

数据中心ADS-B数据转发方案

谷 鸣

民航新疆空管局, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2022年4月26日; 录用日期: 2022年5月24日; 发布日期: 2022年5月31日

摘 要

为满足ADS-B二级数据中心接入信号的冗余度要求, 乌鲁木齐区域管制中心针对北京一级数据中心(NDPC)回送的单播ADS-B信号, 编写程序接收并进行组播转发。目前该方案已应用于生产平台, 软件运行稳定, 未发生软件异常和数据中断现象, 运行效果良好。

关键词

ADS-B, 组播, 数据转发, 数据中心

Solution for Multicasting ADS-B Messages from NDPC

Ming Gu

Xinjiang ATMB, Urumqi Xinjiang

Received: Apr. 26th, 2022; accepted: May 24th, 2022; published: May 31st, 2022

Abstract

To satisfy the redundancy requirements of input messages for the ADS-B Data Processing Center, the Urumqi Air Traffic Control Center complied with a software and applied it for receiving and multicasting the ADS-B messages which were unicasted by the Beijing Data Processing Center (NDPC). So far the solution has been applied to the production environment, and the software runs stably without any software exception or data interruption.

Keywords

ADS-B, Multicast, Data Transmit, Data Processing Center

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题描述

根据乌鲁木齐区域管制中心与兰州区域管制中心移交协调的现状和实施 AIDC 的需求, 双方计划相互引接对方部分区域 ADS-B 信号, 以加强管制区边界附近的 ADS-B 覆盖, 并实现基于 ADS-B 信号的 AIDC 管制移交。

乌鲁木齐区域管制中心已完成单播引接的相关测试并顺利接入自动化系统提供管制使用, 但是受限于北京 ADS-B 一级数据处理中心系统配置及传输链路, 只能提供 2 路单播的接入信号, 而乌鲁木齐现场 ADS-B 二级数据处理中心运行平台及验证平台等相关设备共需 12 路不同目的地址的单播信号, 以满足网络安全和信号冗余要求。

因信号安全冗余不足, 信号引接服务器无法随时切换。此危险源已列入《ADS-B 信号引接安全评估报告》。乌鲁木齐区域管制中心根据上述风险源, 制定了相应的风险管控措施, 编写信息转发程序将接收到的北京一级数据中心(NDPC)单播 ADS-B 信息进行组播转发, 并接入所需的多种信息处理系统。

区管中心数据转发项目小组使用 NAT 转发和程序转发两种不同的方法探讨了方案的可行性, 并选择程序转发方式编写程序实现了组播转换的既定目标。目前该方案已应用于生产平台, 软件运行稳定, 未发生软件异常和数据中断现象, 运行效果良好。

2. 方案介绍

2.1. 方案选择

该项目的核心需求是解决 ADS-B 信息的 UDP 数据包转发问题。基本原则是以现有的成熟的网络技术功能剥离源数据包 UDP/IP 信息, 根据发送地址, 发送端口, 目的地址, 目的端口等信息需求重新进行封装, 并以组播的形式通过指定网卡投递给二级数据中心及其验证平台等下游设备。

根据上述需求分析, 有两种方案可供选择: 第一种为系统数据包服务的转发功能。需要架设 NAT 服务器, 对数据包网络地址进行转换; 第二种为通过 C 语言编写程序调用 Linux 系统的网络套接字(Socket)接口, 对数据包重新封装。

2.1.1. NAT 服务转发

NAT 的全名是 Network Address Translation, 即网络地址的转换[1]。一个数据包在进行 NAT 服务器转发时需要经过三个步骤:

- A. 经过 NAT Table 的 PREROUTING 链;
- B. 经由系统路由判断是否进入本机, 若不进入本机, 则进入 Filter Table 的 FORWARD 链;
- C. 经过 NAT table 的 POSTROUTING 链, 最后转发出去。

在这个过程中, 如果在 A 阶段修改了数据报文的目标地址, 叫做 DNAT (Destination NAT); 如果在 C 阶段修改了数据报文的源地址, 叫做 SNAT (Source NAT) [2]。

如图 1 所示, NAT 服务器监听网卡指定端口(网卡一), 若收到北京一级数据中心发来的 UDP 数据包, 先通过 DNAT 替换数据包中目的地址, 再通过 SNAT 将源地址替换为本地 ADS-B 站点网段指定地址, 经由指定端口(网卡二)发出。至此, 由北京数据中心发出的数据包便伪装成为了本地站点的发送数据。

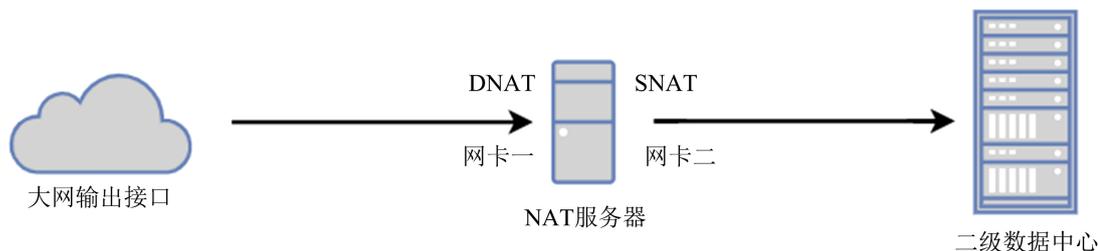


Figure 1. Network flow chart
图 1. 网络流程图

项目实施阶段实现了单播数据的地址转换功能，但在进行组播转换时无法实现，查阅 Linux 相关文献[3]:

Do multicast routing. The kernel needs to be compiled with CONFIG_MROUTE and a multicast routing daemon is required. `conf/all/mc_forwarding` must also be set to TRUE to enable multicast routing for the interface

Nb: per interface setting (where “interface” is the name of your network interface); “all” is a special interface: changes the settings for all interfaces.

在实现组播的转发功能时，需要打开 `mc_forwarding` 配置，但打开该配置时需重新编译内核。而在对内核进行编译后，有可能导致系统运行不稳定，通过 NAT 转换的方式不适用于组播运行环境。因此，该方案可实现单播的运行环境，若需要进行组播转发，需采用第二种方案。

2.1.2. Socket 编程转发

套接字(Socket)是网络主机上的应用进程之间，进行双向通信的端点。一个套接字就是网络上进程通信的一端，提供了应用层进程利用网络协议交换数据的机制[4]。从所处的地位来讲，套接字上联应用进程，下联网络协议栈，是应用程序通过网络协议进行通信的接口，是应用程序与网络协议栈进行交互的接口[5]。

该方案实际是利用 C 语言编写应用程序，建立网络套接字 `sockfdRecv`，用以监听转发系统指定端口。若收到北京数据中心发往指定目标地址和端口的 ADS-B 数据包，剥离包头信息，取得 UDP 包内封装信息。将该信息封装进新的 UDP 包。封装期间设置组播地址为目标地址，设置特定端口地址用以区分不同信息源，并通过绑定的本机网络套接字 `sockfdSend` 发送到网络中去。

2.2. 信号流程

软件启动后首先进行初始化，通过主函数传递接收地址，组播地址，发送地址等参数。

初始化结构体 `addrRecv`, `addrSend`, `addrMulticast` 分别表示程序监听地址及端口，发送地址及端口，组播地址及端口。

初始化套接字 `sockfdRecv`，用以监听转发系统指定端口。注意需将文本的主机地址转换为二进制网络字节序的 IP 地址，即地址的大小端转换。此外，还需将套接字绑定到本机指定端口上。

初始化套接字 `sockfdSend`，用以发送重新封装的数据。注意绑定指定的组播地址和端口，以及发送地址和端口。

循环接收数据包，剥离原始包头，重新封装并经由指定端口发送至网络。

循环期间通过 C++异常处理机制确保接收到异常数据包后，只抛出异常，主程序不会立刻中断。

上述信号流程如图 2 所示：

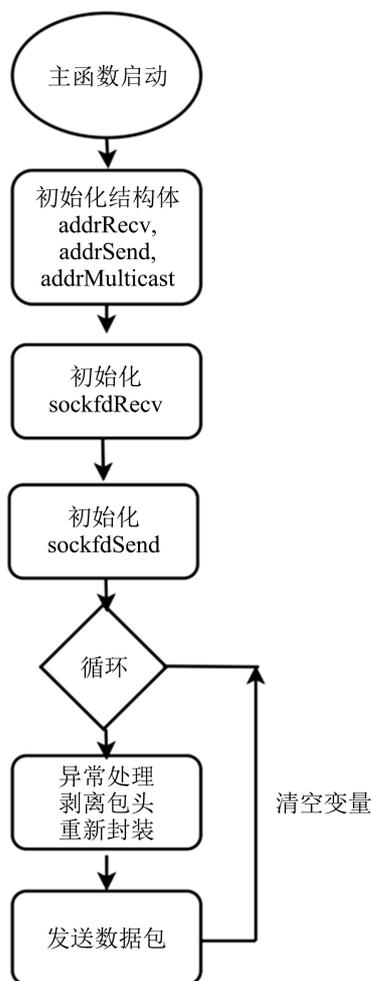


Figure 2. Signal flow chart
图 2. 信号流程图

2.3. 软件配置说明

转发软件采用开机自启方式执行，所需配置参数包括：

1) 单播目的地址：该地址为新疆 ADS-B 信号二级数据中心 ADCD1 服务器信号引接子网 X 网地址，也是北京一级数据中心发送单播 ADS-B 数据的目的地 IP 地址。这样配置可在紧急情况下，将信号直接接入 ADCD1 服务器信号引接子网。保证在转发服务器故障时，通过应急线路旁路转发服务器，二级数据中心的接入信号不中断。

2) 单播目的端口号：与单播目的地址类似，需与北京一级数据中心单播数据目的地端口和乌市二级数据中心接收数据端口保持一致，需事先在二级数据中心 DBM 主机中增加一级中心数据单播参数配置。

3) 发送数据网卡的 IP 地址：该地址为转发服务器发送组播数据的网卡地址，与二级数据中心信号引接子网 X 网保持同一网段即可。二级数据中心在处理相应的 ADS-B 数据时，对数据源地址要求不严格，但是对端口号的检测要求较严格，这也是识别不同信号源的唯一标识。

4) 目的组播地址：该地址为转发信息的组播目的地址，需事先在二级中心 DBM 主机中予以配置。

5) 目的组播端口号：与目的组播地址类似，该端口为转发信息的组播数据包目的端口，需事先在二级中心 DBM 主机中予以配置。

单播目的地址和端口号，保证软件收到北京一级数据中心发送的 ADS-B 单播数据；指定发送数据网卡的 IP 地址能够人工选择 ADS-B 组播数据输出网口，配置时注意转发服务器的信号流转方向，不要配错网卡；指定组播地址和端口号，最终实现向二级数据处理中心多个数据处理服务器发送相应的 ADS-B 数据。

3. 软件转发平台搭建

3.1. 测试环境安装

平台搭建采用两台工作站作为组播转发服务器，一台三层交换机作为引接网关交换机。组播转发服务器采用 CentOS7 作为底层操作系统，保证组播转发软件长时间运行的可靠性。转发软件将 ADS-B 信息的 UDP 单播数据包转换为组播数据接入 ADS-B 数据处理中心接入交换机。

3.2. 网络拓扑配置

交换机启用三层路由转发功能，作为民航通信大网的接入网关，将单播 ADS-B 数据转发至组播转发服务器。整个转发平台的网络拓扑图如图 3 所示。

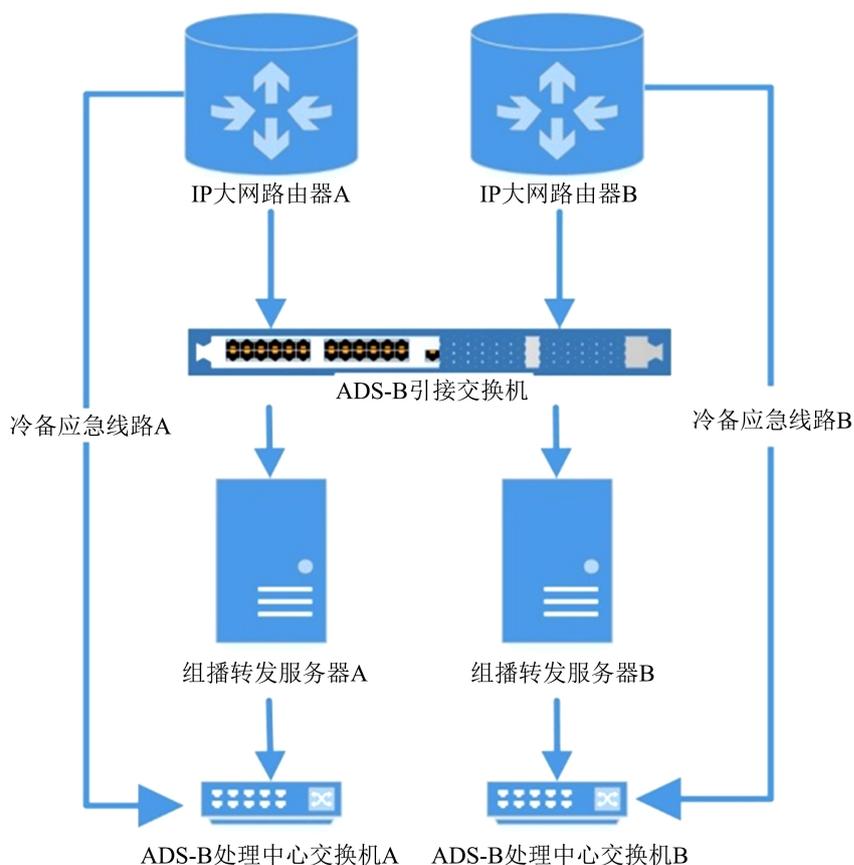


Figure 3. Network topology
图 3. 网络拓扑图

预留民航通信大网至 ADS-B 数据处理中心接入交换机的冷备应急线路，保证在组播转发服务器故障时能够将 UDP 单播 ADS-B 数据直接接入 ADS-B 数据处理中心。

4. 方案效果

根据软件开发和模拟平台测试结果,该方案实现了 ADS-B 单播数据至组播数据的转发,满足了现场 ADS-B 二级数据处理中心运行平台及验证平台等设备的 12 路信号引接需求,也为后期引接需求的扩展提供了支持。自 2021 年底,该软件部署已在生产环境中进行部署,占用的系统资源较少,未发生程序异常退出或信号中断现象。

乌鲁木齐区域管制中心作为 ADS-B 一级数据处理中心数据引接的试点单位,数据转发平台的建设为其它地区空管局引接一级中心数据提供了有效经验。

该平台与转发数据的耦合关系较低,除了 ADS-B 单播信息的组播转发功能外,还可用于雷达、综合航迹、飞行计划等信息的分发,实现了业务内网与下游信息系统的网络隔离,提高了信息安全防护能力,为民航信息安全提供了保障。

参考文献

- [1] 刘忆智. Linux 从入门到精通[M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [2] 鸟哥. 鸟哥的 Linux 私房菜——服务器架设篇[M]. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2016: 286.
- [3] CentOS 参考文档.[Z/OL]. https://sysctl-explorer.net/net/ipv4/mc_forwarding/
- [4] 明日科技. C 语言从入门到精通[M]. 第 5 版. 北京: 清华大学出版社, 2017: 346.
- [5] 谭浩强. C 程序设计[M]. 第 5 版. 北京: 清华大学出版社, 2017.