

Collision Detection Based on Audio Alarm Technology of Major Traffic Accidents

Yang Song^{1,2,3}, Pengfei Feng^{1,2}, Huiqing Jin^{1,2,3}, Binjun Song^{1,3}

¹Anhui Sanlian Accident Prevention Institute, Hefei, 230601, China;

²Anhui Sanlian College, Hefei, 230601, China;

³Shanghai Shenqing Institute of Security Technology, Shanghai, 201203, China.

Email: fengpengfei@126.com

Abstract: According to a major road traffic accident characteristics of first aid, a major traffic accident more serious injuries, the loss of the injured are often active alarm capabilities, and how the accident happened early detection is the key to rapid relief, therefore, the accident of automatic detection, positioning and automatic alarm technology particularly important. This study is based on the audio detection alarm technology traffic is generated in the car after a traffic accident, the driver and passengers in case of total loss of consciousness can not be police rescue vehicle collision can be generated by the audio signal characteristics of stimulated radio signals, an alarm signal to the relief agencies, so that rescue personnel arrived at the scene of the accident the first time for rescue work. In order to ensure the accuracy of detection, but also to broaden the testing vehicle collision methods, such as by collision with the sensor and the audio signal generator to detect the vehicle collision, which can prevent the misjudgment of the audio signal generator, can also prevent the collision sensor misjudgment.

Keywords: Vehicle collision; Sound signals; Audio detect; Sensor

基于音频检测的碰撞型重大交通事故报警技术的研究

宋 扬^{1,2,3}, 凤鹏飞^{1,2}, 金会庆^{1,2,3}, 宋斌俊^{1,3}

¹安徽三联事故预防研究所, 合肥, 中国, 230601

²安徽三联学院 合肥, 中国, 230601

³上海申馨安防科技研究院, 上海, 中国, 201203

Email: fengpengfei@126.com

摘 要: 根据道路重大交通事故急救的特点, 重大交通事故伤亡比较严重, 伤者往往丧失主动报警能力, 如何及早发现事故的发生是实现快速救援的关键环节因此, 事故的自动检测、定位和自动报警技术研究就尤为重要。本研究是基于音频检测交通事故报警技术, 就是在汽车产生交通事故后, 驾驶员以及乘客在完全失去意识的情况下无法进行报警救援, 可以利用汽车碰撞时所产生的音频信号特征激发无线电信号, 向救援机构发出报警信号, 让救援人员在第一时间内到达事故现场进行救援工作。为了确保检测的准确性, 还要拓宽检测汽车碰撞的方法, 如采用碰撞传感器与音频信号发生器一起对汽车碰撞进行侦测, 这样可以防止音频信号发生器的错误判断, 也可以防止碰撞传感器的错误判断。

关键词: 车辆碰撞; 声音信号; 音频检测; 传感器

1 引言

碰撞型重大交通事故的发生具有突发性和破坏性, 当碰撞发生时, 极易导致驾驶员和乘客因剧烈碰撞受伤而丧失主动报警能力, 从而错过了人员抢救的黄金时间, 使驾驶员和乘客失去了抢救机会。如何及早发现事故的发生是实现快速救援的关键环节因此, 事故的自动检测、定位和自动报警技术研究就尤为重要。目前采用算法检测交通事件的研究比较多, 传统的 不确定性推理融合算法有主观贝叶斯、证据理论、模糊综合决策模型等, 主要是利用交通流参数变化来推测交通事件的发生, 属于间接检测技术。这些算法、模型依赖于道路条件和历史数据, 检测精度不高且做不到实时检测。由于交通事故发生时会产生很大的碰撞声, 而碰撞声和其它声音的频谱不一样, 通过采集并分析车辆周围的声信号来检测车辆事故, 可以实时获得事故现场信息并报警, 因此在即时性上比交通流分析方法好, 而且在事故的识别成功率上也可相对提高。

2 音频检测技术概述

2.1 音频检测技术的发展

音频检测方法（声波法，共振法），早期用于检测金属材料内在质量的好坏，是金属材料的微观特征与音频参数存在着一种相互关联的依变关系，而且这种关系在某种条件下可以相互转化。自从 1940 年美国执密安大学 P.A.Firestone 发明了超声波反射仪，并且随着电子技术和专业化生产水平的飞速发展，音频技术在无损检测领域中得到了广泛的应用。我们国家音频检测技术起步也是在六十年代，1965 年由上海材料研究所进行试验研究。音频检测技术在国内研究与国外起步相同，但发展较迟缓，研究工作主要限于高等院校和研究所，随着改革开放的发展，现在音频检测技术已投向企业、军事等很多领域中，例如在军事上，可以利用音频侦测技术检测敌方潜水艇的动态变化和位置关系。但在交通安全领域中运用音频检测技术很少，原因是声音的辨析难度很大，能在各种嘈杂的环境声音中分辨出某一种特定的音频信号，难度很大，因此声音传感器的应用范围也是有限。

2.2 音频检测碰撞型重大交通事故的优点

在汽车产生交通事故时，往往都伴随着特征十分明显的音频信号，这种音频信号和汽车正常行驶时的音频信号是有很大的区别的。基于音频检测的碰撞型重大交通事故报警技术就是根据正常状态下与非正常状态下汽车运行噪声存在很大差别的原理和方法实现交通事故自动检测。其优点主要表现在以下三个方面。

- (1)、该检测方法实现了对车型、交通事件等的直接检测，检测快速、准确，不易受雨、雪等气候环境和交通条件的影响，并且可以全天候工作；
- (2)、该检测方法使用的检测器较之其它检测方法成本低廉，并且信号处理量小，既可以在线实时处理，又可以方便远程传输；
- (3)、声信号检测器体积小，安装方便，布设时无需破坏路面，可靠性强，不易损坏，维护方便。

3 汽车正常行驶的音频特点

汽车在正常行驶过程中由于发动机噪音、振动、车身、车门的共振，行车时与路面、空气阻力等而产生一定量的噪音，这些噪音是非碰撞情况下的音频，这些噪音主要有以下几个方面的来源：

3.1 发动机噪音

包括进气系统、发动机机体发出的机械噪音，活塞上下运动、曲轴转动引起的不平衡行力以及发动机械震动和发动机燃烧过程冲击产生的激后力引起的发动机各部件的震动。

3.2 排气系统噪音

排气系统噪音是发动机噪音的一部分，主要声源包括排气管的排气噪音，次要声源包括：消声器支撑架及排气管道震动辐射出的噪音，发动机震动及排气动作引起的辐射噪音。

3.3 传动系统噪音

传动系统噪音在传动系中，噪音源主要包括变速器、分动器、传动轴、差速器和减速器等，传动系统噪音是由发动机传来的震动引起离合器盖、变速器盖等辐射出的噪音以及齿轮啮合激震引起壳体辐射发出的噪音。这些噪音既有内部齿轮和轴承运转引起的，也有其它机构传递来的。

3.4 轮胎噪音

轮胎噪音是由轮胎与路面摩擦所引起的，是构成底盘噪音的主要因素。一般的胎噪主要由三部分组成：一是轮胎花纹间隙的空气流动和轮胎四周空气扰动构成的空气噪音；二是胎体和花纹部分震动引起的轮胎同的单位分多行编排，并用阿拉伯数字进行标注。震动噪音；三是路面不平造成的路面噪音；特殊行驶环境下，轮胎还会发出轰鸣声和溅水声。

3.5 气动噪音

气动噪音行驶中的汽车由于其周围的风而产生的噪音称为气动噪音，同时来自于汽车前端的气流和冷却风扇转动的风流也是属于气动噪音的一部分。

3.6 车身结构噪音

车身结构噪音主要包括两个部分，一是车身震动噪音，二是空气与车身之间的冲击和摩擦声。

一般来说，正常行驶汽车噪声主要是低频噪音，其频率一般在 250HZ-500HZ 范围内，通过在距交通干线中心 15 米处测得的汽车噪声结果为：拖拉机 85~95dB；重型卡车 80~90dB；中型卡车 70~85dB；摩托车 75~85dB；轿车 65~75dB；车速加倍，交通噪声平均增加 7~9dB。表 1 为几种常见车型在不同车速下的噪音强度比较。

表 1 不同车速下的汽车运行噪音（理想状态下）

车速 车型	80 km / h	100 km / h	120 km / h
夏利 2000	70dB	72dB	75dB
富利卡	71dB	73dB	75dB
宝来	67dB	70dB	73dB
上海大众帕萨特	65dB	68dB	72dB
别克	62dB	64dB	67dB

由上表可知，汽车在不同的车速下其运行噪音大小是随之变化的。

除此之外，驾驶员按喇叭的鸣笛声音，也是汽车在正常行驶时所发出的音频，一般来说在距离汽车 2 米之内，喇叭声音为 90-115dB。

4 汽车在碰撞时的音频特点

汽车在碰撞时的声音特点明显不同于汽车正常运行时的声音特点，主要有以下几个特点：

4.1 汽车碰撞时的声音具有高能量性

汽车的碰撞其实就是将汽车运行时的动能转变成声音能量和汽车车身的机械变形能量，所以汽车在发生碰撞时声音强度是远远大于正常汽车运行时的声音强度的。

4.2 汽车碰撞时的声音具有瞬时性

汽车碰撞时间很短，大约只有 15 毫秒，碰撞声音也就在这个时间里产生，所以汽车碰撞时的声音具有瞬间爆发的特点。

4.3 汽车碰撞时的声音绝大部分是金属撞击声

汽车碰撞时主要表现为车身的变形和机械零部件的撞击，这些基本上都是金属材料，所以汽车碰撞时的声音绝大部分是金属撞击声，这是汽车碰撞声音的又一特点。

5 汽车碰撞的检测方法

5.1 传统汽车碰撞检测方法

汽车安全气囊系统中所采用的传统碰撞检测方法为碰撞传感器，碰撞传感器的作用是检测车辆发生碰撞时的减速度或惯性力，并将信号送到安全气囊系统的专用安全电子控制单元。

5.2 基于音频检测技术的检测方法

利用交通流参数变化来推测交通事件的发生，往往识别率不高、误报率高、延迟时间长等缺点，交通事故的有效识别率低且难以得到有效救助。为了提高交通事故识别率和识别速度，故提出基于声检测的重大交通事故识别方法。

车辆运行声信号同车辆数量、车型、行车速度、事故、车辆重量、交通拥挤、交通安全性等有着较为密切的关系。这样，采集车辆运行时的声信号，在对采集的声信号进行预处理（降噪、增强）的基础上分析其声强和声谱等特性，通过一系列算法就可推断出通过车辆或交通流的特征参数。在重大交通事故发生时，车辆运行状态发生了相应的变化，并伴有剧烈碰撞的声音，其碰撞声与周围的噪声存在较大的差别。因此通过实时采集并

分析车辆周围的声音，判别车辆的运行情况，一旦有事故发生，可立即提取碰撞声并识别，及时发出警报信号。

6 自动声检测算法原理

由于不同声波信号的幅频特性和相频特性不同，不同声波信号在各个频率段的幅值也存在一定差异的。因此，可利用各个频率成分的能量变化来实现目标识别。

自动声检测算法包括声音信号采集和分帧、特征提取、特征降维、特征分类四部分，如图 1 所示。

采集和分帧：将采集到的信号按每 t 秒分为一帧，帧与帧之间有 t_1 秒的交叠。

特征提取：对每一帧信号实施某种变换以得到频域信息，然后根据得到的频域信息统计能量的分布，以此作为识别交通事故的特征。可以选用的变换包括 FFT, DWT, DCT, RCT, MCT 等。

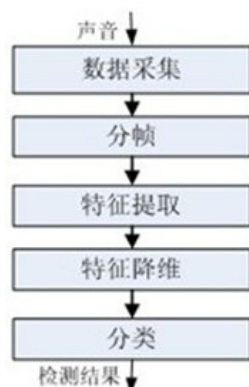


图 1. 自动声检测算法框图

特征降维：对特征提取后的信号量实现降维。

特征分类：收集正常运行和交通事故时的车辆周围声音信号样本，并训练构造分类器，实现对行驶过程中的声音分类。在此，我们设计的分类器拟输出两类分类结果：一类为正常运行声音，另一类为重大交通事故的碰撞声音。

基于自动声检测算法，我们设计相应的自动声检测报警系统，其结构设计如图 2。数据采集系统实时采集周围的声音信号，声音信号采集装置采用常用录音设备，也可使用高档录音设备，具体看测试现场效果决定，但碰撞声等可能较大，可能需要先做一定的音量衰减，需按具体情况而定，也可以直接考虑使用带衰减功能的录音器。从模拟数据分析出，采用这种汽车碰撞音频传感器信号传输的时间是传统汽车碰撞传感器信号传输时间的一半。然后使用 DSP 搭建数据处理系统进行数据采集、声信号分析处理和发送报警信息。对声音信号进行实时的分帧处理，提取特征，根据先验知识库进行模式分类，检测交通事故的发生。一旦事故发生，向报警模块发出启动信号，由报警模块与相应设备进行通讯，提供及时报警功能。



图 2. 自动声检测报警系统结构

我们以汽车碰撞固定物和两车相碰撞实验的声音和振动信号作为识别对象来研究，其中还要考虑到自然界中雷声的干扰，采集了大量的雷声信号样本做对比研究。通过采集真车碰撞声信号和物理仿真模拟实验信号，研究表明，正常运行声、碰撞声和雷声三层小波包分解的 8 个小波包通道功率值均有显著差异，都可以作为三种不同类型声信号的检测特征值。碰撞声和其它声音所含的频率成分不一样，将其转化到频域，则表现为能量在各个频率分布不一样，如图 3、图 4 所示。

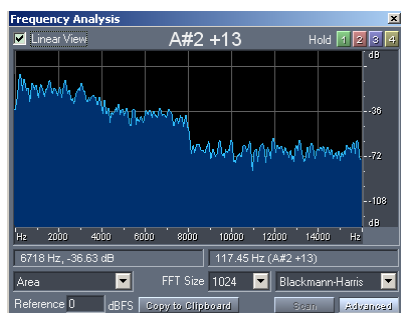


图 3. 碰撞声频谱

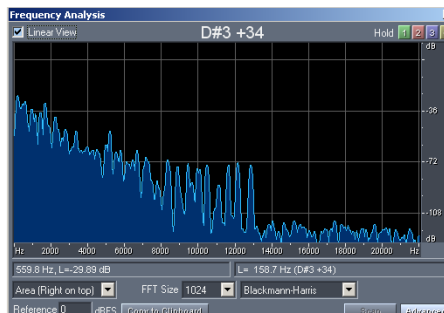


图 4. 非碰撞声频谱

7 碰撞声能量的变化特点及影响因素

7.1 碰撞声能量的变化特点

我们通过研究大量得碰撞声样本的能量在时域的变化情况，总结出以下两个特点：

- 1) 能量巨大：为正常状况下各种声音能量的数倍以上
- 2) 变化剧烈：碰撞声大约持续 1-3 秒，在碰撞声前后，声音的能量一般都较小，因此从时域上看，碰撞声能量曲线形成一个陡峭的波峰，如图 5 所示。

可见，碰撞声能量变化曲线与正常状况下声音能量曲线有较大差异。

7.2 碰撞声能量影响因素

信号采集距离的不同，所表现出的频率幅值是不同的，如图 6 和图 7 所示，为我们所采集的同一碰撞情况下的原始频谱图形和距离较远时的频谱图形。

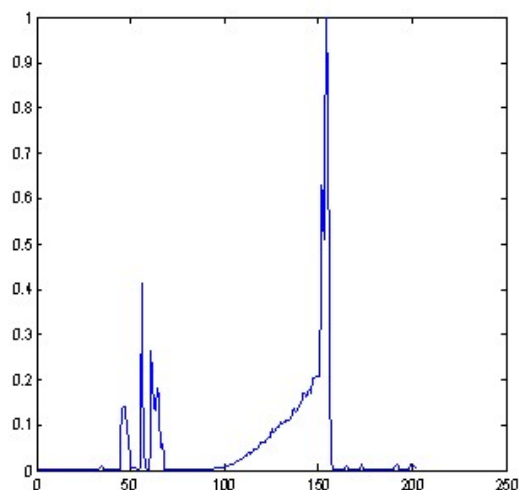


图 5. 碰撞声能量变化曲线图

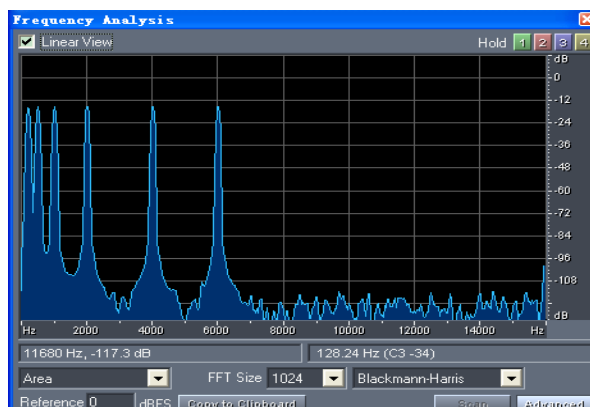


图 6. 原始频谱

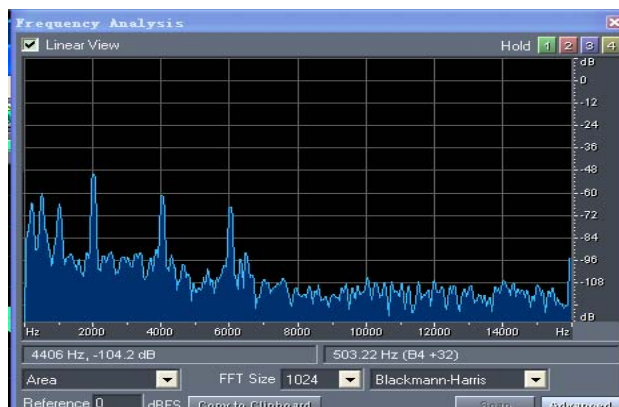


图 7. 远距离采集信号的频谱

由图可见,采集到的信号频率成分主要还是在 200Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 6000Hz 几个点上,其它频率成分也出现,但相对与主成分仍然可以忽略。主要的问题是:不同距离采集的信号,200Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 6000Hz 这几个频率的能量相对比例发生了变化。随着距离的增加,高频和低频部分能量相对中间频率逐渐降低。例如,图 7 中,200Hz 约为-66dB,2000Hz 约为-50dB,相差 16dB, 6000Hz 约为-69dB,相差 19dB。3dB 为一倍,也就是说和 2000Hz 相比,相差 5-6 倍!

距离对声音信号的传播有非常大的影响。其一,距离越远,信号能量越小,噪声干扰的影响会加重;其二,随着距离改变,信号频率成分发生变化,而我们的检测算法主要依据正是碰撞声和非碰撞声的频率成分不一样,因此频率成分的变化是很严重的问题。

另外需要说明的一点是,上面实验(频率与距离的关系)是在我们的实验条件下得到的。当然,随着距离改变,信号频率成分发生变化是肯定的。但不同的条件,其变化程度和形式可能不一样。理论上,在传播过程中,高频衰减得更快,距离越远,高频成分越少,低频成分增加。但我们的实验结果是高低频都减少,中频增加。或许,用高质量的音响设备,可以得到一定的改善。

8 复合法检测碰撞的必要性

使用音频检测方法及时检测汽车碰撞,还是一个待发展和完善的方法,它的发展和完善需要大量的理论数据、硬件和软件的支持,使干扰音频信号减少,检测的精度提高,这样才可以最大程度地降低误判断的几率。而采用传统的汽车碰撞传感器,缺点在于碰撞传感器的信号传输时间较长,在一定程度上影响了其安全保障相应速度。针对目前这两种碰撞检测手段的缺点,我们可以取长补短,在一辆车上同时安装这两个传感器,充分利用各自的优点,可以大大提高碰撞的检测成功率,保障了碰撞信号的准确性。

9 结束语

音频检测技术在汽车上应用还不是很成熟,但是音频检测技术的优越性越来越凸显出来。利用音频检测技术来迅速地检测汽车碰撞的发生,结合 GPS 和 3G 网络传输技术进行报警,在第一时间确定交通事故的发生地点,为汽车乘员的抢救带来了更多的时间,同时对疏导交通和交通事故的处理创造了积极的条件,此技术在交通安全领域的应用可大大提高机动车辆驾乘人员的安全系数,从而降低驾乘人员的车祸伤亡率,具有良好的应用前景。

References

- [1] Chen Qiang, Li Jiang, Wang Shuangwei, Zhao Lihua, Weihong Feng, Du Liping, acoustic models based on AR model of automatic classification [J], Journal of Jilin University (Engineering Science) 2007, No.2
- [2] Chen Qiang, Wang Shuangwei, Li Jiang, Hou Yingzhe, Cheng Yan, Cheng Guoying, auto accident sound detection technology, the First International Conference on Traffic and Transportation Engineering (ICTE), (EI retrieve the source publication)
- [3] Yang Hui, Huang Meiping, car crash testing in the data collection and analysis of the characteristics of the system, the Chinese auto market, 2007.10
- [4] Baifeng Ming, Ma Li, Panyu study, Chen Ling, audio detection technology and developments, Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, 1998.9
- [5] Ankush Mittal, Ankur Jain, Ganesh K. Agarwa. Audio-Video based People Counting and Security Framework for Traffic Crossings. Journal of Signal Processing. 2007.
- [6] Iwao Ohel, Hironao Kawashimaz, Masahiro Kojimal, Yukihiro Kaneko. A Method for Automatic Detection of Traffic Incidents Using Neural Networks. Proc.Vehicle Navigation and Information System Conf. 1995.