



课题编号	20120001120119
学科代码	230.17.40
学 科 组	计算机科学与技术
版 本 号	1201.02.003.100

高等学校博士学科点专项科研基金  
申 请 书  
(新 教 师 类)

课 题 名 称: 一种可执行的情境感知模型与主动服务提供方法研究

申 请 者: 莫同

所 在 单 位: 北京大学

所 在 院 系: 软件与微电子学院

联 系 电 话: 010-61273648

申请者所在博士点名称: 软件工程

在本博士点工作起始日期: 2012-02-01

申 请 日 期: 2012-03-15

中华人民共和国教育部

简 表 一

研 究 课 题	名 称		一种可执行的情境感知模型与主动服务提供方法研究							
	学科名称		软件工程		学科代码		2301740		研究 类别	应用基础
	相关学科				学科代码					
	起始日期			终止日期			申 请 经 费（万元人民币）			
	2013-01-01			2015-12-31			5			
申 请 者	姓 名		莫同		出生日期		1981-07-04		性别	男
	技 术 职 称		定 职 时 间			行 政 职 务		联 系 电 话	010-61273648	
	讲 师		2012-02-01					电 子 邮 件	motong@ss.pku.edu.cn	
	毕 业 学 校		哈尔滨工业大学			毕 业 时 间		2009-10-22		
	最 终 学 位	博 士	外 语	语 种 1:		英语		程 度	四 会	
				语 种 2:				程 度		
	学 术 兼 职 (限 45 汉字)									
填写概括课题内容的六个关键词（主题词），关键词个数可少于六个，关键词之间用逗号隔开										
可执行情境模型，服务推荐，复杂关系网络										
课题摘要（300 字以内）										
<p>情境感知服务系统实时感知用户所处的环境并主动提供精准的服务，已成为软件工程领域一个热点问题。目前缺少可执行的情境模型，不能实现模型的自动部署和执行，使得情境感知服务系统开发效率低下。本项目沿着理论模型-服务推荐方法-可执行模型的思路展开研究：首先研究基于概念空间的情境模型，解决模型的概念定义、规则生成、规则推理等关键问题；其次研究基于复杂关系网络的服务推荐方法，解决情境感知主动服务问题；然后建立一种可执行情境感知模型，描述服务情境-场景-服务提供的关联关系，解决情境模型的执行问题。最后完成相关中间件开发，并在社区养老案例中进行验证。研究将建立新的情境感知服务开发模式，并提高系统开发效率。</p>										



## 一、研究的目的、意义和成果的预计去向（包括本课题所要解决的科学问题、理论上的科学价值或预见在应用中对经济建设的影响等）。

据 2012 年 2 月 29 日全国老龄工作委员会办公室新闻发布会上公布的数据，截至 2011 年底，中国 60 岁及以上老年人口已达 1.85 亿人，占总人口的 13.7%，比上年末提高 0.47 个百分点。到 2013 年底，中国老年人口总数将超过 2 亿，到 2015 年，老年人口总数将达到 **2.21 亿**，占总人口的 16%，人口老龄化形势严峻。老年人口基数大、增长快并日益呈现高龄化、空巢化趋势，需要照料的失能、半失能老人数量剧增。由于现代社会竞争激烈和生活节奏加快，中青年一代正面临着工作和生活的双重压力，照护失能、半失能老年人力不从心，迫切需要通过发展社会养老服务来解决。但目前我国养老保障体系仍不够完善，信息化程度不高，人力缺口大，使得养老问题已经成为一个日益严峻的重要社会问题。国务院办公厅发布的社会养老服务体系规划（2011—2015 年）指出：我国要加强养老服务信息化建设，依托现代技术手段，为老年人提供高效便捷的服务，规范行业管理，不断提高养老服务水平，建设以社区养老为主，居家养老和机构养老为辅的现代化综合养老保障体系。

申请者所在课题组过去五年一直从事社区养老方面的研究与开发，利用物联网的支持，建立智慧家庭系统，提供社区养老服务。通过在北京市的多个社区调研发现，智慧家庭系统中，**主动地为老人提供个性化的服务**是一个难点问题，而为存在行为障碍的老年人提供主动服务显得尤其重要。

在实际工作中，我们采用**情境感知服务**（context-aware services）的方式来解决主动服务问题。提供主动服务的基本步骤是，利用物联网采集老年人的相关数据，通过系统综合分析后，捕捉老年人的行为意向，主动提供合适的服务。对用户而言，从传感器采集的数据以及其它相关数据一起构成了用户的情境，包括系统功能和用户需求密切相关的各种信息，如用户的基本资料、位置、时间、自然环境、计算环境等。通过实时获取这些情境信息并做出综合判断，进而由应用系统主动地为用户提供合适的服务就是情境感知服务。

在情境感知服务的研究方面，目前还缺少**可执行的情境感知模型**，从而对情境建模、模型部署、服务推荐等全生命周期的支持。研究的不足导致只能根据具体的应用定制开发，降低了开发和部署效率，提高了开发周期和成本，也不利于把成熟的服务模式进行推广。因此迫切需要研究一种可执行的情境感知模型，以支持情境感知服务系统的全生命周期开发。

本课题致力于研究情境感知服务的理论模型和服务推荐关键技术；据此建立可执行的情境感知模型，开发情境感知引擎与相关中间件，并利用一个实际的社区智慧养老服务系统来验证所研究的理论与方法。本课题的研究意义体现在：

（1）**建立情境感知主动服务的理论基础**：基于空间理论建立情境模型，研究基于场景-服务关联的主动服务方法，为情境感知服务提供理论基础。现有的情境模型包括键-值对模型、情境建模语言 CML、基于扩展 XML 的 conteXtML 模型、基于扩展的 UML 语言的情境模型、基于本体的情境模型等，这些模型不能有效支持主动服务，且普遍存在两个问题：1）缺少对用户行为的有效描述，2）不可以自动执行。因此研究和建立一种可以描述用户情境及行为，并能够提供主动服务的模型具有重要的理论意义。

（2）**提供主动服务推荐与组合的关键技术**：利用情境模型可以捕获用户的情境，利用情境模型中的场景与规则关联，可以推理判定用户所需要的服务种类。但如何准确地选择具体的服务是一个难题。目前广泛使用基于语义的服务选择方法，虽然比基于语法的服 务选择更加准确，但传统的方法较少考虑用户的特征信息，不能充分利用用户特征进行基于个性化偏好的服务选择与组装，具有很大的局限性。此外，现有研究还缺乏对样本不足用户（比如新用户）或用户偏好改变的考虑，导致服务推荐的精度难以提升。本



课题将研究由用户、情境、规则、服务等元素的复杂网络模型，通过挖掘复杂网络中的模式来研究基于历史的、个性化的、情境感知的服务推荐方法，为主动服务提供关键技术支撑。

**(3) 提供一套可执行的情境感知服务模型：**建立一种可执行的情境感知模型，开发情境执行引擎和情境感知中间件，以支持情境感知服务系统的开发。情境感知服务系统的生命周期包括两个阶段：即系统设计阶段和运行阶段。在设计阶段，需要定义可执行的情境模型，包括定义情境信息、场景模型、及建立和关联服务库、对服务进行语义标注；在运行阶段，由情境引擎来驱动模型的执行，以实时获取情境信息，推理并确定用户场景，并最终选择合适的服务主动地提供给用户。目前学术界还缺乏对可执行的情境感知模型的研究，也缺乏相应的情境执行引擎，本课题的研究将填补以上空白。

**综上所述，**本课题将研究基于情境空间的情境模型及建模方法，基于复杂网络的服务推荐方法以及可执行的情境感知模型和执行引擎。这些工作将填补可执行情境感知模型的空白，推动情境感知服务研究的深入，进而支持社区养老服务的开展。所做的研究具有重要的理论意义和实际的社会意义。



## 二、研究课题所涉及的科学领域，国内外达到的水平，存在的主要问题；本课题的学术思想、理论根据、主攻关键及独到之处。

### 研究现状：

本课题的研究涉及的情境模型、服务提供、情境感知系统框架三个部分，以下分别进行阐述。

#### 1. 情境模型：

情境（Context，也称“上下文”）尚无一个标准的定义，徐光祜等认为情境是指任何可用于表征实体状态的信息。这里的实体可以是个人、位置、物理的或信息空间中的对象[1]。李伟平等提出描述一个服务的情境需要用户、位置、时间、环境等关键信息[2]。为了支持情境感知的服务系统开发，需要建立情境模型定义和描述用户所处的情境[3]。情境模型的发展过程经历了面向理解、面向交互、面向推理和面向执行四个阶段。

1) 面向理解的模型：包括键-值对模型，属性-值对模型和图模型等。键值对模型将情境定义成一个键值对，具有简单易懂等优点，但难以表示复杂的情境信息[4]。Dey 对键值对进行了扩展[5]。Henriksen 提出了基于图的情境建模语言 CML[6]。此类模型优点是能够通过模型直观的理解服务内容，缺点是容易受到模型定义的限制难以表达复杂的情境内容，且缺乏统一的规范。

2) 面向交互的模型：指利用或扩展标记语言来建模。例如 Stick-e 项目中建立 conteXtML 描述 context 信息[7]。文献[8] [9]建立基于扩展 UML 的情境感知模型。文献[10]提出一种基于 RDF 的 CSCP 语言对情境进行建模。此外，还有基于对象的情境模型等[11]。

3) 面向推理的模型：本体具有表达能力强，支持逻辑推理等优点，适合定义情境以及情境之间的关系，以支持计算机进行推理[12]。Tao Gu 提出了一个基于本体的情境模型，该模型利用 OWL-S 进行描述[13]，并设计了一个面向服务的情境感知的中间件(SOCAM) [14]。Harry Chen 提出了用 OWL 语言描述的本体 COBRA-ONT，用以描述一个智能会议室中的位置、Agent，事件以及相关属性[15]。

4) 面向执行的模型：目前还没有可以支持从建模、部署到执行的可执行模型。有学者试图利用有限状态机[16]、Petri 网[17]建立情境模型，但是缺乏对软件开发的支持。文献[18]提出一种基于编码的情境模型，通过编码执行的方式可提高情境信息的处理效率，但这种方式灵活性较差，情境数据的处理逻辑紧耦合在编码中，难以修改和扩展。

综上所述，迫切需要**可执行的情境模型**以支持情境感知系统的开发。但目前相关研究还处于初级阶段，需要进行深入研究。

#### 2. 基于用户情境的服务提供方法

通过对用户情境的建模与推理可以确定用户的行为和需求，系统需要根据此需求来为用户选择一个或一组服务主动地提供给用户。服务搜索技术的主要方法有描述文档（如 WSDL）识别及功能匹配[19]等。考虑到响应时间、连通率、吞吐量和可靠性等质量参数上的表现不同，可以采用基于 QoS 的服务搜索[20]。为提高搜索的准确性，人们广泛采用基于语义的服务描述与搜索方法[21]。

服务组合是指当单一服务无法独立满足顾客服务需求时，将若干服务按照一定的业务逻辑进行编排，集成为一个更大的服务以满足服务需求[22]。根据实现的方式，服务组合可以分为手工式、半自动式和自动式[23]。目前主要的研究工作都侧重于半自动方式[24]。根据描述模型的语义内容，可以分为基于工作流的组合、基于人工智能的组合和基于形式化方法的组合[25]。

以上这些传统方法没有考虑情境感知服务的情境，本项目将重点进行基于复杂关系网络的服务推荐方法。这方面已经有了一些先期的研究，如 Maamar 等[26][27]指出，由于缺乏对服务—服务，服务—用户的

交互的关注，服务计算的广泛应用受到很大限制。传统的推荐系统研究主要包括协同过滤[28]、基于内容的过滤[29]和混合过滤[30]等方法，根据已知的用户偏好，分析预测用户对其他项目的偏好。用户偏好的提取技术主要包括数学统计模型、机器学习、数据挖掘（如最近邻算法、聚类、朴素贝叶斯、Rocchio 方法、决策树、决策规则分类器、神经网络和贝叶斯网络等）等[31]。这些方法主要针对同一用户，对新用户或信息不足用户的推荐效果较差，虽然通过机器学习方法可以根据相似用户的偏好进行推荐，但存在计算的复杂性较高、模型训练时间较长等缺陷[32]。此外，用户偏好也可能随时间或其他因素的影响发生改变，如何监测这种变化并主动做出适应，也是进行准确服务推荐所面临的问题之一[33]。

如果使用复杂网络的框架，把用户对服务的使用历史、服务与服务之间的协作历史都考虑进来，那么面向服务的体系结构就可以成为一个服务合作、竞争、自我管理和演进的生态系统。在生物信息学领域，研究者正在建立一个这样的 Web 服务和科学工作流的社会关系网络，使用复杂网络分析来刻画网络的特性，并进行服务和工作流的推荐[34]。综上所述，基于复杂网络的服务推荐方法能够充分利用情境信息，搜索结果更具针对性，值得深入研究。

### 3. 情境感知服务系统框架

情境感知系统框架主要包括情境信息的获取、情境信息的建模、情境信息的管理和上下文信息的推理功能[35]。现有的框架包括基于 Agent 的框架 ACAI[36]、BerlinTainment[37]、基于可编程的框架 iCAP[38]、基于组件的框架 CAPNET[39]、基于本体的框架 SOCAM[40]、基于机器学习的框架 CAPpella[41]、基于动态语境组装的分布式构件框架 ACF[42]等，这些框架都需要开发人员编写代码以完成整个系统的开发。而只有 CASM[43]将框架分成了设计时和运行时两个部分，支持模型的部署，但这个框架同样需要大量的编码工作，没有实现情境感知模型的直接部署。

可见，构建可自动部署情境感知模型的情境感知中间件是一个重要工作，本课题将基于理论研究成果，设计开发一个支持从建模到运行的完整的框架，完成一个情境感知的开发。

综上所述，随着物联网等相关技术的发展，情境感知服务的研究已经成为一个热点问题。但其中的一些关键问题仍然缺少针对性的研究，包括：对于关键的可执行情境模型方面缺少研究；对其中的情境映射、情境推理等方法的研究主要集中在以本体为主的方法，需要根据可执行模型进行深入研究；缺少基于情境的服务推荐方法；没有情境感知执行引擎的研究。本课题致力于解决这些问题，推动情境感知服务研究的发展，进而支持社区养老服务模式的发展。

### 参考文献：

- [1] 徐光祜，史元春，谢伟凯，普适计算，计算机学报，2003，Vol. 26，NO.9，pp: 1042-1050.
- [2] 莫同，李伟平，吴中海，褚伟杰，一种情境感知服务系统框，计算机学报，2010（11），pp2084-2092.
- [3] 李蕊，李仁发. 上下文感知计算及系统框架研究综述. 计算机研究与发展, 2007, 44(2), pp: 269-276.
- [4] Thomas Strang Claudia LinnhoffPopien , A Context Modeling Survey, UbiComp'04.
- [5] Anind K. Dey, Architectural Support for Building Context-aware Applications. Georgia Institute of Technology, 2000:1-119
- [6] K. Henriksen "Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach," Journal of Pervasive and Mobile Computing, 2006.
- [7] N. Ryan "ConteXtML: Exchanging Contextual Information between a Mobile Client and the FieldNote Server", <http://www.cs.kent.ac.uk/projects/mobicomp/fnc/ConteXtML.html>, 2000.

- [8] Quan Z Sheng , Boualem Benatallah. Contextuml : A UML based modeling language for model driven development of context-aware Web services. The Int'l Conf on Mobile Business , Sydney , Australia , 2005
- [9] Jan Van den Bergh , Karin Coninx. Towards modeling context sensitive interactive applications : The contextsensitive user interface profile (cup). The 2005 ACM Symp on Software Visualization , St. Louis , Missouri , 2005
- [10] Sven Buchholz , Thomas Hamann , Gerald Hübsch. Comprehensive structured context profiles ( cscp ) : Design and experiences. The 2nd IEEE Annual Conf on Pervasive Computing and Communications Workshops , Orlando , Florida , 2004
- [11] A. Schmidt and K. van Laerhoven "How to build smart appliances?," Personal Communications, IEEE, vol. 8 JA - Personal Com, pp. 66 EP- 71, 2001.
- [12] Xiao Hang Wang, Da Qing Zhang, Tao Gu, Hung Keng Pung, Ontology Based Context Modeling and Reasoning using OWL, Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'04)
- [13] T. Gu et al., "An Ontology-based Context Model in Intelligent Environments," Proc.Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conf., Soc.for Modeling and Simulation Int'l, 2004.
- [14] Tao Gu, Hung Keng Pung, Da Qing Zhang, A service-oriented middleware for building context-aware services, Journal of Network and Computer Applications 28 (2005), pp: 1-18
- [15] Harry Chen, Tim Finin, and Anupam Joshi, An ontology for context-aware pervasive computing environments, The Knowledge Engineering Review, 2003, Volume 18 , Issue 3 , September, pp: 197 – 207
- [16] Yu Wang. An FSM model for situation-aware mobile application software systems. ACMSE'04 , Huntsville , Alabama ,USA , 2004
- [17] Oh Byung Kwon. Modeling and generating context-aware agent based applications with amended colored Petri nets. Expert Systems with Applications , 2004 , 27 (4) : 609 - 621
- [18] K. Henriksen "Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach," Journal of Pervasive and Mobile Computing, 2006.
- [19] Yau S S, Liu Junwei. Service functionality indexing and matching for service-based systems, Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Services Computing (SCC'08), 2008.
- [20] Vu L H, Hauswirth M, Porto F, et al. A search engine for QoS-enabled discovery of semantic Web services. Special Issue of the International Journal on Business Process Integration and Management (IJBPI), 2006, 1(4): 244-255.
- [21] Bellur U, Vadodaria H. On extending semantic matchmaking to include preconditions and effects, Proceedings of IEEE International Conference on Web Services (ICWS'08), 2008.
- [22] Ponnekanti SR, Fox A. SWORD: A developer toolkit t for Web service composition. In: Proc. of the 11th World Wide Web. New York: ACM Press, 2002. 83-107.
- [23] Majithia S, Walker DW, Gray WA. A framework for automated service composition in service-oriented architectures. In: Bussler C, ed. Proc. of the European Semantic Web Symp. 2004. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 269-283.
- [24] 范小芹, 蒋昌俊, 王俊丽, 庞善臣, 随机 QoS 感知的可靠 Web 服务组合, 软件学报, 2009, Vol.20, No.3, pp: 546-556

- [25] 崔华, 应时, 袁文杰, 胡罗凯, 语义 Web 服务组合综述, 计算机科学, 2010, Vol.37, No.5, pp: 21-25
- [26] Maamar, Z., H. Hacid, and M.N. Huhns, Why Web Services Need Social Networks. IEEE Internet Computing, 2011. 15(2): p. 90-94.
- [27] Zakaria, M., et al., Using Social Networks for Web Services Discovery. IEEE Internet Computing, 2011. 15: p. 48-54.
- [28] Adomavicius G, Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering (TKDE), 2005,17(6):734–749.
- [29] Ricci F, Rokach L, Shapira B, Kantor PB. Recommender Systems Handbook. Berlin: Springer-Verlag, 2011. 1–842.
- [30] Hong JY, Suh EH, Kim J, Kim SY. Context-Aware system for proactive personalized service based on context history. ExpertSystems with Applications, 2009,36(4):7448–7457.
- [31] 王立才,孟祥武,张玉洁.上下文感知推荐系统.软件学报,2012,(01):1-20.
- [32] Yu ZY, Yu ZW, Zhou XS, Nakamura Y. Handling conditional preferences in recommender systems. In: Proc. of the ACM IUI 2009. 2009. 407–412.
- [33] Xie HT, Meng XW. A personalized information service model adapting to user requirement evolution. Acta Electronica Sinica, 2011,39(3):643–648
- [34] Tan, W., J. Zhang, and I. Foster, Network Analysis of Scientific Workflows: a Gateway to Reuse. IEEE Computer, 2010. 43(9): p. 54-61.
- [35] 吴朝晖, 潘纲, 普适计算, 中国计算机科学技术发展报告 2005, 中国计算机学会文集 CCFP-0002, pp.175-187, 清华大学出版社, 北京, 2006 年 8 月
- [36] M Khedr , A Karmouch. Acai : Agent-based context-aware infrastructure for spontaneous applications. Network and Computer Applications , 2005 , 28 (1) : 19 - 44
- [37] Jens Wohltorf , Richard Cisse , Andreas Rieger , et al. Berlertainment —An agent-based serviceware framework for context-aware services. IEEE Communications Magazine , 2005 , 43(6) : 102 - 109
- [38] Timothy Y Sohn. Icap: An informal tool for interactive proto typing of context-aware applications. CHI 2003 , Fort Lauderdale , Floria , 2003
- [39] Oleg Davidyuk , J ukka Riekk , Ville2Mikko Rautio , et al. Context-aware middleware for mobile multimedia application. MUM 2004 , College Park , Maryland , 2004
- [40] Tao Gu, Hung Keng Pung, Da Qing Zhang, A service-oriented middleware for building context-aware services, Journal of Network and Computer Applications 28 (2005), pp: 1–18
- [41] Anind K Dey , Raffay Hamid , Chris Bechmann , et al. A cappella: Programming by demonstration of context-aware applications. CHI 2004 , Vienna , 2004
- [42] Yau S S, Liu Junwei. Service functionality indexing and matching for service-based systems, Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Services Computing (SCC'08), 2008.
- [43] Nam-Shik Park , Kang-Woo Lee , Hyun Kim. A middleware for supporting context-aware services in mobile and ubiquitous environment. ICMB'05 , Sydney , Australia , 2005

研究目标:



本课题致力于建立一种可执行的情境感知模型，建立情境感知服务系统新的开发模式。首先建立情境感知的理论基础，研究情境感知理论模型及服务推荐关键技术，其次建立可执行情境感知模型，并开发情境建模工具、情境执行引擎及相关中间件。最后将以一个实际社区智慧养老服务系统来验证所研究的理论与方法。具体包括：

- 1) 建立基于情境空间的情境模型；
- 2) 提出基于复杂关系网络的情境感知服务推荐与提供方法；
- 3) 建立一种可执行的情境感知模型；
- 4) 研究与开发情境建模工具、情境执行引擎及情境感知中间件，建立起情境感知服务系统运行支撑环境，支持情境感知服务系统的新开发模式。

#### **关键问题：**

- 1) **基于情境空间的情境模型：**利用概念空间的理论与方法，建立起情境感知服务的理论模型。
- 2) **基于复杂关系网络的情境感知的动态服务推荐与提供：**利用用户、情境、规则、服务等元素之间构成的复杂关系网络，解决个性化的、情境感知的服务推荐问题。
- 3) **可执行的情境感知模型：**建立主动服务情境元模型、领域模型定义方法，并描述服务情境、场景、服务的关联关系，解决情境模型的可执行问题。

#### **创新点：**

##### **1) 基于情境空间的情境模型**

建立基于情境空间的情境模型，可以充分描述用户情境、用户profile、用户偏好、环境信息、计算情境等情境信息。模型中定义场景及全局规则集、场景规则集，可利用规则与场景进行关联实现对用户的主动服务。基于情境空间的模型可解决情境感知服务的基本理论问题，为可执行的情境模型打下来坚实的理论基础。

##### **2) 基于复杂关系网络的情境感知服务推荐方法**

突破传统基于语义的服务搜索方法，提出基于用户、情境、规则、服务等元素之间复杂关系网络的服务搜索与推荐方法。利用情境信息，通过该复杂网络有助于发现元素间的间接关系以及频繁的交互模式，进而支持更加个性化、精准的服务推荐。

##### **3) 可执行的情境感知模型**

构建一种可以直接部署、执行的情境模型，在情境建模工具及情境执行引擎的支持下，可以将模型直接部署，运行在情境感知服务平台上面。这种方法解决了现有模型只能执行、推理，却不能直接执行的问题，将更好地支持情境感知服务系统的开发。

### 三、研究内容、工作方案（包括采取的措施、技术路线、进度安排、拟达到的技术指标、提交成果方式等）。

#### 研究内容：

##### 1) 基于情境空间的情境模型

研究基于情境空间的情境模型，并利用规则与场景进行关联实现对用户的主动服务，具体包括：

- 情境空间模型：利用概念空间理论，将应用环境表达成一个情境空间： $\Rightarrow = \langle \Rightarrow_1, \Rightarrow_2, \Rightarrow_3, \dots, \Rightarrow_n \rangle$ ，每个维度代表应用环境中的某一情境属性。情境空间由多个场景组成： $S_i = \langle D_1, D_2, D_3, \dots, D_n \rangle$ ， $D_i T \Rightarrow_i$ ，每个场景反映用户和系统的特定行为。为支持情境推理定义规则集，包括全局规则集和场景规则集，场景规则集的优先级高于全局规则集。
- 基于本体的情境空间建模方法：利用 OWL-DL 语言，建立情境属性及属性关联关系，建立场景本体，并建立场景规则集和全局规则集。
- 情境映射方法：将原始的情境数据映射到情境本体中的概念，由低层情境推理生成高层情境信息。

##### 2) 基于复杂关系网络的情境感知服务推荐方法

在系统执行过程中，基于情境感知模型能够确定当前的场景及规则。基于此，需要进一步研究服务推荐的方法，为用户推荐合适的服务：

- 建立包括用户、情境、规则、服务等元素的复杂网络模型，描述多个元素之间的交互关系，研究元素间的间接关系发现机制。
- 建立复杂网络的各种指标的计算模型，用于揭示元素之间频繁的、非寻常的关系。
- 基于该网络的静态结构（用户、情境、规则和服务的关系），以及各种交互的历史记录，研究基于历史的、个性化的、情境感知的服务推荐。

##### 3) 情境感知服务的可执行情境模型

研究将情境空间模型转换为情境感知服务执行模型。一个完整的情境感知服务实现过程包括情境数据获取，情境事件处理、推理与判断，服务选择与提供。其核心问题是对情境的定义以及处理逻辑的描述。对情境感知服务过程进行抽象，抽取若干关键的服务要素并定义要素间的关联关系，建立具有场景视图和情境事件视图的多视图、可执行情境模型。

- 情境事件视图：该视图描述情境数据及其来源，包括情境数据的获取方式，以及情境数据对情境事件的触发关系，如计算约束表达式、逻辑关系、时序关系等，将原始的情境数据映射为情境事件。
- 场景转换视图：该视图描述情境感知服务的业务执行逻辑。包括情境事件对服务过程的驱动关系，如服务场景的描述，场景变迁，服务与场景的绑定等。
- 情境空间模型到可执行模型的转换方法。
- 通过对 XML 语言进行语义扩展，建立可执行的情境模型，为服务发现与组装以及情境感知服务的自动实现奠定基础。

##### 4) 情境感知建模工具、执行引擎的开发与应用验证

基于以上理论研究成果，设计情境感知服务平台的架构，定义其功能，完成情境建模工具、情境执行引擎，以及情境获取中间件等必要组件，支持情境感知服务系统的开发与部署执行。并以社区老人智慧服务的开发为应用背景，验证本课题的研究成果。

#### 技术路线：

本课题将从智慧社区的实际需求出发，重点针对老年人智慧服务的特点，如智能化、实时性、主动服务等，展开理论研究，包括基于情境空间的情境模型、情境感知的主动服务推荐方法、情境感知服务的可执行情境模型等，支持情境感知建模工具、执行引擎及相关中间件的开发，并以一个实际的社区服务为例，完成一个情境感知服务系统的开发，以验证课题的研究成果。课题总体的研究方案如图 1 所示。

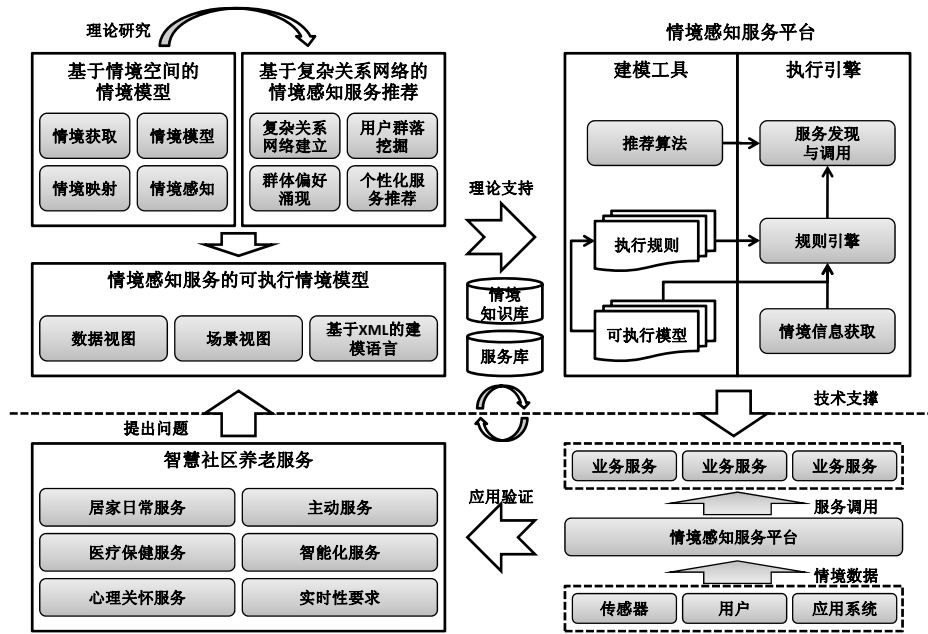


图 1 课题总体研究方案

### 1) 基于情境空间的情境模型

首先利用概念空间理论对应用进行情境建模，定义情境感知应用中的特征维度，即情境属性，建立基于情境空间模型。其次利用 OWL-DL 对情境进行本体建模，建立概念的层次关系。然后将原始的情境数据转化为具有明确含义的属性。情境属性是情境感知应用中对实体某一方面的描述，比如地点、温度、湿度等。情境属性的选取与具体应用相关，要根据系统应用的目标挑选相关的情境属性。在情境属性的基础上提出场景的概念，便于在应用的业务逻辑层面上考虑问题，不用考虑感知层面的问题。

#### 定义1. 情境空间 (CSP: Context Space)

$\Rightarrow = \langle \Rightarrow_1, \Rightarrow_2, \Rightarrow_3, \dots, \Rightarrow_n \rangle$ ,  $\Rightarrow_i$  代表情境感知应用中的某一情境维度的取值范围，情境维度即温度、位置、湿度等。每个情境维度的取值范围，可能是连续的也可能是离散的值。取值类型可能是一个区间、枚举类型，也可能是用户自定义类型。

#### 定义2. 情境属性 (CA: Context Attribute)

定义1中情境空间的每个情境维度称为一个情境属性  $CA = \langle ContextID, ContextValue \rangle$ 。ContextID 代表情境名称，比如位置、温湿度等。ContextValue 代表情境名称对应的值。

#### 定义3. 情境状态 (CS: Context State)

$CS^t = \langle C_1^t, C_2^t, C_3^t, \dots, C_n^t \rangle$ ,  $C_i^t P \Rightarrow_i (1BiBn)$ 。CS<sup>t</sup> 代表在 t 时刻所有情境的取值，可以用来表示在某一时刻时应用环境中各个实体的状态。

#### 定义4. 场景 (Si: Situation)

$S_i = \langle D_1, D_2, D_3, \dots, D_n \rangle$ ,  $D_i T \Rightarrow_i$ ,  $S_i$  称为场景，可以用来刻画某一情境感知应用中用户感兴趣或者重要的场景。 $D_i$  是论域中  $\Rightarrow_i$  值域的子集，即  $D_i T \Rightarrow_i$ 。一种特殊情况，某一场景可能恰好是一个时刻对应的情境状态，比如情境感知应用中的一些临界点可以定义为一个场景，此时情境状态是场景的特殊形式。

#### 定义5. 子场景 (SSi: Sub Situation)

$S_i, S_i'$  是两个场景， $S_i'$  是  $S_i$  的一个子场景： $S_i' PSSi(S_i)$  当且仅当对于  $S_i'$  中的每个情境属性  $D_i'$  都能在  $S_i$  中找到对应的  $D_i$ ，并且  $D_i' T D_i$ 。其中，“对应”指  $D_i$  和  $D_i'$  是同一情境属性。

#### 定义6. 服务 (Se: Service)

一个服务 Se 被定义为一个函数  $3: CS \forall CS'$ 。服务分为两类： $S_{ec}$  和  $S_{ep}$ ， $S_{ec}$  代表能够改变情境空间中某些情境属性的服务； $S_{ep}$  表示不能改变情境空间情境属性的服务。 $Se = S_{ec} \Theta S_{ep}$ 。

#### 定义7. 服务组合 (SC: Service Composition)

由于一个服务是一个函数，则服务的组合可以按照函数复合的方式进行定义：

$$SC = Se_{ck1} \eta Se_{ck2} \eta Se_{ck3} \eta \dots \eta Se_{ckm} : CS \forall CS'$$

#### 定义8. 全局规则 (GRule: Global Rule)

应用领域内共享的基本规则称为全局规则 GRule: IF  $\pm (CS)$  Then (LS) Goal<sub>Si</sub>。其



中,  $\pm$  (CS): 当前情境状态CS满足 $\pm$ 谓词关系; Goal\_Si: 目标场景。LS: 在满足前提 $\pm$  (CS) 下, 系统要求进入Goal\_Si的置信度。

#### 定义9. 场景规则 (LRule: Local Rule)

仅适用于某一场景的规则称为场景规则。形式同全局规则, 只不过规则的作用域限定于某一场景。

#### 定义10. 情境感知服务 (CAWS: Context Aware Service)

结合定义3、5、6、7、9, 将情境感知服务定义为一个映射4:

$$SC (CS) \xrightarrow{GRule, Lrule} SiPSSi (Goal\_Si)$$

即根据全局规则 (场景规则) 利用服务复合将当前情境状态改变满足目标场景的任一子场景。

这样可以将情境感知应用看成一个情境空间, 由多个场景组成 (图2), 每个场景在具体应用中都有其特定的含义, 比如学习场景、娱乐场景、危险场景等, 当用户处于某个场景时, 则仅有该场景对应的规则和全局的规则适用于它, 比如在危险场景下, 娱乐场景下的规则就不适用了。这样做的好处在于能够有效的减少每次推理所使用的规则条目, 提高推理效率。

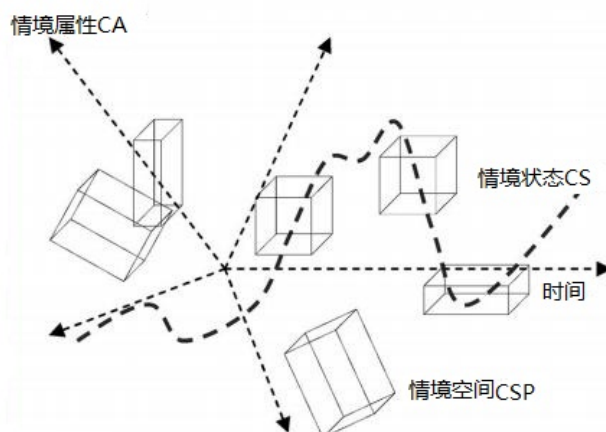


图2 情境空间示意图

### 2) 基于复杂关系网络的服务推荐

在本项目中, 用户、情境、规则、服务等元素之间构成了一个复杂关系网络。这个网络里, 存在着复杂的二元 (如用户-使用-服务, 情境-激活-规则, 等等) 和多元关系 (如用户-在某个情境下-使用-某个服务)。首先, 通过对该网络的建模, 网络的静态结构能够描述多个元素之间的交互关系, 有助于发现元素间的间接关系。

其次, 通过计算各种复杂网络的统计指标 (metrics), 可以揭示元素之间交互的频度等。度中心度 (degree centrality) 可以描述元素在历史交互中出现的次数。例如, 服务—用户网络中服务节点的度中心度刻画了服务被用户使用的总次数; 情境—规则网络中规则节点的度中心度刻画了规则被激活的总次数等。中介度中心度 (betweenness centrality) 描述元素在交互中的关键程度。例如, 服务—服务网络中节点的中介度中心度, 刻画了服务在所有服务组合中的关键程度 (即, 中介度中心度越大, 则更多的服务组合路径都要经过这个节点)。

紧接着, 由于这个网络包含了用户、情境、规则和服务的关系和历史记录, 基于该网络的静态结构和各种指标, 可以对用户进行基于历史的、个性化的、情境感知的服务推荐。

假设  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$  是所有服务的集合,  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$  是用户的集合,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$  是情境的集合,  $W$  是  $U \times C \times S$  上的多重集合, 每一条记录描述用户  $u$  在情境  $c$  下使用了服务  $s$ 。基于以上定义可以计算  $W$  上的频繁集合 (frequent item set), 并进一步计算关联规则 (association rule):  $U \times C \Rightarrow S$  (即, 用户  $u$  在情境  $c$  时, 频繁使用了服务  $s$ )。

### 3) 可执行情境模型

#### 情境感知服务实现过程分析

情境感知服务具有实时、主动、智能等特点, 无需用户提交服务请求, 系统可以根据实时采集的数据自动分析判断用户当前可能的需求, 然后发现适当的服务向用户提供, 其实现过程可以分为如下 4 个主要步骤:

1. 传感器周期的采集物联网环境数据, 数据经过预处理之后提交给服务系统;



2. 服务系统判断采集的传感器数据是否满足预设的业务逻辑触发条件；
3. 当条件满足时，服务系统根据传感器数据和用户信息，选择适合用户的服务；
4. 将服务向用户提供。

上述步骤包含四个关键要素：传感器数据、业务逻辑触发条件、传感器数据与服务的相关关系、以及提供的服务。虽然服务系统的业务逻辑处理基于传感器数据，但是其主动触发条件常常与直接采集的传感器数据无关，而是需要中间概念进行转换。例如位置是情境感知服务中常用的一类传感器数据，触发条件通常是判断对象在或不在某一特定地点。然而，位置传感器采集的数据是位置坐标（GPS）或者标签码（RFID、蓝牙、Wifi 等），这种数据无法直接用于业务逻辑判断，需要被转换成相对位置。为此，我们提出情境概念作为连接传感器数据和业务逻辑触发条件的桥梁，帮助建立传感器数据到服务关联关系。基于上述分析，情境感知服务的核心组成元素可以被划分成传感器数据、情境、事件、场景和服务。情境感知服务模型各组成元素之间的关联关系包括传感器数据-情境映射、情境-事件映射、事件-事件映射、场景-场景映射、以及场景-服务映射。

**定义 11(传感器数据)** 传感器数据  $sd=\langle sensorID, sensorType, dataType, dataValue, frequency, dataSource, description \rangle$ 。其中  $sensorID$  是采集该数据的传感器的标识， $sensorType$  是传感器类型， $dataType$  是传感器数据的类型， $dataValue$  是传感器数据值， $frequency$  是传感器数据的采集频率， $dataSource$  是传感器数据的获取源接口地址， $description$  是对传感器数据的描述。

**定义 12(情境信息)** 情境信息  $cxt=\langle cxtID, cxtType, valueType, cxtValue, cxtSource, description \rangle$ 。其中  $cxtID$  是情境信息的标识， $cxtType$  是情境信息类型， $valueType$  是情境信息取值的类型， $cxtValue$  是情境信息值， $cxtSource$  是情境信息的获取源接口地址， $description$  是对情境信息的描述。

**定义 13(情境事件)** 情境事件  $event=\langle eventID, cxtID, ListenerList, eventSource, description \rangle$ 。其中  $eventID$  是情境事件的标识， $cxtID$  是情境信息标识， $ListenerList$  是情境事件监听者列表， $eventSource$  是情境事件的监听接口地址， $description$  是对情境事件的描述。

当情境信息满足业务含义的逻辑触发条件时，情境事件被生成。事件会被通知给合法的监听者，进而触发后序业务逻辑。通过监听情境事件而非获取用户请求来驱动服务提供是情境感知服务系统的主动服务特征的主要体现。

**定义 14(服务场景)** 服务场景  $scene=\langle sceneID, CxtList, description \rangle$ 。其中  $sceneID$  是服务场景的标识， $CxtList=\langle cxtID, cxtValue \rangle$  是场景包含的情境信息及其取值的列表， $description$  是对服务场景的描述。

**定义 15(服务)** 服务  $service=\langle profile, model, grounding \rangle$ 。其中  $profile$  对服务及其提供者进行描述， $model$  描述服务实现的细节，如功能和过程等， $grounding$  描述服务的访问方法，包括网络协议、消息格式、串行化、传输和编址等。

**定义 16(数据-情境映射)** 数据-情境映射  $fsd \rightarrow cxt$  描述传感器数据值与情境信息值之间的映射关系  $fsd \rightarrow cxt(sensorID, dataValue)=(cxtID, cxtValue)$ ，其形式为约束表达式。

**定义 17(情境-事件映射)** 情境-事件映射  $fcxt \rightarrow event$  描述情境信息值与情境事件之间的映射关系  $fcxt \rightarrow event(cxtID, cxtValue)=eventID$ ，其形式为约束表达式。

**定义 18(场景-场景映射)** 场景-场景映射  $fscene \rightarrow scene$  描述由于情境事件而导致的用户服务场景之间的转换关系  $fscene \rightarrow scene(sceneID)=sceneID'$ ，其形式为情境事件集合。

**定义 19(场景-服务映射)** 场景-服务映射  $fscene \rightarrow service$  描述由于用户所处服务场景与所需提供的服务之间的映射关系  $fscene \rightarrow service(sceneID)=service$ ，其形式概率二元组。

情境感知服务执行模型与情境空间理论模型的映射关系如表 1 所示：

表 1 模型元素映射关系

可执行模型	情境空间模型	说明
传感器数据	情境属性 (CA: Context Attribute)	在情境空间模型中没有给出传感器数据概念
情境信息	情境属性 (CA: Context Attribute)	
情境事件	情境状态 (CS: Context State)	
服务场景	情境空间 (CSP: Context Space), 场景 (Si: Situation), 子场景 (SSi: Sub Situation),	
服务	服务 (Se: Service)	
数据-情境映射	情境属性 (CA: Context Attribute)	场景模型中没有传感器数据
情境-事件映射	情境状态 (CS: Context State), 全局规	



	则 (GRule: Global Rule), 场景规则 (LRule: Local Rule)	
场景-场景映射	全局规则 (GRule: Global Rule), 场景规则 (LRule: Local Rule)、服务 (Se: Service)、服务组合 (SC: Service Composition)、情境感知服务 (CAWS: Context Aware Service)	
场景-服务映射	全局规则 (GRule: Global Rule), 场景规则 (LRule: Local Rule)、服务 (Se: Service)、服务组合 (SC: Service Composition)、情境感知服务 (CAWS: Context Aware Service)	

基于情境感知服务实现过程分析, 以及关键要素和关联关系抽取, 我们拟建立情境感知服务模型 Context-aware Service Model (CASM)。它有两个视图: 情境事件视图 Context Event View (CEV) 和场景转换视图 Scene Transition View (STV)。

### 情境事件视图 (CEV)

CEV 用来定义情境感知服务的静态内容。包括服务相关的情境的定义, 基于情境的事件定义, 以及这些事件之间的关系。

CEV 的主要模型元素和关系的定义如下:

Context =(CxtInfo, Config)

*CxtInfo* 是情境的 ID, 名称, 类型等描述信息。*Config* 是采集该情境的传感器和它们的配置, 即如何通过该配置从传感器获取情境数据。

Event =(EventInfo, Cxt, SubEvent, Condition, Value, Sc, Creator)

*EventInfo* 是查明事件的 ID, 名称, 类型等描述信息。*Cxt* 和 *SubEvent* 是事件的产生源, 包括产生事件的情境以及其他事件。*Condition* 是产生事件的逻辑条件。*Value* 是事件发生时的返回值。*Sc* 是避免访问冲突的安全码。*Creator* 是事件的产生者。

Event create =(Event, Cxt, Condition)

当情境 *Cxt* 满足条件 *Condition* 时, 产生事件 *Event*。

Event inherit =(Event, EVENT, Condition)

当事件集 *EVENT* 满足条件 *Condition* 时, 产生事件 *Event*。

### 场景转换视图 (STV)

STV 用来定义情境感知服务的动态过程。包括场景定义, 场景之间的转换, 以及场景与所需提供服务的关联关系。

STV 的主要模型元素和关系的定义如下:

Scene =(SceInfo, SubSce)

*SceInfo* 是场景的 ID, 名称, 类型等描述信息。一个服务场景可能被划分成多个子场景 *SubSce*。

Scene transition =(OriginalScene, TargetScene, Event)

当事件 *Event* 发生时, 服务场景由 *OriginalScene* 转换到 *TargetScene*。

Service =(SBInfo, Provider, Interface)

*SBInfo* 是服务的描述信息, 具体描述格式详见 OWL-S 中对 Web service 的描述。*Provider* 是服务的提供商。*Interface* 是访问服务的接口。

Service provide =(Scene, Service)

当用户处于场景 *Scene* 时, 情境感知系统会向用户提供服务 *Service*。

### 情境事件生成逻辑

情境事件由 CASA 中的事件生成器生成。情境事件生成的基本原理是, 情境感知服务系统根据情境中定义的配置信息, 周期性的从情境数据接口中获取情境当前的数据值, 该数据值会被送到事件生成器中, 由事件生成器根据情境的当前数据值和情境事件的生成逻辑条件进行判定, 如果逻辑条件被满足, 则生成相应的情境事件。根据情境事件的分类, 情境事件生成包括传感器事件生成和业务事件生成。

传感器事件是指由单一情境所产生的情境事件。传感器事件的生成只需对情境本身的数据值与逻辑条

件进行判定，根据情境数据值的类型以及逻辑条件的表达方式不同，主要采用以下三种判定方法：

- 新值判定  
情境数据值类型为任意类型，当获得一次新的情境数据值时，产生相应事件。
- 值变化判定  
情境数据值类型为任意类型，当获得的新的情境数据值与上一次情境数据值相比，取值发生变化时，产生相应事件。
- 计算表达式条件判定  
当情境数据值满足计算表达式条件时，生成相应事件。  
传感器事件逻辑判定的对象是情境数据，其判定触发的时机是每一次新的情境数据到来时。新到来的情境数据保存在事件生成器的缓存中，传感器事件的缓存为先进先出队列。根据判定逻辑不同，队列长度为 1 或所需的周期。传感器事件的缓存无需清理，采集的数据按照先进先出的方式在缓冲中进行更新。  
业务事件是指由多个情境信息的多个传感器事件所引发的情境事件。相比传感器事件，业务事件在触发对象、触发时机、触发逻辑、缓存内容、缓存更新方面都有所不同，具体区别如表 2 所示：

表 2 业务事件与传感器事件的生成区别

	传感器事件	业务事件
触发对象	情境数据	情境事件
触发时机	新一次数据到来时	相关情境事件产生时
触发逻辑	针对数据值的判定逻辑	针对事件的判定逻辑
缓存内容	若干次情境数据	相关情境事件
缓存更新	先进先出	互斥情境事件更新
缓存清理	不需要缓存清理	不需要清空缓存

与传感器事件相比，业务事件的触发逻辑判断对象是情境事件，业务事件的判定逻辑主要有以下两种：

- 一阶谓词逻辑  
情境事件之间满足一阶谓词逻辑表达式条件。
- 时序逻辑  
情境事件之间满足时序逻辑条件。

由于传感器事件的产生是由传感器采集的情境数据所引起，而各传感器采集数据的周期和时延都不尽相同，因此各个传感器事件的产生时间并不相同。因此，对于业务事件而言，其相关的传感器事件都发生并不意味着这些传感器事件都要同时发生，因此，需要将已发生的相关传感器事件进行缓存。此外，由于情境事件具有时效性，即相同情境的同一传感器所产生的传感器事件并不一直存在，当该情境该传感器产生了新的传感器事件时，旧的事件即告失效，此时，缓存需要进行更新，以保证缓存中的传感器事件都是“最新”的传感器事件。

例如，情境 A 的传感器  $a_1$  所能产生的事件集合为  $\alpha=\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ ，情境 B 的传感器  $b_1$  所能产生的事件集合为  $\beta=\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ ，业务事件  $\theta$  的产生逻辑是  $\theta=(\alpha_1, \beta_2)$ ，即当  $\alpha_1$  和  $\beta_2$  发生时，则产生事件  $\theta$ 。如果收到时序传感器事件序列为  $\langle \alpha_1, \beta_1, \beta_2 \rangle$  时，此时缓存中保存的事件为  $(\alpha=\alpha_1, \beta=\beta_2)$ ，满足事件  $\theta$  的产生逻辑，因此会产生事件  $\theta$ 。如果收到时序传感器事件序列为  $\langle \alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2 \rangle$  时，此时缓存中保存的事件为  $(\alpha=\alpha_2, \beta=\beta_2)$ ，则不会产生事件  $\theta$ 。

#### 4) 情境感知模型与建模工具

CASM 的建模过程即是根据用户的需求设计情境感知服务的过程。首先，CEV 用以定义描述情境感知服务的关键情境以及驱动服务进行的事件；然后 STV 用以建立服务的执行过程。CASM 的建立过程如下所示：

1. 建立 CEV
2. 定义情境：根据用户的服务需求，识别刻画用户服务环境所需的情境。
3. 配置情境：为情境的采集选择传感器，并配置传感器数据获取的接口属性。
4. 定义情境事件：根据用户的需求和已定义的情境，定义由情境所触发的各种事件，建立事件与情境的关联。
5. 编辑事件触发逻辑：编辑情境产生事件所需满足的约束条件。
6. 定义事件关系：如果有事件是由其他事件触发而成，定义这些事件之间的触发关系。
7. 建立 STV
8. 定义场景：对整个服务过程进行分析，将情境感知服务划分成若干个服务场景。



9. 建立场景转换关系：根据 CEV 中的情境事件，定义场景之间的转换关系。
  10. 定义服务：定义各个场景下，用户所需由系统主动提供的各种服务。
  11. 建立场景与服务的关联：将场景与所需提供的服务进行关联。
- 建立的 CASM 模型需要满足一定的约束，以确保模型的正确性。模型的正确性一方面是指建立的每个视图是正确的，另一方面，CASM 的两个视图需要保持一致性。CASM 的正确性约束如下：
- For  $\forall event \in CEV, \exists context \in CEV$  and event is caused by context, or  $\exists$  a set of event EVENT and event',  $event \subseteq EVENT$  and event' is caused by EVENT.
- 对 CEV 中定义的每个事件 event，一定存在已定义的情境 context 或事件集 EVENT，使得事件 event 是由情境 context 或事件集 EVENT 通过满足一定约束条件而触发。
- For  $\forall event \in STV, \exists event' \in CEV$  and  $event' = event$ .
- 对 STV 中的每个事件 event，该事件一定在 CEV 中已被定义。
- For  $\forall scene \in STV, \exists scene', scene'', event', event'' \in STV$  and scene is transformed from scene' by event', and scene can be transformed to scene'' by event''.
- 对于 STV 中定义的每个场景 scene，在 STV 中一定存在另两个场景 scene' 和 scene''，使得场景 scene 可以由场景 scene' 通过某一事件驱动而来，并且可以通过某一事件驱动至场景 scene''。
- For  $\forall service \in STV, \exists scene \in STV$  and service is provided in scene.
- 对于 STV 中的每个服务 service，STV 中必存在某一场景 scene 来提供该服务。

### 5) 情境感知执行引擎与情境感知服务平台

为适应未来大规模的用户需求，定义基于云端的情境感知服务平台。确定平台的架功能及架构，开发关键根据和中间件，包括境建模工具、执情境行引擎、情境获取中间件 DIA、以及其它关键模块，平台结构和主要功能如图 3 所示。

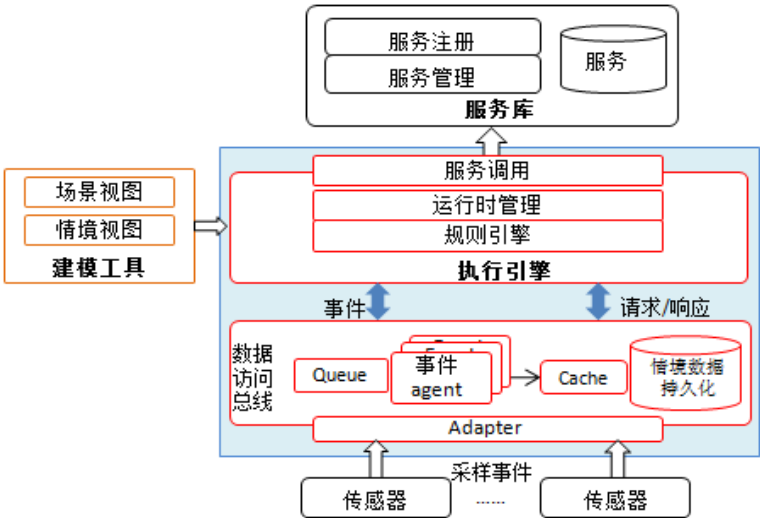


图 3 情境感知服务平台架构

- 情境建模工具：支持场景视图、情境视图，支持模型的导入、导出。
- 情境执行引擎：将基于可执行的情境感知服务模型 CASM 来开发执行引擎。主要功能是模型的初始化、情境推理、模型执行与场景导航、服务推荐与服务调用等。负责运行阶段模型的执行与导航。
- 情境感知服务平台：平台包括建模工具、执行引擎、情境数据采集、情境数据处理、事件处理。将考虑平台的性能约束、可扩展性等特性。
- 应用验证：本课题的成果将直接应用于社区服务中，用于开发实际的社区养老服务系统。并通过实际系统的开发来验证理论研究的成果。

### 年度计划：

年度	研究工作内容	计划产出	时间点
----	--------	------	-----



2013	通过进一步了解国内外的最新动态，跟踪国际上有关情境感知服务的研究前沿	文献综述 1 篇	1-6 月
	对社区养老服务领域的运作流程和服务场景进行调研，归纳需求	调查报告 1 份	3-6 月
	制定详细的研究方案，进一步细化和确认本项目的研究方法和技术路线	研究路线	6 月
	研究基于本体的情境空间模型与建模方法	研究论文 1-2 篇	7-12 月
	研究情境感知服务可执行情境模型的表达语法与数据视图		
	参加国际会议(ICWS、SCC 等)	大会报告	TBD
	年度工作总结及下年度工作安排	进展报告	12 月
2014	进一步研究基于本体的情境空间模型与建模方法，研究情境间的映射关系	研究论文 4 篇	1-11 月
	研究复杂网络模型，建立复杂网络的指标体系与计算模型		1-11 月
	进一步研究情境感知服务的可执行模型的表达语法，完善数据视图，建立场景视图		1-11 月
	研发情境感知服务模型建模工具和服务执行引擎的推理模块	软件	3-11 月
	参加一次国际会议(ICWS、SCC 等)	大会报告	TBD
	年度工作总结及下年度工作安排	进展报告	12 月
2015	继续理论内容的研究	研究论文 1-2 篇	1-10 月
	研发原型系统，进行知识产权申请	专利或软件著作权 1-2 项	1-6 月
	对各项理论研究工作和原型系统进行验证	应用软件	5-9 月
	对验证结果进行评价与分析，并对理论研究与系统开发阶段的结果进行补充修正	技术报告 1 份	10 月
	结题准备	结题报告	12 月

## 研究成果：

### (1) 理论成果

针对基于情境感知的主动服务的关键问题，在基于情境空间的情境模型、基于复杂关系网络的服务推荐、可执行情境模型方面展开研究与探讨，以研究报告和学术论文形式体现理论成果，将在国内外重要学术刊物和国际会议上发表论文 3-5 篇（SCI/EI）。进行 2 次以上的国际会议学术报告。

### (2) 实验成果

开发情境建模工具、情境执行引擎，构建情境感知服务平台，完成软件系统的开发及有关文档(包括设计报告、使用说明书等)，并申请专利 1 项。

### (3) 人才培养

培养硕士生 1-2 人。

## 四、为了进行本课题的研究，课题组已具备的工作基础和实验室条件。

### 1、工作基础

申请者及其所在课题组长期从事软件服务工程、服务计算、情境感知服务、工作流相关的工作，承担了多个国家自然科学基金、863 课题，以及丹麦科技部项目、IBM 中国研究院项目等多项研究课题，在情境感知服务方面进行了多年的研究，在情境建模、情境感知与推理、服务搜索与组装等方面积累了丰富的研究成果。在 IEEE Computer、IEEE Trans. Automation Science and Engineering、IEEE Internet Computing、BMC Bioinformatics、计算机学报、软件学报、ICWS 等期刊和重要国际会议上发表了相关学术论文 30 余篇（其中多篇被 SCI 检索），获得发明专利 1 项，为课题组从事后续研究打下了很好的基础。

**所开展的与本项目有关的主要工作如下：**

(1) 开展情境模型与建模方法研究，提出了基于本体、描述用户行为变化的情境模型，发表相关论文 5 篇；

(2) 在情境推理方面，开展基于描述逻辑、时序逻辑的推理方法，发表相关论文 2 篇。

(3) 在情境信息获取、处理方面发表论文 5 篇。

(4) 在服务搜索与组合方面，进行基于语法、语义、情境的服务搜索、推荐、组合研究，发表论文 10 篇，并基于 863 项目开发完成了一个基于本体的“语义增强服务库”。

(5) 完成了情境感知服务平台原型开发，可以支持情境建模，支持情境感知服务系统的开发和运行，并与北京羊坊店社区展开了合作。

**课题组近年来所承担或完成的相关项目如下：**

- 面向价值的软件服务方法论：理论、方法及应用（国家自然科学基金重点项目，2011.1~2014.12）。
- Services in Context，（丹麦科技部课题，2009.1 ~ 2012.12）
- 基于本体的集成服务系统，（863 项目，2007~2009）
- Context Services for Supporting IoT Application on IBM SaaS Platform，（IBM 中国研究院项目，2010.12~2011.12）
- An investigation for hosted development platforms and tools，（IBM 中国研究院项目，2008~2009）

### 2、工作条件

课题组成员分别来自北京大学软件与微电子学院、信息学院，课题组依托北京大学软件工程国家工程研究中心建设，已具备了国内一流的科研条件和实验环境。课题组主要研究软件服务工程、情境感知服务等，已经获得了多项国家自然科学基金、863 计划、丹麦科技部项目、IBM 大学合作项目、微软合作项目的支持，形成了先期研究条件。本课题组目前已经建立了设备齐全，条件优越的实验环境，并与 IBM 中国研究院、微软亚洲研究院开展合作项目，共建联合实验室，已装备了一批性能优良的软硬件设备。在硬件方面拥有 IBM 小型机服务器 3 套，390 主机一套，工作站 30 套。在软件方面配备有 IBM DB2 大型数据库，并拥有 Rose、RAD/WID、WAS/WPS、ActiveBPEL、protégé 等开发环境和应用服务器，并拥有部分物联网硬件，包括信号检测设备、传感器、网关设备，以及必要的移动网络设备等。北京大学图书馆提供了丰富的图书和文献资料。目前课题组研究队伍配备合理，完全有能力满足本项目的研究和开发需要。



简 表 二

经 费 概 算							单位: 万元人民币
合计	设备费	材料费	计算费	资料费	差旅费	其它	
5	0	1	0	2	1	1	
需 购 置 的 设 备							
名 称			数 量		金 额		
其他经费来源 (120 字以内):							
国家自然科学基金重点项目, 面向价值的软件服务方法论: 理论、方法及应用 (61033005), 起止时间: 2011.1-2014.12。承担单位: 哈尔滨工业大学。北京大学是参加单位之一, 负责子课题“面向服务情境的软件内容与使用方式设计”, 所研究的内容与本课题是互补关系。							

### 简 表 三

课题申请人及主要参加人员发表论文或专著情况表						
序号	时 间	姓 名	本人排名	论文或专著名称	发表刊物（卷期页）或出版社	是否通讯作者
1	2011-12-01	莫同, 褚伟杰, 李伟平, 吴中海, 林慧苹	1	一种基于情境感知事件的主动服务发现方法	软件学报（增刊 2 期：41-51）	是
2	2011-07-04	Tong Mo, Weiping Li, Weijie Chu, Zhonghai Wu	1	An Event driven Model for Context-aware Service	Proceedings of IEEE International Conference on Web Services 2011 (740-741)	是
3	2010-11-01	莫同, 李伟平, 吴中海, 褚伟杰	1	一种情境感知服务系统框架	计算机学报（11 期：2084-2092）	是
4	2010-09-23	Tong Mo, Weiping Li, Weijie Chu, Zhonghai Wu	1	CABS3: Context-awareness Based Smart Service System	Proceedings of The 6th International Conference on Wireless communications, Networking & Mobile Computing	是
5	2010-02-01	Mo Tong, Xu Jingmin, Wang Zhongjie, Ma	1	Service Composition based Software Solution Design: a Case Study in Automobile Supply Chain	International Journal of Service Science, Management, Engineering and Technology (1(2): 19-32)	是
6	2009-11-01	莫同, 王忠杰, 徐晓飞	1	服务模型语义完备性判定方法与语义增强策略	计算机集成制造系统（15(11): 2226-2232）	是
7	2009-04-01	莫同, 徐晓飞, 王忠杰	1	面向服务系统设计的服务需求模型	计算机集成制造系统（15(4): 661-669）	是
8	2009-01-01	Mo Tong, Wang Zhongjie, Xu Xiaofei, Wang Xianzhi	1	A Virtualization-Based Service System Development Method	Journal of Service Science and Management (2(1): 1-9)	是

### 简 表 三

课题申请人及主要参加人员发表论文或专著情况表						
序号	时 间	姓 名	本人排名	论文或专著名称	发表刊物（卷期页）或出版社	是否通讯作者
9	2008-03-01	Mo Tong, Xu Xiaofei, Wang Zhongjie	1	A Service Behavior Model for Description of Co-Production Feature of Services	Enterprise Interoperability III: New Challenges and Industrial Approaches ( 247-260 ), Springer-Verlag	是

简 表 四

课题申请人及主要参加人员的基本情况表										
序号	姓名	出生年月	技术职称	从事专业	工作单位	投入工时 (月/年)	课题中的分工		签名	
1	莫同	1981-07-04	讲师	教师	北京大学	10	项目负责人			
2	褚伟杰	1981-07-08	讲师	教师	北京大学	8	可执行情境模型			
3	张志超	1985-07-20	博士生	学生	北京大学	8	主动服务推荐			
4	高铁鑫	1986-08-28	硕士生	学生	北京大学	10	可执行模型与原型系统开发			
5	周烨	1988-12-04	硕士生	学生	北京大学	10	主动服务推荐与原型系统开发			
总人数		教授		副教授		讲师		博士生	硕士生	其他人员
5		0		0		2		1	2	0
课题申请人简介： 博士，2009年9月获哈尔滨工业大学博士学位，2010至2011年北京大学作博士后。主要研究兴趣包括：软件工程、服务计算、情境感知、数据挖掘、云计算和物联网。参加过多项国际、国家、地方及企业合作项目，包括国家自然科学基金项目4项、国家863项目2项、丹麦合作项目GENIES、欧盟第七框架下项目JANUS、IBM合作项目以及黑龙江省信息服务与服务外包产业发展现状及建议项目。学术成果：在国内外核心期刊和学术会议上发表学术论文10余篇，其中EI收录8篇，ISTP收录2篇。参与发表著作1部。										

申请人承诺：

本人符合高等学校博士学科点专项科研基金新教师类课题的申报条件，申请书内容真实有效。若获得基金资助，我将认真开展相关研究工作，遵守《高等学校博士学科点专项科研基金管理办法》，按要求完成项目的结题工作，在项目结题前在中国科技论文在线（<http://www.paper.edu.cn>）发表 2 篇以上的论文，注明“高等学校博士学科点专项科研基金新教师类资助课题”及项目编号。若申报信息失实或者违反规定，本人愿承担全部责任。

申请人签字：

## 简 表 五

学校学术委员会意见：

该课题研究可执行的情境感知服务模型，包括研究情境感知服务的理论模型和服务推荐关键技术；建立可执行的情境感知模型，开发情境感知引擎与相关中间件，并利用一个实际的社区智慧养老服务体系来验证所研究的理论与方法。课题的主要创新点包括基于事件驱动的通用可执行情境感知服务模型，和基于复杂关系网络的智能服务推荐方法。

随着物联网等相关技术的发展，情境感知服务的研究已经成为一个热点方向。该课题的选题属于该方向的前沿重点问题，立题准确，研究内容具有创新性，研究方案切实可行。该课题工作将填补可执行情境感知模型的空白，推动情境感知服务研究的深入，进而支持社区养老服务的开展。所做的研究具有重要的理论意义和实际的社会意义。

课题负责人具有较强的科研能力，在该方向已取得了具有较高学术水平的科研成果，课题的研究已具备了扎实的工作基础，并有优良的实验条件保障。经学校学术委员会审查，申请书内容真实有效，同意推荐该课题申报博士点基金新教师类课题。

校学术委员会负责人签名：

年      月      日

学校意见：

同意申请

校长（签字）：

学校盖章

年      月      日