

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2015.01.007

# 基于无线数据通道的高速无线传真系统

林贤炼

(厦门锋联信息技术有限公司, 福建 厦门 361008)

**摘要:** 针对传统电路交换方式的无线传真业务存在不够可靠和不够稳定的问题,提出基于无线数据通道的无线传真服务系统的设计方案。该方案由传真数据服务中心,传真网关以及无线传真设备等部分组成。传真数据服务中心实现了对无线传真设备的接入管理;传真网关实现与网外传真的互联互通,无线传真设备完成对传真文件收发操作。研究表明,此设计方案较好地解决了无线传真可靠性和稳定性欠缺地问题,具有较强的实用性和推广价值。

**关键词:** 无线传真服务系统;无线传真设备;传真数据服务中心;NuttX RTOS

**中图分类号:** TP29

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-4348(2015)01-0037-06

## Analysis of high speed wireless fax service system based on wireless data channel

Lin Xianlian

(Xiamen Phonelink Technologies Co., LTD., Xiamen 361008, China)

**Abstract:** To improve the reliability and stability of wireless fax service system of traditional circuit exchange mode, a design solution of wireless fax service system based on wireless data channel was proposed. The system mainly consists of facsimile data service center, fax gateway and wireless fax equipment. The fax data service center enables the access management of wireless fax machines. The fax gateway realizes interoperability with the external network fax, while the wireless fax equipment implements the operation to receive a fax document. The results show that the design solution can improve the wireless fax reliability and stability with practicability and promotional value.

**Keywords:** wireless fax service system ; wireless fax equipment; fax data service center; NuttXR-TOS

无线传真作为商务办公文件往来的重要工具越来越受商务人士的青睐。无线传真的数据承载方式多种多样,如:公共陆地交换网 PSTN 和 IP 网络、CDMA 网络以及 GSM 网络,广泛应用于无线传真业务。在应急通信平台及移动办公场所等方面,无线传真技术均具有非常重要的实用价值和现实意义。

传统的无线传真使用(circuit switched data, CSD)电路交换数据技术作为传真数据的承载方

式,支持第三代模拟传真的传统无线传真设备,具有实时性高、使用方便的特点。但由于移动环境比较复杂及数字通信具有不稳定性,导致无线网络的承载性能较差、网络时延长、抗干扰能力弱,无线传真设备的传真成功率低、传真存在互相干扰的问题,因此无法推广到商用领域。针对传统无线传真存在的上述不足,本文提出了基于无线数据通道的高速无线传真服务系统的设计方案,它具有传输速度快、传真成功率高、兼容性强、不

收稿日期: 2014-10-13

基金项目: 科学技术部科技型中小企业技术创新基金(13C0512)

作者简介: 林贤炼(1982-),男(汉),福建安溪人,工程师,硕士,研究方向:嵌入式 Linux 系统与技术。

受地域限制的特点。经过实验和商用证明,此技术方案能够很好地解决传真真效率低,成功率差和传真设备之间互联互通的问题。

## 1 技术背景

传真是通过通信手段,实现真迹再现的一种技术手段<sup>[1]</sup>。在国外,由于 CDMA 网络较为健全,传统的无线传真的研究和主要使用主要集中在 CDMA 网络;而在国内,则主要集中在 GSM 网络。由于受到网络环境的限制,以上两种网络的无线传真无法实现大面积的商用<sup>[2]</sup>。传统的无线传真通信流程是参照了 PSTN 网络的 T.30 协议来设计的,它是在电路交换域即 CSD 域的业务层中增加传真业务,参照了 T.30 协议来实现传真的可靠性传输。但由于无线网络的复杂性,传真传输汇接的不够完善,有限的无线信道资源被大量占用等问题的存在,使得传真接收与发送频繁中断,造成了无线传真收发成功率低。更何况,在无线网络中,传真速率采用适应协商的方式仅能支持 9.6 kbps,而一般传真网络带宽可以达到 14.4 kbps,除了一部分带宽用来传输传真数据之外,剩余的带宽用来对错误数据进行校正<sup>[3]</sup>,因此大大降低了无线传真的传输效率。

因此,为了适应市场需求,迫切需要建立一种新的无线传真技术架构,通过构建无线传真服务系统,设计无线传输技术的新无线传真设备来实现无线传真功能。基于无线数据通道的无线传真系统解决了传统无线传真存在的问题,它具有传真速度快、传真成功率高、兼容性强、移动性能强等特点。无线传真服务系统由传真数据服务中心、传真网关以及无线传真设备组成。传真数据服务中心和传真网关运行于 Cent OS Linux 平台上,完成对无线传真设备的接入管理及网内网外传真互联互通;新的无线传真设备运行于 NuttX RTOS 嵌入式操作系统平台上,实现了传真文件的收发和控制打印操作功能,它们具有很好的可靠性和稳定性。

## 2 无线传真服务系统简述

无线传真服务系统由传真数据服务中心、传真网关以及无线传真设备等部分组成。整个系统拓扑结构如图 1 所示:

整个系统工作原理如下所述:无线传真设备

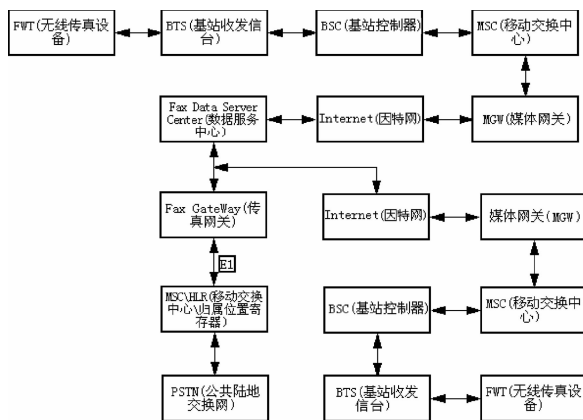


图 1 无线传真服务系统拓扑图

Fig. 1 The topology of wireless fax service systems

上电启动,首先完成设备的初始化工作,包括读取预先设置的设备编码、传真数据服务 IP 等;然后无线通信模块通过基站收发信台,基站控制器及移动交换中心,注册到无线网络,通过点对点拨号连接,完成数据呼叫连接,并从媒体网关上自动获取一个动态 IP 地址,至此网络连接成功;最后使用特定的数据通信协议实现与传真数据服务器的可靠性连接。在进行连接时,传真数据服务器会对无线传真设备的合法性进行验证,包括设备编码、用户名与密码、服务类型等参数进行验证,最终完成整个报文鉴别。当用户主叫摘机完成拨号后,无线传真设备通过传真机扫描后把传真文件存储到待发送区域,同时启动数据转换程序,把转换好的传真数据通过数据传输协议发送到传真数据服务器上。当被叫用户为有线端传真用户,则通知传真网关发送;如为相同类型的无线传真设备,则直接发送此份传真,被叫端无线传真用户通过传真机把传真文件打印出来。当无线传真设备接收到从传真数据服务中心发送过来的新传真文件之后,通过数据传输协议把传真文件接收下来,并存储到待打印区域,通过传真机打印出来。

## 3 无线传真服务系统技术方案

无线传真服务系统主要由传真数据服务中心、传真网关以及无线传真设备等 3 部分组成。传真数据服务中心完成对无线传真设备的接入管理;传真网关完成网外网内的传真转发;无线传真设备实现本端和末端的传真收发功能。本文分别从硬件和软件两个方面简要介绍传真数据服务中心及传真网关的主要功能及组成,并重点介绍无

线传真设备的硬件实施方案及数据通信协议。

3.1 硬件设计部分

3.1.1 传真数据服务中心与传真网关

传真数据服务中心与传真网关的硬件链接如图 2 所示：

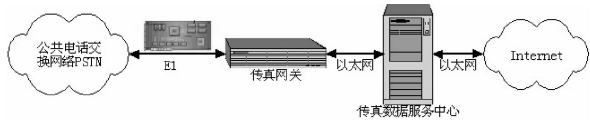


图 2 传真数据服务中心与传真网关链接示意图  
Fig.2 The link system of fax data service center and fax gateway

传真数据服务中心在硬件上主要由一台 IBM 服务器组成。它运行于 Cent OS Linux 平台上,使用 MySQL 数据库,APACHE WEB 服务以及 PHP 进行构建。此服务中心主要用于对来自网外或者网外的传真数据和无线传真设备用户进行统一管理,它包括服务管理、传真文件管理、传真设备管理、历史记录查询,用户管理、计费管理、客户管理,系统管理等部分组成<sup>[4]</sup>。

为解决与传统 PSTN 网络的互联互通问题,在无线传真服务系统中使用了研华工控机和 NMS 公司提供的 CG6000 传真板卡组成传真网关。工控机提供了传真板卡运行的硬件平台,CG6000 提供了传真数据的压缩、而文件转换和传真协议的执行都是由板卡的嵌入式 CPU 完成,它能够准确、可靠地执行全部传真协议,支持实时错误检测。支持高级传真数据的压缩方式(MMR),可缩短传真发送时间,提供 14 400 bps 的收发传真速率,并支持 V.17 和 V.33 调制,即使在噪音很大的情况下也能有很高的传输速度。

3.1.2 无线传真设备

无线传真设备的硬件部分主要由以下几个功能电路组成,其硬件结构如图 3 所示。

无线传真设备的硬件主要由以下几部分组成:Cortex M0 MCU、SLIC 用户接口电路、PMU 电源管理单元、以太网接口电路、DTMF 双音多频编解码电路、MODEM 调制解调器电路、Nor Flash 存储单元、无线传输模块等单元电路。各功能电路的作用如下:1) Cortex M0 MCU 是整个设备的核心,它控制各个电路单元协调工作;2) 无线传输模块实现接入 WCDMA 网络,实现数据收功能,并实现与传真数据服务中心连接;3) 以太网接口电

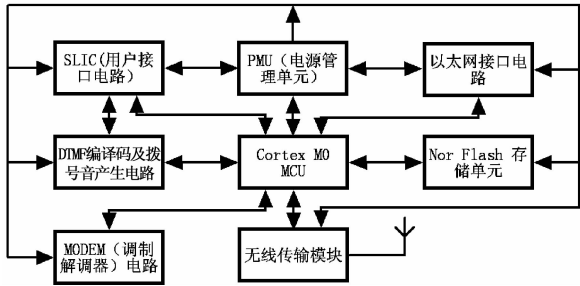


图 3 硬件结构图  
Fig.3 Hardware structure of wireless fax equipment

路完成与以太网设备的连接;4) PMU 电源管理单元为电路产生各种需要的电源,实现电源统一管理;5) Nor Flash 存储单元对传真文件进行存储;6) SLIC 用户接口电路实现与传真机的连接及二/四线转换功能;7) DTMF 编解码及拨号音及产生电路实现传真来电号码显示及传真按键的译码功能,拨号音产生电路用来产生拨号音及各种提示音等;8) MODEM 调制解调器电路实现传真文件的数模及数模转换功能。

本文重点介绍拨号音产生电路,拨号音产生电路用于对用户摘机时做出提示,根据国家标准,我国使用 450 Hz 长连续的正弦波作为拨号音。在无线传真设备中,为了节省 MCU 的资源,使用 MCU 中的 PWM 功能,输出 1:1 的 450 Hz 的方波,通过整形滤波和混频,通过二阶滤波,输出幅度为 0.5 V RMS 的正弦波作为拨号音和提示音使用。其原理如图 4 所示：

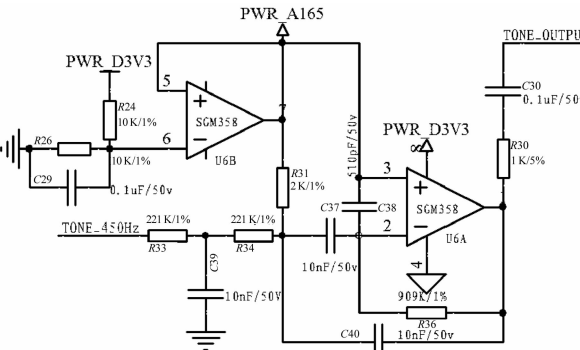


图 4 拨号音产生电路  
Fig.4 Dial tone generator

1) 图 4 中,  $R_{33}$ ,  $C_{39}$  组成低通滤波器,  $F = \frac{1}{2\pi R_{33} C_{39}}$ , 取截止频率为 72 Hz。因此,得  $R_{33} = 221\text{ k}\Omega$ ,  $C_{39} = 10\text{ nf}$ 。

2) 由  $R_{26}, C_{29}, R_{27}, U_{6B}$  组成电压跟随器, 其中  $R_{24}, C_{29}, R_{26}$  组成取样电路,  $U_{6B}$  为跟随器运放。由以上器件组成的电压跟随器作为缓冲级, 削弱信号源阻抗变化对滤波器的影响, 稳定滤波器的参数。

3)  $R_{34}, R_{31}, C_{37}, R_{36}, C_{40}, U_{6A}, C_{38}, R_{30}, C_{30}$  组成二阶带通滤波器, 其中,  $R_{34}$  为信号衰减电阻,  $R_{31}$  为增益电阻,  $C_{37}$  为信号耦合电容,  $R_{36}, C_{40}$  分别为反馈电阻与电容,  $C_{38}$  为共模抑制电容,  $R_{30}, C_{30}$  组成信号耦合电路,  $f = \frac{1}{2\pi R_{33} C_{39}}$ , 取中心频率放大倍数  $K_F = 2$ , 品质因数  $Q = 11$ , 中心频率  $f_0$  取 395 Hz。在二阶带通滤波器中, 其基本关系式为<sup>[5]</sup>:

$$\omega_0^2 = \sqrt{(R_{31} + R_{34}) / (R_{31} R_{34} R_{36} C_{40}^2)} \quad (1)$$

$$K_F = R_{36} / (2R_{34}) \quad (2)$$

$$Q = (1/2) \sqrt{R_{36} (R_{31} + R_{34}) / (R_{31} R_{34})} \quad (3)$$

由(1)~(3)式, 得  $C_{37}, C_{40}$  为 10 nF,  $R_{36}$  为 909 kΩ,  $C_{30}$  为 0.1 μF。

3.2 软件设计部分

3.2.1 数据通信协议

为了实现数据的可靠传输, 在无线传真设备与传真数据服务中心之间必须使用完整的数据控制规程。因此, 无线传真设备与无线传真设备之间、无线传真设备与传真数据服务中心之间的数据使用 TCP/IP 协议。无线传真设备在使用标准 TCP/IP 协议中, 需要考虑以下几方面的问题:

1) 连接数改进问题。在标准 TCP/IP 协议中, 它可以支持非常多的连接数, 而在无线传真设备中, 由于 RAM 的资源有限, 只有 8~16 KB, 无法支持多个连接。因此在连接数上作了限制, 即只支持一个 TCP 连接。

2) 滑动窗口的大小改进问题。在标准 TCP/IP 协议中使用滑动窗口机制, 数据可以批量进行发送, 而只进行一次确认。考虑到无线网络传输的不稳定性问题和系统资源的有限性, 定义一个较小的 MSS 值(如 512 字节), 窗口大小定义为 MSS 的 1 至 2 倍, 这样能大幅度提高数据传输的效率。

3) 超时和重传机制的改进问题。由于无线传真设备的资源有限, 标准 TCP/IP 协议的超时重传机制无法正常使用。标准的 TCP/IP 协议是在 PC 机上使用, 存储空间丰富, 通过保护最近的

发送报文来实现的。在无线传真设备中, 则是保存最近一个发送的报文信息。当报文丢失时, 存储报文的缓冲区的指针返回到发送指针的位置。此时系统就可以重新传送丢失的报文, 同时节省了存储资源。

在传真数据传输过程中, 可能会涉及到以控制命令或者传真数据的形式进行发送, 即控制连接或者数据连接。控制连接用于两个主机之间传输控制信息, 如用户标识、口令等信息, 而数据连接用于实际传输一个文件。其数据包格式如图 5 所示。

7E7E7E7E	+Length	+type	+body	+CRC(32)	+7E7E7E7E
起始符	数据包长度	数据包类型	消息体	校验和	结束符
4Byte	2Byte		命令的内容	4 Byte	4Byte

图 5 数据包格式

Fig. 5 Data packet format

校验和中的 CRC 校验和是从数据包长度开始到消息体结束, 数据包长度是指从数据包开始到 CRC 校验和结束。消息体的内容包括控制命令和数据的内容。

上述基于数据通道的无线传真服务系统的传真主被叫软件控制流程图如图 6、图 7 所示。

3.2.2 传真数据服务中心及传真网关

传真数据服务中心和传真网关运行于 Cent OS Linux 平台上, 使用 C++ 来实现。传真功能的发送函数如下:

```
BTLINE *lp; /* Pointer to the BTLINE structure */
unsigned char buf[1024]; /* Data Buffer */
unsigned size; /* Data Size */
struct args_fax args; /* Data format to be transmitted, include data format, resolution */
for (;)
{
    size = read_data_from_file(buf);
    if (size == 0)
        break;
    BT_ZERO(args);
    args.buf = buf;
    args.size = size;
```

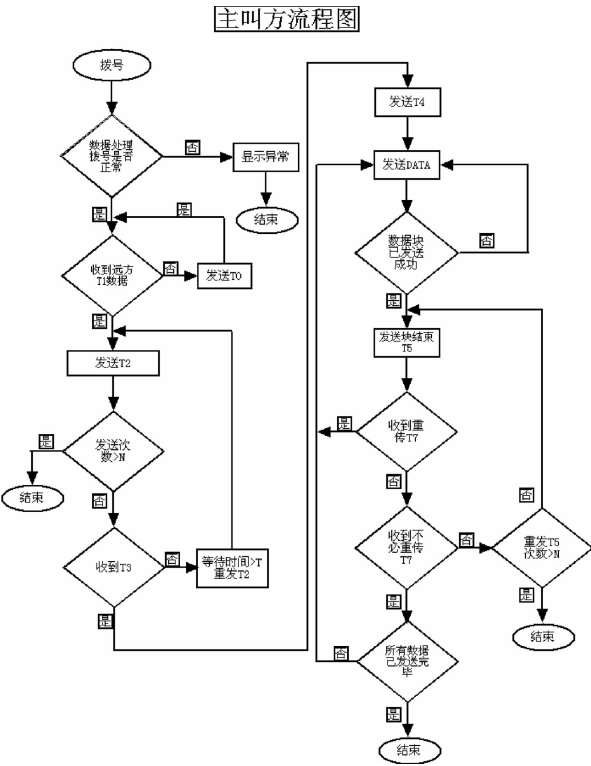


图 6 主叫方流程图  
Fig. 6 Flowchart of calling

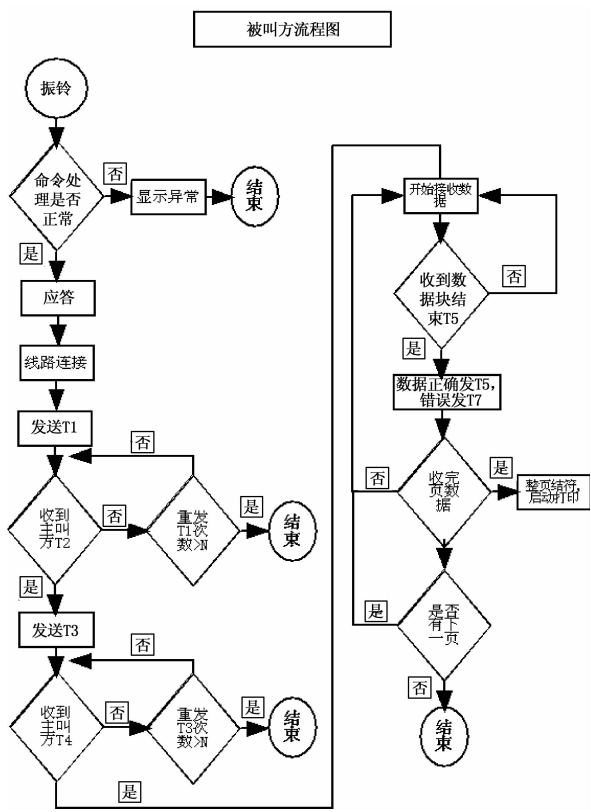


图 7 被叫方流程图  
Fig. 7 Flowchart of caller

BfvFaxSendData( lp, &args );

}

3.2.3 无线传真设备

嵌入式实时操作系统相对于大多数商业化嵌入式操作系统来说更具有优越性,因其具有开源、多任务进程、高度模块化、支持多平台且功能稳定等诸多优点,现已广泛应用于嵌入式领域。实时操作系统使总系统具有“运行时间确定性”的特点,它具有两层含义:一是结果的正确性,二是结果需要在指定的时间内完成。在无线传真设备的技术方案中,使用 NuttX RTOS 嵌入式实时操作系统。嵌入式实时的属性,决定其为非虚拟内存管理机制,防止不确定性的 I/O 阻塞时间,减小程序运行时间的不确定性。因此,NuttX RTOS 从算法开始就重视碎片的产生问题,通过算法在规避碎片的产生。它选择了类似 buddy 算法,同时使用了最先匹配算法的思想。它一方面能够学习最先匹配算法快速检索到合适的内存块,进行内存的申请释放,另一方面提高了 buddy 算法内存使用率。

无线传真设备在软件设计中使用 C 语言设

计,开发平台为 CygWin。无线传真设备往传真数据服务中心发送数据函数如下:

void taskSEND2S(void)

{

uint8\_t t;

uint16\_t n;

if( sys\_sta == 31 )

{

ack\_n = 0;

if( ( fmodem\_addr - s\_d\_n ) > 511 ) /\*

Have Any Data \*/

{

send\_it = 0;

send\_data( 512 );

s\_d\_n = s\_d\_n + 512;

P\_NOW ++;

if( P\_NOW == 128 )

sys\_sta = 35; /\* Waiting for

Send T4 \*/

}

```
else
{
    if( fax_end == 1 )
    {
        n = fmodem_addr - s_d_n;
        if( n > 0 )
        {
            send_data( n );
            s_d_n = s_d_n + n;
            P_NOW + +;
            T13 = 1;
            send_it = 0;
            sys_sta = 35; /* Waitting for Send T13 */
        }
    }
else /* Already Send Data Finish */
{
    TaskDelay( 1000 );
    T13 = 0;
    send_command13( );
    page_next = 0;
    send_it = 0;
    sys_sta = 34;
}
}
}
```

4 结论

无线传真服务系统相比于传统无线传真,具有以下明显的优势:1) 传真速度快,最高可达到 100 Mbits/s,远远高于普通传真机 9.6 kbits/s 的速度,提高传真收发速度;2) 传真收发互联互通,可与任何有线传真、无线传真以及网络传真互发;3) 传真兼容性强,可兼容市场上所有类型传真机;4) 可以无缝连接到其它运营商网络,并可升级到 4G 网络;5) 产品可适用于应急通信平台;6) 同时为了实现更方便、有效、快捷的管理方式,传真数据服务中心提供了一种低成本的设备远程维护管理手段,即通过无线管理的远程实施、服务平台采集无线传真设备的各种信息,如设备的注册信息、硬件配置、服务配置等信息,可通过远程帮助用户配置设备参数,进行设备固件或者软件升级,提升产品的服务质量。因此,本文构建的无线传真服务系统,具有较好的时效性和稳定性,可有效解决传统无线传真方式的种种弊端。

通过样机和系统集成测试,并在实际网络中进行测试验证,证明基于无线传输技术的无线传真设备可实现传真收发、语音通话等功能,设备工作稳定可靠,具有较好的市场推广前景。

参考文献:

[1] 刘立柱. 数字传真通信[M]. 北京:人民邮电出版社,2000:1-5.  
[2] 张和平,何惠琴,朱绍文,等. 基于 CDMA 网络的无线传真接入的研究与实现[J]. 电子设计应用,2005(3):99-100.  
[3] 蒋维刚,刘立柱. 基于无线通信网络的 G3 传真终端的实现[J]. 微计算机信息,2005(8):66-67,65.  
[4] 林贤炼. 基于 WCDMA 无线传真设备的设计与实现[D]. 厦门:厦门大学,2012.  
[5] 王昊,李昕. 集成运放应用电路设计 360 例[M]. 北京:电子工业出版社,2007:160-164.

(责任编辑:肖锡湘)