

# 데이터 센터의 전력 소비를 줄이기 위한 효율적인 에너지 절약 방법

## An Efficient Energy Saving Method for Reducing Power Cost of Data Center

장수민, 온진호, 이병규, 안백송, 전성익  
한국전자통신연구원

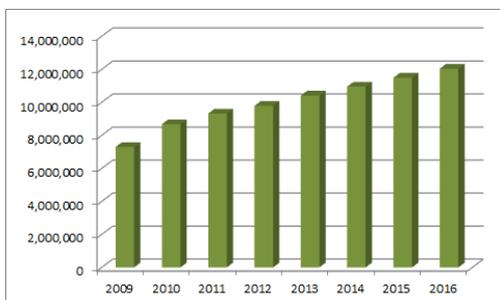
Sumin Jang, Jinho On, Byunggyu Lee, Baiksong An, Sungik Jun  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요약

본 연구는 대용량 웹 서비스에 대한 전력 소비를 낮추는 에너지 절약에 관한 기술을 제안한다. 최근에 데이터 센터의 서비스 규모가 점점 커지고 확대되는 경향을 가지면서 데이터 센터의 에너지 소비에 대한 연구가 뜨거운 이슈가 되고 있다. 데이터 센터의 서비스 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 서비스는 웹 서비스이다. 본 연구는 웹 서비스에서 사용되는 전력을 상당히 절감하는 새로운 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 에너지 절감하기 위한 제어 모듈로 CPU의 DVFS를 제어하는 거버너와 효율적인 파워 캡핑 모듈을 사용하였다. 성능평가는 제안하는 기법이 기존 방식에 비하여 크게 에너지를 절약하는 것을 보여준다.

### I. 서론

이 논문에서는 웹 서비스에서 사용되는 전력을 상당한 절감하는 새로운 기법을 제안한다. 최근에 웹 검색, 데이터 분석, 데이터 서비스, 미디어 스트리밍 등과 같은 인터넷 서비스는 우리 생활의 일부가 되었다. 이러한 인터넷 서비스는 고가용성 및 안정적인 성능을 보장하는 것이 필수이다. 인터넷 데이터 센터(IDC)에서 서비스의 고가용성 및 안정적인 성능과 같은 목표를 달성하기 위해 많은 호스트 서버들을 사용하고 있다. 또한, IDC의 공간을 최소화하기 위해 블레이드 서버의 수백 개 또는 수천 개를 구성하여 사용하고 있다. 이러한 IDC들은 빠른 속도로 많은 지역에 설치되어지고 그 규모가 커지는 상황이다.



▶▶ 그림 1. X86 물리적 서버의 연간 출하량

가드너의 보고서에 따르면 그림 1과 같이 다양한 IT 서비스를 계속 증가로 2009년 ~ 2016년까지 물리적 서

버 출하량의 확대 폭이 커질 것을 예상된다. 이렇게 급속도로 증가하는 IDC들에 의해 전력 소비가 크게 확대되고 있는 실정이고 예상되고 있다.

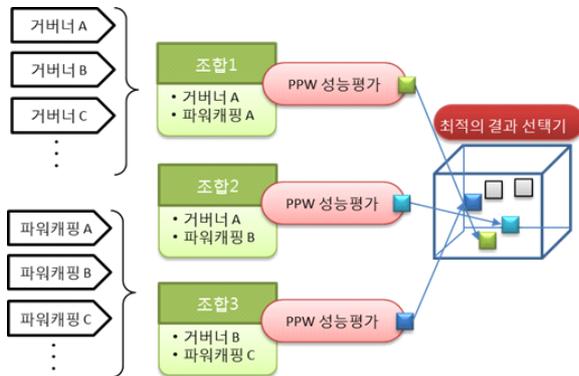
### II. 에너지 절감 메카니즘

최근에 데이터 센터의 서비스 규모 확대에 전력 소모가 확대되고 있다. 이러한 데이터 센터에서 웹 서비스가 가장 많은 비중을 차지하는 서비스이다. 그래서 본 연구는 대용량 웹 서비스에 대한 전력 소비를 낮추는 에너지 절감 기법을 제안한다. 본 연구에서는 데이터 센터들의 실질적인 웹 서비스를 유사하게 설정하기 위해서 홈페이지 서비스로 가장 많이 사용하는 아마존 웹 서비스의 구조를 참조하고 이러한 구조를 잘 반영한 벤치마크 CloudSuite을 사용하였다.

벤치마크 CloudSuite은 최근에 이슈가 되고 있는 스케일 아웃(scale-out) 응용프로그램을 위한 벤치마크 제품군이다. 이는 데이터 센터에서의 차지하는 비중을 기반으로 여덟 응용 프로그램을 선택하여 구성되어 있다. 그 응용프로그램들은 데이터 분석, 데이터 캐싱, 데이터 서빙, 미디어 스트리밍, 소프트웨어 테스트, 그래프 분석, 웹 검색, 웹 서빙이다. 이 중에 본 연구는 웹 서빙을 성능 평가에 사용하였다. CloudSuite의 웹 서빙은 잘 알려진 아마존 웹 서비스의 구조와 유사하며, 웹 서비스를 에지(edge) 서버, 응용 프로그램 서버, 데이터베이스 서버와 같은 세 개의 계층으로 구성하고 있다.

데이터 센터의 주요 서비스인 웹 서비스의 소비 전력을 크게 개선하기 위해 본 연구에서 사용하는 주요 제어 모듈은 CPU의 DVFS를 제어하는 CPU 거버너(동적 전

압 및 주파수 스케일링)와 파워캐핑(Power Capping)이다. 기존 서버에서는 CPU의 DVFS를 위한 온디맨드 거버너[3]를 사용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 에너지 인지를 바탕으로 에너지 절감을 최적화 시키는 CPU 거버너로 EAOS\_AVG 거버너를 제안한다. 제안하는 EAOS\_AVG 거버너는 몇 분/ 몇 초전의 CPU의 평균 부하 및 I/O나 CPU 바운드와 같은 태스크의 종류에 따라 CPU의 DVFS를 변경하여 적용하는 방식이다. 본 연구의 서버 에너지 절감에 대한 최적의 결과를 선택하기 위한 기준은 PPW(performance per watt)의 값이다. 그림 2는 에너지 절감 모듈들을 사용하여 에너지 절감이 최적의 상태인 PPW가 가장 이상적인 결과를 도출하기 위한 제안하는 에너지 절감 시스템의 구성도이다. CPU의 DVFS 적용 수치나 정책 그리고 특정 구간의 파워캐핑 수치를 설정하여 최적 조합을 선택한다.



▶▶ 그림 2. 제안하는 에너지 절감 메커니즘의 구조

III. 성능평가

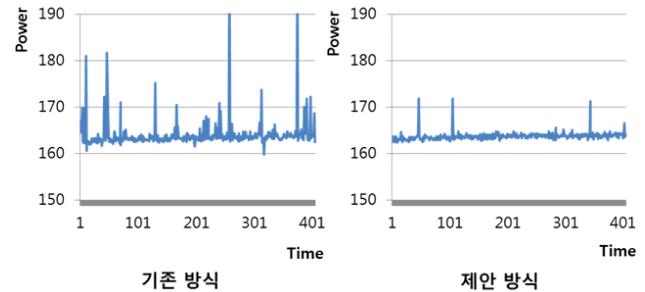
본 성능평가를 위한 실질적인 웹 서비스는 다중 사용자들이 직접 접속하여 이용하는 것과 매우 유사하게 환경을 구성하였다. 웹 서비스를 위한 시스템 구성은 크게 프론트엔드(Frontend) 서버와 백엔드(Backend) 서버로 구성하였다. 프론트엔드 서버는 웹서버, Php-fpm, 그리고 Tomcat로 구성되어지고 백엔드 서버에는 DB 서버 그리고 클라이언트에플래티어로 구성하였다. 그리고 각 서버에는 실 서비스처럼 클라이언트가 홈페이지에 계정을 만들고 홈페이지를 접속하고 이벤트를 발생시키도록 도와주는 Faban 에이전트/마스터를 설치하였다. 표 1은 서버들의 상세 정보를 보여준다.

표 1. 성능평가를 위한 서버 상세 정보

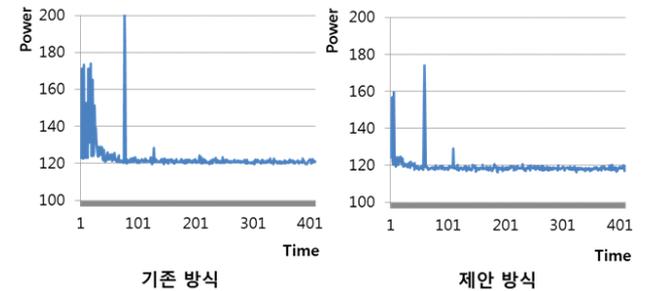
	Frontend 서버	Backend 서버
프로세스의 수	32	32
CPU 코어의 수	8	8
CPU 모델	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2650	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-4620
캐쉬 사이즈	20480 KB	16384 KB
메모리	98946544 kB	98957752 kB

각 서버의 전력 소비량은 와트메터라는 계측기를 통하여 측정하였다. 성능평가를 위하여 특정 홈페이지에 동시 접속하는 클라이언트 수는 2,000명으로 설정하였고 홈페이지의 내용은 MYSQL 서버에 가상으로 생성된

50,000명 사용자 정보들을 조합하여 구성하였다. 제안하는 방식은 최적의 설정 값으로 프론트엔드 서버에 온 디맨드 거버너/ 기본 파워캐핑 (64w)를 설정하고 백엔드에는 EAOS\_AVG 거버너/ 서버 파워캐핑(35w)를 설정하였다. 그림 3과 4는 웹 서비스를 수행하면서 프론트엔드/백엔드 서버의 전력 소비량을 측정된 것이다. 그 결과는 제안하는 방식이 기존 방식보다 약 8% 정도의 전력 소비량을 줄이는 효과가 있음을 보여준다.



▶▶ 그림 3. 프론트엔드 서버의 파워 소비량 측정



▶▶ 그림 4. 백엔드 서버의 파워 소비량 측정

IV. 결론

본 연구는 웹 서비스에 대한 전력 소비를 낮추는 에너지 절감 기법을 제안하였다. 본 연구의 성능평가는 기존 방식에 비하여 약 8%의 전력 절감의 효과를 보여주었다. 향후 연구로 웹 서비스 뿐만 아니라 데이터 분석, 데이터 캐싱, 데이터 서빙, 미디어 스트리밍과 같은 응용 서비스를 적용하여 보다 효율적인 절감 기법을 연구할 예정이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Emerging Technology Analysis: Extreme-Low-Energy Servers. Gartner(2011)
- [2] Pallipadi, Venkatesh, and Alexey Starikovskiy. : The ondemand governor, Proceedings of the Linux Symposium, Vol. 2, (2006)
- [3] Sharma, V., Thomas, A., Abdelzaher, T., Skadron, K., & Lu, Z.:Power-aware QoS management in web servers, pp. 63-72, RTSS(2003)
- [4] R. Raghavendra, P. Ranganathan, V. Talwar, Z. Wang, X. Zhu. No Power Struggles: Coordinated multi-level power management for the data center, In Thirteenth International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS '08), Mar. 2008.