

基于无线传感器网络的 农业信息采集系统路由设计研究*

韩芝侠

(宝鸡文理学院 电子电气工程系, 陕西 宝鸡 721016)

摘要: 基于无线传感器网络的 Ad Hoc 自组网技术及 AODV 技术, 结合适用于农业环境参数传输的路由特点, 完成了农业信息远程数据采集与无线传输网络的路由报文设计, 并给出了按需平面距离矢量路由协议(AODV)的工作流程。该方案具有体积小、成本低、功耗低的特点, 支持网状拓扑结构, 可以快速组网, 顺利读取农业环境的土壤温度、湿度、光照等信息。

关键词: ZigBee; 路由协议; AODV; 网状网; 农业信息

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)20-0061-04

The design and research of routing protocol of agriculture information acquisition system based on wireless sensor network

Han Zhixia

(Department of Electronic and Electrical Engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721016, China)

Abstract: This paper designs a routing message of agriculture information remote data acquisition and wireless data transmission and provides the AODV(Ad Hoc on-Demand Distance Vector Routing) procedure. The ZigBee Mesh network routing protocol is designed by combining the applicability of agriculture environmental transmission data and based on Ad Hoc and AODV of wireless sensor networks. This network system of sensor is small size, low cost and low power consumption. It can support mesh topological structure, quickly network and smoothly read the information of agricultural environment such as soil temperature, humidity, illumination etc.

Key words: ZigBee; routing protocol; AODV; Mesh network; agriculture information

随着信息化和数字化在全球范围内的普及与应用, 传统农业和现代农业也向着数字化农业方向转变, 其核心是精准农业。因此信息的实时采集、迅速传输与及时分析、处理就显得非常重要。农业信息数据传输具有需要数据采集或监控的网点多、要求传输的数据量不大且数据传输可靠性高、安全性高、要求设备成本低、体积很小、不便放置较大的充电电池或者电源模块、电池供电、地形复杂、监测点多、需要较大的网络覆盖等特点^[1]。另外, 现有移动网络存在覆盖盲区, 使用现存移动网络进行低数据量传输的遥测遥控系统效果差或成本太高。目前, 在无线传感器网络中, ZigBee 技术以其设备成本低、电池寿命长、数据传输安全可靠、组网简易灵活等独特

的优势, 在家居智能化、工业自动化和医疗护理等领域获得了广泛应用, 所以基于 ZigBee 技术的无线组网方案在精准农业中的应用就显得很有必要。

ZigBee 无线传感器网络结构是自组网方式, 有终端节点的加入和退出, 网络可以自动调整通信连接方式, 核心是路由路径的重新选择。网络结构有树状网、星型网和网状网, 在一个协调器管理的范围内, 所有节点都通过自动选择的路由或预先设定的路由与协调器节点进行数据命令的交换。农业信息采集系统中, 每块试验田被设置为一个独立的网络, 网络中各个节点的路由均设计为按需路由方式, 也就是按需距离矢量路由协议 AODV(Ad Hoc on-demand Distance Vector)^[2]。本文在

* 基金项目: 宝鸡市科技局基金项目(2010bj01); 宝鸡文理学院重点科研项目(ZK09164)

网络与通信 Network and Communication

熟悉 AODV 的基础上,给出了基于 ZigBee 无线传感器网络技术的农业信息远程采集系统框图,进行了无线网络中按需距离矢量的路由设计,并给出了协议的工作流程。

1 远程数据采集系统整体架构

本文设计的农业信息采集系统中,将每块试验农田设置成一个独立的 ZigBee 网状网络^[3],每个网络只有一个中心节点(即协调器端),其他终端节点(由 MCU 和无线收发芯片构成)都设置为具有路由器功能的路由节点,并连接有土壤 PH 值、氮浓度计、大气温湿度等传感器。这些不承担网络信息中转任务的 ZigBee 终端节点在自己信号覆盖的范围内,彼此间通过 ZigBee 无线方式连接,然后将检测到的数据资料汇集到 ZigBee 中心节点。由于每块试验田的中心节点和远程中央控制中心均配置有 GPRS 模块,所以中心节点就会将收集到的数据通过 GPRS 无线通信方式传输到中央控制中心,经由系统软件对该控制中心所管辖的农田参数进行综合分析,并做出相应控制决策。

本文给出了如图 1 所示的结构设计,协调器节点模块、FFD 路由器节点模块和 GPRS 模块采用相同的硬件和软件设计。不同的是 GPRS 模块通过在硬件中采用跳线的方式来选择无线模块工作在主协调器模式还是从路由器模式,以达到增强无线模块的通用性、灵活性和节约成本的目的。系统工作时,由 ZigBee 协调器建立一个新的 ZigBee 网络。首先,ZigBee 协调器会在允许的通道内搜索其他的 ZigBee 协调器,并基于每个允许通道中所检测到的通道能量及网络号,选择唯一的 16 bit PAN ID,建立自己的网络。一旦一个新网络被建立,ZigBee 路由器与终端设备就可以加入到网络中,从而在 ZigBee 无线通信技术的基础上,基于 GPRS 通信方式实现对农田数据的远程采集、传输及控制^[4]。各个数据采集节点到协调器节点之间的数据传输是本系统的重点和难点,在对比了多种路由协议后,本文选择按需距离矢量路由协议 AODV 完成本系统的路由设计。

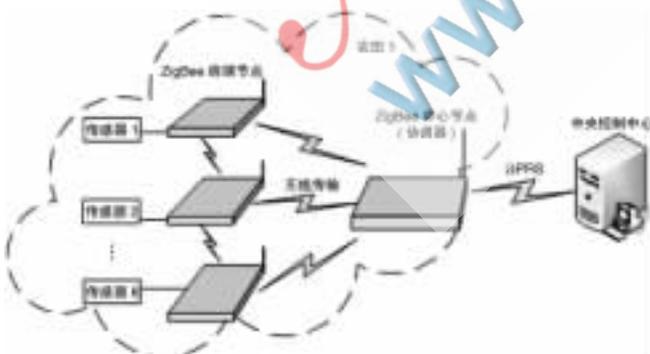


图 1 远程采集系统总体架构

2 ZigBee 无线传感器网络系统路由报文设计

AODV(Ad Hoc on-Demand Distance Vector)是基于距离矢量算法的路由协议,它是 DSR 和 DSDV 结合生成的

一种按需路由协议,综合运用了 DSR 路由发现/查找/维护和 DSDV 跳计数(hop-by-hop)、序列号和周期更新的原理机制。AODV 协议只保持需要的路由信息,不需要节点维持通信过程中未激活到达目的节点的路由信息,因此在节点移动导致网络拓扑发生快速变化或者链接中断的情况下能够快速收敛响应和修复中断的链路^[5]。其特点是:通过使用目的节点序列号可有效降低闭环路由发生概率,解决基于距离矢量路由算法存在无限跳计数的问题。由于需要周期性地广播报文分组和路由信息,以解决路由失效的问题,因此会带来较大的协议开销。

本系统网状网结构中,每个终端节点到协调器节点的路由可以有多个,路由表的维护也比较复杂,为此对每个节点的路由请求、路由应答、路由错误及修复、路由节点应答的数据格式采用了双字设计,便于路由识别和扩展^[6]。

2.1 ZigBee 路由请求 RREQ 报文设计

路由请求(RREQ)报文的字段设计如表 1 所示,其中各部分的含义:J 为路由加入标记位,用于组播字段时多目标传输标记;R 为路由有效标记(1 表示路由有效);G 为无请求路由应答标识位,此位置为 1,表示 RREQ 报文被中间节点响应,并使中间节点向目的节点单播一个 RREQ 报文;置 0,表示不需要中间节点响应。D 为单个目的节点标志位,表示只有一个目的节点可以对 RREQ 报文分组做出响应;U 为未知目的地标识位,当目的节点序列号未知时置为 1;Reserved 为 12 位二进制保留位,发送时置 0,接收时对其不作处理;Hop count 为跳计数,记录 RREQ 从信源到应答节点所经过的跳计数,长为 1 B,8 位二进制;RREQ ID 为报文分组标记,设定为 2 B,32 位二进制,Destination IP address 为 32 位二进制目的节点 IP 地址,Destination sequence number 是路由进程中存储的目的节点最新序列号,Originator IP address 是广播 RREQ 报文分组的信源节点 IP 地址,Originator sequence number 是信源节点序列号,均为 32 位二进制数据格式。

表 1 RREQ 路由请求报文分组格式

名称	位数											
	0	7	8	9	10	11	12	13	...	20	21	...
综合字节	TYPE	J	R	G	D	U	Hop count		Reserved			
路由请求	RREQ ID											
目的地址	Destination IP address											
目的序列	Destination sequence number											
信源地址	Originator IP address											
信源序列	Originator sequence number											

2.2 ZigBee 路由应答 RREP 报文设计

RREP 路由应答报文分组格式如表 2 所示,其中 R 为路由修复标记,用于组播字段;A 为需要确认标记,表示是否需要确认收到 RREP 报文分组;Prefix size 为预置数

网络与通信

Network and Communication

表2 RREP路由应答报文分组格式

名称	位数												
	0	...	7	8	9	10	...	14	15	...	22	21	...
综合字节	TYPE	R	A	Prefix size	Hop count	Reserved							
目的地址	Destination IP address												
目的序列	Destination sequence number												
信源地址	Originator IP address												
存活时间	Life time												

据长度,长为1B; Hop count为1B跳计数,记录从信源到相邻或中间节点所经过的跳计数值; Destination IP address为目的节点IP地址,数据长度为2B; Originator IP address为双字长度的信源IP地址,也是广播RREQ报文分组的节点IP地址, Life time为路由存活时间。

2.3 ZigBee路由错误RERR报文设计

RERR报文分组格式如表3所示,各个部分的含义为:N为不删除路由标志,当某个节点正在对一条链路由进行本地修复时,设置N为1,这个节点的上行节点不删除本条路由; Unreachable destination count为不能到达的目的节点计数,数据长度为2B,表示RERR报文分组不能到达目的节点的计数值至少要为1; Unreachable destination sequence number为不能到达目的节点序列号,数据长度为2B,是路由表中保存的原先不能到达的目的节点对应的序列号; Unreachable destination IP address数据长度为双字,表示由于链路中断,不能到达的目的节点的IP地址。

表3 RERR报文分组格式

名称	位数									
	0	...	7	8	9	...	16	17	...	31
综合字节	TYPE	N	Unreachable destination count	Reserved						
未及目的地址	Unreachable destination IP address									
未及目的序列	Unreachable destination sequence number									
附加未及目的地址	Additional Unreachable destination IP address									
附加未及目的序列	Additional Unreachable destination sequence number									

2.4 ZigBee路由应答反馈RREP-ACK报文设计

RREP-ACK路由应答认可报文分组格式如表4所示。当一个RREP中的控制位(A)被设置为1时,给RREP回传一个路由应答认可报文分组(Route Reply Acknowledgement)。如果存在单向链路影响干扰路由寻找进程时,也会发送RREP-ACK报文分组,以免形成路由环路。该应答格式中TYPE为1B的数据类型,Reserved为扩展保留位,长为3B。

表4 RREP-ACK路由应答认可报文分组格式

名称	位数					
	0	...	7	8	...	31
综合字节	TYPE	Reserved				

3 ZigBee无线传感器网络系统路由过程设计

本文对路由报文的设计是根据农业信息数据采集

系统的通信特点和要求进行的,试验田内各个节点间的距离较长,而数据节点到协调器节点的路由选择不是唯一的。ZigBee网络系统中各节点之间是网状网,任意一个路由器节点向协调器节点发送数据时,协调器节点为目的节点,发送节点为信源节点。

本文设计的AODV协议对路由表的管理,若存在寿命周期较短或者接收RREQ和转发RREP时建立的临时路由,也应相应建立和维护其路由表信息。路由表建立后,每个节点都维护路由、管理路由表。当抛弃路由或者路由失效时,节点就会删除对应的路由表;当发生链路断开情况时,目的节点发出路由错误RERR并通知其他节点进行路由修复,重新建立信源节点到达目的节点的有效路由。下面给出路由过程设计。

3.1 ZigBee广播路由查找建立过程

报文广播路由查找建立过程如图2所示。如果节点1(信源节点)到节点7(目的节点)之间一开始就有相互可达到的有效路由信息,则AODV路由查找进程不起作用。当节点1没有到达节点7的有效路由信息时,信源便启动广播路由请求RREQ报文分组查找路由的过程,信源广播RREQ包含信源地址、信源序列号、目的节点地址、目的节点序列号和跳计数等参数。相邻节点4、6在收到RREQ时,则建立或更新到达信源的反向路由信息,并经中间节点4、6到达目的节点7。目的节点7收到RREQ后,通过相邻节点4、6转发RREP至信源。信源为寻找有效路由,会沿多条路径广播RREQ,RREP则沿着建立好的反向路径(节点6、节点4)转发至信源,同时对中间节点路由表信息进行更新,以此建立信源节点1—节点4—节点6—目的节点7的一条有效报文分组转发和路由信息传递路径。

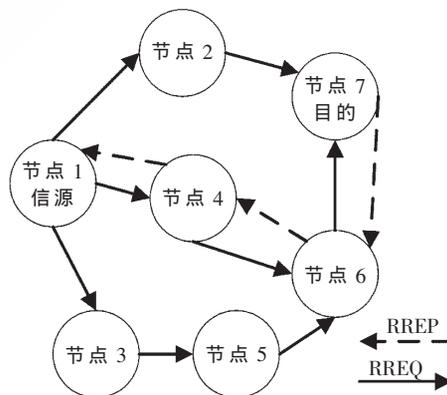


图2 报文广播路由查找建立过程

3.2 ZigBee路由链路中断修复过程

当目的节点发生移动时,将导致网络拓扑变化,链路发生中断,如图3所示,目的节点7与节点6发生链路中断。实线代表转发链路方向,虚线代表RERR转发或广播方向。

若目的节点7与节点6发生链路中断,节点6将按照AODV协议路由机制,转发RERR。节点6将RERR转

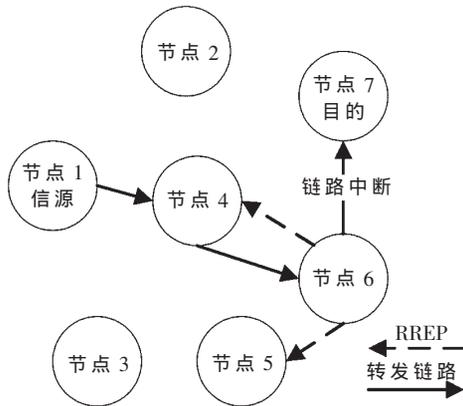


图3 路由链路中断广播 RERR 报文过程

发至节点4与节点5,维护路由表的节点收到RERR,更新路由表信息,将目的节点7与节点6之间的路由设置为无效,节点4在收到路由更新信息后,停止对节点6的RREQ转发,同时将RERR继续广播至网络中其他节点,如图4所示。

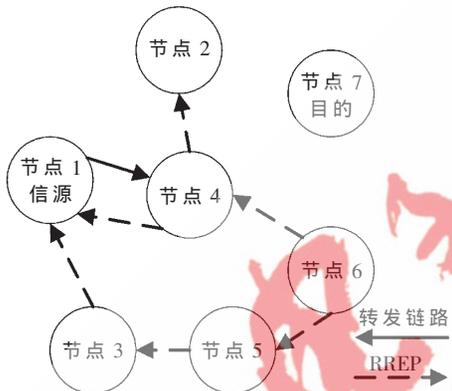


图4 路由链路中断转发 RERR 报文过程

AODV协议通过路由信息更新和广播RERR的方式将路由链路中断的情况播报给整个网络。如图5所示,实线代表RREQ重新广播方向,虚线代表RREP应答方向。通过向全网范围内广播RERR,信源知道原传输路径(信源节点1—节点4—节点6—目的节点7)已经发生了链路中断,所以信源重新发起路由查找过程,建立新的路径(信源节点1—节点3—节点5—节点6—目的节点7),完成链路中断修复的过程。

本系统在试验田设置的数据采集节点都是具有路

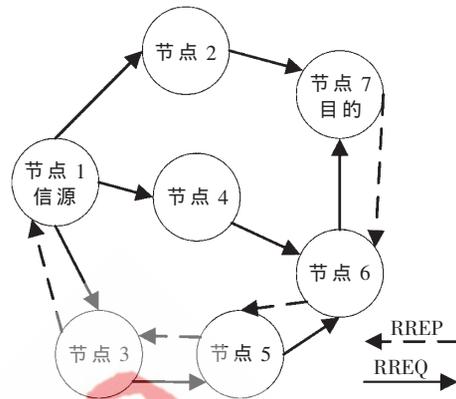


图5 重新广播报文路由查找建立过程

由功能的节点,网状网自组网时,路由比较灵活,每个节点到协调器节点的路由可能有多条,因此还应考虑路由优化的设计。为了在试验中优先保证路由畅通,本文未实现理想的路由最佳化。

在对用于农业信息监控的无线传感器网络系统的AODV路由报文设计时做了扩展预留,对地址等信息设置了较长的数据位数,以便系统扩展节点时方便。本系统采用的路由方案成本低、功耗小、组网灵活,特别适合农业信息传递所遇到的地形复杂,低成本和数据传输速率不高的特点。

参考文献

- [1] 刘原,宋良图.基于 ZigBee 技术的农业信息无线数据传输[J].自动化与仪器仪表,2006(5):21-25.
- [2] 徐忠臣,王潜平.移动 Ad hoc 网络 AODV 路由协议的进展研究[J].电脑知识与技术,2010,34(12):9735-9738.
- [3] 刘建平.基于 GPRS 的无线数据传输模块的设计[J].信息通信,2009(2):48-50,63.
- [4] 丁海峡,贾宝磊,倪远平.基于 GPRS 和 ZigBee 的精准农业模式研究[J].自动化仪表,2009,30(4):17-19,23.
- [5] 陈旭.Ad Hoc 网络系统中 AODV 协议算法的研究及实现[D].西安:西安电子科技大学,2010.
- [6] 刘正良.基于信任的无线传感器网络及其 AODV 路由协议研究[D].南京:南京理工大学,2010.

(收稿日期:2011-07-28)

作者简介:

韩芝侠,女,1970年生,硕士,副教授,主要研究方向:检测技术与自动化装置。