

클라우드에서 가상 머신 인스턴스 간섭에 의한 워크플로우 응용 성능 저하 분석 연구

최규범, 강동기, 김성환, 윤찬현
한국과학기술원 전기및전자공학과

e-mail:mosfet1kg@kaist.ac.kr, dkkang@kaist.ac.kr, s.h_kim@kaist.ac.kr, chyou@kaist.ac.kr

A Study on Performance Degradation of Workflow Application with VM Interference in Cloud

Kyu-Beom Choi, Dong-Ki Kang, Seong-Hwan Kim, Chan-Hyun Youn
Dept of Electrical Engineering, KAIST

요 약

기존 그리드 및 클러스터 환경과 달리 클라우드 컴퓨팅 환경에서는 하나의 물리 호스트 위에 다수의 가상 머신 인스턴스가 할당 및 운용됨에 따라 가상 머신 간섭 (Virtual Machine Interference) 에 의한 응용 처리 성능 저하가 발생한다. 본 논문에서는 클라우드 오픈소스 플랫폼인 오픈스택 (OpenStack) 을 기반으로 하여 가상 머신 인스턴스 위에서 Montage 워크플로우 응용을 처리할 때 가상 머신 간섭이 처리 성능에 미치는 정도를 분석하고 이를 해결하기 위한 자원 할당 정책을 논의한다.

1. 서론

클라우드 컴퓨팅 환경에서는 CPU, 메모리, 스토리지, 네트워크와 같은 물리 자원 컴포넌트들이 가상 머신 인스턴스 (Virtual Machine Instance) 의 형태로 클라우드 서비스 사용자에게 제공된다. 하나의 물리 호스트 위에 다중 가상 머신 인스턴스가 동시에 할당되어 응용을 처리할 때는 논리적으로는 자원 컴포넌트가 분할 및 고립된 형태로 사용자에게 보이지만 물리적으로는 동일 물리 호스트 위의 각 인스턴스가 자원 컴포넌트를 공유한다. 따라서 자원의 공유로 인한 오버헤드 즉 가상 머신 간섭 (VM interference) 에 의하여 각 인스턴스에서 실행되는 응용들의 처리 성능은 해당 인스턴스가 가지는 자원 명세 (specification) 보다 하락한다. 하이퍼바이저의 지속적인 성능 향상에도 불구하고 가상 머신 간섭은 여전히 클라우드 서비스의 성능에 무시할 수 없는 영향을 끼친다 [참조]. 본 논문에서는 클라우드 오픈소스 플랫폼인 오픈스택 (OpenStack) [1] 을 기반으로 다중 인스턴스가 운용되는 상황에서 실제 응용 성능의 하락 정도를 분석하고 자원 관리 정책 관점에서 이에 대한 해결 방안을 제안한다.

2. 가상 머신 간섭에 의한 워크플로우 응용 처리 성능 하락 분석

가상 머신 간섭이 클라우드 서비스 성능 하락에 미치는 영향을 분석하기 위하여 본 논문에서는 워크플로우 응용을 고려하며 이를 위해 오픈 소스 기반의 과학 어플리

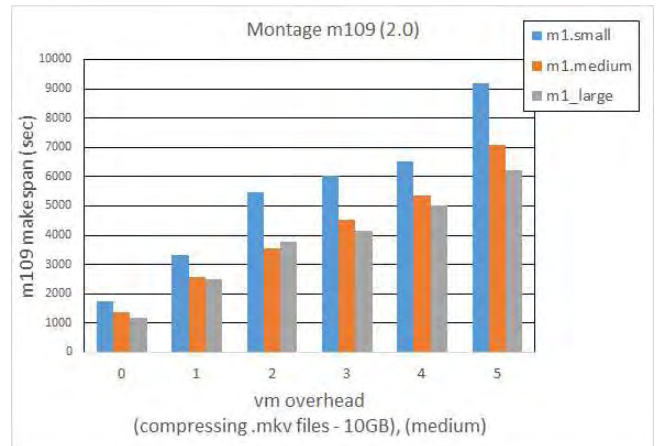


그림 1. 가상 머신 간섭에 따른 m109 처리 시간 크기

케이션인 Montage project 를 채택 한다 [2]. 실험 환경은 HP Xeon E5920 (2.4G), 16 cores, 메모리 16GB, HDD 1T 의 물리 호스트에 리눅스 Ubuntu 14.02 를 사용하였으며, 오픈스택 Icehouse 버전을 기반으로 하였다. 가상 머신 인스턴스 타입은 small (1 core, MEM 1GB), medium (2 cores, MEM 2GB), large (4 cores, MEM 4GB) 로 분리 하며, 처리 성능을 확인할 Montage 응용은 montage - m109 (range 2.0) 이며, 가상 머신 간섭 부하를 생성하기 위해 각 인스턴스에서 10GB 크기의 mkv 파일을 압축시키는 프로시저를 수행하였다. 그림 1 에서는 m109 가 수행되는 인스턴스의 타입이 small, medium, large 인 각각의 경우에 대하여 mkv 파일을 압축하는 인스턴스 (간섭 인스턴스의 타입은 모두 medium 으로 고정) 의 개수 (x

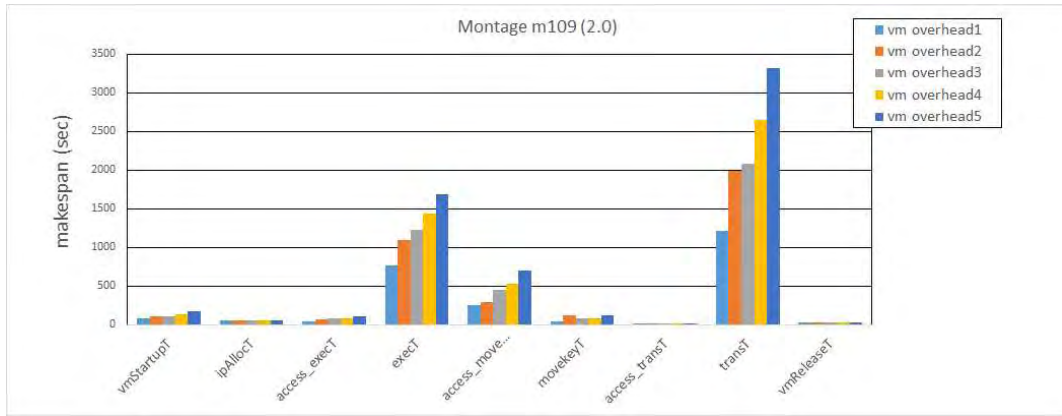


그림 2. 컴포넌트 별 m109 처리 시간 크기

좌표) 가 늘어날 때 m109 처리 완료 시간 크기를 그래프로 보이고 있다. 그래프의 x 좌표 값이 0 일 때 가상 머신 간섭이 전혀 일어나지 않는다. 구글이나 아마존과 같은 대형 클라우드 서비스 벤더들의 경우 데이터 센터 이용률이 일반적으로 30% 정도로 알려져 있는데 [3], 이는 그래프에서 x 좌표 값이 2 와 3 인 경우에 해당한다. 가상 머신 간섭이 전혀 일어나지 않는 경우에 인스턴스 타입 small 에 대해서, m109 makespan 이 1730s 이며 2 인 경우에 5450s 로서 약 3 배 이상의 처리 시간 증가가 발생한다. 인스턴스 타입 large 인 경우에도 마찬가지로 가상 머신 간섭이 없는 경우 1190s 인데 반해 2 인 경우에는 3780s 로서 역시 3 배 이상의 처리 시간 증가가 발생한다. 그림 2 는 Montage m109 를 처리할 때 각 처리 컴포넌트 별 수행 시간을 보인다. vmStartT, ipAllocT, access_execT, execT, access_movekeyT, movekeyT, access_transT, transT, vmReleaseT 는 각각 가상 머신 인스턴스 할당 시간, IP 어드레스 할당 시간, 가상 머신에서 Montage m109 의 원격 실행 접속 시간, m102 실행 시간, 인스턴스 간 ssh key 를 옮기기 위한 원격 실행 접속 시간, ssh key 전송 시간, m109 결과 이미지 파일을 옮기기 위한 원격 실행 접속 시간, 이미지 파일 전송 시간, 가상 머신 인스턴스 해제 시간을 나타낸다. m109 의 전체 실행 시간을 좌우하며 가상 머신 간섭에 의한 영향을 크게 받는 부분은 m109 실행시간 (execT) 과 출력 이미지 파일 전송 시간 (transT) 이다. 출력 이미지 파일 전송 시간 (transT) 이 가상 머신 간섭 크기에 따라 크게 증가하는 이유는 본 실험이 단일 호스트 위에서 이루어지기 때문이다. 즉 인스턴스간 파일 전송이 논리적으로는 네트워크를 통해 이루어지지만 물리적으로는 같은 디스크 내 파일 복사로 이루어지므로 가상 머신 간섭으로 인한 전송 성능 하락 비율이 크다. 결론적으로 그림 1 과 2 를 통하여 가상 머신 간섭으로 인한 응용 처리 성능의 하락이 실질적으로 여전히 무시할 수 없는 수준임을 확인할 수 있다.

3. 가상 머신 간섭을 고려한 자원 분산 정책

본 논문에서는 가상 머신 간섭을 고려한 자원 분산 할당을 위하여 주식이나 자산 관리 투자 이론에서 주로 사용되는 포트폴리오 다양화 (Portfolio diversification) 모델링 [4] 을 기반으로 하는 가상 머신 인스턴스 관리를 제안한다. 본 모델을 이용하면, 평균과 분산 값을 이용하여 자원 할당에 대한 성능 평가를 수행할 수 있다. 클라우드 센터를 구성하는 각 물리 호스트 i 의 가상 머신 간섭으로 인한 평균 부하 (average workload) 를 $E[r_i] = \mu_i$ 라 정의 하면 클라우드 센터 전체의 평균 부하 및 분산은 다음과 같다.

$$E[r_x] = \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] = w_1 \mu_1 + \dots + w_n \mu_n$$

$$V(r_x) = E[r_x - E[r_x]]^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i \neq j} w_i w_j Cov(r_i, r_j)$$

여기서 x 는 자원 할당 정책을 의미하며 w 는 각 물리 호스트에 인스턴스를 할당하는 가중치를 나타낸다. 분산값이 높을수록 응용 처리 성능의 변동성이 커지므로 평균과 분산의 적절한 trade-off 를 도출하여 자원 할당 정책을 결정하는 것이 중요하다.

4. 결론

본 논문에서는, 클라우드 컴퓨팅 서비스에서 발생하는 가상 머신 간섭에 의한 응용 처리 성능 하락을 분석하기 위하여 오픈스택을 기반으로 워크플로우 형태의 Montage project 응용을 직접 수행하여 응용 처리 시간을 측정 및 분석하였다. 또한 성능 하락 문제를 해결하기 위하여 포트폴리오 다양화 모델을 기반으로 하여 가상 머신 간섭을 고려하는 자원 할당 정책 모델을 제안하였다. 추후 연구에서는 분산된 다중 물리 호스트를 기반으로 네트워크 간섭에 의한 성능 하락을 측정하고 본 논문의 자원 할당 정책을 실제로 적용한 클라우드 서비스 브로커링 시스템을 개

발하고자 한다.

Acknowledgment

이 논문은 2013 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-클라우드 Collaboration 기술 사업(No. 2012-0020522) 의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

- [1] <http://openstack.org>
- [2] <http://montage.ipac.caltech.edu/index.html>
- [3] H. Liu, "A Measurement Study of Server Utilization in Public Clouds", Proc. Int'l Conf. Cloud and Green Computing, 2011.
- [4] E. J. Elton, "Modern portfolio theory and investment analysis," John Wiley & Sons, 2009.