

基于 G-KRA 模型框架的智能世界建模

王楠^{1,2,3,4} 欧阳彤³ 孙善武^{1,2}

(吉林财经大学管理科学与信息工程学院 长春 130117)¹

(吉林财经大学物流产业经济与智能物流省重点实验室 长春 130117)²

(吉林大学符号计算与知识工程教育部重点实验室 长春 130012)³

(吉林大学通信与工程学院 长春 130012)⁴

摘要 统一的建模框架和形式化表示可以帮助实现自动推理。对由物联网技术发展带来的智能世界进行定义,对表示静态物理世界一般抽象模型的广义知识重构与抽象模型(G-KRA模型)进行扩展,使其能够刻画所定义的智能世界。定义迭代的初步感知过程,在一定的前提假设下根据智能世界构成实体的特征,得到智能世界构成实体的可区分的初步感知。在抽象感知过程中,建立3个子世界的可区分实体与连接库,并生成3个子世界的网络化连接。同时,通过统一构建抽象对象库或者为3个子世界分别构建抽象对象库来实现智能世界的抽象感知过程。扩展后的G-KRA模型充分考虑了不同类型实体的行为和连接特征,每个子世界由具有相同行为类型的实体和相同类型的连接构成,可以将推理问题定位在某个(些)子世界的模型中,从而缩小推理空间。

关键词 智能世界, G-KRA模型, 初步感知, 抽象感知

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Modeling Intelligent World Based on G-KRA Model Framework

WANG Nan^{1,2,3,4} OUYANG Dan-tong³ SUN Shan-wu^{1,2}

(College of Management Science and Information Engineering, Jilin University of Finance and Economics, Changchun 130117, China)¹

(Laboratory of Logistics Industry Economy and Intelligent Logistics, Jilin University of Finance and Economics, Changchun 130117, China)²

(Key Laboratory of Symbolic Computation and Knowledge Engineering of MOE, Jilin University, Changchun 130012, China)³

(College of Communication and Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)⁴

Abstract Unified abstraction modeling framework and the formal representation help to realize automated reasoning. The General Knowledge Reformulation and Abstraction model(G-KRA model) was extended to characterize the modeling framework of the proposed intelligent world. Considering the diversity of the objects in the intelligent world, iterative primary perception process was defined to build the distinguishable objects and relations and the networked relationships between the three sub-worlds. The abstraction perception process of the intelligent world can be realized through constructing unified abstraction objects database or three different ones for the three sub-worlds. The extended G-KRA model considers the characters of the behaviors and relationships of various objects in the intelligent world. Each sub-world is constructed by the objects and relationships of same types so that the same unified reasoning mechanism can be built. The reasoning problems can be located in one(or more than one) sub-model(s) to reduce the reasoning spaces.

Keywords Intelligent world, G-KRA model, Primary perception, Abstraction perception

1 引言

随着物联网技术的发展,物理世界中将会有越来越多的物体装配智能化的数字设备,如标签、传感器等,从而使这些物体转变为网络化的实体或智能实体^[1]。这些智能化的数字设备可以检测周围世界的物理特性或通过某种方式对周围世界造成影响^[2]。它们的嵌入使得网络化物体与物理世界中的

一般物体相比,呈现出不同的、但是有一定关联的行为模式。这些网络化物体可以被其它智能设备感知、扫描或与之发生通信。通过这些智能设备,物理世界与虚拟世界在未来将会互相集成与合作^[3-5],从而使浏览现实世界等同于浏览Web^[6]。从文献[7]给出的物联网生态系统图中可以看出,随着物联网技术体系的不断完善,我们熟悉的物理世界正在向一个全新的智能世界转变。

到稿日期:2012-11-09 返修日期:2013-02-23 本文受吉林省科技发展计划项目(20100173),吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(2011467,2012190,2011463),符号计算与知识工程教育部重点实验室开放项目(93K172012K09),国家留学基金(201208220141)资助。

王楠(1980-),女,博士,讲师,主要研究方向为物理系统建模、基于模型的诊断、自动推理, E-mail: ctuwangnan@126.com; 欧阳彤(1968-),女,博士,教授,主要研究方向为基于模型的诊断、自动推理; 孙善武(1969-),男,硕士,副教授,主要研究方向为传感器网络、网络安全。

基于模型的推理是人工智能中非常活跃的研究领域^[8-11],其中很重要的一步就是对物理世界的建模过程。抽象是人类感知和推理中的普遍行为,从表面现象提取本质的能力是一个关键的问题^[12],而在构造智能系统时找到一个适当的表示通常是解决问题的很难的一步。20世纪90年代初,Brooks就指出表示问题的一个好的抽象是智能的本质^[13],很多学者也已经将其应用于人工智能的各个推理领域^[14-16],抽象的应用大幅度地降低了物理世界模型构建和自动推理的计算代价。另外,很多研究将多重知识(如结构知识、行为知识、功能知识等)应用于物理系统定性建模领域中^[17,18],从而拓宽了物理系统模型的推理范围,增强了推理过程的有效性。但是,一般的抽象模型构造理论研究还局限于静态的物理世界或者是对特定物理系统的应用,物联网理念是在很多现实应用基础上推出的聚合型集成的创新,是对早就存在的具有物物互联的网络化、智能化、自动化系统的概括与提升。本文从构成智能世界各个实体以及实体间关系的特征入手,结合物理世界一般模型框架理论,在广义KRA模型框架^[19]基础上构建智能世界的一般抽象模型,使其能够刻画智能世界,在这种模型框架下,可以实现推理问题的重定位,降低基于统一模型的推理空间。

2 G-KRA 模型框架

本节简要介绍广义KRA模型的定义,详细内容可以参考文献^[19]。

定义1(初步感知) 一个初步感知 P 是一个五元组,即 $P=(OBJ, ATT, FUNC, REL, OBS)$, OBJ 中包含 W 中的对象类型, ATT 表示对象的属性的类型, $FUNC$ 确定一个函数集, REL 是对象类型间的关系集合。

定义2(抽象感知) 令 P 是一个初步感知, A 是一个感知者, O_a 是一个数据库且 O_a 中的具有某种抽象类型的对象由 A 预先定义。则 A 的一个抽象感知定义为 $P^* = \delta_a(P, O_a)$,其中 δ_a 表示抽象感知映射。

定义3(广义KRA表示框架) 给定初步感知 P 、抽象对象库 O_a 和抽象感知映射 δ_a ,一个广义表示框架 R^* 是一个四元组 (P^*, D^*, L^*, T^*) ,其中 $P^* = \delta_a(P, O_a)$ 是一个抽象感知, D^* 是数据库, L^* 表示语言, T^* 为理论。

数据库 O_a 是某些抽象对象构成的相当一般化的集合,可以在某个特定的世界中实现具体化。我们也关注另外的研究,即抽象对象库可以自动构建,并且通过识别功能模型而自动扩展,这部分内容超出了本文研究的范围,这里不做详细介绍。在G-KRA模型框架下构造抽象模型的过程如图1所示。

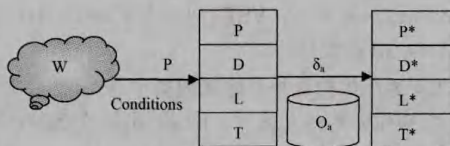


图1 G-KRA模型框架

3 智能世界

为了刻画由网络化对象或智能对象构成的智能世界,我们部分地引入文献^[20]和文献^[21]中的一些概念并对其进行

扩展。

• 物理实体(PhEntity):一个物理实体是任意一个带有自然属性或设计属性的对象,不仅包含具体的人、物或其它人造的物理设备(如开关、打印机等),也包含各种抽象的内容(如环境、空气等)。

• 网络化实体(NWEntity):与文献^[20]中的概念不同,本文将嵌入了传感器、执行器或处理器(称为网络化设备)的物理实体定义为网络化实体,这些网络化实体具有一些特殊的功能和通信能力,如自动感知外部信息、接收和发射命令信号或数据、发出某些动作、产生某些效果等等。因此,一个网络化实体是一个组合对象,可以由各种物理实体以及其它的网络化实体构成。

• 虚拟实体(VEntity):一个虚拟实体是一个软件对象或软件服务^[20]或软件对象与软件服务的组合对象,表示智能世界以及与智能世界进行通信。

我们根据网络化属性对物理实体、网络化实体与虚拟实体进行区分,如果网络化属性值为空,则它是物理实体,否则即是网络化实体。而虚拟实体未定义网络属性,详见第4节。

• 网络化连接(NWConn):一个网络化实体与另一个实体(物理实体、网络化实体或者虚拟实体)通过网络化设备相连称为网络化连接。

• 物理连接(PhConn):物理连接通过实际物理链路(如电线、管道等)来连接两个物理实体。

• 虚拟连接(VConn):虚拟连接用来连接两个虚拟实体。

• 物理世界:实体以及它们之间的物理连接构成了物理世界。

• 网络化世界:网络化实体以及它们之间的网络化连接构成了网络化世界。

• 虚拟世界:实体以及它们之间的虚拟连接构成了虚拟世界。

4 智能世界的表示框架

为了获得智能环境下物理世界的G-KRA关联模型,我们对G-KRA模型框架的初步感知和抽象感知过程进行扩展和重构。

根据前面对物理实体、网络化实体和虚拟实体的定义,在G-KRA模型的初步感知过程中,增加对每个实体的网络化特征感知,设为属性NW,它的取值如下:

$NW = \{ \};$ //空集,表示未集成任何网络化数字设备的物理实体;

$NW = \{ D_1, D_2, \dots, D_m \}$ //表示集成了网络化数字设备 D_1, D_2, \dots, D_m 的网络化实体;

$NW = \# Undefined$ //属性未定义,表示虚拟实体。

初步感知过程 P 是对真实世界的第一步感知,相当于概念建模中的知识获取过程,包含了感知者根据模型应用领域、推理需求等预定义的感知假设^[21,22]。这里对网络化实体的结构做以下假设:对于任一个网络化实体NWEntity和网络化数字设备 D ,若 $D \in NWEntity$,NW,则 D 不是一个网络化实体。对于 D 是网络化实体的情况,我们则将NWEntity和 D 的属性包含关系定义为两个网络化实体之间的连接关系。由此,可以将初步感知过程 P 重定义为一个迭代过程,直到智能世界的所有构成实体以及所有网络化实体集成的网络化

数字设备全部被感知,具体过程描述如下:

① W = 被感知的智能世界, $Assumptions$ = 初步感知假设集合;

② $P_0 = P_0(W, Assumptions)$;

③ $W^* = \{\}$;

④ 对于 P_0 中每一个 NW 属性不为空且未做标记的实体 $NWEntity_i$ ($1 \leq i \leq m$)

{标记 $NWEntity_i$; $W^* += NWEntity_i.NW$ };

⑤ $Assumptions^* = Update(Assumptions)$;

⑥ $P_1 = P_1(W^*, Assumptions^*)$;

⑦ 对于 P_1 中每一个 NW 属性不为空的实体 D_j , 设 $D_j \in NWEntity'_j.NW$, $1 \leq j \leq n$

{ $NWEntity'_j.NW - = D_j$, $P_0 + = D_j$, $P_1 - = D_j$, 刻画 D_j 并建立 $NWEntity'_j$ 和 D_j 之间的网络化关联关系};

⑧ 重复执行④-⑦步,直到 P_0 中不存在 NW 属性不为空的实体为止。

为了简化讨论,我们在上面的描述中仅用感知层表示初步感知过程,G-KRA模型的结构层、语言层和理论层可以在构建感知层的过程中进行迭代更新,与初步感知同步生成。初步感知过程的作用结果是获得了被感知的智能世界在给定假设下的所有构成实体的特性感知、网络化实体集成的网络化数字设备的特性感知以及各个实体之间的连接关系,初步感知的作用过程和结果如图2所示。

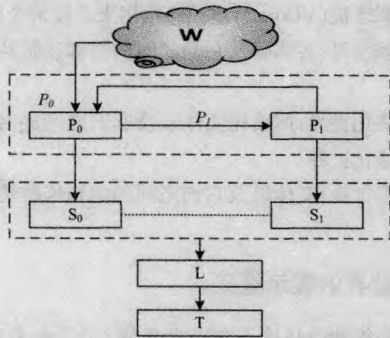


图2 初步感知的作用过程和结果

将抽象感知过程分为4步:①建立3个子世界的可区分实体与连接库。②建立3个子世界的网络化连接。根据第3节中对智能世界中的各种构成实体以及实体之间关系的定义可知,初步感知的 P_0 中的实体可以通过属性 NW 进行实体类型分类,并根据各个连接关系包含的实体类型进行实体连接的类型分类,从而生成可区分的实体与连接库,即3个子世界对应的感知,而 P_0 中不属于任何子世界的连接关系一定是3个子世界之间的网络化连接。③构建统一的抽象对象库,并对3个子世界进行抽象感知,分别生成3个子世界对应的抽象模型。④根据初步感知构建的网络化连接关系生成对应的抽象模型关联关系,建立3个子世界抽象模型的关联关系。

整个抽象感知过程如图3所示。

我们引入文献[21]中的实验用例,在结构和功能上对其进行了一些改变,如图4所示。其中的物理开关对象集成了一个传感器和一个执行器,传感器感知周围环境的变化并且将这些变化发送给虚拟世界中的某个对应的应用程序。虚拟世界处理接收的数据并且发送控制信号到执行器,以此决定

灯的开和关状态。执行器和灯通过物理线路连接。

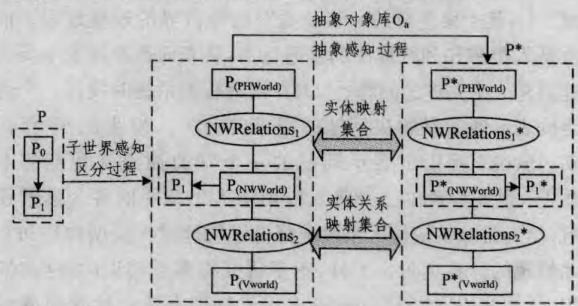


图3 抽象感知过程

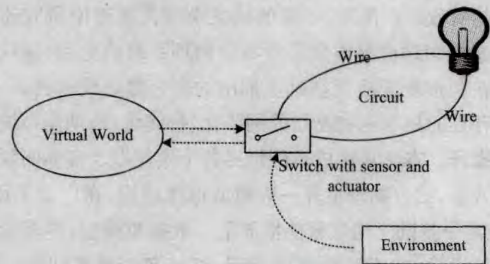


图4 改变后的文献[21]中的实验用例

初步感知过程构建了初步感知 $P = P_0 \cup P_1$, 我们用 $(OBJTYPE, \{\} / \{D_1, D_2 \dots\} / \# UNDEF)$ 表示感知实体的类型以及实体的 NW 属性:

$P_0 = \{(WIRE, \{\}), (LIGHT, \{\}), (NWSWITCH, \{ACTUATOR, SENSOR\}), (ENVIRONMENT, \{\}), (VSTYPE_1, \# UNDEF), (VSTYPE_2, \# UNDEF), \dots, R_1(WIRE, LIGHT), R_2(WIRE, NWSWITCH), R_3(ENVIRONMENT, NWSWITCH), R_4(VSTYPE_1, NWSWITCH), R_5(VSTYPE_1, VSTYPE_2), R_6(VSTYPE_2, NWSWITCH) \dots\}$

$P_1 = \{(ACTUATOR, \{\}), (SENSOR, \{\}), Rel_1(WIRE, ACTUATOR), Rel_2(ENVIRONMENT, SENSOR), Rel_3(VSTYPE_1, SENSOR), Rel_4(VSTYPE_2, ACTUATOR) \}$

对初步感知 P 进行子世界感知区分过程,得到3个子世界及其之间的关系:

$P_{(PHWorld)} = \{(WIRE, \{\}), (LIGHT, \{\}), (ENVIRONMENT, \{\}), R_1(WIRE, LIGHT) \}$

$P_{(NWWorld)} = \{(NWSWITCH, \{ACTUATOR, SENSOR\}) \}$

$P_{(VWorld)} = \{(VSTYPE_1, \# UNDEF), (VSTYPE_2, \# UNDEF), R_5(VSTYPE_1, VSTYPE_2) \}$

$NWRelations_1 = \{R_2(WIRE, NWSWITCH), R_3(ENVIRONMENT, NWSWITCH) \}$

$NWRelations_2 = \{R_4(VSTYPE_1, NWSWITCH), R_6(VSTYPE_2, NWSWITCH) \}$

抽象对象库的构建与具体知识类型有关,比如根据实体功能定义,WIRE类型实体与LIGHT类型实体可以抽象为RESISTOR型实体,而SENSOR类型实体与ACTUATOR类型实体亦可抽象为PIPE型实体,本文省略具体抽象感知与映射描述的形式化过程,其作为将来后续研究的内容。

结束语 本文对由物联网技术发展带来的智能世界进行了定义,并扩展了表示静态物理世界一般抽象模型的广义知识重构与抽象模型(G-KRA模型),使其能够刻画所定义的智

能世界。文中指出可以通过区分各个实体的网络化特征将智能世界构建成相互关联的3个不同的子世界。其与统一地建模相比:①充分地考虑了不同类型实体的行为和连接特征,每个子世界由具有相同行为类型的实体和相同类型的连接构成,可以分别建立统一的推理机制;②各个子世界之间通过网络化连接进行通信,更有利于研究整个智能世界的通信安全问题;③可以通过将推理问题定位在某个(些)子世界的模型中,降低推理过程的复杂性;④抽象过程可以分别进行,并通过子世界之间的网络化连接进行各个抽象层之间的通信,降低抽象过程的复杂性。在未来,我们将继续对上面4部分内容进行扩展研究。

参 考 文 献

- [1] The Internet of Things, Networked Objects and Smart Devices [R]. The hammersmith group research report, February 2010, http://thehammersmithgroup.com/images/reports/networked_objects.pdf
- [2] Elson J, Estrin D. Sensor networks: a bridge to the physical world[M]. Wireless sensor networks. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2004
- [3] Barton J, Kindberg T. The Challenges and Opportunities of Integrating the Physical World and Networked Systems[R]. HPL Technical report HPL-2001-18. 2001
- [4] Estrin D, Culler D, Pister D, et al. Connecting the Physical World with Pervasive Networks[J]. IEEE Pervasive Computing, 2000, 1(1): 59-69
- [5] Joseph A D. Ubiquitous System Software[J]. IEEE Pervasive Computing, 2004, 3(3): 57-59
- [6] Boone G. Reality Mining: Browsing Reality with Sensor Networks [OL]. Sensors Magazine Online. <http://sensormag.com/articles/0904/14/main.shtml>, 2004-09
- [7] Coetzee L, Eksteen J. The Internet of Things-Promise for the Future? An Introduction[C]//IST-Africa 2011 Conference Proceedings Paul Cunningham and Miriam Cunningham (Eds) IIMC International Information Management Corporation. 2011
- [8] 欧阳丹彤,姜云飞. 刻画基于模型的中心诊断[J]. 软件学报, 1999, 10(1): 74-77
- [9] Reiter R. A Theory of diagnosis from first principles[J]. Artificial Intelligence, 1987, 32(1): 57-96

- [10] 陈荣,姜云飞. 含约束的基于模型的诊断系统[J]. 计算机学报, 2001(2): 127-135
- [11] 李占山,王涛,孙吉贵,等. 利用元件替换测试求诊断[J]. 软件学报, 2005, 16(9): 1599-1605
- [12] Goldstone R, Barsalou L. Reuniting perception and conception [J]. Cognition, 1998, 65: 231-262
- [13] Brooks R A. Elephants don't play chess [J]. Robot. Auton. Syst, 1990, 6: 3-15
- [14] Choueiry B, Iwasaki Y, McIlraith S. Towards a practical theory for reformulation for reasoning about physical systems [Z]. Artif. Intell., 2003
- [15] Mozetic I. Hierarchical model-based diagnosis[J]. Int J of Man-Machine Studies, 1991, 35(3): 329-362
- [16] Chittaro L, Ranon R. Hierarchical model-based diagnosis based on structural abstraction[J]. Art. Intell, 2004, 155 (1/2): 147-182
- [17] Hou Ming-liang, Liu Yu-ran, Xing Shu-bin, et al. Study of Intelligent Diagnosis System for Photoelectric Tracking Devices Based on Multiple Knowledge Representation[J]. Advanced Materials Research, 2011(179/180): 602-607
- [18] Chittaro L, Guida G, Tasso C, et al. Functional and teleological knowledge in the multimodeling approach for reasoning about physical system: a case study in diagnosis[J]. IEEE Trans. Syst. Man, Cybern., 1993, 23(6): 1718-1751
- [19] 孙善武,王楠,欧阳丹彤. 广义KRA模型[J]. 吉林大学学报:理学版, 2009, 47(3): 537-542
- [20] Barton J, Kindberg T. The Challenges and Opportunities of Integrating the Physical World and Networked Systems[R]. HPL Technical report HPL-2001-18. 2001
- [21] Bodhuin T, Canfora G, Preziosi R, et al. Hiding complexity and heterogeneity of the physical world in smart living environments [C]// Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing, 2006. New York, US, 2006: 1921-1927
- [22] Kotiadis K, Robinson S. Conceptual Modelling: Knowledge Acquisition and Model Abstraction[C]// Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008. 2008: 951-958
- [22] Robinson S. Conceptual modelling for simulation part I: definition and requirements [J]. Journal of the Operational Research Society, 2008, 59(3): 278-290

(上接第158页)

网络环境,能够对大规模复杂网络的状态以及攻击行为进行准确的分析,构建合理的网络工具模型,并采用权限改进方法生成攻击图,最终实现对网络攻击行为的有效分析,为后续的处理工作提供可靠的依据。

结束语 本文提出了一种基于智能化状态转移以及权限改进的攻击图构建方法,即采用智能化状态转移途径构建攻击模型,依据该模型规划相应的攻击图生成算法,并在攻击图生成算法中引入权限改进体制,以对大规模复杂化网络攻击问题构建有效的攻击图,确保整体网络的安全性和高效性。通过最终的仿真实验可得,本文方法能够消耗较低的系统CPU时间完成网络攻击图的构建,具备较低的时间复杂度和较高的扩展性,是一种高效的攻击图构建方法。

参 考 文 献

- [1] 王国玉,王会梅,陈志杰,等. 基于攻击图的计算机网络攻击建模方法[J]. 国防科技大学学报, 2009, 31(4): 74-80
- [2] 陈春霞,黄皓. 攻击模型的分析与研究[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(7): 115-118
- [3] 司加全,张冰,芮大鹏,等. 基于攻击图的网络安全性能增强策略制定方法[J]. 通信学报, 2009, 30(2): 123-128
- [4] 冯萍慧,连一峰,戴英侠,等. 面向网络系统的脆弱性利用成本估算模型[J]. 计算机学报, 2006, 8(29): 1375-382
- [5] 朱明,殷建平,程杰仁,等. 基于贪心策略的多目标攻击图生成方法[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(6): 22-25
- [6] 叶云,徐锡山,贾焰,等. 基于攻击图的网络安全概率计算方法[J]. 计算机学报, 2010, 33(10): 1987-1996
- [7] 黄志宏,巫莉莉,张波. 基于云计算的网络安全威胁及防范[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版, 2012, 26(8): 85-90