

FUJITSU의 슈퍼컴퓨터 VPX 소개

한국후지쯔(주) 과장 최병호

머릿말

1983년말에 출하된 FACOM VP시리즈는 고속성 및 범용컴퓨터와의 친화성을 특징으로 하는 시스템으로 여러 부문에서 좋은 평가를 얻어왔다. 슈퍼컴퓨터의 보급 따라 어플리케이션 프로그램은 거대화되었으며, 보다 대규모·고속의 처리능력을 가지는 시스템이 요구되어 왔다. 또한 컴퓨터 네트워크의 표준화/고속화는 슈퍼컴퓨터의 적용범위 확대에 중요한 요인이 되었다. FUJITSU(富士通)는 이러한 시장 요건의 변화에 부응하기 위하여 1990년에 「VP 2000 시리즈」를 출하 하였고 개방화(OPEN CULTURE)에 대응하기 위하여 1991년에 UNIX슈퍼컴퓨터 「VPX 시리즈」를 출하하였다. 본고에서는 슈퍼컴퓨터의 시장상황과 함께 VPX 시리즈에 관하여 소개하고자 한다.

1. 슈퍼컴퓨터의 시장상황

현재 세계에서 가동중인 슈퍼컴퓨터는 약 540대 정도로 이중 약 반수가 미국에 있으며 일본, 유럽에서도 많이 이용되고 있다. 니케이컴퓨터(日經COMPUTER-1992. 1. 27)에 의하면, 일본에서는 1991년말까지 247대의 슈퍼컴퓨터가 출하되었으며, 이중 125대를 FUJITSU의 VP시리즈가 점유하고 있다. 1992년 4월현재, VP시리즈의 누계 판매 대수는 164대를 헤아리고 있다. 이하 VP시

리즈를 중심으로 슈퍼컴퓨터의 시장상황에 관하여 기술한다.

1983년 나고야대학(名古屋大學) 프라즈마연구소에 FUJITSU의 VP 200이, 동경대학에 히다찌(日立)의 슈퍼컴퓨터가 각각 도입되었다. 이것이 바로 일본에 있어서 슈퍼컴퓨터 도입의 서곡이었다. 초기에는 주로 대학이나 연구기관에 도입되었으나, 1985년 FUJITSU에서 가격성능비가 우수한 VP50을 출하하면서, 제조업을 시발로하는 민간기업에의 도입이 급격히 증가하였다. 현재 일본에는 슈퍼컴퓨터의 약 60%가 제조업을 중심으로 하는 민간기업에 도입되어 있는데 반하여 구미에서는 이 비율이 역전되어 있다. 즉 일본은 제조업에 가장 많이 판매되었으며, 구미는 대학의 비율이 크다. 또한 구미에서는 석유산업에 많은 슈퍼컴퓨터가 도입되어 있으나 일본에서는 사례가 없다. 이 두가지가 구미와 일본의 슈퍼컴퓨터 시장을 거시적으로 볼때의 차이점이다.

제조업에서는 전자산업, 자동차산업을 시작으로 하여 거의 모든 업종에 걸쳐있으며, 최근에는 건설, 화학등의 업종에서도 슈퍼컴퓨터에 대한 관심이 높아지고 있다.

주요 업종에 있어서 전형적인 이용분야는 다음과 같다.

- 자동차 충돌해석, 차체구조해석
- 전자산업 LSI 설계, 신소재연구
- 중공업 항공기 공력해석, 구조해석
- 화학공업 재료특성해석, 신소재연구

최근에는 증권업계에도 도입된 예가 있어, 이용

분야는 자연과학분야에서 사회과학분야까지 점차 확대되고 있다.

이어 슈퍼컴퓨터의 운용환경에 대하여 살펴보자.

요즘은 오픈화의 동향에 직면하여 슈퍼컴퓨터도 UNIX로 운용되는 예가 증가하고 있다. 또한 보급이 현저한 워크스테이션과의 접속도 중요한 과제이며, TCP/IP에 의한 LAN 접속이 주로 채택되고 있다. 또한 대용량의 데이터 전송을 목적으로 하는 고속LAN의 수요도 증가 추세에 있다. 일본에 있어서, 이와 같은 오픈화의 동향은 구미에 비하여 늦게 출발하였지만, 수년전부터 OS는 UNIX의 채택이 주류가 되었다. FUJITSU에 있어서도 작년부터 미국 AT&T사의 UNIX SYSTEM V rel.4에 준거한 UNIX OS인 UXP/M을 제공하기 시작하여 이미 20여 고객에 도입되어 있다. 금후의 슈퍼컴퓨터 시장은 하드웨어, 소프트웨어의 벤처기업의 적극적인 참여로 확실히 오픈 시장으로 전개될 것이다.

2. VPX 시스템의 특징

2.1 충실한 라인업(Line-up)

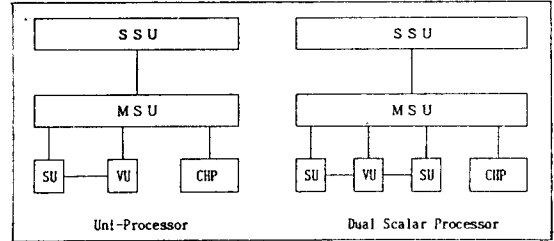
VPX시리즈는 최대성능 170MFLOPS부터 5GFLOPS 까지 약 30배의 폭넓은 벡터성능 범위에 대응하는 모두 10기종으로 시리즈화 되어 있다. 벡터 최대성능이 다른 5종류의 모델마다 유니프로세서(UP: Uni-Processor)와 듀얼스칼라프로세서(DSP: Dual Scalar Processor)의 두가지 시스템을 제공함으로써, 사용자는 장래의 계산업무 확대 요구에 대하여 벡터성능을 향상시키는 경로(Path)와 스칼라처리능력을 향상시키는 경로(Path)를 효과적으로 선택할 수 있다. 또한 종래의 VP-E시리즈와는 상방호환(上方互換)으로 설계함으로써 종래 기종에서 개발된 소프트웨어 자산을 그대로 이용할 수 있다.

2.2 듀얼스칼라프로세서(DSP)

그림1과 같이 VP시스템은 벡터유닛(VU: Vector Unit)와 스칼라 유닛(SU: Scalar Unit) 각각 1대로 구성되어 있다. 한편 DSP 시스

템은 2대의 SU가 1대의 VU를 공유하는 형태의 멀티 프로세서 시스템(Multi-processor System)이다.

(그림 1 프로세서구성)



템은 2대의 SU가 1대의 VU를 공유하는 형태의 멀티 프로세서 시스템(Multi-processor System)이다. 벡터화된 어플리케이션 프로그램이 VU를 100% 사용하는 일은 거의 없으며, 일반적으로 벡터화율이 90%인 프로그램이라 하더라도 VU의 사용율은 50% 이하이다. 이러한 점에 착안하여 SU를 2대 장비함으로써, 1대의 VU가 2대중 어느 하나의 SU에 사용권을 부여하여 벡터처리를 하므로 시스템전체의 처리능력을 높이는 것이 DSP 방식이다. SU에 대한 사용권 전환은 하드웨어에 의해 제어되기 때문에 오버헤드없이 전환되며, 소프트웨어는 DSP방식을 의식하지 않고 두 경로(2WAY)의 멀티프로세서로서 제어할 수 있다.

2.3 최신 테크놀로지

VPX 260~210은 VP2000시리즈에서 배양된 테크놀로지를 적용하였으며, VPX120은 공냉방식을 채용함으로써 설치의 용이성도 실현하였다. 이제부터 VPX260~210의 테크놀로지에 대하여 기술한다.

논리소자는 15,000 게이트/지연시간 70피코초(pico second: 10^{-12})의 ECL 고속논리 LSI를, 시스템기억장치의 제어부 논리소자의 일부분은 1,200 게이트/지연시간 60피코초의 고속고집적도의 갈륨비소(GaAs) LSI를 채용하였다. 기판재료는 일반적으로 사용되고 있는 알루미늄세라믹에 비하여 신호전송속도가 약 20%향상된 글라스세라믹을 채용하였다.

고밀도 다층 글라스세라믹기판(MLG: Multi-Layer Glass-Ceramic board)은 한면이 24.5cm인 정방형으로 61층으로 구성되어 있으며, 최

대 144개의 LSI를 탑재할 수 있다. 이 MLG상의 LSI를 냉각하기 위한 전도냉매모듈(CCM: Conductive Cooling Module)은 압착접속된 상태로 내부를 순환하는 냉각수에 의해 발열을 흡수하며, LSI당 30W, 보드당 4.6KW의 큰 발열량을 냉각하는 능력을 가진다.

2.4 대용량 시스템기억

시스템기억장치(SSU: System Storage Unit)은 4Mbits/CHIP, 액세스타임 100나노초(nano second: 10^{-9})의 대용량 DRAM을 채용하여 최대 32GB의 용량을 가지며, VP업무의 SWAP영역, 입출력의 가상파일영역, FORTRAN의 거대배열의 전개영역등 고속처리를 위한 다양한 용도로 이용할 수 있다.

2.5 고생산성 채널(High Throughput Channel)

2.5.1 고속광채널과 어레이 디스크

36MBytes/sec의 고속광채널과 조합하여, 어레이 디스크(Array Disk)방식을 채용한 F6490 자기디스크 서브시스템을 접속할 수 있으며, 최대 36MB/sec의 고속전송속도를 제공한다. 이 서브시스템은 제어장치와 10개의 드라이브 모듈(Drive Module)을 내장한 기억용량 15GB의 디스크장치로 구성되며, 이 장치를 8대 접속하여 최대 120GB의 대용량을 실현한다.

2.5.2 HIPPI 채널과 UltraNet

ANSI 규격의 초고속 병렬 인터페이스 사양인 「HIPPI」에 준거한 100MBytes/sec의 HIPPI 채널을 제공한다. 이 채널을 사용하여 미국 ULTRA NETWORK TECHNOLOGY사가 개발한 최대 전송속도 1Gbits/sec의 고속 LAN시스템 「Ultra Net」와의 접속이 가능하다. 이것에 의해 처리결과와 고속 그래픽출력이나 S 패밀러 등의 워크스테이션과의 고속 파일전송이 가능하며, 멀티벤더(Multi-Vender) 환경에서 취약하였던 네트워크의 전송속도, 전송효율의 비약적 향상을 도모할 수 있다.

3. VPX 시리즈의 소프트웨어

3.1 오퍼레이팅시스템(OS)

VPX 시리즈의 오퍼레이팅시스템은 UNIX인 UXP/M이다. 이어 그 개요의 소개와 함께 언어에 대하여 기술한다.

3.1.1 메모리관리기능

메모리관리는 실기억(Real Memory)을 크게 두개의 영역(VP 프로세스영역과 일반프로세스용영역)으로 나누어 관리한다. 이것은 대규모의 VP업무(JOB)의 고속처리와 다수의 TSS이용의 고효율 처리라는 두가지를 목표로하는 기능이다.

이들 영역은 동적(Dynamic)변경이 가능하며, 시스템의 최적한 운용을 도모할 수 있다. 또한 최대 2GB의 실기억에 대하여 최대 32GB의 시스템기억

표1. VPX시리즈의 제원

항 목		VPX120/10 VPX120/20	VPX210/10 VPX210/20	VPX220/10 VPX220/20	VPX240/10 VPX240/20	VPX260/10 VPX260/20
최대 성능 (GFLOPS)		0.17	0.625	1.25	2.5	5.0
벡터레지스터 용량		32KB/SU			64KB/SU	128KB/SU
마스크레지스터 용량		0.5KB/SU			1KB/SU	2KB/SU
버퍼스토리지 용량		48KB/SU	128KB/SU			
벡터 파이프 라인	파이프라인수	5		7		
	병렬동작수	4		6		
	파이프라인의 크기	1	1	2	4	
최대 주기억 용량		1GB				2GB
최대 시스템기억 용량		32KB				
채널의 종류와 전송속도		MXC, BMC, 광채널(6MB/S), 광채널(9MB/S)* 고속광채널(36MB/S)* HIPPI 채널(100MB/S)* *: VPX210 이상				

(System Storage)을 장착할 수 있으므로, SWAP 영역, PAGING영역 등에 적용하여 처리업무의 생산성(Throughput) 개선 및 TSS 응답시간(Response)을 대폭 개선할 수 있다.

3.1.2 NQS (Network Queing System)

UNIX에 있어서 슈퍼컴퓨터의 이용에는 대규모 업무의 배치(BATCH)처리가 필요하다. NQS는 이를 제어하는 프로그램으로, 복수의 JOB CLASS를 설정함으로써 동시 실행이 가능하도록 다중도를 제어할 수 있다.

3.1.3 네트워크

UNIX환경에서는 슈퍼컴퓨터의 이용에도 표준에 준거한 대용량·고속의 네트워크가 필요하며, UXP/M에서는 ANSI 규격이 FDDI에 준거한 LAN(100Mbps)과 업계표준으로 되어가는 미국 ULTRANET사의 LAN(1Gbps)을 제공하고 있다. 프로토콜(PROTOCOL)로서는 TCP/IP 계(FTP, SMTP 등)와 OSI 계(FTAM, MHS 등)를 제공하고 있다.

3.1.4 입출력시스템

대용량 고속의 입출력을 실현하기 위하여 고속 광채널(36MB/S) 및 HIPPI 채널(100MB/S)을 제공하고 있다. 또한 대용량화·고속화를 위하여 파일 시스템도 확장하여, 연속영역할당과 직접전송기능, 2GB 이상의 대용량 등을 실현한 VFL-FS (Very Fast and Large File System)기능 등을 제공하고 있다.

3.1.5 계층형 파일시스템

DASD와 자동창고기능이 부착된 TAPE장치를 결합하여, 어플리케이션으로 부터 거대한 파일공간을 액세스할 수 있도록 하는 UCFM(Unitree Central File Manager)을 제공한다. 자동창고기능이 부착된 TAPE장치로서는 F6455 MTL 장치를 이용할 수 있다.

3.2 언어처리시스템

3.2.1 FORTRAN

FORTAN시스템은 ①번역·실행계(Compiler/Library) ②디버그(Debug)지원툴 ③튜닝(Tuning) 지원툴 ④과학기술계산라이브리리

구성되어 있으며, VP시리즈로 부터 일관하여온 「범용기와 동등 수준의 사용 편리성을 가지며 슈퍼컴퓨터의 고속성능을 쉽게 활용할 수 있다」는 것을 개발 목표로 하고 있다.

1) 고속화 기술

VP 2000, VPX시리즈에서는 복합명령도 동작 가능한 파이프라인을 포함하여, 복수의 파이프라인이 병렬동작할 수 있다. 컴파일러는 종래의 최적화/벡터화기능 외에 ①Parallel·Pipeline·Schedule, ②Loop·Unrolling 등의 강화·확장을 도모하고 연산순서의 변경과 복합연산의 인식 등에 의하여 높은 실행성능을 구현하였다.

2) 대규모 프로그램에의 대응

어플리케이션 프로그램이 사용하는 데이터 공간은 거의 무제한으로 기대화하며, 이와같은 기대배열을 시스템기억에 직접 전개하는 기능을 제공함으로써 종래는 외부 기억장치에의 입출력에 의해 처리하였던 프로그램을, 주기억에 전개하는 것과 마찬가지로 용이하게 프로그램하는 것과 동시에 고속으로 처리할 수 있다. 또한 파일에 대하여도 동일하게 시스템기억을 활용하여 고속처리가 가능하다.

3) 튜닝(Tuning)지원에의 대응

어플리케이션 프로그램의 특성을 고려한 튜닝 작업을 지원하기 위하여 ANALYZER기능 (프로그램 단위별의 실행시간/실행회수등의 측정)과 ANALYZER의 해석정보에 기초한 프로그램 개조를 대화모드로 지원하는 기능인 TUNER를 제공하고 있다. 이 기능에 의해 컴파일러의 최적화/자동벡터화 기능을 뛰어 넘는, 보다 고속의 어플리케이션의 개발이 가능하다.

3.2.2 C언어

시스템 프로그램과의 친화성 관점에서, 기술계산프로그램도 C언어로 기술하며, 고속처리 요청에 대하여는 「C/VP」를 제공하고 있다. C/VP의 언어사양은 국제규격(ANSI X3.159-1989)에 준거하고 있다. 자동 벡터컴파일러로서는 FORTRAN77 EX/VP와 같은 고도의 벡터화기능(LOOP의 벡터화, MACRO 연산 등) 뿐만 아니라 C언어 고유의 기능에 대한 벡터화 (포인터,

구조체 등)를 실현하고 있다. 또한 C언어 프로그램으로서의 벡터화표시 소스리스트나, 벡터화메세지 및 최적화 제어행 등을 표준 기능으로써 제공하여 C언어에 의한 기술계산의 고속화도 쉽게 이룰수 있다.

4. 어플리케이션 소프트웨어

4.1 3rd Party Application Software

FUJITSU가 슈퍼컴퓨터에 어플리케이션 소프트웨어를 결합하기 시작한 것은 VP의 전신인 FACOM 230/75 APU(Array Processor Unit)의 개발시점(15년전)까지 거슬러 가며, 이때부터 어플리케이션 소프트웨어의 중요성을 인식하고 함께 벡터화 기술의 축적을 도모하였다. 그후 이 기술들을 이용하여 VP시리즈용 응용프로그램의 확충에 노력하여 왔기 때문에 구조해석·열유체 해석을 위시하여 400개 이상의 어플리케이션 소프트웨어를 제공하고 있으며(표2 참조), 주요한 것은 UXP/M에 이식하여 VPX시리즈에서도 이용할 수 있다.

요즘 슈퍼컴퓨터는 대학·연구소 외에 민간 기업의 최첨단 연구·개발의 도구로써 사용되고 있으며, 특히 널리 알려진 서드벤더(Third Vender) 어플리케이션 소프트웨어의 중요성은 날로 높아지고 있다.

슈퍼컴퓨터용 어플리케이션 소프트웨어에서는 다음과 같은 경향들이 현저하게 나타난다.

- 새로운 해석기능의 제공 : 충돌해석, 형상최적화, 전자장해석 등
- 연성해석기능의 제공 : 열유체와 구조해석 등
- 고품질 휴먼인터페이스 : 계산결과와 가시화, 고속엔지니어링 워크스테이션과의 역할분담 등

FUJITSU는 이러한 면에의 대응은 물론, 기존 어플리케이션 소프트웨어의 고속화 등의 개선에 있어서 서드벤더의 기술지원, 독자·공동개발을 통하여 적극적으로 추진하여 금후에도 세계 상위의 어플리케이션 소프트웨어를 이용할 수 있도록 할 예정이다.

상기 분야외에 전자공학, 계산화학등의 어플리케이션 소프트웨어를 다수 이용할 수 있다.

표2 VP 시리즈용 3rd Party · Application · Software

충돌해석	DYNA3D, NIKE3D, SUPERWHAMS 등
구조해석	ABAQUS, ADINA, ANSYS, GENESIS, MARC, MSC/NASTRAN, NISA II, NONSAP, OPTIMESH, OPTISHAPE, POPLAS /FEM5, SAP4 등
기구해석	ADAMS, DADS
열 유 체 해 석	C-MOLD, FIDAP, FLOTRAN, FLUENT, FLUENT /BFC, KIVA2, NETSURYU, PHOENICS, POLYFLOW, SCRYU, STREAM, USAERO, VSAERO 등
전 자 장 해 석	ELF /MAGIC, JMAG, MAGNA 등
음장해석	ACOUST, BOOM 등
수학라이브러리	IMSL, LINPACK, NAG, SLATEC, SSL II /VP 등
그래픽스	CGMS, GRAPHMAN, Tektro /PLOT10, GKS, PHIGS, PEX 등

4.2 SUPERWHAMS

마지막으로 충돌해석 패키지인 SUPERWHAMS를 소개한다.

SUPERWHAMS는 FUJITSU와 노스웨스턴 대학 베리치코(Belytschko)교수가 참여하는 미국 KBS양사가 공동 개발한 유한요소법에 기초한 3차원 구조물의 비선형 과도응답을 해석하기 위한 프로그램이다. 즉, 재료의 비선형 특성을 가지는 구조물의 시간변수에 의한 대변형해석을 할 수 있다.

대표적인 적용분야는 다음과 같다.

- 자동차, 전차, 선박 및 헬리콥터 등의 충돌해석
- 생산현장이나 수송중인 낙하물의 변형해석
- 화학·원자력 등 플랜트 사고시의 충격해석
- 스포츠용구의 충격해석

SUPERWHAMS는 서브사이클링법, 핀볼법, 어답티브법 등의 최신 수법을 채택하고 있으며 각 수법에 대해 간단히 설명하면 다음과 같다.

SUPERWHAMS는 시간적으로 양해법을 사용하고 있다. 그러므로 특정시간 단위폭의 크기는 요소의 크기에 비례하는 상한치가 있으며, 다양한 크기의 요소를 포함하는 해석에는 효율이 나쁜 경우가 있다. 서브사이클링법에서는 요소마다 다른, 최적한 시간 간격을 결정하여 계산의 효율화를 꾀

하고 있다.

SUPERWHAMS는 다양한 접촉(면과 면, 모서리와 면, 모서리와 모서리 등)을 동일하게 다룰 수 있는 편분법을 채용하고 있다. 이 수법은 벡터 계산기인 FUJITSU의 VP시리즈에 적합한 수법이다.

대변형의 구조해석에서는 변형이 큰 부분에서의 해석의 정확도를 확보하기 위하여, 작은 단위의 요소를 사용하여야 한다. 어답티브법은 정도(精度)를 높이기 위하여 자동적으로 메쉬(Mesh)의 세분화를 행함으로써 SUPERWHAMS가 정도(精度)가 높고 사용하기 쉬운 대변형 구조해석

패키지로서의 기능을 가능하게 한다.

맺는말

국내에는 슈퍼컴퓨터에 대한 수요가 미니 슈퍼 컴퓨터를 중심으로 형성되기 시작하고 있으나, 세계 경제에서 우리나라가 차지하는 비중을 감안하면 미미한 수준이다. 또한 현재의 어려운 여건에서 기초 기술의 연구와 상품의 경쟁력 확보를 위하여 여러 부문에서 효과적으로 슈퍼컴퓨터가 활용 되기를 기대한다.