

试  
验  
检  
测

# 基于 RFC2544 标准的车载显示器 以太性能测试分析

杨 颖, 吴蔚珍, 任湘辉, 夏银波

(南车电气技术与材料工程研究院, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 杨 颖(1977-), 女, 高级工程师, 长期从事软件测试技术研究。

**摘 要:** 为了有效测试车载显示器的以太通信能力, 依照 RFC2544 测试标准对其开展专业测试工作, 重点阐述了车载显示器以太性能测试指标定义、测试环境搭建、性能测试方法选取及典型性能测试场景设计与执行的过程。采用这些专业测试方法, 能提前发现车载显示器设备是否满足通信关键指标要求及存在的通信问题, 从而有效保证显示器通信的质量与效率, 并为类似测试提供一定参考借鉴。

**关键词:** 显示器; 以太通信; 性能测试; 丢包率; RFC2544 标准

中图分类号: TN873+.93

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2015)06-0102-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.06.027

## Analysis of on-board Monitor Ethernet Performance Test Based on RFC2544 Standard

YANG Ying, WU Weizhen, REN Xianghui, XIA Yinbo

(CSR Research of Electrical Technology & Material Engineering, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

**Abstract:** In order to test Ethernet communication ability of on-board monitor effectively, professional software test according to RFC2544 test standard was carried out. The Ethernet performance testing indicators definition, test environment setting up, the performance test method and typical performance test scenario design and implementation process of on-board monitor were expounded. Through the professional test, whether equipments meeting the requirements of communication key indicators could be found, as well as communication problems, which guarantee the quality and efficiency of the communication effectively, and provide certain reference for the similar test.

**Keywords:** monitor; Ethernet communication; performance test; packet loss rate; RFC2544 standard

### 0 引言

车载显示器作为司机操作与整车信息显示的重要人机接口, 支持列车实时以太协议传输。车载显示器在不同网络流量下收发数据是否完整, 性能水平如何, 或当面临大数据冲击时能否满足关键性能指标并经受住“考验”等问题, 均需要通过专业测试进行验证, 因此车载显示器以太通信测试具有很大的现实意义。测试一般分为功能测试和性能测试2类。前者主要验证测试设备功能, 而后者测试设备关键技术指标参数, 观察设备在业务压力下的表现。从故障数据看, 实际应用问题多与设备性能相关, 因此本文将依据 RFC2544 标准, 重点阐述车载显示器以太性能测试指

标定义、测试环境搭建、典型测试场景设计及测试方法应用相关过程, 为类似测试提供一定参考借鉴。

### 1 RFC2544 简介

目前 IETF 公布的 RFC2544 是关于网络互连设备测试的国际通用方法, 测试的实施过程和测试结果得到网络集成商和最终用户的认可。RFC2544 对网络设备测试主要定义了以下4个性能参数指标: 吞吐量(Throughput)、丢包率(Packet loss)、时延(Latency)、背靠背(Back-to-back)指标。这4项测试指标侧重点不同: 吞吐量是反映网络设备在长时间的使用中不丢包情况下所能达到的最大转发速率; 丢包率则是在固定状态负载下, 由于缺乏资源而没有被网络设备转发出去的包数占所有应该被转发的包数的百分比; 时延是反

收稿日期: 2015-06-18; 收修修改稿日期: 2015-10-12

映网络设备处理帧的速度快慢; 背靠背则反映网络设备数据缓冲区的大小。这些指标都是评价以太网络设计的基础。

## 2 测试指标

目前国内车载以太网络拓扑一般采用以太网列车骨干网(ETB)/以太网车辆编组网(ECN)分层架构。ECN用于编组内设备通信,通过编组网节点(ECNN)构成环网,车载显示器作为网络拓扑的终端设备,连接到ECNN以太网端口上,通过环网数据流与编组内其他终端设备传输过程数据、消息数据,实现列车的控制、诊断与告警等功能,网络拓扑如图1所示。按照OSI/ISO模型划分,以太网络设备协议栈从下往上依次为物理层、链路层、网络层、传输层、应用层。车载显示器至少应支持传输层UDP/TCP协议及其以下层协议对于UDP/TCP层数据传输能力,支持实现UDP单播、多播发送和接收,测试遵循RFC2544网络基准标准。

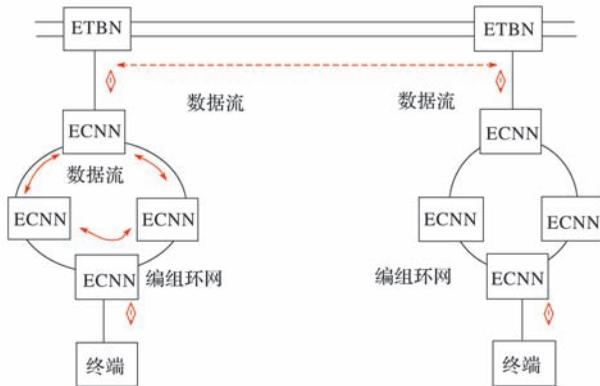


图1 以太通信网络拓扑图

按照产品开发要求。车载显示器作为基于UDP/TCP层网络拓扑终端设备而非转发交换设备,测试重点关注UDP丢包率及吞吐量2个指标:

① UDP丢包率:要求对于所测试的特定帧长的数据包,在测试时间范围内,根据行业经验值,并结合显示器的物理特性,丢包率测试结果应小于0.01%,线路在额定带宽基本不出现丢帧。丢包率= $(\text{发送包数量} - \text{接收包数量}) / \text{发送包数量} \times 100\%$ 。

② UDP吞吐量:要求对于特定帧长的数据包,在测试时间范围内,测试结果应满足所用户要求的额定带宽。依据行业经验值,显示器的吞吐量指标为100%,且CPU负荷不高于20%。

车载显示器以太通信支持强制全双工和自协商2种方式下进行单播及多播2种模式。

## 3 测试场景

在明确车载显示器以太通信测试指标后,需开展测试场景设计。设计测试场景是用来模拟实际现场业务操作的技术手段,通过配置和执行场景向被测件产生负载,验证系统的各项性能指标是否达到用户要求。只有合理地设计测试场景才能获得有价值的测试数据,

为接下来确认性能瓶颈及系统调优打下基础。

测试条件设置是测试场景设计的重要步骤,在不同测试条件下进行测试结果会有差别,基本测试条件包括测试帧及测试时间,具体如下:

①测试帧及选择:通过以太帧的不同长度来验证通信质量,测试64/128/256/512/1024/1280/1518这7种字节长度的以太帧。测试时可逐一选取不同大小数据包测试,也可模拟实际应用环境,随机发送不同大小帧测试。

②测试时间选择:在吞吐量/丢包率的测试项目中,为验证线路质量应对以上7种特定字节以太帧进行至少10s时长的测试,总体测试时间约为15~30min,具体可依据线路质量确定。在同样的测试时间内,64字节以太帧测试数目大于128字节及以上,以此类推。丢包率测试通常采用步进法,网络测试仪发送测试包的速率从显示器理论最大值开始,以后每次发送速率递减10%,直到2次测试没有丢包为止。在实际环境下,向被测线路以特定速率传输以太帧,计算经过被测线路传输后返回帧数目,当两者数目相同时,最大的传输速率就是吞吐量。车载显示器以太通信支持全双工和自协商2种方式,且在实际列车运行环境中,车载显示器需支持单播和多播2种类型的数据传输,再结合以上基本的测试条件,可进行测试场景设计。

## 4 测试环境

明确测试指标及基本测试场景后,就需开展测试环境搭建工作,包括使用合适的测试工具及编制测试脚本。车载显示器以太测试中使用了专用测试仪器(Nustream)并编制了陪测脚本。以太专用测试仪器Nustream实现基于RFC2544标准的各种网络设备UDP/TCP层协议测试,能构造发包收包数据统计,构造多个数据流,支持开展包括吞吐量、丢包率等各种性能/功能场景测试。测试拓扑如图2所示,通过以太网将测试仪分别与PC机及显示器联接。

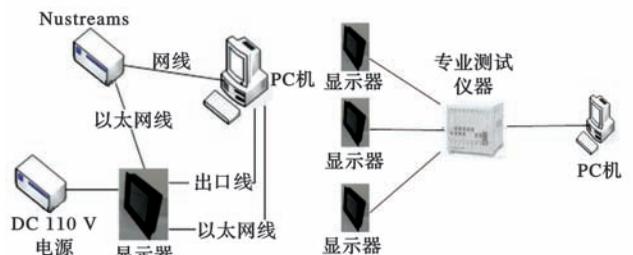


图2 测试仪与显示器联接图

首先在PC服务器上按测试场景(帧长、速率、内容等)配置预发送的测试包,测试仪将测试包发送给显示器。如果在半双工模式,显示器接收数据后转发给测试仪,测试仪接收并计算丢包率及吞吐量;如果在全双工模式,则显示器接受数据且统计收包数量,同时发送预设定的测试数据包给测试仪,测试仪接收并计算指标参数。为提升测试效率,还可用测试仪同时联接多台显

示器, 在 PC 服务器上同时配置多流量, 测试仪分别以特定的发送速度、帧长、工作模式对多台显示器同时发送数据包, 实现显示器批量测试, 如图 2 所示。

在使用测试设备的同时, 编制测试脚本配合测试也是必不可少的一部分, 比如显示器以太通信过程中主机在发送帧前将目标 IP 地址转换成目标 MAC 地址, 需要通过地址解析协议获得目标机 MAC 地址。在实际测试环境中, 为避免混入杂帧而影响测试帧数, 采取不使用测试仪本身的 ARP 等协议栈的测试策略, 不过, 在没有 ARP 协议的条件下, 显示器接收测试仪发送的数据后回传时得不到应答, 会导致通信失败, 故需要在显示器编制一段测试脚本伪装 MAC 操作, 以有效保证显示器与测试仪的通信正常。

## 5 性能测试

在实际运行环境下车载显示器以太通信能稳定在何种性能水准, 不同网络流量下收发数据是否完整, 或当面临业务冲刺时, 能否满足关键性能指标并经受住“考验”等问题, 均需在基本测试场景基础上, 选取合适的性能测试方法, 开展典型场景设计及大量测试执行, 以有效获取性能指标数值, 验证系统是否达到预期性能目标。

一般而言, 性能测试方法可分负载、压力、可靠性、恢复性测试等多种, 需针对网络产品不同特点及要求进行合理选取。显示器以太网络性能测试选取负载测试、压力测试等方法, 结合测试负载、测试持续时间等条件, 尽可能模拟用户使用环境, 完善典型场景设计, 以更有效地发现现场问题。具体有如下几种:

### ①负载测试 (Load Testing)

典型场景: 从低到高逐步增加显示器以太通信压力 (数据流量、速率), 直到显示器 CPU 使用率达到 70% 左右, 明确设备能承受的最大网络传输速率及流量, 找到通信处理能力极限, 评测不同通信速度与流量条件下显示器的性能表现, 以发现存在的设计错误或者验证系统负载能力。

### ②压力测试 (Stress Testing)

典型场景: 在以太通信的同时, 开启显示器其他线程, 比如应用程序、图形库等, 人为地提升显示器 CPU 或内存使用率至 90% 及以上, 测试显示器在资源饱和和使用情况下丢包率及吞吐量指标数据, 明确饱和状态下的显示器以太通信处理能力, 以及是否会出现错误。如果系统能够在压力环境下稳定运行一段时间, 那么这个系统在通常运行条件下应该可以达到令人满意的稳定程度, 通常可使用此方法及场景判断系统通信稳定性。

### ③可靠性测试 (Reliability Testing)

典型场景: 通过给显示器加载一定业务运行压力 (例如资源在 70%~90% 的使用率), 持续运行显示器以太通信 2~3 天, 测试显示器以太通信是否稳定正常, 且关键性能指标均能否满足要求, 检查系统是否能稳

定运行。这种测试场景能尽早在实验室暴露或者复现现场可能出现的未知故障。

### ④恢复性测试 (Recovery Testing)

典型场景: 在以太通信各层采用故障注入的方法, 强迫系统通信失败或发生错误, 比如在物理层, 可编程设置断开、闭合时间, 持续进行周期性连线断开、闭合测试; 或者分别对 TX+、TX-、RX+、RX- 单线做断开、闭合测试。对于链路层, 可设置是否重新计算 CRC 校验码, 针对 ARP、TCP、UDP 等进行故障注入; 或者模拟错误的以太网帧内容、IP 层的 checksum 校验错误、帧开始标志错误、报文长度错误以及帧长度过短或过长等故障开展测试, 检查当系统出错时能否在指定时间间隔内修正错误、自动或人工干预恢复。通过丰富的故障注入场景进行恢复性测试能有效验证系统的容错能力, 保证软件平台的强壮性。

在获得基准数据的基础上测试人员应设计典型场景并实时监控设备运行情况, 例如 CPU 使用率、内存使用率、响应时间、吞吐量、丢包率等, 以准确定位系统瓶颈, 比如影响终端用户响应时间的瓶颈一般包括应用程序和服务器的吞吐量、终端到终端的通信状态、网络速度以及网络拥塞等。

## 6 结语

随着用户对车载以太网络性能要求的不断提升, 对其性能水平的评价应在主观感受基础上进一步选择客观性能参数指标作为评判依据。如果在车载网络设备规划和选型阶段及早明确关键性能指标参数, 并在验收、运用维护及升级更新等各个阶段依据指标参数进行专业评测, 那么开发方、集成方和用户方等各方就能更加准确全面地了解设备运行性能状况, 以及更有效地对通信性能瓶颈进行改进和完善。

本文以车载以太终端设备显示器为对象, 对以太测试标准 RFC2544、车载显示器以太网络性能指标要求、专业测试环境的搭建, 性能测试方法的选取及测试场景设计及执行等过程进行了重点介绍。通过车载显示器以太测试, 能有效验证其以太通信能力, 发现设计缺陷, 定位资源瓶颈, 帮助设计人员有效规划调优调整系统配置, 为提升设计质量提供重要参考, 并对类似测试具有实际借鉴参考价值。

### 参考文献:

- [1] 张自强, 林木. RFC2544 在高铁通信数据网工程中的应用与分析 [J]. 铁道通信信号, 2013, 49(8).
- [2] 陈能技. 软件测试技术大全 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [3] 王立炜, 郭华. 一种基于 RFC2544 标准的以太网测试方案设计 [J]. 甘肃科技纵横, 2014(6).
- [4] Liam B Quinn, Richard. 快速以太网 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [5] RFC 2544, 测试方法及标准 [S].