가상화 환경에서 사용자 선점형 Credit 스케줄러 구현

유승환*, 김성천*
*서강대학교 컴퓨터공학과
e-mail : ossforever@sogang.ac.kr, ksc@sogang.ac.kr

Implementation of User Preemptive Credit Scheduler in Desk-Top Virtualization

Seung-Hwan Yoo*, Sung-Chun Kim*
*Dept of Computer Science & Engineering, Sogang University

요 약

기존의 가상화 시스템에서 사용되던 스케줄러는 기존 서버 환경을 기반으로 구현되었다. 즉, 기존 데스크톱 운영체계와는 달리 선점형 멀티테스킹 작업방식에 대한 고려가 부족하다. 때문에 본 논문에서는 데스크톱 환경에서 XEN 가상화 시스템을 사용할 경우 사용자 작업을 우선적으로 선점하는 Credit 스케줄러를 제시한다. Credit 스케줄러의 I/O 도메인 Boost 기능의 수정을 통해 데스크톱 사용자가 작업하는 가상 머신에 대한 성능을 향상시키는 Credit 스케줄러를 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 스케줄러가 목적에 맞게 동작하는지 확인할 수 있었다.

1. 서론

가상화 소프트위에어는 개별 운영체제(가상머신)들에게 스케줄러를 통해 효율적으로 분배한다. 때문에 가상화 소프트웨어의 스케줄러는 가상 머신성능에 영향을 끼치는 중요한 요인이다. 즉, 자원의 효율적인 분배를 통해서 각 게스트 도메인에서 수행하는 운영체제가 보다 높은 성능을 낼 수 있고 동시에 관리를 편리하게 할 수 있다. XEN의 기존의 스케줄러에서는 서버환경에 맞게 구현되었기 때문에 기존의 데스크톱 운영체제의 특성인 선점형 멀티테스킹(Preemptive Multi-tasking)에 대한 고려가 부족하다. 또한 CPU 자원을 개별 운영체제에 할당하여주는 스케줄러는 적제 적소에 CPU의 대역폭을 제공해 주는 것이 중요하다. 또한 사용자의 작업에는 응답 시간을 최소가 될 수 있도록 고려하여 스케줄링을 수행해야 한다. 그러나 현재 XEN에서 제공하는 기존의 스케줄러는 이러한 점에 대한 고려가 부족하다. 때문에 기존의 스케줄러 정책에 수정 및 보안을 통해 가상화 소프트웨어 XEN에서 데스크톱 사용자의 작업을 선점하여 처리하도록 하였다.[1],[2]

2. 관련연구

2.1 Credit Scheduler

현재 XEN 가상화 소프트웨어에서 기본적으로 사용하는 Credit 스케줄러는 각 가상머신에 CPU 자원 할당을 각 가상머신에게 부여되어 있는 Weight 값에 따라 배분하는 스케줄러이다.[3]

$$Credit_{VM^i} = \frac{(Credit_{total} \times Weight_{VM^i}) + (Weight_{total} - 1)}{Weight_{total}} \quad (식 1)$$

Credit 스케줄러는 각 가상머신에 할당된 (식 1)에 의해 계산된 Credit을 기반으로 동작한다. 또한 Boost(0), Under(-1), Over(-2)라는 3 종류의 우선순위를 가지고 있으며, 순위는 순서대로 Boost가 가장 높고 Over가 가장 낮다. 스케줄링 시 일반적으로 각 가상머신의 우선순위는 Over와 Under 상태로 결정되어 있다. Credit 값이 양수인 가상 머신은 Under 상태로 결정되고 할당된 Credit을 모두 소모한 경우 Over 상태로 변경된다. 그리고 Credit 스케줄러에서는 Domain-O과 같이 I/O 작업이 빈번히 발생하는 가상머신의 응답 시간 지연을 방지하기 위해서 I/O Boosting 기능을 지원한다.

3. 제안기법

본 논문에서 제안하는 데스크톱 환경에 적합한 Credit 스케줄러의 주요 목적은 바로 사용자가 작업 중인 가상머신에 CPU 선점을 통한 성능의 보장이다. 이러한 목적을 위해 스케줄러를 구현하기 위해서는 먼저 사용자가 작업 중인 가상머신을 판별하는 기준을 정의하는 것이 우선적으로 필요하다. 제안하는 Credit 스케줄러에서는 이러한 기준을 사용자가 작업할 때 반드시 발생하게 되는 키보드와 마우스의 I/O 작업의 탐지를 통해 키보드와 마우스의 I/O 작업이 탐지되는 가상 머신을 사용자가 작업 중인 가상 머신으로 판단하도록 구현하였다.

이를 바탕으로 제안하는 Credit 스케줄러에서는 다수의 가상머신이 실행되고 있을 때, 로드 밸런스 특성에 의해 사용자 가상머신의 스케줄링 지연을 방지하고자 각 실행큐(Run Queue)에 있는 사용자 가상머신의 작업이 스케줄링 된 수가 전체 가상머신의 스케줄링 된 작업의 수에 비해 (식 2)와 같이 일정 비율(α = 0.4)이 미달하는 경우 인위적으로 사용자가 작업 중인 가상머신의 우선순위를

Boost(0)로 변경한다.

$$\frac{\text{사용자 } VM\ VCPU\ Schedule \text{ 수}}{\text{총 } VCPU\ Schedule \text{ 수}} < \alpha \qquad (\text{식 } 2)$$

기존의 Credit 스케줄링의 가장 특징적인 기능인 I/O 도메인 Boost 기능에 의해 타 가상 머신의 빈번한 I/O 작업에 의한 사용자 작업 가상 머신의 스케줄링 지연 발생은 IRQ 값에 따라 우선순위를 주는 레벨의 차이를 두어 해결하고자 하였다. 즉, 제안하는 Credit 스케줄러에서는 실제 시스템에서 발생하는 여러 종류의 I/O 작업 예를 들면, 사용자 작업 기준이 되는 마우스, 키보드 I/O작업, 네트워크 I/O 작업 그리고 하드 디스크에서 작업할 때 발생되는 읽기 쓰기 I/O 작업들을 두 개의 클래스로 나누어서 앞서 정의하였던 사용자가 작업하는 가상머신의 기준이 되는 마우스와 키보드 I/O 작업을 I/O 작업 요청 중에서 더 상위 클래스로 구분하여 상위 클래스 I/O 작업이 발생한 가상머신의 작업을 우선적으로 처리하도록 하였다.

4. 성능평가

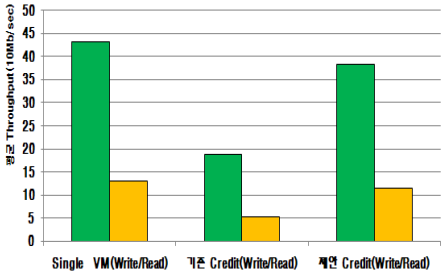
4.1 시뮬레이션 환경

<표 3>에서 볼 수 있듯이 벤치마트 툴들의 다양한 조합을 통해 실제 데스크톱 환경에서 가상화 시스템을 사용하는 상황을 구현하여 성능 평가의 객관성을 높이고자 하였다.[5],[6] 각각의 시나리오에서 맨 앞에 가로 안에 있는 벤치마트 툴이 있는 가상머신을 사용자가 작업 중인 가상머신으로 가정한다.

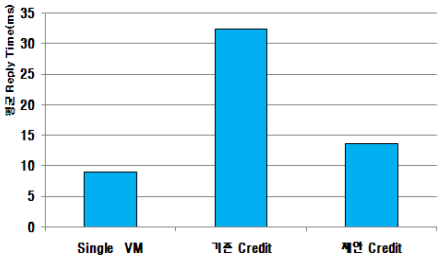
<표 3> 시뮬레이션 툴의 명칭과 특징

명 칭	특 징
Cal	무한 루프를 통해 중점적으로 CPU 시간을 소모
Iozone	파일 시스템 성능 측정 툴
Httperf	웹 상에서 서버에 대한 요청 지연 시간 측정 툴

[그림 1]은 사용자 가상 머신의 작업이 다른 가상머신에서 발생하는 I/O 작업에 의해 스케줄링 지연이 크게 발생하는 대표적인 사례이다. 제안한 Credit 스케줄러가 약 2.02배 정도 더 나은 성능을 보이고 있다. 또한 읽기 성능은 약 2.23배 정도의 성능 향상을 보여주고 있다.



[그림 1] (Cal) + Iozone +Cal 실험 결과



[그림 2] (Httperf) + Httperf +Iozone 실험 결과

[그림 2]는 다수의 가상머신에서 발생한 과부하로 인해 전체 가상 머신의 성능이 저하 되는 상황이다. 20Kb의 파일(/test.html)을 초당 200회 요청하였을 때 기준으로 성능을 측정하였을 경우 약 2.37배정도 사용자 가상머신의 응답 지연 시간이 단축되었다.

5. 결론

실험 결과를 보면 사용자에게 우선순위를 부여하여 컴퓨팅 자원을 할당할 때, 사용자 작업이 CPU 자원을 선점하는 것을 통해 사용자의 가상머신에 대한 성능을 보장해 준다. 즉, 기존의 Credit 스케줄러에 비해 선점형 멀티테스킹 특징을 잘 고려하여 지원하고 있음을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0075881)

참고문헌

[1] M. Rosenblum and T. Garfinkel, "Virtual machine monitors : current technology and future trends," Computer(IEEE Computer Society Magazine), Vol38, Issue 5, pp.39-47, 2005.

[2] P. Barham, B. Dragovic, K. Fraser, S. Hand, T. Harris, A. Ho, R. Neugebauer, I. Pratt, and A. Warfield, "XEN and the art of virtualization," In Proceedings of the Symposium on Operating Systems Principles (SOSP), pp.164-177, 2003.

[3] Credit scheduler. http://wiki.xensource.com/xenwiki/CreditScheduler

[4] Xianghua Xu, Peipei Shan, Jian Wan, and Yucheng Jiang, "Performance Evaluation of the CPU Scheduler in XEN," In Proceeding of 2008 International Symposium on Information Science and Engineering, pp.68-72, 2008

[5] Iozone filesystem benchmark. http://www.iozone.org/

[6] Httperf. http://www.hpl.hp.com/research/linux/httperf/

[7] Hwanju Kim, Hyeontaek Lim, JinKyu Jeong Heeseung Jo, and Joowon Lee, "Task-aware Virtual Machine Scheduling for I/O Performance," In Proceeding of ACM VEE 09, pp.101-110, 2009.