

普适环境下基于广播信息搭载的服务发现协议

马千里^{1,2}, 廖明宏¹, 姜守旭¹, 高振国³

(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. 哈尔滨工程大学 自动化学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 提出了普适环境下一个新的服务发现协议: PAISDP (Piggybacking advertisement information based service discovery protocol), 即在服务发现的回复包中携带回复节点的部分广播信息, 使得广播信息能随着回复包在回复路径上传播, 扩大了广播信息的传送范围。理论分析和仿真实验表明: PAISDP 减少了服务请求包数量, 降低了服务响应时间, 提高了服务发现效率。

关键词: 计算机应用; 普适计算; 无线自组网; 服务发现; 广播信息

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5497(2010)04-1065-06

PAISDP: Piggybacking advertisement information based service discovery protocol in pervasive computing environments

MA Qian-li^{1,2}, LIAO Ming-hong¹, JIANG Shou-xu¹, GAO Zhen-guo³

(1. School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. School of Computer and Information Technology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 3. College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Service discovery is the technology of finding needed services in network, which is a key aspect in pervasive computing environments. This paper proposes a novel service discovery protocol, which is named Piggybacking advertisement information based service discovery protocol (PAISDP). In PAISDP, by means of piggybacking it in the node's service reply packets, part of advertisement information of a reply node can be propagated along the reply path, which expands its transmission area. Theoretical analysis and Glomosim simulation results demonstrate that PAISDP can reduce the number of service request packets, save the response time, and improve the efficiency of service discovery.

Key words: computer application; pervasive computing; MANET; service discovery; advertisement information

虽然普适计算环境所使用的便携设备数量与日俱增, 但是它们仍然受到巨大的限制。缺少固定基础设施的支持成为普适环境的一大特点, 这就导致了需要依靠其他设备获得资源^[1]。服务发现是一种在网络环境中发现所需服务的技术,

是普适计算环境中每个运行系统的重要组成部分, 因此成为普适环境下的一个重要研究问题。目前已经出现了许多服务发现协议, 如基于有线网络环境下的服务发现协议 Jini^[2]、UPnP^[3]、UDDI^[4]和 Service location protocol^[5]; 基于无线网

收稿日期: 2008-10-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(60703090, 60973124).

作者简介: 马千里(1969-), 女, 副教授. 研究方向: 普适计算, 服务发现, 服务迁移, 服务组合.

E-mail: mymql123@163.com

络环境下的服务发现协议 Konark^[6]、Lanes^[7]和 Service Rings^[8];采用分组方式对节点进行划分的无线自组网服务发现协议 GSD^[9]、Allia^[10]、PCPGSD^[11]和 CNPGSDP^[12]等。这些服务发现协议都有一个共同的特点——只注重发现资源,而不考虑回复过程的处理。它们大都关注如何有效迅速地发现网络中的资源,即在发现的过程中采用各种方法,而很少考虑在发现了可用资源以后,在回复响应的过程中是否也能使用某种方案来提高整个服务发现过程的效率。

针对以上问题,作者提出了一种新的服务发现协议 PAISDP (Piggybacking advertisement information based service discovery protocol),该协议在服务发现过程中借鉴了 GSD 协议基于群组的智能转发和广播包 P2P 缓存的优点,提出了 PAI (Piggybacking of advertisement information) 的设计思想,使得服务回复包中不仅包含了回复节点的回复信息,还包含了其相应的部分广播信息,因此回复节点携带的广播信息能随着服务回复包的传播而遍布在回复路径上的各个节点上,从而实现

了在服务广播包跳数有限的情况下,扩大广播包的传输范围,提高服务发现的效率。

1 PAISDP 协议

普适环境下的服务发现协议 PAISDP 是基于群组的分布式服务发现协议,它借鉴了 GSD 的优点,将服务信息的广播与服务请求的广播结合使用,服务广播基于 P2P 缓存的概念,服务请求则采用基于群组的智能转发技术。但是 PAISDP 与传统的 GSD 协议又有一些区别,它在匹配节点向服务请求节点发送的回复包中包含了该回复节点的部分广播信息,使得回复节点的广播信息能随着服务回复包的传播而遍布在回复路径的各个节点上。当服务广播包跳数较少时,PAISDP 能提高服务广播信息的传输范围,减少服务响应时间,提高服务发现的效率。

1.1 PAISDP 协议的数据结构

图 1 只列出了最能体现 PAISDP 协议特色的两个核心数据结构:服务回复包和服务信息缓存 SIC (Service information cache) 的结构。

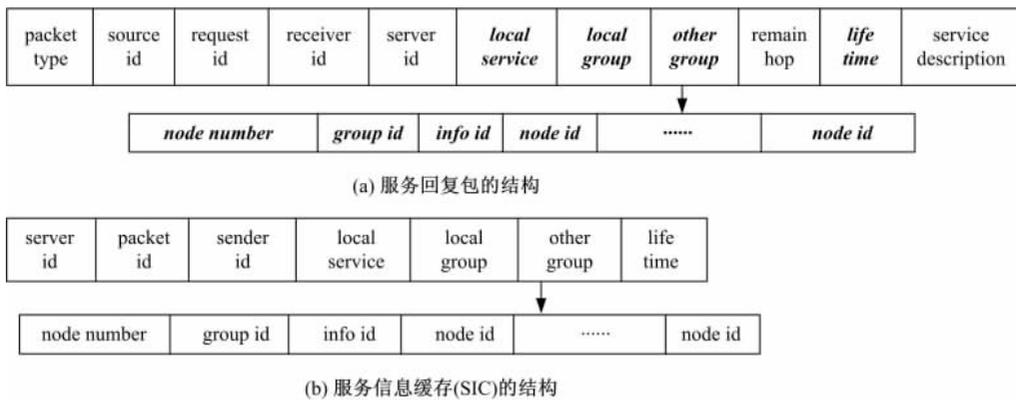


图 1 PAISDP 的部分数据结构

Fig.1 Part of structure in PAISDP

1.1.1 服务回复包的结构

为了扩大广播信息的传输范围,PAISDP 协议在回复包中携带了部分回复节点的广播信息,其服务回复包的结构如图 1(a) 所示,黑斜体部分即为回复包中携带的部分广播信息。在 PAISDP 中,服务回复包不仅包含了回复包的基本信息,还增加了 local service、local group、life time 和 other group 域,用于存储该回复节点的部分广播信息,使得其广播信息能通过回复过程在回复路径上传

播,并存储在回复路径上各节点的 SIC 中。

packet type 指信息包的类型; source id 指产生相应的服务请求包的节点; request id 用于区别同一服务请求节点发出的不同服务请求包; receiver id 指该回复包的当前接收者,用于将回复包向服务请求节点转发; server id 指产生回复包的节点,即服务器节点; local service 指服务器节点所提供的服务的详细描述; local group 是服务器节点具有的服务信息所属的服务群组; other

group 中存放着产生回复包的节点的 d -跳邻居节点所具有的服务信息和服务群组, 以及拥有这些服务信息的节点列表; remain hop 指回复包还能传送的跳数; life time 是该回复包中包含的广播信息生命期; service description 用于存储回复节点所拥有的匹配服务的描述信息。

1.1.2 SIC 的结构

在 PAISDP 协议中, 每个节点在收到服务广播包和服务回复包时都要对其 SIC 的内容进行更新, 当节点产生新的服务广播包和服务回复包时也需要参考 SIC 中的信息。

SIC 的数据结构如图 1(b) 所示, 其中, server id 指的是产生广播包或回复包的节点, 即服务器节点; packet id 用于区别同一节点的不同 SIC 条目; sender id 指广播包或回复包的当前发送者; SIC 其他域的含义同服务回复包。

1.2 PAISDP 协议的设计思想

1.2.1 PAISDP 协议的主要思想

大多数服务发现协议都是通过发送服务广播包的方式将服务器节点所具有的服务信息向其邻居节点进行广播的。如果广播包传送的最大跳数较大, 则虽然理论上能产生好的服务匹配结果, 但却常常造成巨大的网络带宽的占用和资源的浪费; 而当广播包的最大跳数有限时, 又会限制广播信息的传播, 降低服务发现的效率。PAISDP 协议将服务器节点的部分广播信息顺带在服务回复包中, 随着服务回复包的传递, 这些广播信息也能在回复路径的各个节点上进行传播, 并像服务广播包一样被存储在这些节点的 SIC 中。因此当服务广播包的最大跳数有限时, PAISDP 协议能扩大广播信息的传送范围, 既节省了信息包数又提高了服务发现效率。

1.2.2 PAISDP 协议回复包处理算法

节点接收到服务回复包后, 首先要查看自己是否是该回复包指定的接收节点, 若不是, 则用该回复包中携带的广播信息更新自己的 SIC, 并丢弃该回复包; 若是, 则用该回复包中携带的广播信息更新自己的 SIC, 并转发该回复包。PAISDP 协议的服务回复包处理算法如下:

输入: 服务回复包 Rep; 当前节点 id, 即 self-id.

输出: 更新后的服务回复包 Rep

Begin:

Rep. remainhop - -;

```

if Rep. remainhop > 0
{
  if Rep. receiver - id == self - id
  { //本节点是接受节点,更新 SIC 并转发该回复包。
    Updated( SIC );
    ForwardingPacket( Rep );
  }
  else
  { //本节点非接收节点,更新 SIC 并丢弃该回复包。
    Updated( SIC );
    DiscardPacket( Rep );
  }
}
else
{
  if Rep. source - id == self - id
  { //本节点是服务请求节点,更新 SIC 并访问信息。
    Updated( SIC );
    Access( Rep. service-description );
  }
  DiscardPacket( Rep );
}
}
End.

```

2 PAISDP 协议理论分析

设网络中的节点总数为 n , 某服务器节点的服务广播包经过有限跳数的广播, 使得 k 个节点的 SIC 中包含了该服务器节点的广播信息。通常情况下, 当网络中任一节点发出查找此服务器节点所含服务的服务请求包后, 能提供相应匹配信息的节点占总节点数的比例为

$$P_{\text{USUAL}} = \frac{k}{n} \quad (1)$$

假设网络中每发送一次服务请求平均收到 s 个服务回复包, 每个服务回复包的平均跳数为 r , 则 PAISDP 协议在每次请求回复交互(即会话)后都会有 $s \times r$ 个节点根据服务回复包携带的广播信息更新了自己的 SIC。于是每次会话后网络中就会增加 $s \times r$ 个节点能提供该服务的匹配信息。设 i 表示缓存有效期时间段内某服务被请求的次数, 则当再有节点要查找该服务时, 网络中能提供该项服务的相应匹配信息的节点数占总数的比例即为

$$P_{PAISDP} = \frac{(k + s \times r \times i)}{n} \quad (2)$$

由于 s, r 和 i 都大于等于 0, 显然从式 (1) (2) 可得出 PAISDP 协议提高了网络中提供相应匹配信息的节点占总节点数的比例, 因此能提高服务发现的效率。

3 仿真实验及其结果分析

3.1 仿真参数的定义

定义 1 服务请求包数目 (request packet number): 每次会话中发送的平均服务请求包数量。

定义 2 回复请求比 (reply request ratio): 每次会话中服务回复包数量与服务请求包数量的比值, 该参数反映了服务请求成功的开销。

定义 3 服务发现成功率 (succeeded SDP ratio): 收到回复的会话数量与总会话数量的比率, 该参数用于反映服务发现的效率。

定义 4 平均最短响应时间 (average first response time): 发出服务发现请求到接收到第一个回复包之间的时间平均值。该参数与请求源和第一个回复节点间的距离有关。

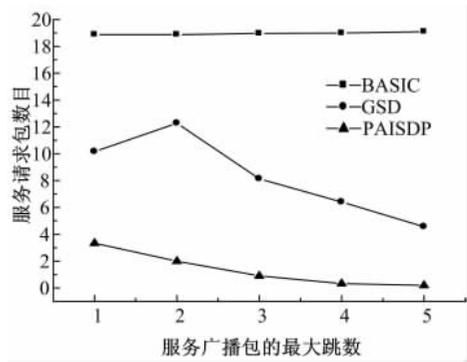
3.2 仿真实验

仿真实验采用 Glomosim 对泛洪方式的服务发现协议 (用 BASIC 表示)、GSD 协议和 PAISDP 协议进行对比。实验中的介质访问控制层 (Medium access control, MAC) 协议采用 IEEE 802.11, 节点的移动方式为 Random waypoint model (RWM)。在 RWM 模型中, 节点先以某随机速度 v 朝一个地方移动, 到达目的地后该节点随机等待一段时间 P , 然后再随机选择新的目标和速度进行移动, 如此周而复始。本实验中令 $P = 0$ 。

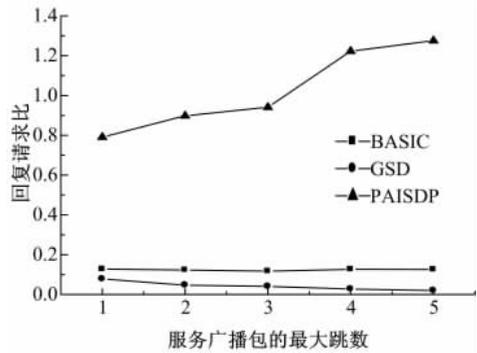
仿真实验模拟了 100 个随机分布的节点, 其中 50 个节点被随机抽取作为服务器节点, 用来提供随机的服务。每一组实验均由 50 组随机会话组成。

实验 1 服务广播包最大跳数对服务发现协议的影响。

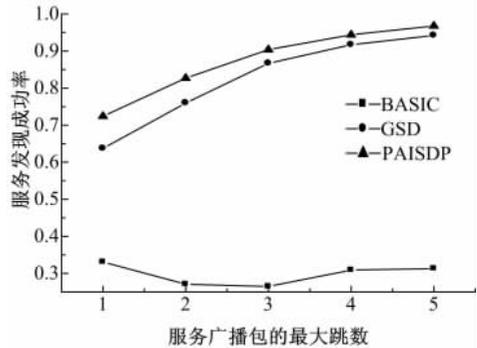
该实验中, 节点的服务群组数为 2, 服务信息数为 5, 节点速度设置为 0, 服务广播包的最大跳数分别设置为 1、2、3、4、5。实验结果如图 2 所示。从图 2 (a) 中可以看出, 由于 PAISDP 协议将广播信息通过服务回复包进行了更广泛的传播,



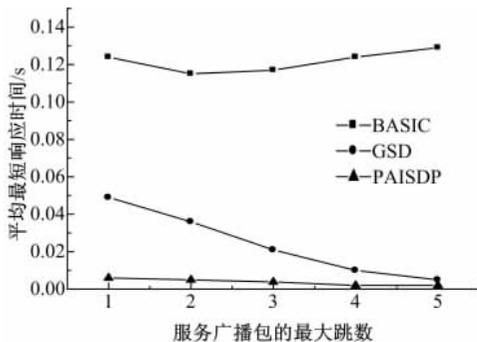
(a) 服务广播包最大跳数对服务请求包的影响



(b) 服务广播包最大跳数对回复请求比的影响



(c) 服务广播包最大跳数对服务发现成功率的影响



(d) 服务广播包最大跳数对平均最短响应时间的影响

图 2 服务广播包的最大跳数对各协议性能的影响
Fig. 2 Influence of maximum hop of advertisement packets

所以每次会话中发出的服务请求包只需经过较少次的转发就可得到匹配信息,因此其服务请求包数目要低于 GSD 协议和 BASIC 协议。图 2(b) 显示 PAISDP 协议具有最高的回复请求比,表明在服务请求包数量相同的情况下,PAISDP 协议得到的回复包最多,即其代价最低。由图 2(c) 可知,PAISDP 协议的服务发现成功率高于 GSD 协议和 BASIC 协议,而且由于服务广播包最大跳数较大时广播包会得以广泛传播,因此与服务广播包最大跳数较小的情况相比,PAISDP 协议的优越性有所降低。图 2(d) 表明 PAISDP 协议还具有最快的响应速度,但其响应时间的优势也随着服务广播包最大跳数的增加而有所降低。实验 1 的结果说明,服务广播包的跳数大小对 3 种服务发现协议均有一定的影响,但无论服务广播包的跳数如何变化,PAISDP 协议的性能始终优于 GSD 协议和 BASIC 协议。

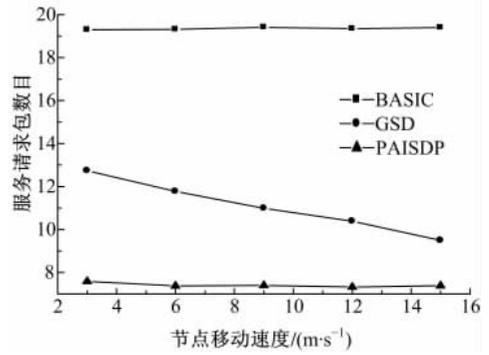
实验 2 节点移动速度对服务发现协议的影响

该实验中节点的服务群组数为 2,服务信息数为 7,广播包最大跳数为 3,节点的移动速度分别设置为 3、6、9、12 和 15 m/s。实验结果如图 3 所示。

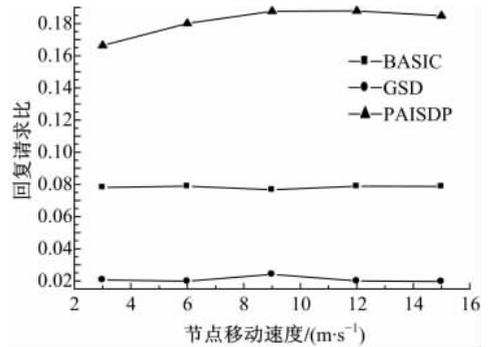
从图 3(a) 可以看出,PAISDP 协议具有最小的服务请求包数,而且节点的移动速度对服务请求包数量的影响也比较小。由图 3(b) 可知,当节点的移动速度发生变化时,PAISDP 协议的回复请求比远远高于 GSD 协议和 BASIC 协议,当节点速度为 15 m/s 时,PAISDP 协议的值大约为 BASIC 协议的 2.35 倍,是 GSD 协议的 9.39 倍。而图 3(c) 的结果则表明,PAISDP 和 GSD 的服务发现成功率大大高于 BASIC 协议,与 GSD 协议相比,PAISDP 协议在服务发现成功率上的优越性不是很明显。图 3(d) 说明,当节点的移动速度变化时 PAISDP 协议仍具有非常短的服务响应时间,而且随速度值的变化该参数波动很小。实验 2 的结果表明,当节点速度发生变化时,PAISDP 协议的各项性能均优于 BASIC 协议和 GSD 协议。

4 结束语

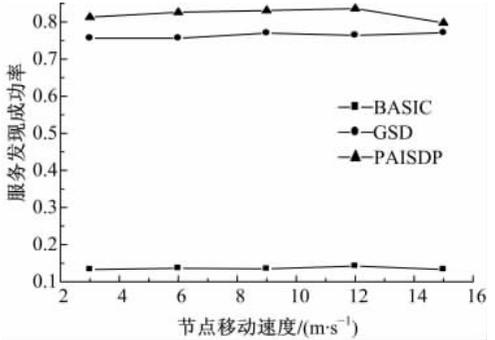
提出了一种新的服务发现协议 PAISDP,该协议是基于群组的服务发现协议,它在服务回复包中携带了部分服务广播包信息,使得广播信息的传播更为广泛。由于服务器节点具有的服务信息



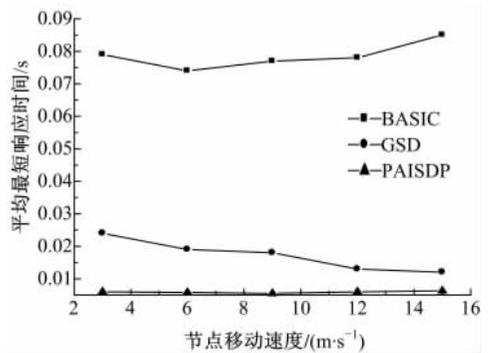
(a) 节点移动速度对服务请求包的影响



(b) 节点移动速度对回复请求比的影响



(c) 节点移动速度对服务发现成功率的影响



(d) 节点移动速度对平均最短响应时间的影响

图 3 节点移动速度对各协议性能的影响

Fig.3 Influence of node's speed

被更多的节点所存储,当某节点提出服务发现请求后就会得到更快的响应,这样不仅缩短了服务响应时间,大大地减少了服务请求包的转发数目,而且提高了服务发现效率。理论分析和仿真实验表明,PAISDP在服务响应时间、传输的信息包数和服务发现效率等方面均优于GSD和BASIC,是普适环境下一种较好的服务发现协议。

参考文献:

- [1] Sharmin M, Ahmed S, Ahamed S I. An adaptive light-weight trust reliant secure resource discovery for pervasive computing Environments [C] // Proceedings of Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, Pisa, Italy: IEEE Press, 2006: 258-263.
- [2] Arnold K, Scheifler R, Waldo J, et al. The Jini specification [R]. Boston: Addison-Wesley Longman, 1999.
- [3] John R. UPnP, Jini and salutation—a look at some popular coordination frameworks for future network devices [EB/OL]. [2007-12-12]. <http://www.calsoft-labs.com/whitepapers/upnp-devices.html#02>.
- [4] OASIS UDDI specification technical committee. [EB/OL]. [2008-04-12]. <http://xml.coverpages.org/OASIS-UDDI-TC.html>.
- [5] Guttman E, Perkins C, Veizades J. RFC 2165: service location protocol [R]. Internet Proposed Standard, 1997.
- [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, Part A, 2003, 33(6): 682-696.
- [7] Klein M, König-ries B, Obreiter P. Lanes—a light-weight overlay for service discovery in mobile Ad-Hoc networks [C] // Proceedings of the 3rd Workshop on Applications and Services in Wireless Networks, Berne, Switzerland, 2003: 101-112.
- [8] Klein M, König-Ries B, Obreiter P. Service rings—a semantic overlay for service discovery in Ad-Hoc networks [C] // Proceedings of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, Washington, DC, USA, 2003: 180-185.
- [9] Chakraborty D, Joshi A, Yesha Y, et al. GSD: a novel group-based service discovery protocol for MANETS [C] // Proceedings of the 4th IEEE Conference on Mobile and Wireless Communications Networks, Stockholm, Sweden: IEEE Press, 2002: 140-144.
- [10] Ratsimor O, Chakraborty D, Joshi A, et al. Allia: alliance-based service discovery for Ad-Hoc environments [C] // Proceeding of 2nd International Workshop Mobile Commerce, USA: ACM Press, 2002: 1-9.
- [11] Gao Zhen-guo, Wang Ling, Yang Xiao-zong, et al. PCPGSD: an enhanced GSD service discovery protocol for MANETS [J]. Computer Communications, 2006, 29(12): 2433-2445.
- [12] Gao Zhen-guo, Wang Ling, Yang Mei, et al. CNPGSDP: an efficient group-based service discovery protocol for MANETS [J]. Computer Networks, 2006, 50(16): 3165-3182.