

마이크로서버 기술동향

Microserver Market and Technology Trends

권원욱 (W.O. Kwon)	서버플랫폼연구실 선임연구원
김학영 (H.Y. Kim)	서버플랫폼연구실 실장
김영우 (Y.U. Kim)	서버플랫폼연구실 책임연구원
최용석 (Y. S. Choi)	서버플랫폼연구실 선임연구원
정영우 (Y.U. Jung)	서버플랫폼연구실 선임연구원
정병권 (B.K. Jung)	서버플랫폼연구실 선임연구원
오명훈 (M.-H. Oh)	서버플랫폼연구실 선임연구원
박찬호 (C.H. Park)	서버플랫폼연구실 선임연구원
권혁제 (H.J. Kwon)	서버플랫폼연구실 선임연구원

마이크로프로세서 기술의 발전으로 멀티코어 저전력 x86 및 ARM CPU 기반의 마이크로서버가 출현하였다. 초기 마이크로서버는 기존 서버보다 작은 크기에 단순 집적도를 높은 구조에서 내·외부 스위치와 스토리지, 관리, 내부 연결망까지 기존의 랙 시스템을 대체 할 마이크로서버가 시장에 출시되고 있다. 특히 마이크로서버 시장에 ARM 프로세서의 가세로 x86 프로세서와 치열한 경쟁이 예상되고 있다. 본고를 통하여 마이크로서버의 특징과 시장, 제품 등에 관해서 살펴보고자 한다.

2014
Electronics and
Telecommunications
Trends

소프트웨어 기술동향 특집

- I. 서론
- II. 마이크로서버 시장
- III. 마이크로서버용
프로세서동향
- IV. 마이크로서버 제품동향
- V. 결론

I. 서론

기하급수적으로 증가하는 웹, 모바일 서비스에 대응하기 위해 데이터센터의 서버 수는 지속적으 증가하고 있으며 이들 서버의 소모전력 및 운영비 등이 큰 문제점으로 부각되고 있다. 구글, 페이스북 등 다수의 데이터센터들은 대규모의 저가형 x86 서버를 서비스에 사용하고 있으며 이는 현재 운용되는 데이터센터 서버에 80%에 이른다[1]. 이들 데이터센터의 가장 큰 문제점은 서버 전력소모이며 그 외 케이블링, 스위치 연결망 구성, 유지보수 비용, 상면 비용 등의 문제점이 있다. 고집적 고성능의 블레이드서버의 경우 집적도가 높으며 관리가 용이한 장점이 있으나 고가의 시스템 가격과 큰 전력소모, 낮은 호환성으로 하이엔드 서버 시장만 차지하고 있다. 현재 다수의 웹 서비스 담당하는 서버를 비효율적인 고사양 고전력 서버가 아닌 저전력, 최적의 성능의 서버로 전환이 필요하다[2].

따라서 저전력 x86 CPU Atom과 서버용 ARM 프로세서를 기반으로 한 작고 저렴하며 소비전력이 낮은 마이크로서버가 2011년부터 서버 시장에 출현하게 되었다. 특히 모바일 분야에서만 사용되던 ARM 계열 칩이 낮은 소비전력을 이점으로 서버용 프로세서로 개발되고 있다. ARM 마이크로프로세서의 성능이 지속적으로 발전하고 있으며 서버용 64비트 ARM Cortex-A5x 코어도 발표되었다. 뿐만 아니라 현재 x86 마이크로서버 시장을 주도하는 Intel은 Atom 프로세서의 소비전력당 성능을 지속적으로 향상시키고 있어 마이크로서버 시장의 성장이 가속화될 것으로 전망된다.

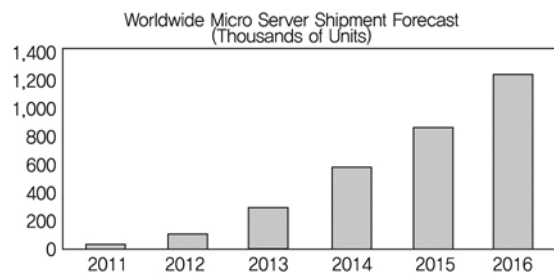
마이크로서버는 출현 초기는 CPU 부하가 적은 웹 서비스에 한정되었다면 최근에는 64비트 지원 CPU의 출현과 메모리 용량 증가로 동적 웹 콘텐츠 처리, 데스크톱 호스팅, 신호처리 등 다양한 업무에도 사용되고 있으며 점차 그 영역이 확대될 것으로 기대된다. 특히 고사양의 고가 서버에 가상화(virtualization) 레이어를 추가

하는 것보다 저비용의 마이크로서버로 사용하는 것이 오히려 더 효율적인 해결책으로도 제시되고 있다[3].

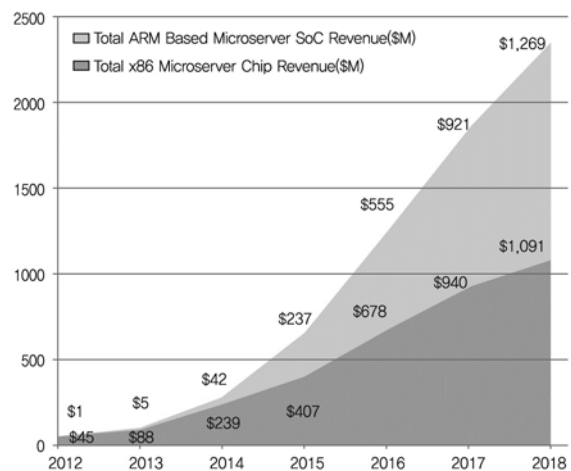
본고는 현재 마이크로서버의 시장과 전망, 마이크로서버용 프로세서동향, 마이크로서버 제품동향에 관해서 다루도록 한다.

II. 마이크로서버 시장

MarketsandMarkets 자료에 의하면 2012년 마이크로서버 IC 시장은 전체 서버시장의 2.3%를 차지했으며 2018년에 이르면 점유율이 28%에 이르며 31억 달러 매출을 예상했다[4]. HP 자료에 의하면 2015년까지 마이크로서버가 전체 서버시장의 15%를 차지할 것으로 예



(그림 1) 마이크로서버 판매대수 예측



(그림 2) 마이크로서버 IC 매출 예측

측하고 있다[5]. (그림 1)은 IHS iSuppli Research가 예측한 마이크로서버 판매대수이다. 자료에 의하면 전세계 마이크로서버 생산량은 2012년 9만대에서 2013년 29만대, 2016년 말은 120만대로 증가할 것으로 예측했다[6].

(그림 2)는 FBR Research사의 2012년~2018년까지 x86과 ARM 기반 마이크로서버 IC 매출 예상자료이다 [7]. 자료에 의하면 2013년~2014년 대부분 x86 IC 기반으로 마이크로서버 시장이 형성되며 2015년 이후 ARM 기반의 마이크로서버가 점점 증가하여 2018년 이후 x86 기반 마이크로서버 매출을 앞지를 것으로 예측하고 있다. 뿐만 아니라 마이크로서버 IC 매출 규모는 2013년 9,300만 달러에서 2018년 23억 달러로 25배 이상 증가될 것으로 예측했다.

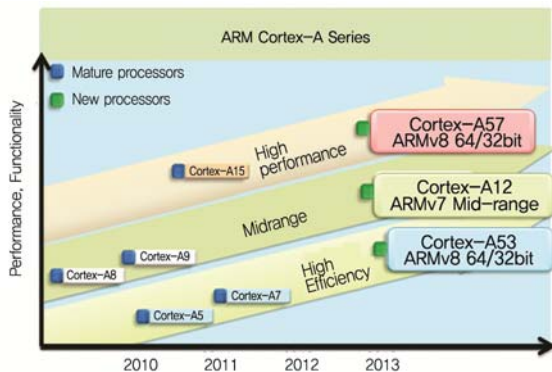
III. 마이크로서버용 프로세서동향

1. ARM 기반 마이크로서버용 프로세서

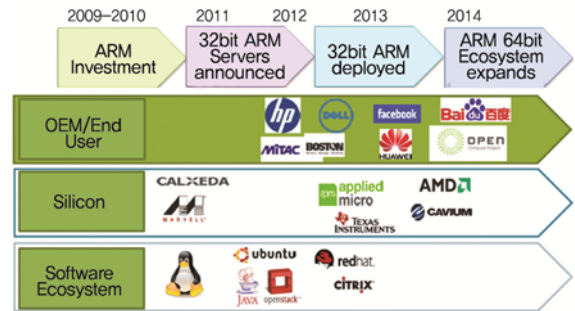
가. ARM 64bit Cortex-A5x

ARM Cortex-A 시리즈는 애플리케이션에 따라 (그림 3)과 같이 고성능, 중간, 고효율 그룹으로 나뉘어 모바일에서 서버에 이르기까지 다양한 분야에 사용되고 있다[8].

Cortex-A9 코어는 32비트 ARMv7 기반으로 마이크



(그림 3) ARM Cortex-A 시리즈



(그림 4) ARM 서버 시장 진입

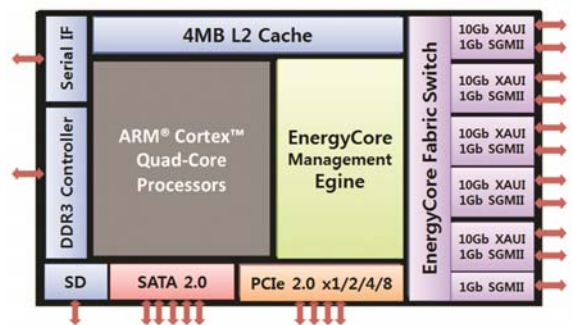
로서비용으로 초기에 가장 널리 사용되었다. 이후 ARMv8 기반의 64비트 Cortex-A57 코어가 발표되었으며 전력효율을 향상시킨 Cortex-A53 코어도 출시되었다.

ARMv7 Cortex-A15기반 서버 SoC(System on Chip)는 Calxeda, Marvell, TI 가 각각 출시하였다. ARMv8 Cortex-A5x 기반의 서버 SoC는 AMD, AppliedMicro, Cavium, nVidia가 제품을 출시 혹은 준비 중이다.

(그림 4)는 ARM 프로세서의 서버 시장 진입경과를 나타내고 있다[9]. 2011년 첫 32비트 ARM 서버 제품 출시 이후 2014년 현재 64비트 ARM SoC와 소프트웨어 에코시스템 확장을 위해 다수의 소프트웨어 기업과 ARMv8-A 기반 서버용 플랫폼 표준인 SBSA(Server Base System Architecture)를 구성하였다[8].

나. Calxeda EnergyCore

Calxeda는 2011년 32비트 ARMv7 기반의 서버용



(그림 5) Calxeda EnergyCore 구조

CPU EnergyCore ECX-1000 제품을 출시하였다. 패브릭 스위치까지 내장한 최초의 서버용 ARM 칩은 시장에 큰 파장을 가져다 주었으나 Calxeda는 2013년 말 자금 부족으로 문을 닫게 되었다.

(그림 5)는 Calxeda EnergyCore ECX-1000 구조를 나타내고 있다[10]. 4개의 32비트 ARMv7 Cortex-A9 CPU 코어가 1.1GHz~1.4GHz 속도로 동작하며, 코어당 32KB L1 명령 캐시와 데이터 캐시를 가지며 4MB 공유 L2 캐시를 가진다. 코어당 1.5W 소모전력을 가지며 노드당 DDR3 메모리를 포함하여 5W 이하의 소모전력을 가지며 Idle 상태는 0.5W 대기전력을 소모한다. SoC 내부는 DDR3 메모리, PCIe(PCI Express), SATA 등 I/O 컨트롤러를 내장하고 있다. 특히 내부 패브릭 스위치는 5개의 10Gb 외부채널, 3개의 10Gb 내부채널을 지원하며 최대 4096 노드의 토폴로지 구성을 가능케 한다. EnergyCore 칩은 Boston사의 Viridis 서버와 HP Moonshot 서버, Dell PowerEdge 서버 등에 사용되었다.

다. AppliedMicro X-Gene

AppliedMicro는 2013년 업계 최초로 64비트 ARM 프로세서인 X-Gene 프로세서를 발표하였다. X-Gene 프로세서는 코어당 2W의 소모전력을 가지는 8개의 ARMv8 코어를 가진다. 또한 ECC DDR3 메모리와 10GbE 4포트, PCIe, USB, SATA 등의 I/O를 지원한다. 2013년 말에 My X-Gene 개발 키트를 출시하였으며 2014년 초 성능이 개선된 X-Gene2 제품 출시도 앞두고 있다. (그림 6)은 X-Gene SoC 사진을 나타내고 있다.



(그림 6) 최초 64비트 서버용 ARM CPU X-Gene

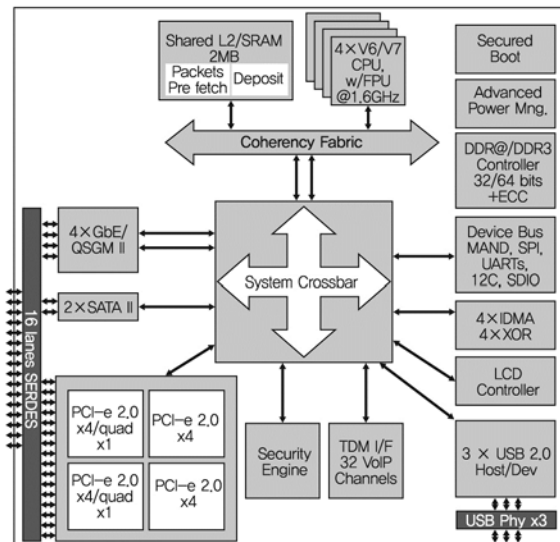
OCP(Open Compute Project)를 주도하는 Facebook은 X-Gene 기반의 마이크로서버 데모보드를 Group hug라 불리는 표준 백플랜 규격에 맞추어 발표하였다. Dell사 Iron 프로젝트, HP의 Moonshot 프로젝트 등에도 X-Gene 프로세서가 사용되고 있다.

라. AMD Opteron A1100

AMD는 2014년 초 8개의 64비트 ARM Cortex-A57 코어와 다수의 I/O 장치를 집적한 코드명 Seattle Opteron A1100 프로세서를 발표하였으며 2014년 말에 양산 예정이다[11]. Opteron A1100 프로세서는 128GB DDR4 메모리를 지원하며 10GbE 컨트롤러를 내장하고 SeaMicro의 Freedom Fabric을 지원한다. PCIe Gen3, SATA3와 암호화 하드웨어 블록도 제공하여 2014년 가장 주목할만한 64비트 ARM 서버용 프로세서이다.

마. Marvell 및 기타

Marvell은 2010년부터 ARMv7 기반의 ARMADA XP 제품을 저전력 서버 시장을 타깃으로 생산하고 있다. (그림 7)은 ARMADA XP의 구조를 나타내고 있다.



(그림 7) Marvell사 ARMADA XP 구조

VFP(Vector Floating Point)가 지원되는 1.6GHz 동작 속도의 쿼드 CPU 코어, 2MB L2 캐시, DDR3 메모리, 4 GbE MAC, PCIe 2.0, USB 2.0, SATA 2.0 등을 지원한다.

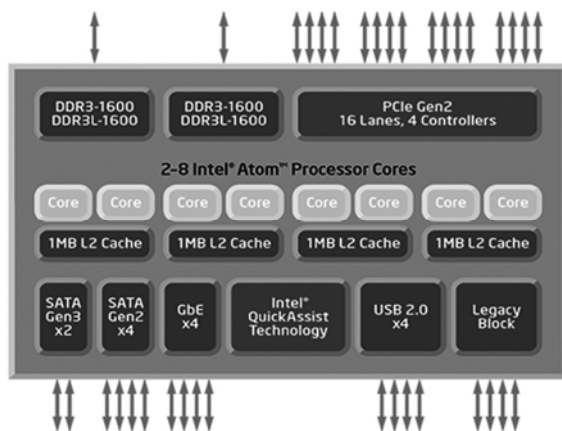
그 외 Broadcom과 TI(Texas Instruments)는 4개의 64비트 ARM코어를 가지는 프로세서 구조를 2013년 말 발표, 칩 구현을 위한 개발을 진행 중에 있으며, Cavium 역시 64비트 ARM 코어 기반의 Thunder 프로세서를 개발 중에 있다.

2. x86 기반 마이크로서버용 프로세서

가. Intel C2000

Intel은 ARM 기반 마이크로서버 프로세서의 대항마로 저전력 x86 아키텍처인 Silvermont 코어 8개와 다양한 I/O를 집적한 64비트 Atom C2000, 코드명 Avoton 프로세서를 2013년 9월 출시하였다. Intel의 Avoton 프로세서는 22나노 공정으로 제조되었으며, 6W~20W의 소모전력을 가지며, HP Moonshot 시스템에 공급되는 등 초기 마이크로서버 시장을 선점하고 있다.

Silvermont 아키텍처는 CPU 코어 2개와 1MB의 L2 캐시가 1개의 모듈로 구성되며, 8코어의 경우는 이 CPU 모듈이 4개 내장된 설계로 되어 있다. CPU모듈은



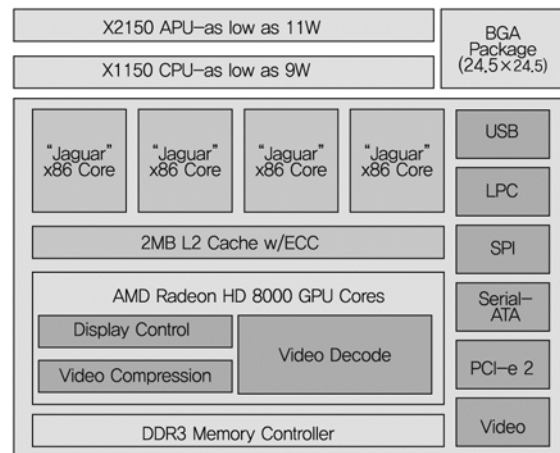
(그림 8) Intel C2000 Avoton 구조

SSA(Silvermont System Agent)라고 불리는 내장 컨트롤러로 전용버스로 연결되어 있으며 SSA를 통해 메모리, 각종 I/O에 접속되는 형태다. SoC의 내부에 있는 기존의 칩셋에 상응하는 부분은 고속부가 되는 High Speed IOSF(Intel On-chip System Fabric)와 중속부가 되는 Medium Speed IOSF의 2개가 준비되어 있으며 접속하는 I/O에 따라 선택하여 사용되며 전력절감에 도움을 주고 있다[12].

(그림 8)은 Intel C2000의 구조를 나타내고 있다[13]. 최대 메모리 지원은 64GB로 ARM 칩에 비해 우위를 가지며, PCIe Gen2 x16, SATA 6포트, GbE 4포트, 암호화 하드웨어 가속기능 등이 내장되어 있다. 벤치마크 결과는 이전 Atom S1200 제품에 비해 성능은 1.4배~1.9배 정도이며 소비전력당 성능은 3.8배~10.3배로 큰 향상을 보이고 있다.

나. AMD Opteron X-series

AMD는 마이크로서버용 64비트 Opteron X 제품, 코드명 Kyoto를 2013년 5월 출시하였다. AMD 옵테론 X는 단일 칩에 CPU 및 GPU 엔진과 하이 스피드 버스를 통합한 서버 APU(Accelerated Processing Units) SoC이다.



(그림 9) AMD Opteron X-series 구조

(그림 9)는 AMD 옵테론 X-시리즈의 X1150, X2150 프로세서의 구조를 나타내고 있다. 최대 1.9GHz로 동작하는 4개의 저전력 64비트 Jaguar 코어의 소비전력은 11W~22W이다. 2M L2 캐시 지원, 32GB ECC DDR3 지원, AMD 라데온 HD 8000 그래픽 코어내장, PCIe Gen2 등 다수의 I/O를 지원한다[14]. X2150 제품은 HP HDI(Moonshot Hosted Desktop Infrastructure) 시스템으로 사용되고 있다.

IV. 마이크로서버 제품동향

1. ARM 기반 마이크로서버

가. Boston Viridis

Boston은 2011년 Calxeda의 EnergyCard 모듈을 사용한 Viridis 마이크로서버 제품을 출시하였다. Viridis 마이크로서버는 2U 높이에 Calxeda EnergyCard 모듈이 총 12개가 장착되어, 총 48개의 Calxeda 32비트 ARM 프로세서가 장착된다. (그림 10)은 Boston Viridis



(그림 10) Boston Viridis 서버와 Calxeda EnergyCard

서버와 Calxeda EnergyCard를 나타내고 있다.

EnergyCard 모듈은 각 노드별 하나의 메모리 슬롯과 4개의 STAT 포트를 제공하며 새시는 24개의 SATA가 제공된다. 만약 Hadoop 같이 스토리지가 많이 필요한 응용프로그램에서는 새시를 4U로 확장하여 디스크 개수를 늘릴 수 있다. Viridis 서버는 총 192GB 메모리가 지원되며 300W 미만의 소모전력을 가진다. 사용된 EnergyCore SoC는 모든 노드를 10GbE 패브릭으로 연결 가능한 EngeryFabric 스위치 기능을 제공한다[15].

나. Dell PowerEdge C-series

Dell은 2012년 이후 다양한 ARM 기반의 마이크로서버 개발을 시도하고 있다. (그림 11)은 코드명 Copper ARM 서버로 Dell PowerEdge C 시리즈 케이스를 기반으로 Marvell의 32비트 ARMADA XP 78460을 3U 새시에 48개의 프로세서를 담고 있다.

이후 개발된 마이크로서버는 Calxeda 32비트 ARM 프로세서를 24개~72개 장착한 서버이다. 2013년에는 AppliedMicro X-Gene을 탑재한 서버도 개발하였다. 그러나 이러한 ARM 기반의 마이크로서버는 상용제품으로 출시되지는 않았다.

다. Facebook

페이스북이 주도하에 OCP는 2013년 마이크로서버



(그림 11) Dell Copper ARM 마이크로서버

하드웨어 카드 규격 Ver 0.5를 발표하였으며, 카드의 사이즈 및 커넥터, 커넥터 신호를 정의하고 있다. OCP는 AppliedMicro X-Gene 기반의 마이크로서버 카드 규격과 함께 백플레인 폼팩터 규격인 Group Hug를 공개하였다[16].

2. x86 기반 마이크로서버

가. HP Moonshot 1500

HP는 2011년부터 Moonshot 프로젝트를 통해 저전력 마이크로서버를 개발하고 있으며 2013년 Moonshot 1500 시스템을 출시하였다. Moonshot 시스템은 x86뿐 아니라 ARM 기반으로도 사용될 수 있는 하이브리드 형태의 시스템 플랫폼을 개발하였다. (그림 12)는 HP Moonshot 1500 시스템을 나타내고 있으며 컴퓨팅 모듈, 스위칭 모듈, 전원 및 새시가 통합된 4.3U 새시가 기존의 랙 시스템을 대체하고 있다[17].

1) 컴퓨팅 모듈

Moonshot 시스템은 카트리지(cartridges)라 불리는 45개의 컴퓨팅 카트리지가 장착 가능하다. 카트리지 폼팩터(Form factor)와 백플랜 연결신호 등은 규격화되어



(그림 12) HP Moonshot 1500 시스템

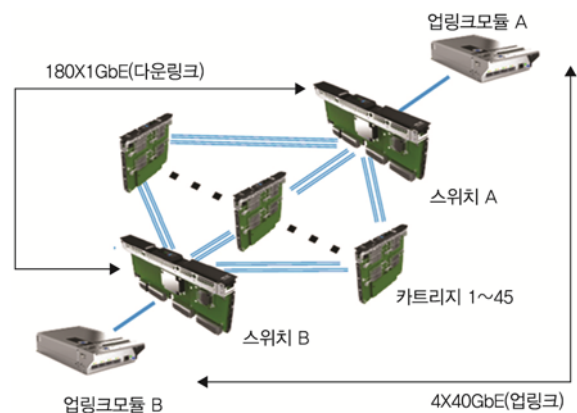
있어 다양한 구성의 프로세서, 메모리 및 I/O 규격으로 설계가 가능하다. 프로세서 종류에 따라서 x86 기반의 Intel Atom, AMD Opteron뿐 아니라 ARM 서버용 프로세서 기반의 X-Gene, Calxeda 등의 카트리지가 제작되었다. 또한 다수의 프로세서로만 구성된 연산용 카트리지, 스토리지 위주로 구성된 스토리지 카트리지 등의 구성이 가능하다.

2) 스위칭 모듈

(그림 13)은 Moonshot 1500 시스템 네트워크를 나타내고 있다. 노드 내부는 기가비트 이더넷 네트워크로 연결되어 있으며 카트리지당 최대 4개의 노드를 수용하며 새시당 45개의 카트리지가 장착되므로 최대 180GbE 다운로드 스위칭이 가능하다. 새시 밖 업 링크 모듈은 총 4포트의 40GbE를 지원한다. 다운로드 스위치 모듈과 업 링크 모듈은 모두 이중화를 지원하고 있다.

3) 새시

HP의 서버관리 기술인 iLO(Integrated Lights-Out) 네트워크로 연결하여 단일 플랫폼으로 관리를 수행한다. 1.2kW 파워모듈 4개를 장착하여 N+1 부가전원(Power redundancy)을 제공하며 총 4.8kW 전력을 공급한다. 냉각 팬 역시 모듈 형태로 랙 후면에 배치되어 있다.



(그림 13) HP Moonshot 1500 시스템 네트워크

나. SeaMicro SM15000

SeaMicro는 2011년 SM10000, 2013년 SM15000 패브릭 컴퓨팅 마이크로서버 제품을 출시하였으며, 2012년 AMD에 인수되었다. SeaMicro 제품은 고집적 마이크로서버에 패브릭 연결망을 구성한 제품이다.

1) 컴퓨팅 모듈

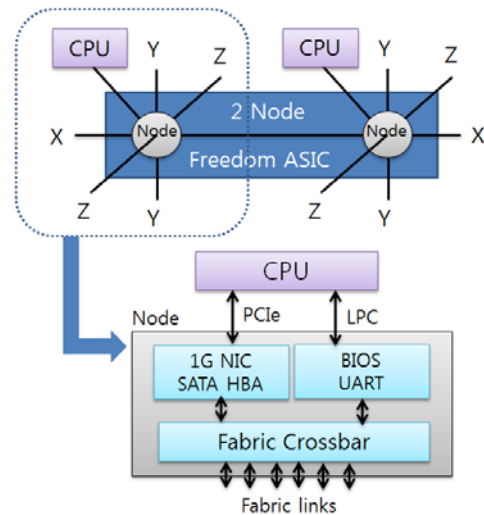
(그림 14)는 SeaMicro 15000 시스템을 나타내고 있으며 10U 사이즈의 서버에 64개의 컴퓨팅 모듈이 장착된다. Moonshot 시스템과 달리 AMD Opteron 및 Intel Xeon 서버용 프로세서를 컴퓨팅 모듈당 하나씩 지원하며 최대 64GB 메모리를 지원한다. Intel Atom CPU는 컴퓨팅 모듈당 4개가 장착되며 총 256개 Atom CPU를 시스템 설치할 수 있다[18].

2) 패브릭 스위치

SeaMicro는 I/O 가상화와 패브릭 링크 솔루션인 Freedom ASIC을 통해 에너지 효율적인 3D Torus 패브릭 구조의 네트워크 연결망을 구성, 고성능 네트워크 및 스토리지 I/O 가상화를 제공한다. Freedom ASIC은 두 개의 패브릭 노드를 지원하며, 각 노드는 각각 6개의



(그림 14) SeaMicro 15000 시스템과 컴퓨팅카드



(그림 15) SeaMicro Freedom ASIC 구조

PCIe 링크(2X, 2Y, 2Z)를 제공한다. 하나의 링크는 CPU와 PCIe로 연결되고 나머지 7 링크는 패브릭 크로스바에 의해서 스위칭된다. Freedom 패브릭은 최대 1.28Tbps 대역폭을 제공한다.

(그림 15)는 SeaMicro의 Freedom ASIC 구조를 나타내고 있다. CPU는 Freedom ASIC과 PCIe와 LPC(Low Pin Count) 연결을 통해 이더넷, SATA, BIOS, UART 4가지의 가상장치와 통신한다. 이더넷 패킷으로 모든 I/O 장치들이 네트워크들이 통신 가능하며 이더넷 패킷은 최종 이더넷 처리 하드웨어 카드에서 스토리지 패킷은 최종 스토리지 처리 하드웨어 카드에서 처리된다 [19].

3) 새시

SeaMicro 15000 제품은 10U 높이의 랙 시스템으로 전면에는 스토리지, 후면에는 전원, 냉각 팬, 스위치 모듈, 스토리지 모듈이 장착되어 있으며, 내부에 64개의 서버 모듈이 장착되는 구조이다. 업 링크로 10GbE 16 포트가 제공된다. 또한 새시 내부에 최대 64개 SATA HDD가 장착가능하며 외부에 Freedom Fabric 스토리지로 1,408개의 HDD가 연결 가능하다.

V. 결론

본고를 통하여 마이크로서버의 시장성, 마이크로서버 프로세서 기술동향, 마이크로서버 제품동향을 살펴보았다. 마이크로서버 시장은 낮은 성능으로도 운용 가능한 웹 서버를 점차 대체할 것으로 예측된다.

마이크로서버용 프로세서는 ARM 계열 프로세서가 x86 프로세서와의 경쟁에서 성공할 수 있을 지가 앞으로 몇년간 가장 큰 이슈일 것이다. 현재까지 ARM 서버는 2011년부터 개발을 지속되고 있으나 실제 판매되는 제품은 32비트 ARMv7 기반의 Calxeda 칩을 사용한 서버가 거의 유일했으며, HP Moonshot 역시 다수의 ARM 프로세서를 사용하여 서버를 개발하였으나 제품화된 Moonshot 서버는 x86 기반의 서버였다. 가장 큰 요인은 ARM 서버용 프로세서가 OS뿐 아니라 개발도구 및 응용프로그램 등의 소프트웨어 에코시스템이 완벽히 갖춰지지 않은 상태이기 때문이다. 소프트웨어뿐 아니라 64비트 마이크로서버용 ARM CPU는 2013년 AppliedMicro X-Gene 제품이 유일하며 이마저도 소프트웨어 호환성을 가지기에는 좀 더 시간이 필요해 보인다[20].

Intel은 과거 스마트폰에서 ARM에게 주도권을 빼앗긴 일로 마이크로서버 분야에서는 빠른 대처를 하고 있다. 실제 2013년 하반기 발표된 마이크로서버용 64비트 Atom C2000 제품은 이전 제품에 비해 전력당 성능이 크게 개선되어 ARM 서버 프로세서를 위협하고 있다. 게다가 ARM 진영은 선두업체인 Calxeda의 폐업과 미성숙된 64비트 ARM 서버 칩 시장으로 인해 다소 주춤한 상황이다.

마이크로서버 시장의 확대는 거의 명확한 사실로 받아들여지고 있으며 그 영역이 확대되어가고 있다. 마이크로서버용 프로세서가 x86, ARM 누가 승자가 될지는 좀더 두고 봐야 판가름 날 예정이다.

용어해설

Microserver 저전력 CPU 사용하여 고집적화된 서버로 내부에 다수의 컴퓨팅 노드와 각 노드들을 연결하는 내부 스위치 및 외부 네트워크 연결이 포함된 시스템. 기존 랙 시스템과 동일한 기능을 수행하며 크기와 전력소모, 관리비용을 크게 줄인 서버

약어 정리

APU	Accelerated Processing Units
HDI	Hosted Desktop Infrastructure
iLO	Integrated Lights-Out
IOSF	Intel On-chip System Fabric
LPC	Low Pin Count
OCP	Open Compute Project
SBSA	Server Base System Architecture
SoC	System on Chip
SSA	Silvermont System Agent
TI	Texas Instruments
VFP	Vector Floating Point

참고문헌

- [1] U.S. EPA, "Report to Congress on Server and Data Center Efficiency," U.S. Environmental Protection Agency, Tech. Rep., Aug. 2007.
- [2] N. Heath, "Microservers: What you need to know," ZDNet, Feb. 19th, 2013.
- [3] J. Clark, "Facebook: Virtualiation does not scale," ZDNet, Mar. 15th, 2011.
- [4] MarketsandMarket, "Micro Server IC Market by Processor (Intel, ARM, AMD), IC's (Analog, Digital), Applications (Media Storage, Data Center, Cloud Computing, Analytics) & by Geography (N.America, Europe, APAC, ROW) - Global Forecasts and Analysis to 2013 - 2018,"
- [5] REAL-WORLD BUSINESS TECHNOLOGY, HP: Microservers Will capture 15% Market Share By 2015, http://www.tomsitpro.com/articles/IDC-micro_server-moonshot-atom-centerton,1-585.html
- [6] NOT XEON, "IHS iSuppli Microserver Forecast: Mobile, cloud computing spur tripling of micro server shipments this year," Feb. 8th, 2013.

- [7] BARRON'S, ARM Holdings: FBR Starts at Buy on Microserver Promise, <http://blogs.barrons.com/techtraderdaily/2013/12/12/arm-holdings-fbr-starts-at-buy-on-microserver-promise/?mod=BOLBlog>
- [8] L. Mandyam, "Smartphone Powered Data Centers: Shifting Toward Energy Efficiency," ARM Dir. Server Systems and Ecosystem, 2013.
- [9] L. Mandyam "Connectivity driving infrastructure," ARM Holdings plc 2013 Analyst & Investor Day, May 2013.
- [10] Calxeda EngergyCore data sheet, www.calxeda.com
- [11] EXTREME TECH, "AMD unveils its first ARM CPU, the 64-bit 8-core Opteron A1100," Jan. 29th, 2014.
- [12] 스몰 코어 CPU Avoton에서 밝혀진 Intel의 저전력 CPU 전략, http://m.blog.daum.net/_blog/_m/articleView.do?blogid=0dVR1&articleno=297
- [13] Intel Atom Processor C2000 Product Family, www.intel.com
- [14] AMD Opteron X2100 Series APU, www.amd.com
- [15] Boston Viridis data sheet, 2012, www.boston.co.uk
- [16] C. Petersen, "Micro-Server Card Hardware V0.5 Open Computer Project," Facebook, Jan. 2013.
- [17] HP, "HP Moonsot system Family guide," Dec. 2013.
- [18] A. Rao, "System Overview for the SM15000 Family," Oct. 2012.
- [19] Ashutosh Dhodapkar, "SeaMicro SM10000-64 Server," 2011
- [20] Intel's microserver problem, Dec. 23th, 2013. <http://eandt.theiet.org/blog/blogpost.cfm?threadid=55843&catid=366>