

基于 BFA 的云存储资源定位算法研究

赵季红^{1,2}, 柳 明¹, 曲 桦²

(1 西安邮电大学 通信与信息工程学院, 陕西 西安 710061; 2 西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

摘 要: 为了实现云储存系统中高效的资源定位, 首先提出了一种基于 P2P 网络的云存储结构, 用具有小世界特性的全分布非结构化 master 网络取代 GFS 中单一 master 节点, 并在此结构的基础上提出了基于细菌觅食算法的资源定位算法 SBFA, 采用计数来取代细菌觅食算法的 4 层循环结构, 打破了迁徙、复制和趋化之间的嵌套关系. 实验结果表明, SBFA 算法在保持高命中率的同时有效降低了平均访问节点数.

关键词: 云存储; 小世界; 细菌觅食算法; SBFA

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)07-0016-04

Research on Cloud Storage Resource Locating Algorithm Based on BFA

ZHAO Ji-hong^{1,2}, LIU Ming¹, QU Hua²

(1 School of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China; 2 School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: In order to achieve the effective resource location in cloud storage system, firstly a P2P network based cloud storage structure is proposed, using the total-distributed unstructured master network which possesses the small world character to replace the single master node in GFS. And on the basis of this structure, a BFA based resource locating algorithm SBFA is put forward, which adopts counting to take the place of 4-layer cycle structure of bacterial foraging algorithm, breaking the nesting relationship among migration, reproducing and chemotaxis. The experiments results makes it clear that SBFA algorithm can effectively reduce the average visiting nodes number as well as keep the high hitting ratio.

Key words: cloud storage; small world; BFA; SBFA

1 引言

互联网数据的倍增效应、企业信息化应用规模的扩张和三网融合等产生的 TB、PB、ZB 级的大量数据给云储存带来了资源定位、安全等方面的巨大挑战. 在 GFS^[1]中, 通过集中目录服务器 master 来实现整个结构的资源定位. 客户端将需要定位的资源名和 chunk 索引发送给 master, master 返回资源所在 chunkserver 的相关信息, 客户端收到信息后

直接与 chunkserver 进行通信. GFS 中心化的资源定位算法最大优点是简单, 易实现, 成功率高, 但其效率会随着数据存储量的增加而递减. 文献[2]提出了一种改进的 GFS 结构, 将 master 拆分成 2 个节点, 通过它们之间的相互合作来共同管理元数据的操作, 实现整个系统的资源定位, 但仍未从本质上提高集中目录型资源定位算法的效率. 文献[3]采用 DHT 实现云储存系统的资源定位. 所有存储节点连接成一个基于 DHT 的结构化网络, 采用键值 Key

收稿日期: 2012-10-10; **修回日期:** 2012-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(61071126); 国家科技重大专项基金项目(2010ZX03003-001-03, 2011ZX03005-004-03, 2012ZX03001029-003)

建立节点与资源之间的映射关系,通过 Kademlia 及其改进算法实现整个系统的资源定位,但结构化的资源定位算法存在不能很好支持基于关键字的搜索等缺陷。

为了实现云储存系统中高效的资源定位,本文首先提出了一种基于小世界和 P2P 网络的云存储结构,在此基础上提出了基于细菌觅食算法的资源定位算法 SBFA(Simplified Bacterial Foraging Algorithm)。

2 基于小世界和 P2P 的云存储结构

小世界模型是 Watts 和 Strongatz 通过对人类社会网络的研究于 1998 年提出的。在 WS 模型中,可以通过调节随机重连概率 ρ 值控制从规则网络($\rho=0$)到随机网络($\rho=1$)的转变,如图 1 所示。小世界网络的边缘被划分为短链接和长链接两种链接。对网络中的每个节点,它们有少部分相邻节点作为短链接,同时还有从节点集合中随机选出的长链接^[4]。

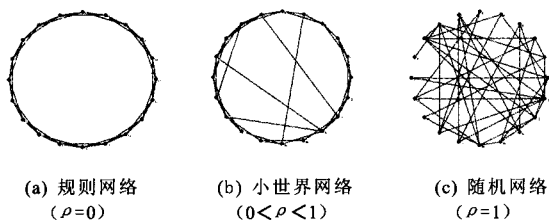


图 1 3 种网络拓扑图比较

大的聚集系数(C)和小的平均路径长度(L)是小世界网络特征的两个主要特征。前者可以有效降低网络时延,后者可以帮助节点快速发现最短路径。

本文提出的云存储结构将使用由若干 master 节点组成的具有小世界特性的全分布非结构化 P2P 网络取代 GFS 中单一的 master 节点,如图 2 所示。其中,每一个 master 子群完全等效于 GFS 中的一个集群,只是其规模小于 GFS 中的集群规模。在 master 网络中,所有节点完全对等,任何一个节点均不知道整个网络的拓扑结构,相反,节点只能与它们的邻居节点进行直接通信,整个网络采用 SBFA 资源定位算法通过 master 节点间的相互协作完成对目标资源的搜索定位。

Master 网络的小世界特性可以帮助上层资源定位算法更快的发现最短路径,降低网络时延。元数据及其副本分布在非结构化 P2P 的 master 网络中多个 master 节点上,不但改善了类似 GFS 结构中由于单一 master 节点引起的网络带宽瓶颈、鲁棒性及隐私性问题。而且,通过 master 网络中各节点的

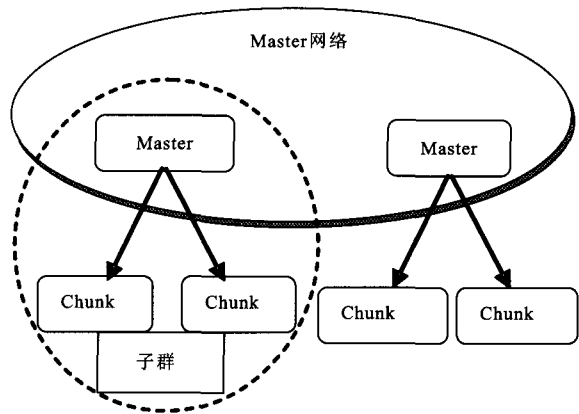


图 2 基于小世界和 P2P 的云存储结构

协同工作更好的实现了整个网络的负载均衡,使其具有较强的健壮性和容错性,能够支持灵活的搜索条件。

客户端在访问 master 网络时,首先向网络中离自己最近的 master 节点发出访问请求,获取 master 网络通过 SBFA 算法定位出的与之进行交互的 master 节点信息,然后直接与此 master 节点进行通信,采用 GFS 机制完成数据存取工作。

3 基于细菌觅食算法的资源定位算法

3.1 细菌觅食算法的基本原理

K. M. Passino 于 2002 年模仿细菌寻找营养并躲避有害环境的行为提出了细菌觅食算法(Bacterial Foraging Algorithm, BFA),用来解决优化问题。由于该算法具有智能并行搜索且易跳出局部最优解等优点,已被成功应用于很多领域^[5]。

细菌在趋化因子驱动下向前趋化(包括游动和翻动),当细菌游动到一个有害的环境中时,细菌会随机的翻动到另一个方向,然后继续向前游动。经过固定周期的趋化操作后,细菌进行复制操作,觅食能力较好的半数细菌会分裂成两个,取代死亡的较差半数细菌。细菌会通过一定概率的迁徙操作来增强觅食能力,当符合迁徙条件的细菌个体死亡后会以固定的概率在别的地方生成一个新个体。

BFA 算法最大的缺陷是算法体系极其复杂。假设变量维数为 p ,则 BFA 算法复杂度为 $O(p * S * N_s * N_c * N_r * N_{ad})$,其中 S 代表细菌数, N_s 代表游动次数, N_c 代表趋化操作次数, N_r 代表复制操作次数, N_{ad} 代表迁徙操作次数。这也就意味着,当 $N_s=4, N_c=100, N_r=4, N_{ad}=2$,对于每一个细菌最多要进行 4000 次运算,而且这个数字还依赖于细菌趋化操作的次数。此外,各细菌间没有较好的交互机制以及趋化、复制、迁徙操作复杂也是 BFA 的缺陷。

3.2 简化的 BFA 资源定位算法

结合 master 网络的特征,本文基于 BFA 提出了一种简化的资源定位算法 SBFA(Simplified Bacterial Foraging Algorithm),SBFA 采用计数来取代 BFA 的 4 层循环结构,打破了迁徙、复制和趋化之间的嵌套关系,即当支路资源定位请求每被转发 N 次时,进行一次迁徙、复制和趋化操作的判决. SBFA 不仅保留了基本 BFA 的所有优点,而且大幅度降低了 BFA 的算法复杂度,其具体步骤如下:

Step1:客户端向 master 网络中离自己最近的 master 节点(首节点)发出资源定位请求,首节点先在本节点进行资源定位,若定位成功,转 Step8;若定位失败,首节点复制出 S 个支路资源定位请求且初始化每路资源定位请求 $TTL=M$,每路资源定位请求转 Step2.

Step2:置本路资源定位请求 $TTL = TTL - 1$,若本路资源定位请求 $TTL=0$,本路资源定位失败,转 Step7;否则,转 Step3.

Step3:若本路资源定位请求 $TTL \% N = 0$,转 Step4;否则,转 Step5.

Step4:若 S 路资源定位请求的 J 都小于 1,每路资源定位请求转 Step6,即趋化操作;若 S 路资源定位请求的 J 都大于 1,每路资源定位请求被转发到其父节点,转 Step6,即迁徙操作;否则, J 值较大的半数资源定位请求结束,其余半数在本地分裂为 2 个,转 Step6,即复制操作.

Step5:查询本节点,若成功定位资源,转 Step8;否则,转 Step6.

Step6:按照 $J = (\text{当前节点已转发此查询消息的次数} + 1) / \text{当前节点的度}$,计算当前节点的适应度值 J_i ,当 $J_i < 1$,本路资源定位请求被转发到从未接收过本节点转发的此资源定位请求的邻节点,即游动操作;当 $J_i \geq 1$,本路资源定位请求被随机转发到其任何一个邻节点,即翻动操作. 转 Step2.

Step7:向客户端发送资源定位失败,本路资源定位结束,若 S 路资源定位都已失败,转 Step9.

Step8:将相关元数据返回客户端,置本路资源定位请求 $TTL=0$,转 Step9.

Step9:资源定位结束.

4 实验仿真

为了测试 SBFA 资源定位算法运行在基于小世界和 P2P 的 master 网络上的有效性,本文在 VC 环境下编程测试了泛洪和 SBFA 两种算法的命中

率和效率,实验结果见图 3、图 4.

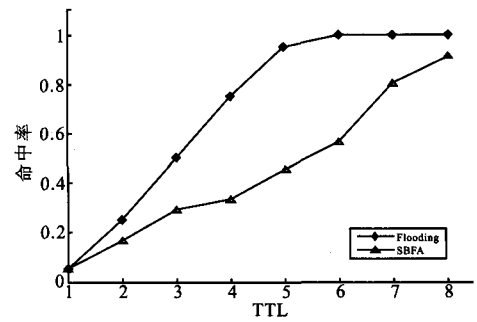


图3 命中率随 TTL 变化曲线

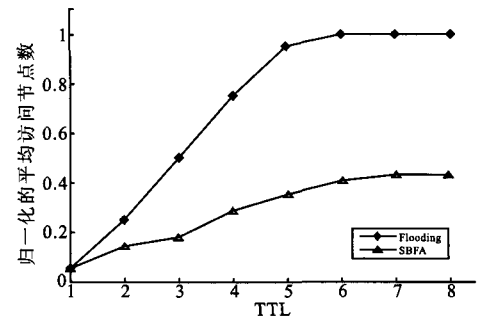


图4 归一化的平均访问节点数随 TTL 变化曲线

在图 3 中,SBFA 算法的命中率小于泛洪算法,这是由于当 TTL 较小时,泛洪算法的节点覆盖率大于 SBFA 算法的节点覆盖率,但随着 TTL 的不断增大,SBFA 算法的命中率迅速靠近泛洪算法. 当 $TTL \geq 8$ 时,两种算法的命中率基本相等,因为此时两种算法的节点覆盖率都已经等于 1.

本文通过归一化的平均访问节点数,即平均访问节点数/网络总节点数,来衡量算法效率. 在图 4 中,SBFA 算法的消息冗余率明显低于泛洪算法,因此网络中冗余信息数量较少,能够在一定程度上节约网络带宽.

由实验结果可知,与泛洪算法相比,SBFA 算法在保持高命中率的同时将平均访问节点数降低了约 60%.

5 结束语

本文将 P2P 引入云存储结构,用具有小世界特性的全分布非结构化 master 网络替换了传统云存储结构 master/slave 结构中单一的 master 节点^[6-7]. 在新结构的基础上,本文提出了基于 BFA 的 SBFA 资源定位算法,SBFA 相对于 BFA 大大降低了算法复杂度. 实验结果表明,SBFA 算法在保持高命中率的同时有效降低了平均访问节点数,在一定程度上节约了网络带宽,提高了云存储系统的性能. 后续研究的方向是对本文提出的云存储新结构

的I/O性能、master网络的负载均衡以及数据安全等方面进行更深的研究。

参考文献:

- [1] Sanjay Ghemawat, Howard Gobioff, Shun-Tak Leung. The google file system[C]//Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles. New York: ACM Press, 2003: 29-43.
- [2] 杨丽婷. 基于云计算数据存储技术的研究[D]. 山西: 中北大学, 2011.
- [3] 吴吉义. 基于DHT的开放对等云存储服务系统研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2011.
- [4] 钱宁, 吴国新. 无结构化P2P网络资源搜索机制研究综述[J]. 计算机科学, 2010, 37(4): 7-10.
- [5] 李明, 杨成梧. 细菌菌落优化算法[J]. 控制理论与应用, 2011, 28(2): 223-228.
- [6] Sachin Singh, Ghose T, Goswami S K. Optimal feeder

routing based on the bacterial foraging technique[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2012, 27(1): 70-78.

- [7] Gurjot Singh Gaba, Kanwaljit Singh. Sensor node deployment using bacterial foraging optimization[C]//Proceeding of IEEE, 2011 International Conference on Recent Trends in Information Systems. USA: Chicago, 2011.

作者简介:

赵季红 女, (1963-), 博士, 教授. 研究方向为移动互联网、物联网、宽带通信网等.

柳明 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为移动互联网与云计算.

曲桦 男, (1961-), 博士, 教授. 研究方向为移动互联网、宽带移动通信、网络的异构和融合技术等.

(上接第15页)

- [5] 吴尚智. 粗糙集和信息熵的属性约简算法及其应用[J]. 计算机工程, 2011, 37(7): 56-59.
- [6] 邓建高. 基于粗糙集的EPR系统实施风险控制指标属性约简[J]. 控制与决策, 2010, 25(11): 1742-1746.
- [7] 罗赞骞. 网络性能评估中客观权重确定方法比较[J]. 计算机应用, 2009, 29(10): 2624-2626.

作者简介:



何灿 男, (1988-), 博士研究生. 研究方向为复杂系统可靠性评估以及结构智能化.