

一种基于物联网技术的场所感知系统初探

朱博 戴先中 李新德

(东南大学自动化学院复杂工程系统测量与控制教育部重点实验室 南京 210096)

摘要 近年,随着物联网相关研究工作的深入进行和新业务需求的日益增长,基于物联网技术的各种应用系统不断涌现。通常,人们希望智能物具有环境场所感知能力,因此提出一种基于物联网技术的场所感知应用系统。首先,围绕信息物品维、自主网络维、智能应用维3个维度构建该系统的体系结构,并分析了系统中主要实体间的关系;其次,讨论了体系结构中面向场所感知的专门部件的关键支撑技术及其发展方向,主要涉及环境物位姿传感、场所感知智能应用两个方面,其中,特别地给出一种物联网条件下可行的场所感知算法;最后,通过仿真实验验证了该系统的感知效果。

关键词 物联网,场所感知,概念感知,位姿传感,原型理论

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A

Preliminary Study on a Kind of Place Perception System Based on IOT Technology

ZHU Bo DAI Xian-zhong LI Xin-de

(Key Laboratory of Measurement and Control of CSE of Ministry of Education School of Automation,
Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract With advancement of relative research in IOT(internet of things) and increasing requirements for new business, various application systems based on IOT technology emerge continuously. Generally, people hope intelligent things have ability for place perception. Aiming at this requirement, a kind of place perception application system based on IOT technology was proposed in this paper. Firstly, the architecture of the system was constructed from three dimensions which are information things, autonomous networks and intelligent applications, and the relation among main entities in this system was analyzed. Secondly, some key supporting technologies for the place perception oriented components of the architecture and their developments were discussed, and these technologies mainly involve two aspects: object position and orientation sensing and intelligent application for place perception. Among these technologies, a kind of perception algorithm, which is feasible in IOT, was especially proposed. Finally, the effect of the place perception system was verified through simulation.

Keywords Internet of things, Place perception, Concept perception, Position and orientation sensor, Prototype theory

1 引言

2010年物联网发展被列入国家发展战略,物联网相关研究工作得到大力推动并继续稳步、快速、深入进行。与此同时,随着新业务需求日益增长,基于物联网技术的各种应用系统不断涌现,典型的有智能交通系统、智能电网系统等。

自然交互中,人们使用的抽象概念种类繁多,其中一类常用概念称作场所概念(place concept),人们用其指代环境中具有意义的空间区域。场所概念的特点是所指代对象中包含不同种类的物;内容物的功能、目的、属性相关;内容物间的方位关系根据场所功能有特定形式、模式;场所概念指代区域并不一定具有明确物理分隔边界;人们认同此类概念并在彼此交流过程中使用,但真实物理环境中并不存在场所概念的显式标

识符。常见的场所概念大到城市中央商务区(CBD)、街边花园、住宅区、停车空间等,小到室内的会客厅、餐厅、休息区、门厅^[1]等。场所概念的使用使得交流过程方便、简洁,同时能够辅助人们进行相关任务规划。高级智能物如果掌握此类概念的感知及应用,将大大方便人机交互,并便于其进行任务规划、完成场所概念相关任务等。将场所感知相关技术应用于服务机器人、助盲系统等势必会为用户及研究领域本身带来一定益处,而建立通用的场所感知系统将为场所感知相关应用提供便利条件。

现有场所感知方面的研究大多在非联网单机系统上开展,如文献[2-5]给出单机系统上几种场所感知方法,文献[6]不仅给出一种基于本体的场所感知方法,还完整给出所依赖单机系统的架构。单机场所感知系统的局限性在于其上知识

到稿日期:2011-03-24 返修日期:2011-06-21 本文受国家自然科学基金(青年基金)(60804063),江苏省自然科学基金(BK2010 403),图像处理与智能控制教育部重点实验室开放基金(200902),东南大学优秀青年教师教学、科研资助计划,东南大学创新基金(32080 00501)资助。
朱博(1981—),男,博士生,主要研究方向为空间定性推理、机器人交互与导航语义地图创建, E-mail: zhuboseu@163.com;戴先中(1954—),男,博士,教授,主要研究方向为复杂控制理论、机器人控制等;李新德(1975—),男,博士,副教授,主要研究方向为机器感知、信息融合、不确定推理和机器视觉等。

有限,且难于更新、共享、维护系统知识库;对感知算法模块更新、维护困难;计算资源分散、冗余,不利于控制终端成本等。基于物联网技术构建系统有助于克服这些不足。另外,目前场所感知研究几乎均以视觉传感器作为环境感知手段^[2-4,6],而机器视觉经过几十年的发展仍有很多难题尚未很好解决,例如感知物品受光照影响、背景干扰、局部遮挡等问题,空间感难以可靠获取问题,多种类物普适识别问题等,这些难题制约了依赖机器视觉的场所感知技术实用化步伐。作为物联网关键技术之一的 RFID 感知技术^[7],以适于机器感知的方式提供环境物感知,近年发展迅速,其相对于机器视觉物品识别技术较为成熟。基于 RFID 及其它物联网技术有望尽快使得场所感知技术实用化,满足场所感知应用需求。

本文基于物联网技术提出一种场所感知应用系统,围绕信息物品维、自主网络维、智能应用维 3 个维度构建该系统的体系结构;分析了体系结构中各维度上的专门组成部件之关键支撑技术,特别讨论了场所感知核心算法。本文场所感知应用系统的基础是物联网安全规范下的物与物间互访问,目的是为了发现特定环境中隐藏在表面物品识别、物理量感知背后的具有一定意义的抽象场所概念;体现的是对客观事物、现象、环境的思考,对应的技术属于 ITU 提出的物联网 4 个关键应用技术之一——思考事物的智能技术^[8]。

2 场所感知系统体系结构

本文场所感知系统基于 3 个维度^[9]构建,其中以物联网基础设施^[9]为系统核心,围绕其建立面向场所感知的专门部件,基础设施及专门部件一同构成整个场所感知应用系统(见图 1)。

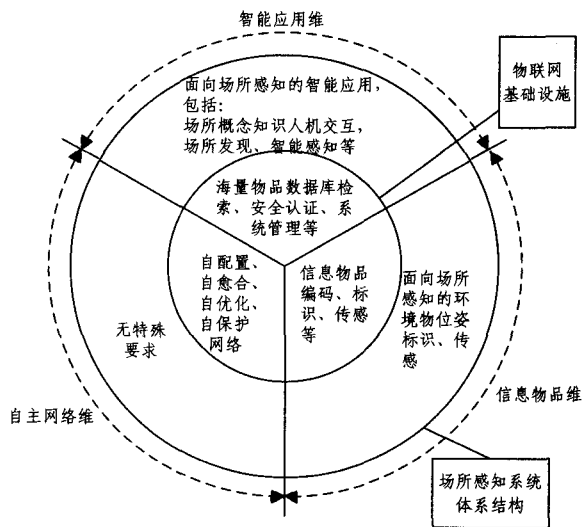


图 1 基于物联网技术的场所感知系统体系结构

信息物品维中,物品指广义物品(可以通过识别手段感知的任何实体对象),物联网基础设施解决一般物品的编码、标识等问题,但由于场所概念不仅同物品种类有关,还与物品的位姿(位置、朝向)有关,因此要求信息物品维能提供物品位姿信息;自主网络维中,基础设施网络具有自配置、自愈合、自优化、自保护能力^[9],可依赖其进行物品自主接入、相关信息传递,而不需要建立专用网络;智能应用维中,物联网基础设施可以提供在一定安全规范下的物品信息检索等,而该维专门部件实现概念级人机交互及场所发现、感知功能,并且进一步

可能发展成物联网上一种新型标准应用服务,以供高级智能终端使用。

以上 3 个维度中面向场所感知的专门功能部件间以物联网基础设施为纽带相互联系,系统中主要实体间关系见图 2。信息物品经智能终端感知接入自主网络;物联网基础设施对物品编码、数目等底层信息进行解释,并将具有语义的信息物品描述传递到智能应用维场所感知核心算法部分;场所感知算法分析并获得当前智能终端感知到的场所概念及场所区域,将感知结果通过 UI 提供给特定需求用户,或者发布于物联网供其它使用场所概念的高层服务调用;用户可以通过 UI 为场所感知算法提供新的场所知识;物联网基础设施将维持信息物品接入、管理接入物品,或者更进一步反馈物联网上与场所相关的各种服务操作,进而形成完整的基于物联网的场所认知系统。

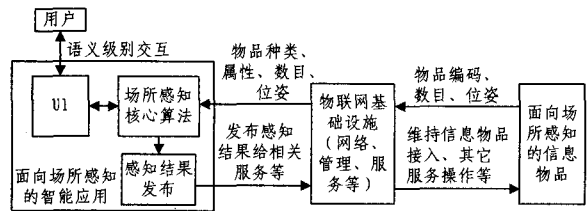


图 2 系统主要实体间关系

3 感知系统专门部件支撑技术

本节讨论上述体系结构中面向场所感知各专门部件的关键支撑技术,有关物联网通用关键技术的论述可参见文献^[7,9]。

3.1 环境物位姿传感关键技术

本小节主要讨论可与 RFID 技术整合的环境物位姿传感关键技术,该技术成熟后,将使得读写器在识别标签物的同时,获知识别物或自身的空间位姿。携带多种定位传感器的高级智能物的定位问题是传统移动机器人、无线传感器网络等领域的主要研究对象,方法众多,此处不再赘述;场所中大量环境物通常以低成本的无源标签标识,因此对无源标签标识物的位姿传感成为场所感知系统中需要考虑的主要问题之一,此处以这类问题为主讨论关键支撑技术。

1) 无源标签定位关键技术。主要有两种适用技术:(1) 基于接收信号强度(RSS)的技术,特别是其中的 LAND-MARC 及其改进 VIRE^[10]技术;(2) 基于接收器幅值响应的 AOA(Angle of Arrival)定位技术。前者需要预先在环境中布置大量参考标签,因此其更加适用于允许改造的室内较小环境中,文献^[10]实验给出基于 VIRE 室内定位的最差估计误差为 0.47m、最好平均估计误差为 0.14m;后者需要使用各向异性天线(anisotropic antenna)或者天线阵列(antenna array)^[11]确定无源标签位置,该技术需要依赖收发器间直接视距(direct line-of-sight path)条件,当前 8 天线情况下典型的角定位精度能够达到 2°^[11]。前述两种主要定位技术在提高定位精度方面仍需要深入研究,除了针对某一特定精度影响因素(如多径反射效应等)研究外还应综合考虑多种影响因素,寻求在多种影响因素共存情况下的最优定位方法。另外,基于幅值响应的 AOA 定位技术由于无需改造环境、不局限于室内环境、天线尺寸小、无需多读写器等特点^[11]特别适用于对环境物定位。此类定位技术应当着力发展,研究重点除了传统的提高天线角度分辨率、提高天线方向性、抗阴影抗多径

反射影响、定位算法等研究主题外,还应着重研究根据反向散射波束对被动标签定位的方法,这是对无源标签标识物定位的关键,这方面研究目前仍比较少。

2) 无源标签标识物的定向关键技术。据我们所知,此类技术当前研究较少。为解决物品的定向问题,一种简单思路是:将定向问题看作定位问题的延伸,如果对单个标签定位比较准确,那么多标签标识物体的朝向自然可以同时根据其多个标签(个数通常 ≥ 3 且不共线)的空间位置进行描述。一个主要研究主题是基于多标签的物体标准化描述技术。基于多标签的物体描述指基于多标签的物体局部坐标系建立以及在该坐标系下对标识物结构特征等(如物体几何尺寸、朝向等)进行定量或定性空间描述。通常希望描述方式标准化,并且相应描述信息成为物品属性数据库的标准配置之一,因此还需要相关标准化研究。三维感知下,多标签物体的一种可能描述方式如下:

〈物体标签数,局部坐标系建立方式,局部坐标系下结构特征空间描述集合〉

以图3中3标签标识椅子(0、1、2为3个无源标签)为例,对其描述如下:

〈3,0-1-2方式建立局部坐标系(以0为基准标签,以0-1为x轴,0-1-2为xy平面,建立笛卡尔直角坐标系),局部坐标系下靠背顶点、椅子腿顶点、坐面描述集合〉

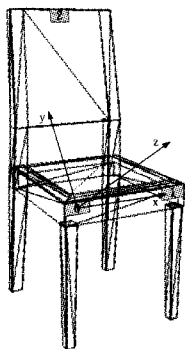


图3 一种可能的椅子多标签标识

二维感知下可以进行相应简化。另外,一些相关研究主题包括:同一物体上多标签布局优化技术、多标签间无线信号抗干扰技术等。

3) 微型标签技术。由于一些环境物品尺寸较小,标识其的标签既不能影响物品功能又不能限制标签本身的标识功能,因此需要研究标签的微型化技术,当前纳米技术的进步对推动标签微型化具有重要意义。

4) 物体位姿普适传感技术。场所感知涉及室内、室外环境以及在多种环境间切换情形,各种环境下可能有特定的一种或几种物体位姿传感方式,这样,要求位姿传感算法必须具有一定的选择、切换、融合、优化能力,形成可适应各种环境的位姿普适传感技术。

5) 传感数据不确定性处理技术。用于定位的原始数据本身存在不确定性、不精确性、模糊等,除了从无线定位机理研究角度尽量减少不确定性外,还应采用先进不确定信息处理技术^[12]保证位姿感知结果的有效性。

3.2 场所感知智能应用关键技术

主要包括如下两类关键技术。

1) 用于交互的技术。场所概念先验知识的获取、感知结

果的表达主要涉及人机交互接口技术,按照应用主要分为两大类:(1)用于获取用户信息的技术,其代表性的有:基于草图的人机交互技术^[13,14]、语音识别技术等;(2)用于向用户传达感知结果的技术,代表性有:传统人机界面技术、语音合成技术、增强现实显示技术^[15]等。同时,需要发展人机交互接口与核心感知算法的整合技术,要求人机交互接口能够无缝地与感知算法交换信息,包括友好地设置感知算法参数、反映感知结果等。对感知结果的发布则依赖于物联网基础设施技术中远地服务访问^[9]技术实现。

2) 场所感知算法。在获取环境物信息(种类、位姿等)后,需要高级智能物通过“思考”发现隐藏在这些表象背后的抽象场所概念及场所对应区域范围,其核心在于场所感知算法的设计。通常希望作为场所感知系统核心的感知算法能够方便地获得场所相关知识;能够以符合人类认知的方式输出、传达感知到的场所概念;能够综合考虑多种影响场所语义生成的环境因素(物的种类、个数、物间空间关系等),鲁棒地进行场所感知;能合理处理对无明确物理边界场所的感知等。

目前场所感知算法研究尚不成熟,已有算法各有特点,典型的有基于朴素贝叶斯分类器的^[2]、基于无向加权图 Min-Cut 谱聚类的^[3]、基于图像特征分类的^[4]、基于本体的^[6]算法等。已有工作存在如下不足:(1)基于朴素贝叶斯分类器的算法缺乏定性的、符号的、结构化的、直接的概念表达能力;概念模型修改麻烦;考虑多种空间关系时,模型复杂且物理意义和语义不甚清楚;未考虑场所概念对应空间区域问题。(2)基于本体的感知算法对环境的泛化性、感知鲁棒性不够好,且该算法在开放式环境中存在失效问题。(3)基于无向加权图 Min-Cut 谱聚类的算法,需依赖场所间明确物理分隔,对于开放式场所,场所间视觉序列节点间具有连通性,导致算法失效。(4)基于图像特征分类的算法,大多仅依靠图像处理、分析技术而限于在图像平面考虑场所识别问题,忽略实际场所中对对象间的空间关系等因素,对环境的理解有一定局限性且算法设计难度较大。克服已有方法局限性并考虑物联网应用,本文给出一种在物联网条件下可行的感知算法。该算法由文献^[5]算法推广,算法细节于下一节介绍。

4 物联网下场所感知核心算法

我们认为,具有功能、目的、属性相关性的一些环境物首先被人们根据记忆系统中的概念原型聚类感知为一个具有概念的特定的组(group),然后,人们进一步感知该组对应的空间区域,智能物对场所的感知可以模拟人的这种行为。限于在二维空间讨论场所感知问题,首先构建描述场所概念的原型模型,其可通过人机交互实现参数化;智能物在感知环境过程中,将当前环境物的表现状态同已掌握的概念原型相比较,如果相似性达到一定程度,则感知出对应的抽象场所概念;将感知出的场所在内部地图中标示出最确定区域,完成场所区域感知。这样,即完成了对场所的概念感知和区域感知全过程。

4.1 基于“原型”的场所概念感知

以四元组表达某个场所概念的原型^[5],见式(1)。

$$\langle N_0, F_0, \Omega_0, S_0 \rangle \quad (1)$$

式中, N_0 为该场所概念的名称; F_0 为该场所概念的特征物集合; Ω_0 为与集合 F_0 元素一一对应的权重系数集合,表示某物对生成场所概念 N_0 的影响程度; S_0 为描述环境物间空间关系的谓词集合。常见关系谓词有 $round(\cdot, \cdot)$ 、 $half-round$

(\cdot, \cdot, \cdot) , $in\text{-}front\text{-}of(\cdot, \cdot, \cdot)$, $face\text{-}to\text{-}face(\cdot, \cdot, \cdot)$ [5]。

下面,在给出感知集合、“交”、“差”运算等的基础上给出 F_0 上的相似性度量函数及决定相似度接受与否的一种动态阈值方法;并且,以一种评分方式度量与 S_0 中谓词的相似性。

感知集合 F 定义:

对于某概念原型,智能物感知到的与该原型中 F_0 元素一一对应的环境物集合 F 定义见式(2)。

$$F \triangleq \{f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)\} \quad (2)$$

式中, $n \in \mathbf{Z}^+$, $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 含义同 F_0 中定义; $f(\cdot) \in \mathbf{Z}$ 且 ≥ 0 , 表示当前感知到的某物的数量。称该集合为“感知物品集合”, 简称“感知集合”。

F_0 与 F 的“交”运算定义见式(3)。

$$F_0 \cap F \triangleq \{\oplus(x_i) | \oplus(x_i) = e^{-\frac{[f_0(x_i) - f(x_i)]^2}{2[f_0(x_i)]^2}}, f(x_i) \neq 0 \text{ 时}; \oplus(x_i) = 0, f(x_i) = 0 \text{ 时}; i=1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

F_0 与 F 的“差”运算定义见式(4)。

$$F_0 - F \triangleq \{\ominus(x_i) | \ominus(x_i) = e^{-\frac{1}{2}}, f(x_i) = 0 \text{ 时}; \ominus(x_i) = 0, f(x_i) \neq 0 \text{ 时}; i=1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

Ω_0 的规范化形式 Ω_{nor0} 定义见式(5)。

$$\Omega_{nor0} \triangleq \{\omega_{nor01}, \omega_{nor02}, \dots, \omega_{nor0n}\} \quad (5)$$

式中, $\omega_{nor0i} = \frac{\omega_0(x_i)}{\sum \Omega_0}$, $i=1, 2, \dots, n$ 。

函数 $\mathcal{F}(\cdot)$ 定义:

令集合 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, $t_i \in [0, 1]$, $i=1, 2, \dots, n$, $\mathcal{F}(\cdot)$ 定义见式(6)。

$$\mathcal{F}(T) \triangleq \sum_{i=1}^n (\omega_{nor0i} \times t_i) \quad (6)$$

相似性度量函数定义见式(7)。

$$s_a(F_0, F) \triangleq \frac{\mathcal{F}(F_0 \cap F)}{1 + a\mathcal{F}(F_0 - F)} \quad (7)$$

式中, $a \geq 0$ 。

设与 F_0 相关的一族特征物品集合 $F_{0k} (k=1, 2, \dots, n)$ 为:

$$F_{0k} = \{f_0(x_1), f_0(x_2), \dots, f_0(x_k) + 1, \dots, f_0(x_n)\}$$

动态阈值由式(8)确定。

$$threshold = \min_{k=1}^n s_a(F_0, F_{0k}) \quad (8)$$

相似度大于上式阈值时,则认为当前感知环境与某场所概念可能有关,否则认为无关。

对 S_0 中关系谓词评分时,由于可以通过物联网获得环境物的确切属性描述信息(如形状、尺寸等),因此,可以对文献[5]中评分算法做进一步改进。

对环境物间空间关系的评价流程见图4。

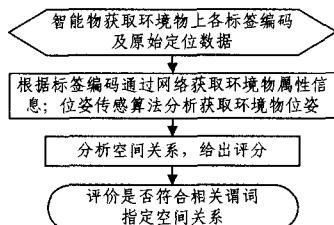


图4 物间空间关系的评价流程

感知到的环境物 O 以四元组 $\langle O, (x_0, y_0), \theta_0, Size_0 \rangle$ 表达,其中, (x_0, y_0) 为物上基准标签坐标; θ_0 为物的正面法向量(朝向)在水平面投影的方向角; $Size_0$ 为该物基于标签的结构尺寸描述集,其通过检索物联网上物品属性数据库得到。

设 O_1, O_2 为两种感知到的环境物,两者间空间关系评分函数为 $\mathcal{D}(O_1, O_2)$,其中, O_1 为主语, O_2 为宾语。与文献[5]不同的是,此处 O_1, O_2 均可由物联网获取确切尺寸信息,因此不必设计用于估计环境物间空间关系的综合函数 $\epsilon(\cdot)$,仅考虑 $\mathcal{D}(\cdot, \cdot)$ 的算法设计即可,本文涉及的 $\mathcal{D}(\cdot, \cdot)$ 算法同文献[5],此处不再赘述。

4.2 场所区域感知初步研究

这部分内容目前只进行了初步研究,关注于某场所概念最确定区域的感知。

设由前述感知算法得到某场所概念,其对应的环境物集合为 $\{(O_i, (x_{0i}, y_{0i}), \theta_{0i}, Size_{0i}) | i=1, 2, \dots, n, n \in \mathbf{Z}^+\}$, 根据该集合可以容易得到环境物的边界顶点集合 P 。假设通常人们感知到的室内场所是凸的,则可以以顶点集合 P 的凸壳作为该场所概念对应凸区域 N 的边界。这里采用经典的 Graham 算法[16]求凸壳。利用感知出的最确定区域判断多区域交叠现象,可进一步避免场所概念误感知,参见文献[5]。

4.3 场所感知算法的进一步研究

需要进一步研究如下关键问题:系统中场所原型知识众多时,对“原型”的有效组织、实时检索问题;进一步丰富用于描述场所物间空间关系的谓词;场所间存在干扰物时,对无明确物理分隔的多场所划分问题;场所区域的模糊划分、表达等。

5 仿真实验

本文基于微软 Robotics Developer Studio(RDS)开发平台(见图5),以机器人为载体,室内场所为感知对象,对本文提出的基于物联网技术的场所感知系统感知效果进行仿真。



图5 RDS中开放式室内环境

仿真条件:

1) Pioneer3DX 机器人装载的 RFID 读写器读写半径为 5m,读写器接收天线扫描范围 $0 \sim 180^\circ$ 。

2) 物品识别、物品属性获取、物品位姿检测均通过相关仿真文件实现,以此模拟基于物联网技术的单一物品信息获取过程。简单起见,六边形餐桌结构以二维投影平面上六边形桌面的最小外接圆描述,在场所区域感知时,取外接圆的 MBR 顶点近似其边界点。另外,仿真文件中只对一些兴趣物品提供了结构特征描述,且仿真物品的基准标签假设在物品中心处。

3) 不考虑打滑等因素,因此未采用复杂的机器人定位建图算法。

4) 感知算法参数设置: $a=1$, “ $round(\cdot, \cdot)$ ” 关系的接受范围为 $[1.5, 3]$ 。

5) 遥控 Pioneer3DX 机器人在房间中移动,运行过程中机器人实时感知场所,感知结果以全局地图形式通过可视化界面显示。

6) 以室内环境中无物理边界的餐厅为目标场所,考察系统对其的感知效果。

仿真结果及分析:

通过人机交互界面,给出餐厅的一种原型:

$\langle diningroom, \{f_0(chair)=4, f_0(table)=1\}, \{\omega_0(chair)=0.8, \omega_0(table)=0.8\}, \{round(chair, table)\}\rangle$

根据该原型知识,对不同情形环境的感知情况见表1。

感知结果标注于全局地图,其中,小圆圈代表机器人,点划线半圆代表RFID读写器识读范围,黑点为激光数据点,已被识别物品名称和基准标签位置分别以字符串及空心圆点标出,并根据其结构特征描述在地图中标识出占有空间。

表1 对室内“餐厅”场所的感知情况

| 情况 | 虚拟环境及感知结果(在全局地图中标出) | 注释 |
|-------------------------------------|---------------------|---|
| 1. 环境物品与原型描述完全相符 | | 虚拟环境中,椅子摆放在餐桌周边,椅子数目及与餐桌的空间关系完全符合“餐厅”概念原型描述,因此,当机器人识别桌椅后,感知出“餐厅”概念,并在全局地图中以闭合曲线标示出“餐厅”的最确定区域 |
| 2. 环境物品与原型中特征物品集合描述相符,但与原型中空间关系描述不符 | | 机器人在环境中运行,识别到4把椅子和1张桌子,感知集合 F 与 F_0 完全相同($s_0(\cdot, \cdot) = 1$),但桌椅间空间关系不符合原型中描述($\mathcal{D}_{x_round}(\cdot, \cdot) = 0.5$),因此机器人未感知出餐厅 |
| 3. 环境物品数量、摆放位置发生变化 | | 环境中椅子数量小于原型中椅子数量($s_0(\cdot, \cdot) = 0.98$),且椅子较随意摆放在桌子周边($\mathcal{D}_{x_round}(\cdot, \cdot) = 1.5$),机器人识别桌椅后,认为当前环境与原型描述较为相似,因此,感知出“餐厅”且以闭合曲线标示出“餐厅”的最确定区域 |
| | | 环境中椅子数量大于原型中椅子数量($s_0(\cdot, \cdot) = 0.98$),且椅子较随意摆放在桌子周边($\mathcal{D}_{x_round}(\cdot, \cdot) = 2.0$),机器人识别桌椅后,认为当前环境与原型描述较为相似,因此,感知出“餐厅”且以闭合曲线标示出“餐厅”的最确定区域 |

第一种情况中,物品摆放完全符合“餐厅”概念的原型描述,机器人感知出“餐厅”,感知出的“餐厅”最确定区域由闭合浅灰曲线在地图上显式标出;第二种情况中,虽然环境物品种类、物品个数完全符合原型中特征物品集合描述,但是物品间空间关系与原型中描述不符,因此机器人不能根据原型知识感知到“餐厅”;接下来的情况中,物品数量、摆放位置都发生了一些变化,但是大体上符合机器人内部原型知识,因此机器人同样感知出“餐厅”。可见在给定一个场所原型后,只要实际环境与原型知识具有足够的相似性,场所感知系统便能够鲁棒地进行场所感知。

结束语 本文提出一种基于物联网技术的场所感知应用系统,以3个功能维度为线索给出该应用系统的体系结构框架,并讨论了面向场所感知专门部件的关键支撑技术,仿真实验证明了该系统的可行性。文中所述场所感知系统不是一个孤立系统,其依赖于较为完善的物联网基础设施,在物联网基础设施较为完善、各方面支撑技术较为成熟之后,上述场所感知应用系统能够完整实现,从而进一步深化物联网下对客观环境的全面感知、理解而不仅限于对单个物的感知。围绕该

系统可开展一系列基于场所概念的高层智能服务研究,为用户提供新型服务;在智能决策及其它相关自主服务实现之后,以场所感知系统为基础、多种相关服务为扩充形成物联网下完整的环境认知系统,可为有关智能应用提供支持。

参考文献

- [1] Vasudevan S, Gachter S, Siegwart R. Cognitive Spatial Representations for Mobile Robots-Perspectives from a User Study [C]//Proc. of the IEEE International Conference on Robotics and Automation Workshop on Semantic Information in Robotics. Rome, Italy, 2007
- [2] Vasudevan S, Siegwart R. Bayesian Space Conceptualization and Place Classification for Semantic Maps in Mobile Robotics[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2008, 56: 522-537
- [3] 吴皓,田国会,陈西博,等.基于机器人服务任务导向的室内未知环境地图构建[J].机器人,2010,32(2):196-203
- [4] Quattoni A, Torralba A. Recognizing indoor scenes[C]//Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR). Miami, USA, 2009

- [5] 朱博,戴先中,李新德. 基于“原型”的机器人开放式室内场所感知算法研究[J]. 模式识别与人工智能
- [6] Zender H, Mozos O M, Jensfelt P, et al. Conceptual Spatial Representations for Indoor Mobile Robots[J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2008, 56: 493-502
- [7] 杨震. 物联网及其技术发展[J]. *南京邮电大学学报: 自然科学版*, 2010, 30(4): 9-14
- [8] International Telecommunication Union UIT. ITU Internae Reports 2005; The Internet of Things[R]. 2005
- [9] 沈苏彬, 毛燕琴, 范曲立, 等. 物联网概念模型与体系结构[J]. *南京邮电大学学报: 自然科学版*, 2010, 30(4): 1-8
- [10] Zhao Yi-yang, Liu Yun-hao, Lionel M N. VIRE: Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination[C]// Proc. of the International Conference on Parallel Processing (ICPP). Xi'an, China, 2007
- [11] Mao Guo-qiang, Fidan B, Anderson B D O. Wireless sensor network localization techniques[J]. *Computer Networks*, 2007, 51: 2529-2553
- [12] Li Xin-de, Dai Xian-zhong, Jean D, et al. Fusion of imprecise qualitative information[J]. *Applied Intelligence*, 2010, 33(3): 340-351
- [13] 孙正兴, 冯桂焕, 周若鸿. 基于草图的人机交互技术研究进展[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2005, 17(9): 1889-1899
- [14] 周若鸿, 孙正兴, 张莉莎, 等. 草图理解技术研究进展[J]. *计算机科学*, 2004, 31(4): 140-146
- [15] Bimber O, Raskar R. Modern Approaches to Augmented Reality [C]// Proc. of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. San Diego, USA, 2007
- [16] Graham R L. An Efficient Algorithm for Determining the Convex Hull of a Finite Planar Set[J]. *Inform. Processing Lett.*, 1972: 132-133

(上接第 202 页)

接查询有一定的意义。目前对外包数据库中的查询处理研究还有大量的问题没有解决, 例如如何能既安全又有效地实现各种复杂类型的查询, 这将是下一步要努力的方向。

参 考 文 献

- [1] Hacigumus H, et al. Executing SQL over encrypted data in the database-service-provider model[C]// Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Madison, WI, United states, June 2002: 216-227
- [2] 田秀霞, 王晓玲, 高明, 等. 数据库服务——安全与隐私保护[J]. *软件学报*, 2010, 21(5): 991-1006
- [3] Agrawal R, et al. Order preserving encryption for numeric data [C]// Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD 2004). Paris, France, June 2004: 563-574
- [4] Mykletun E, Narasimha M, Tsudik G. Authentication and integrity in outsourced databases[J]. *Trans. Storage*, 2006, 2(2): 107-138
- [5] Xie M, et al. Integrity auditing of outsourced data. VLDB Endowment[C]// Proceedings of the 33rd International Conference on Very Large Data Bases. 2007: 782-793
- [6] Narasimha M, Tsudik G. Authentication of outsourced databases using signature aggregation and chaining[C]// 11th International Conference of Database Systems for Advanced Applications. Berlin, Germany, April 2006: 420-36
- [7] Wang H, et al. Dual encryption for query integrity assurance[C]// 17th ACM Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'08). October 26-30, 2008, Napa Valley, CA, United states, 2008: 863-872
- [8] 咸鹤群, 冯登国. 外包数据库模型中的完整性检测方案[J]. *计算机研究与发展*, 2010, 47(6): 1107-1115
- [9] Hweehwa P, Kian-Lee T. Verifying completeness of relational query answers from online servers[J]. *ACM Transactions on Information and Systems Security*, 2008, 11: 9-1
- [10] Emekci F, et al. Privacy preserving query processing using third parties[C]// 22nd International Conference on Data Engineering (ICDE '06). Atlanta, GA, United states, April 2006: 27
- [11] Jun L, Omiecinski E R. Efficiency and security trade-off in supporting range queries on encrypted databases[C]// Proceedings of 19th Annual IFIP WG 11. 3 Working Conference on Data and Applications Security. Berlin, Germany, Aug. 2005: 69-83
- [12] 朱勤, 陆志明. 基于信息隐藏的外包数据库版权保护系统[J]. *计算机科学*, 2010, 37(1): 163-166
- [13] 夏辉, 柏文阳, 汪星, 等. 数据库安全模型及其应用研究[J]. *计算机应用研究*, 2005(7): 146-147
- [14] Yang Y, et al. Authenticated join processing in outsourced databases[C]// SIGMOD. RI, United States, 2009: 5-17
- [15] Wenbo Mao. Modern Cryptography: Theory and Practice[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004
- [16] Pang H H, Tan K L. Authenticating query results in edge computing[C]// Proceedings of 20th International Conference on Data Engineering. Los Alamitos, CA, USA, 2004: 560-71
- [17] Li F, et al. Dynamic authenticated index structures for outsourced databases[C]// 2006 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Chicago, IL, United States, June 2006: 121-132
- [18] Open SSL project[EB/OL]. <http://www.openssl.org>, 2010-02-01
- [19] Chor B, Goldreich O, Kushilevitz E, et al. Private information retrieval[J]. *Journal of the ACM*, 1988, 45(6): 965-982