

电子信息实践中的信号处理系统应用

孟欣

郑州工业应用技术学院 河南郑州 455000

摘要: 信号处理系统作为连接物理世界与数字世界的关键技术,在现代电子信息工程中发挥着核心作用。本文系统阐述了信号处理系统的理论基础与技术架构,深入分析了数字信号处理的核心技术,包括快速傅里叶变换、数字滤波器设计和自适应信号处理等关键算法,探讨了DSP、FPGA等硬件平台的特点及其在信号处理中的应用优势。同时,本文详细介绍了MATLAB、Python等主流软件开发平台在算法验证和系统实现中的作用。通过对通信系统、音视频处理、雷达与传感器、生物医学等典型应用领域的案例分析,展示了信号处理技术在5G通信、智能音视频编解码、自动驾驶环境感知、医学信号分析等前沿领域的创新应用。

关键词: DSP; FPGA; 5G通信; 电子信息; 数字信号处理

引言

随着科学技术的不断发展,计算机电子技术与电子信息自问世伊始便在诸多行业领域中得到广泛应用普及,从多角度、多层次对社会总体生产力、发展进程起到优化提升与推进作用^[1]。在这样的背景下,信号处理技术作为连接物理世界和数字世界的桥梁,发挥着越来越重要的作用。无论是手机通话中的语音处理,还是医院里的心电图监测,或者是工厂里的自动化控制,都离不开信号处理系统的支撑。可以说,信号处理技术已经成为推动现代电子信息产业发展的核心动力之一。信号处理系统的发展经历了从模拟到数字的重大转变。早期的信号处理主要依靠模拟电路实现,虽然结构简单,但存在精度低、稳定性差等问题。随着数字技术的成熟,特别是大规模集成电路的普及,数字信号处理逐渐占据主导地位。现在的信号处理系统不仅处理速度快、精度高,而且具备了智能化、网络化的特征,能够适应各种复杂的应用场景。本文将从信号处理的基础理论出发,结合实际应用案例,探讨信号处理系统在电子信息领域的应用现状和发展趋势,为相关领域的技术人员提供参考。

一、信号处理系统的理论基础与技术架构

(一) 信号处理系统的基本原理

要理解信号处理系统,首先需要明确什么是信号。简单来说,信号就是携带信息的物理量,比如声音的振动、图像的光强变化、温度的高低等。这些物理量在自然界中大多是连续变化的,我们称之为模拟信号。然而,

计算机只能处理离散的数字,因此需要将模拟信号转换为数字信号,这个过程就是模数转换。转换的关键在于采样和量化两个步骤:采样是按照一定的时间间隔对信号进行测量,量化则是将测量值用有限的数字表示。根据采样定理,只要采样频率足够高,就能完整保留原始信号的信息。这个理论看似简单,实际应用中却需要考虑很多因素,比如采样频率的选择、量化位数的确定、抗混叠滤波器的设计等。

(二) 数字信号处理核心技术

在数字信号处理的各种算法中,快速傅里叶变换(FFT)可以说是应用最广泛的一个。传统的离散傅里叶变换计算量很大,处理N个数据点需要 N^2 次复数乘法,当N很大时,计算时间会变得难以接受。FFT算法通过巧妙的分解,将计算量降低到 $N\log N$ 的水平,大大提高了运算效率。举个例子,处理1024个数据点,直接计算需要约100万次乘法,而用FFT只需要约1万次,速度提升了100倍^[2]。这种效率的提升使得实时频谱分析成为可能,在频谱仪、声音识别、图像压缩等领域都有重要应用。现在的DSP芯片和FPGA都内置了专门的FFT处理单元,能够在极短的时间内完成复杂的频谱分析。

数字滤波器是信号处理的另一个核心技术。滤波器的作用就像筛子,能够让需要的信号通过,阻挡不需要的信号。根据实现方式的不同,数字滤波器分为FIR和IIR两大类。FIR滤波器的特点是稳定可靠,相位特性好,适合对信号质量要求高的场合;IIR滤波器则具有运算量小、实现简单的优点,在实时性要求高的场合更

有优势。实际应用中，滤波器的设计需要根据具体需求进行权衡。比如在心电图机中，为了准确捕捉心脏的电信号，需要设计一个能够滤除50Hz工频干扰的带阻滤波器；在数字音响系统中，需要设计均衡器来调节不同频段的音量，改善音质。

（三）信号处理系统硬件架构

信号处理系统的硬件选择直接影响系统的性能和成本。DSP处理器是专门为信号处理设计的芯片，它的内部结构针对信号处理算法进行了优化。比如，DSP通常采用哈佛架构，程序存储器和数据存储器分开，可以同时读取指令和数据，提高了处理效率。另外，DSP内置了硬件乘法器，能够在—个时钟周期内完成乘法运算，这对于需要大量乘加运算的信号处理算法来说非常重要。目前市场上的DSP产品很多，从低端的几十元的芯片到高端的上千元的产品都有，用户可以根据实际需求选择合适的型号^[3]。FPGA在高性能信号处理领域占有重要地位。与DSP的串行处理不同，FPGA可以实现真正的并行处理，多个运算可以同时进行，处理速度大大提高。比如在雷达信号处理中，需要对多个通道的数据同时进行FFT运算，用FPGA可以为每个通道配置独立的FFT模块，实现并行处理。FPGA的另—个优势是灵活性，用户可以根据需要重新配置硬件结构，实现不同的功能。不过FPGA的开发难度较大，需要掌握硬件描述语言，开发周期也比较长。近年来，—些厂商推出了集成DSP和FPGA的SoC芯片，结合了两者的优点，在复杂的信号处理系统中得到广泛应用。

（四）信号处理软件开发平台

MATLAB是信号处理领域最常用的软件工具，它提供了丰富的信号处理函数库，涵盖了滤波、变换、谱分析等各个方面。使用MATLAB进行算法开发非常方便，几行代码就能实现复杂的信号处理功能。比如设计—个低通滤波器，只需要调用相应的函数，输入截止频率等参数，就能得到滤波器系数。MATLAB还提供了强大的可视化功能，能够直观地显示信号波形、频谱图、滤波器特性等，便于分析和调试。Simulink作为MATLAB的扩展，提供了图形化的建模环境，用户可以通过拖拽模块的方式构建信号处理系统，非常适合系统级的设计和仿真^[4]。

然而，MATLAB主要用于算法验证和仿真，真正的产品开发还需要将算法移植到嵌入式平台。这时就需要用C语言或汇编语言进行编程。在DSP上编程需要考虑

很多硬件细节，比如数据的定点化处理、存储器的分配、中断的管理等。为了提高效率，往往需要使用厂商提供的优化库，这些库函数经过精心优化，能够充分发挥硬件的性能。比如TI公司的DSPLIB提供了FFT、滤波、矩阵运算等常用函数，使用这些函数可以大大缩短开发时间。

二、信号处理系统在电子信息领域的应用实践

（—）通信系统中的信号处理应用

移动通信是信号处理应用最广泛的领域之—。我们每天使用的手机，其内部就是—个复杂的信号处理系统。当我们打电话时，声音首先被麦克风转换为电信号，然后经过模数转换变成数字信号。接下来，信号处理系统对语音进行压缩编码，去除冗余信息，减少传输的数据量。在4G网络中，采用的是AMR-WB编码，能够将语音压缩到23.85kbps，而保持良好的通话质量。编码后的信号还要经过信道编码，添加纠错码，提高传输的可靠性。最后，信号被调制到射频载波上发送出去。整个过程涉及大量的信号处理操作，都需要在毫秒级的时间内完成。

5G通信带来了更多的信号处理挑战。5G采用了大规模MIMO技术，基站可能配备64个甚至128个天线，每个天线都需要独立的信号处理通道^[5]。通过波束赋形技术，可以将信号能量集中发送给特定用户，提高传输效率。但这需要实时计算复杂的预编码矩阵，对信号处理能力要求极高。另外，5G支持的毫米波频段，信号衰减严重，需要更复杂的信道估计和均衡算法。为了降低延迟，5G还采用了更短的时隙结构，这意味着信号处理必须在更短的时间内完成。这些技术挑战推动着信号处理技术不断创新。

（二）音视频处理系统实践

数字音频处理已经深入到日常生活的各个角落。以音乐播放器为例，MP3格式的普及离不开感知音频编码技术。这种技术利用人耳的心理声学特性，去除人耳察觉不到的信号成分，实现高效压缩。—首3分钟的歌曲，未压缩的WAV格式需要30MB存储空间，而MP3格式只需要3MB，压缩率达到10:1，但听起来几乎没有差别。现在的音频处理技术更加先进，杜比全景声能够营造三维音场，让听众感受到声音从四面八方传来。这需要复杂的信号处理，包括声源定位、混响模拟、HRTF处理等。视频处理的计算量比音频大得多。—部高清电影如果不压缩，需要上百GB的存储空间，这在实际应用中是不可接受的。H.264/H.265等视频编码标准通过运动补偿、变

换编码等技术,能够将视频压缩到原始大小的几十分之一甚至几百分之一。比如,优酷、爱奇艺等视频网站的1080P视频,码率通常在2-4Mbps,相比原始视频压缩了近100倍。视频编码不仅要考虑压缩率,还要考虑编码复杂度。实时直播需要快速编码,可能会牺牲一些压缩率;而点播视频可以花更多时间进行精细编码,获得更好的压缩效果。

(三) 雷达与传感器信号处理

汽车雷达是近年来发展最快的应用之一。随着自动驾驶技术的兴起,毫米波雷达成为汽车的标配。77GHz毫米波雷达能够探测前方150米范围内的车辆和障碍物,为自适应巡航、自动紧急制动等功能提供支持。雷达通过发射调频连续波,根据回波的频率变化计算目标的距离和速度。但在实际道路环境中,雷达面临很多干扰:路边的护栏会产生强烈反射,多辆车的回波会相互混叠,雨雪天气会造成衰减。信号处理系统需要从复杂的回波中识别出真实目标,滤除虚假目标。这通常需要结合目标跟踪算法,根据目标的运动轨迹判断其真实性。

(四) 生物医学信号处理应用

心电图(ECG)是最常见的医学信号处理应用。心脏的电活动非常微弱,只有毫伏级别,很容易被肌电、工频等干扰淹没。信号处理系统首先要进行放大和滤波,提取出清晰的心电信号。然后通过QRS波检测算法,识别每个心跳周期,计算心率。异常心电的自动识别是一个重要功能,系统需要分析心电波形的形态特征,判断是否存在心律失常、心肌缺血等问题。现代心电图机还能进行心率变异性分析,通过分析心跳间隔的细微变化,评估自主神经功能。12导联心电图能够从不同角度观察心脏活动,通过向量心电图技术,可以重建心脏电活动的三维图像,帮助医生更准确地诊断心脏疾病。医学成像是信号处理的重要应用领域。CT、MRI等医学影像设备产生的原始数据需要经过复杂的重建算法才能形成图像。以MRI为例,采集的是k空间数据,需要通过傅里叶变换重建出图像。但直接重建的图像往往存在噪声和

伪影,需要进行去噪、增强等后处理。压缩感知技术在MRI中的应用能够大大缩短扫描时间,通过欠采样和稀疏重建,可以在保证图像质量的前提下,将扫描时间缩短一半以上。人工智能的引入进一步提升了医学图像的处理能力,深度学习模型能够自动识别病变,辅助医生诊断。

结语

通过对信号处理系统在电子信息领域应用的全面分析,我们可以看到这项技术已经渗透到现代社会的各个方面。从日常使用的智能手机,到救死扶伤的医疗设备,从保障行车安全的汽车雷达,到探索宇宙奥秘的深空通信,信号处理技术都在发挥着不可替代的作用。随着人工智能、物联网、5G/6G通信等新技术的发展,信号处理面临着新的机遇和挑战。信号处理技术的发展需要理论创新和工程实践的紧密结合。一方面,需要继续深化基础理论研究,探索新的信号表示方法和处理算法;另一方面,需要加强工程化能力,将先进的算法转化为实用的产品。同时,跨学科合作越来越重要,信号处理需要与通信、控制、人工智能等领域深度融合,才能应对日益复杂的应用需求。

参考文献

- [1] 胡启扬. 电子信息实践中的信号处理系统应用[J]. 集成电路应用, 2022, 39(02): 240-241.
- [2] 陈卓. 电子信息工程综合实践中信号处理系统的运用分析[J]. 电子技术与软件工程, 2020, (13): 61-62.
- [3] 刘旺, 李华. 电子信息工程综合实践中信号处理系统的应用探究[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(29): 102-103.
- [4] 刘涛. 数字信号处理系统在电子信息工程中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(04): 378-380.
- [5] 于元梅. 数字信号处理技术在电子信息工程实践中的应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(12): 37-39.