

基于 OPNET 的无线传感网组网协议研究

王忠锋¹ 朱 珍^{1,2} 王英男³ 顾洪群⁴

(1. 中国科学院沈阳自动化研究所中国科学院工业信息学重点实验室 沈阳 110016;

2. 中国科学院研究生院 北京 100039; 3. 辽宁省电力有限公司沈阳供电公司 沈阳 100300;

4. 辽宁省电力有限公司 沈阳 110006)

摘 要 对无线传感器网络网状网特点深入剖析 提出了两种能够保证实时性的组网方案: 被动组网和主动组网, 用 OPNET 网络仿真软件对结合后的网络进行端到端时延验证, 仿真结果表明: 两种组网方案相结合能够保证网络实时性的同时, 提高了组网的灵活性和成功率。

关键词 无线传感器网络 组网协议 OPNET 仿真

中图分类号 TH86 文献标识码 A 文章编号 1000-3932(2012)05-0639-04

无线传感器网络是由大量具有无线通信功能传感器构成的动态、分布式和自组织的网络, 其目的是通过协作的方式将网络覆盖区域中感知对象的采集信息以某种方式传达给用户^[1]。

典型的 Mesh 网络结构按功能不同将节点分为协调器、路由器和终端节点 3 类, 终端节点只负责信号采集并将数据传给路由器, 终端节点之间不进行任何通信。路由器根据自身路由信息把接收到的来自采集终端的数据信息发送到协调器。在实际场合中终端节点往往具有路由器功能^[2]。

路由建立是任何无线传感器网络必不可少的一个过程, 路由建立的目的是为了实现在协调器和网络节点的双向通信。笔者针对该网络提出了两种能够建立双向通信能力的组网策略: 被动组网和主动组网。

1 邻居交换原理^①

邻居交换是实现组网的关键, 其目的在于选择适当的邻居作为自己的父节点, 甚至可以通过周期性邻居交换来检测邻居节点状态(在线或者离线), 以此发起路由更新或路由删除等路由维护命令。

笔者提出的无线自组网方案中节点对信道的占用采用分时复用策略, 在一定时间戳范围内由某一特定节点独占信道, 保证网络冲突处于最小。

无线通信中的邻居交换并不总像有线通信一样, 在无线通信中, 节点 A 收到节点 B 的信号并不意味着节点 B 到节点 A 是可靠的, 这种现象在有线通信中却是可以理解的。无线通信之所以有

其特殊性原因在于^[3]: 网络中各个节点的通信能力并不完全相同, 例如由于节点发射功率不同而导致的通信半径不同等; 无线环境容易受到干扰从而导致网络中各个节点的通信能力也不完全相同。

笔者提出的邻居交换过程如图 1 所示。

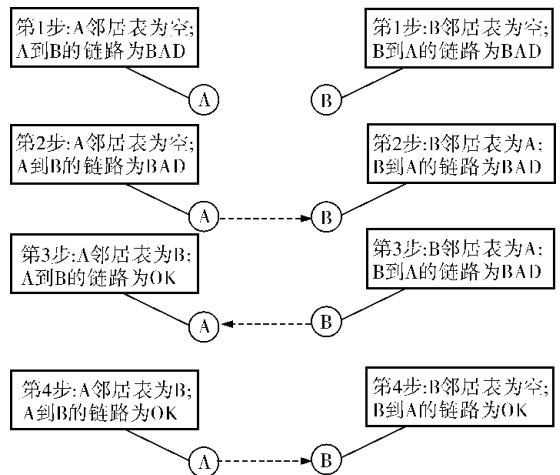


图 1 邻居交换过程

图 1 所示过程实现原理可简述为: 节点 A 通过周期性的邻居交换向邻居节点 B 发送自身邻居表, 邻居节点 B 判断接收到的邻居表中是否有自身, 从而动态修改自身到邻居节点 A 的链路状态(用 OK 或 BAD 标记)。可以看到在经过上述

① 收稿日期: 2012-03-12(修改稿)
基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目(2010ZX03006-005-01)

步骤后节点 A 和 B 之间链路建立。

2 组网方案介绍

按是否由协调器发起组网过程可把组网方案分为被动组网和主动组网,由协调器发起的组网过程称之为被动组网,此时网络中所有节点被动地接收来自协调器的组网指令,反之为主动组网。两种方式各有其优缺点,以下对其实现过程和适用场合作详细介绍。

2.1 被动组网

被动组网是建立在邻居交换的前提之上的,组网过程由协调器主动发起。路由表结构如图 2 所示^[4]。

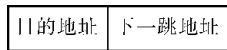


图 2 路由表结构格式

其实现流程如图 3 所示。实现过程为:待邻居交换充分完成后,协调器广播停止邻居交换指令,待网络中所有节点停止邻居交换过程,协调器主动广播组网指令,接收到组网指令的节点首先从邻居表中选择合适的父节点,然后选择自己的时间戳返回路由由响应或转发组网命令。重复上述过程可实现终端节点到协调器的上行路由。

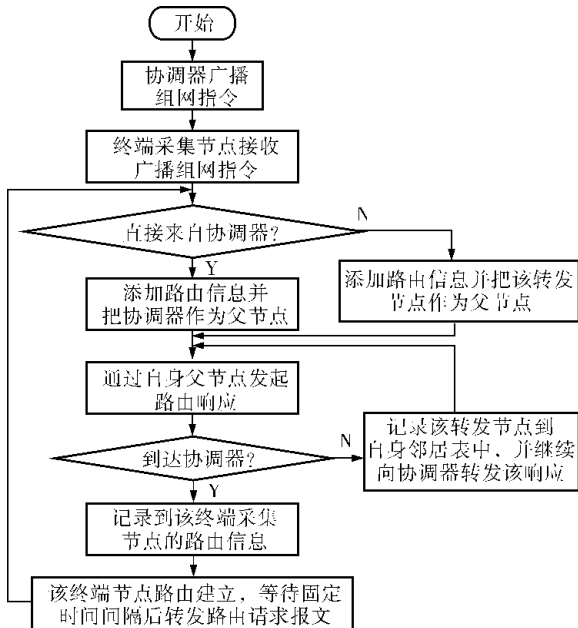


图 3 被动组网流程

接收到路由响应报文的节点如果不是协调器需要转发此报文,因为经过上述过程已经建立终

端节点到协调器的上行路由,所以转发节点知道应该把该响应报文转发给父节点,直到父节点为协调器为止。同时该转发节点应记录到发起路由响应节点的下行路由。重复上述过程就可实现协调器到终端节点的下行路由。

2.2 主动组网

主动组网的实现也是建立在邻居交换基础上的,其路由结构与被动组网相同。主动组网与邻居交换交叉在一起完成,网络节点在初始化时只有协调器的跳数被初始化为 0,终端节点均为 0xFF,其实现流程如图 4 所示。邻居交换开始后,网络中离协调器最近的节点首先接收到协调器发出的邻居交换报文,首先判断自己到协调器链路是否可达,如可达则将选择协调器为自身父节点返回路由更新报文,此过程实现一跳节点到协调器的上行路由建立,协调器收到路由更新报文后,记录到一跳节点的下行路由信息。

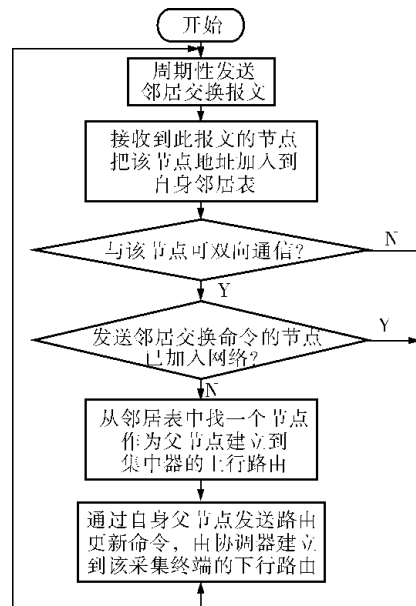


图 4 主动组网流程

网络中的一跳节点状态发生如上变化后,继续进行周期性邻居交换,收到该邻居交换的终端节点从可双向通信的邻居表中根据某一策略(如最小跳数原则等^[5])选择一个最佳邻居作为父节点发起路由响应,此过程建立终端节点到协调器的上行路由。网络中收到该路由更新报文的终端节点建立自身到发起路由更新节点的下行路由,并且转发该更新报文。重复上述步骤可实现网络中所有终端节点到协调器的双向路由。

2.3 组网方案对比

以上是对两种组网方案的一些原理性介绍,从理论上说明了两种方案的可行性。为了更进一步了解两种方案,将从其实现过程以及适用场合进行分析。

在被动组网方案中,协调器在发送组网指令前先要广播停止邻居交换指令,在保证网络暂停邻居交换后才发组网指令,这样可以保证在整个网络组网期间节点能够按照自己的时隙进行路由响应或转发组网指令,从而在一定程度上减少了信道冲突。但是被动组网并不够灵活,因为每次组网时间可能随网络规模不同而差异较大,此外由于其实现方式的特殊性,当组好的网络有新节点加入时,需要重新组网,而经常性的被动组网会对信道资源造成浪费,所以综合来看被动组网适合于网络比较稳定的情况。

主动组网过程与被动组网不一样,其实现过程是伴随着邻居交换过程的,因此组网过程中的路由更新报文和确认报文有可能会与邻居交换过程冲突,虽然在主动组网过程中引入了重传策略,但是在网络节点数量较多的情况下即使重传也不能解决信道冲突问题,因此主动组网的组网成功率没有被动组网成功率高。但是主动组网有其自身的优点,因为邻居交换是周期性进行的,因此当网络结构发生变化,比如有新节点加入网络或者网络中某些点离开时,邻居交换能够感知到这些变化,并及时发起路由更新报文,从而把这些变化反映到协调器中。

通过以上分析得知了两种组网方案的优缺点后,得出被动组网的成功率高以及主动组网的实时性好的结论,这两种优点并不矛盾,完全可以把两种组网方案结合起来加以运用。

3 OPNET 仿真验证

上述讨论中提到两种组网方案有其各自优缺点但是却能够互相补充,因而在实际实施过程中将两者糅合在一起使其达到理想效果。图 5 是两种组网方案糅合后经 OPNET 仿真得出的网络端到端延时,图 6 是在上述方案下选择 MAC 层延迟队列周期为 0.12s 后得出的信道利用率。以上仿真结果是基于如下场景得出:

- a. 网络最大跳数为 4 跳,且最大跳数节点只有一个;
- b. 端到端延时指的是协调器到最大跳数节

点的延时。

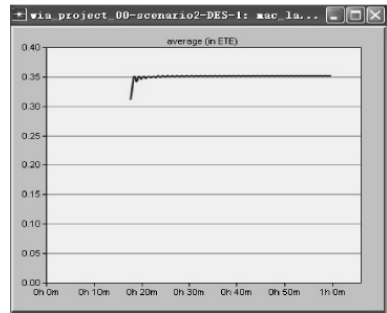


图 5 端到端延时

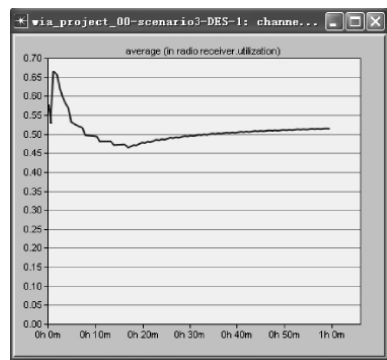


图 6 信道利用率

从图 5 中可以看出从协调器发出指令到四跳终端接收到命令需要 0.35s 左右,具有较高的实时性,能够满足常见的实时性需求。

图 6 所示的信道利用率曲线显示在仿真开始后的 16min 内利用率较高,因为这段时间网络中的节点在同时进行邻居交换;16min 后网络开始主动组网,因为主动组网是按跳数进行的,因而网络中在同一时刻只有某一跳的节点在占用信道,因而信道利用率较之前有所降低。

4 结束语

根据无线传感器网络的特点提出了两种组网方案,即被动组网与主动组网,详细介绍了其实现原理及其实现过程,最后运用 OPNET 网络仿真软件对其进行仿真,通过仿真结果验证了两种组网方案相结合能够保证网络实时性的同时,提高了组网的灵活性和成功率。在研究过程中已经将两种方案进行了结合,并在沈阳某小区的智能电网示范工程中得到应用,上述仿真结果是在实际网络运行参数的基础上作了修改而得出的,可以看到该组网方案能够在保证可靠性的同时满足实时

性要求。

参 考 文 献

- [1] 罗玥,李雷.无线传感器网络路由问题探讨[J].通信技术,2007,40(12):361~362.
- [2] 石军锋,钟先信,陈帅,等.无线传感器网络结构及特点分析[J].重庆:重庆大学学报(自然科学版),2005,28(2):16~18.
- [3] 黄剑龙,王忠锋,李力刚,等.基于WIA工业无线网
- 关的设计[J].化工自动化及仪表,2011,38(10):1127~1129.
- [4] 何萍实,徐子平.无线Mesh网络中使用双收发器的多信道MAC协议研究[J].计算机应用研究,2010,27(1):327~329.
- [5] 张敏辉,高晓玲,杨剑.基于传感网的集装箱海铁联运系统设计与应用[J].化工自动化及仪表,2011,38(10):1215~1217.

Research of WSN Network Building Protocol Based on OPNET

WANG Zhong-feng¹, ZHU Zhen^{1,2}, WANG Ying-nan³, GU Hong-qun⁴

(1. CAS Key Laboratory of Industrial Information Technology, CAS Shenyang Institute of Automation, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Shenyang Power Supply Company, Liaoning Provincial Electric Power Limited, Shenyang 100300, China; 4. Liaoning Provincial Electric Power Limited, Shenyang 110006, China)

Abstract After deeply analyzing the characteristics of WSN mesh network, both passive network-building and active network-building schemes were proposed to ensure real time property, then having two schemes combined and its end-to-end time delay simulated with OPNET software show that the combined scheme can ensure the real time property of the network while improving both flexibility and success rate of network-building simultaneously.

Key words wireless sensor network (WSN), network-building protocol, OPNET, simulation

(上接第622页)

- 炮数字压力表研究[J].传感器与仪器仪表,2009,25(7):82~83,86.
- [2] 魏小龙.MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [3] 和卫星,王彬,吴文亚,等.基于MSP430的高精度压力计设计[J].化工自动化及仪表,2010,37(12):70~72.
- [4] 徐科军,马修水,李晓林,等.传感器与检测技术[M].第2版.北京:电子工业出版社,2011.
- [5] 郭忙坎,肖长庆,方莹.基于msp430单片机的两线制智能pH转换器设计[J].化工自动化及仪表,2011,38(8):1016~1019.
- [6] 艾玲.基于MSP430单片机的数字式压力表的设计与实现[D].沈阳:东北大学,2004.

Design of Accessable Digital Pressure Gauge of High Precision and Micro-power Consumption Based on MSP430

WANG Jin-chen, MA Si-he, JI Cheng, HE Yin-zhou

(School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract Taking MSP430F149 as the master controller, a digital pressure gauge of high precision and micro-power consumption was designed, in which, the A/D conversion of pressure sensor output which having a constant power supply and taking constant voltage from ADR2914 for reference can be implemented though AD7714, and the strategy of modular power supply and timesharing data acquisition can be used to reduce system power consumption, as well as the self-designed MOSFET power switch can be taken to turn off the power of module which doesn't work. Having the mean filtering method which based on change rate taken to filter the pressure data collected, and the multi-points calibration method employed to calibrate the pressure gauge, as well as the simplified file system used to store and replay pressure data show that the precision of the pressure gauge can exceed 0.25%, and its continuous working time can be more than 3 000 hours when it's powered with 4 AA 1.5V batteries.

Key words MSP430F149, constant current source, AD7714, change rate mean filtering, data storage