

基于Matlab的FFT频谱分析及IIR数字滤波器设计

董静薇,于广艳

(哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院,黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要:随着计算机和信息科学的飞速发展,数字信号处理已经逐渐发展成为一门独立的学科,是信息科学的重要组成部分。数字信号处理实验可分为基于DSP的硬件实验和基于Matlab的软件实验。应用Matlab软件可以帮助我们更好地理解与掌握对数字信号处理中的基本概念、基本原理和基本方法。以Matlab的软件实验为例来说明它在信号FFT频谱分析及IIR数字滤波器设计方面的应用。

关键词:数字信号处理;Matlab;FFT;IIR滤波器
中图分类号:TP2 文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2008)10-0128-02

0 引言

我们生活在信息社会里,而信息的载体就是信号,它是信息的物理体现。信号是数字信号处理领域中最基本、最重要的概念。信号的处理是提取信号的基础。然而,信号处理中的许多理论都基于繁琐的数学理论和数学推导。由于信号处理具有内容繁多、概念抽象、设计复杂等特点,为了更好地理解和掌握知识,开发了一个信号处理实验软件,即Matlab语言。Matlab具有编程简洁高效,编译、链接和运行速度快等优点。另外,考虑到数字信号处理的理论内容,文中设计了基于Matlab软件平台的实验系统,包括FFT频谱分析和IIR数字滤波器的设计。

1 Matlab软件简介

Matlab语言是当今科学界最具影响力、也是最有活力的软件。它起源于矩阵运算,并已经发展成一种高度集成的计算机语言。它是由美国Math Works公司于1982年推出的软件产品,取名来源于Matrix Laboratory,简称为“Matlab”。Matlab是一个完整的、可扩展的、高性能数值计算的可视化软件,是一种进行科学与工程计算的交互式程序设计语言。经过不断的扩充和完善,它已成为各类科学研究与工程应用中的标准工具,其典型应用有:数值分析、算法设计、自动控制、数字信号处理、图像处理以及模型仿真等等。实践证明,使用Matlab要比使用Basic、Fortran和C语言等语言效率高。

2 数字信号处理的主要内容

波数字信号处理的理论主要包括离散信号与离散系统分

析的基本理论、离散傅里叶变换、快速傅里叶变换和数字滤波器的设计、数字信号处理的实现等。随着计算机和信息科学的飞速发展,信号处理已经逐渐发展成为一门独立的学科,是信息科学的重要组成部分。利用Matlab软件,我们可以实现波形的产生、信号的变换、滤波、功率谱估计、滤波器设计、系统分析等众多功能。

3 信号的频谱分析及应用

任意一个信号都具有时域与频域特性,信号的频谱完全代表了信号,因而研究信号的频谱就等于研究信号本身。通常从频域角度对信号进行分析与处理,容易对信号的特性获得深入的了解。因此,信号的频谱分析是数字信号处理技术中的一种较为重要的工具。

傅里叶变换是信号频谱分析中常用的工具,它是建立在以时间为自变量的“信号”与以频率为自变量的“频谱函数”之间的某种关系。“时间”或“频率”取连续值还是离散值,就形成各种不同形式的傅里叶变换对。其中离散傅里叶变换(DFT)在实际应用中是非常重要的,利用它可以计算信号的频谱、功率谱和线性卷积等。但是,当N很大时,直接计算DFT,即使使用高速的计算机,所花的时间也太多。为此,普遍采用在DFT的基础上发展起来的快速计算方法,即快速傅里叶变换(FFT),它是DFT的快速算法。本文中也采用FFT对信号进行频谱分析,用以了解复杂信号的频率成分和幅值。

利用FFT函数实现快速傅里叶变换的应用,例如:从时域噪声信号中找到频率元素信息。采用频率为1000Hz,信号的频率在50Hz到120Hz上,并加上随机噪声。

Matlab程序如下:

```
t=0:0.001:0.6;
x=sin(2*pi*50t)+sin(2*pi*120t);
y=x+2*randn(size(t));
Plot(1000t(1:50),y(1:50))
Title('Signal with Random Noise')
Xlabel('time(us)')
```

执行的结果如图1所示。

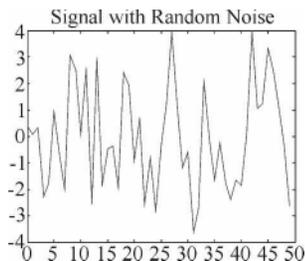


图1 时域噪声信号图像

从时域图上的信号我们看不到任何有用的信息,为此将它变换到频域上,并绘出功率谱。

```
Matlab程序如下:
Y=fft(y,512);
Pyy=Y.*conj(Y)/512;
f=1000*(0:256)/512;
Plot(f,Pyy(1:257))
title('Frequency content of y','fontsize',12)
xlabel('Frequency(Hz)','fontsize',12)
```

最后的执行结果如图2所示。由此图,可以看到明显的峰值。

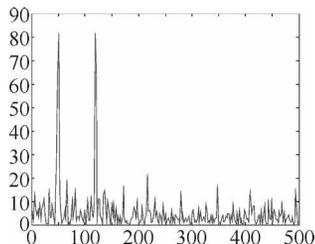


图2 时域噪声信号经FFT变换后的功率谱

利用Matlab对信号进行FFT变换,只要简短的几条语句就可以快捷、方便地绘出频谱分析的结果,从而克服了理论上的空洞性,增强了理论上的可信性。

4 IIR数字滤波器的设计

数字滤波器是指完成信号滤波处理功能块的、用有限精度算法实现的离散时间线性非时变系统。由信号与系统的知识可知,滤波器的实现实际上就是时域上的信号与系统冲激响应函数的卷积运算。IIR滤波器是不能由时域卷积方法来设计的,通常是由频域直接设计。其中,脉冲响应不变法和双线性变换法是设计IIR数字滤波器的两种具体方法。利用Matlab软件进行分析、综合和设计一个系统是方便、灵活的,它可以使过去很难实现的大系统设计和性能分析很快完成。

例如:设计一椭圆带阻滤波器。要求:通带内的截止频率是 $\omega_p1=500\text{Hz}$, $\omega_p2=800\text{Hz}$,阻带内的截止频率是: $\omega_s1=600\text{Hz}$, ω_s2

$=700\text{Hz}$;阻带内的最大衰减为 $r_p=0.1\text{dB}$,阻带内的最小衰减为 $r_s=50\text{dB}$;抽样频率为 $F_s=2000\text{Hz}$ 。

Matlab程序如下:

```
wp1=500;wp2=800;ws1=600;ws2=700;
Rp=0.1;rs=50;Fs=2000;
wp=[wp1,wp2];ws=[ws1,ws2];
[n,wn]=ellipord(wp/(Fs/2),ws/(Fs/2),rp,rs);
[b,a]=ellip(n,rp,rs,wn,'stop');
[h,w]=freqz(b,a);
plot(w*Fs/(2*pi),abs(h));
grid;
xlabel('频率/(Hz)','fontsize',12);
ylabel('幅值','fontsize',12);
执行结果如图3所示。
```

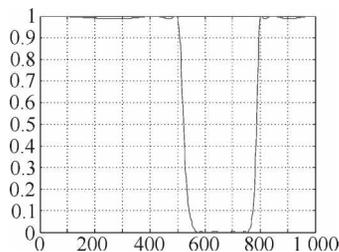


图3 椭圆带阻滤波器幅频响应

5 结束语

Matlab软件是目前全世界范围内非常流行的具有很强的科学计算和图形界面的软件系统。利用Matlab的强大运算功能,可以解决数字信号处理过程中遇到的许多问题。本文给出了基于Matlab软件实现信号FFT频谱分析和IIR数字滤波器设计的方法。利用Matlab软件方法,使得设计方便、快捷,大大减轻了工作量。并且,在滤波器设计过程中对比滤波器特性,可以对滤波器进行最优化处理。

随着Matlab软件版本的不断提高,其功能越来越强大,在数字信号处理、数字图像处理、仿真、自动控制等领域的应用也会有越来越广阔的前景。

参考文献:

- [1] 陈后金,胡健,薛健.数字信号处理[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [2] 董长虹,余啸海.Matlab信号处理与应用[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [3] 薛年喜.Matlab在数字信号处理中的应用[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 李勇,徐震.Matlab辅助现代工程数字信号处理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [5] 飞思科技产品研发中心.Matlab7辅助信号处理技术与应用[M].北京:电子工业出版社,2005.

(责任编辑:袁月)