35 | OpenResty：更灵活的Web服务器

Chrono 2019-08-16

00:00 11:20
讲述：Chrono 大小：12.98M

在上一讲里，我们看到了高性能的 Web 服务器 Nginx，它资源占用少，处理能力高，是搭建网站的首选。

虽然 Nginx 成为了 Web 服务器领域无可争议的“王者”，但它也并不是没有缺点的，毕竟它已经 15 岁了。

“一个人很难超越时代，而时代却可以轻易超越所有人”，Nginx 当初设计时针对的应用场景已经发生了变化，它的一些缺点也就暴露出来了。

Nginx 的服务管理思路延续了当时的流行做法，使用磁盘上的静态配置文件，所以每次修改后必须重启才能生效。

这在业务频繁变动的时候是非常致命的（例如流行的微服务架构），特别是对于拥有成千上万台服务器的网站来说，仅仅增加或者删除一行配置就要分发、重启所有的机器，对运维是一个非常大的挑战，要耗费很多的时间和精力，成本很高，很不灵活，难以“随需应变”。

那么，有没有这样的一个 Web 服务器，它有 Nginx 的优点却没有 Nginx 的缺点，既轻量级、高性能，又灵活、可动态配置呢？

这就是我今天要说的 OpenResty，它是一个“更好更灵活的 Nginx”。

OpenResty 是什么？

其实你对 OpenResty 并不陌生，这个专栏的实验环境就是用 OpenResty 搭建的，这么多节课程下来，你应该或多或少对它有了一些印象吧。

OpenResty 诞生于 2009 年，到现在刚好满 10 周岁。它的创造者是当时就职于某宝的“神级”程序员**章亦春**，网名叫“agentzh”。

OpenResty 并不是一个全新的 Web 服务器，而是基于 Nginx，它利用了 Nginx 模块化、可扩展的特性，开发了一系列的增强模块，并把它们打包整合，形成了一个**“一站式”的 Web 开发平台**。

虽然 OpenResty 的核心是 Nginx，但它又超越了 Nginx，关键就在于其中的 ngx_lua 模块，把小巧灵活的 Lua 语言嵌入了 Nginx，可以用脚本的方式操作 Nginx 内部的进程、多路复用、阶段式处理等各种构件。

脚本语言的好处你一定知道，它不需要编译，随写随执行，这就免去了 C 语言编写模块漫长的开发周期。而且 OpenResty 还把 Lua 自身的协程与 Nginx 的事件机制完美结合在一起，优雅地实现了许多其他语言所没有的“**同步非阻塞**”编程范式，能够轻松开发出高性能的 Web 应用。

目前 OpenResty 有两个分支，分别是开源、免费的“OpenResty”和闭源、商业产品的“OpenResty+”，运作方式有社区支持、OpenResty 基金会、OpenResty.Inc 公司，还有其他的一些外界赞助（例如 Kong、CloudFlare），正在蓬勃发展。

顺便说一下 OpenResty 的官方 logo，是一只展翅飞翔的海鸥，选择海鸥是因为“鸥”与 OpenResty 的发音相同。另外，这个 logo 的形状也像是左手比出的一个“OK”姿势，正好也是一个“O”。

动态的 Lua

刚才说了，OpenResty 里的一个关键模块是 ngx_lua，它为 Nginx 引入了脚本语言 Lua。

Lua 是一个比较“小众”的语言，虽然历史比较悠久，但名气却没有 PHP、Python、JavaScript 大，这主要与它的自身定位有关。

Lua 的设计目标是嵌入到其他应用程序里运行，为其他编程语言带来“脚本化”能力，所以它的“个头”比较小，功能集有限，不追求“大而全”，而是“小而美”，大多数时间都“隐匿”在其他应用程序的后面，是“无名英雄”。

你或许玩过或者听说过《魔兽世界》《愤怒的小鸟》吧，它们就在内部嵌入了 Lua，使用 Lua 来调用底层接口，充当“胶水语言”（glue language），编写游戏逻辑脚本，提高开发效率。

OpenResty 选择 Lua 作为“工作语言”也是基于同样的考虑。因为 Nginx C 开发实在是太麻烦了，限制了 Nginx 的真正实力。而 Lua 作为“最快的脚本语言”恰好可以成为 Nginx 的完美搭档，既可以简化开发，性能上又不会有太多的损耗。

作为脚本语言，Lua 还有一个重要的“**代码热加载**”特性，不需要重启进程，就能够从磁盘、Redis 或者任何其他地方加载数据，随时替换内存里的代码片段。这就带来了“**动态配置**”，让 OpenResty 能够永不停机，在微秒、毫秒级别实现配置和业务逻辑的实时更新，比起 Nginx 秒级的重启是一个极大的进步。

你可以看一下实验环境的“www/lua”目录，里面存放了我写的一些测试 HTTP 特性的 Lua 脚本，代码都非常简单易懂，就像是普通的英语“阅读理解”，这也是 Lua 的另一个优势：易学习、易上手。

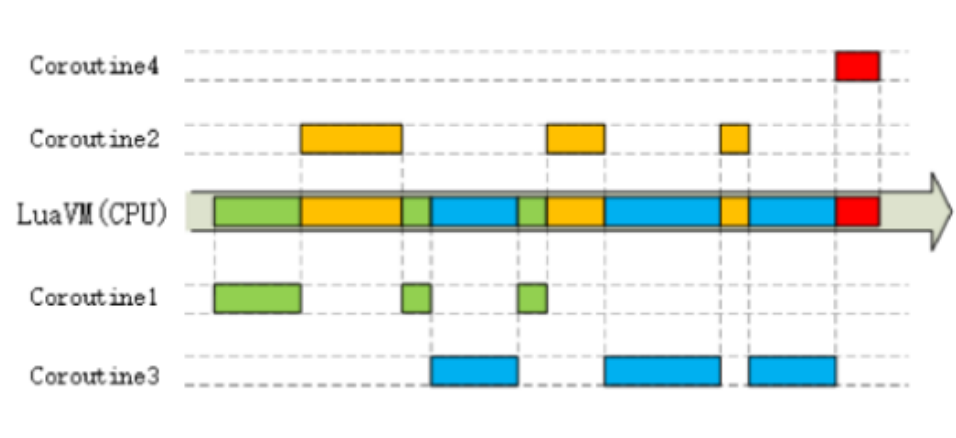
高效率的 Lua

OpenResty 能够高效运行的一大“秘技”是它的“**同步非阻塞**”编程范式，如果你要开发 OpenResty 应用就必须时刻铭记于心。

“同步非阻塞”本质上还是一种“**多路复用**”，我拿上一讲的 Nginx epoll 来对比解释一下。

epoll 是操作系统级别的“多路复用”，运行在内核空间。而 OpenResty 的“同步非阻塞”则是基于 Lua 内建的“**协程**”，是应用程序级别的“多路复用”，运行在用户空间，所以它的资源消耗要更少。

OpenResty 里每一段 Lua 程序都由协程来调度运行。和 Linux 的 epoll 一样，每当可能发生阻塞的时候“协程”就会立刻切换出去，执行其他的程序。这样单个处理流程是“阻塞”的，但整个 OpenResty 却是“非阻塞的”，多个程序都“复用”在一个 Lua 虚拟机里运行。



下面的代码是一个简单的例子，读取 POST 发送的 body 数据，然后再发回客户端：

复制代码

```
ngx.req.read_body()                  -- 同步非阻塞 (1)

local data = ngx.req.get_body_data()
if data then
    ngx.print("body: ", data)        -- 同步非阻塞 (2)
end
```

代码中的“ngx.req.read_body”和“ngx.print”分别是数据的收发动作，只有收到数据才能发送数据，所以是“同步”的。

但即使因为网络原因没收到或者发不出去，OpenResty 也不会在这里阻塞“干等着”，而是做个“记号”，把等待的这段 CPU 时间用来处理其他的请求，等网络可读或者可写时再“回来”接着运行。

假设收发数据的等待时间是 10 毫秒，而真正 CPU 处理的时间是 0.1 毫秒，那么 OpenResty 就可以在这 10 毫秒内同时处理 100 个请求，而不是把这 100 个请求阻塞排队，用 1000 毫秒来处理。

除了“同步非阻塞”，OpenResty 还选用了**LuaJIT**作为 Lua 语言的“运行时（Runtime）”，进一步“挖潜增效”。

LuaJIT 是一个高效的 Lua 虚拟机，支持 JIT（Just In Time）技术，可以把 Lua 代码即时编译成“本地机器码”，这样就消除了脚本语言解释运行的劣势，让 Lua 脚本跑得和原生 C 代码一样快。

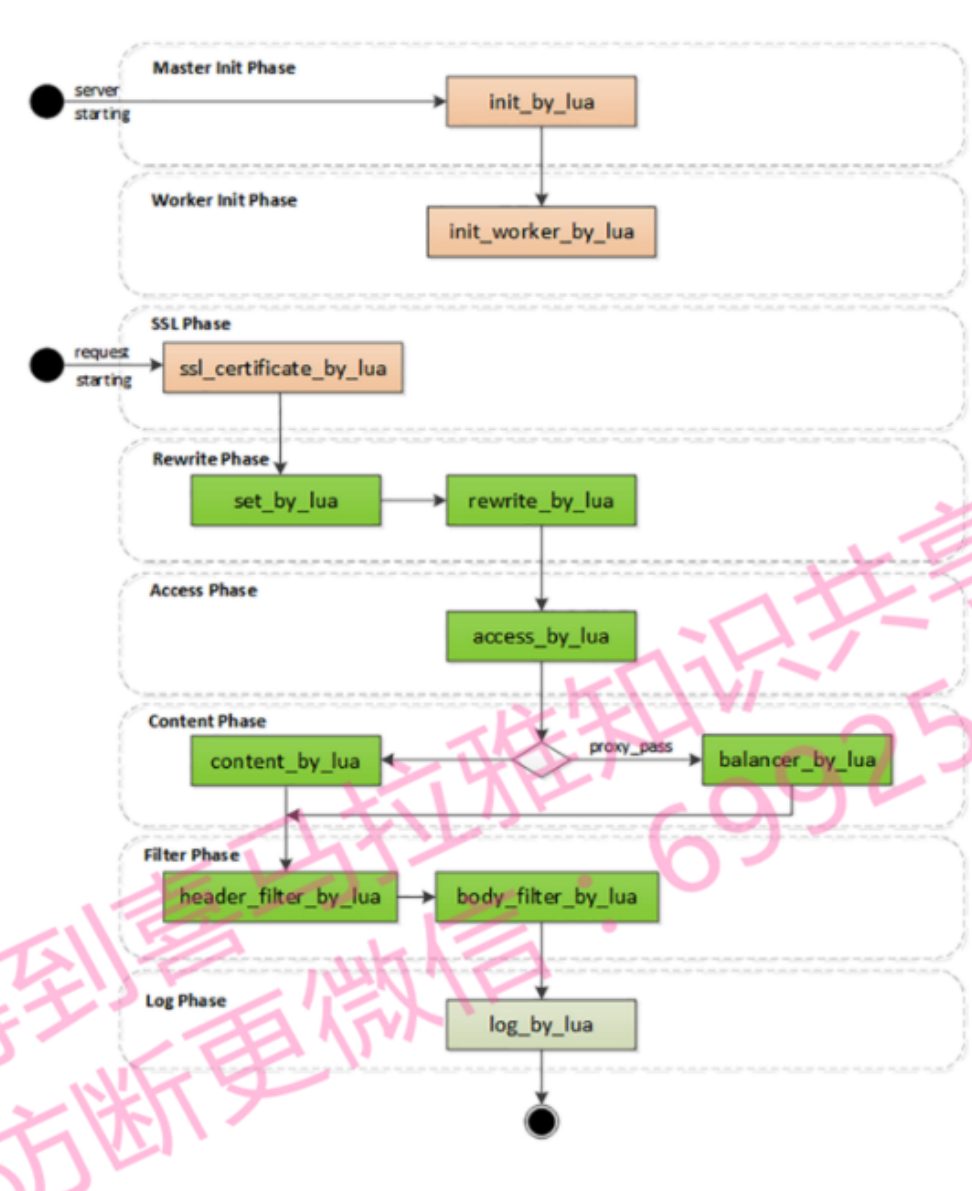
另外，LuaJIT 还为 Lua 语言添加了一些特别的增强，比如二进制位运算库 bit，内存优化库 table，还有 FFI（Foreign Function Interface），让 Lua 直接调用底层 C 函数，比原生的压栈调用快很多。

阶段式处理

和 Nginx 一样，OpenResty 也使用“流水线”来处理 HTTP 请求，底层的运行基础是 Nginx 的“阶段式处理”，但它又有自己的特色。

Nginx 的“流水线”是由一个个 C 模块组成的，只能在静态文件里配置，开发困难，配置麻烦（相对而言）。而 OpenResty 的“流水线”则是由一个个的 Lua 脚本组成的，不仅可以从磁盘上加载，也可以从 Redis、MySQL 里加载，而且编写、调试的过程非常方便快捷。

下面我画了一张图，列出了 OpenResty 的阶段，比起 Nginx，OpenResty 的阶段更注重对 HTTP 请求响应报文的加工和处理。



OpenResty 里有几个阶段与 Nginx 是相同的，比如 rewrite、access、content、filter，这些都是标准的 HTTP 处理。

在这几个阶段里可以用“xxx_by_lua”指令嵌入 Lua 代码，执行重定向跳转、访问控制、产生响应、负载均衡、过滤报文等功能。因为 Lua 的脚本语言特性，不用考虑内存分配、资源回收释放等底层的细节问题，可以专注于编写非常复杂的业务逻辑，比 C 模块的开发效率高很多，即易于扩展又易于维护。

OpenResty 里还有两个不同于 Nginx 的特殊阶段。

一个是“**init 阶段**”，它又分成“master init”和“worker init”，在 master 进程和 worker 进程启动的时候运行。这个阶段还没有开始提供服务，所以慢一点也没关系，可以调用一些阻塞的接口初始化服务器，比如读取磁盘、MySQL，加载黑白名单或者数据模型，然后放进共享内存里供运行时使用。

另一个是“**ssl 阶段**”，这算得上是 OpenResty 的一大创举，可以在 TLS 握手时动态加载证书，或者发送“OCSP Stapling”。

还记得第 29 讲里说的“SNI 扩展”吗？Nginx 可以依据“服务器名称指示”来选择证书实现 HTTPS 虚拟主机，但静态配置很不灵活，要编写很多雷同的配置块。虽然后来 Nginx 增加了变量支持，但它每次握手都要读磁盘，效率很低。

而在 OpenResty 里就可以使用指令“ssl_certificate_by_lua”，编写 Lua 脚本，读取 SNI 名字后，直接从共享内存或者 Redis 里获取证书。不仅没有读盘阻塞，而且证书也是完全动态可配置的，无需修改配置文件就能够轻松支持大量的 HTTPS 虚拟主机。

小结

1. Nginx 依赖于磁盘上的静态配置文件，修改后必须重启才能生效，缺乏灵活性；
2. OpenResty 基于 Nginx，打包了很多有用的模块和库，是一个高性能的 Web 开发平台；
3. OpenResty 的工作语言是 Lua，它小巧灵活，执行效率高，支持“代码热加载”；
4. OpenResty 的核心编程范式是“同步非阻塞”，使用协程，不需要异步回调函数；
5. OpenResty 也使用“阶段式处理”的工作模式，但因为在阶段里执行的都是 Lua 代码，所以非常灵活，配合 Redis 等外部数据库能够实现各种动态配置。

课下作业

1. 谈一下这些天你对实验环境里 OpenResty 的感想和认识。
2. 你觉得 Nginx 和 OpenResty 的“阶段式处理”有什么好处？对你的实际工作有没有启发？

欢迎你把自己的学习体会写在留言区，与我和其他同学一起讨论。如果你觉得有所收获，也欢迎把文章分享给你的朋友。

课外小贴士

01 Nginx 自己也意识到了静态配置文件的缺点，所以引入了 JavaScript 作为可编程配置脚本，实现了一定程度上的的动态配置，另外还单独开发了类似 Envoy 的全动态应用服务器“Nginx Unit”。

02 OpenResty 其实还有一个“官方”的中文名字，叫“鸥锐”，来自于 OpenResty 的谐音，但知道的人很少，用的人就更少了。

03 2015 年 11 月，首届 OpenResty 开发大会在北京 798 园区召开，我有幸参加了第一天的公开大会和第二天的闭门小会，正是在闭门小会上提出了建立 OpenResty 基金会的设想。

04 对于网名“agentzh”（zh，即汉语拼音 zhang），章亦春特别在意要“全小写”，半开玩笑半认真地说“千万不能首字母大写，特别难看，是‘禁区’。”

05 OpenResty 还提供一个命令行工具“resty”，可以解释运行 Lua 代码，利用它就能够写出比肩 Shell、Python、Perl 的高效脚本，而且 100% 无阻塞。

06 在 OpenResty 1.13.6.2 之前，LuaJIT 的虚拟机很容易发生内存分配失败错误。现在的 OpenResty 默认启用了新的“GC64”模式，内存的上限是 128TB。

07 你还可以对比着 Node.js 来理解 OpenResty。Node.js 也是一个应用服务开发平台，使用的是脚本语言 JavaScript，运行在 V8 虚拟机上，下层的支撑平台 libuv 利用 epoll 实现了高性能。

精选留言(11)

闫飞

看起来OpenResty的核心武器是协程模型和Lua语言嵌入融合，合理照顾到了开发效率和程序执行效率之间的平衡。

作者回复: 对。

2019-08-19 2

阿锋

域名一般都是带www，也可以不带www，这两者有什么区别？www的作用是什么？

作者回复: www是“主机名”，也就是表示这台主机用于提供万维网服务。

但现在大部分互联网上的主机都是http服务器，所以www现在只是一个“历史习惯”了，比如极客时间的网站“time.geekbang.org”，虽然不是www，但也是http服务。

不带www是域名的一种简化，通常会使用重定向跳转到其他的域名。

2019-08-17 2

锦

老师好，多路复用理解起来有点困难，主语是什么呢？多路 复用分别怎么理解呢？

作者回复: 英文是I/O multiplexing，就是指多个I/O请求“复用”到一个进程或线程里处理，而不是开多个进程、线程处理。

可以看示意图再体会一下。

2019-08-16 2

-W.LI-

老师好!
同步阻塞:代码同步顺序执行，等待阻塞操作完成继续往下走。
同步非阻塞:代码顺序执行，遇见阻塞操作时，CPU执行世间会让出去，得到结果时通过callBack继续回到之前阻塞的地方。
大概是这样么?
然后就是同步阻塞的话，在阻塞的时候会占用CPU执行时间么?
同步非阻塞的话，遇到阻塞操作，主线程直接让出CPU执行时间，上下文会切换么?上下文切换开销会很大吧，如果只是让出怎么实现阻塞数据没就绪时不被分配cpu，如果一直没回调这个线程会死锁么?
代码中请求，redis，数据库这些操作是同步阻塞，还是同步非阻塞?

作者回复:
1.基本正确，但同步阻塞的时候是这个线程被阻塞了，操作系统会把这个线程切换出去干别的，不会耗cpu，相当于这个线程没有充分利用cpu给它的资源。

2.同步非阻塞，是线程自己主动切换cpu给其他任务，但并没有让出cpu给其他线程或进程，因为在用户态，所以成本低，底层是epoll和Nginx的事件机制。

3.有超时机制，超时就会任务执行失败，不会死锁。

4.OpenResty的代码都是同步非阻塞的。

2019-08-16 2

业余草

老师不写OpenResty专栏亏才了

作者回复: 可以看实体书《OpenResty完全开发指南》。

2019-08-23 1

Geek_54edc1

2、“阶段式处理”，我的理解这个与“流水线”很像，许多的业务流程模型其实都可以抽象为流水线，通过配置化的方法，可以定制化地把各个模块组成业务流水线

作者回复: good

2019-08-16 1

-W.LI-

老师好!看完回复好像明白了一点
同步非阻塞:nginx，是单线程模型，主线程类似一个多路复用器(和NIO的IO模型类似?)，所有的请求是以任务形式被受理，任务是交给协程处理。任务结束，主线程检测到事件进行对应操作。主线程和协程一直都在处理任务，所以不会涉及到线程的上下文切换。传统的web服务器，Tomcat这些都是线程池形式的。一个请求交给一个线程，请求阻塞了这个线程就会被切换出去开销很大。nginx协程开销已经小了，又通过事件+异步非阻塞模型减少了上下文切换所以吞吐量就能很大。

作者回复: 基本正确。不过Nginx里没有使用协程，它使用的是epoll的事件机制，向epoll注册socket的读写事件，当socket可读可写时调用响应的处理函数。

你说的协程是应用在OpenResty的Lua虚拟机里。

2019-08-16 1

许童童

老师你好，可以说一下OpenResty 和 nginx njs 有什么区别吗?

作者回复: OpenResty现在已经是一个成熟的Web开发生态体系了，已经有很多商业公司基于OpenResty开发各种业务应用，底层的LuaJIT性能很高，保证了它的运行效率。

njs现在还是处于起步阶段，功能比较弱，Nginx对它的定位是“可编程配置语言”，关注点还是在辅助Nginx，而不是用来开发复杂的业务逻辑。

还有很重要的一点是OpenResty里的LuaJIT支持FFI，可以直接调用C接口，扩展性极高，而njs这方面的能力为零，只能限制在vm里。

2019-08-16 1

许童童

谈一下这些天你对实验环境里 OpenResty 的感想和认识。
我感觉有些时候，写代码比写配置文件更加灵活，OpenResty 通过Lua脚本就可以达到这个效果。

你觉得 Nginx 和 OpenResty 的“阶段式处理”有什么好处？对你的实际工作有没有启发?
阶段式处理，有点类似一个类的生命周期，又有点类似责任链模式。实际工作中编写前端组件，也可以采取类似的方式，把组件渲染分阶段，生命周期细分，使组件更专注更内聚。

作者回复: 说的挺好。

其实Nginx最初的模块设计就是想把配置文件弄成语言的形式，通过模块实现指令来增加语言里的词汇，但Nginx的配置文件修改后必须重启，而且C模块开发太麻烦。

OpenResty引入Lua后C模块开发的就越来越少了，因为脚本语言比简单的指令更灵活，开发的成本也更低。

2019-08-16 1

小二

多路复用，这种是需要操作系统底层提供支持吗？感觉自己的代码再怎么写，也是多开一个线程在那边等，

作者回复: 目前是这样，需要操作系统底层有epoll、kqueue等系统调用，然后基于这些系统调用实现reactor、proactor等模式，也就是多路复用。

2019-08-23

彩色的沙漠

老师您在一个同学回复中说“同步阻塞的时候是这个线程被阻塞了，操作系统会把这个线程切换出去干别的，不会耗cpu，相当于这个线程没有充分利用cpu资源”，安卓系统用的单线程模型，如果主线程阻塞超时，就会报ANR

作者回复: Android系统不了解，欢迎补充。

2019-08-22 1