

普适计算环境下的服务发现协议

马千里^{1,2}, 廖明宏³, 高振国⁴, 徐文旭¹

(1. 哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院, 哈尔滨 150001; 2. 山西大学计算机与信息技术学院, 太原 030006;

3. 厦门大学软件学院, 厦门 361005; 4. 哈尔滨工程大学自动化学院, 哈尔滨 150001)

摘 要: 为了更好地了解现有服务发现协议, 提出普适环境下的服务发现协议评价指标, 根据网络类型和服务信息存储方式对不同网络环境中、不同体系结构下的典型服务发现协议进行分类和比较, 给出无线自组织环境下 5 种服务发现协议依据该评价指标进行定性比较的结果。

关键词: 普适计算; 无线自组网; 服务发现; 服务信息存储

Service Discovery Protocols in Pervasive Computing Environment

MA Qian-li^{1,2}, LIAO Ming-hong³, GAO Zhen-guo⁴, XU Wen-xu¹

(1. School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001; 2. School of Computer and Information

Technology, Shanxi University, Taiyuan 030006; 3. Software School, Xiamen University, Xiamen 361005;

4. Department of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001)

【Abstract】 In order to comprehend the service discovery protocols better, this paper proposes several criterions about service discovery protocol in pervasive computing environments, and compares a few service discovery protocols based on different architectures in different environments and categorized in terms of network type and storage mode of service information. The five service discovery protocols in wireless Ad hoc network are introduced, and their characteristics and performances are compared and analyzed.

【Key words】 pervasive computing; wireless Ad hoc network; service discovery; service information storage

由于在普适环境下移动设备具有体积小、重量轻、高动态及能源有限等特点, 因此常常不能独立完成某些任务, 而需要依靠网络中其他设备的资源支持, 这就需要对其他设备中可用资源的感知, 即服务发现。服务发现是把服务消费者和服务提供者联系起来的纽带^[1], 是在网络环境中发现所需服务的技术^[2], 也是普适环境下一个重要的研究问题。本文主要介绍普适环境下的几种服务发现协议, 对其性能和特点进行描述, 提出服务发现评价指标, 并对其进行比较。

1 服务发现协议及其评价指标

普适环境下某一设备提供的任何对其他设备有用的设施或功能是一个服务, 它是网络环境下用户可以使用的任何软件和硬件实体。而服务发现协议是对网络中设备和设备所提供的服务进行自动检测的网络协议^[3], 主要有以下评价指标: (1)平均响应时间: 从发送服务请求开始到获得服务响应的平均时间。(2)平均响应跳数: 服务请求传输过程中经过的节点的平均个数。(3)平均净工作量: 每个节点所处理的信息平均数。(4)平均控制报文开销: 根据报文数量测量所得的网络资源使用情况。(5)平均命中率: 查找成功的请求数与总请求数的比率, 与平均控制报文开销一起反映系统的服务发现效率。(6)服务可知性: 如果网络中存在某服务, 则该服务被发现和使用的期望值。该指标用于检验协议发现服务的能力。

2 主要的服务发现协议

服务发现协议的设计和性能受网络环境的影响, 因此, 首先可以将服务发现协议按照其应用的网络环境进行分类, 主要分为: 局域网, 广域网, 无线自组网^[3]。其次, 服务信息的存储方式也会大大影响服务发现的实施, 所以, 服务发

现协议还可以按照信息存放方式分为 4 种: 基于目录的服务发现, 无目录的服务发现, 混合方式的服务发现和层级式的服务发现。典型协议的分类如表 1 所示。

表 1 典型服务发现协议的分类

| 服务发现类型 | 广域网 | 局域网 | 无线自组网 |
|--------|-----------------------------------|------|---------------------------------------|
| 基于目录 | | Jini | Lanes |
| 无目录 | | UPnP | DEAPspace, Bluetooth SDP, Konark, GSD |
| 混合方式 | | SLP | |
| 层级式 | CSP, SSDS, INS/Twine, Superstring | | |

2.1 局域网的服务发现

最早的服务发现协议主要用于局域网中。通常局域网中的计算设备由少量资源有限的设备和大量资源丰富的设备组成, 其数据传输速度较快, 而且分布在有限的地理范围内。设备不会频繁地加入或离开网络, 具有一定的稳定性。此外, 局域网常常是有线连接的, 具有稳定的网络结构, 因此, 局域网环境下的服务发现设计灵活、实现可靠, 主要包括 Jini, UPnP 和 SLP。Jini 是一种基于 Java 的服务发现协议, 查找服务是 Jini 的关键, 它使用 Lookup Service 注册网络中存在的设备和服务, 维护所有可用服务的动态信息并进行服务的注册和查询, 起着服务目录的作用, 因此, Jini 是基于目录的服务发现。UPnP 基于 TCP/IP 协议, 适用于家庭范围内用户

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60703090)

作者简介: 马千里(1969—), 女, 副教授、博士研究生, 主研方向: 服务发现, 普适计算; 廖明宏, 教授、博士生导师; 高振国, 讲师、博士; 徐文旭, 博士研究生

收稿日期: 2008-12-10 **E-mail:** mymq123@163.com

设备的即插即用联网,它定义了简单对象访问协议(SOAP)用于客户对服务的访问,并采用 P2P 的方式,将服务信息存放在每个设备中,属于无目录的服务发现。SLP 建立在 TCP/IP 基础上,定义了服务代理(SA)、目录代理(DA)和用户代理(UA),目录代理负责收集和存储服务的相关信息并响应用户代理的请求,SLP 允许网络中没有目录代理,可根据情况在有目录和无目录 2 种方式下工作,属于混合方式的服务发现。

2.2 广域网的服务发现

广域网覆盖范围广,通信距离远,管理的设备和服务数量庞大,因此,需要考虑的因素很多。广域网的服务发现协议主要包括 CSP, INS/Twine, Superstring 和 SSDS。CSP 用户分别通过附近的服务注册器(BA)、域服务注册器和全局服务注册器(GSR)匹配和获得不同范围的服务。在 INS/Twine 中,设备和用户通过一组 resolver 实现自身资源的广告和服务的查询,resolver 间则采用 P2P 的方式交互,INS/Twine 的 resolver 相当于目录服务器。Superstring 是对 INS/Twine 的改进,它也使用 resolver 组件,并将 INS/Twine 的 P2P 结构与层次拓扑结构结合起来,优化了广告开销,减少了通信费用,平衡了 resolver 间的负载。SSDS 使用 XML 描述服务,用 server 存储和查询服务信息,用户根据服务描述规定的认证授权(certificate authority)保证服务的安全。CSP, SSDS, INS/Twine 和 Superstring 都有类似于 directory 的组件,其体系结构都采用先基于域再向全局扩展的层级服务发现方式,即将基于目录的服务发现模式中各个服务目录连接起来,并建立相互之间的服务信息交换或服务请求转发机制,从而扩展服务发现范围,实现层级式的服务发现。从当前的研究重点来看,层级式是解决广域网中服务发现问题的有效途径^[4]。

2.3 无线自组网的服务发现

无线自组网是普适环境的一种极端情况,其设备体积小、高动态及能源有限的特点使得在无线自组网中实现服务发现需要考虑更多因素,因此,是本文研究的重点。

2.3.1 单跳的无线自组网

(1)DEAPspace

IBM 的 DEAPspace 用于解决单跳无线自组网中动态的服务发现问题。DEAPspace 中每个设备保存网络中存在的所有服务的视图,并周期地与其邻居进行视图的交换,是一种无目录的服务发现。周期性的广播采用主动调度的方式,当设备发现自己拥有的服务缺少邻居广播的消息(或者即将终止),就会比平常更早地进行广播。这样,就能对环境的变化产生及时的响应,实现实时的服务发现。

(2)Bluetooth SDP

蓝牙技术是由蓝牙特别兴趣集团(Special Interest Group, SIG)于 1998 年设计的短距离无线传输系统。Bluetooth 系统中的服务发现涉及 2 个功能部件:服务发现服务器(SDP server)和服务发现客户(SDP client)。服务发现服务器负责管理服务,并对其他 Bluetooth 设备的服务发现请求做出回复;服务发现客户则负责代表需求服务的客户发出服务发现请求。Bluetooth 系统用安全管理器(Security Manager, SM)处理系统的安全问题。此外,Bluetooth 服务信息存储在本地,属于无目录的服务发现。

2.3.2 多跳的无线自组网

(1)Konark

Konark 是一种面向移动电子商务的软件服务发现和传输协议,主要包含服务发现和传输 2 个部分,采用一种分散

的 P2P 机制提供有效的广告和发现服务能力。其服务描述基于 XML,每个设备都有一个微 HTTP 服务器,通过 SOAP 执行服务传输。节点组播增量服务信息(即节点包含的服务与其他节点具有的服务间的差别),从而减少了网络流量。Konark 提供了一种框架,可将附近普适设备提供的每个独立的服务通过无线介质连接起来。此外, Konark 可在任何操作系统下用任何编程语言实现。Konark 提出一种基于树结构的服务注册方法。每个设备包含一个树结构作为服务注册器,用于存储本地服务和其他节点提供的服务,因此,是一种无目录的服务发现。

(2)Lanes

Lanes 完全独立于所使用的具体的服务描述语言,是一个轻量的二维覆盖结构,一维用于传送服务广告,另一维则分发服务请求,因此,是一个有效的可故障恢复的结构,可用于基于语义的服务发现。Lanes 将节点按位置进行分组,每个组称为一个 Lane。Lane 内的所有节点是相等的,有固定顺序,知道其先驱者和后续者的地址,而且有相同的存储信息。Lanes 之间是松散耦合的,并且排列有序。每个 Lane 都有 2 个任播地址, Lane 中的所有节点具有相同的任播地址, Lanes 之间则使用任播路由发送信息。Lanes 不需要专门的节点来存储服务,节点是完全分布的,而且不必为了发现或宣告服务而泛洪整个网络。总之, Lanes 是弱结构化和强结构化方法之间一个理想的折中方法。

(3)GSD

GSD 是基于群组的分布式服务发现协议,服务广告基于 P2P 缓存的概念,服务请求采用基于群组的智能转发技术。它用基于 DARPA Agent Markup Language(DAML+OIL)的本体描述服务,并开发了 DAML 的语义类/子类层次来描述服务群组,能通过语义信息选择性地转发服务请求。GSD 使用服务匹配模块进行服务匹配,增加了服务匹配的灵活性,并保证能发现存在的服务。GSD 将节点的服务按功能分成几个群组。每个节点广告拥有的服务到 n 跳的邻居节点,每个节点不需要存储网络中的所有服务。广告中除了服务信息描述外还包括在其周围看到的所有服务群组的列表,服务群组信息用于智能地转发服务请求到有可能发现服务的节点。因此, DAML 的语义特点能减少网络泛洪,同时保证服务请求向看见或具有所需服务的节点转发。

3 服务发现协议比较

DEAPspace 采用周期广播的模式发送服务信息,带宽占用率高,容易引起组播风暴。而 GSD 采用基于群组的服务信息选择性转发技术可以较少网络流量,提高匹配效率。

UPnP 的特点是支持自配置,真正实现了网络零配置。它不存储服务信息,节省资源,但服务查找时间会相对较长。

Bluetooth SDP 直接使用广播与附近的设备进行通信,费用低、能量消耗少。

Jini 具有移动 Java 代码的特点,而且其实现与平台无关。Jini 的局限性在于它的服务、客户和目录均直接或间接地依赖于 Java 运行时环境。

SLP 可在有目录和无目录 2 种方式下工作,因此,适用于中小型网络,但不适用于大范围的网络。

Konark 支持 push 和 pull 模式,并在所有设备中引入缓存机制,通过“gossip”算法使节点组播增量服务信息,从而减少了网络流量。

(下转第 251 页)

3.3 状态转移表

以上的具体状态子类将通过状态转移表进行相互转换，具体状态子类之间的状态转移关系将以状态图的形式给出，如图 3 所示。

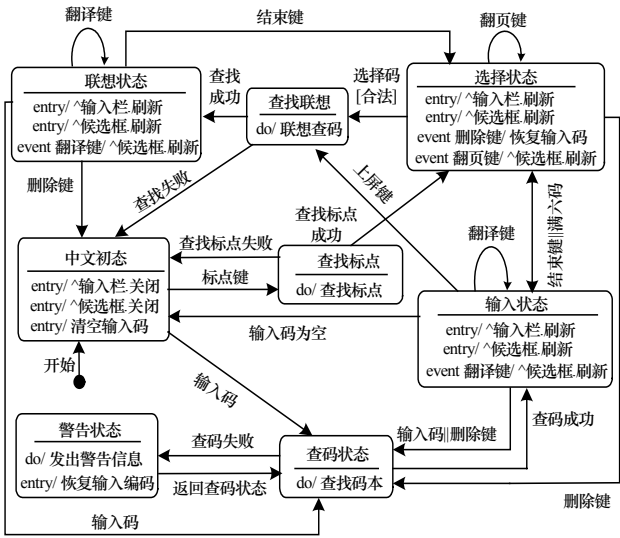


图 3 输入法内部状态转移图

4 结束语

由于需要在 Windows Mobile 手机系统上和 Symbian S60 手机系统上实现同样的输入法，笔者对这 2 个系统上的输入

法进行了研究和对比。结果发现，在这 2 个系统上的输入法除了与系统交互的接口不同，其他与输入法内部逻辑处理相关部分基本一致。因此，在输入法开发过程中应用了本文提出的 Event-Condition-State 通用框架。

笔者把与系统接口部分相关的 Context 分别在 2 个系统上重新实现，而把与输入法内部逻辑处理相关部分用具体状态子类进行封装，并在 2 个版本的输入法中共同使用这些具体的状态子类，从而避免了 2 个版本输入法的重复开发工作，也为以后 2 个版本的输入法的同步更新和维护提供了方便。

参考文献

[1] 钟茂生, 王明文. 软件设计模式及其使用[J]. 计算机应用, 2002, 22(8): 32-35.
[2] Gamma E. 设计模式[M]. 李英军, 译. 北京: 机械工业出版社, 2000.
[3] 李增智, 王 宇. 面向对象可复用软件设计思想分析[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(5): 835-839.
[4] 龚红仿, 童小娇. 基于状态模式的面向对象的类测试技术研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(2): 44-46.
[5] 刘彦博, 胡 砚, 马 骥. Windows Mobile 平台应用与开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

编辑 张 帆

(上接第 248 页)

Superstring 将一个服务描述存储于多个目录中，每个目录只存储部分服务信息，从而平衡了负载。

Lanes 服务广告只在 Lanes 内传送，服务请求则在 Lanes 间分发，避免了网络泛洪。其结构轻巧，便于处理节点加入、离开或网络分割和合并等情况引起的结构变化。

由于不同网络环境中的服务发现协议受环境影响很大，其性能可比性差，因此本文根据第 2 节的性能评价指标对自组织网络环境下的服务发现协议进行了比较。鉴于以下因素：(1)基于目录的服务发现协议可减少服务发现和调用的响应时间；(2)按照不同的标准对节点进行群组划分可控制泛洪，减少网络流量，但结构的划分可能又会增加响应时间；(3)对服务或查询进行周期广播的方法会产生组播风暴，增加网络负担，降低服务发现命中率；(4)目录的使用可以改善服务可知性，但也导致了由于服务注册等产生的额外消息负担，增加报文开销^[5]，各服务发现协议定性比较的结果如表 2 所示。

表 2 自组织网络环境下服务发现协议的比较

| 服务发现协议 | 平均响应时间 | 平均响应跳数 | 平均命中率 | 服务可知性 | 平均净工作量 | 平均控制报文开销 |
|---------------|--------|--------|-------|-------|--------|----------|
| DEAPspace | 短 | 少 | 高 | 中 | 中 | 中 |
| Bluetooth SDP | 长 | 中 | 低 | 低 | 高 | 中 |
| Konark | 短 | 中 | 中 | 低 | 低 | 低 |
| Lanes | 中 | 少 | 中 | 高 | 中 | 高 |
| GSD | 中 | 中 | 高 | 中 | 中 | 中 |

4 结束语

本文分析研究了普适计算环境下的服务发现协议，其服务发现评价指标和定性比较的结果表明，目前普适环境下还没有一个服务发现协议能在各项性能上达到最优，并作为业界的标准加以推广，因此，该领域还有待更深入的研究。

参考文献

[1] 冯百明, 刘兴武, 李 伟. 一种面向消费者的服务发现机制[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(12): 1787-1790.
[2] Gao Zhenguo, Yang Yongtian, Zhao Jing, et al. Service Discovery Protocols for MANETs: A Survey[C]//Proc. of International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Networks. Berlin, Germany: Springer, 2006: 232-243.
[3] Marin P R, Hartel P, Scholten H. A Classification of Service Discovery Protocols[R]. Enschede: Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, Technical Report: TR-CTIT-05-25, 2005.
[4] 周 晓, 常强林, 蒋序平, 等. 服务发现机制的研究[J]. 计算机工程, 2002, 28(10): 10-13.
[5] Engelstad P E, Zheng Yan. Evaluation of Service Discovery Architectures for Mobile Ad Hoc Networks[C]//Proceedings of the 2nd Annual Conference on Wireless On-demand Networks and Services. Washington, USA: IEEE Computer Society, 2005.

编辑 张 帆