基于智能手机群的车辆事故自救系统①

赵 龙[1], 闵昆龙[2], 韩玉杰[2]

[1](黑龙江东方学院 计算机科学与电气工程学院, 哈尔滨 150086)
[2](东北林业大学 机电工程学院, 哈尔滨 150040)

摘 要: 针对目前现有汽车事故自救系统需要装配特定的传感器、GPS 及通信模块的缺点, 设计了一种基于智能手机群的自动碰撞与坠落检测及事故自救系统. 该系统以事故车内多部智能手机用户物理运动的加速度信号为输入样本,以多个加速度数据为依据计算阀值, 不但使得事故判断的准确度显著提高还降低了严重事故时单个车载装置或手机损毁无法实现呼救可能性. 当信号超过阀值后, 自动借助手机的拍照、GPS 定位、3G 联网功能实现向救援中心报警求救. 在 Android 平台实现原型系统. 实验结果表明, 该系统具有非常好的碰撞及坠落识别准确度, 且具备能耗小和成本低等优点.

关键词: 碰撞; 坠落; 智能手机; 智能手机群; 三轴加速度传感器

Vehicle Accident Self-Rescue System Based on Smart Mobile Phone Groups

ZHAO Long[1], MIN Kun-Long[2], HAN Yu-Jie[2]

[1](College of Electrical Engineering and Computer Science, East University of Heilongjiang, Harbin 150086, China)
[2](College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Considering the deficiency that the existing automobile accident self-rescue system requires to assemble the specific sensor, GPS and communication module, the author designed a vehicle collision or crash detection and accident self-rescue system based on the smart mobile phone groups. Taking the acceleration signals of physical moments from the smart mobile phones in the accidents car as the input samples and the assembly of acceleration data as the calculating thresholds, the system can not only improve the accuracy rating of the judgments about the accidents, but can also reduce the unusable distress signals due to the damages to individual vehicle-borne device or mobile phone in severe accidents. When the signals exceed the threshold value, the system can draw support from the functions of video, GPS positioning and 3G networking in the mobile phones automatically to call for help from the rescue centre. Meanwhile, a prototype system has been implemented on Android platform. The results of the experiments indicate that the system possesses the advantages of high accuracy of collision or crash recognition, low energy consumption and low cost.

Key words: collision; crash; smart phone; smart phone groups; three-axis acceleration sensor

1 概述

进入汽车普及时代的中国和欧美等发达国家一样面临汽车事故高发的困扰. 为最大限度减小事故发生后的人员伤亡及相关财产损失, 我们必须在最短的时间内得到事故发生地点、事故车辆载客人数和车辆损毁情况等信息; 而在人员全部遇难或受伤严重无法主动呼救更无法提供事故的准确信息时, 相关部门根本无法提供及时的救援. 研究如何在汽车发生事故后主动报警呼救具有十分重要的现实意义. 欧洲发达国家汽车事故报警通常依靠汽车内的特定硬件实现. 在车辆发生严重交通事故后, 自动拨打欧盟的 112 急救电话, 向离事发地点最近的急救站报告事故车辆的位置. 其功能比较单一, 设备质量随汽车生产厂家和车型而参差不齐. 在国内车辆事故救援还基本停留在人工打电

① 基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11553077)
收稿时间:2012-10-16;收到修改稿时间:2012-11-12

话求救阶段, 有少数厂家研发了几款车载自救设备. 该类设备一般集成了传感器元件、GPRS 通信模块、GPS 定位模块, 其成本较高、设备稳定性差[1]. 一般放置于车的前部, 重大交通事故时极易损毁, 无法进行呼救.

权威报告称, 2012 年内中国将取代美国成为全球智能手机出货量最大的市场. 智能手机的迅速普及为基于移动智能终端进行应用开发提供了坚实的基础. 汽车发生碰撞事故时会产生强烈的异常加速度信号, 手机内置的加速度传感器可以实时记录加速度的变化, 依据特定的碰撞检测算法及坠落检测算法判断是否需要救援, 若需要救援则利用 GPS 定位等功能及时将情况报告至救援中心.

2 加速度检测

对于汽车是否发生事故的判断主要通过加速度检测来实现, 而加速度检测的基础数据又来源于车内被纳入监测网络的全部智能手机的三轴加速度传感器. 近几年出现了一些使用智能手机三轴加速度传感器方面的研究. 如文献[2] 引入个性化参数、时间分区等, 但只采用单部智能手机的加速度信号来判断碰撞是否发生还存在如下不足: 1) 智能手机不同于专门的车载设备会一直固定于车上, 若完全依靠可能会本身发生不规则运动的单部手机的加速度信号作为判断检测的唯一输入很可能会产生误判. 2) 交通事故中需要依靠设备代替人工求救的情况, 主要是因为事故比较严重, 车内人员已死亡或重伤, 无法打电话进行求救; 这种情况下车一般损毁严重, 那么单个设备(比如说手机)的完好概率及可用概率都不会很高, 由于手机自身损坏无法实现自动呼救而大大降低了自救系统的可靠性. 3) 不能够对车辆坠落进行准确检测. 由于文献[2]所设计系统构架局的限性, 单部手机无法区分是智能手机本身坠落产生的垂直向下加速度 g 还是车辆坠落产生的加速度 g .

本系统采用多部智能手机的加速度信号作为输入, 智能手机可以自由组合, 形成被监测网络. 当车辆发生事故时监测网络内所有智能手机都能够将加速度信息、现场照片及对是否发生事故的判断发送给服务器. 服务器综合分析各智能手机传输过来的信息决定救援方案.

2.1 智能手机三轴加速度的数学模型

部分智能手机内置了三轴加速度传感器. 如图 1. 假设手机屏幕正上方为 z 轴, 屏幕宽指向 y 轴, 屏幕长指向 x 轴. 分别使用 A_x、A_y 和 A_z 表示 3 个不同维度的加速度, $|A_x|$、$|A_y|$ 和表示不 $|A_z|$ 同维度加速度的大小. 令 A_{sum} 表示总的加速度, 则有公式(1):

$$|A_{sum}|=\sqrt{|A_x|^2+|A_y|^2+|A_z|^2} \quad (1)$$

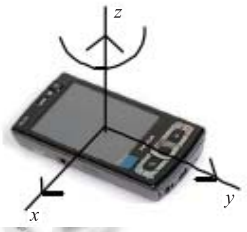

图 1 三轴加速度模型

若手机屏幕的 x、y 及 z 轴与车前进方向产生夹角, 其朝向通过角度 θ_x、θ_y 和 θ_z 表示. 令手机 z 轴投影到车前进方向的加速度为 A_v, 则 A_v 计算公式表示如公式(2):

$$|A_v|=|A_x\sin\theta_z+A_y\sin\theta_y-A_z\cos\theta_y\cos\theta_z| \quad (2)$$

2.2 碰撞检测算法

假设有 M 部手机被纳入到检测网络, 当车辆发生异常时会有 $N(N\leqslant M)$部手机向监控中心发送对异常的判断及加速度信息. 判断为发生事故发送 T, 未发生事故发送 F.

经过常规实验得知, 在车辆正常行驶时所做的常规动作, 虽然存在加速度, 使乘员的身体出现前俯后仰或左右摇摆, 但这些只对乘员的舒适性有影响, 通常最大加速度还不到 lg (g 为重力加速度). 但在碰撞事故中, 加速度能瞬间达到十几 g、几十 g 甚至几百 g[3].

结合参考文献[3]与系统测试, 得到如下规则:

规则 1. 单部手机情况下, 如果 $|A_{sum}|\geqslant 10g$, 则认为事故发生.

规则 2. 多部手机情况下, 假设 M 部手机被纳入到检测网络, 当车辆发生异常时有 $N(N\leqslant M)$部手机向监控中心发送了加速度信息 $A_i\,(1<i\leqslant N)$. 如果 $N=M$, 且 $\sum_{i=2}^{N}|Ai|\geqslant M*10g$, 则认为事故发生.

当 $\sum_{i=2}^{N}|Ai|<N*10g$ 时, 我们对每部手机使用规则 3 检测碰撞是否发生, 假设 AXT 和 INT 分别表示 $|A_{sum}|$ 在某段时间内最大值与最小值之差的阀值, AXV 和 INV 分别表示 $|A_v|$ 在某段时间内最大值与最小值之

差的阀值. 布尔变量 ST 与 SV 用于判断是否发生碰撞, 如果为“True”则表示发生碰撞.

规则 3.通过计算时间段 t1 与其后续时间段 t2 内的$|A_{sum}|$与$|A_v|$各自的最值之差是否超过阈值来进行判断: 在 t1 时间段内, 如果$|A_{sum}|$的最大值与最小值之差超过了 AXT ,而在紧接着的 t2 时间段内$|A_{sum}|$最大值与最小值之差小于 INT ,则标记 ST 为 “True”, 同理使用$|A_v|$计算 SV, 当 SV 与 SV 都为 True 时, 判定碰撞发生. 算法伪代码如下:

ST=SV=Shock=False

If $|A_{sum1}-A_{sum2}|>$ AXT and $|A_{sum2}-A_{sum3}|<$ INT

ST=True

If $|A_{v1}-A_{v2}|>$ AXV and $|A_{v2}-A_{v3}|<$ INV

SV=True

If ST=SV=True

Shock=True

Else Shock=False

车内被纳入检测网络的智能手机都将自己的判断结果 Shock 发送到服务器, 由服务器通过规则 4 进行判断是否发生交通事故并采取相应救援措施.

规则 4. 假设该车内被纳入到检测网络的智能手机数为 $M(M\geq N)$,向服务器发送判断结果 Shock 的智能手机数为 $N(0\leq N\leq M)$, 当 $N>0$,若 $M/N<2$ 且 Shock 值等于 True 的智能手机个数> $N/2$,则最终判定该车发生了交通事故. 同时服务器向被纳入到检测网络的智能手机客户端发送拍照指令, 利用现场照片决定最终救援方案.

2.3 车辆坠落检测算法

若判断车辆是否发生坠落等事故, 可采用下面规则 5 进行判断.

规则 5. 在无恶意干扰判断情况下, 假设该车内被纳入到检测网络的智能手机数为 M ,向服务器发送垂直向下加速度为 g 的智能手机数为 $N(0\leq N\leq M)$, 最先向服务器发送加垂直向下加速度为 g 的手机的发送时间为 T1, 最后向服务器发送加垂直向下加速度为 g 的手机的发送时间为 T2. 若 $N=0$, 则判定为未发生坠落事故. 若 $N=1$, 则服务器命令被纳入监测网络的其它手机提供垂直向下的加速度信息, 若其它手机直向下的加速均为 0 或接近于 0 也判定为未发生坠落事故; 若其它手机直向下的加速均接近于 g 也判定为可能发生坠落事故, 借用其它手段进行准确判定. 若 $1<N\leq M$,且 T2-T1 < 1 s ,则当 $N=M$ 时, 判定为发生坠落事故; 当 $M/2<N<M$ 时 ,也判定为发生坠落事故; 当 $N<M/2$ 时, 服务器命令被纳入监测网络的其它手机提供垂直向下的加速度信息, 同时借用其它手段进行准确判定.

3 系统实现与测试

为了验证检测算法的实用性, 实现了一套基于 Android 客户端的原型系统. 开发平台为一台安装了 Windows XP 的联想品牌机, 2 部 MOTOROLA XT300 及 1 部 HTC One V 智能手机, 开发语言为 Java,开发包为 Android-sdk-windows.

3.1 系统手机与实现

系统为 C/S 架构, 由智能手机客户端和服务器端组成. 客户端通过采集三轴加速度传感器所感应到的加速度变化值进行分析产生对事故是否发生的判断并将判断结果发送到服务器, 必要时将加速度信息和所拍摄的现场信息发送到服务器. 服务器负责对该车内被纳入到检测网络的所有智能手机所发送的综合信息进行整理和分析并决策. 系统服务器由 Web 服务器和文件服务器构成, Web 服务采用 Apache Tomcat 6.0 服务器, 文件服务器采用 Microsoft SQLServer2005 数据库进行文件管理. 客户端通过 3G、GPRS、WiFi 等方式连接到服务器.

系统主要运行过程如图 2 所示:

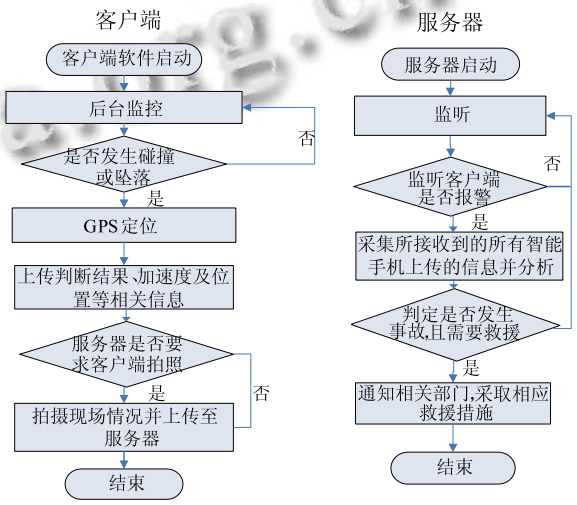

图 2 系统运行流程

在 Android 系统中开发基于加速度传感器的应用并不复杂, 因为 Android 系统为传感器提供强大的管理服务[4]. 实际上 Android 系统对所有类型的传感器的

处理是完全一样的, 只是传感器类型有所区别而已. 传感器应用开发步骤如下:

1) SensorManager 对象代表系统的传感器管理服务, 通过调用 Context 的 getSystemSercice(Context. SENSOR_SERVICE)方法获取 SensorManager 对象.

2) 用 SensorManager 的 getDefaultSensor(int type) 方法来获取指定类型的传感器.

3) ctivity 的 onResume()方法中调用 SensorManager 的 registerListener()为指定传感器注册监听即可. 通过对监听的实现来获取传感器传回来的数据. 实现 SensorListener 接口主要需要实现以下两个方法.

① void onAccuracyChanged(int sensor, int accuracy): 该方法在传感器的精确度发生变化时调用.

② void onSensorChanged(int sensor, float[] values): 该方法在传感器的数据发生变化时调用, 开发传感器应用的主要的业务代码应该放在这里执行, 如读取数据并根据数据的变化进行相应的操作等. 方法传入的参数 sensor 为代表传感器类型的常量, values 为 float 类型数组, 其长度和内容因传感器类型的不同而变化.

3.2 系统测试

由于移动客户端的性能还不能与 PC 客户端相比且待机时间有限, 故首先对客户端软件进行能耗测试[5,6]. 能耗测试主要包括运行软件后待机时长的变化与内存占用情况. 使用主频为 550Hz,内存为 256MB,电池容量为 1130mAh 的 MOTOROLA XT300 进行真机实测结果如表 1 所示:

表 1 待机时间及内存占用表

软件安装运行情况	手机待机时间/ h	手机内存占用/ MB
软件安装前	48	80
软件未运行	48	82
软件运行	32	115

另一项需要测试的重要指标即为报警准确率及重大事故后设备可用概率, 通过系统的测试比较单部智能手机与智能手机群作为系统的客户端时以上两项指标的差别如表 2 所示.

表 2 报警准确率与设备生存概率表

客户端形式	客户端可用概率	报警准确率
单机	50%	78.9%
机群	98.9%	96.7%

通过上述两项测试说明本系统客户端软件对智能手机的待机时间与性能影响均属于可接受范围. 使用手机群作为系统的客户端时报警准确率明显高于单部手机作为客户端, 且在重特大交通事故时客户端可用概率显著提高.

4 结语

本系统采用可以自由组网的智能手机所形成的手机群作为系统客户端有多方面的优势, 首先解决了由于手机自身加速度剧烈变化及其它特殊原因而产生的误报警问题, 其次解决了因事故严重造成客户端损坏而无法报警求救的问题, 再次利用了手机自身的 GPS 定位与拍照等功能为救援提供了帮助又不增加硬件成本. 系统设计思路新颖且有较强的实用价值, 有十分广泛市场应用前及商业价值.

参考文献

1 Campo E, Grangereau E. Wireless Fall Sensor with GPS Location for Monitoring the Elderly. 30th Annual International IEEE EMBS Conference, 2008,(8):498–501.

2 李伟健,林亚平,叶松涛.智能手机碰撞检测及在汽车事故自救中的应用.计算机工程,2011,(9):245–247.

3 Chen YL, Wang CA. Vehicle safety distance warning system novel algorithm for vehicle safety distance calculating between moving cars. Proc. of the IEEE International Conference on Industrial Technology. Chengdu, 2008: 2570–2574.

4 李刚.疯狂 Android 讲义.北京:电子工业出版社,2011.

5 宫云战.软件测试教程.北京:机械工业出版社,2008.

6 Dalal SR, Jain A, Karunanithi N, Leaton JM. Model-based testing in practice. 21st Int. Conf. on Software Engineering. 1999: 285–294.