

CRAY 슈퍼컴퓨터

정 병 화*

1. 개 요

크레이 리서치(Cray Research Inc.)는 1972년 미국의 Seymour Cray가 슈퍼컴퓨터의 설계, 제작, 판매 및 기술 지원을 목표로 Wisconsin주 Chippew Fall에 설립한 회사로, 현재까지 세계 각지에 300여 시스템을 공급한 슈퍼컴퓨터의 선두 주자이다.

슈퍼컴퓨터의 역사를 이야기할 때 크레이의 역사를 빼놓을 수 없을 정도로, 크레이 리서치는 1976년 세계최초의 슈퍼컴퓨터인 CRAY-1 시스템을 발표한 이래 끊임없는 연구노력을 경주하여, 1982년에 CRAY X-MP 시스템, 1985년에 CRAY-2 시스템, 1988년에 CRAY Y-MP 시스템, 1992년에 CRAY C-90 시스템을 발표하였으며, 이들 시스템들은 각각 당 시대에 세계 최고의 성능을 지닌 슈퍼컴퓨터로 공인되어져 왔다.

2. 하드웨어 구성 및 특성

CRAY 슈퍼컴퓨터의 하드웨어는 CPU, Memory, IOS 및 SSD 등으로 구성되며 그 특징을 CRAY C-90을 중심으로 간단히 소개하면 다음과 같다.

2-1. System Design Overview

CRAY C-90은 하드웨어 로직의 고속화, 고기능

화, 고집적화 및 고신뢰도를 위하여 Clock Speed 4.0 nSec의 10,000Gate-Array VLSI로 설계되고 생산과정에서는 Surface Mount 기법인 Internal Pathways Multi-ayer Circuit Board를 사용한 크레이리서치의 대표적인 기종으로, 하나의 System 내에 16대의 CPU가 탑재되어 Multi-processing을 수행함으로써 16Giga FLOPS의 Peak Performance를 제공한다.

2-2. CPU

각각의 CPU는 독립된 명령어 처리장치, 연산 장치, 각종 레지스터 및 Memory Access Path를 가지고 있으며, High Performance를 실현하기 위해 다음과 같은 크레이 고유의 기능을 포함한다.

- 하드웨어 로직 전체에 대한 Full Segmentation 및 이를 통한 Data 명령의 Pipelining
- Dual Vector Pipeline 기능이 부여된 Vector 처리 장치
- Register to Register 방식의 고속 Vector 연산
- 연속된 연산의 고속화를 위한 Hardware Chaining
- Multitasking 적용을 위한 Flexible Processor Clustering
- Processor 들 사이의 Direct Communication을 위한 전용 레지스터 Set
- Hardware Level의 Gather/Scatter 및 Compressed Index Vector 기능

* 미국 오레곤 주립대학원 전산학과 졸업, 석사
한국 크레이 리서치 영업부 차장

- 하나의 CPU 내에서도 여러종류의 연산이 동시에 수행되도록 해주는 연산장치들의 완전 독립성

2-3. Memory

주기억장치의 크기는 256Mega Words(2Giga Bytes)로서 16대의 각 CPU 및 I/O Channel들로부터 Direct Access되며 기능 및 구조상의 특징은 다음과 같다.

- Access Time 15 nSec의 BiCMOS SRAM Chip 사용
- Word당 72bits storage(64data bits 및 8check bits)
- SECCDED(Single-bit Error Correction Double-bit Error Detection) 기법에 의한 에러보호
- 각 CPU당 4sets씩 총 64sets의 72bit wide 병렬 ports
- 각각의 Memory Section, Subsection, Bank 등에 독립된 Control 및 Addressing 회로를 부여하여 64port들로부터의 동시 Access가 가능
- Access Conflict의 최소화를 위한 Address Rotational Banking
- Total Memory Bandwidth 250 Gbytes/sec

2-4. IOS

I/O처리에 대한 CPU의 부하를 줄이기 위한 I/O 전용의 Subsystem의 특징은 다음과 같다.

- 16대의 I/O Cluster를 탑재할 수 있으며 하나의 I/O Cluster는 4개의 독립된 Processor로 구성
- 각 Processor당 4개, 총 256개의 Channel Adaptor
- Main Memory로의 Direct Access
- 13.6 GBytes/sec의 Aggregate I/O Bandwidth
- High Performance Disk Drive 및 Online Tape 지원
- Industrial Standard 및 Proprietary Networks 지원

2-5. SSD

SSD(Solid-state Storage Device)는 4개의 1.8 00 MBytes/sec의 초고속 Channel과 200MByte/sec의 고속 Channel을 통하여 CPU 및 I/O Subsystem에 연결된다. 총 16GBytes의 반도체 RAM으로 구성되어 13.6GBytes/sec의 Aggregate Bandwidth를 제공하며, Job에 따라 다음 세가지 용도로 사용된다.

- High Speed I/O Cache(LDCACHE)
- CF77 Fortran Compiling System 및 Library 들이 지원하는 제2의 Program Memory(SDS)
- Disk를 대신한 System Swap Space

3. 시스템 소프트웨어 및 컴파일러

3-1. 오퍼레이팅 시스템

크레이 슈퍼컴퓨터의 오퍼레이팅 시스템인 UNICOS는 유닉스 계열의 O/S로서, AT & T System V를 기반으로 하여 BSD의 기능을 추가한 전형적인 표준 유닉스의 형태를 취하고 있어, 타 표준 유닉스 시스템과의 높은 호환성이 보장된다. 유닉스 계열의 O/S인 UNICOS는 또한 IBM, DEC, CDC 등의 비 유닉스 계열의 기종과도 직접 연결이 가능한 '스테이션' S/W를 제공하며, 이로 인해 크레이가 지향하고 있는 분산환경하의 '네트워크 슈퍼컴퓨팅'을 구현시켜 준다. 즉, 이 기종들 - 예를 들어 IBM, CDC, VAX호스트, SUN, HP, RS6000 등의 각종 엔지니어링 워크 스테이션들 - 로 구성되어 있는 복잡한 전산망과 크레이 사이에 유기적인 연결 고리를 만들어준다. 유저들은 각각의 터미널 - IBM, VAX 혹은 SUN 등등 - 에서 바로 크레이로 연결되어 진다. UNICOS는 표준 유닉스의 다양한 기능 외에도, 크레이 하드웨어의 장점을 최대한 살리기 위한 다음과 같은 추가기능을 보유하고 있다.

- 초고속 I/O 지원
- 다양한 통신기능
- 멀티프로세싱/멀티태스킹
- 배치 서비스
- 자동 벡타 변환
- 자동 Parallel Processing

- 보안 기능 강화(Multi-level)
- 데이터 저장의 효율증대
- 온라인 테이프 장비
- Job 및 Process 스케줄링
- X-윈도우 및 OSI 표준 지원

3-2. 컴파일러

UNICOS O/S하에서 제공되는 컴파일러는 다음과 같다.

- FORTRAN
- C
- Pascal
- Ada
- Allegro
- Assembler

4. 구조 해석용 소프트웨어

크레이 슈퍼컴퓨터에서 사용할 수 있는 구조해석용 소프트웨어는 약 100여종에 달하며, 주요 활용 범위는 다음과 같다.

- 정해석, 동해석
- 고유치(Eigenvalue) 해석
- 주파수 응답해석
- 충돌 해석
- 복합 재료 해석
- 금속 성형 해석
- 음향 소음 해석
- 균열 해석
- 피로 해석

4-1. 범용 소프트웨어

크레이에 포팅된 구조해석용 범용 소프트웨어로 대표적인 것으로는 ABAQUS, ADINA, ANSYS, BEASY, MARC, NASTRAN, NISA, PARMS, PROBE 등이 있다. 이들 대부분은 해석방법으로 유한요소법(Finite Element Method)를 채택하고 있으며, BEASY처럼 경계 요소법(Boundary Element Method)을 사용한 것도 있다.

4-1.1 MSC/NASTRAN

가장 대표적인 구조해석용 소프트웨어 중 하나

가 MSC/NASTRAN이다.

현재 크레이에서 사용할 수 있는 최신 버전은 V67이다. V67에는 새로운 Sparse Algorithm을 적용하여 크레이의 Gather-Scatter Hardware의 장점을 십분 활용할 수 있도록 하였다. Sparse Algorithm을 채택한 모듈은 DCMP(Symmetric Decomposition), FBS(Forward-Backward Substitution), MPYAD(Multiply-Add) 등이다. 또한 V67에서는 Multi-CPU 환경에 맞도록 FBS, MPYAD 모듈등을 Multitask화 하였다. 다음은 크레이 Y-MP기종에서 MSC/NASTRAN을 사용하여 실제 해석을 수행한 활용사례이다.

MSC/NASTRAN 활용사례 1 :

- 1) 해석기관 : 미국항공우주국(NASA)
- 2) 해석모델 : 가압풍동 구조물(Pressurized Wind Tunnel)
- 3) Grid Points : 36,519(217,918active DOF)
- 4) 유한요소 : QUAD4 35,816
BAR 3,416
TRIA3 767
ROD 82
- 5) 해석절차 : 24, linear statics
18 하중조건(hydrostatic and thermal loads)
- 6) 해석결과 : CPU 시간 : 1,795초
입출력 데이터량 : 8.9gigabytes

NSC/NASTRAN 활용사례 2 :

- 1) 해석기관 : 제너럴 모터스(GM)
- 2) 해석모델 : 자동차 엔진 블록
- 3) Grid Points : 23,510(73,348active DOF)
- 4) 유한요소 : QUAD4 857
HEXA 12,542
PENTA 2,172
TRIA3 82
- 5) 해석절차 : 63, normal modes, Lanczos
2000Hz, 이하, non superelement
- 6) 해석결과 : 6 rigid body+16flexible modes
3 symmetric decomposition+14 block solves
CPU시간 : 5,317초
입출력 데이터량 : 35.2 gigabytes

4-1.2. ABAQUS

최근 발표된 버전은 V4.9인데 벡터화 비율을 대폭 향상시키고 Multi-CPU 환경에 적합하도록 일부 모듈을 Multitask화 하였으며 새로운 계산기법을 개발하여 성능을 향상시킨 것이 특색이다. 또한 크레이의 Structural Application 그룹에 의해 Equation Solver가 추가되고 Kernel 부분이 Math Library Routine을 더 활용할 수 있도록 변경되어졌다. 이로 인해 추가적으로 약 20% 이상의 성능 향상이 이루어졌다.

4-1.3. ANSYS

1992년초에 버전 5.0이 발표될 예정이다. 버전 5.0의 주요특징은 각종해석기능이 향상 및 개선되는 점 외에도 크레이의 Multi-CPU에 대응한 Parallel Processing 기능 향상을 위해 프로그램 자체의 데이터베이스가 재설계 되었다는 점이다. 특히 크레이가 제공하는 범용 그래픽 포스트프로세서인 MPGS와의 연계성이 강화되어 X-Window 환경하에서 MPGS translator가 제공된다.

4-2. 충돌관련 소프트웨어

크레이에 포팅된 충돌해석용 소프트웨어로는 DYNA3D, DYCAST, MSC/DANA, NIKE3D, PAM-CRASH, RADIOSS 등이 있다.

5. CRAY Market 현황

1976년 NCAR에 CRAY-1 System이 보급된 이래 현재 총 340여 System이 국내외에 설치 운영중이다.

5-1. 국내보급현황

1988년 국내 최초로 CRAR-2S/4128 기종이 시스템공학연구소에 설치 가동된 이래 기아자동차, 국방과학연구소 및 삼성기술원에 보급되었다.

5-1.1 시스템 공학연구소

- 1) Model명 : CRAY-2S/4128(1988년 설치)
- 2) H/W 구성: CPU-4개
Memory size-128MW
Disk space-40Gbyte

Front-end system-IBM, CYBER,
NAS

- 3) S/W 구성 : UNICOS

CFT77

C Compiler

- 4) 이용분야 : 응용과학 분야

Engineering 분야

물리, 화학 분야

- 5) 응용 Software

Fields	Software
Structural Analysis & Mechanical Engineering	ABAQUS, ADINA, BOPACE-3D, DYNA-3D MSC/NASTRAN, SAPIV
Electric & Electronic Engineering	HSPICE, SYSTEM HILO, IEEE SPP, MAGNA/FIM, SPICE, UM-SPICE
Computational Fluid Dynamics	FLOTRAN, FLOW3D, KIVAII, PHOENICS, VSAERO
Graphics & Image Processing	CSADIE, DISSPLA, GLDPLOT, MOVIE.BYU MPGS, OASIS, PAT-RANII, PLOT10/TCS, SKETCH, UNIRAS
Chemistry & Biological Engineering	AMBER, CHARMm, DISCOVER, GAUSSIAN, IDEAS, MOPAC, PROCESS, X-PLOR
Mathematics & Statistics	AMOSLIB, ARRIBA, BATCHLP, EISPACK, IMSL, LINPACK/SCILIB, MATHEMATICAL/SUB, REDUCE, SCIPORT
Artificial Intelligence & Languages & Data Management	FLECS, PROLOG.
Weather Forecasting & Petroleum Exploration	GEOVECTEUR, NCAR-GKS

5-1.2. 기아자동차

- 1) Model명 : Cray Y-MP4/116(1990년 설치)
- 2) H/W 구성: CPU-1개
Memory size-16MW
Disk space-15
Front-end system-IBM
- 3) S/W 구성 : UNICOS
CFT77
C Compiler
- 4) 이용분야 : Crash analysis
Structural Analysis
Computational fluid dynamics

5-1.3. 국방과학 연구소

1) Model명 : Cray Y-MP2E/232(1992년 설치)

2) H/W 구성: CPU-2개

Memory size-32MW

Disk-

Front-end system-CYBER

3) S/W 구성: UNICOS

CFT77

C Compiler

4) 이용분야 : Structural analysis

Computational fluid dynamics

General research and engineering

5-1.4. 삼성종합 기술원

1) Model명 : Cray Y-MP4E/464(1992년 설치)

2) H/W 구성: CPU-4개

Memory size-64MW

Disk-40Gbyte

Front-end system-VAX

3) S/W 구성: UNICOS

CFT77

C Compiler

4) 이용분야: Semiconductor design and

analysis Structural analysis

Device simulation

Chemical engineering

5) 응용 S/W 서비스

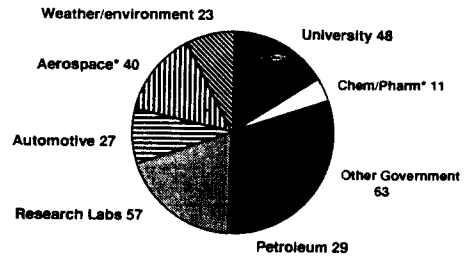
구분	보유 S/W	응용 분야
전자회로해석	HSPICE	<ul style="list-style-type: none"> • 전자회로 설계 • 반도체 소자 모델링
전자기장해석	MAXWELL	<ul style="list-style-type: none"> • 전자기기의 전자기장해석 • 모터, 편향코일 등의 설계 • 반도체 소자의 3차원특성 추측
반도체 특성분석	DAVINCI	<ul style="list-style-type: none"> • 기억소자의 Soft Error Rate 분석
가구해석	DADS	<ul style="list-style-type: none"> • 구조물 설계
	ANSYS	<ul style="list-style-type: none"> • 전자기기, 중장비, 선박.
구조해석	NASTRAN	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물등의 최적 구조설계
	ABAQUS	
사출성형 해석	MOLDFLOW	<ul style="list-style-type: none"> • 플라스틱 제품설계에 이용
	C-MOLD	<ul style="list-style-type: none"> • 플라스틱 제품생산에 필요한 해석
유체해석	FLDAP	<ul style="list-style-type: none"> • 열과 유체유동의 현상을 고려한 설계
	FLUENT	<ul style="list-style-type: none"> • 전자기기의 냉각해석 • 회전기기, 발전기, 축열기 설계
분자모델링	UNICHEM	<ul style="list-style-type: none"> • 고분자설계 및 신소재개발 • 영상의 특수효과연출로
컴퓨터 그래픽스	WAVEFRONT	<ul style="list-style-type: none"> • 광고, 방송, 구조물의 공간분석 등에 활용

5-2. 국외보급 현황

5-2.1. 국가별 CRAY 슈퍼컴퓨터 설치대수

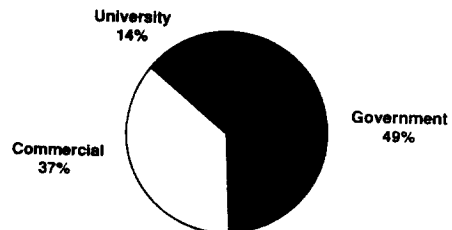
Australia	5	Italy	5	Sweden	1
Belgium	1	Japan	34	Switzerland	3
Canada	6	Korea	4	Taiwan	3
Finland	1	Netherlands	3	United Arab Em.	1
France	28	Norway	1	United Kingdom	18
Germany	20	Saudi Arabia	3	United States	164
India	1	Spain	4		
Countries 21		Systems 317			
		Customers 229			

5-2.2. CRAY 슈퍼컴퓨터 응용 분야별 분포



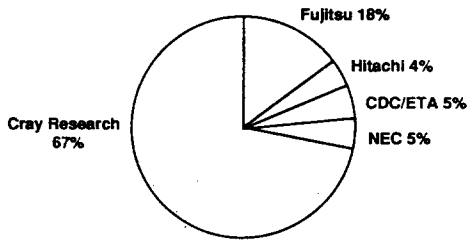
* Includes government and commercial

5-2.3. CRAY 슈퍼컴퓨터 사용 기관별 분포



5-2.4. 슈퍼컴퓨터에 대한 Market Share

• 설치실적별 Market Share



• CPU별 Market Share

