

嵌入式宽带可视电话系统设计及实现

高玉之^{1,2}, 朱珍民², 肖建华¹, 罗海勇²

(1. 湘潭大学 信息工程学院, 湖南 湘潭 411105;

2. 中国科学院 计算技术研究所, 北京 100080)

摘要: 设计及实现了一款基于美国德州仪器公司(TI)TMS320DM6446平台的嵌入式宽带可视电话系统。该嵌入式宽带可视电话系统以TMS320DM6446处理器为核心,提高了可扩展性和平台独立性,通过MSP430子系统等解决了处理器I/O资源有限和降低了对外围低速模块实时控制的复杂度,通过myOPAL的实现提高了本系统的性能和并发处理能力,降低了延时等,实现了视音频双向实时通信。

关键词: TMS320DM6446; 嵌入式宽带可视电话系统; MSP430; myOPAL

中图分类号: TP319

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)10-0177-04

Design and Implementation of Embedded Broadband Videophone System

GAO Yu-zhi^{1,2}, ZHU Zhen-min², XIAO Jian-hua¹, LUO Hai-yong²

(1. College of Information Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;

2. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Designs and implements an embedded broadband videophone system based on TI TMS320DM6446. The embedded broadband videophone system to TMS320DM6446 processor as the core can be improved scalability and platform independence. First it through the MSP430 subsystem solves the problem of the limit of processor I/O resources and reduces the complexity of the real-time control of the low-speed peripheral module. Then it through the realization of myOPAL and so on improves performance and concurrent processing capabilities, and reduces latency, and so on. Finally it achieves bi-directional real-time communication of audio and video.

Key words: TMS320DM6446; embedded broadband videophone; MSP430; myOPAL

0 引言

随着计算机技术、微电子技术和数字信号处理技术的发展,各种各样的多媒体业务已面向人类社会。近年来,尤其是宽带可视电话和视频会议系统的应用越来越广泛。可视电话业务是一种点到点的视频通信业务,它利用电话网双向实时传输通话双方的图像和语音信号。而宽带可视电话采用先进的视音频编解码技术,通信双方通过宽带信令建立起视音频和数据逻辑信道,把经过压缩处理后的视音频编码信号通过宽带IP网络传输到对方,通信双方把接收到的视音频编码信号进行解码,重现语音和视频。文中设计及实现了一套基于美国德州仪器公司(TI)TMS320DM

6446^[1]平台的嵌入式宽带可视电话系统。

1 TMS320DM6446 平台简介

TMS320DM6446^[1]平台是基于TMS320DM6446高性能达芬奇双核处理器芯片,结合AIC32/TVP5146等高性能的音频编解码/视频解码芯片的一个视频通讯平台。TMS320DM6446首次把业界最为流行的ARM926和DSP6000集成在一片SOC中,采用VLIW结构,同时还提供了高精度视频端口、无缝以太网、多通道音频等。该器件的性能水平高于一般媒体处理器,并为功能性与系统集成度的增长留有充分空间。

TMS320DM6446芯片的结构特点包括:

(1)高性能。采用低功耗、高性能的32位TMS320C64x内核和ARM926EJ-S内核,工作频率分别高达594MHz和297MHz;支持多媒体处理技术,采用的是TMS320C64x DSP内核,增强了对视频和音频的解码能力。

收稿日期:2008-01-07

基金项目:国家“863”计划基金资助项目(2006AA10Z253)

作者简介:高玉之(1981-),男,硕士研究生,研究方向为多媒体处理、嵌入式应用;朱珍民,教授,研究方向为普适计算、多媒体处理;肖建华,教授,研究方向为数据挖掘、人工智能。

(2)低功耗。

(3)专用的视频图像处理器和视频处理子系统。

(4)存储容量。有 256MB 的 32 位 DDR2 SDRAM 存储空间,128MB 的 16 位 FLASH 存储空间。

(5)众多的外设和时钟控制。

另外,此平台还提供了 Montavista linux pro 4.0 操作系统^[2]和开源 Linux 软件等。

2 嵌入式宽带可视电话系统的硬件设计及实现

2.1 硬件总体设计

基于 TMS320DM6446 的嵌入式宽带可视电话的主要硬件功能模块包括视频输入解码模块、音频输入输出模块、外部存储模块、MSP430 模块、以太网通信模块及电源管理模块等。视频输入输出模块包括摄像头、视频解码单元等。语音输入包括麦克风、扬声器,音频编解码及用于回声抵消功能的音频处理单元。本可视电话的硬件结构框图如图 1 所示。该系统在原来的 TMS320DM6446 平台上加入了 MSP430 子系统。

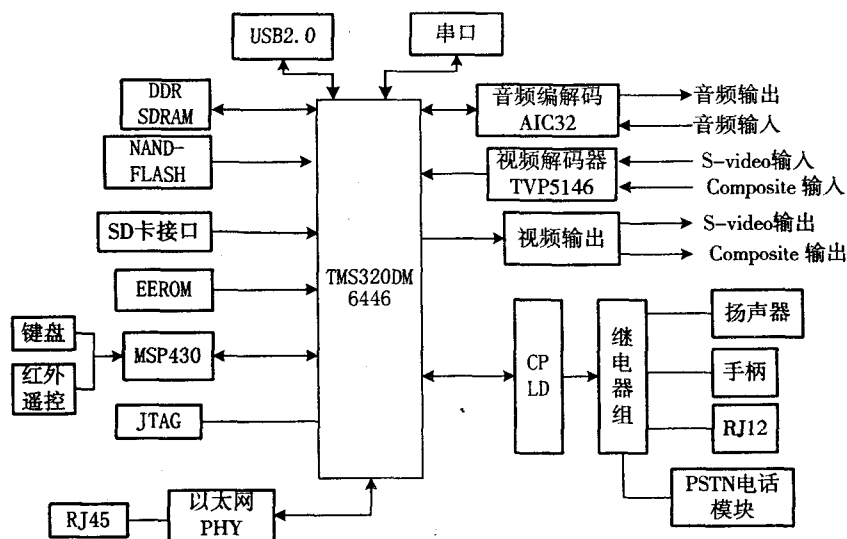


图 1 基于 TMS320DM6446 的嵌入式宽带可视电话硬件结构框图

2.2 MSP430 子系统

为了解决 TMS320DM6446 处理器 I/O 资源有限、对外围低速模块实时控制复杂等问题,系统中加入了 MSP430 子系统,用于检测 SD 卡的插入状态,控制键盘、红外遥控器等低速设备,TMS320DM6446 只需在接收到 MSP430 的中断信号后,通过 I²C 总线就能对 MSP430 子系统进行访问。这样的设计使 TMS320DM6446 把绝大部分资源用于视频信号处理,保证了视频通讯的实时性和系统稳定性。

经过各方面性能比较,最后选用了功能比较强大、

稳定性好的 MSP430F149 作为本系统 MSP430 子系统的核心处理器。MSP430F149 除了拥有低功耗、多种工作模式、代码保护等功能外,还有 60k 的 FLASH 程序存储空间,2048B 的 RAM 数据存储空间,48 个 GPIO,能够很好地满足系统的设计要求。

系统可以采用键盘和红外遥控器进行输入。由于系统还带有 SD 卡接口,MSP430 还负责检测 SD 卡的插入状态,以及给系统提供适时时钟 RCT。MSP430 和 TMS320DM6446 之间运用 I²C 进行通讯,MSP430 的 I²C 地址是 0x23,Msp430 在 I²C 总线中处于从设备状态。在 Msp430 系统中红外遥控器、对 SD 卡的插入状态的检测都是采用中断模式设计,在每一个主循环中对键盘扫描一次。在这三个事件中的任何一个事件发生后都从 Msp430 的一个管脚发出一个中断信号给 TMS320DM6446。同时把相应的数据封装到 I²C buffer 中,等待 TMS320DM6446 接到中断响应后来读取。这样采用中断的形式使系统能对键盘和红外遥控器的动作做出及时的响应。同时在 MSP430 中采用了混合编程的方法:大部分的程序都采用 C 语言编程,

但在 I²C 程序部分采用汇编语言编写。这样做不但可以保持程序的可读性,而且可以让由普通 I/O 模拟的 I²C 总线有准确的时序,保证了 I²C 数据的快速响应。

3 嵌入式宽带可视电话系统的软件设计及实现

充分考虑可扩展性和跨平台性,本文实现的嵌入式宽带可视电话系统的软件为“PWLib”,“OPAL”,“myOPAL”和“客户应用”四层,其架构图如图 2 所示。它使用 Montavista linuxpro 4.0 操作系统,通过对 PWLib 的修改,在 OPAL

的基础上实现了 myOPAL,最后利用 MiniGUI 完成客户应用层的设计。下面将分别讨论该软件的四层(如图 2 所示)。

3.1 PWLib 层

PWLib 是一个支持多平台的类库,对操作系统的各种接口进行了抽象与封装,主要功能侧向于网络、I/O、多线程、ASN 等。通过修改 PWLib 对特有硬件设备的操作,将修改后的 PWLib 库进行交叉编译,生成可扩展和跨平台的静态或动态链接库。

3.2 OPAL 层

OPAL (Open Phone Abstraction Library) 是

Openh323(H.323 协议的实现)的下一个版本,它仍然使用了 Openh323 的体系结构,并在其基础上进行扩展,同时实现了 SIP(Session Initiation Protocol)^[3]和 H.323^[4]协议,但在音频和视频的编码和传输部分有较大改动。OPAL 初衷设计是包含任何电话通信协议,其底层进行了高度的抽象化,所以也能够很容易地支持 MGCP, PSTN 和将来会出现的协议。

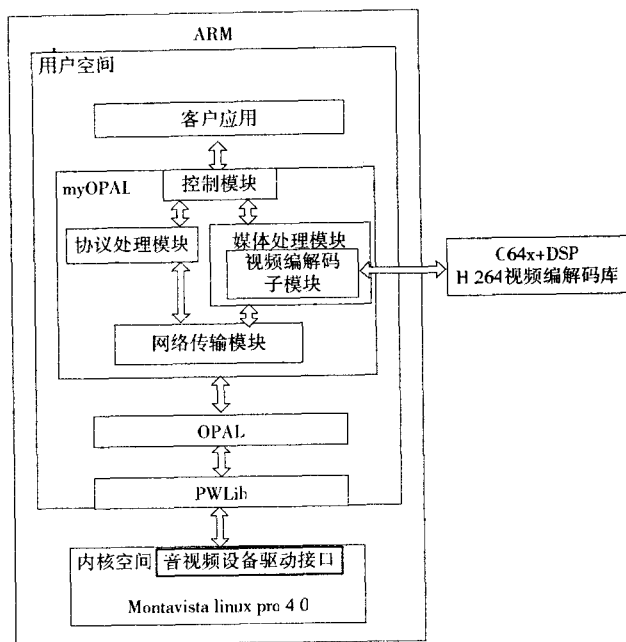


图 2 嵌入式宽带可视电话系统的软件架构图

3.3 myOPAL 层

为了提高 OPAL 的性能和并发处理能力,提高系统的扩展性和跨平台性,降低延时等,在 OPAL 的基础上实现了 myOPAL。myOPAL 分成若干个模块,包括网络传输模块、协议处理模块、媒体处理模块、控制模块。下面将分别介绍这四个模块。

3.3.1 网络传输模块

网络传输模块负责信令以及多媒体信息的传输,由于多媒体信息在网络上流量很大,因此需要一个高性能的网络底层来支撑整个系统。使用 TCP 和 UDP 协议来处理网络数据包,其中信令部分采用 TCP 连接,以保证数据传输的完整性和可靠性,媒体流部分采用 UDP 传输,以得到更好的实时性。此外采用线程池来处理发送和接收的数据,采用缓存机制来处理网络丢包及乱序,实现发送数据包时时间间隔平稳,接收时即使上层应用处理繁忙,也不能影响网络接收。

TCP 数据处理模块实现的主要类有 netLinux-IOPool 和 netTransportTCP,其中 netLinuxIOPool 为网络套接字的处理类,netTransportTCP 为 TCP 数据读写操作类。UDP 数据处理模块实现的主要类有 netLinuxIOPool 和 netTransportUDP,其中 netLinux-

IOPool 为网络套接字的处理类,netTransportUDP 为 UDP 数据读写操作类。

3.3.2 协议处理模块

协议处理模块接收网络上传过来的信令,解析后由控制模块处理;控制模块产生的信令由协议处理模块编码后通过网络传输模块发送。协议处理模块编码 BER 和 PER 编码格式。协议处理模块是专门负责信令编码解析的模块,该模块参考 ITU X.691、H.245、H.225 协议,实现信令结构数据与比特流的转换,是系统间进行通信的基础。

BER、PER 编码的主要实现类为 PBER_Stream 和 PPER_Stream, H.245 信令结构模块的处理类为 H323ControlPDU, H.225 信令结构子模块的处理类为 H323SignalPDU, RAS 信令结构子模块的处理类为 H323RasPDU。

3.3.3 媒体处理模块

媒体处理模块接收媒体信息,根据控制单元的控制进行处理,并发送媒体信息,媒体处理模块必须具备处理音频、视频流媒体信息的能力。媒体处理模块是处理要求最高的模块,资源占用高,处理要求及时,因此需要采用多线程并发处理的技术。音频和视频处理的机制也不相同。媒体处理模块主要包括五个子模块,分别是视频采集子模块、视频显示子模块、视频编解码子模块、音频采集播放子模块、音频编解码子模块。

视频采集子模块需要实现视频采集设备的打开、参数设置、采集和关闭等控制功能。视频采集子模块对 /dev/video 设备符操作,定义了 avVideoCapture 类,提供了 openCaptureDevice、closeCaptureDevice 等接口。

视频显示子模块需要实现视频显示设备的打开、参数设置、显示和关闭等控制功能。视频显示子模块对 /dev/fb2 设备符操作,定义了 displayMgr 类,提供了 openDisplayDevice、closeDisplayDevice、putVideoFrame 等接口。

视频编解码子模块在 VISA (Video, Image, Speech, Audio) API (由 C64x + DSP 硬件实现的音视频编解码接口)基础上,定义 avVideoCodec 类,提供 CodecEngineOpen、CodecEngineClose、H264DecodeOpen、H264DecodeClose、H264DecodeFrame 等接口。视频编解码子模块实现的功能:对 RTP 封装的视频编码数据进行解码,输出为 YUV 视频数据;对 YUV 数据进行编码,根据不同的视频协议,输出不同的 RTP 码流;针对实时的特点,需随时可以生成 IFrame;防止解码花屏,需处理 Freeze 指令,中止解码,到 I Frame 时自动开始解码;可以设定 RTP 的最大长度,编码生成的

每个 RTP 数据不超过该长度;可以指定编解码协议;可以指定编解码的视频数据的大小。该系统主要实现了在编码效率和实时性等方面比 H. 261 和 H. 263 好的 H. 264 视频编解码。

音频采集播放子模块需要处理打开音频设备,对语音进行采集和播放。音频采集播放子模块对 /dev/dsp, /dev/mixer 设备符操作,定义 avAudioCaptureAndPlay 类,提供了 openSoundDevice、closeSoundDevice、getSoundData、putSoundData 等接口。

音频编解码子模块在 VISA API 基础上,定义 avAudioCodec 类,提供 CodecEngineOpen、CodecEngineClose、G729EncodeOpen、G729EncodeClose、G729EncodeFrame 等接口。音频编解码子模块实现的功能:对编码过的音频数据进行解码,输出 PCM 数据;将 PCM 数据进行编码;设置编解码协议;设置编码的长度;计算编解码数据的时间戳。该系统主要实现了 G. 711 和 G. 729a 音频编解码。

3.3.4 控制模块

控制模块是核心控制模块,与媒体处理模块、协议处理模块都有接口,接收协议处理模块的控制命令对媒体处理模块进行控制,并将信息返回。控制模块包括 RAS 信令子模块, H. 225 信令子模块、H. 245 信令子模块,以及逻辑控制子模块。RAS 信令子模块负责与 Gatekeeper 交互的时候的信令控制,其中包括注册、注销、管理,以及状态查询;H. 225 信令子模块负责呼叫控制,其中包括发起呼叫、振铃、呼叫处理、挂断;H. 245 信令子模块负责媒体通道控制,包括能力集交互、主从判决、打开和关闭逻辑通道。

控制子模块的系统管理类设计为 clientManager 类,其负责提供与主控应用模块和媒体处理模块的接口。逻辑控制子模块的主要处理类为 clientOPAL-Manager,其继承 OPALManager 类,大部分事件都会被集中到 OpalManager 中,应用程序只要通过其子类对这些接口进行重载来获得 OPAL 系统的大部分事件通知;另外,OpalManager 还提供了呼叫、连接、媒体流管理等管理接口。clientOPALManager 类主要为 clientManager 类提供接口,接受并处理系统管理信息。RAS 信令子模块的处理类为 clientH323EndPoint 和 clientH323Gatekeeper。H. 225 和 H. 245 信令子模块的主要处理类有 clientH323EndPoint 和 clientH323Connection。

基于 OPAL 上实现的 myOPAL,采用了分层设计,使交互限制在对应的各个层上,减少整个系统的耦合度;采用了模块化设计,使增加模块时不影响已有模块;由于减少了系统耦合性,系统维护性大大增强,在

设计时采用局部封闭设计,使错误定位与排查更加容易。

3.4 客户应用层

该层根据自己实现的 myOPAL 实现了系统管理与维护,并利用 MiniGUI^[5]完成图形用户界面设计 GUI。MiniGUI^[5]是遵循 GPL 条款发布的自由软件,其目标是为实时嵌入式 Linux 系统建立一个快速、稳定和轻量级的图形用户界面支持系统。该系统的软件 GUI 是利用 MiniGUI V1.3.3 开源版本设计完成的。

通过在 MiniGUI V1.3.3 函数库源代码中支持 720x480 分辨率,新增一个基于红外遥控的输入引擎,交叉编译修改后的 MiniGUI 函数库源代码,生成能可扩展和跨平台的静态或动态链接库,然后调用该库文件的函数来完成嵌入式宽带可视电话系统的 GUI 界面设计。

本系统 GUI 主界面包括“呼叫”、“地址本”、“系统退出”。“呼叫”主要完成呼叫功能,通过在输入框内填入 IP 地址或在网守注册的 id 号来完成呼叫,也可以通过“地址本”中完成呼叫。“地址本”实现用户电话本功能,方便用户的记录、查询、删除以及快速呼叫。系统设置可以根据用户的要求完成基本的设置功能,包括“用户设置”,“IP 设置”,“GK 设置”。

4 结束语

该系统提高了可扩展性和平台独立性,通过 MSP430 子系统等解决了处理器 I/O 资源有限和降低了对外围低速模块实时控制的复杂度,简化了驱动和应用程序的设计,增强了系统的稳定性;通过 myOPAL 的实现等提高了本系统的性能和并发处理能力,降低了延时等,支持 SIP 和 H. 323 协议,实现了双向 D1 图像(720x480)每秒 25 帧的实时 H. 264 视频编解码以及 G. 711/G. 729 的语音编解码功能,并且有良好的质量和效果,可用于政府机关、教育系统、企事业单位、军队、公安、金融等多个部门单位。

参考文献:

- [1] Texas Instruments. TMS320DM6446 Digital Media System on - Chip, SPRS283E - DECEMBER 2005 - REVISED MARCH 2007[EB/OL]. 2007. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/TMS320DM6446.pdf>.
- [2] Texas Instruments. DVEVM Getting Started Guide[EB/OL]. 2006 - 05. <http://focus.ti.com/lit/ug/sprue66a/sprue66a.pdf>.
- [3] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G, et al. SIP: Session Initiation Protocol[S]. RFC3261. IETF, 2002.

(下转第 183 页)

时提高算法的使用效率。

2 测试技术的应用

2.1 待测系统分析

PAR 方法^[5,6]是一种统一实用的算法程序设计和证明的方法, apla 是为实现算法程序形式化开发的 PAR 方法而定义的一种抽象程序设计语言。而 apla 语言→delphi 语言生成系统的实现是 PAR 方法的关键技术。笔者的测试工作就是基于 apla 语言→delphi 语言生成系统的测试。

待测问题是 apla 语言到 delphi 语言转换系统,转换系统要实现的功能是将 apla 语言准确无误地转换成 delphi 语言,其功能目的性非常明确^[7]。

结合上述对白盒和黑盒测试的分析,使用黑盒测试,同时结合白盒测试覆盖率指标执行,用来解决黑盒测试中常出现的冗余和漏洞两方面的问题。

转换系统采用了模块化来实现,在生成测试需求点和测试用例集时,充分利用该系统模块化特性来减少测试用例的数量。生成测试需求的时,有些模块实现的功能必然会成为多个测试需求点中的测试目标,因此,在不降低测试质量的情况下,可精简测试需求集。

2.2 测试技术的运用

以笔者的工作为实例,采用以上方法来处理测试需求。根据《抽象程序设计语言 apla 报告》^[8]对 apla 语言功能进行等价类划分,得到 8 个测试需求点分别为:程序结构测试点(R_0)、标志符说明部分测试点(R_1)、常量说明部分测试点(R_2)、类型申明部分测试点(R_3)、变量说明部分测试点(R_4)、表达式部分测试点(R_5)、过程与函数说明部分测试点(R_6)、语句序列测试点(R_7);根据等价类划分、边界值分析等方法划分每个测试需求得到其子需求($R_{00}, R_{01}, R_{02}, \dots, R_{0k0}$), ($R_{10}, R_{11}, \dots, R_{1k1}$), \dots , ($R_{70}, R_{71}, \dots, R_{7k7}$);消除该子需求冗余,得到一组新的需求集;消除新需求集的冗余;依次类推。如在细分 8 个测试需求点后,关于“常量说明部分”根据常量说明格式的定义又得到了 8 个测试子需求,其中包括子需求:“标志符取名是否合法”;而在“变量说明”中也包含子需求:“标志符取名是

否合法”,此时根据上述方法将“变量说明部分”的“标志符取名是否合法”消除掉。

最后得到一组测试需求集,该测试需求集对应的测试用例数目比未用该方法求解出来的测试用例集数目大幅减少。

测试需求集确定后,对该测试需求集所对应的测试用例集 T 使用 Chen 和 Lau 在文献[4]提出的的简化方法产生一组最小测试用例集。

3 结束语

比较了黑盒测试与白盒测试的优缺点,根据待测系统本身的特点选取测试方法。着重研究了最小测试用例集生成算法,指出在生成测试用例的过程中,可以使用自顶向下逐步细化同时消除冗余的方法求得测试需求集,尽量减少测试用例集数量。最后运用 Chen 和 Lau 提出的最小测试用例算法来生成最小测试用例集。

参考文献:

- [1] Jorgensen P C. Software Testing: A Craftsman's Approach [M]. 2nd Edition. [s.l.]:CRC Press LLC,2002.
- [2] Johnson D S. Approximation algorithms for combinatorial problems[J]. Journal of Computer and System Sciences,1974, 9(3):256-278.
- [3] Harrold M J, Gupta B, Soffa M L. A methodology for controlling the size of a test suite[J]. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology,1993,2(3):270-285.
- [4] Chen T Y, Lau M F. A new heuristic for test suite reduction [J]. Information and Software Technology, 1998, 40(5/6): 347-354.
- [5] Xue Jinyun, Ruth D. A simple program whose derivation and proof is also[C]//In Proceedings of The First IEEE International Conference on Formal Engineering Method (ICFEM'97). [s.l.]:IEEE CS Press,1997.
- [6] 薛锦云,杨庆红,李云清. 程序设计方法学[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [7] 周 侃. 支持范型程序设计的 Apla-delphi 自动程序转换系统的研制[D]. 南昌:江西师范大学,2003.
- [8] 薛锦云. 抽象程序设计语言 Apla 报告[R]. 南昌:江西师范大学计算机软件研究所,2002.

(上接第 180 页)

- [4] International Telecommunication Union. Packet-based Multimedia Communications System, Recommendation H. 323. Telecommunication Standardization Sector of ITU[R]. Geneva,

Switzerland:[s.n.],1998.

- [5] 北京飞漫软件技术有限公司. MiniGUI 用户手册[M]. 北京:北京飞漫软件技术有限公司,2003.