

Research and Implementation of Rapid Distribution Network of Bulk Remote Sensing Images

Min Meng^{1,2,†}, Jun Ma¹, Dong Wang², WenQian Zang², XiangZhi Huang², YaMeng Zhao²

1. Computer and Information Engineering College, Henan University, Kaifeng, Henan 475001, China

2. Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China

[†]Email: 763450097@qq.com

Abstract

In this paper, a static network distance algorithm and a node service capability evaluation algorithm are proposed based on the distribution of remote IP images to solve the rate issues and uneven load influence on the network when multi-user batch downloading remote sensing image data. First of all, according to the network IP address distribution features, get the optimal download sequence based on distance, again according to the nodes of the network bandwidth, CPU and storage capacity get node's service ability and assigns corresponding task. In the case of network produces a large number of concurrent access, this method can effectively improve the efficiency of remote sensing image data transmission, achieve the load balancing of data distribution network and improve the quality of network service.

Keywords: Batch Download; IP Address; Network Distance; Node Service Capability; High Concurrency; Load Balancing

批量遥感影像数据快速分发网络的研究与实现^{*}

孟 敏^{1,2}, 马 骏¹, 王 栋², 臧文乾², 黄祥志², 赵亚萌²

1. 河南大学计算机与信息工程学院, 河南 开封 475001

2. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100012

摘 要: 针对多用户批量下载遥感影像数据时的速率问题, 以及给网络带来负载不均的影响, 本文根据网络 IP 地址的分布特性, 提出了一种静态网络距离算法和节点服务能力评估算法, 首先根据网络 IP 地址的分布特性, 得到基于距离的最优下载序列, 再根据节点的网络带宽、CPU 资源以及存储能力得到节点的服务能力并为其分配相应的任务量。在网络产生大量并发访问的情况下, 这种方法能有效提高遥感影像数据的传输效率, 实现数据分发网络的负载均衡, 提高网络的服务质量。

关键词: 批量下载; IP 地址; 网络距离; 节点服务能力; 高并发; 负载均衡

引言

国际上对地观测共享的发展进入了一个技术全面升级、对地球系统研究起着支撑作用和加速产业化发展的阶段。现阶段使用的分布式遥感影像分发系统(简称分发系统)采用混合式对等网络^[1]的思想,通过中心存储和网络中的节点同步两种方式存储数据,实现海量遥感数据的共享,但是这种方式缺少有效信息集成与共享的技术手段,所以先阶段建设更高效地遥感影像数据分发服务平台,对实现遥感信息资源深层次共享以及遥感信息的推广具有重要意义。

^{*} 基金项目: 973 计划项目“多尺度气溶胶综合观测和时空分布规律研究”(课题号 Y070070070)
十三五民用航天预研项目“天地一体化卫星应用评价技术”(课题号 Y7K00100KJ)
中科院遥感所创新项目“全球地球综合观测遥感产品与验证”(课题号 Y7SG0600CX)

遥感影像数据的节点选择策略是指当用户向某节点请求数据时，它首先向服务器端提出数据请求，服务器端会返回拥有其数据资源的节点列表，请求节点按一定原则选取一定数量的节点，获取所需数据。

针对数据下载节点选择策略的研究，根据优化的目的不同，国内外大体上分为三种类型^[2]：第一种是以维护系统的健壮性和网络负载均衡为目的，这种类型的节点选择策略主要以随机选择策略和 Round-Robin 循环策略为代表；第二种旨在提高网络流的服务质量，通常以一些常见的网络参数为参考指标，比如 Purdue 大学的 Promise 系统采用端到端的计算和感知拓扑的方法，根据带宽、延迟等网络参数作为节点选择策略；第三种是以网络拓扑聚集性为目标的节点选择策略，这种选择策略解决了多区域、国家、不同 ISP 之间的数据流传输。

随着公众信息共享和集成服务的开展，高分遥感应用平台的访问量会明显增加。这种情况下，势必也会产生大量并发访问，因此要求网络中心服务器必须具备提供大量并发访问服务的能力。这样，网络中心服务器的处理能力和 I/O 能力已经成为提供服务的瓶颈。由于单一的采用上述常见的节点选择策略不能有效解决当前分发系统的瓶颈问题，因此本文针对已有的节点选择策略进行改进和融合，提出了一种新的适应多任务遥感影像数据分发的基于 IP 地址的分布特性的静态网络距离算法以及节点服务能力评估算法，改进数据的传输效率，提高整个系统中数据分发的服务质量。

1 以 p2p 为基础的内容分发网络

动态调度算法主要包括 batching 算法^[3]、patching 算法^[4,5]、piggybacking 算法^[6]对于提供海量高分数据集和共享的系统，必须满足大数据量、高并发用户访问等环境下海量空间信息服务的需要，高性能并发空间信息服务除了具有稳定性、可靠性的基本性质外，还需要满足系统的高可用性条件和系统的高可伸缩性条件。海量高分数据组织、存储、快速访问及大负载支持方面具有很大的技术需求，需要对其进行深入研究和探索，以保障系统的稳定运行。

在以 p2p 为基础的内容分发网络中，各个节点都是对等节点，每个节点既是服务端也是请求端，当一个客户发出任务请求后，中心服务器返回拥有其所需内容的节点列表目录，请求客户端会从中选择一定数量的节点为其提供资源，因为网络中的节点具有动态性和异构性^[7]，当有多个服务节点时，如何选择最合适的节点高效完成任务的下载，每个节点应该分配多少任务量是网络服务质量的关键问题。

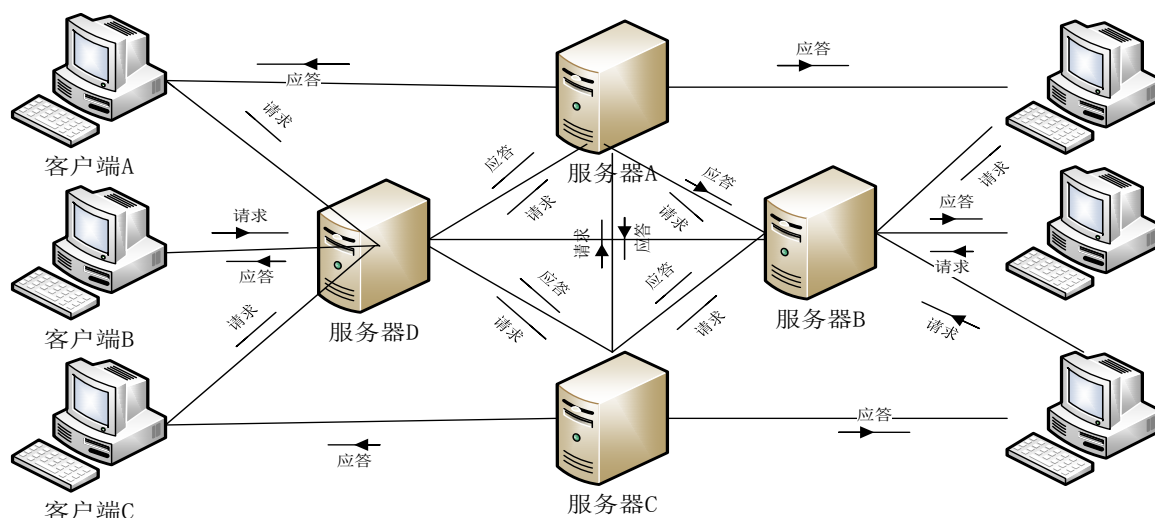


图 1 基于 p2p 的多节点内容分发网络

如图 1 所示，多台服务器通过高速的互联网络连接成一个集群系统，在前端有一个基于应用层的负载调度器。当用户向服务器 D 提交的数据请求到达负载调度器时，负载调度器会调用应用程序进行分析，首先根据基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法，生成一个缓存初始节点序列 seq，选择序列第一个节点服务器

M, 用户重写请求向服务器 M 访问, 然后根据节点服务能力评估算法, 从服务器 M 获取对应的任务量, 依次类推, 访问缓存序列 seq 中的下一个节点, 获取任务量, 下载数据, 由于遥感影像数据的特殊性与针对性, 即具有区域性, 不同区域对某类数据的需求较高, 所以当客户端 A 从服务器 D 请求数据 Data, 但是服务器 D 没有数据 Data, 服务器 A 保存的有数据 Data, 所以在服务器 A 给客户端 A 提供数据 Data 的时候, 会将数据 Data 存储到服务器 D, 服务器 D 为以后到达的客户请求进行补丁预取和缓存^[8], 以满足客户端 A 所在的区域下次下载数据 Data 时的需求, 以此来实现遥感影像数据分发网络的服务质量。

1.1 基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法

本文的初始节点选择序列是以物理距离为基础来得到的, 现有的测量节点间距离的方法主要是基于节点经纬度的距离测量法, 但是经纬度测距法的管理开销较大, 且 Internet 在应用层屏蔽了物理链路的细节, 物理距离无法从客户终端得到, 所以节点经纬度测距法具有难获得性。

由于基于节点经纬度的距离测量法的限制, 本文提出了基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法, 既根据 IP 分配时的规律性, 静态测量节点间的距离。IP 地址的分配一般是按照地域或位置进行规划, 具有显著的位置特征^[9], 既给不同的区域分配一定网段, 此特性的使用具有可靠性与通用性。一般两个节点之间的 Ip 地址区别越大, 就代表两者间的距离越远。基于此理论, 本文采用节点间距离的估算公式^[10]。算法公式如下:

$$\begin{aligned} d_j^i &= \Delta D_G(i, j) + k \left(\sum_x \left(\sum_{y=1}^{4(16)} (|ip_x^p(y) - IP_x^{Gate}(y)| * 256^{y-1}) \right) \right), \Delta D_G(i, j) \neq 0 \\ d_j^i &= k \left(\sum_{y=1}^{4(16)} (|ip_i^p(y) - IP_j^{Gate}(y)| * 256^{y-1}) \right), \Delta D_G(i, j) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

d_j^i : 表示节点 i 与节点 j 之间的距离;

$IP_j^{Gate}(y)$: 表示节点 x 所在运营商网络的网关 IP 的第 y 位;

$ip_x^p(y)$: 表示节点 x 的公网 IP 的第 y 段;

$\Delta D_G(i, j)$: 表示节点 i 和节点 j 网关之间的距离, 用时延表示;

$\Delta D_G(i, j) \neq 0$, 表示两个节点之间的距离等于各自所在网络网管之间的距离和各自到网关的距离之和; $\Delta D_G(i, j) = 0$, 则表示两个节点所在的运营商网络相同, 则节点之间的距离就等于两个节点到网关的距离只差。

当节点 x 的任务队列中有大量的数据请求时, 节点 x 会向其他服务器发送数据请求信息, 并将自己的 IP 地址一并发送给其他服务器, 如果其他服务器存在请求的数据, 其他服务器就根据 IP 估算节点距离 d_j^i , 并将 d_j^i 返回给节点 x, 节点 x 将 d_j^i 存储在自己的缓存列表 seq 中, 并根据其大小排序, d_j^i 小的排列在 seq 的前端, 从而生成一个初始的可用资源节点序列 seq, 在 seq 最前面的代表距离节点 x 最近的服务器。

1.2 节点服务能力评估算法

现阶段的遥感影像数据分发网络并没有根据其服务能力调节其任务量, 而是其全部任务量由一个服务器单独完成下载, 既当用户访问资源内容时, 中心服务器首先通过距离算法确定最接近用户的最佳代理服务器^[11], 并将该用户请求转向该节点, 使用户可以就近取得所需内容, 提高用户访问网站的相应速度, 但当大量请求同时访问同一台服务器时, 对连接服务器的链路带宽要求较高, 大量的骨干带宽被占用, 服务器负载也变得非常重, 甚至会产生局部热点效应^[12]从而使应用服务器过载退出服务, 直接影响网站的服务质量。

所以为了解服务器负载不均的问题, 本文设计了节点服务能力评估算法, 根据基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法获取缓存序列 seq 后, 用户重写请求指向缓存序列 seq 的第一个服务器节点 s, 从服务器节点 s 获取数据, 由于各节点的服务能力不同, 所以为了提高下载速度, 实现负载均衡, 根据各节点的服务能力, 通过节点服务能力评估算法为其分配不等的任务量。

当节点 x 向其他服务器节点发送数据请求时，其他服务器节点根据自己的网络带宽、计算能力以及 cup 资源得到自身提供服务的能力 Q_{qt} [13]，当节点 x 在初始资源节点序列 seq 中获取服务器节点的同时，根据节点 Q_{qt} 的大小为其分配对应的任务量， Q_{qt} 的大小与分配的任务量成正比，以此来提高用户的下载速度，实现整个网络的负载均衡， Q_{qt} 计算公式如下：

$$Q_{qt} = \left\lceil \log_2[(w_x \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot \sum_{j=1}^y m_j) / (W_x \cdot C_x \cdot M_x)] \right\rceil \tag{2}$$

Q_{qt} : 为节点 X 提供服务的能力；
 W_x : 为节点 x 可用的带宽；
 w_x : 为节点 x 近期运行中占用的带宽；
 C_x : 节点的计算能力；
 c_j : 当有 n 个进程占用 cpu 资源，每个进程占用的 cpu 资源为 c_j ， $1 \leq i \leq n$ ；
 m_j : 当有 j 个文件当用存储空间，每个文件占用的存储容量为 m_j ， $1 \leq j \leq y$ ；
 M_x : 节点 x 的存储能力。

2 实验对比

2.1 实验环境

为了检测基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法以及节点服务能力评估算法，选择以下的网络环境及初始系统环境进行实验模拟。

根据实际部署的节点情况，本实验选择位于不同省市的五个节点作为服务器的下载节点，实验环境如表 1 所示：

表 1 实验环境

节点位置	网络带宽	操作系统	IP 地址
中科院遥感所	20M	Windows	210.72.27.58
清华大学	10M	Windows	101.6.54.20
河南大学	10M	Windows	125.219.39.44
北华航天工业学院	10M	Windows	222.222.97.9
浙江大学	10M	Windows	123.157.109.241

首先在每个服务器节点导入遥感影像数据，每景数据的大小大概为 480MB ，用户分别在每个服务器节点提交数据，使其各个服务器节点提交的数据请求任务量之和不变为 450 景，重复大量试验，服务器节点请求个数分配为表 2 所示：

表 2 节点个数

节点位置	数据景数（景）
中科院遥感所	150
清华大学	120
河南大学	90
北华航天工业学院	60
浙江大学	30

在使用经纬度算法与基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法以及节点服务能力评估算法下分别统计全部数据下载完成所用的时间。

2.2 实验结果

分别在经纬度算法与多任务数据分发策略下执行如下操作：用户分别在对应的节点同时提交 30、60、90、120、150 个遥感影像数据，以使其对应节点的负载能力达到要求，每隔 30 秒记录已经下载完成的遥感影像数据，等待提交的任务全部下载完成后，记录下载完成所用的全部时间。

在当前的实验环境下，统计其订单全部下载完成时的平均下载速度，平均下载速度的计算公式为：

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^m D_{size}}{T}$$

其中 V_a 为平均下载速度， T 为停止下载时所用的时间， D 为每个订单的大小， m 为下载成功的订单数。

根据数据的大小与数据全部下载所用的时间得到数据下载的平均下载速度。基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法以及节点服务能力评估算法与基于经纬度算法的遥感影像数据的平均下载速度曲线对比图如图 2 所示：

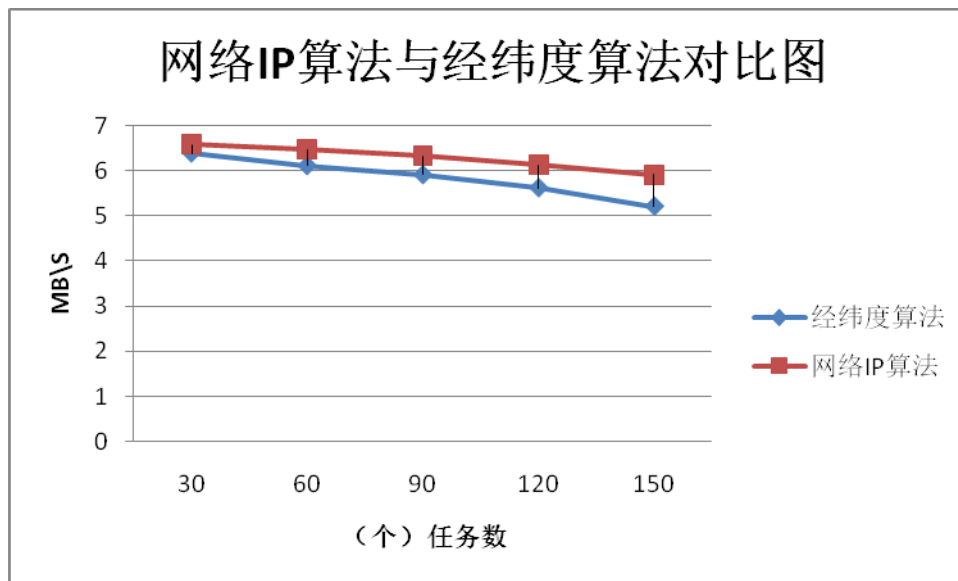


图 2 网络 IP 算法与经纬度算法下载速度对比

通过对比曲线可以看出，当下载的遥感影像数据任务数为 30 时，因为任务量较小，所以两种算法的差异不明显，随着任务量的增多，网络负载增大，两种算法的平均下载速度都有所下降，但是基于网络 IP 算法的数据的平均下载速度相对与基于经纬度算法的平均下载速度相对来说较为平缓，当遥感影像数据的任务量达到 120 时，会产生大量的并发访问，网络负载较大，此时网络 ip 算法的优势较为明显，其平均下载速度明显高于经纬度算法，可以看出基于网络 IP 的算法可以明显调控网络的负载，使整体达到负载均衡，提高数据的下载速度。

3 结束语

对于多节点的遥感影像数据分发网络，通过基于 IP 地址分布特性的静态网络距离算法以及节点服务能力评估算法，有效提高了数据传输的网络质量和整体数据下载速度，并保持了各个节点以及整个分发系统的负载均衡，但是多节点的遥感影像数据分发网络依赖于当前分发系统的整体架构，因此还需要借助其他类型的系统架构做进一步的性能提升。

REFERENCES

- [1] Zhang Yu-Jie, He Ming, Meng Xiang-Wu. Research on CDN-P2P System over User Requirements[J]. Journal of Software, 2014, 25(1):98-117

- [2] Zheng Jie, zhang Song, Jie Ji .P2P streaming media node selection mechanism of the research and simulation [J]. Computer Engineering and Design, 2007, 22
- [3] DAN A. Scheduling policies for an on-demand video server with batching[A]. Proc ACM Multimedia[C]. San Francisco, California, 1994.15-23.
- [4] CAI Y. Optimizing patching performance[A]. Proceedings of Multi-media Computing and Networking[C]. San Jose, California, 1999.1-12.
- [5] HUA K A, CAI Y, SHEU S. Pathing: a multicast technique for true video-on-demand services[A]. Proceedings of ACM Multimedia[C]. Bristol UK, 1998. 191-200.
- [6] GOLUBCHIK L. Adaptive piggybacking: a novel technique for data sharing in video-on-demand storage servers[A]. ACM Multimedia Systems[C]. 1996. 140-155.
- [7] Research on P2P -based heterogeneous database data synchronization[J]. Journal of Shangdong University(Natural Science).Meng Lie,Sun Yan-jie.1671-9352(2008)11-0061-06
- [8] ZIMU L, JIANPING W, SHAOHUA, Q. Accelerating VOD streaming with adaptive proxy- assisted scheduling, caching and patching[A]. International Conference on Systems and Networks Communications, ICSNC '06[C]. 2006 .46-50.
- [9] Quevedo G P L,Ocampo P M, Festin C A M, Evaluating the effects of peer localization on a BitTorrent -based P2P video-on-demand network [C].TENCON, 2012-2012 IEEE Region 10 Conference .IEEE.2012:1-5.
- [10] Song Xiao-Li ,Zhang Jin-yu,Research on Real Time Light Load Transmission Mechanism based on P2P Streaming Media Network.[D],BeiJing,BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY.2016.03
- [11] Yang Ge,Fan Xin-Mei.Dynamic scheduling algorithm for streaming media based on CDN[J].Journal on Communications ,1000-436X(2009)02-0042-05
- [12] Deng Jiang.Distribution network architerture and routing research based on p2p content distribution network[D].Cheng Du:UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA,2007.4
- [13] Deng Jiang.Distribution network architerture and routing research based on p2p content distribution network[D].Cheng Du:UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA,2007.4

【作者简介】



¹ 孟敏，女，汉族，河南漯河人，研究生，主要研究方向为空间数据处理
Email: 763450097@qq.com

² 马骏，男，汉族，河南淮阳人 教授，主要研究方向空间数据处理及网络应用。 Email:mj@henu.edu.cn;

³ 王栋，男，汉族，助理研究员，主要从事海量遥感数据处理及应用。Email: wangdong@radi.cas.cn