

摘要

（目的）随着云原生和微服务技术的发展，越来越多的企业选择在云环境中部署和运行应用程序。微服务是一种在云原生环境中被广泛采用的软件架构风格，通过将单个应用拆分成许多小的服务，使得每个服务运行在单独的进程中，并且可以独立部署，微服务之间借助网络进行交互。微服务架构应用程序的性能与微服务的资源配置以及微服务自身包含的软件参数设置紧密相关。然而，微服务应用中服务数量大，可配置的参数共同组成了高维的搜索空间，并且服务之间依赖复杂，参数之间也存在相互影响，因此如何对微服务进行配置优化以提高应用性能是一个重要且充满挑战的研究课题。

（方法）围绕微服务应用配置优化问题，目前已有的解决方案主要分为两类：第一类通过优化 CPU、内存等资源配置以提高微服务应用的性能。第二类通过优化微服务应用自身所包含的 Nginx、Redis、MongoDB 等软件参数以提高应用性能。然而这两种方案忽略了资源配置与软件参数之间存在的依赖关系，未对两者进行协同优化，也忽略了由此产生的高维配置搜索空间的挑战。针对已有工作的不足，本文对云原生环境下微服务应用的配置优化问题进行了研究，提出了资源配置与软件参数协同优化方案，并进行了框架的设计与实现。**（部分结果）**实验证明，该方案能够为微服务应用带来更大的性能提升，在工作负载吞吐量为 500 请求每秒时，本文提出的方案相比单独调整资源配置，性能提高了 22.94%，相比单独调整软件参数，性能提高了 17.95%。实验还显示在其它负载吞吐下，本文提出的方案相比单独调整的方案，也能带来更高的性能提升，且负载吞吐量越大提升效果越明显。

（结果）此外为了简化微服务应用的配置优化流程，本文还实现了一种自动化的云原生微服务应用在线配置优化框架。本文的主要工作总结如下：

（1）针对单独调整微服务应用中资源配置或软件参数所带来的优化空间损失问题，本文提出了基于资源配置与软件参数协同优化的方案。该方案将微服务应用的配置优化视为黑盒优化问题，采用了配置优化领域广泛使用的贝叶斯优化算法进行解决。由协同优化带来的高维参数搜索空间问题，本文通过定位对微服务应用性能影响巨大的关键服务，以降低参数搜索空间。在本地集群上的实验证明，相较于单独调整资源配置或软件参数的方案，本文提出的协同优化方案带来了更大的性能提升。同时，为了优化资源能效，避免保守的资源分配策略为微服务提供了不必要的系统资源，本文在实验过程中优化了微服务应用的性能评价指标，提高了系统资源利用率。

(2) 针对云原生环境微服务应用中含有大量的微服务与软件，难以人工手动进行配置优化的问题，本文设计并实现了云原生微服务应用在线配置优化框架。该框架借助云原生技术栈和 DevOps 工具，避免了系统管理人员手动调整容器资源配置与软件参数、进行微服务应用部署和性能测试等重复繁琐的步骤，使微服务配置优化流程更加简洁高效。此外，该框架还提供了用户自定义微服务接口与算法接口，进一步增强了框架的可扩展性。

(结论) 实验证明，本文方案显著提升了微服务应用性能，并降低了人工干预成本。所提框架已具备生产环境适用性，未来将进一步推广至实际业务场景。

关键词：云原生，微服务，配置优化，贝叶斯优化