

基于节点兴趣和 Q-learning 的 P2P 网络搜索机制

李龙飞 张泾周 王鹏德 郭鹏军

西北工业大学自动化学院 西安 710129

(965116429@qq.com)



摘要 将智能手机设备加入基于非结构化 P2P 网络的资源共享系统中能够满足人们对资源共享的多样化、便利性、高频性、实时性、高效性等要求,但是该系统网络规模的扩张和网络节点互异性的加大,必将导致系统资源搜索效率的降低、冗余信息的剧增以及网络更加不稳定。为了解决这些问题,文中设计了一种改进的基于节点兴趣和 Q-learning 的资源搜索机制。首先将节点根据兴趣相似度进行兴趣聚类,划分兴趣集,然后根据兴趣集中节点的能力值构建兴趣树,该结构避免了消息环路的生产,极大地降低了冗余信息;在资源搜索中,兴趣树内采用洪泛算法转发消息,兴趣树之间采用基于 Q-learning 的消息转发机制,不断强化最可能获取目标资源的路径,查询消息优先在这些路径上传播。另外,针对“热点”资源问题,设计了自适应热点资源索引机制,减少了重复路径搜索,进一步减少了冗余消息量;针对节点失效的问题,给出了根节点冗余机制和捎带检测的策略方法,分别解决了根节点失效和普通节点失效导致的兴趣树的不完整性问题,分析表明该方法能够减少消息冗余量。仿真实验结果表明,与 GBI-BI 算法和 Interest CN 算法相比,所提搜索算法能够提高命中率,缩短响应时间,减少冗余信息,具有较好的综合性能,最终解决了由于智能手机设备加入 P2P 网络导致的资源搜索效率下降、网络流量开销大的问题。

关键词: 非结构化 P2P 网络;节点兴趣;Q-learning;搜索算法;节点失效

中图分类号 TP393

P2P Network Search Mechanism Based on Node Interest and Q-learning

LI Long-fei, ZHANG Jing-zhou, WANG Peng-de and GUO Peng-jun

School of Automation, Northwest Polytechnic University, Xi'an 710129, China

Abstract Adding smartphone devices to the resource sharing system based on unstructured P2P network can satisfy people's requirements for diversity, convenience, high frequency, real-time and high efficiency of resource sharing. However, the expansion of network scale and the increase of network node heterogeneity will inevitably lead to the decrease of system resource search efficiency, the sharp increase of redundant information and the more non-network. To solve these problems, an improved resource search mechanism based on node interest and Q-learning was designed. Firstly, nodes are clustered according to interest similarity, and interest sets are divided. Then, interest trees are constructed according to the capability values of interest sets. This structure avoids the generation of message loops, which greatly reduces redundant information. In resource search, flooding algorithm is used to forward messages in interest trees, and Q-learning-based message forwarding mechanism is used among interest trees, which is constantly strengthened. The most likely paths to obtain the target resources are transformed, and query messages are propagated preferentially on these paths. In addition, for the "hot spot" resource problem, an adaptive hot spot resource index mechanism was designed to reduce the repeated path searching and redundant message volume. To solve the problem of node failure, the root node redundancy mechanism and the strategy method of piggyback detection were given. The analysis results show that the method can reduce message redundancy caused by root node failure and common node failure respectively. The simulation results show that compared with GBI-BI algorithm and Interest CN algorithm, the proposed search algorithm can improve hit rate, shorten response time, reduce redundant information, and has better comprehensive performance. Finally, it solves the problems of low efficiency of resource search and high overhead of network traffic caused by the addition of smartphone devices to P2P network.

Keywords Unstructured P2P network, Node interest, Q-learning, Search algorithms, Node failure

1 引言

近年来,随着 P2P 技术的逐渐完善,以 P2P 为架构的分布式资源共享系统已经趋于成熟,但是其资源的共享几乎都

局限在计算机节点之间,手机资源的共享一直不被重视。然而,市场研究机构 Newzoo 发布的《2018 年全球移动市场报告》显示,目前全球智能手机的用户将达到 33 亿,因此将智能手机加入 P2P 资源共享系统是必然的,但是智能手机设备的

差异性很大,将影响消息路由的速度,即降低了系统的资源搜索效率;而且网络规模的成倍增大,增加了系统的维护代价;另外,由于节点更加频繁地加入和退出,需要自适应性更强的网络结构。若使用结构化 P2P 网络,不论是网络规模的增大还是高度的动态性都将极大地增加网络维护代价,DHT 高频率的更新亦将影响系统的资源搜索效率,且不支持复杂查询;而非结构化 P2P 网络具有网络配置简单、维护代价小、支持复杂查询、自适应性强等特点,符合系统需求,但非结构化 P2P 网络仅使用 Flooding 搜索算法,效率不高,冗余信息多,而且网络节点互异性的加大进一步降低了搜索效率,因此在非结构化 P2P 网络中如何弱化智能手机节点的地位并提高资源搜索效率、降低维护代价、减少冗余信息是本文研究的重点。

在非结构化 P2P 网络中,许多学者对其资源搜索算法进行了改进,我们通过分析大量文献,根据不同的思想将这些改进算法大致分为 3 类:1)基于洪泛机制的改进,其思想一般是概率随机、分段等,具体算法包括 Modified-BFS 算法^[1]、迭代递增搜索算法^[2]、随机漫步搜索算法^[3]、改进的分段搜索算法^[4]、FIFSM 搜索机制^[5]等;2)基于启发式的改进机制,其思想是根据一些信息有选择地转发消息,这些信息可以是节点的在线时间、资源数量、历史搜索成功率、节点兴趣等,包括 EAPS 算法^[6]、DSearch^[7]、基于蚁群算法的搜索机制^[8]等;3)基于改进的网络拓扑结构的搜索算法,其思想是参考小世界模型的特性,建立短链,以达到快速搜索的目的,具体算法包括 CD 算法^[9]、AVL 算法^[10]、基于兴趣域中心节点的搜索机制^[11]、基于 CBT-BI^[12]的搜索机制等。其中,CBT-BI 算法引入兴趣聚类的思想,根据兴趣将节点划分为不同的树,并根据相同兴趣类节点的不同兴趣程度从根节点开始降序构建兴趣树,但是该算法存在如下问题:1)兴趣树的构建仅考虑了根节点与子节点的节点能力区别,没有考虑子节点之间的节点能力互异性。存储相同资源的节点能力越强,用户访问下载的速度越快。2)根节点之间的消息转发机制的效率不高。3)未考虑“热点”资源的搜索问题。因为“热点”资源会导致大量重复搜索,从而产生冗余消息。4)未解决节点失效的问题。

本文将结合节点兴趣和节点能力共同构建兴趣树,增加资源的可用性,弱化智能手机节点的地位,加快节点消息转发处理速度,并满足用户对资源更快的访问下载速度的要求;然后设计了根节点的转发机制和“热点”资源的搜索机制;最后给出了根节点失效以及子节点失效的解决办法。

2 基于节点能力的兴趣完全二叉树

本文采用文献[12]的方法构建节点的兴趣模型,使用夹角余弦距离计算兴趣相似度。但文献[12]没有提及如何划分兴趣集,本文将进行详细介绍。

2.1 节点兴趣集

(1)兴趣集的划分

划分兴趣集通常需要先找到不同兴趣集的中心,本文使用超级节点作为兴趣集的中心,具体划分方法如下:

1)根据节点能力选出一定数目的超级节点。节点的能力

评价指标^[13]通常包括宽带能力、CPU 性能、存储能力、稳定性、在线时长等。为避免恶意节点被选为超级节点,把节点信誉度也作为参考信息,则节点能力评价公式如式(1)所示:

$$Pow(N_i) = \partial_1 * bb_pwr + \partial_2 * cpu_pwr + \partial_3 * stg_pwr + \partial_4 * stb + \partial_5 * oln_tm + \partial_6 * rep \quad (1)$$

其中, $Pow(N_i)$ 表示节点的综合能力, $\partial_1, \partial_2, \partial_3, \partial_4, \partial_5, \partial_6$ 是对应的权值。

2)将选出的超级节点计算兴趣相似度划分为不同的超级节点兴趣集。利用夹角余弦距离计算任意两个超级节点的节点相似度 sim ,设置合理的不相似性阈值 θ 和允许生成的兴趣集的最大数目 q ,使用改进的 BSAS(Basic Sequential Algorithm Scheme)聚类算法^[14]进行聚类。

(2)普通兴趣节点的分配

计算普通节点与所有兴趣集中心节点的兴趣相似度 $sim(N_i, C_k)$,然后将节点加入到最大 sim 值所对应的兴趣域中,最终完成所有节点的分配。

2.2 ICBT-BNP 的构建

本文兴趣树的构建采用完全二叉树的结构,但是不同于文献[12]中兴趣完全二叉树(Interest Complete Binary Tree, ICBT)的构建,本文根据节点能力值构建 ICBT,使能力越强的节点越接近根节点,即构建基于节点能力的兴趣完全二叉树(Interest Complete Binary Tree Based on Node Power, ICBT-BNP)。ICBT-BNP 的具体构建过程如下:

(1)ICBT-BNP 根节点的选择

将上文中已划分好的兴趣集的中心节点(即中心超级节点)作为 ICBT-BNP 的根节点。

(2)ICBT-BNP 孩子节点的添加

每个子兴趣集形成一棵 ICBT-BNP,在树中第一层的根节点是兴趣集的中心节点,约定此根节点的编号为 1,将子兴趣集中的其他节点按式(1)计算后,根据 Pow 值从大到小的顺序进行 ID 编号, Pow 值最大的节点 ID 编号为 2,依次类推为 3,4,5…。同时,依次将这些节点填充到树中,如第二层的第一个节点 ID 为 2,第二个节点 ID 为 3,依次类推,第 i 层中第一个节点 ID 为 2^{i-1} ,第二个节点 ID 为 $2^{i-1} + 1$ 。最终形成的树中,越接近根节点的节点的能力越强。

2.3 节点的加入与离开

2.3.1 节点的加入

当新节点 N_i 想要加入网络时,先向所有兴趣树的根节点发送自身的兴趣信息,根节点计算两者的兴趣相似度 $sim(SN, N_i)$ 后向新节点返回 sim 值,节点 N_i 选择最大 sim 值所对应的根节点,向其发送请求和自身的能力值 $Pow(N_i)$ 。对应根节点收到 N_i 的信息后,按照子节点的 $Pow(N_i)$ 值的大小对子节点进行排序,并为其分配对应的 ID。

2.3.2 节点的正常离开

当节点 i 想要离开网络时,首先向根节点发送请求,根节点收到请求后,清除节点 i 的相关信息,并向节点 i 的后续节点发出广播,后续节点收到广播后完成位置调整。

2.3.3 节点的异常退出

节点异常退出也可以称为节点失效,本文中包括根节点

失效和子节点失效两种情况。

(1) 根节点失效

根节点失效会导致根节点所在的 ICBT-BNP 树与其他 ICBT-BNP 树无法通信,即形成孤立的树,本文使用冗余机制,其具体设计如下:

1) 在 ICBT-BNP 树中 ID 号升序排列的超级节点中,选择最前面的数个节点作为备用根节点。

2) 每个周期 T 备用根节点向根节点发送 checking 消息,如果备用根节点收到回复,则说明根节点正常,同时根节点向备用节点发送自身存储的信息;如果备用根节点未收到回复,则说明根节点失效,用 ID 最小的备用根节点替代旧的根节点的位置。

3) 继续后续节点的调整,维持树的完整性。

(2) 子节点失效

子节点失效会使与失效节点相关联的后续节点无法与前面的节点通信,从而将一棵树分割为两棵孤立的树体,如果多个节点同时失效,那么可能存在多棵孤立的树体,从而难以保持一棵 ICBT-BNP 树的完整性。

为了减少通信负载,本文采用捎带检测的方法,即每次通过根节点向树中节点转发查询消息时,根节点在查询消息中增加 checking 字节,改变后的查询消息在树中转发时,可以顺带检测节点是否正常,检测规则如下:

1) 能够向根节点返回确认消息的节点是正常节点。

2) 若仅有一个节点不能返回消息,则此节点一定是失效节点。

3) 若有多个节点不能返回消息,判断根节点是否收到 ID 号为 ID' 的节点的返回消息,若收到,则说明 ID 为 X 的节点一定是失效节点,否则进入下一轮的检测。

$$ID' = \text{int}(X/2) \quad (2)$$

3 ICBT-BNP 的消息转发策略

ICBT-BNP 树内使用洪泛算法进行消息的转发,树间则采用基于 Q-learning 的消息转发机制(Q-learning based message forwarding mechanism, QBMFM)。

3.1 基于 Q-learning 的消息转发机制

Q-learning^[15-18] 是一种无监督的强化学习算法,该算法包含几个元素: agent、环境、动作、状态、奖赏。如图 1 所示, Agent 从待选择的动作中根据最大奖励值的原则选择一个动作,该动作作用于环境,环境接收到动作后发生变化并向 agent 反馈一个强化信号,这个信号通常是奖励值的变化;然后 agent 根据强化信号和环境的状态选择下一个动作,最终的目的是找到奖励值最大的路线。

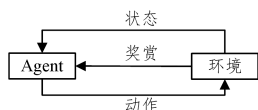


图 1 Q-learning 的原理图

Fig. 1 Principle of Q-learning

3.1.1 QBMFM 的设计

将每个根节点作为 agent,维持一个邻居根节点 Q 表

(Neighbor Root Node Q Table, NBRN-QT),如表 1 所列。其中, N_i 表示根节点的邻居根节点, Q_i 表示邻居根节点对应的 Q 值。一个查询消息从根节点向其他根节点转发时,将根据起始根节点的邻居根节点 Q 表,选取 Q 值最大的几个节点进行转发。

表 1 邻居根节点 Q 表

Table 1 Neighbor root node Q table

节点	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	...	N_i
Q 值	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	...	Q_i

3.1.2 Q 表的更新

在 Q 表中,初始 Q 值都设为 100,每次根节点向其他根节点转发查询消息时都要更新 Q 表。而每次查询命中时,该查询路径的节点被认为是奖励的,当查询命中后,在反向路径中更新对应节点的 Q 值,与 Q 值的更新有关的参数有结束查询时的总跳数 hp 、初始转发周期 T_{first} 、最大转发周期 T_{max} 和学习因子 γ 。

$$T_{\text{first}} = TTL \quad (3)$$

$$T_{\text{max}} = T_{\text{first}} + \text{round}(T_{\text{first}}/2) \quad (4)$$

$$\text{Rew} = \left[\frac{T_{\text{max}}}{hp} \right] * 100 \quad (5)$$

式(3)中, TTL 为消息的生命周期;式(4)中, T_{max} 为允许的最大转发周期,当在初始转发周期 T_{first} 内没有查询成功时,本文算法将最大查询跳数增加半个 TTL 周期,以增加查询成功率;式(5)中, Rew 为每次查询成功后的奖励值, hp 越小,响应速度越快, Rew 值就越大。

每次查询时, NBRN-QT 中 Q 值的更新公式为:

$$Q_{i,t+1} \leftarrow Q_{i,t} + \gamma(\text{Rew} - Q_{i,t}) \quad (6)$$

其中, γ 表示学习因子,取值范围为(0,1)。

命中查询的各邻居节点对应的 Q 值的更新函数为 $Q_{i,t+1} \leftarrow Q_{i,t} + \gamma(\text{Rew} - Q_{i,t})$;对参与查询但是没有命中查询的各邻居节点对应的 Q 值进行负强化,此时 $\text{Rew} = 0$,即以 $Q_{i,t+1} \leftarrow Q_{i,t}(1 - \gamma)$ 函数更新 Q 值;未参与查询的邻居节点对应的 Q 值保持不变,即 $Q_{i,t+1} \leftarrow Q_{i,t}$ 。

3.2 自适应热点资源索引机制

为了进一步减少冗余消息,本文设计了自适应热点资源索引机制,每次查询将优先查询热点资源索引表。具体方法是:为根节点增加一个热点资源索引表(Hot-resources Indexing List, HRIL)和历史命中资源索引表(History Hit Indexing List, HHIL),分别存储 ICBT-BNP 树中的热点资源索引和历史命中资源相关信息。HRIL 表和 HHIL 表初始都为空,随着搜索次数的增加,若树中的资源被命中,则在 HHIL 表中添加该资源的索引,并设置命中次数为 1,以后每次命中该资源,命中次数加 1,如果在周期为 T 的时间内,命中次数超过预设的阈值,则认为此资源属于热门资源,并将该资源索引添加至 HRIL 表中。为了防止 HHIL 和 HRIL 表过大,设置最大存储阈值,定期移除最早存储的项。

4 算法的搜索策略

当某个节点向网络发出查询消息 Q 时,将查询消息中的

关键字变成查询关键字向量 Q_i 。请求节点将消息向网络中的根节点广播,根节点收到查询消息后计算自身兴趣特征向量与查询向量 Q_i 的相似度 $sim(SN_i, Q_i)$ 值并返回请求节点,请求节点根据返回的 $sim(SN_i, Q_i)$ 值,向最大的值对应的根节点发送查询消息,即向最接近请求节点兴趣的 ICBT-BNP 树发送查询,后续查询分为两个阶段。

1) 最相似兴趣 ICBT-BNP 树的搜索

Step1 根节点收到查询消息后,在根节点的本地资源和其维护的 HRIL 表中进行查询,如果查询成功则跳转 Step4,否则跳转 Step2。

Step2 根节点向其树中的关联节点转发查询消息,关联节点继续向其关联节点转发查询消息,如果查询成功,则跳转 Step4,否则跳转 Step3。

Step3 判断 $TTL2$ 是否为 0,若 $TTL2$ 不为 0,则跳转 Step2,否则进行第二阶段的搜索。

Step4 返回消息,结束查询。

2) 其他 ICBT-BNP 树的搜索

Step5 根节点根据其维护的 NBRN-QT,选取 Q 值最大的 k 个邻居根节点进行消息转发,邻居根节点收到查询消息后,在节点的本地资源和其维护的 HRIL 表中进行查询,如果查询成功则跳转 Step10,否则跳转 Step6。

Step6 根节点向其树中的关联节点转发查询消息,关联节点继续向其关联节点转发查询消息,如果查询成功,则跳转 Step10,否则跳转 Step7。

Step7 判断 $TTL2$ 是否为 0,若 $TTL2$ 不为 0,则跳转 Step6,否则跳转 Step8。

Step8 判断 $TTL1$ 是否为 0,若 $TTL1$ 不为 0,则跳转 Step5,否则跳转 Step9。

Step9 判断 $Flag$ 是否为 1,若 $Flag$ 不为 1,则跳转 Step10,否则将 $TTL1$ 增大半个周期, $Flag$ 值赋为 0,并跳转 Step5。

Step10 返回消息,更新 Q 表,结束查询。

其中, $TTL1$ 表示 ICBT-BNP 树间允许的消息转发最大跳数, $TTL2$ 表示 ICBT-BNP 树内允许的消息转发最大跳数, $Flag$ 表示 ICBT-BNP 树间允许消息转发跳数增加半个周期的最大次数。

5 算法的仿真与分析

5.1 算法的评价指标

实验将选取以下指标对本文算法进行分析。

(1) 平均搜索响应时间

平均搜索响应时间由平均搜索跳数与节点消息处理时间组成,如式(7)所示:

$$T_{resp} = Hop_{s_{avg}} + \sum_{i=0}^n t_i \quad (7)$$

其中, $Hop_{s_{avg}}$ 表示路由的平均跳数, t_i 表示搜索成功路径上节点的消息处理时间。

(2) 搜索命中率

命中率是指在目标资源存在的情况下,用户每次搜索找到目标资源的概率,如式(8)所示:

$$R_{hit} = \frac{N_{hit}}{N_{sum}} * 100\% \quad (8)$$

其中, N_{hit} 表示命中目标的次数, N_{sum} 表示搜索总次数。

(3) 搜索消息数

搜索产生的大量消息是网络流量开销的主要来源,因此降低查询消息数目将很大程度地降低流量消耗。

5.2 实验设计

实验使用 Matlab 对本文算法 SMBNIQL(Search Mechanism Based on Node Interest and Q-learning)进行仿真,为了保证实验的效果,同时将文献[11]的 Interest CN 算法和文献[12]的 GBI-BI 算法作为对比。根据第 4 节的内容,该实验将对 SMBNIQL 算法中搜索策略的第一阶段和第二阶段分别进行仿真分析,总体实验流程如图 2 所示。

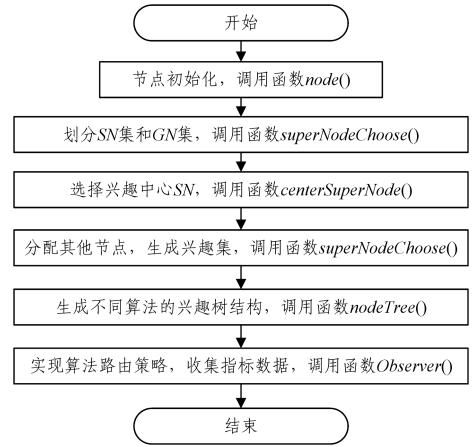


图 2 仿真实验总体流程图

Fig. 2 Flow chart of simulation experiment

图 2 中, SN 集表示超级节点集, GN 集表示普通节点集。在节点初始化函数 $node()$ 中,为了使仿真环境更符合实际情况,节点兴趣向量的初始化符合齐夫分布;在 $Observer()$ 函数中,分别根据 CBI-BI 算法、Interest CN 算法以及本文算法 SMBNIQL 设计不同的路由实现函数。

5.3 第一阶段搜索策略的仿真与分析

实验参数设置如表 2 所列。

表 2 第一阶段各实验参数设置

Table 2 Parameter setting of each experiment in first stage

实验参数	取值	说明
N	10 000	网络节点数目
M	1 000	资源数目
$powerTheta$	90	超级节点能力阈值
$simTheta$	0.8	节点兴趣不相似阈值
q	30	允许聚类的最大兴趣中心数
n	100	搜索次数
γ	0.5	学习参数
$TTL1$	10	兴趣树内消息最大生命周期
$TTL2$	0	兴趣树间消息最大生命周期

由图 3 可知,当 TTL 在较小的范围时,SMBNIQL 算法和 CBT-BI 算法的命中率比 Interest CN 算法高,这是因为 SMBNIQL 算法优先将查询消息转发给资源数较多的节点,CBT-BI 算法优先将查询消息转发给兴趣最相似的节点,而 Interest CN 算法则将查询消息转发给网络中与其随机连接的邻居节点;另外,SMBNIQL 和 CBT-BI 算法的命中率相差不

大, SMBNIQL 算法略高一点, 这是因为两者具有相同的树状拓扑结构, 只是生成树的策略不同, 但是都提高了命中率。

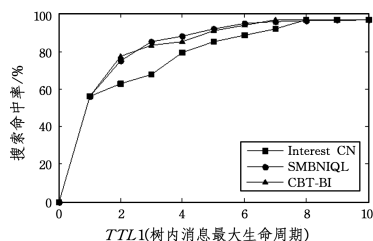


图3 第一阶段搜索命中率对比图

Fig. 3 Comparison chart of search hit rate in first stage

由图4可知, Interest CN 算法的查询消息数目最多, 这是因为该算法中每个兴趣集的网络是随机拓扑结构, 消息以 Flooding 的方式转发, 必然会产生较多的冗余消息; 而另外两种算法使用树状拓扑结构, 消息不会被重复转发。

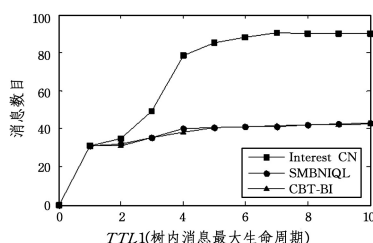


图4 第一阶段搜索消息数对比图

Fig. 4 Comparison chart of search message in first stage

由图5可知, SMBNIQL 算法的搜索响应时间最短, 这是因为查询消息被优先转发给了节点能力较强的节点, 这些节点处理查询消息的速度较快, 所以较另外两种算法, SMBNIQL 算法在搜索时间上具有较大优势。

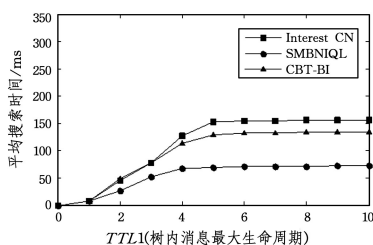


图5 第一阶段平均搜索响应时间对比图

Fig. 5 Comparison chart of average search response time in first stage

5.4 第二阶段搜索策略的仿真与分析

为了更好地观察第二阶段的仿真, 在实验中将参数 q 置为 200, $TTL1$ 置为 2, $TTL2$ 置为 9, 其余参数保持不变。

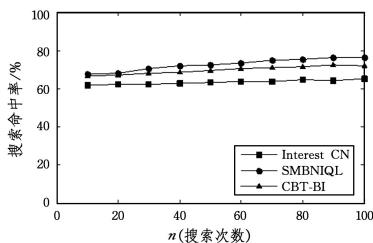


图6 第二阶段搜索命中率对比图

Fig. 6 Comparison chart of search hit rate in second stage

由图6可知, 在保持 $TTL1$ 不变的情况下, 3种算法的命

中率随着 $TTL2$ 的增大逐渐提高, 这是因为3种算法都扩大了搜索范围, 从而增加了命中目标资源的概率。其中在相同 $TTL2$ 下 SMBNI-QL 比另外两种算法的命中率都高, 因为 SMBNIQL 算法使用 Q-learning 算法将查询消息优先转发给了最有可能包含目标资源的兴趣树。

由图7可知, 在保持 $TTL1$ 和 $TTL2$ 不变的情况下, 随着搜索次数的增加, CBT-BI 算法和 Interest CN 算法产生的平均消息数总体变化不大, 这是因为它们的兴趣树之间的消息转发是盲目的; 而本文算法 SMBNIQL 搜索产生的消息数目随着搜索次数的增加逐渐减少, 最终达到较为平稳的状态, 尤其是在一定的范围内, 搜索次数较多时, 查询消息数目减少得最多, 这是因为搜索次数越多, 经常命中目标的路径就会被强化, 查询消息将优先在此路径转发, 从而减少冗余消息的产生。

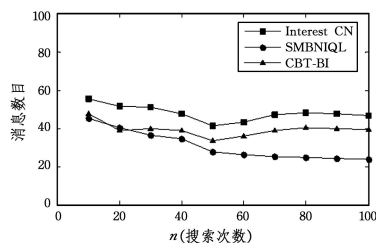


图7 第二阶段搜索平均消息数对比图

Fig. 7 Comparison chart of average number of search messages in second stage

由图8可知, 搜索次数较少时, 3种算法的平均跳数相差不多; 当搜索次数逐渐增多时, SMBNIQL 算法的平均跳数下降得最快, 而平均跳数是反映搜索响应时间的主要指标之一, 表明此时 SMBNIQL 算法的搜索速度最快。因为其他两种算法使用的是盲目的洪泛机制转发消息, 而本文算法使用了 Q-learning 机制, 随着搜索次数的增多, 在较少的跳数内更容易命中目标资源。

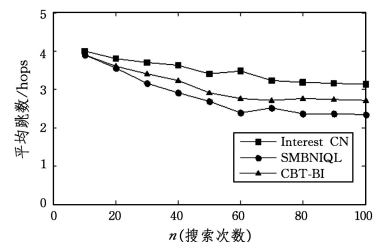


图8 第二阶段搜索成功平均跳数对比图

Fig. 8 Comparison chart of average hops successfully searched in second stage

6 总结

通过第5节的实验对比和分析可知, SMBNIQL 算法在资源搜索中能够缩短搜索响应时间; 在第二阶段的搜索中能够提高搜索命中率, 且随着搜索次数的增加, 可以减少冗余消息。综上所述, 本文算法具有较好的综合性能。

结束语 本文提出了一种改进的搜索算法 SMBNIQL, 其主要创新点是: 1) 利用节点能力和兴趣共同构建兴趣树; 2) 将 Q-learning 算法引入消息转发机制中; 3) 解决了节点失

效问题。本文是在较为理想的模型中对该算法进行仿真实验,下一步将在真实网络环境中进行实验并对其改进调整。

参 考 文 献

- [1] BAIDARI, ISHWAR, HANAGAWADIMATH, et al. Traversing directed cyclic and acyclic graphs using modified BFS algorithm [C]//2014 Science and Information Conference London, 2014: 175-181.
- [2] CAI K. Survey of search and optimization of P2P networks[J]. Peer-To-Peer Networking and Applications, 2011, 4(3): 211-218.
- [3] MA W M, MENG X W, ZHANG Y J. Bidirectional random walk search mechanism for unstructured P2P network[J]. Journal of Software, 2012, 23(4): 894-911.
- [4] YE P S. Improved Search Algorithm for Unstructured P2P Network[J]. Computer and Modernization, 2013, 12: 44-47.
- [5] LU W, ZHOU T, XING W W. An Improved Flooding Based Search Mechanism in Unstructured P2P Network[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2015, 33(2): 342-350.
- [6] WANG X S, XING D, LI G. Enhanced Probabilistic-based Search for Unstructured Peer-to-Peer Networks[J]. Computer Simulation, 2008, 25(9): 118-121.
- [7] ZHUANG L, DONG X G, CHANG Y C. Divisional searching strategy based on degree in unstructured P2P networks[J]. Journal of Computer Applications, 2008, 28(3): 549-552.
- [8] TU Z Y, ZENG X. Study on pheromone update mechanism of unstructured P2P network resources searching based on ant colony algorithm[J]. Journal of Nanchang Institute of Technology, 2016, 35(1): 66-69.
- [9] DUAN Z H, TIAN C, ZHOU M C, et al. Two-layer hybrid peer-to-peer networks [J]. Peer-to-Peer Networking and Applications, 2017, 10(6): 1304-1322.
- [10] XU S. Improved mechanism of unstructured P2P network topology structure [J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(10): 110-112.
- [11] ZHAO X H, FENG X W, SHI Y B. P2P Network Topological Based on Interest Domain with Central Node[J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(21): 5228-5231.
- [12] WU X J, ZHANG Y M. Topology research of unstructured P2P network based on node of interest[J]. Computer Engineering and Applications, 2016, 52(9): 102-107.
- [13] HE Q, LIU D, ZHOU M. Research on algorithm for low bandwidth super-peers network based on user's behavior characteristic [J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(11): 61-65.
- [14] THEODORIDIS S, KOUTROUMBAS K. Pattern recognition [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016: 280-286.
- [15] SHEN X J, CHANG Q, GOU J P, et al. Collaborative Q-Learning Based Routing Control in Unstructured P2P Networks[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2016, 9516: 910-921.
- [16] SABU M, THAMPI, CHANDRA S K. Q-learning based collaborative load balancing using distributed search for unstructured P2P networks[C]//2008 33rd IEEE Conference on Local Computer Networks. 2008: 797-802.
- [17] LIU H L, CHEN G X, WU S Y. Improved resource search strategy using Q-learning based on node reputation for P2P network [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2013, 25(6): 801-806.
- [18] LIU H L, CHEN G X, CHEN Y, et al. A trust-based P2P resource search method integrating with Q-learning for future Internet [J]. Peer-to-Peer Networking and Applications, 2015, 8(3): 532-542.



LI Long-fei, born in 1992, master. His main research interests include computer network, machine learning and block chain.



ZHANG Jing-zhou, born in 1960, professor, master supervisor. His main research interests include computer network, computer control and intelligent control, computer measurement and control technology.