文章编号：2096-1472(2016)-10-37-03

基于移动微网的智能输液监护系统设计

刘启航[1]，周晓庄[1]，李 超[2]，赵一凡[3]
（1.南京邮电大学贝尔英才学院，江苏 南京 210046；
2.南京邮电大学计算机学院，江苏 南京 210046；
3.南京邮电大学电子工程学院，江苏 南京 210046）

摘 要：人工输液是现代医疗治疗主要手段之一，但是存在效率低下，无法及时预警等缺点。本文设计并实现基于移动微网的智能输液监护系统，该系统由输液异常检测部件、数据传输网络、云服务器和APP四部分构成，实现了滴液测速、滴液速度控制、异常报警的功能。通过搭建测试环境，结果表明，该系统测速误差率仅为0.2%，异常检测及报警率达到100%，并具有功耗低、使用方便等优点，可以极大提高输液监护过程的安全性和医护人员的工作效率。

关键词：智能输液；移动微网；Zigbee技术；云数据库
中图分类号：TP274+2 **文献标识码**：A

The Design of Intelligent Infusion Monitoring System Based on Mobile Micro-Network

LIU Qihang[1],ZHOU Xiaozhuang[1],LI Chao[2],ZHAO Yifan[3]
(1.*Bell Honors School,Nangjing University of Posts and Telecommunications,Nanjing* 210046,*China*;
2.*Computer College,Nanjing University of Posts and Telecommunications,Nanjing* 210046,*China*;
3.*Nangjing University of Posts and Telecommunications School of Electronic Science & Engineering,Nanjing* 210046,*China*)

Abstract: Fluid infusion is one of the main methods in modern medical treatment,but it suffers from some obvious flaws,such as low efficiency, inability to issue warnings in time.Accordingly,this paper designs and implements the intelligent infusion monitoring system based on mobile micro-network.The system consists of 4 components,including the anomaly detection unit,the data transmission network,the cloud server and the mobile APPlication,which implements several functions such as dripping speed measurement,dripping speed control and abnormality alarming.The test results show that the error rate of speed measure is only 0.2%,and the rate of anomaly detection and alarm both reaches 100%.Moreover,with the advantages of low power consumption and convenience,the system can greatly improve the security of fluid infusion and the working efficiency of medical staff.

Keywords:intelligent infusion;mobile micro-network;Zigbee technology;cloud database

1 引言(Introduction)

静脉输液是临床医学中的一种重要的治疗手段和医学监护的一项重要内容[1]，其在各个医院的医疗工作中被广泛的应用，据统计每年住院输液率高达98%[2]。但是大部分医院的输液方式都是采用人工监控，效率低下，易引发医疗事故，因此，智能输液监控技术成为近年来的研究热点，仅在美国，输液控制的安全软件使用率也从2006年的33%上升到现在的98%[3]。目前国内外也有不少智能输液系统，也可以实现预警功能。日本JMSOT701输液泵[4]，声光报警背光彩屏显示，具有独特的高达30%可调整度的滴速控制而且独特的蠕动式泵箱，便于装拆、清洗。但功耗太大，成本高昂，只能应用于重症患者监护而难以推广。国内智能输液设计以压电桥式传感器获取输液信息[5]，成本低功耗小数据采集方便，但稳定性差，光线、温湿度会影响获取的输液数据。

本文设计的智能输液系统采用Zigbee网络传输数据，其多种的休眠模式使得传统铅蓄电池可使整个系统工作两个月以上，而且Zigbee网络组网迅速，健壮性强。红外光电传感技术彻底克服了指状蠕动泵依赖输液软管弹性的缺陷[6]，利用液滴对红外光的有效反射，使另一端的探头无法接收到红外光来触发传感器，另外智能手机的APP让预警更加及时有效。

2 Zigbee及相关技术(Zigbee and correlative technique)

Zigbee传输技术是最近提出的一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术[7]。主要适用于自动控制和远程控制领域，是为了满足小型廉价设备的无线联网和控制而制定的。本文主要采用了TI公司推出的以CC2530为核心的开发板。其以51单片机为内核，共有18个中断源，对应着不同的中断向量，在使用中断源时要申请各自的中断向量，其主要的流程为：系统初始化、中断使能、中断寄存器的配置、中断触发和清除中断标志。上述流程结束后即可采集到相应的数据，此系统由于数据量仅仅为一串字符串，所以采用RFD(Reduced-Function Device)来实现低功耗充分利用资源。CC2530芯片工作时具有不同的运行模式，

基金项目：国家自然科学基金青年基金项目(项目号：61302158)；江苏省自然科学基金项目(项目号：BK20130869)；江苏省高校自然科学研究项目(项目号：13KJB520019).

www.rjscz.com

使得它尤其适应超低功耗要求的系统。它的工作模式分为主动模式、空闲模式、PM1、PM2和PM3，当中断标志清除后进入PM3休眠模式，等待下一次的中断触发再唤醒。并且运行模式之间的转换时间短进一步确保了低能源消耗。在业界内，CC2530结合了德州仪器的业界领先的黄金单元ZigBee协议栈，提供了一个强大和完整的ZigBee解决方案。

3 系统的结构设计(The structure design of system)

该智能输液系统主要由四部分组成：输液监控终端、手机端、网关、护士站，其结构图如图1所示。

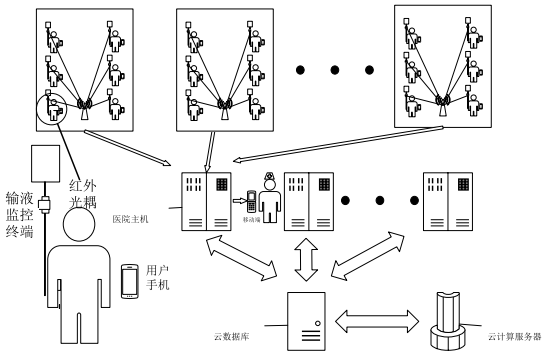

图1 智能输液系统逻辑结构

Fig.1 Logical structure of intelligent infusion monitoring system

(1)输液监控终端：终端的红外光耦模块主要是采集液滴的数目和计算液滴的速率。当液滴滴下的时候遮住光耦，触发一次中断并计数一次，内部定时器启动并计数5秒，保存液滴数n，计算速率v,如式(1)所示。

$$v=\frac{n}{5} \tag{1}$$

再通过Zigbee网络将5秒内的液滴数和速率发送给路由。

(2)手机端：病人可以下载相应的安卓端的APP，接入网关提供的Wifi，便可以获取自己的输液信息，APP可以对输液结束和输液异常等情况进行报警。

(3)网关：Zigbee模块接收传感器发送来的数据，通过串口透传将数据包再发送给Wifi模块，从而连接外网。

(4)护士站：主要是一台PC机，它可以接收网关通过Wifi发来的数据包，记录并监控每个病人的输液状态。护士站实时将数据传输至本地医疗数据中心，中心将数据录入个人医疗记录中。

4 系统功能设计及实现(System function design and realization)

4.1 智能输液监控终端

智能输液终端包含数据采集装置和数据传输装置，它负责数据采集，并向上一层传输数据。智能输液终端的核心是滴液测速准确及稳定，为此我们采用10mm凹槽式红外光耦，把光发射器和接收器面对面地装在一个槽的两侧。发光器能发出红外光，在无阻情况下光接收器能收到光。但当液滴从槽中通过时，红外光被反射，接收器无法接收到红外光，光电开关便动作。输出一个开关控制信号，切断负载电流，从而完成一次控制动作，产生一次中断。

传感器连接的是Zigbee通信模块，当中断触发时，执行中断函数，将液滴数量增加1，并每经过五秒则向Zigbee路由器进行点播，告知该节点输液情况。输液结束后可手动关闭传感器上的Zigbee模块，若未关闭，传感器超过10秒未接收到数据，系统通过休眠定时器进入PM3休眠状态等待下一次的中断唤醒。

4.2 Zigbee网络及路由规划

Zigbee模块有增强型8051微控制器和RF收发器，看门狗和中断事件可唤醒休眠[8]，其余时间处在休眠状态降低功耗。在使用Zstack协议栈编程的时候，所走的流程图如图2所示[9]。数据包包括数据类型、数据长度和传播方式，数据为间歇性数据。Zigbee网络采用星形形式，由终端节点、路由节点、网关组成，通信协议格式如表1所示。

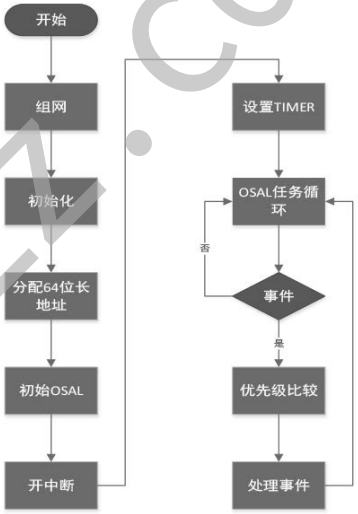

图2 Zstack工作流程图

Fig.2 Route chart of the Zstack

终端节点内部P1.1脚连接LED指示灯D1，上电灯亮表明组网成功，采集数据完成，向路由发送请求，路由接收数据后再将数据打包发送给网关解析。网关是实现节点通信关键，它由Zigbee和Wifi模块拼接而成，部分核心伪代码如下：

```
Transmit
if serial port
 then get port number
      configure Kbps Date Check Stop
      if port open
     convert character string into bit stream
         while buff
           transmit
exit
Receive：
if serial port
 then get port number
      configure Kbps Date Check Stop
```

www.rjgcz.com

```
if port open
    while true
        receive
```

Wifi模块采用的是RF5350芯片，它具有一般家用路由器的功能，内部烧入固件openwrt。Wifi和Zigbee之间通过串口透传传递数据，整个模块作为房间内每个路由节点的网关，Zigbee模块建立起网关和终端的数据网络传输距离有限[10]，因而由Wifi网络将数据上传给护士站。

表1 Zigbee通信协议格式

Tab.1 Zigbee communication protocol

含义	路由器id	终端id	测试时间	测试速度	是否报警	奇偶校验位
长度(byte)	6	3	6	2	1	1
样例	001001	001	101056	09	1	0

4.3 云服务器设计及编程

我们将服务器端架设在云端，它具有很多传统数据库不具有的优势，如录入方便快捷、数据的管理维护由第三方完成、信息安全可靠等，本地各级医院将数据传输至医疗数据中心，可实时监控各医院的医疗情况，及时处理突发事件，并将各患者信息录入并更新，支持多种类型和格式的数据录入、导出，当数据项需要计算时，数据库向云计算服务器发送计算请求，患者来医院再次治疗时，各级医院可以通过姓名或其他身份信息查询该患者过往的就诊记录，在选择输液药物时，避免有较大反应的药物。

我们使用NoSQL类型的数据库mongodb，它在许多场景下可用于替代传统的关系型数据库或键/值存储方式，它是一个面向集合的,模式自由的文档型数据库。云服务器数据表格式如表2所示。

表2 病人数据和输液数据库存储结构

Tab.2 Information of patients and infusion data storage structure

数据名称	code	id	forbidm	name	coutry
样例格式	215000	320522198503182568	{“05421”}	张三	China
含义	所在区域邮政编码	病人身份证号	病人禁忌药物	病人姓名	医院所在国家
数据名称	hospitalid	time	mid	perspeed	perpalse
数据格式	3205220101	20150607	{”01052”，{”3.52”，{”1.52”，”05624”}	”5.32”}	”1.73”}
含义	所在进行输液医院的编号	输液时间	病人禁忌药物	病人姓名	医院所在国家

当医疗科研工作者需要数据时，数据库可以随时自动生成统计报表，并进行统计学分析处理。在数据导出时，数据库建立索引后，可以对数据进行进一步整合、处理，最后将数据可视化，用于科学研究。

4.4 安卓端APP的设计

在输液室中，用户连接医院的Wifi，并下载该APP即可得到自己的实时输液情况，该APP经过UI设计，实现了友好的交互界面，与室内路由器进行http协议数据传递，并通过页面中进度条颜色指示输液状态。当用户输液即将完毕时，手机将发出铃声提醒患者，当输液特殊药水时，APP将告知患者注意事项。该APP具有天气预报的功能，向中国气象网服务器发起http请求，患者可以得知输液室具体的温湿度情况，当接入掌上医院后，可植入医院导航、智能导医、预约取号、化验取单、就医记录等服务。

5 系统测试(System testing)

(1)测试环境搭建

本系统以250ML的输液袋进行了实验，输液装置采用莫非氏滴管。Zigbee网络由TI公司提供的若干块CC2530开发板构建而成。以操作系统为Windows 7系统的PC作为护士站，整个网络的结构示意图如图3所示。

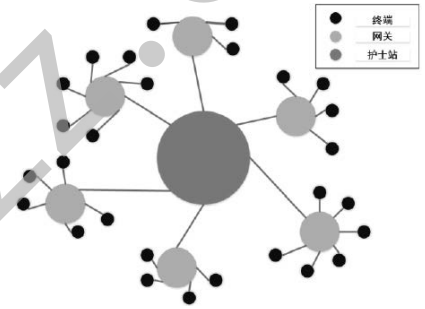

图3 网络结构示意图

Fig.3 Network structure diagram

(2)测试结果

设置三种不同的滴速，进行六次实验，记录护士站和手机APP的实验数据，获得如表3所示的数据，通过逐差法获得实际滴速。实验结果表明，测速的误差率约为0.2%，异常报警率为100%。

表3 智能输液系统测试试验数据

Tab.3 Intelligent infusion system testing data

时间 / 次数	50	100	150	200	250	300	平均滴速	报警是否成功
第一次	51	103	154	206	257	304	1.02	是
第二次	52	102	153	201	251	296	0.98	是
第三次	73	145	216	294	370	452	1.51	是
第四次	73	152	223	298	372	454	1.50	是
第五次	102	205	302	402	501	598	1.98	是
第六次	101	203	306	403	506	602	2.00	是

6 结论(Conclusion)

本文介绍了一个以Zigbee通信技术为核心，结合安卓开发的一套智能输液监控系统。由拓扑结构到相关的硬件、软件设计给出了相应的解决方案。经过测试结果评估，方案能

(下转第33页)

www.rigczz.com