

移动 IP 中的组播技术^{*}

Multicast Communication Technology in Mobile IP

孙利民 张 灏 王在方

(中国科学院软件研究所多媒体通信与网络研究中心 北京100080)

Abstract The mobile multicast is one important service of mobile IP. It must deal not only with dynamic group membership but also with dynamic member location. This paper first introduces the last research result of mobile multicast including unreliable mobile multicast protocols and reliable mobile multicast protocols, then gives our anycast based mobile multicast protocol.

Keywords Mobile IP, Mobile multicast protocol, Multicast tree rebuilding, Multicast Agent

1. 引言

移动计算使得移动用户在任何地点和任何时间都能连接到 Internet 上, 允许移动主机无论移动到 Internet 的任何区域都能连续地保持与其它节点通信。移动 IP 作为支持移动主机无缝接入 Internet 的 IP 协议扩展, 在国内外已引起广泛重视。IETF 组织在 IPv4 的基础上提出 RFC2002 用于支持 IP 的移动性, 并在 RFC2003—2006 中定义了相关标准。随着 IPv6 的发展, 人们提出了基于 IPv6 的移动 IP 相关的 IETF 草案^[1~7], 如区域注册、快速/平滑切换以及层次型移动 IPv6 管理, 移动 IP 将成为 IPv6 协议不可缺少的组成部分。移动 IP 目前主要的研究领域包括区域注册、平滑切换等基础框架, 移动组播, 移动 QoS, 以及安全性和对上层协议的影响等。

组播通信能够利用链路级共享, 有效节省网络带宽, 减少网络通信延迟, 对很多 Internet 应用非常有用。移动组播是移动应用的重要服务, 如电子邮件、数据库查询、视频会议等。移动计算需要无线通信、移动性和便携性等特点。移动通信典型的物理约束包括低的链路层带宽、高误码率和短暂的连接中断。在无线环境下给移动主机提供组播服务是一项复杂的工作, 在国际上是移动计算新的研究领域。本文首先介绍国际上移动组播的最新研究成果, 包括不可靠的移动组播协议和可靠的移动组播协议, 然后给出我们提出的基于泛播(或称任播, Anycast)的移动组播协议, 并与已有组播协议进行比较。

2. 移动组播协议

移动组播协议在主机不断移动的无线通信的环境下, 不仅要处理组播中动态的组成员关系, 而且还要处理移动主机位置的动态改变。当前 Internet 上提出了 DVMRP、MOSPF、CBT 和 PIM 等组播协议, 它们在构建组播树时, 都假设主机是静止不动的, 没有考虑成员位置的动态改变。在每次成员移动时, 若要重构传播树就意味着增加网络开销和网络延迟, 甚至丢失信息包; 若不重构便会导致组播包低效传送甚至失败。因此, 这些协议不适合移动的环境。随着 IP 基本框架问题研究的深入, 人们开始研究移动组播问题。当前版本的移动 IP 支持两种组播机制^[8~9]: 远程签署 RS(Remote Subscription) 和双向隧道 BT(Bi-directional tunneling)。

2.1 远程签署

在远程签署算法中, 移动主机 MH(Mobile Host)在进入每个外地网络时, 都要重新申请加入组播组。这要求外地路由器是组播路由器, 必须代表移动主机加入到组播树中, 并在必要时退出组播组, 从而引起重构组播树。移动主机切换的速度决定组播树改变的频率。其优点是组播包到移动主机的路径最短, 但移动切换可能会频繁重构组播树, 引起很大的开销, 不支持组播源移动。当移动主机移动需要重新加入同一个组播组时(特别是稀疏情况下), 组播包网络延迟较大。

2.2 双向隧道

在双向隧道算法中, 家乡代理 HA(Home Agent)使用移动 IP 隧道单播转发组播数据报给移动主机, 或移动主机发送的组播包经隧道由家乡代理发送, 支持组播发送者的移动性和接收者的移动性。由于对组中其它成员隐藏移动主机的位置, 不会因成员位置的移动而改变组播树, 没有重构组播树的开销。算法的缺点是组播包传输的路径没有优化, 无论外地网络的位置如何, 家乡代理必须对所有移动主机逐个通过隧道转发, 浪费网络资源。如果使用 RSVP, 网络带宽的浪费非常严重。

2.3 移动组播协议 MoM^[9]

在双向隧道算法中, 当属于同一组播组但不属于同一家乡代理的移动主机移动到同一外地代理 FA(Foreign Agent)或类似实体(对 IPv6 而言)上时, 会建立多个隧道, 隧道终点都在相同外地代理, 外地代理将多次收到同一个组播包, 这就是隧道聚合(tunnel convergence)问题。移动组播协议 MoM(Mobile Multicast protocol)在双向隧道算法基础上, 选择一个家乡代理作为指定组播服务提供者 DMSP(Designated Multicast Service Provider), 只有 DMSP 转发组播包给外地代理, 解决了隧道聚合问题。选择 DMSP 的方法包括: (1)随机选择; (2)基于年龄: 最老的家乡代理(推荐); 最新的家乡代理; 最老 MH 对应的家乡代理; 最新 MH 对应的家乡代理; (3)基于计数: 具有最多 MH 的家乡代理; (4)基于距离: 选择离 FA 最近的家乡代理; 选择离源最近的家乡代理。DMSP 切换分为两种情况, 一种是新的移动主机进入网络, 其家乡代理更适合作为 DMSP, 另一种是所有 DMSP 的移动主机都移出 FA 网络。

^{*} 本文资助课题: 863 计划课题(编号: 2001AA112050)和中国科学院软件研究所基础研究课题(编号: CXK15348)。孙利民 博士, 研究员, 主要研究领域包括高速交换路由、移动 IP 和服务质量管理。张 灏、王在方 硕士研究生, 研究方向是交换技术和移动 IP 技术。

MoM 协议对双向隧道的主要改进是通过 DMSP 选择解决隧道聚合问题,FA 使用链路级组播传输组播包,提高了网络效率和减少网络延迟。它也继承了双向隧道的非优化路径的缺点。引入的 DMSP 切换问题会影响属于相同 FA 的其它组播组移动成员,增加组播包到它们的网络延迟。

MoM 协议的数据结构如下:每个家乡代理维护一个离开表(包括主机名、FA 和超时值)和一个组信息表(包括组成员列表、FA 列表和 DMSP 列表)。每个 FA 维护一个访问表(包括主机名、家乡代理和超时值)和一个组信息表(包括组成员列表、家乡代理列表和 DMSP 列表)。当移动主机到达外地网络时,首先确定 FA 并向 FA 注册。FA 创建新的访问表项,对组信息表进行修改,包括把移动代理加入相应组,如果移动主机所属的家乡代理第一次出现,将家乡代理加入家乡代理列表中,选择 DMSP。然后,移动主机或 FA 向家乡代理进行注册,家乡代理创建新的离开表项,对组信息表进行修改,包括把移动主机加入相应组,如果移动主机所到达的 FA 第一次出现,将 FA 加入 FA 列表中,并记录 FA 是否被选为 DMSP。

2.4 基于范围的移动组播 RBMoM^[11]

基于范围的移动组播 RBMoM (Range-Based Mobile Multicast) 引入组播家乡代理 MHA (Multicast Home Agent) 和服务范围的概念,通过限制组播家乡代理的服务范围,控制重构组播树的频率,在最短传输路径和重构组播树增加的开销之间达到折衷。

MHA 是一个组播路由器,代表移动主机加入组播树中,通过隧道将组播包转发给 FA。每个 MHA 相对移动主机而言都有一个服务范围,仅服务在其服务范围内的移动主机或网络。如果移动主机移出 MHA 的服务范围,而引起 MHA 切换。MHA 的服务范围 R 一般用 MHA 到 FA 的跳数表示,表示 FA 和 MHA 之间隧道长度。

当 $R = \infty$ 时, RBMoM 等同于双向隧道,移动主机的家乡代理就是它的 MHA;

当 $R = 0$ 时, RBMoM 等同于远程签署,移动主机的 FA 就是它的 MHA。

每个移动主机只有一个 MHA, MHA 信息记录在它的家乡代理中。当到达新的外地网络时,首先确定新的 FA 并注册。FA 与移动主机的家乡代理通信获得 MHA 信息,计算到 MHA 的距离,如果距离超过规定的服务范围,就必须选一个新的 MHA,可以简单地选择 FA 为新的 MHA,新的 MHA 要加入组播组,FA 通知 HA 新的 MHA 以便更新记录;如果移动主机仍然在它的 MHA 服务范围内,FA 仅通知 MHA 移动主机新的 FA。为了缩短传输路径,如果新的 FA 已经在组播组中,即使移动主机仍然在它的 MHA 服务范围内,我们可以更改 MHA 为新的 FA。

当 MH 移动到新的外地网络时,新的 FA 操作如下:

```

1 移动主机确定和注册新的 FA;
2 新的 FA 与移动主机的家乡代理 HA 通信获得它的 MHA;
3 新的 FA 计算到 MHA 的距离,判断
  如果 (Dis(FA, MHA) > R)
  {
    如果 (MHA <> HA)
    {
      如果 (Dis(FA, HA) = < R)
      {
        如果 (FA 已经在组播树中) 那末 FA 为 MHA;
        否则
        {
          HA 为 MHA;
          HA 如果没有在组播组,就加入组播组;
        }
      }
    }
  }

```

```

}
否则
{
  FA 为 MHA;
  FA 如果没有在组播组,就加入组播组;
}
}
否则 (就是 HA == MHA)
{
  FA 为 MHA;
  (旧的 MHA 如果有必要,退出组播组)
  通知 HA 当前服务移动主机的 FA;
  通知 HA 当前服务移动主机的 MHA;
  通知旧的 MHA 删除有关移动主机的所有数据结构;
  (旧的 MHA 如果有必要,退出组播组)
}
否则 (就是 Dis(FA, MHA) = R)
{
  通知 MHA 当前服务移动主机的 FA;
}

```

由于属于同一个组播组的多个主机,在同一个外地网络(对应一个 FA)中可能对应多个 MHA,每个 MHA 转发组播包的一个拷贝给 FA,存在隧道聚合问题。解决办法是使用 DMSP 方法,但如果 FA 已经在同一个组播组中,FA 对每一个组播包将收到两个拷贝,一个来自 DMSP,另一个来自组播组的源。因此, RBMoM 中 FA 必须检查它自己和移动主机是否在同一个组播组,如果是就指定它自己为 DMSP。这样,FA 对每一个组播包仅收到一个拷贝。

2.5 组播代理 MA^[12] (Multicast Agent)

组播代理协议中组播代理是一个组播路由器,作为移动主机通过 FA 到组播骨干网的接入点,其服务区域覆盖多个外地网络,代表服务范围内的移动成员加入/退出组播组。组播代理协议使用三级结构将组播包转发到移动主机。在 Internet 级,组播代理仅是组播路由器,参与组播路由服务;在本地级,FA 仍是使用局域组播服务转发组播包;在组播代理和 FA 之间的中间级,负责转发从 FA 来的移动主机的组信息到组播代理,通过隧道转发组播代理来的组播包到 FA。组播代理和 FA 间的路由器不必是组播路由器。

当移动主机移动到外地网络时,向家乡代理注册更改它的移动绑定,同时,向 FA 通告其成员关系。如果本地支持组播,可以使用标准的 IGMP 消息。FA 维持一个在其网络内有组成员的组播组列表,为了即时更新组列表,它周期性地发送 IGMP 组成员查询消息到所有主机组 224. 0. 0. 1 (一分钟不多于一次),移动主机(在随机大小的报告延迟定时器溢出后)为它属于的每个组发送 IGMP 成员报告来响应。如果本地不支持组播,移动主机必须直接向 FA 的 IP 地址发送 IGMP 成员报告。FA 不仅必须维持组播组列表,而且维持属于每个组的访问移动主机列表。对于成员关系更改,当移动主机注册定时溢出时,FA 从组列表中删除移动主机。在 FA 的代理通告中说明本地是否支持组播服务。

当 FA 通过成员报告或注册定时溢出检测到移动主机组播组列表的任何变换时,它通知相应的组播代理说明它想加入/退出一个组播组,组播代理对其确认。组播代理维持一个有组成员在它的服务范围内的组播组列表,以及对于每一个组,维持一个有访问移动主机在组中的 FA 列表。当组播代理收到组播包时,它通过隧道转发组播包到该组播组对应列表内的每一个 FA。FA 本地组播传送到所有成员。如果本地不支持组播,FA 必须向每一个访问组成员单独发送组播包的拷贝。

组播代理协议的优点包括:首先,通过限制组播代理服务范围的大小,移动主机可以保持相对靠近组播骨干网的接入

点。相对于双向隧道,组播代理避免了家乡代理到移动主机潜在的长的隧道以及相应多次使用单播在隧道中传送组播包。移动主机和组播代理的位置靠近也减少了由于组成员移动而产生的组播服务质量的降低。第二,由于组播代理覆盖多个外地网络,减少了对组播树的频繁重构。仅当移动组成员移到新的组播代理,该组没有其它成员在新代理服务范围内,组播树的重建才是必需的。组播代理机制提供在组播路由效率和因移动产生路由开销之间的灵活折衷,远程签署和双向隧道可以视为其两个极端。第三,通过保证不同组播代理服务区域不相互重叠,每个 FA 仅有一个组播代理,避免了隧道聚合问题。

3. 可靠的移动组播协议

可靠移动组播是移动组播的发展方向,目前的研究工作很少,基本是在上述协议基础上提出的。基于范围的可靠移动组播 RRBMoM^[14](Reliable Range Based Mobile Multicast)是在 RBMoM 算法的基础上加入了应答确认和数据恢复等机制。可靠移动组播协议 RMMP^[15](Reliable Mobile Multicast Protocol)在远程签署的基础上,避免了由于切换问题带来的数据丢失,提供可靠组播。

3.1 基于范围的可靠移动组播 RRBMoM

RRBMoM 协议在 RBMoM 协议的基础上通过加入应答确认和数据恢复机制,保证所有移动主机都接收到所有组播包。它采用分层确认的方法解决应答爆炸问题,MHA 收集下游的确认消息,只有收到所有 FA 确认消息后,才向发送者发送确认消息,FA 也是如此。

RRBMoM 协议的基本应答确认过程如下:移动主机移动到外地网络,向 FA 注册时报告自己接收组播包的序号,如果它是该组在外地网络的第一个成员,则由 FA 直接向根发送组播请求;否则,FA 发送组播包序号到 MHA,如果 MHA 保存了这些组播包就转发给 FA;如果没有,再由 MHA 转发请求给根。在通往根的路径上,如果某一节点(备份节点)发现自己保存了这些组播包,则建立该节点到 FA 的隧道,发送请求的组播包。

在 DMSP 切换时,前一个 DMSP 继续发送组播包,直到选出新的 DMSP,FA 才通知老的 DMSP 停止发送包。当同一组播组的多个移动成员移动到同一个 FA 时,可能会请求多份数据,FA 记录请求组播包的最小序号 N,只有新的请求组播包序号小于 N,FA 才转发对组播包的请求。

3.2 可靠移动组播协议 RMMP

RMMP 协议在远程签署的基础上,改进切换过程来提供可靠组播。在外地网络,FA 代表移动主机加入组播树,收集组所有移动成员的确认消息后,才向组播树的上级节点或发送者发送消息。对于每个组播组,FA 的数据结构包含:(1)Cache,用来临时存储组播数据;(2)服务列表,记录该组的移动成员;(3)隧道列表,为在外地的移动主机建立隧道的列表。

当移动主机从外地网络的 FA1 切换到 FA2 时,移动主机注册到新的 FA2,FA2 加入该组播组,为该组播组创建 Cache,并将移动主机加入服务列表中。当移动主机第一次接收组播数据时,如果接收到的序号小于当前应接收的序号,则向原 FA1 发送离开消息,携带的组播包偏移量为 0;否则,如果 FA2 缓存了移动主机需要的数据,向 FA1 发送的离开消息的组播包偏移量也为 0;如果没有缓存,向 FA1 发送的离开消息的组播包偏移量为 [a,b]。FA1 收到离开消息后,从服务列

表中删去该主机,通过隧道发送请求的组播包。FA2 保存收到的组播包到 Cache,根据服务列表再发送给移动主机。

4. 基于泛播的移动组播协议 ABMMP

泛播是 IPv6 定义的新的服务,带有泛播地址的消息被尽力传送给一个最近的泛播组成员,其路由优化可为移动组播提供高效的注册、连接和切换。我们在详细分析已有的移动组播协议基础上,首次将泛播路由结合到移动组播中,提出了基于泛播的移动组播协议 ABMMP(Anycast Based Mobile Multicast Protocol)。

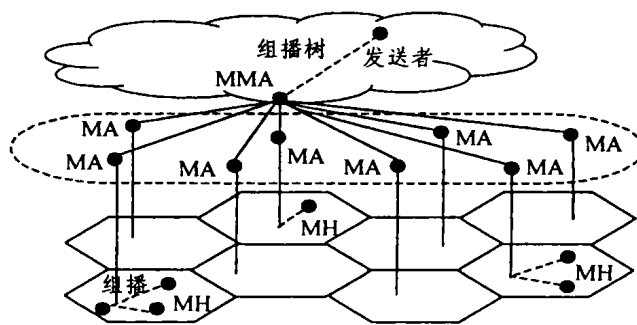


图1 ABMMP 协议的层次结构模型

ABMMP 协议将移动 IP 区域注册的思想引入到移动组播通信,提出区域组播代理的组播移动代理 MMA(Mobile Multicast Agent),采用移动主机-移动代理-组播移动代理层次型结构,如图1所示。移动代理 MA(Mobile Agent)包括家乡代理和外地代理(或类似的实体),在局部范围内为多个移动主机服务,负责移动主机的注册、转发单播/组播包(移动主机在家乡除外),尽量在链路层组播组播包给移动主机。组播移动代理代表移动主机加入/退出组播组,连接多个移动代理来服务多个外地网络,通过隧道传输组播包给移动代理。

通常移动 IP 中,代理发现要求移动代理发送代理通告的广播包,移动主机通过通告信息决定连接位置。通告包每秒最多发送一次。移动主机要等待通告来发现移动代理的存在。在 ABMMP 协议中,所有移动代理形成一个泛播组,移动主机在切换时,向这个泛播组发送请求进行注册,泛播路由将消息路由到泛播组中最近的移动代理。这样,可以减少网络中的部分控制流量和信息包的网络延迟。

每个移动主机对应一个 MMA,只要移动主机相连的移动代理在同一个 MMA,移动主机位置的改变不会引起组播树的重构。只有移动主机移出 MMA 的服务范围,才会引起 MMA 的切换,可能引起组播树的重构。MMA 通过指定选择,必须是支持组播的路由器。由于不同 MMA 的覆盖范围不重叠,没有隧道聚合问题。

结束语 移动组播路由的核心问题是在组成员的位置动态移动情况下,如何高效重构组播树,在组播包传输路径的长度和重构组播树的开销之间寻求折衷。MoM 协议中利用 DMSP 解决隧道问题,使用链路级组播传输组播包。基于范围的移动组播协议通过限制组播家乡代理的服务范围,控制重构组播树的频率。组播代理协议使用三级结构减少组播代理切换的次数,利用链路级共享提高网络带宽的利用效率。基于泛播的移动组播协议利用泛播技术进行高效注册和切换。

(下转第96页)

行效率的前提下,能明显提高聚类的效果。

结论 本文针对 K-Means 算法对初始中心敏感的问题,利用遗传算法的全局搜索能力,提出了一种将遗传算法用于 K-Means 算法的方法,以期得到全局最初的初始中心。本文提出了基因差异度的概念来控制遗传算法的交叉与变异,从而避免传统遗传算法所存在的早熟收敛和误差平分等缺陷。对标准数据库的测试的结果表明,这种方法能比较显著地改善聚类结果。

参考文献

- 1 Bezdek J C, et al. Multiple-Prototype Classifier Design. IEEE Trans Syst Man Cybern, 1998, 24(9): 67~79
- 2 Selim S Z, Ismail M A. K-Means-Type Algorithms: A Generalized Convergence Theorem and Characterization of Local Optimality. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, PAMI-6(1): 81~87
- 3 Bradley P S, Fayyad U M. Refining Initial Points for K-Means

Clustering. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. MIT Press, 1996

- 4 Raymond T. Ng, Han Jiawei. Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Mining. In: Proc. of the 20th VLDB Conf. Santiago, Chile, 1994
- 5 Selim S Z, Alsultan K. A Simulated Annealing Algorithms for the Clustering Problem. Pattern Recognition, 1991, 24(10): 1003~1008
- 6 杨忠明,黄道,王行愚. 基于模拟退火的动态聚类算法. 控制与决策, 1997, 12, Suppl. 1: 520~523
- 7 李茂军,樊韶胜,童调生. 单亲遗传算法在模式聚类中的应用. 模式识别与人工智能, 1999, 12(1)
- 8 王涛,沈谦,朱明星,张良震. 遗传与 K-Means 混合算法用于聚类分析. 模式识别与人工智能, 1999, 12(1)
- 9 徐金梧,刘纪文. 基于小生境技术的遗传算法. 模式识别与人工智能, 1999, 12(1)
- 10 王实,高文. 数据挖掘中的聚类算法. 计算机科学, 2000, 27(4)

(上接第45页)

参考文献

- 1 Johnson D B, Perkins C. Mobility Support in IPv6. draft-ietf-mobileip-ipv6-14. txt (July, 2000)
- 2 Gustafsson E, Jonsson A, Perkins C. Mobile IPv6 Regional Registrations. draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04. txt (Mar. , 2001)
- 3 Glass S, Chandra M. Registration Revocation in Mobile IP. draft-ietf-mobileip-reg-revok-01. txt (July 2001)
- 4 Soliman H. Hierarchical MIPv6 mobility management (HMIPv6). draft-ietf-mobileip-hmipv6-04. txt (July, 2001)
- 5 Malki K E. Low Latency Handoff in Mobile IPv4. draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-01. txt (May, 2001)
- 6 Dommery G. Fast Handovers for Mobile IPv6. draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-02.txt (July, 2001)
- 7 Chaskar H. Requirements of a QoS Solution for Mobile IP. draft-ietf-mobileip-qos-requirements-01. txt (August, 2001)
- 8 Omar H, Saadawi T, Lee M. Multicast Support for Mobile-IP with the Hierarchical Local Registration Approach. In: Proc. of the third ACM intl. workshop on Wireless mobile multimedia, Boston,

MA USA, 2000

- 9 Harrison T, et al. Mobile Multicast (MoM) protocol: Multicast support for mobile hosts. In: ACM intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (MOBICOM) Sep. 1997
- 10 Acharya A, Bakre A, Badrinath B R. IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking: [Rutgers DCS TechReport]
- 11 Lin C R, Wang Kai-min. Mobile multicast support in IP networks. IEEE InfoCom 2000. 1664~1672
- 12 Wang Yu, Chen Weidong. Supporting IP Multicast for Mobile Hosts. Mobile Networks and Applications, 2001(6): 57~66
- 13 Choi M, et al. An efficient multicast routing protocol for mobile hosts. IEEE2001. 226~231
- 14 Lin C R, Chung C-J. Mobile Reliable Multicast Support in IP networks. IEEE2000. 1421~1425
- 15 Ke C-A, Liao Wanjiun. Reliable mobile multicast protocol: A Reliable Multicast protocol for Mobile IP networks. IEEE2000. 1488~1491
- 16 Liao Wanjiun, et al. Reliable multicast with host mobility. IEEE2000. 1692~1696

中国计算机学会全国办公自动化技术及应用学术会议

征文通知

中国计算机学会办公自动化专业委员会拟于2003年春在扬州召开办公自动化(OA)技术及应用学术会议,同时召开全体委员会议。现将有关事项通知如下:

一、征文范围 所有涉及 OA 技术和应用的动向、研究、开发和应用成果的论文,主要包括:OA 现状及技术发展趋势;网络技术与分布式系统;OA 中的信息安全技术;OA 开发工具和 OA 语言; workflow/数据库、数据仓库和数据挖掘技术;OA 中的多媒体技术;电子商务/电子政务;人工智能与决策分析在 OA 中的应用;其它。

二、来稿要求

1. 理论联系实际,具有学术和应用推广价值。未被其它会议、期刊录用或发表。
2. 来稿一般不得超过6000字(含图表),为了便于正式出版论文集,来稿必须附中、英文摘要、关键词及主要参考文献,注明作者姓名、工作单位、详细通讯地址(包括电子邮件地址)与作者简介。
3. 欢迎电子投稿,来稿一般不退,请自留底稿。

三、来稿地址 南京东南大学计算机科学与工程系 胡苏宁 邮编:210096;
电话:(025)3793044; Email: yangming@seu.edu.cn

四、重要日期 征文截止日期:2002年10月15日
录用通知发出日期:2002年11月20日