

基于 PXA270 的嵌入式 SIP 电话的设计与实现

李朋育,高德云,秦雅娟,熊 轲

(北京交通大学 下一代互联网互联设备国家工程实验室,北京 100044)

摘 要: SIP 电话具有广泛的应用前景,开发便携式的 SIP 电话终端有非常重要的研究意义和使用价值。目前 SIP 电话有软件 SIP 电话与硬件 SIP 电话两种实现方式。针对现有软件 SIP 电话依赖 PC 机终端的缺点和硬件 SIP 电话的网关价格昂贵不易普及的问题,将软件 SIP 电话移植到 PXA270 嵌入式平台,完成了软件 SIP 电话与嵌入式系统的结合,实现了基于 PXA270 的嵌入式 SIP 电话终端。嵌入式 SIP 电话终端能够解决现有 SIP 电话依赖 PC 终端和电话网关的问题,且体积小、接入方便,易于普及应用。

关键词: 会话初始化协议;实时传输控制协议;嵌入式系统;SIP 电话

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)12-0193-04

Design and Implementation of PXA270 - Based SIP Phone

LI Peng-yu, GAO De-yun, QIN Ya-juan, XIONG Ke

(National Engineering Lab. for Next Generation Internet Interconnection Devices, Beijing
Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: SIP phone has extensive application prospect. It is extremely significant and valuable to develop portable SIP phone terminal. The SIP phones have two implementations, the software SIP phones and the hardware SIP phones, respectively, at present. This paper presents a solution regarding the implantation of the software SIP telephone to the PX270 embedded hardware, combines software SIP phones and embedded system together, thus develops an embedded SIP phone terminal based on the PXA270 system. This improved terminal can overcome some problems of current SIP phone relying on PC terminals and gateways of hardware SIP phone, and has some other advantages, such as easy use, access and promotion.

Key words: SIP; RTP; embedded system; SIP phone

0 引言

近几年,随着互联网的发展,VoIP^[1~3](Voice over Internet Protocol)在全球网络上迅速发展起来。VoIP 广泛采用的两套信令体系是 ITU-T 的 H.323 协议和 IETF 的 SIP^[4~6](Session Initiation Protocol)协议。其中 SIP 协议以其结构简单、可移植性好、易于扩展、便于实现等诸多优点受到业界广泛青睐,正逐步成为 NGN(Next Generation Network)和 3G(3rd Generation) IP 多媒体子系统中的重要协议。

目前, SIP 电话有软件 SIP 电话和硬件 SIP 电话两

种^[7,8],软件 SIP 电话以 PC 机为平台,将其连接到 IP 网络,可通过 PC 机的耳机和麦克风完成话音通信;硬件 SIP 电话通过普通电话机连接到 IP 电话网关,通过 IP 网络拨打和接听电话。软件 SIP 电话对计算机终端的依赖性很强,而硬件 SIP 电话的网关价格昂贵,两者在应用上都有一定的局限性。

文中将软件 SIP 电话与嵌入式系统相结合,实现了基于 PXA270 的嵌入式 SIP 电话终端。本系统不需 PC 终端和硬件 SIP 电话网关,只要一根网线接入到互联网即可进行语音通话。

1 SIP 电话原理

SIP 电话是采用开放的 SIP 协议开发的一种 VoIP 电话。SIP 协议是基于 IP 分组交换网络,特别是在 Internet 网络环境中,实现通信的一种信令控制协议^[9,10]。目前,VoIP 广泛采用 SIP 协议,其中 Osip2 是一个开放源代码的 SIP 协议栈,具有短小简洁的特点,其专注于 SIP 协议底层解析;eXosip2 是 Osip2 的一个

收稿日期:2010-03-22;修回日期:2010-06-27

基金项目:国家 863 高技术研究发展规划项目(2007AA01Z202);国家自然科学基金(60833002)

作者简介:李朋育(1984-),男,陕西靖边人,硕士研究生,研究方向为互联网应用和嵌入式系统开发;高德云,博士,副教授,博士生导师,研究方向为无线传感器网络、无线局域网、移动互联网、性能评价等;秦雅娟,博士,教授,博士生导师,研究方向为互联网协议体系和宽带无线通信等。

扩展协议集,封装了部分 Osip2 协议栈,使 Osip2 更易于开发使用。

为了保证电话网络信令交互以及数据传输的实时性,SIP 协议需要结合 RTP/RTCP 实时传输控制协议。RTP 实时传输协议^[6]提供了时间戳、序列号以及基于速率的流量控制机制,以实现带有定时特性的不同信息流之间的同步,使发送方与接收方之间协同工作。RTP/RTCP 和 UDP 二者共同完成传输层的功能,从而保证语音数据包实时传输。

SIP 电话将模拟语音信号经过模/数转换、编码压缩后,按一定的打包规则将压缩帧转换成 IP 数据包通过 Internet 进行传输;在目的地经过数据解压、数/模转换还原成语音,从而达到在 Internet 上语音通信的目的^[11,12]。SIP 电话系统构成如图 1 所示。

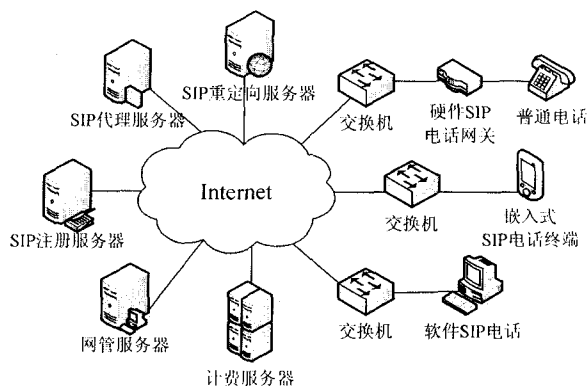


图 1 SIP 电话系统构成

SIP 电话系统由电话终端、接入设备以及服务器构成。电话终端的形式比较多样,比如嵌入式 SIP 电话终端、软件 SIP 电话终端和硬件 SIP 电话终端等;SIP 服务器由代理服务器、重定向服务器、注册服务器、计费服务器以及网络管理服务器等构成,实现 SIP 电话在 Internet 上正常通信。

2 嵌入式 SIP 电话设计

目前,SIP 电话有两种实现方式:基于 PC 机的软件 SIP 电话和基于 SIP 电话网关的硬件 SIP 电话。文中将软件 SIP 电话与嵌入式技术相结合,设计出一种基于嵌入式平台的 SIP 电话。

2.1 硬件终端设计

嵌入式平台是软硬件可裁剪的专用计算机系统。文中采用了基于 Intel XScale 架构的 PXA270 开发板,处理器为 PXA270。PXA270 是 Intel 公司开发的高性能 32 位 ARM 处理器,最高主频可达 624MHz,具有片内资源丰富、运行速度快、功能强大、稳定性高等特征。硬件终端由处理器及外围模块组成,具体包括语音处理模块、以太网接口模块、键盘与 LCD 显示模块以及

存储单元等。SIP 电话嵌入式终端系统结构图如图 2 所示。

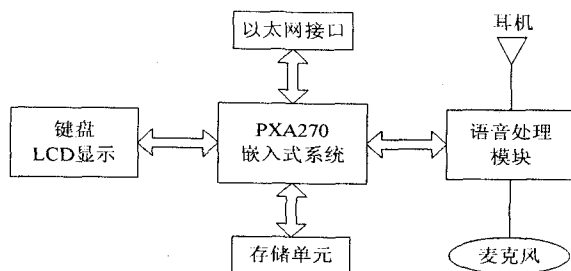


图 2 嵌入式 SIP 电话硬件结构

其中,语音处理模块实现语音的采集或回放,语音数据的编码或解码;以太网接口模块功能是接收或转发语音数据包;键盘实现 SIP 电话号码的输入及相关操作;LCD 实时显示 SIP 电话按键的输入信息和系统状态。

2.2 软件设计

SIP 电话软件是运行在嵌入式 SIP 终端上的客户端应用软件,主要包括 SIP 电话的信令建立、呼叫、接听及挂断等功能。其直接接收用户的输入信息,并进行信息格式检查,根据用户的操作命令初始化 SIP 消息,建立起 SIP 协议的信令交互,然后根据语音数据信息完成编码或解码、UDP 封装或解封装以及数据包的接收或发送等。

2.2.1 软件总体构架

文中设计的 SIP 电话软件是基于 Osip2 和 eXosip2 协议集开发的,由以下功能模块组成:初始化 Osip2 和 eXosip2 函数库模块;初始化监听功能模块;SIP 信令接收处理模块;SIP 消息事件接收处理模块等。其中 Osip2 和 eXosip2 初始化实现协议相关参数初始化设置,SIP 信令以及消息事件接收处理模块的功能是创建 INVITE 消息,形成 SDP 描述,并通过一系列的 SIP 信令消息建立起通信双方的语音数据通道。初始化监听功能模块是实现 TCP/UDP 套接口建立和初始化。SIP 电话软件执行流程如图 3 所示。

2.2.2 软件接听/呼叫过程

SIP 电话软件在启动过程中,首先根据用户配置信息对系统全局变量进行初始化操作,然后向 Osip2 和 eXosip2 协议栈注册回调函数,并启动数据包监听线程。线程一旦接收到数据包,根据数据包中用户的命令生成相应的事件,然后启动事件处理线程。整个流程可以归纳为呼叫/接听两个过程,呼叫/接听过程如图 4 所示。

2.3 音频处理模块

音频处理部分是 SIP 电话软件的关键,音频处理模块的主要对象是/dev/dsp 设备。SIP 电话软件首先

对该设备参数初始化设置,然后才能通过 read 和 write 函数对其进行读写操作,从而实现音频数据的采集与回放。音频处理的具体过程如下:

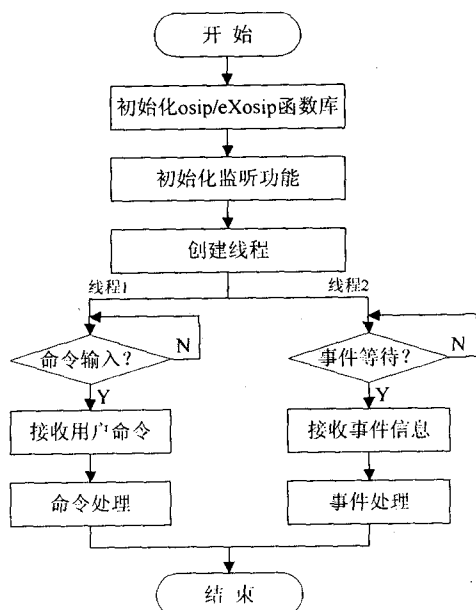


图 3 嵌入式 SIP 电话软件结构

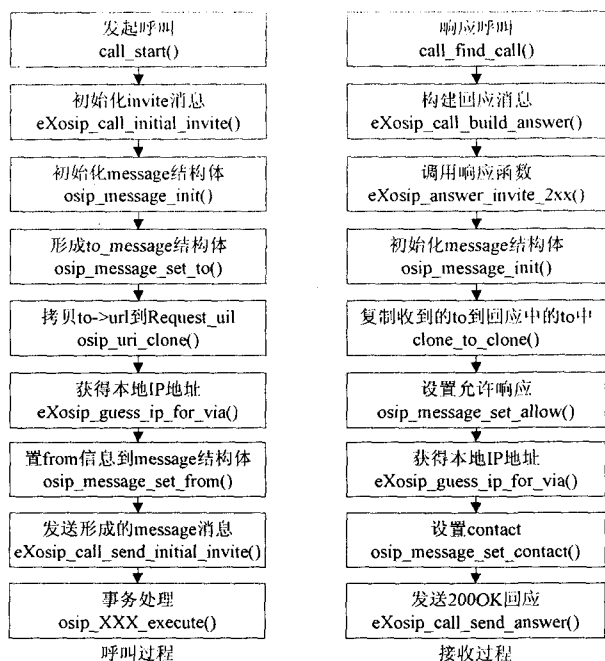


图 4 嵌入式 SIP 电话接听/呼叫过程

(1) 音频处理过程。

音频处理模块实现参数初始化设置、音频采集与回放、音频数据编解码以及 RTP 接收与发送等,功能如图 5 所示。

(2) 音频参数初始化。

图 5 所示模块中,音频部分的工作依赖于驱动程序,应用软件需要对驱动程序中相关参数进行配置,音频处理模块才可以正常工作。

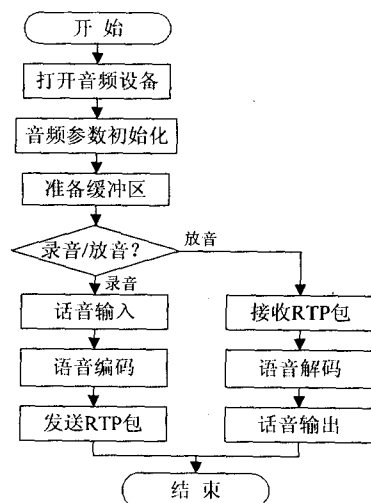


图 5 嵌入式 SIP 电话音频处理过程

文中音频参数初始化包括采样位数、采样率、采样格式、声道、缓冲区个数和大小等。

```
bits = 16; /* 设置采样位数 */
ioctl (audio_fd, SNDCTL_DSP_SAMPLESIZE, & bits);
p = AFMT_S16_LE; /* 设置采样格式 */
ioctl (ca -> fd, SNDCTL_DSP_SETFMT, & p);
rate = 8000; /* 设置采样率 */
ioctl (ca -> fd, SNDCTL_DSP_SPEED, & rate);
stereo = 1; /* 设置通道数目 */
ioctl (audio_fd, SNDCTL_DSP_CHANNELS, & stereo);
frag = ((10 < 16) | 9); /* 设置缓冲区个数和大小 */
ioctl (audio_fd, SNDCTL_DSP_SETFRAGMENT, & frag);
```

以上参数初始化需要参考音频驱动程序中相关参数的定义进行设置。实际调试过程中还要根据具体的通话质量对一些参数进行调整,如 SNDCTL_DSP_SETFRAGMENT 参数对话音时延和失真度的影响。

(3) 音频编解码初始化。

语音编解码部分采用基于 CELP 的开源软件语音引擎 Speex 编码,其设计目标是为了提供高质量和低比特率的语音编码。Speex 提供了大多数编码所不具备的技术性能,具体有支持多种比特率,如 8kHz 采样的低比特率(窄带 2.15~24.6kbps)、16kHz 采样的中比特率(宽带 3.95~42.2kbps)以及 32kHz 采样的高比特率(ultra-wideband)的压缩,支持立体声编码,具有丢包补偿能力,可变比特率特性等。与 PCM 编码相比,Speex 编码可以实现回声消除和声音去抖功能。本系统 Speex 编解码采用低比特率(窄带 8kHz)压缩,比特率为 15kbps。

2.4 软件移植

由于 SIP 协议栈 Osip2 和 eXosip2 在设计之初就考虑了嵌入式系统的特殊要求,因此可将 SIP 协议栈移植到嵌入式系统平台中。嵌入式 SIP 电话软件移植

包括以下几个部分:构建交叉编译环境,移植 SIP 协议栈和相关函数库,移植 SIP 电话应用软件以及调试运行等。移植主要步骤如下:

(1)在宿主机的 Linux 环境下安装交叉编译器,配置系统的环境变量。

(2)利用宿主机的交叉编译器交叉编译 SIP 协议栈以及相应的函数库,包括 Osip2、eXosip2、oRTP、Speex 音频编解码库及其依赖函数库。

(3)移植嵌入式系统 SIP 应用软件。由于 SIP 应用软件需要协议栈以及相应函数库的支持,所以交叉编译时需要准确加载相关库的路径信息,否则编译出错。待编译完成后,目标文件夹形成相应的可执行文件。

(4)在嵌入式平台运行调试 SIP 软件。由于嵌入式系统和 PC 在硬件配置、处理速度以及性能方面存在很大的差异,PC 上能够正常运行的应用软件移植到嵌入式系统后往往会出现很多问题,需要修改 SIP 电话应用软件的相关参数,尤其是音频参数。最后,文中设计的 SIP 电话应用软件可以在两台嵌入式终端之间进行正常的语音通话。

3 测试与分析

文中的嵌入式 SIP 电话系统在局域网环境下进行了测试。将嵌入式 SIP 电话终端 A、B 接入局域网中,网络连接示意图如图 6 所示。

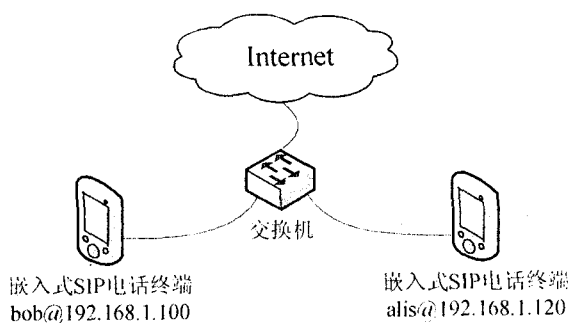


图 6 测试环境

嵌入式终端 A、B 的 SIP 号分别为 bob@192.168.1.100 和 alis@192.168.1.120,其中@前为用户名,@后为终端的 IP 地址。终端 A、B 之间进行了点对点测试:

A 呼叫 B: call sip: bob@192.168.1.120, B 收到 A 的 INVITE 消息 <From: alis@192.168.1.100> 后,输入: answer 命令, A 显示 <connect> 消息,则表示 A、B 两个终端之间的 SIP 信令交互成功,此时双方就可以进行语音通话。

测试的主要目的是为了检测 SIP 信令的建立过程。整个过程可以简化为呼叫、接听和终止三个部分,

可以通过抓包工具 wireshark 和系统的打印消息检测信令的建立过程。经过多次抓包测试, SIP 信令工作流程完全符合 RFC3261 规范,说明 SIP 电话软件已经正确移植到 PXA270 嵌入式硬件平台。

为了衡量嵌入式 SIP 终端的话音质量,文中还采用了主观评定的方法对话音质量进行了测试。经测试,嵌入式 SIP 电话话音质量达到了正常话音通话质量要求。

4 结束语

文中将基于 PC 机的软件 SIP 电话移植到基于 PXA270 的嵌入式硬件平台,实现了基于 PXA270 的嵌入式 SIP 电话系统。与传统的 SIP 电话相比,将依赖 PC 机的软件 SIP 电话和嵌入式平台相结合形成嵌入式 SIP 电话,解决了软件 SIP 电话和硬件 SIP 电话各自存在的问题,使嵌入式 SIP 电话更加灵巧、便携,对 SIP 电话更好地走向市场和未来的大规模应用具有很大意义。

参考文献:

- [1] Agrawal A, Kumar K R P, Athithan G. SIP/RTP Session Analysis and Tracking for VoIP Logging[C]//In Proceedings of 16th IEEE International Conference on Networks. New Delhi, INDIA: [s. n.], 2008: 511-515.
- [2] 赵慧玲,叶华.以软交换为核心的下一代网络技术[M].北京:人民邮电出版社,2003.
- [3] 张越峰,唐学文,张志军. IPv4 与 IPv6 混合网络中的 SIP 电话通信的研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(5): 83-86.
- [4] Sparks P R, Handlay M, Schooler E. SIP: Session Initiation Protocol[S]. RFC 3261, 2006.
- [5] 张荣,武波. SIP 协议的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(6): 71-73.
- [6] 左志波. SIP 协议栈的研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学, 2007.
- [7] 张登银,孙精科. VoIP 技术分析与系统设计[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.
- [8] 刘洋,侯红. 基于 SIP 协议的 IP 电话技术[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4): 184-186.
- [9] 张智江,张云勇,刘韵洁. SIP 协议及其应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [10] 周海华,边恩炯. 下一代网络 SIP 原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [11] 谭金鑫. 基于 ARM9 的嵌入式 SIP 电话终端的设计与实现[D]. 武汉:武汉科技大学, 2008.
- [12] 肖峰. 基于 SIP 协议的嵌入式 IP 电话的研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学, 2006.