

想定驱动的仿真资源发现方法*

蔡 楹, 赵鑫业, 张 鹏, 黄柯棣

(国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

摘要:为解决在云间共享架构的仿真环境下资源的自动发现问题,研究了仿真资源请求的描述方法及相应的资源发现算法,提出了想定驱动的仿真资源发现方法。方法通过扩展的军事想定描述语言表示仿真资源请求,使用双映射三过滤算法实现仿真资源的自动发现。分析表明,仿真想定驱动的资源发现方法可以实现在云间共享架构下仿真运行所需的大量资源的自动发现,并对发现结果具有语用校验功能,对于仿真环境的快速部署具有积极意义。

关键词: 云间共享; 资源发现; 想定驱动; 军事想定描述语言; 双映射三过滤算法; 语用层

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-2486(2012)03-0053-05

Scenario driven resource discovery method

CAI Ying, ZHAO Xinye, ZHANG Peng, HUANG Kedi

(College of Mechatronics Engineering and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In order to achieve automatic discovery of simulation resources in a SAC(Sharing Among Clouds) simulation environment, resource request description method and discovery algorithm were studied, and scenario driven resource discovery method was proposed. By using extended MSDL(Military Scenario Definition Language) as resource request scheme and DM&TF(Double Mapping and Triple Filtering) as resource discovery algorithm, resources for cloud simulation can be automatically discovered. Analysis showed scenario driven resource discovery method was able to automatically discover large numbers of resources needed for a simulation in pragmatic level, which is of great help for rapid configuration of simulation environment.

Key words: SAC(Sharing Among Clouds); resource discovery; scenario driven; MSDL(Military Scenario Definition Language); DM&TF(Double Mapping and Triple Filtering) algorithm; pragmatic level

仿真资源的共享和重用是仿真研究的重要支持技术。随着仿真研究对象的复杂化以及跨地域、跨领域的协作不断深入,资源的共享范围和手段也从最初的局域网内部以文件形式的共享,经由以建模仿真资源库(MSRR)为基础的共享,发展到通过网络服务提供仿真服务的共享模式。近年来以网格和云计算为代表的新型网络计算的兴起给传统的共享模式注入了新的理念,同时也对与之匹配的共享支持技术提出了新的要求。在网络化的仿真资源共享方式下,共享环境呈现出资源数量、类型和来源极端丰富的特点,跨机构协作和共享情况增多,资源的异构概率增大。在这种环境下,资源自动发现技术既是重点也是难点。

以UDDI+WSDL组合的资源注册和发现模式在当前的网络服务发现应用领域占主导地位,但由于其主要基于语法进行匹配搜索,所以难以

保证检索效果。而在研究领域,研究机构对于基于语义的资源发现展开了深入研究,也获得了许多成果,包括DAML-S-UDDI^[1], OWLS-UDDI, OWL-MX^[2], WSMO^[3]。然而以上研究关注的均是对匹配方法的研究,所获得的结果也基于同一个假设:即资源请求能够依照资源表示规范进行表述。而这一点在实际情况中由于种种原因,如需要用户熟悉表述规范,并且耗费大量精力,往往是难以符合要求的。

对仿真而言,考虑到一次实验涉及的资源众多,表述资源请求将是十分繁重又难以保证效果的工作,如果无法解决,势必严重影响资源发现的效率和效果。另一方面,仿真对需求的表述有着天然的优势:仿真模型就是在对研究对象抽象理解的基础上构建的,仿真想定包含了对进行仿真实验所需资源的功能需求和使用语境信息,并且

* 收稿日期:2011-07-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61074108);国家部委基金资助项目(51304102)

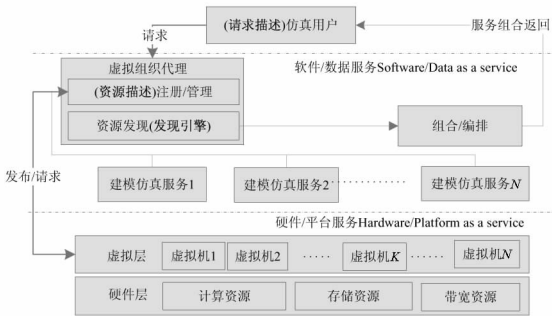
作者简介:蔡楹(1984—),男,江西南城人,博士研究生,E-mail:caiying_cn@126.com

黄柯棣(通信作者),男,教授,博士,博士生导师,E-mail:Huangkedi@nudt.edu.cn

由于这是仿真必要的准备工作也不会增加仿真人员的负担,如果能够将其应用于资源请求的表述将有利于资源发现。基于以上原因,本文以云间共享架构^[4]下的仿真资源发现为研究对象,主要研究了仿真实定驱动的资源发现方法,提出了基于扩展 MSDL 的资源请求表示规范,并在此基础上提出了双重映射和三重过滤的资源发现算法。

1 云间共享仿真环境中资源发现的问题分析

云间共享是一种集成网络和云计算思想的混合共享模式^[4]。它基于云计算的思想,将资源以服务的形式按需提供给用户,并借鉴网格中虚拟组织的理念实现仿真服务的共享。共享环境中计算相关的服务和应用相关的服务分离,从而仿真服务可以在不同的计算云、存储云之间动态迁移。共享环境中资源通过注册和发布实现资源的共享,虚拟组织代理管理资源的注册和发现,共享架构如图 1 所示。



对消息理解的一致性,而语用互操作保证了消息接受方能够按照发送方的意图进行操作。三者的互操作能力依次提高,实现难度也逐渐加大。在云间共享架构中计算服务和仿真服务是分离的。计算类型服务的资源发现由于关注点不同(更加侧重于定位、动态特性和服务质量),通常在语法层或者通过简单的语义即可实现,这在网格和云计算领域已有许多成果^[3,6-7]。而仿真服务侧重于发现合适可用的功能,需要在语用层次判别服务的匹配性,两者的研究是正交的,后者是本文研究的重点。

语用发现是在一定语境下进行语义识别和匹配,其中语境的提供是实行语用发现的前提。然而由于语境包含在资源请求中,通常由资源提供方提供,而用户的描述千差万别往往难以合理描述出语境,同时也难以保证资源发现模块能对用户的请求描述做出正确的理解。另一方面,想定是对其包含的元素状态和随后行动规划的特定描述,不仅包含了仿真运行所需模型的需求信息,也对使用语境和条件进行了描述和限制,利用描述规范的想定支持语用层次的仿真资源自动发现具有可行性。

2 基于想定的资源请求规范化描述

在资源网络化共享的建模仿真环境下,想定的开发与资源/模型的开发通常是分离的。如果想定的格式不规范,描述的内容不充分,那么不能保证资源请求信息的完整性,从而也就不能保证资源发现的合理性,因此规范的想定是作为仿真资源请求描述的基础。军事想定描述语言(Military Scenario Definition Language, MSDL)正是基于想定的重用和互操作而提出,由仿真互操作标准组织产品开发组开发,并被标准化的想定规范。

2.1 MSDL 规范分析

MSDL 是一种基于 XML 的军事想定语言规范,目的在于为建模与仿真组织提供验证和载入军事想定的通用机制,并促进联邦仿真的想定一致性^[9]。

MSDL 规范设计为多层的可扩展结构,顶层主要包括 9 大组件,其中:ScenarioID 用于标识想定;Options 用于选择想定中使用的标准和数据模型;Environment 用于描述想定中相关环境的概要信息;ForceSides 用于描述作战派别和军事力量信息;Organizations 用于描述任务或想定相关的组织和装备;Overlays 用于管理控制措施描述的情

图 1 云间共享仿真环境资源共享架构

Fig. 1 Resource sharing and discovery architecture in SAC based simulation environment

当仿真用户向系统发出资源请求时,代理的资源发现模块将请求信息解析后与已注册的服务信息进行匹配,并将匹配程度最高的资源信息返回给仿真用户。因而资源发现主要研究的是资源的注册信息对资源请求信息的匹配和满足情况,需要解决的问题主要包括 3 个部分:注册资源如何描述、资源请求如何表述、以及资源发现引擎的设计和实现。其中:注册资源的描述由资源提供方负责,需要提供资源的功能、性能、接口、使用前提等有助于资源发现的信息;资源请求由用户进行表述,用于描述用户对资源的需求信息;资源发现引擎由仿真虚拟组织代理负责。三者松散耦合,三方的互操作是进行资源发现的基础。

在协同环境下互操作可分为 3 个层次:语法层、语义层和语用层^[8]。其中语法互操作保证了消息被接受和解析,语义互操作保证了操作双方

报信息;Installations 用于说明任务或想定相关的特定装配信息;TacticalGraphics 用于描述军事想定的控制措施;MOOTWGraphics 用于描述与想定相关的非战争军事行为。

MSDL 组件的语义关系如图 2 所示。资源发现所需的仿真运行相关模型需求信息主要包含在 Organizations 组件中,分为 Units 和 Equipments 两部分。MSDL 通过 Enumerations 将 Unit 或 Equipment 与特定的模型建立关联。Units 定义了想定的作战单元,包括资源的唯一标识(ObjectHandle)、类别信息(SymbolIdentifier)、关系(relation)、资源描述细节(UnitSymbolModifier)以及粒度和聚合情况信息(Model)。Equipment 定义了想定中所有的装备信息,结构和 Units 类似,在此不再赘述;模型的交互定义主要包含在 Overlay 组件中,TacticalGraphics 组件通过子组件 Owner 和 AssociatedOverlays 将作战派别与相应的管理措施层绑定,实际也就是指定单元/装备所属的交互类。此外,MSDL 规范还引用了其他规范作为语义互操作的补充说明,可以充分保证语义上进行互操作^[9]。

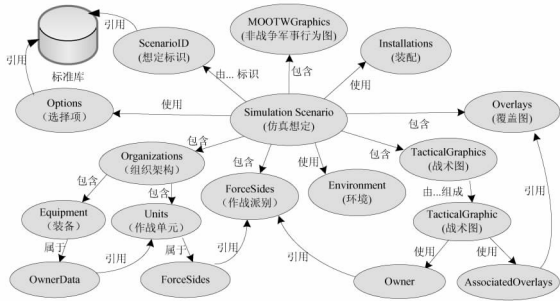


图 2 MSDL 组件语义关系

Fig. 2 MSDL elements semantic relation

然而,想定信息并不能独立完成从想定输入到仿真运行的转化,需要增加必要的运行配置信息,才能实现整个转化过程的自动进行。因此,为实现云计算仿真环境中从想定输入到仿真执行的自动化,有必要对 MSDL 规范进行扩展。

2.2 基于扩展 MSDL 的资源发现请求规范

传统的仿真过程从想定到仿真执行需要经历 5 个阶段:想定开发(领域专家)、仿真想定生成(仿真专家)、仿真脚本生成、仿真资源配置(仿真实验管理),最后才能运行。从仿真想定到仿真脚本转化的过程就是资源固化的过程,模型被挑选出来并通过索引信息绑定。但实际这是建立在仿真体系架构和运行相关的标准已经确定的基础上的。因此,要实现在云间共享的仿真环境中资源与索引绑定的自动进行,需要增加运行信息的

定义。

资源发现请求基于 MSDL 扩展的规范,如图 3 所示。

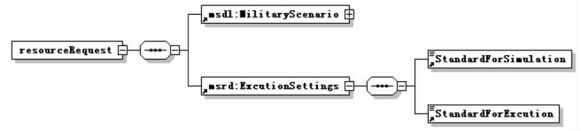


图 3 基于 MSDL 扩展的仿真资源请求规范

Fig. 3 Extended MSDL for simulation resource request

资源发现请求规范包含 2 个顶层组件:msdl: MilitaryScenario 和 msrd: ExecutionSettings。其中前者为 MSDL 规范,后者为基于 MSRD (Modeling and Simulation Resource Discovery) 仿真运行信息规范。运行信息规范包含 StandardForSimulation (仿真执行标准)和 StandardForExecution (运行相关标准)两个基本组件,并允许扩展其他可选信息,如仿真平台,但扩展部分需引用标准文档并添加必要语义信息。举例来说,进行一次仿真可以选择仿真的标准为 HLA 1516,根据对计算性能的要求申请 4 个节点 CPU,单节点 CPU 为双核 2.8GHz。

仿真标准的确定有利于仿真人员对仿真执行的控制,同时也能够缩小资源搜索范围。运行标准则保证了仿真运算执行的性能,同时也是云计算按需获取资源思想的体现。从而,基于扩展的 MSDL 已经包含了仿真资源发现的必要信息,可以作为资源发现请求规范。

3 想定驱动的资源发现

本文以 OWL-S (Web Ontology Language for Services) 为资源描述规范,以扩展的 MSDL 为资源请求规范,研究想定驱动的资源发现。首先对网络共享仿真环境下资源匹配进行定义。

3.1 仿真中资源发现的匹配定义

由于通过资源发现获得的资源将直接配置用于仿真实验,部分匹配将视为匹配失败,也即认为经典的服务匹配分类^[11]中的“包含相似(subsume)”与“不相似(fail)”对于仿真系统等效。为此,本文将仿真中资源匹配分为 3 类模式,具体定义如下:

1) 精确匹配: $output(A) =$

$output(R) \parallel output(R) \text{ subclass of } output(A)$

2) 插件式匹配: $output(A) \text{ subsumes } output(R)$

3) 不匹配:不属于以上两种匹配范畴,则失败。

其中 A 代表发布的资源, R 代表服务请求, $output$ 代表资源接口的输出。当发布资源的输出和请求的输出等价时为精确匹配;当请求输出是发布输出的邻接基类(subclass)时,同样判断为精确匹配。当发布输出包含请求输出时,判断为插件式匹配。当不属于精确匹配和插件式匹配时,判断为不匹配。匹配程度为:精确匹配 > 包含性匹配 > 不匹配。

举例来说,联合作战部队包括陆军、海军、空军和二炮。设 $output(A) = \text{联合作战部队}$:

若 $output(R) = \text{联合作战部队} = output(A)$, 那么判断对资源 A 和请求资源 R 精确匹配;若 $output(R) = \{\text{陆军、海军、空军和二炮}\}$, 也即 $output(R)$ subclass of $output(A)$, 仍然判断为精确匹配;若 $output(R) = \text{陆军}$, 那么 $output(A)$ subsumes $output(R)$, 判断为插件式匹配。而如果 $output(R) = \text{联合作战部队}$, 而 $output(A) = \text{陆军}$, 判断为不匹配。

3.2 DM & TF 匹配算法

根据资源发现的需求,通过双重映射和三重过滤(Double Mapping & Triple Filtering method, DM & TF)实现资源发现,步骤如下:

1) 本体映射。为实现想定开发者与资源发现系统的互操作,必须确保操作双方在一致理解的基础上进行。将基于扩展 MSDL 规范的想定文件输入系统由想定解析器解析,通过本体间(想定开发本体至资源描述本体)映射,将想定对资源的需求信息映射成为资源描述本体表述的请求。

2) 语法层过滤。资源请求信息发送至资源注册中心,对领域、类别、功能等基本信息以及 IO 接口进行语法过滤。对前者的匹配涉及的 MSDL 描述参数包括: Operations 组件中的 Units/Equipment 子组件包含的 (Units/Equipment) SymbolModifiers 类和 Resolution 描述;对 IO 接口的语法匹配主要对参数个数和数据类型进行匹配,涉及的 MSRD 描述参数包括 StandardForSimulation 和 StandardForExecution。

3) 语义层过滤。语法层过滤后的结果进行 IO 接口语义匹配和过滤。涉及的参数包括 Unit 单元的 ForceSideHandle 关联的 Overlays 交互信息。

4) 语用层过滤。对语义过滤的结果在语用层次进行验证。主要在战术层检验想定中战术包含的组件能否实现预定功能。涉及的 MSDL 描述参数包括: TacticalGraphics、Overlays 和

Organizations。

5) 对通过检验的结果根据综合相似度从高到底进行排序,将想定中定义资源的 ScenarioID → UUID 属性映射到相似度最高的资源对应的使用关联信息(grounding)。最后将映射结果发送到共享环境的虚拟组织代理以供仿真实验使用。

3.3 系统设计与应用

构建仿真资源发现系统如图 4 所示。

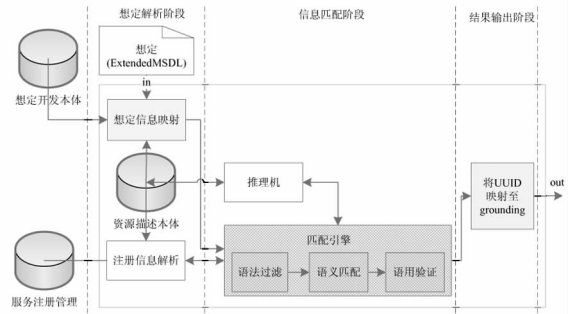


图 4 仿真资源发现架构

Fig. 4 Simulation resource discovery architecture

系统主要包括 3 个部分:外部输入、解析器和资源匹配引擎。其中,外部输入包括想定输入以及注册资源信息输入,解析器包括想定信息解析器、注册信息解析器以及资源描述本体,资源匹配引擎包括语法过滤器、语义过滤器、语用过滤器和推理机。资源发现通过想定解析、信息匹配和结果输出 3 个阶段完成。

3.4 应用举例

1) 准备

选择 SISO 提供的 SampleMSDL^[10] 为想定样本,配置项 StandardForSimulation 选择 HLA,生成仿真资源请求。备选资源基于 OWL-S 描述,资源描述本体根据 MSDL 本体进行开发和扩展。

2) 步骤

(a) 本体映射。由于资源描述本体与需求表述本体一致,故本步骤可跳过;

(b) 语法过滤。提取其中的 Unit 和 EquipmentItem 信息用于模型需求信息描述。以 Unit 为例:提取 Unit 项请求信息,对 UnitSymbolModifiers 类(类别信息),Resolution 属性(粒度信息)与发布资源信息进行匹配,过滤语法不匹配资源,返回发布资源与请求资源语法相似度;

(c) 基于语义的过滤。提取 Unit (EquipmentItem) 的交互信息。以 Unit 为例查找 Unit 所属交互层:通过 Unit → ForceSideHandle 获得所属的作战派别,在 TacticalGraphics 组件中搜

索 ForceOwnerHandle 属性等于 ForceSideHandle 的选项,并查找该项的 AssociatedOverlays 信息,通过索引到 Overlays 相应的条目即可获得相应的交互信息。提取交互信息的 IO 语义信息与发布资源进行匹配,过滤语义不匹配的资源,返回发布资源与请求资源的语义相似度;

(d)基于语用的过滤。提取 TacticalGraphics 组件的 ForceSideHandle 和 OverLayHandle,遍历 Organizations,找出 ForceSideHandle 包含的 Unit 和 EquipmentItem,基于 TaskSymbolModifiers 类信息通过推理机对结果组合进行校验,过滤其中不匹配的资源组合,返回资源组合的语用相似度。

(e)资源映射。将相似度排名最高的一组结果返回,将 Organizations 组件中的 UUID 属性映射到资源描述对应的 grounding,返回映射结果。

3) 结果

实验返回综合匹配最高的一组(760个)资源集合,对应于想定样本中的212个Unit和548个EquipmentItem。

4 结 论

本文提出了想定驱动的仿真资源发现方法,通过扩展 MSDL 规范作为资源发现请求规范,基于 DM&TF 算法实现语用层次上的资源发现,具有以下优点:

1)仿真实想定包含了仿真实验所需的资源(模型等)的需求描述,可以实现一体化的资源搜索,而不需要对每个资源进行单独请求和搜索,返回的资源组合是全局最优的结果;

2)资源匹配基于统一的搜索标准,返回的资源之间能够按想定的交互要求实现互操作;

3)想定信息可以帮助从语用层次上校验搜索结果;

4)整个过程可以自动完成。

综上所述,想定驱动的仿真资源发现方法具有可行性。由于方法的效果与语用层的本体和推理相关,应用于实际系统还需要对发现本体和推理知识库进一步完善。

参考文献(References)

- [1] 张童,刘云生,查亚兵.基于本体的仿真服务定制与组合[J].国防科技大学学报,2007,29(4):105-109.
ZHANG Tong, LIU Yunsheng, ZHA Yabing, An ontology based simulation service customization and composition [J]. Journal of National University of Defense Technology, 2007, 29 (4): 105 - 109. (in Chinese)
- [2] Matthias K, Benedikt F, Katia S. Automated semantic Web service discovery with OWLS-MX [C]// AAMAS 2006, Hakodate, Japan: 915 - 922.
- [3] Keller U, Lara R, Lausen H, et al. Automatic location of services[C]//Proceedings of the 2nd European Semantic Web Conference, LNCS 3532, 2005.
- [4] 蔡楹,杨妹,黄柯棣.基于混合模式的仿真资源共享[J].系统仿真学报,2011,23:89-93.
CAI Ying, YANG Mei, HUANG Kedi. Resource sharing architecture for simulation based on hybrid pattern[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23:89 - 93. (in Chinese)
- [5] Tamani E, Evripidou P. A pragmatic methodology to Web service discovery [C]// ICWS 2007, Salt Lake City, Utah, USA: IEEE Computer Society, 2007: 1168 - 1171.
- [6] Vozmediano R M. A hybrid mechanism for resource/service discovery in Ad-hoc grids [J]. Future Generation Computer Systems, 2009, 25, 717 - 727.
- [7] Katagiri T, Kise K, Tangpongprast K, et al. A time-to-live based reservation algorithm on fully decentralized resource discovery in grid computing [J]. Parallel Computing, 2005, 31: 529 - 543.
- [8] Zeigler B P, Fulton D, Hammonds P. et al. Framework for M&S based system development and testing in net-centric environment[J]. ITEA Journal, 2005, 26(3).
- [9] SISO. Standard for: Military scenario definition language (MSDL), SISO-STD-007-2008 [S/OL]. http://www.sisostds.org/digitalLibrary.aspx?command=core_Download&EntryId-29782 last access June 10, 2011.
- [10] SISO. SampleMSDL [DB/OL]. http://www.sisostds.org/digitalLibrary.aspx?command=core_Download&EntryId-31559 last access June 10, 2011.
- [11] Paolucci M, Kawamura T, Payne T, et al. Semantic matching of web services capabilities [C]// Proceedings of the First International Semantic Web Conference. Sardinia: Springer-Verlag, 2002: 333 - 347.