

## 저전력 서버기술 동향

권원옥\* 김성운\*\* 김명준\*\*\*

수십만 대의 서버를 운영하는 구글(Google)의 가장 큰 고민은 전기료이다. 전력문제는 비단 구글뿐 아니라 대부분의 데이터센터가 겪고 있는 심각한 문제이다. 데이터센터의 전력비용은 전체 운영비의 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 여기에서 전력전달효율, 냉각효율 및 서버 컴포넌트들의 전력효율에 이르기까지 여러 요소가 복합적인 원인에 의해서 낭비되는 전력이 많다. 따라서 현재, 데이터센터 냉각 시스템, 서버 플랫폼, 컴포넌트에 이르기까지 다양한 저전력 설계기법이 연구되고 있다. 특히 서버 전력과 발열의 가장 큰 부분을 차지하는 프로세서의 기술은 다중 코어 기술로 빠르게 발전하며 전력 소모량 대비 성능이 쟁점이 되고 있다. 본 고는 서버 플랫폼 관점에서 전력소모 분석과 전력절감기술의 동향을 다루고 있다. ☒

목	차
---	---

- I. 서 론
- II. 전력 사용 현황
- III. 서버 전력절감 기술
- IV. 결 론

### I. 서 론

2007년 2월 LinuxWorld OpenSolutions Summit에서 전세계 데이터센터의 연간 전력 소모량을 측정 한 연구조사가 발표되었다. 2005년 한 해 동안 미국 내 데이터센터에서 사용된 전력량은 서버 및 냉각기구, 관련 보조기구 등의 전력소모를 포함해 약 450억 kWh로, 금액으로 환산하면 27억 달러에 달하는 것으로 밝혀졌다. 전세계의 데이터센터 전력소모에 따른 비용을 환산하면 연간 72억 달러, 전력 소모량으로는 1,200억 kWh에 달하였다[6]. 2000년 이후 5년간 데이터센터 전력 소모량은 2배로 증가하고 있다. 2006년 IDC 조사에 의하면 전산실의 전력 및 냉각 비용은 새로운 시스템 구입비용의 4배 이상의 비율로 빠르게 증가하고 있다.

국내 IDC 센터의 전력 사정도 비슷하다. 서울의

\* ETRI 서버플랫폼연구팀/연구원  
 \*\* ETRI 서버플랫폼연구팀/팀장  
 \*\*\* ETRI 인터넷서버그룹/그룹장

한 IDC의 경우 최근 수전 용량을 2만kW로 늘렸다. 통상 1만kW의 수전 용량이 30평 아파트 2만 가구를 수용하는 전력량이다. 소모 전력량 측면에서는 10만 가구 규모의 중소도시와 IDC 5개가 같은 급이라는 이야기다. 전력 소모량 증가로 인한 어려움이 단순히 데이터센터나 IDC의 수전 용량을 늘리거나 전기료를 할인하는 정도로 해결될 사안이 아니다. 앞으로 데이터센터의 신축이 잇따르면서 에너지 효율화 문제는 더 큰 이슈로 부상할 전망이다. 시스템 비용보다 전력 소모량 증가에 따른 운용비용이 더 큰 부담이 될 것이기 때문이다.

세계적으로 데이터센터의 전력 문제를 해결하기 위한 노력은 다양하게 이루어지고 있다. AMD, HP, IBM, SUN을 비롯한 많은 회사들이 2005년 4월 'Green Grid Project'란 이름으로 모임을 결성하여 데이터센터의 전력문제를 연구하고 있다. 로렌스 버클리 국립연구소(Lawrence Berkeley National Lab)는 전력효율을 세 배로 증가시킬 수 있는 새로운 데이터센터의 연구를 시작하고 있다. IBM은 'Green Datacenter' 구축을 위해서 서버 가상화 기술 및 '프로바이징(provisioning)' 기술, '액체 쿨링 시스템' 등을 개발하고 있다. 동작속도에 열을 올리던 Intel, AMD 같은 프로세서 개발회사는 이제 와트당 성능을 중시하는 고효율의 프로세서를 출시하고 있다. 2007년 상반기 듀얼 코어에 65W 소모전력 프로세서에서 Quad 코어에 50W 저전력 서버 프로세서까지 시장에 출시되고 있다.

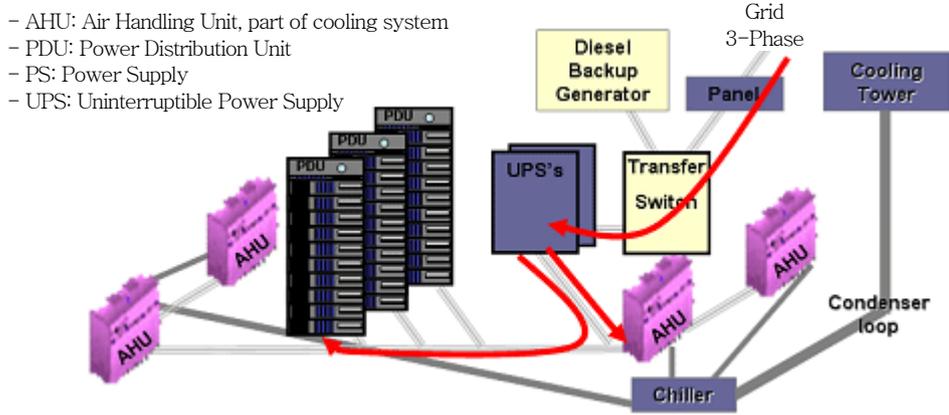
본고는 저전력 서버를 구현하기 위한 최근의 기술 동향을 플랫폼 관점(Platform View)에서 다루고 있다. 특히 프로세서, 전력공급기 효율, 랙 파워 구성에서 전력절감의 기술 동향을 분석하도록 한다.

## II. 전력 사용 현황

### 1. 데이터센터 전력 현황

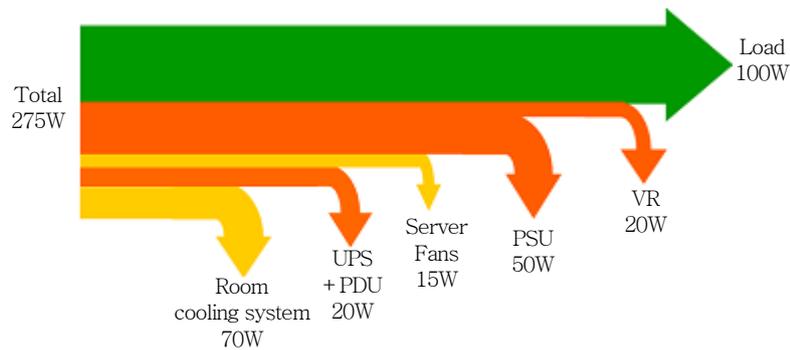
(그림 1)은 데이터센터의 전력전달 경로를 나타내고 있다. 입력 3상 전압은 UPS를 거쳐 공조를 위하여 AHU에 전달되며, HVAC(Heating Ventilating Air Conditioning)를 위해 데이터센터의 DC 전력의 30~40%가 소모된다. 나머지 전력 중에서도 전력전달, AC to DC 전환, 냉각 등에 의한 전력소모는 30%를 넘는다. 따라서 전체 데이터센터의 전력의 35% 정도만이 순수한 컴퓨팅 파워에 사용된다. 나머지 65%의 전력은 전력변환 손실, 항온항습장치, 냉각장치에 등에 사용된다.

앞서 살펴본 바와 같이 데이터센터의 전력소모는 크게 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, 순



(그림 1) 데이터센터의 전력흐름[1]

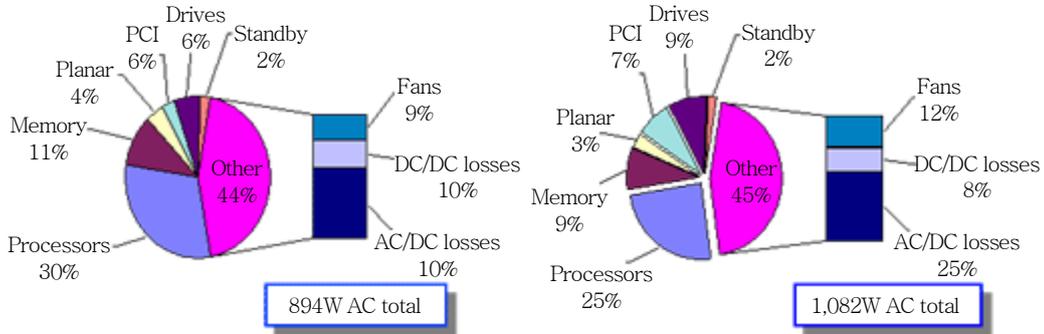
수한 컴퓨팅 부하, 둘째, 전력전달 손실, 셋째, 냉각장치이다. 전력전달 손실은 AC to DC 전환을 담당하는 PSU(Power Supply Unit)에서 가장 큰 전력손실이 발생한다. 그리고 UPS, VRM (Voltage Regulator Module), PDU(Power Distribution Unit) 등에서 전력 손실이 발생한다. 냉각장치로는 Chiller 가 가장 큰 전력소모를 나타내며, 각종 냉각팬, 공조장치에서 전력소모가 있다. Intel 자료에 의하면 100W 의 전력을 서버에 공급하기 위해서는 데이터센터에서는 275W 전력이 소모된다고 보고되고 있다. (그림 2)는 100W 서버 부하 공급시 데이터센터의 전력소모를 나타내고 있다. 부하에서 소모되는 전력 외에 데이터센터 냉각장치와 PSU 소모 전력이 가장 큰 비중을 차지함을 알 수 있다.



(그림 2) 100W 서버 부하 공급시 데이터센터의 전력소모[3]

## 2. 서버 플랫폼의 컴포넌트별 전력소모

본 고는 데이터센터의 냉각, 전력전달에서 전력절감 기술보다는 서버 내부에서 전력절감 기



(그림 3) 1U(좌), 2U(우) 서버 시스템의 컴포넌트별 전력소모[1]

술에 초점을 맞추고 있다. 따라서 서버 내부 컴포넌트별 전력 소모를 분석할 필요성이 있다. (그림 3)은 1U(좌)와 2U(우) 서버로 구성된 랙의 전력소모에 대한 분석을 각각 나타내고 있다. 1U 시스템은 각 노드당 894W 전력을 소모하며, 랙당 40 개의 노드로 구성되어 있다. 2U 시스템의 경우 각 노드당 1,082W 전력을 소모하며, 랙당 20 개의 노드로 구성되어 있다. 두 개의 시스템의 결과는 거의 유사하며, 일반적으로 데이터센터에 많이 사용되는 1U 시스템을 기준으로 컴포넌트별 전력소모를 살펴보도록 한다. 서버 시스템에서 전력을 가장 많이 소모하는 소자로는 프로세서로 약 30%를 차지한다. 다음으로 PSU의 AC/DC 전환 손실이 25%를 차지한다. 다음으로 메모리, VRM의 DC/DC 전환 손실, 냉각 팬이 각각 10% 전력을 소모한다. 그외 HDD 저장장치, 메인보드의 칩셋, PCI 같은 I/O 장치 등은 서버전력 소모량에 비해 미미한 수준이다.

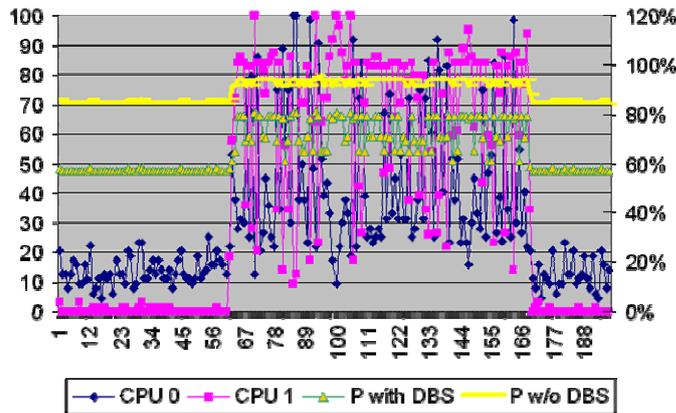
서버 전력절감을 위해서는 서버에서 가장 전력소모가 많은 프로세서와 PSU 효율에 중점을 두어야 함을 알 수 있다. 다음은 서버 시스템에서 전력절감 기술을 살펴보도록 한다.

### III. 서버 전력절감 기술

서버를 위한 전력절감 기술은 크게 서버 플랫폼 하드웨어 수준과 운영체제 및 관리 수준으로 나누어 생각할 수 있다. 본 고는 플랫폼 하드웨어 관점에서 전력절감 기술을 살펴보도록 한다.

#### 1. 프로세서 전력절감 기술

앞서 살펴보았듯이 서버 컴포넌트 중에서 가장 전력소모가 큰 부분은 프로세서이다. 프로세서 전력절감 기술은 크게 디바이스와 운영체제가 공동으로 전력을 절감하는 기술과 BIOS 레벨에서 전력을 절감하는 기술로 나누어 볼 수 있다. 전자의 대표적인 기술은 Intel의 DBS(Demand



(그림 4) Intel의 DBS 기술[1]

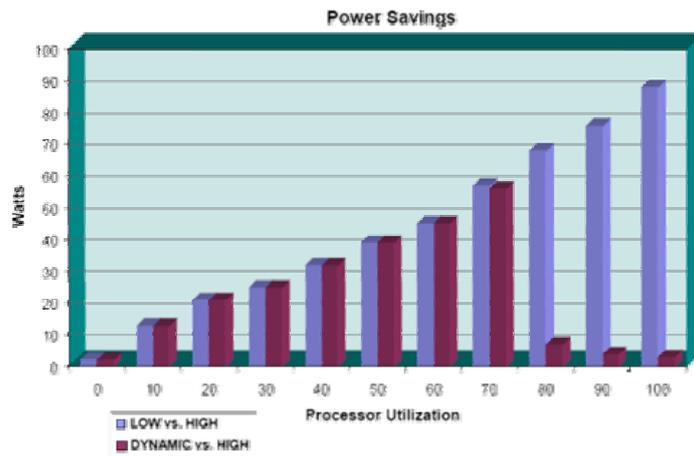
Based Switching) 또는 SpeedStep, AMD의 PowerNow! 기술이다.

DBS 기술은 부하에 따라 프로세서의 동작 전압과 주파수를 달리하여 전력을 절감하는 기술이다. (그림 4)는 Intel의 DBS 기술을 사용할 경우 전력절감을 나타내고 있다. 일반적으로 컴퓨터 서버는 시간(X축)에 따라 프로세서의 부하가 달라지며, 따라서 CPU0, 1의 사용량 또한 이에 비례해서 변하게 된다. 그러나 DBS 기술을 사용하지 않을 경우에는 CPU의 사용량이 많을 적음에 관계없이 일정한 양의 전력이 소모된다(P w/o DBS). (그림 4)에서 CPU 사용량이 많을 때와 적을 때 소모전력은 불과 10% 정도 밖에 차이가 없다. DBS 기술을 적용 시, Idle 상태에 소모전력은 DBS 기술이 적용되지 않았을 때와 비교해서 20%의 전력절감 효과가 있다(P with DBS). 또한 프로세서에 부하가 많을 경우에도 10~15% 정도 전력절감의 효과가 있다. Intel 측은 DBS를 사용할 경우 약 25%의 전력절감 효과가 있다고 보고하고 있다. 이는 316W 전력을 소모하는 서버의 경우 DBS 기술을 적용하면 240W 수준으로 절감이 가능하며, 이로 인한 연간 전력절감액은 500대 서버기준으로 1억 원(냉방비 포함)에 이른다.

앞서 언급한 DBS, PowerNow! 같은 기술은 프로세서뿐 아니라 운영체제가 이러한 전력절감 기술을 반드시 지원해야 된다. 만약 운영체제가 이러한 전력관리 기능을 지원하지 않을 경우 프로세서는 항상 Pmax(최대 전력상태) 상태에서 동작하게 된다. 운영체제나 프로세서의 도움 없이 BIOS 수준에서 프로세서의 부하를 모니터링하여 자동으로 프로세서의 전력상태 천이를 제어하는 기술도 있다. HP사의 Power Regulator라 불리는 BIOS 준위 프로세서 전력제어 기술은 매 125ms 마다 프로세서의 성능 카운터를 체크하여 프로세서의 점유율(Utilization)을 측정하여 Pmax 혹은 Pmin(최소 전력상태) 상태를 결정하게 된다. 일반적으로 프로세서의 점유율

이 높을 경우, 전력이 부족하면 프로세서 성능 저하의 역효과가 나타나게 된다. 이를 보완하기 위해서 HP 의 Power Regulator 기술은 프로세서 점유율 70%를 기준으로 그 이하의 경우 Pmin 상태로, 그 이상의 경우 Pmax 상태로 동작하도록 설계되었다.

(그림 5)는 BIOS 기반의 프로세서 전력관리 기능을 사용할 경우 전력절감에 대해서 나타내고 있다. (그림 5)의 Low vs. High 그래프는 프로세서를 항상 Pmin 상태로 동작시킬 경우 항상 Pmax 상태로 동작시킬 경우보다 전력절감 정도를 나타내었다. 프로세서의 점유율이 증가함에 따라 전력절감 정도가 선형적으로 증가한다. 반면 Dynamic vs. High 그래프는 프로세서 점유율 70%까지는 Pmin 상태 동작과 동일하나 70% 이상의 경우 성능 저하 방지를 위해 Pmax 소모 전력과 동일한 전력을 소모함을 볼 수 있다.

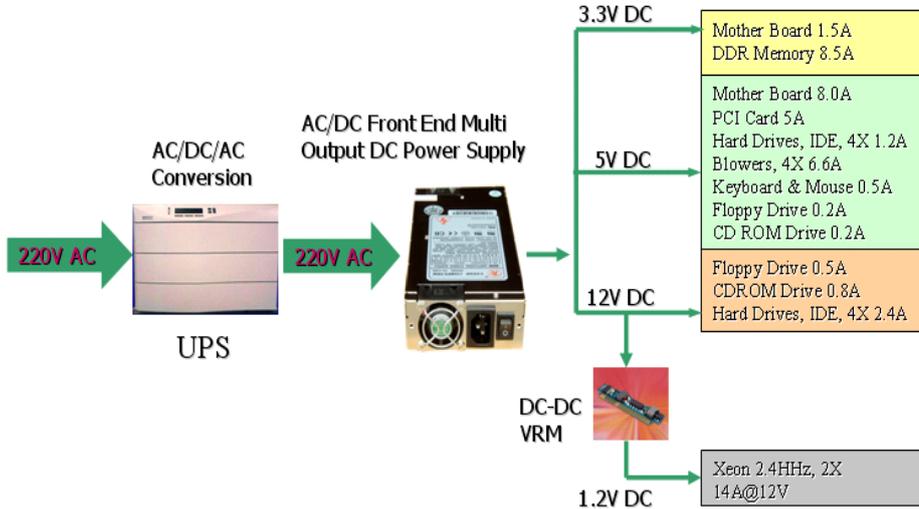


(그림 5) BIOS 기반의 프로세서 전력관리(Dynamic)[5]

일반적으로 BIOS 기반의 프로세서 전력절감 기술은 운영체제나 프로세서의 도움 없이 어떠한 플랫폼에도 동작 가능한 장점이 있으나, 부하에 따른 프로세서 상태를 Pmin 혹은 Pmax 두 개로만 관리함에 따라 최근 출시되는 프로세서의 DBS 기술보다 효율이 떨어지는 단점이 있다.

## 2. 전력공급기(PSU)의 효율 증대 기술

서버에서 프로세서 다음으로 전력손실이 가장 큰 부분은 AC/DC 전환을 담당하는 PSU 의 손실이다. (그림 6)은 일반적인 서버의 전력변환 흐름을 나타내고 있다. 220V AC 전압은 UPS 를 거쳐 AC/DC/AC 전환이 발생한다. 이후 220V AC 전압은 서버 PSU 를 통해서 3.3V, 5V, 12V, -12V 의 DC 전압이 생성되고 마더보드의 VRM 의 의해 필요한 DC 전압이 발생된다. 일반



(그림 6) 현재 서버 PSU 의 AC/DC 전력변환[3]

<표 1> 부하에 따른 PSU 의 효율[3]

Loading	10%	20%	30%	50%	75%	100%
Typical Case	57.4%	67.7%	71.9%	74.6%	74.2%	72.5%
High Efficiency Case	69.7%	76.8%	79.0%	81.8%	81.7%	80.7%

적으로 PSU 의 효율은 70~75% 정도이며, 부하가 40% 미만일 경우 효율이 저하된다. <표 1> 은 부하에 따른 PSU 의 효율을 나타내고 있다. 부하가 10%일 경우 일반적으로 60% 이하의 낮은 효율을 보이고 있다.

구글(Google)은 수십만 대 컴퓨터를 운영하면서 전기료로 한 달에 20 억이 넘게 지출하고 있다. 몇 년 전부터 전력소비의 심각성을 인지하고 현재 컴퓨터 PSU 의 효율의 문제점을 연구했다. 앞서 언급한 현재 PSU 와 VRM 전체의 전류 변환 효율은 60%가 채 되지 않는다. 구글은 PSU 가 생성하는 전압을 +12V 단일화하고 그 외 전압은 메인보드의 VRM 이 담당하도록 메인보드와 PSU 를 제작하여 몇 년간 데이터센터를 운영해 왔다. 운영결과 이전보다 20~30% 전력 절감을 가져왔다. (그림 7)은 다중 전압을 생성하는 기존의 PSU 와 구글의 12V 만 생성하는 PSU 의 내부 모습을 보여주고 있다. 구글이 제안한 PSU 는 단일전압 생성으로 구조가 간단하며 전력 효율은 이전보다 우수한 성능을 보여주고 있다.

최종적으로 구글은 데이터센터 자체에서 +12V DC 전압을 서버에 공급하여 서버에 PSU 를 아예 없애자고 제안중이다. 이렇게 되면 서버에 PSU 가 사라져 가격절감 효과가 있을 뿐 아니라 데이터센터 내 전력전달 효율이 더욱 증가하여 전기료 절감효과가 클 것으로 예상된다. 앞서



(그림 7) 기존의 PSU(좌)와 12V 만 생성하는 PSU(우) 내부모습[4]

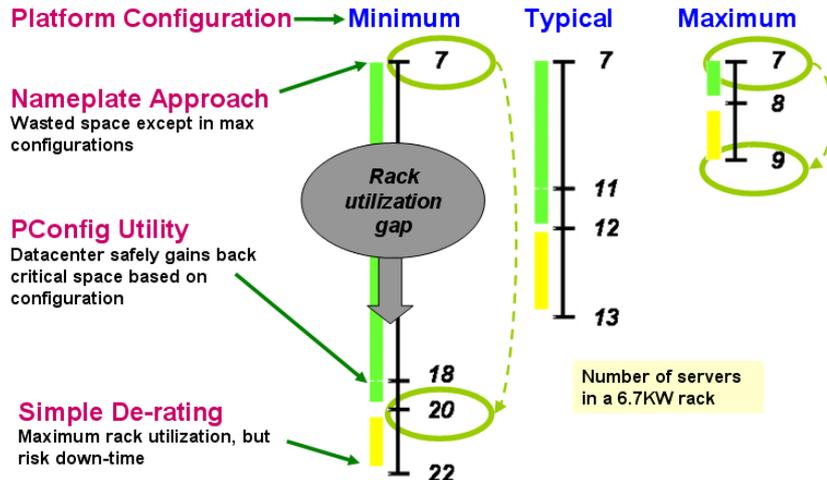
구글이 제한한 DC 전압 공급 데이터센터와 유사하게 Lawrence Berkeley National LAB Project 에서 380V DC 전압을 공급하는 시스템을 만들어 데이터센터 전력 효율을 증대시키는 실험도 이루어지고 있다.

### 3. 랙(Rack) 전력절감기술

랙에 장착된 시스템의 구성이나 서비스에 따라 랙 전체의 전력 소모를 효과적으로 예상하여 랙 시스템을 구성하는 것은 중요하다. 일반적으로 랙을 구성할 때는 최대 소비전력(Nameplate power)을 고려하여 서버를 구성한다. 그러나 일반적으로 Nameplate 전력은 모두 소비하는 경우는 극히 드물며 대부분 Nameplate 전력보다 낮은 전력을 사용한다. 따라서 전력절감을 위해 여러 가지 전력절감(De-rating)정책에 의해 보다 효율적인 랙을 구성할 수 있다.

(그림 8)은 랙의 전력 De-rating 방법으로 최대, 보통, 최소 시스템 구성에 대한 Nameplate 접근법, Pconfig 사용법, Simple De-rating 방법을 나타내고 있다. 먼저 서버가 최소 시스템 구성으로 장착된 경우를 살펴보면 실제 Nameplate 구성 시 7 대 밖에 랙에 설치가 불가능하다. 하지만 실제 서버 컴포넌트별 총 소모전력(Pconfig)을 구해보면 랙당 20 대의 서버가 구성이 가능하다. 즉 Nameplate 접근법과 Pconfig 접근법의 차이가 13 대나 뒀을 수 있다. 그리고 단순한 접근방법으로 전력 De-rating 을 고려할 때 22 대까지 랙 구성이 가능함을 보이고 있다. 물론 시스템이 최대의 컴포넌트로 장착된 경우는 Nameplate 전력과 Pconfig 전력과의 차이는 거의 없으며, 전력 De-rating 도 줄어 들게 된다. 그러면 실제 시스템에서 Pconfig 값과 De-rating 값을 어떻게 찾을 수 있을까?

Pconfig 값은 실제 시스템의 장착된 컴포넌트와 소모전력을 BIOS 에서 읽어 시스템 전체의



(그림 8) 랙 전력 De-rating 방법[1]

소모전력을 산출할 수 있다. 만약 Pconfig 값을 기준으로 랙 전력을 공급한다면 실제 랙 소모전력과 차이가 발생할 것이다. 이는 모든 시스템이 항상 최대의 소모전력으로 동작하지 않기 때문이다. 따라서 실시간 전력 모니터링 기능을 통하여 실질적인 전력소모를 측정하는 것이 필요하다. 일반적으로 PSU 와 연결된 PSMI(Power supply monitoring interface) 혹은 PMBus 를 통하여서 실시간 전력소모를 측정할 수 있다. 이 데이터를 기반으로 보다 정확한 전력 De-rating 정책을 펼 수 있다.

#### IV. 결론

본 고는 서버 플랫폼 관점에서 프로세서 전력절감 기술, 전력변환 효율증대 기술, 랙 전력효율성 증대기술을 분석하였다. 현재 데이터센터의 가장 큰 이슈는 전력문제이다. 저전력 서버 기술은 전력소모가 가장 큰 프로세서, 비효율적인 전력변환 장치에서 활발히 연구가 진행중이다. 앞으로 프로세서는 저전력 다중 코어 기술로 지속적으로 발전하며, 고효율 전력변환장치나 규격이 정립될 것이다. 프로세서나 전력변환장치의 전력 효율이 높아짐에 따라 냉각장치 전력 비용 또한 낮아져 서버나 데이터센터의 냉각비용이 줄어들 것으로 예상된다.

#### <참 고 문 헌>

[1] Intel, Efficient Power Consumption in the modern Datacenter, William A Hammond, March 1,

2005.

- [2] Enabling High Efficiency Power Supplies for Servers, Chris Calwell and Brian Griffith, 2005 IDF
- [3] DC Power for Data Centers a demonstration, My Ton, Brian Fortenbery and Bill Tschudi, Open House Presentation Summer 2006.
- [4] High-efficiency power supplies for home computers and servers, Urs Hoelzel and Bill Wehl, Google Inc. September 2006.
- [5] HP, Power Regulator for ProLiant servers, Technology brief
- [6] “전세계 데이터센터 전력 소모량은 72 억 달러 규모,”  
<http://www.zdnet.co.kr/news/spotnews/enterprise/etc/0,39040034,39155562,00.htm>, ZDNet Korea, 2007. 2. 30.

---

\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.