

·信号与信息处理·

应用 MATLAB 分析语音信号

冯彦君, 靳 鸿, 章晓眉

(中北大学 电子测试技术重点实验室, 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

摘 要: 语音信号处理是语音学与数字信号处理技术相结合的交叉学科。将语音当做一种特殊的信号, 即一种“复杂向量”来看待。通过调用处理数字信号工具 MATLAB 里的命令函数, 利用数字信号处理的知识来解决问题。像给一般信号做频谱分析一样, 也分析了语音信号的频谱, 即利用设计的多种数字滤波器, 比如: FIR 低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和 IIR 带阻滤波器对语音进行滤波处理和分析, 并与原信号进行比较, 最后得出结论。

关键词: 语音信号; MATLAB; 滤波

中图分类号: TN912.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)03-0057-04

Analysis of Speech Signals Using MATLAB

FENG Yan-jun, JIN Hong, ZhANG Xiao-mei

(National Defense Key Laboratory of Electronic Measurement Technology, Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The speech signal processing is the cross-discipline which combines the voice science with the digital signal processing technology. The voice is taken as a special signal, i.e. a complex vector. By using the command functions in the digital signal processing tool—MATLAB, the digital signal processing can solve many problems. The spectrum of voice signals are analyzed, which is the same as the spectrum analysis of common signals. A variety of digital filters (FIR low-pass filters, high pass filters, band-pass filter and IIR band stop filter) are used to filter and analyze the voice, and the voice signals are compared with the original signal. Finally, the conclusion is drawn.

Key words: speech signal; MATLAB; filter

数字语音是信号的一种, 处理数字语音信号, 也就是对一种信号的处理。文中通过 FIR 和 IIR 滤波器, 对语音进行分析和处理, 并从时域和频域的角度对语音信号进行处理和分析, 通过分析频谱来设计出信号分析合适的滤波器。当然, 这些过程的实现都是在 MATLAB 软件上进行的, 故而 MATLAB 软件在数字信号处理上发挥了很大的优势。

data 命令来读入采集的语音信号, 将它赋值给向量 y 。再将该向量 y 看做一个普通的信号, 对其进行 FFT 变换实现频谱分析, 再依据实际情况对它进行滤波。对于波形图与频谱图(包括滤波前后的对比图)都可以用 MATLAB 画出。同时还可以通过 sound 命令来对语音信号进行回放, 以便在听觉上感受声音的变化。

1 设计方案

文中利用 MATLAB 中的 file 菜单中的 Import

2 具体设计

2.1 语音的录入与打开

利用 MATLAB 中的 file 菜单中 Import data 命令

收稿日期: 2011-04-23

基金项目: 国家部委预研项目(D0920060319)

作者简介: 冯彦君(1984-), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 研究方向为动态测试与智能仪器。

读入采集的语音信号,采样值放在向量 y 中, f_s 表示采样频率(Hz)。 $\text{sound}(data, f_s)$ 用于表示对声音的回放。向量 y 则代表了一个信号(也即一个复杂的“函数表达式”),也就是说可以像处理一个信号表达式一样处理这个声音信号^[1]。函数 $\text{abs}(x)$ 用于计算复向量 x 的幅值^[2]。图1、图2分别表示原始语音信号采样前后的频谱。

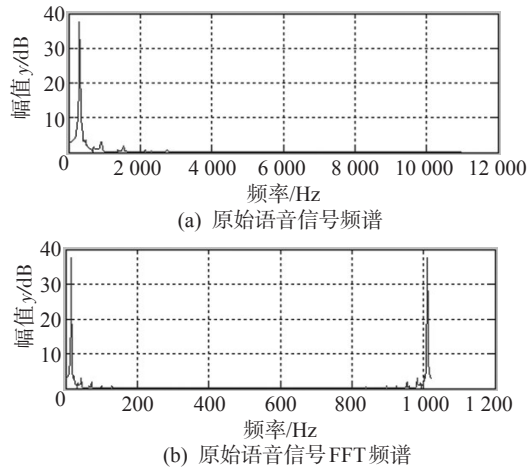


图1 原始信号

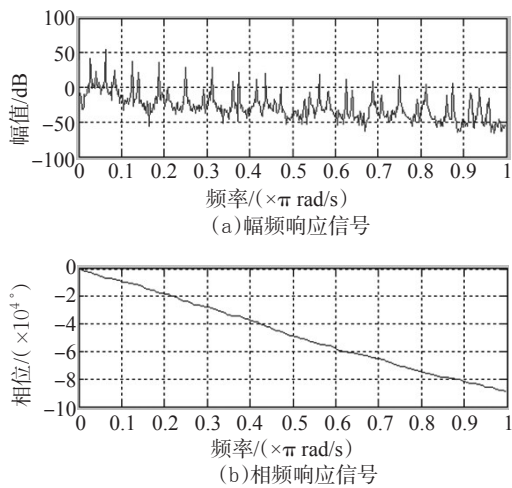


图2 原始信号采样后分析

2.2 滤波器设计相关原理

设计数字滤波器的任务就是寻求一个因果稳定的线性时不变系统,并使系统函数 $H(z)$ 具有指定的频率特性^[3]。数字滤波器从实现的网络结构或者从单位冲激响应分类,可以分成无限长单位冲激响应(IIR)数字滤波器和有限长单位冲激响应(FIR)数字滤波器。数字滤波器频率响应的3个参数分别是:幅度平方响应、相位响应和群时延响应^[4]。

文中利用MATLAB软件设计FIR低通滤波器频率 $f_s=10\ 000$ 。 $R_p=1$; $R_s=100$; $w_{\text{delta}}=w_s-w_p$; $w_p=2 \times \pi \times 1\ 000/f_s$; $w_s=2 \times \pi \times 1\ 200/f_s$; 调用函数 $N=\text{ceil}(8 \times \pi/w_{\text{delta}})$; $w_n=(w_p+w_s)/2$; 完成设计。

FIR高通滤波器设计频率 $f_s=22\ 050$; $w_p=2 \times \pi \times 5\ 000/f_s$; $w_s=2 \times \pi \times 4\ 800/f_s$; $R_p=1$; $R_s=100$; $w_{\text{delta}}=w_p-w_s$; 调用函数 $N=\text{ceil}(8 \times \pi/w_{\text{delta}})$; $w_n=(w_p+w_s)/2$; 完成设计。

FIR带通滤波器设计频率 $f_s=22\ 050$; $w_{p1}=2 \times \pi \times 1\ 200/f_s$; $w_{p2}=2 \times \pi \times 3\ 000/f_s$; $w_{s1}=2 \times \pi \times 1\ 000/f_s$; $w_{s2}=2 \times \pi \times 3\ 200/f_s$; $R_p=1$; $R_s=100$; $w_p=(w_{p1}+w_{p2})/2$; $w_s=(w_{s1}+w_{s2})/2$; $w_{\text{delta}}=w_{p1}-w_{s1}$; $N=\text{ceil}(8 \times \pi/w_{\text{delta}})$; $w_n=[w_p\ w_s]$; 调用函数 $[b, a]=\text{fir1}(N, w_n/\pi, 'bandpass')$; 完成设计。

IIR带阻滤波器设计频率 $f_s=22\ 050$; $[z, p, k]=\text{buttap}(3)$; $[b, a]=\text{zp2tf}(z, p, k)$; 调用函数 $[bt, at]=\text{lp2bs}(b, a, f_s \times 2 \times \pi, 2\ 000 \times 2 \times \pi)$; $[h1, w1]=\text{freqs}(b, a)$; $[hh, wh]=\text{freqs}(bt, at)$; 完成设计。

其中,对于不同类型的滤波器参数 w_p 和 w_s 有一些限制:对于低通滤波器 $w_p < w_s$;对于高通滤波器, $w_p > w_s$;对于带通滤波器, w_p 和 w_s 分别为具有2个元素的矢量, $w_p=[w_{p1}, w_{p2}]$ 和 $w_s=[w_{s1}, w_{s2}]$,并且 $w_{s1} < w_{p1} < w_{p2} < w_{s2}$;对于带阻滤波器 $w_{p1} < w_{s1} < w_{s2} < w_{p2}$ ^[5]。文中设计符合此规定。

2.2.1 设计FIR低通滤波器

用MATLAB画出此语音信号在FIR低通滤波器滤波前、后的时域波形和在FIR低通滤波器滤波前后的频谱。其中图3表示设计的FIR低通滤波器,此低通滤波器性能指标为: $f_b=1\ 000$ Hz, $f_c=1\ 200$ Hz, $R_s=100$ dB, $R_p=1$ dB。图4表示语音信号

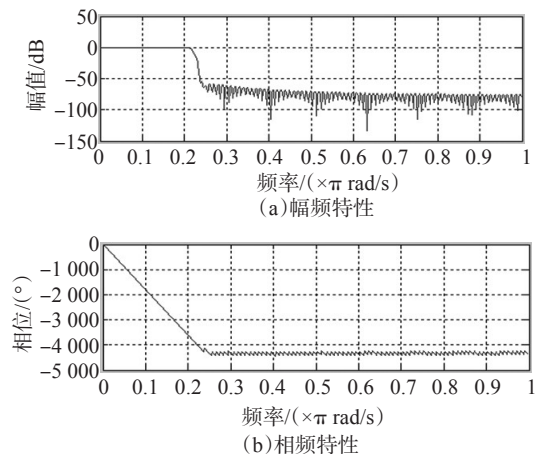


图3 设计的FIR低通滤波器

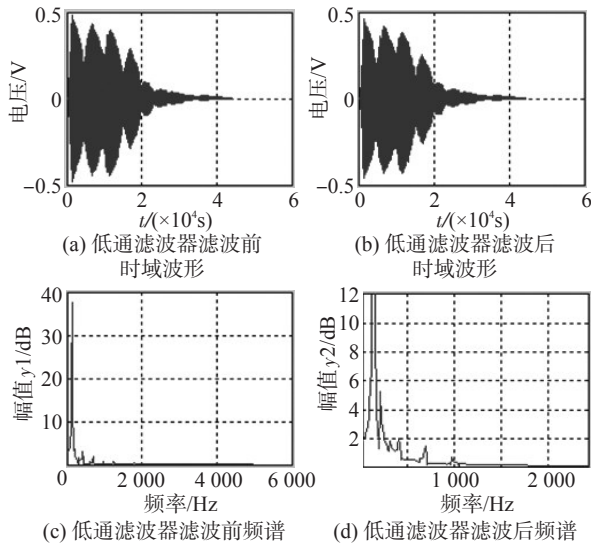


图4 信号经过FIR低通滤波器前后对照

经过FIR低通滤波器前后的频谱。

分析:设计中最大衰减 $R_p=1\text{ dB}=0.89$ 时, $f_b=1\text{ 000 Hz}$,由图4可看出基本上符合。而最小衰减为 $R_s=100\text{ dB}=0.000\text{ 05}$ 时 $f_c=1\text{ 200 Hz}$ 也符合。由于采取的采样点数比较大,滤波前后的频谱比较相近,但仔细看图4中还是滤掉了高频部分,只留下了想要的低频部分。

2.2.2 设计FIR高通滤波器

图5表示设计的FIR高通滤波器,此高通滤波器性能指标为: $f_s=4\text{ 800 Hz}$, $f_b=5\text{ 000 Hz}$, $R_s=100\text{ dB}$, $R_p=1\text{ dB}$ 。图6表示语音信号经过FIR高通滤波器前后的频谱。

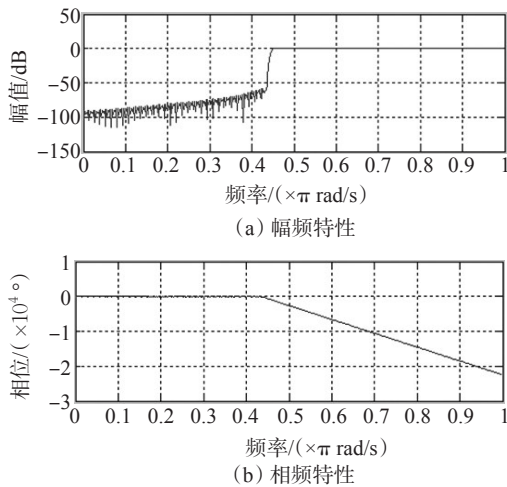


图5 设计的FIR高通滤波器

分析:设计中最大衰减 $R_p=1\text{ dB}=0.89$ 时, $f_b=5\text{ 000 Hz}$,由图6可看出基本上符合。而最小衰减为

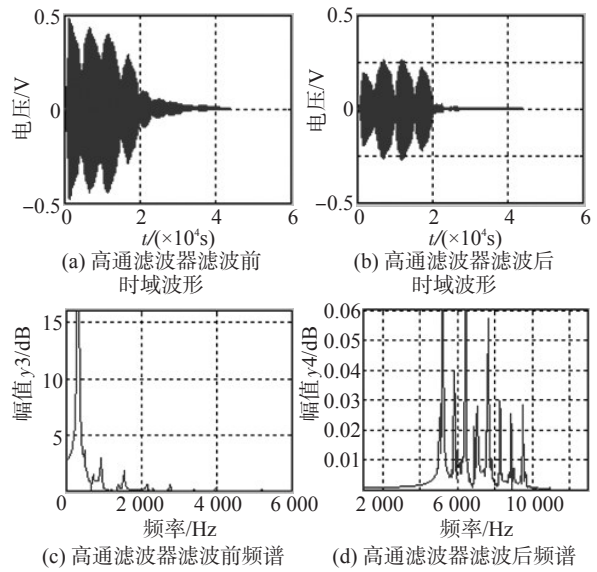


图6 信号经过FIR高通滤波器前后对照

$R_s=100\text{ dB}=0.000\text{ 05}$ 时 $f_c=4\text{ 800 Hz}$ 也符合。由于采取的采样点数比较大,图6中还是滤掉了低频部分,只留下了想要的高频部分,但这部分高频幅度很小,说明本语言信号低频成分比较多,相反高频成分很少,且幅值很小。

2.2.3 设计FIR带通滤波器

用MATLAB画出此语音信号在FIR带通滤波器滤波前、后的时域波形和在FIR带通滤波器滤波前、后的频谱。其中图7表示设计的FIR带通滤波器,此带通滤波器性能指标为: $f_{b1}=1\text{ 200 Hz}$, $f_{b2}=3$

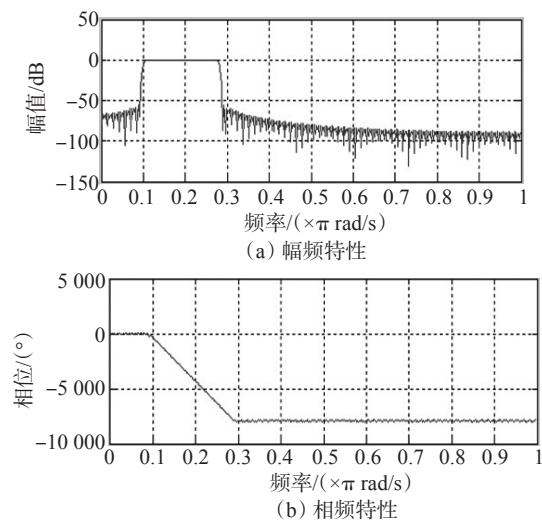


图7 设计的FIR带通滤波器

000 Hz , $f_{c1}=1\text{ 000 Hz}$, $f_{c2}=3\text{ 200 Hz}$, $A_s=100\text{ dB}$, $A_p=1\text{ dB}$ 。

图8表示语音信号经过FIR带通滤波器前后的

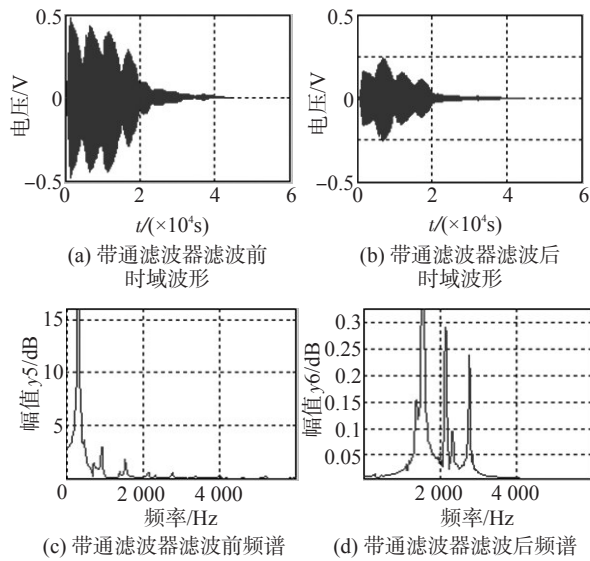


图8 信号经过FIR带通滤波器前后对照

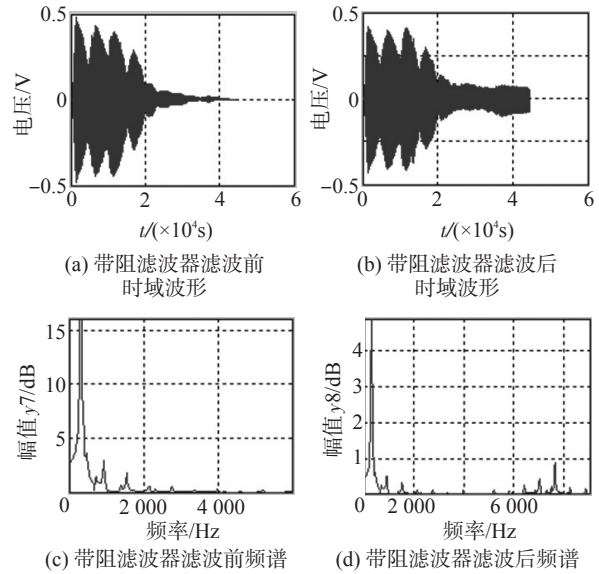


图10 信号经过IIR带阻滤波器前后对照

频谱。

分析:设计中最大衰减 $R_p=1\text{ dB}=0.89$ 时, $f_{b1}=12\ 000\text{ Hz}$, $f_{b2}=3\ 000\text{ Hz}$,由图7,图8可看出基本上符合。而最小衰减为 $R_s=100\text{ dB}=0.000\ 05$ 时 $f_{c1}=1\ 000\text{ Hz}$, $f_{c2}=3\ 200\text{ Hz}$ 也符合。图8中滤掉了不需要的低频和高频部分,只留下了想要的部分,但这部分幅度很小,最大为0.7。

2.2.4 设计IIR带阻滤波器

用MATLAB画出此语音信号在IIR带阻滤波器滤波前、后的时域波形和在IIR带阻滤波器滤波前、后的频谱。其中图9表示设计的IIR带阻滤波器,此

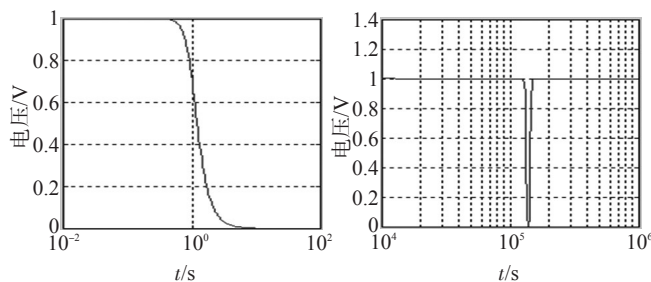


图9 设计的IIR带阻滤波器

带阻滤波器性能指标为:带宽为2 000 Hz,中心频率为 f_s 。

分析:图9与图10比较,原信号通过带阻滤波器后信号的幅度变小。通过带阻滤波器后,频率幅值也相应地减小。在设计预想的3 000~5 000Hz内的频率部分被阻止,留下了想要的频率部分,基本

符合初衷。

3 结论

文中实际上是想将数字信号处理技术应用于语音的处理这一领域。作为存储于计算机中的语音信号,它本身就是离散化了的向量。只需将这些离散的量提取出来,就可以对其进行处理了。文中用到了处理数字信号的强有力工具MATLAB,通过对MATLAB中命令函数的调用,很轻易利用数字信号的理论分析和处理实际化语音。这样就完全利用数字信号处理的知识来解决实际问题。

参考文献

- [1] 管爱红,张红梅,杨铁军,等. MATLAB基础及其应用教程[M]. 北京:电子工业出版社,2009:226-229.
- [2] 罗军辉,罗勇江,白义臣,等. MATLAB7.0在数字信号处理中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005:87-115.
- [3] 黄海梅,熊桂林,杨勇. 信号分析与处理[M]. 湖南:国防科技大学出版社,2000:125-153.
- [4] 张智星. MATLAB程序设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002:213-219.
- [5] 梁虹,梁洁,陈跃斌. 信号与系统分析及MATLAB实现[M]. 北京:电子工业出版社,2002:128-183.