

固定靶场枪声信号检测和识别

张 文, 赵 云, 马丽娜, 刘继恒, 陈 雯, 蒋小为

(国防科技大学气象海洋学院, 湖南长沙 410073)

Fixed range gunshot signal detection and classification

ZHANG Wen, ZHAO Yun, MA Li-na, LIU Ji-heng, CHEN Wen, JIANG Xiao-wei

(College of Meteorology and Oceanography, National University of Defense Technology, Changsha 410073, Hunan, China)

0 引 言

枪声探测计数一般用于靶场子弹管控。弹药安全管控一直是国家安全的一项重要任务,在军事靶场进行射击训练或民间靶场进行射击游戏时,防止射击人员私自截留子弹弹药是非常重要的。在射击现场,如何在复杂环境下准确统计已经发射的子弹数目,以判断是否所有子弹已经发射,还是存在没有发射被私自保留的子弹,是迫切需要解决的安全大问题。

射击时子弹被击发过程中,子弹的火药爆炸,高温、高速、高压气流将弹头推出枪口时形成膛口激波。膛口激波携带的信息常用来进行枪声的检测和定位识别等研究。本文的实验中采集的就是某型自动步枪射击时发出的膛口激波。在已有理论和实验研究成果的基础上,首先通过低通滤波和谱减法等降噪流程有效的对枪声信号进行预处理^[1]。在文献[1]的基础上,本文继续研究了一种枪声探测计数方法,主要依据枪声击发瞬间声压由负压迅速变化到正压的强脉冲特性,首先对其滤波等预处理,其次分帧、求短时幅度并微分,最后依据上升沿进行枪声计数判断。

进一步的,通过对不同的某型自动步枪射击时采集到的声波进行分析,得知相同的步枪的枪声信号相似度特别高,不同的步枪的枪声信号有差异。本文试图利用这一差异,对探测到的枪声信号进行分类识别。

1 枪声信号检测

为了克服打靶环境下枪声密集难以精确分帧和计数,环境噪声复杂,以及传统声探测计数系统

缺乏对非稳态信号的适用性等不足,本文提供一种基于短时幅度上升沿判决的枪声检测计数方法,主要依据枪声击发瞬间声压由较低负压迅速变化到峰值的强脉冲特性,对其微分后根据上升沿进行判断。该方法不仅具有原理简单明了,计算速度快,以及对较强声源远近距离的限制较小等优点,而且能够很好的抑制周边回声及较强环境噪声对计数结果的影响。具体的操作流程如图 1 所示。

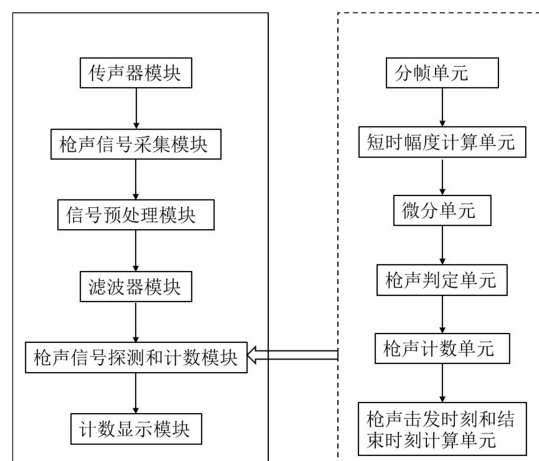


图 1 枪声信号检测流程图

Fig.1 The illustration of gunshot signal detection

我们对图 2 所示的一次打靶进行枪声信号检测。采集环境如下: 20 位射击者, 每人 10 发子弹, 同时连续射击, 一共击发的枪声数为 200 发。20 位射击者站成一排, 他们离传声器探测系统的距离有远有近, 最强枪声信号和最弱枪声信号在声压级上相差 20dB 以上。图 2 为采集到的所有枪声信号的波形, 横轴为时间, 纵轴为幅值。这组信号除了包含 200 发枪声以外, 还包含有人的说话声和烟花爆炸声等噪声干扰信号。图 3 为图 2 中的某一枪声的声信号在时间轴上的放大, 枪声击发时会形成一个负压, 然后再形成一个较大的正压, 后面还混有回声信号。可以看出, 图 2 中的信号非常密集。最密集的两击发时刻间隔为 17ms。根据图 1 所示的枪声探测流程来分析, 结果是: 对于本实例, 对图 2 所

收稿日期: 2018-06-30; 修回日期: 2018-08-10

基金项目: 国防科技大学科研计划项目(JC14-07-03, ZK16-03-56)

作者简介: 张文(1980—), 女, 研究方向为声学信号处理。

通讯作者: 张文, E-mail: zhangwen06@nudt.edu.cn

示的密集枪声信号进行探测计数的准确率可以达到 100%。

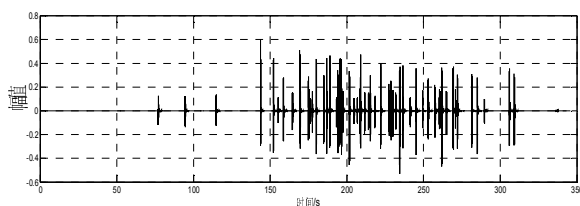


图2 枪声信号波形图
Fig.2 Gunshot signal wave

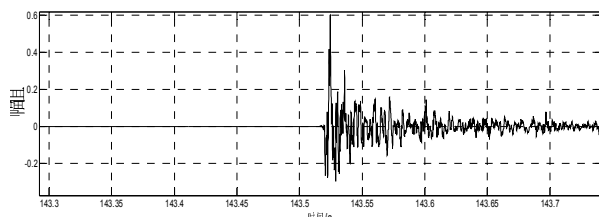
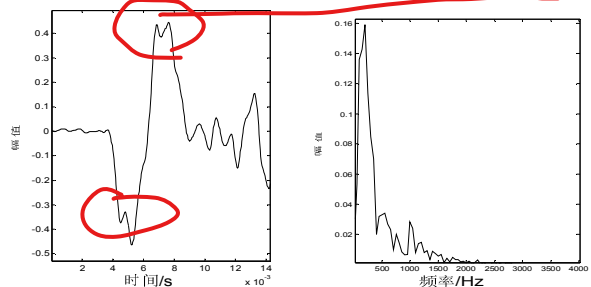


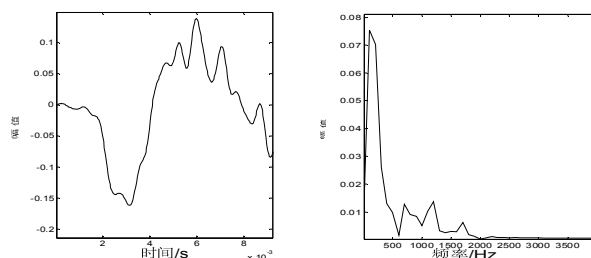
图3 枪声信号的时域波形图
Fig.3 The oscillogram of gun-shot in time domain

2 枪声信号识别

通过对不同的某型自动步枪射击时采集到的声波进行分析,得知相同的步枪的枪声信号相似度特别高,不同的步枪的枪声信号有差异。本节利用这一差异,对探测到的枪声信号进行分类识别。



(a) 某枪1 枪声信号的时域波形图 (b) 某枪1 枪声信号的频谱图



(c) 某枪2 枪声信号的时域波形图 (d) 某枪2 枪声信号的频谱图

图4 两个不同步枪的枪声信号时频域图

Fig.4 The time and frequency figure of two different gun-shot signals

对枪声信号进行预处理后,即使是弱枪声信号,其时域波形和枪声频谱相对于噪声有了明显的辨识度,可以较为容易的提取信号特征。同时,在图 4(a)、(b)、(c)、(d)四个图中,两段枪声信号

能量有差别,波形有差异,其频谱波形具有相似性和差异性。因此,可以考虑对所有枪声信号进行特征提取,从而实现枪声信号的分类识别。

将探测到的枪声信号提取出来,不同的枪对应的枪声信号作为识别目标,80%的信号作为训练信号,20%的信号作为测试信号。特征提取采用的是 MFCC^[4]方法。识别流程主要有:载入枪声信号库,对信号库的枪声信号提取特征参数,选择待识别的枪声信号进行对比识别,最后输出识别结果。图 5 是本文设计的靶场枪声信号识别初步系统,能对不同枪支信号进行分类识别,图中展示了对枪 1 的枪声信号的正确识别结果。可见,对不同的步枪的枪声信号进行识别是可行的。

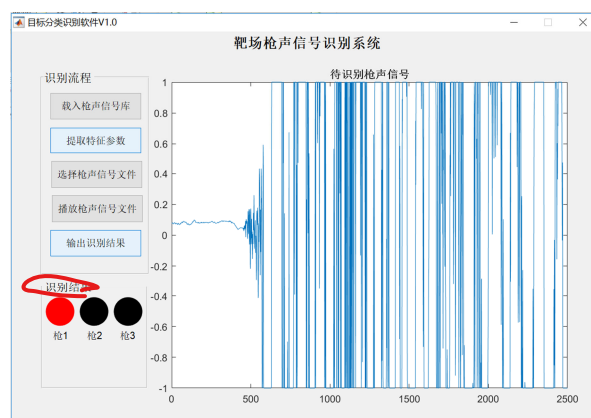


图5 靶场枪声信号识别系统
Fig.5 Fixed range gunshot signal classification system

3 结 论

本文实验采集了某型自动步枪的语音信号,对枪声信号进行了探测和识别。基于短时幅度上升沿判决的枪声检测计数方法,对于固定靶场的枪声信号的检测率可以达到 100%。进一步的,初步设计了靶场枪声信号识别系统,对不同的步枪的枪声信号进行了准确识别。

参 考 文 献

- [1] 蒋小为,朱晓龙,张文. 枪声信号分析与预处理[C]. 中国声学学会第十一届青年学术会议, 2015.10.15-17, 中国西安.
- [2] 张文,朱晓龙,赵云,王一博,韩开锋,田章福,高东宝,周泽民,蒋小为,李超. 一种枪声探测计数方法及系统[P]. 国家发明专利, 专利号: 201510740608.2.
- [3] 刘衍琦,詹福宇,蒋献文,周华英. MATLAB 计算机视觉与深度学习实战[M]. 中国工信出版集团, 电子工业出版社, 中国北京, 2017. 06, pp: 227-240.
- [4] M. J. Hewitt, R. Meddis, "Implementation details of a computation model of the inner hair-cell/auditory-nerve synapse," Journal of the Acoustical Society of America, vol.87, no.4, p. 1813-1816, April 1990.