

基于 WLAN 的轨道交通系统的数据中转方法^①

刘洪武¹, 郑俊飞¹, 杨国为¹, 熊小亮²

¹(南昌航空大学 信息工程学院, 南昌 330063)

²(湖南省电力公司衡阳电业局, 衡阳 421001)

摘 要: 车地宽带无线通信系统是构成轨道交通综合监控系统中不可或缺的组成部分, 现有的车地无线通信系统是基于 WLAN 技术的, 由于车载节点频繁地在地面无线接入点间进行切换, 无线链路需要频繁建立连接, 网络路由也会频繁发生变化, 网络路由的频繁变化会影响数据的实时传输。使得监控视频存在不连贯和马赛克现象。本文介绍一种在 AP(Access Point, 移动访问接入点)端利用原始套接字封装发往 STA(Station, 移动站)的数据包, 该数据包内包含目的 STA 的 MAC 地址、目的车载服务器的 IP 地址的技术。通过该项技术实现了在轨旁 AP 和车载 STA 频繁切换的情景下的数据中转。从而减少了切换时间。

关键词: 无线通信; 轨道交通; 实时监控; 子系统; 无线局域网; 数据中转

Data Transit Method in Rail Communication System Based on WLAN

LIU Hong-Wu¹, ZHENG Jun-Fei¹, YANG Guo-Wei¹, XIONG Xiao-Liang²

¹(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

²(The electric Power Bureau of Hengyang, Hengyang 421001, China)

Abstract: Metro wireless communication systems is an important part of the integrated rail traffic control system. The existing metro wireless communication systems is based on WLAN technology, due to the train nodes must be frequently switch between ground wireless access points. Wireless link is needed to establish new connections frequently, so network routing has also to be frequent changed, which will affect the real-time transmission of data. Which will make the video incoherent and the appearance of mosaic. This paper describes a technology using raw socket to encapsulate the date which sending to the STA (Station, mobile station) in the AP (Access Point, mobile access point)side, this package contains the destination STA MAC address and destination server IP address. By using this technology we realize the data transfer in the condition of train STA frequent switching between ground wireless access points. Thus reducing the switching time.

Key words: wireless communications; rail transportation; real-time monitoring; subsystem; wireless LAN; data transit

轨道交通作为现代化的城市公共交通工具, 有着快速、准点、舒适的特点, 已经逐渐成为越来越多市民首要的出行选择。以我国轨道交通发展最快的上海为例^[1-3], 2007 年, 轨道交通承运量占到了公共交通客运总量的 16%, 而到了 2010 年, 按照轨道交通日均 600 万人次推算, 选择轨道交通出行的将达到 30% 左右。据估计, 2012 年该数据将达到 40%。2010 年 9 月 30 号, 上海轨道交通的日流量突破了 700 万人次。

如此密集的人流在一个狭小的空间内活动, 对轨道交通的综合监控系统提出了一个巨大的挑战。

轨道交通的综合监控系统是一个功能庞大的信息系统, 同时又是一个多功能、多专业的子系统的集成系统, 主要有闭路电视(CCTV)系统, PIS 车载信息与安全防灾系统, 广播(PA)系统, 信号(SIG)系统等^[4]。车地宽带无线通信系统是构成轨道交通综合监控系统中不可或缺的组成部分^[5], 现有的基于 WLAN 技术的

① 基金项目:国家自然科学基金(60973048);航空科学基金(20102056005);江西省教育厅青年科学基金(GJJ10194)

收稿时间:2011-07-19;收到修改稿时间:2011-09-10

车地无线通信系统，由于车载节点需要频繁地在地面无线接入点间进行切换，不但无线链路链接需要频繁建立链接，网络路由也会频繁变化^[6]。网络路由的频繁变化会影响数据的实时传输。使得监控视频存在着不连贯和马赛克现象。该文介绍一种基于 WLAN 的轨道通信系统的数据中转方法。通过该方法实现在轨旁 AP 和车载 STA 频繁切换的情景下的数据中转。从而减少了切换时间。

1 WLAN轨道通信系统面临的挑战

在现有的技术方案中一般采用动态路由协议，在动态路由协议中，路由器在刚刚开始工作时，只知道到直接连接的网络的距离（此距离定义为 1）。以后，每一个路由器也只和数目非常有限的相邻路由器交换并更新路由信息。经过若干次更新后，所有的路由器最终都会知道到达本自治系统中任何一个网络的最短距离和下一跳路由器的地址。但是在地铁通信中由于列车在轨道上行驶时，列车上的车载 STA 节点需要不停的在轨旁的 AP 上切换。不但无线链路链接需要频繁建立链接，网络路由也会频繁变化。因此需要频繁的进行路由更新，而动态路由存在着一个网络收敛时间^[7-9]，网络收敛时间是指一个网络终结点更新了它的路由表，并且重新把分组转发到新的接口所需的时间。而如果这个网络收敛时间过长将严重影响到对时延敏感的应用。比如视频出现马赛克现象或者停顿，这将大大影响到视频监控系统的效果。

动态路由的缺点^[10,11]:

- 需要占用路由器资源（CPU 时间、内存和链路带宽）。
- 管理员需要掌握更多的网络知识才能进行配置、验证和故障排除工作。

而如果采用静态路由协议则可以不仅可以解决切换所带来的时间收敛问题，并具可以克服动态路由的上述缺点。

如何在车辆运动中实现静态路由便是我们所需要面对的问题，当轨旁服务器需要往某辆列车上发送数据时，轨旁服务器首先将数据发送到 AP，通过轨旁 AP 来实现数据中转，从而大大减少轨旁 AP 与车载 STA 的切换时间。

2 AP数据中转方法

本系统结构原理图如图 1 所示，当车载服务器向

轨旁服务器发送数据的时候，不管 STA 把数据发送到哪个 AP，其数据都可以到达轨旁服务器；而在轨旁服务器向车载服务器发送数据时，由于列车是运动的，车上的 STA 与轨旁 AP 的连接是时刻变化的，所以此时轨旁服务器不知道需要把数据发往哪个 AP，也就是地面到车的数据流方向性不确定。因此，我们采用 AP 数据中转技术来解决这一问题。

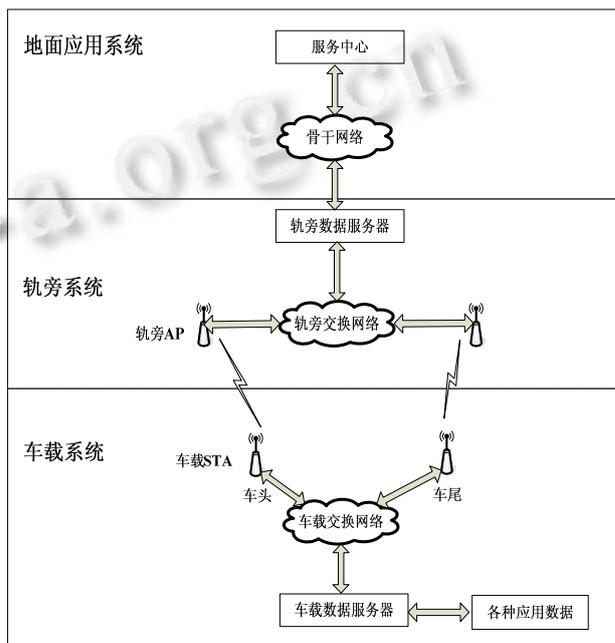


图 1 轨道交通车地宽带无线通信系统网络模型

如何在网络结构频繁发生变化的情况下实现下行数据中转功能是本文所要解决的关键问题。

当轨旁服务器需要往某辆列车上发送数据时，轨旁服务器首先将数据发送到轨旁 AP，然后 AP 将 STA 的 MAC 地址、轨旁服务器的 IP 地址一起封装到数据包中发送给车载服务器，这样可以实现静态路由，从而大大减少轨旁 AP 与车载 STA 的切换时间。其具体实现步骤如下：

步骤一，轨旁服务器将待发送的 RAW-IP 数据、目的车载 STA 的 MAC 地址、及当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP 的 IP 地址封装成 TCP 数据包，发送给所述当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP；

步骤二，当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP 解封封装所述 TCP 数据包，然后将所述待发送的 RAW-IP 数据、目的车载 STA 的 MAC 地址、和目的车载服务器的 IP 地址重新封装成 UDP 数据包，发送给目的车

载 STA;

步骤三, 目的车载 STA 解封所述 UDP 数据包, 然后将所述待发送的摄像头产生的 RAW-IP 数据发送给目的车载服务器。

2.1 轨旁服务器向车载服务器发送数据的详细过程

如图 2 所示, 轨旁服务器向车载服务器发送数据的过程为:

1) 轨旁服务器建立有 2 个 IP-MAC 数据表, 分别为第一 IP-MAC 数据表和第二 IP-MAC 数据表。

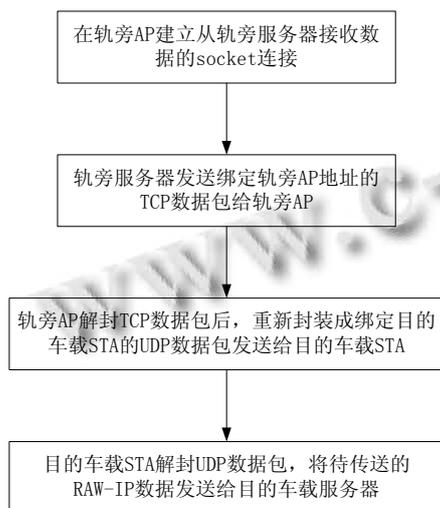


图 2 轨旁服务器向车载服务器发送数据的过程

如图 3 所示, 第一 IP-MAC 数据表存储有至少 1 辆列车的摄像头-站地址; 每辆列车的摄像头-站地址均包括自身车上的摄像头的 IP 地址和车载 STA 的 MAC 地址; 每辆列车均设有 2 个车载 STA, 分别为车头 STA、车尾 STA;

列车1:	摄像头的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址
列车2:	摄像头的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址
⋮	⋮	⋮	⋮
列车N:	摄像头的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址

图 3 轨旁服务器第一 IP-MAC 数据表

如图 4 所示, 第二 IP-MAC 数据表存储有车载 STA 的 MAC 地址, 及与车载 STA 通信的轨旁 AP 的 IP 地址; 由于列车是运行的, 所以与车载 STA 通信的轨旁 AP 是变化的, 因此第二 IP-MAC 数据表中的轨旁 AP 的 IP 地址是随着列车的行驶不断更新的。

轨旁AP的IP地址	车头STA的MAC地址
轨旁AP的IP地址	车尾STA的MAC地址

图 4 轨旁服务器第二 IP-MAC 数据表

在轨旁 AP 建立从轨旁服务器接收数据的 socket 连接, 轨旁服务器将待发送的 RAW-IP 数据、目的车载 STA 的 MAC 地址、及当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP 的 IP 地址封装成 TCP 数据包, 发送给所述当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP。

2) 轨旁 AP 建立有第三 IP-MAC 数据表, 如图 5 所示, 所述第三 IP-MAC 数据表存储有至少 1 辆列车的服务器-站地址; 每辆列车的服务器-站地址均包括自身车上的车载服务器的 IP 地址和车载 STA 的 MAC 地址;

列车1:	车载服务器的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址
列车2:	车载服务器的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址
⋮	⋮	⋮	⋮
列车N:	车载服务器的IP地址	车头STA的MAC地址	车尾STA的MAC地址

图 5 存于轨旁 AP 的 IP-MAC 数据表

当前与目的车载 STA 通信的轨旁 AP 解封封装所述 TCP 数据包, 然后将所述待发送的 RAW-IP 数据、目的车载 STA 的 MAC 地址、和目的车载服务器的 IP 地址重新封装成 UDP 数据包, 发送给目的车载 STA。其中目的车载服务器的 IP 地址是通过第三 IP-MAC 数据表获得的。

在 AP 端, 轨旁 AP 通过查找存在于 AP 端的 IP-MAC 数据表来设置目标 STA 的 ip 地址, 其实现代码如下:

```

void set_target_sta_ip(char *mac)
{
    int loop;
    for(loop=0; loop < MAX_STA_CNT; loop++)
    {
        if(0==memcmp(mac,sta_info[loop].mac_addr, 6))
        {
            memcpy(sta_mac_addr,sta_info[loop].mac_addr, 6);
            memset(target_sta_ip,0,TARGET_STA_IP_LEN);
            sprintf(target_sta_ip,"%d.%d.%d.%d",sta_info[loop].ip_ad
    
```

```

dr[0],sta_info[loop].ip_addr[1],
    sta_info[loop].ip_addr[2],sta_info[loop].ip_addr[3]);
}
}
}

```

3) 目的车载 STA 解封所述 UDP 数据包, 然后将所述待发送的摄像头产生的 RAW-IP 数据发送给目的车载服务器。

3 系统测试分析

3.1 系统体系结构

如图 1 所示, 轨道交通车地宽带无线通信系统主要由无线交换机、核心交换机、车站交换机、车辆段交换机、光端机、铺设在隧道和车辆段中的无线基站设备(AP, 含定向天线)、列车中的无线接入设备(含天线)等等构成。其中除了无线交换机、无线基站设备之外, 其它设备都属于控制中心子系统、车站设备子系统、车辆段设备子系统和车载设备子系统。

本方案采用无线交换机、无线 AP 和无线网桥构建无线局域网, 符合 WLAN 802.11b/g/n 标准。无线系统硬件有二部分, AP 和无线网络交换机。AP 是不需与无线网络交换机直连, 它们之间是可以透过以太网交换机(不管是二层或三层)、路由器或其它网络设备互通。当 AP 插入到网络上启动后, AP 是会自动和无线网络交换机建立 CRE 隧道的连接, 之后从无线终端所发出到数据都会经 AP 的 CRE 隧道传到无线网络交换机。同样当数据须发送到无线终端上时, 则必先经过无线网络交换机和 AP 建立的 CRE 数据隧道, 然后再经 AP 发送到无线终端。

3.2 无线网络单元传输性能测试结果

在 AP 端采用数据中转方法测得的无线网络单元传输性能数据如下图 6 所示。
上体馆站->虹桥路站。

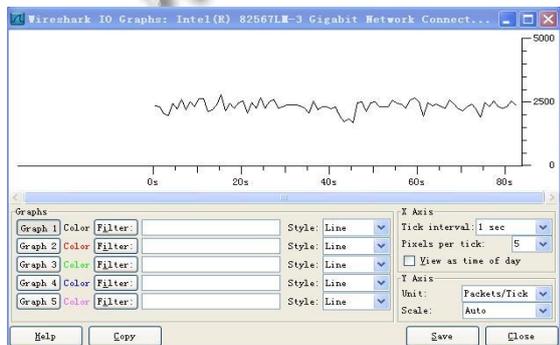


图 6 (a) 系统带宽测试

虹桥路站->上体馆站

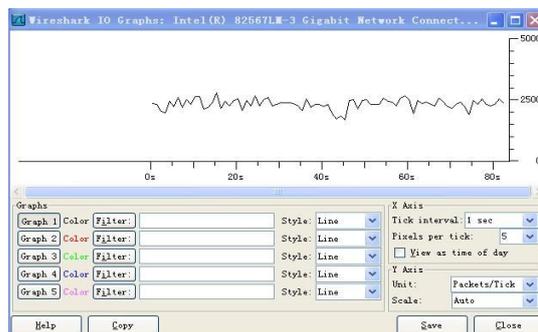


图 6(b) 系统带宽测试

3.3 测试总结

从图 6 中我们可以看出: 两次动态最大吞吐量能力测试结果: 平均带宽为 23.56Mbps, 最高带宽为 25.53Mbps。从测试的结果可以看出平均带宽远大于传输 13M 的视频流和 2M 的监控信息所需求的带宽, 满足了乘客信息系统对带宽的要求; 虽然有个别时间点的带宽变小, 但其最小带宽也有 15Mbps 以上, 且持续时间较短, 对传输网络没有明显的影响。从图 7 的测试结果我们可以看出采用普通 OLSR 动态路由协议测得的无线网络单元传输性能比较不稳定在 23S, 97S, 462S, 538S 出现明显的带宽下降(低于 10 Mbps 甚至于断开连接)。所以基于 WLAN 的轨道通信系统的数据中转方法能够解决轨旁服务器向车载服务器发送数据的问题, 并且能够保持很好的实时性和数据传输带宽。

采用普通 OLSR 动态路由协议测得的无线网络单元传输性能数据如下图 7 所示。

上体馆站->虹桥路站。

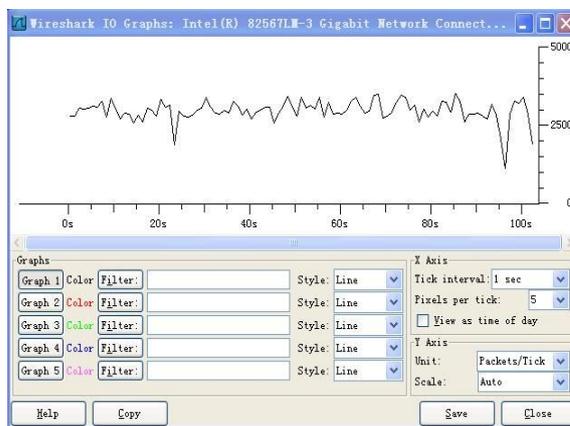


图 7 (a) 系统带宽测试

虹桥路站->上体馆站

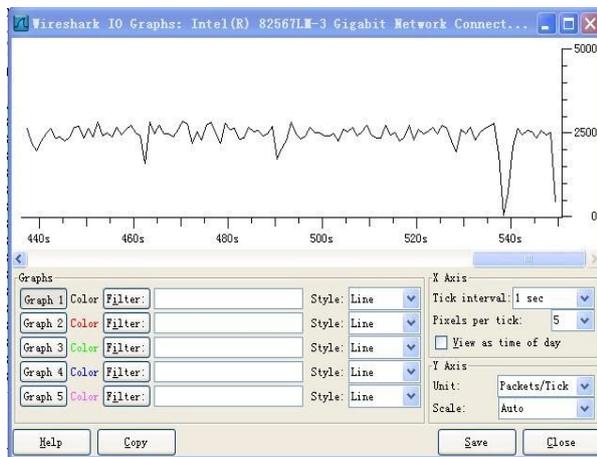


图 7(b) 系统带宽测试

4 结论

通过对城市轨道交通在监控方面业务需求的总结和分析,简要的介绍了视频监控监控系统,对现有的无线传输技术进行了简要的分析。重点阐述了如何在网络结构频繁发生变化的情况下,采用 AP 数据中转的方法来解决轨旁服务器向车载服务器发送数据的问题,从而实现静态路由。并对其性能进行了简要的分析和实地测试。

随着信息化的发展,地铁客户服务不再局限于安全正点的把乘客运送到目的第,而且还体现在地铁的其他特殊服务方面。轨道交通车地宽带无线通信系统已经是现在地铁建设中一个重要的组成部分。由于轨道交通车地宽带无线通信系统是一个大型的信息系统,应着重加强网络安全和应用系统安全建设,针对可能遇到的各种安全威胁和风险,采取行之有效的安全措施,保障系统中信息的保密性、完整性和可用性;从而确保乘客信息系统能够安全、稳定、可靠地运行。另外,随着无线局域网在地铁建设中的不断应用,通信和信号也将会采用无线局域网 802.11n 技术,

这样就存在信号之间的干扰。如何保证同频干扰等一系列的问题将是我们今后的研究工作的重点。另外,如何提高带宽利用率、采用新的视频流编码方式,也是我们下一步的研究方向。

参考文献

- 1 蔡维浩,郑国莘,周祥为.轨道交通中无线局域网性能分析与优化.微计算机信息,2008,(18):24.
- 2 张溟.城市轨道交通中无线局域网的应用.城市轨道交通研究,2007,(2):61-65.
- 3 黄钟.上海城市轨道交通ATC系统的发展策略.城市轨道交通研究,2003,(1):11-15.
- 4 朱延武,常德远.高速铁路宽带无线接入的几种技术方案分析.铁道通信信号,2008,8(3):39-45.
- 5 赵庆安.在高速铁路环境下电波传播特性的模型分析.北京铁道部科学研究院,2000:23-26.
- 6 Lin KD, Chang JF. Communications and entertainment onboard a high-speed public transport system. Wireless Communications, IEEE, 2002,9(1):84-89.
- 7 Ohta GI, Kamada F, Hojo H. 5GHz WLAN verification for public mobile applications Internet newspaper on train and advanced ambulance car. First IEEE Consumer Communications and Networking Conference. 2004,8(3):569-574.
- 8 Phillip A, Nabritt SM. Propagation Models used in Wireless Communications System Design. IEEE Trans. on Vehicular Technology Conference, 2003,9(3):230-233.
- 9 Kira K. Improvements in railway communication via GSMR. IEEE Vehicular Technology Conference. 2006,9(2):3026-3030.
- 10 Bart L, Didier C, Mario P. Radio-over-fiber-based solution to provide broadband internet access to train passengers. IEEE Communication Magazine, 2007,2:56-62.
- 11 刘乃安.无线局域网原理、技术与应用.西安:西安电子科技大学出版社,2004,9(4):22-26.