

基于音频检测的交通事故自动报警系统研究

凤鹏飞¹, 金会庆^{1,2}

(1. 安徽三联学院, 合肥 230601; 2. 国家车辆驾驶安全工程技术研究中心, 合肥 230601)

摘要:在音频检测技术研究的基础上,设计了交通事故自动报警系统,此系统根据车辆的声强和声谱等特性,通过多特征碰撞声检测算法检测是否发生了碰撞型交通事故。文章对多特征碰撞声检测算法以及碰撞声信号时域的能量分布特征进行了分析,验证了多特征碰撞声检测算法的高精度和可靠性。该研究可为实现交通事故的快速救援、降低事故中因抢救延迟造成的死亡率等提供技术支持。

关键词:交通事故;音频检测;自动报警;特征算法

中图分类号:TP273;U471.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2017)03-0050-05

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2017.03.011

A Research on Automatic Alarm System for Traffic Accidents Based on Audio Detection

FENG Peng-fei¹, JIN Hui-qing^{1,2}

(1. Anhui Sanlian University, Hefei 230601, China; 2. National Center of Engineering and Technology for Vehicle Driving Safety, Hefei 230601, China)

Abstract: Based on the research into audio detection technology, the authors of this paper have designed an automatic alarm system for traffic accidents, which detects whether a traffic accident happens through the analysis of the intensity and spectrum of the sound produced by a vehicle in collision and with the multi-feature collision detection algorithm. In this paper, the multi-feature collision detection algorithm and the characteristics of the time domain energy distribution of the colliding acoustic signal are analyzed and the accuracy and reliability of the multi-feature collision detection method are verified. The study can serve as technical support for the rapid rescue in a traffic accident and the reduction of the mortality caused by delayed rescue during an accident.

Key Words: traffic accident; audio detection; automatic alarm; feature algorithm

0 引言

交通伤害已日益成为威胁人类生命安全的一种世界性公害,但交通事故很多时候可以通过及时报警使伤员得到有效救助。研究表明,

伤员如在交通事故发生后的“铂金时间”(前 10 分钟内)和“黄金时间”(1 个小时内)得到应急救援和基础治疗,理论上至少可以减少交通事故死亡比例的 18%~25%^[1],因此,开发道路

基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAK20B00)

作者简介:凤鹏飞(1979—),男,安徽宿州人,讲师,硕士,主要从事车辆安全检测研究。

重大交通事故检测技术和应急救援系统对降低事故死亡率、伤残率有重要作用。目前在交通事故检测技术中采用的算法比较多, 传统的确定性推理融合算法主要有主观贝叶斯、证据理论、模糊综合决策模型等, 它们是利用交通流参数的变化来推测交通事件的发生, 属于间接检测技术, 而且这些算法或模型依赖于道路条件和历史数据, 因此检测精度不高, 且做不到实时检测。而在研究音频检测中发现, 车辆运行的声信号同车辆数量、车型、重量、行车速度、事故、交通拥挤、交通安全性等有着较为密切的关系。因此, 声信号检测技术在交通领域的应用研究逐渐展开。

1 声信号检测技术在交通领域的应用

声音信号的检测方法有声波法和共振法。其检测原理是: 每种材料的介质都有其固有的弹性模量和共振频率, 在受到激励产生自由振动时, 就会发出固有频率的声音, 通过测定在外力作用下材料振动的声信号参数(共振频率和衰减率)就可以检测材料的内部质量, 如检测球墨铸铁的石墨情况、基体组织和机械性能等^[2-3]。

国外研究人员在利用音频信号进行交通检测方面已经做了一定的研究。2001年美国路易斯安那州立大学通过采集道路十字路口的交通音频信号数据, 计算出交通声音信号的 Mel 频率倒谱系数, 将此系数作为特征值, 设计出了一个神经网络的交通事故分类器^[4]。2003年美国密西西比州立大学研究了基于音频信号检测的十字路口交通事故系统, 利用 Fisher 线性判别分析作分类处理, 同时论证了小波特征的提取方法优于传统的 FFT 算法^[5]。2007年印度理工学院把音频信号处理的模块加入到一个十字路口交通管理系统中, 利用车辆在十字路口的碰撞音频信号来检测发生的交通事故^[6]。

国内对声信号应用于交通的研究要迟于国外5年左右。2005年吉林大学在利用声信号检测高速公路交通流特征参数的研究中, 不仅提出了道路交通流特征参数的检测新方法——车辆声学特征检测法, 而且设计并搭建了实验声学检测方法 & 软件计数器程序^[7]。2010年

中国科学技术大学做了关于道路交通事故自动声信号检测算法的研究, 运用声信号处理条件下的交通事故自动检测算法, 实现了实时监控车辆运行状态, 以及发生碰撞后系统自动向后台发出救援报警信号^[8]。2014年长安大学在基于声音识别的交通信息检测技术研究中, 分析了行驶车辆的音频信号产生机理与信号特征, 并通过声信号的前后对比分析, 确定了声音信号检测交通信息的可行性^[9]。

因此, 声信号交通检测技术既可以作为一种新的独立检测技术为交通管理服务, 亦可作为现有检测系统的备用系统发挥校验作用, 更可以在交通多传感器信息采集系统的融合过程中发挥独特的作用。

2 基于音频检测的自动交通事故报警系统的设计原理

本研究提出了一种基于音频检测的自动交通事故报警系统, 其基本工作流程是: 首先采集车辆运行时的声信号, 其次在对声信号进行预处理(降噪、增强)的基础上分析其声强和声谱等特性, 然后经过一系列算法推导出通过车辆或交通流的特征参数, 由此对车辆行驶过程中的声音进行分类和识别, 从而判断是否有碰撞型交通事故的发生, 实现交通事故预警的功能。

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, 系统立即提取碰撞声并识别, 并发出报警信号。

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。因此, 本系统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、分帧、特征提取、特征降维、特征分类五部分, 如图1所示。其实现步骤如下:

(1) 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。

(2) 特征提取: 对每一帧信号实施某种变换

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。

(3)特征降维:对特征提取后的信号量实现降维。

(4)特征分类:收集正常运行和交通事故时车辆周围的声音信号样本,并训练构造分类器,实现对车辆行驶过程中声音的分类。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。

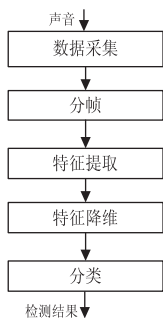


图 1 自动声检测原理框图

所设计的交通事故报警系统是建立在自动声检测算法基础上的,其结构如图 2 所示。数据采集系统实时采集周围的声音信号,使用 DSP 搭建数据处理系统,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,检测是否有交通事故发生。一旦发生,则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^[8]。



图 2 交通事故报警系统结构

3 多特征碰撞声检测算法的设计

在设计交通事故报警系统中最核心的两个环节就是数据采集和数据处理,而这取决于交通碰撞声的算法。以往传统的算法是基于频域、时域和能量的单一特征的提取算法,为了提高对碰撞声的检测精度,本研究提出了一种多特征的碰撞声检测算法,同时采用声信号在时域的能量分布、频域的能量分布和自相关函数(Auto Correlation Function, ACF)作为识别交通事故碰撞声的特征,其简要流程图如图 3 所示。

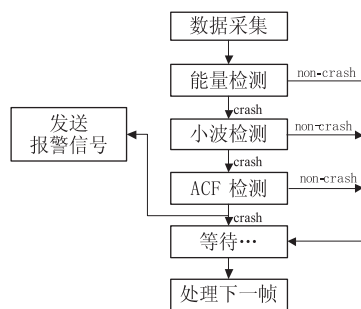


图 3 多特征的碰撞声检测算法简要流程

多特征碰撞声检测算法具体步骤如下。

(1)采集声信号并进行分帧;

(2)时域能量分布检测中(碰壁检测样本如图 4 所示),若满足碰撞的条件则进行小波检测,否则转为处理下一帧;

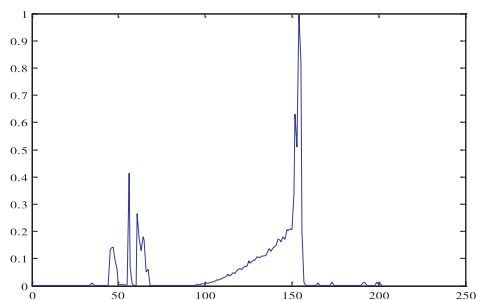


图 4 时域能量碰撞检测样本

(3)基于小波的频域能量分布检测中(检测样本如图 5 所示),若满足碰撞的条件则进行 ACF 检测,否则转为处理下一帧。

碰撞声和其他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域分布不一样,如图 5 所示。对于每一帧声音,我们通过提取小波特征观察其能量分布,并作为分类的依据。

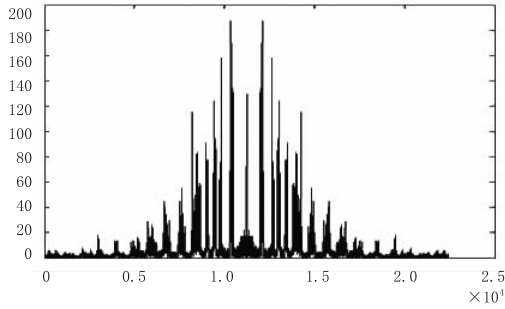
如同傅立叶级数展开把一个信号表示成一系列正弦和余弦函数之和一样,小波分析是把一个信号分解成将原始小波经过移位和缩放之后的一系列小波,其计算公式为

$$\Psi_{a,b} = \frac{1}{a} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right)。$$

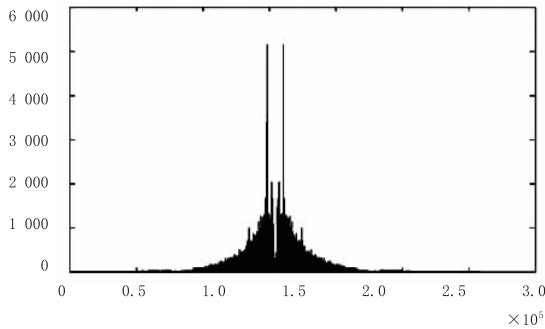
式中 a 表示缩放因子, b 表示位置。连续小波变换(CWT)是指对信号与被缩放和平移的小波函数之积在信号存在的整个期间里求和,结果是许多小波系数 C ,这些系数是缩放因

子(scale)和位置(position)的函数:

$$C(\text{scale}, \text{position}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi(\text{scale}, \text{position}) dt。$$



(a) 力帆汽车 60 km/h 行驶噪音的频谱(非碰撞声)



(b) 力帆汽车 60 km/h 正面碰撞时的频谱(碰撞声)

图5 碰撞与非碰撞声的频谱

(4) 基于自相关系数(ACF)的特征检测中(检测样本如图6所示),若满足碰撞的条件则发送报警信号,否则转为处理下一帧。

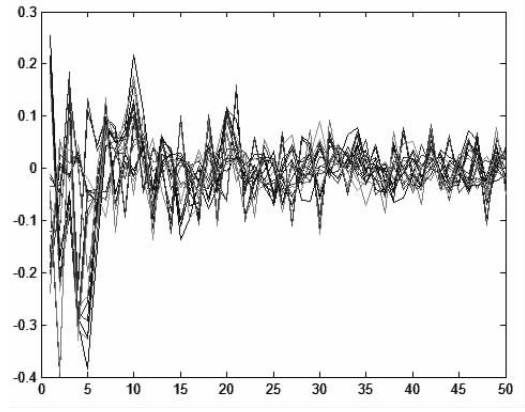
自相关函数描述的是随机信号一个时刻与另一个时刻的依赖关系,即研究 t 时刻与 $t+t'$ 时刻两个随机变量的相关性。相关函数定义如下:

$$R(k) = \frac{E[(X_i - \mu_i)(X_{i+k} - \mu_{i+k})]}{\sigma^2}。$$

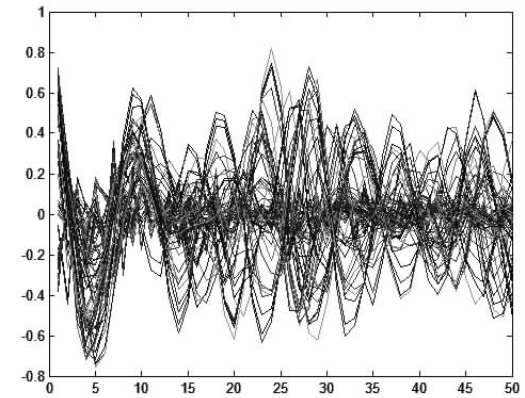
上式中 X_i 和 X_{i+k} 为 i 时刻声音信号序列及其延时 k 时刻后的声音信号序列, μ_i, μ_{i+k} 是它们的均值, σ 为标准差。正常环境中的语音和音乐等信号,大部分具有很强的规律性(如周期性),因此其自相关性比较强;噪声信号自相关性接近于 0;碰撞声信号在碰撞声持续的短时间内,类似于噪声信号,自相关性也非常小。

(5) 等待数据采集直至下一帧数据采集满,然后进行下一帧数据的处理。

时域的能量分布、频域的能量分布和 ACF



(a) 碰撞声 ACF 样本



(b) 非碰撞声 ACF 样本

图6 碰撞与非碰撞声 ACF 样本系数

都是独立的碰撞声识别的有效特征,将这些特征进行组合,可以提高分类精度。但是每种特征的检测计算代价不一样,ACF 计算代价最高,基于小波的频域能量分布检测计算代价其次,时域的能量分布检测计算代价最小^[8]。因此按照本算法的流程,先处理计算代价小的特征,以便将计算量控制到最小。

4 时域的能量分布特征分析

按照检测计算代价最低的原则,时域的能量分布检测是第一步,因此对声信号的能量特征进行分析很有必要。通过研究一定量的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 s,在碰撞声前后,声音的能量一般都较小,因此从时

域上看,碰撞声能量曲线是一个陡峭的波峰。

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。因此把能量值 E 和能量变化值 ΔE 作为碰撞声判别特征,其中 ΔE 定义为

$$\Delta E = \frac{E_c}{E_f + E_b} \circ$$

式中 E_c 为碰撞峰值能量, E_f 为碰撞前 t 秒平均能量, E_b 为碰撞后 t 秒平均能量。符合碰撞声的条件为

$$\begin{cases} E > T_1 \\ \Delta E > T_2 \end{cases} \circ$$

上式中 T_1 为所有样本能量的均值减去 2 倍标准差, T_2 为所有样本能量变化的均值减去 2 倍标准差。

5 结语

应用多特性碰撞声检测算法设计的基于音频检测的交通事故自动报警系统可以准确、快速地实现交通事故的自定检测。如果将此系统与 GPS 和 4G 网络技术结合,便可获取交通事故发生的位置、时间等信息,这对提高交通事故的检测率、降低交通事故死亡率和伤残率有着重要意义。

参考文献:

- [1] 金会庆. 道路交通事故防治工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 88.

(上接第 49 页)

- [10] Manfrin M, Birattari M, Stutzle T, et al. Parallel ant colony optimization for the traveling salesman problem[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006(4150): 224 - 234.
- [11] 蔡荣英, 王李进, 吴超, 等. 一种求解旅行商问题的迭代改进蚁群优化算法[J]. 山东大学学报: 工学版, 2012, 42(1): 6 - 11.
- [12] 宋世杰, 刘高峰, 周忠友, 等. 基于改进蚁

- [2] 梁民, 叶剑民. 声音信号质量评价技术[J]. 数字技术与应用, 2011(6): 139 - 144.
- [3] 倪其育. 音频技术教程[M]. 2 版. 北京: 国防工业出版社, 2011: 1.
- [4] Li D, Sethi I K, Dimitrova N, et al. Classification of general audio data for content-based retrieval [J]. Pattern Recognition Letters, 2001, 22(5): 533 - 544.
- [5] Devasena C L, Latha M H. Automatic classification of audio data using gradient descent neural network based algorithm[J]. Journal of Theoretical & Applied Information Technology, 2014(1): 562 - 567.
- [6] Chang B R, Tsai H F, Young C P. Intelligent data fusion system for predicting vehicle collision warning using vision/GPS sensing[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(3): 2439 - 2450.
- [7] 陈强. 高速公路交通流特征参数被动声学检测技术研究[D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [8] 戴硕. 基于声信号处理的交通事故自动检测方法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2010.
- [9] 李云焕. 基于声音识别的交通信息检测技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.

(责任编辑: 李秀荣)

群算法求解最短路径和 TSP 问题[J]. 计算机技术与发展, 2010(4): 144 - 147.

- [13] 郭崇慧, 谷超, 江贺. 求解旅行商问题的一种改进粒子群算法[J]. 运筹与管理, 2010, 19(5): 20 - 26.
- [14] 沈继红, 王侃. 求解旅行商问题的混合粒子群优化算法[J]. 智能系统学报, 2012, 7(2): 174 - 182.

(责任编辑: 夏玉玲)