

doi: 10.7690/bgzdh.2015.06.022

基于 TMS320VC5509A 的机载语音降噪系统

赵盼, 陈建行, 杨来涛

(中国洛阳电子装备试验中心, 河南 济源 459000)

摘要: 针对机载强噪声环境下的语音通信, 研究并设计基于 TMS320VC5509A 芯片的语音降噪实时处理系统。对主流语音降噪算法进行研究, 采用基于短时谱幅值的频域增强典型算法——谱减法, 对带噪语音进行降噪。实验结果表明: 该系统具备良好的实时处理能力, 在机载强噪声环境下, 对带早语音的综合降噪效果较为明显。

关键词: 强噪声环境; 语音降噪; 谱减法; DSP; CCS

中图分类号: TP203 **文献标志码:** A

Voice-Based Airborne TMS320VC5509A Noise Reduction System

Zhao Pan, Chen Jianxing, Yang Laitao

(China Luoyang Electronic Equipment Testing Center, Jiyuan 459000, China)

Abstract: Aiming at the voice communications in airborne noise environment, research and design real time noise reduction system based on TMS320VC5509A chip. Research on main stream noise reduction system, adopt based on short-time spectral amplitude enhancement typical frequency domain algorithm-spectral subtraction noise reduction for noisy speech. Experiments show that the system has good real-time processing capabilities, strong noise in the airborne environment, you can obtain satisfactory speech noise reduction.

Keywords: strong noise environment; voice noise reduction; spectral subtraction; DSP; CCS

0 引言

目前在机载试验站语音调度系统中, 大多采用头戴式耳机话筒组进行语音调度通信, 其语音信号频率范围宽, 背景噪声种类多而复杂, 其中主要包括发动机内部噪声、机舱外部的气流紊流声、无线语音通信系统的电磁干扰声和飞机的螺旋桨旋转噪声。随着噪声强度的增加, 语音信号会逐渐失真, 甚至完全被噪声所淹没, 无法识别, 严重影响了试验任务的顺利进行。

基于 DSP 芯片的语音降噪技术是一种降低机载语音通信系统噪声, 增强语音通信质量的有效方法。通过对带噪语音信号进行处理, 降低噪声, 提高并增强语音信号质量, 使人耳易于接受, 从而达到增强语音通信系统性能的目的。笔者针对机载试验站噪声环境, 对主流的语音降噪算法进行研究, 并搭建基于 TMS320VC5509A 的 DSP 硬件处理平台, 对算法进行移植。

1 语音降噪算法

根据语音和噪声的基本特点, 存在多种不同的语音降噪算法。其中带噪语音信号的降噪处理是语音信号处理的重点。根据语音信号的短时平稳特性和人耳对语音信号相位的不敏感性^[1], 基于信号短

时谱幅值的频域增强方法得到了广泛的应用, 谱减法及其改进形式就是这类方法的典型代表算法。

谱减法是將短时带噪语音谱与一个估计的噪声谱相减来达到降低稳态噪声的目的, 适用于受到加性噪声干扰的语音信号。

根据语音信号的短时平稳性, 可认为信号在短时谱幅度估计中是平稳随机信号。笔者用 $s(m)$ 、 $n(m)$ 和 $y(m)$ 分别代表原始语音信号、噪声信号和带噪语音信号。其中噪声 $n(m)$ 与语音 $s(m)$ 不相关, 且为加性噪声, 可得到语音信号的数学模型

$$y(m) = s(m) + n(m) \quad (1)$$

经过加窗处理后, 信号可分别表示为 $y_w(m)$ 、 $s_w(m)$ 、 $n_w(m)$, 有

$$y_w(m) = s_w(m) + n_w(m) \quad (2)$$

对上式两端进行傅里叶变换, 得到

$$Y_w(\omega) = S_w(\omega) + N_w(\omega) \quad (3)$$

对功率谱有

$$|Y_w(\omega)|^2 = |S_w(\omega)|^2 + |N_w(\omega)|^2 + S_w(\omega)N_w^*(\omega) + S_w^*(\omega)N_w(\omega) \quad (4)$$

其中: $N_w^*(\omega)$ 和 $S_w^*(\omega)$ 分别表示 $N_w(\omega)$ 和 $S_w(\omega)$ 的复共轭; $|S_w(\omega)|^2$ 表示语音短时功率谱^[2], 分别以

收稿日期: 2015-03-11; 修回日期: 2015-04-17

作者简介: 赵盼(1984—), 男, 河南人, 本科, 工程师, 从事通信、电子对抗研究。

各自的统计平均值来估计 $|N_w(\omega)|^2$ 、 $S_w(\omega)N_w^*(\omega)$ 、 $S_w^*(\omega)N_w(\omega)$ ，由于 $s(m)$ 和 $n(m)$ 独立，则相互的统计均值为 0。对于 1 个帧内的平稳过程，则有对原始信号的短时谱估计值为

$$|\hat{S}_w(\omega)|^2 = |Y_w(\omega)|^2 - \lambda_n(\omega) \quad (5)$$

其中 $\lambda_n(\omega)$ 为无语音时 $|N_w(\omega)|^2$ 的统计平均值，从而得到增强后的语音信号估计值为

$$\hat{s}(m) = \text{IFFT}[\hat{s}_w(\omega)e^{j\varphi(\omega)}] \quad (6)$$

式中 $\varphi(\omega)$ 是带噪语音信号的相位。如上分析，利用人耳对语音信号相位的不敏感性，在式 (6) 中可以利用带噪语音的相位转化为时域信号，得到处理后的语音信号，从而完成整个语音信号的降噪过程。

如上分析，谱减法的基本算法流程如图 1。

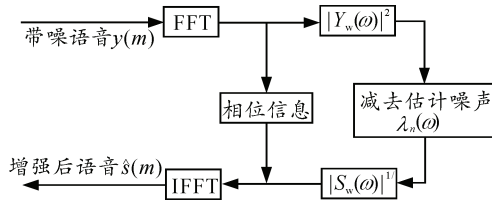


图 1 谱减法的算法流程

由于谱减法是利用无声期噪声的统计平均方差来替代当前分析帧各频点的频率分量，并且噪声频谱具有高斯分布特性^[3]，相减时，若该帧某频率点噪声分量较大，就会有一部分残留，在频谱上以随机的尖峰出现，形成“音乐噪声”。因此在实际应用当中，更多地采用谱减法的改进形式。

改进的谱减法公式如下：

$$|\hat{S}_w(\omega)|^\alpha = |Y_w(\omega)|^\alpha - \lambda_n^\beta(\omega) \quad (7)$$

加入 α 、 β 2 个参数是为增强算法灵活性，若 $\alpha=2$ 、 $\beta=1$ 时，则上式即为基本谱减法。经过实际的算法改进实验可以证实，调节 α 、 β 2 个参数为适当值，可以明显改善“音乐噪声”，达到更好的降噪效果^[4]。所以在实际应用中，更多地是使用谱减法的改进形式。

2 系统硬件结构

文中研究设计的语音降噪系统主要包括语音采集、数据通信和 DSP 数据处理 3 个模块。

系统的硬件结构框图如图 2 所示。

系统采用明伟公司的 TMS320VC5509A 芯片进行语音信号处理和算法实现。采用 12 MHz 晶振为 DSP 提供时钟，语音采集模块选用 TLV320AIC23 语音解码芯片对信号进行采集并在降噪处理后对语

音进行回放。供电模块采用 TPS73HD301 来提供 DSP 芯片所需的 1.6 V 内核电压和 3.3 V 的 I/O 电压。DSP 通过串口或 USB 口与计算机进行通信，实现对应功能；SDRAM 和 FLASH 完成数据和程序的存储功能。

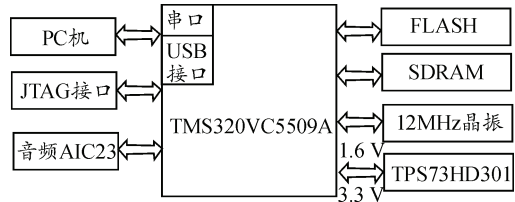


图 2 系统硬件结构框图

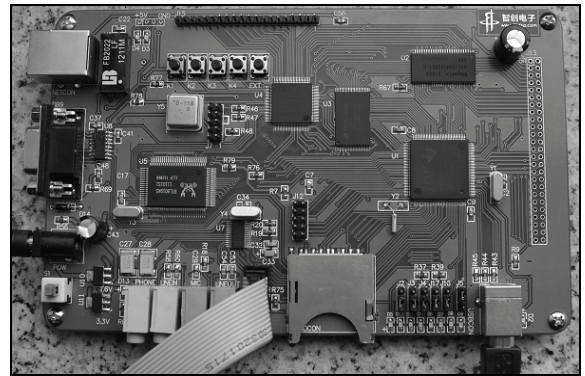


图 3 系统硬件实物

3 软件设计和算法实现

文中的软件开发部分主要分为软件操作界面开发和 DSP 语音降噪算法实现。软件操作界面基于 LabVIEW 环境开发，算法实现部分是在 DSP 的实时软件 (code composer studio, CCS)^[6]上完成。

3.1 软件设计

操作控制界面用来对语音降噪算法处理进行实时控制。在控制界面当中，可以选择不同的噪声类型和降噪算法，还可以直观地看到降噪后的波形效果图。DSP 硬件平台与计算机通过串口进行通信，用来实现数据的交互。软件界面如图 4 所示。图 4、图 5 中分别显示了混合有航空背景噪声的信号波形和降噪处理过后的信号波形，图 5 中灰色边沿为对带噪语音信号减去的部分。

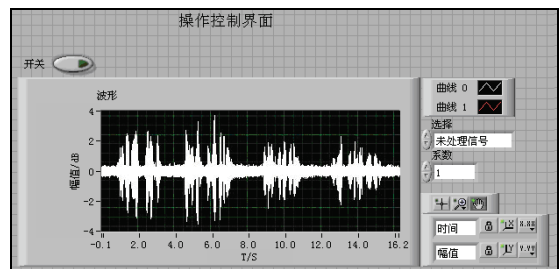


图 4 显示带噪语音波形

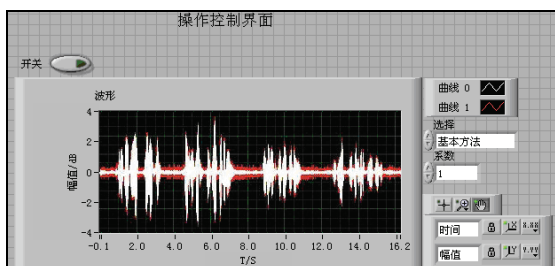


图5 显示降噪后的语音波形

3.2 降噪算法的实现

笔者将谱减法的改进算法移植到 DSP 硬件处理平台上执行,在 CCS 环境下编写了基于谱减法改进算法的噪声分离程序并进行了验证^[7]。在 CCS 环境下,笔者截取语音数据图形的一部分,原始的纯净语音如图 6 所示。

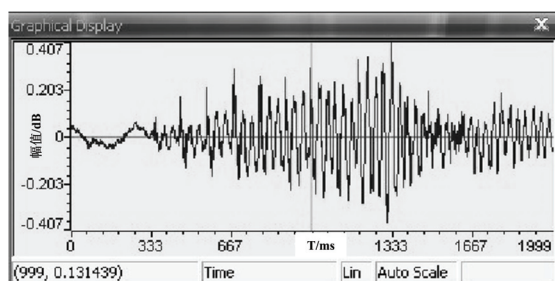


图6 纯净语音波形

文中所选取的原始带噪语音信号为机载航空背景噪声,笔者将所采集的噪声信号作为虚拟噪声通道引入到算法中,并扩展成二维的观测向量。使用 CCS 的 File I/O 功能把混有噪声的观测向量发送至 DSP 硬件处理平台。混合后的语音信号数据如图 7 所示。

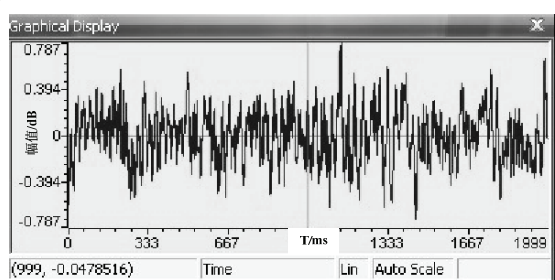


图7 混合航空背景噪声的信号波形

在 DSP 硬件处理平台上执行谱减法改进算法分离程序,将语音信号从混有机载航空背景噪声的信号源中分离出来,得到的数据如图 8 所示。通过

与图 6 的纯净语音信号波形相比较可以看出,采用谱减法的改进算法可以明显的降低噪声,将语音信号分离出来。

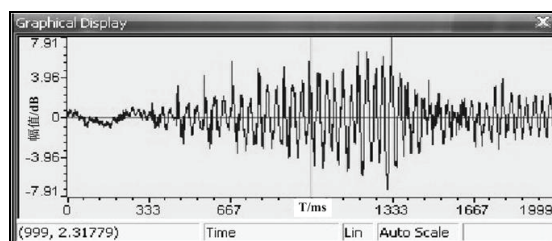


图8 航空背景噪声下分离出的语音信号波形

4 结论

实验结果证明:应用谱减法的改进算法设计的机载语音降噪系统能明显地降低噪声,语音信号被分离后能够保持较高的可懂度。利用 TMS320VC5509A 芯片来实现改进的谱减法算法,可以使系统具备良好的实时处理能力,在机载噪声环境下的综合降噪效果比较令人满意。

参考文献:

- [1] 杨行峻,迟惠生. 语音信号数字处理[M]. 北京:电子工业出版社,1995:389-410.
- [2] 赵力. 语音信号处理[M]. 北京:机械工业出版社,2003:10-50.
- [3] 金学骥. 语音增强算法的研究与实现[M]. 杭州:浙江大学,2005:38-41.
- [4] 易克初,田斌,付强. 语音信号处理[M]. 北京:国防工业出版社,2000:11-50.
- [5] Fant G C M. Acoustic Theory of Speech Production[J]. The Hague(The Netherlands): Mouton and Co, 1960: 1-2.
- [6] 彭启琮,张诗雅,常冉,等. Texas Instruments incorporated. TI DSP(CCS)集成化开发环境使用手册[S]. 北京:清华大学出版社,2005:45-48.
- [7] 孟庆华,侯舟波,孙晓红. 基于数学形态学的汽车轮毂单元振动信号消噪算法研究[J]. 机电工程,2013,30(4):411-416.
- [8] 丁玉美,阔永红,高新波. 数字信号处理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002:173-177.
- [9] 黄斌,曾庆宁. 语音增强研究[J]. 大众科技,2008,15(10):22-26.
- [10] Boll S F. Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction[J]. IEEE Transactions On Acoustics, Speech and Signal Processing, 1979, 27(3): 113-120.