

西 北 工 业 大 学

研究生学位论文选题报告表

学 院 计算机学院

学科、专业 软件与理论

姓 名 尤立

学位 级别 硕士

导 师 陈群

培养 类别 统分

报告 日期 2013.11.25

论文题目	大规模数据并行图处理算法与计算平台研究			
论文类型 (请在有关项目下作√记号)	基础研究	应用研究	工程技术	跨学科研究
	√			

研究生在进行选题报告、听取意见后，整理成文（不少于 3500 字）。

1. 文献综述

图是对现实世界的关系的一种极有效的描述方式，与普通的树、表等结构相比，它具有更强、更普遍的表述能力。现实世界中的许多场景都需要通过图来描述。随着现在生物信息、社交网络、广告营销等等领域的快速发展，对于图数据的高效处理方法成为一个重要且急迫的研究问题。由于图问题本身的复杂性，在基础图论研究领域一直进展缓慢。图的多种基础问题如度数分布、聚类分布、最短路径、最大完全图、最大准完全图等等算法本身都对现实应用有着很强的指导价值。

众所周知许多图问题的算法的时间复杂度都是 NP 的，这些传统算法在一般采用邻接表、邻接矩阵来表示图，DFS（深度优先搜索），BFS（广度优先搜索），解决的主要问题包括图的遍历、最短路径搜索、图直径、可达性、子图划分、同构、子图匹配等问题。经过多年的发展，图理论日趋完善，但是这些在几十年前的算法应用场景在小规模数据上能够有较好的表现，即便是 NP 问题。

在现今的数据爆炸时代，包含十亿以上的顶点，百亿以上的边在网页链接、社交网络等引用中是比较常见的。据 CNNIC 统计，2010 年中国的网页规模达到 600 亿，年增长率 78.6%；2013 年的数据显示微博网民规模为 3.31 亿，增长率 7.2%；社交网站网民规模为 2.88 亿，增长率 4.7%。面对海量且日益增长的大规模数据，传统的单机算法几乎无法处理图数据问题[1]。

并行化图数据处理是必然的发展趋势。

工欲善其事必先利其器。当前比较流行通用的并行计算平台如 Hadoop[2]、Pregel[3]、MPI[4]、Spark[5]等等，这些平台有着各自的优缺点，也有各自的适用场景。Hadoop 的计算模型 MapReduce[6]将数据表示为 Key/Value 对的形式，通过计算，将相同 key 值的键值对放到相同的指定机器上进行计算，能较好的完成对数据的切割，做到将大的问题切割为小的问题来并行处理。然而面对图处理算法，如何保证切割的正确性和完整性，面临挑战[7, 10]。微软提出了 Dryad[8]平台与 MapReduce 竞争；Google 采用 BSP 模型，新近提出 Pregel 计算框架，旨在解决 MapReduce 在图处理上效率低下的缺点，能部分解决图处理中的遍历、最短路径等问题。由于 Pregel 的非开源性（开源实现 HAMA[9]），人们利用其计算模型 BSP，或使用较早的 MapReduce 作为研究图处理的计算框架，已经有了不少研究成果；百度采用 MPI 整合 CPU、GPU，在异构平台上搭建处理框架，MPI 优

势在于可以灵活、高效地进行机器节点之间的消息通信。基于 MapReduce 的开源实现 Hadoop 平台的图数据处理发展比较充分，已经有开源的通用图算法实现 Giraph[11]。但是对于图算法以及一些异步算法，MapReduce 并不能很好地适用，反而科学计算领域中常用的 MPI 在这方面有更大的潜力。Spark 定位在内存计算，它认为随着硬件的发展内存将不再是主要瓶颈，在内存中通过跟踪数据的演变过程管理数据，支持多种计算模型。

在图的子集查找这个问题上，如最大完全子图，现在已经有了较多算法。对于 MCE (Maximal Clique Enumeration)，使用“Two Leap Data”即要计算包含一个节点的所有完全图，当且仅当记录了该节点，该节点的临节点，以及临节点的临节点时才能保证计算的正确性与完整性。算法使用 MapReduce 计算框架，将各个节点的两跳数据分散到不同节点，在单个节点，仍然使用深度优先搜索或广度优先搜索的单机算法，完成计算后汇总以得到最终结果。然而该并行方法效率很低，产生大量中间结果，造成中间数据急剧膨胀，增大计算时间。

图算法的研究充满挑战，尤其当图问题遭遇大规模数据，这个问题就变得更加复杂和有趣。大规模图数据的处理平台多种多样，但是各个平台还多存在天生的缺陷，有较大的提升空间。社交网络、生物信息等领域的的需求推动者图数据处理、图数据库的发展，因此图大规模图数据的处理算法和处理平台越发显示出其重要性。

2. 选题意义

图算法是数学重要分支图论的研究对象，许多图论中的问题已经在过去几十年被人们通过算法程序解决。然而随着科学技术的发展，整个现实世界甚至连基因生物学都通过数学抽象，形成一张张连通的图。过去的算法研究点主要集中在通过算法解决一个问题，即使这个算法的时间复杂度是 NP 的，这些问题在经过逐步的完善后已经基本可以满足较小数据规模的单机算法时间要求。然而在信息爆炸以后即便是成熟的算法，现有的单机计算能力几乎不可能在有限的时间内完成图的计算任务。“大数据”的兴起，催发了人们从海量数据中挖掘有效信息获取更多知识的需求，图作为一种复杂的数据结构承载了大量信息。在社交网络中通过挖掘好友之间的关系可以发现一个群体紧密性，从而进行产品营销等活动；在生物学领域，研制新的药物往往代价十分高昂，化学药物的特性和生物活性常常和药物结构有关，而图正是对化学结构的天然描述，通过图挖掘、匹配算法，在繁多的化学药物结构中，找出具有相似结构的种类，便能通过已知药物的特性来揭示新型化学药物的活性、毒性、吸收代谢等可能存在的特点，使得实验更具有针对性，药物的发现周期缩短。在网络应用中，每一个网页都是互联网这个大图的一个节点，网页间的链接则成为节点之间的边，包括 PageRank 在内，还有垃圾信息过滤，文档聚类等都需要使用图的处理。Google 因为 PageRank 算

法在海量互联网数据上的计算而有 MapReduce 与 Pregel, 从而成为当今最流行的搜索引擎, 可见大规模图数据处理的价值。当下火热的社交网络中更是离不开大规模图数据处理算法, 通过对节点合理分类划分社区, 针对不同社区提供个性化服务与针对性的广告投入, 为互联网企业和广告商都带来丰厚的回报, 而现有的社区划分算法, 例如[12], 都只能针对少量数据在单机完成, 实际商业意义较小, 提出新的并行算法以解决大规模数据下的划分问题, 成为研究热点。还有诸如路由选择算法, 电力线路分布安排等, 随着规模的扩大, 莫不如此。

以 Hadoop 的兴起为标志, 大数据处理平台如雨后春笋般迅速发展, 基于 Hadoop 已经发展出了一套生态体系, 涵盖了流数据处理、数据仓库、列存数据库、资源管理等等。但是以 MapReduce 为模型的 Hadoop 系统有一些与生俱来的因素使他不能够非常完美地贴合图数据处理的要求。I/O、负载均衡、同步等问题在 Hadoop 上是尤为突出的问题。尽管如此, Hadoop 还是成为事实上的行业标准, 可以说 Hadoop 是大数据成长的基础。计算平台对行业的发展起了极其重要的作用, 但当前的平台还不能完全满足计算的需求, 因此对于计算平台的改进也是大规模数据处理中的一个重要问题。

综上所述, 选择大规模数据的图处理算法和计算平台作为研究课题是合理且非常有价值的。

3. 研究内容

经过对大规模数据的并行图处理算法与计算平台的研究现状和价值分析, 本课题的主要研究内容有:

- 1) **研究大规模图数据处理算法。**针对当前图数据处理的数据规模较小, 单机算法和并行算法还有较大提升空间的现状, 设计新的并行或单机处理算法, 提高效率。
- 2) **计算平台的改进和优化。**针对当前处理平台的一些天然缺陷, 对其模型或者实现方式进行改进优化。提高平台的适用性以及计算能力。

4. 研究方案

- 1) **研究并实现大规模图数据处理算法。**如图匹配、子图集合挖掘、可达性、最短路径等经典图问题。在上述图索引存储前提下, 或利用现有并行编程框架, 提出新的或改进已有算法, 实现大规模图数据并行处理的高效算法。
- 2) **研究对现有平台的缺陷并进行改进。**现有的计算平台如 Hadoop, 存在着诸多问题。数据倾斜、数据本地化、高延时等等。对于这些问题研究其产生机制, 探讨其改进方法并实现。

5. 论文工作量的估计

本课题需要进行的工作主要有：

- 对现有大规模图处理算法的理解与实现，发现问题，改进或提出新算法，使用并行变成框架实现并完成实验对比。
- 理清现有计算平台的工作机制、产生问题的原理，改进现有模型或者实现方式，提高现有平台的适应性和性能。

6. 工作条件

本课题作者已经展开了前期的研究工作，研究分析 MapReduce 编程框架的性能，特点以及应用。对于大规模图数据处理单机及并行算法的文献资料也做了详细的分析整理，并有了初步的方案。同时，同教研室课题组在数据管理与复杂事件处理方面有数年研究经验及成果，以上良好的科研与技术条件为该项目的实施、运行提供了坚实的技术、设备、场地、及其他配套保障。

7. 预期达到的水平

- 1) 对已有的算法进行编程作为效率对比者。
- 2) 提出新的大规模图数据处理并行算法，解决新的图问题或改进并优化已有算法。
- 3) 改进现有计算平台的缺陷，提高平台的计算性能。

8. 存在的问题及拟采取的解决措施

- 1) 对于具体的研究点的确定，查看文献，发现现有算法的不足，分析困难与挑战，挑选一到两个图处理问题作为入手点，研究改进，或从文献中发现新问题。
- 2) 实现自己算法时，采用先单机再集群的方式，先单机测试算法正确性，再使用集群测试算法效率。

9. 参考文献

[1]<https://zxxd.cnnic.cn/>

[2]<http://hadoop.apache.org/>

- [3]Malewicz, Grzegorz, et al. "Pregel: a system for large-scale graph processing." Proceedings of the 2010 ACM SIGMOD International Conference on Management of data. ACM, 2010.
- [4]Snir, Marc, et al. MPI: the complete reference. MIT press, 1995.
- [5]<http://spark.incubator.apache.org/>
- [6]Dean, Jeffrey, and Sanjay Ghemawat. "MapReduce: simplified data processing on large clusters." Communications of the ACM 51.1 (2008): 107-113.
- [7]Jure Leskovec and Kevin J.Lang, Statistical Properties of Community Structure in Large Social and Information Networks. WWW' 08, 2008, pages 695-704
- [8]Isard, Michael, et al. "Dryad: distributed data-parallel programs from sequential building blocks." ACM SIGOPS Operating Systems Review 41.3 (2007): 59-72.
- [9]<http://hama.apache.org>
- [10]M. C. Schmidt, N. F. Samatova, K. Thomas, and B.-H. Park .A scalable, parallel algorithm for maximal clique enumeration. J. Parallel Distrib. Comput.69(4):417 – 428,2009
- [11]<http://giraph.apache.org/>
- [12]Jure Leskovec and Kevin J. Lang, Empirical comparision of algorithm for network community detection, WWW' 10 Proceedings of the 19th international conference on World wide web, 2010.

指导教师 意见	<div>指导教师（签名）：201 年 月 日</div>
院 系 意 见	<div>院系负责人（签名）：201 年 月 日</div>
研究生院 复核时间	<div>复核人签名（签章）：201 年 月 日</div>
备注	