

Discussion about Sensor Mine Internet of Things, Its Basic Characteristics and Key Technology

Jiongtian Liu, Enjie Ding, Shen Zhang, Zhao Xu, Gang Hua

SMIRC of China University of Mining and Technology, Jiangsu Xuzhou, 221008

enjied@vip.sina.com

Abstract: According to the idea of internet of things (IoT), the seven main problems in the construction of sensor mine internet of things (SMIoT) including basic concept, main characteristics, application model, network structure, key technology, and the target of sensor mine were discussed in detail. The efforts were made to try go build the whole concept of SM at the very beginning of the construction of SMIoT in order to make the whole planning, overall design and implement the plan step by step. So the phenomena of ambiguous concept, repeated investment, automation island and information island that once appeared during the construction of mine automation and digital mine could be avoided.

Keywords: internet of things, sensor mine, application model, three sensing

论感知矿山物联网及其基本特征与关键技术

刘炯天, 丁恩杰, 张申, 徐钊, 华钢

中国矿业大学感知矿山工程研究中心 江苏徐州 221008

enjied@vip.sina.com

摘要: 依据物联网的理念, 从感知矿山物联网的基本概念、主要特征、应用模型、网络架构、关键技术、核心内容和建设目标等七个方面来具体论述感知矿山物联网建设中的主要问题, 力图在矿山物联网建设伊始就建立一个关于感知矿山的整体概念, 以便按照统筹规划、总体设计、分步实施的原则进行矿山物联网的建设, 避免出现类似矿山自动化、矿山信息化建设过程中出现过的概念含混、重复投资、自动化孤岛和信息孤岛等现象。

关键词: 物联网; 感知矿山; 应用模型; 三个感知

随着物联网概念的普及, 相应出现了“感知中国 (sensor China)”、“感知城市 (sensor city)”、“感知矿山 (sensor mine)”等一系列的物联网应用的概念。“物联网”的定义很多, 据说从互联网上能查到 70 多种。但其基本理念是: 以互联网为骨干, 将其用户端延伸扩展到任何物品上, 建立起人与人、人与物、物与物之间的内在联系, 进行信息交换、通信、控制和管理决策[1]。

本文从物联网的理念出发, 论述感知矿山物联网的基本概念、主要特征、应用模型、网络架构、关键技术、核心内容和建设目标等七个方面的问题, 力图在矿山物联网建设伊始就建立一个关于感知矿山的整体概念, 以便按照统筹规划、总体设计、分步实施的原则进行矿山物联网的建设, 避免出现类似矿山自动化、矿山信息化建设过程中出现过的概念含混、重复

投资、自动化孤岛和信息孤岛等现象。希望本文的讨论能起到一个抛砖引玉的作用, 有助于感知矿山物联网的建设。

1 感知矿山物联网基本概念与主要特征

1.1 感知矿山物联网基本概念

作为物联网应用的一个重要领域, “感知矿山”是通过各种感知手段, 实现对真实矿山整体及相关现象的可视化、数字化及智能化。即将矿山地理、地质、矿山建设、矿山生产、安全管理、产品加工与运销、矿山生态等综合信息全面数字化, 将感知技术、传输技术、智能技术、信息技术、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、物与物相联的网络, 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 感知矿山物联网的主要特征

目前物联网的应用还处在早期应用阶段[1]，早期应用的典型特征就是功能单一、网络独立、数据私有、缺乏标准。例如：智能家居系统、机场防入侵系统、远程健康监护系统等等，尽管这些系统都以 Internet 为骨干传输网络，但无线覆盖的感知层网络是各行其是，长此以往，随着物联网应用系统越来越多，势必会出现同一地区存在多个无线感知网络，而相互之间不能共用，私有数据不能在系统间充分利用等尴尬局面。造成重复投资、资源浪费，形成新的信息孤岛。尽管这种问题在地面物联网应用中还不突出，也还未引起人们足够的重视，但这种模式显然不能复制到感知矿山物联网应用中。

这是由于地面单功能应用系统相对较大，如公共

交通信息系统，覆盖几种不同的交通工具，数十条线路，数百辆车及数千个站台，系统相对独立是可以理解和接受的。而矿山交通系统通常只有几辆车，皮带运输系统只有几条皮带，排水系统只有两三个泵房等等。而一个矿山这样的系统多达几十个，显然，为这些系统分别建设感知层网络是不合适的。

因此，感知矿山物联网应用具有如下特征：

- 感知层综合业务服务。无线覆盖网络必须能为井下所有移动物体提供感知服务，包括各种设备、人员、环境及工况监测等等；
- 移动代理与服务发现。随着感知层应用的扩大，多个系统共同组成物与物相联的 WSN 网络，这些系统可能是由多个厂商来实现的。因此需要解决如标准化、服务发现、移动 Agent 等问题，使感知矿山从开始就向着标准化的方向发展，有利于 M2M 设备层的移动。

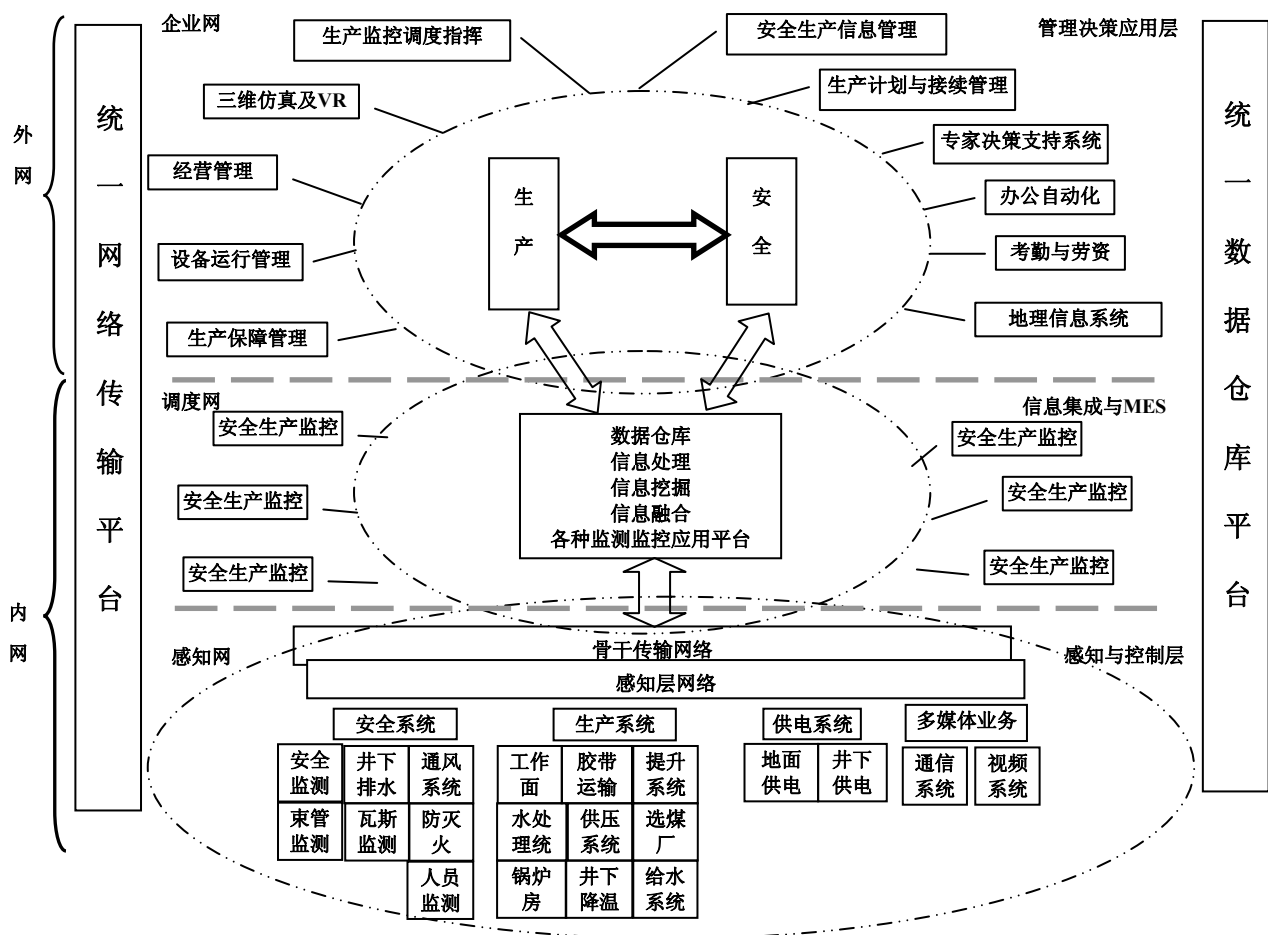


Figure 1 Model of SMIoT
图 1 感知矿山物联网应用模型

- 动态与静态兼容。矿山生产与安全数据从每天只需几个的静态数据到动态要求很高的振动、语音、视频。
- 统一的数据描述方法。用元数据技术为上述对象及数据提供统一的数据描述方法，制定统一的数据结构；
- 统一的数据仓库平台。根据元数据信息共享系统的结构、模块和特点，实现分布式数据组织与管理、分布式数据共享、分布式数据快速索引机制以及跨平台数据访问，为信息融合、信息挖掘提供良好的数据平台；

2 感知矿山物联网应用模型与网络架构

2.1 感知矿山物联网应用模型

基于应用目的提出感知矿山物联网模型如图 1 所

示,这个模型是在数字矿山三层结构模型[4]和物联网三层结构模型基础上,结合煤矿实际而提出的。

感知与控制层。由两层网络组成,骨干传输网络和感知层网络。骨干传输网络通常由 1000M 工业以太网构成,感知层网络是无线覆盖网络,如 WSN、WiFi、Zigbee 等等。地面广泛应用的感知层网络,如无线 3G 网络、GPRS 等不适合用于煤矿井下。感知与控制层主要实现矿山生产与安全过程中各种传感与控制信息的采集与施用。各生产安全子系统在本层以相对集中方式或全分布方式接入物联网。要构成物与物相联,具有自主网功能的无线网络,如宽带无线传感器网络在这一层起着不可或缺的作用。与综合自动化系统相比,感知矿山物联网在感知层更多的是分布式感知与控制,而综合自动化系统更多的是如何将已有子系统接入骨干网。

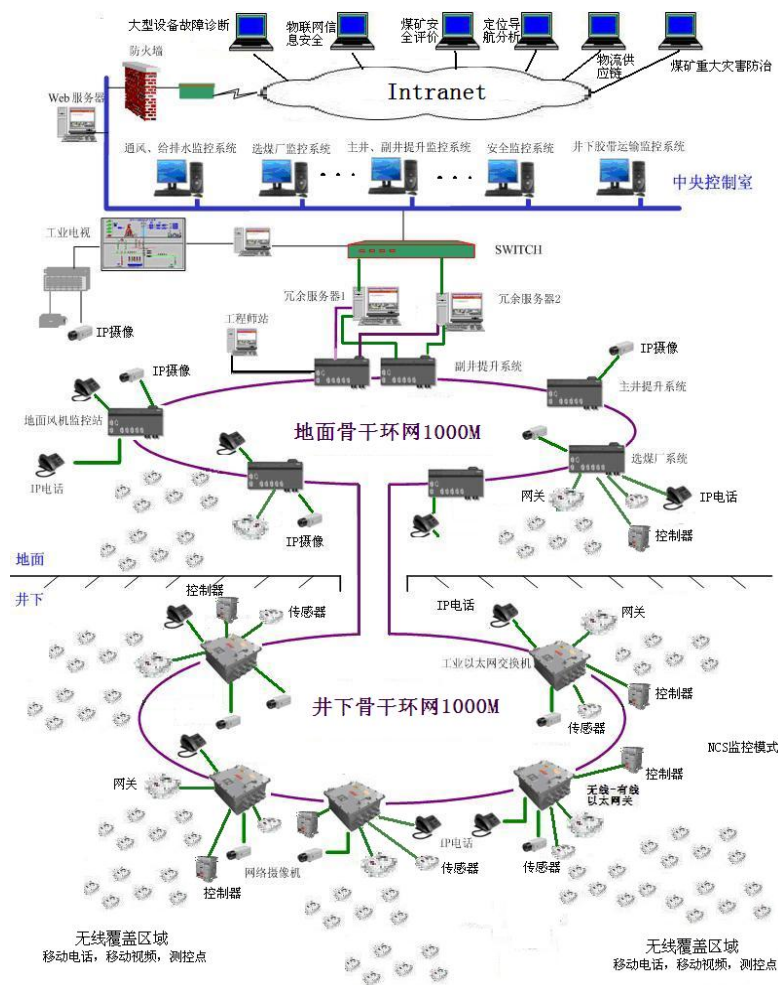


Figure 2 Schema of network structure of SM

图 2 感知矿山网络体系示意图

信息集成与MES层。通过1000M工业以太网骨干传输。将信息集成到控制中心，进行各种信息处理，如信息融合、信息挖掘等等。这一层同时实现MES(Manufacturing Execution System)功能，即图中用于安全生产监控的终端，它们实现对煤矿安全生产中各个子系统的监测与控制。因此，这一层也有应用，属于低层应用。同时本层还提供信息对外发布等。

管理决策与应用层。通过企业Intranet网络，矿山各个职能部分可实现更高层次的应用。如：矿山安全生产评价与监管；煤矿灾害预警与防治；煤矿供应链管理；大型设备故障诊断；矿山资源环境控制及评价，地理信息系统等。

图1所示模型是感知矿山物联网的一个开放性模型，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。感知矿山物联网理所当然是三网合一的系统，除接入各种监测监控系统外，将有线IP电话、无线移动电话、人员定位系统、数字视频系统都接入网络。与基于1000M工业以太网的综合自动化系统相比，主要是突出其物与物相联的特征，移动视频及管理应用。

2.2 感知矿山物联网网络架构

感知矿山网络架构如图2所示。感知网由1000M骨干传输网络和感知层网络构成，其中，感知层网络用WiFi实现。各有线交换机和无线网关实现矿山生产与安全过程中各种传感与控制信息的采集与施用。调度网设在中央控制室，是普通的工业以太网，各种服务器和监控终端在调度网内。Intranet网络是企业已有网络，遍布矿山各个职能部门。

3 感知矿山关键技术分析

矿山物联网关键技术框架如图3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。

3.1 感知层关键技术

矿山物联网的感知层包括采集技术与无线接入两个子层。

数据采集与感知子层主要用于采集煤矿生产过程中发生的物理事件和数据，包括各类生产与安全的各类物理量、标识、音频、视频数据。感知矿山灾害状况；感知矿山设备工作健康状况；感知矿工周围安全环境是这一层的核心内容。

无线接入层主要是为各种分布式、移动传感器、

RFID以及其他生产与安全设备提供信息感知必不可少的环境。而现有的综合自动化系统存在的最大问题恰恰就是感知层的问题，在综合自动化系统中基本没有能适应煤矿动态开采的感知层平台的存在，缺失这样的感知环境，就不能实现物与物相联，也不能实现感知矿山的目的。

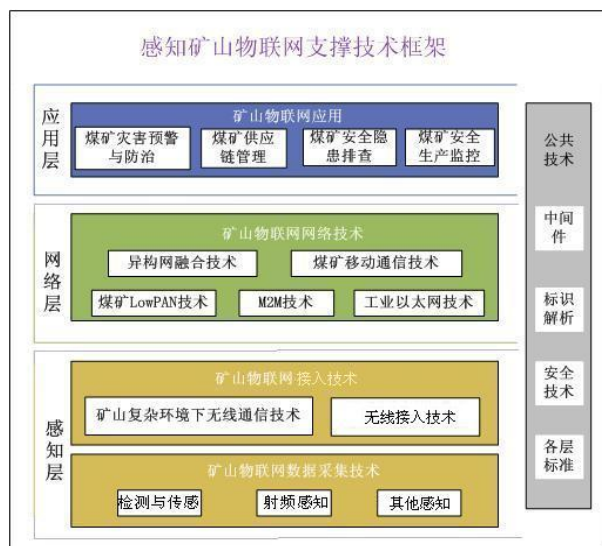


Figure 3 Key technology and its frame structure of SMIIoT

图3 矿山物联网的关键技术及其框架结构

3.2 网络层关键技术

矿山物联网网络技术主要是利用工业以太网技术、煤矿移动通信技术、M2M技术以及矿山6LowPAN(M6LowPAN)技术，把感知到的信息实时、无障碍、高可靠性、高安全地进行传送，因此需要进一步研究传感器网络与移动通信网络技术、工业控制以太网技术、RFID以及其他数据集成及身份识别技术的融合与数据集成。

3.3 应用层关键技术

应用层实际也分为两层内容，一层是综合自动化中的内容，即对矿山各生产安全子系统的实时监控，保障矿山的正常运行。或称作矿山MES层，属信息的低层应用。

高层应用是体现感知矿山物征，是对网络层融合的数据进一步加工和利用，它可应用于矿山安全生产形势评估、煤矿灾害预警与防治、煤矿安全隐患排查、矿山资源环境控制及评价等，实现对整个矿山的优化管理与安全动态跟踪。

3.4 公共关键技术

公共技术不属于矿山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，它包括中间件技术、标识与解析技术、安全技术以及各层的规范和标准。

4 感知矿山建设核心内容——三个感知

感知矿山建设的核心内容是三个感知，即：感知矿山灾害征兆，实现各种灾害事故的预警预报；感知矿工周围安全环境，实现主动式安全保障；感知矿山设备健康状况，实现预知维修。三个感知的目标是减灾保安全，打造本质安全型矿井。

4.1 感知矿山灾害征兆

研究开发矿山特有的感知与测量技术。许多地质参数与岩层运动规律是影响矿山安全的关键因素，如地下水赋存情况、瓦斯与煤突出、岩层受力与冲击地压、采空区发火等等。目前，对这些影响煤矿安全的重要因素的感知技术还不很成熟，此外，救灾机器人对周围环境的感知等均需要研究开发相应的感知传感器。电磁辐射、声发射、透地成像、微振监测、红外视觉识别等技术这研制矿用感知传感器的热点技术，加强各类新型 MEMS 传感器的研制。利用先进智能传感器与物联网技术对煤矿有关环境与地质参数进行实时采集，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。

4.2 感知矿工周围安全环境

矿工个人周围安全状况是保障矿工安全的重要保障。建立覆盖煤矿井下，并与 1000M 工业以太网相结合的无线自组网系统。开发相应的网络节点、协议及应用软件。实现移动目标(人员、设备)的精确定位与管理。开发基于无线覆盖的移动双向数据信息终端，综合人员定位、双向数据传输、报警及信息显示等功能。实现对人员的精密跟踪与信息联络。建立集调度、监控与管理于一体的煤矿安全生产信息中心，在此信息中心实现对安全生产各种系统的监控、语音通话、视频监控、即煤矿的 MES 层。开发煤矿井下人

员安全管理和救灾应急系统平台。

4.3 感知矿山设备健康状况

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直接影响工作人员的生命安全，因此对这些大型设备进行实时的健康状况监测一直是人们关注的热点。煤矿生产过程监测与控制与地面工厂生产线有很大的不同，这就是煤矿生产过程始终需要与许多未知的因素打交道，这些未知因素对煤矿安全生产起着决定性的影响作用。需要研究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。开展了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。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具有明显特色，形成了系列理论成果、开发了专用的实验装置。

5 结论

本文论述了感知矿山物联网的基本概念、主要特征、应用模型、网络架构、关键技术、核心内容和建设目标。较为系统全面的给出了感知矿山物联网应用各个层面的内容及要点。得出感知矿山是数字矿山、矿山综合自动化等概念的升华，是建立在数字矿山基础之上的更深层次的应用。给出了感知矿山模型及应用网络架构。明确提出感知矿山建设的核心内容是三个感知，即感知矿山灾害征兆，实现各种灾害事故的预警预报；感知矿工周围安全环境，实现主动式安全保障；感知矿山设备健康状况，实现预知维修。明确指出，感知矿山物联网建设的目标是减灾保安全，打造本质安全型矿井。

致谢

谨向关心徐州市物联网产业发展研究中心和中国矿业大学感知矿山工程研究中心的各位领导和同仁致以深切的谢意。

References (参考文献)

- [1] Gérald Santucci, From Internet of Data to Internet of Things, The International Conference on Future Trends of the Internet, 28 January 2009, Luxembourg
- [2] Wu Lixin, Yin Zuru, Zhong Yaping. Discussion again about digital mine, characteristic, framework and key technology[J], *Journal of coal mine*, 2003.2 1~7
吴立新 殷作如 钟亚平, 再论数字矿山: 特征、框架与关键

- 技术, 煤炭学报, 2003.2 1~7
- [3] Shen Dewen, Li Zhongxue, Zhang Shuntang, etc. Reseach on the framework and key technology of digital mine system. *Journal of metal mine*. 2005.12 47~50
僧德文 李仲学 张顺堂等, 数字矿山系统框架与关键技术研究, 金属矿山, 2005.12 47~50
- [4] Zhang Shen, Ding Enjie, Zhao Xiaohu etc. Digital mine and the construction of its two basic platforms[J], *Journal of coal mine*, 2007(9) 997~1001
张申 丁恩杰 赵小虎等, 数字矿山及其两大基础平台建设, 煤矿学报, 2007(9) 997~1001
- [5] Tan Dejian, Xu Xichang, Zhang Shen. Short discussion about automation, information and digital mine[J]. *Coal science and technology*, 2006.1 23~27
谭得健 徐希康 张申, 浅谈自动化、信息化与数字矿山, 煤炭科学技术, 2006.1 23~27
- [6] Zhao Xiaohu, Zhang Shen, Tan Dejian. The analysis about mine integrated automation network structure[J]. *Coal science and technology*, 2004.8 15~18
赵小虎 张申 谭得健, 基于矿山综合自动化的网络结构分析, 煤炭科学技术, 2004.8 15~18