

煤矿井下异构无线 Mesh 感知网络融合研究

石玲玲, 李敬兆

(安徽理工大学 计算机科学与工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘 要: 在综合分析各感知网络和以太网网络特点及其异构性的基础上, 提出了分层的异构网络融合网关结构模型, 设计了网间通信统一的数据包格式和全网统一的地址编码方式. 具有多切换接口的 Mesh 终端, 能够根据自动切换管理技术智能地接入不同网络. 网关实现了基于 802.11、802.15 和 802.3 等协议的语音业务、视频图像业务以及数据传输业务在不同网络间的无障碍通信, 网关的双向通信功能, 使其连通的两端网络以对等方式通信, 最终实现了井下全网互联互通.

关键词: 异构网络融合; 网关结构模型; 移动性管理; 双向通信

中图分类号: TP393.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)01-0124-04

Study on Convergence of Heterogeneous Wireless Mesh Sensor Networks in Coal Mine

SHI Ling-ling, LI Jing-zhao

(Institute of Computer Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: It analyzed the characteristics and heterogeneity among the sensor networks and the Ethernet network, hierarchical convergent gateway structure model was proposed, and it designed unified data packet format and unified address coding method of the network. Mesh terminal with multiple switching interface, could intelligently access to different networks according to the automatic switching management technology. The gateway could communicate with each other barrier freely in the voice, video and data transmission application based on 802.11, 802.15 and 802.3 protocols, the two-way communication of the gateway made the peer to peer communication between networks, it realized the whole network interconnection, barrier free communication finally.

Key words: heterogeneous network integration; gateway structure model; mobility management; two-way communication

1 引言

随着互联网技术和物联网技术^[1]的高速发展, 无线个域网 WPAN (Wireless Personal Area Network) 和短距离无线 WiFi 网络被逐渐应用到煤矿井下, 如用于环境(甲烷、二氧化碳、粉尘浓度等)监测、设备状态监测和人员定位的无线传感器网络^[2-4], 用于井下工作面的视频监控和语音通信的 WiFi 网络^[5-6], 还有基于 RFID 技术^[7]的物资管理等, 形成了多种异构网络共存的局面. 这些应用系统

所采用的体系结构、通信协议、关键技术等方面存在的差异, 使得它们往往自成体系, 监测信息不能互通, 向上层提供的信息价值大打折扣.

本文提出融合井下各种异构的基于 Mesh 结构^[8]的感知网络的设想, 网状网中的每个路由器一端连接着相应的 802.11 或者 802.15 的无线感知网, 用于监测矿井下的人员和工作状况, 另一端通过有线的工业以太网^[9]接入地面管理中心. 本文中以上述的 WiFi 网络、ZigBee 网络以及 RFID 网络三种网络之间, 及其与工业以太网之间的相互融合为

收稿日期: 2014-03-11; 修回日期: 2014-05-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(61170060)

例,设计网关^[10]。

2 井下各网络的异构性体现

应用于煤矿井下的有线和无线网络的传输机制不同、传输速率不同、覆盖范围不同、提供的 QoS 不同、面向的业务和应用也不尽相同,这使得无线网络之间、有线与无线之间形成了异构性。主要体现在以下几个方面:

- (1)物理层的异构性;
- (2)通信协议和网络控制机理不同;
- (3)组网方式的异构性;
- (4)业务的异构性。

3 异构网络融合网关设计

3.1 终端设计

各感知网络的终端即 Mesh 终端在监测区域内可以是固定位置的,也可以是移动便携式的。移动式终端具备多个网络切换接口,在不同位置和时间可能同时处于多个网关的有效通信范围内,移动终端根据相应的切换管理算法智能地选取最佳网关实现自动加入^[11]。在数据传输过程中,需保持移动终端与网络的连通性,保证终端的服务质量,网关能够适应移动接入点的改变。移动式终端的设计比固定式终端复杂且硬件性能要求较高。

3.2 异构融合网关设计原则

异构融合网关是静止的,可根据实际情况分布于井下巷道中。网关需要屏蔽各感知网络的异构性,无缝连接全网内移动终端和固定终端。网关在设计时,需遵循下述原则:

(1)多样性

支持煤矿井下的各类无线感知网和有线的通信网;

(2)融合性

实现各无线网络和有线网络以及无线网络之间的连通和融合;

(3)安全性

能够抵抗煤矿井下的恶劣环境的干扰,符合煤矿安全规章要求,同时,具备一定的抵御外网攻击能力。

3.3 异构融合网关基本功能

异构融合网关的设计重点在于实现广泛的接入能力和不同网络之间数据的互通,同时具备控制功能,协调不同子网系统间的通信等。所以,网关需要具备下述基本功能^[12]:

(1)具备广泛的接入能力

井下有线、无线通信技术标准很多,各类通信技术的物理层不同,占用的信道、信号调制方式、传输速率等都有差异,且各类技术主要针对特定的应用展开,缺乏兼容性和体系规划,需要实现多种不同网络接入网关,且相互之间减少干扰。

(2)协议转换能力

从不同的感知网络到接入网络的协议转换,将下层感知网络的不同感知数据格式统一封装,将上层下发的数据包解析成各个不同感知网络可以识别的控制指令,保证不同网络之间能够实时通信。

(3)网关控制功能

网关需要具备协作能力:同一区域内的多个网关间要具备协作能力,相互之间能够通信,若有个别网关停止工作,整个网络的通信不受影响;信令处理能力:能够转换无线感知网络与井上计算机网络间的交互信令,控制感知子网系统的组网以及数据信息采集等;地址映射能力:完成感知子网与以太网之间的相互寻址;数据包转发能力:完成井上、井下数据包的转发;数据存储能力:能够在需要时保留终端节点的位置、路由、认证、其他数据信息等;感知子网内节点的管理能力:各个子网内节点的注册管理、权限管理、能量管理、状态管理、故障管理以及远程唤醒和控制等。

(4)网关强大的处理能力

异构融合网关硬件上要实现不同接入网模块,软件上要实现数据通信和控制功能,需要网关具备强大的实时处理能力。同时,网关需要电源持续供电,在井下的网关需要连接符合煤矿安全要求的供电系统。

4 异构融合网关的实现

4.1 异构融合网关结构实现

根据网关的设计原则和功能要求,提出网关结构设计如图1所示。异构网络融合网关需要完成不同通信协议的转换、数据格式的统一、网络寻址、终端的接入、管理以及维护,安全性等功能,软件方面要求网关具备强大快速的处理能力,且各种网络间的通信能够并发地进行,要求运行网关之上的操作系统具有多任务、多线程性能,且能够响应中断请求,硬件方面的设计可以由三星公司的 ARM 系列微处理器 S3C2440^[14]来实现,可根据需要扩展相应的 FLASH 存储器和外设,其性能足以满足嵌入式网关应用。ZigBee 协调器模块^[14]硬件方面可选用

集微处理器和射频功能一体的 CC2431/2531, 发起 ZigBee 网络, 建立通信链路, 普通感知节点自动搜索并加入网络. 另外, ZigBee 协调器模块还具备移动节点的接入管理功能, 能够实现移动节点和上层网络的无障碍通信. WiFi 模块也可根据实际应用需求, 选择支持 IEEE802.11 协议的硬件实现, 它具有 AP 接入点的功能, 能够实现有效通信范围内的固定的和移动的多媒体节点的接入. RFID 模块的硬件有多种选择, 实现通信范围的电子标签的信息读取, 同时也能够直接的和移动的电子标签通信. 以太网接口连接了融合网关和工业有限以太网的通信, 接收监控中心下达的命令, 同时上传监测信息, 网关通过 LCD 接口可以连接显示器, 便于井下作业人员观测网关的工作状况.

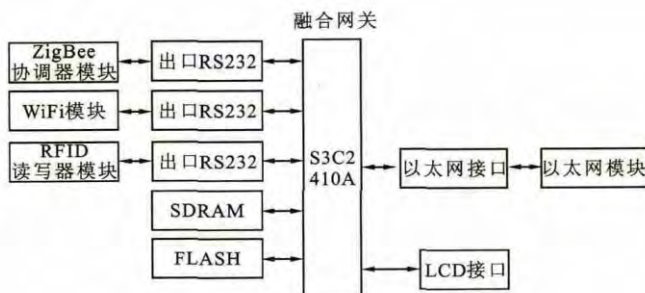


图 1 融合网关结构

本网关主要同时具有四个模块, 即 ZigBee 模块、WiFi 模块、RFID 模块和以太网模块. 以太网模块负责和有线的工业以太网交换数据信息, 向上传递监测信息, 向下下达管理层命令; ZigBee 模块负责感知网络的启停、组网以及相关的管理控制; WiFi 模块负责与通信区域内的多媒体节点进行通信, 包括视频数据的上传, 和语音通话的转接; RFID 模块负责对通信范围内的电子标签信息的读取, 并通过网关把数据传输到上层监控中心.

4.2 异构融合网关协议栈

网关完成不同网络间的实时通信, 首先需要实现网间协议转换和网络接入. 网络切换会产生时延, 为了避免切换过程所产生的附加时延, 网关在不同网络间的切换设计在链路层 (即 MAC 层) 实现. 网关的协议结构设计如图 2 所示.

网关的接入层使用的是各种感知网络的物理层协议, 其 IP 层要适用动静节点的寻址, 路由层要考虑在网关处进行协议消息映射和协议参数的转换, 包括感知网内的局部地址与以太网的 IP 地址之间的相互转换, 数据包格式之间的相互转换以及可信路由机制的无缝传递.

WSN/WiFi	网关	以太网
802.11Application /802.15.4Application		Application
802.11TCP、UDP /802.15.4Sub Application		802.3 TCP/UDP
802.11IP/802.15.4 NETWORK	IP	802.3 IP
802.11MAC /802.15.4MAC	WSN/WiFi/RFID MAC	802.3 MAC
802.11 PHY/802.15.4PHY	WSN/WiFi/RFID PHY	802.3 PHY

图 2 网关的协议结构

4.3 全网数据包和地址编码设计

不同网络间相互通信时, 需要统一数据格式. 全网统一的数据格式如表 1 所示.

表 1 统一数据格式

FD	包长度	子网类型	命令类型	目标地址	数据长度	数据 (变长)	源地址
----	-----	------	------	------	------	---------	-----

FD 表示数据包起始标识; 包长度是整个数据包的长度, 由子网类型决定; 子网类型区分四种接入网络; 命令类型即上层网络下达的信令, 可以是后停子网命令, 或者参数设置命令等, 若命令类型为空, 则表示该包用于传递监测数据; 目标地址表示接收方的地址, 为了完成区域地址和 IP 地址的映射, 使上层网络与下层感知网络的任何终端能够直接通信, 终端的地址编码需要重新设计, 可分为两级: 第一级表示所属网络, 第二级表示网内地址. 源地址和目标地址采用这种编码方式能够完成不同网间无障碍的通信; 数据长度是可变的, 该部分可以是命令附带的数据部分, 如参数设置命令的参数内容, 也可以传递的监测数据.

4.4 异构融合网关工作流程

网关处于不同网络连通的中间位置, 关系着各个网络能否相互通信. 双向通信过程中, 首先需要判定通信方是哪个子网, 信息采集者是移动终端还是固定终端, 网关对于不同的终端会进行不同的接入管理. 数据通信过程中, 网关维持数据传输的不中断, 且要进行地址映射和数据包的统一等操作. 异构融合网关工作流程如图 3 所示.

4.5 终端工作流程

不同的终端节点具有不同的通信方式, 终端感知节点与网关通信的过程如图 4 所示.

感知网内的节点具有移动性, 当节点不在网关节点的通信范围内, 或者同时处于两个网关的有效通信范围内, 感知节点需要具备自动切换能力, 选择信号强度高的网关接入; 当电子标签处于不同网关

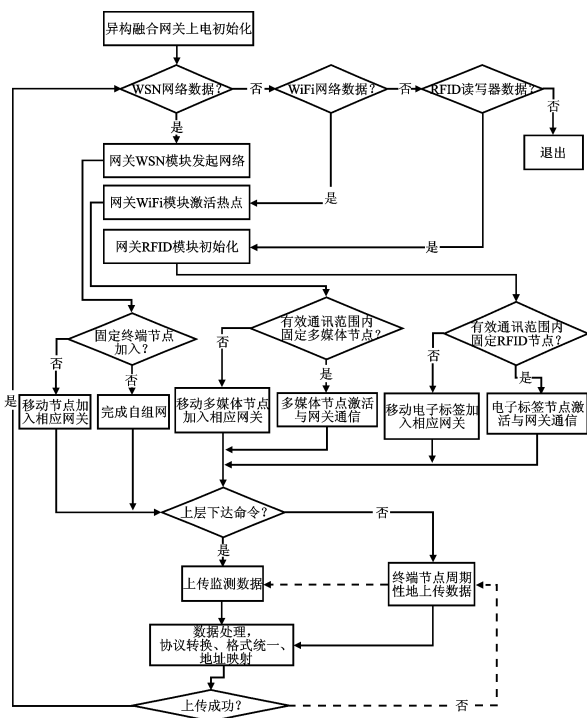


图 3 网关的工作流程

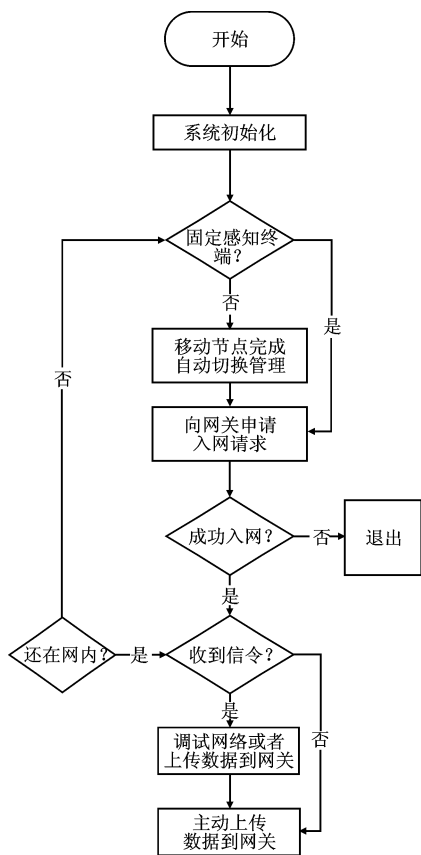


图 4 终端与网关通信流程

读写器的有效读写范围内,电子标签具有能够选择最佳信号网关读写器接入;同理,当多媒体节点移出

网关节点的热点范围或者处于多个网关的有效范围内时,多媒体节点要根据相应的算法(自动切换算法)智能的选取最适合的网关加入.自动切换算法是下一步研究的重点.

4.6 异构融合网关在井下应用

井下的多媒体节点、普通环境参数感知节点和电子标签节点都有各固定式和移动两种.各种感知终端节点分布于井下各个巷道中,同时布置一定数量的网关节点,各个网关节点在有效通信范围内与网内节点完成自组网络,向上接入工业以太网,共同完成安全生产监控与井下无障碍无线通信.如图 5 所示.

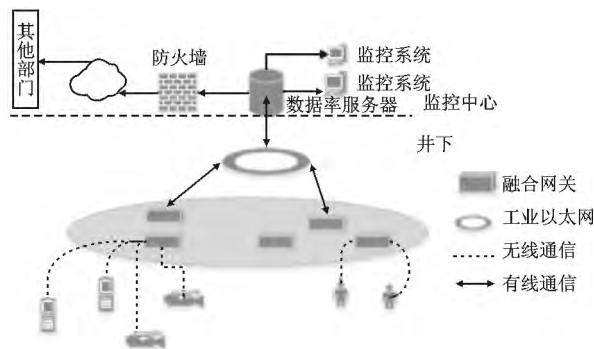


图 5 异构融合网关在煤矿井下的应用

5 结束语

针对煤矿井下各类生产安全监控系统、语音通信系统等的分散性、独立性问题,提出融合这些感知网络,在每个 Mesh 路由器中建立一个异构融合平台,实现全井上下的互联互通.本文研究了异构融合网关的体系结构,实现了网关的协议转换,设计了统一的数据传输格式和地址编码方式.本文设计的异构网络融合网关还具有数据信息双向传递性,能够有效减少企业部门的人力投入.移动终端的切换管理算法和智能加入算法是以后的研究重点.

参考文献:

- [1] 夏文栋. 基于 3G-WLAN 交互系统的物联网研究[J]. 微电子学与计算机, 2011(7): 139-142.
- [2] 刘玉珍,程政,蒋靖. 基于 ZigBee 的井下巷道瓦斯监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2012(9): 49-59.
- [3] 牛园园,朱宗玖. 基于 Zigbee 技术的井下人员定位系统设计[J]. 煤矿机械, 2013, 34(9): 274-276.
- [4] 张雅君,李明学,田由辉. 基于 Zigbee 技术的煤矿井下设备监测系统的研究[J]. 煤矿机械, 2013(5): 271-272.

(下转第 130 页)

余数据分类的效率.

表 2 冗余数据种类较多时不同算法数据表

试验 次数	支持向量机 算法分类准 确性/%	小波变换算 法分类准确 性/%	数据增益算 法分类准确 性/%	模糊支持向 量基算法分 类准确性/%
1	89	78	69	98
2	87	72	67	98
3	92	78	67	98
4	85	77	65	96
5	83	73	62	97
6	87	75	65	96
7	85	72	65	96
8	89	69	60	94
9	82	65	50	94
10	78	58	42	92

4 结束语

针对传统算法在进行网络大数据下冗余数据分类过程中,无法避免由于网络数据量较大造成数据之间的相关性降低,导致网络运行效率降低的弊端.为此,提出了基于模糊支持向量机算法网络大数据下的冗余数据分类优化方法.提取网络大数据环境下的冗余数据属性特征,为冗余数据分类提供准确的数据基础.根据模糊支持向量机相关理论,获取最优分类平面,从而实现冗余数据分类优化处理.实验结果表明,利用改进算法进行网络大数据下的冗余

数据分类优化处理,能够提高分类的准确性,取得了令人满意的效果.

参考文献:

- [1] 毕长剑,大数据时代建模与仿真面临的挑战[J]. 计算机仿真,2014,31(1): 1-3.
- [2] 万常选,刘喜平,著. XML 数据库技术. 北京:清华大学出版社. 2008;137-200.
- [3] 孙一中. XML 理论和应用基础[M]. 北京:北京邮电大学出版社. 2000;130-134.
- [4] 韩彤. 跟踪和管理并发用户数量提高数据库系统效率[J]. 信息技术与信息化,2011(5):49-50.
- [5] 隆茜,郭劲赤. 985 高校图书馆自建数据库的调查与分析[J]. 图书馆学研究,2010(18):27-31.
- [6] 韩彤. 跟踪和管理并发用户数量提高数据库系统效率[J]. 信息技术与信息化,2011(5):49-50.
- [7] 江梅. SciFinder Scholar 数据库与 CA on CD 数据库比较[J]. 现代情报,2006(3):83-86.
- [8] 宋淑彩. 面向 Web 的数据挖掘技术在网站优化中的个性化推荐方法的研究与应用[J]. 科技通报,2012,2(28):118-119.
- [9] 邓乃扬,田英杰. 数据挖掘中的新方法—支持向量机[M]. 北京:科学出版社,2004(6):36-39.

作者简介:

欧阳柏成 男,(1976-),硕士研究生,副教授.研究方向为数据库技术、网络工程.

(上接第 127 页)

- [5] Gao Ya, Qian Zheng, Cheng Kai. An implementation and verification of wireless VoIP communication based on WINCE 6.0 applied in underground mine[C]//IM-CCC. Hangzhou, China; IEEE, 2012:1637-1640
- [6] 蒋峰,张凌涛,贺超英. WiFi 技术在矿井远程监控系统中的应用[J]. 煤矿安全,2010(3):62-65.
- [7] 陈许建,白创,彭浩,等. 2.45GHz RFID 标签设计与实现关键技术研究[J]. 微电子学与计算机,2013,31(8):147-150.
- [8] 李苏阳. 光纤工业以太环网在煤矿的应用[J]. 煤炭科技,2012(4):62-63.
- [9] Ekici Eylem, Vuran Mehmet Can. Wireless heterogeneous networks and next generation internet[J]. Mobile Networks and Applications, 2010;607-609
- [10] 马飞,杨飞霞,徐光宪. 网络与终端协同选择及切换机制的研究[J]. 计算机科学,2012,39(1):77-81.

- [11] 高旭东. 物联网(智能家居)中无线异构网络融合网关的设计与应用[D]. 南京:南京邮电大学,2013.
- [12] 吴作顺. WSN 与计算机网的融合模型研究[J]. 计算机科学,2010(2):94-96.
- [13] Samsung Electronics Coltd. S3C2440A 32-BIT CMOS Microcontroller Users Manual[R]. Revision 1. Korea, 2004.
- [14] 杨顺,章毅,陶康. 基于 ZigBee 和以太网的无线网关设计[J]. 计算机系统应用,2010,19(1):194-197.

作者简介:

石玲玲 女,(1990-),硕士研究生.研究方向为计算机控制. E-mail:15855401823@163.com.
李敬兆 男,(1964-),教授,博士生导师.研究方向为嵌入式技术、物联网和云计算.