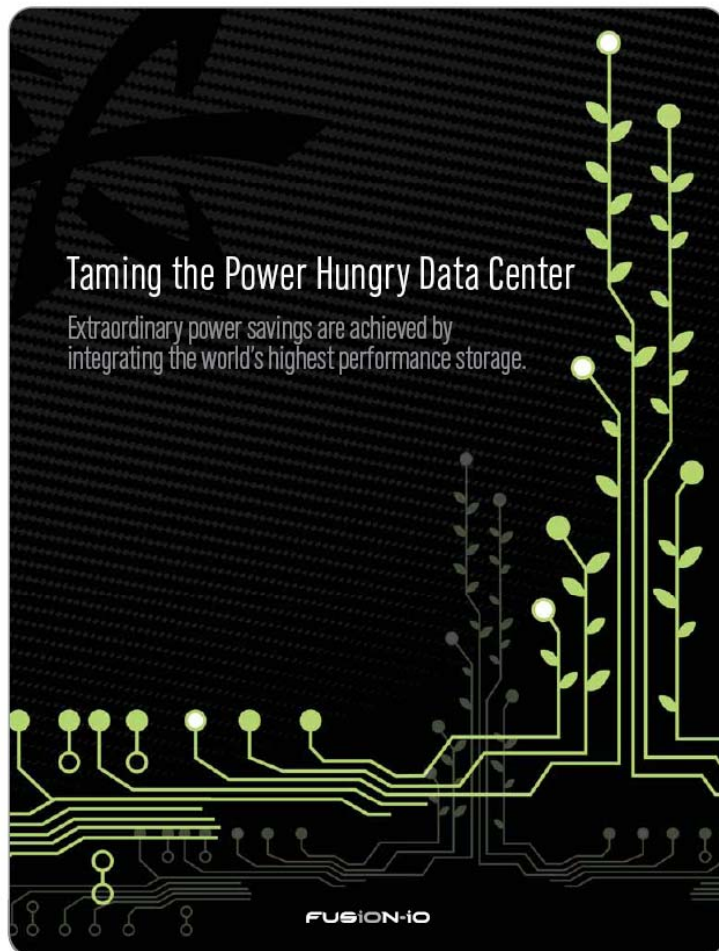


데이터 센터 전력 낭비를 잠재운다

고성능 저장장치로 최저의 전력 소비를 달성



©2007 Fusion-I/O, All Rights Reserved.

(주) 하나마이크론

2009.1.16

발췌 원제: Taming the Power Hungry Data Center
by
Fusion-IO

Confidential — Do Not Distribute

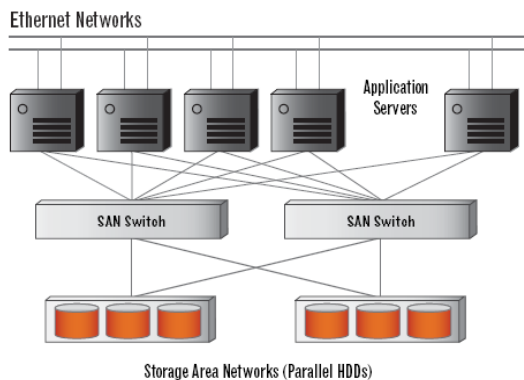


Fusion-IO 공식 대리점

개혁의 도래

• 개요

지금까지 수많은 독창적이고 혁신적인 기술들이 데이터 센터 및 서버 시스템의 성능 향상과, 확장성, 그리고 가장 최근엔 총소비 전력을 줄이기 위해 소개 되어 왔다. 이러한 시도들의 대부분은 컴퓨터 CPU (Central Processor Unit) 와 이를 보조하는 저장 장치 시스템의 현격한 성능 차이에서 도래 된 것이다. 불행히도 이들의 결과는 CPU 성능을 최적화 하기는 커녕, 추가 장치들이 더욱 얽히고 설키게 되고, 전력 소비율을 증가시켜 전체 시스템의 효율성을 악화 시키는 결과를 낳게 되었다. 다시 말하면 시간이 가면 갈 수록 더욱 커지기만 하는 CPU와 저장장치 시스템의 성능 격차 때문에 그 동안 시도되고 적용된 무수한 소위 해결책들은 근본적인 문제를 해결하지 못한 것이다. 이는 전세계 데이터 센터들의 숨겨진 비밀이며, 이로 인해 기대 되는 데이터 센터들의 향후 전력 소비는 기하급수적이다. 이 백서의 목적은 기존 서버 시스템의 숨겨진 결점으로 인한 문제점들을 지적하며 **시스템 성능을 향상 시키는 동시에 전력 소모를 현격히 줄일 수 있는 방법이 Fusion-IO 의 혁신적인 Flash 메모리를 적용한 기술로 인해 현재 당장 실현 가능하다는 것을 알리기 위함이다.**



Fusion-IO 의 장점

2개의 ioDrive로 기존 100개의 하드 드라이브를, 3~4개의 CPU를, 그리고 DRAM 수를 절반으로 줄일 수 있다

혹자에게는 이와 같은 CPU의 비효율적 사용이 전력 낭비를 초래한다는 사실이 납득키 어려울 수 있겠다. 이 백서는 이러한 질문에 대한 명확한 해답 뿐아니라 어떻게 Fusion-IO의 최첨단 Solid State Storage Solution 기술이 반영된 ioDrive가 기존의 비효율적인 데이터 센터 및 시스템들로 인한 과도한 전력 낭비를 막는지 설명할 것이다. 전력 낭비를 줄이는 것 만큼 더욱 중요하게 고찰해야 할 것은 ioDrive를 통해 데이터 센터 운영에 소요되는 제반 자원, 즉 부대 시설, 활용 가능한 공간, 냉난방 시설들의 효율성이 또한 극대화 될 수 있다는 점들이다.

전력, 그리고 냉방이라는 유행병

- **미 환경 보호국 (EPA) 공동 조사 결과 (2005년, 2007년)**

- 2000~2005년 데이터 센터들의 소비 전력은 두배로 증가
- 2010년에는 2005년 대비 추가로 75%가 더 증가 될 것이라 전망
- 2005년 서버, 냉방시설, 부대 시설의 총 소모 전력 = 미국 전체 소비 전력의 1.2%
→ 유타주가 일년에 소비하는 전력량과 동일
- 2006년 데이터 센터의 전력 소비량 : 61 billion kWh = 미국 전체 소비 전력의 1.5% (\$4.5B)
→ 당시 미국의 모든 칼라 TV 전력 소비량과 동일, 5백80만명의 국민이 소비하는 전력량과 동일
→ 61B kWh의 50%가 냉방에 쓰여짐
- 2011년에는 100B kWh 소모 = \$7.4B → 10개의 발전소를 증축해야 한다는 결론임
→ 신기술 도입으로 70% 가량의 전력이 절약 된다면 15~47백만 metric ton의 이산화탄소가 줄 것이라 예상.

- **주 원인**

- Web, e-commerce, 데이터 베이스등의 현격한 증가로 인한 고성능 연산 능력 필요 및 저장 장치의 증가
- 전보다 15배 이상 강력해진 신규 고밀도 blade 서버들의 대거 적용

- **Uptime Institute Symposium 2007**

- 서버들을 3년간 유지하기 위해 소모되는 전력 → 서버 장비 구매액의 1.5배
- 평균 데이터 센터 전기료 → 전체 데이터 센터 유지 비용의 44% 차지

Fusion-IO 의 장점

1개의 ioDrive가 발생시키는 열은
같은 성능의 하드 드라이브의
1천분의 1 이다.

Confidential — Do Not Distribute



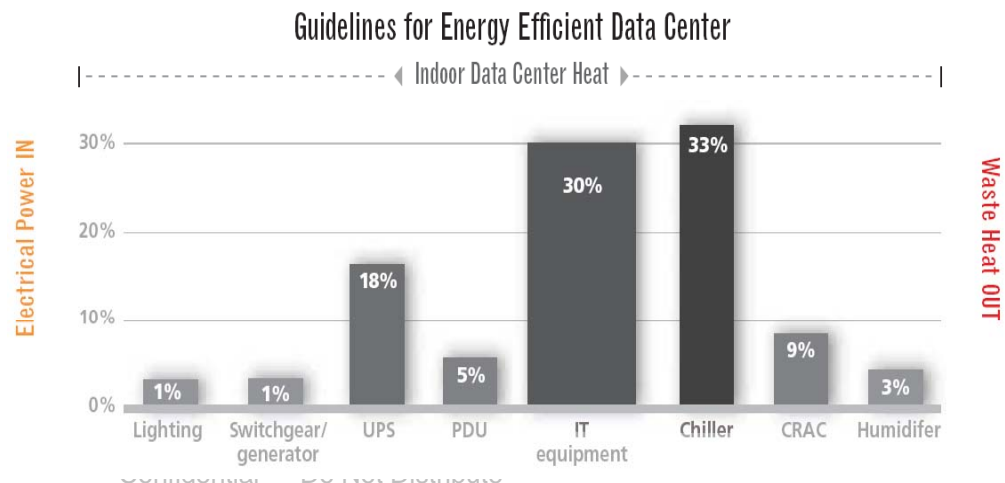
Fusion-IO 공식 대리점

기타 기관들의 조사 결과

- Modius - Green data center solutions company**
 - 데이터 센터의 확장에 따른 향후 5년간의 전기료는 3~5배 증가할 것.
→ 이는 IT 산업에 있어서 비용 요소중 2위
 - 2년안에 50% 가량의 데이터 센터들은 전력 부족 현상을 체험 할 것.
 - 70%의 미국 기업 CIO (Chief Information Officer) 들의 제1 고민은 = 데이터 센터의 전력과 냉방 문제.
- Gartner – Michael Bell, 2007 Data Center Power and Cooling Challenge 세미나 회장**
 - 데이터 센터에 있어서의 전력과 냉방 문제는 “유행병”
 - 곧 절반 이상의 전세계 데이터 센터들은 더이상 고성능을 만족시키기 위한 수요를 충족 시킬 전력의 부족으로 고충을 겪을 것이다.
- Green Grid consortium 백서, “Guidelines for Energy-Efficient Data Center”**
 - 70% 이상 (2006년 기준 42.7B kWh)의 데이터 센터 전력은 서버, 기타 장비, 저장장치들에게 전력 공급, 유지, 냉방, 재난방지에 쓰인다

Fusion-IO 의 장점

ioDrive 에 소비되는 전기세는 같은 성능의 하드 드라이브의 50% 이다

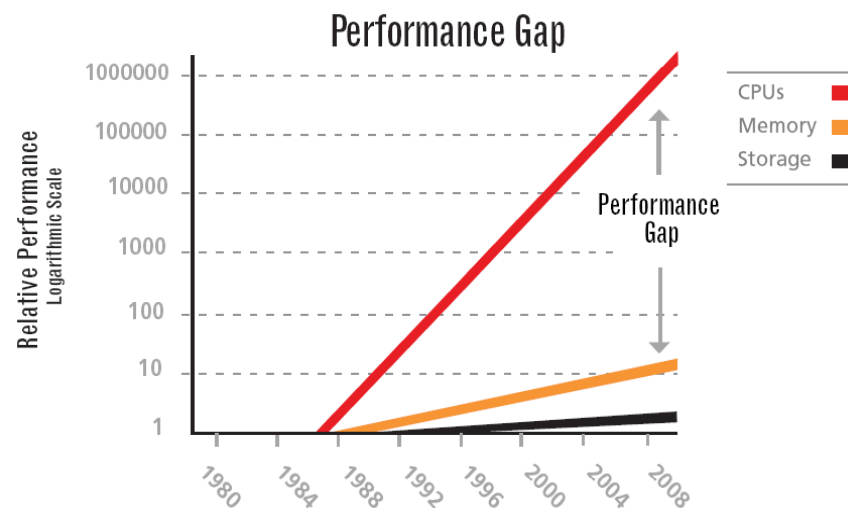


Fusion-IO 공식 대리점

악순환의 시작

- CPU vs. 저장장치(하드 드라이브)의 현격한 성능 차이로 인한 악순환의 시작
 - 1980년 이후 부터 CPU는 매년 60% 이상의 성능 향상을 거듭
→ 지난 15년간 백만배가 넘는 성능의 향상을 이룸.
 - 1980년 이후 부터 하드 드라이브는 매년 10% 정도의 성능 향상
→ 허나, 용량은 평균 2년마다 두배로 늘어남
→ 결국, 하드 드라이브의 성능은 지난 15년간 10배 정도 밖에 향상 되지 못했다.
- 2004년 이후로 Intel은 더이상 더 빠른 프로세서를 개발하지 않고 있다. 왜?
 - 90% 이상의 연산 작업 시간동안 CPU는 성능이 저조한 저장 장치들로 부터 응답을 받지 못하는 상황 (정체상황, "stalled") → 이에 따라 추가 성능 향상의 가치를 느끼지 못함.
 - 결국, 여러개로 나뉜 저성능 CPU (Dual Core)를 만들어 성능이 저조한 저장 장치들을 위해 CPU의 성능을 분산, 낭비 하고 있는 실정.

“Performance Gap” 은 결국 하드 드라이브 기반의 저장 장치 시스템의 성능 확보를 위해 데이터 센터의 비효율적이고 낭비적인 구조의 모순을 만들고 말았다. 무수히 많은 고성능 CPU는 나날이 기하급수 적으로 증가하는 하드 드라이브들에 연결되지만 결국 그 성능을 다 발휘하지 못한다. 물론, 이에 비례하여 전력 낭비는 계속 되고 만다.



Fusion-IO 의 장점

ioDrive 의 전송 속도는 기존 HDD 장치들의 millisecond가 아닌 **microsecond** 단위이다.

정체된 프로세서가 미치는 영향 - 1

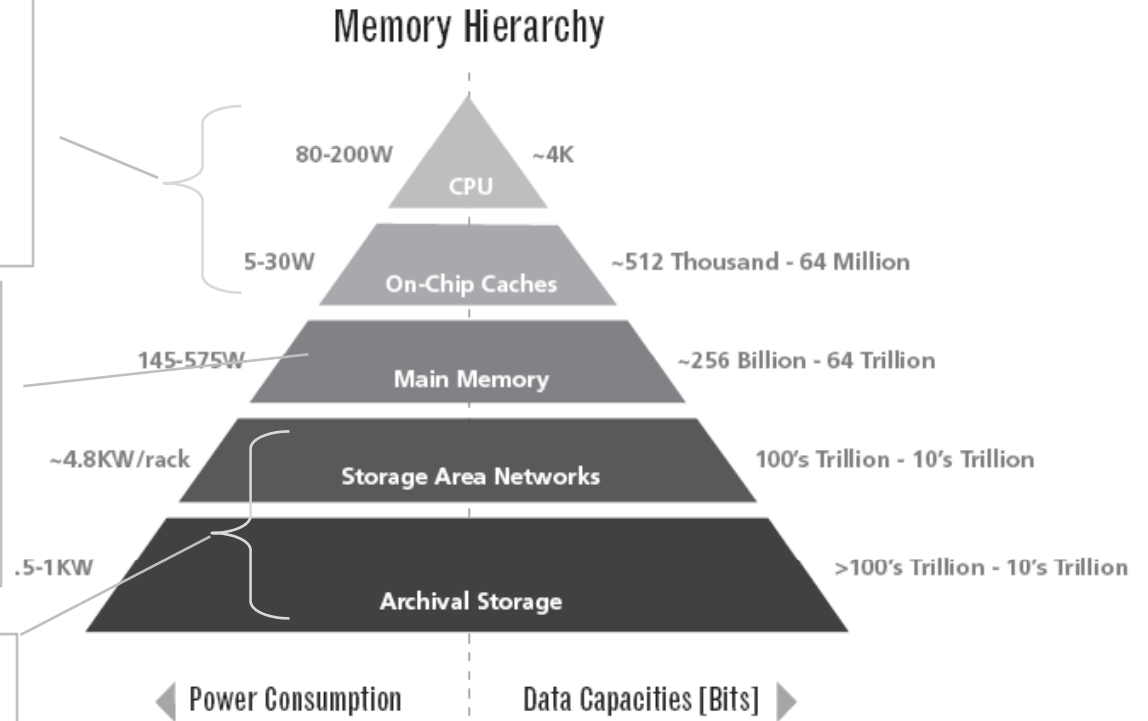
- 최고의 속도
- 소용량의 cache 포함
- 대량의 정보 연산을 위해선 Main Memory (RAM)에 의존
- 임시 저장만 가능 (volatile)

- CPU 내부 cache에 비해 빠르나
- 전력 소모가 커짐
- 용량이 작음. 대량을 써야 하는 결과
- 대량의 정보를 저장 할 수 없기에 하층의 대용량 저장 장치에 의존
- 임시 저장만 가능 (volatile)

- 대부분의 전력 소비가 발생
- 하드 드라이브가 대부분
- 상위 메모리들에 비해 매우 저조한 속도
- 반영구 저장 가능 (non-volatile)

Fusion-IO 의 장점

ioDrive 는 RAM과 하드 드라이브의 성능 차이를 줄일 수 있는 교량 역할을 한다



기존 데이터 센터 구축시 모든 설계자들은 위의 도표에 기준하여 필요한 전력, 서버의 성능, 구매 가격 이나 유지 비용등을 산출한다. 허나 각 층들의 용량 및 성능의 한계 및 불균형으로 인해 항상 설계의 한계에 맞닥드리는 것이 현실이다.

정체된 프로세서가 미치는 영향 - 2

• SAN (Storage Area Networks)

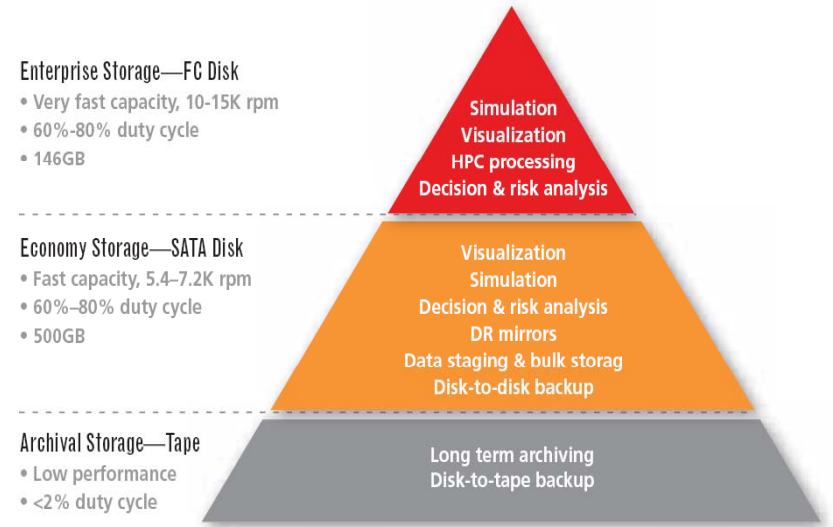
- 기존 하드드라이브 성능의 한계를 극복키위한 방안
- 100~1,000개의 하드드라이브를 연결
- 성능의 향상을 위해서 고성능 하드 드라이브를 써야 함
- 고성능 : 15,000RPM → 300 IOPS 를 가능케 함
중간성능 : 10,000RPM → 200 IOPS
저성능 : 7,200RPM → 100 IOPS 이하, 저가의 장점
- RAM, CPU, CPU의 cache에 비해 현저한 성능의 차이 존재

• 결정적인 문제

- SAN 구성은 용량이 커짐에 따른 전력 소비량이 자연히 증가하고
- RAM의 성능에 몇천배 분의 일에도 못 미친다
- SAN의 성능 향상도 일정 정도 (15%) 가능 하지만 용량의 10%도 쓰지 못하는 결과를 낳는다
- 혹은 추가 cache 장비를 설치 할 수 있지만 성능 향상의 폭은 적고, 투자 비용 및 전력 소비로 인한 낭비는 위협적이다

Fusion-IO 의 장점

ioDrive 를 사용하면 전체 시스템의 전력 소비량을 73% 이상 줄일 수 있다.



◀ -300 W on average for each server ▶

Layer	CPU	L1 Cache	L2/L3 Cache	Main Memory	Direct Attached HDDs	SANs
Speed	2-3GHz	2-3GHz	1-1.5GHz	800MHz	>3.5mS or <285Hz	>3.5mS or <285Hz
Size	64 Registers	32-64KB	2-8MB	32-128GB	500MB-5TB	100TB- >1PB
Power	80-200W	Inc. w/CPU	Inc. w/CPU	~4.5W/GB	~10W/TB (5-15W/Drive)	~5.1KW/System bay ~4.8KW/Storage bay

활용도? 효율성? 절감?

- **SAN**

- 각 server에 장착되는 하드 드라이브를 한곳으로 집중 할 수 있다.
- 허나, 결국 거대하게 계속해서 부풀려지기만 해서 냉방 비용과 용적의 비효율성도 늘어난다
- Why? 하드 드라이브 때문에

- **신기술 - 가상화**

- 가상화를 통해 여러 다른 연산 작업을 한 서버로 모아 CPU의 정체를 조금이라도 줄일 수 있다는 장점이 있다
- 허나, 이 역시 막대한 전력 소비를 조장하는 거대한 데이터 센터가 뒷받침되어야만 한다
- 더 나아가, 가상화가 더 확대 되면 될 수록 데이터 센터의 용량도 늘어야 한다는 것 또한 사실이다
- Why? 하드 드라이브 때문에

- **기타 장비 기술들**

- 앞서 기술된 layer들간의 성능 향상을 위해 많은 시도를 해왔으며 현재도 진행 중
- 허나, 결국 layer 들간 약진의 성능 향상은 추가 전력 소비를 초래함
- Why? 하드 드라이브 때문에

Fusion-IO 의 장점

한개의 ioDrive의 성능은 병렬
구성된 SAN 환경의 하드 드라이브
600개와 맞먹는다

전력 절감 해결책은?

- **Fusion-io, “ioDrive”**

- NAND flash 기술 적용 Solid State Drive (SSD)
- 한개의 **ioDrive**로 600개 하드 드라이브가 연결된 SAN과 성능이 같다.
→ SAN 구성을 위해선 하드 드라이브, 별도 전력 시스템, 기타 네트워크 장비들등이 소비 된다
- SAN과 달리, 단 한개의 하드 드라이브에 필요한 정도의 전력만 있으면 된다
→ 한개의 ioDrive로 10 kW 의 전력이 절약되는 결과

**** 즉, 탁월한 반도체 기술을 바탕으로 한 성능의 우월성을 제공하고, 데이터 센터의 연산처리 속도 및 작업량을 현저하게 높이며, 서버에 설치되는 별도의 고가의 메모리를 줄이고, 다단계의 저장장치를 간소화 함으로써, → 최상의 전력 절감을 이룰 수 있다!**

Fusion-IO 의 장점

ioDrive 는 멈출 줄 모르는 데이터 센터의 전력 소비 지출을 제어 할 수 있는 제품이다

Confidential — Do Not Distribute



Fusion-IO 공식 대리점

ioDrive 적용 후 절전의 예

FUNCTIONS (LAYER)	POWER	IO DRIVE POWER USE	REDUCTION
Application Server	~450 W	~200W	~250W
Main Memory	~190 W	~120W	~70W
Network Caches	400 W	eliminated	400W
Tier - 1 Storage (per rack)	~4.8KW	eliminated	~4.8KW
Tier - 2 Storage (per rack)	~3.2KW	eliminated	~3.2KW
Tier - 3 Storage (per rack)	~2.8KW	eliminated	~2.8KW
Tape Storage	<1KW	Unchanged	<1KW

• IBM

- Quicksilver project
- 성능 증가 폭 : 250% → 백만 IOPS 달성
- 응답 속도 : 20분의 1 이하
- 서버 적용 면적 : 5분의 1
- **절전 효과 : 하드 드라이브 환경에 대비 55%**

Fusion-IO 의 장점

ioDrive 서버 적용 면적 = ZERO
 허나, 성능 향상은 극대화 가능

성능 극대화 및 전력 소비 절약 극대화를 동시에 이룰수 있는 요인들

1. 현대의 고성능 CPU를 상대적으로 성능이 떨어지는 하드 드라이브가 지원하기에 한계가 있으므로 결국 CPU 대기 시간을 줄이려 사용되는 어마어마한 숫자의 하드 드라이브들은 전력 낭비를 심화 시키는 결과를 낳지만, **ioDrive**를 저장 장치로 대체 내지는 하드 드라이브와 공용하면 전력 낭비 방지에 큰 효과를 발휘 할 수 있다.
2. 전력 낭비의 원인인 15,000 RPM 과 같은 고성능 하드 드라이브가 더 이상 필요치 않다. 더 저렴하면서도 꼭 필요한 수준의 낮은 속도를 갖춘 하드 드라이브를 **ioDrive**와 공용하면 자연 전력 낭비는 큰 폭으로 줄어들 것이다.
3. 전체 시스템의 성능을 위해 평균 총용량의 30%, 그 보다도 더 적은 용량 밖에 쓰지 못하는 하드 드라이브에 더 이상 의존할 필요가 없다.
4. 하드 드라이브 대신 **ioDrive**를 주요 저장 장치로 사용하면 하드 드라이브의 성능 한계 때문에 어쩔 수 없이 쓸 수 밖에 없는 엄청난 양의 DRAM을 최소화 하여, 역시 이러한 수많은 DRAM으로 인한 비용과 전력 낭비를 막을 수 있다.
5. 위에 열거된 전력 낭비의 원인들로 인해 발생하는 시스템의 과열을 큰 폭으로 줄일 수 있으며, 이는 또한 시스템 과열을 막고 유지를 위해 사용되는 냉방으로 인한 전력 소비를 큰 폭으로 줄이는 결과를 낳는다.
6. 데이터 센터의 시스템 설치를 위한 필요한 공간이 줄어들고, 이에 따라 냉난방 및 기타 유지 보수비 또한 감소하게 된다.
7. 유사시에 사용되는 백업용 배터리의 필요도 큰 폭으로 줄어든다. 보다 적은 용량으로도 기존의 CPU 레지스터, 캐쉬등 메모리를 지원 할 수 있다. 정전 사고 이후 다시 복원되어야 하는 데이터들도 SSD를 사용하면 하드 드라이브 경우와는 비교 되지 않는 속도로 다시 쓰여 진다.

개혁의 시작

- **탁월한 절전의 효과와 월등한 성능 향상을 이끌어 낼 수 있는 이유들은 다음과 같다**

- 하드 드라이브와 비교하여 **ioDrive**는 월등한 액세스 속도를 갖는다.
: 전자 vs. 기계장치 → microseconds vs. milliseconds
- **ioDrive**를 최적화 하여 사용할 때 얻는 연산 처리 작업량 (throughput)의 증대 효과는 결국 비즈니스의 사업성을 극대화 하는 결과이다.
- 대부분 기업 환경에서 쓰이는 연산 작업 (application) 들은 주로 고도의 I/O 가 발생하나 (응답시간이 비례하여 급격히 늘어남), FusionIO **ioDrive**를 적용함으로써 응답시간이(response time) 크게 줄어드는 효과의 혜택을 받는다.
- 여러 작업자들이 공용으로 쓰는 가상/대형 저장 장치 환경에서 **ioDrive**를 사용 함으로써 전송속도 (bandwidth)가 탁월하게 증가하여 응답시간 또한 문제 되지 않는 결과를 거둔다. 반면, 동일 환경에서 하드 드라이브의 경우는 하드 드라이브의 전송속도의 한계가 가장 큰 문제가 된다.

- **결론**

ioDrive를 채택한 데이터 센터는 이러한 모든 탁월한 성능의 향상을 누리며 동시에 최소화된 공간 활용의 혜택도 받는다. Fusion-IO 제품은 전력 소모가 매우 심한 데이터 센터들 속에서 성능 향상을 목메어 기다리는 수 많은 application들을 겨냥하여 기획, 탄생 되었다고 할 수 있다. 전력 소모를 극대화 하는 동시, 일반적으로 쓰여진 하드 드라이브 기반의 저장 장치들은 가히 근접할 수 없는 일대 혁명적 성능 향상을 이루었다.

CPU와 대용량 저장 장치들의 성능의 격차로 인한 전체 시스템의 불균형은 아마도 일정 수준에 머무를 수도 있었겠지만 현실은 그렇지 못하다. 시간이 가면 갈 수록 고도로 발달해가는 애플리케이션들은 이들이 운영되는 데이터 센터의 성능이 뒷받침해 주지 못하여 결국 과도한 전력 낭비를 초래했다. 다시 말하면 급절의 속도로 빨라져 가는 CPU를 하드 드라이브 기반의 저장 장치 시스템은 허덕이며 (전력낭비) 뒤쫓아 가고 있는 것이다.

다행히도 Fusion-IO **ioDrive**를 통해 이러한 데이터 센터가 갖고 있는 고질병이 고쳐질 뿐 아니라, 저장 장치의 일대 혁명이 도래했다 해도 과언이 아닐 것이다.

We turn this...



Confidential — Do Not Distribute



Fusion-IO 공식 대리점

Into this...



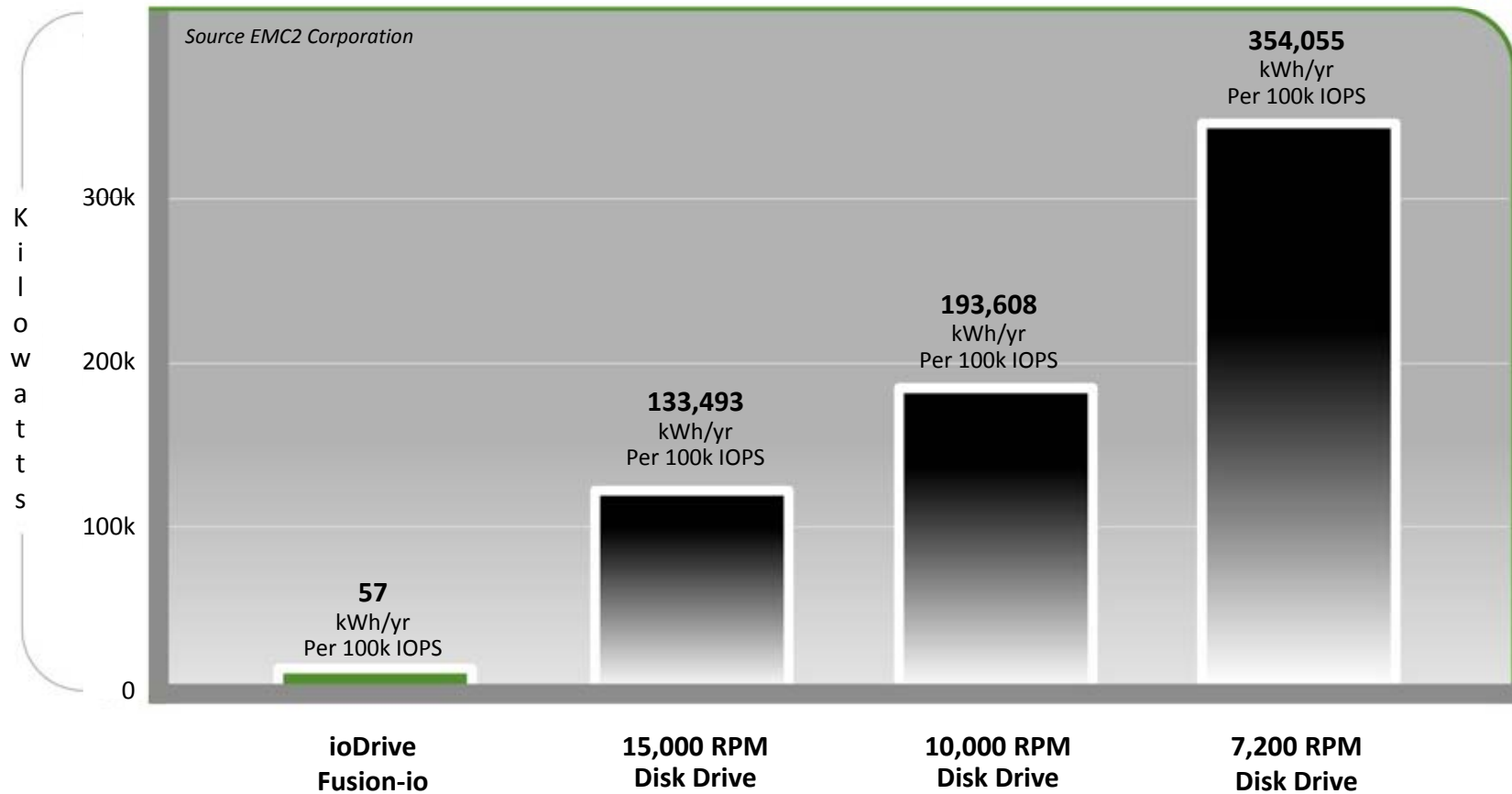
Confidential — Do Not D



Fusion-IO 공식 대리점

소비 전력 비교

Power per 100,000 IOPS



Confidential — Do Not Distribute



Fusion-IO 공식 대리점

ioDrive

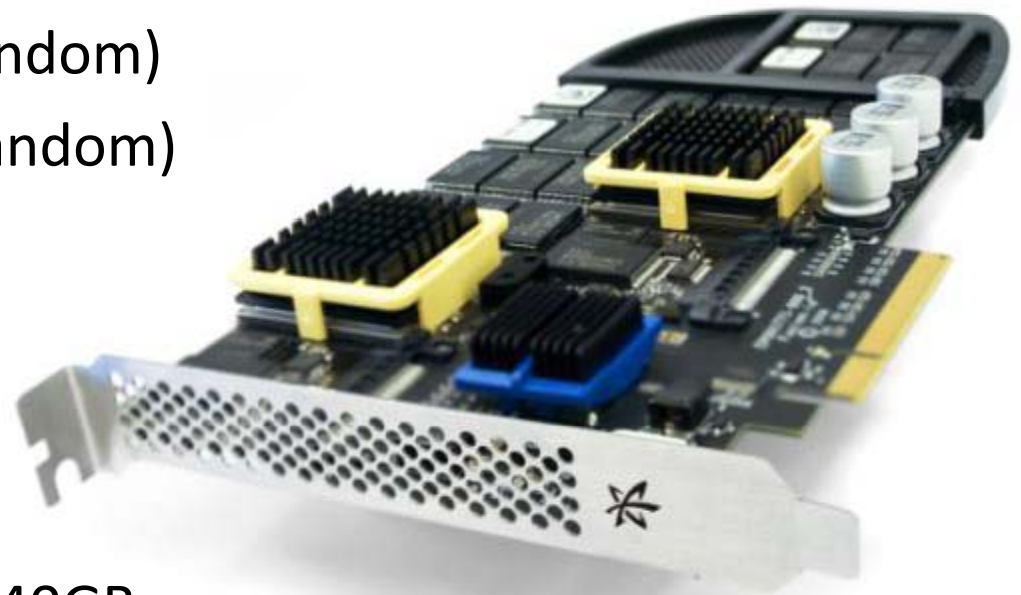
- 800MB/s Read (sustained random)
- 600MB/s Write (sustained random)
- 100,000 IOPS
- 50 microsecond latency
- 57kWh/yr @ 100,000 IOPS
 - sustained 7x24x365
- Advanced wear-leveling
 - 7x24 writes over 8 years
- Media MTBF that's greater than 100 years



Data in microseconds NOT milliseconds!

IoDrive Duo

- 1.5GB/s Read (sustained random)
- 1.4GB/s Write (sustained random)
- 186,000 IOPS Read
- 167,000 IOPS Write
- 50 microsecond latency
- Advanced wear-leveling
- Capacity : 160GB, 320GB, 640GB,
1.28TB (3Q 2009 출시 예정)



ioSAN (3Q09)

- Native SAN ioMemory - silicon storage
- Networked storage
- Tiered storage
- Upgradable
- 2.4TB in single card

