

文章编号: 1001-2486(2011)04-0157-06

## 基于行为约束的军事信息服务描述及过滤方法\*

于晓浩<sup>1,2</sup>, 罗雪山<sup>1</sup>, 胡丹<sup>2</sup>, 吕翔<sup>1</sup>

(1. 国防科技大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073;

2. 空军工程大学电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘要:** 针对传统服务描述模型无法对军事信息服务中服务的使用权限、适用范围等非功能约束信息进行全面、标准化描述的问题, 扩展已有 web 服务通用描述模型, 提出了一种基于行为约束的军事信息服务描述模型, 以全面支持军事信息服务功能、行为约束和服务质量的描述。在此基础上采用分层匹配思想, 在服务发现过程中引入相似度和匹配算法, 对行为约束的相似性进行量化计算, 提出基于行为约束的服务过滤, 从而提高军事信息服务发现的查准率和查询效率。通过实例分析和仿真实验证明方法的可行性和有效性。

**关键词:** 服务描述; 服务过滤; 军事信息服务; 行为约束

**中图分类号:** E89 **文献标识码:** A

## A Behavior Restriction Based Description and Filtering Method for Military Information Services

YU Xiao-hao<sup>1,2</sup>, LUO Xue-shan<sup>1</sup>, HU Dan<sup>2</sup>, LYU Xiang<sup>1</sup>

(1. College of Information System and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. Telecommunication Engineering Institute, Airforce Engineering Univ., Xi'an 710077, China)

**Abstract:** Traditional service description model cannot completely and normally describe military information services' non-functional restrictions, such as service using right, service using scope and so on. Aimed at this problem, a behavior restriction based description method that extends the common web service description model was proposed to support the description of the functionality, behavior restrictions and QoS attributes of military information services. By adopting level based matching idea, a behavior restriction based filter method was provided. The method imported similar degree and matching arithmetic to compute the similarity of restrictions quantificationally to improve the precision and efficiency of service discovery. Case analysis and simulation results testify the feasibility and effectiveness of the method.

**Key words:** service description; service filtering; military information service; behavior restriction

复杂多变的战场环境, 要求系统具有方便的动态集成能力, 能够提供在多种战斗损伤条件下, 发挥完好设备最大效能的重建能力。现阶段, SOA/Web 服务思想以其松散耦合、支持应用系统高效整合和业务流程按需应变等特点有效地解决了系统功能复用和异构系统间的信息交互问题, 正在成为推动系统综合集成的强大力量<sup>[1]</sup>。美军的全球信息栅格(Global Information Grid, GIG)已开始研究采用 SOA 体系结构, 通过开发网络中心企业服务(NCES)<sup>[2]</sup>, 实现对上层各种军事业务应用提供支持, 并最终实现网络中心化跨系统的信息共享及军事应用的系统集成。

要实现基于服务的信息系统集成, 发现合适

的服务是重要前提, 而服务的描述和匹配方法是解决服务发现的两个关键问题。近年来, 商业领域有关服务的描述和匹配方法发展迅速, 并形成了比较成熟的理论和规范<sup>[3-6]</sup>, 目前比较通用的服务描述模型为  $WS = \{S, C, P\}$ , 其中  $S$  是基本描述, 即服务名称和文本描述;  $C$  是服务功能描述, 主要包括服务的输入、输出、前置条件和结果等;  $P$  是属性描述, 主要为服务的 QoS 信息, 包括代价 (cost)、响应时间 (time)、信誉 (reputation) 等<sup>[3]</sup>。上述描述模型并不能全面地描述军事信息服务:

(1) 军事信息系统中服务的调用和组合与服务请求者的等级、权限, 服务适用范围, 服务执行

\* 收稿日期: 2010-12-20

基金项目: 国家省部资助项目, 国家自然科学基金资助项目(71071160)

作者简介: 于晓浩(1981—), 男, 博士生。

上下文环境等约束信息密切相关。例如某雷达提供的某区域来袭目标航迹服务,该服务是否可用与请求者的权限、雷达的覆盖范围、部署位置等有关,已有的服务描述方法主要在服务的文本说明中描述这部分信息,不利于服务的发现。

(2)军事信息系统中的服务不仅需要描述服务本身的 QoS 信息,还需要描述服务的效能指标。已有的方法只注重服务的执行时间、服务执行成功概率等服务本身 QoS 指标的描述,而没有服务效能指标的描述,如该服务所提供的目标航迹精度、目标发现概率等。如上文中雷达提供的目标航迹服务,如果该服务提供的目标航迹精度很低,那么即使服务本身的 QoS 很好,该服务的可用性依然很低。可以看出已有的服务描述方法在描述军事信息服务时会丢失大量关键信息,这必然会影 响军事信息服务发现的效率和成功率,增加服务发现的成本。

### 1 基于行为约束的军事信息服务描述模型

服务是封装了一定业务逻辑的、完成一定功能的处理单元。服务的描述信息是发现和绑定到具体服务的基础。目前,尚没有针对军事信息服务详细的描述模型。文献[4]在服务的前置条件和后置条件中对服务的约束信息进行了描述,并基于语义的方法研究了其相似度计算算法,但其对约束信息的描述只是对有关概念的简单罗列,逻辑表达能力不强。文献[6]采用描述逻辑的方法描述服务的行为约束信息,但其建模和推理过程复杂,不利于服务的发现。由于应用领域的不同,上述文献中的约束信息均不能有效解决军事信息服务描述中存在的问题。本文结合军事应用对已有的服务描述模型进行了扩展,并给出了以下定义。

**定义 1** (军事信息服务行为约束信息)为保

证服务的合理执行,服务提供者根据作战任务特点施加于服务上的一些约束,这些约束通过服务的输入、输出无法反映出来,是服务的非功能属性,例如服务调用的权限、服务应用的范围等。

**定义 2** (基于行为约束的军事信息服务描述模型)一个军事信息服务描述模型可以用一个四元组  $WS = \{S, C, P, R\}$  表示,  $S$  和  $C$  分别为服务的基本描述和功能描述<sup>[4]</sup>,  $P$  为服务的质量模型(定义 3),  $R$  为服务提供者行为约束模型(定义 5)。

**定义 3** (服务质量模型)服务质量模型  $P = \{Q, P, E\}$ ,其中  $Q$  为服务的通用质量指标,如执行时间、成功率等;  $P$  为服务的性能指标,如前文中目标航迹服务的更新频率、延时等;  $E$  为效能指标,如针对具体目标,目标航迹服务所提供的航迹精度、目标发现概率等。具体内容见文献[7]。

**定义 4** (服务行为约束模型)描述了服务请求者和提供者之间为实现基于等级、权限、服务执行上下文等行为约束信息而建立的约束规则,分为提供者行为约束模型(定义 5)和服务请求者行为约束模型(定义 6)。

**定义 5** (服务提供者行为约束模型)服务提供者对服务请求者提出的能力要求及其对自身具备的行为能力的描述。记为  $R = \{ \langle Ap, Ar \rangle \mid Ap \subseteq A, Ar = \bigcup_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m t_{ij}, t_{ij} \in A \}$ 。  $A$  为上层行为约束本体。  $Ap$  为服务提供者可以提供的服务行为能力,  $Ar$  为服务请求者应具有的能力,  $t_{ij}$  表示  $R$  中第  $i$  个元素对应的  $Ar$  中第  $j$  个概念约束。

**例 1** 在战场信息传输中需要用到图像信息传输服务(ImageTransmitService),假设该服务能传输任意格式的图像信息,即输入、输出(IO)类型皆为图像文件。设上层行为约束本体 Thing 的概念类关系如图 1 所示,应用定义 5 给出的描述,假设

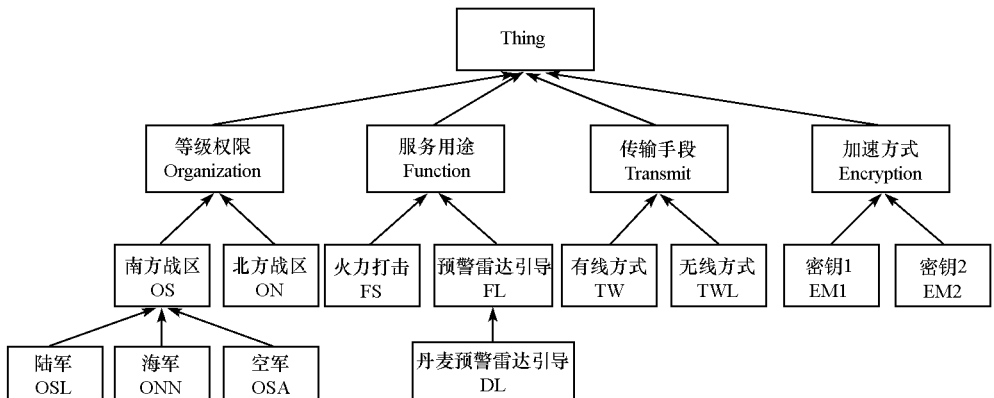


图 1 上层约束本体:Thing  
Fig.1 Restriction ontology of upper level:Thing

ImageTransmitService 的提供者行为约束模型为  $\{ \langle \{ EM1, TWL \}, FS \wedge OSA \rangle, \langle TW, OSL \rangle \}$ , 则表示该服务在两种情况下可提供图像传输服务, 第一种情况是如果服务请求者请求服务的用途为火力打击(FS)且经过南方战区空军司令部授权(OSA), 则 ImageTransmitService 采用密钥 1(EM1)的无线方式(TWL)传输图像信息; 第二种情况是如果服务的请求者经过南方战区陆军司令部授权(OSL), 则为用户提供有线方式(TW)的图像传输服务。

基于行为约束的军事信息服务描述模型, 在原有通用服务描述模型的基础上进行了扩展, 因此原有的基于服务输入、输出的服务匹配方法依然适用; 另一方面, 新的描述模型有效体现了军事应用的特点, 能全方位描述服务, 具有良好的开放性和可扩充性。

**定义 6** (服务请求者行为约束模型) 服务请求者对服务提供者应具备能力的要求及其自身可提供能力的描述。用  $Q = \{ \langle Q_r, Q_p \rangle \mid Q_r = \bigcup_{i=1}^n t_{ij}, Q_p \subseteq C, t_{ij} \in C \}$  表示。  $Q_r$  为服务请求者可以提供的能力,  $Q_p$  为所需服务的提供者应具备的能力,  $t_{ij}$  表示  $Q$  中第  $i$  个元素对应的  $Q_r$  中第  $j$  个概念约束,  $C$  为上层行为约束本体。

**例 2** 以例 1 中的上层行为约束本体为例, 假设服务请求者行为约束模型为  $\{ \langle FS \wedge OSA, \{ EM1, TWL \} \rangle \}$ , 则表示服务请求者需要一个采用密钥 1(EM1)支持无线方式(TWL)传输的服务, 且服务请求者本身具有火力打击能力(FS)并经过南方战区空军司令部的授权(OSA)。按照上述描述例 1 中的 ImageTransmitService 服务的行为约束模型恰好能匹配该用户的请求。

## 2 基于行为约束的服务过滤

### 2.1 服务过滤在服务发现中的地位

在 SOA 架构中, Web 服务发现就是根据请求者提供的服务功能需求, 查找最匹配需求的的服务的过程。由于传统服务描述模型描述军事信息服务的不全面, 会造成已有的针对服务的输入、输出等信息的服务发现方法, 在发现军事信息服务时查准率低、查询效率不高。针对以上情况, 本文提出通过基于行为约束的服务过滤, 实现服务的有效发现, 其基本思想分为三个层次: 首先, 基于本文提出的行为约束信息, 计算服务提供者行为约束模型与服务请求行为约束模型之间的相似度,

过滤掉与服务请求行为约束无关的服务, 缩小服务查找范围; 其次, 在未被过滤掉的服务中, 根据输入匹配度、输出匹配度等服务功能信息找出匹配用户需求的服务; 最后, 将满足用户需求的服务根据其 QoS 模型进行排序, 从而满足不同用户的需求。上述匹配方法是一个逐步精化的过程, 各层次间所采用的匹配算法可以是相互独立的, 本文将重点对第一层进行研究。

### 2.2 行为约束的相似度计算

文献[8]将概念的匹配度划分为四个等级: 完全匹配(Exact)、插拔匹配(Plugin)、包含匹配(Subsume)、匹配失败(Fail)。其算法如图 2 所示

```

算法 1:
degreeOfMatch(outR, outA):
    if outA = outR then return exact
    if outA subsumes outR then return plugin
    if outR subsumes outA then return subsumes
    otherwise fail
    
```

图 2 算法 1 框图

Fig.2 Arithmetic 1

参数说明:  $outR$  表示用户请求的输出,  $outA$  表示服务提供的输出。上述四种匹配等级存在如下关系:  $Exact > Plugin > Subsume > Fail$ 。“>”表示匹配精确度依次下降。

由于军事信息服务行为约束中的概念隶属于不同的集合(这些集合包括  $Ap$ 、 $Ar$ 、 $Qp$  和  $Qr$ ), 如例 2 的请求者行为约束模型中, 其  $Qp$  包含  $EM1$  和  $TWL$  两个概念。在此需要说明这些概念与算法 1 中  $outR$ ,  $outA$  之间的对应关系。如果计算的是行为约束模型中提供者具备的能力(即定义 5 中  $Ap$  包含的概念和定义 6 中的  $Qp$  包含的概念), 则  $outR$  为  $Qp$  中的概念,  $outA$  为  $Ap$  中的概念。如果计算的是行为约束模型中请求者具备的能力(定义 5 中  $Ar$  包含的概念和定义 6 中的  $Qr$  包含的概念), 则  $outR$  为  $Ar$  中的概念,  $outA$  为  $Qr$  中的概念。该参数分配与算法 1 中给出的参数说明是一致的, 因为, 从行为约束的定义可以看出,  $Ap$  反映的是服务提供者可提供能力的输出, 而  $Ar$  实为服务提供者对服务请求者能力的请求(即  $Ar$  是请求,  $Ap$  是提供), 同样作为请求者行为约束来说, 既有用户请求的输出( $Qp$ ), 又有用户提供能力的输出( $Qr$ )。

需要进一步说明的是算法 1 中概念之间的包含关系(subsume)。假设某服务的提供者行为约束中  $Ap$  只有图 1 给出的  $FL$ (即预警雷达引导)这

一项,服务请求者行为约束中  $Q_p$  只有  $DL$ (即丹麦预警雷达引导)这一项,由图 1 的个体概念关系可知  $FL \text{ subsume } DL$ ,则  $\text{degreeOfMatch}(Q_p, DL, A_p, FL) = \text{plugIn}$ ,从服务用途的角度看,如果某雷达提供的目标航迹服务可以用来引导预警雷达,则

$$\text{Sim}(outR, outA) = \begin{cases} 1 & \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{exact} \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2(\text{distance}^2(outR, outA) + 1)} & \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{plugIn} \\ \frac{1}{2(\text{distance}^2(outR, outA) + 1)} & \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{subsumes} \\ 0 & \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{fail} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中  $\text{distance}(outR, outA)$  为  $outR$  与  $outA$  之间的语义距离(实际上为个体概念间的距离),语义距离计算方法如式(2)所示。从式(1)可以看出,概念间距离越大,相似度越低;距离越小,相似度越高。同时插拔匹配(Plugin)的相似度在  $[0.5, 1]$  区间,包含匹配(Subsume)的相似度在  $[0, 0.5]$  区间。

$$\text{distance}(outR, outA) = \frac{\text{depth}(outR) + \text{depth}(outA)}{2\text{depth}(LCA(outR, outA))} \quad (2)$$

式(2)中  $LCA(outR, outA)$  表示  $outR$  和  $outA$  两个个体概念节点共同祖先中深度最深的祖先节点。 $\text{depth}(outR)$  为概念  $outR$  的深度。则图 1 中  $\text{distance}(\text{Organisation}, \text{Function})$  为无穷大,因为  $LCA(\text{Organisation}, \text{Function}) = \text{Thing}$ ,而  $\text{Thing}$  为根节点,  $\text{depth}(\text{Thing}) = 0$ 。以图 3 中不同指挥单元在个体概念树中的位置为例,  $\text{distance}(\text{军属雷达旅}, \text{师属雷达团}) = (7 + 8)/2 \times 6 = 1.25$ ,  $\text{distance}(\text{师防空指挥所}, \text{师属雷达团}) = (7 + 8)/2 \times 7 = 1.071$ 。可以看出式(2)体现了关系越密切的节点其距离越近,且随着深度变深,概念节点的距离也会越来越少,虽然  $\text{depth}(outR)$  和  $\text{depth}(outA)$  出现在分子上,但是它们的  $LCA$  深度将会平衡掉它们自身深度对距离计算的扩大作用。

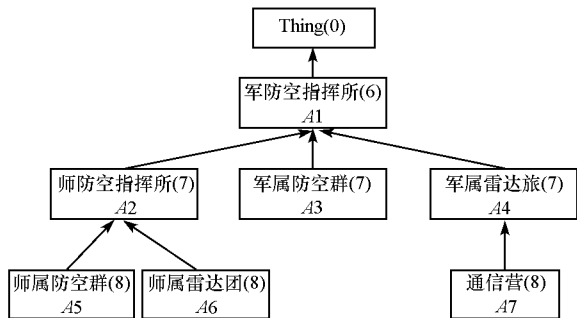


图 3 指挥单元在个体概念树中的位置

Fig.3 Location of different commanding unit in ontology tree

部属在丹麦的预警雷达在调用该服务时同样具有较大的适用性,这与实际情况是相吻合的。

为了能以任意精度表示服务行为约束的匹配程度,在此量化了行为约束的匹配度,用百分比表示服务行为约束中概念的匹配度:

$$\begin{cases} \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{exact} \\ \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{plugIn} \\ \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{subsumes} \\ \text{if degreeOfMatch}(outR, outA) = \text{fail} \end{cases} \quad (1)$$

### 2.3 基于行为约束的过滤算法

对服务进行基于行为约束的过滤,可以过滤掉与服务请求不相关的服务,减少第二步基于服务功能(输入、输出)匹配的搜索空间。其过滤算法(算法 2)如图 4 所示。

### 3 仿真实验

为检验基于行为约束的服务描述及过滤方法的可行性和有效性,本文采用所提供的方法对某防空网络的值班查询系统进行了设计改进,该系统要求每一级指挥单元(指挥单元关系见图 3)都能根据请求者权限的不同为用户提供不同的关于本级战斗值班情况的查询服务。例如,图 3 中师属防空指挥所(A2)提供了四类战斗值班查询服务,这四类服务根据用户权限的不同返回不同的结果,对于 A2 的直接上级调用战斗值班查询要能同时返回值班首长、值班参谋和值班武器装备的情况信息,对于其直接下级或同级则返回值班首长和值班参谋信息,而对于其他用户只返回值班参谋的信息,另外针对不同的用户服务行为约束信息还包括返回数据的格式、数据的加密方式等(见表 1)。

假设请求者军属雷达旅(A4)提出了一个战斗值班查询服务的查找请求,其请求者行为约束信息为  $Q = \{ \langle A4, A2 \wedge DT2 \rangle \}$ ,则按照算法 2 给出的计算方法和步骤,求得 A2 提供的四个服务的行为约束相似度分别为:0.185,0.195,1,0.732。服务 S3、S4、S2、S1 的行为约束相似度依次降低。这种结果与服务请求者的行为约束条件是相吻合的,如果采用传统的服务描述方法进行查询,则只能根据 A2 提供服务的文本描述,对服务列表逐一对照发现满足要求的服务,无法进行量化和自动发现,服务发现的效率很低。在本例中如果设置服务过滤的阈值(T)为 0.5,则服务 S3 和 S4 均

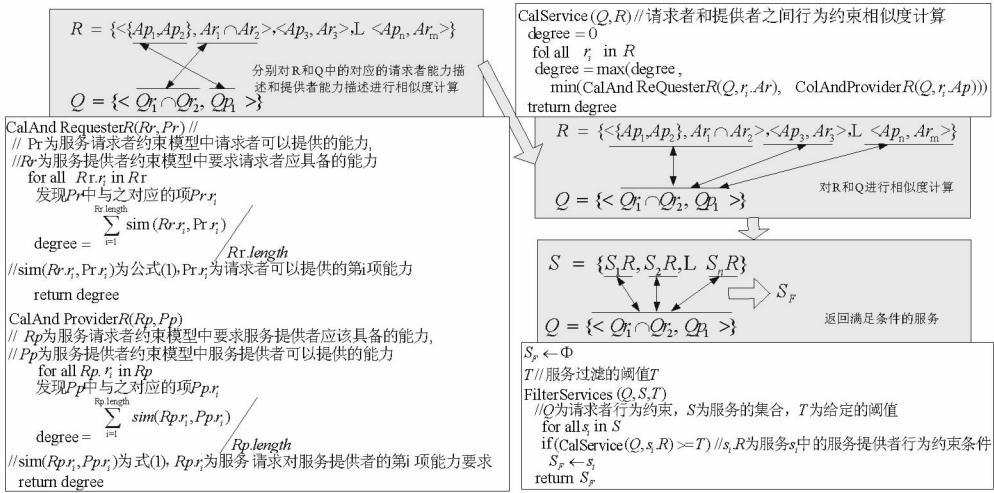


图4 算法2框图

Fig.4 Arithmetrc 2

表1 师防空指挥所提供的战斗值班查询服务

Tab.1 Service for Looking up of combat duty in aerial defence command post belonging to a division

服务名称	输入	输出	服务提供者行为约束	说明
LDService (S1)	值班时间; 单位编号	值班首长;值班参谋;值班武 器装备	{<A2 ∧ EM1 ∧ DT1, A1>}	EM1, EM2 表示两种不同的加密方式;
SDService (S2)	值班时间; 单位编号	值班首长;值班参谋	{<A2 ∧ EM1 ∧ DT1, A5>, <A2 ∧ EM1 ∧ DT1, A6>	DT1, DT2 表示两种不同的数据格式(定义其距离为2); A1, A2, ... A7 表示不同的服务请求者类型
CDService (S3)	值班时间; 单位编号	值班首长;值班参谋	{<A2 ∧ EM2 ∧ DT2, A3>, <A2 ∧ EM2 ∧ DT2, A4>	
ODService (S4)	值班时间; 单位编号	值班参谋	{<A2 ∧ DT2, A7>}	

能通过过滤条件,在此基础上用户可以根据服务输入、输出条件在 S3 和 S4 中选择一个满足要求的服务。可以看出,当  $T = 0.5$  时,本例中基于行为约束过滤的服务发现比直接服务发现的搜索范围减少了 50%。

为进一步对本文提出的方法进行评估,在该防空网络的值班查询系统中分别对图 3 中每一指挥单元都创建类似于表 1 所示的多个战斗值班查询服务(共 100 个),其行为约束信息由服务的开发者自行定义。本文使用下列度量指标:

**查准率:**查询结果中满足用户需求的服务占查询结果的百分比。

**查全率:**查询结果中满足用户需求的服务占整个服务集合中满足用户需求服务的百分比。

以 A1 提供的服务查询请求为例,假设其查询条件如下:服务请求者行为约束条件为  $Q = \{<A1, DT2 \wedge EM1>\}$ ,服务的输入为值班时间和单位编号,服务输出为值班首长和值班参谋。实验中设置不同的服务过滤阈值  $T$ ,对比直接基于服务的输入、输出信息的服务发现<sup>[15]</sup>和基于行为约

束的服务发现,得到的服务查准率和查全率分别如图 5 和图 6 所示。

从图 5 的结果可以发现,本文所提出的服务发现方法,具有较高的查准率。因为基于行为约束的服务描述方法,从服务提供者和服务请求者的角度进一步刻画了服务的非功能属性,通过设置不同的阈值可以将一定范围内与服务请求行为约束相似度较低的服务过滤掉,进而得到较高的服务查准率。但是,从图 6 的结果来看,当服务过滤阈值设置较高时会影响服务的查全率,这是因为高的过滤阈值会将部分满足查询条件的服务过滤掉,前文中的例子也能说明这个问题,如果将过滤阈值设置为 0.75,则服务 S4(与请求者行为约束的相似度为 0.732)就会被过滤掉。因此服务过滤的阈值不是越大越好,需要根据实际情况进行折中。另外,仿真中还发现通过使用基于行为约束的匹配过滤,可以减少第二层基于功能匹配(输入、输出)的服务发现时间。

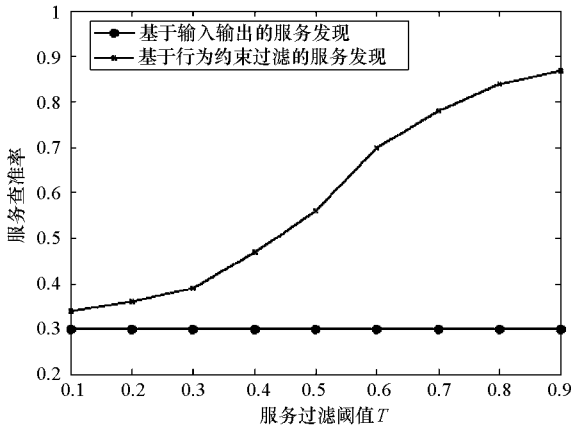


图5 服务查准率  
Fig.5 Precision in service finding

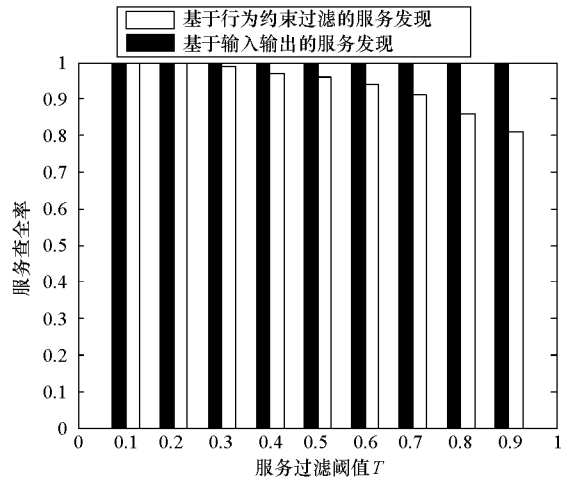


图6 服务查全率  
Fig.6 Recall in service finding

## 4 结论

本文针对已有服务描述方法在描述军事信息

服务方面的不足,提出了基于行为约束的军事信息服务描述模型,并研究基于行为约束的服务过滤方法,该方法将服务请求者和提供者之间的行为约束进行量化计算,简化了基于逻辑推理的复杂性。结合实际应用中的战斗值班查询服务,分析了方法的可行性。文章还通过调节服务过滤阈值,分析了基于行为约束过滤的服务发现对服务查准率和查全率的影响,结果表明,通过设置合理的过滤阈值,本文所提供的方法可以在保证服务查全率的前提下获得更高的服务查准率。

## 参考文献:

- [1] 丁峰,王珩. 面向服务的军事信息系统综合集成研究[C]// 第四届 C<sup>4</sup>ISR 系统发展与对策高级学术研讨会论文集, 2007: 273 - 277.
- [2] Rich S. Net-Enabled Command Capability and Joint Combat Capability enveloper Overview Brief[R]. U.S. Joint Forces Command, 29 Aug 2007.
- [3] Kritikos K, Plexousakis D. Requirements for Qos-Based Web Service Description and Discovery [J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2009, 2(4): 320 - 337.
- [4] 胡建强,邹鹏,王怀民. Web 服务描述语言 QWSDL 和服务匹配模型研究[J]. 计算机学报, 2005,28(4): 505 - 514.
- [5] 干哲,汤晓安,孙茂印. 基于本体的战场环境信息规范化目录服务研究[J]. 国防科技大学学报, 2009,31(6):132 - 138.
- [6] Georgios M, Nick B. Structural and Role-oriented Web Service Discovery with Taxonomies in OWL-S [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2010,22(2):278 - 290.
- [7] 于晓浩,刘俊先,罗雪山,等. 军事信息服务 QoS 模型及服务选择方法[J]. 系统工程, 2010,28(9):81 - 97.
- [8] Marlin M, Burstein D M. Bringing Semantics To Web Services with OWL-S[J]. World Wide Web Journal, 2007,10(3): 46 - 53.