南京邮电大学

毕 业 设 计（论 文）

|  |  |
| --- | --- |
| 题 目 | 自来水生产运行维护平台服务器端设计与实现 |
| 专 业 | 自动化 |
| 学生姓名 | 杨思璇 |
| 班级学号 |  |
| 指导教师 | 王冬生 |
| 指导单位 | 自动化学院 |

日期：2017年 3 月 14 日至 2017 年 6 月 17 日

毕业设计（论文）原创性声明

本人郑重声明：所提交的毕业设计（论文），是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已注明引用的内容外，本毕业设计（论文）不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本研究做出过重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明并表示了谢意。

论文作者签名：

日期： 年 月 日

摘 要

近年来，

关键词：服务器架构，均衡负载，容器技术

**ABSTRACT**

In recent years,

**Key words：**server framework，load balance，containers technology

目 录

[第一章 绪论 2](#_Toc481957866)

[1.1课题研究现状 2](#_Toc481957867)

[1.1.1服务器架构研究进展 2](#_Toc481957868)

[1.1.2服务器基本架构 3](#_Toc481957869)

[1.1.3服务器集群的特点 3](#_Toc481957870)

[1.2课题研究意义 4](#_Toc481957871)

[1.3内容安排 4](#_Toc481957872)

[第二章 云服务器集群 6](#_Toc481957873)

[2.1 容器技术 6](#_Toc481957874)

[2.1.1 Docker容器工具 6](#_Toc481957875)

[2.1.2 Docker Machine主机管理工具 7](#_Toc481957876)

[2.1.3 Docker Compose容器编排工具 7](#_Toc481957877)

[2.2容器管理工具 7](#_Toc481957878)

[2.3 均衡负载器 9](#_Toc481957879)

[2.4 服务发现 10](#_Toc481957880)

[第三章 数据库池设计 13](#_Toc481957881)

[3.1数据库选择 13](#_Toc481957882)

[3.2MongoDB数据库 14](#_Toc481957883)

[3.2.1副本集 14](#_Toc481957884)

[3.2.2通过分片实现均衡负载 16](#_Toc481957885)

[3.2.3创建数据集合 18](#_Toc481957886)

[3.3Redis数据库 18](#_Toc481957887)

[3.3.1 缓存Session 19](#_Toc481957888)

[3.3.2 缓存查询 19](#_Toc481957889)

[第四章 处理服务器实现 21](#_Toc481957890)

[4.1语言与框架 21](#_Toc481957891)

[4.2 OAuth2.0协议 23](#_Toc481957892)

[4.2.1初始化模块 23](#_Toc481957893)

[4.2.2中断模块 23](#_Toc481957894)

[4.3 ZigBee模块编程 24](#_Toc481957895)

[4.3.1初始化模块 24](#_Toc481957896)

[4.3.4协调器工作过程 24](#_Toc481957897)

[第五章 集群配置及性能分析 25](#_Toc481957898)

[5.1监控软件介绍 25](#_Toc481957899)

[5.2 服务端服务集群配置与测试 25](#_Toc481957900)

[5.2.1处理服务器集群配置 25](#_Toc481957901)

[5.2.2服务发现与均衡负载器配置 25](#_Toc481957902)

[5.3 数据库集群配置 25](#_Toc481957903)

[5.3.1MongoDB集群配置 25](#_Toc481957904)

[5.3.2Redis缓存配置 25](#_Toc481957905)

[5.4性能负载测试 25](#_Toc481957906)

[5.4.1调试过程中的问题 25](#_Toc481957907)

[5.4.2访问负载分析 25](#_Toc481957908)

[5.4.3实验结果 25](#_Toc481957909)

[结束语 26](#_Toc481957910)

[致 谢 27](#_Toc481957911)

[参考文献 28](#_Toc481957912)

第一章 绪论

现如今，软件开发逐步发展为B/S架构与C/S架构以及其混合发展的三层架构，而不管在何种架构中，服务器都是必须的存在。自计算机网络出现以来，服务器就是企业软件开发中最为重要的一部分。随着企业用户规模的扩大，单一的主机服务器计算性能增长出现瓶颈，已经无法满足日益增长的用户请求，严重制约了企业的发展，因此，如何开发出具备性能可弹性扩展的服务端架构，也成为业界热门的主要研究方向。

自云服务器与云计算 [2-4]的概念提出以来，便成为越来越受欢迎的企业服务器架构。云计算的模式是从实用计算、自主计算、网格计算和软件即服务（SaaS）[5]的概念发展而来[6]。本质上是一个强大的计算节点集群，通过网络的访问连接、软件和服务的组合来完成计算任务。通过与服务器虚拟化软件相结合的方式实现分布式大型计算集群和并行处理。

1.1课题研究现状

1.1.1服务器架构研究进展

早在上个世纪90年代，服务器集群的概念在业内便被提出，[V Cardellini](http://xueshu.baidu.com/s?wd=author%3A(V.%20Cardellini)&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_f_para=sc_hilight%3Dperson)等人[7]对于web框架中服务器性能瓶颈提出了构建一个可动态扩展的web服务器集群，通过均衡负载的方式解决计算性能的问题。此后，不断有人提出了新的均衡负载算法及动态扩容的方式[8-10]，如基于IP的均衡负载解决用户session问题，无状态的请求设计及基于节点性能的负载方式等。随着业务的不断扩大，服务层代码依赖过于耦合，难以维护，2005年业界逐渐提出了面向服务架构（SOA）[11]的服务器设计概念，它可以根据需求通过网络对松散耦合的粗粒度应用组件进行分布式部署、组合和使用。服务层是SOA的基础，可以直接被应用调用，从而有效控制系统中与软件代理交互的人为依赖性。

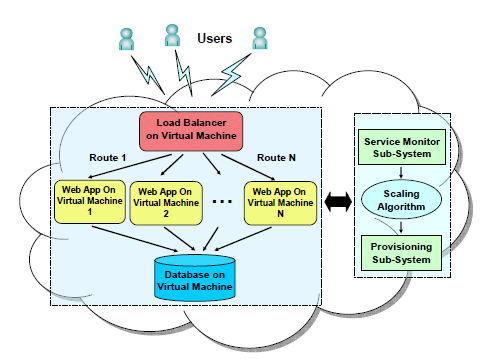
2011年5月于威尼斯附近举办的一次架构师工作坊讨论中首次提出微服务架构(简称MSA)的概念。MSA是一种分布式系统架构，它建议我们将业务切分为更加细粒度的服务，并使每个服务的责任单一，且可独立部署，服务内部高内聚，隐含内部细节，服务之间低耦合，彼此相互隔离，2014年3月，Martin Fowler发表的Microservices一文[12]真正为MSA这一架构风格在业界正名，也正是此文让业界对微服务有具体的认识。

然而服务器架构由于部署困难的问题，一直无法很好的用于构建服务器集群，但随着以VMWARE公司为代表的虚拟化技术的发展，业界Trieu C. Chieu[13]等人通过预先编写的虚拟机镜像，从而可以自动化地部署新的虚拟机实例，实现虚拟化的云服务器环境，完成对服务集群的自动弹性扩展，以此便捷的构建MSA架构的服务端。

2015年后，Red Hat公司提出以Docker为代表的容器（Container）技术[14-15]，在社区上受到热烈欢迎并且迅速发展，容器技术为应用程序提供了隔离的运行空间：每个容器内都包含一个独享的完整用户环境空间，并且一个容器内的变动不会影响其他容器的运行环境。通过容器彻底解决了微服务部署的问题，实现了高可扩展性的微服务架构的服务器部署[16]，并且通过容器管理技术，更为方便地实现了对服务器集群的构建与均衡负载[17]。

1.1.2服务器基本架构

广义上的服务器集群结构基本类似，大体上由一个均衡负载器，一系列的处理服务器节点，一个数据库池组成。对于具备动态扩容的服务器集群，通常还有一个配置子系统与服务发现子系统，并有一个定义的扩容算法所组成，见图1-1所示：



均衡负载器作为整个服务端的入口，接收用户的服务请求，并将请求按一定均衡负载算法分发给一系列的处理服务器集群节点完成请求的处理，所有处理服务器节点共用一个数据库池，完成对数据的增删查改的需求，最后将处理结果返回给用户。配置子系统实现了处理服务节点的自动化启动与配置，服务发现子系统完成对新启动的服务与不可用服务的探查，并将其加入到集群网络或将其从集群网络中剔除。

1.1.3服务器集群的特点

（1）可弹性伸缩性:

服务器集群规模可以弹性扩容，根据资源需求可以随时加入或删除计算节点以扩增集群规模，增大服务集群的计算能力，以服务更大规模的用户数目，完成更大数量的服务请求。

（2）高有效性与高可用性:

服务器集群中各个集群主机不会互相影响，独立工作，即使有部分主机发生冗机情况，中心将自动地把不可用主机从集群网络中剔除，剩余主机的运作不会受到影响，仍能正常处理用户的服务请求，仅造成服务器计算能力的降低。并且集群调度中心将会尝试重新启动发生错误的主机，待其恢复功能后重新加入集群网络，以恢复集群的正常运行。

（3）服务高性价比:

服务器集群可以通过集群网络的方式将一系列不同型号、标准的廉价硬件设施组成一个高可用、高性能的计算中心，代替了以往价格高昂的单一大型计算主机。并且可以轻松地更新、维护集群中任意主机节点，在同等计算性能下，达到了很高的性价比。在现今流行的SaaS企业云平台更进一步降低了服务器集群的使用与维护成本。

（4）动态负载平衡:

为了保证系统中所有资源可以得到充分的利用，服务器集群通常具备一个均衡负载器将用户请求根据一定的均衡算法将请求平衡地转发给集群中的节点处理，从而尽可能地让不同性能的计算节点都能最大程度的利用其性能资源。并且可以通过监控服务集群中所有处理服务节点的负载健康状态，动态地改变调度情况。

1.2课题研究意义

由于服务器需要处理大量的用户服务访问请求，因此如何设计实现一个符合自身业务需求的服务器架构是一个最根本的问题。相较于传统的单一主机服务器计算性能有效和价格昂贵的特性，云服务器通过大量主机构成集群网络，实现可伸缩性、高有效性、高可用性，通过均衡负载完成对系统硬件资源最为有效的利用。使用物理主机构建集群由于环境原因十分困难，并且资源受到限制，采用基于虚拟机的虚拟化技术则对资源开销过大，使用容器技术对MSA架构的服务器集群进行部署在业内则属于刚刚兴起的热门研究方向。

通过对服务端架构的研究，开展自来水生产运行维护平台服务器端架构设计，从而满足服务器数据处理、存储平台规模可扩展，服务端集群计算能力能随着业务量的扩张而弹性扩展的需求，实现对大量并发访问请求的处理，解决服务器无法同时满足不同类型客户端请求的问题。合适的服务器架构可以降低企业的维护成本，方便地满足企业业务，适应企业用户规模的增长，因此，对服务器架构的研究具有重要的意义。

1.3内容安排

本课题其它内容安排如下：

（1）第二章介绍云服务器集群技术，主要包括容器技术、容器管理工具、服务发现及均衡负载等；

（2）第三章介绍数据库池设计，主要包括设计MongoDB数据库集群、Redis缓存；

（3）第四章介绍处理服务器实现，主要包括介绍基于Node.js实现OAuth2.0协议和Restful 接口；

（4）第五章介绍集群配置与性能分析，主要包括服务器集群和数据库集群的容器配置和集群负载性能分析；

（5）最后几部分是结束语、致谢、参考文献和附录。

第二章 云服务器集群

2.1 容器技术

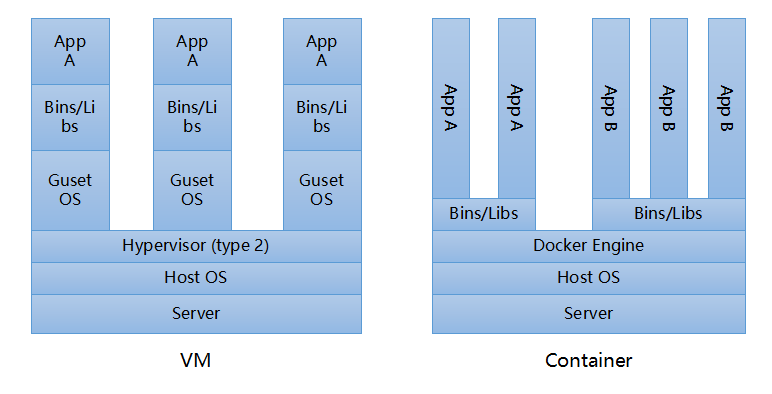
容器技术是目前实现微服务架构服务器最佳的选择之一。通过将应用（微服务）以及依赖包发布到一个可移植的容器中，然后Pull到任何主流的 Linux 机器上实现服务的虚拟化。容器完全使用沙箱机制，不依赖于任何语言、框架以及操作系统。基于容器封装应用（微服务），并与经过优化的强大基础架构相结合，使经过认证的应用能够在裸机系统、虚拟机和私有或公共云之间轻松部署。容器技术和虚拟机的功能有些相似，但性能相差很大。与虚拟机相比，容器技术通常可以在1秒内启动，而虚拟机启动加上应用系统的启动时间要长得多,且资源利用率高。另外，容器性能开销小，虚拟机通常需要额外的CPU和内存来完成OS的功能，这一部分占据了额外的计算资源，对于服务器集群来说不具备高性价比，以下图2-1为传统的VM技术与容器技术的区别，左为VM技术架构，右为容器技术架构：

图1 VM与Container技术架构对比图

2.1.1 Docker容器工具

Docker是Dot Cloud公司基于[go语言](http://baike.baidu.com/item/go%E8%AF%AD%E8%A8%80)开发的一个基于[LXC](http://baike.baidu.com/item/LXC)的高级容器引擎，源代码托管在[Github](http://baike.baidu.com/item/Github)上,并遵从Apache2.0协议开源，也是目前容器技术中最有主流的代表，用户可以从Docker Hub上Pull经过认证的或其他个人Push的公有容器镜像直接使用，也可以自己通过编写Docker file文件构建其自身的容器镜像。使用Docker file构建容器可以通过FROM命令在一个公有容器基础上构建自己的容器。每个容器具备自己的计算机文件、进程、端口资源与接口，通过VOLUMES命令挂载本地文件与配置。

Docker解决了运行环境依赖问题，不再有更换运行环境后应用无法正常启动的问题。如果说LXC着眼点在于提供轻量级的虚拟技术，扎根在虚拟机，那Docker则定位于应用。Docker所为人称道的portability、application-centric、versioning等等超越传统虚拟技术的优点都跟它的封装性密不可分。

2.1.2 Docker Machine主机管理工具

Docker Machine是一种可以让用户在虚拟主机上安装Docker实例，并且通过Docker Machine命令管理主机的工具。用户可以通过Docker Machine可以在不同平台上（不管是本地Mac或者Windows或者Azure、 Rackspace、OpenStack、Google等云平台）创建Docker主机。利用Docker Machine命令，用户可以方便的启动、监控、重启Docker主机，配置Docker客户端与实例。Docker Machine结合VMWARE可以作为一个方便的虚拟机管理工具，使得用户可以方便的创建以及管理虚拟机，并可通过创建一个集群桥接网络，实现不同主机间的通信。

2.1.3 Docker Compose容器编排工具

Docker Compose是一个编排并启动多个容器应用的工具。通过Compose，用户可以编写Compose file来配置自己的应用服务，然后利用一些简单的命令，便可以创建、开始、停止、重启所有配置中的服务。Compose如一个CI工作流一般，对于开发、测试及运维来说都是十分方便的。用户可以在Compose file中定义容器的镜像或者Build环境、内外端口映射、启动方式、启动命令，并且可以通过Links命令将不同容器的地址写入相应容器的DNS中，同时通过配置Overlay网络，可以让容器在一个共享的网络中通信。利用Scale命令，Docker Compose可以轻松的在任意时刻对某个容器进行扩容。

2.2容器管理工具

很明显，容器在创建和交付应用程序的过程中有着新发展。然而，大范围控制容器部署也会有一些并发症。容器肯定是跟资源相匹配的。故障肯定是越快解决越好。这些挑战会导致集群管理和编排的并发需求。

集群管理工具是一个通过图形界面或者通过命令行来帮助你管理一组集群的软件程序。有了这个工具，你就可以监控集群里的节点，配置 services ，管理整个集群服务器。集群管理可以从像发送工作到集群的低投入活动，到像均衡负载和可得性的高介入工作。主流的容器管理工具有Google公司开发的工具Kubernetes，与Docker原生的Docker Swarm，由于Kubernetes相对学习成本较高，命令与Docker差别很大，更适用于管理容器数量巨大的引用，因此直接采用原生的Docker Swarm来管理容器对于服务数量复杂度不高的应用是最佳的选择。

Docker Swarm是一个原生的Docker集群工具，让一系列的 Docker主机集群转化为一个单一的虚拟的Docker主机。在一个分布式应用程序环境中，计算元素必须也是可以被分布的。Swarm 允许你在本地聚集 Docker 引擎。有了单个引擎，应用程序可以被扩展得更快，更有效率。Swarm 能够扩容到 50000 个容器， 1000 个节点，同时当容器添加到集群的时候一点都不影响性能。

再加上， Swarm 的角色相当于 Docker API。任意可以操作Docker Daemon 的工具都可以运用Docker Swarm的力量在很多主机上进行扩容，包括了像 Flynn，Compose，Jenkins和Drone之类不同的主机。

Swarm 遵循“swap, plug, play”的原则，意味着也可以在后端运行 Mesos 或者 Kubernetes 的时候，被用来作为前端 Docker 客户端。Swarm 在它的核心内部是一个简单的系统：每个主机运行一个 Swarm 代理与管理员。管理员处理容器的操作和调度。你可以在高可用状态下运行，它使用的是 Consul， ZooKeeper或者etcd来发送容错 events到后端系统。

Docker Swarm的一个优点就是，它是一个本地解决办法——你可以用Docker命令来实施Docker网络，插件和数据卷。Swarm 管理员为 leader 选举创建一些 master 和特定的规定。这些条例实施在初级 master 故障的 event 里。 Swarm调度器以各种各样的过滤包为特色，也包括紧密性和节点标签。过滤包能够附加容器到底层节点，资源得到更好的利用，性能得到提升。

在网络上创建Swarm节点的第一步是Pull Docker Swarm镜像。然后，利用Docker配置Swarm Manager与其余的节点来启动Docker Swarm。这需要用户做到：

1、对于每个节点启动一个TCP端口用于与Swarm Manager通信；

2、安装Docker在每个节点上

3、创建与管理TLS信任证书来保证集群的安全

最佳的方式便是利用Docker Machine来完成这些，Docker Machine已经安装了Docker实例，并且可以自动地创建信任证书与其余的Docker Machine实例组成安全的集群网络。

2.3 均衡负载器

均衡负载器，英文名为Load Balance，是一个Apache HTTP均衡负载器，通过反向代理的方式，它将作为一个单一的web请求入口点，接受所有的客户端服务请求，然后根据一定的均衡算法，将请求路由到处理服务器集群上相同的web服务器处理实例中。需要说明的是：均衡负载器并不是必须的基础网络设备，而是一种性能优化设备。对于[网络应用](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=5532892)而言，并不是一开始就需要负载均衡，当网络应用的访问量不断增长，单个处理单元无法满足负载需求时，网络应用流量将要出现瓶颈时，负载均衡才会起到作用。常用的均衡负载器有Nginx，通过Nginx可以十分容器地实现多个请求路径的反向代理与均衡负载的功能，通过location的匹配实现路径的匹配，同时也可以用于静态资源的缓存。Nginx还可以实现HTTP Response的缓存与压缩等诸多功能。

在Docker Compose file中编排Nginx均衡负载服务：

lb:  
 image: gjscut/loadbalance  
 build: config/consul  
 links:  
 - api  
 ports:  
 - "80:80"

该容器由config/consul文件夹下的Docker file基于官方认证的nginx容器所构建，代码为：

FROM nginx:latest  
  
RUN DEBIAN\_FRONTEND=noninteractive \  
 apt-get update -qq && \  
 apt-get -y install curl runit unzip && \  
 rm -rf /var/lib/apt/lists/\*  
  
ADD nginx.service /etc/service/nginx/run   
  
RUN rm -v /etc/nginx/conf.d/\*  
ADD nginx.conf /etc/consul-templates/nginx.conf  
  
CMD ["/usr/bin/runsvdir", "/etc/service"]

通过挂载本地的nginx.conf实现对nginx的配置，完成反向代理与均衡负载的功能，其中均衡负载与反向代理的关键代码为：  
upstream app {  
 least\_conn;  
 {{range service "development.api"}}  
 server {{.Address}}:{{.Port}} max\_fails=3 fail\_timeout=60 weight=1;  
 {{else}}server 127.0.0.1:65535; # force a 502{{end}}  
}  
  
server {  
 listen 80 default\_server;   
 gzip on;   
 keepalive\_timeout 30;   
 open\_file\_cache max=200000 inactive=20s;   
 location / {  
 proxy\_cache cache;  
 proxy\_cache\_key $scheme$proxy\_host$uri$is\_args$args;  
 proxy\_cache\_valid 200 10m;  
 proxy\_cache\_bypass $arg\_nocache;  
 add\_header X-Cache-Status $upstream\_cache\_status;  
 proxy\_pass http://app;  
 proxy\_set\_header X-Forwarded-For $proxy\_add\_x\_forwarded\_for;  
 proxy\_set\_header Host $host;  
 proxy\_set\_header X-Real-IP $remote\_addr;  
 }  
}

2.4 服务发现

对于微服务架构的服务器而言，服务发现功能是一个极其重要的组成部分。由于服务不可能是预先定义好不变的，随着服务运行中的弹性扩展，重启，转移，服务的地址与端口都可能发生改变，原有依赖于这些服务的服务将会因此发生错误，而运行时创建的服务，也需要通过服务发现，将其地址加到均衡负载器的DNS列表，然后加入到均衡负载器的负载流中。对于需要依赖这些动态创建服务的服务，也需要服务发现功能，来动态的获取可用服务的DNS列表。常用的服务发现有Consul， ZooKeeper或者etcd以及Docker Swarm自带的服务发现功能。本文采用Consul作为服务发现工具。

Consul具备多个组件，总体而言，它是一个用于服务发现与配置的工具，它提供以下关键的特性：

1. 服务发现：Consul客户端可以将一个服务注册，其他Consul客户端来发现提供者的服务，利用DNS或者HTTP，应用可以轻松地利用这些服务。
2. 健康检查：Consul客户端提供一定数量的健康检查，通过测试给定服务是否返回200 OK或者本地节点内存是否低于90%。这些信息可以提供给集群监控健康，并被服务发现组件避免路由到不健康的主机
3. KV存储：应用可以利用Consul的key/value数据库存储一定目标数据，包括动态配置，特性标志等。
4. 多数据中心：Consul支持多个数据中心，意味着用户不需要担心构建额外的抽象层来增加多个局部实例。

Consul是一个分布式的、高可用的系统，每一个节点提供了运行Consul Agent的服务，Agent就像节点自己一样负责节点服务的健康检查。所有节点通知一个或多个的Consul服务端，Consul服务端用于存储与备份，它们会选取一个leader，通过主从备份防止数据丢失。当用户需要用到服务发现时，可以通过任意Agent或Server查询，Agent会自动地将查询转发给Server。

通过绑定Docker端口的Registrator可以自动地将Docker运行中的所有服务及相应的端口注册到Consul Server中，随后通过在均衡负载器中启动一个Consul Client，在有新的处理服务器加入到集群中时，便可动态地将新的服务地址与端口注册到均衡负载器，从而实现弹性扩容。当有服务关闭时，健康检查功能也将该服务从均衡负载器中剔除。

在Docker Compose file中编排Registrator与Consul Server的配置如下，其中Consul主要通过8500端口作为Restful API端口供其他服务使用，Registartor通过Links Consul获得Consul的DNS地址：

consul:  
 image: gliderlabs/consul-server:latest  
 command: -bootstrap  
 ports:  
 - "8300:8300"  
 - "8400:8400"  
 - "8500:8500"  
 - "8600:53/udp"  
  
registrator:  
 image: gliderlabs/registrator:master  
 links:  
 - consul  
 command: -internal -resync 600 consul://consul:8500  
 volumes:  
 - "/var/run/docker.sock:/tmp/docker.sock"

编写在Nginx中运行的Consul Client的服务发现template服务，使得处理服务器集群增加或删除时，订阅通知更新Nginx的配置文件，重新配置均衡负载流：

exec consul-template \  
 -consul=consul:8500 \  
 -template "/etc/consul-templates/nginx.conf:/etc/nginx/conf.d/app.conf:sv hup nginx"

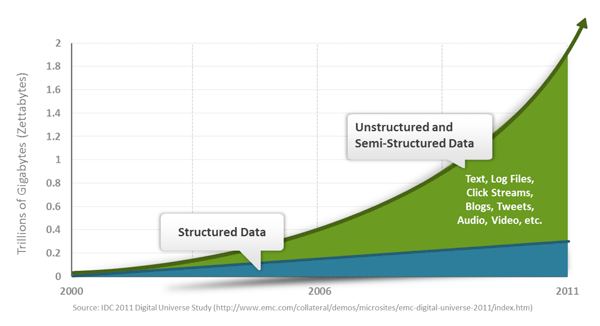
Nginx的Docker file中下载Consul Client并启动template服务

ENV CT\_URL https://releases.hashicorp.com/consul-template/0.12.2/consul-template\_0.12.2\_linux\_amd64.zip  
ENV CT\_FN consul-template.zip  
RUN curl -L $CT\_URL > $CT\_FN && unzip $CT\_FN -d /usr/local/bin && rm $CT\_FN

第三章 数据库池设计

3.1数据库选择

在过去的企业服务端架构中，传统的关系型数据库（RDBMS）占据了市场上的绝对主流地位，例如MySQL，Oracle，SQL Server等。由于关系型数据库基于集合代数的原理设计，用户通过SQL语言可以很方便的实现联表查询，能够满足十分复杂的业务查询功能，提供了数据的存储、访问以及保护能力。通过对ACID原则的全面支持，即交易的原子性、一致性、隔离性与持久性，使得RDBMS具备很强的实用性与可靠性。

然而随着互联网时代的到来，用户数目与数据容量的爆炸式增长使得传统的关系型数据库显的愈发力不从心。基于Web的大量数据处理与分析需要要求极高的数据库查询速率，而在企业的实际应用中发现，并不是所有数据都必须实现强一致性，即时偶尔有些非重要数据发生错误也不影响系统的正常使用，非强一致性模型以及更小的处理消耗更适合快速变化的动态环境。由下图3-1可以了解到，近年来非结构化的数据增长原快于结构化的数据增长，对于传统的关系型数据库而言处理这些非结构型数据是不合适的。

在这种背景需求下，非结构型的数据库（NoSQL）应运而生，NoSQL数据库相比于关系型数据库提供了更灵活的数据库模式（Schema），其中每一个数据元素不需要存在于每一个数据实体当中。定义更松散的[数据结构](http://lib.csdn.net/base/datastructure)会随着时间的推移而进化，因此在一些特定场景下NoSQL数据库会是更加实际的解决方案。

NoSQL与关系型数据库的另外一个不同就是数据一致性的提供方式。关系型数据库可以确保存储的数据永远保持一致性，而大多数NoSQL数据库产品提供了更松散的一致性方式。事实上，关系型数据库产品已经可以提供不同级别的数据库锁、一致性与隔离性，而一些NoSQL则提供了多种一致性模型，可以支持完整的ACID。

NoSQL解决了一些关系型数据库不能解决的问题，针对海量数据的处理更得心应手。实际生产中数据被认为是稀疏的，不是所有元素都被填充，在实际值中还有很多的“空白空间”。NoSQL通过基于稀疏矩阵的处理方式使得数据库处理这些数据的能力大幅增强。

尽管NoSQL在特定的数据类型上有着一定优势，但与关系型数据库相比它的劣势也是非常明显的。比如，交易完整性、灵活索引以及查询易用性的缺失等。此外，NoSQL还包含了四个不同的类别，用来支持不同的应用：

• 键值型数据库（Key-value）

• 文档型数据库（Document）

• 列式数据库（Columnstore）

• 图型数据库（Graph）

同时对于一些实时性极强，查询频率高但是数据量小的数据模型，基于文件系统的关系型数据库也不再适合，内存数据库解决了这一问题。内存数据库有时也称为主内存数据库。一个内存数据库主要通过内存来存储数据，这与基于磁盘的存储有所不同。内存数据库的主要应用场景就是改善性能。数据存储在内存介质当中，I/O延迟将得到大大削减。因为机械硬盘的转动、寻道时间以及传输到缓存器的动作在内存中都被省去了。内存数据库主要针对内存数据访问进行了优化，而传统数据库则是针对磁盘进行的数据访问优化。内存数据库产品还可以减少开销，因为其内部[算法](http://lib.csdn.net/base/datastructure)通常更加简单，需要更少的CPU指令。

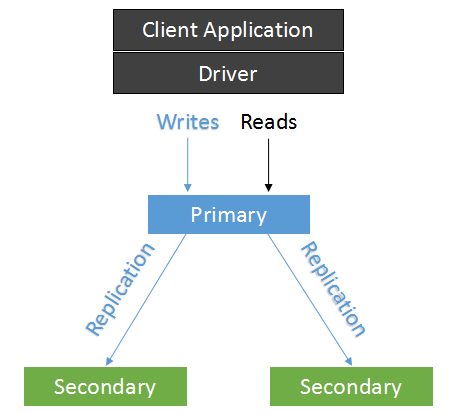
3.2MongoDB数据库

MongoDB 是由C++语言编写的，是一个基于分布式文件存储的开源数据库系统。在高负载的情况下，可以添加更多的节点，可以保证服务器性能。MongoDB 旨在为WEB应用提供可扩展的高性能数据存储解决方案。它可以构建一个NoSQL集群，应对当前大数据量，大规模运算以及高并发的需求。MongoDB 将数据存储为一个文档，数据结构由键值(key=>value)对组成。MongoDB 文档类似于 JSON 对象。字段值可以包含其他文档，数组及文档数组。Mongodb也支持Map/reduce操作，主要是用来对数据进行批量处理和聚合操作。Map函数调用emit(key,value)遍历集合中所有的记录，将key与value传给Reduce函数进行处理。Map函数和Reduce函数是使用Javascript编写的，并可以通过db.runCommand或mapreduce命令来执行MapReduce操作。

3.2.1副本集

MongoDB副本集是将数据同步在多个服务器的过程。复制提供了数据的冗余备份，并在多个服务器上存储数据副本，提高了数据的可用性， 并可以保证数据的安全性。复制还允许您从硬件故障和服务中断中恢复数据。

mongodb的副本集至少需要两个节点。其中一个是主节点，负责处理客户端请求，其余的都是从节点，负责复制主节点上的数据。mongodb各个节点常见的搭配方式为：一主一从、一主多从。主节点记录在其上的所有操作oplog，从节点定期轮询主节点获取这些操作，然后对自己的数据副本执行这些操作，从而保证从节点的数据与主节点一致。MongoDB复制结构图如下图3-2所示：



其中每一个副本集是一个由Primary主数据库以及1个或多个Secondary从数据库组成的一个集合，集合中每个数据库保存相同的数据，并由主数据库负责实际的业务读写，客户端主节点读取数据，在客户端写入数据到主节点时，主节点与从节点进行数据交互保障数据的一致性，从数据库作为容灾备份。Replica Sets的结构类似一个集群，完全可以把它当成一个集群，因为它确实与集群实现的作用是一样的：如果其中一个节点出现故障，其他节点马上会将业务接管过来而无须停机操作。

一个由一台主节点和两个副节点的副本集Compose编排如下，通过mongod --replSet rs1 --shardsvr --port 27017命令将三个节点设为同一副本集：

mongo-1-2:  
 container\_name: "mongo-1-2"  
 image: mongo  
 ports:  
 - "30012:27017"  
 command: mongod --replSet rs1 --shardsvr --port 27017  
 restart: always  
mongo-1-3:  
 container\_name: "mongo-1-3"  
 image: mongo  
 ports:  
 - "30013:27017"  
 command: mongod --replSet rs1 --shardsvr --port 27017  
 restart: always  
mongo-1-1:  
 container\_name: "mongo-1-1"  
 image: mongo  
 ports:  
 - "30011:27017"  
 command: mongod --replSet rs1 --shardsvr --port 27017  
 links:  
 - mongo-1-2:mongo-1-2  
 - mongo-1-3:mongo-1-3  
 restart: always

在所有节点启动后，连接主数据库节点配置副本集，配置命令如下：

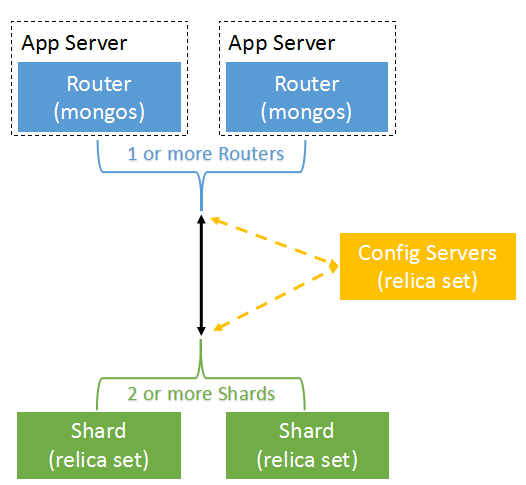
mongo --host ${mongodb1}:${port} <<EOF  
 var cfg = {"\_id": "${RS}", "members": [  
 { "\_id": 0,"host": "${mongodb1}:${port}" },  
 { "\_id": 1,"host": "${mongodb2}:${port}" },  
 { "\_id": 2,"host": "${mongodb3}:${port}" }]  
 };  
 rs.initiate(cfg, { force: true });  
 rs.reconfig(cfg, { force: true });  
EOF

至此，完成了一个MongoDB副本集集群的配置，用户可以通过任意一个节点，对数据库进行访问，不管任意节点宕机时，副本集将会路由到剩余的可用节点访问数据。

3.2.2通过分片实现均衡负载

在Mongodb里面存在另一种集群，就是分片技术,可以满足MongoDB数据量大量增长的需求。当MongoDB存储海量的数据时，一台机器可能不足以存储数据，也可能不足以提供可接受的读写吞吐量，并且由于复制所有的写入操作到主节点，延迟的敏感数据会在主节点查询，单个副本集限制了12个节点，当请求量巨大时会出现内存不足，本地磁盘不足，垂直扩展价格高昂等原因，单一的副本集已无法支持业务的增长。这时，我们就可以通过在多台机器上分割数据，使得数据库系统能存储和处理更多的数据。

分片是某一集合中负责某一子集的一台或多台服务器。MongoDB会自动地将数据均匀分布在分片上，同时最小化需要被移动的数据量。MongoDB在集群入口会启动Mongos服务来隐藏分片之间复杂性向用户提供一个服务接口，并作为一个路由节点接受用户的所有读写。同时MongoDB还会存在一个配置服务器保存集群的配置信息。整个MongoDB集群组成部件结构如下图：



其中多个路由节点可以起到均衡负载与容灾的作用，防止出现路由节点宕机的情况，配置服务器负责将单个MongoDB中的数据分片到多个副本集的实例上，配置服务器的个数与一个副本集中的节点个数一致，启动配置服务器的命令与启动普通副本集的MongoDB实例类似，启动后通过以下命令配置：

mongo --host ${mongodb1}:${port} <<EOF  
 var cfg = {"\_id": "${RS}", configsvr: true, "members": [  
 { "\_id": 0,"host": "${mongodb1}:${port}" },  
 { "\_id": 1,"host": "${mongodb2}:${port}" },  
 { "\_id": 2,"host": "${mongodb3}:${port}" }]  
 };  
 rs.initiate(cfg, { force: true });  
 rs.reconfig(cfg, { force: true });  
EOF

最后在路由实例中，通过mongos将配置服务器端口加入路由列表启动，命令如下：

mongos --configdb cnf-serv/mongo-cnf-1:27017,mongo-cnf-2:27017,mongo-cnf-3:27017

最后连接路由实例将副本集端口加入即可，命令如下：

mongo --host ${mongodb1}:${port} <<EOF  
sh.addShard( "${RS1}/${mongodb11}:${PORT1},${mongodb12}:${PORT2},${mongodb13}:${PORT3}" );  
sh.addShard( "${RS2}/${mongodb21}:${PORT1},${mongodb22}:${PORT2},${mongodb23}:${PORT3}" );   
EOF

由此，便成功创建了由6个Mongo副本集存储实例，3个配置实例，1个路由实例组成的MongoDB数据库集群。

3.2.3创建数据集合

MongoDB 是一种面向文档(document-oriented)的数据库，其内存储的是一种 JSON-like 结构化数据。尽管拥有和关系型数据库 Database/Table 类似的的 DB/Collection 概念，但同一 Collection 内的 Document 可以拥有不同的属性。集合存在于数据库中，集合没有固定的结构，这意味着你在对集合可以插入不同格式和类型的数据，但通常情况下我们插入集合的数据都会有一定的关联性。MongoDB的元数据支持String，Integer，Boolean，Double，Min/Max keys，Arrays，Timestamp，Date，Object ID，Binary Data ，Code，Regular expression等数据类型。同时在MongoDB里对于模型之间关系的表示，即可以用Link,又可以用Embedded，Link主要用于表示多对多的关系，Embedded主要表示包含的关系，基于此，我们通过JSON文档的方式，以fildName: {options}的格式，为所有数据模型创建MongoDB集合。

对于水厂监控的服务器而言，由于需要查询实时历史数据与最近的历史统计数据，因此查询数据需要根据数据插入时间进行排序，MongoDB提供了自动创建时间戳的方式，为每个文档建立创建与更新的时间戳，以用于排序，方法只要在创建Schema时option使用{ versionKey: false, timestamps: { createdAt: 'createTime', updatedAt: 'updateTime' } }

同时对createTime字段创建索引，MongoDB索引方式与传统RDBMS一样采用B+树的索引方式，因此使用方法与RDBMS类似。MongoDB支持单字段索引，复合字段索引以及数组索引的方式，我们通过ensureIndex({createTime: -1})命令，为CreateTime字段创建倒序的单字段索引。

3.3Redis数据库

redis是一个key-value存储系统。和Memcached类似，它支持存储的value类型相对更多，包括string(字符串)、list(链表)、set(集合)、zset(sortedset--有序集合)和hash（哈希类型）。这些数据类型都支持push/pop、add/remove及取交集并集和[差集](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=7828832&ss_c=ssc.citiao.link)及更丰富的操作，而且这些操作都是原子性的。在此基础上，redis支持各种不同方式的排序。与memcached一样，为了保证效率，数据都是缓存在内存中。区别的是redis会周期性的把更新的数据写入磁盘或者把修改操作写入追加的记录文件，并且在此基础上实现了master-slave(主从)同步。

Redis是一个高性能的key-value数据库。redis的出现，很大程度补偿了memcached这类key/value存储的不足，在部分场合可以对[关系数据库](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=277136&ss_c=ssc.citiao.link)起到很好的补充作用。它提供了Python，Ruby，Erlang，PHP客户端，使用很方便。[[1]](http://baike.sogou.com/v32864996.htm?fromTitle=Redis#quote1)

Redis支持主从同步。数据可以从主服务器向任意数量的从服务器上同步，从服务器可以是关联其他从服务器的主服务器。这使得Redis可执行单层树复制。从盘可以有意无意的对数据进行写操作。由于完全实现了发布/订阅机制，使得从数据库在任何地方同步树时，可订阅一个频道并接收主服务器完整的消息发布记录。同步对读取操作的可扩展性和[数据冗余](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=158671&ss_c=ssc.citiao.link)很有帮助。

3.3.1 缓存Session

[Session](http://en.wikipedia.org/wiki/Session_(computer_science)) 是面向连接的状态信息，是对 Http 无状态协议的补充。Session 数据保留在服务端，而为了标识具体 Session 信息指向哪个连接，需要客户端传递向服务端发送一个连接标识，比如存在Cookies 中的session\_id值（也可以通过URL的QueryString传递），服务端根据这个id 存取状态信息。随着网站规模（访问量/复杂度/数据量）的扩容，针对单机的方案将成为性能的瓶颈，分布式应用在所难免。所以，有必要研究一下 Session 的分布式存储。

如前述， Session使用的标识其实是客户端传递的 session\_id，在分布式方案中，一般会针对这个值进行哈希，以确定其在 hashing ring 的存储位置。hashing ring就是一个分布式结点的回路（取值范围：0到232-1，在在零点重合）：Session 应用场景中，它根据 session\_id 的哈希值，按顺时针方向就近安排一个小于其值的结点进行存储。在 Session 处理的事务中，最重要的环节莫过于 客户端与服务端 关于 session 标识的传递过程：

1、服务端查询客户端Cookies 中是否存在 session\_id

2、有session\_id，是否过期？过期了需要重新生成；没有过期则延长过期

3、没有 session\_id，生成一个，并写入客户端的 Set-Cookie 的 Header，这样下一次客户端发起请求时，就会在 Request Header 的 Cookies带着这个session\_id。

在Node.js中，通过Express Session模块，以及Redis的connect-redis模块，可以方便的搭建基于Redis的分布式缓存，node.js实现代码如下：

server.use(session({  
 store: new RedisStore(options),  
 secret: 'NANJINGYOUDIAN',  
 resave: true,  
 saveUninitialized: true  
}));

3.3.2 缓存查询

对于水厂处理系统服务端而言，绝大多数的查询都是对实时数据与最近历史数据的查询，因此我们可以通过Redis构建查询缓存，降低数据库访问压力，加快请求处理相应。

Redis支持String，List，Set，Hash类型的数据存储格式，对于水质处理流程模型的查询结果，我们可以选用List格式进行存储，由于大部分查询都是根据createTime倒序排序查询一定数量的数据，因此我们可以用collectionName的键存储缓存结果，当有新的数据插入时，通过lpush(key, String)的方式往该collectionName的list插入更新数据的Json字符串，然后使用rpop(key)命令将所有尾部元素删除。在查询时，如果查询的排序方式是倒序排序createTime，首先判断查询请求的limit是否超过list缓存的长度，可以通过llen(key)命令查询，如果小于则直接通过 lrange(key, skip, limit)命令直接从Redis中取出，否则话，先判断当前节点的可用内存大小，然后判断新的limit是否足够，足够的话，从MongoDB中查询数据，然后更新到List中。

由于用户请问访问时，都需要先获得Token的授权，然后每次请求需要经过Token的验证，因此直接使用MongoDB存储User与Token，需要每次请求前额外访问一次数据库查询，而User与Token表通常数据量不大，因此可以将整个表预先从MongoDB存入Redis作缓存查询。Redis不支持直接存储Object对象，但是可以通过Hash数据结构存储Object。通过命令hmset(key, Object)命令，将一个Object对象存入Redis，其中key是数据表名加上数据主键，然后可以通过hgetall(key)命令查询需要的数据。对于无法直接根据主键搜索的数据，需要额外的用set(key, String)命令建立需要搜索的key与主键的关联，然后再进去查询。当需要删除该Object时，使用hdel(key, fields)命令来删除所有Hash值。

第四章 处理服务器实现

4.1语言与框架

传统的企业服务器通常采用JAVA语言，基于Spring，Spring MVC，Mybaits三大框架实现对HTTP请求的处理与响应，其中JAVA是一种面向对象的强类型语言，然而由于JAVA处理异步任务只有通过新的线程或者线程池实现，缺乏await语义，因此总有线程因为IO或者其他原因处在sleep状态，其结果就是没办法（很难）实现单服务器高并发的承载能力，并且SSM框架仍然是基于传统的SOA思想设计，对于分布式系统的实现十分复杂，对Restful API的支持仍有许多局限。

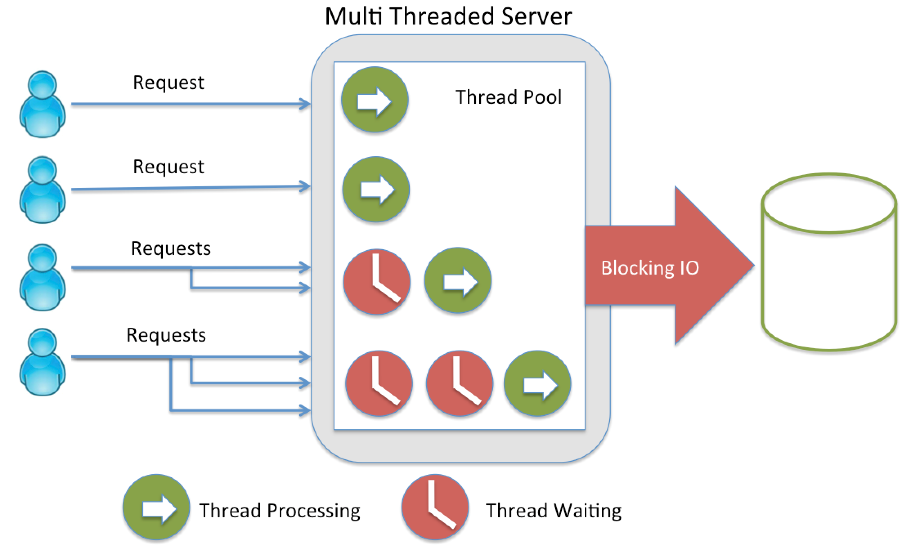
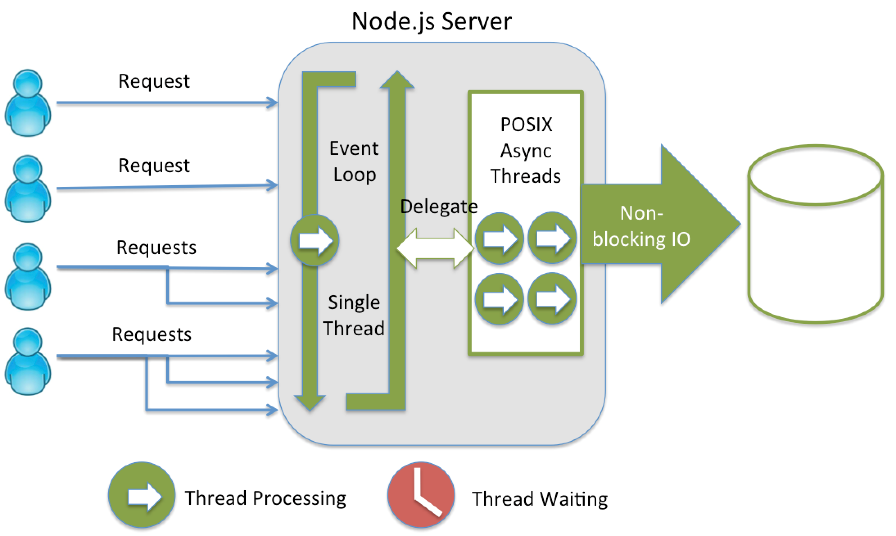
为了能适应高并发的情况（成千上万的连接），服务器需要采用异步非阻塞模式。可能已经在IO操作中实现了这种方式。但问题是，如果服务器代码的任何部分可能产生阻塞，你都需要开启一个线程。在这种级别的并发下,你不能去为每个连接创建线程。所以整个代码路径都需要异步非阻塞式的, 不仅仅在输入输出层。这就是Node擅长的地方，以下图4-1是JAVA这类多线程服务器与Node.js的对比，因此对于一个并发数巨大但是业务逻辑基本较为简单的企业应用，Node.js是一个快速实现处理服务器的最佳选择之一。

图4-1 多线程服务器与Node.js服务器对比图

Node.js是基于弱类型的解释性脚本语言JavaScript实现的可以快速构建网络服务及应用的平台，在Chrome JavaScript V8 Runtime建立的平台， 用于方便地搭建响应速度快、易于扩展的网络应用。Node.js 使用[事件驱动](http://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=8448313&ss_c=ssc.citiao.link)， 非阻塞I/O 模型而得以轻量和高效，非常适合在分布式设备上运行的数据密集型的实时应用。V8引擎执行Javascript的速度非常快，性能非常好。Node对一些特殊用例进行了优化，提供了替代的API，使得V8在非浏览器环境下运行得更好。

Node.js使用Module模块去划分不同的功能，以简化应用的开发。Modules模块有点象C语言中的类库。每一个Node.js的类库都包含了十分丰富的各类函数，比如http模块就包含了和http功能相关的很多函数，可以帮助开发者很容易地对比如http,tcp/udp等进行操作，还可以很容易的创建http和tcp/udp的服务器。

NPM是JavaScript的包管理器，也是世界上最大的软件仓库，用户通过NPM来安装，分享与发布代码模块，Node.js通过编写package.json文件构建模块依赖，然后通过npm install命令一键执行安装文件中的所有模块。对于水质处理工厂服务端，我们创建package.json文件并加入如表4-1所示的依赖模块：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 作用 | 模块名 | 备注 |
| 实现服务端Restful API接口 | express | 构建Restful服务器基本框架 |
| express-session | 储存与处理Session信息 |
| cookie-parser | 解析Cookie数据 |
| body-parser | 解析Http Body数据 |
| node-restful | 构建Restful API接口 |
| 简化异步逻辑 | bluebird | 实现Promise Lambda处理异步逻辑 |
| 用户登录模块实现 | connect-ensure-login | Session中标记用户登录状态 |
| bcrypt-nodejs | 密码加密 |
| OAuth2.0协议实现 | passport | Passport授权与验证基础框架 |
| passport-local | 基于Passport实现用户账号密码登录验证 |
| passport-http-bearer | 基于Passport实现Bearer Token验证 |
| passport-oauth2-client-password | 基于Passport实现用户密码模式授权 |
| passport-http | 基于Passport实现可信客户端模式授权 |
| oauth2orize | 基于Passport实现授权码模式授权 |
| uuid | 创建唯一性Token |
| MongoDB数据库 | connect-mongo | 连接MongoDB数据库 |
| mongoose | 调用MongoDB的API完成CRUD |
| jsonschema | 构建Mongo Schem |
| Redis数据库 | connect-redis | 连接Redis数据库 |
| hiredis | 实现Redis的分布式Session存储 |
| redis | 调用Redis数据库API完成CRUD |
| 测试与监控 | mocha | Node.js测试框架 |
| chai | 断言工具 |
| newrelic | 性能监控工具 |

基于以上模块，我们运行npm install便可构建处理服务器的基本框架，通过require命令在JavaScript代码中编写处理服务器的具体代码。在以下章节将介绍处理服务器的具体实现，主要包括授权与验证，Restful Api接口。

4.2 授权与验证

对于任何的服务端而言，安全往往是容易受到忽视的一个重要部分，许多早期的公司由于为了方便接口完全暴露在公网，因此成为了黑客与爬虫的目标，被窃取大量机密的公司业务数据，造成了大量的损失。因此业界一直也在研究有关服务器授权与验证的问题。如何验证请求的合法性，保障接口与数据的安全，是开发处理服务器的首要目标。对于服务器而言，授权与验证过程既要保证安全性，同时也要满足高效性，避免大量服务器计算性能消耗在授权与验证过程中，造成了请求过高的延迟。

对于Node.js平台，Passport库是实现多种不同方式授权与验证的很好选择。Passport是一个Node的身份认证中间件，它被设计用于服务端请求认证的目的。当编写模块时，封装是一种优点，因此Passport将所有其他功能委托给应用程序。这种原则可以隔离代码依赖，使其保持整洁和具备可维护性，并且使Passport非常容易集成到应用程序中。

在现代web应用程序中，身份验证可以采用多种形式。传统中用户通过提供用户名和密码登录服务器。随着社交网络的兴起,使用OAuth提供商(例如Facebook或Twitter)单点登录已经成为一个受欢迎的身份验证方法，而公开API的服务通常也需要基于Token的凭证来保护访问。其中OAuth是一种认证与授权的协议OAuth在"客户端"与"服务提供商"之间，设置了一个授权层（authorization layer）。"客户端"不能直接登录"服务提供商"，只能登录授权层，以此将用户与客户端区分开来。"客户端"登录授权层所用的令牌（token），与用户的密码不同。用户可以在登录的时候，指定授权层令牌的权限范围和有效期。"客户端"登录授权层以后，"服务提供商"根据令牌的权限范围和有效期，向"客户端"开放用户储存的资料。OAuth 2.0定义了四种授权方式。

1. 授权码模式（authorization code）
2. 简化模式（implicit）
3. 密码模式（resource owner password credentials）
4. 客户端模式（client credentials）

Passport认为每个应用程序都有独特的身份验证需求。通过身份验证机制，也被称为策略，Passport将其打包为单个模块。应用程序可以选择使用哪种策略，而不需要创建不必要的依赖关系。尽管在身份验证中涉及到复杂的问题，但代码并不一定要复杂。因此通过模块的封装，基于Passport可以很方便的实现登录验证过程以及需要的OAuth2.0授权方式。

4.2.1用户登录认证

用户账号密码登录是每个服务器需要实现的基本功能之一，对于一个服务器而言，用户信息是其最基本最重要的数据信息，服务器需要通过用户登录过程，验证用户是否是合法的已注册用户，具备何种的权限。并且所有以用户用户名作为外键的表都需要先经过登录过程，才能完成业务的正常进行。在登录成功后，因为HTTP是无状态的协议，即这个协议是无法记录用户访问状态的，其每次请求都是独立的无关联的，而服务器需要知道用户的状态信息，尤其是登录状态信息，因此服务器需要将该用户信息记录到请求的Cookie中标记登录状态，再为该用户的登录会话创建Session记录服务器的用户信息。

基于Passport的用户登录模式是加入passport-local的模块，而后在代码中编写本地的用户密码授权策略，便可以接受local模式的认证请求，具体代码如下：

passport.use(new LocalStrategy(function(username, password, done) {  
 redis.hgetall('user:' + username, function(err, user) {  
 if (err) { return done(err); }  
 if (!user) { return done(null, false, { message: 'Unknow User' }); }  
 if (!utils.validEncrypt(password, user.password)) { return done(null, false); }  
 return done(null, user);  
 });  
 }  
));

其中，使用Redis数据库查询HTTP请求中的用户名，检查HTTP请求中密码经过MD5加盐后的散列值是否与数据库中存储的散列值一样，如果是的话则认证成功。

而后在Node.js的Express框架中，编写登录与登出的Post请求路由路径，如下所示：

router.route('/login').post(passport.authenticate('local', {successReturnToOrRedirect: '/login/status/success', failureRedirect: '/login/status/failure'}));

router.route('/logout').get(function(req, res) { req.logout(); res.status(200).json('logout success');});

其中登录通过调用passport的authenticate命令，查询local策略，调用上述的local登录策略代码，成功或失败后重定向到相应的链接完成登录。登出通过在request中清除用户的Cookie信息，完成登出过程。

4.2.2授权码模式认证

4.2.3密码模式认证

4.2.4 RefreshToken认证

4.3 Restful API接口

4.3.1初始化模块

4.3.4协调器工作过程

第五章 集群配置及性能分析

5.1监控软件介绍

5.2 服务端服务集群配置与测试

5.2.1处理服务器集群配置

5.2.2服务发现与均衡负载器配置

5.3 数据库集群配置

5.3.1MongoDB集群配置

5.3.2Redis缓存配置

5.4性能负载测试

5.4.1调试过程中的问题

5.4.2访问负载分析

5.4.3实验结果

结束语

1.总结

本系统，同时具备等特点。

在做毕业设计的过程中，我遇到过许多困难。最开始。回想起这整个过程，我感触颇多。

（1）这次毕设使我认识到自己的相关专业知识掌握得还不够牢固，知识体系不太全面，主要是以前课堂上学习到的内容没有深入地理解，不够透彻。因此，我会在日后的工作、生活中不断充电，活到老，学到老；

（2）毕设不仅检测学生的书本知识，更是对学生的分析问题解决问题、动手能力最开始的时候觉得题目很难，无从下手，在自己的努力和老师同学的帮助下，我对题目越来越理解，思路也逐渐清晰，个人的能力得到了极大的提高；

（3）在这次毕业设计中，我体会到了同学之间深厚的感情。每当我遇到挫折，都会有热心的同学帮助我解决问题，度过难关；或者是给我提出一些宝贵的建议，激发我对毕设的不断完善和改进，所以在这里非常感谢帮助他们。

2.展望

关于本系统，我认为有下几个方面可以进行改进：

致 谢

这次毕业设计能够顺利完成离不开老师和同学们的帮助，是他们的支持和鼓励让我不断前进，坚持不懈。在毕设即将结束之际，我要对给予我大量关心和督促的王冬生老师表示衷心的谢意。王老师工作认真、治学严谨、学富五车，他的学术研究精神深深地感染和激励了我。此外，王老师人格高尚，待人和善，在毕设期间不仅教授了我相关学术知识和科研方法，还教会了我许多做人的道理，这些都将使我终生受益。当然，在[论文](http://biyelunwen.yjbys.com/)的写作过程中，王老师也给了我许多意见和建议，帮助我不断完善论文，提高质量。

同时，我也要向身边的同学表示感谢，当我遇到困难时，他们给予了我很大的帮助和鼓励，使最终我能走到这一步。

最后要感谢的是大学四年来所有的任课老师，没有他们的辛勤劳动、谆谆教导就没有我今天的成果。

在这即将离开学校、进入社会之际，我祝愿所有曾经关心、帮助和支持过我的人都能拥有一个绚烂缤纷的美好明天。

参考文献

1. 张友生, 陈松乔. C/S与B/S混合软件体系结构模型[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(23):138-140.
2. G. Gruman, "What cloud computing really means", InfoWorld, Jan. 2009.
3. R. Buyya, Y. S. Chee, and V. Srikumar, “Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities”, Department of Computer Science and Software Engineering, University of Melbourne, Australia, July 2008, pp. 9.
4. D. Chappell, “A Short Introduction to Cloud Platforms”, David Chappell & Associates, August 2008.
5. Cusumano M. Cloud computing and SaaS as new computing platforms[J]. 2010, 53(4):27-29.
6. E. Knorr, “Software as a service: The next big thing”, InfoWorld, March 2006.
7. Cardellini V, Colajanni M, Yu P S. Dynamic load balancing on Web-server systems[J]. IEEE Internet Computing, 1999, 3(3):28-39.
8. Choi E. Performance test and analysis for an adaptive load balancing mechanism on distributed server cluster systems[J]. Future Generation Computer Systems, 2004, 20(2):237-247.
9. Brendel J, Kring C J, Liu Z, et al. World-wide-web server with delayed resource-binding for resource-based load balancing on a distributed resource multi-node network: US, US5774660[P]. 1998.
10. Bowman-Amuah M K. Load balancer in environment services patterns: US, US6578068[P]. 2003.
11. Newcomer E, Lomow G. Understanding SOA with Web Services (Independent Technology Guides)[J]. 2005, 25(4):72.
12. [Martin Fowler](https://martinfowler.com/). Microservices a definition of this new architectural term [EB/OL]. (2014-03-14). https://martinfowler.com/articles/microservices.html?utm\_source=tuicool&utm\_medium=referral
13. Chieu T C, Mohindra A, Karve A A, et al. Dynamic Scaling of Web Applications in a Virtualized Cloud Computing Environment[C]// IEEE International Conference on E-Business Engineering. IEEE Xplore, 2009:281-286.
14. 孙海洪. 微服务架构和容器技术应用[J]. 金融电子化, 2016(5):63-64.
15. 李忠民, 齐占新. 业务架构的微应用化与技术架构的微服务化——兼谈微服务架构的实施实践[J]. 科技创新与应用, 2016(35):95-96.
16. 张宁溪, 朱晓民. 基于Docker、Swarm、Consul与Nginx构建高可用和可扩展Web服务框架的方法[J]. 电信技术, 2016(11):21-25.
17. 卢胜林, 倪明, 张翰博. 基于Docker Swarm集群的调度策略优化[J]. 信息技术, 2016(7):147-151.