

文章编号: 1005-8451 (2013) 01-0078-04

动车段网络设计解决方案研究

崔中伟

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘要: 动车段局域网作为综合业务信息传输平台, 结合有线和无线网络传输技术, 全面覆盖段内所有作业场所和联网设备设施, 集数据、视频、语音等多种传输于一体, 为各类应用提供统一的综合数据传输平台, 满足数据采集、多种业务流程各环节间以及段系统与外部系统间交换和共享信息的数据传输需求。按照网络分级管理的原则, 划分为核心层、汇聚层和接入层3级。根据网络设计安全性、先进性、稳定性、可扩充性及可管理性等原则, 浅谈动车段网络设计解决方案。

关键词: 动车段; 网络设计; 方案; 研究

中图分类号: U266.2 : TP39 **文献标识码:** A

Research on solution of network design for EMUs depot

CUI Zhongwei

(Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: LAN of EMUs depot as an information transmission platform of integrated service, combined wired network transmission technology with wireless network transmission technology, communicated with all workplaces and network equipments, integrated data transmission, video transmission, and voice transmission to provide comprehensive data transmission platform for all kinds of applications, and meet the needs of data acquisition, data transmission for shared and exchanged information among each link of multi processes as well as depot system and external system. According to the principle of network classification management, it was divided into the core layer, convergence layer and access layer. Based on the principle of security, progressiveness, stability, scalability and manageability for network design, the paper researched on the solution of network design for EMUs depot.

Key words: EMU sdepot; network design; solution; research

动车段作为动车维修的专业大型基地, 为保证关键设备信息接入及为维修作业人员提供工作便利, 满足数据采集、多种业务流程各环节间以及段系统与外部系统间交换和共享信息的数据传输需求, 需搭建动车段局域网作为综合业务信息传输平台, 集数据、视频、语音等多种传输于一体, 全面覆盖段内所有作业场所和联网设备设施, 动车段局域网满足可靠性、安全性、可扩展性、传输性等要求。

动车段局域网以高可靠冗余设计为原则, 整体网络不存在单点故障, 不会因为单台设备或单链路故障导致整个网络瘫痪。在保证可靠性的前提下, 选用高性能和具有足够扩展能力的产品, 通过高端设备单板扩容, 中低端设备堆叠的方式

实现网络容量平滑扩展。

1 网络设计解决方案

动车段局域网作为维修生产系统以及无线局域网络 (Wireless Local Area Networks, WLAN) 的主要承载平台, 对可靠性等性能要求非常高。在动车段内局域网络全部采用双链路、双归属架构, 接入交换机通过双千兆链路与 2 台核心交换机互联, 单核心交换机故障或单千兆上行链路故障都不会对网络的正常运行造成任何影响。

为进一步提升网络可靠性, 核心交换机还普遍采用支持冗余引擎、冗余电源的框架式产品, 即使出现核心交换机单引擎故障或单电源故障, 交换机依然能正常运行。

1.1 传统园区网络存在的问题及面临的挑战

收稿日期: 2012-11-12

作者简介: 崔中伟, 工程师。

传统园区网络由于接入交换机采用双归属组网架构与核心交换机互联，这在物理上形成一个以太网环，如果没有其他技术控制手段，以太网广播风暴问题将耗尽所有链路带宽资源，最终造成网络瘫痪。为此，须在接入交换机及核心交换机上开启生成树协议（Spanning Tree Protocol, STP）、快速生成树协议（Rapid Spanning Tree Protocol, RSTP）等以太网生成树协议，将物理环网实施逻辑阻断，最终接入交换机的双千兆上行链路将只有一条处于工作状态，另一条只传输协议控制报文而不传递数据，当主用传输链路出现故障后，生成树协议将开启备用链路恢复正常的数据传递。

STP、RSTP 在解决以太网环路的同时也带来了性能损失，接入层交换机的双千兆上行只有一条链路在工作，有一半带宽处于备份状态，同时，STP 的最长切换时间可达到 30 s，这对可靠性和实时性要求很高的生产系统而言是不可接受的。

为了规避这些问题，又出现了 RSTP 快速生成树协议，可将切换时间缩短到秒级，通过多业务传送平台（Multi-Service Transfer Platform, MSTP）协议实现主备链路的负载分担，但流量的分担完全依赖手工配置，不仅配置维护工作量大，而且双链路不能实现自动的流量分担，依然存在切换速度慢的问题。

1.2 动车段网络的组网模式及优点

针对以上问题，在动车段园区网建设中全面应用了智能弹性堆叠架构（Intelligent Resilient Framework, IRF）技术，在保证原有组网结构不变的基础上，将网络性能提升一倍，同时将故障切换时间从秒级缩短到 50 ms 以内。

IRF 技术使得 2 台核心交换机在逻辑上完全变为一台设备，不论是配置、管理还是报文的二三层转发，同时可支持跨设备的链路聚合功能，这个改变对于边缘的接入交换机而言，交换机的双千兆上行链路虽然物理上是接入到 2 台核心交换机，但逻辑上只是与一台设备互联，也就不存在以太网环路问题，不必再开启 STP/RSTP 协议，双上行链路可工作在链路捆绑模式，双千兆接口同时使用，相当于骨干网带宽提升一倍。即使出现链路故障或者单核心交换机故障，其切换时间将在毫秒级，不会对正在运行的业务造成任何影

响。

IRF 技术不必使用额外的专用接口，通过标准的 GE、10GE 接口最多能接入 9 台交换机，4 台核心交换机组成一个堆叠组。由于 IRF 技术的简单易用性和良好使用效果，在动车段、动车运用所中得到普遍应用。

IRF 技术最初起源于接入层交换机的堆叠端口扩容，由于接入层交换机通常采用固定接口配置，当一台接入交换机端口不能满足要求时，则需要再增加一台交换机用于接入，多个交换机以串糖葫芦的方式连接在一起，各个交换机都是独立工作，这种方式存在可靠性低、需要对单台交换机配置、管理工作量大的问题。

由于级联的性能和可管理问题没有得到解决，后续又出现了专用接口的堆叠集群技术，参与堆叠的交换机通常由上级汇聚交换机和下级接入交换机 2 层组成，上级交换机与下级交换机之间通过专用的高速堆叠线缆互联，逻辑上可形成一个星型架构，由于利用了堆叠线缆的高性能以及上级交换机的内部交换功能，这使得堆叠组交换机之间的报文交互比级联方式效率高很多，并且可实现堆叠组交换机的统一管理，包括配置文件管理、软件升级管理等。

但堆叠集群技术也有不足之处，首先堆叠需要有专用接口及电缆，而这种电缆长度在几米长的范围内，只有特定型号的交换机之间才能支持堆叠，使用范围受限，这使得堆叠技术只能在一个机房甚至是一个机架内使用。虽然堆叠集群技术能实现多个设备的统一配置管理，但接入交换机只能工作在二层模式，其操作系统依然是各自独立运行，不能解决冗余备份和负载分担问题。

最后出现了以 IRF 技术为代表的新一代交换机堆叠技术，其最大的改变有以下 2 点：

(1) 取消专用堆叠接口，使用标准 GE、万兆网络接口，其互通性和适用能力更强。

(2) 将多个物理堆叠设备在逻辑上完全变成了一台设备，堆叠组中有一台设备作为 Master 设备，负责接收配置命令和路由计算，其他设备将会自动同步路由信息，可实现整个堆叠组内的分布式二层、三层 IP 报文转发，这与高端框式交换机的工作原理完全相同，可确保堆叠组高性能（多台交换机堆叠时，可行成环形结构，由于各个交

换机都工作在三层，每个交换机都可动态路由计算选择到相邻交换机的最佳路径）。更关键的是，可实现跨设备的链路聚合功能，大幅度地提升了网络性能和可靠性。

2 动车段WLAN解决方案

动车维修人员需要在整个段范围内移动作业，传统的有线网由于布点困难，很难适应这样的需求，WLAN成为最佳技术选择，目前在动车段维修车间内全部部署了WLAN系统。

由于段是逐步依次建设完成，WLAN的部署也是渐进的过程，在早期覆盖范围有限，接入用户不多时，可采用FAT AP模式，这种方式具有成本低、部署简单的优势。当无线网规模更大时，则选用无线控制器加上FIT AP架构，它能解决无线网络无缝漫游和统一配置管理问题，但传统无线厂家生产的AP都是按FAT/FIT功能进行分类的，如果不能解决FAT AP向FIT模式的切换，将导致先期投入设备的浪费，这是动车段在无线网络选型中必须考虑的第一个问题。

其次，传统无线网络的管理与有线网络的管理分别由2套不同的网管软件来完成，这一方面增加了用户管理的工作量，更关键的是专门的无线网络管理系统只关心AP与无线控制器之间的逻辑连接，而看不到承载AP与无线控制器之间的物理有线连接网络拓扑，一旦出现无线网络问题，管理维护人员必须在2套网管不停切换，靠人为记忆来查找AP、无线控制器与有线网络之间的对应连接关系，排错工作量会非常大。

最后，就是有线、无线用户的统一管理认证难以实现，一个终端接入用户采用有线和无线方式接入网络需要不同的认证方案和密码，这也人为增加了无线用户的使用难度。

这些问题的解决是动车段大规模部署无线网络的前提条件。

2.1 WLAN技术发展历程

WLAN无线技术从出现之初发展到现在，WLAN协议已经从仅支持11Mbps的802.11g到了最高600Mbps的802.11n，11n无线已经在传输带宽上超越了百兆以太网，随着802.11ac标准的成熟，WLAN的传输带宽可达到1Gbps，将成

为有线网络的有力竞争者。

同时用户所担心的无线网络接入安全问题，也随着无线局域网鉴别和保密基础结构(Wireless LAN Authentication and Privacy Infrastructure, WAPI)802.11i等技术的应用得到解决，黑客已经很难通过窃听无线报文的方式去解密获取信息。

除了WLAN标准的变化，WLAN设备自身也发生了很大的变革，从小规模的家用环境发展到无线社区、无线城市的数十万个AP的大规模商用，AP组网架构和产品品质也有了质的提升。早期AP属于FAT AP架构，除了完成有线、无线信号的转换以外，还要负责用户认证管理等功能，对用户的好处是，只要单个AP完成相关配置就能迅速开通WLAN，使用简单方便。

但随着无线覆盖范围的扩大，单个AP已经无法胜任，必须要多个AP来配合，此时FAT AP的缺陷就凸显出来了，由于FAT AP的所有配置信息都在AP本地保存，当一个无线用户从一个AP完成认证接入后，漫游到另一个AP所覆盖的范围，FAT AP之间并没有完善的数据协商共享机制，另一个AP会要求移动用户再次完成认证后才允许接入，这就导致了漫游中断的问题，给用户造成不便。

由于配置信息需要在每个AP上部署，当AP数量很多时，任何用户信息的更新，AP之间的无线频点规划都需要维护人员登录每个AP进行配置刷新，这个工作量是非常巨大的。这种方式还带来了明显的安全风险，由于每个AP上都存储了相同的用户认证等信息，只要一个AP被窃取，那就能获取整个无线网络的访问权限。

因此，大规模无线网络的部署都选择了FIT AP模式，这种模式下，会新增一台无线控制器，所有的AP都工作在FIT模式，自身不用做任何的配置，一旦AP上电开机，它会通过动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP)自动获取IP地址，并与无线控制器建立隧道连接，然后从无线控制器实时下发属于自己的配置信息，包括无线频点设置，发射功率等，即使出现AP被盗情况，由于AP上并不保存任何配置信息，无线网络的安全性得到有效保障。

而移动用户最关心的无缝漫游所需的认证将由无线控制器来统一完成，只要用户从同一个无

线控制器所管辖的任意一个 AP 上完成认证并接入，当用户切换到另一个 AP 接入时，不必再次认证，这就完美地解决了漫游中断的问题。由于无线控制器的存在，它还能智能感知多个 AP 之间的位置和频点信息，自动调整 AP 的工作频点和发射功率，避免和周围 AP 的干扰，使得无线网络更加可靠。

2.2 动车段 WLAN 部署特点

在动车段使用的无线 AP 是 H3C 的 WA2220E 产品，它配置了 802.11a/g 的双频模块，可同时支持 802.11a 和 802.11g，并配置了全金属外壳，具有更强的抗辐射抗干扰能力。

WA2220E 产品具有独特的 FAT/FIT 模式切换功能，在早期 AP 数量较少时，开启的是 FAT 模式，由维护人员对 AP 完成配置后就能实现一定范围内的无线接入和用户认证功能，不必额外添加无线控制器，具有低成本的优势。

当 AP 数量超过 10 个，并要求有漫游功能时，可新购无线控制器，将已经开通的 AP 和新购 AP 全部通过软件切换为 FIT 模式，实现无线网络规模和可管理性的平滑扩容。

无线控制器的引入，还实现了 AP 频点的自动分配、AP 功率自动调整等功能，可以最大程度地降低维护管理的工作量。

2.3 动车段 WLAN 发展趋势

在为移动用户提供无缝漫游数据接入的同时，无线网络还能开展很多新业务，比如无线定位，VoIP 等，并在可靠性上还有改进余地。

首先是无线网络可靠性的提升，在现有的无线控制器 +FIT AP 网络架构下，当一个 AP 出现故障后，无线控制器会自动加强周边 AP 的发射功率，来弥补故障 AP 所造成的覆盖面积缺失。可是一旦无线控制器自身出现问题，这将直接导致所有 AP 的工作失效，单一无线控制器将成为无线网络的单一故障点。

实际上，H3C 的 WX 系列无线控制器还支持双机冗余热备功能，在对无线网络可靠性要求非常高的场合，可放置 2 台无线控制器进行热备，所有 FIT AP 会自动发现双控制器的存在，并事先与 2 个无线控制器都建立连接隧道。当主用控制发生故障后，AP 会自动切换到备用控制器进行数据转发，由于无线控制器之间也在实时同步用户

认证等信息，这个切换过程可在 300 ms 内完成，其切换速度处于业界领先水平。

3 结束语

有线网络中的 IRF 智能堆叠技术，能在现有网络架构之上简化网络管理，提升网络性能和可靠性。而有线无线一体化设计，无线 AP 的 FAT/FIT 模式自由切换模式很好地适应了动车段的移动生产办公要求和扩展要求，整体网络具有易管理、易扩展、高性能的特点，很好地满足了动车段生产及办公需求。

参考文献：

- [1] 史扬. WLAN 主要标准与进展 [Z]. 北京：IP 领航，2009.
- [2] 刘晓勇. 无线网络部署 [Z]. 北京：IP 领航，2009.
- [3] 刘新民. 数据中心 IRF2 虚拟化网络架构与应用 [Z]. 北京：IP 领航，2011.
- [4] 杭州华三通信技术有限公司. 新一代网络建设理论与实践—无线 [M]. 北京：电子工业出版社，2012.

责任编辑 方圆



▲ 工作人员使用工位机进行记录回填