

基于可见光的手机支付系统设计

严丹丹^{1,2}, 蔡方凯¹, 陈金鹰², 王惟洁³

(1. 成都工业学院 网络与通信工程学院, 成都 611730;

2. 成都理工大学 信息科学与技术学院, 成都 610059; 3. 成都大学, 成都 610106)

摘要:针对手机支付过程中存在的便捷性差、安全性能低等一系列问题,提出了基于可见光的手机支付系统设计。根据可见光通信原理,以手机手电筒的灯光作为传输媒介进行数据传输,收费端的光电接收装置接收、判读并存储支付数据实现支付功能。整个支付过程能在1~2s时间内完成,支付距离在0~40cm范围内。该系统能初步实现利用可见光进行手机支付。

关键词:可见光通信;手机支付;光电接收;APP

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2018)01-0046-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2018.01.013

Design of mobile phone payment system based on visible light

YAN Dandan^{1,2}, CAI Fangkai¹, CHEN Jinying², WANG Weijie³

(1. School of networks & communication Engineering, Chengdu

Technological University, Chengdu 610059, China; 2. College of

information science and technology, Chengdu University of Technology,

Chengdu 610059, China; 3. Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: This paper puts forward the design of mobile payment system based on visible light for a series of problems such as poor convenience and low security performance in mobile payment process. The system according to the principle of visible light communication, using mobile phone lighting as the transmission medium for data transmission, the light receiving device at the charging terminal receives, interprets and stores the payment data to realize the payment function. The entire payment process can be completed in 1~2s, the pay distance in the 0~40cm range. The system can initially achieve the use of visible light for mobile payment.

Key words: visible light communication; mobile payment; photoelectric receiving; APP

0 引言

手机支付是以移动运营商、银行和第三方支付服务运营商为主体的产业链,根据支付距离的远近可分为远场支付和近场支付。远场支付是指消费者通过手机输入支付信息,以移动网络为载体传输至远程服务器完成支付。远场支付涉及数据的远程传输,因此传输载体(即无线网络)存在安全威胁。另外,过多地参与主体也给手机带来了诸多问题,如手机终端安全威胁、软件病毒安全威胁、应用层安全威胁和支付平台运营管理安全漏洞等。近场支付指消费者实时通过手

机终端在现场向商家支付,是一种利用近距离无线通信技术实现信息交互的解决方案,如运营商大力推广的近距离无线通信(NFC)和射频识别(RFID)刷卡手机服务。近场支付因其近场通信的特性,安全性比远场支付好,但仍然存在一些安全问题,如“中间人攻击”^[1],从而截获信息。可见光通信的特点是,接收端只有处于光链路上才会被截获数据^[2],而近场支付在支付时手机端与接收端近乎零距离,故利用可见光完成近端支付具有较高的安全性。因此,本文提出基于可见光通信的手机支付系统设计^[3-5]。

1 手机支付系统的整体设计

本文设计的基于可见光通信的手机支付系统包

收稿日期:2017-07-18。

基金项目:2016年省级大学生创新创业训练计划项目(201611116051)资助。

作者简介:严丹丹(1989-),硕士研究生,主要研究方向为电路与系统。

含手机端与光电接收端,其总体架构如图1所示。智能手机作为信号发送端,将手机光电二极管发出的光作为信号光源发送编码数据;灯亮表示传输二进制数据“1”,灯灭表示传输二进制数据“0”。灯亮、灭时间由闪烁频率决定。收费终端内的光电二极管通过感光,将光信号转换成电信号,实现可见光信号无线传输。通过转换得到的电信号为微安级电流信号,经放大、解码判读后由数码管显示,同时存储芯片保存数据。光电接收端根据采集到的数据有效性调用语音段播报。最后,将数据通过移动网络(如GPRS)传输到商家对应的银行账户,完成支付。

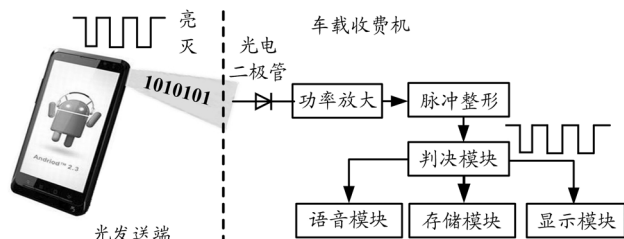


图1 手机支付系统架构图

2 系统硬件设计

在硬件系统开发中,本文采用STC89C52单片机作为中央控制单元(MCU),数码管作为显示模块,ISD1760语音芯片作为语音播报模块,另外还采用了光电接收放大模块、数据存储模块等功能模块,其结构图如图2所示。光电接收放大模块将接收的光信号转换成电信号,电信号经过放大后从RXD引脚引入单片机。单片机将判读的数据存入数据存储模块中。最后,根据收到的数据情况调用不同的语音段,同时控制数码管显示该数据。

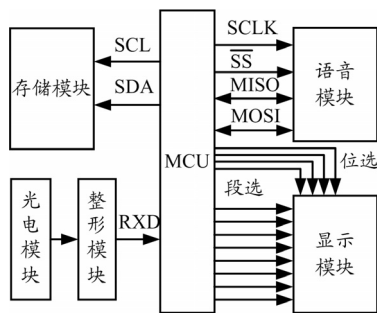


图2 硬件模块图

2.1 光电接收放大模块

光电接收放大模块的主要功能是先将可见光信号转换成电流信号,再将电流信号转换成电压信号,并放大该信号。光信号检测模块采用PIN光电二极管^[6]检测可见光信号,但它只能将可见光信号转换成电流信号,且转换的电流信号非常微弱(约为0.01mA)。为了满足单片机TTL电平的判断要求,利用接入电阻将电流信号转换成3~5V的电压信号,但此时

信号功率仅有0.03~0.05mW,无法驱动数码管显示。因此,我们采用LM324芯片构成电压跟随器对电流信号进行放大。LM324芯片内部的三极管具有放大电流的功能,信号经过电压跟随器后,电压保持不变,电流放大到4mA,功率达到12~20mW,满足判决要求。因为光路近乎零距离,光发送和接收端可以视为直接对准,所以光电转换效果好。

2.2 语音模块

单片机与语音芯片间通过SPI通信,主控单片机STC89C52的4个I/O引脚P2.0~P2.3分别与ISD1760语音芯片的MISO、MOSI、SCLK和SS端连接进行串行通信,控制语音芯片播放语音。SS置零时,语音芯片作为被控制设备开启SPI接口。主控单片机STC89C52产生SPI接口的时钟SCLK,控制语音芯片MOSI和MISO端各自的数据输入和输出。在SCLK的上升沿,数据锁存进语音芯片的MOSI端,语音芯片从该引脚读入放音地址;在SCLK的下降沿,数据从MISO端移出^[7,8]。语音芯片预先需要烧录“支付成功”和“支付失败”两段语音。

2.3 EEPROM 存储模块

STC89C52单片机片内只带有2k字节的EEPROM存储空间,不能满足大容量数据存储的需求,故需采用外部EEPROM存储芯片。本系统采用ATMEL公司的AT24C256芯片,该芯片是串行电可擦的可编程只读存储器,存储容量为256k,8引脚双排直插式封装,具有结构紧凑、存储容量大等特点,可在SDA和SCL总线上拼接4片IC,特别适用于具有高容量数据存储要求的数据采集系统。由于STC89C52不具有I²C总线,因此采用P1.0和P1.1口线来模拟I²C总线,分别与SCL和SDA连接。SCL是串行时钟输入,上升沿将SDA上的数据写入存储器,下降沿从存储器读出数据送到SDA上。SDA是双向串行数据输入输出,用于存储器与单片机之间的数据交换^[9]。

3 软件设计

系统软件设计包含基于JAVA设计的手机应用程序和基于C语言设计的收费终端程序。

3.1 手机支付端软件设计

手机应用程序采用Eclipse软件平台进行安卓软件开发,手机APP界面如图3所示。界面共分为4大板块,包括充值板块、金额显示板块、键盘板块和退出程序板块(EXIT)。图3中充值板块的金额为8元,当

消费一定金额后,钱包中的金额会自动扣除消费金额,显示余额。键盘板块包括 0~9 的数字键、确认键 SURE 和删除键 DELETE。数字键用于输入任意金额,删除键用于修改金额,确认键用于触发支付金额动作。输入的金额通过金额显示板块显示。退出程序板块用于退出整个支付程序。本系统采用异步串行通信协议,协议中采用 ASCII 编码。

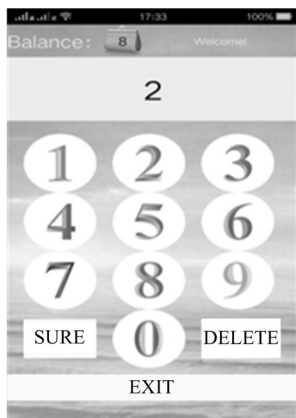


图 3 手机 APP 界面图

手机 APP 运行流程图如图 4 所示。充值完成后,对键盘开始扫描,当发现有键按下时对按键类型进行判断:如果是数字键就将对应的数字通过金额显示板块显示;如果是删除键就对显示的数字进行回删,按一次删一位;如果是确认键就根据显示的金额进行查表(十六进制的 ASCII 码封装表),表中已将每位数字对应的 ASCII 码加上了起始位和停止位封装成一帧数据。将金额数据转换成表中对应数据后,控制手机 LED 灯以明暗的形式传输数据;首先发送起始位 0,然后发送数据位,数据位按从低到高的顺序发送,最后发送停止位。

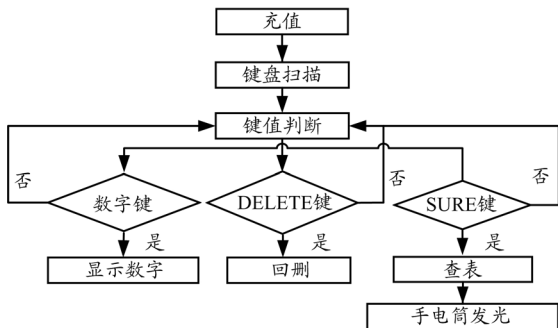


图 4 手机 APP 运行流程图

3.2 收费终端软件设计

手机端模拟单片机发送异步串行通信的数据格式,单片机通过 RXD 引脚接收该数据。异步串行通信的收发端设备需要设置相同的收发频率(误差在 1.1% 以内)才能实现数据的精准收发。因此,需要严格校准手机发送数据的频率和单片机的接收波特率。

本系统采用手机 APP 模拟甲方单片机发送数据,为了进行异步串行通信,实现数据同步收发,需要找到与手机 APP 发送数据频率一致的单片机发送频率,即可设置乙方单片机的接收波特率。我们通过测试发

现,由于受到手机 APP 延时和手电筒闪烁频率的限制,不论如何设置灯光闪烁频率,人眼都能觉察到闪烁现象,因此本系统采用不失真的频率。手机端发送的数据在不失真的情况下频率仅能达到 4Hz 左右,经过光电转换后,由于延时效应,频率仅能达到 1.25Hz。因此,需要调整单片机的频率,使其接近 1.25Hz,最后我们得到的最近单片机信号频率为 1.19Hz。通过测量信号发生波特率 B 与仪器测量的频率 f ,我们得出 B 与 f 的近似关系可以表示为: $f=0.5B$ 。因此,单片机波特率为 2.4Hz,因延时效应最终确定单片机波特率为 3.5428Hz。

在 STC89C52 单片机串行口的 4 种工作方式中,方式 0 和方式 2 的波特率是固定的,而方式 1 和方式 3 的波特率是可变的,由定时器 T1 的溢出率控制。因此根据需要设置波特率时,需要考虑方式 1 和方式 3。定时器 T1 作为波特率发生器时,串行口工作方式 1 和方式 3 的波特率 B 计算如下:

$$B = \frac{2^{smod}}{32} \times \frac{f_{osc}}{12} \times \frac{1}{N-X} \quad (1)$$

其中, $smod$ 为串行口波特率加倍控制位; $smod$ 为 1 时波特率加倍; $smod$ 为 0 时波特率不加倍,此时可以不初始化功率控制寄存器 (PCON)。 f_{osc} 为单片机晶振频率, $f_{osc}/12$ 为 T1 计数率,这是 T1 工作于定时状态的值。 $N-X$ 为 T1 产生溢出所需要的周期数, X 为计数初值, N 由定时器 T1 的工作方式决定。产生溢出所需周期与定时器 T1 的工作方式、T1 的预置值有关;定时器 T1 采用方式 0 时, N 为 $2^{13}=8192$, 溢出所需周期数 T 为 $8192-X$; T1 采用方式 1 时, N 为 $2^{16}=65536$, 溢出所需周期数 T 为 $65536-X$; T1 采用方式 2 时, N 为 $2^8=256$, 溢出所需周期数 T 为 $256-X$ 。

在实际使用中,一般先确定波特率,再根据式(1)计算出计数初值。我们确定单片机的时钟频率选用 11.0592MHz 后,分别计算 T1 采用 3 种不同的工作方式时的波特率范围。当 T1 采用工作方式 2 时,得到的波特率范围是 112.5~28800Hz,但我们选取的波特率 3.5428Hz 不在此范围内,故 T1 不能采用方式 2。当 T1 采用方式 1 时,计算得到的波特率范围为 0.439~28800Hz。当 T1 采用方式 0 时,计算得到的波特率范围是 3.515~28800Hz。由此可知,T1 采用方式 1 和方式 0 时都能取到波特率 3.5428Hz。但是,方式 0 采用 13 位定时器,方式 1 采用 16 位定时器,为了有效利用资源,本文选择 T1 工作于方式 0 来计算计数初值。

$$X=8192-\frac{11.0592 \times 10^6}{3.5428 \times 32 \times 12} \quad (2)$$

式(2)计算得到 X 的十进制为 63,二进制数表示为 111111。在设置波特率发生器时,串行口控制寄存器 SCON 应设置为 0X50,TMOD=0X00,PCON=0X00。由于采用 13 位定时器,因此计数器 T1 赋值为:TH1=01H,TL1=1FH。

收费端流程如图 5 所示。首先初始化,若检测到低电平 0,判决为起始位。将后面接收的数据装入串行口缓冲寄存器 SBUF,对第 9 位数据进行检测,若为高电平 1 则判决为停止位,表示一帧数据已发送完,将接收到的 8 位二进制转换成十六进制数据。因为异步串行通信协议中传输的数据采用 ASCII 码编码,所以要将接收到的 ASCII 码转换成对应数字的图形字符。最后对接收到的数字同步进行显示、播报和存储。

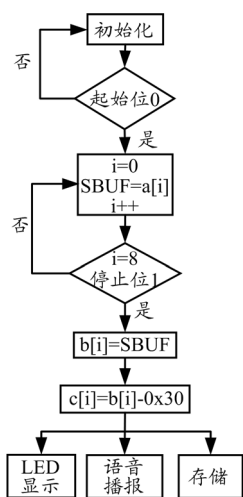


图 5 收费端流程图

4 系统测试

根据系统方案,我们通过单片机和手机 APP 发送相同的数字,利用示波器抓取波形,观察二者发送的数据格式和频率是否一致,不断调整单片机波特率,找到与手机发送频率一致的波特率。首先,通过 APP 界面的数字键盘输入支付金额 2,按确认键 SURE,手机闪光发送该数据;光电二极管将该光信号转换成电信号,单片机通过数字键盘也输入数字 2。然后,将转换后的光信号和单片机发送的信号同时引入示波器观察,得到的波形如图 6 所示。其中 CH1 是单片机发送的数据,CH2 是手机发送的数据。由图 6 可知 CH1 的频率是 1.190Hz,CH2 的频率是 1.250Hz,两种频率接近;CH1 与 CH2 的数据一致,为“0010011001”,传输有效。异步串行通信的数据格式是 1 位起始位“0”、8 位数据位和 1 位停止位“1”,本文为了简化设计省略了奇偶检验位,因此数据位是“01001100”。根据先低位后高位的发送顺序,得到的数据是“00110010”,对

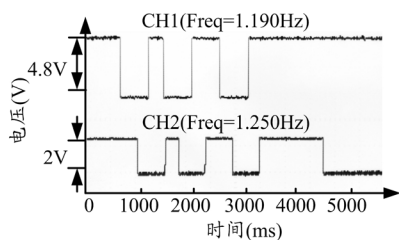


图 6 单片机发送数据与手机发送数据波形

照 ASCII 码,即十六进制数 0x32,将十六进制码转换成图形字符,即得到 CH2。CH1 两边的高电平是空闲位,CH1 中起始位和停止位都由发送数据时单片机硬件自动添加,而 CH2 是手机发出的,需要程序添加起始位和停止位,在此还模拟了短暂的空闲位。总结以上结果可知,CH1 和 CH2 的频率和数据位都一致,达到实验效果。

频率测试通过后,本文进行系统整体测试。首先在电子钱包中通过键盘模拟充值 10 元,然后将手机手电筒部位对准光电二极管,通过手机 APP 界面输入金额 2 元,点确认键 SURE,手机背面的 LED 灯闪烁发光,1~2s 时间内数据发送完后,电子钱包中的数字变为 8,数码管显示数字 2,同时听到“支付成功”的语音信息,证明数据传输成功,实现预期的支付功能。测试证明光源与光电接收管之间的距离在 0~40cm 范围内。

5 结束语

本文将可见光通信技术首次应用于手机领域,设计了基于可见光的手机支付系统。本系统具有成本低和简单易操作的特点,可广泛应用于需要近场手机支付的场合,如公交、餐馆和商铺等。在有无移动网络的区域和特殊场合可通过手机光完成数据传输,具有较大的开发和使用价值。但是,由于手机 APP 的延时和闪光灯闪烁频率的限制,光信号频率低,肉眼能察觉到灯光明暗闪烁的现象,只能实现单工通信。在实际商用化的过程中,还需要做以下 3 点改进:①在手机上安装闪烁频率高的 LED 灯珠来缩短支付时间;②在手机上安装光电转换部件,以满足用户通过手机光进行支付和收款的需求(即半双工通信);③采用更复杂的编码技术和加密技术来确保支付安全性。

参考文献:

- [1] 汪定,马春光,翁臣,等. 强健安全网络中的中间人攻击研究[J]. 计算机应用,2012,32(1):42-44.
- [2] 丁德强,柯熙政. 可见光通信及其关键技术研究[J]. 半导体光电,2006,27(2):114-117.
- [3] 赵庆兰. 手机支付安全研究[J]. 电子设计工程,2014(15):59-62.
- [4] 余健仪. 手机支付安全威胁与策略分析[J]. 金卡工程,2012(7):22-24.
- [5] 朱丽娜,毛莉,杜威,等. 移动电商中手机支付安全策略[J]. 电子商务,2013(9):49-50.
- [6] 祝忠明,严丹丹,陈金鹰. 基于单片机的可见光通信系统[J]. 光通信技术,2016,40(9):56-58.
- [7] 冯志慧,许利军,薛鹏涛,等. 一种基于单片机控制 ISD4004 语音芯片应用电路[J]. 微计算机信息,2003,19(7):55-56.