

嵌入式系统设计的软硬件划分研究

王 忠, 夏传良, 胡芳凝, 刘超群

(山东建筑大学, 山东 济南 250022)

摘 要:文中分析了传统软硬件划分方法的缺点, 基于嵌入式系统产品开发实际, 提出了一种去中心化的软硬件划分方法。文中详细描述了该方法的五条指导性原则, 并用一个开发实例说明了上述原则的应用方法, 验证了该方法的有效性。该划分方法简化了复杂任务, 提高了程序并发性水平, 降低了系统开发难度, 具有较高的参考价值。

关键词:去中心化; 软硬件划分; 负载均衡; 软件固件化; 嵌入式; 并发性

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2019) 05-0055-02

0 引 言

随着嵌入式系统规模不断增大, 功能日益复杂, 传统“先硬件, 后软件”的设计方法已经无法满足当下要求。国内外学者进行了广泛的研究, 提出和发展了很多软硬件协同设计方法, 如改进迭代算法、模拟退火算法、遗传算法、基于 UML 模型分析方法等^[1-2], 挖掘系统软硬件之间的并发性, 达到性能与成本的最优组合。但这些方法的共同缺点是偏重于理论层面的分析, 可操作性差, 硬件模块划分粒度过大, 且较少考虑软硬件成本变化、供应链、研发周期、可维护性等实际因素。

1 软硬件划分概述

由于嵌入式系统面临技术上的复杂性和开发时间上的严格约束, 设计方法已成为影响系统最终成本、性能、可制造性以及研制周期的关键因素。在满足设计规范的前提下, 兼顾软硬件的特点, 实现优化的软硬件协同设计是解决问题的关键。软硬件划分是软硬件协同设计中的关键, 其目标是根据系统功能定义和相应约束, 从整体角度进行协调, 获得一个可满足系统各方面要求的趋于最优的实现方法。

2 去中心化的软硬件划分方法

嵌入式系统设计的关键是软硬件功能划分, 即确定哪些系统功能由硬件实现, 哪些功能由软件实现。硬件一般能够提供更好的性能, 而软件更容易修改且不占用硬件面积。由于硬件模块的可配置性、可编程性以及某些软件功能的硬件化、固件化, 当下很多功能既能用软件实现, 又能用硬件实现,

软硬件的界限已经不十分明显^[3], 加上近年来软件即人力成本的提高和硬件价格的降低, 这些新变化给系统软硬件优化组合提供了很大的创新操作空间。

基于上述原因, 本文突破软硬件划分的固有模式, 提出一种“去中心化”的软硬件划分方法。“去中心化”是指将功能、资源从一个中心重新进行分配或分散的过程, 相对于传统一个处理器加外设扩展的方法, 去中心化是将资源均衡分布的过程^[4]。该方法遵从以下几条指导原则:

(1) 去中心化原则。系统处理功能不再集中于单一的核心处理器, 而是根据功能分类由多个处理器共同分担, 由单核心变为多核心。

(2) 负载均衡化原则。系统处理负载均衡分布于多个处理器, 如数据处理、复杂的协议栈由专门的芯片来实现, 通过通信接口协同^[5]。

(3) 模块化原则。功能相对独立又集中的芯片组、电路、相关程序, 设计成一个独立运行的模块, 这部分程序由专门的处理器运行并进行优化, 实现这部分程序的固件化。模块内部功能高度内聚, 与外界低耦合。

(4) 控制与显示功能分离的原则。如工控领域中除了传统控制功能, 还需要电阻、电容触摸屏和组态显示, 显示功能相对复杂的, 将其设计为独立模块, 或者采购市场上的新型组态串口屏, 主流供应商有广州大彩、北京迪文等。

(5) 尽量选用固化协议栈的接口芯片实现专门功能, 特别是网络接口芯片, 如 TCP/IP、蓝牙、WiFi、RFID 等。例如具备全硬件 TCP/IP 协议栈 +MAC+PHY 的以太网芯片 W5500, 具备完整 WiFi 功能的 ESP8266 芯片, 这些模组具有简单快速、可靠性高、安全性好等显著优势。

3 去中心化设计实例

某科研项目要设计一个医用电子体温计, 其基本功能描

收稿日期: 2018-11-15 修回日期: 2019-01-02

基金项目: 山东省自然科学基金 (ZR2016F19); 山东建筑大学“国创计划”项目: 人体生理指标智能监测与数据处理研究 (201810430014)

述如下：

(1) 将探头置于人体腋下或口腔测量人体体温，符合医疗器械标准 GB/T21416-2008 的要求。

(2) 电容触摸屏能够显示当前温度，查询历史数值，生成历史曲线，进行人机交互。

(3) 通过以太网接口接入网络，将测温数据发送至云服务器，可在手机 APP 上查看数据。

按照传统的软硬件划分方法，该设备硬件部分的总体框架如图 1 所示，虚线框内表示由 CPU 实现的内容。

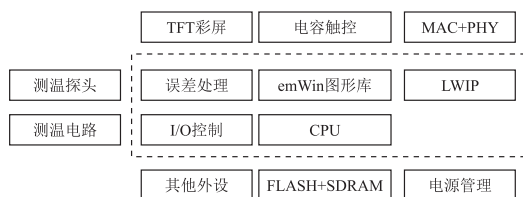


图1 原始设计方案图

内部各模块描述如下：

(1) 温度测量和 ADC 转换电路为一个模块，温度误差处理算法由核心处理器完成。

(2) 电容触控电路和液晶显示电路分别通过 I²C 接口和 RGB 接口接入核心处理器。

(3) TCP/IP 协议栈由开源轻量级 LWIP 实现，运行在核心处理器中。

(4) 嵌入式图形库 UCGUI 或者 emWin 运行在核心处理器中。

(5) 大容量 NAND FLASH, SDRAM 为核心处理器的扩展，可为图形界面提供存储和缓冲。

按照“去中心化”软硬件划分原则，对图 1 的设计方案重新进行软硬件划分，得到图 2 所示的优化方案，描述如下：

(1) 液晶显示和电容触控为相对独立的部分，将相关资源整合，开发一种组态串口屏，也可采购现成的模组。通过 UART 串口与 1#CPU 相连，控制功能与显示分离。

(2) 测温电路部分将电路与误差处理整合，加上一个简单 MCU，制成独立模块，通过 UART 串口发送符合标准的体温数据。

(3) 将 LWIP 软协议栈外移，选择具有全硬件协议栈的芯片，如 WIZnet 公司设计生产的以太网接口芯片 W5500、江苏沁恒公司设计生产的网络串口透传芯片 CH9121 等。

(4) 将之前的核心处理器功能降级为通过 UART, SPI 接口收发数据、控制指令，用简单的 MCU 代替原来的 CPU。

(5) 在软件方面，将体温数据处理、图形库、网络协议栈分散到不同的更简单的 CPU 中，降低了程序的开发难度，

处理任务量减少，程序运行负载更加均衡。

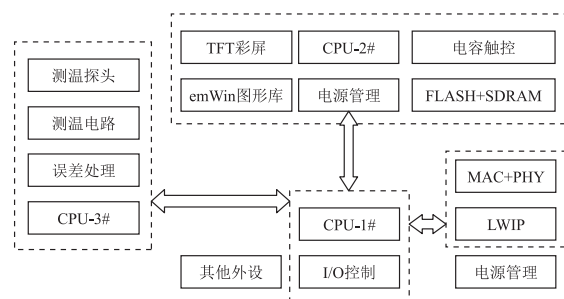


图2 优化后的设计方案图

优化后的设计方案具有如下明显优势：

(1) 三个处理器硬件并行工作，程序并发执行提升为真正的并行工作，既提高了响应速度，又降低了网络丢包率。

(2) 开发任务得到简化。分割为三个相对简单的模块，降低了开发难度，更适合团队并行开发工作，缩短研发周期。

(3) 对 CPU 的要求降低，可选用通用芯片，供应链采购更容易，降低了物料成本。

(4) 研发成果更有价值，如显示模块、体温测量模块的通用性、可重用性得到提高。

4 结 语

针对传统软硬件划分的弊端和软硬件价格的变化，提出一种“去中心化”的软硬件划分方法，通过对功能和资源的重新分配、分散，将复杂任务转化为若干简单任务。重新划分后的各模块功能相对独立，负载更加均衡。模块内部功能高度内聚，模块之间低耦合，在提高可重用性、系统可靠性的同时，降低了产品开发难度，方便后期故障检测和系统维护。设计实例表明，这种将功能合理分散的“去中心化设计”思路对嵌入式产品开发有很好的参考价值。

参 考 文 献

- [1] 陈玮, 顾思思. 基于组合算法的嵌入式系统软硬件划分方法 [J]. 计算机应用与软件, 2015, 32 (10): 241-242.
- [2] 李岩, 屈媛, 陈仪香. 软硬件协同设计中的软硬件划分方法综述 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017 (8): 3-8.
- [3] 周哲熙. 基于平台和中间件的嵌入式系统软硬件协同设计 [J]. 电子测试, 2018 (12): 129-130.
- [4] 陈思功, 秦晓, 章恒狮. 基于 UML 的软硬件协同设计的模型分析方法 [J]. 软件学报, 2003, 14 (1): 103-109.
- [5] 何翔. 嵌入式多核操作系统负载均衡模型研究 [J]. 电脑知识与技术, 2018, 14 (5): 67-68.
- [6] 陈亮, 李峰, 夏征仪, 等. 区块链: 物联网应用进展研究 [J]. 物联网技术, 2018, 8 (1): 100-103.
- [7] 王世好, 严迎建, 吴清平. 嵌入式系统软硬件协调设计环境构造与实现方法 [J]. 计算机工程与应用, 2002 (16): 223-225.

(下转第 62 页)

大训练数据量能够影响到模型的输出结果；增加训练循环次数、增大学习速率值可减小 loss 值；但模型输出的语句通顺程度与 loss 值的下降程度不算可观，除参数值这个影响因素外，还可能存在其他影响因素，如训练语料库的数据量不够大等。由此可见，TRSM 模型在处理文本简化方面具有可行性与可靠性，对于如何提高可靠性以及实验结果，将成为今后需要进行的工作。

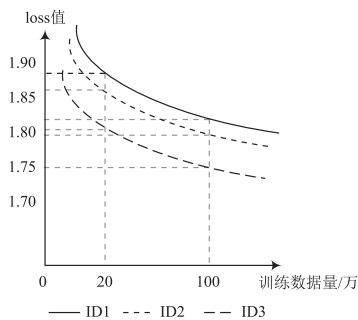


图 10 扩大训练数据规模的 Loss 值

5 结 语

本文基于循环神经网络的 LSTM 模型与 seq2seq 模型的复合提出时间递归序列模型 TRSM，缓解了训练中梯度消失与梯度爆炸的问题，同时又能处理序列中间隔与延迟相对较长的输入。针对实验所需微博语料数据，对用户的微博内容进行语义分析与简化，测试、验证语料库的训练，通过对模型参数的调试，优化训练算法与实验结果，得到了文本简化方面可行且可信的结果，为方便处理各种中文语义任务提供了高效的预处理机制，平均文字缩减率达到 60% 以上，语义保持度达到 1.8 左右。

未来的工作是继续扩大训练的语料库，增至 500 万甚至 1 000 万级别，并扩展数据长度，引入注意力机制等，进一步提高实验的精度与可信度，并评估其对后续中文语义处理

任务的优化程度。

注：本文通讯作者为杨世瀚。

参 考 文 献

- [1] 景秀丽.Hedge Trimmer 句子压缩技术的算法实现及改进[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2012, 30(4): 519-524.
- [2] DAVID B D, ZAJIC D.Hedge Trimmer: a parse and trim approach to headline generation[J]. Proceedings of the HLT-NAACL, 2003(3): 1-8.
- [3] 李慧, 陈红倩. 结合注意力机制的新闻标题生成模型[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2017, 40(4): 670-675.
- [4] 庞超. 神经网络在新闻标题生成中的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [5] 朱大奇. 人工神经网络研究现状及其展望[J]. 江南大学学报(自然科学版), 2004, 3(1): 103-110.
- [6] MIKOLOV T, MARTIN KARAFIÁT, BURGET L, et al.Recurrent neural network based language model[C]// Interspeech, Conference of the International Speech Communication Association, Makuhari, Chiba, Japan, September. DBLP, 2015.
- [7] 神州泰岳. 人工智能中的语义分析技术及其应用[J]. 软件和集成电路, 2017(4): 42-47.
- [8] CHENG J P, LAPATA M.Neural summarization by extracting sentences and words[J].Computer science, 2016(3): 484-494.
- [9] HU B, CHEN Q, ZHU F. LCSTS: a large scale chinese short text summarization dataset[J].Computer science, 2015(7): 2667-2671.
- [10] PASCANU R, MIKOLOV T, BENGIO Y.On the difficulty of training recurrent neural networks[C]// International Conference on Machine Learning.JMLR.org, 2013.
- [11] CHELBA C, MIKOLOV T, SCHUSTER M.One billion word benchmark for measuring progress in statistical language models based on neural networks[J].Computer science, 2013(12): 34-39.
- [12] BODEN M.A Guide to recurrent neural networks and backpropagation[Z].2002.
- [13] GRAVES A.Supervised sequence labelling with recurrent neural networks[Z].Studies in computational intelligence, 2008.
- [14] NLPPIR 微博语料库. 自然语言处理与信息检索共享平台[OL]. <http://www.nlpir.org>.

作者简介：蔺伟斌（1992—），男，山西运城人，硕士研究生，研究方向为自然语言处理。

杨世瀚，博士，研究方向为自然语言处理、经济数据分析、不确定性推理、知识工程。

（上接第 56 页）

- [8] 耿强, 黄雪琴, 姜文波, 等. 基于网络仿真软件分析负载均衡协议[J]. 物联网技术, 2018, 8(1): 38-39.
- [9] 陈扶辛, 康秀光, 张彬. 新的嵌入式系统设计方法学: 软硬件协

同设计[J]. 科技资讯, 2006(14): 203.

- [10] 李正民, 郭金金, 吕莹莹. 一种嵌入式系统软硬件划分方法[J]. 计算机仿真, 2011, 28(10): 204-207.

作者简介：王 忠（1977—），男，工学硕士，山东建筑大学计算机学院讲师，研究方向为嵌入式系统软件开发，图形图像处理。

夏传良（1967—），男，博士后，山东建筑大学计算机学院教授，研究方向为PETRI网理论。