

普适计算服务匹配技术研究

吕庆聪¹ 周集良¹ 杨帆¹ 曹奇英²

(东华大学信息科学与技术学院 上海 201620)¹ (东华大学计算机科学与技术学院 上海 201620)²

摘要 在普适计算环境下需要根据用户的需求提供合适的服务,这需要对用户请求的服务和环境提供的服务进行服务的匹配。而目前使用的基于语法的服务匹配和基于语义的服务匹配都不能很好地适应普适计算环境的高效、资源约束和上下文感知的要求。通过分析普适计算环境下主要的基于语法的和基于语义的服务匹配技术,给出普适计算环境下在高效、资源约束和上下文感知的特殊要求下服务匹配的解决方案,并就面向服务组合的服务匹配进行了分析。

关键词 普适计算,服务匹配,语义服务,上下文感知

中图分类号 TP311 **文献标识码** A

Researches on Ubiquitous Computing Service Matching

LU Qing-cong¹ ZHOU Ji-liang¹ YANG Fan¹ CAO Qi-ying²

(Dept. of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China)¹

(Dept. of Computer Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China)²

Abstract The ubiquitous computing environments should provide suitable services according user's requirement, so service matching should be made between service provider and user's requirement. However, syntax-based service matching methods and semantic-based service matching methods do not well adapt to the ubiquitous computing requirements. By analyzing syntax-based service matching methods and semantic-based service matching methods of ubiquitous computing, with the special requirements of efficiency, resource constraints and context-awareness of the ubiquitous computing environments, we gave the corresponding solution; meanwhile we analyzed the composition service matching methods.

Keywords Ubiquitous computing, Service matching, Semantic Web service, Context-aware

随着嵌入式系统、无线通信技术的进步,人类正步入普适计算^[1]时代。普适计算的一个特点是系统存在大量、自治的设备,这些设备随时随地为人们提供所需要的服务。面向服务的架构(SOA)因其所具有的分布性、平台异构性,成为目前构建普适计算系统的主要架构。在面向服务的普适计算系统中,环境为人们随时随地提供所需要的服务,因此系统需要根据人们所在的上下文环境进行服务的发现,其中服务发现的核心是对用户需要的服务和系统提供的服务进行服务的匹配。目前在普适计算环境中主要采用两类服务匹配技术:基于语法的服务匹配技术和基于语义的服务匹配技术。其中基于语义的服务匹配技术能根据服务的语义进行服务的匹配,能更大范围地匹配出所需要的服务,成为目前采用较多的服务匹配技术。但是,基于语义的服务匹配技术需要语义的推理,因此会影响服务匹配的效率。在普适计算环境中,环境的动态性、设备的异构性以及设备的资源约束性,需要高效的服务匹配技术;同时除根据服务的功能进行服务匹配外,普适计算环境还要求根据用户的上下文环境进行服务的匹配。当用

户任务由一个服务难以完成时,需要对该任务进行服务的组合,这时需要面向服务组合的服务匹配。因此普适计算的服务匹配具有如下特点:基于语义;上下文感知;高效匹配;资源约束。本文通过分析普适计算环境下主要的基于语法的服务匹配技术和基于语义的服务匹配技术,找出提高语义的服务匹配效率的主要方法,给出了在普适计算环境下如何结合上下文感知进行服务匹配,并就面向服务组合的服务匹配进行了分析。本文研究的主要目的是面向普适计算环境寻求一种更好的服务匹配解决方案。

1 基于语法的服务匹配技术

目前在普适计算环境中存在许多基于语法的服务匹配技术,包括 Jini^[2], UPnP^[3], SLP^[4], Salutation^[5], Konark^[6], Bluetooth SDP^[7]和 UDDI^[8]。基于语法的服务匹配技术,其原理是对所提供的服务和需求者的服务二者通过关键词或者属性名/值进行匹配。表 1 列出了主要的基于语法的服务匹配方式。

到稿日期:2008-12-25 返修日期:2009-04-03 本文受教育部重点基金项目(104086)资助。

吕庆聪(1974—),男,博士生,讲师,主要研究方向为普适计算,E-mail:lqcdkj@163.com;周集良(1972—),男,博士生,主要研究方向为无线传感器网络;杨帆(1978—),男,博士生,主要研究方向为网络安全;曹奇英(1960—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为普适计算。

表1 基于语法的匹配方式

Architecture	Service Description and Matching
Jini	Interface/attribute string comparison
UPnP	Service name string comparison
SLP	Service type/attribute string comparison
Salutation	Service type/attribute string comparison
Konark	Service type/attribute string comparison
Bluetooth SDP	Service type/attribute string comparison
UDDI	Keyword string comparison

采用基于语法的匹配方式,主要存在如下缺点:

1)存在同词异义和异词同义现象

同词异义导致匹配出的服务不能满足用户的需求;异词同义则不能发现所需要的服务。这两种现象的存在都不能很好地满足普适计算的需求。

2)没有考虑上下文环境需求

基于语法的匹配方式仅仅考虑了服务双方的服务名称或者属性,对于用户所在的上下文环境和所提供的服务的上下文环境都没有考虑,因此导致发现的服务不能很好地满足用户的需求。

3)没有考虑服务的服务质量(QoS)要求

普适计算环境中即使功能相同的服务,其服务质量也是不同的。服务质量的不同给用户不同的服务体验,普适计算环境下需要为用户提供具有最佳服务质量的服务;而基于语法的匹配,则没有考虑相关的服务质量要求。

2 基于语义的服务匹配技术

由于基于语法的匹配技术存在着以上缺点,目前在普适计算环境下基于语义的服务匹配技术成为研究的主要方向。基于语义的服务匹配通过本体推理,能够更好地解决同词异义和异词同义的问题,可以最大限度地匹配出用户所需要的服务。根据服务的描述方式,基于语义的服务匹配技术可以分为基于服务功能的语义服务匹配和基于服务流程的语义服务匹配;根据是否支持服务逻辑推理,可以分为基于逻辑推理的服务匹配、基于非逻辑推理的服务匹配和混合语义服务匹配^[9]。

2.1 基于逻辑、非逻辑和混合的服务匹配方式

目前语义服务匹配主要采用基于逻辑的服务匹配方式。这种服务匹配方式主要采用基于描述逻辑的推理方法,通过比较概念之间的逻辑关系来决定服务的匹配方式。服务的请求者所需求的服务和服务提供者所提供的服务二者之间主要存在如下匹配关系。

1)exact match

服务请求者需求的服务和服务提供者所提供的服务二者完全相等时称之为 exact match。

2)plug-in match

当服务提供者所提供的服务包含了服务请求者所需求的服务时称之为 plug-in match。

3)subsume match

当服务请求者所需求的服务包含服务提供者所提供的服务时称之为 subsume match。

4)mismatch

当服务请求者所需求的服务和服务提供者所提供的服务二者之间没有相同的功能时称之为 mismatch。

基于非逻辑的服务匹配方式则没有通过服务之间的逻辑

推理来决定服务的匹配程度,常见的有如下几种:基于结构图的服务匹配、基于文本相似度的服务匹配和基于概念相似路径长度的服务匹配。

混合服务匹配方式则是将基于逻辑的服务匹配方式和基于非逻辑的服务匹配方式二者结合起来,提供更加全面的服务匹配。

2.2 基于服务功能与基于服务流程的语义服务匹配

在基于语义的服务描述方式上,可以对服务的功能(包括服务的功能属性和非功能属性)进行描述,也可以对服务的流程进行描述。如采用 OWL-S 来描述普适计算环境中的服务,则可以由 OWL Profile 对服务的功能进行描述,由 OWL Process 对服务的流程进行描述。服务描述方式的不同,决定了服务匹配方式的不同。可以把服务匹配分为基于服务功能的语义服务匹配和基于服务流程的语义服务匹配。

在基于服务功能匹配上,根据服务功能描述的构成不同,服务匹配的方式也存在区别。目前服务的功能描述可由以下部分构成:服务功能(Capability)、输入/输出参数(Input/Output)、前提条件/结果(Preconditions/ Effects)和非功能属性(QoS、其它属性)。其中,服务功能(Capability)、输入/输出参数(Input/Output)、前提条件/结果(Preconditions/Effects)主要通过本体类来描述,服务匹配时需要进行本体的推理。非功能属性(QoS、其它属性)则根据属性的不同类型(如数值、字符等)进行比较。由服务描述构成的不同就形成了不同的服务匹配方式,主要有 IO 匹配、PE 匹配、QoS 匹配、IOPE 匹配以及 Capability+IOPE 匹配等匹配方式。下面给出几种普适计算环境下的服务匹配组合方式。

文献[18]给出了一种面向普适计算的基于功能的语义服务匹配算法。其匹配过程采用输入/输出参数(Input/Output)、前提条件/结果(Preconditions/ Effects)和非功能属性(QoS、其它属性)的方式,其中输入/输出参数匹配和前提条件/结果匹配采用基于逻辑的匹配方式,对非功能属性采用类型比较的方式进行匹配,并对 3 类匹配进行相似度赋值,然后计算出总的服务相似度值,其公式如下:

$$\text{Sim}(S,R) = W_{PS} * PS(S,R) + W_{CS} * CS(S,R) + W_{AS} * AS(S,R)$$

其中, W_{PS} , W_{CS} , W_{AS} 为权值, W_{PS} , W_{CS} , W_{AS} 大于等于 0,并且 $W_{PS} + W_{CS} + W_{AS} = 1$ 。

$PS(S,R)$ 为输入输出相似度, $CS(S,R)$ 为前提条件结果相似度, $AS(S,R)$ 为非功能参数相似度。

Sonia Ben Mokhtar^[10]采用相似的方法,根据服务的功能(Capability)、输入/输出参数(Input/Output)和非功能属性进行语义的服务匹配。

Ayomi Bandara^[19]给出了一种面向普适计算的服务匹配算法,主要通过描述逻辑进行服务功能(如设备名称)比较,通过模糊成员函数或者百分比进行数值类的非功能属性比较(如内存大小数值),通过对匹配进行相似度赋值匹配出所需要的服务。

Aitor Urbieto^[20]则面向普适计算环境提出基于结果(Effects-based)服务描述方式,服务匹配采用结果匹配方式。

目前绝大部分语义服务匹配主要采用基于服务功能的服务匹配方式,基于服务流程的服务匹配则根据服务的行为(包括控制流和数据流)来进行服务的匹配。

3 普适计算服务匹配的特殊需求

根据普适计算环境的动态性、设备资源约束性以及以用户为中心的特点,普适计算环境下的服务匹配具有如下要求:基于语义;上下文感知;高效匹配;轻量级(资源约束)。本节主要根据这些要求研究如何实现可行的普适计算环境下的服务匹配。

3.1 高效语义服务匹配技术

Sonia Ben Mokhtar 等人^[10]通过试验证明,语义推理是一个比较耗时的过程,其所用时间远远大于基于语法的服务匹配。在普适计算环境下,及时高效地对用户提供服务是必需的,因此在语义服务匹配过程中必须提高语义推理的速度。这可以从两个方面进行优化:首先,在语义推理层次上,通过减少本体的概念推理时间来提高服务匹配的时间,这是通过对本体进行编码来完成的;其次,在服务发现层次上,通过对服务目录进行分类来减少服务匹配的数量,提高系统的响应时间。

1) 本体编码

基于语义的服务匹配主要通过通过在运行时比较本体概念之间的关系来决定服务的匹配程度。语义本体的类之间具有一定的层次关系,而本体之间的这种层次关系恰恰很好地体现了本体概念之间的包含关系(subsume)。通过对本体进行编码,来避免运行时的语义匹配的时间开销。文献[11]给出了一种使用 OWL-S 服务描述编码的方式,通过使用服务目录索引和服务描述编码的方式,使其语义服务匹配的响应时间提高到毫秒级别。

2) 对提供的服务进行分类

当一个服务请求到达时,服务目录通过语义比较在其中匹配出合适的服务,因此可以通过对服务目录中的服务进行分类来减少服务匹配的数量,从而提升服务匹配的时间。文献[12]通过把网络中存在的服务进行分类,并以相关的服务建立有向图的方式进行管理,从而很好地减少了服务匹配的数量。

3.2 轻量级语义服务匹配技术

语义本体推理是个耗时的过程,而采用本体的语义服务描述则是耗资源的服务描述方式。目前常见的语义服务发现主要面向资源丰富的设备,如 Amigo 运行环境采用 PDA + Server 的方式。而普适计算环境除这些资源丰富的设备外还有传感器、嵌入式设备等资源约束的设备,如何在这类资源约束的设备之上进行语义服务描述及语义服务匹配是目前普适计算语义服务匹配研究的一个难点。文献[13]通过借鉴基因编码方式对本体进行编码,可以高效地进行语义服务的包含关系(subsume)的判断,并且能很好地在资源约束的智能手机上运行。其语义匹配的主要缺点就是只能进行语义服务的包含关系判断,不能判断其它的语义服务的关系,如 plug-in 关系、intersection 关系等。

3.3 上下文感知的服务匹配技术

普适计算服务匹配主要的特点就是在服务匹配过程中必须考虑提供服务的上下文信息和用户的上下文信息。普适计算环境下基于上下文感知的服务匹配主要面临如下难点:

1) 当前主要的语义服务描述语言,如 OWL-S, WSMO, SAWSDL 等都不包含上下文信息。因此需要对普适计算环

境下基于语义的服务描述语言进行扩展,使其包含相关的上下文信息。文献[14]给出了基于本体的上下文模型,建立了服务请求本体和服务提供本体来描述请求的服务和提供的服务。在这两个本体中分别包含相应的上下文信息。

2) 上下文信息类型复杂多样,并且一些上下文信息会随时随地变化,这就为基于上下文信息的服务匹配在匹配类型和匹配时间上提出极大的挑战。

3) 上下文信息的引入更加增大了普适计算环境下对服务匹配速度和资源约束上的挑战。

目前基于上下文感知的服务匹配都是从某一方面或者某几个方面进行研究,还不能很好地解决普适计算环境下上下文感知的服务匹配问题。下面给出几种基于上下文感知的服务匹配解决方案。

在 COSS 系统^[15]中,服务匹配主要通过 4 步来完成:首先系统根据用户请求的服务类型,对服务目录中的服务进行过滤(类型匹配);其次,系统过滤掉不能满足用户需要的输出的服务(Output 匹配);接着根据用户的上下文信息和用户的输入进行服务的匹配(上下文信息匹配和 Input 匹配);最后根据用户请求的属性以及用户的喜好进行服务的匹配(属性匹配)。

Stephen J. H. Yan^[14]等提出了基于 JESS 的上下文感知的服务匹配技术。其匹配过程分为两步:首先服务请求者和提供者之间根据输入输出进行语义匹配(IO 匹配),这包括 3 个层次上的匹配:exact 匹配、plug-in 匹配和 subsumed 匹配;其次根据双方的上下文信息进行语义匹配。

Vincenzo Suraci^[16]等则提出了 3 个阶段的服务匹配:首先对服务请求者提供基于语法的服务匹配(使用 SLP 协议或者 UPnP 协议),如果没有得到所需要的服务,则进行语义服务匹配,在匹配出的服务基础上最后根据双方相关的上下文信息进行服务匹配。

3.4 面向服务组合的服务匹配技术

目前的服务匹配技术主要研究的是面向服务请求者的单一任务匹配出其所需要的服务。但在实际应用环境中,如果用户对用户的某个复杂任务(该服务任务可分解为若干个子任务),环境中不能由一个服务来完成,则需要进行服务的组合,由多个服务来完成,这时需要系统提供面向服务组合的服务匹配。在面向服务组合的服务匹配过程中,需要进行两个阶段的服务匹配:首先需要根据用户的子任务,匹配出满足该子任务功能的服务;其次匹配出的该服务的输出要满足下一个服务的输入。如设 S, S' 为任务流程上根据功能匹配的前后两个服务,则服务 S 的输出(Output)要在语义上满足服务 S' 的输入(Input),服务 S 的结果(Effects)要在语义上满足服务 S' 的条件(Preconditions)。

F. Lecue 等^[17]在基于逻辑的服务匹配基础上进行扩展,使用概念的溯因推理(abduction)来匹配服务对之间的前后逻辑关系,从而提供面向服务组合的语义服务匹配解决方案。在其服务的前后匹配中,主要考虑服务的 IOPE 服务匹配。DIANE 则通过服务的结果(Effects)来进行服务的前后匹配。

在普适计算环境中,面向服务组合的服务匹配还处在研究的初级阶段,目前对该类问题还没有较好的解决方案。

结束语 本文首先分析了普适计算环境下服务匹配具有的特点,通过对现有的面向语法的服务匹配进行分析,给出现

有的面向语法的匹配所存在的主要缺点,然后分析了面向语义的服务匹配方式。面向语义的服务匹配能很好地解决服务之间的语义问题,但同时引入了逻辑推理的复杂度和资源的高需求;在此基础上针对普适计算环境,给出基于语义的服务匹配所需要的匹配的效率和资源约束性问题的解决方案,并给出了上下文感知的服务匹配以及面向服务组合的服务匹配相关的研究。目前在普适计算环境下有关基于语义的服务匹配的研究还比较少。本文通过比较相关的研究方法,找出需要解决的问题,以便下一步设计出适合普适计算环境的服务匹配算法。

参考文献

- [1] Weiser M. The computer for the 21st century [J]. Scientific American, 1991, 265(3): 94-104
- [2] Arnold K, O'Sullivan B, Scheifler R W, et al. The Jini specification[M]. Addison-Wesley, 1999
- [3] Universal Plug and Play (UPnP) [EB/OL]. <http://www.upnp.org>
- [4] Guttman E, Perkins C E, Veizades J, et al. Service Location Protocol[R]. Version 2, IETF, RFC 2608, June 1999
- [5] Miller B A, Pascoe R A. Salutation Service Discovery in Pervasive Computing Environments[R]. IBM Pervasive Computing White Paper, February 2000
- [6] Lee C, Helal A, Desai N, et al. Konark: A System and Protocols for Device Independent, Peer-to-Peer Discovery and Delivery of Mobile Services [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2003, 33(6): 682- 696
- [7] Bluetooth SIG. Specification of the Bluetooth System Core [EB/OL]. Version 1.0B volume 1, 1999. Part E. http://www.bluetooth.com/link/spec/bluetooth_e.pdf
- [8] UDDI. The UDDI Technical white paper [EB/OL]. <http://www.uddi.org/>, 2000
- [9] Schumacher M, Helin H, Schuldt H. CASCOM: Intelligent Service Coordination in the Semantic Web[D]. Birkhauser, Basel, September 2008
- [10] Mokhtar S B, Preuveneers D, Georgantas N, et al. EASY: Efficient SemAntic Service Discovery in Pervasive Computing Environments with QoS and Context Support[J]. Journal of System and Software, 2008, 81(5): 785-808
- [11] Constantinescu I, Faltings B. Efficient matchmaking and directory services [C]// IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence (WI' 03). Washington: IEEE Computer Society, 2003
- [12] Srinivasan N, Paolucci M, Sycara K. Adding owl-s to uddi, implementation and throughput[C]// Workshop on Semantic Web Service and Web Process Composition. California, 2004
- [13] Preuveneers D, Berbers Y. Encoding Semantic Awareness in Resource-constrained Devices[J]. IEEE Intelligent Systems, 2008, 23(1): 26-33
- [14] Yang S J H, Zhang J, Chen I Y L. A JESS enabled context elicitation system for providing context-aware Web services[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(4): 2254-2266
- [15] Broens T, Pokraev S, van Sinderen M, et al. Context-Aware, Ontology-based Service Discovery[C]// Proceedings of the European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI' 04). Germany: Springer, 2004
- [16] Suraci V, Aiuto S M. Context-aware Semantic Service Discovery [C]// IST Mobile & Wireless Communications Summit 2007. Washington: IEEE Computer Society, 2007
- [17] Lecue F, Delteil A, Leger A. Applying Abduction in Semantic Web Service Composition[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2007). Washington: IEEE Computer Society, 2007
- [18] 吕庆聪, 曹奇英. 一种普适计算环境下基于语义的服务匹配算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 1578-1581
- [19] Bandara A, Payne T R, De Roure D, et al. A Pragmatic Approach for the Semantic Description and Matching of Pervasive Resources[C]// GPC 2008. Germany: Springer, 2008
- [20] Urbieta A, Azketa E, Gomez I, et al. Towards effects - based service description and integration in pervasive environments[C]// Proceedings of the 3rd International Workshop on Services Integration in Pervasive Environments. New York: ACM, 2008
- [5] Zhang L Y, Zhao Z F, Li H F. Leveraging Legacy Workflow Capabilities in a Grid Environment[C]// Sixth International Conference on Grid and Cooperative Computing (GCC 2007). Urumchi, Xinjiang, China, 2007: 361-365
- [6] Sulistio A, Cibej U, Venugopal S, et al. A Toolkit for Modelling and Simulating Data Grids: An Extension to GridSim[C]// Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE). New York, USA: Wiley Press, Dec. 2007
- [7] Bell W H, Cameron D G, Capozza L, et al. OptorSim - A Grid Simulator for Studying Dynamic Data Replication Strategies[J]. International Journal of High Performance Computing Applications, 2003
- [8] Casanova H. SimGrid: A Toolkit for the Simulation of Application Scheduling[C]// Proceedings of the First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid. 2001: 430-437
- [9] Song H J, Liu Xin, Jakobsen D, et al. The MicroGrid: a Scientific Tool for Modeling Computational Grids[C]// Proceedings of Super Computing 2000. 2000
- [10] Caminero A, Sulistio A, Caminero B. Extending GridSim with an Architecture for Failure Detection
- [11] Tan W, Fong L, Bobroff N. BPEL4Job: A Fault-Handling Design for Job Flow Management[C]// Service-Oriented Computing-ICSOC 2007. 2007: 27-42
- [12] Andrews T, Curbera F, Dholakia H, et al. Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1, BEA Systems, IBM Corporation, Microsoft Corporation, SAP AG, and Siebel Systems (2002), developerWorks (updated February 1, 2005) [EB/OL]. <http://www.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-bpel>

(上接第 147 页)