

GANZHITIAN XINXI CHUANSU CHENGZAI JISHU

感知潞安 信息传输承载技术

苏玉勤 张瑞宁 编著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

感知潞安信息传输承载技术

苏玉勤 张瑞宁 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书从感知矿山物联网的概念入手,讨论煤矿物联网的分层结构以及通信网络在其中的作用和地位,就潞安矿区通信网涉及的通信技术,从原理和应用两方面进行了具体详细的介绍,可供从事矿山通信的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

感知潞安信息传输承载技术/苏玉勤,张瑞宁编著.

—徐州:中国矿业大学出版社,2014.11

ISBN 978-7-5646-2496-5

I. ①感… II. ①苏… ②张… III. ①矿山通信—研究 IV. ①TD65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 229343 号

书 名 感知潞安信息传输承载技术

编 著 苏玉勤 张瑞宁

责任编辑 仓小金 钟 诚

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 24.75 字数 618 千字

版次印次 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

定 价 68.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

21 世纪,人类社会由工业化时代迈入了信息化时代。信息化浪潮滚滚而来,数字化、信息化、智慧化……时代的列车驶上了信息高速铁路,承载着人类的梦想,向着美好的明天飞驰。

物联网概念的提出开启了一扇新的窗口,使人们透过数字地球看到了智慧地球的宏伟图景。智慧中国、智慧交通、智慧家居、智慧电网和智慧矿山等各种新概念如雨后春笋般涌现,各行各业都在努力描绘自己的蓝图,为智慧地球的建设添砖加瓦。

智慧矿山是使煤矿的生活和生产环境具有智慧,通过实时感知提供各种人们需要的信息,使生活更方便,生产更安全、高效。智慧矿山需要具有采集各种信息的传感器,需要具有各种信息处理和应用的软件和终端,更需要具有承载这些信息的平台——一个无处不在(泛在)的通信网络。

山西潞安矿业(集团)有限责任公司(以下简称潞安集团)是山西省属七大煤炭企业集团之一,是以煤为基、多元发展的能源企业集团。按照国家转变经济增长方式的要求及山西转型跨越发展的战略部署,潞安集团逐步形成了新型现代产业体系,拥有煤炭、煤基合成油、煤电一体化三大主导产业,硝基肥料与硝基化工、现代新型焦化两大产业,光伏产业、装备制造、建筑建材、铜材加工、现代高效农业及金融贸易六大辅助产业。至 2013 年年底,潞安集团资产总额 1 523 亿元,拥有二级子公司 78 个,其中,控股子公司 56 个、参股子公司 22 个。2013 年煤炭产量 8 878 万 t,营业收入 1 987.9 亿元,实现利润 6.07 亿元。2013 年潞安集团跨入世界 500 强排行榜,排名为 430 位。

潞安集团的通信网络以侯堡为中心,下设 13 个主体生产矿井、34 个整合矿井、13 个公司等 60 个业务节点。节点之间已全部实现光纤传输,形成以侯堡为中心节点的南北两个双纤自愈环。其中,北环包括侯堡—夏店—五阳—漳村—石圪节—王庄—常村 155 M SDH 光环网,南环包括侯堡—常村—高河—司马—慈林山—李村—古城—郭庄—屯留 622 M SDH 光环网,已初步形成一个

集成电话语音、数据宽带和数字电视三大主体业务的综合网络。通信公司负责该信息化网络的建设、维护和管理,为潞安能化大集团建设提供安全、高效、快捷的通信保障,为潞安广大职工家属提供优质诚信的服务。网络承载的系统包括为安全生产服务的生产调度系统、监测监控系统、电力调度系统、视频会议系统,为职工服务的医疗保险系统、远程教育系统等。业务覆盖集团公司各主体生产矿区及部分整合矿井。对外与中国联通、中国移动、中国电信联网合作,实现光纤到路边、光纤到小区、光纤到楼宇的视频信号传输和数据信息传输,初步构筑起数字潞安的综合信息网络平台,为向智慧潞安迈进打下了基础。

本书从感知矿山物联网的概念入手,讨论煤矿物联网的分层结构以及通信网络在其中的作用和地位,就潞安矿区通信网涉及的通信技术,从原理和应用两方面进行了具体详细的介绍,可供从事矿山通信的工程技术人员参考使用。

本书共分11章,其中,苏玉勤编写了第1、2、4、5章的主要部分,约16万字;张瑞宁编写了第9、10、11章的主要部分,约14万字;第3、6、7、8章等部分由郭彦文、武渭民、张丽霞、梁颖和张凯婷编写,各约6万字。中国矿业大学徐钊教授在全书内容安排、材料组织等方面给予了全面、具体的指导,在此表示衷心感谢。王婷婷、徐效雷、康猛、郭玲玲、王芳、高娜、朱靖、马辛玮、郑纪玲、郭颖、卓然、满忠昊、权国栋、梁龙兵等参加了大量的资料收集、文字整理和图表制作工作,在此一并表示感谢!

编 著 者

2014.8

目 录

第 1 章 感知矿山物联网	1
1.1 物联网基本概念与体系架构	1
1.2 感知矿山物联网总体目标、特征和三个感知	5
1.3 感知矿山物联网总体架构	7
1.4 感知矿山物联网与煤矿综合自动化	15
1.5 感知矿山物联网关键技术	28
1.6 感知矿山物联网标准建设	31
第 2 章 感知潞安信息传输承载平台	34
2.1 感知潞安物联网平台建设的關鍵	34
2.2 感知矿山三个发展阶段对通信的影响	35
2.3 潞安集团信息化基础	36
2.4 感知潞安信息传输承载平台作用和功能	41
2.5 平台骨干环网的技术构成和承载的业务	44
第 3 章 光纤通信技术	49
3.1 光纤通信概论	49
3.2 光纤和光缆	59
3.3 光纤传输原理和特性	64
3.4 光源和光检测器	86
3.5 光无源器件	105
3.6 光发射机和光接收机	112
3.7 线路编码	127
第 4 章 SDH 和 MSTP 技术	134
4.1 SDH 技术产生的背景	134
4.2 SDH 基本概念和特点	136
4.3 SDH 帧结构和系统组成	137
4.4 SDH 自愈环	142
4.5 SDH 光接口和网同步	146
4.6 MSTP 技术的基本概念及特点	148
4.7 MSTP 关键技术	149
4.8 MSTP 的应用	159

第 5 章 弹性分组环技术	163
5.1 RPR 的基本概念	163
5.2 RPR 的关键技术	172
5.3 RPR 的主要应用	180
5.4 感知潞安 RPR 骨干光纤环网	182
5.5 RPR 技术在 MSTP 中的实现	184
第 6 章 MPLS VPN 虚拟专网技术	187
6.1 MPLS 多协议标签交换技术	187
6.2 VPN 虚拟专网技术	194
6.3 MPLS VPN 技术	201
6.4 潞安 MPLS VPN 应用	206
第 7 章 工业以太网技术	208
7.1 工业以太网简介	208
7.2 以太网的物理层与链路层	214
7.3 TCP/IP 协议族	217
7.4 EtherNet/IP	226
7.5 高速以太网 HSE	229
7.6 基于 Web 技术的远程监控	232
7.7 王庄煤矿井下千兆以太环网	236
第 8 章 矿井 TD-SCDMA 移动通信技术	240
8.1 移动通信发展历史	240
8.2 蜂窝移动通信技术	245
8.3 无线传播环境	247
8.4 移动通信的信号传输处理技术	250
8.5 扩频技术	254
8.6 TD-SCDMA 技术	257
8.7 TD-SCDMA 无线网络规划	276
8.8 王庄煤矿井下 TD-SCDMA 3G 移动通信系统	279
第 9 章 光纤接入技术	291
9.1 光纤接入基本概念	291
9.2 EPON 接入技术	295
9.3 GPON 接入技术	299
9.4 潞安有线电视双向数字改造的 EPON 技术	316

第 10 章 潞安集团视频监控系统	322
10.1 系统概况	322
10.2 系统总体设计	322
10.3 监控中心	328
10.4 存储系统	333
10.5 东华 DhcSight4.0 视频监控平台软件	337
10.6 主要设备性能和技术参数	344
第 11 章 视频会议系统	351
11.1 视频会议系统组成和分类	351
11.2 视频会议的现状和常用标准	354
11.3 视频会议的发展方向	355
11.4 视频会议的关键技术	356
11.5 潞安集团视频会议系统	359
参考文献	387

第1章 感知矿山物联网

感知矿山物联网是物联网在煤炭行业应用的具体体现,是数字矿山、矿山信息化、矿山综合自动化等概念的升华,是实现智慧矿山的必由之路。

1.1 物联网基本概念与体系架构

1.1.1 物联网基本概念

物联网(IOT)的概念自1999年由麻省理工学院自动识别中心 Auto-ID 提出,迄今也不过十几年,但是其技术发展之迅猛,被媒体炒作之热烈却是空前的。2009年以来,美国、欧盟、日本等纷纷提出自己的物联网发展规划。中国政府也高度重视物联网的研究和发展,于2009年8月7日提出了“感知中国”的战略构想。2010年6月29日在中国物联网大会上,邬贺铨院士指出,物联网是互联网应用拓展重点,物联网是泛在网的起点,物联网是信息化与工业化融合的切入点,物联网应用推广中突破行业进入壁垒是难点,物联网是低碳经济的支撑点,物联网是战略性新兴产业的增长点,物联网是民生服务的新亮点,物联网是国际竞争的新热点。

但是,物联网到底是什么?目前尚无一个国际公认的定义。Auto-ID 最初提出的定义很简单:把所有物品通过射频识别等信息传感器设备按照约定的协议与互联网连接起来,进行信息交换和通信,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理,以及支持各类信息应用(智能交通、智能家居、环境监控管理和大众医疗保健等)的一种网络。

物联网曾被认为就是传感器网络。1999年美国召开的移动计算和网络国际会议提出了“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”的观点。2003年,美国《技术评论》杂志认为传感器网络技术位于未来改变人们生活的十大技术之首。

维基百科给出的物联网定义为,物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。

国际电信联盟(ITU)于2005年在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSIS)上发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》,正式论述了物联网的概念。报告指出,无处不在的物联网通信时代即将来临,世界上所有的物品从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾,都可以通过物联网主动进行信息交换。射频识别(RFID)技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。

国际电信联盟电信化标准部门(ITU-T)在2010年1月提出的 Y. 2221 建议将物联网称为“泛在传感器网络(Ubiquitous Sensor Networks)”,NGN(下一代网络)环境下应支持泛在传感器网络应用与服务的要求,并给出了新的定义:泛在传感器网络是构建在传统物理网络之上的一个概念性的网络,它通过采集、处理和分析各种传感器数据,可以在任何时间、任何地点向每一个用户提供与其环境和状态相适应的个性化智能服务。

我国工业和信息化部发布的《物联网白皮书(2011年)》明确指出,物联网是通信网和互

联网的拓展应用和网络延伸,它利用感知技术与智能装置对物理世界进行感知识别,通过网络传输互联,进行计算、处理和知识挖掘,实现人与物、物与物信息交互和无缝链接,达到对物理世界实时控制、精确管理和科学决策的目的。

显然,随着技术的发展和研究的深入,物联网概念已逐渐明晰起来。透过物联网人类看到了智慧地球的宏伟图景。于是各行各业共同努力,智慧中国、智慧交通、智慧家居、智慧电网和智慧矿山等各种新概念如雨后春笋般涌现出来。

1.1.2 物联网功能层次架构

尽管物联网的定义有许多,但其三层体系架构却是比较公认的,如图 1-1 所示。这三层结构分别为感知层、网络层和应用层。其中,感知层、网络层两层与通信技术相关,对其进一步细分还可分为感知设备、传感器网络、网关、接入网络和传送网络等。如果以人来比喻的话,感知层就如同皮肤和五官,用来识别物体、采集信息;网络层则是神经系统,将信息传达到大脑进行处理;应用层相当于人根据感知的信息从事各种复杂的工作。

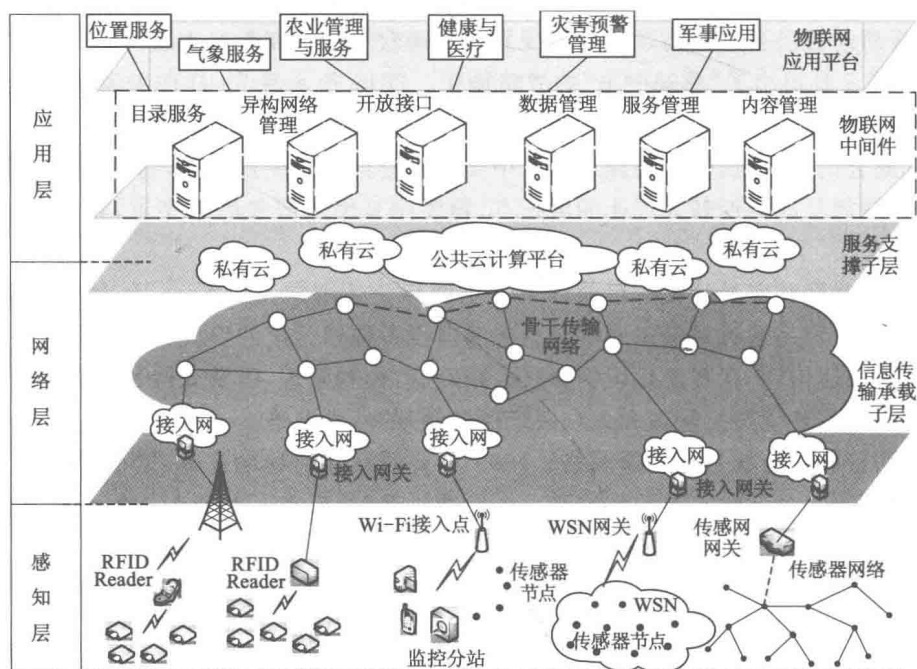


图 1-1 物联网三层体系架构

(1) 物联网的感知层

物联网的感知层主要由各类传感器和数据采集设备以及数据接入到网关之前的传感器网络、工业现场总线、监控终端和监控分站等组成。例如,各种传感器、RFID 标签、RFID 阅读器、视频采集摄像头、移动终端、WSN 和 Wi-Fi 等由近距离无线传输技术组成的网络和接入单元等。

感知层中的接入单元包括将传感器数据直接传送到通信网络的数据通信单元、连接无线传感网络和通信网络的物联网网关设备,其中物联网网关根据使用环境的不同,有行业物联网网关和家庭物联网网关两种,将来还将用于公共节点的共享式网关。严格来说,物联网

网关应该是一种跨感知层和网络层的设备。

(2) 物联网的网络层

物联网的网络层也称为传送层或传输层,它建立在现有通信网和互联网的基础上,由核心网和接入网组成,感知的信息通过各种接入设备与传输网相连,送入云计算平台,为各种应用提供服务。云计算平台作为海量感知数据的存储、分析平台,既是物联网网络层的重要组成部分,也是应用层众多应用的基础平台,往往也被称做应用平台。因此,云平台是介于网络层和应用层之间的平台,在各种描述物联网三层结构分层的方案中,有许多方案就将其放置在应用层。此外,为了更清晰地将应用和平台设施区分开来,将物联网划分为四层的方案,也是一种很合理的分法。四层模型与三层模型的主要区别,就是将云平台 and 物联网中间件单独划作一层,称为数据管理和服务层。

分层的目的是为了研究和技术分工的方便。本书讨论的重点是通信传输网络,因此在比较公认的物联网三层模型基础上,采用进一步细化的方案,将物联网网络传送层分为两个子层,即信息传输承载子层和服务支撑子层。

① 信息传输承载子层实现传感和服务数据信息的传输、寻址与交换等功能。当前的传输承载子层综合利用互联网(Internet)、公用交换电话网(PSTN)、综合业务数字网(ISDN)、移动通信网(2G/3G/4G)、广播电视网等,以及有线宽带、无线局域网(WLAN)等通信技术,实现有线和无线的结合、宽带与窄带的结合、感知网与通信网的结合。

② 服务支撑子层实现感知数据的存储、处理和分析以及服务控制与管理等功能。服务支撑子层是实现以数据为中心的物联网核心部分,包括对传感器网络数据的存储、查询、分析、挖掘和理解以及基于感知数据的管理决策。目前,处于这一子层的大多是众多的海量存储服务器或服务器集群,正在逐步向云计算过渡。随着云计算技术的不断成熟,云计算平台将是该子层的正确选择。

(3) 物联网的应用层

物联网应用层架构在上述统一应用平台上,利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务,包括行业应用、家庭应用、政府应用、军事应用等。物联网的应用大致可分为监控型(生产监控、安全监控、物流监控、污染监控、侦查监控),查询型(智能检索、远程抄表),控制型(智能交通、智能家居、路灯控制),扫描型(物流管理、手机钱包、高速公路不停车收费)等。

应用层的中间件是为物联网应用提供基础的公共服务功能的平台系统,主要的中间件包括:目录服务、内容管理、异构网络管理、开放接口、数据与服务管理等。

应用层是物联网发展的目的,软件开发、智能控制将为用户提供丰富多彩的物联网应用。各种行业和家庭应用的开发将推动物联网的普及,也为整个物联网产业链带来利润。

1.1.3 物联网核心技术体系

在上述物联网三层模型基础上,给出物联网的关键技术体系框架如图 1-2 所示,它包括感知层技术、网络层技术、应用层技术和公共技术。

(1) 感知层技术

感知层包括数据采集与感知,主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据,包括各类物理量、标识、音频、视频数据。物联网的数据采集涉及传感器、RFID、多媒体信息采集、二维码和实时定位等技术。传感器网络组网和协同信息处理技术实现传感器、RFID 等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组织组网以及多个传感器对数据的协同信息处理

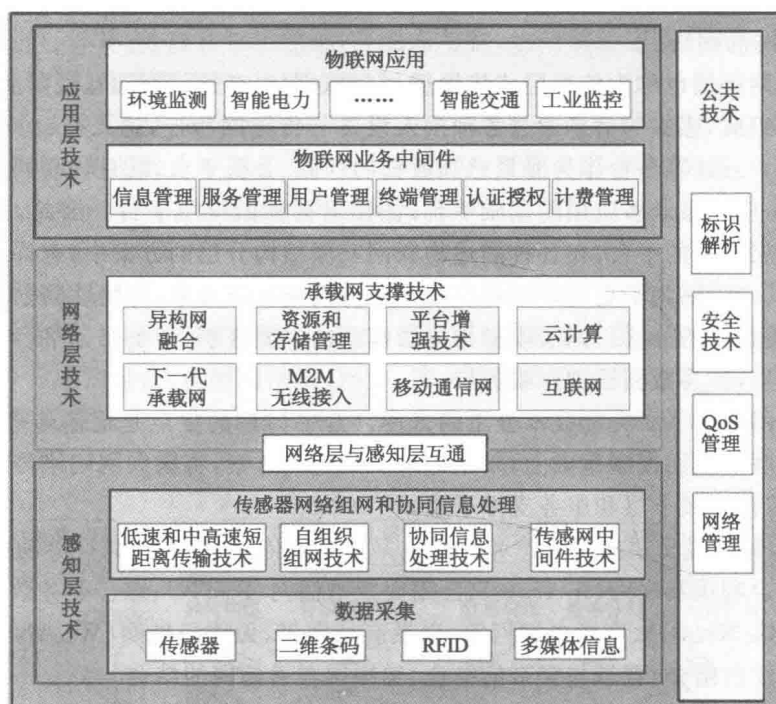


图 1-2 物联网关键技术体系框架

过程。RFID 技术、传感和控制技术、短距离无线通讯技术(如 WSN、Wi-Fi、蓝牙、红外),通用分组无线业务 GPRS 技术等是感知层涉及的主要技术。当需要定位应用时,GPS 和 GIS 也将成为感知层的核心技术。其中,还包括芯片研发、通信协议研究、RFID 材料、智能节电供电等细分领域。

(2) 网络层技术

网络层实现更为广泛的互联功能,能够将感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地传送,需要传感器网络与移动通信技术、互联网技术和下一代网络(NGN)技术相融合。经过十多年的快速发展,移动通信、互联网和 NGN 等技术已比较成熟,基本能够满足物联网数据传输的需要。

(3) 应用层技术

应用层主要包含应用支撑平台子层和应用服务子层。其中应用支撑平台子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通的功能。应用服务子层包括智能交通、智能医疗、智能家居、智能物流、智能电力等行业应用。

(4) 公共技术

公共技术不属于物联网技术的某个特定层面,而是与物联网技术架构的三层都有关系,它包括标识解析、安全技术、网络管理和网络服务质量管理。

感知矿山物联网将分析物联网中的这些关键技术,根据感知矿山物联网的需要提炼出感知矿山物联网关键技术,并进行深入地具体地研究、分析和利用,实现矿山的绿色、无人化智慧开采。

1.2 感知矿山物联网总体目标、特征和三个感知

1.2.1 感知矿山物联网总体目标

感知矿山物联网概念:通过各种感知技术、信息传输技术、信息处理技术和矿山多学科技术,实现对真实矿山整体及相关现象可视化、数字化及智慧化感知。感知矿山是物联网应用的一个重要领域。

感知矿山物联网总体目标是将矿山地质、矿山测量、矿山建设、矿山生产、矿山安全、产品加工与运销、矿山生态等方面信息全面数字化,将感知技术、传输技术、信息处理、智能计算、云计算、现代控制技术、现代信息管理等与现代采矿及矿物加工技术紧密结合,构成矿山人与人、人与物、物与物相连的网络,动态详尽地描述并控制矿山安全生产与运营的全过程。以高效、安全、绿色开采为目标,保证矿山经济的可持续增长,保证矿山自然环境的生态稳定。

1.2.2 感知矿山物联网的特征

近些年在矿山提出过许多概念,如数字矿山、矿山综合自动化、信息化矿山、智能矿山等,而“感知矿山”是在综合了这些概念的基础上,更加具体、全面、动态、详尽地描述真实矿山。例如,在开始提出数字矿山时,要解释数字矿山与地理信息系统的异同,数字矿山要将矿山生产过程、矿山安全信息集成在内。在开始实施矿山综合自动化时,也要解释综合自动化要有统一的网络平台和数据平台,地理信息系统也是综合自动化中的一个重要平台,还要解释网络化控制是一种分布式控制等。

物联网矿山的概念下,以上解释都不需要。这是由于物联网本身就是基于统一网络的应用;物联网本身就是要在GIS和GPS下实现定位的应用;物联网本身就是控制与网络一体化的应用;物联网本身就是分布式应用等。此外,物联网还明确提出了物与物相连的概念,而在以前的数字矿山等诸多概念中,基本是以人与人、人与物相连的概念为主。目前,对矿山移动物体的监控,相对较弱,而煤矿移动作业过程的监控正是矿山生产的特点。物与物相连需要更大范围的无线自组网的能力,需要基于网络的分布式感知能力。

以太网发明人之一迈特卡夫曾预测网络的价值是与联网的设备数的平方成正比。煤矿综合自动化将众多子系统连接到总体网络上,实现的基本还是原来各分立的子系统的功能,没有实现 $1+1>2$ 。而利用物联网应用平台技术提高了集成信息的价值,做到 $1+1>2$,利用移动感知技术提高煤矿安全信息的感知能力,是感知矿山物联网的目标。

因此,感知矿山物联网应用不是要推翻矿山综合自动化,而是在此基础上,利用物联网技术进一步完善矿山综合自动化,使其更加适应矿山的真正需要。

1.2.3 感知矿山建设的核心问题——三个感知

为保障矿山的安全生产,感知矿山是在实现综合自动化的基础上实现三个感知。

- ① 感知矿山灾害风险,实现各种灾害事故的预警预报。
- ② 感知矿工周围安全环境,实现主动式安全保障。
- ③ 感知矿山设备工作健康状况,实现预知维修。

感知矿山建设应以三个感知为重点突破点,对煤矿安全信息感知采集技术,煤矿信息融合、识别与协同技术,煤矿传感网控制技术,煤矿安全生产、预警、灾后重构再生技术等关键

技术开展研究,形成完备的基于自有技术的矿山物联网体系。

矿山灾害发生的区域和时间均具有未知性,并且矿山处于动态开采过程中,要感知这些灾害产生的前兆信息,只能采用符合矿山生产特点的基于无线传感器网络的分布式、可移动、自组网的信息采集方式。因此需要研究矿山物联网关键技术,构建动态的感知煤矿灾害状况、感知设备健康状态、感知人员安全环境等信息感知与处理平台。

1.2.3.1 感知矿山灾害风险,实现各种灾害事故的预警预报

在感知层针对煤矿的受限、异质、时变、非线性复杂环境,需要研究以下几点。

① 研究煤与瓦斯突出、冒顶、人员和设备安全环境等分布式传感关键技术。从传感器原理、检测方法、矿山灾害发生机理等多方面研究,解决矿山特殊环境条件下的安全信息感知和采集方法的问题,解决矿山复杂环境条件下的传感技术抗干扰和灾害源定位的问题。

② 通过研究适合移动信息采集平台的新型传感器、多传感器阵列、多天线多方向电磁波信号分析方法,解决灾害准确预警与灾害源定位的问题。

③ 研究安全环境的动态、网络化监测问题和井下干扰声源抑制及矿震定位问题。围绕煤矿井下关键工作场所——采场的瓦斯监测问题,研究和开发新型的低功耗瓦斯传感器、瓦斯涌出动态监测传感器和采场瓦斯监测系统,为消除目前煤矿瓦斯浓度监测的盲区问题,监测采煤过程中的瓦斯涌出动态变化提供新的技术和装备。

④ 在应用层,根据采集的数据与理论分析,针对煤炭资源开采,特别是深部资源开采中重大灾害的成因、预测预报理论以及防治对策等关键问题,深入研究煤与瓦斯突出和爆炸、矿井突水、顶板冒落与冲击地压等突发性动力灾害成灾机理,矿山重大灾害应急救援与事故分析理论与技术,为深部资源开发中重大灾害事故的预测、预报和防治提供可靠的理论基础和技术支持。

1.2.3.2 感知矿工周围安全环境,实现主动式安全保障

① 研究矿井采煤机、液压支架、刮板运输机、矿车等金属设备与煤壁、巷道等复杂环境使得矿山井下成为一种“受限异质时变”的通信空间。构建无线传感器网络需要研究以下几点。

矿井这种空间下无线传输的规律,包括无线衰落的规律、适合矿井无线传输的频率、调制方式、带宽等优化参数。

② 研究宽带无线接入技术和大规模异构协同组网技术,构建适应矿井安全监测的实时、可靠的有线和无线混合的分布式信息采集网络平台。

③ 研究分布式、可移动、自组网的信息采集方式的需要,矿山复杂环境下传感网技术以及局部地区发生灾害后的网络重构问题。

④ 研究针对煤矿井下灾后环境特点,研究生物电磁场、探测雷达等煤矿井下生命探测关键技术和理论,开发生命探测仪器。

⑤ 开发个人信息终端、救援通信系统中继基站、移动终端等关键设备。

1.2.3.3 感知煤矿设备健康状况系统,实现预知维修

与煤矿生产密切相关的大型设备有很多,有些设备的运转状况将直接影响工作人员的安全,因此对这些大型设备进行实时健康状况监测是人们关注的热点。

煤矿生产过程监测控制与地面工厂生产线有很大不同,煤矿生产过程始终需要与周围环境及许多未知的因素打交道,而这些未知因素通常对煤矿安全生产起着决定性的影响作

用。感知设备健康状况需要研究以下内容。

- ① 煤矿生产工作面各种设备的联动控制与煤层、顶底板的关系,建立拟人化控制模型。
- ② 基于传感器网络的煤矿井下采煤装备远程定位、煤岩识别、大型设备姿态控制等技术研究。
- ③ 采用物联网技术、综合监测、信息融合等技术对采掘、提升、运输、通风、排水、筛分等关键生产设备进行状态监测和故障诊断。在矿山机电设备变载荷的特殊工况、摩擦磨损的监测和诊断方面形成系列理论成果、开发专用的实验装置。
- ④ 基于数据挖掘技术建立采掘设备健康数据库和健康状况识别、决策模型。
- ⑤ 通过三个感知的研究与实施,实现本质安全型矿井。

1.3 感知矿山物联网总体架构

1.3.1 感知矿山物联网基本功能架构

感知矿山物联网是物联网应用延伸和拓展进入煤炭行业的具体体现,感知矿山物联网的功能架构是在物联网通用架构基础上结合煤炭行业特点形成的。感知矿山物联网基本架构与物联网通用架构一样为三层,但是感知矿山物联网每一层的内容都有所变化。这些变化是依据感知矿山的实际需要,紧扣煤矿安全生产主线而来的,感知矿山物联网功能架构如图 1-3 所示。

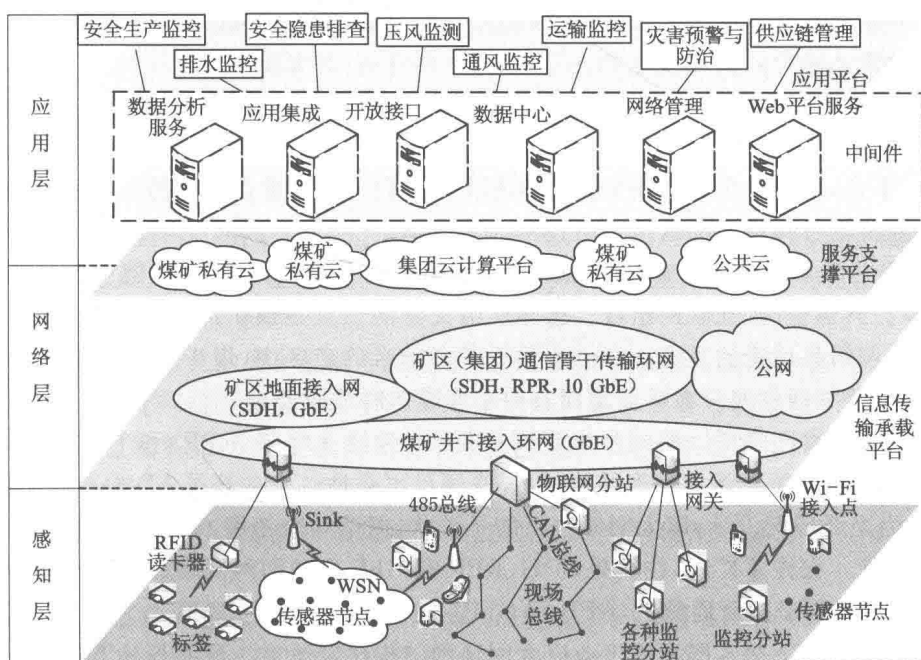


图 1-3 感知矿山物联网功能架构

1.3.1.1 感知矿山物联网的感知层

感知矿山物联网的感知层的各种设备,主要是针对井工开采煤矿的井下环境,围绕三个感知配备的。其中,包括各类传感器和矿井监控设备,以及将感知的数据连接到网络接入层

的工业现场总线、传感器网络和 Wi-Fi 等。

井工开采煤矿工作环境复杂,需要的传感器种类繁多。例如甲烷传感器、一氧化碳传感器、二氧化碳传感器、温度传感器、压力传感器、风速传感器、粉尘传感器、烟雾传感器、火灾传感器等。

目前的煤矿矿井中,运行着数十种监测监控系统。这些监测监控系统大多采用主从式控制方式,在地面设有主站,在井下多处分布有分站。分站连接到传感器、控制器和执行器。在矿山物联网发展初期,也就是机器互联(M2M)阶段,通过网关接入各种监测监控分站是很关键的一个环节。

传感器网络的引入与应用,是物联网发展的第二阶段,更高阶段则是泛传感器网络阶段。此时传感器不再隶属于某个监测监控系统,而是根据环境感知的需要部署,根据应用的需要共享信息。煤矿井下的传感器网络应该是无线和有线混合的网络,矿山物联网网关应具有多种类型,接入无线或有线连接的不同终端。无线连接目前主要有 Wi-Fi、WSN 和 RFID。Wi-Fi 可以接入视频采集摄像头、移动电话和监控分站等高速数据终端;WSN 可以是 6Lo WPAN 协议也可以是 ZigBee 协议的网络;RFID 目前在煤矿使用较多的是人员定位系统,矿工佩戴 RFID 标签,煤矿沿巷道安装多个 RFID 读识器,通过网关接入矿井传送网络。有线连接主要是 RS485、CAN 等工业现场总线。

图 1-3 中的物联网分站其实就是物联网网关,因为煤矿存在大量的监测监控分站,分站是一种更容易被煤矿理解和接受的设备。物联网分站是一种跨感知层和网络层的设备,融监控分站和相应的接入网关于一体,具有连接各种有线、无线终端和子网,以及直接连接传感器的综合接入能力。

1.3.1.2 感知矿山物联网的网络层

感知矿山物联网的网络层建立在矿区通信网和煤矿矿井工业控制网的基础上,可分为两个子层/平台,即信息传输承载平台和服务支撑平台。在此重点讨论的是信息传输承载平台中接入和传输各种信息的通信网络技术。

① 信息传输承载平台由矿业集团的骨干传输环网、煤矿地面接入环网和煤矿矿井接入环网,以及公共通信网、互联网组成。感知矿山关注的焦点是煤矿的安全生产,因此矿业集团自有通信网络是讨论的重点。在一个数千平方千米的矿区中,煤矿的自有通信网络建设是很完备的,公共通信网只在矿业集团有跨矿区煤矿时才需要。

矿区骨干传输网络可以是同步光纤网(SDH)、弹性分组环(RPR)和千兆/万兆以太网(GbE/10 GbE),通常都组成环形结构,以提高通信可靠性。自愈环是 SDH 主要优点之一;RPR 就是为光纤环网设计;以太网原本只能是链状,但是后来拓展成树状,又借助生成树协议构成了环状。在许多矿区,往往是 SDH、RPR 和 GbE 中的两种网络或三种网络并存同时使用,SDH 主要用于矿区通信网,RPR 和 GbE 用于矿区计算机互联网。

煤矿地面和井下接入网采用工业以太网环网结构比较适宜。地面和井下可以各自独立组环,也可以共同组建一个大环。这种物理上的以太环网最终都是要运用生成树协议拆成树状,因此单环或多环在性能上差异不大,可根据地理和工作环境需要选择。

② 服务支撑平台是以数据为中心的物联网核心部分,包括对煤矿井下传感器网络数据的存储、查询、分析、挖掘和理解,以及基于感知数据的管理决策。目前处于这一子层的大多仍然是众多的海量存储服务器或服务器集群,正在逐步向云计算过渡。随着云计算技术的

不断成熟,各个煤矿的数据中心都会发展成为私有云。集团的数据中心将成为感知矿山物联网私有云计算中心,与各个煤矿的私有云一起,构建成矿业集团的云计算平台。

矿井感知的信息通过各种接入设备与传输网络相连,送入云计算平台,为煤矿安全生产的各种应用提供服务。云计算平台既是物联网网络层的重要组成部分,又是应用层众多应用的基础平台,是介于网络层和应用层之间的平台。

1.3.1.3 感知矿山物联网的应用层

感知矿山物联网应用层架构在云计算平台上,利用经过分析处理的感知数据为煤矿安全生产提供丰富的应用服务。感知矿山的具体应用包括煤矿安全、生产、运输、排水、通风等各种监测监控,煤矿安全隐患排查,灾害预警、防治,供应链管理,经营决策等。

感知矿山应用层的中间件为具体应用提供基础服务功能的平台系统,主要的中间件包括:应用集成、异构网络管理、开放 API 接口、数据分析与服务管理、Web 服务等。

应用层是感知矿山物联网发展的目的,不断的软件开发和完善,控制、决策的智能化,应用的丰富多彩,将推动矿山智慧化、无人化绿色开采的早日实现。

1.3.2 感知矿山物联网与综合自动化相互融合阶段应用实施模型

综合自动化及数字矿山模型在我国煤矿企业已经有众多的实际应用,感知矿山物联网的建设应该建立在这些已有工作的基础上,充分借鉴已有的经验和系统。感知矿山物联网模型与数字矿山、矿山综合自动化模型有紧密联系。基于此目的提出的感知矿山物联网与综合自动化相互融合阶段的应用实施模型如图 1-4 所示。图 1-4 是针对一个煤矿便于具体实施的工程应用模型,感知矿山物联网的目标已很好地体现在模型中。该模型是一个开放性模型,适用于各种不同类型的矿井,并且基于统一设计、分步实施、逐步完善的原则。

感知矿山三层结构实施模型的特点是三层结构的内容并不是一成不变的,它可以根据矿山的规模、现代化水平、开采方式等进行灵活的调整,增减模块,以适应各种不同类型矿山的需要。

1.3.2.1 感知与控制层

根据煤矿作业的特点,感知与控制层由两层网络组成:矿井骨干接入网和感知层网络。由于仅考虑一个煤矿范围,不涉及矿业集团的骨干传输网和公网,网络规模较小,结构也比较简单。

(1) 矿井骨干网功能与要求

矿井骨干网为网络化的煤矿监测与控制系统、语音信号及视频信号传输与管理提供了信息高速公路。在此网络上建立了一个基于统一网络的多子系统监控系统、语音通信系统和多路工业电视监控系统,在调度指挥控制中心监控煤矿井上、下安全生产全过程,并通过网络将其传输到煤矿各科室和局调度中心。

矿井骨干接入网与矿山综合自动化骨干传输网基本相同,使用防爆 1 000 M 工业以太网。对骨干网的总体要求如下。

- ① 煤矿各种信息均能融入骨干网进行传输,即能实现矿山的三网合一;
- ② 快速环形冗余网络故障重构时间严格小于 300 ms;
- ③ 对各监控子系统可建立虚拟专用网,保证各子系统的相对独立运行;
- ④ 系统模块化具有的热插拔结构适合煤矿的不间断生产和维护、维修的需要;
- ⑤ 可实现有效流量限制,防止广播风暴对控制系统造成灾难;
- ⑥ 系统统一的编程组态方式,降低对煤矿用户专业知识的要求;
- ⑦ 丰富的网络管理和诊断功能,便于故障定位和设备的维护和维修。