

物联网环境下食品安全云计算平台模型

张龙昌¹, 杨艳红², 王小明¹

(1. 渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州 121013;

2. 渤海大学图书馆, 辽宁 锦州 121013)

摘要: 物联网环境下, 食品安全信息系统存在建设重复投资严重, 缺乏完整统一的系统, 海量食品安全信息处理、存储、共享难等问题, 对食品安全信息资源的有效管理和利用提出了严峻的挑战。云计算取之不尽的计算和存储能力不仅能有效处理海量数据, 又能为用户提供按需分配, 减少信息系统建设投资, 因此提出基于物联网的食品安全云计算平台模型。首先提出食品安全物联网模型, 刻画物联网环境下的食品安全应用系统运行模型; 接着提出物联网环境下的食品安全云平台总体架构; 最后提出物联网环境下异构终端的整合机制和服务端来自不同服务提供商的服务整合机制。该模型不仅适合构建大型物联网环境下的食品安全云平台, 也支持小型本地化物联网环境下的食品安全云计算平台。

关键词: 物联网环境; 食品安全; 云计算; 服务; 整合

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)01-0107-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2017.01.024

Cloud Computing Platform Model of Food Safety under Environment of Internet of Things

ZHANG Long-chang¹, YANG Yan-hong², WANG Xiao-ming¹

(1. College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China;

2. Library of Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: Under the environment of Internet of things (IoT), the problems exist in food safety information system like serious repeat construction investment, the lack of a complete and unified system, and difficult massive food safety information processing, storing and sharing, which severely hinders effective management and utilization of food safety information resources. Cloud computing, which is of massive computing and storing ability, not only can process the mass data effectively, but also provide on-demand resources to reduce the construction investment of information system, so the food safety cloud computing platform model is built based on Internet of Things. First, food safety of IoT mode is proposed, which portrays food safety applications running model in IoT environment. Then, the overall architecture of food safety cloud computing platform is presented under IoT environment. Finally, the integration mechanism of heterogeneous of terminal and of services from server are proposed. The model not only could construct large-scale food safety cloud computing platform in IoT environment, but also support small and localized one.

Key words: environment of Internet of Things; food safety; cloud computing; service; integration

1 概述

2008年, IBM提出“智慧地球”的构想, 随后上升为美国国家战略。为实现欧洲在物联网功能架构上的主导作用, 从而获得经济增长, 给人们生活带来益处, 欧盟委员会提出《欧盟物联网行动计划》, 通过十四个行动计划实现物联网。在《让科技引领中国可持续发展》的重要讲话中, 温总理提出包括物联网在内的五

大国家新兴战略性产业。随后, 物联网成为学术界和产业界广泛讨论的热点领域。农产品由生产到餐桌需要经过若干环节的处理, 如种植养殖环节、加工处理环节、运输仓储环节、销售环节等, 任何环节处理不当都可能造成食品的污染, 从而产生食品安全问题^[1]。学者们开始研究物联网技术在食品安全领域的应用, 目前研究成果主要集中在4个方面。

收稿日期: 2015-10-28

修回日期: 2016-02-25

网络出版时间: 2017-01-04

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(15YJC870028); 辽宁省自然科学基金(2015020009); 辽宁省哲学社会科学规划基金项目(L15BTQ002); 辽宁省教育厅科学技术研究一般项目(L2014451)

作者简介: 张龙昌(1977-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, CCF会员, 研究方向为数字图书馆和云计算。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170104.1023.024.html>

(1)物联网在食品、农产品生产环节的应用。采用传感器对葡萄种植园的温度、湿度、光照、风速、风向信息进行实时采集,同时利用传感器对酒窖中的温度、湿度信息进行检测,形成一套完整的葡萄酒生产过程的传感器网络系统,有效监测高品质葡萄酒生产过程中的环境参数,大大提高了葡萄酒的质量^[2]。将传感器节点部署到食品加工生产企业加工过程的关键节点上,采集环境信息,将信息通过 GPRS 传送到 PC 端或手机端,从而形成一套基于物联网技术的食品加工过程信息采集系统,能实时监控加工过程的环境信息,提高食品的安全质量^[3]。

(2)物联网在食品、农产品物流环节的应用。文献[4]在装有菠萝的纸箱和塑料箱上安装传感器,采集长途运输过程中的环境信息变化情况,将该方法与传统的温度记录法进行比较,提出采用传感器的方法更加高效和准确。将温度传感器、湿度传感器、光照传感器应用到采用空陆联运方式的新鲜鱼长途运输过程中,作为一次有效的尝试^[5]。将温度传感器从冷链运输车中采集的信息,通过 GPRS 技术实时传送到数据中心,从而做到实时监控温度状况^[6]。水果联运过程中安装传感器节点,基于 ZigBee 网络进行联网,检验传感器节点在低温环境下的有效性,通过对环境湿度的变化,建立快速确定水果中水分的模型^[7]。将具有温度传感器的半被动式 RFID 安装到冷藏车厢或保温容器立体空间中,检测厢内的最高温度,从而建立冷藏空间中物品表面或内部的温度与冷藏装置显示温度的关系模型^[8]。

(3)物联网在食品溯源中的应用。文献[9-10]分别设计了食品生产、加工、运输、销售各环节的信息采集集成系统,从而实现食品的溯源。为实现乳品从生产到消费过程的监控和溯源,文献[11]在 RFID 技术基础上设计了奶品质管理系统、现场监控分析系统、运输监控系统和报警系统。基于带有传感器的 RFID 技术,文献[12]提出一套食品安全监控预警平台,并应用到广东省某市的食品安全监控和预警中。将 RFID 技术、EPC 技术应用到肉品企业信息资源平台架构中,设计出肉品追溯体系,从而提高肉品信息的实时性、准确性和可靠性^[13]。文献[14]对食品生产、运输、流通过程进行统一标识,采用 EAN·UCC 标准进行三维编码,构建食品供应链的追溯系统。文献[15]认为目前 RFID 技术在食品跟踪行业的应用成本过高,在一些普通的低成本行业不太适用;提出了一种基于二维码和互联网的低成本技术的食品跟踪、分析、监测的物联网解决方案。

(4)基于物联网的食品安全系统。为降低农产品物流成本,提高安全质量,向农产品供应链管理和安全

质量追踪溯源提供详细、全面与准确的电子信息。文献[16]提出了一种基于物联网的农产品质量安全信息系统平台,该系统侧重于解决农产品在生产、流通、加工过程中的产品质量信息的获取。

(5)基于云计算的食品安全系统。云计算作为物联网环境下海量、异构数据存储和计算中心,在食品安全监控中也有一定研究。文献[17]认为食品安全监理体系中管理的数据量大、技术要求较高,构建了基于云计算的食品安全监理架构,实施对食品安全信息及风险评估的管理。现有淡水鱼养殖各个环节的信息化系统孤立存在,并没有形成整个环节的集成,文献[18]在云计算基础上提出淡水鱼养殖平台架构,由数据层、支撑层和应用层三个部分组成。已有食品安全信息监控与分析平台在信息的及时性、准确性、全面性三个方面的研究存在不足,文献[19]首先对信息采集的范围、风险预警的目标等进行整体规划,在其基础上提出包括基础设施层、计算框架层、信息处理层、用户服务层的全球食品安全信息监控与分析云平台架构。文献[20]分析食品产业的发展状况,提出食品安全信息具有量大、种类繁多、处理要求速度快、格式单一导致数据的价值偏低等大数据的特征,提出基于云计算技术的以检测数据为支撑的交互平台,将食品安全大数据信息在云平台上进行汇集、整理、加工和分析,再通过网页、电话、移动设备应用等方式向用户提供服务。文献[21]尝试用云平台搭建为农产品商流与物流的纽带,通过信息平台向用户提供商流与物流资源信息,方便决策。管理平台将绝对权威的政府引入管理体系,建立健全相关规章制度;由若干个子平台构成,通过各种手段,管理平台全程监控农产品流通。

上述研究主要将物联网应用到食品安全监管的各个环节中,逐渐形成物联网环境下的食品安全控制,但是上述研究成果都没有解决下述问题:长期以来食品安全信息化建设重复投资严重,信息化长期落后;由于信息孤立不能形成完整、统一的食品安全信息;物联网环境下海量食品安全信息处理、存储、共享难等问题,对食品安全信息资源的有效管理和利用提出了严峻的挑战。云计算取之不尽的计算和存储能力不仅能有效处理海量数据,又能为用户提供按需分配的个性化服务。云计算应用于食品安全领域的监管是不可避免的趋势,因此文中提出基于物联网的食品安全云计算平台模型。

2 食品安全物联网

由国际电信联盟对物联网定义的演变,食品安全物联网是实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络,它是通过二维码技术、RFID 识别技术、传感

器技术、全球定位技术等,按照约定的协议将食品供应链上的物流、信息流与互联网相连,进行信息交换和通信。

食品供应链由食品的生产、加工、物流、销售、消费等环节构成,物联网在食品供应链中的应用包括生产监测及管理、加工过程监测及管理、流通环节监测及管理、食品质量溯源、食品质量检测、食品安全信息监控和分析等。图1描述了物联网在食品安全中的应用过程。数据采集阶段利用传感器、音频设备、视频设备、GPS、手机、电脑、电视等采集食品在生产、加工、物流、销售、消费过程中涉及的食品原材料、加工食品的相关信息,通过无线网、移动通信网、互联网、广播电视网将食品安全信息传到互联网上的数据处理中心,数据处理中心将食品安信息加工处理后通过业务融合网络展现给消费者用户、服务用户(食品供应链上涉及的使用食品安全信息的用户)、第三方(食品安全监管、检测等机构用户)。物联网环境下的食品安全信息特点包括:

- (1)数据海量,包括食品供应链上食品状态、环境、设备及互联网舆情等信息;
- (2)数据类型多样,食品安全数据不仅有业务处理的结构化数据,也有音频、视频等非结构化数据,同时存在文本、网页等半格式化数据;
- (3)多数据源,数据不仅来源于传感器等设备的自动采集,也可能来自用户的录入,同样也可能来源于互联网的自动收集;
- (4)数据格式异构,不同类型的数据描述的方式存在不同,即使同一类型的数据来源于不同系统其描述的格式也不尽相同。

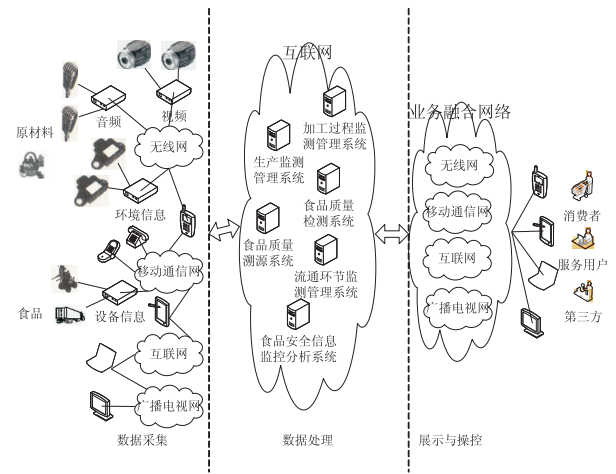


图1 食品安全物联网

3 平台总体架构及功能

根据文中提出的物联网环境下食品安全信息存在的问题和物联网环境下的食品安全信息的特点,结

合物联网、云计算、SOA 等技术,提出物联网环境下食品安全云平台总体架构(见图2)。平台由食品安全云计算终端平台和食品安全云计算服务端平台相互作用,支撑物联网环境下消费者用户、服务用户、第三方用户对食品安全信息的操控和检索,实现完整、准确、及时、无缝地反映食品供应链上的食品安全信息。

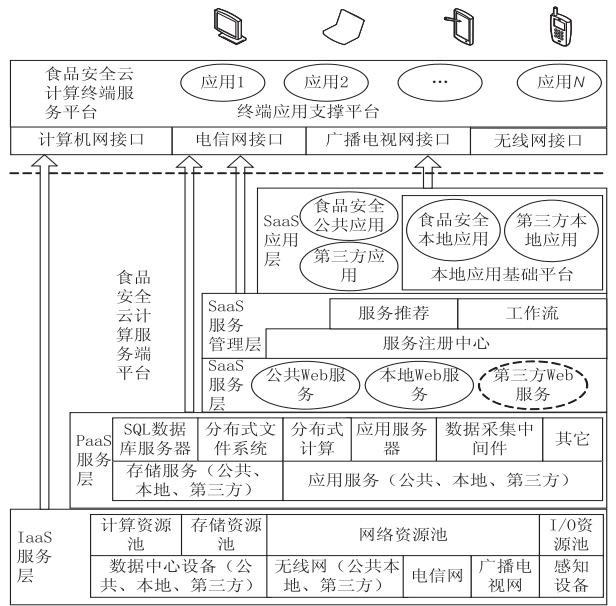


图2 物联网环境下食品安全云平台总体架构

3.1 终端服务平台

食品安全云计算终端服务平台面向计算机网、电信网、广播电视网,提供统一的访问方式,根据用户的当前网络环境、终端环境和偏好自适应切换网络,通过统一终端应用支撑平台访问上述三种网络,支撑用户的异构终端环境(电脑、平板电脑、智能手机、电视等),从而向食品安全云计算终端平台发送请求/接收应答。

3.2 服务端服务平台

食品安全云计算服务端平台实现海量、异构、多源数据的存储、计算,实现 IaaS、PaaS、SaaS 三层服务的集成,提供有区别的本地化服务和公共服务。下面详细介绍服务端平台的层次结构。

(1)IaaS 服务层:基础设施服务可以从第三方服务提供商购买,也可基于自有基础设施建立。食品供应链上的参与单位(或主管部门主导)应当建设1个或多个共享云服务中心,对于部分食品安全信息保密、安全要求较高的单位搭建专门用于本单位食品安全信息监管的私有基础设施平台,同时能够利用第三方提供的部分基础设施。这里的基础设施包括计算设备、存储设备、感知设备、无线网络、电信网络、广播电视网络等,将基础设施虚拟化,形成计算资源池、存储资源池、网络资源池、I/O 资源池,从而向上层服务或终端提供基础设施服务。

(2)PaaS 服务层:平台服务层主要包含存储类平台和面向应用类平台。存储类平台需要能够支持结构化数据、半结构化数据和非结构化数据三种类型,因此由 SQL 类数据库系统和分布式文件系统组成,存储类平台共同搭建 1 个或多个,对于有私用要求的单位可自行搭建本地平台,也可使用第三方搭建平台。应用服务类平台提供应用系统运行环境、完成请求/计算/应答,为自动采集数据提供支撑环境,能够实现自动化办公及其他相关能力,应用服务平台具有公共搭建、单位私用搭建和第三方提供三种方式。

(3)SaaS 服务层:该层是实现食品安全监控的独有、关键部分,平台支持公共应用、本地应用和第三方应用,为实现更高的软件复用,采用 SOA 技术设计该层。SaaS 服务层设计若干公共 Web 服务、本地使用 Web 服务以及引用或直接使用的第三方服务,这些服务在 SaaS 服务管理层的服务注册中心中注册,通过服务推荐自动向用户推荐与其偏好相符的服务,通过工作流技术将原子服务组合形成功能更强的服务供用户调用,在 SaaS 应用层形成面向食品安全具体需求的若干食品安全公共应用系统、第三方应用系统以及本地应用系统。其中本地应用系统面向某独有单位,确保数据的私密性和安全性,其由本地应用基础平台提供相关能力;第三方本地应用系统通过支持标准化接口,与本地基础平台无缝集成,成为本地食品安全应用系统的一个有机组成部分。

4 整合机制

物联网环境下食品安全信息服务的整合需要考虑异构终端的整合和云计算服务端(即现有服务系统)的整合。异构终端的整合需要考虑电脑、智能手机、电视等,通过互联网、电信网、无线网以及广播电视网访问食品安全云计算平台和发布信息的情况,需要建立统一的访问方式。现有服务系统的整合需要考虑硬件基础设施的整合、平台服务的整合和应用服务的整合。

4.1 异构终端的整合

由于无线网络尤其是移动数据网络具有传输速率慢、时延大、稳定性差等缺点,如果采用浏览器/服务器模式与云服务进行交互,将大大降低云计算平台的效能。另外,食品安全业务量大、操作频繁,使用单纯的浏览器很难完成复杂的业务操作。通过将用户界面的显示进行最大程度的本地化,可以有效降低数据传输量;将计算和海量信息存储到云端,充分利用云的超强计算和存储能力;另外还能实现异构终端的有效整合。因此,采用 C/S 模式设计异构终端的整合机制,是实现异构终端、异构网络下向用户提供统一、无缝、自适应访问方式的重要途径。异构终端整合框架如图 3

所示。

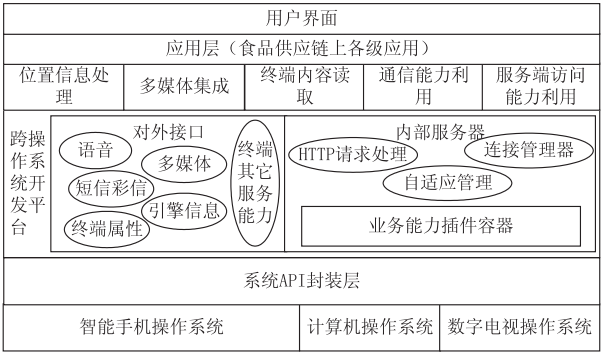


图 3 异构终端整合框架

考虑到异构终端框架应具有高度可扩展性,应能跨手机操作系统、计算机操作系统以及数字电视操作系统,还应能实现不同网络协议之间的信息交换,不同的网络产生不同的网络协议,因此实现网络协议的集成应在高层协议上实施。因 HTTP 协议简捷、快速,能够适应智能手机终端、计算机终端和数字电视终端,所以通过 HTTP 协议来传输数据。XML 具有较强的自我描述能力,服务端、客户端在信息交换过程无需事先约定数据格式,XML 实现信息的交换具有较大的灵活性,因此采用 XML 作为云端和终端的数据交换。

由于终端包含了智能手机、电脑和数字电视等,操作系统繁多。为了更好地设计食品安全信息系统客户端软件,设计一个跨操作系统的开发平台,该平台可以向客户端提供短信、彩信等通信能力和位置信息、多媒体播放、相关引擎及其他服务能力等接口,提供处理 HTTP 请求、连接管理、自适应用户终端环境能力,同时也提供业务能力插件支撑环境。

在开放平台上对应较为粗粒度,能够完成一定功能的组件,如位置信息处理、多媒体集成、终端内容读取、通信利用和访问服务端能力组件等。在这些粗粒度的组件基础上构建食品安全应用,向电脑用户、智能手机用户、数字电视用户展示统一的应用界面。

4.2 云计算服务端的整合

云服务端的服务有 IaaS、PaaS、SaaS 三种类型,物联网环境下食品安全云计算服务端的整合需要对这三种类型的服务进行整合,而 IaaS、PaaS 服务可以通过封装成 SaaS 服务的形式被调用,因此云计算服务端的整合过程实质上是 SaaS 服务的整合过程。下面介绍 SaaS 服务的封装技术和食品安全综合业务整合过程。

(1)基于开放式 API 的服务生成。

通过开放式 API 向外提供服务是互联网服务主流方法,该方式采用封装技术实现用户需求功能,开发者只关心 API 的功能和调用接口,不必关心具体实现,因此有利于开发人员专注于逻辑本身。Parlay API、JAIN、SIP Servlet 是通信领域的主流技术,REST API 和

Web Services 是互联网领域的主流技术。

(2) 脚本语言实现服务封装。

脚本语言实现业务的开发,其抽象层次在 API 业务开发之上,但对低层的网络能力的开发不如 API,开发者使用特定的脚本语言对业务规则进行说明,该方式非常适合专业编程能力较弱、业务能力较强的开发人员。目前脚本语言大部分是基于 XML 形式实现,CPL、SCML、VoiceXML、XTML 和 CCXML 等是基于 XML 的典型的通信领域的业务开发脚本语言,BPEL 是广泛应用于互联网领域的 Web 服务脚本开发语言。脚本语言的好处是关注业务逻辑,具有高重用、可移植性等优点。

(3) 构件实现服务封装。

实现高度的软件复用是现阶段软件体系结构设计的基本思路,构件是实现软件服务的基本技术,通过构件实现代码的重用,通过构件的组合实现更强功能,从而实现业务的快速开发。目前有 CORBA 对象、COM/DCOM、EJB 等主流构件技术,构件的典型表现形式是类,具有规范的二进制编码,可以独立部署、运行的类。

(4) 综合服务整合。

综合服务整合同时支持开放 API 技术、脚本技术和构件技术。图 4 是融合了三种技术的食品安全综合应用整合体系。XML 翻译和 GAML 脚本解析器为各种转换过程,CPL 脚本、BPEL 脚本、EBPEL 脚本(扩展的 BPEL 脚本)、食品安全领域构件、食品安全开放 API 是整合过程涉及的各种实体。

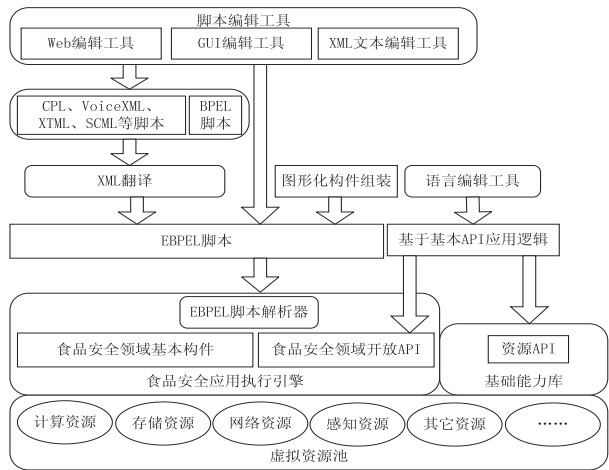


图 4 云计算服务端综合服务整合框架

5 结束语

长期以来食品安全信息的监管存在不统一、信息不完整,食品供应链上单位信息化水平差距较大,相同类型单位信息系统重复投资严重,不能有效对食品进行监管等问题。随着信息技术的迅速发展,将物联网技术应用到食品安全监管领域,在提高食品安全监管

能力的同时,也产生了数据量大、异构和多源等问题。

针对上述问题,提出物联网环境下基于云计算的食品安全云计算模型。该模型能够根据不同用户的需求按需分配信息资源,适应物联网环境异构大数据的存储和计算,能够有效整合异构终端和服务端的异构服务,能对物联网环境下食品安全云平台的建设提供有效的参考。

参考文献:

[1] 刘东红,周建伟,莫凌飞. 物联网技术在食品及农产品中应用的研究进展[J]. 农业机械学报,2012,43(1):146-152.

[2] Anastasi G, Farruggia O, Lo Re G, et al. Monitoring high-quality wine production using wireless sensor networks[C]//42nd Hawaii international conference on systems science. Waikoloa, Big Island, HI, USA: [s. n.], 2009.

[3] 高英明,金仁成,澎湃,等. 面向食品安全的无线传感器网络系统设计[C]//中国仪器仪表与测控技术报告大会. 出版地不详:出版者不详,2008:434-437.

[4] Amador C, Emond J P, Maria C N N. Application of RFID technologies in the temperature mapping of the pineapple supply chain[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2009, 3(1): 26-33.

[5] Abad E, Palacio F, Nuin M, et al. RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(4): 394-399.

[6] 王晓东,张宏建,周洪亮,等. GPRS 技术在运输食品温度监测中的应用[J]. 农机化研究,2009,31(2): 83-86.

[7] Ruiz-Garcia L, Barreiro P, Robla J I. Performance of ZigBee-based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(3): 405-415.

[8] Jedermann R, Ruiz-Garcia L, Lang W. Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 65(2): 145-154.

[9] Ruiz-Garcia L, Steinberger G, Rothmund M. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain[J]. Food Control, 2010, 21(2): 112-121.

[10] Zhang Xiaoshuan, Liu Shunyi, Xu Mark, et al. Applying evolutionary prototyping model for eliciting system requirement of meat traceability at agribusiness level[J]. Food Control, 2010, 21(11): 1556-1562.

[11] 刘东红,唐佳妮. 乳品质量安全溯源和监控体系构建[J]. 东北农业大学学报,2010,41(5): 149-153.

[12] 谢洁锐,胡月明,刘才兴,等. 基于无线传感器和 RFID 的农产品安全全程监控平台[J]. 中国农机化学报,2007(1): 79-80.

地址为“0X020~0X023”^[14])修改为“C1 C7 5D 00”。

(8)存盘并退出 WinHex,到资源管理器可以查看到恢复出来的 G 盘、H 盘和 I 盘中的文件夹和文件,以及新 F 盘中的文件夹和文件。

至此,Ghost 前的 G 盘、H 盘和 I 盘中所存储的全部文件夹和文件均已被完整恢复出来。如果要恢复的文件内容存储于原来 F 盘未被覆盖的区域,可以使用 WinHex 按文件类型功能进行恢复。

6 结束语

除使用 Ghost8.0 做实验外,还使用 Ghost11.0.1 做了大量实验。实验结果发现:Ghost 后,除被覆盖的区域外,还将 G 盘分区表、H 盘链接项、H 盘分区表和 I 盘分区表删除,只留下 I 盘链接项。对于这种情况,使用方法一来恢复更为方便一些,但方法一只能恢复 4 个分区表,如果分区多于四个可以先恢复四个分区,将各逻辑中的文件复制出来后,再通过修改分区表的形式恢复剩余分区中的文件夹和文件。

对于方法二,使用 Ghost11.0.1 后,如果 G 盘分区表、H 盘链接项、H 盘分区表和 I 盘分区表四个分区表被删除,只留下 I 盘链接项,这种情况的恢复思路如下:

(1)计算扩展分区表;

(2)计算 G 盘分区表、H 盘链接项、H 盘分区表和 I 盘分区表;

(3)计算 G 盘分区表和 H 盘链接项所在扇区号;

(4)计算 H 盘分区表和 I 盘链接项所在扇区号;

(5)计算 I 盘分区表所在扇区号;

(6)将扩展分区表填入至 0 号扇区偏移 0X01CE~0X01DD 处,将 G 盘分区表和 H 盘链接项填入所在扇区偏移 0X01BE~0X01DD 处,将 H 盘分区表和 I 盘链接项填入所在扇区偏移 0X01BE~0X01DD 处,将 I 盘分区表填入所在扇区偏移 0X01BE~0X01CD 处;

(上接第 111 页)

[13] 任守纲,徐焕良,黎安,等.基于 RFID/GIS 物联网的肉品跟踪及追溯系统设计与实现[J].农业工程学报,2010,26(10):229-235.

[14] 梁正平,纪震,林佳利,等.基于三维编码的全流程食品追溯系统[J].深圳大学学报:理工版,2010,27(3):312-316.

[15] 邓方源,景小平.基于物联网的低成本食品跟踪技术的应用研究[J].计算机科学,2011,38(10):26-29.

[16] 张丽,余华,马新明.基于物联网的农产品质量安全信息系统平台[J].中国科学:信息科学,2010(S1):220-229.

[17] 邓小,万力数据.基于云计算的食品安全监理研究[J].北

(7)调整 Ghost 后新 F 盘分区表中的总扇区数和新 F 盘 FAT32_DBR 中的总扇区数。

综上所述,Ghost 后整个硬盘分区变为一个大分区,恢复 Ghost 前逻辑盘中全部数据的核心工作在于重建分区表。

参考文献:

- [1] 贺惠萍,荣彦,张兰,等.Windows+7 万能 Ghost 启动盘仿真软件的设计与实现[J].实验技术与管理,2014,31(5):127-130.
- [2] 张钟澍,陈代军,李新萌.修复和维护你的硬盘[M].北京:北京希望电子出版社,2002:298.
- [3] 丁一钧.利用 GHOST 重装操作系统疑难问题解析[J].电脑编程技巧与维护,2013(14):122-123.
- [4] 杨海瑞.试谈机房使用 Ghost 恢复系统的方法[J].电脑编程技巧与维护,2013(20):111-112.
- [5] 陈培德,吴建平,王丽清.NTFS 文件系统实例详解[M].北京:国防工业出版社,2015.
- [6] 刘伟.数据恢复技术深度揭秘[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [7] 马林.数据重现—文件系统原理精解与数据恢复最佳实践[M].北京:清华大学出版社,2009:43-51.
- [8] Carrier B. File system forensic analysis[M]. [s.l.]: Addison Wesley Professional,2005:160.
- [9] 汪中夏,张京生,刘伟.RAID 数据恢复技术揭秘[M].北京:清华大学出版社,2010:102-115.
- [10] 戴士剑,涂彦晖.数据恢复技术[M].北京:电子工业出版社,2005:97.
- [11] 刘乃琦,郭建东,张可.系统与数据恢复技术[M].成都:电子科技大学出版社,2008:46.
- [12] Fathi B. 深入解析 Windows 操作系统(第 5 版·英文版)[M].北京:人民邮电出版社,2009.
- [13] Hogan T. The programmer's PC sourcebook[M]. USA: Microsoft Press,1988:60.
- [14] Ivens K, Gardinier K. Windows 2000: the complete reference[M]. [s.l.]: McGraw-Hill Companies,2000:531.

京工商大学学报:自然科学版,2012,30(4):75-78.

[18] 刘光明,季延滨,孙学亮.基于云计算的淡水鱼封闭循环式养殖平台设计[J].湖北农业科学,2015,54(11):2755-2757.

[19] 黎建辉,杨风雷,崔建业,等.全球食品安全信息监控与分析云平台架构研究[J].计算机应用研究,2014,31(8):2361-2366.

[20] 刘彤,谭红,张经华.基于大数据的食品安全与营养云平台服务模式研究[J].食品安全质量检测学报,2015(1):366-371.

[21] 王娟娟.基于电子商务平台的农产品云物流发展[J].中国流通经济,2014(11):37-42.