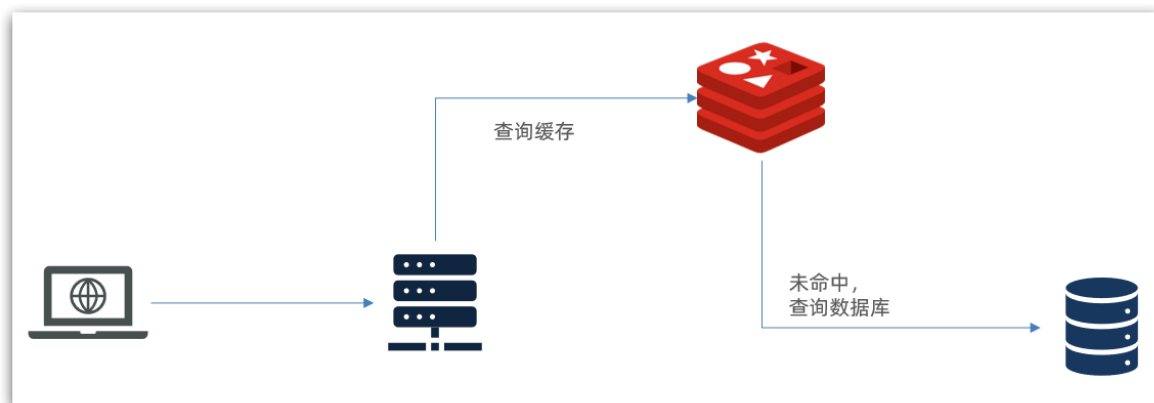


# 多级缓存

## 1.什么是多级缓存

传统的缓存策略一般是请求到达Tomcat后，先查询Redis，如果未命中则查询数据库，如图：

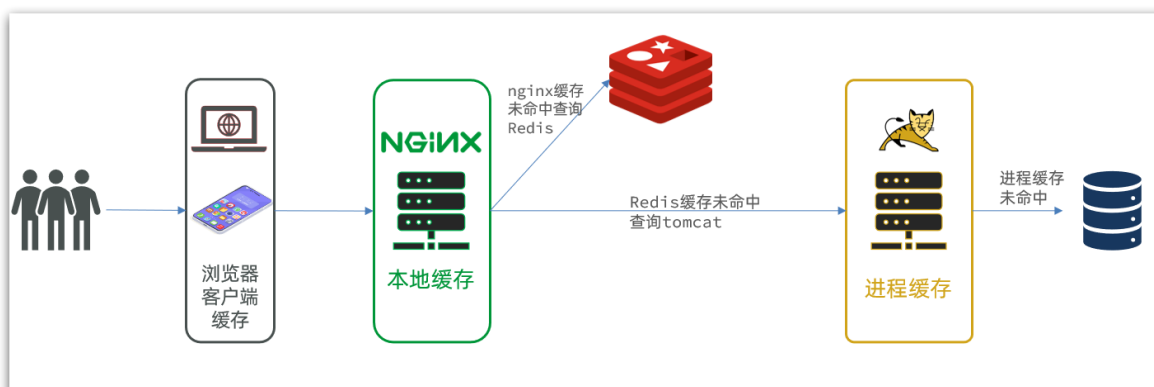


存在下面的问题：

- 请求要经过Tomcat处理，Tomcat的性能成为整个系统的瓶颈
- Redis缓存失效时，会对数据库产生冲击

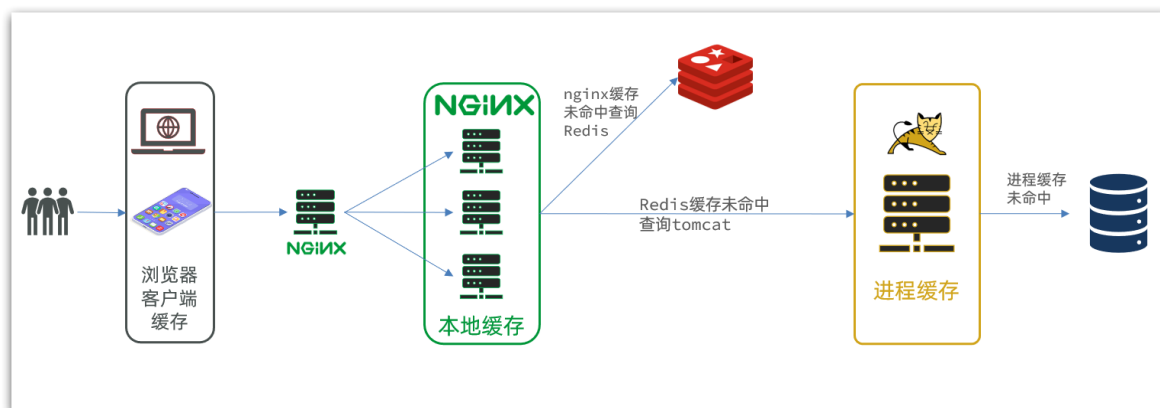
多级缓存就是充分利用请求处理的每个环节，分别添加缓存，减轻Tomcat压力，提升服务性能：

- 浏览器访问静态资源时，优先读取浏览器本地缓存
- 访问非静态资源（ajax查询数据）时，访问服务端
- 请求到达Nginx后，优先读取Nginx本地缓存
- 如果Nginx本地缓存未命中，则去直接查询Redis（不经过Tomcat）
- 如果Redis查询未命中，则查询Tomcat
- 请求进入Tomcat后，优先查询VM进程缓存
- 如果VM进程缓存未命中，则查询数据库

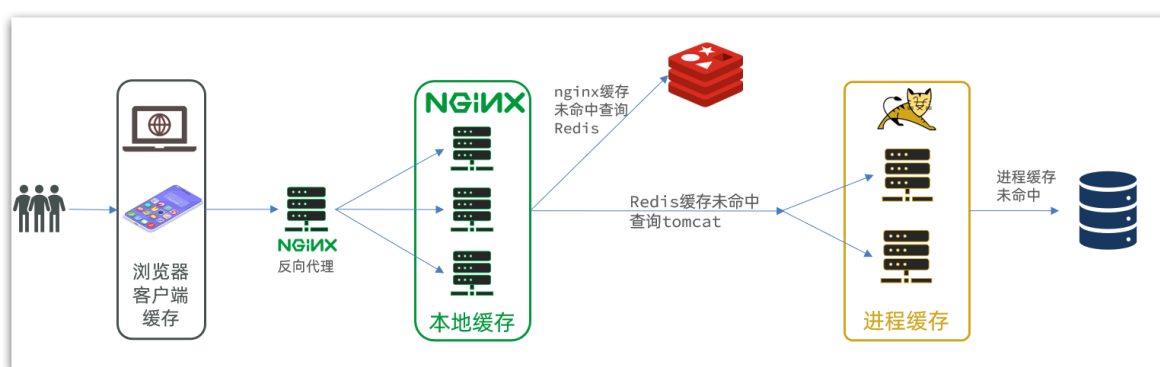


在多级缓存架构中，Nginx内部需要编写本地缓存查询、Redis查询、Tomcat查询的业务逻辑，因此这样的nginx服务不再是一个**反向代理服务器**，而是一个编写**业务的Web服务器**了。

因此这样的业务Nginx服务也需要搭建集群来提高并发，再有专门的nginx服务来做反向代理，如图：



另外，我们的Tomcat服务将来也会部署为集群模式：



可见，多级缓存的关键有两个：

- 一个是在nginx中编写业务，实现nginx本地缓存、Redis、Tomcat的查询
- 另一个就是在Tomcat中实现JVM进程缓存

其中Nginx编程则会用到OpenResty框架结合Lua这样的语言。

这也是今天课程的难点和重点。

## 2.JVM进程缓存

为了演示多级缓存的案例，我们先准备一个商品查询的业务。

### 2.1.导入案例

参考课前资料的：《案例导入说明.md》



## 2.2.初识Caffeine

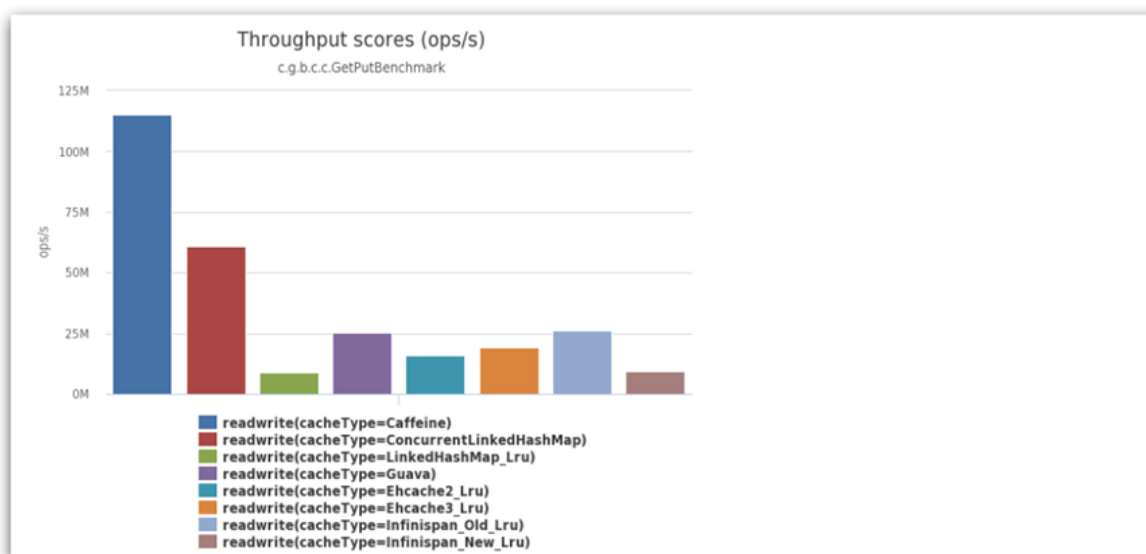
缓存在日常开发中启动至关重要的作用，由于是存储在内存中，数据的读取速度是非常快的，能大量减少对数据库的访问，减少数据库的压力。我们把缓存分为两类：

- 分布式缓存，例如Redis：
  - 优点：存储容量更大、可靠性更好、可以在集群间共享
  - 缺点：访问缓存有网络开销
  - 场景：缓存数据量较大、可靠性要求较高、需要在集群间共享
- 进程本地缓存，例如HashMap、GuavaCache：
  - 优点：读取本地内存，没有网络开销，速度更快
  - 缺点：存储容量有限、可靠性较低、无法共享
  - 场景：性能要求较高，缓存数据量较小

我们今天会利用Caffeine框架来实现JVM进程缓存。

**Caffeine**是一个基于Java8开发的，提供了近乎最佳命中率的高性能的本地缓存库。目前Spring内部的缓存使用的就是Caffeine。GitHub地址：<https://github.com/ben-manes/caffeine>

Caffeine的性能非常好，下图是官方给出的性能对比：



可以看到Caffeine的性能遥遥领先！

缓存使用的基本API：

```

@Test
void testBasicOps() {
    // 构建cache对象
    Cache<String, String> cache = Caffeine.newBuilder().build();

    // 存数据
    cache.put("gf", "迪丽热巴");

    // 取数据
    String gf = cache.getIfPresent("gf");
    System.out.println("gf = " + gf);

    // 取数据，包含两个参数：
    // 参数一：缓存的key
    // 参数二：Lambda表达式，表达式参数就是缓存的key，方法体是查询数据库的逻辑
    // 优先根据key查询JVM缓存，如果未命中，则执行参数二的Lambda表达式
    String defaultGF = cache.get("defaultGF", key -> {
        // 根据key去数据库查询数据
        return "柳岩";
    });
    System.out.println("defaultGF = " + defaultGF);
}

```

Caffeine既然是缓存的一种，肯定需要有缓存的清除策略，不然的话内存总会有耗尽的时候。

Caffeine提供了三种缓存驱逐策略：

- **基于容量**：设置缓存的数量上限

```

// 创建缓存对象
Cache<String, String> cache = Caffeine.newBuilder()
    .maximumSize(1) // 设置缓存大小上限为 1
    .build();

```

- **基于时间**：设置缓存的有效时间

```

// 创建缓存对象
Cache<String, String> cache = Caffeine.newBuilder()
    // 设置缓存有效期为 10 秒，从最后一次写入开始计时
    .expireAfterWrite(Duration.ofSeconds(10))
    .build();

```

- **基于引用**：设置缓存为软引用或弱引用，利用GC来回收缓存数据。性能较差，不建议使用。

**注意：**在默认情况下，当一个缓存元素过期的时候，Caffeine不会自动立即将其清理和驱逐。而是在一次读或写操作后，或者在空闲时间完成对失效数据的驱逐。

## 2.3.实现JVM进程缓存

### 2.3.1.需求

利用Caffeine实现下列需求：

- 给根据id查询商品的业务添加缓存，缓存未命中时查询数据库
- 给根据id查询商品库存的业务添加缓存，缓存未命中时查询数据库
- 缓存初始大小为100
- 缓存上限为10000

### 2.3.2.实现

首先，我们需要定义两个Caffeine的缓存对象，分别保存商品、库存的缓存数据。

在item-service的 `com.heima.item.config` 包下定义 `CaffeineConfig` 类：

```
package com.heima.item.config;

import com.github.benmanes.caffeine.cache.Cache;
import com.github.benmanes.caffeine.cache.Caffeine;
import com.heima.item.pojo.Item;
import com.heima.item.pojo.ItemStock;
import org.springframework.context.annotation.Bean;
import org.springframework.context.annotation.Configuration;

@Configuration
public class CaffeineConfig {

    @Bean
    public Cache<Long, Item> itemCache(){
        return Caffeine.newBuilder()
            .initialCapacity(100)
            .maximumSize(10_000)
            .build();
    }

    @Bean
    public Cache<Long, ItemStock> stockCache(){
        return Caffeine.newBuilder()
            .initialCapacity(100)
            .maximumSize(10_000)
            .build();
    }
}
```

然后，修改item-service中的 `com.heima.item.web` 包下的 `ItemController` 类，添加缓存逻辑：

```
@RestController
@RequestMapping("item")
public class ItemController {

    @Autowired
    private IItemService itemService;
    @Autowired
```

```

private ItemStockService stockService;

@Autowired
private Cache<Long, Item> itemCache;
@Autowired
private Cache<Long, ItemStock> stockCache;

// ...其它略

@GetMapping("/{id}")
public Item findById(@PathVariable("id") Long id) {
    return itemCache.get(id, key -> itemService.query()
        .ne("status", 3).eq("id", key)
        .one()
    );
}

@GetMapping("/stock/{id}")
public ItemStock findStockById(@PathVariable("id") Long id) {
    return stockCache.get(id, key -> stockService.getById(key));
}
}

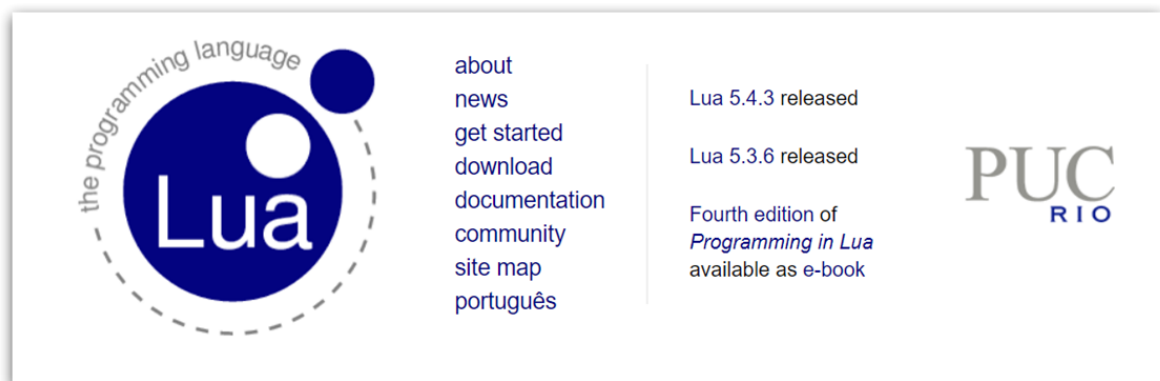
```

## 3.Lua语法入门

Nginx编程需要用到Lua语言，因此我们必须先入门Lua的基本语法。

### 3.1.初识Lua

Lua 是一种轻量小巧的脚本语言，用标准C语言编写并以源代码形式开放，其设计目的是为了嵌入应用程序中，从而为应用程序提供灵活的扩展和定制功能。官网：<https://www.lua.org/>



Lua经常嵌入到C语言开发的程序中，例如游戏开发、游戏插件等。

Nginx本身也是C语言开发，因此也允许基于Lua做拓展。

### 3.1.HelloWorld

CentOS7默认已经安装了Lua语言环境，所以可以直接运行Lua代码。

1) 在Linux虚拟机的任意目录下，新建一个hello.lua文件

```
[root@node1 ~]# touch hello.lua
[root@node1 ~]#
```

2) 添加下面的内容

```
print("Hello world!")
```

3) 运行

```
[root@node1 ~]# lua hello.lua
hello world
```

## 3.2.变量和循环

学习任何语言必然离不开变量，而变量的声明必须先知道数据的类型。

### 3.2.1.Lua的数据类型

Lua中支持的常见数据类型包括：

数据类型	描述
nil	这个最简单，只有值nil属于该类，表示一个无效值（在条件表达式中相当于false）。
boolean	包含两个值：false和true
number	表示双精度类型的实浮点数
string	字符串由一对双引号或单引号来表示
function	由 C 或 Lua 编写的函数
table	Lua 中的表（table）其实是一个"关联数组"（associative arrays），数组的索引可以是数字、字符串或表类型。在 Lua 里，table 的创建是通过"构造表达式"来完成，最简单构造表达式是{}，用来创建一个空表。

另外，Lua提供了type()函数来判断一个变量的数据类型：

```
> print(type("Hello world"))
string
> print(type(10.4*3))
number
```

### 3.2.2.声明变量

Lua声明变量的时候无需指定数据类型，而是用local来声明变量为局部变量：

```
-- 声明字符串，可以用单引号或双引号，
local str = 'hello'
-- 字符串拼接可以使用 ..
local str2 = 'hello' .. 'world'
-- 声明数字
local num = 21
-- 声明布尔类型
local flag = true
```

Lua中的table类型既可以作为数组，又可以作为Java中的map来使用。数组就是特殊的table，key是数组角标而已：

```
-- 声明数组，key为角标的 table
local arr = {'java', 'python', 'lua'}
-- 声明table，类似java的map
local map = {name='Jack', age=21}
```

Lua中的数组角标是从1开始，访问的时候与Java中类似：

```
-- 访问数组，lua数组的角标从1开始
print(arr[1])
```

Lua中的table可以用key来访问：

```
-- 访问table
print(map['name'])
print(map.name)
```

### 3.2.3.循环

对于table，我们可以利用for循环来遍历。不过数组和普通table遍历略有差异。

遍历数组：

```
-- 声明数组 key为索引的 table
local arr = {'java', 'python', 'lua'}
-- 遍历数组
for index,value in ipairs(arr) do
    print(index, value)
end
```

遍历普通table

```
-- 声明map，也就是table
local map = {name='Jack', age=21}
-- 遍历table
for key,value in pairs(map) do
    print(key, value)
end
```



## 3.3.条件控制、函数

Lua中的条件控制和函数声明与Java类似。

### 3.3.1.函数

定义函数的语法：

```
function 函数名( argument1, argument2..., argumentn)
    -- 函数体
    return 返回值
end
```

例如，定义一个函数，用来打印数组：

```
function printArr(arr)
    for index, value in ipairs(arr) do
        print(value)
    end
end
```

### 3.3.2.条件控制

类似Java的条件控制，例如if、else语法：

```
if(布尔表达式)
then
    --[ 布尔表达式为 true 时执行该语句块 --]
else
    --[ 布尔表达式为 false 时执行该语句块 --]
end
```

与java不同，布尔表达式中的逻辑运算是基于英文单词：

操作符	描述	实例
and	逻辑与操作符。 若 A 为 false，则返回 A， 否则返回 B。	(A and B) 为 false。
or	逻辑或操作符。 若 A 为 true，则返回 A， 否则返回 B。	(A or B) 为 true。
not	逻辑非操作符。与逻辑运算结果相反，如果条件为 true，逻辑非为 false。	not(A and B) 为 true。

### 3.3.3.案例

需求：自定义一个函数，可以打印table，当参数为nil时，打印错误信息

```
function printArr(arr)
    if not arr then
        print('数组不能为空!')
    end
    for index, value in ipairs(arr) do
        print(value)
    end
end
```

## 4.实现多级缓存

多级缓存的实现离不开Nginx编程，而Nginx编程又离不开OpenResty。

### 4.1.安装OpenResty

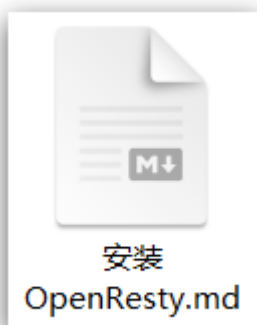
OpenResty® 是一个基于 Nginx的高性能 Web 平台，用于方便地搭建能够处理超高并发、扩展性极高的动态 Web 应用、Web 服务和动态网关。具备下列特点：

- 具备Nginx的完整功能
- 基于Lua语言进行扩展，集成了大量精良的 Lua 库、第三方模块
- 允许使用Lua**自定义业务逻辑、自定义库**

官方网站：<https://openresty.org/cn/>

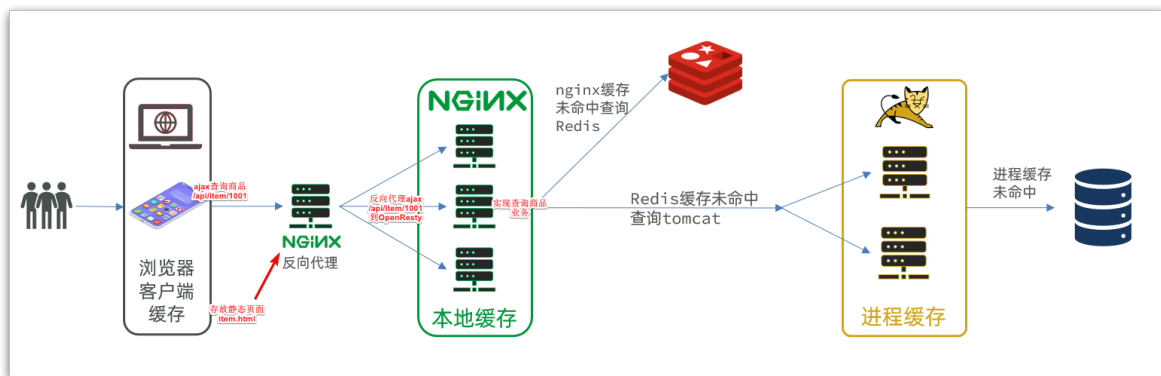


安装Lua可以参考课前资料提供的《安装OpenResty.md》：



### 4.2.OpenResty快速入门

我们希望达到的多级缓存架构如图：



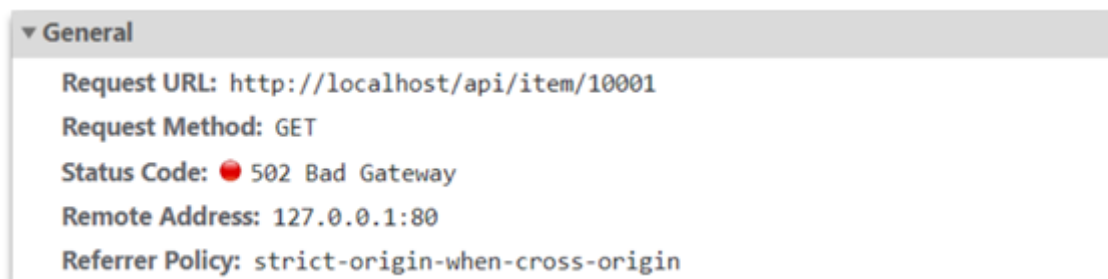
其中：

- windows上的nginx用来做反向代理服务，将前端的查询商品的ajax请求代理到OpenResty集群
- OpenResty集群用来编写多级缓存业务

### 4.2.1.反向代理流程

现在，商品详情页使用的是假的数据库数据。不过在浏览器中，可以看到页面有发起ajax请求查询真实商品数据。

这个请求如下：



请求地址是localhost，端口是80，就被windows上安装的Nginx服务给接收到了。然后代理给了OpenResty集群：



我们需要在OpenResty中编写业务，查询商品数据并返回到浏览器。

但是这次，我们先在OpenResty接收请求，返回假的商品数据。

### 4.2.2.OpenResty监听请求

OpenResty的很多功能都依赖于其目录下的Lua库，需要在nginx.conf中指定依赖库的目录，并导入依赖：

1) 添加对OpenResty的Lua模块的加载

修改 `/usr/local/openresty/nginx/conf/nginx.conf` 文件，在其中的http下面，添加下面代码：

```
#lua 模块
lua_package_path "/usr/local/openresty/lualib/?.lua;;";
#c模块
lua_package_cpath "/usr/local/openresty/lualib/?.so;;";
```

2) 监听/api/item路径

修改 `/usr/local/openresty/nginx/conf/nginx.conf` 文件，在nginx.conf的server下面，添加对/api/item这个路径的监听：

```
location /api/item {
    # 默认的响应类型
    default_type application/json;
    # 响应结果由lua/item.lua文件来决定
    content_by_lua_file lua/item.lua;
}
```

这个监听，就类似于SpringMVC中的 `@GetMapping("/api/item")` 做路径映射。

而 `content_by_lua_file lua/item.lua` 则相当于调用item.lua这个文件，执行其中的业务，把结果返回给用户。相当于java中调用service。

### 4.2.3.编写item.lua

1) 在 `/usr/local/openresty/nginx` 目录创建文件夹：lua

```
[root@node1 nginx]# pwd
/usr/local/openresty/nginx
[root@node1 nginx]# mkdir lua
```

2) 在 `/usr/local/openresty/nginx/lua` 文件夹下，新建文件：item.lua

```
[root@node1 nginx]# pwd
/usr/local/openresty/nginx
[root@node1 nginx]# touch lua/item.lua
```

### 3) 编写item.lua，返回假数据

item.lua中，利用ngx.say()函数返回数据到Response中

```
ngx.say('{ "id":10001,"name":"SALSA AIR","title":"RIMOWA 21寸托运箱拉杆箱 SALSA AIR
系列果绿色
820.70.36.4","price":17900,"image":"https://m.360buyimg.com/mobilecms/s720x720_j
fs/t6934/364/1195375010/84676/e9f2c55f/597ece38N0ddcbc77.jpg!q70.jpg.webp","cate
gory":"拉杆箱","brand":"RIMOWA","spec":"","status":1,"createTime":"2019-04-
30T16:00:00.000+00:00","updateTime":"2019-04-
30T16:00:00.000+00:00","stock":2999,"sold":31290}')
```

### 4) 重新加载配置

```
nginx -s reload
```

刷新商品页面：<http://localhost/item.html?id=1001>，即可看到效果：



## 4.3.请求参数处理

上一节中，我们在OpenResty接收前端请求，但是返回的是假数据。

要返回真实数据，必须根据前端传递来的商品id，查询商品信息才可以。

那么如何获取前端传递的商品参数呢？

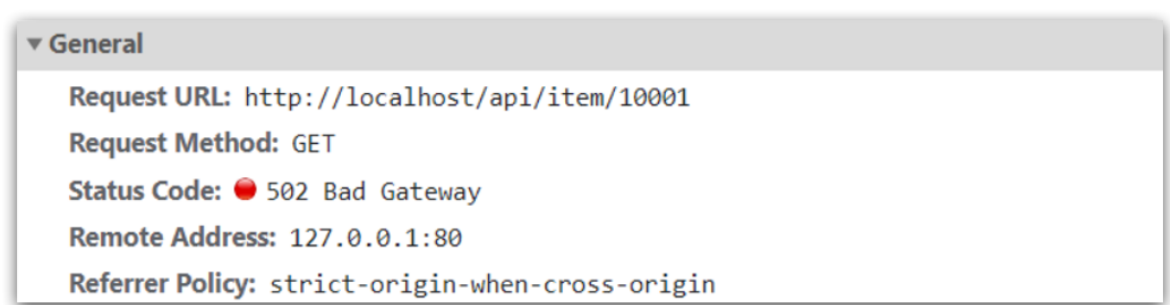
### 4.3.1.获取参数的API

OpenResty中提供了一些API用来获取不同类型的前端请求参数：

参数格式	参数示例	参数解析代码示例	
路径占位符	/item/1001	<pre># 1.正则表达式匹配: location ~ /item/(\d+) {     content_by_lua_file lua/item.lua; }</pre>	<pre>-- 2. 匹配到的参数会存入ngx.var数组中, -- 可以用角标获取 local id = ngx.var[1]</pre>
请求头	id: 1001	<pre>-- 获取请求头, 返回值是table类型 local headers = ngx.req.get_headers()</pre>	
Get请求参数	?id=1001	<pre>-- 获取GET请求参数, 返回值是table类型 local getParams = ngx.req.get_uri_args()</pre>	
Post表单参数	id=1001	<pre>-- 读取请求体 ngx.req.read_body() -- 获取POST表单参数, 返回值是table类型 local postParams = ngx.req.get_post_args()</pre>	
JSON参数	{"id": 1001}	<pre>-- 读取请求体 ngx.req.read_body() -- 获取body中的json参数, 返回值是string类型 local jsonBody = ngx.req.get_body_data()</pre>	

### 4.3.2.获取参数并返回

在前端发起的ajax请求如图：



可以看到商品id是以路径占位符方式传递的，因此可以利用正则表达式匹配的方式来获取ID

#### 1) 获取商品id

修改 /usr/local/openresty/nginx/nginx.conf 文件中监听/api/item的代码，利用正则表达式获取ID：

```
location ~ /api/item/(\d+) {
    # 默认的响应类型
    default_type application/json;
    # 响应结果由lua/item.lua文件来决定
    content_by_lua_file lua/item.lua;
}
```

#### 2) 拼接ID并返回

修改 `/usr/local/openresty/nginx/lua/item.lua` 文件, 获取id并拼接到结果中返回:

```
-- 获取商品id
local id = ngx.var[1]
-- 拼接并返回
ngx.say('{ "id": ' .. id .. ', "name": "SALSA AIR", "title": "RIMOWA 21寸托运箱拉杆箱
SALSA AIR系列果绿色
820.70.36.4", "price": 17900, "image": "https://m.360buyimg.com/mobilecms/s720x720_j
fs/t6934/364/1195375010/84676/e9f2c55f/597ece38N0ddcbc77.jpg!q70.jpg.webp", "cate
gory": "拉杆箱", "brand": "RIMOWA", "spec": "", "status": 1, "createTime": "2019-04-
30T16:00:00.000+00:00", "updateTime": "2019-04-
30T16:00:00.000+00:00", "stock": 2999, "sold": 31290}')
```

### 3) 重新加载并测试

运行命令以重新加载OpenResty配置:

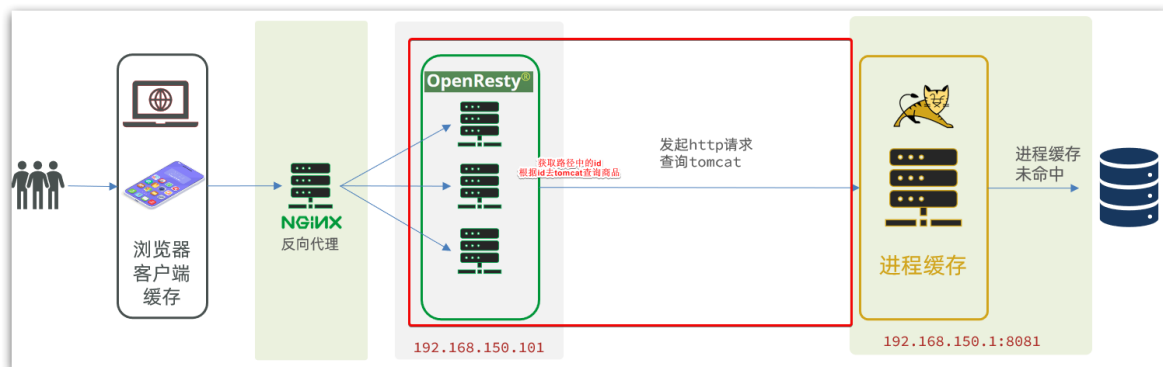
```
nginx -s reload
```

刷新页面可以看到结果中已经带上了ID:

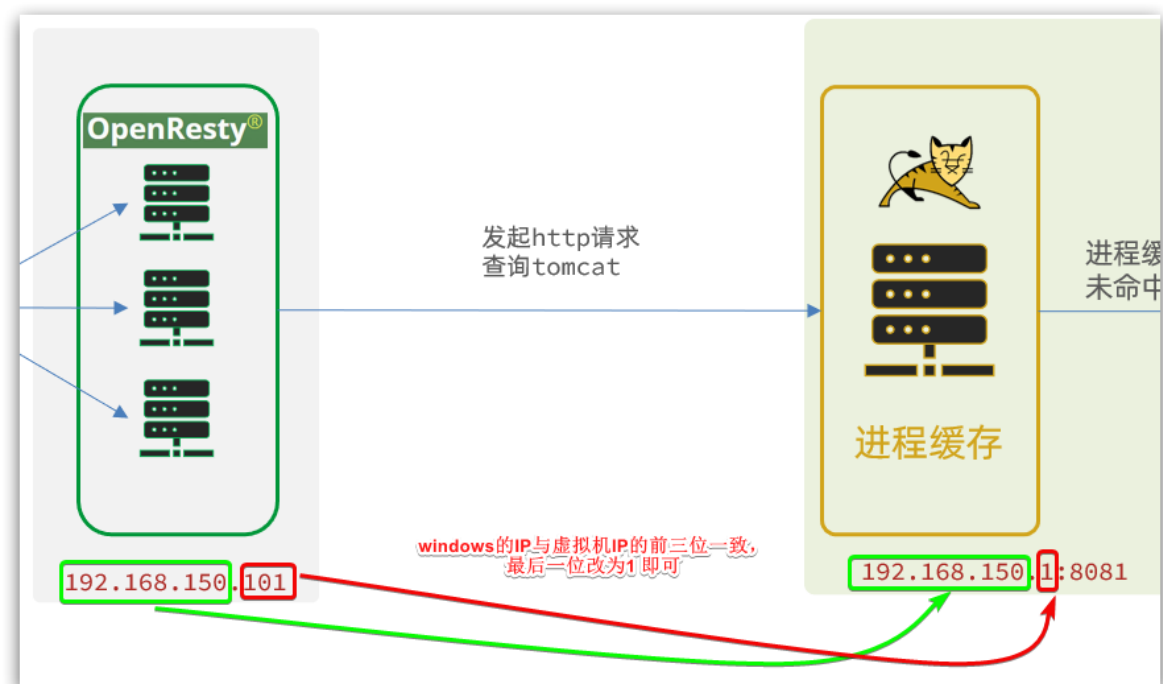
```
{id: 10003, name: "SALSA AIR", title: "RIMOWA 2
brand: "RIMOWA"
category: "拉杆箱"
createTime: "2019-04-30T16:00:00.000+00:00"
id: 10003
image: "https://m.360buyimg.com/mobilecms/s72
name: "SALSA AIR"
price: 19900
sold: 31290
spec: ""
status: 1
```

## 4.4.查询Tomcat

拿到商品ID后, 本应去缓存中查询商品信息, 不过目前我们还未建立nginx、redis缓存。因此, 这里我们先根据商品id去tomcat查询商品信息。我们实现如图部分:



需要注意的是，我们的OpenResty是在虚拟机，Tomcat是在Windows电脑上。两者IP一定不要搞错了。



#### 4.4.1.发送http请求的API

nginx提供了内部API用以发送http请求：

```
local resp = ngx.location.capture("/path",{
    method = ngx.HTTP_GET,    -- 请求方式
    args = {a=1,b=2},    -- get方式传参数
})
```

返回的响应内容包括：

- resp.status：响应状态码
- resp.header：响应头，是一个table
- resp.body：响应体，就是响应数据

注意：这里的path是路径，并不包含IP和端口。这个请求会被nginx内部的server监听并处理。

但是我们希望这个请求发送到Tomcat服务器，所以还需要编写一个server来对这个路径做反向代理：



```
location /path {
    # 这里是windows电脑的ip和Java服务端口，需要确保windows防火墙处于关闭状态
    proxy_pass http://192.168.150.1:8081;
}
```

原理如图：



## 4.4.2.封装http工具

下面，我们封装一个发送Http请求的工具，基于ngx.location.capture来实现查询tomcat。

1) 添加反向代理，到windows的Java服务

因为item-service中的接口都是/item开头，所以我们监听/item路径，代理到windows上的tomcat服务。

修改 /usr/local/openresty/nginx/conf/nginx.conf 文件，添加一个location：

```
location /item {
    proxy_pass http://192.168.150.1:8081;
}
```

以后，只要我们调用 ngx.location.capture("/item")，就一定能发送请求到windows的tomcat服务。

2) 封装工具类

之前我们说过，OpenResty启动时会加载以下两个目录中的工具文件：

```
#lua 模块
lua_package_path "/usr/local/openresty/lualib/?.lua;;";
#c模块
lua_package_cpath "/usr/local/openresty/lualib/?.so;;";
```

所以，自定义的http工具也需要放到这个目录下。

在 `/usr/local/openresty/lualib` 目录下，新建一个common.lua文件：

```
vi /usr/local/openresty/lualib/common.lua
```

内容如下：

```
-- 封装函数，发送http请求，并解析响应
local function read_http(path, params)
    local resp = ngx.location.capture(path, {
        method = ngx.HTTP_GET,
        args = params,
    })
    if not resp then
        -- 记录错误信息，返回404
        ngx.log(ngx.ERR, "http请求查询失败，path: ", path, ", args: ", args)
        ngx.exit(404)
    end
    return resp.body
end
-- 将方法导出
local _M = {
    read_http = read_http
}
return _M
```

这个工具将read\_http函数封装到\_M这个table类型的变量中，并且返回，这类似于导出。

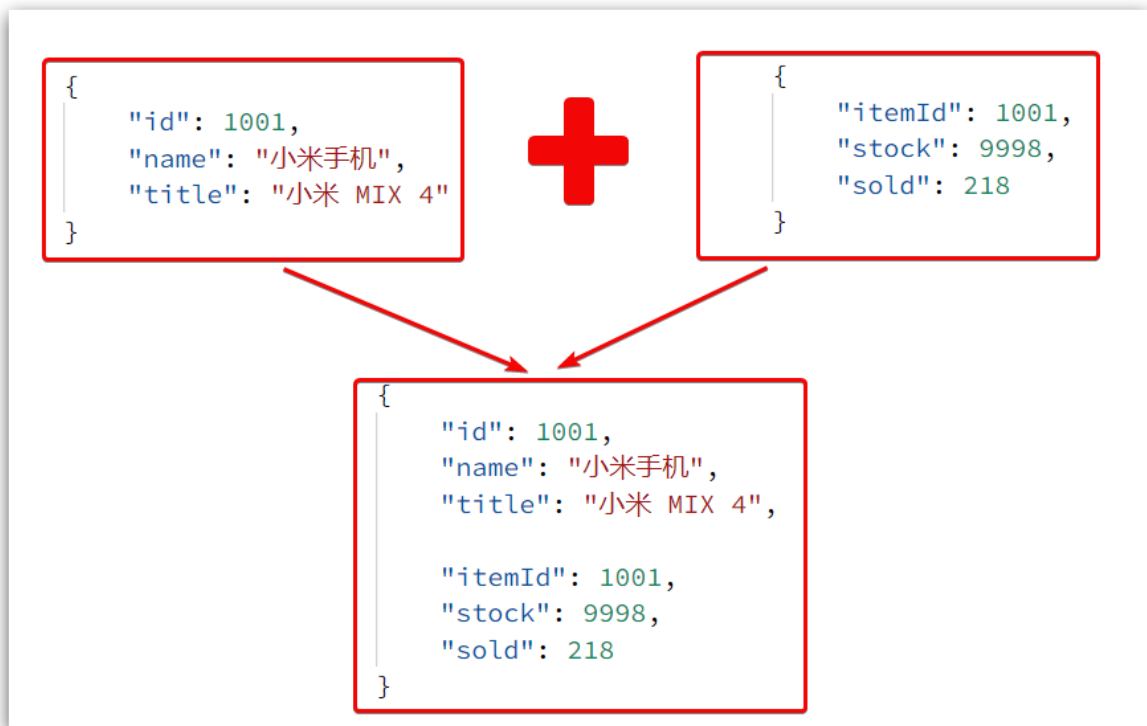
使用的时候，可以利用 `require('common')` 来导入该函数库，这里的common是函数库的文件名。

### 3) 实现商品查询

最后，我们修改 `/usr/local/openresty/lua/item.lua` 文件，利用刚刚封装的函数库实现对tomcat的查询：

```
-- 引入自定义common工具模块，返回值是common中返回的 _M
local common = require("common")
-- 从 common中获取read_http这个函数
local read_http = common.read_http
-- 获取路径参数
local id = ngx.var[1]
-- 根据id查询商品
local itemJSON = read_http("/item/".. id, nil)
-- 根据id查询商品库存
local itemStockJSON = read_http("/item/stock/".. id, nil)
```

这里查询到的结果是json字符串，并且包含商品、库存两个json字符串，页面最终需要的是把两个json拼接为一个json：



这就需要我们先把JSON变为lua的table，完成数据整合后，再转为JSON。

### 4.4.3.CJSON工具类

OpenResty提供了一个cjson的模块用来处理JSON的序列化和反序列化。

官方地址: <https://github.com/openresty/lua-cjson/>

1) 引入cjson模块:

```
local cjson = require "cjson"
```

2) 序列化:

```
local obj = {
  name = 'jack',
  age = 21
}
-- 把 table 序列化为 json
local json = cjson.encode(obj)
```

3) 反序列化:

```
local json = '{"name": "jack", "age": 21}'
-- 反序列化 json为 table
local obj = cjson.decode(json);
print(obj.name)
```

#### 4.4.4.实现Tomcat查询

下面，我们修改之前的item.lua中的业务，添加json处理功能：

```
-- 导入common函数库
local common = require('common')
local read_http = common.read_http
-- 导入cjson库
local cjson = require('cjson')

-- 获取路径参数
local id = ngx.var[1]
-- 根据id查询商品
local itemJSON = read_http("/item/".. id, nil)
-- 根据id查询商品库存
local itemStockJSON = read_http("/item/stock/".. id, nil)

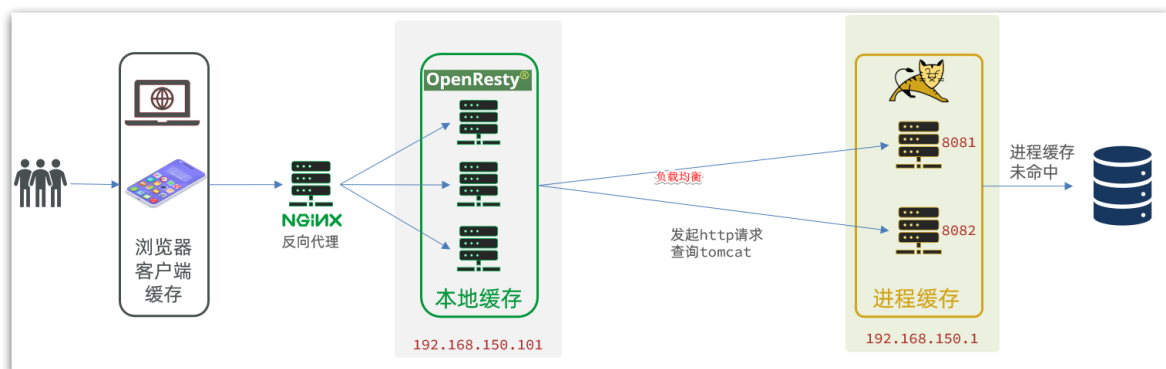
-- JSON转化为lua的table
local item = cjson.decode(itemJSON)
local stock = cjson.decode(stockJSON)

-- 组合数据
item.stock = stock.stock
item.sold = stock.sold

-- 把item序列化为json 返回结果
ngx.say(cjson.encode(item))
```

#### 4.4.5.基于ID负载均衡

刚才的代码中，我们的tomcat是单机部署。而实际开发中，tomcat一定是集群模式：



因此，OpenResty需要对tomcat集群做负载均衡。

而默认的负载均衡规则是轮询模式，当我们查询/item/10001时：

- 第一次会访问8081端口的tomcat服务，在该服务内部就形成了JVM进程缓存
- 第二次会访问8082端口的tomcat服务，该服务内部没有JVM缓存（因为JVM缓存无法共享），会查询数据库
- ...

你看，因为轮询的原因，第一次查询8081形成的JVM缓存并未生效，直到下一次再次访问到8081时才可以生效，缓存命中率太低了。

怎么办？

如果能让同一个商品，每次查询时都访问同一个tomcat服务，那么JVM缓存就一定能生效了。

也就是说，我们需要根据商品id做负载均衡，而不是轮询。

## 1) 原理

nginx提供了基于请求路径做负载均衡的算法：

nginx根据请求路径做hash运算，把得到的数值对tomcat服务的数量取余，余数是几，就访问第几个服务，实现负载均衡。

例如：

- 我们的请求路径是 /item/10001
- tomcat总数为2台（8081、8082）
- 对请求路径/item/1001做hash运算求余的结果为1
- 则访问第一个tomcat服务，也就是8081

只要id不变，每次hash运算结果也不会变，那就可以保证同一个商品，一直访问同一个tomcat服务，确保JVM缓存生效。

## 2) 实现

修改 /usr/local/openresty/nginx/conf/nginx.conf 文件，实现基于ID做负载均衡。

首先，定义tomcat集群，并设置基于路径做负载均衡：

```
upstream tomcat-cluster {  
    hash $request_uri;  
    server 192.168.150.1:8081;  
    server 192.168.150.1:8082;  
}
```

然后，修改对tomcat服务的反向代理，目标指向tomcat集群：

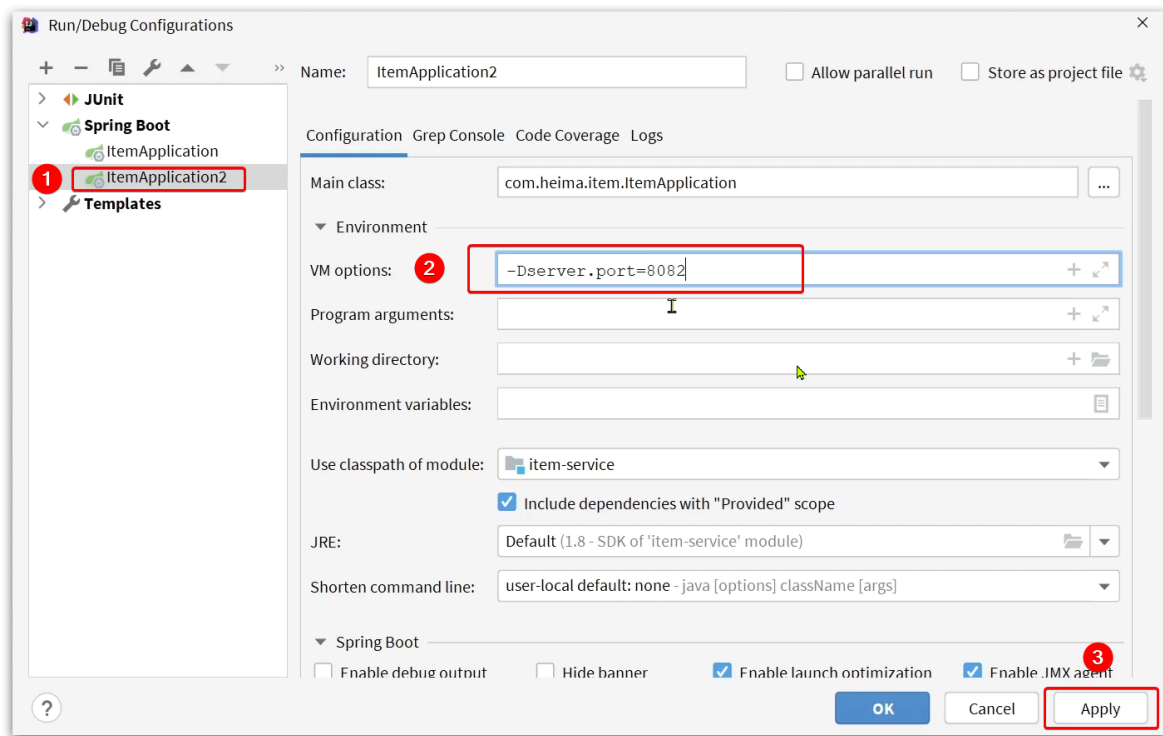
```
location /item {  
    proxy_pass http://tomcat-cluster;  
}
```

重新加载OpenResty

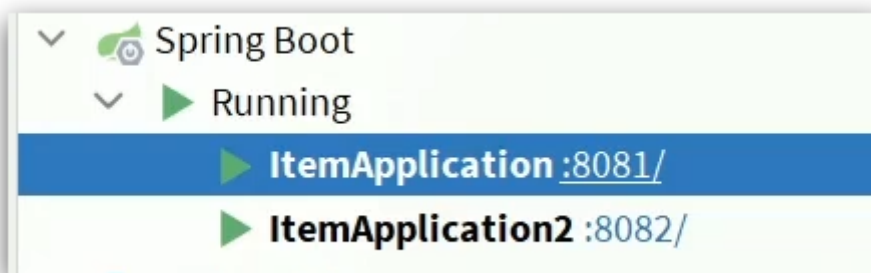
```
nginx -s reload
```

## 3) 测试

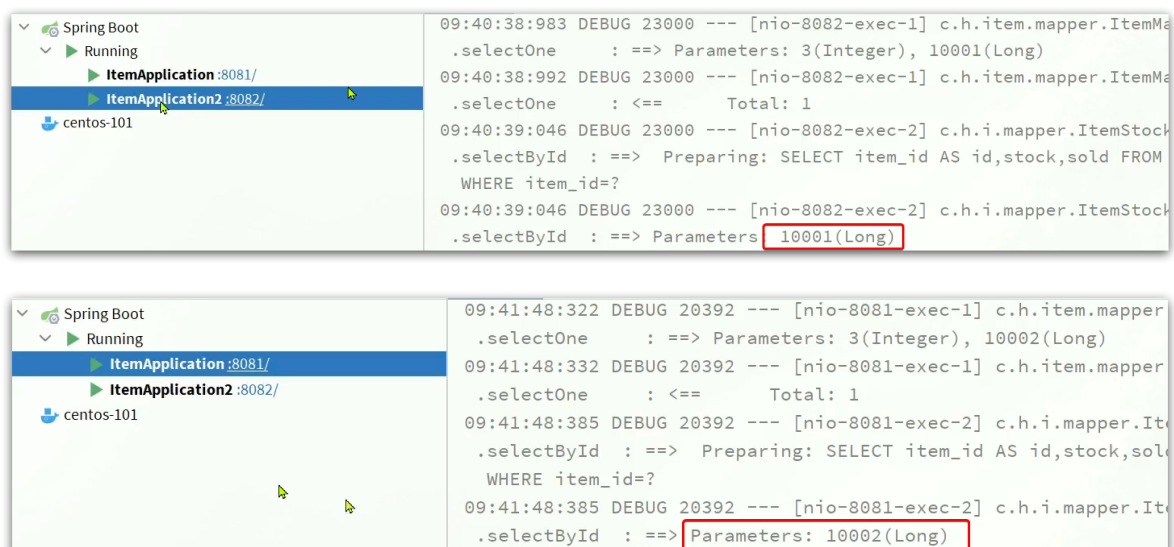
启动两台tomcat服务：



同时启动：



清空日志后，再次访问页面，可以看到不同id的商品，访问到了不同的tomcat服务：



## 4.5.Redis缓存预热

Redis缓存会面临冷启动问题：

**冷启动：**服务刚刚启动时，Redis中并没有缓存，如果所有商品数据都在第一次查询时添加缓存，可能会给数据库带来较大压力。

**缓存预热：**在实际开发中，我们可以利用大数据统计用户访问的热点数据，在项目启动时将这些热点数据提前查询并保存到Redis中。

我们数据量较少，并且没有数据统计相关功能，目前可以在启动时将所有数据都放入缓存中。

#### 1) 利用Docker安装Redis

```
docker run --name redis -p 6379:6379 -d redis redis-server --appendonly yes
```

#### 2) 在item-service服务中引入Redis依赖

```
<dependency>
  <groupId>org.springframework.boot</groupId>
  <artifactId>spring-boot-starter-data-redis</artifactId>
</dependency>
```

#### 3) 配置Redis地址

```
spring:
  redis:
    host: 192.168.150.101
```

#### 4) 编写初始化类

缓存预热需要在项目启动时完成，并且必须是拿到RedisTemplate之后。

这里我们利用InitializingBean接口来实现，因为InitializingBean可以在对象被Spring创建并且成员变量全部注入后执行。

```
package com.heima.item.config;

import com.fasterxml.jackson.core.JsonProcessingException;
import com.fasterxml.jackson.databind.ObjectMapper;
import com.heima.item.pojo.Item;
import com.heima.item.pojo.ItemStock;
import com.heima.item.service.IItemService;
import com.heima.item.service.IItemStockService;
import org.springframework.beans.factory.InitializingBean;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.data.redis.core.StringRedisTemplate;
import org.springframework.stereotype.Component;

import java.util.List;

@Component
public class RedisHandler implements InitializingBean {

    @Autowired
    private StringRedisTemplate redisTemplate;

    @Autowired
    private IItemService itemService;

    @Autowired
```

```

private ItemStockService stockService;

private static final ObjectMapper MAPPER = new ObjectMapper();

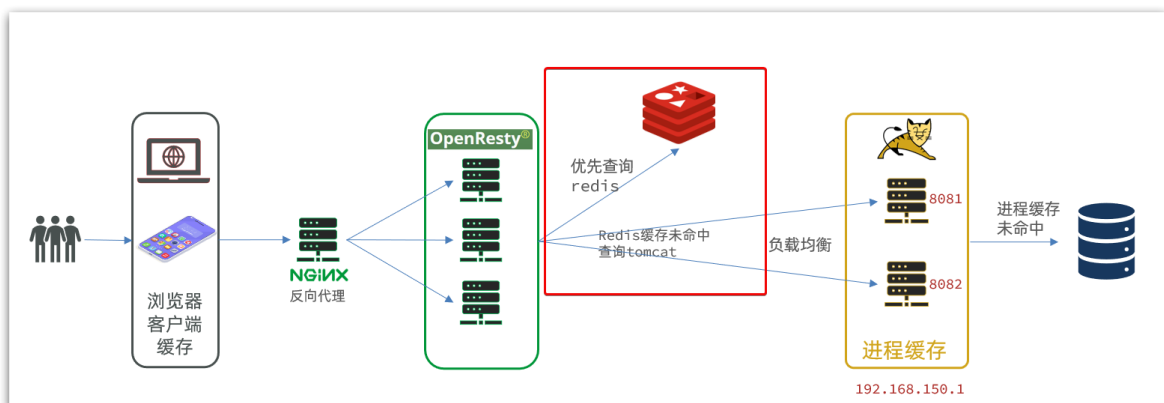
@Override
public void afterPropertiesSet() throws Exception {
    // 初始化缓存
    // 1.查询商品信息
    List<Item> itemList = itemService.list();
    // 2.放入缓存
    for (Item item : itemList) {
        // 2.1.item序列化为JSON
        String json = MAPPER.writeValueAsString(item);
        // 2.2.存入redis
        redisTemplate.opsForValue().set("item:id:" + item.getId(), json);
    }

    // 3.查询商品库存信息
    List<ItemStock> stockList = stockService.list();
    // 4.放入缓存
    for (ItemStock stock : stockList) {
        // 2.1.item序列化为JSON
        String json = MAPPER.writeValueAsString(stock);
        // 2.2.存入redis
        redisTemplate.opsForValue().set("item:stock:id:" + stock.getId(),
json);
    }
}
}
}

```

## 4.6.查询Redis缓存

现在，Redis缓存已经准备就绪，我们可以再OpenResty中实现查询Redis的逻辑了。如下图红框所示：



当请求进入OpenResty之后：

- 优先查询Redis缓存
- 如果Redis缓存未命中，再查询Tomcat

### 4.6.1.封装Redis工具



OpenResty提供了操作Redis的模块，我们只要引入该模块就能直接使用。但是为了方便，我们将Redis操作封装到之前的common.lua工具库中。

修改 /usr/local/openresty/lualib/common.lua 文件：

#### 1) 引入Redis模块，并初始化Redis对象

```
-- 导入redis
local redis = require('resty.redis')
-- 初始化redis
local red = redis:new()
red:set_timeouts(1000, 1000, 1000)
```

#### 2) 封装函数，用来释放Redis连接，其实是放入连接池

```
-- 关闭redis连接的工具方法，其实是放入连接池
local function close_redis(red)
    local pool_max_idle_time = 10000 -- 连接的空闲时间，单位是毫秒
    local pool_size = 100 --连接池大小
    local ok, err = red:set_keepalive(pool_max_idle_time, pool_size)
    if not ok then
        ngx.log(ngx.ERR, "放入redis连接池失败：", err)
    end
end
```

#### 3) 封装函数，根据key查询Redis数据

```
-- 查询redis的方法 ip和port是redis地址，key是查询的key
local function read_redis(ip, port, key)
    -- 获取一个连接
    local ok, err = red:connect(ip, port)
    if not ok then
        ngx.log(ngx.ERR, "连接redis失败：", err)
        return nil
    end
    -- 查询redis
    local resp, err = red:get(key)
    -- 查询失败处理
    if not resp then
        ngx.log(ngx.ERR, "查询Redis失败：", err, ", key = ", key)
    end
    --得到的数据为空处理
    if resp == ngx.null then
        resp = nil
        ngx.log(ngx.ERR, "查询Redis数据为空，key = ", key)
    end
    close_redis(red)
    return resp
end
```

#### 4) 导出

```
-- 将方法导出
local _M = {
    read_http = read_http,
    read_redis = read_redis
}
return _M
```

完整的common.lua:

```
-- 导入redis
local redis = require('resty.redis')
-- 初始化redis
local red = redis:new()
red:set_timeouts(1000, 1000, 1000)

-- 关闭redis连接的工具方法，其实是放入连接池
local function close_redis(red)
    local pool_max_idle_time = 10000 -- 连接的空闲时间，单位是毫秒
    local pool_size = 100 --连接池大小
    local ok, err = red:set_keepalive(pool_max_idle_time, pool_size)
    if not ok then
        ngx.log(ngx.ERR, "放入redis连接池失败：", err)
    end
end

-- 查询redis的方法 ip和port是redis地址，key是查询的key
local function read_redis(ip, port, key)
    -- 获取一个连接
    local ok, err = red:connect(ip, port)
    if not ok then
        ngx.log(ngx.ERR, "连接redis失败：", err)
        return nil
    end
    -- 查询redis
    local resp, err = red:get(key)
    -- 查询失败处理
    if not resp then
        ngx.log(ngx.ERR, "查询Redis失败：", err, ", key = ", key)
    end
    --得到的数据为空处理
    if resp == ngx.null then
        resp = nil
        ngx.log(ngx.ERR, "查询Redis数据为空，key = ", key)
    end
    close_redis(red)
    return resp
end

-- 封装函数，发送http请求，并解析响应
local function read_http(path, params)
    local resp = ngx.location.capture(path, {
        method = ngx.HTTP_GET,
        args = params,
    })
    if not resp then
        -- 记录错误信息，返回404
    end
end
```

```

        ngx.log(ngx.ERR, "http查询失败, path: ", path , ", args: ", args)
        ngx.exit(404)
    end
    return resp.body
end
-- 将方法导出
local _M = {
    read_http = read_http,
    read_redis = read_redis
}
return _M

```

## 4.6.2.实现Redis查询

接下来，我们就可以去修改item.lua文件，实现对Redis的查询了。

查询逻辑是：

- 根据id查询Redis
- 如果查询失败则继续查询Tomcat
- 将查询结果返回

1) 修改 /usr/local/openresty/lua/item.lua 文件，添加一个查询函数：

```

-- 导入common函数库
local common = require('common')
local read_http = common.read_http
local read_redis = common.read_redis
-- 封装查询函数
function read_data(key, path, params)
    -- 查询本地缓存
    local val = read_redis("127.0.0.1", 6379, key)
    -- 判断查询结果
    if not val then
        ngx.log(ngx.ERR, "redis查询失败, 尝试查询http, key: ", key)
        -- redis查询失败, 去查询http
        val = read_http(path, params)
    end
    -- 返回数据
    return val
end
end

```

2) 而后修改商品查询、库存查询的业务：

```

-- 获取路径参数
local id = ngx.var[1]

-- 查询商品信息
local itemJSON = read_data("item:id:" .. id, "/item/" .. id, nil)
-- 查询库存信息
local stockJSON = read_data("item:stock:id:" .. id, "/item/stock/" .. id, nil)

```

3) 完整的item.lua代码:

```
-- 导入common函数库
local common = require('common')
local read_http = common.read_http
local read_redis = common.read_redis
-- 导入cjson库
local cjson = require('cjson')

-- 封装查询函数
function read_data(key, path, params)
    -- 查询本地缓存
    local val = read_redis("127.0.0.1", 6379, key)
    -- 判断查询结果
    if not val then
        ngx.log(ngx.ERR, "redis查询失败, 尝试查询http, key: ", key)
        -- redis查询失败, 去查询http
        val = read_http(path, params)
    end
    -- 返回数据
    return val
end

-- 获取路径参数
local id = ngx.var[1]

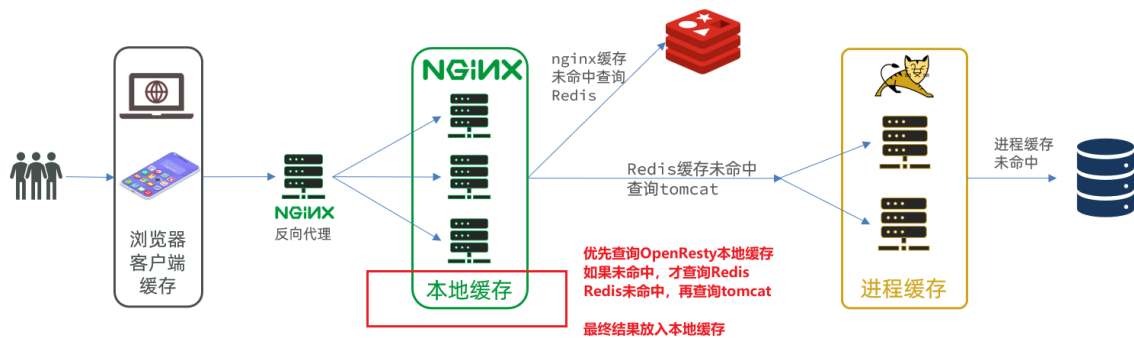
-- 查询商品信息
local itemJSON = read_data("item:id:" .. id, "/item/" .. id, nil)
-- 查询库存信息
local stockJSON = read_data("item:stock:id:" .. id, "/item/stock/" .. id, nil)

-- JSON转化为lua的table
local item = cjson.decode(itemJSON)
local stock = cjson.decode(stockJSON)
-- 组合数据
item.stock = stock.stock
item.sold = stock.sold

-- 把item序列化为json 返回结果
ngx.say(cjson.encode(item))
```

## 4.7.Nginx本地缓存

现在, 整个多级缓存中只差最后一环, 也就是nginx的本地缓存了。如图:



### 4.7.1.本地缓存API

OpenResty为Nginx提供了**shard dict**的功能，可以在nginx的多个worker之间共享数据，实现缓存功能。

1) 开启共享字典，在nginx.conf的http下添加配置：

```
# 共享字典，也就是本地缓存，名称叫做：item_cache，大小150m
lua_shared_dict item_cache 150m;
```

2) 操作共享字典：

```
-- 获取本地缓存对象
local item_cache = ngx.shared.item_cache
-- 存储，指定key、value、过期时间，单位s，默认为0代表永不过期
item_cache:set('key', 'value', 1000)
-- 读取
local val = item_cache:get('key')
```

### 4.7.2.实现本地缓存查询

1) 修改 /usr/local/openresty/lua/item.lua 文件，修改read\_data查询函数，添加本地缓存逻辑：

```
-- 导入共享词典，本地缓存
local item_cache = ngx.shared.item_cache

-- 封装查询函数
function read_data(key, expire, path, params)
    -- 查询本地缓存
    local val = item_cache:get(key)
    if not val then
        ngx.log(ngx.ERR, "本地缓存查询失败，尝试查询Redis, key: ", key)
        -- 查询redis
        val = read_redis("127.0.0.1", 6379, key)
        -- 判断查询结果
        if not val then
            ngx.log(ngx.ERR, "redis查询失败，尝试查询http, key: ", key)
            -- redis查询失败，去查询http
```

```

        val = read_http(path, params)
    end
end
-- 查询成功，把数据写入本地缓存
item_cache:set(key, val, expire)
-- 返回数据
return val
end

```

2) 修改item.lua中查询商品和库存的业务，实现最新的read\_data函数：

```

-- 查询商品信息
local itemJSON = read_data("item:id:" .. id, 1800, "/item/" .. id, nil)
-- 查询库存信息
local stockJSON = read_data("item:stock:id:" .. id, 60, "/item/stock/" .. id, nil)

```

其实就是多了缓存时间参数，过期后nginx缓存会自动删除，下次访问即可更新缓存。

这里给商品基本信息设置超时时间为30分钟，库存为1分钟。

因为库存更新频率较高，如果缓存时间过长，可能与数据库差异较大。

3) 完整的item.lua文件：

```

-- 导入common函数库
local common = require('common')
local read_http = common.read_http
local read_redis = common.read_redis
-- 导入cjson库
local cjson = require('cjson')
-- 导入共享词典，本地缓存
local item_cache = ngx.shared.item_cache

-- 封装查询函数
function read_data(key, expire, path, params)
    -- 查询本地缓存
    local val = item_cache:get(key)
    if not val then
        ngx.log(ngx.ERR, "本地缓存查询失败，尝试查询Redis, key: ", key)
        -- 查询redis
        val = read_redis("127.0.0.1", 6379, key)
        -- 判断查询结果
        if not val then
            ngx.log(ngx.ERR, "redis查询失败，尝试查询http, key: ", key)
            -- redis查询失败，去查询http
            val = read_http(path, params)
        end
    end
    -- 查询成功，把数据写入本地缓存
    item_cache:set(key, val, expire)
    -- 返回数据
    return val
end

```

```
-- 获取路径参数
local id = ngx.var[1]

-- 查询商品信息
local itemJSON = read_data("item:id:" .. id, 1800, "/item/" .. id, nil)
-- 查询库存信息
local stockJSON = read_data("item:stock:id:" .. id, 60, "/item/stock/" .. id, nil)

-- JSON转化为lua的table
local item = cJSON.decode(itemJSON)
local stock = cJSON.decode(stockJSON)
-- 组合数据
item.stock = stock.stock
item.sold = stock.sold

-- 把item序列化为json 返回结果
ngx.say(cJSON.encode(item))
```

## 5.缓存同步

大多数情况下，浏览器查询到的都是缓存数据，如果缓存数据与数据库数据存在较大差异，可能会产生比较严重的后果。

所以我们必须保证数据库数据、缓存数据的一致性，这就是缓存与数据库的同步。

### 5.1.数据同步策略

缓存数据同步的常见方式有三种：

**设置有效期：**给缓存设置有效期，到期后自动删除。再次查询时更新

- 优势：简单、方便
- 缺点：时效性差，缓存过期之前可能不一致
- 场景：更新频率较低，时效性要求低的业务

**同步双写：**在修改数据库的同时，直接修改缓存

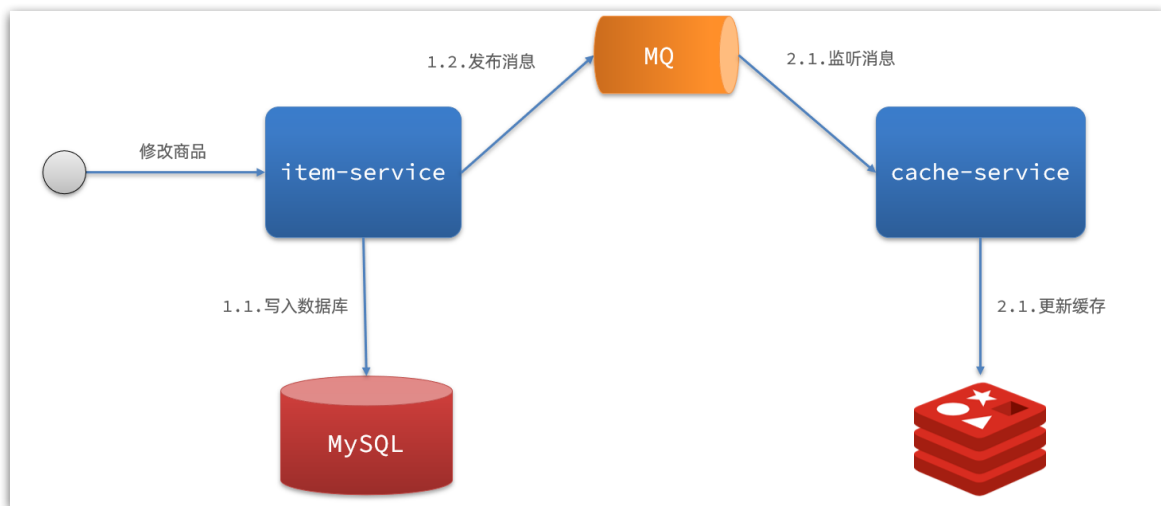
- 优势：时效性强，缓存与数据库强一致
- 缺点：有代码侵入，耦合度高；
- 场景：对一致性、时效性要求较高的缓存数据

**异步通知：**修改数据库时发送事件通知，相关服务监听到通知后修改缓存数据

- 优势：低耦合，可以同时通知多个缓存服务
- 缺点：时效性一般，可能存在中间不一致状态
- 场景：时效性要求一般，有多个服务需要同步

而异步实现又可以基于MQ或者Canal来实现：

1) 基于MQ的异步通知：

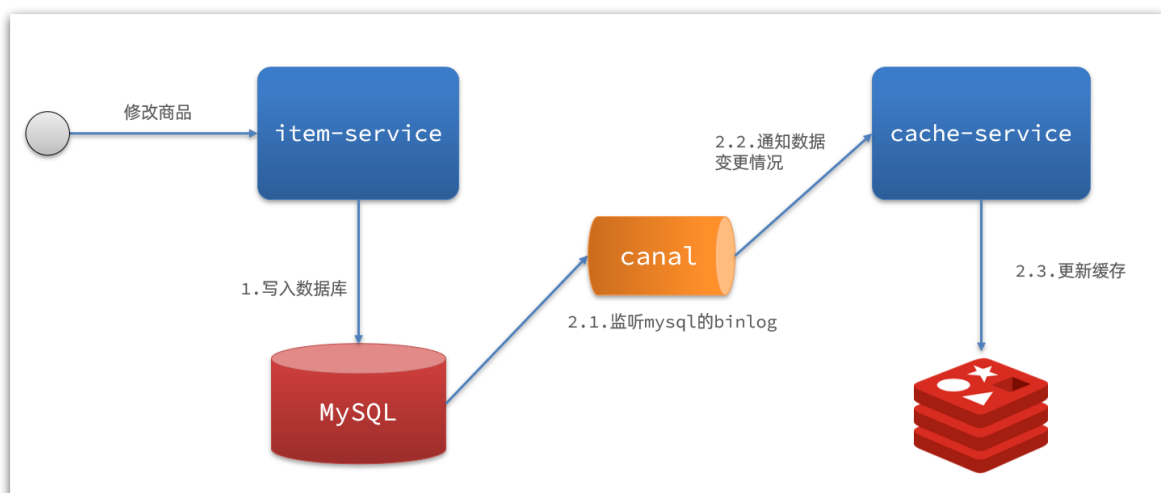


解读：

- 商品服务完成对数据的修改后，只需要发送一条消息到MQ中。
- 缓存服务监听MQ消息，然后完成对缓存的更新

依然有少量的代码侵入。

## 2) 基于Canal的通知



解读：

- 商品服务完成商品修改后，业务直接结束，没有任何代码侵入
- Canal监听MySQL变化，当发现变化后，立即通知缓存服务
- 缓存服务接收到canal通知，更新缓存

代码零侵入

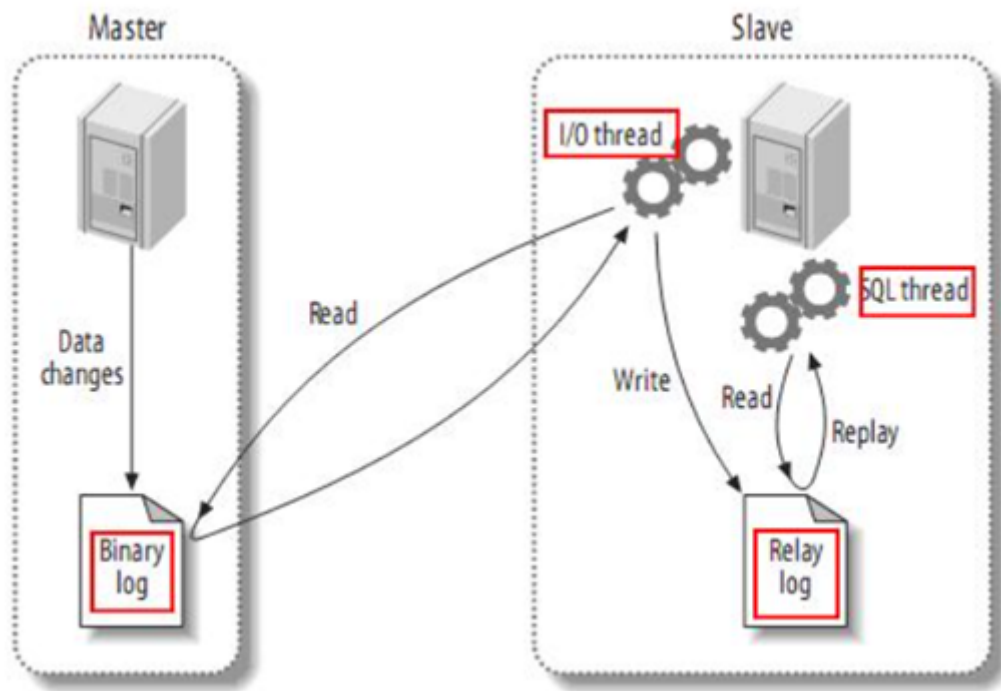
## 5.2.安装Canal

### 5.2.1.认识Canal

**Canal** [kə'næl]，译意为水道/管道/沟渠，canal是阿里巴巴旗下的一款开源项目，基于Java开发。基于数据库增量日志解析，提供增量数据订阅&消费。GitHub的地址：<https://github.com/alibaba/canal>

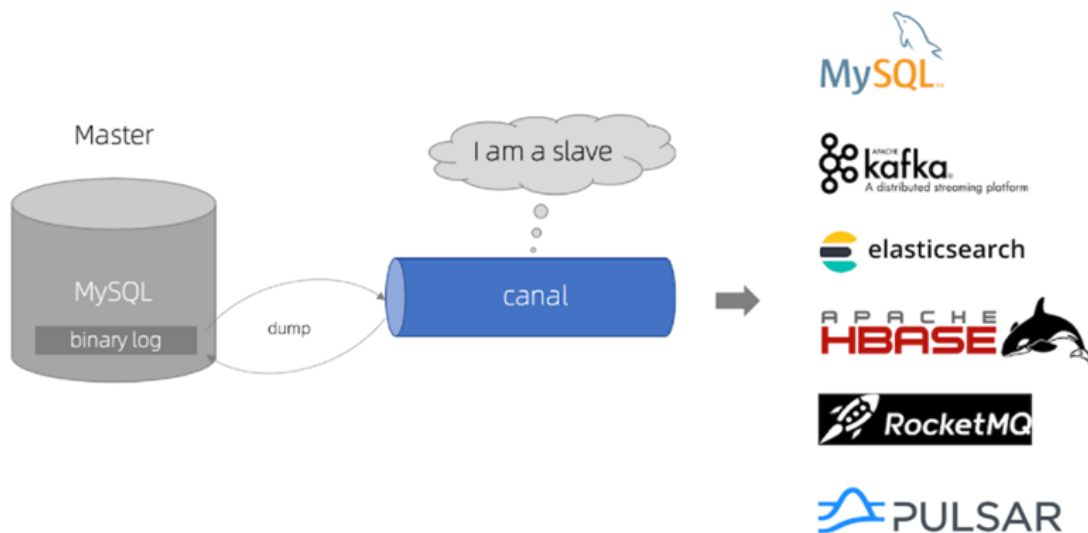
Canal是基于mysql的主从同步来实现的，MySQL主从同步的原理如下：





- 1) MySQL master 将数据变更写入二进制日志( binary log) ，其中记录的数据叫做binary log events
- 2) MySQL slave 将 master 的 binary log events拷贝到它的中继日志(relay log)
- 3) MySQL slave 重放 relay log 中事件，将数据变更反映它自己的数据

而Canal就是把自己伪装成MySQL的一个slave节点，从而监听master的binary log变化。再把得到的变化信息通知给Canal的客户端，进而完成对其它数据库的同步。



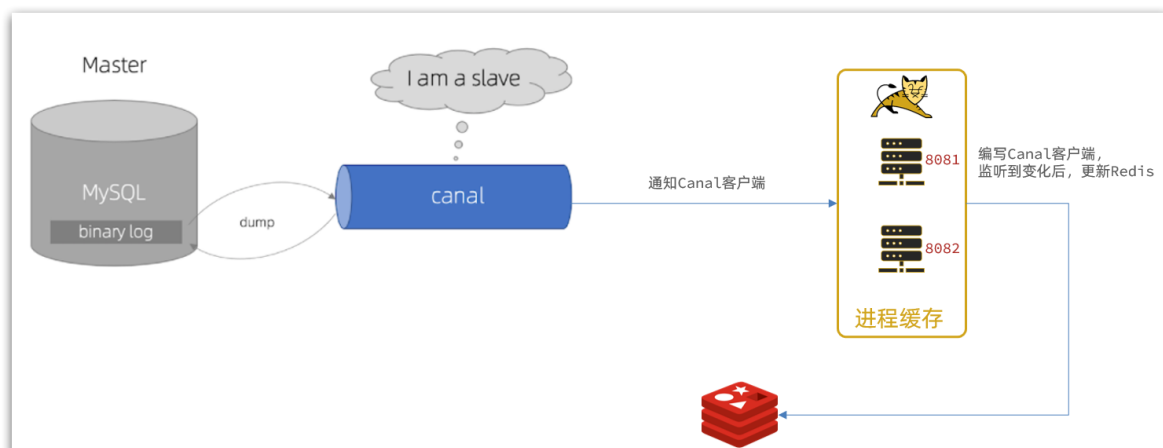
### 5.2.2.安装Canal

安装和配置Canal参考课前资料文档：



## 5.3.监听Canal

Canal提供了各种语言的客户端，当Canal监听到binlog变化时，会通知Canal的客户端。



我们可以利用Canal提供的Java客户端，监听Canal通知消息。当收到变化的消息时，完成对缓存的更新。

不过这里我们会使用GitHub上的第三方开源的canal-starter客户端。地址：<https://github.com/NormanGyllenhaal/canal-client>

与SpringBoot完美整合，自动装配，比官方客户端要简单好用很多。

### 5.3.1.引入依赖：

```
<dependency>
  <groupId>top.javatool</groupId>
  <artifactId>canal-spring-boot-starter</artifactId>
  <version>1.2.1-RELEASE</version>
</dependency>
```

### 5.3.2.编写配置：

```
canal:
  destination: heima # canal的集群名字，要与安装canal时设置的名称一致
  server: 192.168.150.101:11111 # canal服务地址
```

### 5.3.3.修改Item实体类

通过@Id、@Column、等注解完成Item与数据库表字段的映射：

```

package com.heima.item.pojo;

import com.baomidou.mybatisplus.annotation.IdType;
import com.baomidou.mybatisplus.annotation.TableField;
import com.baomidou.mybatisplus.annotation.TableId;
import com.baomidou.mybatisplus.annotation.TableName;
import lombok.Data;
import org.springframework.data.annotation.Id;
import org.springframework.data.annotation.Transient;

import javax.persistence.Column;
import java.util.Date;

@Data
@TableName("tb_item")
public class Item {
    @TableId(type = IdType.AUTO)
    @Id
    private Long id; //商品id
    @Column(name = "name")
    private String name; //商品名称
    private String title; //商品标题
    private Long price; //价格（分）
    private String image; //商品图片
    private String category; //分类名称
    private String brand; //品牌名称
    private String spec; //规格
    private Integer status; //商品状态 1-正常, 2-下架
    private Date createTime; //创建时间
    private Date updateTime; //更新时间
    @TableField(exist = false)
    @Transient
    private Integer stock;
    @TableField(exist = false)
    @Transient
    private Integer sold;
}

```

### 5.3.4.编写监听器

通过实现 `EntryHandler<T>` 接口编写监听器，监听Canal消息。注意两点：

- 实现类通过 `@CanalTable("tb_item")` 指定监听的表信息
- `EntryHandler`的泛型是与表对应的实体类

```

package com.heima.item.canal;

import com.github.benmanes.caffeine.cache.Cache;
import com.heima.item.config.RedisHandler;
import com.heima.item.pojo.Item;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.stereotype.Component;
import top.javatool.canal.client.annotation.CanalTable;

```

```

import top.javatool.canal.client.handler.EntryHandler;

@CanalTable("tb_item")
@Component
public class ItemHandler implements EntryHandler<Item> {

    @Autowired
    private RedisHandler redisHandler;
    @Autowired
    private Cache<Long, Item> itemCache;

    @Override
    public void insert(Item item) {
        // 写数据到JVM进程缓存
        itemCache.put(item.getId(), item);
        // 写数据到redis
        redisHandler.saveItem(item);
    }

    @Override
    public void update(Item before, Item after) {
        // 写数据到JVM进程缓存
        itemCache.put(after.getId(), after);
        // 写数据到redis
        redisHandler.saveItem(after);
    }

    @Override
    public void delete(Item item) {
        // 删除数据到JVM进程缓存
        itemCache.invalidate(item.getId());
        // 删除数据到redis
        redisHandler.deleteItemById(item.getId());
    }
}

```

在这里对Redis的操作都封装到了RedisHandler这个对象中，是我们之前做缓存预热时编写的一个类，内容如下：

```

package com.heiman.item.config;

import com.fasterxml.jackson.core.JsonProcessingException;
import com.fasterxml.jackson.databind.ObjectMapper;
import com.heiman.item.pojo.Item;
import com.heiman.item.pojo.ItemStock;
import com.heiman.item.service.IItemService;
import com.heiman.item.service.IItemStockService;
import org.springframework.beans.factory.InitializingBean;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.data.redis.core.StringRedisTemplate;
import org.springframework.stereotype.Component;

import java.util.List;

@Component

```

```

public class RedisHandler implements InitializingBean {

    @Autowired
    private StringRedisTemplate redisTemplate;

    @Autowired
    private IItemService itemService;
    @Autowired
    private IItemStockService stockService;

    private static final ObjectMapper MAPPER = new ObjectMapper();

    @Override
    public void afterPropertiesSet() throws Exception {
        // 初始化缓存
        // 1.查询商品信息
        List<Item> itemList = itemService.list();
        // 2.放入缓存
        for (Item item : itemList) {
            // 2.1.item序列化为JSON
            String json = MAPPER.writeValueAsString(item);
            // 2.2.存入redis
            redisTemplate.opsForValue().set("item:id:" + item.getId(), json);
        }

        // 3.查询商品库存信息
        List<ItemStock> stockList = stockService.list();
        // 4.放入缓存
        for (ItemStock stock : stockList) {
            // 2.1.item序列化为JSON
            String json = MAPPER.writeValueAsString(stock);
            // 2.2.存入redis
            redisTemplate.opsForValue().set("item:stock:id:" + stock.getId(),
json);
        }
    }

    public void saveItem(Item item) {
        try {
            String json = MAPPER.writeValueAsString(item);
            redisTemplate.opsForValue().set("item:id:" + item.getId(), json);
        } catch (JsonProcessingException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
    }

    public void deleteItemById(Long id) {
        redisTemplate.delete("item:id:" + id);
    }
}

```