

基于声音与图像信号处理演示的 数字信号处理课程教学实践

康文静 赵淑清

(哈尔滨工业大学信息学院 威海 264209)

1 概述

“数字信号处理”课程是电气信息类专业的必修课程,它在教学环节中与相关课程之间起着承上启下的作用,是一门集理论性、实践性、综合性于一体的主干专业基础课程。作为一门通用性很强的主干专业基础课,在工科教学中占有极其重要的地位。课程包括理论教学、课程实验及课程设计3个教学环节,教学计划分别安排在大学三年级的上、下学期。其目的是使学生获得数字信号分析与处理方面的基础理论、基本知识和基本技能,培养学生的综合素质和创新能力,使学生在基础理论、工程实践、运用现代化技术的创新能力等方面得到全面锻炼,为培养能够解决挑战性问题的新一代工程师和学习后续课程打下坚实的基础。

“数字信号处理”课的教学目标是帮助学生掌握数字信号处理的基本概念和基本方法,课程主要以课堂教学为主,采用传统的教师讲授型教学方式,以板书和多媒体结合的授课方式为主;从实际教学情况来看,如果只是空洞讲授、抽象描述,学生修完后,只会死记硬背概念、公式,不能真正理解数字信号处理的基本概念,更谈不上实际的信号处理、系统分析设计能力。为了保证学生能真正理解其基本概念和方法,对他们将来自学其他内容打下基础,有必要在教学实践基础上,对教学方法、教学手段做进一步探讨和改革。

2 数字信号处理课程教学现状与存在的问题

数字信号处理本质上是利用数学的方法和数字系统来实现对信号的处理,课程本身理论性强、公式推导较多,而且大量的理论都是通过数学推导的方式得到的,理解和掌握起来有一定难度,因此学生在学习过程中往往由于概念抽象,数值计算繁琐而容易失去兴趣,特别是对于一些数学基础较差的学生,更是感到力不从心。

在国内教材中,大多数数字信号处理方面书籍多以理论分析为主,与实际信号和系统有些脱节,选取的信号对象多是一维确定性信号(如正弦序列、指数序列),而与实际信号处理相关的内容则置于“数字语音处理”、“数字图像处理”等后续课程中,导致学生仅对独立基本概念有所理解,无法融会贯通信号、系统、信号处理概念之间的关联,不能学以致用。学生由于缺乏对数字信号处理的感性认识,造成理解上的困难,使得学生在学习这门课程时感觉具有一定难度,容易出现学习疲劳现象,大大影响了课程的教学效果。许多学生对采样定理、变换域分析、滤波器设计等重要内容理解不到位、不能灵活运用。

在课程教学中,国内仍然普遍采用的满堂灌输的教学理念和方法,与世界一流大学的引导式、启发式、互动式的研究型教学理念和方法之间,存在较大的差距。为此,需要从实际信号处理应用中选取典型工程实例作为课堂演示或课后研究型练习,让学生切实看到并听到数字信号的处理效果,激发其探索、研究的兴趣。

3 引入声音与图像信号处理的课堂教学

为了配合“数字信号处理”课程的理论教学,许多院校采用 MATLAB 仿真帮助学生理解教学内容,在课程教学中,将理论知识和使用 MATLAB 软件有机结合起来,一方面利用 MATLAB 的强大的计算仿真功能和方便易用的图形绘制能力将抽象的数学和技术理论以易于理解的可视化形式展示给学生,另一方面让学生真正体会熟练掌握该软件在科研计算中的重要作用,起到了较好的教学效果。通过演示实验,在一定程度上使学生巩固所学的知识,加强理论和实际结合的能力。“数字信号处理”课程的理论性和实践性都很强,它要求的数学知识多、需要掌握的基础知识强、与其他学科密切相关。仅仅采用 MATLAB 仿真不足以让学生对信号处理课程的应用有形象的认识,尤其对滤波器设计等系统实验的理解与掌握。因此,如何帮助学生综合应用所学知识解决实际问题是本课程教学中所要解决的关键问题。在课堂教学和实验环节,采用对真实信号的谱分析和滤波处理,比模拟仿真更具有说服力,可以激发学生的学习兴趣,培养学生的综合设计能力与实际工作能力,进一步加深学生对信号处理系统的理解。

3.1. 序列的运算

序列的运算是数字信号处理课程第一章中最基础、最简单的内容,容易理解和掌握。但如何能在这部分就抓住学生的眼球提升学习积极性是非常重要的。因此选择在此部分引入语音和图像信号进行运算演示,比如语音信号的翻褶处理,可以给出对应 MATLAB 程序,给学生看对应的波形、听翻褶前后的声音变化,如图 1 所示,增加学生学习的兴趣和热情。

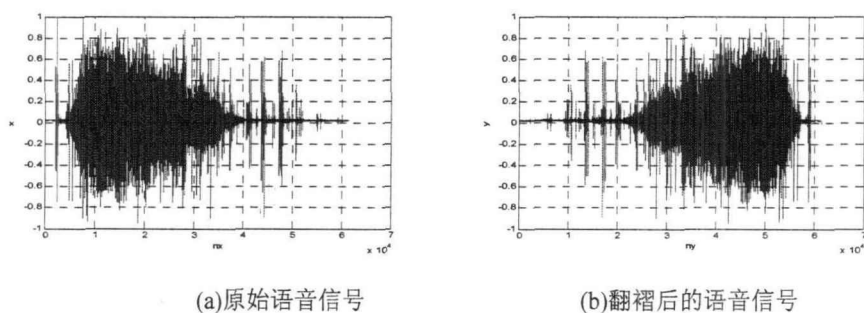


图 1 语音信号翻褶演示示例

序列加减运算可以用图像来进行简单的说明。例如图像相减可去除图像中的共性图案,也可用于运动目标的检测,演示示例如图 2 所示。



图 2 图像信号相减演示示例

序列差分运算的公式看起来很简单,但是差分运算有什么样的作用,该如何应用呢?许多同学是不甚明了的。在课堂上引入图像信号,给出差分图像可以给出形象的、明确的解释——能够强化差异性,突出信号变化的部分,演示示例如图 3 所示。

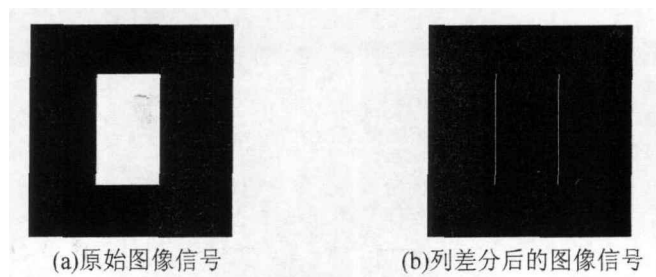


图 3 图像信号差分演示示例

3.2 连续时间信号的采样

采样定理是数字信号处理课程的重点内容,绝大多数课本上都是从复杂的理论推导得出最后结论,容易使学生产生厌倦心理。如果在课堂上以图像为例对以不同采样率采样得到的图像的进行比较,会使学生从繁杂的理论推导里面释放出来,加深学生的印象,也会进一步增强学习兴趣,起到良好的课堂效果。图 4 是图像信号的采样演示示例,可以看出如果采样频率低(不满足采样定理),是难以由采样信号不失真的恢复出原来的模拟信号的。

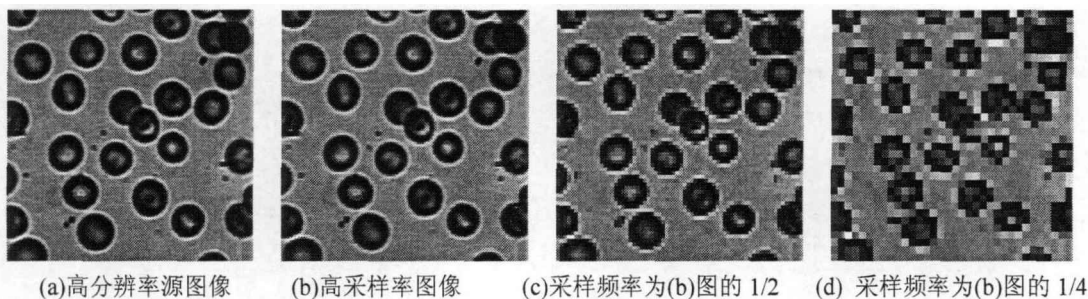


图 4 图像信号的采样演示示例

3.3 快速傅里叶变换

快速傅里叶变换在数字信号处理中起着重要的作用,不论是频谱分析,还是频域卷积。很多信号需要将难以处理的时域信号转换成频域进行处理、加工,最后再利用傅立叶反变换将这些频域信号转换成时域信号。而滤波等计算多是由快速傅里叶变换完成的。利用这个工具,可以对信号的频谱进行各种各样的处理,如图像滤波、降噪、增强等。

在离散傅里叶变换的性质里面,会讲到有限长信号圆周移位,在离散频域只引入一个和频率成正比的线性相移,对频谱幅度是没有影响的,这样空洞的理论和讲授是不能加深印象的,而且这个性质有什么好处呢?还是以图像为例,如图 5 所示,傅里叶变换的幅度谱具有平移不变性。

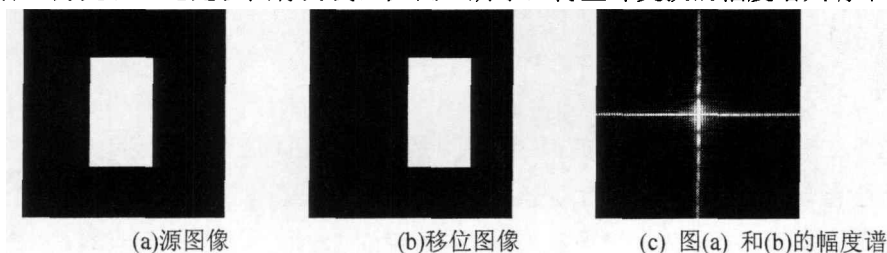
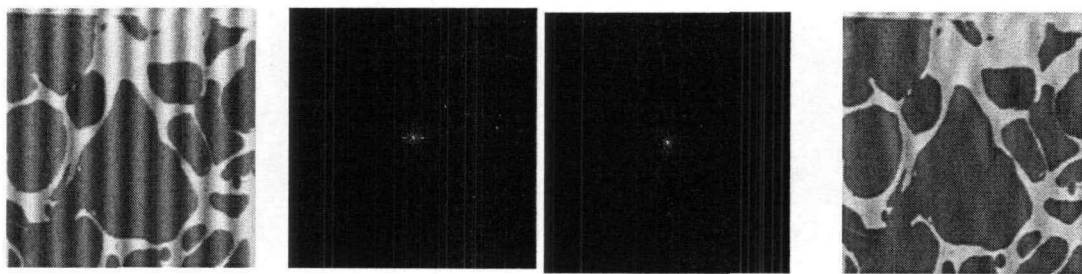


图 5 图像及其移位图像的频谱演示示例

在课程教学当中,我们发现学生更关注的是这种理论能用在哪儿,能干什么用?对傅里叶变换的学习更是如此。众所周知,傅里叶变换可以用于信号分析和系统分析两个方面,这样笼统的介绍,不能加深学生的印象,在课堂教学中可以以图像信号为例演示用傅里叶变换去除图像信号中叠加的正弦波噪声,如图 6 所示。



a. 有栅格影响的原始图像 b. 傅里叶变换频谱图像 c. 去除正弦信号的频谱图像 d. 傅里叶反变换后得到的图像

图 6 用傅里叶变换去除正弦波噪声示例

3.4 滤波器的应用

在信号处理中,滤波占有十分重要的地位。数字滤波是数字信号处理的基本方法。在学习的过程中,大家都知道滤波器的功能就是允许某一部分频率的信号顺利的通过,而另外一部分频率的信号则受到较大的抑制。这很容易理解,但同学们会有这样的疑问,各类滤波器究竟能实现怎样的滤波效果呢?不同的参数会带来什么样的影响呢?图 7、8 分别给出了对不同图像的巴特沃斯低通、带阻滤波器的滤波效果。



(a)加噪声图像 (b)截止频率为 25 的滤波图像 (c)截止频率为 45 的滤波图像

图 7 巴特沃斯低通滤波器的滤波效果



(a) 被正弦噪声干扰的图像

(b) 滤波效果图

图 8 用巴特沃斯带阻滤波器复原受正弦噪声干扰的图像

4 结论

学生对理论性强的专业课的学习往往兴趣不大,给理论课的讲授带来一定难度。数字信号处理课涉及到很多数学推导和公式,如果纸上谈兵就会显得抽象枯燥,学生即使背会了公式,也很难真正掌握相关概念的含义和应用,同时也会引发逆反抵触的心理。为此,我们根据数字信号处理应用的实践性,在课堂教学和实验环节通过引入语音和图像信号处理的演示,加强了学生对晦涩难懂的公式和理论的理解,激发了学生的学习兴趣,提升了其主动学习的积极性,进一步加深学生对信号处理系统的理解,并增进了与后续相关课程的连续性。课堂实践证明,采用对真实信号的分析 and 处理,比一维确定信号的模拟仿真更具有说服力,课堂整体效果是不错的。