

基于嵌入式的多通道联合通信控制器设计

徐银霞

(武汉工程大学 计算机学院, 湖北 武汉 430205)

摘 要: 提出一种基于嵌入式技术的多通道联合通信控制器设计方法, 采用频域与时域联合均衡调制方法进行多通道联合通信的畸变波形校正, 实现多通道联合通信控制律优化设计. 在 DSP 集成信息处理环境中进行控制器的硬件模块化设计和集成开发. 测试结果表明, 采用该方法进行多通道联合通信控制的输出均衡性较好, 通信输出的抗干扰能力较强, 降低输出误码率, 提高通信控制性能.

关键词: 嵌入式; 多通道联合通信; 控制器; ARM; 均衡; 调制

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)08-0137-04

Design of Multi-Channel Joint Communication Controller Based on Embedded System

XU Yin-xia

(College of computer science, Wuhan Institute of Technology, Wuhan China 430205)

Abstract: A design method of multi-channel joint communication controller based on embedded technology is proposed. The distortion waveform correction of multi-channel joint communication is carried out by using frequency domain and time domain joint equalization modulation method. The optimal design of multi-channel joint communication control law is realized, and the hardware modularization design and integrated development of controller in DSP integrated information processing environment are carried out. The test results show that the proposed method has good output equalization and strong anti-interference ability. It can reduce the bit error rate and improve the communication control performance.

Key words: embedded; multichannel joint communication; controller ARM; equalization; modulation

1 引言

随着无线通信技术的快速发展, 在不同的通信信道上进行联合通信成为未来通信发展的主要方向, 多通道联合通信是融合光纤通信、激光通信、卫星通信和无线传感通信等为一体的综合性通信网络系统^[1]. 由于在多通道联合通信组网设计中, 网络节点的部署具有自组织性, 导致通信输出的信道均衡控制能力不好, 需要进行多通道联合通信控制器设计, 通过多通道联合通信控制器进行信道均衡控制, 降低多通道联合通信系统的输出误比特率, 提高通信质量和联合通信的组网自组织能力. 研究多通道联合通信系统的控制器优化设计方法, 在改善通信

系统的稳定性, 提高联合通信的抗干扰能力和输出码元的准确性方面具有重要意义^[2].

传统方法中, 对多通道联合通信控制方法主要有分数间隔均衡控制方法、波特采样自适应控制方法、模糊 PID 控制方法等^[3,4], 文献[5]中提出一种自适应码间干扰抑制技术的多通道联合通信控制方法, 但该控制器进行多通道联合通信设计中存在输出稳定性不好和误码率较高的问题; 文献[6]中提出一种基于修正滤波器加权控制的多通道联合通信控制方法, 在训练序列中采用模糊 PID 加权方法进行自适应学习, 结合判决反馈均衡方法进行多通道联合通信设计, 提高通信稳定性, 该方法在进行控制器设计中存在抗码间干扰能力不强的问题, 容易出现

通信信道的稳定性失衡.

针对上述问题,本文进行多通道联合通信控制器的优化设计,提出基于嵌入式的信道均衡控制设计方法.

2 通信信道均衡设计

多通道联合通信信道的传递函数为:

$$h(t) = H \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K(m)} \alpha_{mk} \delta(t - T_m - \tau_{mk}) \quad (1)$$

式中, H 表示信号多径重组的特征传递函数; M 是信道多径扩展的尺度; $K(m)$ 是第 m 条信道的时延; α_{mk} 是第 n 个通信信道中 k 条路径的码间干扰强度; T_m 是波尔兹曼常数, τ_{mk} 是功率增益. 结合时域均衡和频域均衡联合控制方法, 得到通信信道的输出谱密度为:

$$s(t) = \sum_i b_j \sum_{j=0}^{N_f-1} p(t - iT_s - jT_f - c_jT_c) \quad (2)$$

假设多通道联合通信下的输出信道的冲激响应为 $h(n)$, 多普勒频移为 $n(n)$, 信号均衡时域均衡输出为 $y(n)$, 扩展项 $\tilde{x}(n)$, 结合自适应加权控制, 得到式(3):

$$S(t) = a_0 \sum_{i=1}^N a_i \delta(t - \tau_i) e^{j\omega_c t} \quad (3)$$

式中, N 为无线通信信道路径个数; τ_i 和 a_i 分别为第 i 条无线通信路径的时延和包络幅值; ω_c 为无线通信的调制权重; 利用线性横向均衡方法^[11]; 进行载波调制, 通信信道均很输出的载波和调制波为:

$$S_x = E[x^3(t)] + \sqrt{s}bu[s(t - \tau_0)] \quad (4)$$

$$K_x = E[x^4(t)] - 3E^2[x^2(t)]b \quad (5)$$

式中, $E[x^3(t)]$ 为判决反馈均衡输出的特征衰减; b 为分数间隔采样系数, 在信道畸变下进行补偿控制^[8], 信道均衡后的输出为:

$$\begin{aligned} r(t) &= \sum_{i=1}^M r_i'(t) * p(t) \\ &= S(t) * p(t) * p(-t) * \sum_{i=1}^M h_i'(t) * \\ &\quad h_i(-t) + \sum_{i=1}^M n_i(t) \end{aligned} \quad (6)$$

综上分析, 采用抽样判决方法进行输出滤波检测, 实现对多通道联合通信的自适应控制和信道均衡设计^[9], 均衡器如图 1 所示.

3 控制器设计与实现

在进行多通道联合通信的信道均衡设计的基础

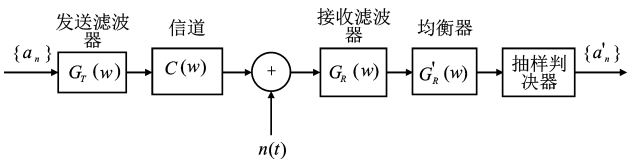


图 1 均衡器设计结构框图

上, 在嵌入式环境下进行控制器的硬件模块化设计, 本文提出基于嵌入式的多通道联合通信控制器设计方案, 采用嵌入式的 S3C2440A 芯片为主控芯片, 在控制程序加载和总线集成传输控制下, 进行控制器的优化设计, 通信控制器的硬件组成主要包括通信调制模块、ARM 主控系统模块、通信信号输出控制模块、信道均衡器、存储器系统、人机交互模块等^[10], 对控制器的硬件模块化设计描述如下.

3.1 通信调制模块

通信调制模块采用扩频序列码调制方法, 采用 BPSK 调制解调进行多通道联合通信的码元调制^[11], 根据通信信道的噪声进行码间干扰抑制, 输入调制序列 m 序列, 在抽样判决反馈均衡器中进行时域滤波, 通过抽头调整方法进行 A/D 转换, 通信调制模块的结构框图如图 2 所示.

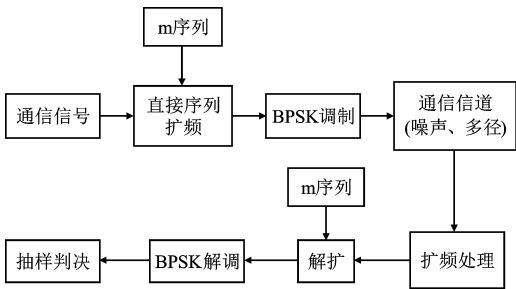


图 2 通信调制模块结构框图设计

3.2 ARM 主控系统模块

ARM 主控模块是这个控制器的核心, 采用嵌入式的控制设计方案, 在 DAQ-STC 上引入中央控制模块进行通信控制器的自适应信号处理和通信输出均衡控制, 将通信指令通过 PCI 总线传至 PC 机, 并在输出的 SPI 接口与主机进行联合控制, 使用 32 位定时器/计数器进行控制器的时钟采样和中断输出复位, 使用运放 AD8674 进行控制指令的上传和下载, 得到 ARM 主控系统模块电路设计如图 3 所示.

3.3 均衡器和存储器

数字均衡器采用分数间隔均衡和波特间隔均衡控制方法, 构建上位机进行功率激励, 提高通信信号的放大和滤波性能, 通过外端接口电路向 AD 发送

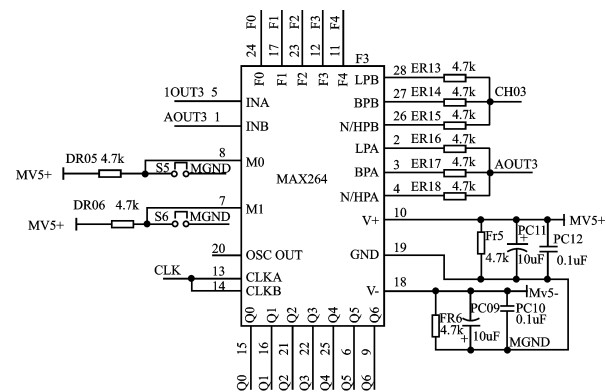


图 3 主控系统模块电路设计

控制指令,进行多通道联合通信控制器的均衡控制,设计压控放大器控制 D/A 转换器进行通信信号的自适应均衡控制,在 D/A 转换器输出端设计存储器实现通信输出码元的自动存储,存储器芯片使用 PLX9054、PLX9080,存储模式有 M、C、J 三种模式,得到均衡器和存储器的硬件接口连线图设计如图 4 所示。

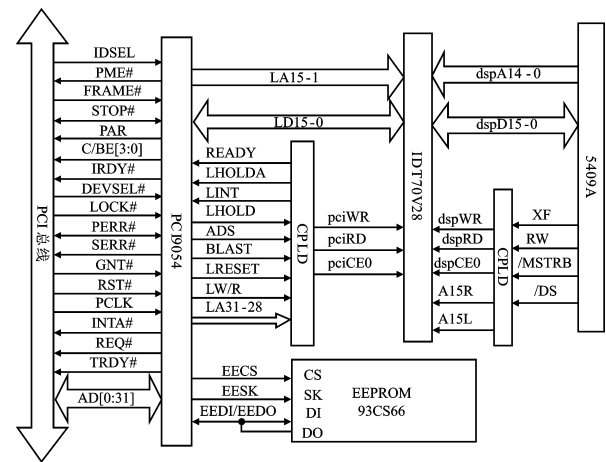


图 4 均衡器和存储器的硬件接口连线图

3.4 人机交互模块及控制器的集成设计

人机交互模块采用双端口的 PCI 与 DSP 设计方法,结合 PCI 协议进行多通道联合通信控制器的人机交互设计,人机交互的接口指令分别设定为 PME#、RST#、GNT#、RST#,使用 DI,DO 两个串行接口进行通信输出的串行链路配置,初始化控制寄存器 CNTRL[25],将 CNTRL[25] 设置为“0”,采用 TI 公司的 TMS320VC5409A 作为嵌入式控制处理器,在嵌入式环境下实现多通道联合通信的畸变波形校正,采用 16 位外设总线,完成多通道联合通信控制器的人机交互模块电路和整个控制器的集成设计,如图 5 所示。

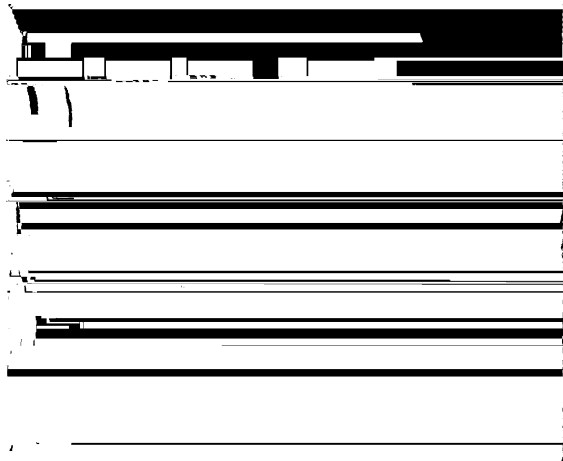


图 5 多通道联合通信控制器集成设计硬件结构图

4 系统测试分析

为了测试本文设计的基于嵌入式的多通道联合通信控制器在改善多通道联合通信系统的通信质量、通信抗干扰能力、降低通信输出误比特率等方面的应用性能,进行系统调试实验分析,实验中通信信道均衡控制的算法实现部分采用 Matlab 7 设计,硬件测试平台采用 Visual DSP++4.5,在 TMS320C55x 处理器环境下进行通信控制指令的交叉编译,设定输入到通信系统的载波信号的线性调频信号,信号的采样间隔周期为 1.2 s,载波频率设定为 1 200 MHz,信道的带宽为 100 dB,通信过程中的干扰为高斯白噪声,初始干扰强度设定为 -10dB,通信信号的调制系数 ($c_{20} \sim c_0$) 为 11010010101101001,均衡器阶数为 24 阶,根据上述仿真环境和参数设定,进行多通道联合通信控制实验,得到输入基带信号、均衡控制后的输出信号及码元误差测试结果如图 6 所示。

采用本文方法进行多通道联合通信控制,输出码元误差较低,通信信道的均衡输出性能较好.测试采用不同方法进行通信控制的输出误码率,得到结果如图 7,不同方法的误码率随着输入 SNR 的增大在逐渐降低,采用本文方法进行通信的误码率能在 0 dB 的输入信噪比下收敛到 0,比传统方法误码率降低了 13.6%和 21.3%,说明本文方法的抗干扰能力较强,收敛步数降低 14,提高了通信控制的实时

性和保真性.

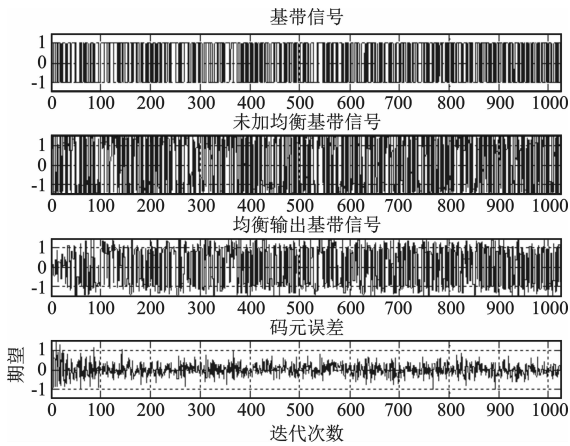


图 6 通信控制的信号输入输出以及码元误差测试

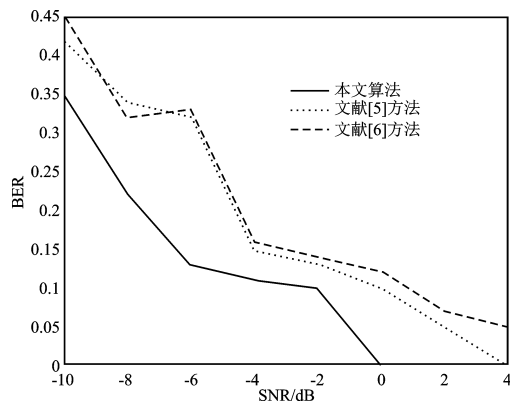


图 7 输出误码率对比

5 结束语

在多通道联合通信组网设计中,网络节点的部署具有自组织性,导致通信输出的信道均衡控制能力不好,需要进行多通道联合通信控制器设计,降低多通道联合通信系统的输出误比特率,提高通信质量和联合通信的组网自组织能力. 本文提出基于嵌入式的信道均衡控制设计方法,进行控制器的总体设计构造分析和功能模块组成分析,实现通信信道的均衡设计,利用线性横向均衡方法进行载波调制,采用抽样判决方法进行输出滤波检测,实现对多通道联合通信的自适应控制和信道均衡. 采用嵌入式的 S3C2440A 芯片为主控芯片,进行多通道联合通信的主控系统设计,在嵌入式 ARM 和 DSP 集成信息处理环境中进行控制器的硬件模块化设计和集成开发. 研究得知,本文设计的通信控制器能提高通信信道均衡控制能力,降低输出误码率,提高通信质量.

参考文献:

[1] 张凯,于宏毅,胡赞鹏,等. 稀疏信道下基于稀疏贝叶斯学习的精简星座盲均衡算法[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(9): 2255-2260.

[2] 何信旺,芮赞,王宗杰,等. 滤波器组 UMTS 系统的信道估计研究[J]. 计算机技术与发展, 2015, (09): 57-60.

[3] HOU F, TAN J, FAN X, et al. A novel method for sparse channel estimation using super-resolution dictionary[J]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2014, 2014(1): 1-11.

[4] HELMY A, HEDAYAT A, and AL-DHAHIR N. Robust weighted sum-rate maximization for the multi-stream MIMO interference channel with sparse equalization[J]. IEEE Transactions on Communications, 2015, 60(10): 3645-3659.

[5] VLACHOS E, LALOS A S, and BERBERIDIS K. Stochastic gradient pursuit for adaptive equalization of sparse multipath channels[J]. IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2012, 2(3): 413-423.

[6] HANSEN T L, BADIU M, FLEURY B H, et al. A sparse Bayesian learning algorithm with dictionary parameter estimation[C]. Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop, A Coru? a, Spain, 2014: 385-388.

[7] 徐晓斌,张光卫,孙其博,等. 一种误差可控传输均衡的 WSN 数据融合算法[J]. 电子学报, 2014, 42(6): 1205-1209.

[8] MA Bin and XIE Xianzhong. PSHO-HF-PM: an efficient proactive spectrum handover mechanism in cognitive radio networks[J]. Wireless Personal Communications, 2014, 79(3): 1-23.

[9] PUSHUP M and AWADHESH K S. A survey on spectrum handoff techniques in cognitive radio networks [C]. 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Mysore, 2014: 996-1001.

[10] 王红星,陆发平,刘传辉,等. 一种椭圆球面波调制信号自适应峰均比抑制方法[J]. 电子与信息学报, 2017, 39(1): 75-81.

[11] 陈雯雯,王亚林,周杰. 三维统计信道中的多普勒效应及其信号分析[J]. 计算机科学, 2017, 44(3): 84-88, 131.

作者简介:

徐银霞 女(1979-),硕士,讲师. 研究方向为嵌入式系统物联网. E-mail: xuyx79@163. com.