

# Research on transfer sense Network based Wireless Switch

Chen Jinying<sup>1</sup>, Li Xiaohua<sup>2</sup>, Chen Bin<sup>3</sup>, Cai Fangkai<sup>4</sup>, Wang Xuben<sup>1</sup>, Zheng Gongming<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>) College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu, China 610059

<sup>2</sup>) Dept. of Electrical and Computer Engineering, State University of New York at Binghamton, Binghamton, NY 13902

<sup>3</sup>) College of Electron information engineering, Chengdu University, Chengdu, China 610106

<sup>4</sup>) Chengdu Electromechanical College, Chengdu, 610031

<sup>5</sup>) Electronics & Information College Of Yangtze University, Hubei Jingzhou, 434023)

**Abstract:** Power switch circuit controlled by wireless module and multipoint signal collect circuit which could be remotely transmitted by USB module to client and server are designed. Discovered every switch to structure a wireless node actually, an Ad hoc network which utilizes these nodes and unused ports of wireless module is researched, and its sending and receiving route is discussed. The marked excellence of the network is that not only the trouble of place and route of wire could be overcome, but also by parasitized on the wireless power switches the cost of the network is reduced. Moreover, it could complete long distance alarm by connected to local area network.

This work is supported by Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China ( No. 20050616017 )

**Keywords:** Wireless transmission, sensing network, Wireless switch, Ad-hoc network, Remote control

## 无线开关传感网络研究

陈金鹰<sup>1</sup> Li Xiaohua<sup>2</sup> 陈斌<sup>3</sup> 蔡方凯<sup>4</sup> 王绪本<sup>1</sup> 郑恭明<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>)成都理工大学信息工程学院 成都 610059

<sup>2</sup>) Dept. of Electrical and Computer Engineering, State University of New York at Binghamton, Binghamton, NY 13902

<sup>3</sup>) 成都大学电子信息工程学院 成都 610106

<sup>4</sup>)成都电子机械高等专科学校, 成都 610031

<sup>5</sup>)长江大学电子信息学院, 湖北荆州 434023)

**摘要:** 设计了利用无线模块进行电源开关的遥控电路, 以及多点信号采集后经USB接口模块送入客户机与服务器进行远程传输电路。发现各遥控开关实际上构成了一个无线节点, 对此进行了利用这些节点和无线模块空余端口构成的自组织无线传输网络研究, 对信号的发送和接收路径进行了讨论。其网络的显著优点是克服了有线传输的布线问题, 系统寄生在无线电源开关上, 降低了网络成本, 并能与局域网连接实现报警信号的远程传送。

**关键词:** 无线传输, 传感网络, 无线开关, 自组织网络, 遥控

**中图分类号:** TM564

### 0 引言

目前的智能建筑传感网络多是采用有线传输方式, 这需要在楼宇内穿孔布线, 工作量大, 成本高, 影响美观。如果采用无线技术作为传输手段, 则可避免布线问题, 简化安装, 不对屋内装修环境构成破坏。但是无线传输受频谱资源限制, 而且无线收发器通常比较贵, 在大规模应用中, 必需考虑人们的经济接受能力。因此降低成本, 节省资源, 简化网络, 就成为无线传感网络能否变为实现的关键。目前解决这类近距离, 无基站管理

的可移动网络主要有 Ad-hoc 技术, 并得到了广泛的研究<sup>[1~5]</sup>, 国外也有无线传感网络方面的研究进展<sup>[6~9]</sup>, 但成本问题仍没有得到根本解决。而在楼宇安全监测这类特定环境应用中, 节点相对固定, 传输速率很低, 主要是单向通信, 根据这些特点, 下面以一种常见的无线收发模块为基本传输手段, 讨论实现无人管理自组织网络中的相关技术问题及在智能楼宇中的应用。

### 1 无线收发模块的基本特性

本设计采用 RM-2000 无线收发模块。该模块具有

体积小，重量轻，方便使用的特点，比较适宜用于无线传输的收发设备。

### 1.1 RM-2000 无线收发模块简介

RM-2000 无线收发模块是一个编解码无线电遥控组件，包括微型发射模块和超微型接收模块。发射模块上有操作键、编码及发射电路，接收模块内封装有天线、高频检波和放大整形、解码及输出电路。这种组件的不重复码为几十万组。只有频率和密码一致才能实现信号的收发，故具有一定的保密性。

在发射模块面板上有 A、B、C、D 四位按键和 LED 作发射指示。RM-2000 型接收模块对外有电源和 A、B、C、D、E 共 7 根引脚，如图 1 所示。模块供电为 6V 直流，静态电流为 1.3mA。当收发双方加电后，按下发射模块某一个按键，接收模块相对应的脚输出 6V 高电平并保持到下一个信号。按下任意一个键，接收模块 E 脚输出高，但随信号消失。

收发模块传输距离为，开阔地域配对传输距离 50 米，在有持续干扰或阻挡环境时会使距离变近，据测试，在穿墙情况下通信距离可达 30 米。工作频率 315MHz，调制方式为 2ASK。

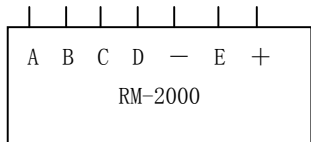


图 1 接收模块对外引脚

### 1.2 RM-2000 无线收发模块的使用

利用 RM-2000 无线发送模块的 4 个输入端，可将来自监测传感器的输出信号作为 4 个输入端是否接通的控制信号，因此可最多对 4 个监测点进行监测，如烟雾、门窗防盗、紧急医疗呼叫。但这样使用会在各监测点间进行布线，回到有线监测方式，因此采用每个模块只监测一个点的使用方法，使 4 个输入引脚作为地址编码信号的输入。

当发送模块的 4 个引脚分别接通时，接收模块对应的 4 个引脚分别输出高电平，同时 E 脚在 A、B、C、D 任一个有高电平输出的同时，也输出高电平，起“或”逻辑的作用。

如果将接收模块的 4 个输出引脚与另一发送模块的 4 个输入引脚相接，就可组成一个具有接收与发送功能的中继模块，据此可建立无线传输网的中间节点。

## 2 无线传感网络的结构

当某一监测点监测到事故发生，并由传感器将这一事件转换为告警电信号，该信号启动 RM-2000 无线发送模块工作，向外发出表示自己身份的信号。在周围的

其它 RM-2000 无线接收模块收到这一信号后，将该信号中继转发出去，这样逐级扩散，最后到达管理中心，由管理中心通过局域网传送到事故应急处理中心，完成监测信号的实时远程传输。

### 2.1 用户可调节地址

如果某一传感器发出告警信号，相邻节点无节制地简单重复将此信号以广播方式转发，必将造成网络风暴和信号反向传输，形成自激，最终使整个网络陷于崩溃，如图 2 所示。

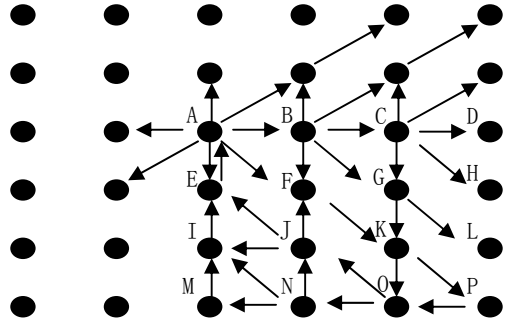


图 2 网络风暴与自激

在图 2 中，设管理中心位于 P 点，当信号从 A 点发出后，最佳传输途径应为 A-F-K-P，如果斜向传输距离较远，F 点收不到 A 点信号，则传输途径应为 A-B-C-D-H-L-P，或 A-E-I-M-N-O-P。此外，当 O、N、M 等收到信号后，也可能将信号回传到 A，如 O-N-M-I-E-A，然后再一次由 A 发出，形成自激。要避免上述情况的发生，每个节点应有基本的人工智能识别机制，控制信号的传输方向。

### 2.2 RM-2000 收发模块地址编码

RM-2000 收发模块提供的几十万地址码中，可供用户进行控制的有 3 行 8 列的地址编码方案，如图 3 所示。中间一行为地址编码的输入引脚，上面一行为正电源，下面一行为电源地。当中间一行空着的时候，提供 8 个地址，当与上面一行相接时，提供 8 个地址，当与下面一行相接时也提供 8 个地址，共计 24 个地址。

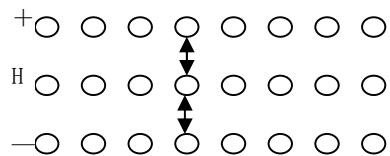


图 3 用户可调地址编码

结合面板上为用户提供的 A、B、C、D 共 4 个按键，图 3 中的每一种接法可提供 4 个地址，这两种接法的组合共可得到 96 个不同的地址。当改变电路板上的电容

时,可改变工作频率,得到更多的地址,但这需要进行电路调试,故不予考虑。

### 2.3 节点的开关功能

前面提到,每一个监测点用一个无线收发模块,因而只用了收发模块4对引脚中的一个,故可将剩余的3对引脚作为无线电源开关来用,这时只需增加1个发信模块,利用该模块上的3个按键可控制3盏电灯,使接收模块的4个引脚得到充分利用。图4是电灯开关的控制电路。当接收模块收到开关控制信号后U4导通,Q1导通,串接在回路上的电灯接通。

当将电源开关系统的一个或两个信道用作为传感器监测网络的传输信道时,整个无线传感网就成了无线电源开关系统的寄生产物,电源开关布放到哪里,监测系统就延伸到哪里,因此增大了实用性和可行性。

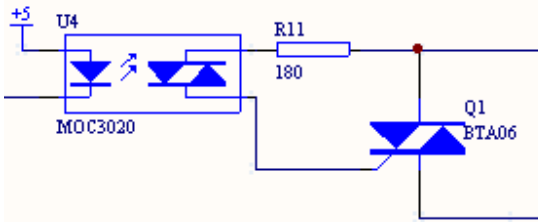


图4 电源开关控制电路

### 2.4 信号传播约束

首先,为了避免图2中的列间横向干扰,A-B、B-C、C-D间的通信,采用图3中的不同跳线方式。由于无线信号的传播衰减,B能收到A的信号,C、D则收不到来自A的信号。B收到A的信号后,采用另一信道将其发往C,其它列依此类推。

其次,对从A到M的纵向进行地址编码。设两个0.1秒为一个用户码周期,以一个0.1为高电平,另一个为低电平,这样一秒可传输5个用户码。如果以此为纵向地址码,则编码总数 $S_h$ 为:

$$S_h = 2^{5g} \quad (1)$$

这里 $g$ 为传输纵向地址码的时间,取 $g=1$ 秒。如果 $g=2$ 秒,表示以传输两个5位码为地址。于是,可建立纵向约束规则。

纵向约束规则:各节点纵向地址由下向上递增,在信号传播时,由大地址向小地址方向传播。纵向地址用 $D_k$ 表示。

按此规则,图2中,M、N、O、P的地址为00000,而A、B、C、D的地址为00011。当A收到E的信号时,识别E的地址比自己小,不进行传播,而I收到E的信号后,识别到E的地址比自己大,进行传播至M,从而

保证了信号在纵向,由上向下的单向传播。

在横向传播时,采用加跳方法,信号每经过一个节点增加一个脉冲,称为一跳,因此节点所记录跳数,反映了横向地址 $D_k$ :

$$D_k = k \quad (2)$$

$k$ 为所经过的横向节点数。

横向约束规则:各节点横向地址由监测告警点为中心向外增加,每向外扩散一个节点,横向地址增加一个脉冲,计数多少个脉冲便可知传播了多少个节点,且信号只向节点数大的方向传播。

按此规则,图2中,B、F、J、N为一跳,D、H、L、P为3跳。当B收到来自C的信号时,检测到该信号有2跳,比自己大一跳,认为这是后向信号,不进行传播。而C收到来自B的信号后,检查自己还没有发送过信号,将此信号增加一个脉冲发出去,并记下自己发出的脉冲数,以便与下次收到的信号进行比较。

由于斜下方向满足纵向传播和横向传播条件,信号也可进行传播,因此信号可以多条路径从A到P,这样即便某些通道被阻断,A发出的信号也可通过其它路径传输到P,保证了信号传输的有效性,系统的鲁棒性。

## 3 传输信号的获取

设信号传输方向为从A到P,其路径数为各横向传播、纵向传播和斜向传播之和。

### 3.1 传播路由

设信号沿纵向与横向传播的路由为 $R$ ,则图2中各点的传播路径数为:

$$K-P: R_k = 2$$

$$G-P: R_k = R_k + 1 = 3$$

$$C-P: R_k = R_k + 1 = R_k + 1 + 1 = R_k + 2 = 4$$

$$J-P: R_k = R_k + 1 = 3$$

$$I-P: R_k = R_k + 1 = R_k + 1 + 1 = R_k + 2 = 4$$

$$F-P: R_k = R_k + R_k = R_k + 1 + R_k + 1 = 2(R_k + 1) = 6$$

$$B-P: R_k = R_k + R_k = 2R_k + 2 + R_k + 2 = 3R_k + 4 = 10$$

$$E-P: R_k = R_k + R_k = 2R_k + 2 + R_k + 2 = 3R_k + 4 = 10$$

$$A-P: R_k = R_k + R_k = 2(2R_k + 2 + R_k + 2) = 2(3R_k + 4) = 20$$

如果用 $m$ 表示距P点的行,用 $n$ 表示距P点所在的列,则有递推公式:

任意一个点 $(m, n)$ 到P点的纵横向传播路径总数为 $R(m, n)$ 为:

$$R(m, n) = R(m-1, n) + R(m, n-1) \quad (3)$$

且定义:

$$R(1, n) = R(m, 1) = 1 \quad (4)$$

因此有推论 1:

$$R(m, n) = R(n, m) \quad (5)$$

推论 2:

$$R(m, m) = 2R(m-1, m) = 2R(m, m-1) \quad (6)$$

推论 3:

$$R(m, m) = 2(R(1, m) + \dots + R(m-3, m-1)) + R(m-2, m-1) + R(m-1, m-1) \quad (7)$$

从图 2 可见, 斜向路由数总共有 9 条, 每增一行或增加一列, 增加一条斜向路由。信号斜向传播到下一节点后, 除下一个斜向路径外, 在纵向与横向与前述纵向与横向传播路径重合。

### 3.2 路径延时对接收的影响

尽管在信号扩散方向上传播路径很多, 但总是在节点汇聚与扩散。最短路径为正对角路径, 如图 2 中的 A-F-K-P, 中间只经过两次转接。最长路径为纵向与横向路径, 如 A-B-C-D-H-L-P, 中间需要经过 5 次转接。对于斜向与纵横向混合传播的情况, 中转数  $S$  界于单一斜向与纵横向转接数之间。即有:

$$[m, n]_{\max} - 2 \leq S \leq m + n - 3 \quad (8)$$

其中  $[m, n]_{\max}$  为  $m, n$  中的最大值,  $m \geq 2, n \geq 2$ 。

信号在从 A 到 P 的传播过程中, 不同的路径会产生不同的时延, 应当有最坏情况下的路径时延差, 不致造成信号严重失真, 影响信号提取。

由于传输节点间传输距离很近, 节点间的电波传输时延可忽略不计, 在传输过程中的时延主要由节点接收, 然后再转发引起。

设 A 点信号为  $f(t)$ , 在不考虑多径接收时, 任意一个距 A 有  $k$  跳的节点接收信号为  $f(t - kT_r)$ 。  $T_r$  为每节点的时延。考虑到多重路径接收后, P 点接收信号  $g(t)$  为:

$$g(t) = \sum_1^R f(t - kT_r) \quad (9)$$

由 (8) 式可知混合方向传播时延  $T_s$  为:

$$([m, n]_{\max} - 2)T_r \leq T_s \leq (m + n - 3)T_r \quad (10)$$

为简化计算, 设 (9) 式中  $m = n$ , 则最远距离与最近距离的时延差  $T_{\max}$  为:

$$T_{\max} = ((m + n - 3) - (m - 2))T_r = (m - 1)T_r \quad (11)$$

由于控制接收与转发的指令是由 MCU 完成的, MCU 一般工作在  $f = 12\text{MHz}$  的频率上, 各节点不同步最多相差一个时钟周期, 即有:

$$T_{\max} = (m - 1)T_r = (m - 1) / (12 \times 10^6) = 25(m - 1) \times 10^{-9} \text{秒}$$

而各节点发送编码地址的周期为 0.2 秒, 因此由节点延时所造成的信号时延, 只要  $m$  不是足够大, 就不会

对正确接收检测点发出的信号产生太大影响。此时 (9) 式中的时延差可忽略, 于是 P 点接收到的信号为:

$$g(t) = R(m, n)f(t - (m + n - 3)T_r) \quad (12)$$

公式 (12) 中的  $R(m, n)$  表示各路径的总和, 各路径信号在 P 点线性叠加, 斜向路径使接收脉冲宽度有所展宽。但公式 (12) 的简单线性叠加在实际转接中是不会发生的, 因为受无线传输衰减和纵向约束与横向约束的制约, 图 2 中每个节点最多只能接收 3 个方向的有效信号, 尽管这些信号可能来自不同的路径, 并且有不同的时延。

### 3.3 检测信号接收电路设计

根据公式 (1)、公式 (2) 和纵向传输规则与横向传输规则, 在同一横排上各节点的纵向地址  $D_v$  是相同的, 地址信号在扩散过程中是不变的。而不论是横向传输还时斜向传输, 横向地址  $D_h$  则会不断加 1。因此图 2 中, 信号从路径 A-F-K-P 和路径 A-B-C-D-H-L-P 传输, 在 P 点收到的纵向地址  $D_v$  和地址横向  $D_h$  是相同的, 即地址  $(D_h, D_v)$  反映了 A 点的惟一地址, P 点可据此推断出报警点的具体位置。

图 5 为 P 点的接收电路框图。检测到的报警信号经 RM2000 接收模块输出地址数据, 此数据经译码电路译码后, 由液晶显示屏显示出来, 并启动蜂鸣器发出报警声。

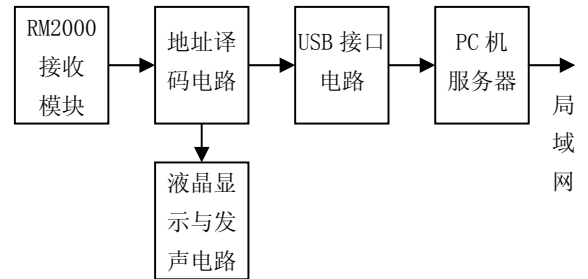


图 5 P 点的接收电路框图

如果需要将信号通过局域网传到更远的地方, 地址译码后的数据经 USB 接口电路传到 PC 机, 然后通过有线网络传出去。

其中 USB 接口电路采用 USB100 模块, 该模块是完全集成化的 USB 接口模块, 完全满足 USB1.1 标准; 具有八位单片机总线接口, 内部有 384 字节的发送缓冲区和 128 字节的接受缓冲区, 数据通信速率最高可达 8Mbit/s; 体积小约 40mm×27mm×5mm; 标准 28DIP 引脚间距<sup>[10]</sup>。

USB 的输出信号经 PC 机的 USB 接口送到 PC 机, PC 机设置为服务器, 用以向远端客户机传送数据, 远端客户机也可通过服务器对 USB 接口电路进行控制, 读取指

定检测点当前的状态。

#### 4 结束语

智能建筑是未来楼宇建设的发展趋势,无线传输减少了有线传输在室内的布线和建筑外观的损害,巧妙地将传感系统与无线电源开关结合,可使网络成本降低,开关利用效率提高,增加了方案的实用性<sup>[11]</sup>。目前还有多种可用作无线开关控制的模块,这里只是以其中一种模块来说明这种无线开关传感网的设计思路。

#### 参考文献

- [1] Lidong Zhou, Zygmunt J. Haas. Securing Ad Hoc Networks [EB / OL].[ 2007-12-20].<http://www.cs.cornell.edu/home/ldzhou/adhoc.pdf>,
- [2] 钟晓峰, 杨帆, 王有政等. TATbed 无线自组织网络测试平台设计与实现. 电子应用技术[J], 2004, 5:41-43  
Zhong Xiao-feng, Yang Fan, Wang You-zheng et al. Design and realization on Tsinghua Ad hoc network Test bed, Application of Electronic Technique, May 2004 No.5:41-43
- [3] 曹蓓光. 自组织网络技术的发展趋势. 电信网技术[J], 2007, 7: 39-42  
Cao ji-guang. Developing trend of Ad hoc network technology, Telecommunications Network Technology, July 2007 No. 7:39-42
- [4] 韦云凯, 毛玉明, 吴凡. 无线自组织网络关键技术与进展. 中兴通信技术[J], 2007, 13(4): 14-19  
Wei Yun-kai, Mao Yu-min, Wu Fan. Key Technologies and Developments on Self-organized Wireless Network, ZTE Communications, Aug. 2007 Vol.13 No.4:14-19
- [5] 彭木根, 王月新, 王文博. 无线自组织网络的网络编码技术. 中兴通信技术[J], 2007, 13(4): 56-60  
Peng Mu-gen; Wang Yue-xin; Wang Wen-bo. Network Coding Technology in the Wireless Self-organized Network, ZTE Communications, Aug. 2007 Vol.13 No.4:56-60
- [6] Stefano Basagni, Chiara Petrioli and Roberto Petroccia. "Fail-safe Hierarchical Organization for Wireless Sensor Networks", Unclassified Session Proceedings of the 26th Annual MILCOM conference, WSN-8: Sensor Networks-1, Orlando, Florida. October 2007
- [7] Oliver Kosut, Andrey Turovsky, John Sun, Gene Whipps, Matthew Ezovski, and Lang Tong, "Integrated Mobile and Static Sensing for Target Tracking", Unclassified Session Proceedings of the 26th Annual MILCOM conference, WSN-8: Sensor Networks-1, Orlando, Florida. October 2007
- [8] Li Li, Thomas Kunz, "Cooperative Node Localization for Tactical Wireless Sensor Networks", Unclassified Session Proceedings of the 26th Annual MILCOM conference, WSN-9: Sensor Networks-2, Orlando, Florida. October 2007
- [9] Tao Wu, Fan Yu, Subir Biswas. "Reducing Routing Overhead Using off-network Route Computation in Sensor Networks" Unclassified Session Proceedings of the 26th Annual MILCOM conference, WSN-9: Sensor Networks-2, Orlando, Florida. October 2007
- [10] 陈金鹰, 冉翔, 宋文. 集群监控系统. 电子测量技术[J], 2005, 143(4): 72-73  
Chen Jinying; Ran Xiang; Song Wen. Multi-channel Supervision and Control System Design Based Network. Electronic Measurement Technology, August 2005 General 143, No.4.:72-73
- [11] 谭劲, 陈晓竹, 刘砚秋. 无线传感网络再编程研究. 电子器件[J], 2008, 31(3): 1049-1053  
Tan Jin, Chen Xiaozhu, Liu Yanqiu. Research on Reprogramming for Wireless Sensor Networks. Chinese Journal of Electron Devices. June 2008 Vol.31, No. 3.: 1049-1053
- 陈金鹰(1958-), 男, 汉, 重庆, 博士, 留美访问学者, 教授, 主要研究方向: 电子与通信技术。E-mail: chjy@cdut.edu.cn
- Li Xiaohua (1970-), 男, 博士生导师, 主要研究方向: 通信技术。E-mail: xli@binghamton.edu
- 陈斌(1969-), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 工业自动化。E-mail: chxuncb@163.com
- 王绪本(1956-), 男, 博导, 教授, 主要研究方向: 信号与信息处理。E-mail: wxb@cdut.edu.cn
- 蔡方凯(1969-), 男, 重庆大足, 副教授, 主要研究方向: 通信、信号与信息系统。E-mail: fkcai@126.com
- 郑恭明(1980-), 男, 硕士研究生, 讲师, 研究方向通信工程、EDA 技术应用。Email: zgm831@yangtzeu.edu