하이브리드 클라우드 환경에서의 노드 스케일링 및 워크로드 배포 전략 설계

윤지혜, 김영한*
*숭실대학교

dbswlgp99@dcn.ssu.ac.kr, younghak@ssu.ac.kr

Designing a node scaling and workload distribution strategy in hybrid cloud environment

Yun Ji Hye, Kim Young Han*
*Soongsil Univ.

요 약

프라이빗 클라우드의 리소스는 한정적이기 때문에 필요할 때 확장이 불가능할 수 있다. 따라서 프라이빗 클라우드의 리소스가 고갈된 경우 퍼블릭 클라우드를 활용하여 노드를 확장하기 위한 방안이 필요하다. 이에 본 논문에서는 하이브리드 클라우드 환경에서 노드 스케일링을 위한 기능을 제안하고, 이때 워크로드를 효율적으로 분배하기 위한 방법에 대해 논의하고자 한다.

Ⅰ. 서 론

차세대 클라우드 혁신의 필수 요소로 꼽히는 쿠버네티스 플랫폼은 그 사용량이 기하급수적으로 증가하고 있으며, 대규모 조직에서도 쿠버네티스를 채택하는 비율이 늘어나고 있다. 그런 쿠버네티스를 기반으로 하여 시스템을 운영하다 보면 워커노드의 리소스 부족으로 인해 scale out 이 필요한 상황이 발생한다. 프라이빗 클라우드 환경에 리소스가 남아있는 경우에는 새 노드를 추가함으로써 문제가 해결될 수 있지만, 프라이빗 클라우드의 리소스를 모두 소진한 경우에는 이와 같은 방식으로 문제를 해결할 수 없다. 프라이빗 클라우드의 리소스는 한정되어 있으며 자유롭게 늘려서 사용할 수 없고, 확장을 위해서는 추가적인 인프라 구축을 필요로 한다. 따라서 이러한 경우에는 퍼블릭 클라우드를 활용하여 노드를 확장하는 방안이 필요하다. 그리고 이후 실행중이던 워크로드를 재분배하여 새로운 애플리케이션을 수용할 수 있어야 한다. 그러나 워크로드는 그 특성에 따라 퍼블릭 클라우드 환경에서의 실행 가능 여부가 달라지기 때문에 그에 맞게 분배가 이루어져야 한다. 이에 본 논문에서는 프라이빗 클라우드와 퍼블릭 클라우드 환경에서 모두 쿠버네티스 클러스터를 운영중인 환경을 가정하여 프라이빗 클라우드의 리소스가 모두 소진될 경우 퍼블릭 클라우드를 통해 노드 스케일링을 수행하기 위한 방안을 제시한다. 또한, 프라이빗 클라우드 환경에 새로운 애플리케이션을 수용하기 위해 기존에 실행중이던 워크로드를 그 특성에 맞게 하이브리드 클라우드 환경에서 재분배하는 기능을 제안하고자 한다.

Ⅱ. 본론

본 논문에서 제안하는 하이브리드 클라우드의 구조는 아래와 같다. 프라이빗 클라우드에 멀티 클러스터의 관리를 위한 Management Cluster 가 구축되어 있어야 하며, 하이브리드 클라우드 환경에서 존재하는 모든 클러스터는 이 Management Cluster 에 등록되어 관리될 수 있어야 한다.[1]

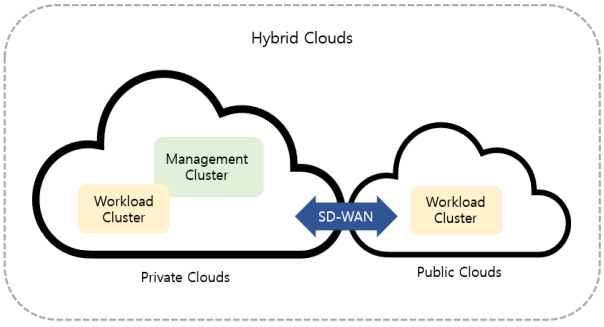

그림 1 하이브리드 클라우드 구성도

2.1 하이브리드 클라우드 환경에서의 노드 Scale-out 기능 설계

쿠버네티스에서 클러스터의 리소스가 소진될 경우 파드는 pending 상태로 표시된다. 이때는 노드의 scale out 을 통해 클러스터를 확장하여 pending 상태의 파드가 스케줄링 될 수 있도록 해야 한다. 기존에 단일 클러스터 내에서 노드를 확장하기 위한 기능은 이미 존재하지만, 프라이빗 클라우드 자체의 리소스가 고갈된

경우에는 다른 해결 방안이 존재하지 않는다. 따라서 해당 상황을 인지하여 자동으로 퍼블릭 클라우드를 활용하도록 하는 기능이 필요하다.

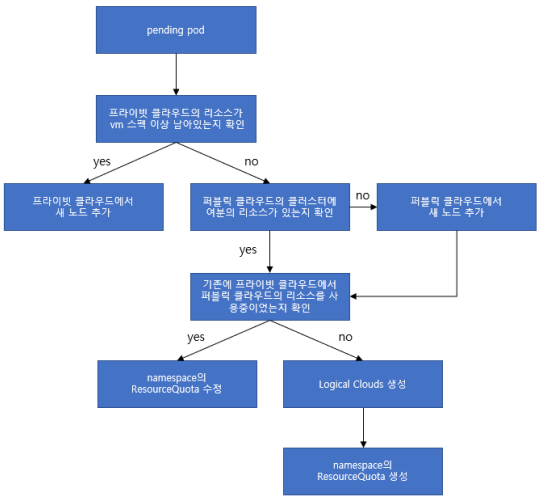

그림 2 하이브리드 클라우드 환경에서의 노드 스케일링을 위한 과정

본 논문에서 제안하는 시나리오에서는 리소스의 부족으로 인해 pending 상태인 파드가 있으면 먼저 프라이빗 클라우드에 VM 스펙으로 정의해 놓은 것 이상의 리소스가 남아있는지 확인한다. 그만큼의 여유가 있을 경우에는 프라이빗 클라우드에서 새 노드를 추가하고, 그렇지 않을 경우에는 퍼블릭 클라우드의 리소스를 활용한다. 그런데 퍼블릭 클라우드에서는 새 노드를 추가하기 이전에 먼저 클러스터에 리소스가 남아있는지 확인하고, 있을 경우에는 그 리소스를 빌려 사용한다. 이를 위해 프라이빗과 퍼블릭 클라우드 간 논리적인 클라우드 집합인 logical clouds 를 생성하여 그 내에서 애플리케이션을 통합적으로 관리하도록 한다.[2] Logical clouds 를 구성할 때에는 퍼블릭 클라우드에서 특정 namespace 만을 선택하고 그 namespace 에 ResourceQuota 오브젝트를 통해 Quota 를 지정하면 원하는 만큼의 리소스만을 사용하도록 할 수 있다. 따라서 기존에 logical clouds 를 통해 퍼블릭 클라우드의 리소스를 사용하고 있었을 경우에는 namespace 의 ResourceQuota 만 변경해주면 되고, 그렇지 않았을 경우에는 namespace 를 기반으로 하는 새로운 logical clouds 를 생성하여 그 namespace 에 ResourceQuota 를 만들어주면 된다. 퍼블릭 클라우드에도 클러스터 내에 리소스의 여유가 없을 경우에는 새로운 노드를 추가하고 기존에 logical clouds 를 통해 사용 중이었는지 확인하면서 그 후의 과정은 동일하게 수행한다.

2.2 하이브리드 클라우드 환경에서의 워크로드 배포 전략 설계

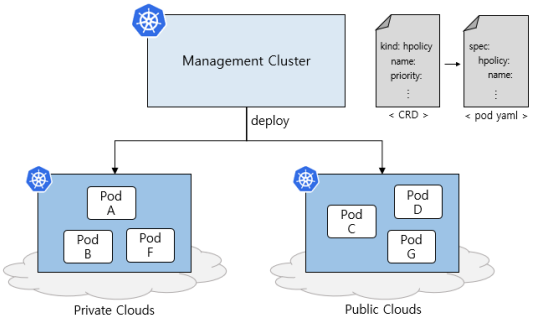

그림 2 하이브리드 클라우드 환경에서의 워크로드 배포 전략

퍼블릭 클라우드를 활용하여 노드를 확장했을 경우에는 scale out 이 완료되면 프라이빗 클라우드 환경에 새로운 애플리케이션을 수용하기 위해 기존에 실행중이던 워크로드를 퍼블릭 클라우드로 재분배해야 한다. Affinity, taint 등을 통해 파드 스케줄링 정책을 세울 수 있지만 이는 하이브리드 클라우드 환경을 고려하여 설계된 것이 아니기 때문에 하이브리드 클라우드 환경에 적합한 새로운 전략이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 새로운 CRD(Custom Resource Definition)를 제안한다. 해당 CRD 에서는 우선순위를 통해 퍼블릭 클라우드에서 실행 가능한 워크로드를 판단할 수 있도록 하고, 파드에서는 해당 CRD 의 이름을 참조한다. 그리고 우선순위가 높은 파드가 퍼블릭으로 이전될 수 있도록 한다. 여기서 우선순위는 워크로드의 특성에 따라 결정되어야 하며, 기존에 운영자에 의해 미리 정의되어 있어야 한다. Management cluster 에서는 그 CRD 를 읽어서 그에 맞게 워크로드를 분배해줄 수 있어야 한다.

이와 같이 클러스터를 확장하여 애플리케이션을 배포했을 경우 시간이 지나 리소스 사용량이 줄어들면 다시 scale in 을 수행해야 한다. 단일 클러스터 내에서 노드를 scale out 하여 사용했을 경우 그 절차는 비교적 단순하지만, 퍼블릭 클라우드를 활용했을 경우에는 다시 여러 절차가 요구된다. 프라이빗 클라우드에서 퍼블릭 클라우드로 이전된 워크로드들을 필요에 따라 다시 프라이빗 환경에서 실행시켜야 하고, 사용하던 리소스를 다시 돌려주어야 한다. 이를 위해 노드를 추가적으로 생성하지 않았을 경우에는 namespace 의 ResourceQuota 만 변경하면 되지만, 노드를 추가적으로 생성한 경우에는 그 노드도 다시 삭제해주어야 한다.

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 하이브리드 클라우드 환경에서의 노드 스케일링 기능과 워크로드 배포 전략에 대해 설계하였다. 이를 통해 프라이빗 클라우드의 한정된 리소스로 인해 발생하는 문제를 해결할 수 있으며, 클라우드 전반에 걸쳐 유연한 애플리케이션 이동성을 보장할 수 있다. 이는 기존 하이브리드 클라우드의 장점을 더욱 증폭시킨 것으로, 다양한 요구사항을 수용하기 위한 하이브리드 클라우드 모델로의 변화를 더욱 가속화할 것으로 예상한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00946, 하이브리드 클라우드 환경에서의 고속, 자동 서비스 복구 및 이전 소프트웨어 개발)

참 고 문 헌

[1] Kubernetes Cluster API, https://cluster-api.sigs.k8s.io/, 2023

[2] Emco, https://project-emco.io/, 2023