

# 一个 P2P 网络仿真模型<sup>\*</sup>

杨德国 王 慧 王翠荣 高 远  
(东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110004)

**摘 要** 现有的 P2P 网络仿真器都有其各自的弊端,不能够对现实中的 P2P 的一些实际应用进行仿真。把 P2P 网络中的各个元素按实际情况模型化,设计一个能够用于对现有 P2P 应用进行仿真测试的 P2P 仿真器是十分必要的。本文设计了一个尽可能真实反映 P2P 实际运行环境的仿真模型,该仿真模型用于仿真现有的很多 P2P 应用。该模型根据现实 P2P 资源共享系统中用户的行为的基本特点设计了 Peer 的各种属性,包容了现有常见的 P2P 资源共享应用中 peers 选择和 pieces 选择策略,并为进一步设计 P2P 底层覆盖网络拓扑结构提供了接口。该仿真器初步运行结果表明,它能够反映现实 P2P 应用中的真实情况。

**关键词** P2P,网络仿真,资源共享

## Simulation Model for P2P Networks

YANG De-guo WANG Hui WANG Cui-rong GAO Yuan  
(School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

**Abstract** The existing P2P simulators have its disadvantages, and are not fit for many practical P2P applications. It is necessary to model each of the elements in the P2P networks and design a P2P simulator for the actual applications. In this paper, a simulation model which closely reflects the real P2P networks is designed. Based on the behavior of user in the P2P networks applications, the model has designed many attributes for every peer; some current strategies of peers selection and pieces selection are included in the model; the model has devised the interface for the underlying overlay network topology architecture. The running result of the primary simulator shows that the simulation model can match the case of the real P2P networks.

**Keywords** P2P, Networks simulation, File sharing

### 1 引言

P2P 方向的研究无论在算法上还是在实际应用中都有了很大的发展,其中包括构造 P2P 网络拓扑的分布式协议的研究、非结构化 P2P 网络中的查询算法改进、P2P 网络中媒体流的分发的探索等等。由于 P2P 网络分布式的特点,在研究过程中需要使用适当的 P2P 仿真器对研究的 P2P 算法以及 P2P 应用进行仿真。目前,没有一个能够满足大多数用户的需求、比较全面地对 P2P 应用进行仿真的仿真器<sup>[1]</sup>。

现有的大多数 P2P 仿真模型都比较简单,而且对于 peer 的行为以及底层覆盖网络的结构没有足够的考虑。例如文献[2]对对等点的可信度算法进行测试的时候,假定所有的 P2P 网络中的终端都是随机交互的;文献[3]在仿真分布式查找算法中,使用了随机定位资源的方法,然后由 peer 节点产生新的请求。文献[4]设计了资源共享的仿真器,但没有考虑节点的各种行为特点。现存的仿真程序也都存在着各自的缺点,如 P2Psim<sup>[5]</sup>只能对底层的覆盖网络进行仿真,而对于一些无结构化的覆盖网络以及具体的应用,如媒体资源的共享系统不能够仿真。PlanetSim<sup>[6]</sup>是面向对象的针对覆盖网络和服务的一个仿真器,具有几种应用层的 API,但只提供了有限的信息统计的支持,而且底层的网络节点模型简单,没有考虑到延迟和带宽等因素,不能仿真异构终端和移动终端的接入,用

于仿真现有的覆盖网络有很多局限性。本文针对现存的实际情况设计了 P2P 应用的仿真器的框架,为 P2P 研究中的仿真进行了一定的探索。

### 2 基本仿真模型

对于典型的 P2P 网络,需要仿真的内容有:peers 底层覆盖网络结构,peer 的注册和定位,资源的注册、发布和查找,资源在各个 peer 之间的传输等。

当每一个 peer 发布了一个请求,这个请求通过网络进行传输,收到请求的 peer 对请求进行检查,决定是否进行响应以及进一步转发。本仿真器模型是采用周期性的处理方式进行仿真,即在每个查询周期中,peer *i* 可能发布一个请求,可能不采取任何措施,可能对别的请求进行响应,可能转发请求。如果发布请求,这个 peer 就会等待该请求的响应,从响应的节点中选择一个下载源然后开始下载资源,当发布请求的 peer 将资源下载完毕,这个模拟的请求周期结束。统计要在每个 peer 中进行收集,比如下载和上传某个资源 peer 的数量、下载和上传的时间等。

### 3 Peer 的属性模型

Peer 的属性模型直接影响到整体系统的变化和性能,比如 peer 的活动范围、peer 共享资源的数量、peer 的在线时间

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金(60273078)、河北省科技厅博士基金项目(55470130-3)。杨德国 博士研究生;王 慧 博士研究生;王翠荣 博士,教授;高 远 教授,博士生导师。

以及其加入和离开的概率、资源共享时 peer 的行为等等。这些属性直接关系到仿真器模拟现实运行的 P2P 程序的准确性。所以,精确地对 peer 的参数进行建模是至关重要的。我们把这些参数分成两类:共享的资源内容分布参数和 peer 行为参数。

### 3.1 内容分布参数

我们必须对每个 peer 所拥有的资源的数量以及资源的类型进行精确的模型化。P2P 网络中每个 peer 所共享的内容迥异,而且随着网络中每个 peer 所共享的资源的变化,P2P 资源分发网络也发生动态变化。如果几乎没有 peer 共享资源,则 peer 发出的搜索资源的信息就要途经很多个 peer,而且资源上传时的网络负载容易失衡。如果很多 peer 都共享大量内容丰富的资源,则情况相反,返回的查询结果会很快,下载的速度也会相应提高,不存在什么瓶颈问题,整个 P2P 网络就会有一个良好的态势。精确地评价,查询各种路由算法以及 peer 策略的影响,都需要精确地对每个 peer 共享的内容以及变化进行建模。

#### 3.1.1 共享资源数模型

在本文的模型中,一部分 peer 都在网络中共享一定数量的资源,而一部分 peer 在网络中不共享资源。文献[7]已经观测了大量的资源共享的情况下资源的概率分布情况。根据这个结果,我们使用文中的分布来对网络中的部分 peer 分配一些共享资源,peer  $i$  共享的资源记为  $R_i$ 。并且把每个资源都用唯一的数对标识符来表示  $\{c, r\}$ ,这里的  $c$  代表资源所属的内容类型, $r$  代表在内容类型  $c$  内该资源的流行度的名次。我们把这个资源记为  $R_{c,r}$ 。

在文献[8]中,观察到 P2P 网络中的 peers 往往只对网络中的一部分资源内容感兴趣,而且只共享和下载这部分资源。例如,在教育资源网中,用户倾向于选择只对和他们所学的课程相关的内容。很多的资源存储系统,在内容的流行度方面都遵从 Zipf 分布。这表明了大部分的用户都集中于一些流行的资源内容,而大部分的内容中只有极少部分 peer 对其感兴趣。所以,我们假定每个 peer 只对网络上全部的资源的一个子集感兴趣,而且 peer  $i$  对自己喜欢的不同的类型资源也有程度上的差异。

Peer 对资源感兴趣的概率也就是其在系统中访问该资源的概率,每个 peer 对资源的感兴趣概率的分布遵从于 Zipf 分布<sup>[7]</sup>。设总体的内容为  $C$ ,我们按照资源的内容把资源分成  $n$  类  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 。通过内容的流行度来对  $c_i$  进行赋值,即  $c_1 = 1, c_2 = 2, \dots$ 。按照 Zipf 分布来确定资源的流行度:当 peer  $i$  被初始化的时候,对其感兴趣的某一类内容  $c \in C$  的感兴趣的概率为  $p(c)$ ,则

$$p(c|i) = \frac{\frac{1}{c}}{\sum_{i=0}^n \frac{1}{i}} \quad (1)$$

每个 peer 至少要对  $C_{\min}$  类内容感兴趣。集合  $C_i$  是 peer  $i$  感兴趣的内容类的集合。

下面我们对每个 peer 所共享的资源进行建模。在每个类型的资源中,总有一些流行度高的资源被很多人所有,还有一些流行度低的资源只被少数人所有。Peer  $i$  所感兴趣的资源为  $C_i = \{c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, \dots\}$ 。我们也是用 Zipf 分布来刻画资源的流行度。Peer  $i$  所感兴趣的类别中,资源  $R_{c,r}$  被共享的概率如下所示:

$$p(R_{c,r}|c) = \frac{\frac{1}{r}}{\sum_{s=1}^{|C_c|} \frac{1}{s}} \quad (2)$$

这里的  $|C_c|$  是属于类型  $C_c$  的资源的个数。那么,Peer  $i$  共享资源  $R_{c,r}$  的概率  $p(R_{c,r}|c) = p(c|i)p(R_{c,r}|c)$ ,即:Peer  $i$  对资源类型  $c$  的兴趣概率和资源  $R_{c,r}$  的流行度之积。在初始化的时候,每个资源都存储了它所共享的资源的  $\{c, r\}$  值。

在网络容量最大的情况下,网络上类型  $c$  的不同资源数目最多记为  $p(c)R$  个不同的资源, $R$  为网络上的资源总数, $p(c)$  是资源为  $c$  类资源的概率。

#### 3.1.2 资源分片的分布

P2P 网络的最大特征是每个 peer 在下载的同时还可以提供资源上传的功能。由于每个 peer 都在下载资源,下载的部分资源就可以作为资源提供给其它的 peer 下载。所以原始资源都要进行分片,各个 peer 在网络中寻找其缺少的资源片断并下载。一般地,对于同一资源来说,其某个分片的个数在网络上的分布呈正态分布,而其该资源分片被请求的概率和资源本身访问的概率是一致的,即符合 Zipf 分布,而资源拥有分片节点的数量为  $\sum_{i=1}^N p_i(R_{c,r}|c)$ 。其中  $N$  为 peer 总数, $p_i(R_{c,r}|c)$  为 peer  $i$  共享资源  $R_{c,r}$  的概率。

### 3.2 Peer 行为

我们也需要精确地对 peer 的行为进行建模,包括 peer 如何提交和响应请求,如何选择哪一个或哪些 peer 去下载,它的上传时间和期限是多久等等。接下来我们规范 peer 的行为参数。

#### 3.2.1 运行和会话时间

参与 P2P 网络的节点会频繁地离开和重新加入网络,我们把 peer 的运行时间定义为节点参与在网络中参与发布、响应和转发请求的时间段。

实际观测表明,84% 以上的节点进入 P2P 网络会至少持续 60min,但它们可能不会共享数据,也可能不发布太多的请求。我们假定有  $N$  个 peer,每一个 peer 都有一定的在线概率,符合文献[7]中所观测的在线概率分布。

#### 3.2.2 查询行为

在 P2P 网络中的 peer 通过发送请求来搜索和下载其感兴趣的资源。Peer 的查询行为决定着它发布查询信息的频率。

在该模型中,节点基于泊松分布产生请求。每个节点查询频率为从区间  $[R_{\min}, R_{\max}]$  中随机选择的一个数,其中  $R_{\min}, R_{\max}$  分别为 peer 查询的最大和最小频率。在每一个查询周期中,节点发布  $X$  个请求的概率为

$$p(q=x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!} \quad (3)$$

在周期模型中,每个活动的 peer 会在每个周期发送一个请求。peer  $i$  发送的请求是通过以下模型来描述的:

Peers 一般查询使其感兴趣的并且在网上存在的那些资源。在查询模型中,请求  $q_{c,r}$  代表着对于资源  $R_{c,r}$  的查询。一般地,peer 只查询那些使其感兴趣类型的资源。Peer  $i$  发出一个请求  $q_{c,r}$  的概率如公式(1)所示。

如果 peer  $i$  收到请求,而且还具有响应的资源,它就会对这个请求 peer 发回响应,并且上传该资源。

在查询周期模型中,一个周期包括每个活动的 peer 发布请求,然后等待响应,根据一定的策略从响应的列表中下载所需的资源。

### 3.2.3 Peer 行为策略

资源块被分成一系列的块片后,分片的资源按什么样的策略分布于各个节点之间,每个节点用什么样的方式对请求节点进行响应以及选择什么样的节点下载资源,这是决定 P2P 资源共享系统性能的关键因素。

节点行为策略包括节点对所下载的资源分片进行选择策略和对请求 peer 选择进行响应和上传资源片的策略。前者我们称为下载策略,后者我们称为上传策略。

一旦 peer 已经下载了一些资源分片,它可以把这些资源片上传给请求该资源片的邻居节点。上传策略需要确定请求的优先级,好的上传策略能够避免 free rider<sup>[9]</sup> 问题,并有利于整个 P2P 系统中资源量的扩充;不好的上传策略可能导致上传带宽等资源的浪费,并给一些利己主义者不奉献资源的机会。比如,如果 peer 先上传给带宽低的节点,则该节点不能够很快地把这些资源片接着传递给其他节点,不利于整体资源下载的扩充。常用的资源上传选择策略有:随机选择策略、最大带宽优先策略、利己者优先策略等等。

下载策略需要解决的首要问题是下载分片的优先级。请求策略一方面要考虑到自己的资源应能够被邻居节点所用,还要在一些实时的流媒体资源中考虑到资源能够在下载过程中被顺畅地播放。如果这些节点都下载原资源的同一部分,则这些节点彼此不能够互相利用,不能够帮助整体 P2P 系统中资源迅速扩充。典型的资源下载策略有:根据实时性要求策略、随机选择策略、稀缺资源优先策略等等。

在整个 P2P 系统中,peer 的策略问题是近几年研究的热点。本仿真模型除了提供上述的几个基本模型外,还提供给用户该模块,由用户自己针对具体需要进行合理设置和修改来满足其仿真需求。

## 4 网络结构

网络结构主要是规定各个 peer 节点之间的逻辑互联关系,节点之间的拓扑结构是确定 P2P 系统类型的重要依据。P2P 覆盖网络是在传输的网络层之上所有的 peers 组成一个覆盖网络,这些节点彼此建立连接。查询和控制信息通过各个 peer 之间进行交互。P2P 覆盖网络底层拓扑结构有非结构化、结构化和混合式三种。

非结构网络主要是以泛洪(Flooding)和随机转发为机制,以 Gnutella 为代表。研究表明<sup>[10]</sup>,自由发展的无结构 P2P 网络呈现幂律网络的特点。当某个节点进入网络之后,和节点  $i$  连接的概率为  $\frac{d_i}{\sum_{j \in N} d_j}$ ,  $N$  为节点的集合,  $d_i$  为 peer  $i$  的度。这样,加入节点有更高的概率来连接本已有很多连接者的节点。在设计 P2P 算法的时候,考虑到 P2P 网络中节点随机进入和离开网络的特征,由于非结构 P2P 网络呈现的幂律连接的特征,所以容易造成一定程度的失衡,即一些节点会有很多的邻居节点,而有一些的邻居节点很少。由于以上特点,使得非结构化的网络无法保证资源发现的效率,可扩展性较差。

结构化的 P2P 网络结构主要通过分布式散列函数,将输入的关键字唯一映射到某个节点上,然后通过某些路由算法同该节点建立连接。结构化 P2P 主要体现在采用分布式散列表(DHT)的完全分布式结构化拓扑网络。比较典型的是有 Chord<sup>[11]</sup>、Pastry<sup>[12]</sup>、Tapestry<sup>[13]</sup> 等。结构化 P2P 覆盖网络的最大特点是不需要中心服务器和超级节点,能够比较可

靠地注册节点和资源并有效地对资源进行查找,有良好的可扩展性、鲁棒性、节点 ID 分配均匀性以及良好的自组能力。但 DHT 的维护机制较为复杂,节点的随机加入和离开会对 DHT 的维护造成极大的开销。结构化覆盖网络中,底层覆盖网络的稳定性,注册和查找延迟、网络结构维护的开销是仿真中所要关注的问题。

混合结构(Hybrid Structure)吸取了中心化结构和全分布式非结构化拓扑的优点,选择性能较高(处理、存储、带宽等方面性能)的节点作为超级点(SuperNodes),在各个超级点上存储了系统中其他部分节点的信息,发现算法仅在超级点之间转发,超级点再将查询请求转发给适当的叶子节点。混合式结构也是一个层次式结构,超级点之间构成一个高速转发层,超级点和所负责的普通节点构成若干层次。最典型的案例就是 KaZaa。半分布式结构的优点是性能、可扩展性较好,较容易管理,但对超级点依赖性大,易于受到攻击,容错性也受到影

响。由于各种网络结构差异较大,可以针对不同的结构建立不同的模型,比如在仿真中,Chord 的结构使用动态哈希随机产生的节点 IP 地址来设置节点的网络位置信息,而 CAN 则使用随机产生的二维数组的方法来设置。有的结构化网络在仿真中底层的节点拓扑结构也是留给用户针对具体需要进行配置的模块,可以是结构化的(如 Tapestry、Chord、Pastry 结构),也可以是非结构化的。

在构造底层网络结构的设计中,一个关键因素就是节点带宽和时延属性的设置,主要体现在算法中不同的传输调度算法会有不同的带宽分配策略。带宽在初始化的时候是基于文献[7]里的测量结果对每个节点分配带宽。

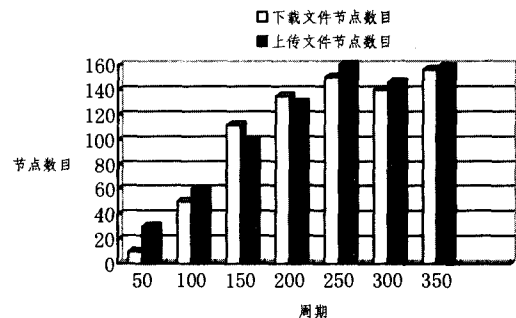


图1 在一定周期内下载资源节点和上传资源节点的数目

**结束语** 该仿真模型与现有 P2P 仿真软件的比较有独特的优点:能够更具体地体现现有节点的异构性;覆盖网络中的资源模型更切合实际;Peer 的查询行为和策略能够符合现有的应用情况,能够为现有网络的大部分应用提供开放的接口。底层网络结构借鉴了 P2Psim 的方式,能够提供比较全面的底层网络的拓扑结构。

我们按着上述 Peer 的参数,并以无结构化的 P2P 网络为底层覆盖网络结构,构建了 P2P 仿真器。图 1 是仿真器对 P2P 资源共享系统初步运行的一般情况,该图显示了模拟 1000 个节点在 500 个周期内资源的下载资源节点和上传资源节点的数量。这里底层网络采用无结构化的 P2P 网络,节点上传和下载都是采用随机选取的策略进行。从图 1 可以看出,运行结果基本反映了 P2P 资源共享系统的真实情况。

接下来的研究工作包括细化底层覆盖网络结构模块、修改资源的上传和下载策略、研究 peer 的资源均衡和针对实时

(下转第 41 页)

- Integrated Systems and Circuits. Veldhoven, The Netherlands, Nov. 2003
- [9] Lindsey S, Raghavendra C, Sivalingam K M. Data gathering algorithms in sensor networks using energy metrics. *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, 2002, 13(9):924-935
- [10] Ding M, Cheng X, Xue G. Aggregation tree construction in sensor networks // 2003 IEEE 58th Vehicular Technology Conference, 2003, 4(4):2168-2172
- [11] Vaidhyanathan K, Sur S, Narravula S, et al. Data aggregation techniques in sensor networks. Technical Report. OSU-CISRC-11/04-TR60. Ohio State University, 2004
- [12] Fan K W, Liu S, Sinha P. On the potential of structure-free data aggregation in sensor networks // INFOCOM '06. Barcelona, Spain, 2006
- [13] Fan K W, Liu S, Sinha P. Structure-free Data Aggregation in Sensor Networks. *IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING*, 2007
- [14] Kalpakis K, Dasgupta K, Namjoshi P. Efficient algorithms for maximum lifetime data gathering and aggregation in wireless sensor networks. *Computer Networks*, 2003, 42(6):697-716
- [15] Xue Y, Cui Y, Nahrstedt K. Maximizing lifetime for data aggregation in wireless sensor networks. *ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET) Special Issue on Energy Constraints and Lifetime Performance in Wireless Sensor Networks*, Dec. 2005:853-864
- [16] Hong Bo, Prasanna V K. Maximum lifetime data sensing and extraction in energy constrained networked sensor systems. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 2006, 66(4):566-577
- [17] Cristescu R, Beferull-Lozano B, Vetterli M. On Network Correlated Data Gathering // Proc. of IEEE INFOCOM, 2004
- [18] Cristescu R, Beferull-Lozano B, Vetterli M, et al. Network correlated data gathering with explicit communication: NP-completeness and algorithms. *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*, FEBRUARY 2006, 14(1):41-54
- [19] von Rickenbach P, Wattenhofer R. Gathering Correlated Data in Sensor Networks // DIALM-POMC'04. Philadelphia, Pennsylvania, USA, October 2004:60-66
- [20] Gupta H, Navda V, Das S R, et al. Efficient Gathering of Correlated Data in Sensor Networks // MobiHoc'05. Urbana-Champaign, Illinois, USA, May 2005:402-413
- [21] Deligiannakis A, Kotidis Y, Roussopoulos N. Compressing Historical Information in Sensor Networks // SIGMOD 2004. Paris, France:527-538
- [22] Ordonez F, Krishnamachari B. Optimal information extraction in energy-limited wireless sensor networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2004, 22(6):1121-1129
- [23] Upadhyayula S, Gupta S K S. Spanning tree based algorithms for low latency and energy efficient data aggregation enhanced convergecast (DAC) in wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 2007(5):626-648
- [24] Solis I, Obraczka K. In-Network Aggregation Trade-offs for Data Collection in Wireless Sensor Networks. University of California Santa Cruz. Technical Report, 2004
- [25] Boulis A, Ganeriwal S, Srivastava M B. Aggregation in sensor networks: An energy-accuracy tradeoff. *Ad Hoc Networks*, 2003 (1):317-331
- [26] Yu Y, Krishnamachari B, Prasanna V K. Energy-latency tradeoffs for data gathering in wireless sensor networks. *IEEE INFOCOM*, March 2004
- [27] Juang P, Oki H, Wang Y, et al. Energy-efficient computing for wildlife tracking: Design tradeoffs and early experiences with zebra-net. *Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS)*, 2002
- [28] Small T, Haas Z. The shared wireless infostation model - a new ad hoc networking paradigm (or where there is a whale, there is a way). *ACM MobiHoc* 2003
- [29] Chakrabarty A, Sabharwal A, Aazhang B. Using predictable observer mobility for power efficient design of a sensor network // Second International Workshop on Information Processing in Sensor Networks (IPSN). April 2003
- [30] Pentland A, Fletcher R, Hasson A. Daknet: rethinking connectivity in developing nations. *IEEE Computer*, 2004, 37(1):78-83
- [31] Zhao W, Ammar M, Zegura E. A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks. *ACM MobiHoc '04*, 2004
- [32] Jea D, Somasundara A A, Srivastava M B. Multiple controlled mobile elements (data mules) for data collection in sensor networks // 2005 IEEE/ACM International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS'05). June 2005
- [33] Shah R C, Roy S, Jain S, et al. Data MULEs: modeling a three-tier architecture for sparse sensor networks // IEEE Workshop on Sensor Network Protocols and Applications (SNPA). 2003
- [34] Jain S, Shah R C, Brunette W, et al. Exploiting mobility for energy efficient data collection in wireless sensor networks // ACM/Kluwer MONET 2005
- [35] Luo J, Hubaux J-P. Joint Mobility and Routing for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks. *IEEE INFOCOM* 2005. 2005
- [36] Ma M, Yang Y. SenCar: An energy efficient data gathering mechanism for large scale multi-hop sensor networks // 2006 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS '06). San Francisco, June 2006
- [37] Qi Hairong, Xu Yingyue, Wang Xiaoling. Mobile-Agent-Based Collaborative Signal and Information Processing in Sensor Networks // Proceeding of the IEEE, 2003, 91(8):1172-1183
- [38] Xu Yingyue, Qi Hairong. Distributed computing paradigms for collaborative signal and information processing in sensor networks. *J. Parallel Distrib. Comput*, 2004(64):945-959
- [39] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络. *软件学报*, 2003, 14(2):1148-1157

(上接第 28 页)

流媒体资源 P2P 节点的策略的优化等。

### 参 考 文 献

- [1] Naicken S, Basu A, Livingston B, et al. A Survey of Peer-to-Peer Network Simulators // Proceedings of The Seventh Annual Postgraduate Symposium, Liverpool, UK, 2006
- [2] Aberer K, Despotovic Z. Managing trust in a peer-to-peer information system [A] // Proceedings of the 10th International Conference on Information and Knowledge Management (ACM CIKM). New York, USA, 2001
- [3] Freedman M, Vingralek R. Efficient P2P Lookup for a Distributed Trie [A] // Proc. 1st International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS '02) [M]. Cambridge, MA, March 2002
- [4] Schlosser M T, Condie T E, Kamvar S D. Simulating a File-Sharing P2P Network [A] // the Proceedings of 1st Workshop on Semantics in Peer-to-Peer and Grid Computing at the Twelfth International World Wide Web Conference, Budapest, Hungary, May 2003
- [5] Li J, Stribling J, Morris R, et al. A performance vs. cost framework for evaluating DHT design tradeoffs under churn // INFOCOM 2005. 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings IEEE, vol. 1, Mar. 2005:225-236
- [6] Garca P, Pairot C, Mondjar R, et al. Planetsim: A new overlay network simulation framework. *Software Engineering and Middleware*, 2005(3437):123-136
- [7] Sarioi S, Gummadi P K, Gribble S D. A measurement study of peer-to-peer file sharing systems [A] // Proceedings of Multimedia Computing and Networking 2002 (MMCN'02). San Jose, CA, USA, January 2002
- [8] Crespo A, Garcia-Molina H. Semantic Overlay Networks [J]. In Submitted for publication, October 2002
- [9] Adar E, Huberman B A. Free Riding on Gnutella [J]. 2000, 5(10)
- [10] Ripeanu M, Foster I. Mapping the Gnutella Network - Macroscopic Properties of Largescale P2P Networks [J]. *IEEE Internet Computing Journal*, 2002, 6(1)
- [11] Stoica I, Morris R, Liben-Nowell D, et al. Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Protocol for Internet Applications [J]. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2003, 11(1):17-32
- [12] Rowstron A, Druschel P. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems // Proceedings of the IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware). Nov. 2001
- [13] Zhao B Y, Huang Ling, Stribling J, et al. Tapestry: A Resilient Global-scale Overlay for Service Deployment [J] *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2004, 22(1):41-53