

车载终端车联网中间件技术研究与实现

蒋建春, 王开龙, 景艳梅

(重庆邮电大学 重庆高校汽车电子与嵌入式系统工程研究中心, 重庆 400065)

摘要: 为了解决因车身网络的数据协议差异造成的车载智能终端不能在多个车型上通用的问题, 提出了一种车载智能终端中间件架构; 在该架构中, 采用多层结构隔离应用与网络直接访问; 采用组件结构实现了应用的抽象与复用, 降低应用开发难度; 采用消息总线, 负责管理组件之间的数据通信, 为应用层提供一个统一接口的虚拟车身网络环境; 通过消息的数据通信实现车载终端应用间的数据交互, 底层采用通信服务层屏蔽了各种车身网络的差异性, 解决了车载终端在不同网络协议车型上使用的通用性问题; 最后, 通过搭建实际的测试平台验证了该设计的可行性和有效性。

关键词: 车载智能终端; 中间件; 通用性

Research and Implementation of Middleware Technology in Vehicle Intelligent Terminal

Jiang Jianchun, Wang Kailong, Jing Yanmei

(Engineering Research Center of Automotive Electron and Embeded System, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: In order to solve the problem that vehicle intelligent terminal applications can't be used in multiple kinds of vehicle, this thesis put forward an architecture of vehicle intelligent terminal middleware. In this architecture, the multilayer structure is adopted to isolate application from the network; Component structure is adopted to fulfill reuse of the software, and to improve the car terminal software productivity and quality; Message Bus is used to manage the data communication between components, and to provide a unified virtual network environment for the upper application component; By using the data message, the data is delivered from different vehicle intelligent terminals to others, and the hardware system uses the communication service layer to shield the differences of various car networking, so that the terminal can be used in multiple kinds of vehicles that using different network protocols. The thesis designs in detail the core modules and the communication protocols based on the above architecture. Finally, the proposed scheme was demonstrated by experimental network test for its feasibility and practicality.

Keywords: vehicle intelligent terminal; middleware; generality

0 引言

随着城市交通问题日益加重, 对车载终端上车辆导航、管理、监控和调度等功能的车联网应用(VNA)开发成为了国内外研究智能交通的热门。车载终端通过VNA可以为监控管理中心和驾驶员提供足够和及时的交通驾驶信息从而提供优质交通疏导来解决交通问题^[1]。

目前的车联网应用技术大多是基于移动通信导航信息系统(Telematics), 该系统使车辆的驾乘人员可以通过无线通信方式连接到服务中心, 从而获取远程车辆信息服务^[2]。国内外多个汽车厂商, 如通用汽车研发的Onstar为车主提供通信、跟踪、应急响应和远程服务的一套服务系统; 丰田公司建设的G-BOOK车联网信息服务系统通过车上无线通讯终端机来提供互助信息服务; 上汽基于Android开发的一套智能网络行车系统InkaNet提供了“三屏一云”的移动终端全面覆盖信息服务。

此外, 国内外还成立了一些组织, 专门从事提高车联网系统数据互通性和开放性的相关工作。如宝马公司牵头推出的

NGTP^[3], 它规范了终端接入和服务提供的标准格式, 使得同一台智能终端可以接入多个服务提供商提供的服务。再如非盈利性行业联盟GENIVI在设备驱动层上使用了中间件技术实现软件与硬件平台的分离, 提高软件复用和实现资源共享来缩短开发或更新的周期。谷歌(Google)联合奥迪、通用汽车、本田、现代、以及英伟达(NVIDIA)几家公司组成的“开放汽车联盟”(Open Automotive alliance)尝试将Android系统安全、无缝地整合到汽车中从而带来更多智能技术, 并使汽车电子产品更安全, 使用更直观。但是, 他们都没有考虑到车身网络差异造成的影响。本文通过分析车联网应用需求和异构网络的结构特点, 开发了介于操作系统和车联网应用程序之间的中间件, 标准化了通信接口以屏蔽车联网不同制式网络间差异, 组件化了车联网应用通用功能, 实现车载智能终端的通用性和应用开发效率的提高。

1 车联网智能信息终端中间件的整体结构

本文基于中间件技术设计出了一种通用性强、应用开发效率高的车载智能终端中间件, 该中间件工作在车载操作系统和上层车联网应用程序之间, 将车联网应用中功能相对独立的部分以组件形式组织起来, 并将这些组件依据是否与网络相关进行划分, 而组件之间则通过一个软总线作为通信中介进行通信^[4-5]。这就将复杂应用开发简化为各个组件的实现, 可以在不影响功能的情况下方便地更换和重用其中的组件。组件之间

收稿日期: 2015-01-26; 修回日期: 2015-04-07。

基金项目: 国家物联网发展专项资金资助项目(2013082702)。

作者简介: 蒋建春(1975-), 男, 四川人, 博士, 副教授, 主要从事嵌入式软件技术、嵌入式单核与多核实时操作系统方向的研究。

则以统一接口或协议进行数据交互。这样一来, 只需更换负责对应网络通信的组件, 即可实现车载智能终端在使用不同网络、数据协议的汽车上安装使用, 而不用重新开发应用。车载智能终端中间件框架如图 1 所示。

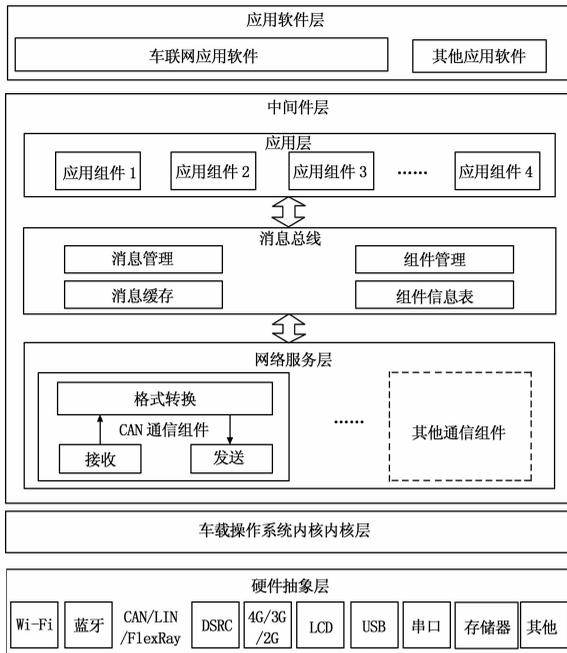


图 1 车载智能终端中间件架构

该框架分为 4 个部分：应用软件层、中间件层、OS 内核层和硬件抽象层。(1) 在应用软件层, 我们把应用分为两大类, 一类是车联网应用 (VNA) 无关的应用, 如娱乐、互联网服务、导航等等, 已有一些成熟的标准和软件; 另一种是 VNA 相关的应用, 包括远程诊断、远程车辆监控、车辆自组织网络、远程参数校准等。(2) 中间件层又分为三层: 应用层、消息总线和网络服务层。应用层是实现应用功能的应用组件、消息总线是管理组件通信的软总线, 网络服务层由负责屏蔽网络差异的通信组件构成。(3) 操作系统内核是 VIT 的基础软件, 不是本文的研究重点。(4) 硬件抽象层由硬件驱动、系统启动和其他初始代码组成, 屏蔽了硬件细节, 并提供给操作系统内核统一的访问接口。与通用终端相比, 这种软件架构在硬件抽象层增加了 CAN、RFID、FlexRay 和 DSRC 等模块的驱动程序, 服务于 VNA。

2 中间件设计

2.1 应用组件设计

应用组件是运行在独立进程中, 将应用程序组织为多个相互协作的组件, 组件各自完成相对独立的功能^[6]。应用组件的结构如图 2 (a) 所示。

通用模块包括端口、注册、消息处理模块。其中组件与消息总线的所有数据交互都必须通过端口完成。注册模块用于应用组件向消息总线注册组件信息。消息处理模块是对消息的解析、封装和组成等的抽象。

内部行为描述了应用组件的具体功能, 它主要实现复杂的控制算法, 并将处理好的数据经过消息处理模块封装成标准消息格式, 最后通过端口将处理好的数据发送给其它组件或应用进行解析使用。

2.2 消息总线设计

消息总线抽象了所有组件之间交互的细节, 使得所有组件

都只需与消息总线进行通信, 可最大程度地独立于使用不同数据格式的网络, 实现应用组件的通用。消息总线主要功能是消息管理, 组件管理。结构如图 2 (b) 所示。

消息管理模块负责消息滞留在中间件过程中的存储、转发等工作。其中在存储上使用的优先级队列方式, 每次提取数据时都从最高优先级开始, 直到到优先级队列为空才提取下一优先级队列的数据。在消息的转发上采用存储转发机制, 进行数据过滤、分类等中间操作, 提高数据转发的可靠性。

组件信息表, 是消息总线进行组件管理和消息转发的依据。它类似于 Windows 操作系统中的注册表, 其中存放着通信组件和应用组件的各种信息参数, 如 ID、组件标识符、通信端口号、运行状态等等。组件管理模块对组件运行状态进行必要的管理。

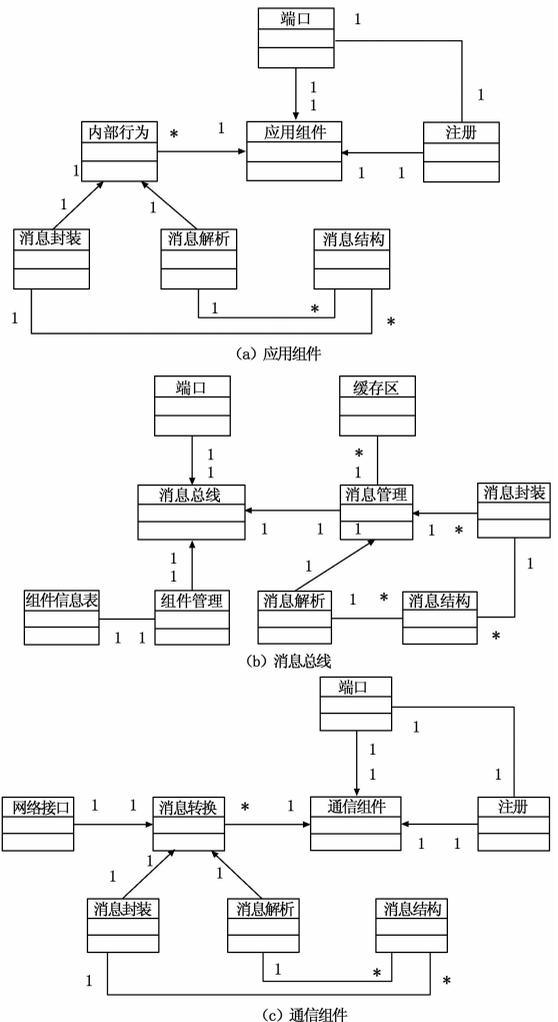


图 2 模块设计结构图

2.3 通信组件设计

通信组件是指位于网络服务层的, 能够协助其它组件或应用程序完成某个通信功能的一段程序, 其目的是用来屏蔽具体网络的差异性。通信组件的结构如图 2 (c) 所示, 通信组件与应用组件结构相似, 主要区别在于通信组件与具体的网络相关, 处于架构的底层。通信组件调用网络接口模块获取需要的网络数据, 再将收到的有效信息转换为统一定义的格式通过端口上传给消息总线。由于与平台相关, 通信组件在不同车型上

使用时需要使用配置工具进行配置修改或替换。

2.4 通信协议设计

组件之间通信协议详细实现如图 3 所示。消息总线开机启动, 并开始监听各个组件的消息; 组件 1 启动, 首先向消息总线发送一个运行指令, 通知消息总线组件 1 开始运行; 消息总线收到运行指令会将组件信息表中组件 1 的对应 state 修改为 1; 当组件 1 需要请求某个数据时会向消息总线发出请求信息; 消息总线经查询判断该请求应转发给组件 2, 若组件 2 未运行则激活它, 同时记录组件 1 的这个请求; 组件 2 启动后也需要通知消息总线自身状态的变化, 之后获取数据并封装为标准消息格式再发给消息总线; 消息总线在收到后存入缓存中, 消息获得转发资格后, 经查询并转发给组件 1; 组件停止运行时向消息总线发出通知, 把组件信息表中的 state 改回 0。

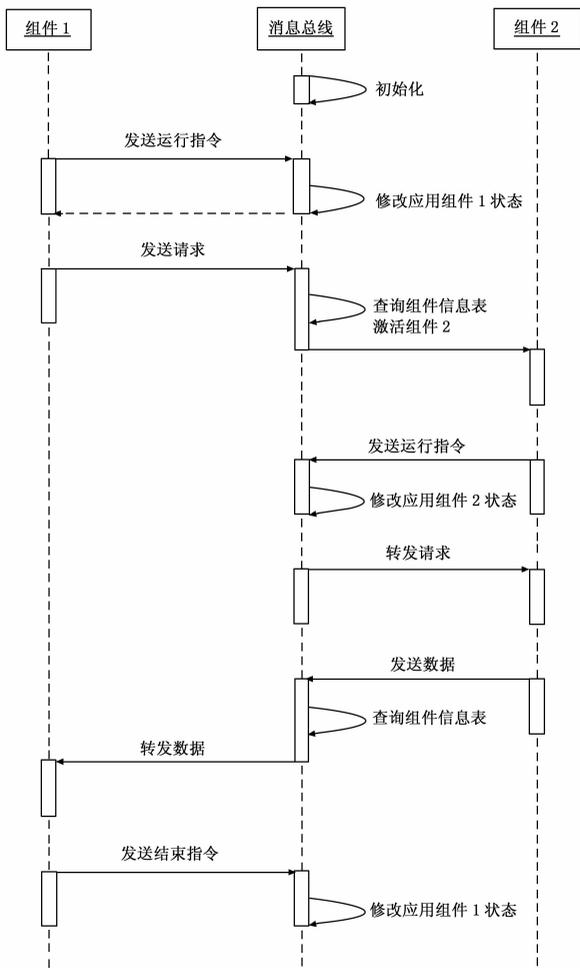


图 3 组件交互时序图

3 中间件测试与验证

中间件测试平台利用运行了 ZLGCANTest 上位机软件的电脑模拟车身 CAN 网络的发送节点, 以 USBCAN-II 作为电脑与 CAN 网络的中介, 将报文发送到网络上。下位机节点用的是一款自主开发的智能终端, 终端上的一个测试引脚连接在示波器上。这款终端是基于三星 A8 处理器的一款车载智能终端, 核心处理器为 1 GHz 的 S5PV210, 具有 521M Byte DDRII 内存和 256M byte SLC 型 NandFlash, 运行了 2.3 版本的 Android 系统。在此测试环境下, 主要测试了该中间件系统

两个方面性能指标: ①系统的实时性能(有效性); ②能否正确的通信(可用性)^[7]。

3.1 实时性测试

利用上位机以 500 kbps 的速率和 10 ms 的周期发送 CAN 报文, 在 CAN 通信组件收到 CAN 报文时会将一个 I/O 口的电平拉低(初始化为高电平), 应用组件收到后再把电平拉高, 通过示波器观察这个 I/O 口低电平持续的时间来确定报文转发所消耗的时间。测试结果如图 4 所示。

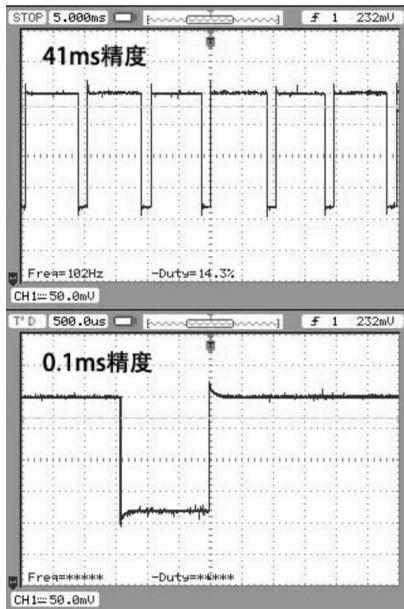


图 4 实时性测试波形图

经过多次测试得出中间件的平均延迟为 1.41 ms。在车身网络 4 种帧发送方式中周期发送的帧以它的发送周期为最长延迟期限。非周期的信息帧又分为两种: 含错误报告信息和与安全性相关的帧最长延迟期限为 10 ms; 其它的最长延迟期限为 50 ms^[8]。文献 [9] 给出的数据中, 离合、刹车等信息帧的发送周期是最短的, 周期为 5 ms。故中间件满足实时性需求。

3.2 可用性实验验证

将带有中间件的车载智能终端分别连接到两个不同通信协议的车辆平台上, 通过检测应用程序 VehicleAppDemo 的运行效果来验证车载智能终端的通用性。

先将台架设置为图 5 (1) 所示(远光灯打开, 转向灯双闪, 后雾灯打开)状态时, 终端上显示的效果如图 5 (2) 所示。再将终端连接到实车上, 安装 VehicleCANSwc 替换掉之前的 CAN 通信组件后, 图 5 (3) 展示了实车测试的一个场景, 图 5 (4) 是智能终端此刻的显示结果。

通过测试可以看出, 加上中间件的终端只需替换 CAN 通信组件就可以在不同车辆上使用, 验证了设计的中间件架构对于提高车载智能终端通用性是有效的。

3.3 结果分析

本节首先对中间件中进行交互时序测试, 验证了其满足 VNA 通信的实时性要求, 之后进行了转发性能测试。最后, 通过将装有 VNA 中间件和测试 VNA 的车载终端用在两款不同 CAN 数据协议的车上, 只更换了对应的 CAN 通信组件, 应用程序都可正常运行。验证 VNA 中间件为 VNA 提供了良好的通用性开发平台, 让 VNA 开发者不用再考虑不同车厂的车身网络协议差异而集中精力在应用程序的功能实现上, 实现

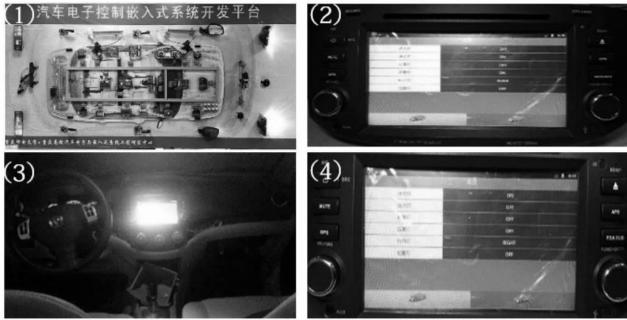


图5 实例验证

终端与车身 CAN 网络的分离, 最终达到一次开发、处处可用的目的。

进一步的研究工作, 首先开发除 CAN 外其他车联网所需的网络数据交互组件。其次, 车载终端中间件中的组件只能进行本地间通信, 还需实现不同终端间的组件通信, 共同实现更智能, 更复杂的应用功能。最后, 通信组件是与具体的网络协议相关的, 手工开发效率低且容易出错。需要开发相应的配置工具, 通过配置来自动生成通信组件。

4 结束语

本文利用中间件技术使车联网应用组件化, 其中 CAN 通信组件屏蔽了不同车身 CAN 数据协议差异, 应用组件实现通用功能实体化, 并利用消息总线实现组件的集成。提高了车载

智能终端应用开发效率, 解决了通用性问题。此外还为应用开发者提供了相应的开发接口, 降低了车联网应用开发难度。

参考文献:

- [1] 黄作维, 周 明. GPS/GPRS 支持下的嵌入式车载终端的实现 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (11): 2205-2208.
- [2] 夏 峰, 陆珂伟, 陈启军. Telematics 系统研究与车载终端设计 [J]. 微机处理, 2009, 20 (4): 79-81.
- [3] NGTP 2.0 Compendium Version 1.0 [Z]. The NGTP Group. October, 2010.
- [4] Manasseh C, Sengupta R. Middleware to enhance mobile communications for road safety and traffic mobility applications [J]. IET intelligent transport systems, 2010, 4 (1): 24-36.
- [5] 杜 旭, 张 翔, 徐 晶. 嵌入式网络通信中间件的设计与实现 [J]. 计算机工程与科学, 2007, 29 (9): 23-25.
- [6] Ravichandran T, Rothenberger M A. Software reuse strategies and component markets [J]. Communications of the ACM, 2003, 46 (8): 109-114.
- [7] 赵花蕊, 周改会, 周 兵. 多现场总线融合的实时中间件的设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (2): 324-326.
- [8] 李雅博, 张俊智, 卢青春. 混合动力电动汽车车上 CAN 网络设计实时性分析 [J]. 汽车工程, 2005, 27 (1): 16-19.
- [9] Tindell K, Burns A, Wellings A J. Calculating controller area network (CAN) message response times [J]. Control Engineering Practice, 1995, 3 (8): 1163-1169.

(上接第 2565 页)

3.3 数据包大小对网络吞吐率的影响

移动模型中节点的移动速度设置为 30 m/s, 观察的中继跳数设置为 3, 改变信道传输的数据包大小, 得到仿真结果如图 7 所示。由结果可知, 当信道中传输同样大小的数据包时,

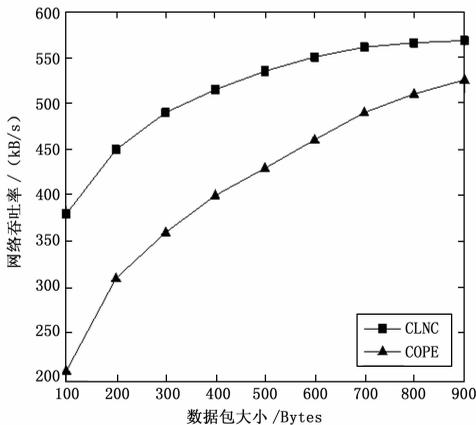


图7 数据包大小对网络吞吐率的影响

CLNC 编码策略下的网络吞吐率要比 COPE 编码策略下高。随着数据包的逐渐增大, CLNC 编码策略下的网络吞吐率更快的趋于稳定。又因为在实际的无人机链路网络中, 传输太大的数据包会造成严重时延, 所以在传输较大的数据包时网络吞吐率更快的稳定更有意义。所以, CLNC 编码策略能更好地应用在无人机链路网络。

4 结论

本文首先根据无人机数据链网络具有的高动态、多中继和

大容量等特点, 结合任务执行时无人机编队组成的不同网络拓扑结构, 抽象出 3 种常见的无人机高动态多跳移动自组网模型。其次在 COPE 机会网络编码策略的基础上进行改进, 提出 CLNC 编码策略。最后利用网络仿真平台 NS2 建立同向高速多节点模型, 分别改变模型中节点的移动速度、跳数和数据包大小, 观察在采用 COPE 和 CLNC 两种编码策略下网络吞吐率的变化。仿真结果表明, CLNC 编码策略能够更好的应用在无人机链路网络。

参考文献:

- [1] 刘 铭, 孙 轶. 国外军用无人机技术的发展分析 [J]. 舰船电子工程, 2010, 30 (9): 22-27.
- [2] Ahlswede R, Ning C L, Yeung S - Y R, et al. Network information flow [J]. Information Theory, 2000, 46 (4): 1204-1216.
- [3] 徐新爱. 无人机海量飞行数据快速检索方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (12): 4181-4183.
- [4] Li S, Yeung - Y R, et al. Linear network coding [J]. Information Theory, 2003, 49 (2): 371-381.
- [5] Le J, Lui J S, Chiu D M. DCAR: Distributed Coding - Aware Routing in Wireless Networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2010, 9 (4): 596-608.
- [6] Katti S, Rahul H, Hu W, et al. XORs in the Air: Practical Wireless Network Coding [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2008, 16 (3).
- [7] Medard H T, Koetter M, Karger R, et al. A Random Linear Network Coding Approach to Multicast [J]. Information Theory, 2006, 52 (10).