

文章编号:1673-0062(2016)02-0038-07

基于无线传感器网络的城市空气质量监测节点设计

易灵芝,李 钺,林 樱,邓贤君*

(南华大学 电气工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘要:给出了面向城市空气质量监测应用的无线传感器网络 CO₂ 监测节点设计.该节点采用锂电池供电,使用 LM3S811 作为微处理器来处理 TGS4161 传感器采集的数据,再通过具有 ZigBee 协议芯片的 CC2420 来实现对数据的传输以及各个节点之间的无线通信.现场测试结果表明,基于本文的方案设计的 CO₂ 监测节点与其它同类型方案相比具有成本更低、监测精度更高、能效更高的优点.

关键词:传感器网络;微处理器;ZigBee;无线通信

中图分类号:TP393.2 **文献标识码:**B

The Urban Air Quality Monitoring Node Design of the Wireless Sensor Network

YI Ling-zhi, LI Cheng, LIN Ying, DENG Xian-jun*

(School of Electric Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: This paper introduces the design framework of the carbon dioxide (CO₂) node of the wireless sensor network oriented to the urban air quality monitoring. The designed node uses the lithium batteries as the energy source, and uses the LM3S811 as the mic-roprocessor to deal with the data collected by the sensor TGS4161. Moreover, the designed node adopts the CC2420 to implement the data transmission and wireless communication among different nodes. The field test results show that, compared with the current other CO₂ node, the designed node has the advantages of lower cost, higher monitoring precision and higher energy efficiency.

key words: sensor network; microprocessor; ZigBee; wireless communication

城市空气质量的监测对提升居民生活环境的 安全性具有非常重要的现实意义^[1-2].利用近年来

收稿日期:2015-11-08

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划基金资助项目(8818);国家自然科学基金资助项目(61401193);湖南省教育厅一般基金资助项目(14C0970);衡阳市科技局一般基金资助项目(2013KG55;2013KG60)

作者简介:易灵芝(1983-),女,湖南涟源人,南华大学城市建设学院讲师.主要研究方向:基于无线传感器网络的城市空气质量监测、桥梁健康监测.* 通讯作者.

新兴的无线传感器网络可实现对城市空气质量的实时、可靠和安全监测^[3].

基于无线传感器网络的空气质量监测系统主要由四部分组成,分别为传感器节点、网关节点、GPRS 和监控中心^[2,4-5].传感器节点把采集到的数据发送给网关节点,再由网关节点通过 GPRS 传送给监控中心,如图 1 所示.

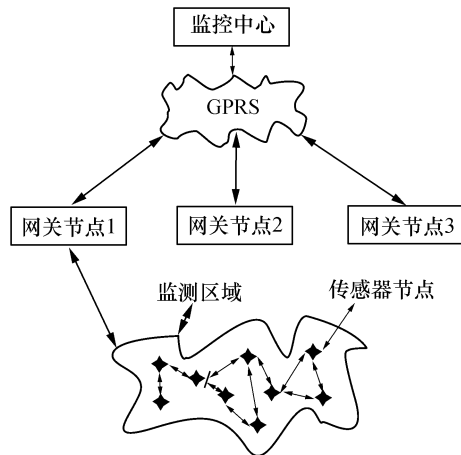


图 1 空气质量监测系统的系统构架

Fig.1 The system architecture of quality monitoring system

本文利用 CC2420 芯片、LM3S811 和 TGS4161 来设计 CO₂ 节点,设计的节点可实现对环境二氧化碳的采集、处理、存储和传送,并对城市空气中 CO₂ 浓度的实时监测.

1 传感器节点总体构造

无线传感器节点由数据采集单元、数据处理单元、数据传输单元和供能单元等模块构成(如图 2).

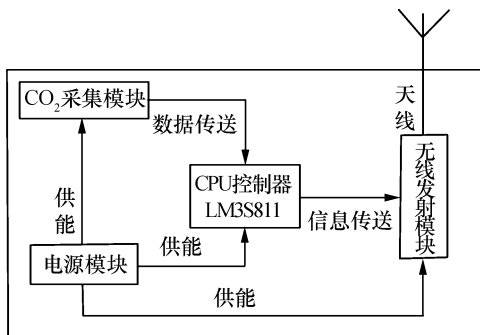


图 2 无线传感器节点总结构

Fig.2 The total structure of wireless sensor node

数据采集单元使用二氧化碳传感器 TGS4161 采集数据,数据处理单元由 LM3S811 作为 CPU 来处理、存储数据,数据传输单元由具有 ZigBee 协议的 CC2420 芯片实现无线收发,供能单元由可充电锂电池供电^[6].

2 硬件电路设计

本文选用 LM3S811 作为微处理器、用 CC2420 进行收发信息、TGS4161 二氧化碳传感器采集数据.LM3S811 微处理器提供多种 ARM 的开发工具和片上系统(SoC)的底层 IP 应用方案,内部包含了可编程的 GPIO 通用输入/输出接口、模数转换 ADC、异步收发器 UART、同步收发器 SSI 和 ARM Cortex-M3 内核中的 ARM 嵌套向量中断控制器^[6-7].

处理器模块设计了复位电路,时钟电路,下载接口,串口,蜂鸣器和 LED 灯电路等.微处理器模块及其它的外围电路如图 3 所示.

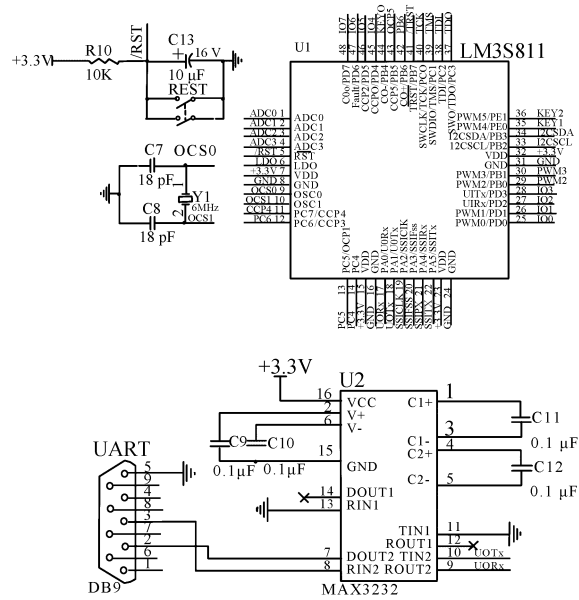


图 3 LM3S811 微处理器模块

Fig.3 LM3S811 microprocessor module

节点通过 SP6641B 芯片来提供稳定的直流电源.SP6641B 芯片是一款低功耗、低压-升压型 DC/DC 转换器,能在输入电压动态范围较大时为系统提供稳定的直流电源,具有静态电流低,转换效率高等特点.其电路原理图如图 4 所示.

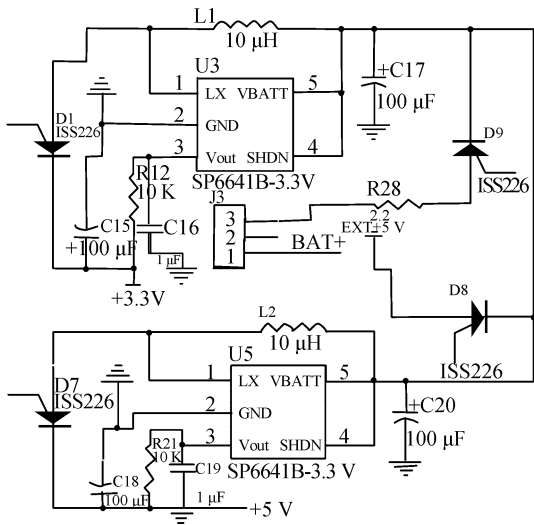


图4 电源模块

Fig.4 Power module

CC2420 是一款符合 IEE 802.15.4 协议的低功耗、低电压的无线射频收发器芯片。CC2420 芯片与 LM3S811 的连接如图 5 所示。

CO₂ 采集传感器 TGS4161 是一种新型的固态电解质二氧化碳传感器,该传感器具有小型化、低功耗、有效期长、成本低等特性,能够对 350 ~ 5 000×10⁻⁶ 的 CO₂ 浓度进行检测。由于 TGS4161 输出电压较小,因此通过 OP 运放进行放大传送至微处理器进行数据的处理与传输。TGS4161 二氧化碳传感器模块与微处理器的连接示意图如图 6 所示。

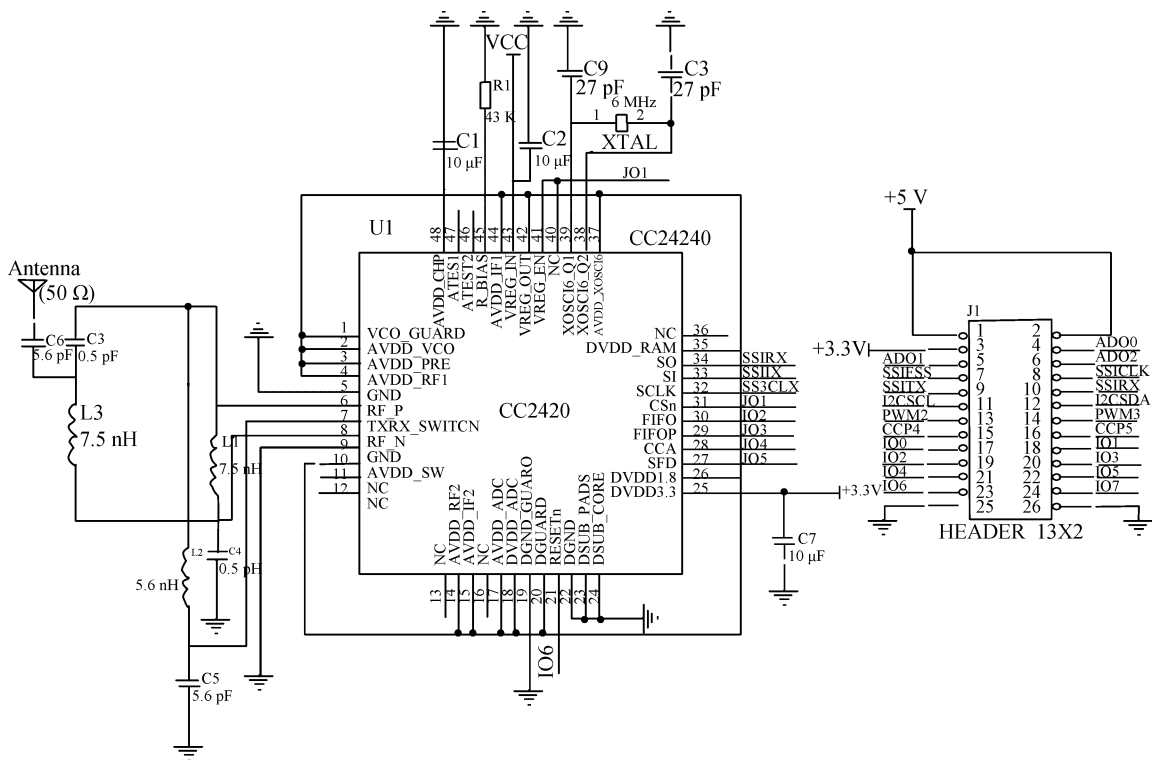


图5 无线发射模块电路

Fig.5 Wireless transmitting module circuit

3 软件设计

CO₂ 节点的软件设计,主要包括上位机即监控中心画面的设计、网络运行的管理以及信息传输的管理等等^[8-10]。整个软件系统主要由通信模块、实时采集模块和数据传输控制模块构成。其中,通信模块包括传感器节点之间的无线通信和

网关节点与监控中心之间的数据传输等;实时采集模块主要是对传感器节点的传感器对感测环境的设置;数据传输控制模块和通信模块一样,也是在传感器节点之间和网关节点与监控中心之间的传输,但是,数据传输控制模块包含了对数据的处理,判断是否需要传送等等。软件系统框图如图 7 所示。

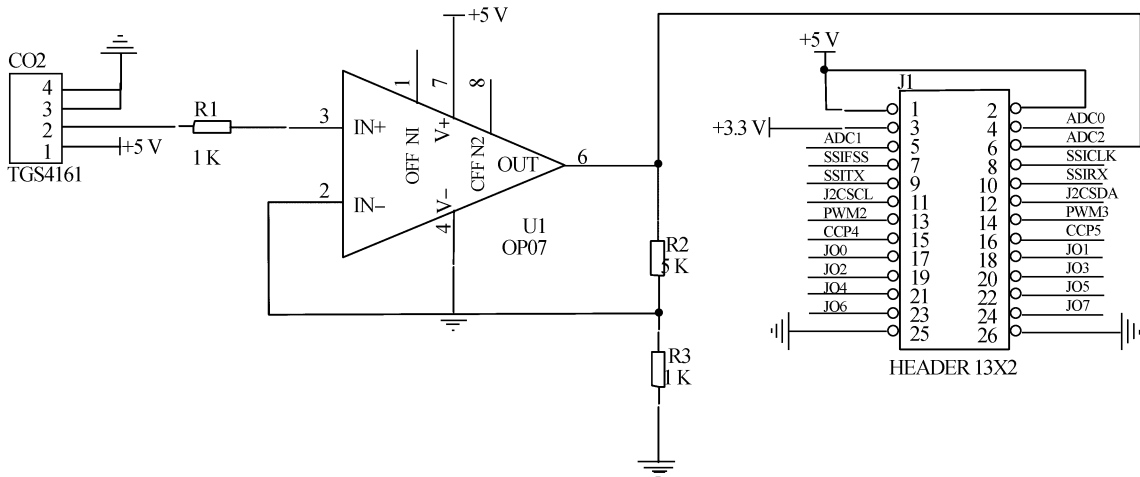


图 6 数据采集模块电路

Fig.6 Data acquisition module circuit

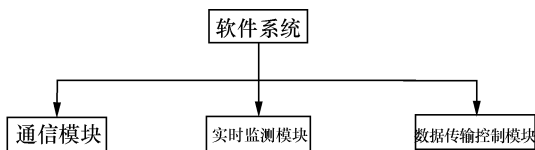


图 7 软件系统框图

Fig.7 The software system diagram

CC2420 总体控制流程如图 8 所示.它主要包括初始化,发送和接收三个部分^[11].CC2420 初始化时将所有引脚恢复到最初始的状态下,再启动时钟电路,开始准备工作等.CC2420 在发送数据时,要把需要发送的数据写到 TXFIFO 引脚上去,然后通过天线发送出去,在发送数据之前,CC2420 将会对发送的数据进行编码等一系列操作.CC2420 在接收数据时,将天线收到的信号通过 RXFTFD 引脚读进芯片内,并对信号进行解码存储等操作.

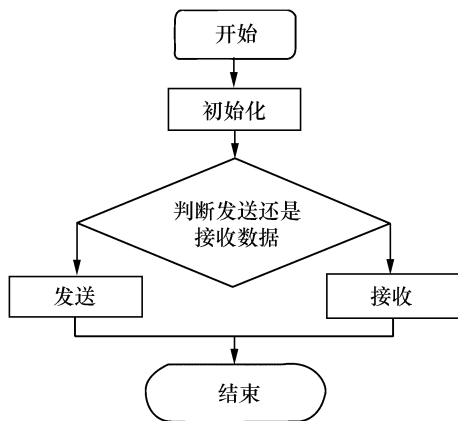


图 8 CC2420 总体流程控制图

Fig.8 CC2420 overall process control chart

无线收发模块流程框图如图 9 所示.

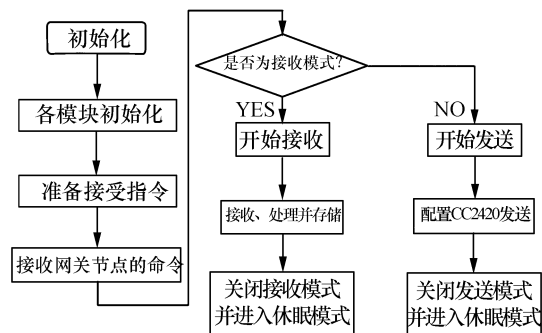


图 9 无线收发模块流程图

Fig.9 The flow chart of wireless data transceiver module

节点程序使用美国 Keil Software 公司出品的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统编写.该无线传感器节点的无线收发模块发送程序编程如下所示.首先对系统进行初始化,再对 SSI 和 UART0 进行初始化.

//主函数(程序入口)

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    unsigned char data[30];
```

```
    unsigned char comm = 0;
```

```
    JTAG_Wait(); //防止 JTAG 失效,重要!
```

```
    clockInit(); //系统初始化
```

```
    ssiInit(); // SSI 初始化
```

```
    uartInit(); // UART0 初始化
```

```
    initLCM();
```

```
    hallInitRadio();
```

```

    GPIOD_IntInit();
    IntMasterDisable();
    uartPuts(" [ A ]:Hello,I'm Li. And I want to
talk with Wang:\n");
    uartPuts(" * * * * * \r\n");
    * * * * * \r\n");
    comm = 1;
    //循环等待接收和发送数据
    while(1)
    {
        if( comm == 1);
        {
            send();
            receive( data);
            uartPuts( data);
        }
    }
}

```

发送数据时,将待发送数据帧写入 CC2420 的发送缓存 SO 引脚中,通过命令寄存器将 CC2420 进入发射状态,先内部 PLL 校准,待载波频率稳定后数据帧被加入前导码和 CRC 校验位,接着通过天线发射出去.接收时,SFD 全部接收之后,所有变为高电平,FIFO 引脚在接收缓冲寄存器时有一个或多个字节的数据会变成高电平,第一个字节是帧长度,当帧长度字节存入 FIFO 会变高,SI 引脚数据为空时 FIFO 变低,并且其高电平的实现是在新数据帧的最后一个字节被接收后.无线收发模块接收程序如下.该程序与发送程序大体是相同的.

```

//主函数(程序入口)
int main(void)
{
    unsigned char data[ 30];
    JTAG_Wait(); //防止 JTAG 失效,重要!
    clockInit(); //系统初始化
    ssiInit(); // SSI 初始化
    uartInit(); // UART0 初始化
    initLCM();
    halInitRadio();
    GPIOD_IntInit();
    IntMasterDisable();
    uartPuts(" [ B ]:Hello,I'm Wang. And I'm

```

```

talking with Li:\r\n");
    uartPuts(" * * * * * \r\n");
    * * * * * \r\n");
    //循环等待接收和发送数据
    receive( data);
    uartPuts( data);
}

```

CO₂传感器 TGS4161 是数据采集模块,它的初始化传输时,由主机发送开始信号,SCK 为高时,DATA 由高电平变为低电平,并在下一个 SCK 为高时将 DATA 升高.接下来的命令即三个地址位(目前只支持“000”)和 5 个命令位,当 DATA 的 ACK 位处于低电位,TGS4161 正确收到命令,主机读取 TGS4161 响应信号.而当 TGS4161 传感器的通讯中断,下列信号顺序会使串口复位:即当 DATA 线处于高电平时,触发 SCK 8 次以上,发出“主机发送开始信号”^[11].其温度采集模块流程图如图 10 所示.

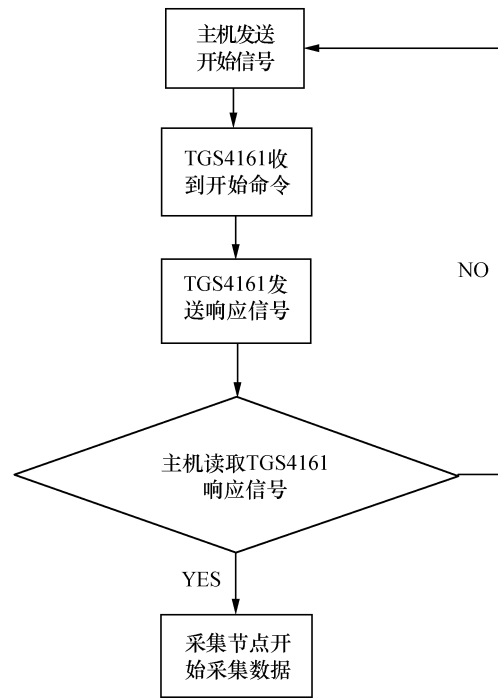


图 10 采集模块流程图

Fig.10 Acquisition module flow chart

无线传感器节点的软件设计主要是为了使传感器节点周期性的工作,节约有限的能源,同时执行协调节点的命令和执行应做的工作,对采集到的数据进行处理、转发等^[1,3].传感器节点连接工作流程图如图 11 所示.

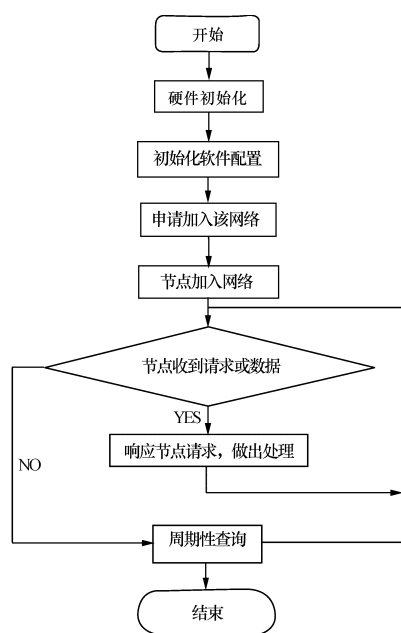


图 11 传感器节点连接工作流程

Fig.11 Sensor nodes connected workflow

4 实验结果

将该 CO₂ 无线传感器节点放置于监测区域中,利用 APP 监测软件测得的实验结果既数据截图如下图所示(图 12 所示).经查资料得知,空气中二氧化碳标准浓度为 900 mg/m³ 左右.图中 Time = R6、R20 时,是对二氧化碳传感器呼气测得的数据结果,二氧化碳浓度的改变,节点所监测到的数据也发生了变化.

通过该节点对空气中 CO₂ 浓度的监测与实际 CO₂ 浓度进行比较,所测得的数据与当地的环境数据基本相符,达到了对空气质量的实时监测,可提供给环境部门作参考.

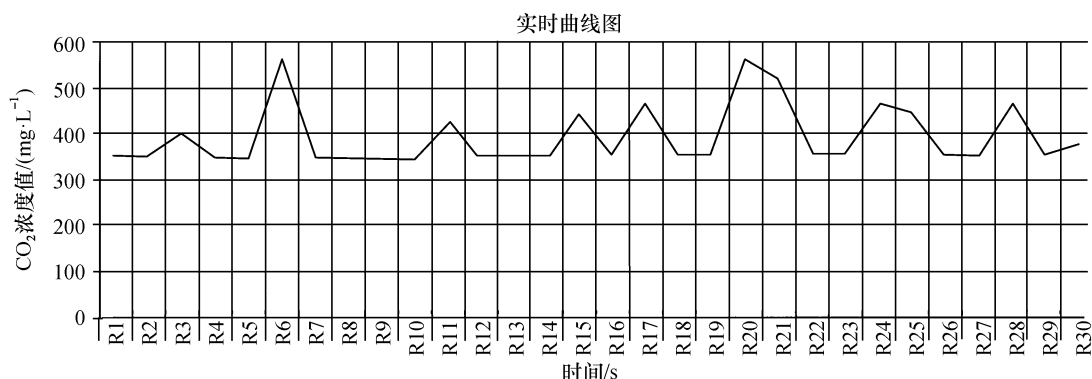


图 12 CO₂ 监测数据波形图

Fig.12 CO₂ monitoring data waveform figure

5 结论

本文介绍了面向城市空气质量监测的 CO₂ 节点的设计,分别从硬件和软件设计两个方面阐述了该节点的设计方案,二氧化碳传感器节点之间的通过满足 ZigBee 协议,具有自组织、时间同步、电源检验、自动帧格式生成等特点进行通信.节点通过无线电通信形成的一个多跳的自组织网络系统,其网络系统协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,并实时处理发送给观察者.现场监测数据表明,本文设计的 CO₂ 监测节点与同类型节点相比具有成本更低、监测精度更高、能效更高的优点.

参考文献:

- [1] 龚怡恒.基于 ZigBee 技术的无线温湿度采集系统设计[J].电子测试,2011(6):82-85.
- [2] 孙利民,李建中.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005:86-120.
- [3] 庞娜,程德福.基于 ZigBee 无线传感器网络的温室监测系统[J].吉林大学学报,2010,28(1):1-2.
- [4] 董挺挺,沙超,王汝传.基于 CC2420 的无线传感器网络节点的设计[J].电子工程师,2007,33(4):67-70.
- [5] Canh N T, Lee Y K, Lee S Y. HGKM: A group-based key management scheme for sensor networks using deployment knowledge[C]//Sixth Annual Conference on Communication Networks and Services Research (CNSR'08). IEEE Computer Society Washington. 2008:544-551.

会更优,因为适合采用空分多址的用户数更多.当然,随着室内通信业务需求和用户数的增加,我们将进一步研究室内分布系统场景下多小区多用户 MIMO 的性能.

参考文献:

- [1] Sampath H, Talwar S, Tellado J, et al. A fourth-generation MIMO-OFDM broadband wireless system: design, performance, and field trial results[J]. IEEE Communication Magazine, 2002, 40(9): 143-149.
- [2] van Zelst A, van Nee R, Awater G A. Space Division Multiplexing (SDM) for OFDM Systems[C]// Vehicular Technology Conference Proceedings: Tokyo, 2000: 1070-1074.
- [3] 田金凤, 郑小盈, 胡宏林, 等. 中国下一代移动通信研究[J]. 科学通报, 2012, 57(5): 299-313.
- [4] Lee S B, Pefkianakis I, Choudhury S, et al. Exploiting spatial, frequency, and multiuser diversity in 3GPP LTE cellular networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2012, 11(11): 1652-1665.
- [5] Hefnawi M, Abubaker A. Channel capacity maximization in MIMO-SDMA based cognitive networks[C]// Multimedia Computing and Systems (ICMCS). 2014 International Conference on, Marrakech, IEEE, 2014: 1453-1456.
- [6] Liu L J, Chen R H, Geirhofer S, et al. Downlink MIMO in LTE-advanced: SU-MIMO vs. MU-MIMO[J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(2): 140-147.
- [7] 王阳洋, 刘海林, 肖恒辉, 等. 基于 MIMO 双流的 TD-LTE 室内分布覆盖系统的设计[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(2): 74-78.
- [8] 王玉磊. TD-LTE 网络 MIMO 双通道室内分布系统的设计研究[J]. 中国新通信, 2016, 18(2): 161-162.
- [9] 林华蓉. LTE 室内分布系统分场景建设方案研究[J]. 邮电设计技术, 2014(12): 24-27.
- [10] Shi J, Luo Q L, You M L. An efficient method for enhancing TDD over the air reciprocity calibration[C]// 2011 IEEE the Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'11), Cancun, Quintana Roo, IEEE, 2011: 339-344.
- [11] 孙德春, 刘祖军, 易克初. 使用变换域预测的 TDD-MIMO-OFDM 信道互易性补偿方法[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2012, 39(6): 27-32.
- [6] 赵伟, 韦永斌. 基于 ZigBee 技术的室内环境监控系统的设计[J]. 智能建筑与城市信息, 2013(9): 62-65.
- [7] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]// Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, 2000: 10-16.
- [8] 雷巧玲. 基于无线传感器网络的空气质量监测系统的研究[D]. 秦皇岛市: 燕山大学, 2012.
- [9] 代忠. 基于射频芯片 CC2420 的 ZigBee 无线通信节点设计[D]. 西安: 空军工程大学, 2012.
- [10] 陈至坤. 温度检测技术及相关仪器的发展现状[D]. 唐山: 河北联合大学, 2011.
- [11] Behdani B, Yun Y S, Smith J C, et al. Decomposition algorithms for maximizing the lifetime of wireless sensor networks with mobile sinks [J]. Computers and Operation Research, 2012, 39(5): 1054-1061.

(上接第 43 页)