

# 车联网终端的设计与实现<sup>①</sup>

牛 坤, 丁志中, 王 煜

(合肥工业大学 计算机与信息学院 通信工程系, 合肥 230009)

**摘 要:** 基于 WAVE(Wireless Access in the Vehicular Environment)协议的车联网可以通过车载终端实现车辆之间自动组网通信, 解决了车辆行驶中信道切换和链路连接速率的问题。本文在分析了 WAVE 协议架构和相关技术的基础上, 以 802.11p 射频模块作为空中接口, 提出一套基于该协议的硬件和软件解决方案。本方案采用三星公司的 Exynos4412 处理器作为主控器, USB 摄像头作为视频采集模块, U-Blox7 模块作为定位模块, 可以实现文本、语音、视频的传输和 GPS 定位等功能。

**关键词:** 车联网; WAVE; 802.11p; 视频传输; GPS 定位

## Design and Implementation of Vehicular Ad-Hoc Network Terminal

NIU Kun, DING Zhi-Zhong, WANG Yu

(Department of Communications Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** Based on the WAVE VANET, can realize the automatic networking between the vehicle terminals, and solve the problem of channel switch and link connection rate when the vehicle is moving. The thesis proposes a set of hardware and software solution, which uses the 802.11p rf module as the air interface, through analyzing the WAVE protocol and related technologies. The project uses Exynos4412 processor as the central controller, USB camera as the video capture module, and U-Blox7 module as a positioning module, and it can achieve text, voice, video transmission and GPS positioning function.

**Key words:** vehicular Ad-hoc network; WAVE; 802.11p; video transmission; GPS location

车联网(Vehicular Ad-hoc Network, 简称 VANET)是应用于智能交通系统的移动 Ad-hoc 网络, 它是车、路、人为整体的协作式通信系统, 由移动的车辆和路边单元作为节点组成。图 1 为车联网的网络结构图, 通过共享车辆的位置、故障预警以及道路拥塞状况等信息, 帮助驾驶者、行人以及政府职能部门实时地了解区域性交通状况, 以减少交通堵塞的出现、交通事故的发生。

目前以 IEEE 802.11p/1609 系列协议为核心的 WAVE 技术是车联网实现的主流。其中, 北美、日本、欧洲国家发展较早, 对于 WAVE 理论研究已经相对成熟。如文献[1-4]中重点研究 MAC 层的信道访问机制、分布式协调功能、自适应退避算法等, 并对其中的理论进行优化。文献[5]中作者使用 FPGA 套件, 在物理层实现 OFDM 调制, 通过 FPGA 平台实现接收和发

送; 文献[6]中与本文采用同款射频模块, 基于该射频模块实现了其信道路由、信道切换和协调, 并仿真了模块间数据传输。上述文献只介绍了数据的收发, 而没有根据车联网环境设计相关的应用。随着理论研究的不断深入, 国外部分厂商开始研制相应的产品。美国 Arada Systems 公司<sup>[7]</sup>宣称已经推出相关产品, 并在美国密歇根州地区使用; 澳大利亚的 Cohda Wireless 公司<sup>[8]</sup>联合 NXP 公司和思科公司共同推出了支持 WAVE 的产品, 并且在欧洲、澳大利亚和美国地区进行了上千次的试验。这充分说明支持 WAVE 产品具有广泛的应用场景。

我国对车联网研究起步较晚, 国内一些高校和科研机构的研究主要集中在理论上, 一些相关科技公司也只是刚刚进入车联网市场。互联网公司百度、腾讯、阿里巴巴均推出了它们自己理解概念下的车联网产品,

① 收稿时间:2015-11-09;收到修改稿时间:2015-12-31 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005260]

如百度推出了“CarNet”，腾讯推出车联 ROM、车联 APP、“MyCar”，阿里巴巴则将 YunOS 引入车载平台。但是以上产品均是实现“人、车、手机”之间的互联互通，而没有体现车辆之间的信息共享。通信领域公司华为、中兴、大唐等正在联合推出国内车联网新标准 LTE-V，希望将 4G LTE 技术应用到智能交通和车联网领域。

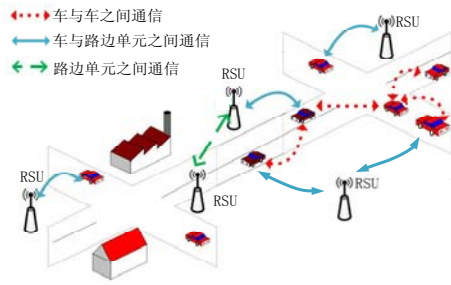


图 1 VANET 网络实现图

国内目前已装车的车联网产品主要体现在“人、车、手机”之间互联，并未实现车与车通信；而且国内关于车联网的新标准还在制定中，与已经成熟的 WAVE 技术相比缺乏时效上的竞争性。该课题针对车辆在道路行驶中的实际场景，设计了一套以 WAVE 协议为核心的车联网终端的硬件和软件解决方案，提出了该类终端的所需要的一些功能，对以后车联网的发展有一定借鉴作用。

## 1 系统总体设计

VANET 中车辆可以通过车载终端与附近联网车辆或路边单元进行信息交互，实现人、车、路互通互联。本方案以道路环境为应用场景，旨在为移动车载终端提供一个硬件和软件解决方案，为车联网的研究提供参考。本方案充分考虑了车联网终端在复杂车辆行驶环境中，需要处理大量的数据信息，对平台的处理能力和存储能力有较高的要求，故选择了处理性能卓越的核心控制平台。同时，车载电源通常提供 12V 的电压，目前常用的常用的移动设备芯片所需电压为 5V 左右，作者为此设计了 12V 转 5V 的稳压电路为终端供电。为了实现车载终端定义的各种功能，作者调研了各功能模块，为本方案选取合适的硬件模块。

### 1.1 系统硬件设计

通过对嵌入式平台的调研，和上述系统需求分析，同时综合成本、体积、功耗等方面因素，本文确定了

一个硬件解决方案。本方案采用一款三星公司 Exynos4412 处理器作为主控平台，该处理器为 4 核 ARM Cortex-A9 内核架构，主频为 1.6GHz，各项指标均能够胜任本次方案的开发；配以 2GB RAM 和 16GB ROM 可以实现多任务的流畅运行和大量数据的存取。此外该方案采用了一款非常成熟的语音处理芯片 -WM8960，用于实现语音信号的处理。视频采集模块采用一款林柏视 S909 工业 USB 摄像头模块，支持 uvc 标准，该摄像头像素达到 200 万，支持 YUY2 和 JPEG 压缩。GPS 定位模块选择了一款高精度、低功耗的 U-Blox7 NEO-M8N 模块，采用 UART 串口传输，该模块为 72 通道搜索，在开阔地带处精度达到 2.0 米。稳压电路模块选用 LM2596-5.0V 开关稳压芯片，该稳压芯片可以稳定输出 5V 电压，最大负载电流达到 3A。此外，本方案以 Unex 公司支持 802.11p 的射频模块 DCMA-86P2 作为空中接口，进行系统开发模拟，其采用 Atheros AR5414A-B2B 芯片。

如图 2 所示，系统以 Exynos4412 作为主控平台，并对外围存储 Flash 和 RAM 进行数据处理。语音信号通过音频模块进行处理并经过总线传到主控单元，最后通过射频模块发送出去。USB 摄像头模块获取视频流数据信息，视频数据通过 USB 传输到主控单元，主控单元对视频进行压缩编码后通过射频模块发送到其他设备。GPS 模块获取设备所在位置的经纬度，将经纬度信息通过串口传到主控单元，主控单元将经纬度信息结合百度地图 API 实时显示到地图上。以上功能均通过触屏进行操作控制。

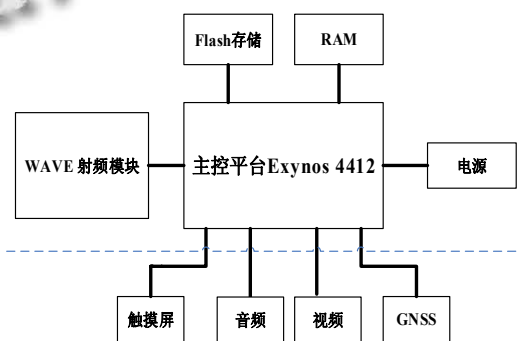


图 2 系统框架图

### 1.2 系统软件设计

通过对目前移动终端操作系统的调研，软件系统采用目前最流行的 Android 操作系统，它具有高度开源性、应用广泛性和开发方便性等特点，同时为车载

用户提供丰富的应用. 针对该终端的功能需求, 作者在 Android 平台下编写了一套相应的应用程序框架. 如图 3 所示, 该终端的主要功能操作均包含在该程序中, 通过操控此应用程序可以实现定义的车联网终端的所有功能.



图 3 应用程序界面图

作者将所需要的功能融入到此程序框架中, 并且显示在同一界面下, 这样避免了因不同功能的程序启动或切换而导致耗时. 该程序分为两大块: 定位服务和传输服务. 程序打开直接启动定位服务, 需要传输文本、语音、视频等服务时可以切换到传输服务. 传输服务如图 3 所示, 左侧一栏为语音视频发送按钮, 能够控制语音、图像和视频的发送; 中间的 SurfaceView 用来显示视频和图像; 右侧的文本框用来显示接收到的文本消息, 下面的编辑框可以用来编辑将要发送的文本消息.

## 2 WAVE协议架构简介

WAVE 是目前国际主流的车联网实现技术, 基于 WAVE 的车联网相较于其他的无线通信技术有众多优势. 通过固定基础设施控制实现的 2G/3G/4G 等移动通信技术, 其链接速度、信道切换速度、传输速率和质量存在一定的局限性. 以 WAVE 协议为核心的 VANET 克服了上述存在的问题.

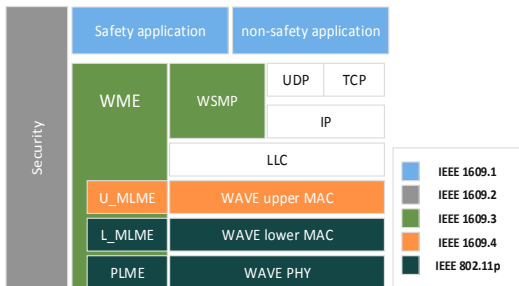


图 4 WAVE/DSRC 协议架构

图 4 是 WAVE 协议结构, 其中 IEEE 802.11p 规定了协议的物理层和 MAC 层的底层部分, 而 IEEE 1609 系列协议规定了其上层部分.

IEEE 802.11p 协议<sup>[9]</sup>并非是独立协议, 而是基于 IEEE 802.11 协议的扩展协议. 工作频率为 5.85-5.925GHz, 信道带宽共 75MHz, 与 IEEE 802.11a 相比带宽减半, 传输速率也相应减半. 相较于 802.11a 的每个信道 20MHz 的频带降为现在的 10MHz. 分为 7 个 10MHz 信道以及一个作为预留空闲信道的 5MHz 信道. 物理层采用了 OFDM 调制技术, 为了适应车辆快速移动性和带宽减半的影响, 调整了相应参数, 并且增大了发送功率的上限, 来扩大通信范围.

IEEE 802.11p 改善了 IEEE 802.11 标准的 MAC 层, 针对传统的基本服务集(Basic Service Sets, BSS)在建立连接时过于耗费时间的问题, 802.11p 对 MAC 层制定了新的 BSS 类型-WBSS. 在 WBSS 下, 尽量简化建立连接机制, 不必再像传统的 IEEE 802.11 中必须加入基本服务集, 符合快速移动的车辆环境.

上述协议是 802.11p 结合车联网应用场景, 在应对车辆快速移动过程中需要快速建立连接和交换信息, 同时应对频繁的信道变化而做出的改进.

## 3 功能模块的实现

该终端主要实现了文本消息传输、实时语音通话、实时视频传输、实时定位等功能, 这些功能可以为车辆提供更实时的路况信息, 帮助车辆之间更好的交流, 从而实现碰撞避免、车队管理、舒缓交通压力等.

### 3.1 文本和语音传输的实现

文本消息传输功能在车联网通信中十分重要, 车辆可以通过向附近组网车辆发送紧急消息来传递自己的行驶意图, 让附近车辆做好准备或及时避让. 语音传输功能在车联网通信中也不可或缺, 其可以方便车队管理, 对于婚庆车队及市政车辆等需共同行驶时的情况, 可以通过车队间的语音传递来进行控制, 从而保证车队正常行驶而避免对交通造成压力.

文本发送的主要内容是车辆行驶中的常用关键词句, 同时也支持自己编写相关关键词. 而语音模块有成熟的 Android 驱动程序, 直接调用 Android 下的 API 函数即可进行语音的处理, 本文在此不再重点介绍. 语音和文本消息传输采用基于 UDP 的 Socket 传输. UDP 作为传输层的一个重要协议, 是面向非连接的传

输层协议, 耗费资源少, 传输速度快, 可以减少 TCP 建立连接的时间损耗和资源耗费. Socket 传输流程如图 5 所示, 服务器端创建套接字并监听客户端发来的消息, 客户端创建套接字后可以直接向服务器端发送数据包, 而不需像 TCP 一样进行三次握手建立连接, 当传输完毕后关闭套接字即可.

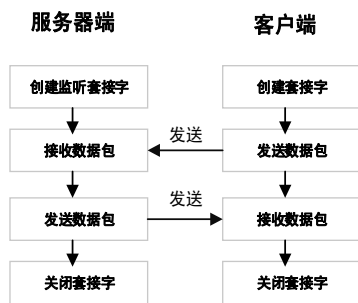


图 5 UDP Socket 传输

### 3.2 视频传输模块实现

视频传输模块传输路况影像信息给附近联网车辆, 令其作为参考, 是车联网中很有价值的一个功能. 本方案的视频模块默认输出 640\*480 画面, 最高画面帧采集速率 30fps/s, 能很好的满足使用要求. 考虑到视频传输的数据量比较大, 且 802.11p 的带宽较传统的 802.11a 减半, 因此作者采用了一种压缩率较高的视频压缩编码技术-H.264 压缩编码<sup>[10][11]</sup>.

Android 平台下提供了 H.264 视频编解码服务, MediaRecorder 类可以实现视频的 H.264 的硬编码. 通过该方法开发比较简单, 但是其对硬件平台要求较高, 本方案中的 CPU 和摄像头模块类型无法提取视频流. 同时 Android 下的 MediaCodec 并不支持原始输出格式为 YUY2 的图像编码. 为了适应不同的硬件平台, 以及满足以后在开发中任意输出格式的摄像头模块都能适用, 作者选择了一种实现难度较高的移植 H.264 编解码库的方法. 该方法对不同的摄像头输出格式有良好的支持.

#### 3.2.1 h.264 编解码实现

作者使用的编解码库 x264 是完全开源的, 要在 Android 平台下使用需要经过一系列编译移植过程. 具体步骤如下:

(1) Linux 下编译 x264 库. 将源代码通过 tar 指令解压到指定目录. 编写脚本文件 build\_x264.sh 编译 x264 库, 脚本中需设置交叉编译环境来适应硬件环境.

执行脚本文件完成编译, 生成动态链接库 libx264.so.

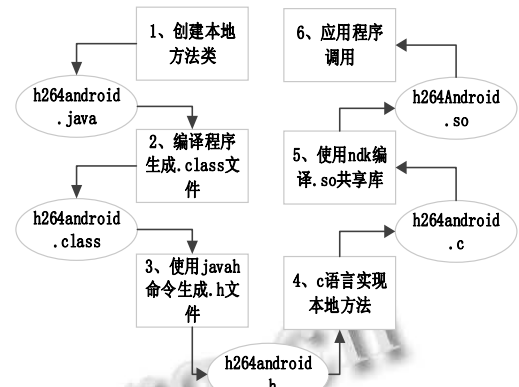


图 6 JNI 调用操作过程

(2) 生成 JNI 动态链接库. 如图 6 所示, 矩形框内代表的是操作步骤, 椭圆内代表编写并生成的文件. ① 首先创建一个 Android 工程, 编写本地方法类 h264android.java 文件, 将之前编译好的动态链接库 libx264.so 包含进来. ② 编译该程序生成.class 文件 h264android.class. ③ 用 javah 工具编译上述文件生成符合 JNI 规范的 c 语言头文件 h264android.h. ④ 编写 c 语言实现本地方法, 同时引用上一步骤产生的头文件. ⑤ 编写 Android.mk 文件进行编译, 用 ndk 编译上述文件生成 Android 上层应用可直接调用的 h264Android.so 共享库文件. 至此 h.264 编码库移植完毕.

#### 3.2.2 视频流发送

完成 h.264 视频编码之后, 下一步工作就是将编码后的视频数据发送出去, 同样采用 UDP 传输. 首先开辟一个线程用来处理视频流的发送, 在线程中进行如下步骤的操作过程:

(1) 创建 socket. 创建 DatagramSocket 对象 socket: DatagramSocket socket= new DatagramSocket (PORT), PORT 为绑定的端口号.

(2) 创建一个 InetAddress 对象 severaddress, 此为服务端 ip 地址, 通过自动获取目的终端得到.

(3) 创建 packet. 首先调用 H.264 编码函数 EncoderFrame(encoder,-1,frame,stream,packetSize), frame 为原始视频帧, stream 为编码后的视频流数据. 创建一个 DatagramPacket 对象 packet, 用于打包编码后的视频流, 并指定要将这个数据包发送到网络当中的哪个地址以及端口号: DatagramPacket packet = new

DatagramPacket(stream,stream.length,serverAddress,PORT), 其中 stream 数据即视频编码后的数据.

(4) 调用创建的 socket 对象的 send 方法: socket.send(packet), 将数据发送出去, 这样整个 H.264 编码数据就发送出去.

接收端与上述发送端类似, 服务端将接收到的数据进行解码, 通过 Bitmap 进行视频显示.

特别注意的是, 实验过程中, 视频传输 2 分钟左右程序会崩溃. LOG 信息显示是内存泄露, 通过对每一个开辟内存的地方进行监测, 发现并非应用层新开辟的内存没有释放, 而是 JNI 调用过程中 c 函数中开辟的内存不再使用时未释放. 在 JNI 编程实现时尽量避免大量数据的调用, 对于 c++ 文件中开辟的内存不使用时需手动释放.

### 3.3 GPS 定位模块实现

定位模块是车联网中重要的一个环节, 通过定位可以准确的确定自己的位置, 同时将自己的位置信息传递给其他车辆来通知对方做出相应的反应. 本节重点介绍定位功能的实现.

#### 3.3.1 获取 GPS 数据

由于 GPS 定位<sup>[12]</sup>模块是采用串口形式接口, 目前并没有该模块的驱动程序, 这点为系统开发带来了难度. 作者须获取到 GPS 数据, 并根据 GPS 数据结合百度地图进行定位. 考虑到 GPS 模块采用 UART 串口传输数据, 通过调用 UART 驱动, 在 Android 下通过 JNI 进行串口设备的读取, 得到 GPS 传输来的信息. 具体结构如图 7 所示, 该过程类似于上面视频编解码的处理过程, 具体步骤在此不再赘述.

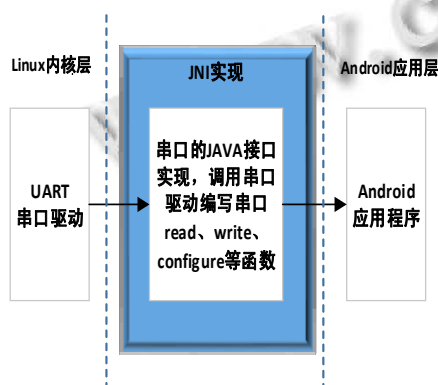


图 7 串口应用程序实现原理

该 GPS 模块的工作频率是 1HZ, 则每 1s 接收到一组 GPS 相应格式的数据, 图 8 所示为一个周期内获取

到的 GPS 数据信息.

```

$GNGGA,082242.00,3150.81718,N,11717.36799,E,1,08,1.39,92.0,M,-2.2,M,,*6A
$GNGSA,A,3,23,17,06,03,01,28,,,,,2.22,1.39,1.73*19
$GNGSA,A,3,83,68,,,,,,2.22,1.39,1.73*15
$GPGSV,4,1,13,01,06,061,28,02,19,262,,03,32,047,38,06,51,286,15*78
$GPGSV,4,2,13,09,14,130,23,10,40,194,20,12,03,326,20,17,67,014,29*75
$GPGSV,4,3,13,23,15,093,30,24,02,294,,28,46,178,17,42,46,141,*7B
$GPGSV,4,4,13,50,42,135,*4F
$GGLSV,3,1,10,68,41,053,34,69,52,138,,70,11,183,,73,13,216,*60
$GGLSV,3,2,10,74,28,267,,75,14,320,,82,00,096,08,83,39,056,36*63
$GGLSV,3,3,10,84,42,339,,85,09,300,*60
$GNGLL,3150.81718,N,11717.36799,E,082242.00,A,A*7A
$GNRMC,082243.00,A,3150.81657,N,11717.36785,E,0.365,,010815,,A*68
$GNVTG,T,,M,0.365,N,0.676,K,A*3A

```

图 8 GPS 接收数据

该 GPS 数据格式采用的是 NMEA-0183 协议格式, 表 1 中是 \*\*GGA, \*\*GSA, \*\*GSV 等所代表的含义, 包含了经纬度、UTC 时间、卫星数、精度等信息. 图 8 中标示符前面的 GP 代表 GPS(global positioning system), GN 代表 GNSS(global navigation satellite system), GL 代表 GLONASS(俄语全球卫星导航系统缩写).

表 1 NMEA-0183 协议格式

标示符	代表含义
GGA	时间、位置、定位类型
GLL	经度、纬度、UTC 时间
GSA	GPS 接收机操作模式, 定位使用的卫星, DOP 值
GSV	可见 GPS 卫星信息、仰角、方位角、信噪比(SNR)
RMC	时间、日期、位置、速度
VTG	地面速度信息

作者需要的主要是经纬度信息, 其中 GGL 格式第一个信息代表纬度, 第二个信息代表经度, 在提取经纬度的过程中只要找到 GLL 格式则很容易提取到经度和纬度. 如本段数据提取到的信息为北纬 31.5081718 度, 东经 117.1736799 度.

#### 3.3.2 结合百度地图定位

百度地图 Android 定位 SDK 为基于移动客户端开发 LBS 应用提供基础定位能力, 专注满足用户获取当前位置与获得地址信息描述功能, 软件包体积小. 它除了能提供 GPS 定位还可以提供网络定位(WIFI、基站), 这样可以在 GPS 信号较弱的地方启用其他方式定位, 保证了定位的时效性. 实现百度地图定位的具体步骤如下:

- (1) 先初始化 LocationClient 类, 该类为定位的核心类, 必须在主线程中初始化.
- (2) 配置定位 SDK 参数, 设置的参数包括定位模

式,返回坐标类型,是否返回地址信息、位置语义化信息、POI信息等。

(3) 实现 BDLocationListener 接口,该接口有一个方法需要实现:接收异步返回的定位结果,参数是 BDLocation 类型。该过程中获取经度和纬度的方法是 location.getLongitude()和 location.getLatitude(),但是由于本方案的 GPS 模块没有编写驱动,该方法实际是无法获得经度和纬度信息的。因此作者重新编写了获取经纬度信息的函数,定义为 customgetLongitude()和 customgetLatitude(),返回值类型为 double 类型,与原函数方法保持对应。该方法通过对从串口接收到的 GPS 数据进行字符串匹配获得经度值和纬度值,并且返回该值。即查找到“\$GNGLL”后,后面逗号的第一个信息就是纬度信息,在“N”或“S”符号之后信息为经度信息。

(4) 启动定位,通过 mLocationClient.start()开启定位功能。

#### 4 实验结果

作者用两台终端设备模拟两辆行驶中的车辆,进行通信测试。同时针对在通信中 CPU 负荷等问题进行监测。实际应用中视频帧采集速率是由驱动和图形处理器决定的,上层应用无法修改帧采集速率。通过串口执行 top 命令监测 CPU 等使用情况,图 9 所示为某一瞬时的部分系统资源监测情况。监测取 30s 内的该运行程序的 CPU 占用率变化,其平均值为 23.4%。

PID	PR	CPUN	S	#THR	VSS	RSS	PCY	UID	Name
3451	2	23%	R	11	666676K	41512K	fg	u0_a80	com.nercms.vehicle_network2
1613	2	3%	S	16	50520K	11276K	fg	media	/system/bin/mediaserver
1609	0	0%	S	21	50324K	6000K	fg	system	/system/bin/surfaceflinger
3724	0	0%	R	1	1084K	480K		shell	top
1048	0	0%	S	1	OK	OK		root	kworker/u:2
1657	0	0%	S	1	OK	OK		root	kworker/u:3
1595	0	0%	S	1	OK	OK		root	kworker/0:2
32	2	0%	S	1	OK	OK		root	kworker/2:1
2198	3	0%	S	21	664084K	34148K	bg	u0_a75	cn.kuwo.player:pushservice

图 9 系统资源监测

在一个较小的空间内,两终端相互移动进行视频传输测试,在移动过程中视频传输仍然很流畅,根据获取 5min 内视频采集数据大小和每一帧图像的大小,计算得到每秒约传输 10 帧。如图 10 所示,是视频传输拍照截图。同时在两个终端移动中,视频会有约 500ms 的延时。

目前民用 GPS 还没有比较完善的场测,常用的判断精度的方法是看搜星的数量,数量越多精度越高。通过在空旷地带进行测试,该 GPS 模块可以正常的搜

寻到 16 颗星左右。在只开启 GPS 定位的情况下,作者测量了较空旷的 20 处地点,将 20 处实际地点与地图中定位的地点进行比较,取其平均值得到定位误差约在 8 米。图 11 是实际应用百度地图结合我们自身的 GPS 模块实现定位的示意图。



图 10 视频传输图



图 11 百度地图定位显示

#### 5 总结与展望

本文通过阐述当前车联网发展的前景和产品的调研结果,分析了 WAVE 协议栈的结构,为车联网通信终端设计了一套成熟可行的硬件和软件解决方案。该终端具有操作方便、界面友好、传输稳定等特点。实验结果表明,能够可靠的发送文字、语音、视频等内容,并且可以实时显示定位信息。后期升级更加成熟的 802.11p 射频模块,加之完善的 WAVE 协议栈,可以加快车联网的终端的开发进度,促进车联网的快速发展。

#### 参考文献

- Han C, Dianati M, Tafazolli R, Kernchen R, Shen XM. Analytical study of the IEEE 802.11p MAC Sublayer in vehicular networks. IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, 2012, 2(13): 873-886.
- Donato EA, Maia Menezes JG, Madeira ERM, Villas LA. Impact of 802.11p channel hopping on VANET communication protocols. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE

- America Latina), 2015, 1(13): 315-320.
- 3 Sukuvaara T, Ylitalo R, Katz M. IEEE 802.11p based vehicular networking operational pilot field measurement. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2013, 9(31): 409-417.
- 4 Cespedes S, Lu N, Shen XM. VIP-WAVE: On the feasibility of IP communications in 802.11p vehicular networks. IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, 2013, 1(14): 82-97.
- 5 Musavi SHA, Chowdhry BS, Kumar T, Pandey B, Kumar W. Iots enable active contour modeling based energy efficient and thermal aware object tracking on fpga. Wireless Personal Communications, 2015, 85(2): 1-15.
- 6 Ameixieira C, Matos J, Moreira R, Cardote A, Oliveira A, Sargento S. An IEEE 802.11p/WAVE implementation with synchronous channel switching for seamless dual-channel access (poster). Vehicular Networking Conference (VNC). 2011 IEEE. 2011. 214-221.
- 7 <http://www.aradasystems.com/>.
- 8 <http://www.cohdawireless.com/>.
- 9 IEEE 802.11p-2010: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environment. IEEE Standards Association. 2010.
- 10 吕少君,周渊平.基于 Live555 的实时流媒体传输系统.计算机系统应用,2015,24(1):56-59.
- 11 Rozas-Ramallal I, Fernandez-Carames TM, Dapena A, Cuenca-Castillo PA. Improving performance of H.264/AVC transmissions over vehicular networks. 2013 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM 2013). 2013. 1324-1327.
- 12 韩改宁,李永锋.GPS 导航系统的应用与设计.计算机系统应用,2013,22(10):210-212,107.