

基于加速度传感器的车辆防盗技术研究

王 雨,陈常嘉,董岩磊

(北京交通大学 电子信息工程学院,北京 100044)

摘 要:为了准确地检测出车辆的被盗情况,并迅速向用户报警,文中研究了一种基于 MEMS 三轴向加速度传感器的车辆运动状态检测技术,并提出了基于此技术的防盗终端和报警系统设计方案。论文首先介绍了防盗报警系统的结构,然后对采集到的加速度数据进行分级处理,分别根据加速度的变化情况及加速度幅度概率值的规律来判断车辆的运动状态,通过设定合理的门限值,完成对车辆非法运动的判定,并触发无线通信模块向用户报警。对配置防盗终端的汽车进行了多次模拟被盗实验,成功报警率达到 98%。实验证明,算法简便快捷,实时性好,准确率高。

关键词:加速度传感器;车辆运动状态检测;防盗报警

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0135-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.035

Research on Vehicle's Anti-theft Technique Based on Acceleration Sensor

WANG Yu, CHEN Chang-jia, DONG Yan-lei

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

Abstract: In order to accurately detect and quickly alarm to users when the vehicle was stolen, study a kind of vehicle motion state detection technology based on MEMS three axial acceleration sensor, and put forward guard against theft terminal and alarm system design scheme based on the technology. First introduce the alarm system structure, and then do classification processing to the collected acceleration data. Respectively according to the change of acceleration and acceleration amplitude probability value judge the law of vehicle motion state. Through setting reasonable threshold value complete the decision of illegal vehicle movement, and trigger the wireless communication module alarm to users. The car with security terminal configuration has carried on simulation stolen experiment many times, successful alarm rate reached 98 percent. Experimental results prove that the algorithm is simple and direct, good real-time and high accuracy.

Key words: acceleration sensor; motion state detection of vehicle; anti-theft alarm

0 引 言

随着国民经济的快速发展和人民生活水平的日益提高,汽车保有量也在逐年攀升^[1],随之而来的汽车被盗案件也在不断增加^[2],汽车防盗成为困扰汽车拥有者的难题,因此汽车防盗装置和系统应运而生。目前国际上汽车防盗的核心思想是防止汽车整体被盗,这些防盗装置常用的防盗手段为:机械式防盗、电子式防盗以及网络式防盗^[3]。机械式防盗器的原理是用机械锁锁住汽车上某一结构,使汽车无法开动^[4],该类防盗器安装简便,价格便宜,但体积较大,很难抵挡住利用

钢锯等重型工具的盗窃方式;电子式防盗器利用钥匙中的无线电发射芯片与车身内的 ECU 通信即可实现单向或双向报警,但其遥控器的信号容易被拦截^[5],车辆被盗危险系数较高;网络式防盗器是现在汽车防盗器发展的重点,主要依靠设置在车内的装置,配合社会的公共网络监控车辆的行驶,如 GPS 定位系统、GSM 或 GPRS 等,向用户报警^[6],这种防盗器较为复杂,同时需要采用前装模式。除此之外,基于 RFID 和自组织网络技术的汽车防盗系统也已有所发展^[7-9],此方法具有低功耗、低成本、低数据速率等优势^[10],但此方法建立在传感器网络的基础上,对于单一车辆并不适用。

为了兼顾实时性、准确性及简便性,文中设计采用基于 MEMS 三轴向加速度传感器的双级车辆运动状态检测算法对车辆的运动状态进行监测,当检测到车辆发生非法移动后,自动定位并远程报警。

收稿日期:2012-08-10;修回日期:2012-11-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60672069,60772043);北京交通大学基础研究基金(W11JB00630)

作者简介:王 雨(1985-),女,硕士研究生,主要研究方向为信息网络理论与技术;陈常嘉,教授,博士生导师,主要研究方向为因特网理论、测量和新应用,应用层网络理论、测量,编码理论。

1 系统设计

系统的硬件部分包括微控制器模块、GSM/GPRS 无线通信模块、加速度传感器采集模块、开关按键模块以及供电模块等^[11,12]。功能框图与系统结构如图 1 所示:

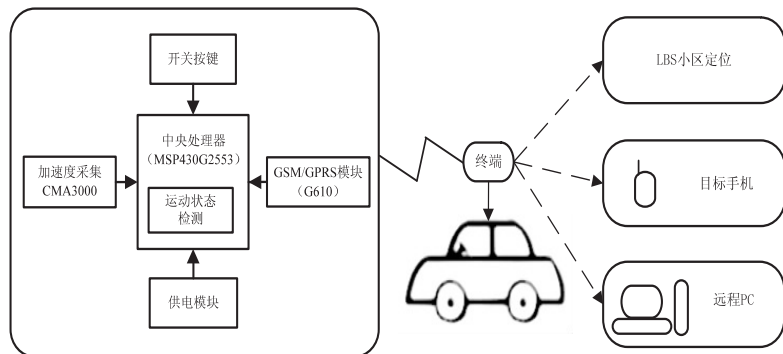


图 1 功能框图与系统结构图

系统的核心控制及运动状态检测计算选用 MSP430G2553 单片机。该单片机具有超低功耗、多种节能模式、集成度高等突出特点,适用于电池供电的便携产品。

GSM/GPRS 无线通信模块采用 G610,该模块可以工作于 4 个频段,内置 TCP/IP 协议栈,提供短消息和数据传输功能,并可实现现在无 GPS 信号时基于小区定位。

加速度信号采集模块的核心部分是基于 MEMS 的三轴向加速度传感器 CMA3000。此芯片具有小巧轻薄、超低功耗、可变量程、高精度度等特点,支持 $\pm 2g$ 、 $\pm 8g$ 双量程工作。将加速度传感器芯片放入车内实际测量,车辆运动时加速度值在 $\pm 2g$ 之间变化,设置 CMA3000 的量程为 $\pm 2g$ 。

开关按键完成系统的设防和撤防设置,在正常开车时将系统撤防,系统关闭;在驾驶员离开车辆后将系统设防,随时监控车辆状态。

系统采用锂电池供电,在电量不足时可外接电源充电。

当系统处于设防状态时,采用双级探测方法以减少误判事件的发生,当系统判定车辆异常移动时,将自动进行定位,并将定位信息和报警信息等以短信形式发送到目标手机上。

2 车辆状态检测方法

2.1 车辆运动状态参量

车辆在正常使用过程中,主要有停车静止、洗车、开关车门、在机械式立体车库中做横移运动和升降运动以及正常行驶等过程。正常行驶过程时加速度变化最剧烈,将正常行驶过程与其余过程区分为剧烈运动过程和非剧烈运动过程,在系统处于设防状态时,若检

测到车辆剧烈运动,说明车辆被非法移动,则触发报警。实验中,选择滑动窗内各轴向加速度变化值 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 超过门限值的总个数 N_{xyz} 及车辆加速度的幅度概率值 APV 作为车辆运动状态参量。

各轴向加速度变化值 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 分别为 X、Y、Z 轴每秒加速度输出值与上一秒加速度输出值的差值,加速度变化值越大车辆运动状态越剧烈。当一段时间内出现多次加速度变化值较大的情况时,说明车辆处于持续剧烈运动过程中。统计滑动窗内 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 超过门限值的总个数 N_{xyz} ,表征车辆运动的剧烈程度,其定义为:

$$N_{xyz} = N_x + N_y + N_z \quad (1)$$

其中, N_x, N_y, N_z 分别为一个滑动窗内 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 超过门限值的个数。

车辆加速度的幅度概率值 APV 通过计算超出门限的加速度的幅度值个数占滑动窗长度的概率来表征车辆运动的剧烈程度,APV 越大车辆运动越剧烈,其定义为:

$$APV = \frac{(C_p + C_n)}{L_w} \quad (2)$$

式中各参数定义如下:计算滑动窗内每一个加速度的幅度值与滑动窗内所有加速度幅度值的均值之间的差值,设定一个门限值 γ ,分别对这些差值超出门限值的数量进行统计,大于 γ 的差值的符号为正,小于 $-\gamma$ 的差值的符号为负,介于 γ 与 $-\gamma$ 之间的差值不记符号。对滑动窗内所有差值的正负符号的个数进行统计,将正值的数量记为 C_p ,将负值的数量记为 C_n, L_w 为滑动窗的窗长。经过计算,本实验中确定 γ 值为 1.1。

2.2 双级检测算法实现

双级检测算法主要分为两级,每一级算法都独立地进行一次状态检测,第二级算法只针对第一级已经判断为正常行驶的过程进行计算^[13]。双级检测算法的流程图如图 2 所示。

第一级检测算法的判断依据为 N_{xyz} ,选择恰当的阈值,将车辆的运动分为剧烈运动过程和非剧烈运动过程。第一级检测算法选取 30 秒长滑动窗,采样周期为 1 秒,统计在 30 秒内 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 超过门限值的总采样点数 N_{xyz} ,若 N_{xyz} 超过阈值,则判断为剧烈运动。通过实验测定,当车辆正常行驶时, $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 大于 80mg 的采样点一般共会出现 10 个以上,而其他运动过程中大于 80mg 的加速度变化值采样点数一般均少于 10 个,因此可以将 30 秒滑动窗内出现 10 个加速度变化值大于 80mg 的采样点作为第一级算法

的判断依据。图3为车辆正常行驶过程中 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 在30秒内的变化情况, $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 超过80mg的总采样点数大于10。

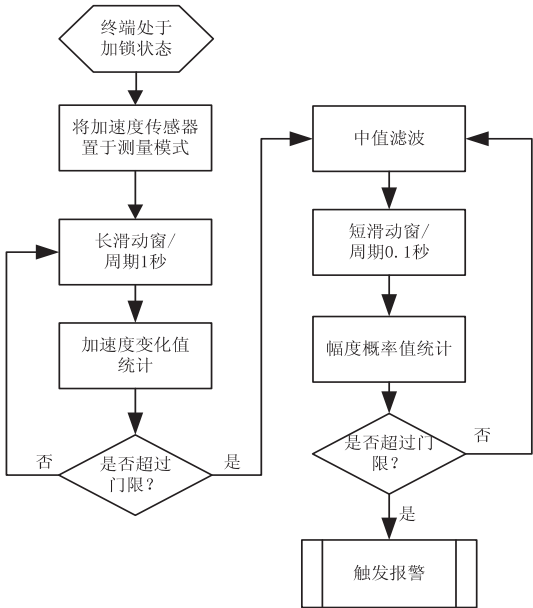


图2 双级检测算法流程图

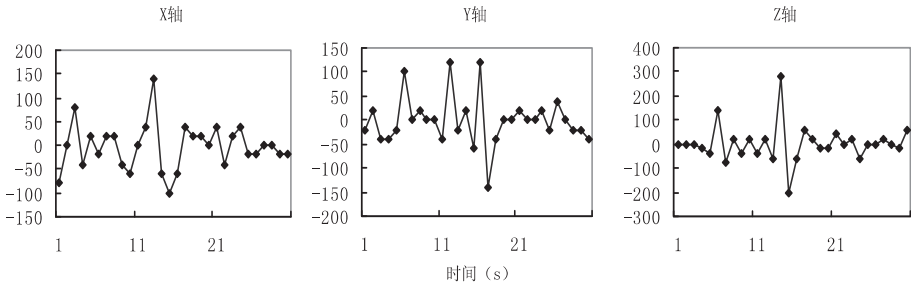


图3 正常行驶过程中 $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$ 变化趋势图

第二级检测主要计算第一级算法中判断为剧烈运动过程的加速度幅度概率值APV,并与设定好的阈值比较。为了减少噪声对加速度信号的影响,对输出加速度信号进行中值滤波处理,采用10秒长度的短滑动窗,采样周期为0.1秒,统计10秒滑动窗内100个数据的幅度概率值。实验测试表明,当车辆正常行驶时,幅度概率值明显增大,当幅度概率值大于0.5时,判断为车辆剧烈运动。图4所示为某一运动过程中幅度概率值变化情况。

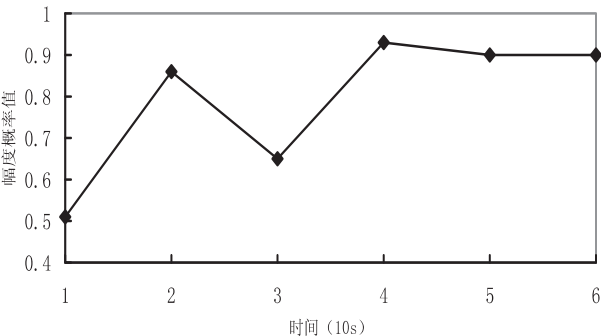


图4 正常行驶过程中幅度概率值变化趋势图

3 实验测试

将终端设防后分别放入5辆汽车内进行运动状态模拟测试,每辆汽车各进行停车过程、频繁开关车门过程、洗车过程、在机械式立体车库中做横移运动过程、在机械式立体车库中做升降运动过程以及正常行驶过程各10次,实时采集实验过程中的加速度数据,并统计终端发生报警的次数。实验结果如表1所示。

表1 双级检测算法实验结果

实验内容	实验次数	第一级检测	第二级检测	正确率(%)
		标记剧烈运动次数	标记剧烈运动次数	
停车静止过程	50	0	0	100
频繁开关车门过程	50	1	0	100
洗车过程	50	5	1	98
车库中横移过程	50	5	0	100
车库中升降过程	50	6	0	100
正常行驶过程	50	50	50	100

其中第一级检测中标记剧烈运动次数指在所有实验过程中经过第一级计算后判定为剧烈运动过程的例数,第二级检测中标记剧烈运动次数指对于第一级中已经判定为剧烈运动的例数中在第二级计算中仍然判定为剧烈运动的例数,正确率指整个检测过程中判定车辆运动状态的正确率。

实验结果表明,第一级算法在车体未发生移位的运动过程中精确度较高,第二级算法对加速度值进一步分析,提高对车辆正常行驶过程判定的正确率,当车辆被非法驾驶时,能够完全检测出车辆的运动状态,从而触发报警。洗车过程中车主一般在车上或车辆附近,终端设防的情况比较少,车辆丢失的可能性也比较低,极少数的误判情况不会影响车辆的安全性。

4 结束语

文中提出了一种基于MEMS三轴向加速度传感器的双级车辆状态检测算法,并提供了基于此算法的车辆防盗终端及报警系统的设计方案。实验证明,双级检测算法减少了计算量,提高了准确率,增加了实时性,解决了现有车辆报警器存在的误报率高的问题。

参考文献:

[1] 中国汽车工业协会统计信息网. 2011年汽车工业经济运行情况信息发布会通稿[EB/OL]. [2012-01-12]. <http://www.auto-stats.org.cn/ReadArticle.asp?NewsID=7275>.
[2] 万新宇. 浅析我国机动车报警服务市场[J]. 中国安防,

区的大小,而无须对识别、打开、读写报表等功能进行修改。

图 3 是主机应用程序调用 CHidComm 接口实现与 Wave Panel 通讯的情况。以十六进制形式输出读报表缓冲区的值,并显示控制器状态变化情况。需要注意的一个重要问题是 Wave Panel 输入报表并不使用报表 ID,在这种情况下应将读报表缓冲区 ReadBuffer 的第 0 字节设置为 0x00,否则读报表线程将无法接收到输入报表。

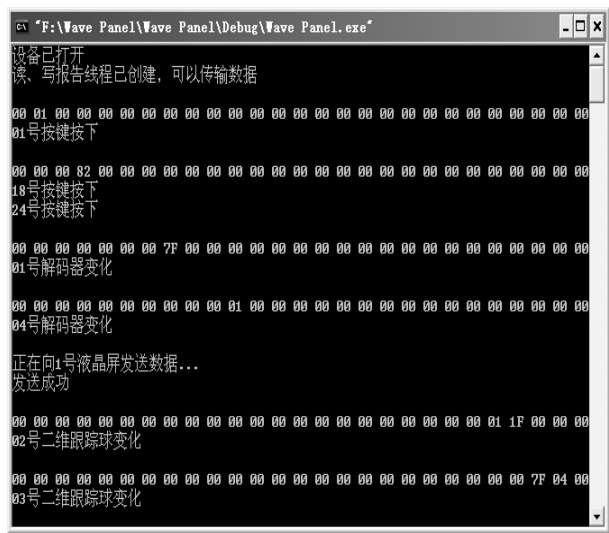


图 3 Wave Panel 与主机的通讯

4 结束语

Wave Panel 是一类较复杂的视频编辑 HID 设备,没有提供 Windows 环境下的通讯功能。基于 Wave Panel 对 Windows 环境下的 HID 设备通讯进行研究,能够解决许多 UNIX、Linux、Mac 等操作系统支持的专用

HID 设备无法在 Windows 环境下使用的问题。较之现有的一些解决方案,设计的 CHidComm 接口具有较强的通用性,并可以方便地对功能进行扩展。今后的工作主要是扩展该接口在 64 位 Windows 环境下的功能。

参考文献:

[1] 胡晓军,张爱成. USB 接口开发技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2005.

[2] 杨晶晶,江春华. USB HID 设备驱动程序设计[J]. 微机计算机信息,2006,22(17):140-142.

[3] Device Class Definition for Human Interface[EB/OL]. 2001. http://www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf.

[4] 王恒升,匡 洋,彭宏道. USBHID 类设备小驱动程序开发[J]. 控制工程,2010,17(6):815-819.

[5] 薛园园,赵建领. USB 应用开发实例详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.

[6] 蔡欣荣. 基于 ARM 的 HID 类自定义功能键盘研究与实现[J]. 工业控制计算机,2011,24(5):14-18.

[7] 时向卫,李 峥,张少武. Win2000/XP 下 USB 设备驱动程序研究与设计[J]. 计算机工程与设计,2008,29(21):5562-5565.

[8] Oney W. Programming the Windows driver mode[M]. Washington:Microsoft Press,2003.

[9] Axelson J. USB Complete: The Developer's Guide[M]. 4th ed. Madison:Lakeview Research LLC,2009.

[10] 扶文树,何 军,陆信如. USB HID 数据通信接口的设计与实现[J]. 工业控制计算机,2009,22(2):8-10.

[11] 刘 力,谢剑斌,卢 力,等. 基于 HID 类的 USB 人机接口设计[J]. 计算机工程与科学,2003,25(3):82-85.

[12] 王继刚,郑维民,滕志猛,等. 虚拟化环境下的 USB 设备访问方法[J]. 计算机应用,2011,31(5):1439-1442.

(上接第 137 页)

2010(3):65-66.

[3] 殷红幸. 汽车防盗器的性能与选择[J]. 中国安防产品信息,2003(6):51-52.

[4] 付润生. 汽车防盗器简介[J]. 黑龙江交通科技,2006,29(8):81-82.

[5] 李 响,宋骆林,林振衡. 一种新型车辆防盗报警器设计[J]. 福建电脑,2008(12):179-180.

[6] 于耀东. 基于多传感器信息融合技术的汽车防盗系统研究[D]. 大连:大连理工大学,2005.

[7] Ouyang Hongzhi, Wang Xinlin, Zhu Weihua, et al. Design of Vehicle Anti-theft System Based on RFID and Network[J]. Computer Measurement & Control,2011,19(7):1719-1721.

[8] Sun Zehang, Bebis G, Miller R. On-road Vehicle Detection: A Review[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2006,28(5):694-709.

[9] Song Hui, Zhu Sencun, Cao Guohong. A Sensor-network-based Vehicle Anti-theft System[C]//INFOCOM 2008, The 27th Conference on Computer Communications. [s. l.]: IEEE,2008:2128-2136.

[10] 刘子京,裴文江. 基于 ZigBee 协议的无线传感器网络研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(5):192-194.

[11] 杨 瑞. 基于 MMA7260Q 加速度传感器的电动车防盗报警系统[J]. 科技信息,2010(14):103-104.

[12] Sadagopan V K, Rajendran U, Francis A J. Anti Theft Control System Design Using Embedded System[C]//Proc of ICVES. [s. l.]: IEEE,2011:1-5.

[13] 曹玉珍,蔡伟超,程 畅. 基于 MEMS 加速度传感器的人体姿态检测技术[J]. 纳米技术与精密工程,2010(1):37-41.

基于加速度传感器的车辆防盗技术研究

作者: 王雨, 陈常嘉, 董岩磊
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: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2013 (5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201305037.aspx