



文章编号:1671-251X(2016)09-0001-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.09.001

姚建铨,丁恩杰,张申,等.感知矿山物联网愿景与发展趋势[J].工矿自动化,2016,42(9):1-5.

感知矿山物联网愿景与发展趋势

姚建铨^{1,2}, 丁恩杰^{1,3}, 张申^{1,3}, 王刚^{1,3}

(1. 中国矿业大学 物联网(感知矿山)研究中心, 江苏 徐州 221008; 2. 天津大学, 天津 300072;
3. 矿山互联网应用技术国家与地方联合工程实验室, 江苏 徐州 221008)

摘要:给出了矿山物联网的愿景,即实现矿山物与物相连,减少甚至消除监测盲区,运用云计算和大数据技术提取有用的监测信息,真正实现本质安全矿山;从技术和服务模式2个方面梳理了矿山物联网的发展趋势,阐述了雾计算技术、网络分形结构、矿山物体的本体描述与知识化、云计算与大数据技术等概念及其在矿山物联网中的应用与发展,对协同工作模式和购买服务模式进行了展望。

关键词:矿山物联网;感知矿山;本质安全矿山;雾计算;云计算;大数据;协同工作;购买服务

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2016-09-02 10:06

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160902.1006.001.html>

Prospect of perception mine internet of things and its development trend

YAO Jianquan^{1,2}, DING Enjie^{1,3}, ZHANG Shen^{1,3}, WANG Gang^{1,3}

(1. Internet of Things(Perception Mine) Research Center, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. Tianjin University, Tianjin 300072, China; 3. State and Local Joint Engineering Laboratory of Mine Internet Application Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract:Prospect of mine internet of things was given, which was realizing connection among objects in mine, decreasing even eliminating monitoring blind area, and adopting could computing and big data technologies to get useful monitoring information, so as to realize intrinsically safe mine. Development trend of mine internet of things was sorted out from aspects of technologies and service mode. Corresponding concepts were expounded including fog computing technology, network fractal structure, ontology of mine things and intellectualization, cloud computing and big data technologies and so on as well as their application and development in mine internet of things, and cooperative working mode and buying services mode were expected.

Key words:mine internet of things; perception mine; intrinsically safe mine; fog computing; cloud computing; big data; cooperative working; buying service

0 引言

矿山自动化、信息化经历了单机自动化、矿山综合自动化及现在的感知矿山物联网,其发展过程的

本质就是矿山信息技术与矿山物理世界相融合的过程,因此,其发展趋势就是矿山信息物理系统(Mine Cyber Physical System, MCPS)。

MCPS发展的大背景就是“互联网+”行动计划

收稿日期:2016-07-13;修回日期:2016-08-16;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2014CB046305);江苏省科技厅产学研联合创新资金前瞻性联合研究项目(BY2015023-04)。

作者简介:姚建铨(1939—),男,江苏无锡人,教授,博士研究生导师,中国科学院院士,中国矿业大学物联网研究中心主任。

和“中国制造 2025”,更直接点说就是物联网、移动互联网、云计算、大数据等信息技术与现代制造业、现代化流程工业相结合,将信息技术充分渗透到工业企业及机器设备的底层,使得工业生产的各个层面、各个节点均具备信息交互、计算决策、行为识别及智能控制等功能,真正实现信息系统与物理世界的有机结合。

矿山综合自动化已实施了十多年^[1-2],初步实现了矿山已有各种监测监控系统的网络化集成,实现了数据、语音及视频传输的“三网合一”,实现了用统一的数据库来存储各种子系统的数据,具备进一步提升为矿山物联网的基础,但是与“中国制造 2025”、“互联网+”及“工业 4.0”的发展要求相比,还有很大的差距。因此,有必要对矿山物联网发展趋势进行梳理,以便洞悉矿山自动化、信息化技术的发展进程,更好地为矿山安全生产服务。

1 感知矿山物联网愿景

在矿山去产能的今天,矿山生产已从原来的高产高效转变为安全生产,感知矿山物联网自然也以保障矿山安全生产为目标。

影响矿山安全的最主要因素是矿山生产过程中存在的许多未知因素,或者说在矿山管理、监测、控制、预警等过程中对象的不确定性,比如人员行为的不规范性、设备运行环境的不确定性、矿山各种灾害源的成因及迁徙的随机性等。这些不确定性也是矿山生产区别于其他工业生产过程的最重要特征。

多年来,许多矿山安全领域的专家学者都在致力于研究这些影响矿山安全的不确定性因素,提出了一些理论与方法。如对灾害源的不确定性,参考文献[3]提出了多场耦合的煤矿动力灾害研究方法,参考文献[4]提出了多参量的灾害评估分级预警方法;对于设备及生产环境的不确定性,比如煤岩分界,国内外也进行了多年的研究,取得一些成果^[5];对于人员的不规范行为也有一些分析研究^[6]。遗憾的是,这些研究成果基本还停留在理论或实验室阶段,也就是说,基本是在各种因素可控的环境下去研究诸多非确定的因素。因此,这些研究成果很难应用到矿山现场。

在矿山实施了十多年的综合自动化系统实现了矿山已有各种监测监控系统的网络化集成,但是仍然存在感知手段传统单一、缺乏泛在感知网络、不够开放等一系列问题^[7],也难以解决困扰矿山的不确定性因素问题。

矿山物联网的目标是实现矿山物与物相连,各个系统通过网络实现信息共享,减少甚至消除监测盲区,运用云计算和大数据技术,从大量低价值信息中提取有用信息,使矿山物理世界逐步从不透明向透明过渡,使矿山成为真正的本质安全矿山。要实现矿山物联网这样的愿景,必然会带来从技术到服务模式的一系列变化。

2 技术发展趋势

矿山物联网带来的新技术很多,本文只择其要点进行叙述。

2.1 雾计算技术

雾计算简单来说就是比较底层的网络化计算。雾计算与云计算相比更强调其实时性。以瓦斯超限断电为例,《煤矿安全规程》要求当瓦斯监测仪监测到甲烷超限时,应立即控制断电。然而是什么原因造成的甲烷超限?是个别点还是一个区域?是不是干扰误报?是不是瓦斯传感器失限等?这些问题都难以判断。尽管《煤矿安全规程》规定“每 7 d 必须对甲烷超限断电功能进行测试”,但也难以防止瓦斯传感器误报情况的发生。利用雾计算,可以将相邻的几个瓦斯传感器和其他相关传感器作为信息源来判断各个瓦斯信息源的可信度、识别瓦斯超限区域、绘制瓦斯场的分布、给出是否断电及断电范围的决策。

显然,类似这样的底层计算在矿山有大量的需求。与云计算相比,雾计算并非由性能强大的服务器组成,而是由更为底层的嵌入式系统、网络及分散的异构计算资源组成。雾计算通过强化独立节点间的局部实时交互和分布式智能,使节点具备自组织、自计算、自反馈的计算功能,将众多的局部应用的数据处理和应用程序分布在网络边缘的本地设备,而非集中在数据中心,从而更加广泛地适应矿山不同的应用形态和服务类型。矿山雾计算平台在矿山物联网中所处的位置如图 1 所示。雾计算平台可以通过软件定义网络的方式对不同异构网络的雾计算进行调度、配置,也可以实现子系统的监测控制和子系统间的数据级计算与协调。因此,矿山雾计算平台基本是目前综合自动化调度控制中心的功能增强,使其满足矿山内部网络化计算的需求。

图 1 明确给出了雾计算与云计算的区域划分,基本上,在矿山内部分布在网络上的计算为雾计算范畴,往上则为云计算范畴。当然,在具体应用中可能会有交叉,并没有严格的分界。简单地说,云落到

底层则为雾,雾升到高层则为云。

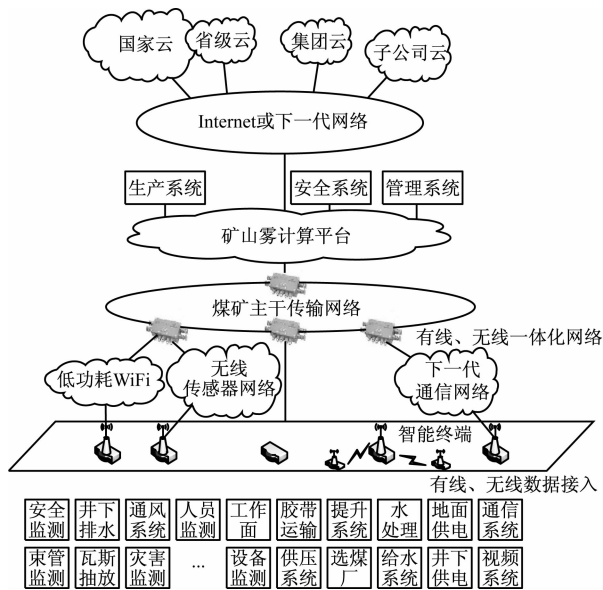


图1 矿山雾计算平台在矿山物联网中所处的位置

2.2 网络结构扁平化与网络功能分化

由于雾计算的应用,在网络的末梢就已经形成感知、传输和应用计算三层信息结构,雾计算又作为矿山物联网的信息感知层而存在,矿山物联网也是感知、传输与应用计算三层,再往上的物联网,同样具有这样的三层结构。因此,物联网必将逐步呈现出自相似性的分形特征^[8]。

随着矿山物联网技术的发展,矿山实时监测数据量急剧增长,传统的网络层次架构在向全扁平化的网络组网方式转变,以减轻骨干网的负荷,这是网络扁平化的趋势^[9]。扁平化网络架构使得矿山工业控制更加精细化和智能化、矿山各个监测监控系统部署趋于分布化和边缘化、网络的自组织和管理能力进一步增强,有利于满足今后矿山物联网在数据量及网络实时性等方面的需求。

在矿山物联网网络结构扁平化和网络功能分化同步发展的时刻,网络的功能划分、实时与非实时任务分配、网络自适应能力、自愈与可靠性、网络的稳定性等动态化网络管理,以及如何保证动态的服务质量等将成为矿山物联网需要重点研究的关键问题。

2.3 矿山物联网中物的本体描述及知识化

矿山物联网是具有事件感知的多系统协同和智慧服务的自组织和自适应的复杂监测监控网络系统。许多矿山根据需要已经建立了各种不同类型的局部灾害监测系统,但是由于传感器类型及对现象的描述与表达各不相同,将监测信息进行汇集和分析是一项富于挑战性的工作。而本体是用来对矿山物联网中的数据(或事件)进行语义描述的一组

术语和概念^[10],这种表达由概念、概念之间的关系、公理、函数及实例5种元素组成。已成功应用的如Sensor Web Enablement(SWE),其是开放地理空间联盟制定的一套标准编码和网络服务,SWE相关标准使传感器、处理过程或模型可发现、获得观测流或发布订阅服务功能。该方法可用于矿山物联网系统,实现系统中事件的知识化描述与应用。

参考文献^[11]针对矿山地质灾害监测预警和信息共享中的问题,提出了基于Sensor Web的系统架构,采用面向服务的方式构建预警评估服务平台,对可能发生的地质灾害情况进行预警并提供预警服务,可满足政府部门和矿山用户的需求。该方法理论上可扩展、推广应用到全矿山物联网环境中,对矿山灾害、生产环境、安全环境等进行全面的智能预警服务。

2.4 云计算与大数据技术

经过几年的讨论,对于矿山云计算应用已经达成共识^[12]。2.1节对云计算与雾计算的联系与区别也作了论述。矿山行业云计算平台按照管理级别可分为国家、省、集团及独立第三方的云,按功能可划分为专家云、灾害预警云、矿山设备监测云等。“物联网产生大数据,大数据助力物联网”。有关云计算与大数据在矿山应用已有一些文献进行了讨论^[13],本文主要指出矿山云计算与大数据应用的2个特点。

(1) 矿山云计算、大数据离不开矿山雾计算。雾计算平台的作用是改进或增强矿山调度控制中心平台的功能,涵盖底层信息采集与数据级信息融合的计算。显然,要做好矿山云计算和大数据分析,雾计算是基础。而地面许多云计算系统只需要应用现场有一台能上网的计算机即可,这是有很大区别的。也就是说,普通云计算趋向于弱化现场设备的需求,而矿山云计算需要强化底层设施的建设。

(2) 矿山云计算、大数据的应用需要采矿、安全、测量、机电等大量专业人士的参与,是更为专业化的服务。如何将这些专业人士研究的理论、方法、模型综合运用到云计算平台中是实现矿山云的关键。

3 服务模式发展趋势

3.1 多专业协同工作模式

矿山综合自动化已实现将提升、排水、通风、供电、选煤、安全监测、工业电视和语音通信等系统集成在一个平台上。但是这些系统除共用统一传输平台外,并没有真正实现物与物相联,各系统仍然是相互独立的。而感知矿山物联网要实现矿山物与物相连,建设基于公共协议、标准的平台,真正做到信息的共享与数据推送。这就是矿山物联网特别强调的

结构性平台与服务性平台的意义^[14]。

有了这样的平台,才能真正实现多专业协同工作模式。矿山灾害预警、设备故障诊断等,均需要采矿、安全、地测、水文、监测监控、机械、信息处理等多学科的协同工作。只有矿山物联网平台,才能让各学科专家在同一平台上工作,使用同样的数据,面对同一个矿山,无需任何行政手段,没有利益冲突,却具有共同的目的,就是为矿山的安全生产提供服务。

在物联网环境下协同工作方式是主流,最大的赢家就是矿山企业。

3.2 购买服务模式

随着协同工作模式的成熟应用,矿山安全生产必然会向购买服务的方面发展。矿山各种系统将由自己建设、自己运行、自己维护的“三自”模式逐步向购买第三方服务的模式转变^[15]。

这要求矿山物联网必须为服务提供商或第三方提供便利,以方便将各种有特色的服务提供到物联网中。物联网的这种服务能力具有很强的扩展性,一方面最大限度地保护了用户的投资,更重要的是保证矿山物联网真正成为一个活的、不断发展的服务性网络。

以基于云计算的服务为例,传统煤矿安全监测监控系统均以独立形态运行于某矿区,存在以下共性问题:

(1) 矿山设备主要进行计划检修,检修过程往往需要设备厂家的帮助,无法满足按需检修要求,降低了开机率。

(2) 安全监测监控系统可以对单参数进行监测,但缺少专业化人才对煤矿灾害信号分析、解读与会商,无法提供有效的数据挖掘服务,往往需要各自外请专家进行分析。

(3) 各级政府建立了大量监测网络,但缺少对数据的分析和评估,需要专业机构提供信息服务。

(4) 从事矿山灾害研究的专家大多在高校和研究机构,不可能长期在矿山工作,“外请专家”的实现难度和代价大。

(5) 缺乏一个让矿山安全生产相关的各方面专业人员为矿山提供专业化服务的平台与体系。

随着中国煤矿设备年限不断加长,矿井开采深度及矿井拓扑复杂度不断增加,矿山灾害的形势越来越严峻,需要建设相应监测预警优化系统的煤矿越来越多,因此提供统一的煤矿灾害预警服务的需求也越来越迫切。

灾害预警信息可由签约专家通过远程云平台,登录矿山数据云服务中心,对煤矿灾害信号分析、解读与会商。而外请专家(专家云)可直接利用高校、

机械及设备生产厂商等专业人才资源,通过签约,实现长期合作。

项目服务对象为各个矿山、各大集团、各级政府及其他研究机构、设备或系统生产单位等。

各矿区根据自身需要从矿山云服务平台购买各种矿山云服务,包括灾害预警、通风网络优化、设备健康诊断等,以提高安全生产水平和效率。

矿业集团通过购买服务,可对集团战略发展、资源整合与分配、产品营销、设备租赁管理、矿山运行、安全、环保等进行监督和管理。

各级政府通过购买信息服务,对矿山资源、矿山安全进行监督管理,并为正确决策提供有力保障。

其他研究机构、设备或系统生产单位可订购测试、加工服务,并可针对某一专门问题开展合作研究。所有服务均可按服务内容、服务期限购买,更容易满足不同客户需求。

传统矿山物联网示范工程根据矿山自动化程度进行改造所需的费用较大,而且不提供数据深度分析功能。云服务每年所需要的服务经费大大降低,并且节约了矿山专人维护成本。因此购买矿山云服务的投资比传统的单点独立建设系统大为缩减,对矿井来说更具有吸引力。因此,矿山服务模式的开展和变化是矿山信息化技术发展的重要趋势之一。

4 结语

矿山物联网技术的发展是一个长期的历程,正如“中国制造 2025”一样,会带来矿山信息技术的变革。但是矿山物联网技术的实施需要逐步推进,矿山物联网技术体系规范矿山物联网技术的实施要件,并会随着矿山物联网技术发展渐次升级。其目的就是引导矿山物联网技术沿着正确的道路发展,在推动创新发展的前提下,最大限度地保护用户投资的延续性,为最终实现矿山安全生产、无人化(少人化)的智慧矿山做出应有贡献。

参考文献:

- [1] 张申,丁恩杰,徐钊,等.物联网与感知矿山专题讲座之一——物联网基本概念及典型应用[J].工矿自动化,2010,36(10):104-108.
- [2] 张申,赵小虎.论感知矿山物联网与矿山综合自动化[J].煤炭科学技术,2012,40(1):83-86.
- [3] 刘东,许江,尹光志,等.多场耦合煤矿动力灾害大型模拟试验系统研制与应用[J].岩石力学与工程学报,2013,32(5):966-975.
- [4] 罗浩,潘一山,肖晓春,等.矿山动力灾害多参量危险性评价及分级预警[J].中国安全科学学报,2013,23(11):85-90.

[5] 吴婕萍,李国辉. 煤岩界面自动识别技术发展现状及其趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(12):44-49.

[6] 宛良军. 矿山企业管理者安全行为分析[J]. 低碳世界, 2014(17):162-163.

[7] 张申. 煤矿自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2013, 39(2):27-33.

[8] 王江涛,杨建梅. 复杂网络的分形研究方法综述[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2013, 10(4):1-7.

[9] 徐峰,严学强. 移动网络扁平化架构探讨[J]. 电信科学, 2010, 26(7):43-49.

[10] 郭立群,王欣滔,王笑赤,等. 海啸早期预警系统的一种本体式表达[J]. 测绘与空间地理信息, 2014(7):5-10.

[11] 蒋锐,宋焕斌,朱杰勇. 基于 Sensor Web 的矿山地质灾害监测预警[J]. 金属矿山, 2010(9):162-165.

[12] 张申,刘鹏,张彭. 感知矿山物联网云计算应用探索[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(9):72-75.

[13] 马小平,胡延军,缪燕子. 物联网、大数据及云计算技术在煤矿安全生产中的应用研究[J]. 工矿自动化, 2014, 40(4):5-9.

[14] 张申,张滔. 论矿山物联网的结构性平台与服务性平台[J]. 工矿自动化, 2013, 39(1):34-38.

[15] 张申. 矿山物联网服务承载平台与矿山购买服务[J]. 工矿自动化, 2016, 42(4):7-11.