

# 매니코어 클라우드 환경에서 가상머신 확장성 실험

차승준, 표재호, 이정환, 전승협, 정성인  
한국전자통신연구원

## Virtual-Machine Scalability Evaluations in the Clouds of Manycore

Seung-Jun Cha, Pyo Jaeho, Jeong-Hwan Lee, SeungHyub Jeon, Sungin Jung  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

많은 공공기관 및 산업 분야에서 IT 비용절감을 위해 클라우드 기술을 도입하고 있다. CPU가 매니코어 환경으로 발전하여 클라우드에서 사용하는 자원이 증가하였다. 이와 같은 환경에서 많은 사용자에게 가상머신을 제공하게 되는데 이러한 가상머신이 확장성을 지원하는지에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 매니코어 클라우드 환경에서 가상머신이 확장성을 지원하는지 확인하기 위해, 다양한 커널에서 1, 2, 4, 10개의 가상머신을 실행하여 성능을 측정하였다. 실험결과 아직 리눅스는 다양한 가상머신에서는 확장성을 지원하지 않음을 확인하였고, 추후 확장성을 지원하기 위한 노력이 필요하다.

### 1. 서 론

최근 많은 기업에서는 IT 비용의 절감을 위해 클라우드 컴퓨팅 기술을 많이 사용한다. 국내에서도 공공기관 등 다양한 산업 분야에서 클라우드 기술을 도입하고 있는 추세이다[1].

클라우드에서 사용자들에게 가상머신(Virtual Machine)으로 자원을 배분한다. 가상머신이란 물리적인 컴퓨터에서 구동되는 운영체제와 응용 프로그램으로 이루어진 소프트웨어 컨테이너를 지칭한다[2]. CPU가 매니코어 환경으로 발전하면서 클라우드에서 사용할 수 있는 자원은 증가하였다. 클라우드를 통해 자원을 사용하는 사용자가 늘어남은 즉 자원이 분배된 가상머신이 더욱 많아짐을 의미한다.

확장성(Scalability)이란 사용하는 자원 수가 증가함에 비례하여 성능이 향상되는 것을 의미한다. 많은 수의 가상머신을 활용하는 매니코어 클라우드 환경에서 가상머신과 CPU 수에 대한 확장성이 지원이 필수적인 요소이지만, 관련하여 구체적인 연구가 진행되지 않았다. [5]와 같이 클라우드 환경에서 확장성에 대한 연구가 있었지

만 1, 2개의 가상머신에서만 실험하였다.

본 논문에서는 매니코어 클라우드 환경에서 가상머신의 확장성을 실험하는 것이 그 목적이다. 이를 위해 120코어 서버에서 여러 버전의 리눅스를 설치하였다. 해당 서버에서 1, 2, 4, 10개의 가상머신을 각각 동시에 동작하며 벤치마크를 수행하여 성능을 측정하였다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 MOSBENCH

MOSBENCH[3]는 리눅스에서 7가지 시스템 애플리케이션(Exim, memcached, Apache, PostgreSQL, gmake, Psearchy, MapReduce)을 실험하여 성능을 측정할 수 있도록 오픈소스로 제공된 소프트웨어이다. 기존의 커널이 멀티코어에 확장성을 제공하지 못하기 때문에 확장성 문제를 해결하기 위해 개발되었다. MOSBENCH를 활용하면 커널의 확장성 문제에 대해 확인할 수 있고 또한 커널을 수정할 수 있는 기반을 마련해준다. 본 논문에서는 커널의 성능 확인을 위해 MOSBENCH의 gmake 를 활용[4]하였다.

### 2.2 Scalability in the Clouds

[5]는 클라우드 환경에서 확장성을 저해하는 주요 요 소인 락(lock)의 성능을 향상시키는 방법을 제시하였다. 스핀락[6]은 리눅스 커널에서 동기화를 위한 기본 기능 이지만, 확장성을 지원하지 않게 되면 전체 시스템 성능 하락시킨다. lock-holder와 lock-waiter를 효과적으로 선택해 내는 방식을 개선하여 스핀락의 성능이 물리환경 과 유사하게 나타낼 수 있도록 하였다. 이를 통해 스핀 의 임계치를 선택적으로 조절하며 또한 선택적인 wake-up을 적용하여 기존 반가상-스핀락 알고리즘을 개선한 기회-티켓-스핀락(o-ticket)을 개발하였다.

하지만 o-ticket은 1, 2개의 가상머신에서만 성능을 실험하였다. 본 논문에서는 실제 클라우드 환경을 모사하 기 위해 최대 10개까지의 가상머신에서 성능을 측정하 였다. 또한 [5]에서 제시된 o-ticket을 가상머신 10개에 적용하여 성능을 측정하였다.

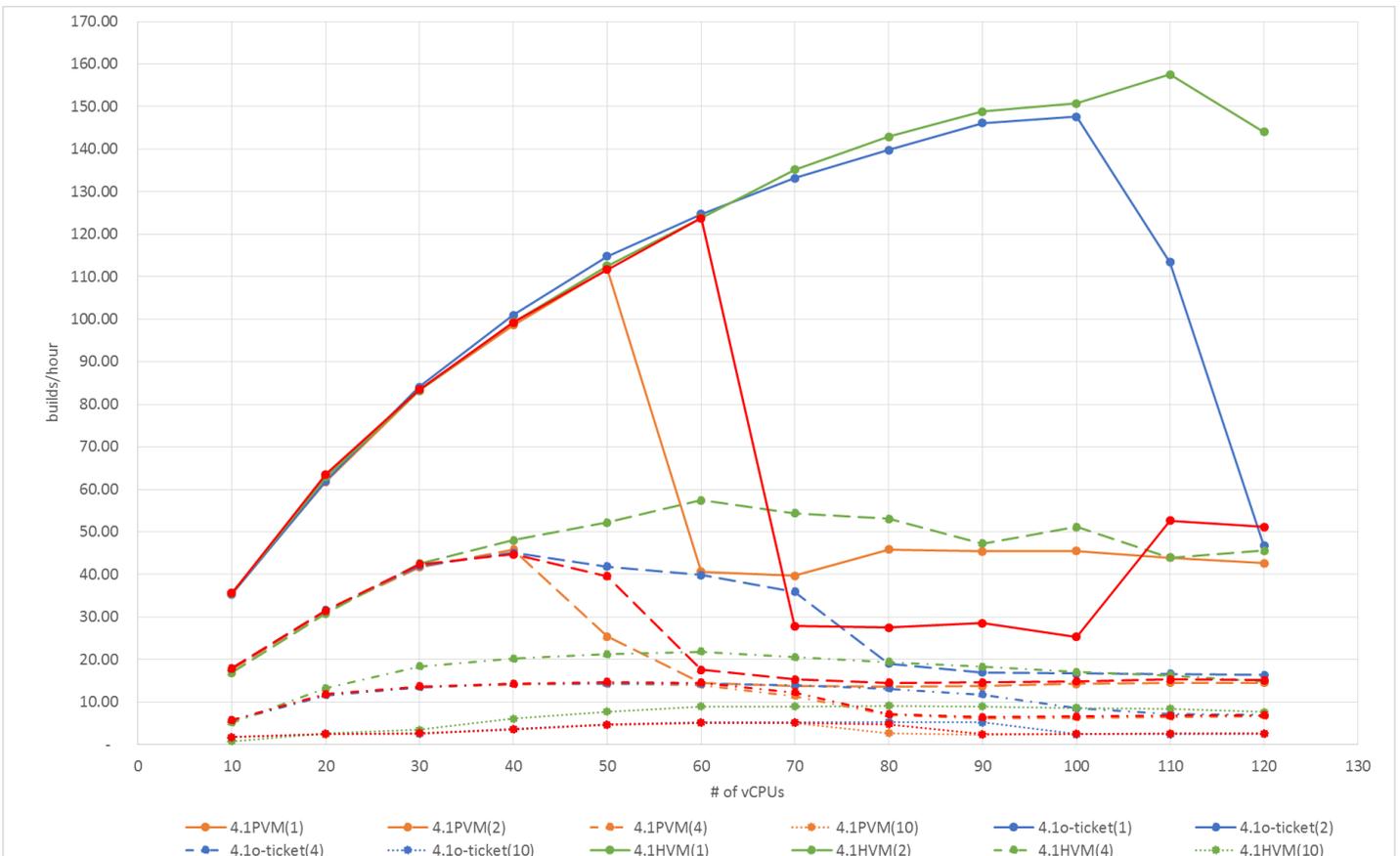
### 3. 실험 및 결과 분석

#### 3.1 실험환경

매니코어 환경에서의 실험을 위해 IBM x3950 x6 서버 를 활용하였다. 서버는 Xeon E7-8870 2.30GHz(15코어) 8 소켓이 NUMA로 구성되어 총 120코어(15코어 \* 8소켓) 의 실험이 가능하다. 메모리는 소켓당 755GB로 구성되 어 있기 때문에 많은 수의 가상머신을 실행시에도 메모 리는 성능에 영향을 주지 않는다.

실험은 가상머신이 아닌 물리적인 성능인 4.1-HVM, 과 가상머신 환경인 4.1PVM, 4.2PVM, o-ticket이 적용된 4.1-oticket, 이와 같이 4가지 커널을 대상으로 정하여 각각의 성능을 측정하였다. 현재 최신 커널은 4.3-rc5이 지만 아직 정식으로 릴리즈 되지 않았기 때문에 최적화 된 실험결과를 얻을 수 없어서 제외하였다. 또한 성능측 정을 위해 오픈 소스인 MOSBENCH 중 커널의 성능을 측정하는 gmake를 활용하였다.

다양한 커널의 성능을 비교하기 위해 각각 커널별로 1개, 2개, 4개, 10개의 가상머신을 동시에 실행하고 벤치



[그림 1] 코어별 가상머신 gmake 실험 결과

마크를 수행하였다. 가상머신은 가상화 소프트웨어인 QEMU[7]를 활용하였다.

### 3.2 실험 및 결과 분석

실험 결과는 [그림 1]과 같다. 1개의 VM을 실험한 결과, 가상머신이 아닌 경우(4.1-HVM) 60코어의 경우 성능이 더 이상 증가하지 않는다. 리눅스가 아직 많은 수의 코어에서 확장성을 지원하지 않음을 확인할 수 있다. 하지만 가상머신이 4.1-PVM에서는 40코어에서 성능이 급격히 하락한다. 가상머신에서 성능이 하락하는 이유 중 하나인 락(lock)의 문제를 해결한 4.1-oticket의 실험결과를 확인하면 기존 커널보다 성능이 향상되었다. 즉, 80코어까지는 4.1-HVM과 비슷한 것을 확인할 수 있다. 4.2-PVM의 경우 4.1-PVM보다 성능이 일부 나아지긴 했지만 여전히 성능 하락을 확인할 수 있다.

이론적으로 2개 가상머신에서 실험한 결과는 1개 가상머신에 실험한 성능의 반이 되어야 하는데 실험 결과를 통해 그렇지 못함을 확인하였다. 이는 2개의 가상머신 간 스케줄링하는 오버헤드가 더해졌기 때문이다. 락의 문제를 해결한 4.1-oticket의 경우에도 일부 성능향상이 있지만, 큰 차이를 보이지 않는다.

4, 10개의 가상머신을 실행하였을 경우에는 1, 2개의 가상머신을 실험했을 경우와 전혀 다른 양상을 보인다. 가상머신들 간에 스케줄링 문제가 더욱 성능을 하락시켰을 뿐만 아니라 다른 모든 자원도 포화상태에 있음을 확인하였다. 4.1-oticket의 문제도 아주 일부 성능을 해결해 줄 수 있지만 전체적인 성능에 큰 영향을 미치지 못하였다.

### 4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 매니코어 클라우드 환경에서 여러 개의 가상머신을 동작시킬 경우, 각 가상머신이 성능을 보장할 수 있는지 확장성에 대한 실험을 진행하였다. 실험 결과 리눅스에서 여러 개의 가상머신을 동작하였을 경우에 확장성을 지원하지 못하였다.

o-ticket과 같은 연구들이 여러 가상머신에서 확장성을 지원하기 위해 진행되었다. 하지만 현재 요구되는 클

라우드 환경인 매니코어 환경에서, 많은 VM을 대상으로 하는 확장성을 보장하는 연구와 실험이 필요하다. 또한 본 논문에서 벤치마크 대상으로 한 gmake 이외의 다른 실험도 진행하여 확장성을 저해하는 요소가 무엇인지를 정확히 파악하는 것도 이루어져야 한다.

### Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.B0101-15-0644, 매니코어 기반 초고성능 스케일러블 OS 기초연구(차세대 OS 기초연구센터))

### 참고문헌

- [1] 신선영, "범정부 클라우드 활성화 종합계획", 지역정보화 통권 제61호, 2010.03.
- [2] Armbrust, Michael, et al. "A view of cloud computing." *Communications of the ACM* 53.4 (2010): 50-58.
- [3] Boyd-Wickizer, Silas, et al. "An Analysis of Linux Scalability to Many Cores." *OSDI*. Vol. 10. No. 13. 2010.
- [4] Kuz, Ihor, et al. "Multicore OS benchmarks: we can do better." *13th Workshop on Hot Topics in Operating Systems*. 2011.
- [5] Kashyap, et al. "Scalability in the Clouds!: A Myth or Reality?." *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Workshop on Systems*. ACM, 2015.
- [6] Paravirtualized Spinlocks, 2008. <http://lwn.net/Articles/289039>
- [7] Bellard, Fabrice. "QEMU, a Fast and Portable Dynamic Translator." *USENIX Annual Technical Conference, FREENIX Track*. 2005.