

# 基于情境感知技术的智慧城市服务系统研究\*

李颖智<sup>1</sup>, 肖来元<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学公共管理学院, 湖北 武汉 430074; 2. 华中科技大学软件学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**随着城市规模越来越复杂, 全国各级政府都在进行城市物联网和信息化建设, 目前虽然搭建了互联骨干网和部署了大量的传感器, 收集了众多的城市行为数据, 但落后的信息管理模式难以体现信息价值, 将信息体现在服务提升之中, 造成信息资源的极大浪费。因此, 将情境感知技术引入到智慧城市服务的应用之中, 构建了一个基于情境感知的城市服务系统, 并通过情境信息采集、情境信息推理和服务配置模型等关键技术, 实时感知城市内的情境需求, 从而提供智能化的业务服务组合。最后通过一社区智慧街道管理系统来验证本文所设计的系统效果。

**关键词:**物联网; 情景感知; 智慧城市; 城市服务系统

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1007-130X.2016.03.007

## A study on the smart city server system based on context-aware technology

LI Ying-zhi<sup>1</sup>, XIAO Lai-yuan<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074;

2. School of Software Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** As the city scale is becoming bigger and bigger, the governments at all levels are working on city Internet of things (IOT) and information system construction. Although the Internet backbone networks are set up and a large number of sensors are deployed which can collect numerous data on city behaviors, the poor information management mode hinders the realization of the value of information which should be used to promote service, and results in enormous waste. So we introduce the situational awareness technology to smart city services, and build a city service system based on situational awareness. Key techniques such as information collection, context information inference and service configuration model are employed to achieve real-time situation perception of the cities and provide intelligent business service portfolio. Experiments on a community smart management system verify the effect of the system designed in this paper.

**Key words:** the Internet of Things (IoT); situational awareness; smart city; city service system

## 1 引言

伴随全球城市化的大发展, 中国也进入了城市化快速发展期, 2012 年发布的《中国城市发展报告(2012)》中指出, 截至 2011 年底中国城市化率已经

达到 51.27%<sup>[1]</sup>, 中国开始步入以城市型社会为主体的新时代。

然而, 快速城市化给城市公共管理和政府治理效能带来了尤为严峻的考验, 其具体问题表现如下:

(1) 城市管理机构庞大, 组织结构僵硬, 致使管

\* 收稿日期: 2015-04-07; 修回日期: 2015-05-26

通信地址: 430074 湖北省武汉市华中科技大学公共管理学院

Address: School of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, P. R. China

理成本越来越高;

(2)管理方式粗放,管理对象模糊,政策制定主要以领导经验为主;

(3)城市管理信息的获取和处理均显得被动和滞后。

而智慧城市以智慧、和谐、生态为目标,保证城市市民的幸福和谐。而市民的幸福感主要是根据用户体验而获取,众所周知,获取用户体验的难点在于了解用户使用产品的情境。而现在流行的获取情境做法是通过实地研究去了解用户情境,然而这种方法存在成本过高且样本选择具有偏向性的情况。而随着现代信息技术水平的提高,城市感知手段越来越先进,可以实现对城市静态组件和城市动态运行状况的数字化和智能化,比如将城市地理信息、市民和法人的活动信息、城市生态信息、城市基础设施信息等综合城市信息全面数字化,将感知技术、传输技术、存储技术等信息技术与城市管理技术紧密结合,构成人与人、人与物、物与物相联的网络,动态详尽地描述城市运行的全过程,从而实现对城市的感知范围覆盖面积越来越大,服务对象越来越多。

基于上述背景,本文以现有的城市服务系统为基础,构建出一个基于情境感知的城市智慧服务系统,其核心思想是:通过传感器采集城市的情境信息,根据情境信息分析判断市民当前的状况,然后选择并提供适当的业务服务。

## 2 情境感知技术

本领域各位学者普遍认为情境是指可以用来刻画与人机交互行为相关联的实体所有的信息资源,这些信息资源包括应用系统和用户两部分<sup>[2]</sup>。而根据 Schilit<sup>[3]</sup>在1994年所提出的分类方法,可以将情境信息分为如下三类:

(1)用户情境:比如目标用户所在位置、目标用户周围的人、目标用户所处的社会关系、目标用户所进行的行为等;

(2)计算情境:比如分析情境中使用的网络、分析情境附近的设备、分析情境中的计算性能等;

(3)物理情景:比如情境环境的光线参数、温度、湿度、交通状况、噪音等。

而情境感知则是利用互联互通的物联网和无处不在的传感器,将环境信息转换为计算机系统能够理解的格式,从而可以使用计算机中的算法进行理性分析,以便进一步了解用户的真正所想和所

要,从而提供主动式服务给市民。

综上述,情境感知系统必须包含以下功能,其一是实时的采集环境信息<sup>[4]</sup>;其二是对所采集到的信息进行系统能理解的语义表达;其三是使用信息融合技术,将底层的情境信息组合生成为高层信息,以提供给应用所使用;其四是能够自动检索高层情境信息,从而主动提供相关服务。

## 3 智慧城市服务系统构建

### 3.1 智慧城市服务组织结构

智慧城市服务系统主要分为末端感知层和城市数据中心层两级。末端感知层的主要任务是将城市状况数字化、存储城市中的末端细节数据和上传汇总数据到城市数据中心。在城市中可以存在多个末端感知中心,该中心可以根据城市的特点按照不同的规则进行划分,比如可以以网格化的设置区域来划分末端感知中心。其组织结构图如图1所示。

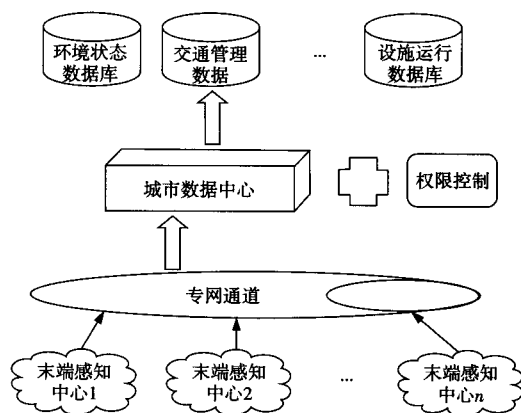


Figure 1 Organization structure of the smart city service system

图1 智慧城市服务系统组织结构

此种结构运用了去中心化的思想<sup>[5]</sup>,在感知数据的功能上,对汇总数据、细节数据和专业数据分别进行存储,这样既保证了数据的容灾性,又提高了数据的灵活性,同时由于建立了各专业数据库,又加强了数据的专业性。另外以专用网络通道和权限控制为基础,提高了数据传输和运用的安全性。

### 3.2 智慧城市服务系统架构

智慧城市服务系统是以物联网的感知框架为基础,通过互联网对采集的数据进行传输与计算服务的技术体系,提出了基于总线的城市系统的体系。具体的智慧城市服务系统体系架构如图2所

示。

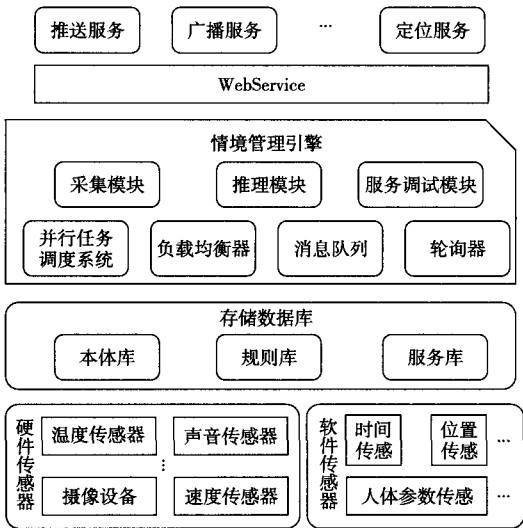


Figure 2 Architecture of the smart city service system  
图 2 智慧城市服务系统体系架构

从图 2 中可以看出,智慧城市服务系统包括传感采集层、存储数据库、中间件层、应用层这四个部分。

(1)数据采集层:该层主要运用软件传感器来获取城市中的时间、位置、人体参数等相对属性;用硬件传感器来获取城市的温度、声音、速度等绝对属性。该层主要获取城市中的主要情境。

(2)存储数据库:该数据库主要包括本体库、规则库和服务库。其中规则库主要存储不同情境中各类业务的运行规则;本体库主要存储各类情境的 OWL 描述模式和间接情境的推理规则;业务库主要存储本系统所能提供的各类服务。这三类库的独立存储有效地保证了情境和服务的独立扩展。

(3)中间件层:该层主体是情境管理引擎,该层可以屏蔽系统感知底层的复杂性,使用户面对一个简单而统一的数据使用环境,将注意力集中在对情境和服务的配置以及对情境和服务的对应关系上。该中间件通过并行任务调度系统保证系统运行的效率;通过负载均衡器保证平台系统运行的稳定;通过消息队列保证平台运行的准确;通过轮询器来控制传感器的运行频率。另外,主要通过采集模块实现情境感知的控制;通过推理模块实现快速的运行情境的构建;通过服务调度模块实现。用户可以直接调用这三个中间件的接口来运用情境感知引擎对获取的数据进行情境分析。

(4)应用层:该层主要将情境管理引擎所产生的结果提供给系统的终端用户层面。其主要实现方式有专有客户终端、呼叫中心、浏览器等交互方式。其主要内容是通过推送业务将情境信息送给

提出的服务;通过广播业务将相应内容在指定范围内进行广播;通过定位业务进行定位服务等等。

3.3 智慧城市服务系统实现流程

智慧城市服务系统是智能的开放系统,以云端的城市数据中心为核心,并以物联网终端为触角的末端感知中心为辅助,将各种终端、传感器和网络捕获的多种信息元数据汇集到城市数据中心,并根据相应的情境提出所需的服务,该系统具体实现流程如图 3 所示。

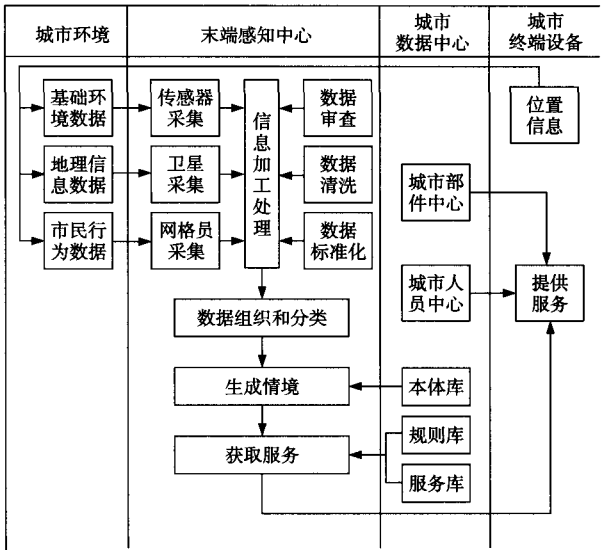


Figure 3 Process of the smart city service system  
图 3 智慧城市服务系统流程

从图 3 中可以看到,末端感知中心通过请求的终端设备的位置信息来获取其对应的基础环境数据、地理信息数据和城市中的市民的行为数据。末端感知中心采集数据以后首先对数据的内容和来源进行审核,确认该数据是否接收;然后对收集的数据进行脏数据清洗<sup>[5]</sup>;最后根据要求对数据进行标准化处理。通过这三步就完成了信息加工处理。对数据处理完以后就可以对数据进行相关关联组织,并进行数据归类和编码,对应数据中心的本体库,生成当前的情境。并通过对应的规则库和服务库获取相应的服务信息。根据所提出的服务,提取相应的城市人员中心和城市部位中心数据,以便城市终端根据信息执行相应的服务。

4 服务系统关键技术研究

4.1 情境信息建模

情境信息的建模可以分为两个层面,第一是不同的情境信息采用相同的表示方式。该层仅仅是形式上的统一,其仅仅解决了信息的高效存储和查

询等问题,而无法处理情境中的语义分析。第二是在语义层面上的统一。该层主要采用的方法是基于本体论的知识表达<sup>[6]</sup>,该方法是 Gruber 在 1993 年提出的。其方法通过确定该领域普适的词汇,从而使系统理解该领域的知识,使其达到物联网对语义互操作的要求。本系统采用 OWL 来描述本体和使用七步法来构造本体<sup>[7]</sup>。

城市实体的本体类图以及属性关系如图 4 所示。根据系统功能需求,将城市本体分为位置、巡检员和事件源三类,其中部分类包含下子类。情境信息被表示为 RDF 三元组的集合,每个语句都按(主体,谓词,客体)的格式构成。这里主体和客体均为本体中的对象或个体,谓词则是本体中所定义的属性关系。例如,某事件的位置情境模型(In-spector\_05,locatedIn,101 网格 1 号街 25 区),表示 05 号网格员当前的所在位置为 101 号网格的 1 号街道上的 25 区域;又如(Temperature,数值,50),表示当前监测温度为 50°。

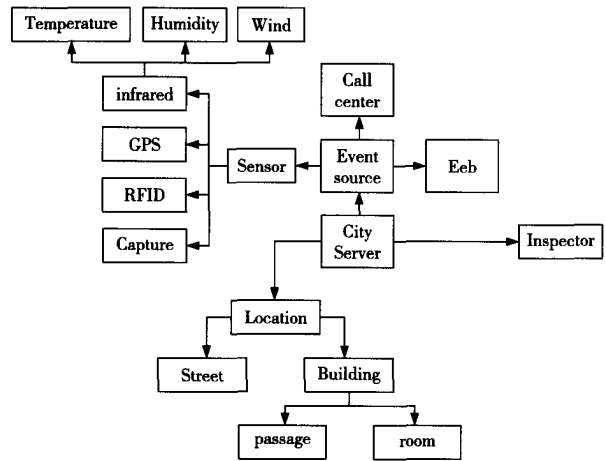


Figure 4 Class diagram of the city ontology  
图 4 城市本体类图

4.2 情境信息推理

情境信息分为直接情境信息和间接情境信息。而间接情境信息需要通过情境推理来获取间接信息,因此情境信息推理是服务系统中承上启下的关键技术。系统从通过采集模块直接获得了巡检员的位置、所经过地区的当前温度和湿度等直接情境信息,通过推理获得现场环境的隐含情境信息,进而为调用相应的信息服务提供依据。本文采用 Jena 作为面向语义 Web 的应用开发包针对本体语言开发推理机,其推理规则借鉴了《武汉数字社区管理信息平台业务规范》规定的各项服务进行设计。例如上述内容可以用如下推理规则描述:(巡视员,位置,2 号楼 205 室),(2 号楼 205 室,红外线

传感器,温度),大于(温度值,50)→(巡视员,服务状态,一级服务)。但是,大多数情境信息都是连续性的,因此需要将连续的情境信息值离散化。主要离散规则遵循《武汉数字社区管理信息平台业务规范》,其中对一些重要的情境信息的示例如表 1 所示。

Table 1 Situational information discretization rules

表 1 情境信息离散化规则

情境	离散规则
街道服务	街道部件无信息数量(>5);防盗红外线报警次数(>20 次);呼叫中心事件数据量(>20);...
建筑服务	建筑内最高温度(>60);呼叫中心事件数量(>10);Web 事件数据量(>20);...
房间服务	呼叫中心事件数量(>1);Web 事件数据量(10 件)天然气浓度(>5%);...
...	...

通过上面两步推理和描述获取了当前情境后,就需要根据情境推送相应的服务。推送服务的首要工作就是对智慧城市中种类繁多的信息服务建立服务类,表 2 中给出了街道管理的大类服务。

Table 2 Classes of smart city service

表 2 智慧城市服务类

名称	中文描述
WSMS	风速监控服务
COMS	天然气监控服务
OxMS	氧气监控服务
TmMS	温度监控服务
PPS	人员定位服务
BCS	广播服务
CAS	客户端通知服务
EMS	设备管理服务
VSS	视频传送服务
CLS	部件定位服务
SSS	信息推送服务
...	...

系统对服务的错误选择或非最佳选择会导致巡检员做出错误的行为,从而延误了服务时间,从而市民无法从服务中受益,影响了市民的满意度。因此,快速准确地根据当前情境选择最优的信息服务成为了系统优化的重点。本文为了提高本体情境推理引擎的效率将情境信息与业务服务在系统中各自独立定义,并把对服务的推理规则转换为如表 3 所示的服务配置模型。

Table 3 Service configuration model of the smart city

表 3 智慧城市服务配置模型

情境	业务服务				
StServer()	CLS	BCS	VSS	EMS	
BdServer()	TmMS	OxMS	PPS	CAS	VSS
RmServer()	COMS	PPS	CAS		
...	...				

该模型是推理引擎的核心,本体推理引擎通过对数据库表中模型所规定的匹配规则的调用来实现情境和服务的匹配,从而减少了调用控制的时间,保证了服务调用的实时性。不过在实际使用过程中,为了避免设备老化、线路延迟等传感设备的故障所导致的局部节点的数据失真,本系统还会使用相邻巡视员的情境来确定像广播服务这样涉及面较大的服务的必要性,从而避免该项服务所造成的不良后果和服务成本。

5 服务系统案例实现

武汉市江岸区车站路街道办作为武汉智慧城市的试点,率先开发了基于情境的智慧服务系统,该系统利用 3D 数字地图做为位置的背景基础,并利用网格化划分方法,将车站路划为了多个网格区域,并利用坐标系统来定位网格中的各个点,其界面如图 5 所示。

该系统的具体实现步骤如下:

步骤 1 情境信息的采集。

系统首先选择巡视员定位服务(PPS)作为 Server 情境的提供者。假定巡视员陈刚在进行巡视工作,当他经过街道的识别监测点时,人员定位系统能够通过巡视员配备的无线标识卡来获取该

员工姓名、年龄、所属班组等基本信息,然后根据传感器的位置在三维地图上确定位置。

步骤 2 情境信息的推理。

根据传感器获取到的位置,系统结合采集到的其余直接情境信息,采用以下的规则推理,位置(陈刚,3 网格 7 街区) $\wedge$ 温度(08 号楼,70) $\wedge$ 呼叫中心(08 号楼,15) $\rightarrow$ BdServer(08)

步骤 3 服务提供。

系统根据步骤 2 推理出的情境结果来查询和对比存储在数据库中的用户服务配置模型。根据配置模型,确认系统调用 CVS(客户端通知服务),从中心数据库中将 08 号楼的详细信息发送到巡检员的手机上,以方便用户在进楼前获取楼栋信息。另外调用 VSS(视频传送服务)将 08 号楼内每层楼过道上的视频内容传送给巡检员。巡检员在进入楼栋后就可以根据 08 号楼内的情境来对楼内的房间进行巡检。

该系统上线以来,巡检员无需每个街道、挨家挨户地进行巡检。巡检能做到有的放矢,而这个“的”就是根据推理获得的情境信息,而这个“矢”就是所能提供的业务服务。根据车站路街道办统计,该系统运行以后,网格员数量减少了一半,每日发现问题和提供服务的数量增加了一倍。

6 结束语

本文针对在城市管理过程中要全面感知城市,提出了利用去中心化思想构建了基于情境感知技术的城市服务系统体系架构,并给出了具体的应用流程、关键技术和应用案例。该系统适用于各种类型的城市。它的实施可以极大地降低数据管理风

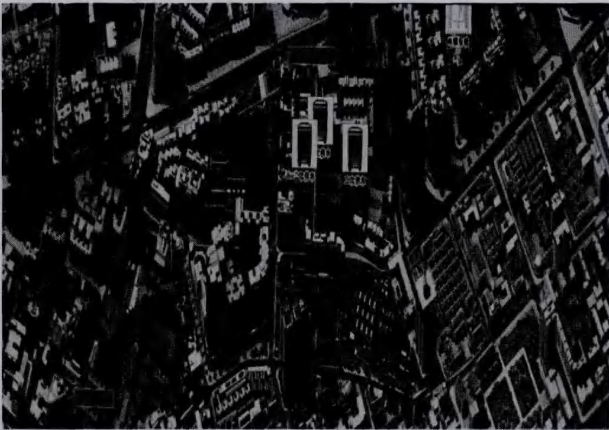


Figure 5 Interface of the smart street service system of Chezhan Road

图 5 车站路智慧街道服务系统界面

险,降低城市服务的成本,因此具有较高的研究与应用价值。

在后续的工作中,我们将进一步完善系统的各个模块功能,并对情境信息的采集时间间隔和采集数据的整合进行验证和完善;同时,还将对情境数据的趋势分析和预测进行深入研究。

#### 参考文献:

- [1] Chinese Academy of Social Sciences. China's urban development report (2012) [M]. Beijing: Foreign Language Press, 2012. (in Chinese)
- [2] Schmidt A, Beigal M, Gellersen H W. There is more to context than location [J]. Computers and Graphics Journal, 1999, 23(6): 893-901.
- [3] Want R, Hopper A, Falco V, et al. The active badge location system [J]. ACM Transactions on Information Systems, 1992, 10(1): 91-100.
- [4] Gu T, Pung H K, Zhang D Q. A service-oriented middleware for building context-awareness services [J]. Elsevier Journal of Network and Computer Applications, 2005, 28(1): 1-18.
- [5] Li De-ren, Yao Yuan, Shao Zhen-feng. The concept, supporting technology and application of smart city [J]. Journal of Engineering Studies, 2012(12): 313-317. (in Chinese)
- [6] Bao Yu-bing, Sun Huan-liang, Leng Fang-ling, et al. User-centered data cleaning process model of data warehouse environment [J]. Computer Science, 2004, 31(5): 52-55. (in Chinese)
- [7] Noy N F, McGuinness D L. Ontology development 101: A

guide to create your first ontology [EB/OL]. [2002-10-12]. <http://protege.stanford.edu/publications/ontology-development/Ontology101.pdf>.

#### 附中文参考文献:

- [1] 中国社会科学院. 中国城市发展报告(2012) [M]. 北京: 外文出版社, 2012.
- [5] 李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市的概念、支撑技术及应用 [J]. 工程研究, 2012(12): 313-317.
- [6] 鲍玉斌, 孙焕良, 冷芳玲, 等. 数据仓库环境下以用户为中心的数据清洗过程模型 [J]. 计算机科学, 2004, 31(5): 52-55.

#### 作者简介:



**李颖智**(1980-), 男, 湖北武汉人, 博士生, 工程师, 研究方向为智慧城市和电子决策。E-mail: jordanlyz@163.com

**LI Ying-zhi**, born in 1980, PhD candidate, engineer, his research interests include smart city, and E-decision making.



**肖来元**(1957-), 男, 湖北松滋人, 博士, 教授, 研究方向为软件工程、数字化技术与领域工程。E-mail: Xiao. l. y@263.net

**XIAO Lai-yuan**, born in 1957, PhD, professor, his research interests include software engineering, digital technology, and domain engineering.