

# 普适计算环境下服务发现问题的研究与进展<sup>\*</sup>

徐文拴 幸运韩 卢桂章

(南开大学信息技术科学学院 天津 300071)

**摘要** 普适计算环境下,环境的结构、组成以及环境中的资源、服务都是动态变化的,而服务发现技术能够在动态变化的普适计算环境中动态查找、定位所需的服务,是解决普适计算环境异构性、实现不同应用集成的有效途径,因此逐渐成为普适计算中研究的一个热点和重点。基于此,本文总结、分析了当前已有的比较著名的普适计算服务发现协议并进行了分类比较,总结了各个方向上目前的研究进展,在此基础上对今后的研究趋势进行了分析与展望。

**关键词** 普适计算,服务发现,服务发现协议

## Research and Development of Service Discovery Problem in Pervasive Computing Environments

XU Wen-Shuan XIN Yun-Wei LU Gui-Zhang

(College of Information Technical Science, Nankai University, Tianjin 300071)

**Abstract** In pervasive computing environments, the structure, composition, resources and services always change whereas service discovery technology can find and locate the requested services and provide a better resolution to integrate various resources in pervasive computing environments. Because of this, service discovery problem becomes a hot spot and an important field in pervasive computing research. The existing service discovery protocols are analyzed and compared in the paper, and at last a summary and a prospect are proposed.

**Keywords** Pervasive computing, Service discovery, Service discovery protocol

普适计算环境通常是频繁、快速变化的,资源的可用性也是频繁变化的,因此需要简化服务的发现、配置和使用,为客户提供便捷、高效的服务访问手段。服务发现技术能够帮助用户在动态变化的普适计算环境中查找、匹配、定位所需的服务,检测服务可用性状态的变化,从而克服普适计算环境的动态变化特征对于用户发现并调用服务的影响。此外,服务发现系统还可以向用户提供统一的接口和规范,提高服务的查询效率,减少服务查找的系统开销,提供灵活方便的服务描述方法,增加同其它服务发现系统的兼容性。

## 1 普适计算环境中服务、服务发现及其协议的概念

在普适计算环境中,服务是一个更为宽泛的概念,环境中的资源、设备以及设备提供的各种应用都可以称为服务。

服务发现是在普适计算环境中为服务请求动态地、自动地寻找提供所需服务的设备或者资源,并提供访问接口的行为。而服务发现协议是在普适计算环境中的有线或无线计算机网络中动态、自动监测资源或提供服务的设备的网络协议,通过适当的服务描述来查找定位服务,提供接口允许服务请求者调用相应的服务。服务发现协议需要执行以下功能:定义并使用服务描述语言、存储服务信息、搜索查找服务、定位最佳服务、不需或最小化人工管理、自动维护服务状态的变化、维护网络拓扑结构的变化等。

服务发现问题是普适计算环境中研究的热点问题之一,目前各大学以及商业机构都在积极开展这方面的研究工作。

## 2 相关研究

按照这些协议提出的目的,主要分为两大类:用于商业目的和用于科研需要。

1) 各大商业机构提出的服务发现协议,主要用于商业目的

UPnP 协议<sup>[1]</sup>是微软公司提出的,它基于 TCP/IP 协议,使用协议栈来发现服务、广告、描述和进行事件通知。UPnP 使用简单服务发现协议(Simple Service Discovery Protocol, SSDP)完成服务发现,服务描述采用基于 XML 的格式。它的一个缺点是,当有服务请求时,所有的设备都需要答复客户。UPnP 一般应用于家庭网络环境。

Jini<sup>[2]</sup>是 Sun 微系统公司提出的一种基于 Java 技术的分布式服务发现协议,它将所有可以提供一定功能的硬件或软件都视为服务。服务描述基于 Java 接口,用户可以通过 RMI (Remote Method Invoke)来实现对服务的访问。Jini 可以应用于设备网络和企业网络。

IBM 的 Salutation<sup>[4]</sup>协议基于 RPC (Remote Procedure Call),它更多地采用了智能主体(Intelligent Agents)技术,具有良好的可扩展性,可应用于企业网络或设备网络。

Bluetooth SDP<sup>[5]</sup>是只适用于蓝牙设备的一种相对比较简单的服务发现协议,它的特点是规模非常小。

2) 大学及科研机构提出的服务发现协议,主要用于科学研究

按照这些服务发现协议的设计目的及实现过程中强调的

<sup>\*</sup>天津市应用基础研究计划(自然科学基金)项目(06YFJMJC00200);南开大学创新基金项目。徐文拴 博士研究生,主要研究方向:普适计算、信息自动化;幸运韩 博士,教授,主要研究方向:普适计算、信息加密技术;卢桂章 教授,博士生导师,主要研究方向:信息自动化、智能机器人系统。

重点内容,又可以分为以下几类:

- 利用、改进已有的商业协议

Ronin 代理框架在 Jini 协议的基础之上引入了混合的架构,形成了一个面向代理和面向服务的架构,在移动环境中为应用高度动态分布式的智能组件提供了一个统一的模式,可以很容易地发现或与其它组件进行通信<sup>[6]</sup>。

- 强调上下文感知能力

UBIDEV<sup>[7]</sup> 通过应用层屏蔽潜在环境的动态性来处理普适计算环境的高度动态和异构性。对于资源、服务和上下文信息,UBIDEV 提出了一个统一的管理模型,并提出了一种以上下文为中心的环境管理思想,应用上下文确定资源和服务的语义。UBIDEV 依靠应用存在论(ontology)描述和管理潜在的环境中的资源、服务和上下文信息。

上下文感知服务协议 CASP<sup>[8]</sup> 基于 SIP(会话发起协议),系统包含四类组件:用户代理、内容服务器、代理服务器、间接服务器,它定义了一些函数来进行处理,如 INVITE, REGISTER, ACK, BYE, CANCEL 等。CASP 是一个纯文本协议,使用 SDP(会话描述协议)来描述请求主体,可以用 shell 脚本语言来处理。

- 强调安全机制

文[9]提出了一个新的框架结构,将服务发现同基于角色的认证相结合,并设计了一个基于代理的中间件,便于在发现过程中用户进行认证。

密歇根大学的 F. Zhu, M. W. Mutka, L. Ni 等人提出了 Splendor<sup>[10]</sup>、PrudentExposure<sup>[11]</sup> 等协议。Splendor 协议基于客户-服务-目录-代理模式,它支持移动用户和移动服务,强调安全机制并且支持隐私保护(用户隐私、数据隐私、用户位置隐私等),支持通信的可信认证以及消息的完整性,还可防止攻击行为,在协议中还集成了位置感知技术以更好地支持依赖位置的服务发现并且减少对网络架构的要求。PrudentExposure 模型基于用户-服务-目录模式,该模型为授权用户提供了一种简单有效的方法来发现服务,而其他未授权用户则不能发现服务的存在。模型中服务发现以用户为中心,基于用户角色管理用户证书。在文[12]中作者又提出一种基于代理的方法以便于公共环境中的 Ad-Hoc 通信,模型利用已存在的网络连接建立可信关系交换密钥,方法基于公钥加密算法和 PKI(Public Key Infrastructure, 公钥基础设施)理论,建立了一种主从关系模式。

UbiCOSM<sup>[13]</sup> 是一个以上下文为中心的安全中间件,解决了动态环境的安全问题,提出并实现了一个新的以上下文为中心的访问控制模型。它采用不同类型的元数据(metadata)来表达,使得相关安全策略同应用逻辑分离,这种分离增加了系统组件的灵活性、动态性和可重用性。

SAFE-RD<sup>[14]</sup> 是一个集安全、可调整性、容错性和有效性于一体的服务发现机制。SAFE-RD 模型提供了一个容错的分布式上下文和范围感知,引入了资源管理器的概念,以便资源查找和有效信息的发布。SAFE-RD 使用基于簇(cluster)的动态哈希算法,位于相近位置的设备形成一个簇,簇中的每个资源管理器都会维护一个哈希表以记录簇中设备上的可用资源,模型不仅支持固定的资源查找而且支持最佳资源匹配,以有效发现资源或服务。

- 强调服务描述机制的处理

IETF 提出的 SLP<sup>[3]</sup> 基于分布式的体系结构,采用基于形式文法的服务描述语言,可以提供非层次式的、轻量级的、扩

展的服务发现。它主要针对企业应用,但也可用于家庭网络或办公环境。

Konark 框架<sup>[15]</sup> 使用“推”、“拉”结合的访问策略,定义了一种基于 XML 的服务描述语言,将所有的服务发现和传送功能,如服务公告和发现、服务描述与调用、服务注册管理、服务过期管理,用户接口等,都封装到了 API 函数集合当中。它可以用于动态 Ad-Hoc 网中的服务发现和传送。

文[16]着眼于动态服务发现技术,将语义描述服务和发现的实现相分离,利用语义 Web 技术(OWL: Web 本体语言, OWL-S: 面向服务的 Web 本体语言)、Web 服务(SOAP: 简单对象访问协议, WSDL: Web 服务描述语言)以及普适计算技术(UPnP),设计并搭建了一个完整的系统。

文[17]重点讨论了服务描述的要求以及普适计算服务发现描述的处理机制,引入了 PSDL(Pervasive Service Description Language, 普适服务描述语言)描述服务的可用信息,引入了 PSQL(Pervasive Service Query Language, 普适服务查询语言)作为服务发现查询机制,并用仿真结果证明了 PSDL 和 PSQL 的可行性及适用性。

文[18]提出了一个新的服务发现中间件:包括服务发现协议 PDP 和服务描述语言 GSDL 两部分。PDP 是一个完全分布式协议,综合了拉和推的特征。每一个设备都拥有 PDP 用户代理(PDP-UA)和 PDP 服务代理(PDP-SA),PDP-UA 查询服务信息,PDP-SA 广告设备提供的服务。GSDL 使用层次服务描述,基于 XML 语言,并用 XML Schema 来描述,用于捕获服务的层次关系并使用 WSDL 描述接口,服务描述语言同服务访问机制集成。

- 强调资源贫乏设备的计算能力

在分析了儿种现有的服务发现机制的基础上,文[19]提出了 SDP@HA 协议,它支持资源贫乏设备的服务发现处理,并给出了一种自动的错误恢复机制。

- 强调结合路由功能

文[20]给出了一个不依赖于任何位置信息限制的服务发现架构,并且针对动态的 Ad-Hoc 网络,提出了一个新的数据分发传播路由算法,并给出了仿真实验结果验证了算法的有效性。

E-ZRP<sup>[21]</sup> 是一个新的路由层架构,它在现有的路由协议中集成了服务发现功能,这样,请求服务的节点除了完成服务发现请求,同时还可以获取到服务提供商的路由信息。文献中的仿真结果表明这种实现方法的能耗大大减小,优于应用层服务发现模式,在某些情况下,甚至可以获得更高的服务发现能力。

- 结合其它学科概念

服务发现协议的另外一个发展趋势是同其它学科相结合,利用其它学科中的一些概念来更好地解决问题,其中以 Bionet 为代表。

Bio-networking(简称 Bionet)<sup>[22]</sup> 平台是一个中间件,它将普适计算网络应用建模为自动代理的一个集合,通过抽象底层的操作和网络细节并提供高层的运行服务,帮助开发和应用大型的高度分布的和动态的普适计算网络中的应用。Bionet 平台强调代理的去中心化组织,网络应用架构中的代理依据一些生物学概念和机制而设计。网络平台利用 Java 技术实现,在 JVM(Java Virtual Machine, Java 虚拟机)上运行。

R. Robinson 等正在研究在服务发现过程中结合生物系统理论,比如有良好自组织策略的蚁群算法等,提出利用蚂蚁

或其它昆虫之间间接通信方法的思想来优化查询性能<sup>[23]</sup>。

国外关于普适计算服务发现协议的研究工作还有很多,限于篇幅,这里不再一一列举。

这些协议大部分立足于解决某一重点问题而提出各自的解决方案,采取不同的机制从而形成了不同的协议标准。第3节将会从不同角度对大部分服务发现协议进行比较总结。

### 3 对已有服务发现协议的分析与总结

国外关于这方面的研究工作也有一些<sup>[24~28]</sup>。本文将从服务发现协议的访问策略、发现机制、服务描述机制、上下文敏感、安全机制、实现机制、容错机制等几个方面对已有的大部分服务发现协议进行分析和总结,以从中挖掘提取具有参考价值的元素,研究各个方向上目前的研究进展。

#### • 服务的访问策略(“推”/“拉”)

当前主要有两种服务发现访问模式:“推”(Push)和“拉”(Pull)。“推”指的是环境主动将环境信息或服务列表提供给环境中的用户,不需用户参与;“拉”则需要用户主动参与,查询并选取自己所需服务。

SSDS、Konark 均支持推、拉两种访问方式;DEAPspace<sup>[29]</sup>提出了一种推方案;Rendezvous<sup>[30]</sup>基于传统的 DNS,包括拉模式,伴随多响应;PDP 则组合了拉、推方案的特征。服务访问策略总结如下表 1 所示。

表 1 服务访问策略总结与比较

“推”方案	DEAPspace
“拉”方案	Rendezvous
“推”、“拉”结合	SSDS <sup>[31]</sup> 、Konark、PDP、L. Cheng 等 <sup>[32,33]</sup>

#### • 服务的发现机制(集中式/分布式/其它)

集中式服务发现利用一个服务器记录所有服务的属性信息、状态信息以及服务的使用方法;分布式则以某种形式在普适计算环境中广播服务信息。

SLP 提供去中心化(分布式)的服务发现机制;Konark 是一个基于对等缓存服务信息的分布式服务发现协议;PDP 是完全分布式协议;Bionet 平台强调代理的去中心化组织;INS<sup>[34]</sup>集中存放资源信息;SAFE-RD 模型也是分布式的。服务发现机制总结如表 2 所示。

表 2 服务发现机制总结与比较

集中式	INS、SSDS
分布式	UPnP、Jini、SLP、Konark、PDP、Bionet、SAFE-RD、DEAPspace、GSD <sup>[35]</sup> 、Ronin、Service rings <sup>[36]</sup>
集中式/分布式	Salutation

此外,Bluetooth SDP 采用 Client-Server 结构/ Peer-to-Peer(对等式)的访问模式;F. Zhu 等提出的三种安全的服务发现协议;Splendor 基于客户-服务-目录-代理模式;PrudentExposure 基于客户-服务-目录模式;另一种是基于代理的主从模式<sup>[12]</sup>。

#### • 服务描述机制

Konark 定义了一个基于 XML 的服务描述语言,同 WSDL 类似;GSDL 基于 XML,并用 XML Schema 来描述;UPnP

和 SSDS 均基于 XML 描述;Jini 基于 Java 接口描述;Bluetooth SDP 和 Salutation 采用基于服务属性/值对(A/V)的描述语言解决方案;SLP 和 DEAPspace 基于形式文法描述语言。服务描述机制总结如表 3 所示。

表 3 服务描述机制总结与比较

基于 XML 描述	UPnP、SSDS、Konark、GSDL、UDDI <sup>[37]</sup>
基于 Java 接口描述	Jini
基于服务属性/值对(A/V)描述	Salutation、INS、Bluetooth SDP、INS/Twine <sup>[38]</sup> 、PSDL 与 PSQL、CDS <sup>[39]</sup>
基于形式文法描述	SLP、DEAPspace
基于 DAML+OIL 描述	GSD
使用 UUID (Unique Universal Identifier)描述	Allia <sup>[40]</sup> 、E-ZRP
语义服务描述(SSD)	Z. Song 等 <sup>[16]</sup>
抽象的元数据(metadata)描述	UbiCOSM
基于本体论(ontology)的概念抽象描述	UBIDEV、Ronin
簇树结构(tree structure of the cluster)描述	SAFE-RD
使用层次描述模型(非 A/V 树)	Superstring <sup>[23]</sup>
基于 RDF 进行语义描述	GloServ <sup>[41]</sup>

#### • 上下文敏感

UbiCOSM 着眼于对中间件组件主动地提供上下文信息;SSDS、SAFE-RD 提供范围感知;Splendor 可以支持位置感知;UBIDEV 提出了一种以上下文为中心的环境管理机制;CASP 本身就是一个上下文感知服务协议;INS 可以提供有限的上下文信息的支持;UPnP、Bluetooth SDP、DEAPspace 等均未考虑到上下文信息的重要性。上下文感知能力总结如表 4 所示。

表 4 上下文感知能力总结与比较

提供有限的上下文信息支持	INS、Bionet、O. A. Dragoi 等 <sup>[9]</sup>
提供范围感知	SSDS、SAFE-RD
支持资源感知	SDP@HA
支持位置感知	Splendor
引入上下文感知查询	GloServ
中间件组件主动提供上下文	UbiCOSM
以上下文为中心	UBIDEV
本身就是上下文感知服务协议	CASP

#### • 安全机制

SSDS 是第一个安全的服务发现协议,它使用了公钥和对称密钥加密算法加密;UbiCOSM 着眼于上下文为中心的安全控制,解决了动态环境的安全问题;Splendor 使用公钥和对称密钥加密的结合来解决安全问题,而且使用了 Hash 校验机制;PrudentExposure 关注于发现过程中的安全和隐私问题;SAFE-RD 也可以保证安全与隐私;UPnP 和 Jini 均未考虑安全问题。服务发现安全机制总结如表 5 所示。

#### • 实现机制

PDP 和 GSDL 整个中间件使用 J2ME 来实现;Jini 基于 Java RMI 技术实现;Bionet 中间件网络平台采用 Java 实现,在 JVM 上运行;DEAPspace 采用 Java/C 语言实现;SSDS 也是采

用 Java 技术实现的。服务发现实现机制总结如表 6 所示。

表 5 安全机制总结与比较

认证安全	SLP
访问权限控制	Salutation
身份鉴定、安全通信	Bluetooth SDP
访问权限及认证检测	Allia
公钥、对称加密算法	SSDS, F. Zhu 等 <sup>[12]</sup>
公钥、对称加密算法、Hash 校验	Splendor
以用户为中心基于用户角色集中管理用户证书, 基于 PKI 和 SHA-1、MD5 技术	PrudentExposure
基于角色的认证	O. A. Dragoi 等 <sup>[9]</sup>

表 6 实现机制总结与比较

协议栈	UPnP
基于 Java 技术实现	Jini, INS, INS/Twine, SSDS, Ronin, Konark, Bionet, PDP 与 GSDL
Java/C 语言实现	DEAPspace
基于代理实现	SLP, O. A. Dragoi 等 <sup>[9]</sup> , Allia, UbiCOSM
在路由层集成服务发现协议	A. Gopalan 等 <sup>[20]</sup> , E-ZRP, Alex Vashavsky 等 <sup>[42]</sup>
中间件实现	Konark, O. A. Dragoi 等 <sup>[9]</sup> , PDP 与 GSDL, Z. Song 等 <sup>[16]</sup> , UbiCOSM, UBIDEV, Bionet

• 容错机制

SAFE-RD 和 SDP@HA 提供了有效的容错机制; Splendor 没有提供有效的目录容错; INS 和 SSDS 提供有限的容错机制, 很容易出错; UPnP, Jini, Bluetooth SDP, PrudentExposure 等协议均未考虑容错问题。

**结论** 从以上分析比较来看, “推”、“拉”结合的服务访问策略应该是目前发展的一个主流, 这种机制使得用户可以随时随地获知环境中提供的任何服务, 应该说是普适计算发展的内在需求。服务发现机制的选择则应该根据实际的应用情况决定, 不同的应用追求的目标是不同的, 需要考虑所要完成的预期功能以及实现的代价等各个因素。

一个好的服务描述机制对于服务发现可以起到事半功倍的效果, 因此, 服务描述机制的选择是非常重要的, 需要在描述能力和复杂性之间权衡选择。智能性是普适计算环境的一个重要特征, 而上下文敏感是提高系统智能性的一个重要途径, 因此, 服务发现协议需要具备上下文感知能力, 而这种感知能力的大小需要根据具体实验条件来确定。

一个完善的服务发现协议还应该具备安全机制, 提供对环境中的安全与隐私保护, 进行用户的身份认证, 防止动态环境中的非法或恶意访问; 容错机制对于服务发现过程也是非常重要的, 一个有效的容错机制可以大大提高服务发现过程的可靠性; 服务发现协议实现机制的选择需要考虑实际应用中的各个方面, 如系统支撑平台、应用对象等等, 要以易于开发和高效实现为首要目标。

此外, 还应该注意, 目前服务发现技术的一个发展方向是同其它学科相结合, 应用其它学科中的一些思想来解决实际问题, 如进化计算理论中的蚁群算法、遗传算法等, 从而可以达到更好的效果。

参 考 文 献

- 1 Microsoft Corporation. Understanding Universal Plug and Play: a white paper. June 2000.
- 2 Sun Microsystems. Jini architecture specification. June 2003
- 3 Guttman E. Service location protocol. IEEE Internet Computing, July 1999. 71~80
- 4 Salutation Consortium. Salutation architecture specification, Version 2.0c. June 1, 1999. <http://www.salutation.org>
- 5 Bluetooth Special Interest Group. Specification of Bluetooth system. <http://www.bluetooth.com>
- 6 Chen H, Joshi A, Finin T. Dynamic service discovery for mobile computing; intelligent agents meet Jini in the ether. Baltzer Science Journal on Cluster Computing, 2001, 4(4): 343~354
- 7 Maffioletti S, Kouadri M S, Hirsbrunner B. Automatic resource and service management for ubiquitous computing environments. In: Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'04), Orlando, Florida, USA, 2004. 219~226
- 8 Pan Jen-Yi, Tan Chin-Ping, Lee Wei-Tsong. Context-aware service protocol: an extensible and configurable framework for user context awareness services in pervasive computing systems. IEEE WCNC 2003, New Orleans, Louisiana, US, March 2003, 3: 2058~2063
- 9 Dragoi O A, Black J P. Discovering services is not enough. IEEE Distributed Systems Online, 2004, 5(8)
- 10 Zhu F, Mutka M W, Ni L. Splendor: a secure, private, and location-aware service discovery protocol supporting mobile services. In: Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'03), Dallas, Texas, USA. IEEE Computer Society, March 2003. 235~242
- 11 Zhu F, Mutka M W, Ni L. PrudentExposure: a private and user-centric service discovery protocol. In: Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'04), Orlando, Florida, USA, March 2004. 329~338
- 12 Zhu F, Mutka M W, Ni L. Facilitating secure ad hoc service discovery in public environments. In: Proceedings of IEEE Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2003), Dallas, USA, November, 2003. 433~438
- 13 Corradi A, Montanari R, Tibaldi D, et al. A context-centric security middleware for service provisioning in pervasive computing. In: Proceedings of the Symposium on Applications and the Internet (SAINT-2005), Trento, Italy. IEEE Computer Society Press, 2005. 421~429
- 14 Sharmin M, Ahmed S, Ahmed SI. SAFE-RD (Secure, Adaptive, Fault Tolerant, and Efficient Resource Discovery) in pervasive computing environments. In: the IEEE International Conference on Information Technology (ITCC 2005), Las Vegas, NV, USA, April 2005. 271~276
- 15 Helal S, Desai N, Verma V, et al. Konark - A service discovery and delivery protocol for ad-hoc networks. In: Proceedings of the Third IEEE Conference on Wireless Communication Networks (WCNC), New Orleans, USA, March 2003, 3: 2107~2113
- 16 Song Z, Labrou Y, Masuoka R. Dynamic service discovery and management in task computing. In: Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networks and Services (MobiQuitous'04), Boston, USA, August, 2004. 310~318

- 17 Thompson M S, Midkiff S F. Service description for pervasive service discovery. In: Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (IC-DCSW'05), Washington D C, USA, 2005. 273~279
- 18 Campo C, Muñoz M, Perea J C, et al. PDP and GSDL: a new service discovery middleware to support spontaneous interactions in pervasive systems. In: IEEE Middleware Support for Pervasive Computing (PerWare 2005) at the 3rd IEEE Conference on Pervasive Computing (PerCom 2005). Kauai, Hawaii, USA, March 2005. 178~182
- 19 Sundramoorthy V, Scholten J, Jansen P G, et al. Service discovery at home. In: Proceedings of the 4th International Conference on Information, Communications & Signal Processing and 4th IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia (ICICS/PCM), Singapore, 2003. 1929~1933
- 20 Gopalan A, Znati T, Chrysanthis P K. Structuring pervasive services in infrastructureless networks. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Services (ICPS 2005), Santorini, Greece, July 2005. 281~290
- 21 Ververidis C N, Polyzos G C. Extended ZRP: a routing layer based service discovery protocol for mobile ad hoc networks. In: Proceedings of the Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'05), San Diego, California, USA, July 2005. 65~72
- 22 Suzuki J, Suda T. Middleware support for super distributed autonomous services in pervasive networks. In: Proceedings of the 2004 International Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINTW'04), Tokyo, Japan, 2004. 375~381
- 23 Robinson R, Indulka J. Superstring: a scalable service discovery protocol for the wide-area pervasive environment. In: ICON'03, Sydney, Australia, 699~704
- 24 Zhu F, Mutka M W, Ni L. Service discovery in pervasive computing environments. IEEE Pervasive Computing, 2005, 4(4): 81~9020
- 25 Zhu F, Zhu W, Mutka M W, et al. Expose or not? A progressive exposure approach for service discovery in pervasive computing environments. In: Proceedings of the 2005 IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications (Percom2005), Kauai Island, Hawaii, USA, March 2005. 225~234
- 26 Zhu F, Mutka M, Ni L. Classification of service discovery in pervasive computing environments. MSU-CSE-02-24, Michigan State University, East Lansing, 2002
- 27 Marin-Perianu R, Hartel P H, Scholten J. A classification of service discovery protocols: [Technical Report]. Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, The Netherlands ISSN 1381-3625, June 2005
- 28 Lukkien J J, Tranmanh T, Verhoeven P H F M, et al. Service discovery mechanisms: two case studies. In: Proceedings of the 2002 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las Vegas, 2002. 1187~1192
- 29 Hermann R, Husemann D, Moser M, et al. DEAPspace—Transient ad hoc networking of pervasive devices. Computer Networks, 2001, 35: 411~428
- 30 Cheshire S. Discovering named instances of abstract services using DNS. Apple Computer, 2002. <http://files.dns-sd.org/draft-cheshire-dnsext-dns-sd.txt>
- 31 Czerwinski S E, Zhao B, Hodes T, et al. An architecture for a secure service discovery service. In: Proceedings of the Fifth Annual International Conference on Mobile Computing and Networks (MobiCom '99), Seattle, WA. New York: ACM Press, 1999. 24~35
- 32 Cheng L. Service advertisement and discovery in mobile ad hoc networks. In: Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2002)
- 33 Cheng L, Marsic I. Service discovery and invocation for mobile ad hoc networked appliances. In: Proceedings of 2nd International Workshop on Networked Appliances (Iwana'2000), New Brunswick, NJ, December 2000
- 34 Adjie-Winoto W, Schwartz E, Balakrishnan H, et al. The design and implementation of an intentional naming system. In: Proceedings of the 17th ACM Symposium on Operating Systems (Charleston, South Carolina, United States). SOSP '99. New York: ACM Press, 1999. 186~201
- 35 Chakraborty D, Joshi A, Finin T, et al. GSD: a novel group-based service discovery protocol for MANETS. In: Proceedings of the 4th IEEE Conference on Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN 2002). Stockholm, Sweden, September 2002. 140~144
- 36 Klein M, König-Ries B, Obreiter P. Service Rings - A Semantic Overlay for Service Discovery in Ad hoc Networks. In: 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'03), 2003. 180~185
- 37 UDDI technical white paper. UDDI (Universal Description, Discovery and Integration), September 2000. <http://www.uddi.org>
- 38 Balazinska M, Balakrishnan H, Karger D. INS/Twine: A scalable peer-to-peer architecture for intentional resource discovery. In: Balazinska M, Balakrishnan H, Karger D, eds. Proceedings of the First International Conference on Pervasive Computing. Berlin: Springer-Verlag, 2002. 195~210
- 39 Gao Jun, Steenkiste P. Rendezvous points-based scalable content discovery with load balancing. In: Proceedings of the Fourth International Workshop on Networked Group Communication (NGC'02), Boston, Massachusetts, USA, Oct. 2002. 71~78
- 40 Ratsimor O, Chakraborty D, Joshi A, et al. Allia: Alliance-based service discovery for ad-hoc environments. In: Proceedings of the Second ACM International Workshop on Mobile Commerce, in conjunction with Mobicom 2002 (Atlanta, Georgia, USA, September 28 - 28, 2002). New York: ACM Press, 2002. 1~9
- 41 Arabshian K, Schulzrinne H. GloServ: global service discovery architecture. In: First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'04), 2004. 319~325
- 42 Vashavsky A, Reid B, de Lara E. The need for cross-layer service discovery in MANETS. In: the Second International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems (MASS 2005), Washington, DC, USA, 2005