OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 시스템을 위한 가상 머신 마이그레이션

장한이, Jargalsaikhan Narantuya, 김성환, 임혁
광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

{hanizang, jargalsaikhan.n, sunghwankim, hlim}@gist.ac.kr

VM Migration for OpenStack based Multi-Site Cloud Systems

Hannie Zang, Jargalsaikhan Narantuya, Sunghwan Kim, and Hyuk Lim,
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

최근 클라우드 컴퓨팅의 발전으로 사용자의 요구에 맞게 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 등의 자원을 가상 머신의 형태로 제공함에 따라, 클라우드 내 자원 관리를 위한 가상 머신 관리 기술이 중요해지고 있다. 이를 위한 기술로는 단일 클라우드 내에서 가상 머신을 하나의 물리 머신에서 다른 물리 머신으로 이동시키는 가상 머신 마이그레이션 기술과 클라우드 자원을 여러 지역에 분산 구축하는 멀티사이트 클라우드 기술 등이 있다. 본 논문에서는 클라우드 간 자원 관리를 위하여 가상 머신 마이그레이션 기술을 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 환경에서 구현하고, 이에 대한 성능 평가를 수행하였다.

Ⅰ. 서 론

클라우드 컴퓨팅은 인터넷이 가능한 기기를 통해 사용자가 클라우드 서비스 제공자로부터 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 등의 자원을 원격으로 사용할 수 있게 해준다. 클라우드 서비스 제공자가 사용자의 요구에 맞는 자원을 가상 머신의 형태로 제공함에 따라, 클라우드 컴퓨팅 환경에서 클라우드 내 자원 관리를 위한 가상 머신 관리 기술이 중요해지고 있다. 이를 위한 기술로는 멀티사이트 클라우드 기술과 가상 머신 마이그레이션 기술 등이 있다. 멀티사이트 클라우드는 AWS, Azure, OpenStack 등의 다양한 클라우드 환경에서 자원을 여러 지역에 분산 구축함으로써 단일 클라우드의 결함에 대비할 수 있도록 하고, 대체 클라우드를 통해 서비스의 가용성 및 신뢰성을 향상시키는 기술이다. 가상 머신 마이그레이션 기술은 실행 중인 가상 머신을 하나의 물리 머신에서 다른 물리 머신으로 이동시키는 기술로, 클라우드 컴퓨팅 환경에서 하드웨어 자원의 최적화, 시스템의 안정적인 운영을 위해 사용된다.

작업 부하에 따른 마이그레이션의 실시간 성능 예측, 에너지 소비를 줄일 수 있는 효율적인 마이그레이션 등 단일 클라우드 기반 마이그레이션 기술에 대해서는 다양한 연구가 진행되었던 반면, 멀티사이트 클라우드 환경에서의 마이그레이션에 대한 연구는 많이 부족하다 [1,2]. 다중 클라우드 환경을 위한 OpenStack Cascading, SlapOS 등의 공개 SW가 존재하지만 클라우드 브로커의 역할을 수행할 뿐, 클라우드 간 가상 머신 마이그레이션을 지원하지 않는다. 본 논문에서는 클라우드 간 효과적인 자원 운용을 위한 부하 균형(load balancing), 빠른 유지 보수를 통한 단일 클라우드의 결함 관리(fault management) 등을 위해, 가상 머신 마이그레이션 기술을 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 환경에서 구현하고, 마이그레이션에 걸리는 총 시간을 측정하여 성능을 평가하였다. 마이그레이션의 성능은 가상 머신을 하나의 물리 머신에서 다른 물리 머신으로 이동시키는데 걸리는 총 시간인 마이그레이션 타임(migration-time)에 따라 결정된다[3].

Ⅱ. OpenStack 멀티사이트 클라우드 가상 머신 마이그레이션

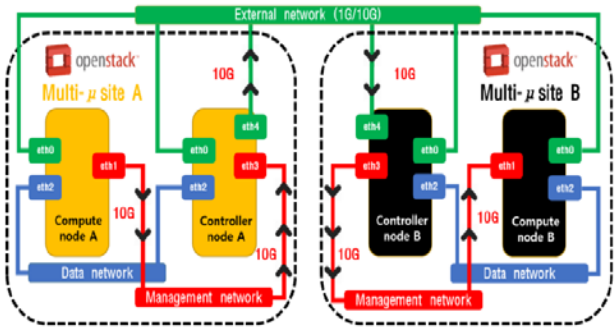

그림 1. OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드

그림 1은 본 논문에서 구축한 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 환경을 나타낸다[4]. 서로 다른 사이트에 OpenStack 클라우드를 각각 구축하고, 각 사이트를 *Multi-site A*와 *Multi-site B*로 구분한다. 각 사이트는 하나의 컨트롤러 노드와 하나의 컴퓨트 노드로 구성되어 있다. 컨트롤러 노드는 관리 네트워크

(Management Network)를 통해 컴퓨트 노드에게 가상 머신의 생성, 삭제 또는 마이그레이션 명령을 전달한다. 컨트롤러 노드로부터 작업 지시를 받은 컴퓨트 노드는 하이퍼바이저를 통해 이 명령들을 수행한다. 데이터 네트워크는 컴퓨트 노드의 가상 머신이 다른 서브네트워크에 있는 가상 머신과 데이터를 주고받을 때 사용된다. 외부 네트워크(External Network)는 컴퓨트 노드의 가상 머신이 외부와 통신하거나 컨트롤러 노드가 가상 머신을 다른 사이트로 마이그레이션하기 위한 네트워크이다.

본 논문에서는 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 가상 머신 마이그레이션을 위하여 *Migrator* 와 *Receiver* 프로그램을 구현하였다. *Multi-site A*의 컨트롤러 노드에서 동작하는 *Migrator*는 컴퓨트 노드에서 실행 중인 가상 머신의 현재 상태를 OpenStack API의 스냅샷 기능과 관리 네트워크를 통해 이미지 파일로 로컬 시스템에 저장한다. BBCP 파일 전송 툴을 이용하여 *Migrator*는 저장한 이미지 파일을 외부 네트워크를 통해 *Multi-site B*에 있는 컨트롤러 노드의 특정 디렉토리로 전송한다 [5]. *Multi-site B*의 컨트롤러 노드에서는 *Receiver*가 동작한다. *Receiver*는 리눅스 커널 API를 통해 *Migrator*가 전송한 이미지 파일에 대한 정보를 확인하고, OpenStack API를 이용하여 전송 받은 이미지 파일을 컨트롤러 노드의 Glance에 업로드 한다. 마지막으로, *Receiver*는 Glance에 업로드한 이미지 파일을 이용하여 *Multi-site B*의 컴퓨트 노드에 가상 머신을 생성한다.

Ⅲ. OpenStack 멀티사이트 클라우드 가상 머신 마이그레이션 성능 평가

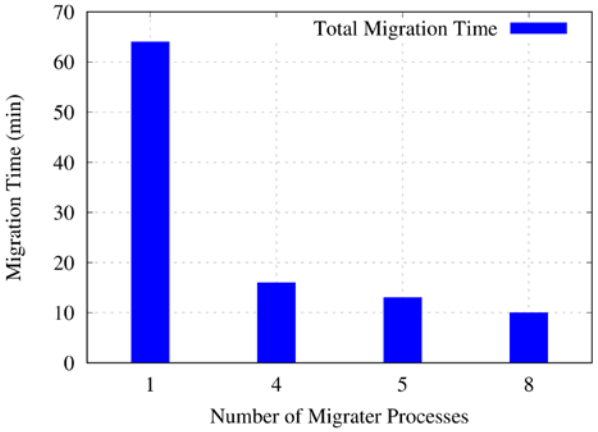

그림 2. *Migrator* 프로세스 개수 별 마이그레이션 시간

본 논문에서는 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 가상 머신 마이그레이션의 검증을 위하여, *Multi-site A*에서 200개의 가상 머신을 생성하고, 이를 *Multi-site B*로 마이그레이션하는 실험을 수행하였다. 각 가상 머신은 하나의 가상 CPU(vCPU)와 512MB의 메모리를 갖는다. 가상 머신의 운영체제로는 OpenStack에서 테스트 이미지로 사용되는 CirrOS를 이용했다. 전송되는 가상 머신 이미지의 크기는 28MB이다. 컨트롤러 노드는 Intel Xeon W3565 3.2GHz CPU와 48GB의 메모리 그리고 1TB SSD 스토리지를 사용하였고, 컴퓨트 노드는 Intel Xeon E-5 1680v4 3.4GHz CPU와 80GB의 메모리 그리고 1TB SSD 스토리지를 사용하였다. 가상 머신의 이미지 파일이 전송되는 관리 네트워크와 각 사이트의 컨트롤러를 연결하는 외부 네트워크는 10Gbps의 대역폭을 갖는다. 그 외의 외부 네트워크와 데이터 네트워크의 대역폭은 모두 1Gbps이다.

그림 2는 *Migrator* 프로세스 개수 별 마이그레이션 시간을 측정한 결과이다. *Migrator* 프로세스는 가상 머신을 하나씩 순차적으로 마이그레이션한다. *Multi-site A*에서 동작하고 있는 *Migrator* 프로세스의 개수만큼 *Multi-site B* 에서 같은 수의 *Receiver* 프로세스가 동작하며, 이를 통해 여러 가상 머신을 동시에 마이그레이션 할 수 있다. 실험 결과 마이그레이션 시간이 *Migrator* 프로세스의 수에 비례하여 감소하였다. 총 4개의 프로세스를 사용하는 경우 하나의 프로세스를 사용하는 것보다 75% 가량 마이그레이션 시간을 단축시켰다. 8개의 *Migrator* 프로세스를 이용해 마이그레이션할 때 걸린 시간은 단일 프로세스 대비 85% 감소했다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 클라우드 간 효율적인 자원 관리를 위하여 OpenStack 기반 멀티사이트 클라우드 환경에서의 가상 머신 마이그레이션 기술을 구현하고 이에 대한 성능 평가를 수행하였다. *Migrator* 프로세스의 개수에 따른 마이그레이션 실험을 통하여 8개의 프로세스를 사용하는 경우, 마이그레이션 시간이 단일 프로세스 대비 최대 85% 감소하는 것을 확인하였다. 논문에서 구현한 멀티사이트 클라우드 가상 머신 마이그레이션 기술은 효율적인 클라우드 자원 관리 및 마이그레이션 연구에 기여할 것으로 기대된다. 향후 OpenStack 기반의 멀티사이트 클라우드를 AWS, Azure 등으로 구축된 클라우드와 연동하여 이종 멀티사이트 클라우드 환경에서의 가상 머신 마이그레이션에 대한 연구를 수행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 미래창조과학부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. R7117-16-0218, 이종 다수 클라우드 간의 자동화된 SaaS 호환성 지원 기술 개발)

참 고 문 헌

[1] Akoush, Sherif, et al. "Predicting the performance of virtual machine migration." 2010 IEEE International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems. IEEE, 2010. p. 37-46.

[2] Ghribi, Chaima, Makhlouf Hadji, and Djamal Zeghlache. "Energy efficient VM scheduling for cloud data centers: exact allocation and migration algorithms." Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), 2013 13th IEEE/ACM International Symposium on. IEEE, 2013. p. 671-678.

[3] 장한이, 김성환, 김요한, 임혁, "OpenStack을 이용한 가상 머신 라이브 마이그레이션 성능 평가," 한국통신학회 하계종합학술발표회, 2016.6.22-24

[4] https://github.com/K-OverCloud/Composable-VM-Migration/tree/master/deployment

[5] http://pcbunn.cithep.caltech.edu/bbcp/using_bbcp.htm