

第 n 步已收敛, 则达到了平稳状态, 以后的样本必然都满足 $p(x)$ 分布, 都可以用于生成待模拟分布的样本^[15].

为了使细致平稳条件成立, MCMC 算法的最终转移矩阵 P 为:

$$P(i, j) = Q(i, j)\alpha(i, j) \tag{2}$$

目标矩阵 P 可以通过任意马尔科夫链状态转移矩阵 Q 乘以 $\alpha(i, j)$ 得到, $\alpha(i, j)$ 为接受率, 其取值区间为 $[0, 1]$. 但在高维的情况下, α 会导致算法效率不高, 因此需要一个转移矩阵 Q 使得 $\alpha = 1$. 在数据为二维时, 假设概率分布 $p(x, y)$, 平面上存在 x 坐标相同的两个点 $A(x_1, y_1)$, $B(x_1, y_2)$, 则吉布斯采样法按照式 (3)~式 (5) 构造两点之间的转移概率矩阵 Q ^[15].

$$Q(A \rightarrow B) = p(y_B|x_1), \text{ if } x_A = x_B = x_1 \tag{3}$$

$$Q(A \rightarrow C) = p(x_C|y_1), \text{ if } y_A = y_C = y_1 \tag{4}$$

$$Q(A \rightarrow D) = 0, \text{ others} \tag{5}$$

2 迁移上云改造模型

2.1 模型建立

微服务应用系统框架主要包括服务注册、统一配置服务、服务网关和微服务 4 大模块, 需要将 Spring Cloud 框架中的模块适配改造为 EDAS 体系中对组件, 所提出的微服务应用系统迁移改造模型如图 2 所示.

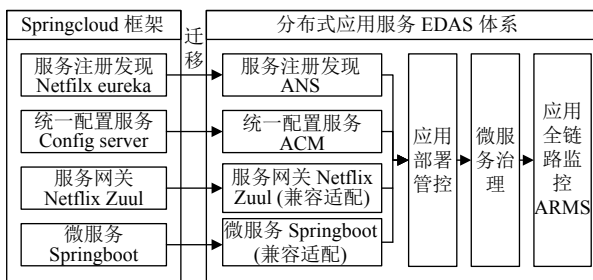


图 2 微服务迁移改造模型

SpringCloud 架构中服务注册发现模块 Netflix Eureka 和统一配置服务模块 Config Server 迁移至 EDAS 后需进行改造, 而由于 EDAS 体系兼容适配 SpringCloud 框架中服务网关和微服务所使用的 Netflix Zuul 和 Springboot 模块, 因此这两个模块只需要根据微服务应用的实际情况, 迁移至 EDAS 中对应的模块即可.

EDAS 中微服务模块并没有直接部署在云主机 ECS (Elastic Compute Service) 上, 而是部署于容器服务 K8S 集群上. 迁移后的微服务模块包含工具应用层

和平台组件服务层两个层. 工具应用层由调运检运维管理类微应用、自动化作业类微应用和个性化自建微应用构成, 平台组件服务层由资源配置服务、资源检测服务、作业管理服务等各种平台所需的服务构成, 如图 3 所示.

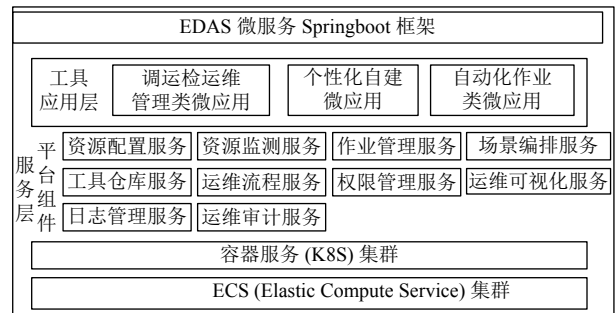


图 3 EDAS 微服务 Springboot 框架

在 EDAS 中, 设有专门的应用部署管控模块和微服务治理模块, 它们负责对迁移的 4 个模块进行治理和管控, 并和迁移的 4 个组件均受到业务实时监控服务 (ARMS) 的统一监控.

2.2 模型适配改造

EDAS 体系虽然兼容 SpringCloud 框架, 但是两者在实际应用中存在着些许不同, 需要对服务注册发现模块和微服务模块进行适配性改造, 使其对接 EDAS 体系中对组件, 能够融入 EDAS 生命周期管理和应用监控体系, 实现应用的全链路监控.

2.2.1 服务注册发现模块适配改造

服务注册发现模块 Netflix Eureka, 需适配改造使用 ANS (Alibaba Naming Service) 组件. ANS 支持 Spring Cloud 应用的服务注册与发现, 同时默认集成了负载均衡组件 Ribbon, Eureka 用户可以通过替换 maven 项目中 pom.xml 文件中的依赖实现无缝迁移.

服务注册模块需要服务提供者与服务消费者, 服务提供者适配改造之后使用 ANS 进行服务注册发现的算法如算法 1 所示.

算法 1. ANS 服务提供者算法

- 1) 创建 SpringCloud 工程 service-provider, 在 pom.xml 中引入需要的依赖内容;
- 2) 编码服务提供端的启动类 (利用 @Enable DiscoveryClient 注解表明此应用需开启服务注册与发现功能);
- 3) 提供服务;
- 4) 配置阿里云账号的 AccessKey、SecretKey, 以及 EDAS 的命名空间信息;
- 5) 启动 service-provider 服务, 在 EDAS 页面查看服务注册信息.

服务消费者适配改造之后使用 ANS 进行服务注册发现的算法如算法 2 所示. 其中 RestTemplate、AsyncRestTemplate 和 FeignClient 为实际服务调用中最常使用的 3 个客户端.

算法 2. ANS 服务消费者算法

- 1) 创建 SpringCloud 工程 service-consumer, 在 pom.xml 中引入需要的依赖内容;
- 2) 配置 RestTemplate、AsyncRestTemplate 和 Feign Client;
- 3) 创建 Controller, 验证服务发现功能;
- 4) 添加应用基本配置和阿里云 AK、SK 以及 EDAS 的 namespace;
- 5) 启动服务, 查看 EDAS 控制台, 查询服务, 查看服务注册是否成功.

2.2.2 统一配置服务模块适配改造

统一配置服务模块 Config Server 迁移之后改造适配使用 EDAS 的应用配置管理 ACM (Application Configuration Management) 组件. 适配改造后, 统一配置服务组件由服务端、客户端和控制台组成, 其中控制台由管理员进行使用, 发布各种配置管理命令, 其管理模式如图 4 所示.

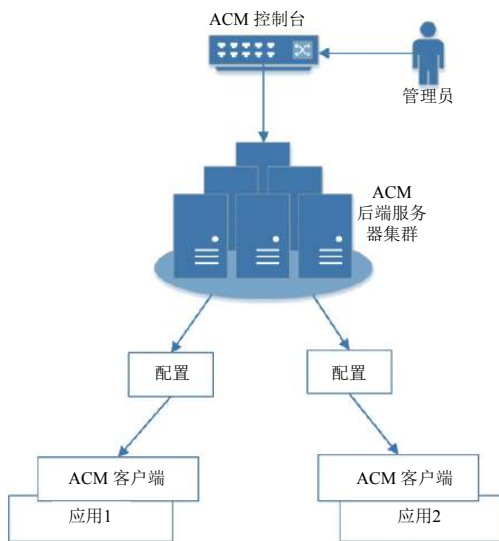


图 4 ACM 配置管理

管理员只需在控制台上进行配置更改, 更改之后的配置信息就可以快速自动被推送到 ACM 后端的服务器集群中, 并在秒级延迟内在各个 ACM 客户端的应用中生效. 利用 ACM 可以在微服务中极大减轻配置管理的工作量, 同时增强配置管理的服务能力.

适配改造完成后, 系统各模块均纳入 EDAS 的应用部署管控中, 充分利用 EDAS 的应用生命周期管理和微服务治理机制, 实现云上应用的一键部署、弹性伸缩、灰度发布以及故障自愈等功能.

2.3 模型检验

当完成系统上云之后, 为了保证系统数据的完整性和正确性, 需要对数据进行一致性检验, 虽然可以利用数据库迁移工具在迁移任务结束后进行数据校验, 但由于系统数据量过大或会遇到增量迁移的情况, 对全部迁移数据进行校验会使工作总量十分巨大, 因此需要对数据进行采样, 通过采样数据的校验结果判断迁移数据的正确性. 由于迁移数据为多维数据, 且数据之间存在关联, 数据的期望和样本概率也很难计算, 本文采用吉布斯采样方法对迁移数据进行采样, 再对采样数据进行一致性校验.

假设源数据库中的迁移数据为 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$, $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$, 迁移完成后云上的数据为 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$, $Y_i = \{Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in}\}$, 伪代码如算法 3 所示.

算法 3. 数据采样校验算法

- 1) 对于源数据集 X 随机选择维度 $i(i=1, \dots, m)$.
- 2) for $t=1, \dots, T$
 - for $j=1, \dots, n$

$$X_j^{(t+1)} \sim p(X_j | X_1^{(t+1)}, \dots, X_{j-1}^{(t+1)}, X_{j+1}^{(t)}, \dots, X_m^{(t)})$$
 循环采样得到采样数据集 $A=\{a_1, \dots, a_{num}\}$, 完成源数据集采样.
- 3) 在 Y 中选取与采样数据集 A 所对应的采样数据集 $B=\{b_1, \dots, b_{num}\}$, 完成云上数据集采样.
- 4) $flag=1$
 - for $i=1, \dots, num$
 - if $a_i \neq b_i$
 $flag=0$, 记录错误数据对应的位置;

break;
- 5) if $flag=0$
 - 数据迁移出现错误, 检查并修正错误数据所在数据表, 之后转至 6).
 - else 数据迁移数据无误, 一致性检验完成.
- 6) 再次执行 1)~5) 操作, 直至 $flag=1$.

3 实验验证

本文以国网安徽电力 SG-I6000 微服务系统为例, 系统迁移改造至阿里云, 改造为 EDAS 体系, 系统数据通过一致性检验后, 测试实验上云系统的一键部署、弹性伸缩、灰度发布以及故障自愈能力. SG-I6000 微服务系统是在 I6000 系统传统构架版本基础上, 对平台应用模块进行微服务化改造后的版本. 该系统采用主流的 SpringCloud 框架, 在开源 K8S 环境中进行过运行检测, 具备迁移改造上云的基础.

3.1 数据一致性检验

系统服务迁移至阿里云的过程中, 采用吉布斯采

样方法对迁移数据进行采样,减少校验数据量,提高系统迁移速率.针对采样得到的数据,进行数据一致性的检验.为验证模型检验方法的可行性,对迁移数据中的一部分,使用MySQL中的pt-table-checksum命令进行完整的数据一致性检验作为对比实验.测试数据库大小分别为186.75 GB、293.72 GB和483.6 GB,分别进行采样一致性检验和完整一致性检验,并经过采样检验纠错后,在通过完整的数据一致性检验检验采样检验的正确率,实验结果如表1所示.

表1 数据一致性检验实验

数据库编号	数据大小(GB)	完整检验正确率(%)	采样检验正确率(%)	采样检验纠错后正确率(%)
1	186.75	98.67	98.71	99.98
2	293.72	99.32	99.29	99.97
3	483.6	98.97	99.01	99.99

测试结果表明,模型采样检验方法准确率很高,经纠错后,数据准确高达99.97%以上,证明了模型检验方法的可行性.

3.2 一键部署验证

一键部署功能的验证主要包括两个场景,一是使用EDAS在K8S集群中使用镜像的方式来部署新应用,部署界面如图5所示.



图5 EDAS 镜像部署新应用

另一个是验证EDAS对应用版本更新的部署,部署方式包括单批发布和分批发布两种方式,界面如图6所示.

经过测试验证,在上述两个应用部署场景下,均能够使用EDAS控制台部署应用程序和配置参数,实现一键部署功能.

3.3 弹性伸缩验证

弹性伸缩功能的测试包括手动伸缩和自动伸缩功能测试.手动伸缩是通过EDAS控制台手动设置应用的实例数目,适用于提前预知业务量的场景,譬如在月

初报表类业务骤增,可以手动调制报表类应用实例数目.自动伸缩通过设置容器服务K8S的容器组水平伸缩器配置伸缩策略,实现自动调制应用实例数目.自动伸缩适合业务量不确定或者频繁变动的应用场景,实现按需分配计算资源.



图6 EDAS 部署应用版本更新

伸缩策略设置最大容器数量为8,最小容器数量为2,伸缩指标设置为50%的CPU使用量.使用压力测试工具Jmeter对服务进行压力测试,持续100个并发.

压力测试开始后,CPU使用率持续上升,容器副本数量自动调节增加;压力测试停止后,CPU使用率下降,系统自动释放扩容的容器副本.某实例中CPU使用量在压力测试前后的监控曲线如图7所示.

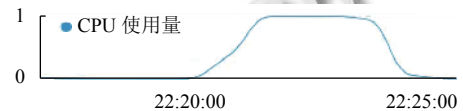


图7 CPU 监控曲线

在压力测试初期,CPU使用量提高,副本容器扩容至4个.随着CPU使用量逐渐提高至满载,副本容量扩容至上限数量8个.等到压力测试结束,CPU使用量大大幅度下降,副本容器被释放至数量下限2个.

3.4 基于容器服务的灰度发布验证

通过容器服务对灰度发布能力进行验证,在EDAS中发布应用的不同版本,使用容器服务中的路由规则设置灰度流量规则,根据Cookie值控制流量路由.请求服务时,服务器根据Cookie值将流量路由至对应版本的应用.灰度发布策略设置如图8所示,设置v2版本应用匹配Cookie名称为version,匹配值为v2.当Cookie值匹配时,服务将被路由至v2版本应用,否则将路由至v1版本.



图8 CPU EDAS 灰度发布设置

测试设置应用服务返回对应的版本号, 测试结果如图9所示. 测试中请求服务都获得了正确的应用版本号, 验证了系统的灰度发布功能.

```

root@ibfwarel-i6000-guaf:~# curl -s http://graphic.k8s/graphic/version.html
1.0
root@ibfwarel-i6000-guaf:~# curl -s http://graphic.k8s/graphic/version.html --cookie "version=v2"
2.0
  
```

图9 EDAS 灰度发布测试

3.5 故障自愈能力验证

当容器服务工作节点发生宕机, 容器实例自动漂移至其他工作节点, 实现故障自愈. 通过强制关闭容器服务 K8S 集群的一个工作节点来模拟节点宕机, 验证运行在该节点上的应用实例是否迁移至其他节点并正常运行, 实验结果如图10所示.



图10 实例漂移测试(方框中为节点ID)

运行于强制关闭节点中的应用实例成功漂移至其他工作节点并正常工作提供服务, 验证了 EDAS 的故障自愈能力.

4 结论与展望

针对当前电网信息通信运维系统存在的种种问题, 本文提出了一种基于 SpringCloud 框架的微服务应用系统迁移上云改造模型, 将电网信息通信运维系统迁移上云平台, 将系统服务全部迁入 EDAS 体系, 使用吉布斯采样法采样检验数据一致性, 实现一键部署、弹性伸缩、灰度发布以及故障自愈. 之后, 通过国网安徽

电力 SG-I6000 微服务系统上云的实际案例, 证明了系统的成功上云和可靠运行.

参考文献

- 郝福忠. 电力系统现代通信技术. 郑州: 郑州大学出版社, 2012.
- 甘志洲, 胡珂珏, 向晓萍. 电力通信网安全维护与管理对策. 通讯世界, 2018, (9): 85-86. [doi: 10.3969/j.issn.1006-4222.2018.09.055]
- 杨志敏, 洪丹轲, 谢俊毅. 电力通信运行支撑系统不中断迁移上云方案. 生态互联 数字电力——2019 电力行业信息化年会论文集. 无锡, 2019: 67-74.
- 刘沛东, 安博, 钟业弘, 等. 私有云环境下基于虚拟集群的资源共享方法. 计算机科学与探索, 2017, 11(8): 1204-1213.
- 张建勋, 古志民, 郑超. 云计算研究进展综述. 计算机应用研究, 2010, 27(2): 429-433. [doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2010.02.007]
- 刘森. 云计算技术的价值创造及作用机理研究 [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- 张海晨. 山西省政务云平台建设与管理研究 [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2019.
- 陈世民. 基于电子政务云的政务信息系统云化迁移研究. 中国信息化, 2019, (3): 44-46.
- 耿鹏飞, 梅雅鑫. 盘点云计算 2018 安全和赢利成未来重心. 通信世界, 2018, (34): 36. [doi: 10.3969/j.issn.1009-1564.2018.34.017]
- 孟介民. 云计算企业生态系统构建研究 [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- 束开, 张海俊. 贵州燃气集团信息化系统上云实践. 煤气与热力, 2018, 38(7): 81-83, 89.
- 翟剑锟. Spring 框架技术分析及应用研究 [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院大学 (工程管理与信息技术学院), 2013.
- 黄俊勇. 基于 Spring 框架的研究与设计. 电脑知识与技术, 2018, 14(3): 116-117, 120.
- 阿里云. 什么是企业级分布式应用服务 EDAS. https://help.aliyun.com/document_detail/42934.html?spm=a2c4g.1174283.6.543.7ed54632nL.BidH. [2019-11-26].
- Guo HC, Liang QL, Li ZQ. An improved AD-LDA topic model based on weighted Gibbs sampling. Proceedings of 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference. Xi'an, China. 2016. 1978-1982.