

高速环境下智慧动态监测系统的设计与实现

袁冲, 郑涛, 董平, 姚琳元

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 高速铁路因其快速、经济、方便和安全等特性, 逐渐成为人们出行方式的首选; 移动互联网的兴起使乘客随时随地接入互联网的需求更加迫切。然而, 高速移动环境下高效接入互联网仍是一个重大难题。针对高铁沿线基站覆盖密度小、小区切换频繁等特点, 在利用现有网络资源的基础上, 文中提出了应用于高速环境下的智慧动态监测系统。该系统主要分为几个子系统, 其中多模链路子系统将底层异构网络资源抽象成相同的组件, 便于统一管理; 链路监测子系统, 通过对网络状态的监测和维护, 自动处理网络的水平切换和垂直切换问题, 配合其他模块的应用, 能够有效提高有限网络资源的利用率。经多次在高铁实际环境下的测试, 系统具有较高的可行性、实用性和稳定性。

关键词: 高速; 移动; 智慧; 动态监测

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2016)03-0005-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2016.03.002

Design and Implementation of Intelligent Dynamic Monitoring System in High-speed Environment

YUAN Chong, ZHENG Tao, DONG Ping, YAO Lin-yuan

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Because of its high-speed, economy, convenience and safety, the high-speed railway gradually becomes the first choice for people to travel. With the development of the mobile Internet and smart terminals, the demand for passengers' access to the Internet is more and more urgent. However, surfing the Internet efficiently on the high-speed railway is still a major problem. Considering small-density of base stations and frequent handover, the intelligent dynamic monitoring system based on the existing network resources is proposed, which is designed to apply to the high-speed environment. The system contains several subsystems. The multi-path subsystem is designed to make heterogeneous network homogeneous. Through monitoring and maintaining the network state, automatically handling with the horizontal and vertical handover for network, the limited network resource utilization can be increased. The tested results in the actual high-speed railway prove that the intelligent dynamic monitoring system is feasible, practical and stable.

Key words: high-speed; mobile; intelligence; dynamic monitoring

1 概述

来自铁路部门的数据显示,截至2013年,我国铁路运营总里程突破10万公里,其中高铁运营里程达1.1万公里,居世界第一;全国铁路旅客发送量超过20亿人次,同比增长超10%,乘坐高铁的人数约为2亿。截至2014年底,全国铁路动车组列车开行范围扩展至28个省市区;铁路新线投产规模创历史最高纪录,高速铁路营业里程超过1.6万公里,稳居世界第一^[1]。高铁在具有和飞机相比拟的时效性的同时,受天气因

素影响更小、运输能力更大、安全性能更高,已逐渐成为人们出行的首选。与此同时,移动互联网的兴起,智能硬件,可穿戴设备的频频亮相,手机、平板等手持终端设备的普及,人们随时随地接入互联网的需求越来越迫切^[2]。因此,一个高效稳定的高速列车互联网接入环境显得尤为重要。

在经济效益方面,高速移动环境下接入互联网很可能是下一个移动互联网的“新蓝海”。铁路系统的逐渐开放会给企业和个人带来巨大的商机。高铁乘客消费水平较高,使得高速列车互联网的广告市场更有

收稿日期: 2015-06-24

修回日期: 2015-09-28

网络出版时间: 2016-02-18

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展计划项目(2013CB329100); 中央高校基本科研业务费专项资金(2014JBM004, 2015JBM001); 北京高等学校青年英才计划项目(YETP0534)

作者简介: 袁冲(1992-),男,硕士,研究方向为未来高速移动互联网;郑涛,讲师,通讯作者,研究方向为未来高速移动互联网。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160218.1636.068.html>

潜力,普通火车承载人数多,消费者的数量可能更多,两者都具有很大的价值。仅从高速列车互联网来看,预计每组车一年大概有超过 100 万元的增值服务营收能力,全路一千多组动车,年收入超过 20 亿元。

高铁列车具有高速、封闭以及周边环境快速变化等特点,这也造成了无线信号衰落^[3]、电磁干扰^[4]、车体损耗^[5]、覆盖空白和频繁切换等问题^[6-7]。针对这些挑战,国内外学者进行了大量研究,也从网络的不同角度提出了各种解决方案。有线信道是一种专用性很强的列车接入模式,典型的有线通信技术包括 Radio over fiber 和 Leaky coaxial cable 技术。首先通过光纤或同轴电缆沿高速列车轨道提供传输信道,然后通过架设在轨道的天线为列车内部提供无线接入^[8-9]。Leaky coaxial cable 已经在日本投入使用。虽然这两种技术可以为乘客提供无线接入服务,但都无法避免高速移动产生的频繁切换,并且需要高额的前期投入和维护费用。卫星链路虽然能够提供较为稳定的接入并且极少发生切换^[4],但是链路相当昂贵,并且带宽较其他技术明显处于劣势^[10]。WiMAX^[11]可以提供覆盖范围内达到数十公里的小区,但是当列车移动速度达到 300 km/h 时,WiMAX 系统跨区切换的时间间隔也仅为 10 min 左右^[12]。由此可见,WiMAX 主要是为慢速移动的无线终端而设计的^[13],当频繁发生切换时,它难以提供令人满意的移动性能。

综上所述,文中拟采用现有运营商各种制式的网络,利用多宿主主机解决高铁乘客的上网问题。多宿主主机的各个网络性能(丢包率、往返时延、实时流量、信号强度等)对于调度尤为重要,尤其是在高铁这种极其恶劣的情况下,各个网络组件的指标直接影响着调度决策,从而影响机器的性能、资源的利用。

因此,文中设计适用于高速移动环境的智慧动态监测机制。该机制设置三个子系统,以实现多宿主主机稳定支持各个运营商的各种制式网卡,将异构网络同质化,方便统一管理。

(1)多模链路子系统保证各个网卡及时稳定接入互联网,及时更改导向路由保证多路通畅并且监测各个网卡 IP 地址变化,将 IP 变化情况通告上层模块;

(2)链路监测子系统实时监测各个链路的各种参数(往返时延、丢包率、信号强度、位置信息、实时流量),并定时将各个链路的状态通告上层调度模块,为数据流正确、高效调度提供理论依据;

(3)日志子系统将其他子系统监测到的所有信息记录到数据库,为未来的数据处理研究提供依据。

2 智慧动态监测系统设计与实现

智慧动态监测系统主要分为三个子系统:多模链

路子系统、链路监测子系统、日志子系统。具体如图 1 所示。

2.1 多模链路子系统

多模链路子系统的主要工作是保证各个运营商稳定识别,并及时接入互联网,实时监测各个网络组件接入互联网状态,将链路变化及时通告上层模块。

具体功能包括:

(1)稳定支持各个运营商,各种制式网卡;如图 2,通过驱动程序和拨号程序,将异构网络同质化,在底层抽象成相同的组件,方便上层模块统一操作和部署。在铁路沿线,基站覆盖密度小,而在高速移动环境下,跨小区切换频繁,只有支持各个运营商,才能更大程度上保证同一时刻至少有一个运营商网络能够使用,才能保证网络不中断,为旅客提供更好的上网体验。而 3G、4G 网络在带宽和移动性支持方面,性能差距很大。因此,为了给车上用户提供更好的上网服务,需要系统支持各个运营商各个制式的异构接入技术。

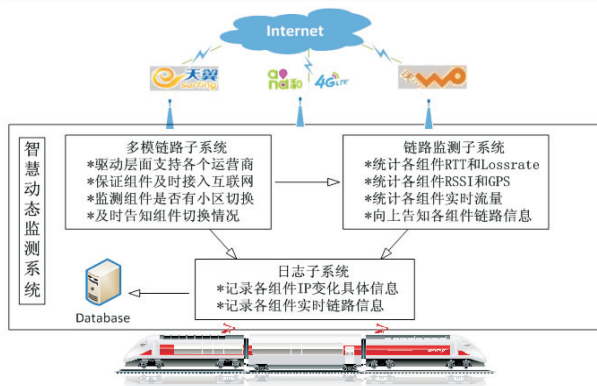


图 1 系统架构

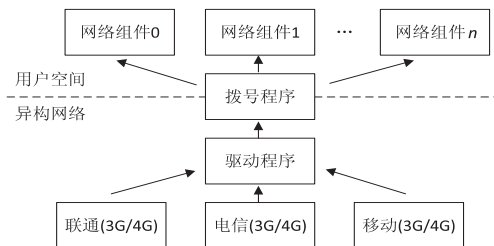


图 2 驱动流程

(2)保证各个网络组件在满足条件的情况下,及时接入互联网。设计一套监测机制,定时监测对应网络组件是否接入互联网。

(3)实时监测各个网络组件跨小区切换情况,在(2)中只是保证二层连接接入互联网,但是真正要实现多路数据流传输,还需要利用高级路由功能,合理设置路由规则才能实现。因此需要子系统去实时监测网卡 IP 切换情况,及时更改导向路由,通过修改路由条目和对应路由策略,保证三层数据链路通畅。其中监测机制有两种实现方式:

①定时监测机制,设置一个链表定时检测对比,查

看对应网卡 IP 是否发生变化;

②通过 Netlink 通告机制,捕获内核网卡状态变化通告。

二者各有利弊。前者通过主动监测方式,对于各种制式、多样性的网卡具有普适性,但是监测延迟会有几十毫秒;后者通过被动接收内核通告,快速、响应时延小,但是不同的网卡状态通告的 Netlink 消息格式不同,需要定制,普适性差。

(4)将各个组件 IP 变化情况告知上层模块,及时告知上层模块失效和新建链路,保证调度决策的正确性和有效性,并将变化情况记录数据库。

2.2 链路监测子系统

该子系统主要功能是为了实时监测各个网络组件的链路状态,为上层模块各种调度策略提供决策依据,从而进行负载均衡、合理有效利用带宽资源。该部分架构如图 3 所示。

具体功能包括:

(1)统计各个网络组件的 RTT 和丢包率。该子系统会为每个网络组件分配一个线程,该线程会定时发送所属网络组件心跳包,该心跳包经过上网的多模链路子系统路由策略匹配和查找后,会从对应网络组件数据通路发送出去,经过互联网到达地面服务器,然后地面服务器响应对应心跳包,经过互联网由对应网卡接收。当各个线程收到自己的心跳包时计算出 RTT,定时统计下该段时间内平均 RTT、抖动和丢包率。

(2)获取各个网络组件实时的 RSSI 和 GPS。在底层,每个网络组件都会识别成几个串口设备,每个串口设备都有不同的作用。除了用于拨号以外,选取一个能够支持 AT 命令的端口,通过 AT 命令,定时取得各个网络组件的信号强度;多宿主主机上有专门的 GPS 模块,同时取得 GPS 信息。

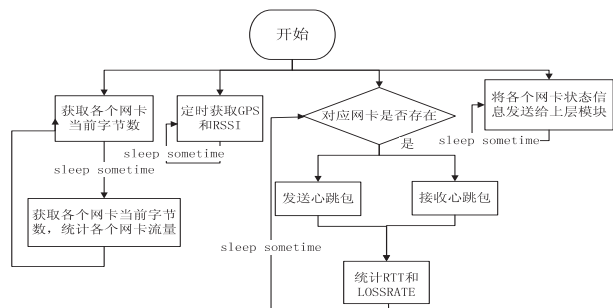


图 3 链路监测子系统架构

(3)实时流 Z 监测。对多宿主主机每个网络组件不同时间片内的流入和流出速度进行统计计算。定时将上述链路状态信息通告给上层模块,使其根据链路状况,完成调度决策。

2.3 日志子系统

日志子系统的功能是利用 MySQL 数据库存储上

述两个子系统实时信息,以保证离线分析功能,为以后静态预测提供依据。

具体功能包括:

(1)ipchange 数据表记录每个网卡 IP 地址变化情况,包括网卡名称、发生变化的经纬度,变化前的 IP 地址、变化后的 IP 地址、网卡网关以及变化发生时间。

(2)pppX_link 数据表记录每个网卡在线状态、网络制式、记录时间、记录时刻的经纬度、实时 RTT、平均 RTT、丢包率、抖动、收包速度、发包速度等。

3 智慧动态监测系统部署与测试

该系统已经部署在实际设备上,如图 4 所示。经过包括地面静态测试、市内汽车测试和高铁实际情景的多次测试,系统能够稳定支持各个运营商 9 个无线网卡同时工作。测试结果表明,该系统能够为高速移动环境下的用户提供高带宽、稳定的上网环境。



图 4 系统原型设备

3.1 系统部署

由于系统软件用 C 语言编写,并没有依赖第三方库,因此系统的安装与部署简单有效,对第三方依赖小,对不同的硬件平台有较强的普适性。系统高效且易于安装,曾经运行在 Fedora10、Fedora14 系统上,目前在广被使用的 Ubuntu12.04 上稳定运行;数据库采用 MySQL,借助系统的 udev 和 iproute2 模块配合使用。

3.2 实际测试

3.2.1 当发生 IP 地址切换时,路由策略变化的实际效果

运行程序,当组件发生小区切换时,程序打印信息。从图 5(a)中可看出,①显示程序检测到组件网络层发生变化后的动作响应,②中通过增加和更改策略路由和路由规则,保证数据链路通畅。

3.2.2 各个链路实时信息打印

当设置为 Debug 模式的时候,程序将会打印调试信息,如图 5(a)中的③。

3.2.3 记录情况

日志子系统记录信息如图 5(b)所示。使用的 MySQL 数据库,将对应网卡信息记录在对应表中。图 5(b)中①显示 ipchange 表记录的是组件切换情况,②显示 pppx_link 表记录的是对应组件实时链路信息。

3.2.4 测试结果

经过中国铁路总公司相关部门组织的多次测试,图 6 直观显示出该系统的优越性。分析了带宽数据,主要粗略划分为几个等级。

```

root@mar:~# dynamicroute1.7
①
ipchange[4] is 1
GATEWAY:10.64.64.68

net device ppp4 changed!
Old IP address is 0.0.0.0
New IP address is 10.65.16.92

Handle Successfully!
③
name is ppp4
longitude is 00000.00000
latitude is 00000.00000
lossrate is 0
loss is 0
avg RTT is 60
bandwidth is 18218
rssi is 28
realttt is 60.4
shake is 45
By ppp3 64 bytes from 218.249.29.203:seq=7120,ttl=64,rtt=81.485 ms
By ppp2 64 bytes from 218.249.29.203:seq=7121,ttl=64,rtt=122.357 ms
By ppp4 64 bytes from 218.249.29.203:seq=7123,ttl=64,rtt=53.574 ms
By ppp3 64 bytes from 218.249.29.203:seq=7124,ttl=64,rtt=94.280 ms
By ppp4 64 bytes from 218.249.29.203:seq=7125,ttl=64,rtt=48.203 ms

root@mar:~# ip ru sh
0: from all lookup local
30004: from 1.203.35.23 lookup ppp0_RT
30004: from 10.65.16.92 lookup ppp4_RT
32766: from all lookup main
32767: from all lookup default
root@mar:~# ip route list table ppp4_RT
default dev ppp4 scope link
192.168.29.0/24 via 192.168.29.1 dev eth0

```

(a)程序响应信息

```

mysql> use dyninfo;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_dyninfo |
+-----+
| allhis_list        |
| ipchange           |
| ppp0_link          |
| ppp1_link          |
| ppp2_link          |
| ppp3_link          |
| ppp4_link          |
| ppp5_link          |
| ppp6_link          |
| ppp7_link          |
| ppp8_link          |
| ppp9_link          |
| schedule_data     |
| service_qos       |
+-----+
22 rows in set (0.01 sec)

mysql> select * from ipchange limit 0,10;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | ifname | longitude | latitude | oldip | newip | gateway | time |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | ppp3 | 00000.00000 | 00000.00000 | 0.0.0.0 | 1.203.10.187 | 172.16.126.239 | 2015-03-10 11:25:27 |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

mysql> select * from ppp0_link limit 0,10;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | ifname | time | status | standard | longitude | latitude | rssi | avgrtt | rearttt | lossrate | raterecv |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1325 | ppp0 | 2014-10-31 16:43:45 | 1 | EVDO1 | N3956.93650 | E11619.80972 | 24 | 59.28 | 59.28 | 0 |
| 170.67 | 3917.33 | 124 | 12264 | NULL |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

(b)链路状态记录

图 5 日志子系统记录信息

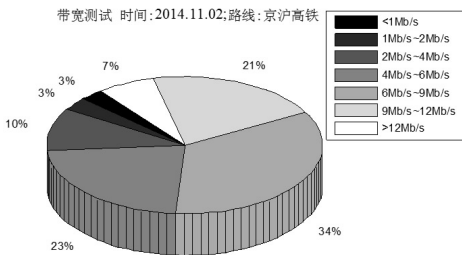


图 6 实际测试结果

从图中可以看出,带宽在 12 Mb/s 以上的占全程的 7%,其中 4 Mb/s 占了全程的 90% 以上。结果可以证明,智慧动态监测系统在高速移动的恶劣上网环境下具有较高的稳定性和可行性,通过该系统为顶层模块提供良好的底层环境,从而为用户提供更好的上网体验。数据库记录的各个运营商链路状态信息,更是为研究高速移动环境下各个运营商各种制式提供了珍贵的一手资料。

4 结束语

针对高速移动的恶劣上网环境,文中提出了一种确保高速、稳定互联网接入的底层解决方案,即智慧动态监测系统,并详细介绍了该系统各个子系统的设计与实现。通过各种环境下的实际测试,验证该系统的可行性和高效性。在该系统中,多模链路子系统可以保证车载路由器能够利用现有的各种异构网络,保证多路并行传输;链路监测子系统实时监测各链路网络各种参数,通告上层调度模块,以便其能够做出正确、合理的调度决策,更有效利用带宽资源;日志子系统将上述信息记录数据库,为离线分析和静态预测提供可能。在铁路系统逐渐开放、高铁事业蓬勃发展、手持移动终端越来越普遍和人们接入互联网需求越来越迫切的今天,对企业和个人都有一样的重要性。

参考文献:

[1] 彭金美. 中国高速铁路营业里程超 1.6 万公里居世界第一

[EB/OL]. 2015-01-30. http://intl.ce.cn/sjj/qy/201501/30/t20150130_4472487.shtml.

[2] 董平,吴楠. 高速移动中基于多接口的并行传输机制的设计与实现[J]. 中国科技论文,2014,9(7):830-833.

[3] Lannoo B,Colle D,Pickavet M, et al. Radio-over-fiber-based solution to provide broadband internet access to train passengers[J]. IEEE Communications Magazine,2007,45(2):56-62.

[4] Fokum D T,Frost V S. A survey on methods for broadband internet access on trains[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials,2010,12(2):171-185.

[5] 蒋新华,朱铨,邹复民. 高速铁路 3G 通信的覆盖与切换技术综述[J]. 计算机应用,2012,32(9):2385-2390.

[6] Xiao Q,Xu K,Wang D, et al. TCP performance over mobile networks in high-speed mobility scenarios[C]//Proc of IEEE 22nd international conference on network protocols. [s. l.]: IEEE,2014:281-286.

[7] de Greve F,Lannoo B,Peters L, et al. Famous: a network architecture for delivering multimedia services to fast moving users[J]. Wireless Personal Communications,2005,33(3):281-304.

[8] Ishizu K,Kuroda M,Harada H. Bullet-train network architecture for broadband and real-time access[C]//Proc of 12th IEEE symposium on computers and communications. [s. l.]: IEEE,2007:241-248.

[9] Zhou Y,Pan Z,Hu J, et al. Broadband wireless communications on high speed trains[C]//Proc of 20th annual wireless and optical communications conference. [s. l.]: IEEE,2011:1-6.


[10] Thornton J. Tracking multi-beam lens antenna—the gain of a dish in half the height[C]//Proc of IET seminar on broadband on trains. London,UK:[s. n.],2009.

[11] Cooklev T. Air interface for fixed broadband wireless access systems[S]. [s. l.]: IEEE,2011:225-333.

[12] Becvar Z,Zelenka J. Handovers in the mobile WiMAX[J]. Research in Telecommunication Technology,2006,1:147-150.

[13] Aguado M,Onandi O,Agustin P, et al. Wimax on rails[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine,2008,3(3):47-56.

高速环境下智慧动态监测系统的设计与实现

作者: [袁冲](#), [郑涛](#), [董平](#), [姚琳元](#), [YUAN Chong](#), [ZHENG Tao](#), [DONG Ping](#), [YAO Lin-yuan](#)
作者单位: [北京交通大学 电子信息工程学院, 北京, 100044](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名:
年, 卷(期): 2016, 26(3)

引用本文格式: [袁冲](#). [郑涛](#). [董平](#). [姚琳元](#). [YUAN Chong](#). [ZHENG Tao](#). [DONG Ping](#). [YAO Lin-yuan](#) [高速环境下智慧动态监测系统的设计与实现](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2016(3)