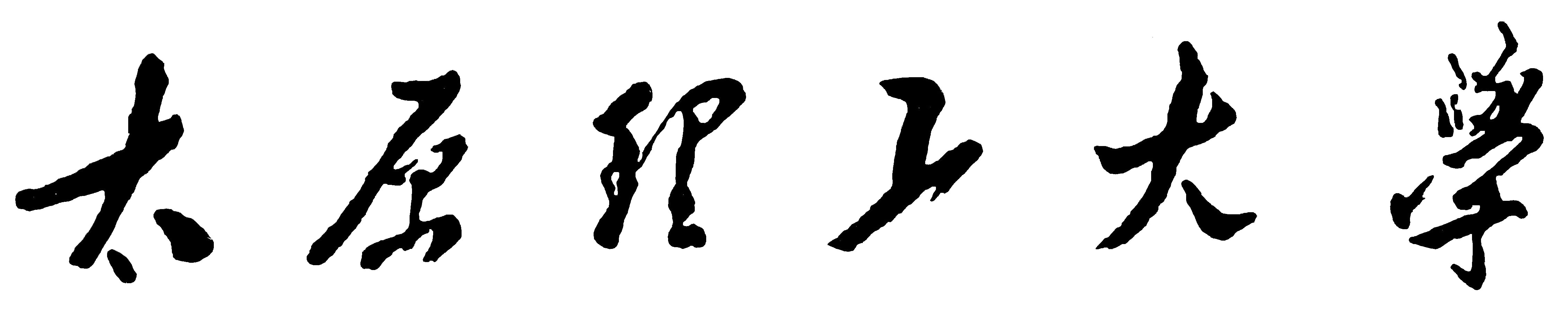
 分类号\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 密级\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 学号\_



毕业设计（论文）

|  |  |
| --- | --- |
| 学生姓名 | 杨泽鑫 |
| 学 号 | 2013005787 |
| 所 在 院 系 | 软件学院 |
| 专 业 班 级 | 软件1301 |
| 导师姓名职称 | 李楠 高级软件工程师 方昀 讲师 |
| 完成日期 | 2017.6.2 |

|  |  |
| --- | --- |
| 论文题目 | 网络爬虫的设计与实现 |
| Thesis Topic | The Design and Implementation of a Web Crawler |

2017年6月5日

太　原　理　工　大　学

太　原　理　工　大　学

毕业设计（论文）任务书

第1页

|  |
| --- |
| 毕业设计（论文）题目：  网络爬虫的设计与实现  毕业设计（论文）要求及原始数据（资料）：  1．综述国内外网络爬虫发展历史及研究现状；  2．深入了解网络爬虫的相关技术；  3．训练编写基本爬虫的能力；  4．深入分析网络爬虫中的关键技术与编写语言；  5．设计并实现网络爬虫的简单应用；  6．训练检索文献资料和利用文献资料的能力；  7．训练撰写技术文档与学位论文的能力。 |

第2页

|  |
| --- |
| 毕业设计（论文）主要内容：  1．介绍网络爬虫的相关技术；  2．介绍网络爬虫的开发环境；  3．深入分析网络爬虫中的关键技术与相关编写语言的设计流程；  4. 分析一个基本的爬虫程序的运行原理与过程；  5. 设计与实现抓取某一信息并进行分析的爬虫程序；  6．综述爬虫技术在数据采集中的应用。  学生应交出的设计文件（论文）：  1. 内容完整、层次清晰、叙述流畅、排版规范的毕业设计论文；  2. 包括毕业设计论文、源程序等内容在内的毕业设计电子文档及其它相关材料。 |

第3页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 主要参考文献（资料）：   1. 徐远超, 刘江华, 刘丽珍,等. 基于Web的网络爬虫的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(21) 2. 吴黎兵, 柯亚林, 何炎祥,等. 分布式网络爬虫的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(11). 3. 姜梦稚. 基于Java的多线程网络爬虫设计与实现[J]. 微型电脑应用, 2010, 26(7). 4. 周德懋, 李舟军. 高性能网络爬虫:研究综述[J]. 计算机科学, 2009, 36(8). 5. 刘金红, 陆余良. 主题网络爬虫研究综述[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10). 6. 张敏, 高剑峰, 马少平. 基于链接描述文本及其上下文的Web信息检索[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(1). 7. 周立柱, 林玲. 聚焦爬虫技术研究综述[J]. 计算机应用, 2005, 25(9). 8. Chau M, Xu J. Mining communities and their relationships in blogs: A study of online hate groups[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2007, 65(1). 9. Pant G, Srinivasan P. Learning to crawl: Comparing classification schemes[J]. Acm Transactions on Information Systems, 2005, 23(4). 10. Shkapenyuk V, Suel T. Design and implementation of a high-performance distributed Web crawler[J]. 2001. 11. Briangoetz. Java并发编程实战[M]. 机械工业出版社, 2012. 12. ElliotteRustyHarold, 哈诺德, 李帅,等. Java网络编程[M]. 中国电力出版社, 2014 13. 米切尔, 陶俊杰, 陈小莉. Python网络数据采集[M]. 人民邮电出版社, 2016..   14、麦金尼，唐学韬. 利用Python进行数据分析[M]. 机械工业出版社, 2014.   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 专业班级 | 软件1301班 | | | | | 学生 | 杨泽鑫 | | 要求设计（论文）工作起止日期 | | | | | 2017年3月13日~2017年6月25日 | | | | 指导教师签字 | |  | | | | 日期 | 2017年3月13日 | | 教研室主任审查签字 | | | |  | | 日期 |  | | 系主任批准签字 | | |  | | | 日期 |  | |

# 网络爬虫的设计与实现

# 摘　要

本课题的主要目的是介绍网络爬虫的历史和发展历程，介绍了一些网络爬虫中常见算法，根据算法实现简单的网络爬虫，并对网络爬虫的动态抓取策略进行探究。

网络爬虫出现的不是很晚，但它在最近结合大数据时代后得以实现迅猛的发展。爬虫的种类很多，不同种类爬虫的区别实际上在于对资源的取舍问题。我关注的基本网络爬虫通过Python语言中的BeautifulSoup对网站资源进行分析，获得相应URL；利用Set集合的无重复性对url进行去重。然后我还对网络爬虫中的动态抓取问题进行了探索。随着互联网的发展，以AJAX为代表的动态刷新技术越来越受到网站开发者的喜爱，原本的抓取方法无法抓取动态的页面。为了适应不同需求，编制网络爬虫之前我们需要根据预先设定的目标对资源所存在的网站进行细致的分析。我分别采用了两者不同的方式来实现对动态目标进行抓取。

关键词： 网络爬虫；遍历算法；数据抓取

# **The Design and Implementation of Web Crawler**

# **Abstract**

The main purpose of this project is to introduce the history and development of Web crawler, introduces some common web crawler algorithm, according to the algorithm to achieve a simple web crawler, and to exexplore dynamic web crawler crawling strategy.

Web crawler appears not very late, but it is in conjunction with the recent era of Big Data to achieve rapid development. Many species of reptiles, but differentiating between different types of reptiles actually means trade-offs of resources. The basic web crawler uses the BeautifulSoup in the Python language to analyze the site's resources to get the corresponding URL;，Use the non-repeatability of the Set to load the url. With the development of the Internet to AJAX as the representative of the dynamic refresh technology more and more by the site developers love, so the original crawling method can not crawl the dynamic page. In order to meet the different needs, the preparation of network crawlers before we need to set the target according to the existence of the resources of the site for detailed analysis. I used the two different ways to achieve the dynamic target to crawl.

**Key words:** Web crawler, calendar calculation method, the data capture

# 目　　录

[摘　要 i](#_Toc484549423)

[Abstract ii](#_Toc484549425)

[第一章 绪论 1](#_Toc484549427)

[第一节 课题背景 1](#_Toc484549428)

[第二节 课题意义 1](#_Toc484549429)

[第三节 网络爬虫的历史 1](#_Toc484549430)

[第四节 网络爬虫的分类 3](#_Toc484549431)

[一、批量型爬虫(Batch Crawler)： 3](#_Toc484549432)

[二、增量型爬虫(Incremental Crawler)： 3](#_Toc484549433)

[三、垂直型爬虫(Focused Crawter)： 4](#_Toc484549434)

[第二章 相关技术背景 5](#_Toc484549435)

[第一节 网络爬虫的定义 5](#_Toc484549436)

[第二节 搜索策略剖析 5](#_Toc484549437)

[一、深度优先搜索策略: 5](#_Toc484549438)

[二、宽度优先搜索策略: 6](#_Toc484549439)

[三、聚焦搜索策略： 6](#_Toc484549440)

[第三节 开发方法概述 8](#_Toc484549441)

[一、所使用的语言： 8](#_Toc484549442)

[二、使用到的关键类库： 9](#_Toc484549443)

[第三章 基本网络爬虫模型的分析和设计 11](#_Toc484549444)

[第一节 基本流程分析： 11](#_Toc484549445)

[第二节 百度百科词条爬虫设计 11](#_Toc484549446)

[一、需求确定： 11](#_Toc484549447)

[二、分析目标： 12](#_Toc484549448)

[三、系统设计： 13](#_Toc484549449)

[四、代码编写： 13](#_Toc484549450)

[五、运行爬虫 16](#_Toc484549451)

[第三节 动态加载技术分析： 17](#_Toc484549452)

[第四节 花瓣网图片抓取爬虫设计： 19](#_Toc484549453)

[一、需求确定： 19](#_Toc484549454)

[二、分析目标： 19](#_Toc484549455)

[三、系统设计 24](#_Toc484549456)

[四、代码编写 24](#_Toc484549457)

[五、爬虫运行 29](#_Toc484549458)

[第五节 QQ空间说说的抓取 30](#_Toc484549459)

[一、需求确定 30](#_Toc484549460)

[二、分析目标 31](#_Toc484549461)

[三、系统设计 39](#_Toc484549462)

[四、代码编写 40](#_Toc484549463)

[五、运行爬虫 45](#_Toc484549464)

[结论 47](#_Toc484549465)

[参考文献 49](#_Toc484549466)

[致　　谢 50](#_Toc484549467)

[附录1：外文资料 51](#_Toc484549468)

附录2：[中文翻译 67](#_Toc484549472)

# 第一章 绪论

### 第一节 课题背景

网络爬虫（Web crawler）或者叫做网络机器人，是按照一定的模式方式，去主动抓取Internet中包含的信息的程序或脚本。

网络检索功能与万维网的发展同步进行。人们对特定内容检索的需求是随着网络的高速发展而产生出来的，搜索引擎诞生的原因也基于此。而搜索引擎的核心就是爬虫。随着信息不停的增加与积累,人们对互联网的要求也越来越高,通过网络搜索信息俨然是当前网络活动的核心主题。从刚开始的简单查找方式到后来使用索引站来帮助建立信息网，直至网络爬虫的出现。当今网络爬虫在各行各业的迅猛发展标志着网络爬虫的时代正式的到来了。

## 第二节 课题意义

互联网是一个大型非结构化数据库，若对其中包含的数据能够有效的进行检索和组织，将会有巨大的利用价值。然而，随着互联网规模的上升，在资源丰富的同时也带来了冗余的问题。通用搜索引擎的适应性好，能完成多种多样的任务。但作为通用的软件，常规搜索引擎为了增加自己的通用性而不得不减少了一些专业性，这就是常规搜索引擎所不足的地方。在上下文或背景方面不同的用户通常伴随着不同的搜索目的和要求，但用户真正需要的结果中往往还夹杂着大量用户并不需要的内容。为了优化搜索结果，精确搜索内容，一个目的性较强的爬虫在某些方面有着极为重要的作用。

## 第三节 网络爬虫的历史

在互联网的早期发展中，网站的内容比较少，易于查找信息。 但随着互联网的高速发展，一般网络用户想要找到所关注的信息是非常困难的，就像在大海捞针一样。就这样，为了满足公共信息检索需求的专业搜索网站就诞生了。

公认的的搜索引擎的祖先应该是Archie，它在1990年由蒙特利尔大学的Alan Emtage所发明。因为当时距离万维网的创建还有四年的时间，但是当时对通过网络进行文件传输还是有很大的需求的，所以ftp（文件传输协议）软件已经成为共享文件的主要工具，因此在当时文件存储的位置大都是在不同公司所架设的、位置各异的FTP主机中。这就导致了对文件的查找十分困难。对于这些难以用人工方法查找到的文件信息，Archie可以从网上搜索到这些FTP文件信息。在获得的内容中不仅包括了文件的名称，更包含着文件的地址信息即FTP地址。这样相比下来看，现在常用的搜索引擎与Archie在工作方法上有相同的地方。因此，Archie被称为现代搜索引擎的祖先。然而，从爬虫的定义上看，Archie和一个真正的网络爬虫还是有着一些不同的。首先是它只能搜索固定格式的文件（FTP文件），还无法抓取比如网页、图片等类型的文件，因此按照网络爬虫的定义来说，Archie应该被看做是第一个FTP爬虫。其次，它不包含机器人程序，所以它对互联网中丰富的网页信息并没有能力进行搜索，Archie的技术核心是一个收集器，所收集的目标是FTP文件的文件名称，并使用文件名所保存的在服务器的地址信息实现抓取文件信息的功能。

当时，“机器人”因其科幻般的能力在科技备受人们的青睐。作为新兴的技术之一，爬虫也自然被人们赋予了机器人的名字和期盼。“机器人”（Computer Robot）可以被定义为可以高速执行某项指定任务的程序，这种任务人类也可完成，但是机器人的着重点不是完成，而是机器人可以用人类无法比拟的速度执行相同的任务。因为而网络机器人在不断执行的任务是在Internet上四处搜寻，寻找一个个的“猎物”—也就是信息。基于这样的情况，网络爬虫这个形象的名字就被赋予给了网络机器人。世界上第一个可以被称之为网络爬虫的程序是万维网流浪者。它的功能很简单，它的核心是通过统计在Internet上的服务器的数量来度量网络的拓扑结构，后来则进一步拓展成为抓取网站域名的爬虫程序。网络流浪者不仅可以说是一个真正意义上的网络爬虫，更可以说是第一个为万维网设计的爬虫，即万维网搜索引擎。而与网络流浪者相对应，Martin在后来构建了Archie的HTTP版本，被命名为ALIWEB。ALIWEB并不包括任何主动抓取的程序，而是被动的依赖其他的网站主动向自己发送本网站的信息来设置相应的索引。作为一个爬虫来说，这种抓取信息的方式太过于被动，很多用户认为向网站提交信息就是浪费，这是ALIWEB不成功的地方，但其对爬虫的发展来说有着举足轻重的地位，其开发者Martin通过这次失败预见性的思考到了不能任由程序设计者随意抓取数据，其参与设计的机器人拒绝协议也成为了当今爬虫的设计规范。

随着Internet逐渐的快速发展，直接让爬虫收集互联网上所有页面将是一个不可能完成的任务，因此，有些编程人员对存在着的传统的蜘蛛程序结合网络流浪者的基础上做了一些改进。其设想是，类似于蜘蛛的行为，不进行无意义的闲逛，而是通过一些可能保存信息的通路，慢慢找到目标信息。如果按照计算机网络的说法，既然每个网页都包含着一些链接，而这些链接又各自指向了不同的地址。那么从一个包含着链接的页面开始遍历，就可以收集到整个Internet的内容。到20世纪末，一些应用此原理的搜索引擎开始出现在人们的视野中，其中以JumpStation、The World Wide Web Worm和Repository-Based Software Engineering(RBSE) spider这三者最为业界者熟知。

JumpStation的Web bot从网页上收集了关于标题和标题的信息，并为其Web界面使用了一个非常简单的搜索和检索系统、系统线性搜索数据库和匹配关键字。随着网络越来越大，JumpStation变得越来越慢，终于停止了。WWW蠕虫仅索引其访问的页面的标题和URL。JumpStation和WWW蠕虫的结果按搜索顺序排列，意味着结果的顺序完全不相关，这让用户对搜索出来的结果还要进行一定程度的手动分类。而RSBE蜘蛛实现了基于与关键字字符串相关性的排名系统，因此说RBSE是首先对搜索结果进行处理的搜索引擎，而所使用的方法是引入key值匹配机制来差异化搜索结果。而真正可以被当做搜索引擎则最早出现于1994年7月，Mauldin仔细研究了Leavitt的程序，经过一定的修改后将其添加到自己的索引程序中，创建了知名的Lycos。也就在同一年，雅虎的雏形也在毕业于斯坦福的两名博士生-David Filo和杨致远的手中出现了。在开始时，他们称自己的网站为雅虎收集界面，但随着链接数量的增加，他们的网页每天开始获得数千次点击，团队为此创造了更好地组织数据的方法。为了帮助数据检索，雅虎（www.yahoo.com）成为了可搜索的目录。由于Yahoo条目已被输入并且进行过了手动分类，所以Yahoo!并未被真正归类为搜索引擎。相反，它通常被认为是可搜索的目录。在后来雅虎自动化了收集和分类过程的一些方面，模糊了引擎和目录之间的区别，并让搜索引擎在互联网上真正有了立足之地。目前，各种各样的搜索引擎在互联网上已经随处可见了，他们所涉及的数据量也比从前多了不知多少数量级。比如在国外拥有统治地位的Google，其数据库中的网页数量已经有了数十亿之巨。

作为搜索引擎的核心，网络爬虫的发展对于互联网十分重要。窥一斑而知全豹，从搜索引擎的发展过程中，我们也可以看出来网络爬虫的发展步伐。一部搜索引擎史也就是网络爬虫史。从开始的简单抓取到现在的各种大规模的分布式、高度集群化等等。虽然距爬虫的出现才不带三十年的历史，但这样的发展速度是其他各行业都无法比拟的。这也凸显学习爬虫相关技术的重要性。

## 第四节 网络爬虫的分类

网络爬虫发展至今，已经在很多领域中有了广泛的应用，基于此我们可以将网络爬虫分成三类。：

### 一、批量型爬虫(Batch Crawler)：

批量型爬虫是目的明确的爬虫，当爬虫程序检测到所抓取到信息已满足目标后就停止抓取过程。至于具体目标可能各异，根据情况而定。或是要求获取确定数量的网页源文件，也许是设定一定时长的抓取时间等。比如当下某些流行的头条类网站，其基础的爬虫架构就是批量型爬虫，爬取一定时间内的信息。总而言之，其区别于其他类型的爬虫的最大特点就是对所爬取的目标带有一定的限制。

### 二、增量型爬虫(Incremental Crawler)：

谈到增量型爬虫，就不得不提待累积型爬虫，其实两者很相似，核心目标都是要维持一个庞大的网页的“仓库”。增量型爬虫没有一个设定好的明确的结束目标，而且对于存贮在数据库中的网页，在一定的时间后要进行更新。累积型爬虫主要完成的是遍历并存储全部的所能够访问的网页，而增量型爬虫是指在本地已经具备相当规模的网页数量的情况下，在生成的网页“仓库”中经过一定的算法选择出已经失效的网页对其进行更新也就是抓取，减少维护本地资源所需要的工作量，让本地的数据具有相当效果的时效性。由于Internet中包含的内容一直处于不竭的变化中，网络上的资源信息的增加、修改甚至是删除都是很常见的，而一个合格的爬虫需要保证的就是数据的时效性和可靠性。所以增量型爬虫会一直处于工作状态中，如不是在抓取仓库中没有的网页，就是在更新仓库中已包含的网页，甚至是两者并行工作。从两者的工作特点可以看出，这两部分是相互关联，互相帮助的。所以一般的爬虫都需要两部分的工作同时进行；累积式抓取大多用在网页集群的初始化或网页仓库的整体更新中；而增量式抓取则主要针对服务器中所保存的数据的维护。像我们所熟知的一些常用搜索工具如百度、谷歌等大都使用的这类技术。

### 三、垂直型爬虫(Focused Crawter)：

以上两种谈到的爬虫，无论是批量型还是垂直型爬虫，两者所聚焦的主要方面都是网页的数量选择问题，对于网页的内容不做太多的关心。而垂直型爬虫和两者切入的角度正好不同，垂直型爬虫聚焦于网页中包含的资源本身，也就是说爬虫会对网页的主题内容进行分析，查找符合目标主题或目标方面的网页。例如要为一个跑步社区网站收集相关内容的话，爬虫只要在Internet中收集包含着跑步的页面即可，而将包含着其他主题的页面相应的过滤掉。从上面的简单分析中我们可以了解到垂直型爬虫一个比较高的要求是：高效的辨识出所给定的URL指向的网页内容是否在目标主题的范围之中。为了更好地节省系统资源，爬虫程序不可能将把所有互联网上存在的页面逐一下载后再去仔细筛选，设计出垂直型爬虫的目的就是为了在减少系统资源的消耗的同时增加资源的利用率。因此，在设计爬虫时，就需要考虑让其在开始的网页的URL的获取阶段就有能力鉴识某个URL是否有值得抓取的价值，从而达到减少低价值网页抓取的量以及更好地优化资源配置的目的。很多专题网站或学科搜索引擎都是使用的这类型的爬虫。

# 第二章 相关技术背景

## 第一节 网络爬虫的定义

作为搜索引擎的核心组成部分，网络爬虫能够主动的遍历Internet上所包含的网页内容，也就是说它可以给搜索引擎提供所需要的网页信息。通用网络爬虫的基本工作流程也很明确，爬虫会以已给定的标准页面作为程序的起点，首先通过分析基准网页上的内容从而获得了URL列表，通过获得的这些URL下载相应的网页资源，然后在不断从已下载页面上分析获得仍未被访问过的URL放入待抓取队列，直到满足系统的停止条件后爬虫停止工作。

主题网络爬虫是基本网络爬虫的升级，它保留着基本网络爬虫的网页获取部分，但在保存的时候并非全部保存，而是使用一定的算法机制，将与主题关联性不大的网页抛弃，将与主题契合度高的链接保存并放入待抓取的URL队列中；然后在当前网页搜索完毕后，再依照队列中各个链接的价值度高低选择下一步要分析的网页，并重复上述过程，直到爬虫程序按计划终止。所有被抓取到的结果不是单单的存贮到数据库那么简单，因为这是主题爬虫，筛选是由程序来完成的，可能存在着冗余或疏漏，所以针对抓取到的结果还需要继续分析处理，而后将分析所得到的结果继续应用在筛选算法的改进上。

## 第二节 搜索策略剖析

从上面的网络爬虫定义可以看出，网络爬虫的核心其实就是如何遍历所有需求的URL。通过一个给定的超链接，我们可以明确经由一个网站到另一个网站。这其实是就是有向图的遍历方法，接下来，我们就以这两种遍历方法作为切入点，剖析一下常见的搜索策略。

### 一、深度优先搜索策略:

在网络爬虫的早起实践中，多是采用深度优先作为爬虫的实现策略 。在数据结构中，它的定义是假设给定图P，在P中任选一顶点v为遍历开始的点，通常称其为源点，在遍历的开始时选择源点v作为首先访问的点，在访问的同时将该点置入完成访问队列；然后查找出所有和v相邻的定点w。若在完成访问队列中没有找到点w，说明点w尚未被访问，故深度优先遍历继续以w作为起始点进行搜索，直到P中所有和源点v存在一条可达路径的顶点均已被访问为止。若此时P中仍有未被遍历的顶点，则在剩下还没有被访问过的点集中随机选择任意一个顶点作为新的访问起始点，然后反复刚才的访问过程。当完成访问队列中包含了图中的所有顶点时，则说明图中的全部顶点已被访问，遍历结束。这是数据结构中的定义，而在爬虫中，每个顶点其实就是每个URL，如果要生成一条完整的访问路径，那么爬虫最后要到达的就是不包括任何URL的HTML文件，类似数据结构中树中的叶节点。在某个被解析的HTML文件中，当爬虫程序从内容之中分析出一个URL地址后，爬虫会停止对当前文件的继续分析，而是去执行对找到的URL所指向的网页进行分析，也就是说在分析剩余的网页内容前先向下搜索，从而形成一条从起始的HTML文件到最后的HTML文件的通路，这就是深度优先搜索策略。简而言之，深度优先搜索会根据网页中所包含的超链接一直向内访问，直到最后被抓取的网页中不再包含任何超链接为止，然后爬虫程序就会向回跳转到之前某一个已经被解析完的网页文件中，继续选择该网页文件中接下来的URL。当不再待抓取URL队列为空后，就说明本次的深度搜索已经完成。

深度优先搜索策略的优点是能完成对一个完整的网站或结构比较复杂的文档集合的全部访问。缺点是如果被访问的HTML文件所处的Web结构十分复杂或层次比较多的话，就有可能造成爬虫程序陷入到网站复杂的结构从而无法停止的情况。所以在实际的设计之中往往要根据所要求的数据对深入的层数进行限制，防止出现上面的情况。

### 二、宽度优先搜索策略:

在数据结构中，有向图的广度优先遍历算法会根据所有节点与起始节点的距离的长短划分成一个个的层次。在执行遍历操作时需要一个额外的队列来储存进行访问时所经过的顶点顺序，在本层的全部的定点都访问完毕后再依据队列中存储的顺序依次访问这些顶点的邻接顶点。相应的在爬虫的宽度优先搜索中，程序会首先搜索完起始页面中保存着的所有超链接，这些超链接因为在一个页面上，距离当前访问页面的距离相同，所以可以看成是同层页面。然后访问从第一个页面上所获得的全部URL。就这样逐层的完成整个搜索操作。例如，源网页包含着有3个URL，在分析完源网页后，选择第一个URL，分析相应URL所指向的网页中包含的内容，然后不选择在第一个超链接中分析出的任何超链接，而是返回初始页面，解析第二个URL所指向的网页文件中的内容，处理其中包含的全部的URL，处理完毕后的处置措施类似于第二步，继续选择第三个URL，并处理其中的URL信息。至此，第一层的可以说是全部处理完毕，可以处理第一个链接中所包含的URL了。也就是说，当且仅当对处于逻辑结构同一层中的全部URL完成处理过后，才可以开始处理从前面的分析中获得URL。

宽度优先的搜索策略做有两个很明显的好处，通过这种策略，爬虫就保障了对高层的优先分析权。，其次是当程序遇到一个可能存在大量的深层分支时，不会让爬虫陷进目的网络的深层结构中导致程序崩溃的情况出现。两个已知的URL所相聚的拓扑距离也可以通过使用宽度优先搜索策略来计算出来。在目前的很多爬虫的构建中大都采用了宽度优先的搜索策略，因为其相比其他的策略，宽度优先策略实现起来比较容易，而且其对内容的采集程度也基本可以满足一般的抓取需求。但是正如前面我们所分析的内容，如果需求是要遍历一个给定的服务器或者内容嵌套的层数较多的文件等类似这种具有一定“线性特征”的数据结构时，采用宽度优先搜索策略则虽然能到达深层的HTML文件，但是耗费的时间相比深度优先的策略会明显增长。

### 三、聚焦搜索策略：

前面两个提到的都是基于数据结构中图的遍历而相应产生的算法。而在实际应用中不会只是使用一种方法，而是两者兼而有之。对于一个具体问题来说，需要爬取的范围通常都是确定的。所以，如何将这种选择以代码形式显现就很重要了。聚焦爬虫就是一种综合考虑多种因素的爬行策略，它不只考虑页面之间的网络拓扑结构，而是更多要依据用户的要求确定出相关性较高的页面，根据价值的高低进行访问，高效地获得更多的相关高的页面，最后再依照网页中所包含的信息与页面之间形成的拓扑结构来进一步的给爬虫程序提供抓取建议。

简而言之，聚焦爬虫的核心思想是会给每个页面一个评估分值，爬虫相应的根据页面的得分将它们形成一个待抓取队列中。完成对当前页面的搜索后，爬虫再依据评分的高低次序从队列中弹出下一个页面进行解析。这种策略保证爬虫能优先抓取高“价值”的页面，提升爬虫的运行效率，提高资源的利用率。对于链接价值的评估方法是聚焦型网络爬虫性能优劣的决定性因素，即爬虫程序员为其设计的链接价值的计算策略，不同的主题决定了不同的价值取向，而不同的价值取向会使得计算出的链接的价值不同，表现在爬虫当中的就是链接的被访问的次序不同。链接是形成网络拓扑结构的关键一环，也通常是爬虫重点关注的部分。可以说一个有价值的页面就是由一些有价值的链接所组成的，所以对单个链接价值的评估其实就是对此链接所在的页面的价值评估。

我们时常可以在一些具有特主题的网站中中看到聚焦搜索策略的应用，因为这种网站具有一定的专业性，关注的是某些特定话题，对信息在广度和宽度上都有一定的要求，所以和聚焦搜索策略十分类似。

这样分析下来，我们可以将前两种搜索策略视为是聚焦搜索策略的一种拓展，广度优先搜索就是认为和网页处于同层的网页最具有价值。所以表现在遍历顺序上就是这样。深度优先搜索遍历同理。所以我认为爬虫的一个设计重点就是如何将需求中的价值以代码的形式表示出来。

##### 图2-1 网络结构图

通过上面文字的描述，让我们对三种搜索方式有了一个概念性的理解。下面我们结合一个具体的网络结构图来简单说明一下。图2-1是一个简化了的网络结构图。每一个图标都表示着一个URL，其中样子为书状的表示这是一个指向网页的超链接，而样子为文件夹状的表示这是一个指向文件的链接（比如FTP链接）每个方框表示一个页面。闪电连线表示链接。从图上可以看出，1、2、3这三个超链接在同在初始网页上，4、5在一1所指向的网页上，6在2所指向的网页上，7、8在3所指向的网页上，9在4所指向的网页上。

第一个是深度优先搜索策略，我们就联想数据结构中的深度优先搜索遍历，在爬虫抓取到1后，立刻将1放到待抓取URL列表中。然后爬虫程序根据1找到所指向的页面。在1中有4和5两个URL,还是重复上面的步骤，在检索到4后立刻将其放到待抓取URL中，继续对4所指向的网页进行抓取，在9中有超链接，但是指向的不是一个新的网页，而是一个具体的文件。在爬虫完成对4所指向的网页的抓取后，因为并不包含其他的新的URL，所以爬虫程序回溯到上一层，对5所指向的网页进行抓取。就这样，爬虫逐渐的完成对整个网络的抓取。最后对各个链接的遍历顺序应该是:

1->4->9->5->2->6->7->8

接下来是广度优先搜索策略，我们也结合广度优先搜索遍历算法来看。与上面的方法不同，在检索到初始网页上的第一个链接1后，继续完成对初始网页的搜索。直到完成对初始网页的抓取，并将1、2、3三个超链接全部放入待抓取URL队列中。然后从队列中取出第一个元素，也就是超链接1，对其所指向的网页进行搜索，得到四五后分别将其按检索到的顺序入队。检索完1所指向的网页后，继续从队头取出元素。根据爬虫所遍历的顺序，这时取出来的应该是2。如此不断执行，也可以完成对整个网络的抓取。最后对各个链接的抓取顺序应该是：

1->2->3->4->5->6->7->8->9

最后就是有关聚焦搜索策略的相关内容了，这是最贴合实际的情况。我们假设要抓取所有html文件和其时间，对其他的内容不做关心。也就是衡量一个超链接的价值的是这个超链接所指向内容的类型，对于需求来说，这个价值很直观，如果指向的是html网页，就置其价值为1；如果超链接指向的是其他类型的文件。就置其价值为0。那么，如何判断这个URL指向的是html还是其他类型的文件呢？这就要具体问题具体来看了，在一个维护良好的网站系统中，不同类型的文件在其URL可以有明确的判断方式，如果在不访问的前提下就可以判断类型是最优的。当然，如果判断不出来可以进行试探访问以判断其类型，但这就没有前一种高效了。把如何衡量价值的问题解决后，抓取起来就很简单了，开始时类似于广度优先搜索遍历，在初始网页中抓取到1、2、3这三个超链接后分别对其进行判断。结果检查，都是网页，所以将这些超链接依次放入到等待抓取的队列中。然后从队头取出1，对其所指向的网页进行遍历，检索到了4、5两个URL。经过检查，发现5指向的并不是HTML文件，遂将其抛弃，仅将4加入待抓取URL队列中。就这样，一边抓取，一边对所抓取到的URL进行评估。直到爬虫完成对整个网络的检索。最后对各个链接的抓取顺序应该是：（5、6、7、8、9因为指向的是非html文件因而被抛弃。）

1->2->3->4

## 第三节 开发方法概述

### 一、所使用的语言：

在本次的课程设计中，我主要使用Python作为自己的开发语言。作为脚本语言的一种，Python有着其他解释型语言不能相比的优势。Python结构十分简单，非常适合程序员浏览。使用Python书写下程序就好比是一篇结构严谨的文章，只不过这篇文章有着自己的特殊的语法结构。也就是说这种易读的特性是Python最大的长处之一，它使你可以专注于处理问题中而不是把时间浪费在语法的纠结上。Python虽然和c语言有着很深的渊源，但是在python中放弃了c中危险的指针，从而大大优化了Python的语法结构，使得无论是有没有编程经验的人来说，Python语言的学习都十分简单。

Python是开放源码的软件之一。简单地说，你可以自由地发布使用Python语言构建的项目、阅读其他的项目的源代码、对它做你认为需要的改造。开源是计算机发展的趋势，因为只有让更多的人可以自由的参与进来，这种语言才有发展的趋势。Python也是如此，它很年轻，也希望看到能有更加优秀的人来不断的创新。作为一门出生在20世纪末的语言，在目睹了着从面向过程向面向对象的变迁后，Python语言同时支持着两种编程方式，面向过程的函数式编程作为c的传统编程方式自然被Python所支持，而Python还支持着新兴的面向对象的抽象编程。我们可以使用面向过程的编程方法，程序是由过程或是一个个的函数构建起来的，重用性不高。而在面向对象的思想中，这样程序是由很多的类所组成的，而这些类之间相互有联系的，在类内还包括着各种数据和方法。Python实现面向对象编程的方法简单而又有力，比其他的支持面向对象的语言如C++和Java方便快捷了很多。多种多样的库是Python的另一特点。这些类库可以帮助你处理各种可能用到的专业问题，包括正则表达式匹配、单元测试以及其他多种的功能。Python不仅携带着数量众多的标准库。Python还有同样功能强大其他库可以使用，这些库可以再不同的方面给予你很大帮助，如BeautifulSoup、Requests和matplotlib等等。通过这些强大的第三方库，可以很容易的实现有关爬虫的相关操作。最后一点，Python语言写成的代码在格式上都十分的规范。这是因为Python是通过缩进的方式来控制程序的结构，这种在语法上的强制约束使得代码的结构清晰，不会因为个人的习惯导致代码的可读性变差。

### 二、使用到的关键类库：

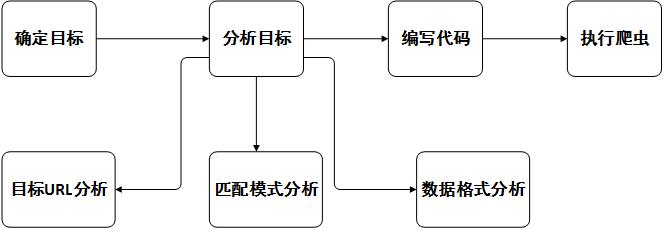
（一）BeautifulSoup： 首先BeautifulSoup包含着了一部分通用的方法和Python术语，用于导航，搜索和解析文件，即提供了用于剖析文档并从其中抓取所需内容的工具包。这使得在编写爬虫程序不需要太多重复的代码。其次，BeautifulSoup会自动进行码制转换，会将接收的内容转换为Unicode的码制而将待输出的内容转换到UTF-8编码。所以我们在使用中不必考虑编码的问题，只需要在接收文档前将源文件转换成Unicode码，在输出时以UTF-8接收即可；最后，BeautifulSoup是一种流行的Python解析器，它可以通过调用如lxml和html5lib等工具来完成对XML类型、HTML类型的文件等的解析工作，这样可以让编程人员通过尝试不同的解析策略或交易速度来实现灵活性。相比Java中提供的文档解析工具httpparser、dom4j来说。我认为BeautifulSoup的功能更强大、也更灵活。这也符合Python语言自己的特点，通过匹配不同的parser，可以完成包括html、xml、html5等不同文件的解析，它可以把各种标签直接分析出来，而不像dom4j等需要一层层的查询。这样对于复杂网站的处理来说，大大加快了速度，提高了运行效率。而且对于非英语网站来说，BeautifulSoup的自动处理编码也大大简化了程序员为了处理乱码问题所需要的工作。

（二）Requests：Requests库和Python本事所包含的类库urllib有着一定的联系，可以认为requests是原生类库的扩展。它所包含的功能更加强大的方法使它比 urllib操作起来快捷高效了不少，在减少了工作量的同时也完全满足程序员对HTTP的各种需求。难的可贵的一点是它与最新的Python保持着相同的版本，所以使用起来比其他的有关http库更加规范，安全性也更强。在我的设计中，涉及到了有关动态网页内容的抓取，BeautifulSoup因为只能保存转换成html的相关文件，因此就帮不上忙了。这时就需要Requests来帮忙，它里面包含的内容可以处理各种请求，这就大大方便了我们程序员进行操作。

（三）re： re是Regular expression operations的缩写。该模块提供正则表达式匹配操作。正则表达式有能力去指定一系列与所给表达式在形式上匹配的字符串。在re模块中包含的各类函数可以让程序员以多种方式来判断所检查的一些类字符串是否匹配给定的正则表达式或者是给定的正则表达式去匹配特定的字符串。这虽然看上去是正反两个不同的过程，但是其实可以归结为相同的事物。在Python中使用re模块的方法是首先把正则表达式以字符串形式编译成Pattern对象，然后使用获得的Pattern对象来调用不同种类的方法来处理所要查找的文件内容以得到相符合的结果，即获得一个Match或Search对象，最后通过group方法得到所匹配的结果并进行操作。Re库的强大之处不仅在于是正则式的匹配，更可以在生成Pattern对象时通过指定各种匹配模式，来实现更强大的功能。

# 第三章 基本网络爬虫模型的分析和设计

## 第一节 基本流程分析：



##### 图3-1 爬虫设计流程图

这是一个普通的爬虫从开始到工作的流程。首先根据需求，明确所要抓取的具体目标。第二步就是分析目标。在明确具体的需求后，我们应该明确待抓取对象的URL的格式，以明确要抓取的范围。如果这个URL没有能够明确的指定的话，那我们的爬虫程序就会抓取很多与本任务无关的互联网上的其他网页，造成资源的浪费。其次，在明确了目标URL的特点后，就是进行匹配模式的分析了。这是我们就会用到正则表达式，这是一个很有效的工具，通过对正则表达式的合理创建，我们可以高效的从所有备选URL中筛选出我们所需要的那一部分。最后一项就是待抓取数据的格式。爬虫当然不会只抓取URL，链接只是一个路径，更重要的是抓取网页上的数据，所以待抓取数据的分析也很重要，不仅要考虑数据的格式，大小等基本信息。对于中文的抓取，更要考虑到处理编码的问题。第三步就是代码段编制了，再完成了有关分析的相关操作后，就是要根据上一步的分析得到的策略来编写代码了。从这些流程可以看出，这些步骤中最重要的就是分析这一步了。应予以多加留意。

## 第二节 百度百科词条爬虫设计

在了解完爬虫的相关知识后，我们以一个具体的实例来研究一个基本的爬虫是怎样诞生的。

### 一、需求确定：

百度百科是一类众所周知的百科类型网站，我们可以将其看做是一种知识分享网站。截至2017年年初，在百度百科里已经收录了超过1000万的词条，而这些词条中包含的内容基本上已囊括了目前所有的知识领域。总的来说，百度百科可以说是一个包括了多方面的知识收集平台。所以，我们想以百度百科中太原理工大学的页面http://baike.baidu.com/item/太原理工大学作为爬虫的入口地址，爬取太原理工大学词条页面以及与之相关的1000个百度百科的词条网页，并将这些网页的URL、词条名称以及简介都保存下来。

### 二、分析目标：

首先观察词条页面的URL的特点。



##### 图3-2太原理工大学百度百科的词条页面



##### 图3-3 211工程百度百科的词条页面

从图3-2和图3-3中的几个URL的格式可以看出，词条页面的URL是有一定特点的。都是以http://baike.baidu.com/item/为开头，具体所指向的页面在其后加上网页的主题即可。结构十分清楚明了。

然后是观察网页中所包含的URL的相关信息。通过浏览器所带的检查工具，我们可以观察页面上面每个部件的特点。

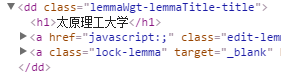


##### 图3-4 “211工程”的链接格式

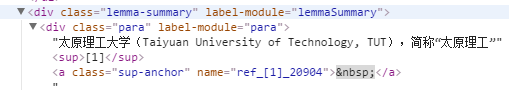
通过观察，我们可以看出。网页上所包含的链接都是不完整的。要想访问这些链接，我们需要在截取后手动的向前面添加baike.baidu.com来构成一个完整的URL。通过这两部我们就明确了目标URL的具体格式，完成了目标URL的分析。

第二步就是匹配模式的分析了，我们从第一步了解到，网页上所有指向词条的页面的都是以/item开头的后面接着一系列的内容。所以匹配模式也很简单，就是从网页上面的所有链接中筛选出以/item开头的链接就可以了。

最后是数据源的分析，我们还是通过检查元素来观察整个待抓取信息的结构。



##### 图3-5 审查元素-太原理工大学标题



##### 图3-6 审查元素-太原理工大学简介

从图3-6中的审查元素可以看出，词条的标题是处在一名字叫dd的标签之中，class的名字叫做lemmaWgt-lemmaTitle-title。而简介的内容处在一个div中，其对应的class的名字是lemma-summary。在我们获取数据的时候，就可以通过类名来直接找到这两个部分的内容了。



##### 图3-7页面编码

最后，我们通过审查元素再确认一下页面的编码方式，为UTF-8，所以在接下来的接收过程中程序要以以UTF-8的形式解码再处理，这样就避免了乱码问题的发生。

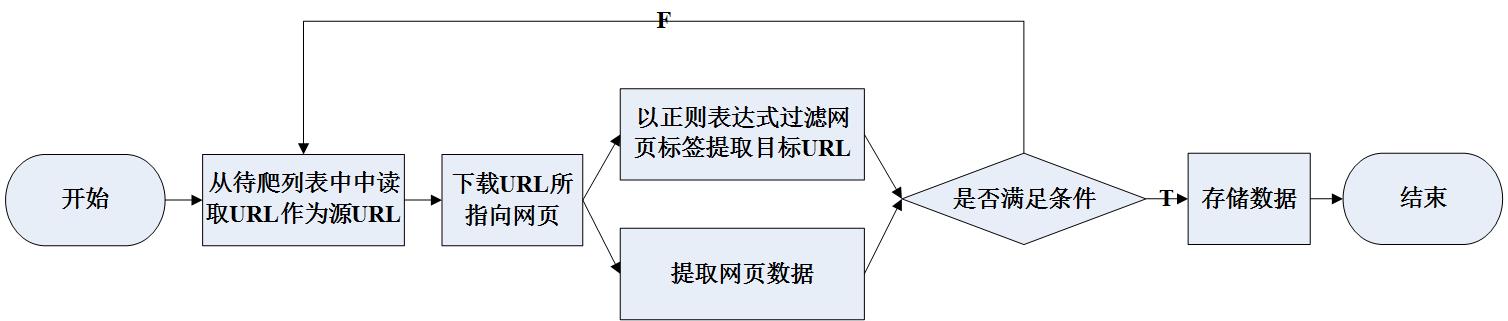
至此，我们对百度百科的网站的抓取策略已基本构建完成。

##### 表3-1抓取策略表

|  |  |
| --- | --- |
| 目标 | 百度百科太原理工大学相关词条页面-标题和简介 |
| 入口页 | http://baike.baidu.com/item/太原理工大学 |
| URL格式 | http://baike.baidu.com/item/XXXX |
| 数据格式 | 标题：<dd class="lemmaWgt-lemmaTitle-title"> |
| 简介：<div class="lemma-summary" label-module="lemmaSumma |
| 页面编码 | UTF-8 |

### 三、系统设计：

首先，应确定整个程序的工作流程。



##### 图3-8百度百科爬虫工作流程

因为本程序抓取的网页数量较少，所以没有使用数据库存储待抓取URL列表，直接存储在set集合中，也就是内存之中，这样也可以增加程序的运行速度；网页上的数据也保存在一个对象之中（内存）。最后的数据存储也是准备通过一个方法调用Python的文件输出流，创建一个html文件并将目标数据写到所新建的html文件中，只要用户有浏览器就可以查看信息。

通过上面的分析，我们可以确定本爬虫完成的是自动抓取网页中所包含的信息。根据从待爬队列中抽取的网页进行下载，再根据一定的策略将其中符合要求的URL和页面上的数据同时保存下来，如此循环往复直到满足用户的需求或者网页抓取完毕。

### 四、代码编写：

首先是编写主函数，结构很清晰，就是通过创建一个调度类的对象，开始网页的抓取。

然后就是调度类（spidermain）的编写，因为他是调度类，所以在本类的构造函数中先要创建分别创建URL管理器、HTML下载器、HTML解析器和HTML输出器的对象。

创建好四个对象后，就要开始爬虫主程序的编写。在上一步已经完成了对流程的分析，所以直接根据流程图撰写代码，就可以完成有关爬虫调度程序的编写。

核心代码如下：

通过URL管理器获得一个新的连接

new\_url =*self*.urls.get\_new\_url();

将刚刚获得的地址以参数的形式传入HTML下载器，下载URL所指向的界面

html\_cont=*self*.downloader.download(new\_url)

通过调用HTML解析器解析所下载网页中所包含的URL和数据

new\_urls,new\_data=*self*.parser.parse(new\_url,html\_cont)

存储URL和数据

*self*.urls.add\_new\_urls(new\_urls)

*self*.outputer.collect\_data(new\_data)

打印数据到HTML文件中

self.outputer.output\_html()

这样调度类的编写就完成了，调度类没有什么业务逻辑，但是指导着整个爬虫程序的进行，十分关键。

接下来是URL管理器（UrlManager）。这个方法的内容很简单，主要由4个方法构成：add\_new\_url(self,url)：向管理器中新增加一个URL； add\_new\_urls(self,urls):向URL管理器中增加一系列的URL；has\_new\_url(self):判断URL管理器中是否还有待爬取的URL；get\_new\_url(self)：获取一个新的URL。这四个方法没有什么复杂的地方，就是注意一点，由于互联网上各个界面可能存在着指向对方的链接，所以在遍历完一个网页后，不能简单的删除掉，而是应该在整个程序中维持两个集合。一个是待访问集合，而另一个是已访问集合。

核心代码：

url not in self.new\_urls and url not in self.old\_urls:

当调度程序调用URL管理器向程序中新增已爬取的网页时，要判断这个链接是不是已经在待爬取集合内或是不是已经访问过一次了（在已访问集合中）。在访问完网页后，不仅将这个URL从待爬取集合中删除，更要将其添加到已爬取集合中，这样才能保证数据的完整性。多设置一个队列可能会对多占用一些内存空间，但带来的好处不仅仅只有减少因重复访问同一网页带来的资源浪费，更在一定程度上保证了程序的稳定性，防止程序调入循环抓取的陷阱中。

当URL管理器给出了一个待抓取的URL后，就轮到HTML下载器工作了。下载器负责的是将网页的内容下载下来，就和我们平常使用浏览器浏览网页一样。只不过我们只是将对应的html文件下载下来，不进行解释。这只需要调用urllib库下的request对象的urlopen方法，再讲其中的内容通过调用read（）返回给调度程序。但值得注意的是，因为在先前的设计当中，我们了解到百度百科的全部网页的编码方式都是UTF-8，所以在回传下载好的HTML文件时，要注意通过提供的decode方法将解码方式设置为使用UTF-8解码。这样做可以减少乱码问题发生的可能性。

在得到网页的文件后，调度程序就要利用HTML解析器来解析下载好的文件了。HTML解析器的编写与我们之前分析所制定的策略息息相关。

HTML有一个函数是调度函数直接调用的，就是parser函数。调度程序要依据这个函数，输入下载好的HTML文件，得到解析后的数据。我们先利用BeautifulSoup提供的方法将传入的HTML文件转化成BeautifulSoup对象。然后我们可以将这个函数具体实现拆成两个小函数来分别实现，第一部分负责从HTML文件中解析符合条件的超链接。第二部分负责从HTML文件中解析出目标数据即百科的标题和简介。这两部的执行没有关联，所以可以分开进行。有条件还可以将程序做成多线程以进一步提高效率。

第一部分是抓取所有符合条件的URL，也就是那些依旧指向百度百科词条的超链接。

links = soup.find\_all('a', href=re.compile(r"/item/"))

这句话通过BeautifulSoup所提供的的find\_all方法，可以轻松找到网页中的所有超链接。但咱们所抓取的只是百度百科的页面，再find\_all方法中不行要对标签的类型进行限制，还要对超链接标签的href属性进行约束。通过上面的目标URL分析的结果中我们知道，百度百科词条页面上的指向其他词条页面的超链接的特点：href属性都是以“/item/”开头的，结尾是内容而定。所以利用正则表达式的相关知识，同时结合目标字符串的特点，写出了/item/\S\*的正则表达式。

##### 图3-9正则表达式检验

通过正则表达式检测工具，证明表达式书写正确，可以正确匹配到目标网页。

获取到所有百科词条的URL后，因为这是不完整的，不可以直接存储，否则会造成无法访问的问题。所以接下来程序要对生成的links集合进行遍历，修改每一个链接，让他们变成完整的链接。

new\_full\_url = parse.urljoin(page\_url, new\_url)

这里所使用的不是简单的字符串的拼接，而是使用了一个urljoin的函数，这个函数有两个参数，返回值是将第二个参数所代表的字符串根据第一个参数的格式进行转化后的类型。其实可以理解成相对路径和绝对路径的转化。第二个是相对路径，第一个是绝对路径。这个函数完成的就是从相对路径到绝对路径的转化。

通过匹配、补全这两步。HTML解析器完成了第一部分的任务-将HTML文件中所包含的指向其他界面的URL解析出来。

第二部分是从HTML文件中解析出词条的标题和简介。

因为前面分析工作做得很好，所以这部分解决起来也很容易。

title\_node =soup.find('dd',class\_ = "lemmaWgt-lemmaTitle-title").find("h1")

res\_data['title']=title\_node.get\_text()

summary\_node =soup.find('div',class\_ = "lemma-summary")

res\_data['summary']=summary\_node.get\_text()

还是通过调用BeautifulSoup提供的find方法，同时指定标签名和类名两个属性来获取对应的节点。再得到节点后直接使用get\_text()方法来获取节点的内容。因为这两者都已经是根节点了，所以可以使用get\_text()方法来获取值，这里调用.string的属性值也可以达到相同的效果。

通过BeautifulSoup提供的方法，我们很快的完成了第二部分的任务-将HTML文件中所包含的词条标题内容和简介内容解析出来，并存放到一个字典类型的数据中。而且为了日后可以编写的根据这个标题和简介打开自己的目标网站，程序将词条页面的URL作为一项数据和词条标题、词条简介共同保存了起来。

因为爬虫要不断进行循环抓取，所以在上一步获得的数据需要立刻保存起来。因此在完成了解析，返回了具体的URL数据和网页数据后。URL管理器和HTML输出器分别将URL和网页数据保存起来。URL管理器的增加方法没有值得注意的地方，批量增加新的URL就是对每个URL调用前面所编写的增加一个URL的方法即可。然后就是有关HTML输出器，在循环爬取的过程中，因为程序还没有结束，所以它首先要保证每次从HTML解析器中获得的字典类型的数据都保存下来。所以程序应该在HTML输出器中定义一个集合对象，每次爬取完一个网页后，就将从这个网页中所提取出的数据保存起来。直到整个爬虫停止后，再一并输出。

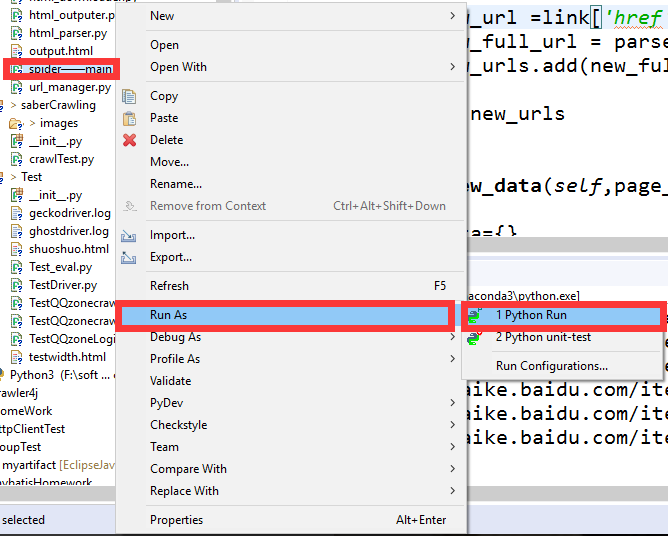
当经过了网页获取，网页下载、网页解析和数据转存后。爬虫的一次爬取工作就算完成了，接下来就是要根据用户的需求和网页中所包含的链接数再进行不断的重复爬取了。当爬虫停止后，就该调用HTML输出器的output\_html()方法，将前面每次爬虫所收集的数据打印输出到HTML文件中。这里没有什么问题，唯一要注意的就是注意编码，在声明HTML时要制定好编码方式为UTF-8，这样才与Python保持一致，否则将会产生中文乱码问题。

### 五、运行爬虫

##### 图3-10 百度百科爬虫的文件结构

其中spider——main.py为程序的入口地址，里面保存着主函数以及爬虫的调度类。url\_manager.py为URL管理器、html\_downloader.py为HTML下载器、html\_parser.py为HTML解析器、html\_outputer.py为HTML输出器；output.html为程序最后的输出文件。

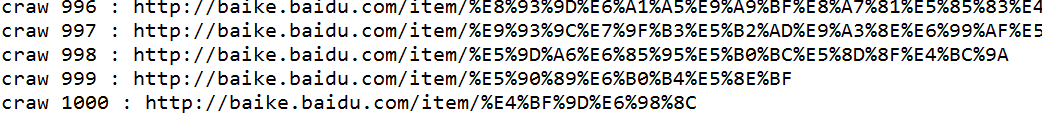
运行步骤:



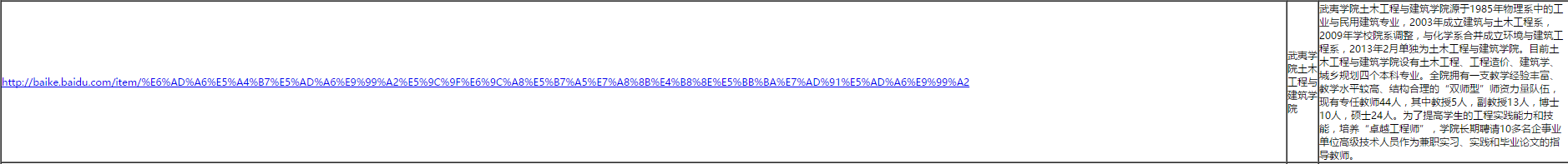
##### 图3-11程序执行步骤

右击main函数，选择Python Run。程序即开始执行。

在经过一段时间后，程序运行结束。



##### 图3-12 程序运行结果（控制台）



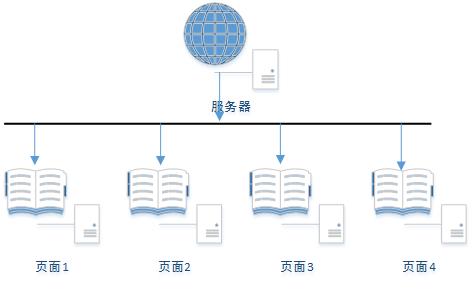
##### 图3-13 程序运行结果（HTML文件）

最终的结果表明我们就完成了一个基本爬虫的构建。从需求到最后的实现，核心就是分析阶段。无论是设计什么软件，重要的地方都是有关于设计。只要分析好了目标，设计好了结构，后面的编码都是轻松解决的。

这个百度百科的抓取程序只是对静态页面的抓取，下面我们分析两种关于动态页面的抓取方法。

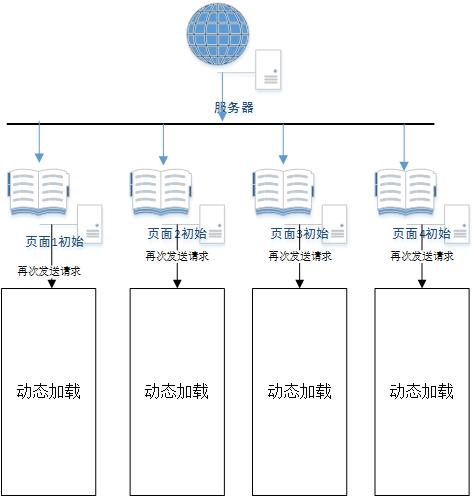
## 第三节 动态加载技术分析：

自从推特首创的下拉刷新这一模式后，越来越多的网站特别是社区类网站采用这一模式。在浏览网站上的内容时，它们不仅将内容分页，更将每页包含的内容分成几个部分，当客户请求的时候再加载，提高了交互性。这样做，不仅可以让用户更自由的选择浏览的数量，更可以通过这种将大任务分成几部分的小任务，从而可以更好的均衡服务器的负载水平。



##### 图3-14传统网站结构图

如图3-14所示的就是传统的网站的结构图，百度百科就属于这种结构。从图中我们可以看出，服务器中包含着每个网页自己的文件服务器。当浏览器发出请求后，返回的就是整个页面。适合内容较少的页面，如百科类这种以文字作为主要内容的网页。



##### 图3-15 动态加载式网站结构图

如图3-15所示的就是现在大部分的社区类网站的结构图，如花瓣网、QQ空间等。从图中可以看出，当浏览器向服务器发出一个请求后，服务器向用户返回一个网页，但这个网页不是全部显示的，而是先显示一小部分，而本页的其他内容是动态的根据用户的需求加载。这种架构适合于社区网站。因为作为社区类网站，网页的内容不仅仅包含文字，还可能包含着很多的图片甚至视频，如果一次将一个网页的内容全部加载下来再提供给用户来看的话，会极大的增加用户的等待时间，影响用户的体验，所以可以通过这种动态加载的方式，让用户边浏览，边加载，提高用户的体验，同时也增加了用户的访问速度，达到均衡服务器的目的。

这是两种网页的架构模式，只有弄清楚所要抓取的网站属于哪种模式，在设计爬虫时根据相应的类型设计，才能达到高效便捷的目的。像百度百科属于第一种方式，所以在设计抓取方式时，直接将页面下载再分析就可以得到网页上的内容了。但如果要抓取动态网页就要根据不同网站的加载的方式来进行具体的分析了。

## 第四节 花瓣网图片抓取爬虫设计：

### 一、需求确定：

花瓣网是一家图片分享网站，也就是说是一种基于兴趣的社交分享网站，网站为用户提供了一个简单地采集工具，帮助用户将自己喜欢图片重新组织和收藏。花瓣网的模式是采用了类似瀑布的形式展现图片，没有页数的限制，而是当随着用户下拉结果页面的时候，在当前页面底端加载一定量的新的图片，让用户自己去不断的[发现](http://baike.baidu.com/item/%E5%8F%91%E7%8E%B0)，使用这种方法来探索的乐趣。我们的目标就是根据某一个选定的主题，自动的下载指定数量的相关图片。

### 二、分析目标：

首先先观察目标页面的URL：







##### 图3-16 几个搜索结果页面URL

http://huaban.com/search/?q=\*\*\*是搜索结果的结构，前半部分是固定的，改变的只是最后的等号后的词，对应着搜索的内容，也就是说，如果要抓取某个方面的主题，就相应的将最后的关键词替换成相应的词就可以了。

在了解到了目标网页的URL后，接下来的就是如何将网页上的图片下载到本地上的问题了。平常我们的下载都是利用浏览器自带的功能，获取到图片对应的URL后，下载到本地。网络爬虫也是同理，我们需要先明确图片的格式，然后获取100张图片的链接。最后根据这些链接将图片下载下来。

为了保证下载的图片的质量，我们选择下载原始图片而不是图片的缩略图。为了了解原始图片的格式，我们同时查看几张图片对应的缩略图和原始图的URL，用以明确原始图片的URL构成：







##### 图3-17 原始图片的URL

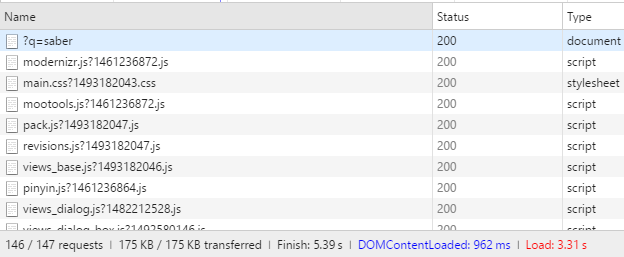




##### 图 3-18 缩略图的URL

通过这两者的比较，我们可以清楚的看出来原始图片的URL构成，前半部分是固定的花瓣网的图片标识：<http://img.hb.aicdn.com>;后半部分是固定的代表原始图片的尾缀表示：\_fw658。而中间的一部分是代表着具体图片的标识（key）。所以，现在问题的关键就转向如何获得具体图片的标识了(key)。

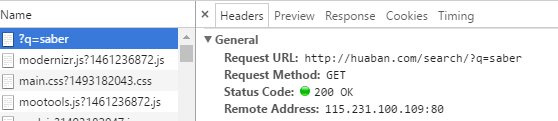
和百度百科相比，花瓣网的网页内容较多，构成复杂，直接观察网页的源码难以看出，我们可以利用浏览器中自带的检查工具来观察加载网页时加载的内容，以此来寻找图片key值的获取方式。



##### 图3-19 初次加载网页所加载的内容

可以看出，初次加载网页时接受的对象有很多，其中大部分是脚本，这是因为开始请求的网页，除了图片外，还有网站本身的框架、广告、插件等内容，所以有很多的脚本。但是第一项名为?=saber的内容很值得人注意。它的名称正好就是搜索网址最后一部分的内容，而且等号后面的内容也正是搜索的关键词。

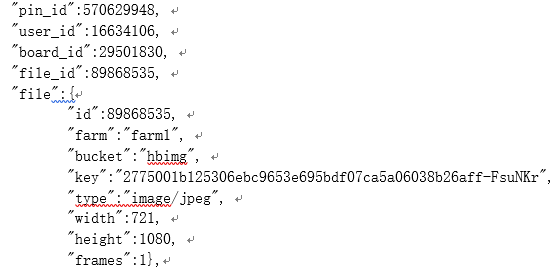
首先我们分析请求头部。



##### 图3-20 请求头部

通过图片可以看出，这个请求的URL正是搜索网页的URL，这也进一步证明了我们的猜想。这个document对象中包含的内容和图片的信息有很大的关系。那为了获取到图片的具体信息，我们需要进一步去翻看通过这个请求响应回来的具体内容。因为返回的也是一个html文件，为了查看分析方便，我们把这些内容复制到一个文本编辑工具里面查看比较方便。

通过对内容的大概浏览，我们发现这些变量名称的定义都很规范，通过他们的名称就可以大概理解这些变量的具体作用，类似于setting、scheme、count等等。可以看出这些都是有关网页格式的限定，而非图片信息。经过仔细寻找，我们发现了一个名为app.page["pins"]的列表，里面保存着多个字典，在这些字典中有着很多的名称很醒目的键值对，如pin\_id、user\_id和key等等，这些名字中带有id的属性应该就是唯一标示图片的具体信息。我们可以利用获得的这些信息来反过来验证猜测。



##### 图3-21 一个图片的相关信息（部分）

通过检查元素审查网页，再结合我们在上面响应中的得到的信息，利用搜索的方法，我们可以了解到:pin\_id是一个图片的具体的标识，而其中file字典中的key正是我们需要找的那个决定文件存储路径的key值。这两个属性是我们所必须的，有了图片的id和其对应的的key后，我们就可以自动构建图片的下载链接了。

据此，我们可以总结获得图片URL的基本步骤：

1. 向http://huaban.com/search/?q=（主题词）发送请求。
2. 接受到相关请求后解析html，从中截取出名为app.page["pins"]。
3. 遍历app.page["pins"]中每个元素，获得每个元素的key值。
4. 组合成图片的URL。

在解决了如何获得一个图片的下载地址后，然后要解决的就是本爬虫最关键的部分了。作为图片分享网站，花瓣网对于一个搜索主题并不是直接显示全部的搜索结果，而是先显示一部分，当用户下拉网页到当前所加载内容的最后部分时，网页再加载一部分图片。所以，当我们向http://huaban.com/search/?q=saber发送了请求后，其中的app.page["pins"]所包含的仅有部分图片，也就是第一次加载的图片。所以，现在的关键就成了我们的爬虫如何模仿用户的下拉操作，继续向服务器请求图片。

我们继续使用检查工具来完成这个任务。我们可以利用检查工具中的网络分析部分，观察在下拉的时候向网站发送了哪些请求、收到了哪些响应以及响应中包含了那些内容。



##### 图3-22 下拉时收到的响应

从图上可以看出，在下拉网页时，浏览器收到了一个xhr对象，该对象的名字和第一次加载网页时浏览器所收到的那个document对象类似。由此推断两者的内容也应该类似，但第二个对象的获取是在网站的基本设置已经加载完成后，所以内容中有关的网页的设置应该会减少，而主要是关于图片的相关信息。这些就是根据该对象的名称所进行的推测，具体的详情还应该要根据具体的相应内容来判断，但依据自己学习到的内容进行一定程度上的推测，可以让我们在筛选内容时更加具有目的性。

第二个值得注意的地方就是XHR对象，和第一次的document对象不同，第二次接收的不在是静态的文本对象，经过上网查阅相关资料，XHR是AJAX功能实现所依赖的一个对象，该对象的全称是XMLHttpRequest。XMLHttpRequest 对象提供了对 HTTP 协议的完全的访问，包括做出普通的get请求的能力以及各种高级的请求。XMLHttpRequest 可以自由的选择返回 Web 服务器的响应的方式，包括同步和异步，并且能够以文本或者一个 DOM 文档的形式返回内容。简而言之，这个对象返回的也是一个文本文件，但是属于动态生成的。这也正是AJAX的特点，在不更新网页整体的条件下，对局部进行内容进行更新，从而减少网络资源的消耗，提高用户的体验。避免了类似于那种一页页翻页的网站出现的资源重复加载所带来的浪费问题。既然XHR对象返回的内容属于文本，那就很简单了。首先，需要找到xhr类型的url地址，然后根据地址发送相应的AJAX请求，最后解析响应中的内容。

那首先就是确定请求的URL了，和上面类似，我也进行多次的加载来观察请求URL的特点：









##### 图3-23 几次请求的URL

通过观察我们可以发现，获得XHR对象的请求URL的特点很明确。改版的就只有page参数。改变方式为第一次为2，随着每次刷新逐次的加1。从这里也可以看出来每次加载的图片是20张，据此我们可以确定20张图片是一组，在确定好下载的数量后，就可以相应的确定出需要下载的组数。我们还可以看出来这里发送请求所使用的方式是GET方法。为了确定自己的结论，我又更换了自己所查询的主题词来观察不同主题词下动态加载的URL是否有所区别。



##### 图3-24 测试不同主题词所生成的URL

通过比较可以看出，刚才的结论没有问题。在每次的请求时注意根据请求的次数来修改page的值。

在解决了获取URL的问题后，接下来的就是有关解析具体内容的问题了。这是观察请求对应的response：

这个response对象中包含的内容也是一个列表，在这个列表中包含着两个字典：第一个是名为query的字典，保存这有关jQuery的相关信息,AJAX作为动态刷新技术，需要配合JQuery来从数据库抓取数据。另一个就是名为pins的字典了，既然属性名和第一次加载网页时包含图片信息的那个字典的名字一样，那它的内容也不言而喻了，两者的结构完全相同，故可以采用相同的解析方法。

至此，对所有链接信息的分析已经基本全部完成了，接下来就是匹配模式分析了。现在的需求是从相应中提取所有图片信息，也就是获得名为app.page["pins"]的字典。但是现在有两种不同的响应，一种是网页初始加载时的静态响应，还有一部分是属于根据需求图片数量而进行的动态请求所获得的响应。这两部都是获取信息的操作，应该整合在一部分，也就是说我们应该寻找一种同时可以符合两种情况的匹配模式，从而可以更好的整合相同部分的功能。

因此，我们先对两种请求的内容使用Python中的requests库内的get方法进行请求，来具体观察特点。结果测试，发现无论是哪种请求所获得的内容在结构上都是相同的。所有的图片信息都包含在名为app.page["pins"]的字典中。这与上面使用浏览器自带的检查工具所抓取的结果不一致，但结果查阅相关资料，表明这两者是一致的，JQuery通过其底层的AJAX对象的get方法返回一个XHR对象，前面使用拦截器发现的XHR对象就是这样生成的，但对于JQuery还没有完成，最后还是要把这对象中的内容添加到网页中，也就是初始加载的网页中。所以两者有着相同的属性名”pins”。

进行完匹配模式的分析后，我们最后对目标格式进行分析。我们本次要抓取的对象是花瓣网上的图片。这就存在两个问题。第一个是网站的问题：随着网站的建设，现在的网站上不仅存在着图片，还包括着视频，故第一个问题是甄别出目标的文件类型。第二个是图片的问题，仅仅对于图片来讲，就包含着很多种格式如JPG、png等等，故第二个问题就是确定所下载图片的具体格式。通过对app.page["pins"]的分析，我发现在其中存在着名为type的属性。



##### 图3-25 type属性的示例

这个属性以下划线分成两部分，第一部分是指定的文件类型，而第二部分则是指定的此文件的文件名。故我们可以抽取出来每个图片信息中的type属性，对下划线两侧的内容进行分别处理，可以同时解决这两个问题。这样数据格式分析的任务也就完成了。

最后，我们通过审查元素再确认一下页面的编码方式，为UTF-8，所以在接下来的接收过程中程序要以UTF-8的形式解码再处理，这样就避免了乱码问题的发生。

至此，对于目标的分析就基本完成了。

##### 表3-2 花瓣网爬虫抓取策略

|  |  |
| --- | --- |
| 目标 | 花瓣网图片爬虫 |
| 入口页 | <http://huaban.com/search/?q>=关键词 |
| 动态请求格式 | http://huaban.com/search/?q=saber&j1zt9zn0&page=20&per\_page=20&wfl=1 |
| 数据格式 | Image/jpeg 图片/图片类型 |
| 页面编码 | UTF-8 |

### 三、系统设计

经过上面对目标的分析，我们也大致了解任务目标和任务所要采集的内容。如基本爬虫一样，总体的步骤还是收集URL、分析URL、最后下载相关信息。但与百度百科爬虫不一样的是。这里收集URL分为两部分，第一部分是收集主页信息，第二部分是收集动态请求。收集主页信息的方法很简单，因为已经给出了网站的初始地址，利用requests库所提供的get方法直接就可以获得网页的内容。有关动态请求的获取就需要动态构建，即根据请求的次数来动态生成相应的请求URL。

分析URL就是将URL所对应的HTML文件中的有关图片信息下载下来。这里的HTML文件有两个部分，一部分是从初始页中下载的，另一部分是根据网页动态加载的。虽然HTML文件被分为了两部分，但通过上面对于目标的分析我们可以了解到这两个HTML文件的结构是相同的，所找寻找的图片信息在相同名称的一个字典之中。因此，为了提高程序可可重用性，我们可以将对于数据的分析只完成一个模块，然后传入不同的HTML文件来进行解析，将来自不同HTML文件的图片信息存储到一个相同位置。

下载相关信息对于本任务来讲就是将获得的图片的URL下载下来。利用Python所提供的的文件操作可以直接将一个请求的内容直接下载下来，需要注意的就是做好文件操作中可能出现的异常捕获。



##### 图3-26花瓣网爬虫总工作流程

### 四、代码编写

进行完总体的设计过后，就该进行代码的编写了。

首先是主函数的编写，主函数的编写很简单，就是声明一个对象，再调用相关方法。

然后就是具体类的编写了，我们声明了一个名为HuabanCrawler的类，由这个类完成抓取图片的所有操作。

第一部分是接收初始网页和确定下载图片的数量。我们通过类的初始化来完成操作。



##### 图3-27 初始化部分核心代码

其中，homeurl定义了起始网页，也就是搜索详情页的URL。images列表保存所有的图片信息。最后，因为需要将保存好的图片信息下载下来，所以在当前文件夹下建立一个目录来保存图片。

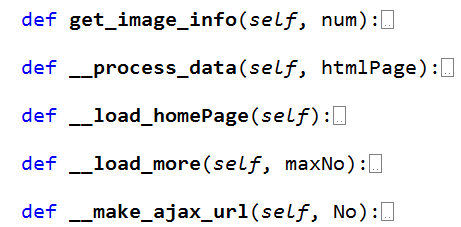
第二部分是获取图片信息。这一部分是整个爬虫的核心，通过这个模块，爬虫需要将全部待下载的图片的信息获取到。我们可以对这部分进行一个分解：



##### 图3-28 接收图片信息的具体流程

整个的获取图片信息可以分成四步来进行。第一步是将初始页上的图片信息下载下来；第二步是根据所要下载的数量，计算需要请求的次数；第三步是根据计算出来的需要请求的次数，动态的发出请求来获取响应中的网页信息。最后就是根据第一步和第三步中获得的网页信息，解析出其中有关图片的信息保存下来。

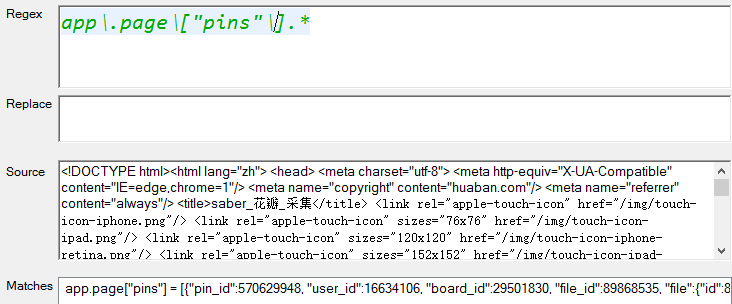
为了完成这些功能，我们在类中一共定义了5个函数：



##### 图3-29 主要函数列表

get\_image\_info函数是完成获取图片信息的主要函数，负责完成各个函数的调度，完成这部分的事务逻辑部分。从之前的分析，我们了解到一共有两部分的图片信息。第一部分是初始页面上的，还有一部分信息是在后来动态加载的页面上。所以，这个函数的编写也是分为两个部分，一部分是获取初始页面的的信息。就通过调用函数实现，也不需要传入参数，直接使用初始化时定义的变量就可以。第二部分是就需要进行分析了，在分析目标时，我们就清楚了每个页面的特点。首先，每个页面有20张图片，如果一共需要下载100张图片的话，那么抛去初始页上的20张，还需要动态加载的次数就是（100-20）/20=4次。这样分析后，那整个函数的结构就很明确了，一共分两部分：第一部分调用函数获得初始页上的信息保存起来。第二部分先计算需要下载的次数，然后通过for循环来重复调用函数以获得动态网页上的内容，需要注意的是，根据我们前面的分析，动态请求每次的URL都有不同，page属性是从2开始随调用次数的增加而逐渐增加的，所以我们在调用函数时应该让传入的参数匹配当前进行的请求中的page参数，以免发生请求的URL为不存在的问题。

\_\_process\_data函数是这部分的核心函数，传入的参数是一个网页的源文件，功能是从传入的网页源文件中截取出有关图片信息的部分，即选择出名为app.page[“pins”]的列表，将其内容保存起来，并将其中有关于图片的信息保存下载，最后完成第二部分的业务逻辑功能。首先要完成的，先将网页中保存着的有关app.Page[“pins”]的列表匹配出来，这里用到的就是正则表达式。通过前面的目标分析，我们知道这里的待匹配项目很简单，就是一个固定名称为app.page["pins"]的列表，因此我们只要匹配这个名字加上器后面的内容就可以了。所以我们可以直接写出此表达式为r'app\.page\["pins"\].\*'。我们可以利用正则表达式测试工具来对自己输入的内容进行测试。观察是否可以成功匹配到网页上的相关内容:



##### 图3-30 模拟正则表达式匹配的结果

从上图我们可以看出，我们设计的这个匹配式可以顺利的完成关键字符串的匹配。但是在匹配之前要注意先将页面的解码方式转换成UTF-8，否则会发生编码错误。



##### 图3-31 防止产生编码错误

在获得了图片信息的相关字符串后，为了可以分类获得各项属性的值，我们需要将这个字符串的序列转换成一个字典。我们可以直接利用python提供的eval函数来直接完成这个操作。eval（str）可以将字符串str当成有效的表达式来求值并返回计算结果。此函数可以自己判断内部字符串符合的是哪种格式，然后进行相应的求值。在上面的测试中，我们可以看出图片信息是符合列表的格式，因此，当调用eval函数后，上面求得的有关图片信息的字符串会自动转换成列表。

但需要注意的是，首先，在Python中，大部分的常量关键字都是以首字母大写的形式存在的，但是在图片信息的列表中存在着好多类似false、true这种纯小写的单词，同时也存在着null这类在Python中没有定义的变量。所以在转换之前，我们需要将一些变量进行提前赋值，将在Python中存在的但非大写的转换成在大写，而在Python中不存在的转换成近义词，防止在转换过程中出现错误。



##### 图3-32 Python中以None取代了其他语言中的null

在解决完Python中不存在的变量后，还有一个问题需要注意，在前面的分析目标中，我们知道图片信息是存在于一个列表中，该列表中保存着好多各个图片信息的字典。但是我们在转换的时候不需要前面的列表名称，在转换的时候，我们只需要将整个列表的内容截取出来就可以了，这时我们就用到了Python中的切片功能，利用这个功能，可以简单的从字符串中截取一部分出来。该功能类似于C中的字符数组，一个字符串中的各个字符都看成一个数组中的各个元素，利用数字索引来访问。



##### 图3-33 图片的属性

从上图我们可以看出，需要的内容就是从第一个pin\_id所在的字典开始，也就是从第20个字符开始计算。因为元素的索引从0开始，所以切面因该从19开始，到最后结束，因此我们可以将切片写成[19:-1]。



##### 图3-34 字符串转换为列表

当通过正则表达式匹配出的字符串成功转换为包含图片信息的列表后，接下来就是将需要的信息从列表中个各个字典中取出了。这里我们用到的就是循环遍历了。



##### 图3-35 循环抓取

在前面的分析中，我们一共需要从一个图片信息中获取三部分的内容，分别是图片的ID，图片的key值以及图片的类型。这三部分内容都在字典中每个元素中，所以可以直接通过元素的名字来访问。id属性比较简单，没有需要进行操作的内容，直接取出内容存储就可以。第二部分是图片的key值，但在前面的分析中我们知道，首先这个key值在图片字典中的file子字典中，所以需要使用二级索引来访问。其次，在通过索引获得了对应的值后，也不能直接存储，因为key值只是图片下载地址的一部分。所以我们需要手动进行字符串拼接，也就是在key值前面加上搜索详情页的前缀，在key值后面加上完整图片的完整后缀\_fw658。最后一部分的文件类型的判断。我们知道，类型的属性值通过一个下划线分为两部分，前一部分是文件的类型，后一部分是文件的具体类型。所以，对于图片类型的判断需要分成两部分来进行。显示截取出前一部分，判断搜索到的这个文件是不是图片，如果是图片，我们就取出下划线后半部分保存成文件最后的后缀名。如果检查出文件类型非图片，我们就设其类型为默认值。最后，再获得全部一个图片的三部分信息后，将信息存储在预设的变量中，供后面下载模块进行下载。

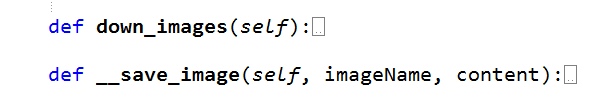
\_\_load\_homePage函数完成的功能很简单，就是将初始页面的内容返回，因此没有额外的参数。

\_\_load\_more函数负责动态加载页面，传入的参数就是当前访问的page的数值，该值的计算由调用它的函数get\_image\_info来完成。该函数和\_\_load\_homepage类似，整个函数中仅有一条语句，也是返回语句，通过调用requests库中的get请求来返回页面的具体内容。但与\_\_load\_homepage不同的是，在get的参数中，填的不是具体的地址，而是一个函数。我们向这个函数中传入具体的页数，然后通过此函数来返回一个对应页数的URL供get方法来请求。这就属于函数式编程，以函数作为参数来传递，优化了流程，让逻辑更加紧密。

\_\_make\_ajax\_url函数的功能就是根据传入的参数，构建相应的URL字符串并返回。在前面的分析中我们已经清楚了动态请求URL的结构，所以该函数完成的就是根据传入的参数和URL的结构，完成相应的拼接操作。

这样，第二部分获取图片信息就编写完了。通过这个模块，我们就可以将网页上存储着的有关图片的信息保存到本地，接下来的就是利用下载下来的信息将位于服务器中的图片信息下载到本地。

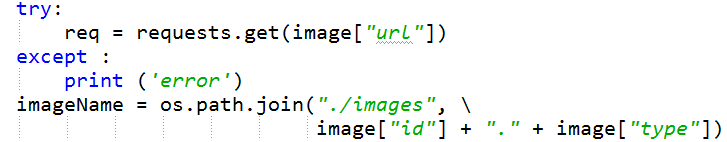
第三部分是下载图片，一共写了两个函数：



##### 图3-36下载模块所包括的函数

其中：

down\_images是下载模块的主函数，负责将从上个模块中获得的图片信息中提取出来，然后按照里面的内容将图片下载下来。在上一步的获取图片信息中，针对每一个图片，我们分别保存了三项信息，分别是该图片的id、通过key值组合成的文件下载地址以及图片的具体类型。所以在这个函数中，我们就将这三种信息从保存信息的列表中取出进行下载。首先利用前一步组合成的图片的具体URL，利用requests库的get方法，从相应的地址中获得对应图片的字节流。这样就获得了文件的具体内容。然后我们就利用图片id和图片的具体类型为相应的图片生成名字，然后再名字前面加入文件的存贮路径，将这个完整的路径保存下载作为后来打开文件操作符的参数。在获得图片的字节流和存储路径后，我们将这些当做参数来调用专门的下载函数来下载图片。



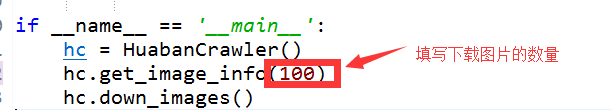
##### 图3-37 构造图片的下载URL

\_\_\_save\_image函数是负责具体的文件读写，负责将文件下载到本地。传入的参数有一个字节流和一个字符串。该函数利用传入的字符串作为路径参数打开一个文件操作符，然后向这个文件操作符中写入相应的字节流。最后将图片下载到相应的目录中。



##### 图3-38 使用文件流将图片下载回本地

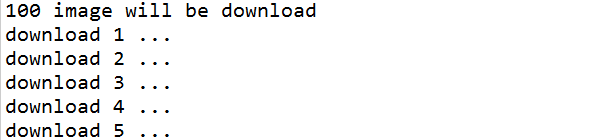
### 五、爬虫运行





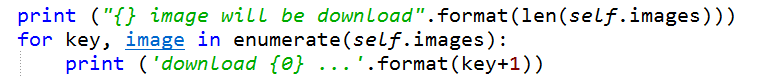
##### 图3-39 需要配置的变量

在主函数中填入要下载的图片数量、再确认在类的初始化中确认了搜索的初始网页后，就可以运行爬虫了。



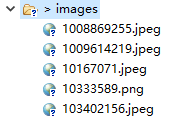
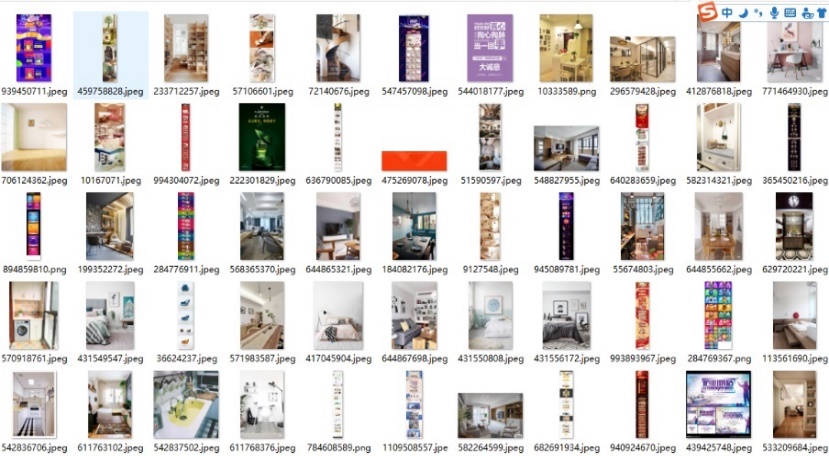
##### 图3-40 在控制台中的输出信息

在控制台中我们可以看到打印出来的相关信息，这是在down\_images函数中设置的用来检测图片下载情况的语句所运行出来的结果。



##### 图3-41 打印语句所在的位置

然后再对项目进行刷新操作，发现出现新的文件夹，内部保存着下载好的图片。打开资源管理器查看，可以看到已成功下载指定主题的100张图片，与网站比较，内容一致。说明爬虫成功运行。



##### 图3-42 分别在项目管理目录中和资源管理器中查看的结果

## 第五节 QQ空间说说的抓取

### 一、需求确定

QQ空间（Qzone）是腾讯公司于2005年开发出来的一个具有个性空间，具有博客（blog）的功能，自问世以来受到众多人的喜爱。在QQ空间上可以书写日志、写说说，上传用户个人的图片，听音乐，写心情，.通过多种方式展现自己。也就是说，空间中的内容可以反映出一个人的某些想法与行为特征，因此，我们可以通过抓取某个qq号的全部说说来具体分析某个用户的特点。与花瓣网类似，qq空间中说说的加载也是采用的动态加载技术，但与花瓣网不同的地方是在说说的详情页中，每页的条数有最大的限制，当显示的条数带到当页可显示的最大条数后。在页面下方就会显示对应的翻页按钮，在点击后就会进入新的一页。

总的来说，qq空间中说说的抓取也是一项动态抓取任务。这次，我们使用另一种工具来实现这个操作。Selenium  是Web应用程序测试工具的一种。使用Selenium测试会直接运行一个浏览器，执行的操作的过程就像真正的用户在操作一样。我们可以通过调用这个框架下的webdriver来直接实例化一个真正的浏览器，让程序员真切的观察到自己的编写的代码是如何真正的执行的。Selenium作为web测试工具，有着广泛的应用场景。它支持的浏览器有很多，包括IE（7, 8, 9, 10, 11），Mozilla Firefox，Safari，Google Chrome，Opera等。这个工具的主要功能包括：测试与浏览器的兼容性——测试你的应用程序看是否能够很好得工作在不同浏览器和操作系统之上，这也是它之所以要支持多种浏览器的原因。测试系统功能——创建回归测试检验软件功能和用户需求。虽然Selenium是一个主流的测试工具，但我们也可以用它来进行开发活动，虽然可能在运行的时候速度会比其他方式慢，但它带来的好处就是程序在运行的时候非常直观，当程序运行出现错误时我们也可以及时的看到出错的位置而不用再向代码中添加测试语句了。

通过上面的分析，我们已经对Selenium的工作方式有一个基本的认识了，那么在这个爬虫中，我们就通过使用这个框架，完成对一个具体用户的所有说说的抓取。

### 二、分析目标

因为Selenium可以模拟出一个浏览器的具体实现，所以我们可以手动浏览一次某个人的空间来确定爬虫的具体执行步骤。



##### 图3-43 QQ空间主界面

在进入某用户的主界面后，首先点击某用户主界面的相应按钮，进入该用户的说说界面。

在进入相应页面后，可以看到所有的说说信息都已经出现在下方的框架中。通过向下浏览，我们可以发现每当浏览到当前可显示的最下方之后，网页会自动加载剩下的内容，但浏览到一定程度后，网页就不会继续加载未读的说说记录了，而是在页面的最后显示出下一页的按钮。



##### 图3-44 页面最下方的按钮

在点击下一页后，我们就重复上面的操作来浏览不同的页面内容。知道浏览完该用户的全部说说内容。当浏览到最后的页面内容后，最下方的翻页处仍有“下一页”按钮的存在，但此时此按钮已变成不可点击的了。



##### 图3-45 最后一页中最下面的按钮。

通过对一个用户的空间访问的手动模拟，我们也基本明确了程序将要进行的操作。首先是访问一个用户的qq空间的说说主界面，然后就是通过下拉滚动条来获取这个页面上的全部信息。然后就是对当前页面上的全部说说信息进行抓取。再获取完当前用户在该页面上的全部信息后，就通过页面上的下一页按钮来进入下一待抓取页面中，重复前面的下拉-抓取操作直到到达最后一页。

既然总体的流程已经基本确定下来，按照顺序，我们先对初始界面进行分析。我们先打开几个不同用户的说说主界面，来分析一下说说界面的URL特点，因为初始界面将作为日后爬虫程序的入口地址。





##### 图3-46 几个说说主页的地址

从这些地址可以看出网站的特点，空间主页的地址都是以user.qzone.qq.com开头、以/311作为结尾，中间以下划线隔开的是该用户的qq号。作为入口页的说说主页地址还是很明确的，所以留待确认的就只是目标用户的qq号。当确定了目标用户的qq号后，自然目标用户的说说主页的地址也就可以确定下来了。

当确定了爬虫的入口地址后，接下来就是抓取用户页面的内容了。通过上面的手动模拟过程，我们知道说说的内容也是属于动态加载的，所以也不能直接全部获取到。与花瓣网不同的是，说说页面上的内容不会无限加载，而是有一定的限度。因此我们可以采用与抓取图片不同的方式来获取动态加载的内容。因为Selenium模拟出来的是一个真正的浏览器，所以我们可以使用与手动相同的方式-通过滚动条滚动到页面的最底部来实现将页面的全部内容加载下来的目的。

在滚动完后，就是对当前页面中的内容的获取了。我们要获取的是说说的记录，所以我们选取了说说的发表日期，使用的设备以及发表的内容这三项数据作为我们收集的目标。

首先，通过对说说页面进行审查元素，我们可以发现网页是由多个frame和iframe组成的，因为直接查看网页中的内容比较繁琐，因此为了获得了解到各个frame中的内容，我们可以通过程序将各个框架中所包含的内容输出出来，来确定各个框架中的内容。通过对框架中的内容进行搜索，我们了解到一个叫做app\_canvas\_frame的iframe中包含了所有的说说内容，也就是说这个框架是我们后面爬虫程序主要抓取的位置。



##### 图3-47 app\_canvas\_framr所处的位置

从app\_canvas\_framre所处的位置我们也可以大致推断出其所包含的内容，因为它处在layout-body->pageContent->pageApp中，里面包含的自然就是有关页面中的主要内容即每条说说的相关信息了。

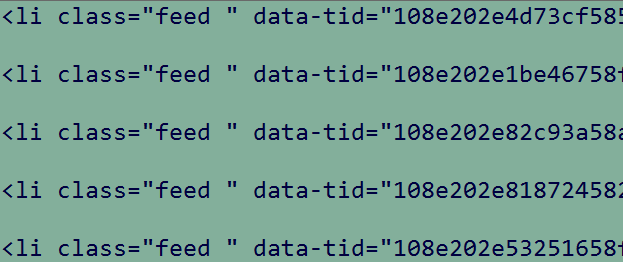
此外，在这个源文件的开始，我们发现了一条xhtml属性的定义。



##### 图3-48 xhtml属性

通过查阅相关资料，我了解到了这是一条定义命名空间的语句，浏览器会将此命名空间用于该属性所在元素内的所有内容。

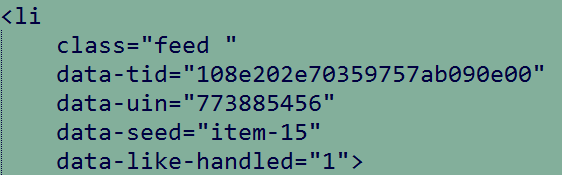
在明确了具体的框架目标后，接下来我们所要关注的就是说说信息在框架代码中的存在形式了。通过对一条说说信息的搜索，我们发现了所有说说的存在位置。每条说说的相关内容都被保存在一个ol的有序列表中，在其中有各种的信息。通过对每条信息的仔细查找，我们发现里面也包含着我们需要的内容，例如说说内容，说说发表时间以及所使用的设备。为了更好的了解将要获取的内容，下面我们对说说的代码进行一个简单的分析。



##### 图3-49 说说列表

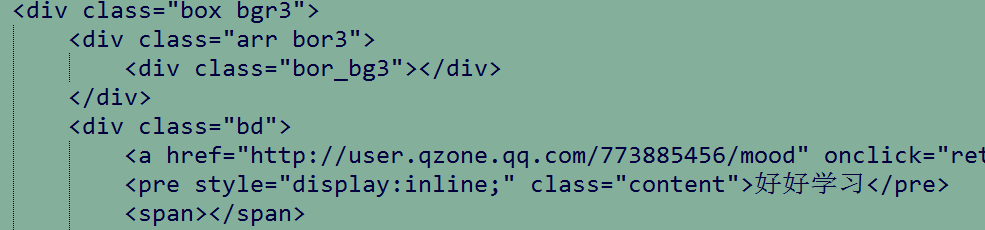
所有说说都被保存在一个有序列表的每个列表项中，每条记录都代表着一条说说的所有相关内容。

平常我们在空间中看到的记录的样子很简单，但是实际到了代码中，想要表示一条记录则需要的代码量可不少，因为一条说说记录包含着很多内容。



##### 图3-50 说说的具体信息

这些信息是标识一条说说的具体标识，包括class类型、说说的id、说说拥有着的qq号等等。



##### 图3-51 说说内容的具体位置

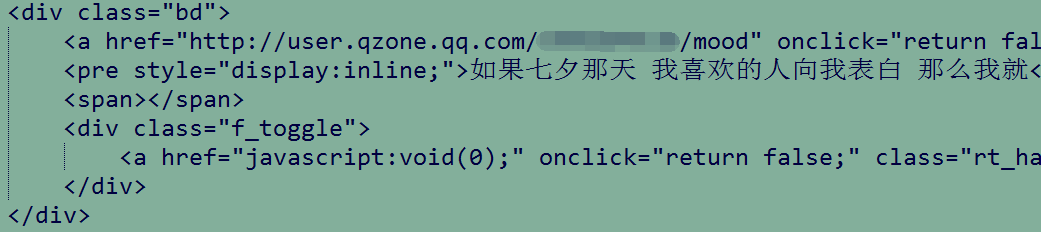
通过比较说说的内容，我们找到了说说内容在说说中的所处位置，如图所示，一条说说的内容在多层div的嵌套之下的一个名为pre的标签中，其类的名称为content，这也与这个标签所包含的内容相符合，表示说说的内容。

我们知道，说说大体可以分为两种：一种是自己发的即原创型说说，还有一种则是转发好友的说说即转载型说说。如果一条说说是转载他人的，那么在记录中肯定会有所体现，这也就说明我们有必要搞清两者之间的不同，从而更好的将二者的内容剥离开来，从而更好的、更具有目的性的进行抓取。



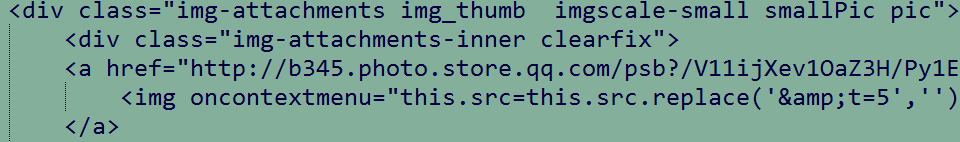
##### 图3-52 转载内容的div

通过对说说记录的梳理，我们发现一个类名为quote bor2的div就是说说转载前的相关信息。通过其类名中所包含的quote也可以进行确认，一条转载的说说对于转载的用户来说就是被引用的部分。既然被引用的内容也是一条说说，那其中肯定也包含着说说的相关信息：



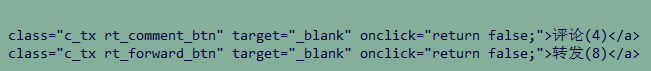
##### 图3-53 原说说的文字内容

第一部分是一个类名为bd的div，这个div里面主要包括的内容就是被转载说说中的文字内容以及相关操作。与上面用户所发表的内容类似，文字的主要内容都在名为pre的标签之中，但不同的是没有具体的类名标识，这就提示我们在抓取时，不仅要确定标签的名称，同时也需要将类名作为约束放入查找中，这样查找出的内容才真正的是用户所写的内容，而不是所转载的说说中的内容。



##### 图3-54 图片div

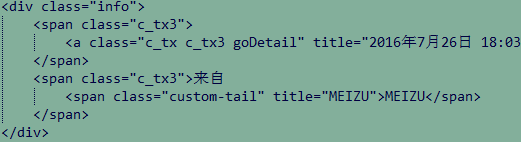
第二部分值得关注的是类名为img-attachments img\_thumb imgscale-small smallPic pic的div和其子div以及其中包括的a标签、img标签，经过与原说说内容的比对，我们发现这个标签下的img标签是对应于原说说内容中的图片。所以，如果我们想要抓取说说的图片的话，可以以从类名为img-attachments-inner clearfix的div下的全部a标签中将href属性的值提取出来，这样就得到了图片的URL，再利用python的文件流将获得的内容写回本地即可，具体的操作已在上一个爬虫中演示完成，这里就不再赘述了，只是注意一点，这里的图片还都是被转载说说中所包含的图片，而并非用户所发表内容中所包含的图片，真正抓取时应根据自己的需求下载相应的内容。



##### 图3-55 评论与转发信息

图3-55显示的是被转发信说说的评论与转发的相关情况，正如类名所指的一个是comment也就是评论的相关内容，而另一个forward则是表示的转发的相关情况。这两个都是被包含在a标签中，其中a标签的href属性则指向的相应的评论、转发页面。如果对这两个的操作所执行的数量关心的话，则可以抓取这两个标签中的text内容中的数字来实现，如果对具体的评论内容、评论人员或者是转发人员关心的话，则可以通过a标签中对应的href属性的值去访问新的页面再进行抓取。

以上分析的三部分的内容都是被转发说说所包含的信息。虽然不一定每个说说都包含着被转发的内容，但是通过分析被转发部分的组成，我们可以了解到一个说说的基本组成。麻雀虽小，五脏俱全。通过这部分的分析，我们基本清楚了一个说说的具体组成部分，从而为接下来的对用户内容的抓取做好了准备。在分析被转发的内容前，我们已经得到了说说的主题内容，接下来我们分析的就是这条说说内容所包含着的其他信息了。

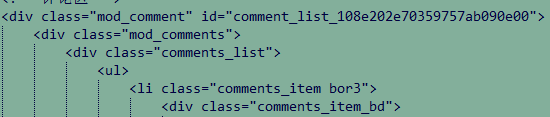


##### 图3-56 “info”div的内容

在标识被转发说说的quote bor2的div结束后，接下来的就是说说本体的相关信息了。第一个值得注意的是info的div。在这个div中有着两个十分关键的span，这两个span本身的类名相同，但其中的内容则有很大的区别。第一个span从其title中可以看出其所保存内容为时间，和原说说一对比，发现其包含的正是我们需要的说说的发布时间。所以，在后面的程序中如果需要抓取时间，我们就可以抓取类名为\_tx c\_tx3 goDetail的a标签中的内容，这样就可以获得说说发布的时间了。但还有需要注意的地方是，在这个a标签中有两处包括着时间，一处是在a标签的标签头的title属性中包括着一个时间，另一处实在a标签的内容中。二者都是时间，title属性中的时间具体到了小时和分钟数，而内容中的时间是一个传统的日期格式。在后面的抓取中我们要根据自己的需要相应的获取所关心的数据。

第二个span的内容也很明确，它的类名叫做custom-tail，内容显示为Meizu，表明其内容正是用户发表说说说使用的设备。所以，在后面的程序中如果需要抓取用户发表所使用的设备，我们就可以抓取类名为custom-tail的a标签中的内容，这样就可以获得说说发布的所使用的设备了。与时间相同的是，在获取设备的a标签中也存在两处包含用户设备的位置，一处是title属性而另一处是内容。但与获取时间不同，这两处的设备名称完全一样，所以在获取时不需要进行分辨，选择容易实现的方式就可以满足需求。

在分析完了说说的基本信息后，继续向下审阅，下一部分值得注意的是评论区。



##### 图3-57 评论区初始结构

从图上可以看出，评论区有一个类名叫做comments\_list的div，里面包含着一个无序列表，其中的每一条记录都是一组评论。之所以是一组评论是因为qq空间将回复评论的评论归为一组，如果我们要统计总评论数的话就不可以只统计无序列表中li标签的个数，这样统计出来的就只是第一评论的数量。

在明确了评论部分的总体结构后，我们继续向下分析评论区的具体结构。总的来说，每条评论都分成了两个大部分，第一部分是用户的首次评论。第二部分是用户对此评论的后续评论。分别在两个div中：



##### 图3-58 两个div

第一个类名为comments\_item\_bd的div保存的内容是原始评论。第二个类名为mod\_comments\_sub的div保存的是其他用户对原始评论所附加的评论。下面我们对这两部分的内容进行分析来获得有价值的信息。



##### 图3-59 原始评论的总体结构

原始评论也分为两个部分。一部分是评论者的用户信息，而另一部分则是评论的具体内容。

评论者的一些信息保存在类名为ui-avatar的div中，这一部分是以一个超链接的形式存在的，超链接的主体是一个图片，通过对这个超链接进行搜索，发现其正是该用户的在空间中的头像。而在超链接的属性中则包含着该用户的其他信息。href属性中的超链接指向的是该用户空间的主页。title属性中包含的则是该用户的昵称以及qq号。最后的data-uin属性的属性值也是用户的qq号。这些就是评论者的用户信息的具体内容。而其中包括的target属性则指定了从浏览器的新的选项卡打开相关页面。从这些属性看我们可以通过抓取data-uin属性来获得该用户的唯一标识qq号以进行其他的分析操作。

具体的评论相关信息被保存在类名为comments\_content的div中。在这个div中，最值得关注的就是其中的span标签以及所包含的内容了，这个标签内部保存的内容正是用户的原始评论内容。这是一个可以抓取的重点。除了评论的内容外，作为一条评论，自然还包括着评论者的信息，这是以一个超链接的形式来呈现的，这点与上面的显示方式类似。但不同的地方是，这次显示的用户的昵称而非空间的头像，而此超链接所指向的位置也并非该用户的qq空间，而是具体的指向了该用户的说说主页，超链接的打开方式也从在新窗口打开转换到了在当前页打开。除此之外，在这个模块中还包含着另一个div，其中有一个span和一个超链接。Span标签则是保存着这条评论的发表时间，而超链接则是通过点击来调用JavaScript函数来完成相应的回复操作的。

至此，四部分的内容组合起来就构成了一条完整的用户评论。



##### 图3-60 完整的用户评论

对比上用户评论，我们可以在总的div中找到一一对应的部分。其中头像是独立的在一个div中，其他的三部分在另一个div中。因此在获取时我们可以根据需要来对内容进行获取。

##### 表3-3 评论附属信息位置

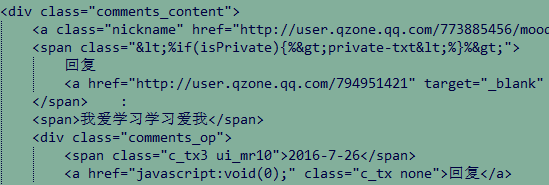
|  |  |
| --- | --- |
| 评论中 | 代码中 |
| 头像 | a标签中的img标签 |
| 昵称 | a标签中的文字 class="nickname" |
| 内容 | Span标签 |
| 时间和相应操作 | div class="comments\_op" |

从这里我们也可以看出，指定用户的空间的说说主页的URL，除了前面的在空间的主页后加上/311以外，还可以将311替换成mood.这样也可以达到相同的效果，两者都可以作为用户空间中说说主页的入口地址。



##### 图3-61 后续评论的结构

前面我们分析了原始评论的结构。现在分析一下后续评论的结构。与原始评论区别最大的一点就是后续评论可能不止一条，很有可能是由多人针对不同情况回复的多条内容所组成。根据前面的经验，可以合理推断出这部分的总体结构也是一个列表。其中每一条记录都是一条评论。通过查看代码，发现其结构正如预测，主题结构是一个无序的列表，其中每一条记录都是一条评论，这里的类名与上方原始评论的类名一致，也表明了其中包含的内容与结构应于原始评论中的内容类似。通过对两者进行比较，发现两者的第一部分的结构完全一致。都是显示着发表评论用户的头像以及指向相应用户的空间主页。第二部分是两者存在区别的地方，说是存在区别，也只是评论内容的部分存在一定的区别，即span标签的表示有所区别。在原始评论中，评论是默认针对说说主体进行的，所以直接将内容显示出来。但后续评论则不同，不仅要将内容表示出来，而且还需要指出具体回复的对象。所以，在后续评论中有关评论内容的div中，不仅要包含回复内容的div，还需要包含一个标签用来指定回复的对象。



##### 图3-62 后续评论中的评论内容的结构

通过审查代码，我们可以看出这里是通过增加一个span标签来实现关联被回复用户。我们可以看到，这个增加的span标签里面包含着一个a标签，这个a标签所采用的的格式与前面指定用户的方式类似，都是链接中包含着用户的qq空间主页、打开方式和用户昵称等内容。这样就达到了指明被回复对象的目的。

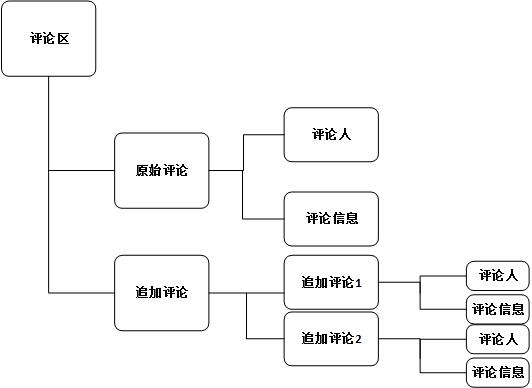
通过分析，一条后续评论的结构也就明确了。总体结构和原始评论类似。只是在内容处新增了待回复的部分，让整个评论的结构更加清楚。



##### 图3-63 完整的后续评论

从实际的效果截图中可以看出来，和原始评论相比。后续评论追加的部分就是回复这个词和对应所回复对象的昵称。这部分正是通过在div中新增加的span标签实现的。而其他的部分和初始评论部分相同，如果要抓取信息可以依据前面的结构来对目标信息进行抓取。我们分析的内容是一条后续评论的结构，也就是无序列表中的一条记录。我们知道，后续评论可能不止一条。所以，每一条评论可以作一条记录存在。

这样，结合两部分的内容，我们就分析完成了评论区的结构分析。



##### 图3-64 评论区结构图

综上所述，我们可以看出来评论部分的特点。评论的内容都是存储在span标签中，如果要抓取评论，可以选择span标签进行抓取。如果要抓取评论人的信息，则可以选择从a标签的data-uin中提取用户的qq号。

这样，我们就基本上完成了对qq空间上说说面板的信息的分析。下面要构建qq空间的基本抓取策略。

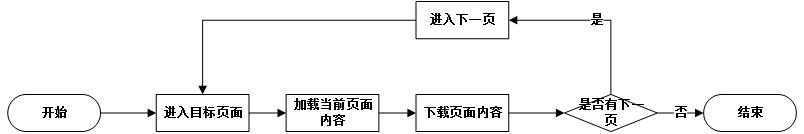
##### 表3-4 qq空间说说抓取策略

|  |  |
| --- | --- |
| 目标 | 百度百科太原理工大学相关词条页面-标题和简介 |
| 入口页 | user.qzone.qq.com/目标用户的qq号/mood（mood可以替换成311） |
| qq号 | data-uin="794951421" |
| 说说内容 | pre style="display:inline;" class="content" |
| 说说信息 | 时间：<a class="c\_tx c\_tx3 goDetail"> |
| 设备：<span class="custom-tail" title="MEIZU"> |
| 被转载说说 | <div class="quote bor2"> |
| 评论数 | class="c\_tx comment\_btn" |
| 转载数 | class="c\_tx forward\_btn" |
| 评论列表 | div class="comments\_list" |
| 原始评论 | div |
| 追加评论 | <div class="comments\_content"> |
| 页面编码 | UTF-8 |

### 三、系统设计

经过上面对目标的分析，我们也基本明确了qq空间中说说主页上面的信息。从上面最后的表格中我们可以看出来对于每条说说来讲包含的信息都很多。我们选择了获取说说的内容、说说的时间以及说说发表所使用的设备这三种信息作为我们要抓取的目标。

在确定了基本的抓取目标后，就是抓取流程的确定了。首先是进入相应用户的界面，然后是拉取整个界面的内容。在确认整个页面都加载完毕后，就是将整个页面的内容下载下来。待下载完成后，将读取的内容写到文件中，最后点击下一页。如此往复循环直到将所有页面中的的说说内容下载下来，当不存在下一页按钮后即表明完成说说的爬取。



##### 图3-65 qq空间说说爬虫流程

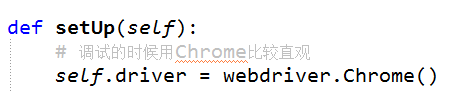
### 四、代码编写

在完成对目标的分析和对系统的分析后，接下来要进行的就是系统的编写了。

首先应该完成的是主函数的编写，但这次我们编写程序时使用的是测试用的框架，所以我们在程序的开头调用了unittest模块来进行单元测试的相关工作。在程序中，我通过unittest.main()来启动单元测试的测试模块。这也就是主函数中的全部内容。

因为我们采用的是单元测试的方法来进行程序的编写。所以在函数中分为两部分，一部分是测试部分，另一部分是待测部分。测试部分包含着负责初始化工作的setUp函数和负责退出清理的tearDown函数。而待测部分就是qq空间说说的爬取函数。

初始化函数和清理函数都很简单，因为这个函数没有涉及到很多复杂的操作。所以在setUp函数中有一句话，就是将利用导入的webdriver为函数本身生成一个浏览器程序，为了提高兼容性，这次我们选择的是生成一个谷歌浏览器对象。



##### 图3-66 初始化函数

因为在初始化函数中没有申请任何资源，所以在负责结束清理的函数tearDown函数中不需要释放任何资源。但是为了可以更好监控程序的整体运行状态，我们可以在这个函数中加入一条语句向控制台打印内容，来表示程序的结束。

接下来就是被测程序，也就是爬虫主要程序的编写了。根据流程图所示，首先是访问相应的说说主界面。因为在初始化程序中已经利用导入的webdriver生成的对应的driver对象。所以我们可以直接利用self来获取一个driver对象来进行程序需要的全部操作。首先是访问指定页面，这个操作是通过driver对象调用get方法来实现的。但在实际运行的过程中这一步出现了问题。不是因为程序逻辑的问题，而是因为腾讯为了加强用户信息的安全，在访问空间的说说信息时需要验证用户的身份，所以无论是访问空间的任何一个页面，如果是在未登录的情况下，页面都会自动地重定向到登录页面。所以，为了可以正常的获取说说信息，我们必须模拟登陆操作来达到自动抓取的目的。即我们需要编写一个自动登陆的部分。

这里需要先分析一下程序进行的流程。首先进入登陆页面后是这样的情况：



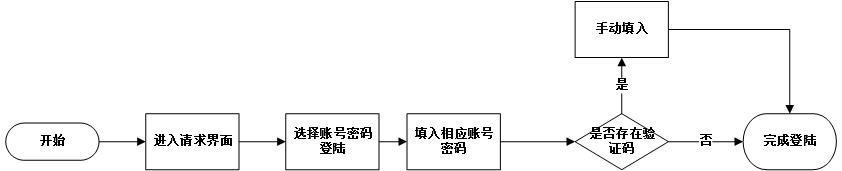
##### 图3-67 自动跳转界面

这是自动跳转的界面，这个界面显示的是要求用户使用快捷登陆的界面。显然，我们无法模拟这部分的操作，所以我们观察下方的选项，发现有一个账号密码登陆的选项，我们可以通过这一部分完成自动登陆的操作。



##### 图3-68 账号密码登陆界面

当点击账号密码登陆后，页面会继续跳转到我们熟悉的页面，在这个页面中有三部分内容。分别是账号输入框、密码输入框和登陆按钮，在确定了登录界面的具体情况后候我们就可以针对性的设计自动登陆的流程了。



##### 图3-69 QQ空间自动登陆流程

如若想实现自动登陆的操作，必须获得各个组件的名称，这样我们才可以通过webdriver中提供的方法来实现对各部分的访问。那么首先我们要做的就是使用工具来确定目标的名称。



##### 图3-70 登陆框架的名称

在前面的分析目标中，我们就了解到了qq空间是由多个frame和iframe组成的，所以，我们需要账号密码登陆超链接所在的框架名称，这样才能继续下面的选择操作。



##### 图3-71 账号密码登陆超链接的属性

然后，我们通过审查元素的方法获取到了账号密码登陆超链接的id属性，这样我们就可以通过id的唯一标识来访问这个超链接了。点击此超链接后，登陆框架自动的跳转到账号密码登陆的界面。

因为我们要自动登陆，也就是要完成自动填写账号密码的操作。这时我们就需要获得账号框、密码框和登录按钮三者的id属性。同理，我们也可以利用审查元素来获得相应的内容。



##### 图3-72 账号文本框的属性



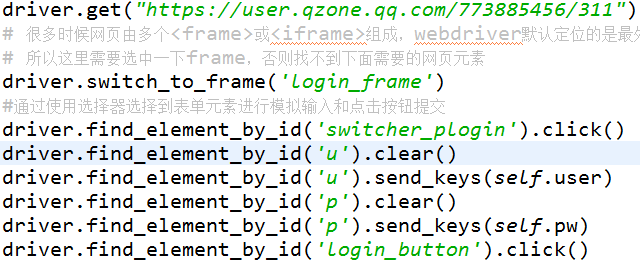
##### 图3-73 密码文本框的属性



##### 图3-74 登陆按钮的属性

在相应的属性值全部获取完成后，我们就可以完成自动登陆部分的代码编写了。在前面我们已经完成了这部分的流程图，具体来说就是首先访问目标用户的说说主页，这时系统会自动跳转到登陆的界面。然后我们先选中登陆的框体，点选其中的账号密码登陆超链接，这样这部分的框架就会动态的变换到账号密码登陆的界面。接下来我们利用前面获得的两个文本框的id值，自动填入相应的账号密码。最后在完成相应账号信息的填写后，点选登陆按钮。如若保存的账号密码无误，则系统会自动跳转到登陆之前的页面也就是用户的说说主页。

核心代码如下：



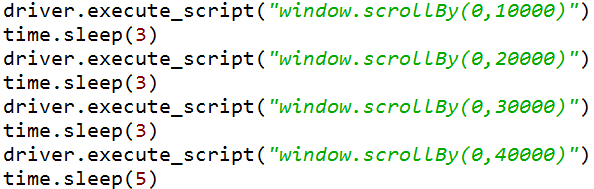
##### 图3-75 自动登陆部分的核心代码

但是qq空间作为一个比较成熟的社区系统，对于网络机器人还是有一定的防止措施的，最简单的是在自动登陆的时候可能会要求输入验证码。经过我的多次尝试。发现每当第一次登陆的时候必定需要输入验证码，如果之前已经进行过登陆。在短时间内重复登陆的话就不需要了。目前还没有解决自动识别验证码并登陆的方法，目前的解决方法是如果遇到自动登陆失败的情况，则需要用户手动进行登陆。

在可以成功进入目标用户的说说主页后，依据设计，接下来需要完成的就是循环抓取目标用户的说说内容了。循环的第一步就是加载每个页面的全部内容。

因为我们这次模拟的是一个真正的浏览器操作，所以加载内容的方法也和平常我们的操作方式相同，利用滚动条的下滑来完成加载当前页面的全部内容。drive中也存在着执行相应方法的操作。开始时我尝试了一次向下滚动一个极大的距离来尝试满足每页的最大加载数，但是失败了。结果只加载了一次后窗体就不在运行了。而后经过自己的手工测试，发现空间的动态加载有两部分的特点。一是每次当滚动条滚动到最下方时，页面都会有一个很短的但是存在的加载时间，这一点当网速较慢时很明显。第二点是每一页的说说不止需要一次就可以加载完成，经过我的多次测试证实了一共需三到四次的滚动才能最终加载完一整个的页面。

所以经过优化的加载页面操作应该是这样的：一共分4次加载，而且在每次的加载都应比上一次加载长一些的距离以保证完全的加载。最重要的是在每次加载的间隙中应该有一定的停止时间来供网页加载说说内容，否则如果是连续下滑的话，网页没有加载的时间，在网页正在加载时的下滑操作就全部无效化了。



##### 图3-76 滚动操作的代码

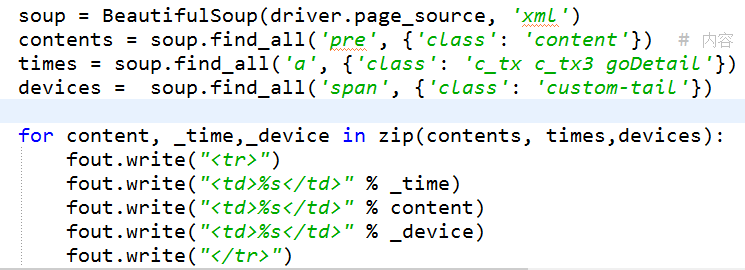
滚动操作的完成就标志一个页面的内容已全部加载完成了。下面就是将当前页面上的说说信息全部抓取下来的操作了。这部分是整个爬虫的核心。不过有了之前的分析，这部分反而显得是最简单的一部分，就是利用之前我们在前面的爬虫中使用过的find的一系列的方法，根据目标的标签类型和类名来获取响应对象的值。

如若需要获取说说的内容，则需要先将浏览器的焦点转换到说说所在的框架上。因此利用检查工具先获得框架的名称。



##### 图3-77 说说内容所在框架

在将框体的焦点转换到说说详情所在的框架后，接下来的操作就和前面的爬取基本相同了。首先是获取网页的源文件，将其转换成soup对象。然后就是利用find\_all方法获取页面上的全部说说内容、相应的发表时间以及所使用的设备。之后就是利用for循环遍历得到的结果，将全部的结果利用文件的输出写回本地的文件中，完成数据的持久化操作。



##### 图3-78 抓取部分的核心代码

在抓取部分也成功完成后，接下来的内容就是完成循环的最后一步，向下翻页的操作了。首先我们需要了解下一页的超链接的特点。



##### 图3-79 几个“下一页”超链接的属性

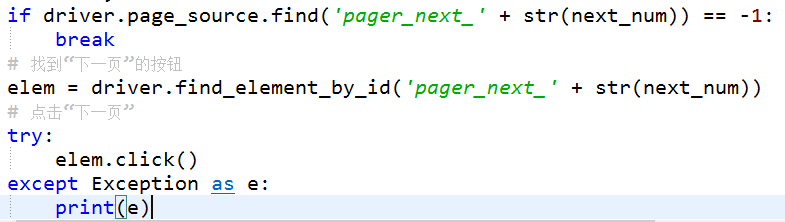
通过比较几个下一页超链接的属性，我们明确了下一页超链接id值的特点：以pager\_next\_作为开始，后面跟随一个数字。这个数字从0开始，以1为步长逐次增加。前面这些都是存在可点击的下一页超链接的页面。为了结束循环，我们还需要最后一页

的情况。



##### 图3-80 最后一页的“下一页”

从图3-80我们可以看出，这个最后一页仍会显示下一页的文字，但是已经不存在相应的超链接了，而且从span所处的父span的类名也可以看出来，这部分没有任何功能。总结上面两部分的内容后，我们可以确定下来翻页的流程了，首先在爬虫中需要保存一个逐渐递增的变量来生成超链接所在的id，然后使用find方法寻找此超链接的存在性。如果存在对应id值的超链接，则利用driver选择此超链接并进行跳转，循环继续进行。如果在当前的页面中没有找到对应的超链接，说明此时爬虫已经到达目标用户说说内容的最后一页，应该跳出循环，程序结束。



##### 图3-81 跳转部分的核心代码

至此，一个qq空间说说的爬取程序就已全部构建完成。从进入页面、加载信息、获取信息知道下载信息，一个清楚的爬虫已经出现在我们的眼前，接下来就是爬虫的实例演示了。

### 五、运行爬虫

经过上面的几步后，一个爬虫程序就可以正式运行了，在运行前。还需要注意几个问题。首先是配置初始变量，一共有两个部分的变量需要配置。第一部分是需要一个qq账号信息。第二部分是需要一个目标qq空间说说主页地址。而且，这两部分的初始化信息需要保持一致，即提供的qq号有权限去访问相应用户的空间。否则会发生错误。因为爬虫也只是将原本手动的行为自动化，并不能超越原来的用户权限。

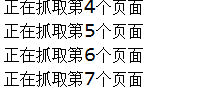


##### 图3-82 测试用qq账号信息



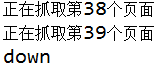
##### 图3-83目标qq空间的说说主页地址

填写完这两部分信息后，接下来就是启动爬虫抓取信息了。



##### 图3-84 控制台中打印的信息

为了更好的检测爬虫的运行，我们在代码中加入了相应的输出语句来监控爬虫的运行状态。网络爬虫是运行在网络上的自动化程序，因此对网络的有一定的要求，在测试过程中也出现过无法定位的异常导致爬虫终止的情况。重复运行后程序正常运行，据此我推断程序可能是因为网络的原因没有将后续的内容加载下来，导致爬虫的下载部分未找到目标，致使整个程序通知运行。爬虫运行结束后，程序会在最后打印出down标识标志程序结束。



##### 图3-85 程序运行结束



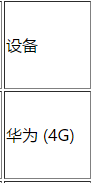
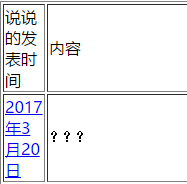
##### 图3-86 用户的说说页数

通过与用户的页面比较，证实了爬虫已经遍历完用户的全部说说列表。



##### 图3-87 根据说说内容生成的html文件

下面看本地的情况，爬虫根据从用户处获取的数据在本地成功生成了记录了相应内容的文件。



##### 图3-88 爬虫记录下的内容（左侧）、实际的内容（右侧）

如图3-88所示，爬虫程序成功将说说的内容，发表时间以及所使用的的设备记录了下来。与实际中的说说相比，说明爬虫已将说说中的信息成功抓取下来。

# 结论

通过全部的研究，让我们对网络爬虫有了一定的认识和了解。我们从爬虫的发展历史入手，了解了爬虫是在什么情况下出现的。然后我们从几个角度上对爬虫进行了定义，思考了它的几个可能的使用范围。在完成对爬虫的定义后，我们对目前爬虫中可能使用到的几种算法结合我们在数据结构中所学过的相关知识进行了梳理。最后就是爬虫的具体实现了，我们先对一个基础的爬虫进行了分析和研究，剖析了一个爬虫应有的结构，最后就是探究了爬虫在动态网页上的抓取的一些思路。这就是我的毕业设计的主要内容。

自从2017年三月，我开始了我的毕业设计任务，到今天为止，整个毕业设计全部完成。努力工作了几个月之后，围绕着的毕业设计的忙碌而充实的生活终于走到了尽头。在马上结束之际，我不由的对这段日子产生了些许的留恋。

3月初，在与基地指导老师和学校的指导老师的交流讨论中渐渐有了选题的思路，自己也上网查阅了一些有关资料，再结合学校所给的一些选题。最后我将自己的毕业设计的题目确定为网络爬虫的设计实现。选择这个题目也是有多方面的考虑。首先网络一直是我比较感兴趣的地方，其次在和指导老师以及和同学的交流中，我也了解到了爬虫也是有一定的发展前景的，特别是在当前数据爆炸的时代。所以我选择了网络爬虫作为自己毕业设计的题目，不仅符合我自身的兴趣，还可以增强自己的能力，增长自己的学识。当选题结束定下来最后的题目后，我便立刻着手对相关资料进行查找和搜集，当真正在面对着浩如烟海的资料时，开始的我也十分困惑，不知道应该从什么地方下手。为了能让自己的毕业设计能有一个好的开始，所以我将遇到的问题积极的与指导老师进行沟通，指导导师也通过他自己的经验，为困惑中的我推荐了一些入门的书籍和材料。在阅读过老师精心的选择的材料后，使我对毕设的大概研究方向有了一个初步的了解。

为了可以全方位的掌握有关爬虫的相关信息。为了克服离学校远的缺点，我利用网络网络远程接入校园网，利用学校提供的知网、万方等数据库广泛的查阅论文资料、于此同时我还在网上查找各类相关内容。除此之外，我还拜托我的同学在外校的数据库中寻找相关信息，尽量使我的有关资料在质和量两方面都比较完善，这样就有利于项目的开发以及论文的撰写。而后我仔细阅读自己所收集到的资料，遇到有困惑的地方就将其与导师进行交流，咨询导师的看法。

在四月初的时候，随着相关资料的搜集工作已经基本完成，接下来我便开始进行程序和论文的框架搭建。构建过程并不是一帆风顺的，每当我遇到问题，我就会利用手头的资源自己努力解决，或是和同学交流。实在是力所不能及的互粉，我就会及时的和导师联系或是请教有关方面的专业课老师。在大家的无私帮助下，我遇到的问题都被顺利的解决，毕业设计的框架也基本完成了。

在基本确定了整个毕业设计的结构后，我首先将前面收集到的资料细化，选取符合自己的部分仔细研读，来完成论文前面的部分。

4月中旬，论文前半部分有关爬虫的理论部分已经完成。接下来要进行的部分就是爬虫的代码编写工作。为了完成令人满意的程序，选择了Python作为了我毕业设计所使用的的开发语言。Python中包含着专是为爬虫开发所设计的类库，这样不仅可以简化开发难度，更可以让我把注意力集中在分析设计上。作为学习过多种编程语言的我来说，python的语法很简单，学习起来相对容易一些。对于其中的难点也就是一些python独有的编程习惯和函数调用方式，多练习几次后也可以基本掌握。学习爬虫另一项重要的内容就是有关正则表达式的学习。如何高效、正确的的使用正则表达式对于一个爬虫的效率是很关键的。很有可能就因为正则表达式书写的区别导致整个程序在效率方面有了天壤之别。在之前的课程中我们也学习过与正则表达式类似的内容如EL表达式，在有些课程中也接触过正则表达式的相关内容如离散数学。在完成毕业设计的过程中，我不仅对以前没有接触过的知识有了一定程度的了解，还增长了自己在处理问题的能力。在以后的学习生活中，我要继续扩充自己的知识面以契合当前飞速发展的社会。

这次毕设给我的最深的体会就是在大多情况下编码都是最简单的任务。重点都在于对目标的分析上。看上去短短百行的代码好像再很短时间就可以编写完成。但在前面对网站结构的分析上就需要对网站上万行的代码进行仔细的分析与测试。只有分析好了目标，在编写代码时才会轻松。业精于勤荒于嬉，我在这次毕业设计中最大的收获就是认识到想要做成任何事，态度和方法都很重要。朴素严谨的治学态度和坚持不懈的工作方式是无论做任何事情都不能缺少的两个部分。通过这次的毕业设计，让我在各个方面都有了长足的提升，这将会对未来我的人生有着不可磨灭的影响。

# 参考文献

1. 徐远超, 刘江华, 刘丽珍,等. 基于Web的网络爬虫的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(21)
2. 吴黎兵, 柯亚林, 何炎祥,等. 分布式网络爬虫的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(11).
3. 姜梦稚. 基于Java的多线程网络爬虫设计与实现[J]. 微型电脑应用, 2010, 26(7).
4. 周德懋, 李舟军. 高性能网络爬虫:研究综述[J]. 计算机科学, 2009, 36(8).
5. 刘金红, 陆余良. 主题网络爬虫研究综述[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10).
6. 张敏, 高剑峰, 马少平. 基于链接描述文本及其上下文的Web信息检索[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(1).
7. 周立柱, 林玲. 聚焦爬虫技术研究综述[J]. 计算机应用, 2005, 25(9).
8. Chau M, Xu J. Mining communities and their relationships in blogs: A study of online hate groups[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2007, 65(1).
9. Pant G, Srinivasan P. Learning to crawl: Comparing classification schemes[J]. Acm Transactions on Information Systems, 2005, 23(4).
10. Shkapenyuk V, Suel T. Design and implementation of a high-performance distributed Web crawler[J]. 2001.
11. Briangoetz. Java并发编程实战[M]. 机械工业出版社, 2012.
12. ElliotteRustyHarold, 哈诺德, 李帅,等. Java网络编程[M]. 中国电力出版社, 2014
13. 米切尔, 陶俊杰, 陈小莉. Python网络数据采集[M]. 人民邮电出版社, 2016..
14. 麦金尼，唐学韬. 利用Python进行数据分析[M]. 机械工业出版社, 2014.

# 致　　谢

经过了两个多月的努力，我终于完成了论文的写作。从开始接到论文题目到系统的实现，再到论文文章的完成，每走一步对我来说都是新的尝试与挑战，这也是我在大学期间独立完成的最大的项目。在这段时间里，我学到了很多知识也有很多感受，从一无所知，我开始了独立的学习和试验，查看相关的资料和书籍，让自己头脑中模糊的概念逐渐清晰，使自己非常稚嫩作品一步步完善起来，每一次改进都是我学习的收获，每一次试验的成功都会让我兴奋好一段时间。

我的论文作品不是很成熟，还有很多不足之处。但是这次做论文的经历使我终身受益。我感受到做论文是要真真正正用心去做的一件事情，是真正的自己学习的过程和研究的过程，没有学习就不可能有研究的能力，没有自己的研究，就不会有所突破，那也就不叫论文了。希望这次的经历能让我在以后学习中激励我继续进步。

此外，本文最终得以顺利完成，也是与软件学院其他老师的帮助分不开的，虽然他们没有直接参与我的论文指导，但在开题时也给我提供了不少的意见，提出了一系列可行性的建议，在此向他们表示深深的感谢!

最后，作者在设计期间都是在方昀老师、李楠高级软件工程师全面、具体指导下完成进行的。方昀老师、李楠高级软件工程师渊博的学识、敏锐的思维、民主而严谨的作风使学生受益非浅，并终生难忘。

感谢方昀老师、李楠高级软件工程师等在毕业设计工作中给予的帮助。

感谢我的学友和朋友对我的关心和帮助。

# 附录1：外文资料：

### Efficient URL caching for world wide web crawling

ABSTRACT

Crawling the web is deceptively simple: the basic algorithm is (a)Fetch a page (b) Parse it to extract all linked URLs (c) For all the URLs not seen before, repeat (a)–(c). However, the size of the web (estimated at over 4 billion pages) and its rate of change (estimated at 7% per week) move this plan from a trivial programming exercise to a serious algorithmic and system design challenge. Indeed, these two factors alone imply that for a reasonably fresh and complete crawl of the web, step (a) must be executed about a thousand times per second, and thus the membership test (c) must be done well over ten thousand times per second against a set too large to store in main memory. This requires a distributed architecture, which further complicates the membership test.  
 A crucial way to speed up the test is to cache, that is, to store in main memory a (dynamic) subset of the “seen” URLs. The main goal of this paper is to carefully investigate several URL caching techniques for web crawling. We consider both practical algorithms: random replacement, static cache, LRU, and CLOCK, and theoretical limits: clairvoyant caching and infinite cache. We performed about 1,800 simulations using these algorithms with various cache sizes, using actual log data extracted from a massive 33 day web crawl that issued over one billion HTTP requests. Our main conclusion is that caching is very effective – in our setup, a cache of roughly 50,000 entries can achieve a hit rate of almost 80%. Interestingly, this cache size falls at a critical point: a substantially smaller cache is much less effective while a substantially larger cache brings little additional benefit. We conjecture that such critical points are inherent to our problem and venture an explanation for this phenomenon.  
1. INTRODUCTION  
A recent Pew Foundation study states that “Search engines have become an indispensable utility for Internet users” and estimates that as of mid-2002, slightly over 50% of all Americans have used web search to find information. Hence, the technology that powers web search is of enormous practical interest. In this paper, we concentrate on one aspect of the search technology, namely the process of collecting web pages that eventually constitute the search engine corpus.  
 Search engines collect pages in many ways, among them direct URL submission, paid inclusion, and URL extraction from nonweb sources, but the bulk of the corpus is obtained by recursively exploring the web, a process known as crawling or SPIDERing. The basic algorithm is  
 (a) Fetch a page  
 (b) Parse it to extract all linked URLs  
 (c) For all the URLs not seen before, repeat (a)–(c)  
 Crawling typically starts from a set of seed URLs, made up of URLs obtained by other means as described above and/or made up of URLs collected during previous crawls. Sometimes crawls are started from a single well connected page, or a directory such as yahoo.com, but in this case a relatively large portion of the web (estimated at over 20%) is never reached. See for a discussion of the graph structure of the web that leads to this phenomenon.  
 If we view web pages as nodes in a graph, and hyperlinks as directed edges among these nodes, then crawling becomes a process known in mathematical circles as graph traversal. Various strategies for graph traversal differ in their choice of which node among the nodes not yet explored to explore next. Two standard strategies for graph traversal are Depth First Search (DFS) and Breadth First Search (BFS) – they are easy to implement and taught in many introductory algorithms classes. (See for instance ).  
 However, crawling the web is not a trivial programming exercise but a serious algorithmic and system design challenge because of the following two factors.  
 1. The web is very large. Currently, Google claims to have indexed over 3 billion pages. Various studies have indicated that, historically, the web has doubled every 9-12 months.  
 2. Web pages are changing rapidly. If “change” means “any change”, then about 40% of all web pages change weekly. Even if we consider only pages that change by a third or more, about 7% of all web pages change weekly.  
 These two factors imply that to obtain a reasonably fresh and 679 complete snapshot of the web, a search engine must crawl at least 100 million pages per day. Therefore, step (a) must be executed about 1,000 times per second, and the membership test in step (c) must be done well over ten thousand times per second, against a set of URLs that is too large to store in main memory. In addition, crawlers typically use a distributed architecture to crawl more pages in parallel, which further complicates the membership test: it is possible that the membership question can only be answered by a peer node, not locally.  
 A crucial way to speed up the membership test is to cache a (dynamic) subset of the “seen” URLs in main memory. The main goal of this paper is to investigate in depth several URL caching techniques for web crawling. We examined four practical techniques: random replacement, static cache, LRU, and CLOCK, and compared them against two theoretical limits: clairvoyant caching and infinite cache when run against a trace of a web crawl that issued over one billion HTTP requests. We found that simple caching techniques are extremely effective even at relatively small cache sizes such as 50,000 entries and show how these caches can be implemented very efficiently.  
 The paper is organized as follows: Section 2 discusses the various crawling solutions proposed in the literature and how caching fits in their model. Section 3 presents an introduction to caching techniques and describes several theoretical and practical algorithms for caching. We implemented these algorithms under the experimental setup described in Section 4. The results of our simulations are depicted and discussed in Section 5, and our recommendations for practical algorithms and data structures for URL caching are presented in Section 6. Section 7 contains our conclusions and directions for further research.  
2. CRAWLING  
Web crawlers are almost as old as the web itself, and numerous crawling systems have been described in the literature. In this section, we present a brief survey of these crawlers (in historical order) and then discuss why most of these crawlers could benefit from URL caching.  
 The crawler used by the Internet Archive employs multiple crawling processes, each of which performs an exhaustive crawl of 64 hosts at a time. The crawling processes save non-local URLs to disk; at the end of a crawl, a batch job adds these URLs to the per-host seed sets of the next crawl.  
 The original Google crawler, described in, implements the different crawler components as different processes. A single URL server process maintains the set of URLs to download; crawling processes fetch pages; indexing processes extract words and links; and URL resolver processes convert relative into absolute URLs, which are then fed to the URL Server. The various processes communicate via the file system.  
 For the experiments described in this paper, we used the Mercator web crawler. Mercator uses a set of independent, communicating web crawler processes. Each crawler process is responsible for a subset of all web servers; the assignment of URLs to crawler processes is based on a hash of the URL’s host component. A crawler that discovers an URL for which it is not responsible sends this URL via TCP to the crawler that is responsible for it, batching URLs together to minimize TCP overhead. We describe Mercator in more detail in Section 4.  
 Cho and Garcia-Molina’s crawler is similar to Mercator. The system is composed of multiple independent, communicating web crawler processes (called “C-procs”). Cho and Garcia-Molina consider different schemes for partitioning the URL space, including URL-based (assigning an URL to a C-proc based on a hash of the entire URL), site-based (assigning an URL to a C-proc based on a hash of the URL’s host part), and hierarchical (assigning an URL to a C-proc based on some property of the URL, such as its top-level domain).  
 The WebFountain crawler is also composed of a set of independent, communicating crawling processes (the “ants”). An ant that discovers an URL for which it is not responsible, sends this URL to a dedicated process (the “controller”), which forwards the URL to the appropriate ant.  
 UbiCrawler (formerly known as Trovatore) is again composed of multiple independent, communicating web crawler processes. It also employs a controller process which oversees the crawling processes, detects process failures, and initiates fail-over to other crawling processes.  
 Shkapenyuk and Suel’s crawler is similar to Google’s; the different crawler components are implemented as different processes. A “crawling application” maintains the set of URLs to be downloaded, and schedules the order in which to download them. It sends download requests to a “crawl manager”, which forwards them to a pool of “downloader” processes. The downloader processes fetch the pages and save them to an NFS-mounted file system. The crawling application reads those saved pages, extracts any links contained within them, and adds them to the set of URLs to be downloaded.  
 Any web crawler must maintain a collection of URLs that are to be downloaded. Moreover, since it would be unacceptable to download the same URL over and over, it must have a way to avoid adding URLs to the collection more than once. Typically, avoidance is achieved by maintaining a set of discovered URLs, covering the URLs in the frontier as well as those that have already been downloaded. If this set is too large to fit in memory (which it often is, given that there are billions of valid URLs), it is stored on disk and caching popular URLs in memory is a win: Caching allows the crawler to discard a large fraction of the URLs without having to consult the disk-based set.  
 Many of the distributed web crawlers described above, namely Mercator, WebFountain, UbiCrawler, and Cho and Molina’s crawler , are comprised of cooperating crawling processes, each of which downloads web pages, extracts their links, and sends these links to the peer crawling process responsible for it. However, there is no need to send a URL to a peer crawling process more than once. Maintaining a cache of URLs and consulting that cache before sending a URL to a peer crawler goes a long way toward reducing transmissions to peer crawlers, as we show in the remainder of this paper.  
3. CACHING  
In most computer systems, memory is hierarchical, that is, there exist two or more levels of memory, representing different tradeoffs between size and speed. For instance, in a typical workstation there is a very small but very fast on-chip memory, a larger but slower RAM memory, and a very large and much slower disk memory. In a network environment, the hierarchy continues with network accessible storage and so on. Caching is the idea of storing frequently used items from a slower memory in a faster memory. In the right circumstances, caching greatly improves the performance of the overall system and hence it is a fundamental technique in the design of operating systems, discussed at length in any standard textbook. In the web context, caching is often mentioned  
in the context of a web proxy caching web pages. In our web crawler context, since the number of visited URLs becomes too large to store in main memory, we store the collection of visited URLs on disk, and cache a small portion in main memory.  
 Caching terminology is as follows: the cache is memory used to store equal sized atomic items. A cache has size k if it can store at most k items.1 At each unit of time, the cache receives a request for an item. If the requested item is in the cache, the situation is called a hit and no further action is needed. Otherwise, the situation is called a miss or a fault. If the cache has fewer than k items, the missed item is added to the cache. Otherwise, the algorithm must choose either to evict an item from the cache to make room for the missed item, or not to add the missed item. The caching policy or caching algorithm decides which item to evict. The goal of the caching algorithm is to minimize the number of misses.  
 Clearly, the larger the cache, the easier it is to avoid misses. Therefore, the performance of a caching algorithm is characterized by the miss ratio for a given size cache. In general, caching is successful for two reasons:  
 \_ Non-uniformity of requests. Some requests are much more popular than others. In our context, for instance, a link to yahoo.com is a much more common occurrence than a link to the authors’ home pages.  
 \_ Temporal correlation or locality of reference. Current requests are more likely to duplicate requests made in the recent past than requests made long ago. The latter terminology comes from the computer memory model – data needed now is likely to be close in the address space to data recently needed. In our context, temporal correlation occurs first because links tend to be repeated on the same page – we found that on average about 30% are duplicates, cf. Section 4.2, and second, because pages on a given host tend to be explored sequentially and they tend to share many links. For example, many pages on a Computer Science department server are likely to share links to other Computer Science departments in the world, notorious papers, etc.  
 Because of these two factors, a cache that contains popular requests and recent requests is likely to perform better than an arbitrary cache. Caching algorithms try to capture this intuition in various ways.  
 We now describe some standard caching algorithms, whose performance we evaluate in Section 5.  
3.1 Infinite cache (INFINITE)  
 This is a theoretical algorithm that assumes that the size of the cache is larger than the number of distinct requests.  
3.2 Clairvoyant caching (MIN)  
 More than 35 years ago, L´aszl´o Belady showed that if the entire sequence of requests is known in advance (in other words, the algorithm is clairvoyant), then the best strategy is to evict the item whose next request is farthest away in time. This theoretical algorithm is denoted MIN because it achieves the minimum number of misses on any sequence and thus it provides a tight bound on performance.

3.3 Least recently used (LRU)  
 The LRU algorithm evicts the item in the cache that has not been requested for the longest time. The intuition for LRU is that an item that has not been needed for a long time in the past will likely not be needed for a long time in the future, and therefore the number of misses will be minimized in the spirit of Belady’s algorithm.  
 Despite the admonition that “past performance is no guarantee of future results”, sadly verified by the current state of the stock markets, in practice, LRU is generally very effective. However, it requires maintaining a priority queue of requests. This queue has a processing time cost and a memory cost. The latter is usually ignored in caching situations where the items are large.  
3.4 CLOCK  
 CLOCK is a popular approximation of LRU, invented in the late sixties. An array of mark bits M0;M1; : : : ;Mk corresponds to the items currently in the cache of size k. The array is viewed as a circle, that is, the first location follows the last. A clock handle points to one item in the cache. When a request X arrives, if the item X is in the cache, then its mark bit is turned on. Otherwise, the handle moves sequentially through the array, turning the mark bits off, until an unmarked location is found. The cache item corresponding to the unmarked location is evicted and replaced by X.  
3.5 Random replacement (RANDOM)  
 Random replacement (RANDOM) completely ignores the past. If the item requested is not in the cache, then a random item from the cache is evicted and replaced.  
 In most practical situations, random replacement performs worse than CLOCK but not much worse. Our results exhibit a similar pattern, as we show in Section 5. RANDOM can be implemented without any extra space cost; see Section 6.  
3.6 Static caching (STATIC)  
 If we assume that each item has a certain fixed probability of being requested, independently of the previous history of requests, then at any point in time the probability of a hit in a cache of size k is maximized if the cache contains the k items that have the highest probability of being requested.  
 There are two issues with this approach: the first is that in general these probabilities are not known in advance; the second is that the independence of requests, although mathematically appealing, is antithetical to the locality of reference present in most practical situations.  
 In our case, the first issue can be finessed: we might assume that the most popular k URLs discovered in a previous crawl are pretty much the k most popular URLs in the current crawl. (There are also efficient techniques for discovering the most popular items in a stream of data. Therefore, an on-line approach might work as well.) Of course, for simulation purposes we can do a first pass over our input to determine the k most popular URLs, and then preload the cache with these URLs, which is what we did in our experiments.  
 The second issue above is the very reason we decided to test STATIC: if STATIC performs well, then the conclusion is that there is little locality of reference. If STATIC performs relatively poorly, then we can conclude that our data manifests substantial locality of reference, that is, successive requests are highly correlated.  
4. EXPERIMENTAL SETUP  
 We now describe the experiment we conducted to generate the crawl trace fed into our tests of the various algorithms. We conducted a large web crawl using an instrumented version of the Mercator web crawler. We first describe the Mercator crawler architecture, and then report on our crawl.  
4.1 Mercator crawler architecture  
 A Mercator crawling system consists of a number of crawling processes, usually  
running on separate machines. Each crawling process is responsible for a subset of all web servers, and consists of a number of worker threads (typically 500) responsible for downloading and processing pages from these servers.  
 Each worker thread repeatedly performs the following operations: it obtains a URL from the URL Frontier, which is a diskbased data structure maintaining the set of URLs to be downloaded; downloads the corresponding page using HTTP into a buffer (called a RewindInputStream or RIS for short); and, if the page is an HTML page, extracts all links from the page. The stream of extracted links is converted into absolute URLs and run through the URL Filter, which discards some URLs based on syntactic properties. For example, it discards all URLs belonging to web servers that contacted us and asked not be crawled.  
 The URL stream then flows into the Host Splitter, which assigns URLs to crawling processes using a hash of the URL’s host name. Since most links are relative, most of the URLs (81.5% in our experiment) will be assigned to the local crawling process; the others are sent in batches via TCP to the appropriate peer crawling processes. Both the stream of local URLs and the stream of URLs received from peer crawlers flow into the Duplicate URL Eliminator (DUE). The DUE discards URLs that have been discovered previously. The new URLs are forwarded to the URL Frontier for future download. In order to eliminate duplicate URLs, the DUE must maintain the set of all URLs discovered so far. Given that today’s web contains several billion valid URLs, the memory requirements to maintain such a set are significant. Mercator can be configured to maintain this set as a distributed in-memory hash table (where each crawling process maintains the subset of URLs assigned to it); however, this DUE implementation (which reduces URLs to 8-byte checksums, and uses the first 3 bytes of the checksum to index into the hash table) requires about 5.2 bytes per URL, meaning that it takes over 5 GB of RAM per crawling machine to maintain a set of 1 billion URLs per machine. These memory requirements are too steep in many settings, and in fact, they exceeded the hardware available to us for this experiment. Therefore, we used an alternative DUE implementation that buffers incoming URLs in memory, but keeps the bulk of URLs (or rather, their 8-byte checksums) in sorted order on disk. Whenever the in-memory buffer fills up, it is merged into the disk file (which is a very expensive operation due to disk latency) and newly discovered URLs are passed on to the Frontier.  
 Both the disk-based DUE and the Host Splitter benefit from URL caching. Adding a cache to the disk-based DUE makes it possible to discard incoming URLs that hit in the cache (and thus are duplicates) instead of adding them to the in-memory buffer. As a result, the in-memory buffer fills more slowly and is merged less frequently into the disk file, thereby reducing the penalty imposed by disk latency. Adding a cache to the Host Splitter makes it possible to discard incoming duplicate URLs instead of sending them to the peer node, thereby reducing the amount of network traffic. This reduction is particularly important in a scenario where the individual crawling machines are not connected via a high-speed LAN (as they were in our experiment), but are instead globally distributed. In such a setting, each crawler would be responsible for web servers “close to it”.  
 Mercator performs an approximation of a breadth-first search traversal of the web graph. Each of the (typically 500) threads in each process operates in parallel, which introduces a certain amount of non-determinism to the traversal. More importantly, the scheduling of downloads is moderated by Mercator’s politeness policy, which limits the load placed by the crawler on any particular web server. Mercator’s politeness policy guarantees that no server ever receives multiple requests from Mercator in parallel; in addition, it guarantees that the next request to a server will only be issued after a multiple (typically 10\_) of the time it took to answer the previous request has passed. Such a politeness policy is essential to any large-scale web crawler; otherwise the crawler’s operator becomes inundated with complaints.  
4.2 Our web crawl  
 Our crawling hardware consisted of four Compaq XP1000 workstations, each one equipped with a 667 MHz Alpha processor, 1.5 GB of RAM, 144 GB of disk2, and a 100 Mbit/sec Ethernet connection. The machines were located at the Palo Alto Internet Exchange, quite close to the Internet’s backbone.  
 The crawl ran from July 12 until September 3, 2002, although it was actively crawling only for 33 days: the downtimes were due to various hardware and network failures. During the crawl, the four machines performed 1.04 billion download attempts, 784 million of which resulted in successful downloads. 429 million of the successfully downloaded documents were HTML pages. These pages contained about 26.83 billion links, equivalent to an average of 62.55 links per page; however, the median number of links per page was only 23, suggesting that the average is inflated by some pages with a very high number of links. Earlier studies reported only an average of 8 links or 17 links per page. We offer three explanations as to why we found more links per page. First, we configured Mercator to not limit itself to URLs found in anchor tags, but rather to extract URLs from all tags that may contain them (e.g. image tags). This configuration increases both the mean and the median number of links per page. Second, we configured it to download pages up to 16 MB in size (a setting that is significantly higher than usual), making it possible to encounter pages with tens of thousands of links. Third, most studies report the number of unique links per page. The numbers above include duplicate copies of a link on a page. If we only consider unique links3 per page, then the average number of links is 42.74 and the median is 17.  
 The links extracted from these HTML pages, plus about 38 million HTTP redirections that were encountered during the crawl, flowed into the Host Splitter. In order to test the effectiveness of various caching algorithms, we instrumented Mercator’s Host Splitter component to log all incoming URLs to disk. The Host Splitters on the four crawlers received and logged a total of 26.86 billion URLs.  
 After completion of the crawl, we condensed the Host Splitter logs. We hashed each URL to a 64-bit fingerprint. Fingerprinting is a probabilistic technique; there is a small chance that two URLs have the same fingerprint. We made sure there were no such unintentional collisions by sorting the original URL logs and counting the number of unique URLs. We then compared this number to the number of unique fingerprints, which we determined using an in-memory hash table on a very-large-memory machine. This data reduction step left us with four condensed host splitter logs (one per crawling machine), ranging from 51 GB to 57 GB in size and containing between 6.4 and 7.1 billion URLs.  
 In order to explore the effectiveness of caching with respect to inter-process communication in a distributed crawler, we also extracted a sub-trace of the Host Splitter logs that contained only those URLs that were sent to peer crawlers. These logs contained 4.92 billion URLs, or about 19.5% of all URLs. We condensed the sub-trace logs in the same fashion. We then used the condensed logs for our simulations.  
5. SIMULATION RESULTS  
 We studied the effects of caching with respect to two streams of URLs:  
 1. A trace of all URLs extracted from the pages assigned to a particular machine. We refer to this as the full trace.  
 2. A trace of all URLs extracted from the pages assigned to a particular machine that were sent to one of the other machines for processing. We refer to this trace as the cross subtrace, since it is a subset of the full trace.  
 The reason for exploring both these choices is that, depending on other architectural decisions, it might make sense to cache only the URLs to be sent to other machines or to use a separate cache just for this purpose.  
 We fed each trace into implementations of each of the caching algorithms described above, configured with a wide range of cache sizes. We performed about 1,800 such experiments. We first describe the algorithm implementations, and then present our simulation results.  
5.1 Algorithm implementations  
 The implementation of each algorithm is straightforward. We use a hash table to find each item in the cache. We also keep a separate data structure of the cache items, so that we can choose one for eviction. For RANDOM, this data structure is simply a list. For CLOCK, it is a list and a clock handle, and the items also contain “mark” bits. For LRU, it is a heap, organized by last access time. STATIC needs no extra data structure, since it never evicts items. MIN is more complicated since for each item in the cache, MIN needs to know when the next request for that item will be. We therefore describe MIN in more detail. Let A be the trace or sequence of requests, that is, At is the item requested at time t. We create a second sequence Nt containing the time when At next appears in A. If there is no further request for At after time t, we set Nt = 1. Formally,  
 To generate the sequence Nt, we read the trace A backwards, that is, from tmax down to 0, and use a hash table with key At and value t. For each item At, we probe the hash table. If it is not found, we set Nt = 1and store (At; t) in the table. If it is found, we retrieve (At; t0), set Nt = t0, and replace (At; t0) by (At; t) in the hash table. Given Nt, implementing MIN is easy: we read At and Nt in parallel, and hence for each item requested, we know when it will be requested next. We tag each item in the cache with the time when it will be requested next, and if necessary, evict the item with the highest value for its next request, using a heap to identify itquickly.  
5.2 Results  
 We present the results for only one crawling host. The results for the other three hosts are quasi-identical. Figure 2 shows the miss rate over the entire trace (that is, the percentage of misses out of all requests to the cache) as a function of the size of the cache. We look at cache sizes from k = 20 to k = 225. In Figure 3 we present the same data relative to the miss-rate of MIN, the optimum off-line algorithm. The same simulations for the cross-trace are depicted in Figures 4 and 5.  
 For both traces, LRU and CLOCK perform almost identically and only slightly worse than the ideal MIN, except in the critical region discussed below. RANDOM is only slightly inferior to CLOCK and LRU, while STATIC is generally much worse. Therefore, we conclude that there is considerable locality of reference in the trace, as explained in Section 3.6. For very large caches, STATIC appears to do better than MIN. However, this is just an artifact of our accounting scheme: we only charge for misses and STATIC is not charged for the initial loading of the cache. If STATIC were instead charged k misses for the initial loading of its cache, then its miss rate would be of course worse than MIN’s.  
6. CONCLUSIONS AND FUTURE DIRECTIONS  
 After running about 1,800 simulations over a trace containing 26.86 billion URLs, our main conclusion is that URL caching is very effective – in our setup, a cache of roughly 50,000 entries can achieve a hit rate of almost 80%. Interestingly, this size is a critical point, that is, a substantially smaller cache is ineffectual while a substantially larger cache brings little additional benefit. For practical purposes our investigation is complete: In view of our discussion in Section 5.2, we recommend a cache size of between 100 to 500 entries per crawling thread. All caching strategies perform roughly the same; we recommend using either CLOCK or RANDOM, implemented using a scatter table with circular chains. Thus, for 500 crawling threads, this cache will be about 2MB – completely insignificant compared to other data structures needed in a crawler. If the intent is only to reduce cross machine traffic in a distributed crawler, then a slightly smaller cache could be used. In either case, the goal should be to have a miss rate lower than 20%.  
 However, there are some open questions, worthy of further research. The first open problem is to what extent the crawl order strategy (graph traversal method) affects the caching performance. Various strategies have been proposed, but there are indications that after a short period from the beginning of the crawl the general strategy does not matter much. Hence, we believe that caching performance will be very similar for any alternative crawling strategy. We can try to implement other strategies ourselves, but ideally we would use independent crawls. Unfortunately, crawling on web scale is not a simple endeavor, and it is unlikely that we can obtain crawl logs from commercial search engines.  
 In view of the observed fact that the size of the cache needed to achieve top performance depends on the number of threads, the second question is whether having a per-thread cache makes sense. In general, but not always, a global cache performs better than a collection of separate caches, because common items need to be stored only once. However, this assertion needs to be verified in the URL caching context.  
 The third open question concerns the explanation we propose in Section 5 regarding the scope of the links encountered on a given host. If our model is correct then it has certain implications regarding the appropriate model for the web graph, a topic of considerable interest among a wide variety of scientists: mathematicians, physicists, and computer scientists. We hope that our paper will stimulate research to estimate the cache performance under various models. Models where caching performs well due to correlation of links on a given host are probably closer to reality. We are making our URL traces available for this research by donating them to the Internet Archive.

# 附录2：中文翻译

# 万维网的高效缓存

摘要

要在网络上爬行非常简单：基本的算法是：（a）取得一个网页（b）解析它以提取所有的链接URLs（c）对于所有没有见过的URLs重复执行（a）-（c）。但是，网络的大小（估计有超过40亿的网页）和他们变化的频率（估计每周有7%的变化）使这个计划由一个微不足道的设计习题变成一个非常 严峻的算法和系统设计挑战。实际上，光是这两个要素就意味着如果要进行及时地，完全地爬行网络，步骤（a）必须每秒钟执行大约1000次，因此，成员检测（c）必须每秒钟执行超过10000次，并有非常大的数据储存到主内存中。这样就要求爬虫具有一个分布式构造，使得成员检测更加复杂。

一个可以加速检测的重要方法就是用cache（高速缓存），这是把已访问过的URLs存入主内存中的一个（动态）子集中。这篇论文最主要的目标就是仔细的研究了几种关于网络爬虫的URL缓存技术。我们考虑所有实际的算法：随机置换，静态cache，LRU，和CLOCK以及理论极限：透视cache和无限的cache。我们执行了大约1800次模拟，在这些模拟中采用了不同大小的cache执行这些算法。我们使用的真实的log日志数据时获取自一个非常大的33天的网络爬行，在这些爬行中大约执行了超过10亿次的http请求。我们的主要的结论是 cache是非常高效的-在我们的步骤里，一个有大约50000个入口的cache可以达到几乎80%的速率。有趣的是，这cache的大小下降到一个临界 点：一个实质上的小一点的cache更有效，而当一个cache实际上变大后只能带来很小的额外好处。我们推测这个临界点是固有的，并且对这个现象进行一定的解释。  
1.介绍

皮尤基金会最新的研究指出：“搜索引擎已经成为互联网用户不可或缺的工具”，估计在2002年中期，差不多有超过1半的美国人用网络搜索获取信息。因此，一个强大的搜索引擎技术有巨大的实际利益，在本篇论文中，我们集中于一方面的搜索技术，被叫做搜集网页的过程，最终组成一个搜索引擎的文集。  
 搜索引擎搜集网页通过很多途径，他们中，直接提交URL，收集其中的源文件，然后从非web源文件中提取URL，但是大量的文集被一个叫 crawling 或者 SPIDERing的进程所获得，它们递归的探索互联网。基本的算法是：

（a）取得一个网页

（b）解析它以提取所有的链接URLs

（c）对于所有没有见过的URLs重复执行（a）-（c）

网络爬虫一般开始于一些种子URLs集，这个种子由前面所描述的其他方法所获得的URL或从之前爬行的结果中所收集的url组成。有些时候网络爬虫开始于一个正确连接的页面，或者是一个目录就像yahoo.com，但是就算在这种情况下网络中相对较大的部分(估计超过20%)也从未达到。请参阅web图结构的讨论，是其本身从而导致了这种现象。

如果把网页看作图中的节点，把超链接看作在这些节点之间的有向边，那么网络爬虫就变成了一个在数学的图中执行遍历操作的进程一样。不同的遍历策略决定着在所有节点中先不访问哪个节点，先浏览哪个节点。2种标准的策略是深度优先算法和广度优先算法-他们容易被实现所以在很多入门的算法课中都有教。

但是，在网络上爬行并不是一个微不足道的设计习题，而是一个非常严峻的算法和系统设计挑战因为以下2点原因：

1. 网络非常的庞大。现在，Google需要索引超过30亿的网页。很多研究都指出，在历史上，网络每9-12个月都会增长一倍。
2. 网络的页面改变很频繁。如果这个改变指的是任何改变，那么有40%的网页每周会改变。即使我们认为页面改变三分之一或者更多算是改变的话，那么有大约7%的页面每周会改变。

这2个要素意味着，要获得及时的、完全的网页快照，一个搜索引擎必须每天访问1亿个网页。因此，步骤（a）必须执行大约每秒1000次，包含成员检测的步骤（c）必须每秒执行超过10000次，并有非常大的数据储存到主内存中。另外，网络爬虫一般使用分布式的架构来并行地爬行更多的网页，这使成员检测更为复杂：可能的是，成员问题只能由对等节点来回答，而不是本地节点。

加快成员测试的一个关键方法是在主存中缓存一个(动态的)url的子集。本文的主要目的就是深入研究web爬行的几种URL缓存技术。我们研究了四种实用的技术:随机替换、静态缓存、LRU和时钟算法，并将它们与两个理论上的限制相比较:在运行超过10亿HTTP请求的web爬行跟踪时和可以同时使用千里眼缓存和无限缓存时。我们发现简单的缓存技术即使在相对小的缓存大小，比如50,000个条目也非常有效，并且展示出了如何高效地实现这些缓存。  
 这个论文是这样组织的：第2部分讨论在文献中几种不同的爬行解决方案和什么样的cache最适合他们。第3部分介绍关于一些cache的技术和介绍了关于cache几种理论和实际算法。第4部分我们在实验机制下实现这些算法，中。第5部分描述和讨论模拟的结果。第6部分是我们推荐的实际算法和数据结构关于URLcache。第7部分是关于促进研究的结论和指导。  
2.爬行

网络爬虫几乎和Web本身一样古老，并且在文献中已经描述了许多爬行系统。在本节中，我们将对这些爬虫(按历史顺序)进行简要的调查，然后讨论为什么这些爬虫程序可以从URL缓存中获益。  
 由Internet Archive 10使用的爬行器部署了多个爬行进程，每个爬行进程一次执行对64个主机地址的详细爬行。爬行进程将非本地url保存到磁盘;在爬行的最后，批处理作业将这些url添加到下一个爬行的每个主机种子集中。  
 最初的Google爬行器，将不同的爬行器组件作为不同的进程实现。单个URL服务器进程维护要下载的URL集合;爬行进程获取页面;索引过程提取单词和链接;URL解析器进程将相对转换成绝对URL，然后将它们提供给URL服务器。各种进程通过文件系统进行通信。  
 在本文中所描述的实验中，我们使用了Mercator网络爬虫。Mercator使用一组独立的、通信的网络爬虫程序。每个爬虫程序都负责所有web服务器的一个子集;对爬虫程序的URL的分配是基于URL的主机组件的散列值。一个发现一个不负责的URL的爬虫会通过TCP发送这个URL给负责它的爬虫，将URL组合在一起以最小化TCP开销。我们在第4部分中更详细地描述了Mercator。  
 乔和加西亚-莫里纳的爬虫和Mercator相似。该系统由多个独立的、通信的网络爬虫程序(称为“c-procs”)组成。乔和加西亚-莫里纳考虑不同方案的URL空间,包括基于URL(分配一个URL C-proc基于散列的整个URL),基于网站(分配一个URL C-proc基于URL的一个散列的主机部分),和层次(分配一个URL C-proc基于URL的一些属性,比如它的顶级域名)。

web喷泉爬虫也是由一组独立的、通信的爬行进程(“蚂蚁”)组成的。当一个ant发现一个无响应的URL时，就将该URL发送到一个专用的进程(“控制器”)，该进程将URL转发给相应的ant。

UbiCrawler(原名Trovatore)由多个独立的、相互通信的网络爬虫程序组成。它还使用一个控制器进程来监控爬行过程，检测进程失败，并将故障转移到其他的爬行进程。

Suel和Shkapenyuk的爬虫程序与谷歌相似;不同的爬虫组件被实现为不同的进程。“爬行应用程序”维护要下载的url集合，并安排下载它们的顺序。它向“爬行管理器”发送下载请求，将它们转发到下载器进程的池中。下载器进程获取页面并将它们保存到一个NFS装载的文件系统中。爬行应用程序读取保存的页面，提取其中包含的任何链接，并将它们添加到要下载的URL集合中。

任何WEB爬虫都必须维护要下载的URL集合。此外，由于一次又一次地下载相同的URL是不可接受的，所以它必须有一种方法可以避免多次向集合中添加URL。通常，避免的操作通过爬虫所维护的一组已发现的url集合来实现，包括边界上的url和已经下载的url。如果这组太大了以至于不适合在存放在内存中(它通常是因为有数十亿的有效url),那么存储在磁盘上和在内存中缓存中的url是一个胜利:缓存允许爬虫丢弃一大部分的url,而无需咨询基于磁盘集。

上面提到的许多分布式网络爬虫，即Mercator、web喷泉、UbiCrawler 、乔和加西亚-莫里纳，都是由合作的爬行过程组成的，每一个都下载网页，提取它们的链接，并将这些链接发送到并行的爬行过程。但是，不需要将URL发送给一个并行的爬行进程。在将URL发送给对等爬行器之前，可以维护一个URL的缓存和查询缓存，对于减少对对等爬虫的传输有很长的路要走，就像我们在本文的其余部分中所展示的那样。

3.缓存  
 在大多数的计算机系统里面，内存是分等级的，意思是，存在2级或更多级的内存，表现出不同的空间和速度。举个例，在一个典型的工作站里，有一个非常小但是 非常快的内存，一个大但是比较慢的RAM内存，一个非常大但是很慢的disk内存。在网络环境中，层次结构继续使用网络可访问存储等。缓存是一种从较慢的内存中存储经常使用的项的思想。在适当的情况下，缓存极大地提高了整个系统的性能，因此它是操作系统设计中的一项基本技术，在任何标准的教科书中都进行了详细的讨论。在web上下文中，经常提到缓存。

在我们的web爬行器上下文中，由于访问的url的数量太大，无法存储在主存中，我们将访问的url存储在磁盘上，并在主存中缓存其中的一小部分。

缓存术语如下:缓存是用来存储同等大小的原子项的内存。一个缓存的大小为k，如果它能存储最多k个条目。在每一个单元中，缓存接收到一个项目的请求。如果所请求的项位于缓存中，则该情况称为命中，不需要进一步的操作。否则，这种情况就被称为“失误”或“错误”。如果缓存的条目少于k项，则将遗漏的项添加到缓存中。否则，该算法必须选择从缓存中取出一个条目，以便为未完成的项腾出空间，或者不添加遗漏的项。缓存策略或缓存算法决定要将哪一项驱逐出去。缓存算法的目标是最小化遗漏的次数。

显然，缓存越大，就越容易避免遗漏。因此，缓存算法的性能特征是给定大小缓存的遗漏率。一般来说，缓存是成功的有两个原因:

不均匀的请求。有些请求比其他请求更受欢迎。例如，在我们的环境中，一个链接到雅虎的网站要比链接到作者的主页要常见得多。

时间相关或引用的位置。当前的请求更有可能复制最近的请求，而不是很久以前的请求。后一种术语来自于计算机内存模型——现在所需的数据很可能在地址空间中接近于最近需要的数据。在我们的环境中，时间相关性首先是因为链接在同一页面上重复出现——我们发现平均大约30%是重复的，cf节4.2，第二，因为在给定的主机上的页面倾向于顺序地进行探索，并且它们倾向于共享许多链接。例如，计算机科学系服务器上的许多页可能会与世界上其他计算机科学部门共享链接，臭名昭著的论文等等。

由于这两个因素，一个包含流行请求和最近请求的缓存可能比一个任意的缓存更好。缓存算法尝试以不同的方式捕捉这种直觉。

现在我们描述一些标准的缓存算法，它们的性能在第5部分中进行了评估。

3.1 无限cache(INFINITE)  
 这是一个理论的算法，假定这个cache的大小要大于明显的请求数。  
3.2 透视cache（MIN）  
 早在35年以前，L´aszl´o Belady表示如果能提前知道完整的请求序列，就能剔除下一个请求最远的项。这个理论的算法叫MIN，因为它在任何序列上都能达到最小值，因此它提供了一个严格的性能约束。  
3.3 最长最久未用（LRU）  
 LRU算法会将在缓存中未被请求最长时间的项去除出去。LRU的想法是，在过去的很长一段时间里，不需要的东西很可能在未来很长一段时间内都不需要，因此，Belady的现象出现的可能性将会被最小化。  
 尽管“过去的表现并不能保证未来的结果”，但是，在实际操作中，LRU通常是非常有效的。但是，它需要维护请求的优先队列。该队列具有处理时间成本和内存成本。在缓存条件比较大的情况下，后者通常会被忽略。  
3.4 CLOCK  
 CLOCK是一个非常流行的接近于LRU的算法，被发明与20世纪60年代末。一组标记位M0;M1;::;;mk对应当前在k大小的缓存中的项。数组被视为一个环，也就是说，第一个位置跟随最后一个位置。一个时钟句柄指向缓存中的一个项。当一个请求X到达时，如果条目X在缓存中，那么它的标记位就被打开了。否则，该句柄将依次移动到数组中，将标记位关闭，直到找到一个未标记的位置。与未标记位置对应的缓存项将被移除并被x替换。  
3.5 随机置换（RANDOM）  
 在大多数实际情况下，随机替换的表现比时钟差，但不会更糟。我们的结果显示了类似的模式，正如我们在第5部分中所示。随机可以在没有额外空间成本的情况下实现;参见第6部分。  
3.6 静态caching（STATIC）  
 如果我们假设每个项目有一定的固定概率的要求,独立于以前历史的请求,然后在任何时候击中的概率缓存大小k是最大化如果缓存包含的k项被请求的概率最高。  
 有2个问题关于这个步骤：第一，一般这个概率不能被提前知道；第二，独立的请求，虽然理论上有吸引力，是对立的地方参考目前在大多数实际情况。  
 在我们的例子中，第一个问题是可以得到的:我们可能假设在之前的爬行中发现的最流行的k url是当前爬行中最流行的url。(在数据流中发现最受欢迎的项目也有很有效的方法。因此，在线方法也可能起作用。)当然，为了模拟目的，我们可以先通过输入来确定k最受欢迎的url，然后用这些url预加载缓存，这就是我们在实验中所做的。  
 第二个情况是我们决定测试STATIC的很大的原因：如果STATIC运行的很好，Sname结论是这里有很少的位置被涉及。如果STATIC运行的相对差，那么我们可以推断我们的数据显然是真实被提及的位置，连续的请求是密切相关的。  
4 实验机制

我们现在描述了我们所做的实验，以生成爬行跟踪，输入我们对各种算法的测试。我们使用墨卡托web爬虫的一个工具化的版本进行了一个大型的web爬行。我们首先描述墨卡托的爬行器架构，然后报告我们的爬行。  
4.1 Meractor 爬虫体系  
 一个Meractor爬虫体系有一组爬虫进程组成，一般在不同的机器上运行。每个爬虫进程都是总网络服务器的子集，然后由一些工作线程组成（一般有500个），他们负责下载和处理网页从这些服务器。  
 举一个例子，每个工作现场在一个系统里用4个爬行进程。  
 每个工作现场重复地完成以下的操作：它获得一个URL从URL边界里，一个磁盘数据结构维护被下载的URL集合；用HTTP协议下载对应的网页到一个缓冲区中；如果这个网页是HTML，提取所有的超链接。把提取出来的超链接流转换为完全链接然后运行通过URL过滤器，丢弃一些基于syntactic properties的链接。比如，它丢弃那些基于服务器联系我们，不能被爬行的链接。  
 URL流被送进主机Splitter里面，主机splitter用来分配URL给爬虫进程通过URL的主机名。直到大多数的超链接被关联，大部分的URL（在我们的实验中是81。5%）将被分配给本地爬虫进程；剩下的传说通过TCP给适当的爬虫进程。  
 本地URLs流和从爬虫中得到的URLs流都要送到复制URL消除器中（DUE）。DUE会除去那些被访问过的URLs。新的URLs会被送到URL边境中去以供以后下载。  
 本地URL的流和来自对等爬行器的URL流都流入了复制的URL消除器(到期)。到期的废弃地址在前面已被发现。新的URL被转发到URL边界，以便将来下载。为了消除重复的url，到期必须维护到目前为止发现的所有url的集合。考虑到当今的web包含了几十亿个有效的url，维护这样一个集合的内存需求是非常重要的。墨卡托投影可以配置为保持这个而设置的一个分布式内存中的哈希表(每个爬行过程保持分配给它的URL的子集);然而,这种由于实现(减少8字节校验和URL,使用第一个3字节的校验和索引到哈希表)需要大约5.2字节/ URL,这意味着它接管5 GB的RAM /爬行机维护一组10亿每台机器的URL。这些内存需求在很多设置中都太过陡峭，实际上，它们超出了我们所能提供的硬件。因此，我们使用了一个替代的实现，它在内存中缓冲传入的url，但是将大量的url(或者更确切地说，它们的8字节校验和)保存在磁盘上。每当内存缓冲区填满时，它就会被合并到磁盘文件中(由于磁盘延迟，这是一项非常昂贵的操作)，并且新发现的url被传递到边界。

基于磁盘的DUE和主机Splitter都受益于URL抓取。给基于磁盘的DUE加一个cache可以使它丢弃引入的URLs，发生碰撞在cache中，替代加入他们到内存缓存区中。而且有个结果是，内存缓存区要慢些，而且不频繁地和磁盘文件链接。将cache加入到一个主机Splitter中可以丢弃引入的重复的URLs代替将它们传入每个节点，这样可以减少总的网络通信。这个通信量的减少非常重要，在爬虫进程没有通过高速LAN连接的时候，但是被替代成球形分布式。在这样一个装置中，每个爬虫负责让web servers关掉它。 Mercator执行一个遍历通过广度优先算法在网络图上。每个爬虫进程中的线程同时执行。更重要的是，下载的进程被Mercator的礼仪策略调节，它在一些特殊的网络服务器中限制每个爬虫的负载。Mercator的礼仪策略保证没有服务器不断同时收到多个请求；而且，它还保证下一个请求会在它的上一个请求几倍的时间内完成（通常是10倍）。这样一个 politeness policy基本在任何一个大量搜索的网络爬虫中，否则爬虫将会陷入繁重的处理中。

墨卡托对网络图的第一次搜索遍历进行了近似。每个进程中的每个线程(通常是500个)线程都是并行操作的，这将向遍历中引入一定数量的非确定性。更重要的是，下载的调度是由墨卡托的礼貌策略所控制的，它限制了爬行器在任何特定的web服务器上的负载。墨卡托的礼貌策略保证，没有一个服务器可以并行地接收来自墨卡托的多个请求;此外，它还保证了服务器的下一个请求只有在响应前一个请求的多个时间(通常是10个)之后才会发出。这样的礼貌策略对于任何大型网络爬虫都是必不可少的;否则，爬行器的操作人员就会被投诉淹没。  
4.2 我们的网络爬虫  
 我们的网络爬虫由4个Compaq XP1000工作站组成，每个装备一个667MHz的Alpha processor，1.5GB的RAM，144GB的磁盘，和一个100Mbit/sec的以太网连接。每个机器定位于Palo Alto Internet Exchange,十分接近于Internet的主干。  
 这个爬虫运行从7月12到2002年的9月3日，虽然它活跃地爬行只有33天。下载时由于不同的硬件和网络故障。爬行过程中，那4个机器完成了10.4亿 的下载尝试，7.84亿成功下载。4.29亿的成功下载文档是HTML页面。这些页面包含了大约268.3亿个超链接，相当于每个页面有62.55个超链 接；但是，中间的数值每个超链接只有24个，暗示平均的超链接数被一些包含很多链接的页面扩大了。早期的论文报道每个页面平均只有8个超链或者17个超链 接。我们提供了3个解释关于为什么我们每个页面找到了更过的超链接。首先，我们配置了墨卡托的属性，不限制在锚标记中找到的url，而是从所有可能包含它们的标签中提取url(例如图像标记)。这个配置增加了每个页面中链接的平均和中间值。其次，我们将其配置为下载最多16 MB的页面(这一设置比通常要高得多)，这样就有可能遇到数万个链接的页面。第三，大多数研究报告每页的独特链接数量。上面的数字包括一个页面上的一个链接的副本。如果我们只考虑每个页面的唯一链接，那么链接的平均数量是42.74，中间值是17。  
 那些超链接从这些HTML中提取出来，加上大约3800万的HTTP跳转，在这个爬行中，流入到Host Splitter中。为了去测试不同caching算法的效率，我们通过Mercator的Host Splitter组件将所有的引入URLs打日志到磁盘中.四个爬虫中的Host Splitter接收并日志记录了总共268.6亿个URLs。  
 完成爬行后，我们浓缩了Host Splitter日志文件。我们把每个URL hash化为一个64—bit的识别码。我们确信没有故意的碰撞在排序最初的URL日志文档，而且计算了唯一的URLs个数。然后我们把这些唯一的URL 数和唯一的识别码数比较，我们决定用一个内存hash table在一个内存很大的机器里。数据减少的过程，大小距离51GB到57GB，而且包含64亿和71亿个URLs。  
 为了探索分布式爬行器中进程间通信的效率，我们还提取了主机分解器日志的子跟踪，这些日志只包含那些发送给对等爬虫的url。这些日志包含49.2亿个url，大约占所有url的19.5%。我们以同样的方式压缩子跟踪日志。然后我们用压缩的日志进行模拟。

# 5 仿真结果

我们研究了缓存对两种url流的影响:

1。从分配给特定机器的页面中提取的所有url的跟踪。我们将其称为完整的跟踪。

2。从分配给特定机器的页面中提取的所有url的跟踪，这些页面被发送到另一台机器进行处理。

我们将此跟踪称为交叉子跟踪，因为它是完整跟踪的一个子集。探索这两种选择的原因是，根据其他体系结构决策，只缓存发送到其他机器的url或使用单独的缓存来实现这一目的可能是有意义的。我们将每个跟踪输入到上面描述的每个缓存算法的实现中，并配置了大量的缓存大小。我们进行了大约1800次这样的实验。我们首先描述了算法实现，然后展示了我们的模拟结果。

## 5.1算法的实现

每个算法的实现都很简单。我们使用一个哈希表来查找缓存中的每个项。我们还保留了缓存项的一个单独的数据结构，这样我们就可以选择一个来进行驱逐。对于随机，这个数据结构只是一个列表。对于时钟，它是一个列表和一个时钟句柄，并且这些项也包含“标记”位。对于LRU，它是一个堆，由最后访问时间组成。静态不需要额外的数据结构，因为它从不将项目逐出。对于缓存中的每个项，MIN要更加复杂，MIN需要知道该项目的下一个请求是什么时候。因此，我们将更详细地描述MIN。让A是请求的跟踪或序列，也就是说，At是时间t所请求的项。我们创建第二个序列Nt，它包含了下一次出现在A中的时间。如果在t之后没有进一步的请求，我们设置Nt=1。形式上，为了生成序列Nt，我们从tmax向下读取跟踪，也就是说，从tmax到0，并使用一个带有键值t的哈希表，对于每个项，我们都探测哈希表。如果没有找到，我们将Nt=1和存储(At;t)放在表中。如果找到了，我们将检索(At;t0)，设置Nt=t0，并在哈希表中(At;t)中替换(At;t0)。对于Nt，实现MIN是很容易的:我们在并行中读取和Nt，因此对于每项请求，我们知道它什么时候会被请求。我们将缓存中的每个项标记为下一个请求的时间，如果有必要，则使用堆来快速识别它的下一个请求的最高值。

5.2结果

我们只提供一个爬行主机的结果。其他三个主机的结果是类似的。图2显示了整个跟踪(即从所有请求到缓存的所有请求中遗漏的百分比)的误率，作为缓存大小的函数。我们看一下从k=20到k=225的缓存大小。在图3中，我们给出了与最小值最小值的相同的数据，这是最优的离线算法。图4和图5中描述了对交叉跟踪的相同模拟。

对于这两种跟踪，LRU和时钟的性能几乎是相同的，只是比理想的最小值稍差，除了下面讨论的临界区域。随机只比时钟和LRU稍逊一筹，而静态通常更糟糕。因此，我们得出的结论是，在跟踪中存在相当多的引用，如3.6小节中所述。对于非常大的缓存，静态似乎比分钟做得更好。然而，这只是我们的会计方案的一个产物:我们只对漏失负责，而静态不为缓存的初始加载负责。如果在初始加载缓存时，如果静态的是k值，那么它的误率当然会比最小值差。

# 6。结论和未来的发展方向

在对包含268.6亿URL的跟踪进行了大约1800个模拟之后，我们的主要结论是URL缓存非常有效——在我们的设置中，一个大约5万个条目的缓存可以达到将近80%的命中率。有趣的是，这个大小是一个关键点，也就是说，一个实质上较小的缓存无效，而一个大得多的缓存几乎没有带来额外的好处。出于实际的目的，我们的调查是完整的:考虑到我们在5.2节的讨论，我们建议每个爬行线程的缓存大小在100到500个条目之间。所有的缓存策略都大致相同;我们建议使用时钟或随机选择算法，使用带有循环链的散列表来实现。因此，对于500个爬行线程，这个缓存大约是2MB——与爬行器中需要的其他数据结构相比，这完全无关紧要。如果目的只是为了减少分布式爬行器中的交叉机器流量，那么可以使用稍微小一点的缓存。在这两种情况下，目标都应该是低于20%。

然而，有一些开放的问题值得进一步研究。第一个问题是爬行顺序策略(图的遍历方法)在多大程度上影响缓存性能。已经提出了14种不同的策略，但是有迹象表明，在一段较短的时间之后，一般策略并不重要。因此，我们相信缓存性能对于任何可替代的爬行策略都是非常相似的。我们可以尝试自己实现其他策略，但理想情况下，我们会使用独立的爬行器。不幸的是，在web规模上爬行并不是一个简单的尝试，而且我们不太可能从商业搜索引擎中获得爬行日志。

考虑到所观察到的事实，实现顶级性能所需的缓存的大小取决于线程的数量，第二个问题是是否有一个线程缓存是有意义的。通常情况下，全局缓存的性能要优于单独缓存的集合，因为一般的项只需要存储一次。但是，这个断言需要在URL缓存上下文中进行验证。

第三个开放的问题是关于我们在第5节中提出的关于在给定主机上遇到的链接的范围的解释。如果我们的模型是正确的，那么它就会对网络图的适当模型产生一定的影响，这是一个非常有趣的话题，广泛的科学家:数学家、物理学家和计算机科学家。我们希望我们的论文能刺激研究来估计不同模型下的缓存性能。由于给定主机上的链接的相关性，缓存表现良好的模型可能更接近实际。我们正在为这项研究提供我们的URL跟踪，将它们捐赠给互联网档案馆。