

doi: 10.12029/gc20160629

高志新, 米胜信, 缪谨励, 等. 关于物联网技术在实物地质资料管理与服务中的应用研究[J]. 中国地质, 2016, 43(6): 2229–2237.

Gao Zhixin, Mi Shengxin, Miao Jinli, et al. A discussion on the application of the Internet of Things technology to the management and service of geological samples[J]. Geology in China, 2016, 43(6): 2229–2237(in Chinese with English abstract).

关于物联网技术在实物地质资料管理与服务中的应用研究

高志新^{1,2} 米胜信³ 缪谨励^{1,2} 吴晓红² 姚聿涛³ 王琳³ 周游³

(1. 中国地质大学(武汉)国家地理信息系统工程技术研究中心, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 3. 国土资源实物地质资料中心, 河北 燕郊 065201)

摘要:加强实物地质资料的管理并提供服务利用是国土资源主管部门的重要任务, 目前全国实物地质资料的保管分散, 利用率低, 信息化水平较低, 远未发挥其应有的价值, 而物联网技术作为新一代信息网络技术, 能够对物体实施智能管理, 并实现数据汇聚与共享。本文结合全国实物地质资料工作的实际情况, 分析了物联网在实物地质资料工作中应用的可行性以及对实物地质资料工作的促进作用, 提出了实物地质资料物联网的建设思路, 为实现实物地质资料实体的全周期智能化管理和实物地质资料数据的一体化管理与应用提供了一种切实可行的解决方案。

关键词:物联网; WSID 网络; 虚拟化技术

中图分类号: P621 文献标志码: A 文章编号: 1000–3657(2016)06–2229–09

A discussion on the application of the Internet of Things technology to the management and service of geological samples

GAO Zhi-xin^{1,2}, MI Sheng-xin³, MIAO Jin-li^{1,2}, WU Xiao-hong,
YAO Yu-tao⁴, WANG Lin⁴, ZHOU You⁴

(1. National Engineering Research Center for Geographic Information System, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China; 3. Geological Sample Center of Land and Resources, Yanjiao 065201, Hebei, China)

Abstract: Strengthening the management and service of geological samples is an important task of the land and resources department. At present, the storage of the national geological samples is scattered, the utilization rate is low, and the information level is low, far from playing its due role. As a new generation of information network technology, the Internet of Things can be used to implement intelligent management and to achieve data aggregation and sharing. Combined with the actual situation of national geological samples, the authors analyzed the feasibility and the promotion effect of the application of the Internet of Things in the

收稿日期: 2015–09–11; 改回日期: 2016–03–07

作者简介: 高志新, 男, 1981 年生, 高级工程师, 从事地质调查信息化研究; E-mail: gzhixin@mail.cgs.gov.cn。

management and service of geological samples, put forward the construction method of the Internet of Things of geological samples, provided a practical solution for the intelligent management of geological samples and the integrated management and application of geological sample information

Key words: Internet of Things; WSIN network; virtualization technology

About the first author: GAO Zhi-xin, male, born in 1981, engineer, mainly engages in the study of geological information; E-mail: gzhixin@mail.cgs.gov.cn.

实物地质资料作为地质资料的重要组成部分,是地质工作形成的重要基础信息资源,具有可被重复开发利用、能够长期提供服务的重要功能。推进实物地质资料信息服务集群化产业化是贯彻落实科学发展观的重要举措,有利于贯彻落实国务院领导关于地质工作要更加紧密地与经济社会发展相结合,要更加主动地为经济社会发展服务和加强国内地质找矿工作的重要指示^[1-4]。但在实物地质资料管理方面长期存在资料保管分散、综合研究不够、数字化信息化程度不高、服务渠道不畅、服务能力不强等问题,使实物地质资料信息的巨大潜在价值未能得到充分发挥^[5-7]。物联网技术的出现为实物地质资料的管理与服务提供了新的工作手段。利用物联网技术,可以实现实物地质资料的全周期智能化管理,实现实物地质资料数据的一体化管理与服务。相信构建实物地质资料物联网将成为推动实物地质资料信息服务集群化产业化的重要切入点。

1 关于物联网技术

物联网(The Internet of Things,简称 IOT)是指把所有物品通过射频识别(RFID)、红外感应器、卫星定位系统、激光扫描器等信息传感设备与互联网连接起来,按照约定的协议实现人与物、物与物的信息交换和通信,在此基础上,实现智能识别、定位、跟踪、监控、分析和处理。简单的说,物联网就是“物物相连的互联网”。

物联网的价值在于让物体拥有了“智慧”,从而实现人与物、物与物之间的沟通,物联网的特征在于感知、互联和智能的叠加。因此,物联网主要由三个部分组成:感知部分,实现对“物”的识别;传输网络,实现数据的传输;智能处理,实现对物品的自动控制与智能管理等。

从技术层面上来看,物联网架构自下而上分为

感知层、网络层和应用层(图1)。在各层之间,信息不是单向传递的,也有交互、控制等,所传递的信息也是多种多样。

其中,物联网感知层包括二维码标签和识读器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、M2M终端、传感器网关等,主要用于识别外界物体和采集信息。物联网网络层是在现有网络的基础上建立起来的,它与目前主流的无线网、移动网、专网、互联网、广电网等网络一样,主要承担着信息传输的功能。物联网应用层的主要功能是把感知和传输来的信息进行分析和处理,做出正确的控制和决策,实现智能化的管理、应用和服务。这一层解决的是信息处理和人机界面的问题^[8]。

可以看出,物联网实际上是包含人、机、物三类实体,通过识别和感知技术,利用智能设备感知和获取物体及其周围环境信息,再由网络传输通信技术与设备进行信息及知识的传输,最终经智能信息处理技术与设备,实现物体或者物理世界的智能化管理与控制的一种“物物感知,人物互联,人人互通”的

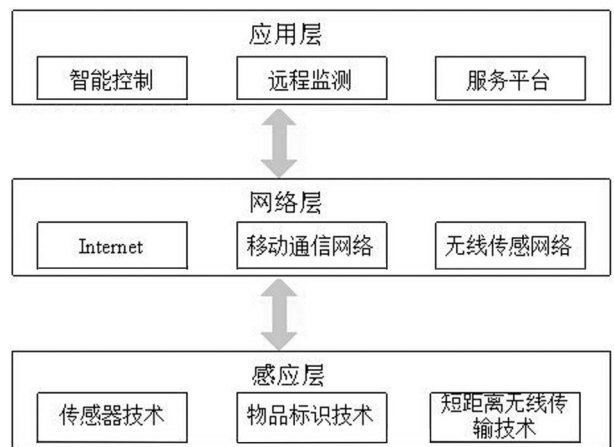


图1 物联网基本架构

Fig.1 The basic structure of the Internet of Things

高效能、智能化网络。物联网信息处理技术是智能感知和识别技术、数据信息传输与共享技术、网络通讯技术、数据库和智能计算技术、标准化技术等集成和综合应用。

2 物联网在实物地质资料工作中的应用分析

2.1 实物地质资料工作现状

目前,实物地质资料主要由中央、省两级管理,构成部、省国土资源管理部门、地勘单位三级保管加委托保管的管理体系。国家级、省级、地勘单位三个层面缺乏实物资料信息共享渠道,各级馆藏机构无法实现真正意义上的互联互通,难以实现实物地质资料的产业化集群化服务。

据统计,截至2013年底,国家实物地质资料馆、31个省(区、市)、33家油气地质资料委托保管单位、2家海洋地质资料委托保管单位,共收藏岩心1710480 m、岩屑7974432袋、标本17816件、光薄片48081件以及样品数十万件。其中,实物地质资料国家馆共建档380档,包含534个钻孔的275803.86 m岩矿心、9051袋岩屑、15779块系列标本、207块大型矿石标本、39702片薄片、106袋样品。数字化后,已形成TB级的数据量。

面对数量如此庞大的实物地质资料,尤其还存在保管分散、形态多样的特点,仅仅依靠人工管理、手工电脑录入,工作量较大,难以保证工作质量,增加了实物地质资料管理和相关数据资源整合难度。

2.2 可行性分析

2.2.1 政策可行性

国务院、发改委、各省市均不同程度地发布了关于推进物联网研究、应用的政策,并制定了近期、中期、长期的发展规划,并给予雄厚的资金支持、场地支持、乃至税收政策^[9]。王家耀院士、李德仁院士等在地质调查业务交流时均提到了物联网的应用,并得到了中国地质调查局的相关领导、信息专家的认可^[10-11]。

同时,为进一步加强实物地质资料管理,国土资源部办公厅已于2014年底印发了《关于进一步加强实物地质资料管理的通知(征求意见稿)》,通知中提出依法管理实物地质资料并提供服务利用是国土资源主管部门的重要任务,但由于实物地质资

料数量多、保管成本高、管理难度大、相关制度和技术方法不完善等原因,目前全国实物地质资料的保管情况普遍较差,重复利用率低,远未发挥其应有的价值。因此,需要进一步推进实物地质资料分类分级管理,构建新的保管与利用机制,提高保管水平,提升服务能力。为此,国土资源主管部门和实物地质资料馆藏机构要建立和完善相关机制,提高向全社会提供实物地质资料服务的能力。进一步加强实物地质资料数据库建设,开发服务产品,丰富服务内容,夯实服务基础。

由此可见,在国家大力扶持物联网产业发展、上级主管部门积极推动实物地质资料信息化建设的背景下,建设基于物联网的国家实物地质资料数据中心,提高实物地质资料管理与利用效率,具有更深的现实意义。

2.2.2 技术可行性

RFID、MEMS、WSN、GPS、传感器等物联网相关技术及其产品趋于成熟,配套的各类软硬件也日益完善,数据传输、交换协议也趋于标准化,故将这些成熟的软件、硬件产品有机地集成在一起,融入各类地质模型,研制出符合实物地质资料领域需要的物联网设备从技术是可行的。

2.2.3 经济可行性

随着物联网技术的不断成熟,应用不断增加,物联网产品价格会逐步降低。在实物地质资料管理领域应用物联网技术的初始阶段,资金可能无法一步到位,可以考虑先行试点,重点建设核心节点和实现关键功能,在后期资金充足且软硬件成本价格下降时,再多投入设备部署及软件应用,进行大范围的推广和功能扩充。目前,在部局的支持下,在实物地质资料全国馆专门设置了多个项目和子项目,用于支撑全国实物地质资料管理工作,各省亦投入相应资金予以支持,故从经济上开展实物地质资料物联网应用是可行的。

2.2.4 应用可行性

为实物地质资料领域开发的物联网产品和其他领域的产品同样具有操作简单(甚至不用人工操作)、不需要复杂的专业培训即可使用或维护,且大部分是部署后独立运行、自动与管理中心进行交互,一般不需很多的人为参与。只有少数应用需要专业技术人员操作。

2.3 物联网在实物地质资料工作中的促进作用

2.3.1 实物管理

实物地质资料是指在地质工作中形成的岩矿心、岩屑、标本、样品、光薄片等实物及其相关资料。实物地质资料的管理工作主要包括实物地质资料的汇交、保管和利用,即“收、管、用”。目前,从全国来看,整个实物地质资料的管理尚处于起步阶段,三个环节都面临着一定程度的难题。将物联网技术引入实物地质资料管理,构建基于物联网的实物地质资料智能管理系统,有助于解决实物地质资料“收、管、用”中出现的问题,可以有效地弥补现有实物地质资料管理方式的不足。

一是通过物联网技术实现实物地质资料的定位与跟踪功能。利用物联网技术,我们可以准确获知实物地质资料的当前存放地点、来源、数量等信息,实时跟踪和记录库藏实物地质资料的入库、出库、借阅、观察或取样测试等情况。这样,不但保证接收实物地质资料及其信息的齐全与完整,也有利于实物地质资料的汇交与监管。

二是通过物联网技术实现实物地质资料及其相关数据的智能存储与共享功能。感知层的RFID标签不仅能识别所附着的实物地质资料,也能存储该实物地质资料的从形式到内容,甚至延伸至物理化学特性等相关信息。同时,网络层负责传输和处理感知层数据,将分布于各地的实物地质资料互联、延伸和扩展,构成一个统一的实物地质资料数据中心,实物与实物之间、实物与人之间可进行无缝、高效的信息共享与交换。

三是通过物联网技术对特定保管环境进行自动感知和智能调节。随着实物地质资料收藏类型不断增加,一些特殊实物需要保存在特定的物理环境下,例如海洋实物地质资料对温、湿度都有严格的要求^[12-13]。为此,我们可以在特殊实物库中布置各种感知芯片,并在芯片中存储设定信息,使其能“感知”实物的生存环境,及时自我调控,及时预警。感知内容包括温湿度、化学气体或液体浓度、异常进入等。物联网的自动感知系统使特殊实物地质资料的实体保护摆脱人力因素影响,更加稳定、科学、智能。

四是通过物联网技术,辅以大数据技术,可实现统计分析和决策支持功能。

2.3.2 展览展示(科普)

利用物联网技术建立智慧实物地质资料展馆,将实物地质资料的所有信息记录到数据库中,传感器通过识别参观者佩戴的RFID腕圈,通过个性化推送、自助拉取或推拉混合等服务模式,采用3D特效以及发送声音、图像至参观者的移动终端(如智能手机、平板电脑等),实物与人实现互动,呈现实物地质资料所蕴含的丰富的文化背景与地球物理知识,从而使得实物地质资料能够开口说话,让枯燥无味的实物展示变得生动有趣。

3 实物地质资料物联网的建设思路

物联网不是现有技术的颠覆性革命,而是对现有技术的综合运用,在实物地质资料领域中应用物联网技术亦是如此。实物地质资料物联网就是从实物地质资料的实际情况出发,综合运用物联网、GIS、数据库、数据挖掘等技术,形成一个完整的集成解决方案。其不仅可以实现对实物地质资料全生命周期的智能化管理,还可以将实物地质资料数据汇聚成一个统一的数据共享服务平台。

3.1 总体架构设计

实物地质资料物联网的总体架构基于物联网的基本体系结构模型,主要由感知层、网络层和应用层组成。实物地质资料信息自下而上经过采集、传输、保存、处理、分析、应用等6个环节,形成了一个完整流程(图2)。

实物地质资料物联网的感知层是物联网的基础层,用来感知和识别物体,主要完成实物地质资料相关信息的捕获和采集。其中,RFID标签用来记录、标识实物地质资料实体;二维码记录、标识实物地质资料相关的各类文本档案;传感器采集实物地质资料相关的外界信息,尤其是存放特殊实物地质资料的环境信息,例如温度、湿度、压强、光照等;摄像头用于捕获实物地质资料的实时状态画面;GPS标识实物地质资料的位置信息。

实物地质资料物联网的网络层作为纽带连接着感知层和应用层,负责将感知层获取的实物地质资料相关信息,安全可靠地传输到实物地质资料应用层,根据不同的应用需求向实物地质资料感知层发送指令。其中,非涉密数据通过互联网、移动通信网或卫星通信网络进行通信,涉密数据可通过实

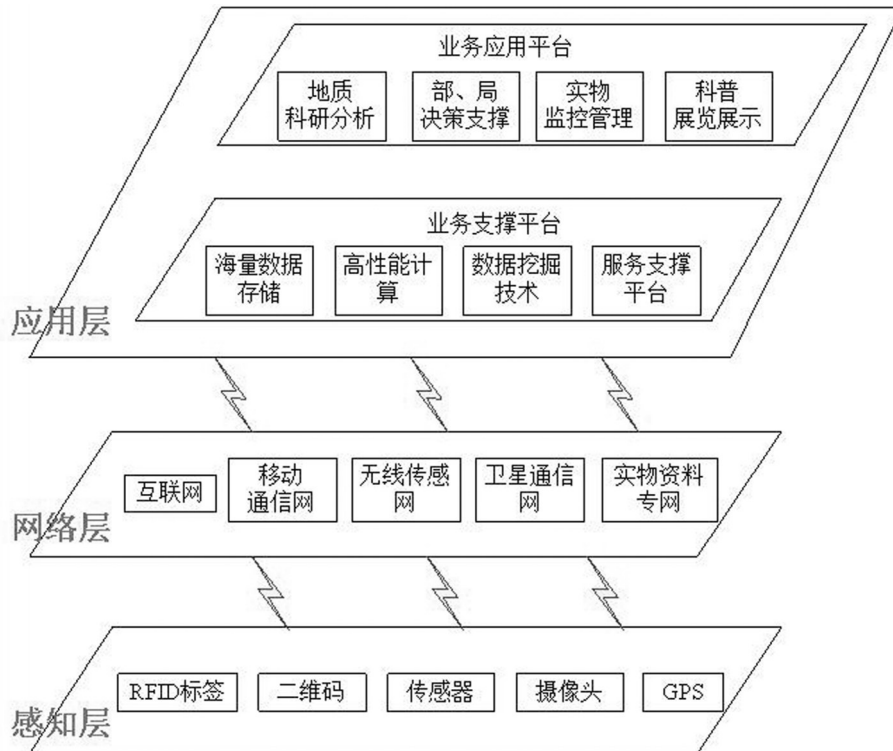


图2 实物地质资料物联网总体架构

Fig.2 General structure of physical geological data Internet of Things

物地质资料光纤专用网进行数据传输。

实物地质资料物联网的应用层将物联网技术与实物地质资料专业需求相结合,完成实物地质资料相关信息的汇聚、协同、共享、互通、分析、决策等功能,相当于实物地质资料物联网的控制层与决策层,主要包括业务支撑平台和业务应用平台两大部分。其中,业务支撑平台包括海量数据存储、高性能计算、数据挖掘和应用服务支撑等功能;业务应用平台不仅实现对重要实物地质资料的实时监控管理、科普展览展示,还负责对采集到的实物地质资料相关数据进行深层次的加工处理和科研分析,进而为国土资源部、中国地质调查局提供决策依据和支撑。

3.2 技术路线及实现思路

实物地质资料的实体特性和不可复制性决定了其只有一小部分能够收藏在国家馆,而大部分实物地质资料需要分散保管在各省级馆或地勘单位^[14-16],因此实物地质资料物联网需要将位于全国各地的重要实物地质资料进行统一管理,实现数据汇聚与信息共享,进而构建全国的实物地质资料管

理与服务体系。

如图3所示,依据当前实物地质资料的管理体系——即中央、省两级管理以及国家馆、省馆、地勘单位三级保管加委托保管体系,实物地质资料物联网将以国家实物地质资料馆为核心,形成国家馆—省馆—地勘单位三级实物管理平台、国家级——省级两级数据中心,分别对实物地质资料实体和数据进行管理,同时实现数据中心与实物管理平台之间的无缝对接。具体的技术路线以及实现方法主要包括以下两个方面。

3.2.1 全国重要实物地质资料实体的全生命周期智能化管理的实现

实物地质资料实体主要包括在地质工作中形成的岩矿心、岩屑、标本、样品、光薄片等实物,其种类多、数量大、保管分散。根据有关资料统计,除国家馆和省馆外,当前全国有各类实物资料存放点达上万多处,其中大部分存放点实物地质资料管理工作比较薄弱,因管理资金匮乏、管理机制不明、重视程度不够等因素导致管理不善以至被损毁或丢失,开发利用极其困难。

(重要或代表性 I 级实物资质资料)

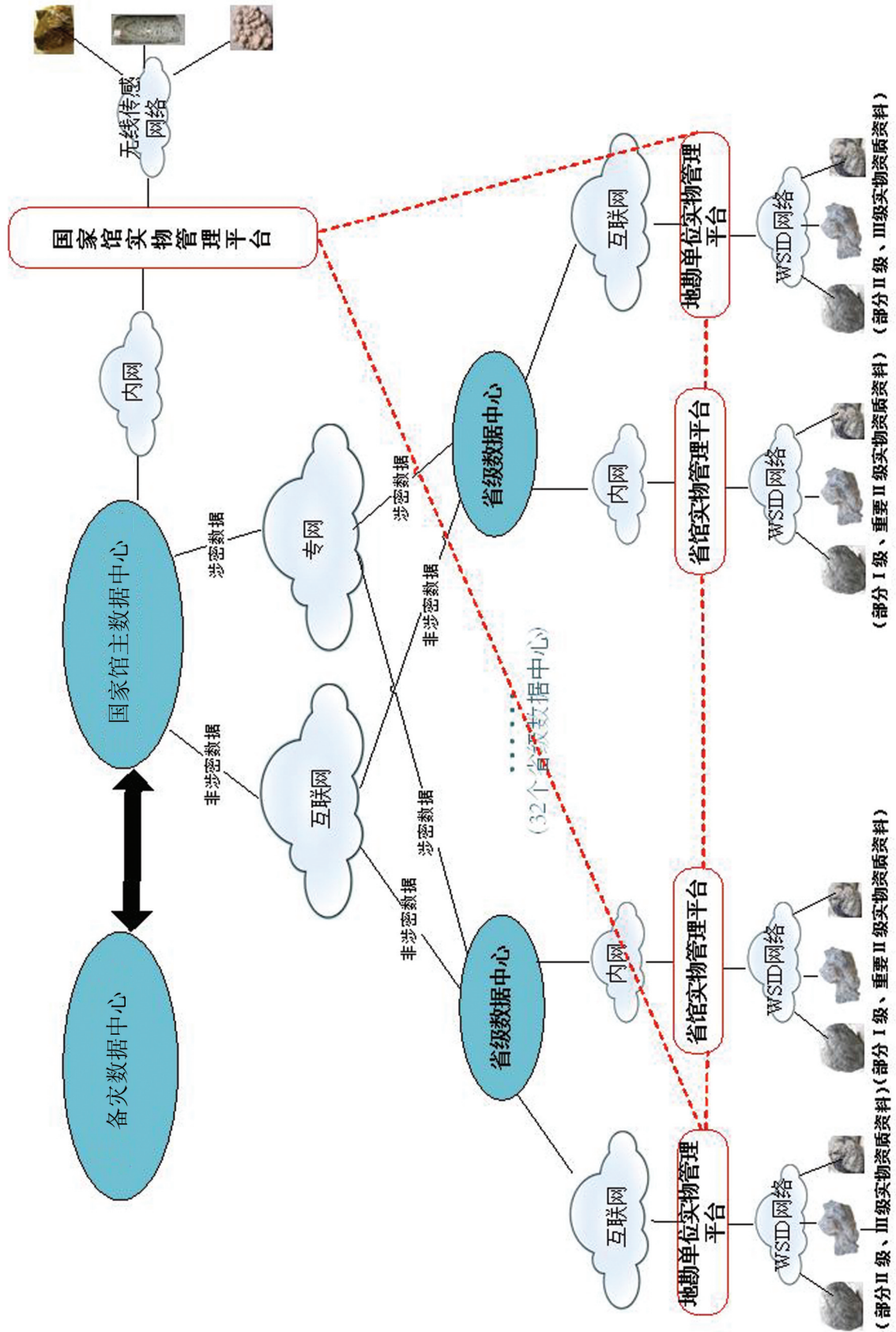


图 3 实物地质资料物联网整体部署图
Fig.3 The overall deployment diagram of physical geological data Internet of Things

基于上述现状,依据《实物地质资料管理办法》的相关规定,我们通过构建国家馆—省馆—地勘单位三级实物地质资料管理平台实现对全国重要实物地质资料实体的全生命周期智能化管理。

在国土资源部拟定的《关于进一步加强实物地质资料管理的通知(征求意见稿)》中,根据实物地质资料的科学意义、利用价值、稀缺程度及获取难度等因素,将实物地质资料的馆藏价值从高到低划分为 I、II、III、IV类。我们依据此标准,结合国家馆、省馆和地勘单位的馆藏容量、人员经费、技术水平和地域特点等实际情况,相应地赋予了国家馆实物管理平台、省馆实物管理平台和地勘单位实物管理平台不同的管理级别和管理权限,形成一个完整的实物地质资料智能化管理体系(表1)。

三级实物地质资料管理平台通过 WSID (Wireless Sensor Identification,无线传感器识别)网络实现对各自管理范围内的实物地质资料的信息采集和监控。WSID网络包括无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)设备和无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)设备,二者是实物地质资料物联网中的主要数据采集设备。RFID设备主要实现对实物地质资料实体的识别,并存储关于实体自身的一些基本信息,包括馆藏机构、档号、实

物名称、类型、地质特征描述、采集人、采集位置、采集时间等。WSN设备实时监测、感知和采集特殊实物地质资料(如海洋地质科学调查样品、冰心样品、天然气水合物样品等)保管区域中各种环境信息,例如温度、湿度、压力、光照强度、气体浓度等。

WSID网络将采集的数据实时传送至本地实物地质资料管理平台,本地管理平台将对其进行读取、处理、统计分析和显示。同时按照表1显示的访问权限,允许高层级的管理平台通过实物地质资料物联网(图3)远程查询和调取本地实物地质资料的相关信息。

3.2.2 全国重要实物地质资料数据的一体化管理与应用的实现

实物地质资料物联网不仅要实现重要实物地质资料的智能化管理,还要在此基础上解决信息孤岛问题,实现数据汇聚和信息共享,进行深层次的知识挖掘和运用。为此,我们可以通过构建国家级——省级两级数据中心,实现对采集的全国实物地质资料数据进行一体化的管理和应用。实物地质资料物联网的数据中心主要包括网络系统、存储系统、计算系统3个部分。

3.2.2.1 网络系统

数据中心的网络系统主要依托实物地质资料

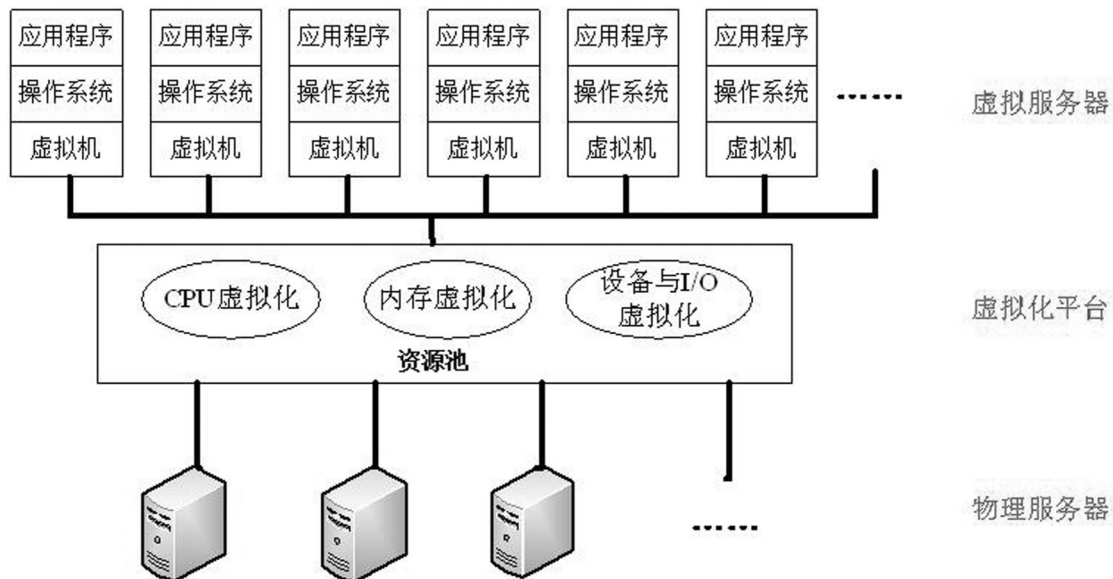


图4 服务器虚拟化

Fig.4 Virtual server structure

表1 三级实物地质资料管理平台的管理级别以及对应的主要实物类别
Table 1 Three level physical geological data management platform

实物管理平台	访问权限	管理范围	实物级别	主要类别
国家馆 实物管理平台	国家级	全国重要或代表性 I 类 实物地质资料	I 类	在区域地质调查、矿产勘查、海洋地质、和地质科学研究中, 能够反映全国或区域地质现象或重大地质工作成果, 具有全国代表性、典型性、特殊性的实物地质资料
省馆 实物管理平台	省级	本省其他 I 类实物地质 资料		
地勘单位 实物管理平台		地区级	本省重要或代表性 II 类	II 类
	本勘查区域内其他 II 类			
	本勘查区域内 III 类		III 类	在区域地质调查、矿产勘查、海洋地质、水文地质、工程地质、环境地质和地质科学研究中, 除 I、II 类实物地质资料外, 其他具有重要重复利用价值的实物地质资料

物联网的网络,实现国家级—省级两级数据中心之间数据资源、软硬件资源的共享与信息传递。

如图3所示,省级数据中心通过互联网和内网分别对省内地勘单位和省馆的实物地质资料数据进行管理。国家级数据中心通过互联网、光纤专网和内网分别实现省级数据中心的非涉密数据、涉密数据以及国家馆藏数据的集成和共享。同时,数据中心还可包括一个异地备灾中心,通过光纤专网与国家馆主数据中心形成“主一备”模式,保证了整体数据的安全性。

3.2.2.2 存储系统

存储系统是数据中心的核⼼基础,其稳定性、实用性和先进性是在整个数据中心建设方案中必须重点考虑的问题。在充分考虑系统应用水平和处理数据量的大小的基础上,实物地质资料物联网数据中心可采用“存储区域网络(Storage Area Network, SAN)+网络接入存储(Network-Attached Storage, NAS)+磁带库”的存储架构。

SAN 主要适合实时、大量的数据块访问方式,因此实物地质资料物联网数据中心的核⼼业务数据和需要快速实时访问的数据采用 SAN 存储。NAS 主要针对文件系统的处理,有广泛的适应能力,因此其附加于实物地质资料物联网数据中心

的业务网络,完成海量实物地质资料数据的存储。通过磁带库,数据中心可实现对所有实物地质资料数据的自动连续备份和数据恢复功能。同时, SAN 存储、NAS 存储和磁带库之间通过 FC (Fiber Chanel, 光纤通道) 和 FCoE (Fibre Channel over Ethernet, 以太网光纤通道) 共存的方式实现数据的共享与访问。

3.2.3.3 计算系统

数据中心的计算系统主要是采用虚拟化技术来实现。通过虚拟化技术,将实物地质资料物联网内的所有服务器的资源(如 CPU、内存、磁盘和网络接口等)整合在一个资源池中,可以被实物地质资料相关的各类业务应用共享使用。配合负载管理等技术,还可以根据不同类型的工作负载需求,按需分配计算资源,提高实物地质资料物联网计算机基础设施的利用效率(图4)。

4 结 语

本文以构建实物地质资料物联网为着力点,强化实物地质资料管理力度,优化实物地质资料服务水平,疏通实物地质资料数据共享渠道,由目前的被动获取数据变为主动抓取数据,将分布于国家馆、省馆、委托保管单位的实物地质资料及其数据

汇聚成一个整体,形成一个统一的大数据平台,使资料管理人员、资料服务提供者、资料服务对象等角色能够直接与分散在全国各地的实物地质资料进行信息交互和通信,能够实时掌握实物地质资料的信息与动态。通过实物地质资料物联网建设,优化实物地质资料管理 workflow,打通实物资料“收、管、用”各个环节,实现良性循环,提升实物地质资料管理与服务水平。

参考文献(References):

- [1] 中国地质调查局发展研究中心.地质资料信息服务集群化产业化关键技术与标准体系研究项目成果报告[R], 2013.
Development Research Center of China Geological Survey. Research on Key Technology and Standard System of Geological Data Information Service Cluster[R], 2013 (in Chinese).
- [2] 姚华军,贺冰清,曹献珍.推进地质资料信息服务集群化和产业化的研究[J].中国国土资源经济,2009,22(9):4-7.
Yao Huajun, He Binqing, Cao Xianzhen. Research on improving the information service of geological data to clustering and industrial application[J]. Natural Resource Economics of China, 2009, 22(9): 4-7 (in Chinese with English abstract).
- [3] 严光生.中国地质资料管理与服务进展情况分析[J].中国矿业,2012,21(1):14-16.
Yan Guangsheng. Situation analysis of geological archives management and service in China[J]. China Mining Magazine, 2012,21(1): 14-16 (in Chinese with English abstract).
- [4] 尚武.完善地质资料档案社会化服务体系思考[J].中国矿业,2006,15(5):22-24.
Shang Wu. How to improve the performance of geological archives for the development of public service system[J]. China Mining Magazine, 2006, 15(5): 22-24 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王健,于畅.简述我国实物地质资料管理历程及展望[J].中国国土资源经济,2013,(02):41-43.
Wang Jian, Yu Yang. Brief introduction of the management process of physical geological data in China and expounding some outlooks[J]. Natural Resource Economics of China, 2013, (02): 41-43 (in Chinese with English abstract).
- [6] 夏浩东,戴塔根,邓会娟,等.地质大调查实物地质资料状况调查及管理建议[J].中国国土资源经济,2007,(10):27-29.
Xia Haodong, Dai Tagen, Deng Huijuan, et al. Investigation in status quo of physical geological data acquired in geological survey projects and suggestions for management[J]. Natural Resource Economics of China, 2007, (10): 27-29 (in Chinese with English abstract).
- [7] 刘晓文,于景春,田琼.实物地质资料属性特点、重要性及研究意义[J].中国国土资源经济,2006,(8):23-25.
Liu Xiaowen, Yu Jingchun, Tian Qiong. Attributive character, importance and research purposes concerning geological data in material form [J]. Natural Resource Economics of China, 2006,(8): 23-25 (in Chinese with English abstract).
- [8] International Telecommunication Union. ITU internet Reports 2005: the internet of Things [R]. Geneva: ITU, 2005.
- [9] 程曼,王让会.物联网技术的研究与应用[J].地理信息世界,2010,(5):22-28.
Cheng Man, Wang Ranghui. Advance in Technical research and application of internet of things[J]. Geomatics World, 2010, (5): 22-28 (in Chinese with English abstract).
- [10] 其和日格.地质调查信息化建设[J].信息化论坛,2003,(1):12-17.
Qihirag. Lee. Geological survey information construction[J]. Information Forum, 2003, (1): 12-17(in Chinese with English abstract).
- [11] 姜作勤,马智民,杨东来,等.地质信息服务体系框架研究[J].中国地质,2007,34(1):173-178.
Jiang Zuoqin, Ma Zhimin, Yang Donglai, et al. Framework of the geological information service system[J]. Geology in China, 2007, 34(1): 173-178(in Chinese with English abstract).
- [12] 马冰,金真针,任香爱.美国实物地质资料库现状研究[J].中国国土资源经济,2012,(12):36-38.
Ma Bing, Jin Zhenzhen, Ren Xiangai. Introduction of geological sample database in the USA [J]. Natural Resource Economics of China, 2012, (12): 36-38(in Chinese with English abstract).
- [13] 陈新宇,南青民.俄罗斯实物地质资料的管理与服务[J].中国国土资源经济,2011,(8):25-28.
Chen Xinyu, Nan Qingmin. Introduction of management and services of physical geological data in Russia[J]. Natural Resource Economics of China, 2011, (8): 25-28 (in Chinese with English abstract).
- [14] 茹湘兰.加强我国实物地质资料管理的建议[J].国土资源科技管理,2002,19(5):60-62.
Ru Xianglan. Suggestions about improving management of physical geological data[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2002, 19(5): 60-62 (in Chinese with English abstract).
- [15] 张立海,任香爱,张晶.新时期实物地质资料管理的指导思想[J].中国国土资源经济,2005,(8):22-23.
Zhang Lihai, Ren Xiangai, Zhang Jing. Guiding ideology for substantial geological material management in the new Period[J]. Natural Resource Economics of China, 2005, (8): 22-23 (in Chinese with English abstract).
- [16] 邹国强,郭加朋,谢跃春.山东省实物地质资料中心建设浅析[J].山东国土资源,2012,28(1):61-63.
Zou Guoqiang, Guo Jiapeng, Xie Yuechun. Primary study on the construction of real geological data center in Shandong Province[J]. Land and Resources in Shandong Province, 2012,28(1):61-63 (in Chinese with English abstract).