

文章编号:1001-9081(2009)10-2823-04

基于嵌入式网络终端的邮件客户端软件设计

王平,何花

(福建师范大学物理与光电信息科技学院,福州 350007)

(pwang@fjnu.edu.cn)

摘要:介绍了嵌入式网络终端的硬件系统和操作系统,通过分析电子邮件系统的原理和相关协议,设计了一款基于此嵌入式网络终端的电子邮件客户端软件。该软件系统逻辑清晰,界面友好,除具备基本的收发中英文邮件功能外,还具有直接在邮件内显示附件标题等功能,具有较大的灵活性和扩展性。

关键词:嵌入式;网络终端;电子邮件;Windows CE;编码

中图分类号:TP393.09 **文献标志码:**A

Design of E-mail client software based on embedded network terminal

WANG Ping, HE Hua

(School of Physics and OptoElectronics Technology, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian 350007, China)

Abstract: Introducing the hardware systems and operating systems of embedded network terminal, a solution for E-mail client software based on embedded network terminal was proposed. And the design of E-mail client software was described in detail, after analyzing the E-mail system theory and related protocols. The E-mail client software was provided with greater flexibility and scalability. It not only can send and receive messages in both English and Chinese, but also possesses other functions, such as displaying the mail attachment content without downloading and so on.

Key words: embedded; network terminal; E-mail; Windows CE; coding

0 引言

嵌入式系统是以应用为中心、以计算机技术为基础、嵌入到对象体系中的软硬件可裁减的专用计算机系统,因其满足系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗的要求的特点,已经被广泛地应用在交通、商业/金融、工业控制、医疗等各个领域。

从现实来看,绝大部分嵌入式系统的硬件平台还掌握在外国公司手中,国产嵌入式系统在技术含量、兼容性、市场运作模式等方面与国外还存在较大差距。我国是制造业大国,在加速传统产业升级的进程中,嵌入式软件无疑是推动“中国制造”向中国“智”造转型升级的关键之一。

目前,嵌入式网络应用技术是国际热点应用技术,飞利浦、三星等公司都在研发相应的嵌入式网络终端,目的是使各类设备直接接入 Internet 网,实现远程通信与控制。

基于单片机的嵌入式网络终端的硬件组成方案有:单片机+硬件协议栈+网卡芯片模式和单片机+网卡芯片模式,但因其软、硬件资源有限,只能实现简单、低速通信。本设计采用的 ARM+网卡芯片模式,其特点是自带操作系统,芯片中集成了大部分的外围电路,运行速度快,功能强大^[1],为实现互联网的应用提供了硬件平台。

电子邮件是互联网的最重要的应用之一,并成为用户相互交流信息的一种重要方式^[2]。但目前的各大邮件客户端软件除了主要的收发邮件外,还有其他许多复杂的功能并不适合在嵌入式网络终端中运行。因此研究一款基于嵌入式网

络终端的电子邮件客户端软件,具有较高的实用价值。

1 网络终端硬件组成和操作系统

1.1 网络终端硬件组成

本设计采用三星公司的 S3C2440A-40 微处理器,结合电源模块、以太网口模块、串口模块、显示(触摸屏)模块、外部数据储存模块以及系统工作状态指示和接口模块构成嵌入式网络终端,硬件实物如图 1。

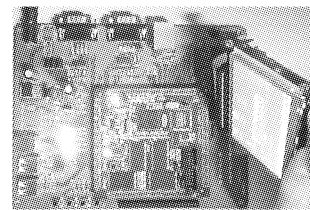


图 1 网络终端实物图

1.2 嵌入式操作系统

操作系统采用微软公司研发的 Windows CE,它是一款功能强大的 32 位嵌入式实时操作系统,该系统所具有的多线程、多任务、完全抢占式的特点,是专为各种受到严格资源限制的硬件系统所设计的^[3]。Windows CE 支持多类硬件外围设备,同时内置的标准通信能力使 Windows CE 能够访问 Internet 并收发 E-mail 或浏览 Web,除此之外,Windows CE 特有的与 Windows 类似的用户界面使最终用户易于使用^[4]。邮件客户端软件采用 C/S 开发模式,在 VS. C# 的智能设备 Windows CE 开发环境中编辑完成。

收稿日期:2009-04-02;修回日期:2009-06-12。 基金项目:福建省科技厅(2007F5039);福建师范大学本科立项项目(BKL2008-006)。

作者简介:王平(1955-),男,福建福州人,高级工程师,副教授,主要研究方向:嵌入式系统、无线传感网络、通信技术;何花(1985-),女,江西新余人,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统、网络协议、通信技术。

2 电子邮件协议

2.1 SMTP 协议

简单邮件传输协议(Simple Mail Transfer Protocol,SMTP)规定由源地址到目的地地址传送邮件的规则^[2]。SMTP 协议命令由 ASCII 字母表组成,提供 8 位字节的传送通道,每个字符的 7 位正确传送,最高位被填充为 0,同时以<CRLF>结束。其一般格式为:命令关键字 + 空格 + 参数 + <CRLF>。SMTP 应答格式为:应答码 + 空格 + 响应的文本信息描述。

2.2 POP3 协议

邮局协议的第三版本协议(The third version of the Protocol Post Office Protocol,POP3)是规定怎样将个人计算机连接到邮件服务器和下载邮件的协议。其通讯过程包括三个阶段:验证状态、事务状态和更新状态^[5]。其常用的命令有 DELE(删除邮件)、RETR + 邮件号(阅读邮件)、STAT(查看邮件总数和大小)等^[6]。

2.3 MIME 邮件编码

多用途互联网邮件扩展编码(Multipurpose Internet Mail Extensions,MIME)是广泛应用的一种电子邮件技术规范^[7]。它解决了 RFC822 标准只能发送基本的 ASCII 码文本信息,而难实现语音、图像等多媒体数据以及其他二进制数据文件发送的问题。常用的编码有 Base64、Quoted-printable、7bit、8bit、Binary 等几种,其中 7bit 是缺省的编码方式^[8]。8bit 和 Binary 编码方式使用较少。

2.3.1 Base64 编码

Base64 编码的目的是将输入的数据全部转换成由 64 个指定 ASCII 字符组成的字符序列,这 64 个字符由{'A'-'Z','a'-'z','0'-'9','+','/'}构成^[9]。编码原理是用 4 个 Byte 来表示 3 个 Byte 的信息,实际过程是将字符按顺序放入一个 24 Byte 的缓冲区,缺字符的地方补零,然后再截断缓冲区使之成 4 个部分,每个部分 6 Byte,高位在先。如果输入的只有一个或两个字节,则输出用“=”补足。

2.3.2 Quoted-printable 编码

Quoted-printable 根据信息的内容来决定是否进行编码,如果读入的字节是可直接打印的 ASCII 字符,则直接输出,如果不是,则将该字节分为两个 4 bit,各用一个 16 进制数字来表示,然后在前面加“=”,这样每个需要编码的字节会被转换成三个字符来表示^[9]。

3 系统软件设计

3.1 客户端软件的功能模块

客户端软件功能模块为如图 2 所示。此客户端软件提供电子邮件绝大部分功能,具有良好的交互界面。

3.2 客户端软件系统主程序流程

主程序流程如图 3 所示,用户打开客户端软件,需要填写邮箱地址和相应密码,点击登录按钮,系统则通过 socket 套接字的 TCPClient 类的连接函数 Connect()向 POP 服务器请求连接,并进行用户认证。用户在收发邮件后关闭主界面,系统释放所有资源。

4 系统实现

4.1 发送邮件

邮件的发送主要依靠发送邮件类(WinCESMTP.CS)实现,主要包括以下函数:

将字符串编码为 Base64 字符串的编码函数 Base64Encode();发送单个命令函数 SendCommand();接收 SMTP 服务器响应码函数 ReceiveData();与服务器交流,发送一组命令并接收响应码函数 Communicate();读取附件文件流函数 GetStream()及综合上述函数的邮件发送函数 SendEmail()。

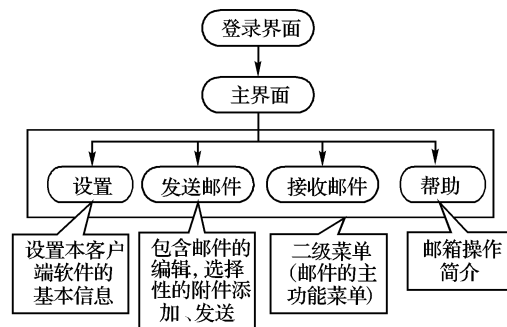


图 2 客户端软件功能模块

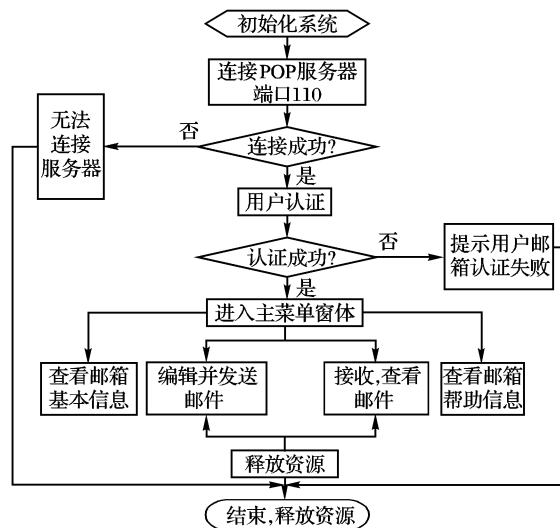


图 3 主程序流程

4.1.1 发送邮件头

邮件发送函数首先使用 TcpClient(smtpServer, smtpPort)与 SMTP 服务器建立 Tcp 通道,由 HELO 命令问候服务器并请求连接。在得到允许后,发送 AUTH LOGIN 命令进行用户认证(用户名和密码须经 Base64Encode()编码)。当用户认证成功后发送“MAIL FROM: <” + From + “>” + “\r\n”(发送者邮件地址)和“RCPT TO: <” + TO + “>” + “\r\n”(接收者邮件地址),若接收者是多个,则采用 split(‘,’)分割后发送。之后由 DATA 命令告知 SMTP 服务器要发送数据,数据基本格式为:“Date: ” + DateTime.Now;“From: ” + 发件人地址 + “\r\n”;“To: ” + 收件人地址 + “\r\n”; Subject:主题(若不是 7bit 的 ASCII 形式则用 Base64Encode()编码后发送);MIME-Version:本版本号(1.0;Message-Id:邮件唯一标识 ID;Content-Transfer-Encoding:邮件头编码方式及邮

件体等。

4.1.2 发送邮件体

若发送的邮件不包含附件则直接发送邮件体,若包含则需要将邮件体分成若干个段:首先标志邮件头域中说明邮件内容类型的域 Content-Type 为 multipart/mixed,同时定义其 boundary 的属性值,后面每段的分段标志就是 boundary 的属性值。不含附件的邮件体段的类型域 Content-Type 标志为 multipart/alternative,若此段内部还要分段则要定义段内的分段标志 boundary 的属性值。含有附件的邮件体段的类型域

Content-Type 标志为 application/octet-stream,并定义此段的安排方式域 Content-Disposition 为 attachment + filename。每一段都标明了段内容的传输编码方式域 Content-Transfer-Encoding 为 base64。

4.1.3 发送邮件程序流程

发送完邮件的 DATA 后,发送“\r\n”+“\r\n”+“.”+“\r\n”作为邮件发送结束的标志,并向服务器发送 QUIT 命令请求断开连接,释放被启用的资源。发送邮件程序流程大致如图 4 所示。

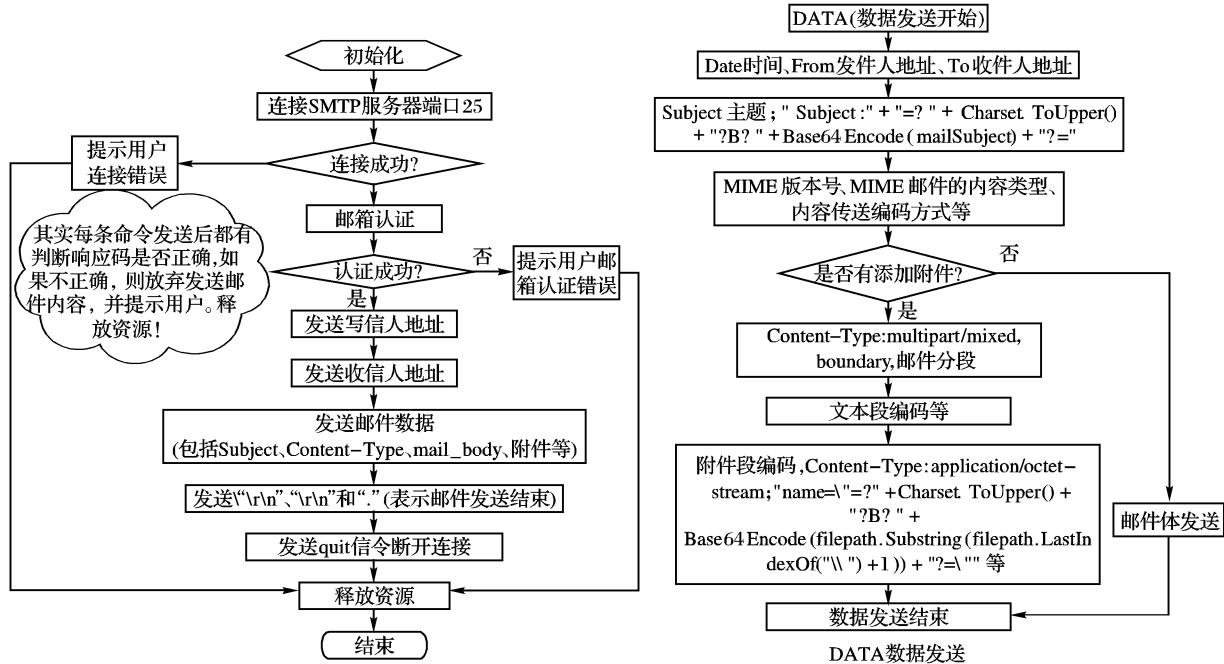


图 4 发送邮件程序流程

4.2 接收邮件

邮件接收的关键在于邮件源代码中信息的提取和解码,它主要依靠接收邮件类(WincePOPClient.CS)、QUOTED-PRINTABLE 解码类和 BASE64 解码类实现。

4.2.1 BASE64 解码

BASE64 解码类的核心函数为 deCodeB64(),是将二进制数据解码为 base64 数字,如下:

```
private static byte[] deCodeB64(需解码的字符串)
{
    ...
    by = Convert.FromBase64String(需解码的字符串);
    ...
}
```

BASE64 解码类首先判断要解码的字符串是否为 ISO-8859-1 字符集,若是则直接调用 Encoding.Default.GetString(deCodeB64(要解码的字符串), 0, deCodeB64(要解码的字符串).Length) 得到解码后的字符串;若不是则采用 Encoding.GetEncoding(要解码的字符串的字符集).GetString(deCodeB64(要解码的字符串), 0, deCodeB64(要解码的字符串).Length) 返回解码后的字符串。

4.2.2 QUOTED-PRINTABLE 解码

QUOTED-PRINTABLE 解码类最主要解决的问题是提取出 QUOTED-PRINTABLE 编码的字符。其核心函数为 ConvertHexContent(解码字符串, Encoding.Default, 0)。此函数首先判断并提取需解码字符串中的 QUOTED-PRINTABLE 编码的字符串放入一个临时数组,由 ConvertHexToString 函数

解码后与其余的非编码字符串放入解码后的数组,解码流程如图 5 所示。

4.2.3 WincePOPClient.CS

WincePOPClient.CS 首先根据多用途互联网邮件扩充(MIME)对邮件源代码进行内容分离,然后提取出需要解码的字符串,再利用 BASE64 解码类和 QUOTED-PRINTABLE 解码类解码。它是接收邮件的核心类,主要包括以下函数:

```
public class WincePOPClient
{
    ...
    WriteStream() // 写入命令
    IsOkResponse() //判断响应码的是否包含“+ OK”
    Disconnect() //断开连接,释放所有资源
    POPConnect() //连接服务器
    AuthenticateUsingUSER()
    // 邮箱认证;输入用户名和密码到服务器
    GetMaiCount() //获取邮箱中邮件的数量和大小
    POPAuthenticate() //登录服务器并获取邮箱中邮件数目
    GetMaiUIDS() //获取邮件的唯一标识
    GetMaiUID() //获取特定邮件的唯一标识
    NOOP() //测试客户端与服务器连接是否正常
    QUIT() //断开与服务器的连接
    DeleteMail() //删除邮件
    GetmessagefromPOP() //读取邮件的源代码
    GetMIMEMessage() //解析所有的段代码
    Getmessagebound() //解析段代码
    GetMailHead(string num) //获取邮件头源代码并解释源代码
    ...
}
```

程序流程如图 6 所示。

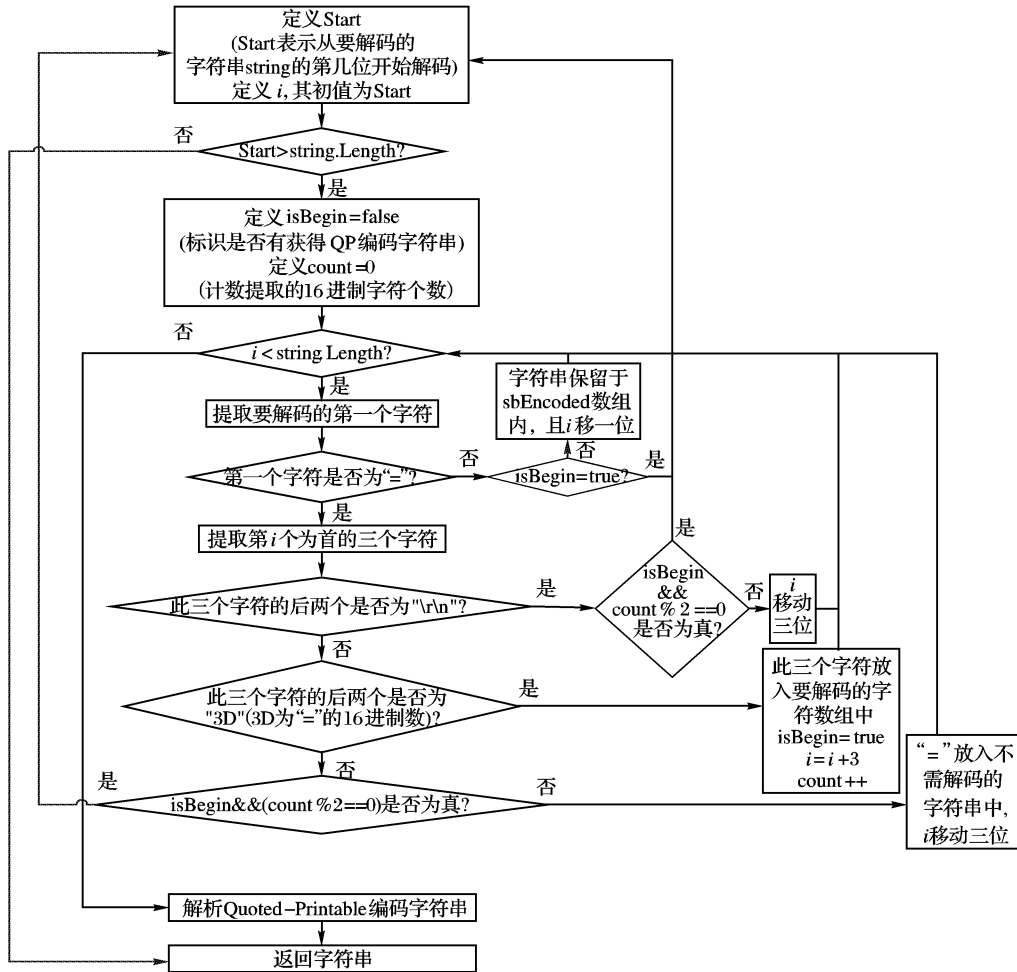


图 5 QUOTED-PRINTABLE 解码流程

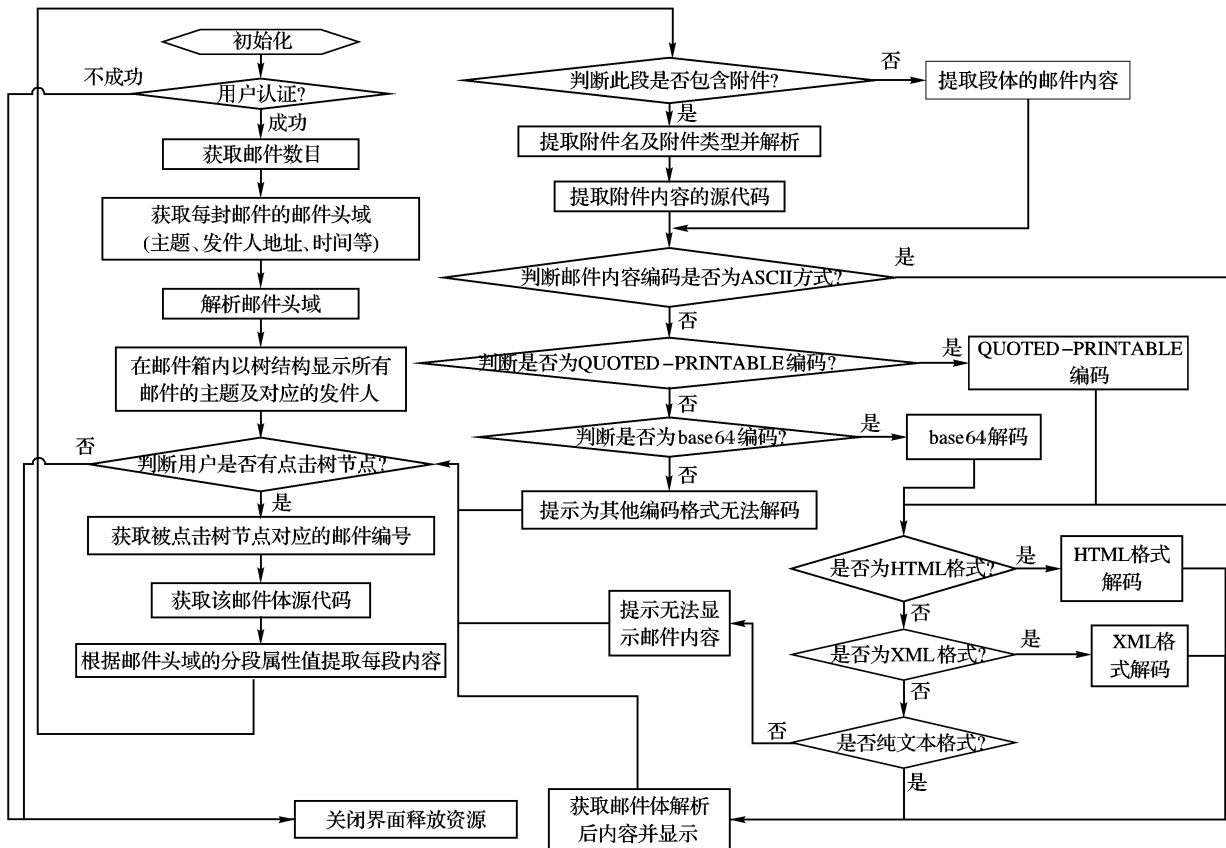


图 6 接收邮件程序流程

(下转第 2829 页)

3.3 测试结果

从图 1 可知,输出的高斯平面坐标 $x \in [-1.002 \times 10^7, 1.002 \times 10^7]$, $y \in [-2.85 \times 10^7, 3.15 \times 10^7]$,且二者均随着输入坐标呈单调递增变化。测试执行与测试结果如下:

首先,选择具有代表性的一组大地坐标 (L, B) 作为输入数据的有效等价类: $(-180^\circ, -90^\circ), (0^\circ, 0^\circ), (180^\circ, 90^\circ)$ 。当 L 值, B 值超出了有效范围后,输入界面进行了控制。基于式 (4) 所描述的数学模型,其相应的高斯平面直角坐标值 (x, y) 预期输出值分别为 $(-1.002 \times 10^7, -2.85 \times 10^7), (0, 1.1659 \times 10^6), (1.002 \times 10^7, 3.15 \times 10^7)$ 。而被测软件的实际输出结果为 $(-1.002 \times 10^7, -2.147 \times 10^7), (0, 1.1659 \times 10^6), (1.002 \times 10^7, 2.147 \times 10^7)$ 。通过简单对比可知,当输入坐标取 $(-180^\circ, -90^\circ), (180^\circ, 90^\circ)$ 时,被测件转换后输出的高斯平面坐标 y 值出现错误。

其次,根据被测件输出的错误坐标值,结合图 1,来反推当时的输入数值。将 $y = 2.147 \times 10^7$ 与图 1 的“*”形线进行比较,可以得到其输入的经度值 $L \approx 120^\circ$ 。同时,按照同比增长的原则,可以推出此时的输入纬度值 $B = 60^\circ$ 。而此后当输入测试数值大于 $L \geq 120^\circ$ 且 $B \geq 60^\circ$ 时,被测软件输出值均应出现错误。对于输出坐标 y 值随经度 L 的变化关系,其预期值 y 与被测件输出值 y' 的差别如图 2 所示。

上述理论反推所得结果与图 2 的“*”线点迹所描述的被测件实际测量结果完全吻合。后经开发此模块的技术人员检查源程序后证实:当输出结果大于 2.147×10^7 值时, DSP 程序溢出。

4 结语

本文针对数据处理软件特点,提出了基于被测软件数据处理模型的测试方法和图解化的测试数据选取方法。典型案

例测试结果表明,引入基于模型的图解化测试方法,可以有效地发现数据处理软件输出变量对输入变量的复杂变化关系。这对于有针对性地选择测试数据、提高测试效率和定位软件问题具有重要意义。

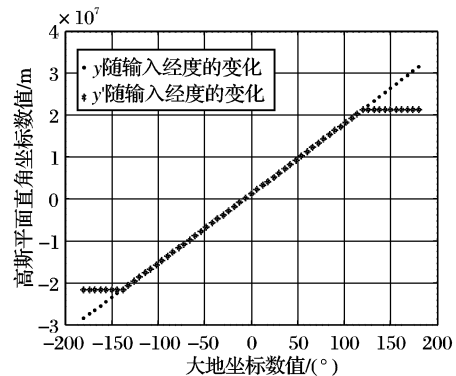


图 2 预期输出 y 值与实测 y' 值的比较

参考文献:

- [1] MANO N. Modeling of data-processing software for generating and reusing their programs [C]// Proceedings of the 10th International Conference on Software Engineering. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1988: 231 - 240.
- [2] 柳纯录, 黄子河, 陈录萍. 软件测评师教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 朱少民. 软件质量保证和管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] KNYVA V, KNYVA M. Testing of data processing software in heat metering systems[J]. Electronics and Electrical Engineering, 2007, 79(7): 11 - 14.
- [5] 朱华统, 杨元喜, 吕志平. GPS 坐标系统的变换[M]. 北京: 测绘出版社, 1994.
- [6] 王立宁, 乐光新, 詹菲. MATLAB 与通信仿真[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.

(上接第 2826 页)

4.3 邮件收发界面

嵌入式网络终端邮件收发过程的主要界面如图 7 所示。

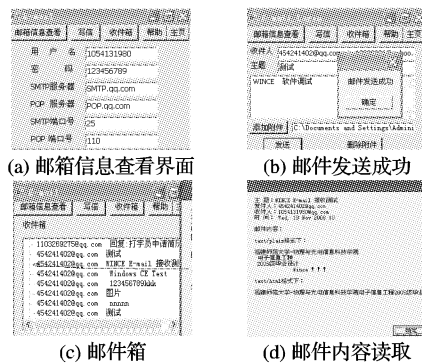


图 7 主要界面

5 结语

在 ARM + 网卡芯片模式的硬件平台实现了和网络资源的对接的基础上,开发出基于 Windows CE 嵌入式操作系统的电子邮件客户端系统很好地解决了邮件解码的难题,系统工作可靠,拥有良好的用户界面;本软件所需要的系统存储空间不到 3 MB,完全满足嵌入式系统对硬件的要求,具备通用电子邮件系统的绝大部分功能,较好地满足了现实社会对交互

性、分布性和异地办公的需求。下一步的研究方向将是继续开发 VoIP 语音通信和 Telnet 数据通信。

参考文献:

- [1] 王平. 基于 PSTN 与 Internet 的嵌入式终端远程控制方案[J]. 微计算机应用, 2009, 30(1): 64 - 51.
- [2] 周彩兰, 虞珊. 基于 SMTP 协议解析的垃圾邮件防止技术[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 188 - 191.
- [3] 吴弋曼, 葛海江, 张能贵. 基于 WinCE 的模拟键盘驱动程序的实现[J]. 机电工程, 2008, 25(9): 103 - 105.
- [4] 林建民. 嵌入式操作系统技术发展趋势[J]. 计算机工程, 2001, 27(10): 1 - 4.
- [5] 叶树华, 高志红. 网络编程适用教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 328 - 330.
- [6] 唐燕. POP3 协议解析及简单实现[J]. 电脑知识与技术, 2007, 3(16): 951 - 952.
- [7] 胡燕, 滕桂法, 董素芬. 基于 MIME 邮件结构的邮件内容提取技术的研究[J]. 现代图书情报技术, 2008(5): 85 - 88.
- [8] 李志伟. 基于 MIME 的邮件自动收发系统的实现[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(4): 118 - 120.
- [9] 孙涛. MIME 邮件格式分析及信息提取[J]. 计算机与信息技术, 2007(6): 24 - 30.