维护;快速发现故障并作出响应,尽量保障业务流量不中断。

为了民航通信网IP承载网中的业务流量能够合理分配,确保数据转发路径最优,按照民航通信网IP承载网的实际拓扑结构、层级和区域设计,通过合理设置节点间IS-IS路径cost开销值,达到以下业务流量走向设计思路:

(1)同一地区节点间的业务流量利用本地区的核心节点承转,不应经过全网的的核心节点;(2)不同地区节点间的业务流量应通过全网核心节点传递,且业务流量不应流转至无关地区的节点设备上。

## 2.4 BGP路由反射器部署

民航通信网IP承载网的所有业务基于MPLS L3 VPN承载,私路由通过MP-BGP发布,且BGP/MPLS VPN网络中要求任何两台PE路由器为IBGP邻居,才能保证MPLS L3 VPN业务正常传输。正常情况下,所有BGP路由器必须保持全连接方式,方可满足任何两台PE路由器为IBGP邻居。但随着业务大规模发展,PE路由器必定会越来越多,IBGP全连接方式无疑会大量消耗网络开销,降低网络传输效率,且此种方式的网络扩展性也较差。为了解决网络中MP-IBGP的扩展性,民航通信网IP承载网采用VPN路由反射器(VPN RR)设计。单独设置RR路由反射器能够减轻核心节点的压力,提高网络的稳定性和可扩展性,也是一种转发与控制分离的实现机制。

民航通信网IP承载网采用两级路由反射器RR设计,北京网控中心、上海网控中心及十里河应急网控中心各放置一台路由器作为全网的一级RR,其它地区空管局和区管中心的上联的两台P路由器作为一级RR的客户端,同时作为该区域的二级RR,各区域的PE路由器作为二级RR的客户端仅连接到本区域的二级RR。使用二级路由反射器设计方案,可以大量减少网络内IBGP邻居关系数量,降低路由器开销,有效减少路由振荡,便于业务扩展,同时在VPN管理上实现了区域化的管控,降低了网络的管理难度,提高了网络的稳定性和可靠性。

## 2.5 故障快速感知技术BFD部署

故障快速感知技术是故障快速切换保护的基础,只有实现故障的快速发现,才能实现故障的快速切换保护。BFD(双向转发检测)是一种常用的故障感知技术,它提供了一个通用的、标准化的、介质无关、协议无关的

快速故障检测机制<sup>[3]</sup>，其实现原理是在被检测的两个节点之间建立BFD会话，并在会话两端定期发送hello报文，如果任何一方没有在设定的周期内收到对方发送的hello报文，则认为BFD会话中断，并可将来故障自动上报至建立BFD会话的关联通信协议。BFD技术可检测多种通信协议建立的通道，即BFD技术能够与多种通信协议进行联动适用，如OSPF、IS-IS、MPLS等。

在民航通信网IP承载网上，使用了BFD与IS-IS联动以及BFD与MPLS LSP联动：（1）IS-IS协议自有发送Hello报文的的时间间隔为10秒，在民航通信网IP承载网上基于IS-IS的BFD会话检测周期设置为100毫秒，当BFD检测到故障时，通过路由管理通知IS-IS协议进行相应邻居Down处理，快速进行更新路由计算，从而实现IS-IS路由的快速收敛。（2）民航通信网IP承载网采用MPLS技术，并联合使用BFD技术快速检测MPLS LSP路径上的故障。民航通信网IP承载网上基于MPLS LSP的BFD会话发送hello报文周期设置为100毫秒，并设置任何一端连续3次没有收到对端发送的BFD hello报文，则认定MPLS LSP故障中断，并上报MPLS LSP Down的消息，及时触发建立新的LSP通道保证业务流量传输，减少因故障造成的流量丢包，提高MPLS网络的可靠性。

## 2.6 流量快速恢复技术FRR部署

正常情况下，IS-IS网络中出现中继链路中断或设备故障后，网络中的各路由器均需要进行故障发现、路由重新计算、新路由信息同步至转发层面等步骤，从故障到重新在备用路径恢复通信需要数秒钟时间，路由重新计算时间势必会造成业务流量中断，无法满足民航重要业务对实时性的要求。为了解决故障后路由切换时间内的流量丢失问题，可以应用FRR快速重路由技术。FRR协议通过提前计算备份路由，并将备份路由放置于转发表中，当主用路由发生故障后，业务流量可直接使用转发表中的备用路由进行转发，最大限度保障了业务流量正常转发，当主用路由故障恢复后，业务流量同样可以几乎无缝切回到主用路由。

民航通信网IP承载网部署了BFD以及IP FRR（即IS-IS Auto FRR），加快对故障链路和故障节点的快速感知，保证转发系统快速地进行故障检测并采取措施，尽快让IP业务流恢复正常<sup>[4]</sup>。部署IS-IS Auto FRR后，整个IS-IS网络内提前在转发表项中录入了计算好的备用路径转发信息，且民航通信网IP承载网采用的华为路由设备支持录入多条备用路径转发信息，当部署的BFD检测到主用路由中断后，民航通信网IP承载网路由器直接启用备用路径转发业务流量，做到了业务流量在主用路由故障后的转发与IS-IS协议路由重新收敛时间无关，对业务流量在主用路由中断后的保护可以达到毫秒级，业务用户无感知，极大的提高了IS-IS网络的可靠性。

## 结束语

网络的可靠性是判断网络优劣的重要指标，需要从设备、链路、网络拓扑、路由协议等各个方面深入研究设计。随着民航通信网的传输能力及便利性在民航系统内越来越受到认可，会有更多的业务接入，业务种类不一、用户量增长、网络规模不断扩大将给运行维护人员带来巨大的挑战<sup>[5]</sup>。为了使民航通信网IP承载网能够满足未来业务流量发展以及网络拓展需求，需要运行维护人员继续研究优秀组网案例以及网络新技术，面向用户，不断完善优化网络设计，将民航通信网IP承载网打造成更加先进、更加可靠的民航基础通信网络。

## 参考文献

- [1]彭元文,王滔,杨德保.基于MPLS VPN技术的地区企业城域网设计与研究.信息系统工程.2023(04)
- [2]鞠苓.民航通信网高可靠性技术及运用.电子技术与软件工程.2019(12)
- [3]桂卫建.IP RAN技术在上海联通综合业务承载网中的研究与应用.复旦大学.2012
- [4]王硕.民航通信网IP承载网业务双网传输配置与研究.民航学报.2022.6(04)
- [5]黄佳新.浅谈民航通信网架构及运用.信息通信.2020(10)