



3G 无线传感器网络在智能配电网的应用研究 *

谢伟红,章健军

(长沙电力职业技术学院 长沙 410131)

摘要

本文提出一种基于 3G 通信的无线传感器网络(简称 3G 无线传感器网络)在智能配电网中的应用模型,介绍了 3G 无线传感器网络的概念与应用特点,在分析配电网结构的基础上给出了 3G 无线传感器网络的拓扑结构,提出了带冗余的混合路由模式,最后给出了配电网中 3G 传感器节点的设计。

关键词 智能配电网;无线传感器网络;3G 通信

1 引言

智能电网具有可实现清洁能源的大规模灵活接入、提高电网运行的安全稳定性等优点,已成为世界电网发展的新趋势^[1-3]。智能配电网作为智能电网的重要组成部分,对线损管理、供电质量、可靠性、安全性提出了新的需求。覆盖整个电网的信息通信系统是实现智能配电网传输和使用的高效性、可靠性和安全性的基础^[4],智能电网的数据获取、保护和控制都需要这样的信息通信系统的支持,因此建立这样的系统是实现智能电网的第一步^[5]。无线传感器网络作为全球未来的三大高科技产业之一^[6],已经在军事、环境监测、医疗护理、智能家居等领域得到了应用。随着无线传感器网络技术日趋成熟,应用无线传感器网络实现配电网的智能监控是完全可行的。

目前,相关学者提出将传感器网络应用于电网监控及

自动化控制等各个环节,提出了不同的实现思路和应用模型。参考文献[7]对无线传感器网络在电力系统保护装置中的应用模型进行研究,提出用无线传感器网络实时监测开关柜内的温湿度,克服传统方法中在每个开关柜内安装一个温湿度监控器带来的资源浪费问题,并给出了软硬件设计方案,此模型采用的通信协议为 Zigbee 协议,适用于小范围内对设备微环境监控的应用。针对有线通信形式存在的布线限制、组网灵活性低、升级扩展不便、安装维护困难等缺点,参考文献[8]提出将无线传感器网络技术应用于变电站自动化系统,对实施过程中的传感器节点能量供给、数据融合、分簇路由算法等关键问题给出了解决方案,并提出一种 2 层架构的混合组网模式,是对变电站自动化系统通信网络的积极探索。针对高压电力设备周围存在电磁场的特殊工作环境,参考文献[9]设计了一套基于 Zigbee 的传感器网络的温度监控系统,可实现高压隔离,达到有效监控与预警等功能。为解决电缆过负荷发热引起的内部绝缘介质强度下降、绝缘纸粘度降低、引发电弧起火等问题,参考文献[10]提出利用无线传感器网络对电缆的各参

* 2010 年湖南省教育厅科学研究课题《无线传感器网络在智能电网中的应用研究》资助项目(No.10C0006)

数进行监控,有助于实现电缆监控的智能化。这些研究提出的解决方案中,传感器网络只应用于小范围的监控,采用的传输协议均为短距离通信协议(如 Zigbee 协议),且未考虑复杂的网络拓扑结构。

智能配电网具有自身的特点及特殊的智能化要求,现有的解决方案对智能配电网的网络结构、路由协议及传感器节点系统架构等方面的新特性不再适用。为了将无线传感器网络应用于配电网中,实现配电网中信息采集与控制的智能化、自动化,本文详细分析了无线传感器网络在这种新的应用背景下出现的问题及解决方案。

2 3G 无线传感器网络的介绍

2.1 传统无线传感器网络的限制

在传统无线传感器网络中,传感器节点的能量是不可补充的,并且节点间的通信多借助于射频芯片,通信协议也多为短距离的通信协议,如 IEEE 802.15.4,传感器节点能量及节点通信能力的有限性成为制约无线传感器网络发展与应用的两个主要因素。而由于配电网覆盖的区域广阔,用户(设备)数量众多,将无线传感器网络应用于配电网中将存在新的挑战,如节点间的实际距离远远超过射频芯片的通信半径、监测与传输的数据量大、对采集信息及控制指令的传输的实时性要求高等。

针对这些限制,本文采用 3G 通信作为传感器节点之间的通信协议,并将修改传统传感器节点的体系结构,增加获能模块用于为节点从电网中获取能量,以解决传感器节点通信距离受限、传感器节点能量受限等问题,同时通过设计新的拓扑结构以解决数量众多的问题。

2.2 3G 无线传感器网络的组网方式与系统架构

3G 无线传感器网络的体系结构如图 1 所示,通常由

传感器节点、簇头节点、网关节点、外部网络和任务管理节点组成^[3]。

大量传感器节点随机部署在感知区域内部或附近,能够通过自组织方式构成网络,它们将采集到的数据沿着其他传感器节点逐跳进行传输,在传输过程中所采集的数据可能被多个节点处理,经过多跳路由后到簇头节点,再由簇头节点通过外部网络把数据传送到处理中心进行集中处理。

传感器节点通常是一个具有信息收集和处理能力的微型嵌入式系统,构成了无线传感器网络的基础层支持平台。从网络功能上看,每个传感器节点兼顾传统网络节点的终端和路由器双重功能,除了进行本地信息收集和数据处理外,还要对其他节点转发来的数据进行存储、管理和融合等处理,同时与其他节点协作完成一些特定任务。簇头节点的处理能力、存储能力和通信能力相对较弱,它连接传感器网络与 3G 外部网络,实现两种协议栈之间的通信协议转换,同时发布处理节点的监测任务,并把收集的数据转发到外部网络。网关节点用于组合从各个传感器节点得到的数据以及负责与外界通信,该节点基于嵌入式系统。任务管理节点通常用于完成区域数据的综合处理。无线传感器节点经多跳转发,通过网关接入网络,网络中的任务管理节点对传感器信息进行管理、分类、处理,再把传感器信息传送给主控中心。

3 3G 无线传感器网络在配电网的监控网络上的应用

智能配电网的监控系统除具有保证供电的可靠性、安全性的基本要求外,还必须能对变电站及配变设备的运行状况进行准确和科学的智能监控,随时掌握变电站及配变设备的运行状况并根据需求进行合理管理,以改善供

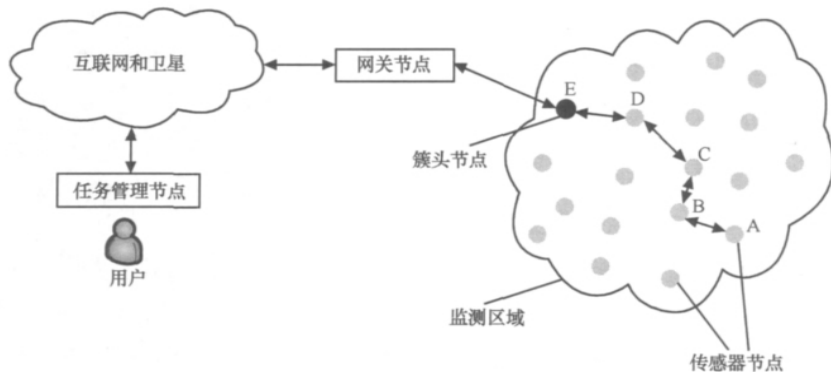


图 1 3G 无线传感器网络的体系结构

电质量,且智能配电网应该具有传输高速、准确、安全、互动的特点。因此,为了设计合理的路由方案,对智能配电网监控网络的拓扑结构进行分析显得十分重要。

图2是一种典型的的城市配电网结构,其中110 kV变电站位于城市(监控区域)外围并通过光纤连接成环,通过这些变电站均可接入监控网络,因此可认为这些110 kV变电站为网关节点。10 kV变电站从110 kV变电站接出,遍布于城市(监控区域)内,负责汇聚并处理一个区域内的用户节点信息,并将其发送给110 kV变电站这些外围节点,因此可将10 kV变电站看作簇头节点。而用户作为最底层节点,可看作普通的传感器节点,其采集的数据通过多跳的方式发送给簇头节点。

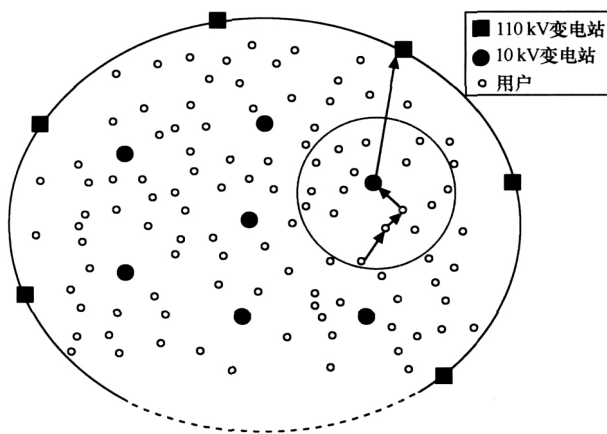


图2 城市配电网的典型结构

无线传感器网络主要有平面路由和层次路由两大类,平面路由指传感器网络中的各节点具有相同的功能和平等的角色,节点或将自己的事件检测结果主动报告给其他节点,或者其他节点向检测事件的节点发出查询信息,数据传输通过多节点的多跳路由协作转发完成;而层次路由指高能量节点可用于数据转发、数据查询、数据融合、远程通信和全局路由维护等高耗能应用场合;低能量节点用于事件检测、目标定位和局部路由维护等低耗能应用场合。为实现智能配电网监控网络的安全可靠传输,结合配电网的特点提出一种带冗余的层次路由和平面路由相结合的混合路由设计。

在智能配电网的配电侧采用层次路由设计,具体实现方法是:在110 kV变电站配置一级高能量节点,在10 kV变电站配置二级高能量节点,一级节点均可以实现数据转发、数据查询、数据融合、远程通信和全局路由维护等

功能;二级节点均可以实现事件检测、局部数据转发、局部数据融合、远程通信、目标定位和局部路由维护等功能。

一级节点的主要功能是完成对区域范围内二级节点的数据接收和发送,实现对二级节点的监测与控制;同时实现光纤有线网络的网络连接,实现与配电网中心站的数据发送和接收。

二级节点的主要功能是将数据通过3G通信网络向相邻的两个或多个一级节点转发。

由于用户侧的节点较多且处于动态变化中,路径复杂,同时传输数据的速率和实时性要求不高,因此用户侧采用平面路由设计。用户侧的节点具有相同的功能,是平等的角色。作为三级节点,这些节点将自己的事件检测结果通过多跳方式进行转发至二级节点。其间的通信可以通过3G通信网络来实现。

由于配电网范围非常大,一般采用以一级节点为中心划分环形区域,同时一个二级节点分别处于其2至多环形区域,即一个二级节点分别向2至多个一级节点发送和接收数据,以提高数据的冗余度来保证数据的实时性、准确性和可靠性。

所以具体路由模式是:首先用户与簇头(10 kV变电站)之间通过平面路由协议进行通信,远端用户节点可以通过多跳方式与簇头节点通信;而簇头节点将本区域内的用户数据进行处理(如数据融合)后,再送至网关节点(110 kV变电站)。同时,采用了冗余的路由模式:每个簇头节点(10 kV变电站)都将数据发送至两个网关节点(110 kV变电站),当其中一条链路出现故障无法通信时,仍然可以通过另一条路径将簇头信息发送至网关,这种冗余的方法可以保证数据传输的安全性和可靠性。

拓扑结构如图3所示。

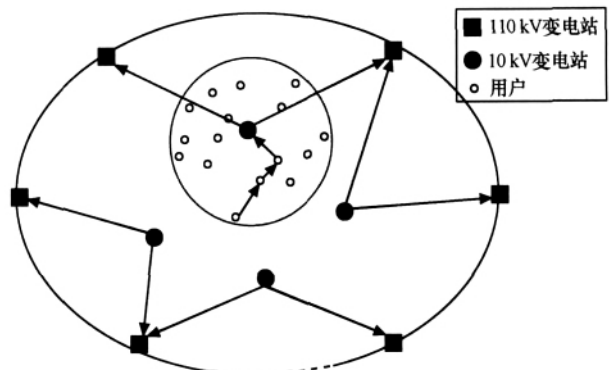


图3 一种带冗余的层次路由和平面路由相结合的混合路由

在上述路由设计中面临一个问题:簇头节点选择哪两个网关节点作为自己的数据传送目标。如果目标节点选择不当可能会出现负载不均衡的问题,即有些网关节点承担了大量的数据汇聚工作,而有些网关节点则承担很少或不承担任何数据汇聚工作。因此,本文给出选择网关的约定:如果网络中存在的簇对个数为 n 个,网关节点为 N 个,那么对某簇头节点 i 而言, i 首先选择离自己最近的两个节点作为自己的目标节点,如果目标节点当前已经被 n/N 个簇头节点选作目标网关,则 i 再根据距离最近的原则选择其他网关节点作为自己的目标节点,直到找到自己的目标节点为止。这种约定可以保证簇头节点与网关节点之间距离最近,也能使每个网关节点的负载尽量均衡。

4 3G 无线传感器网络的传感器节点设计

传感器节点是一个微型嵌入式系统,其计算、存储和通信能力均相对较弱,由自带电池供电,能量非常有限。节点通常包括传感器模块、处理器模块、通信模块和能量供应模块4部分,如图4所示。传感器模块负责监测区域内信息的采集和数据转换;处理器模块负责控制整个传感器节点的操作,包括存储/处理采集的数据以及其他节点发来的数据;通信模块负责与其他节点进行无线通信,交换控制信息和收发数据;能量供应模块为节点供电。

传感器模块是硬件平台中真正与外部信号量接触的模块,一般包括传感器探头和变送器两部分,探头采集外部设备与环境相关的需要传感的信息,将其送入变送系统,变送器完成将上述物理量转化为可以识别的原始电信号,并且通过整形处理,最后经过A/D转换成数字信号送处理器模块。对于不同的探测物理量,传感器模块将采用不同的信号处理方式。传感器模块还需要设计相应的检测与传感器电路,同时需要预留相应的扩展接口,以便于扩展检测与处理等更多的物理信号量。

与传统的传感器节点相比,本文的传感器节点在结构

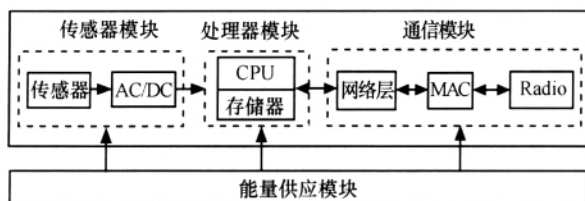


图4 传感器节点的结构

上存在两个不同:首先,传统传感器节点的供能模块来源于节点携带的电池,一旦电池用完传感器节点也将失效,而本文中的传感器节点将被安放在带电的设备上,传感器节点可从带电设备上获取电能,因此需在能量供应模块上增加能量获取模块;其次,传统传感器节点的通信模块通常采用射频芯片,以适应短距离的无线通信协议,如Zigbee,而本文中的传感器节点将采用3G通信网络,因此其通信模块需更换为3G通信模块,其对应的MAC层协议与芯片均需做相应的变换。

5 结束语

本文对基于3G通信的无线传感器网络在智能配电网中的应用进行了研究,介绍了基于3G通信的无线传感器网络的组网方式及系统架构,在分析配电网的网络结构的基础上,重点分析了3G无线传感器网络的拓扑结构的特点,提出带冗余的分层路由模式,最后给出可用于配电网的3G传感器节点的组成与设计。本文提出的应用模型可以很好地克服传统传感器节点能量有限、传输范围受限等缺点,可很好地适应智能配电网对网络监控的安全性及可靠性要求。

参考文献

- 1 Smart Grid Working Group. Challenge and opportunity: charting a new energy future, appendix a: working group reports. USA: Energy Future Coalition, 2003
- 2 EPRI. Technical and system requirements of advanced distribution automation. Palo Alto, CA: EPRI, 2004
- 3 European Commission. European technology platform smart grids: vision and strategy for Europe's electricity networks of the future, http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf, 2008-10-10
- 4 苗新,张恺,田世明等. 支撑智能电网的信息通信体系. 电网技术, 2009(17)
- 5 王志奇. 智能电网通信体系相关技术介绍. 先进技术研究报告, 2010, 4(5): 34~36
- 6 孙利民, 李建中, 陈渝等. 无线传感器网络. 北京: 清华大学出版社, 2005
- 7 郝晓弘, 王瑛辉, 康漪. 基于 ZigBee 技术的无线传感器网络在电力系统保护装置中的应用. 仪表技术与传感器, 2008(7): 88~89
- 8 王阳光, 尹项根, 游大海等. 应用于变电站自动化系统的无线传感器网络技术. 电网技术, 2009, 33(2): 20~26



复杂诊断系统的 MAS 协作求解方法

蒋伟进^{1,2}, 曹东波¹, 许宇晖¹, 史德嘉¹

(1. 武汉理工大学计算机学院 武汉 430070; 2. 湖南商学院计算机应用研究所 长沙 410205)

摘要

为适应故障诊断中动态变化的环境和满足求解复杂系统全部任务的要求,研究一种基于 MAS 的分布式智能监控系统。文中以诊断决策问题的结构及建模过程的层次性为基本思想,基于诊断任务的多层次混合分解策略,提出了融合不同表达方式和推理机制的多 Agent 并行诊断结构,分析了管理 Agent、诊断 Agent 和决策 Agent 的基本职能,探讨了实时 Agent 的组织和演化机制,给出了并行推理过程中的冲突消解算法,建立了具有公共属性的智能体模块化层次结构,实现了基于 MAS 多层分布式黑板模型的智能监控系统。工程应用效果验证了多智能体结构框架下复杂系统分布式求解的可行性和有效性。

关键词 复杂故障诊断;多 Agent 系统;分布式求解;协同协作;融合算法

1 引言

随着工业过程的大规模化和生产装置的复杂化,传统

控制理论和控制技术正面临着工业过程控制的复杂性带来的严峻挑战。复杂过程与一般工业过程有着本质区别:

①关系变量众多。复杂过程生产规模大,工艺流程长,使得

9 陈雁冰, 陈忠辉, 陈新. 高压设备无线温度监控系统的设计. 计算机与数字工程, 2009, 37(12): 193~196

10 腾云. 基于传感网的电缆监测系统实现. 电脑知识与技术, 2009, 5(34): 9720~9721

Research on Application of Wireless Sensor Network Based on 3G in Intelligent Distribution Network

Xie Weihong, Zhang Jianjun

(Changsha Electric Power Technical College, Changsha 410082, China)

Abstract An application model of wireless sensor network based on 3G in intelligent distribution network was presented. The concept and application character of wireless sensor network based on 3G was introduced. Based on analysis of structures of intelligent distribution network, the topology of 3G wireless sensor networks and a mix redundant routing model was proposed. The design of 3G sensor node was produced.

Key words intelligent distribution network, wireless sensor network, 3G communication

(收稿日期: 2010-08-21)