

## 기상 및 기후 연구 분야의 슈퍼컴퓨터 보유 추이 분석

조민수 · 박혜선

한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터  
(2005년 5월 11일 접수; 2005년 6월 13일 승인)

### The Analysis of the Supercomputer Trends in Weather and Climate Research Areas

Minsu Joh and Hyei-Sun Park

*Korea Institute of Science and Technology Information  
Supercomputing Center*

(Manuscript received 11 May 2005; in final form 13 June 2005)

#### Abstract

It is challenging work to predict weather and climate conditions of the future in advance. Since ENIAC was developed, weather and climate research areas have been taking advantage of the improvements in computer hardware. High performance computers allows researchers to build high quality models that allow them to make good predictions of what might happen in the future. Statistics on the high performance computers are one of the major interest to not only manufacturers but also the users such as weather and climate researchers. For this reason, the Top500 Supercomputer Sites Report has been being released twice a year since 1993 to provide a reliable basis for tracking and detecting trends in high performance computing. Using the Top500 Report, a short review on the supercomputer trends in weather and climate research areas is provided in this article.

**Key words:** supercomputer, weather and climate research, Top500 report, high performance computing

#### 1. 서론

컴퓨터를 주어진 문제에 대한 처리능력에 따라서 구분하는 경우에는 크게 슈퍼컴퓨터, 메인프레임, 미니컴퓨터, 워크스테이션, 개인용 컴퓨터로 분류할 수 있다. 이때, 문제 처리능력은 CPU의 계산속도와 주기억장치의 기억용량에 크게 좌우된다. 슈퍼컴퓨터는 우리가 주변에서 흔히 볼 수 있는 범용컴퓨터의 상대 개념으로서 CPU의 계산속도와 주기억장치의 기억용량이 당대의 기술로 구현 가능한 최고 성능의 컴퓨터라 정의되며, 시대에 따라 변한다 (조민수와 이승우, 2005).

컴퓨터 제작 기술의 눈부신 발전으로 인해서 현재의 범용컴퓨터가 불과 10여 년 전 슈퍼컴퓨터의 성능을 발휘하거나 그 성능을 능가하고 있다 (Ceruzzi, 2003). 이 때문에 슈퍼컴퓨터에 대한 성능기준은 컴퓨터 제조기술의 발전과 더불어 상향조정되는데, 시간이 지나고 기술이 발달하면서 과거에는 명확했던 범용컴퓨터와 슈퍼컴퓨터의 구분이 점점 모호해지고 있다. 그래서 오늘날 일반적으로 슈퍼컴퓨터를 분류하는 기준으로 사용되는 자료는 전 세계 최고의 성능을 가진 500개의 컴퓨터들에 관한 자료를 집계하여 Top500 Supercomputer Sites라는 이름으로 발표되는 Top500 보고서이다 (<http://www.top500.org>). 1993년 이래 매년 6월과 11월에 발표되는 Top500 보고서에서는 컴퓨터의 계산성능을 LINPACK이라는 수학 라이브러리를 이용한 벤치마크 결과를 비교하여 순위를 정하고 500위 안에 드는 컴퓨터를 슈퍼컴퓨터라 칭칭하여 범용컴

\*Corresponding Author: Minsu Joh, KISTI Supercomputing Center, P.O.Box 122, Yuseung Daejeon, Korea  
Phone : +82-42-869-0557, Fax : +82-42-869-0599  
E-mail: msjoh@kisti.re.kr

퓨터들과 구분하고 있다. 가장 최근인 2004년 11월에 발표된 Top500 보고서에 따르면, 현재 세계 최고 성능의 컴퓨터는 미국 에너지성의 IBM BlueGene이다. 이 시스템은 총 32,768개의 프로세서로 구성되어 있고, 실제성능은 70.2Tflops이다. 최하위인 500위 슈퍼컴퓨터의 실제성능이 850.6Gflops를 넘고 있는데, 이것이 현재 슈퍼컴퓨터를 구분하는 일반적 기준이 되고 있다.

전통적으로 슈퍼컴퓨터를 개발하는 데에 크게 동기를 부여한 것은 수치 시뮬레이션을 통해 복잡한 시스템을 이해하려는 계산과학 분야의 응용문제들이다. 그 중에서도 기상/기후연구 (이하 WCR) 분야의 예보/예측 문제는 정확한 해를 얻기 위해 요구되는 계산능력 측면에서 뿐만 아니라 많은 데이터를 동시에 처리하기 위해 요구되는 데이터 처리능력 측면에서 고성능, 대용량의 컴퓨터를 필요로 하는 대표적인 슈퍼컴퓨팅 응용문제이다 (Foster, 1995). 1946년에 제작된 인류 최초의 전자식 컴퓨터 에니악을 이용하여 날씨 예측 실험을 수행한 이후로 WCR 분야의 수치모델은 새로운 컴퓨터가 등장할 때마다 시스템의 성능을 실험하는 도구로서 활용되고 있는데, 기상예보 기술 및 기후예측 기술이 컴퓨터의 성능 발전과 더불어 향상되어 온 것은 놀라운 일이 아니다.

본 연구의 목적은, (1) Top500 보고서를 이용하여 1993년 이후 슈퍼컴퓨터의 시스템 구조와 프로세서 구조가 어떻게 변화되어 왔는지에 대한 추이를 분석하고, (2) 전체 슈퍼컴퓨팅 응용분야와 WCR 분야에서 활용되는 슈퍼컴퓨터의 특징을 상호 비교하여 지난 12년간 WCR 분야에서 슈퍼컴퓨터 활용 경향과 변화 특징을 파악한 후에, (3) 가까운 미래에 WCR 분야에서 활용될 시스템 및 프로세서의 구조에 대한 전망을 제시하는 데 있다.

## 2. 자료 및 분석 방법

### 가. 자료

Top500 보고서에는 슈퍼컴퓨터의 실제성능, 이론성능, 프로세서 개수 등이 제공되고 있는데, 본 연구에서는 이들 자료를 기초 자료로 사용하였다. 이 밖의 자료들은 Top500 사이트 ([www.top500.org](http://www.top500.org))에서 자체 통계처리 시스템을 두고 재생산한 응용분야별, 시스템 구조별, 프로세서 아키텍처별 슈퍼컴퓨터 자료를 사용하였다. Top500 보고서는 2004년 11월 기준으로 총 23개의 응용분야로 분류하고 있는데, 이 가운데 기상

관련 응용분야는 기상/기후 연구와 기상예측 분야가 있다. 그런데 2000년 이전에는 기상/기후 연구 분야만 있었고, 기상/기후 연구 분야와 기상예측 분야를 구분하는 것이 모호하여 본 연구에서는 두 응용분야를 구분하지 않고 분석하였다. 또한 Top500 보고서에서는 일본의 지구 시뮬레이터는 특정 응용분야가 아니라 모든 분야에서 활용되는 것으로 분류하고 있으나 본 연구에서는 지구 시뮬레이터가 기후연구에 적극적으로 활용되고 있기에 특별히 WCR 분야에 포함시켜 분석하였다.

### 나. 분석대상 국가

지난 12년간 한 차례 이상 Top500 보고서에 WCR 분야에서 활용되는 슈퍼컴퓨터를 등재한 적이 있는 국가는 총 13개국이다. 본 연구에서는 13개 국가 중에서 우리나라와 주요 7개국 (미국, 영국, 프랑스, 독일, 일본, 캐나다, 호주)만을 대상으로 하였다. 이들 8개국은 지난 12년간의 Top500 보고서에 등재된 시스템의 실제성능 총합을 기준으로 하여 약 90% 정도의 자원을 보유하고 왔다. 13개국 중 나머지 5개국 (브라질, 중국, 뉴질랜드, 덴마크, 스페인)이 보유하는 시스템이 실제성능 총합에서 차지하는 비율은 크지 않아서 본 연구에서는 분석하지 않았다.

### 다. 시스템 아키텍처 분석방법

과거에 시스템을 구분하는 데 가장 많이 이용되었던 방식은 Flynn이 제안한 분류법이다. Flynn은 시스템에 표준적으로 사용되는 용어를 확립하는 데 크게 기여한 병렬구조에 관한 연구논문을 발표하였는데 (Flynn, 1966; Flynn, 1972), 1966년에 발표한 논문에서는 시스템의 구조를 단일 명령어-단일 데이터로 구현하는 SISD (single instruction-single data), 단일 명령어-다중 데이터로 구현하는 SIMD(single instruction-multiple data), 다중 명령어-다중 데이터로 구현하는 MIMD(multiple instruction-multiple data), 다중 명령어-단일 데이터로 구현하는 MISD (multiple instruction-single data)의 네 가지로 분류하였다. 이들 네 종류의 시스템 구조 중 MISD는 이론적인 구조일 뿐 실제로 구현되지는 못하였고, SIMD와 MIMD는 대표적인 병렬 구조이다 (Ragsdale, 1991).

컴퓨터 제조기술이 발전하면서 Flynn이 제안한 전통적인 방식으로 컴퓨터를 분류하는 것이 점점 더 어렵고 모호해지고 있다. 이 때문에 Top500 보고서의 시

스텝 아키텍처 분류방식도 시대에 따라 변해 왔는데, 1993년 6월에 최초로 발표된 Top500 보고서에는 단일 프로세서, SIMD, MPP (Massively Parallel Processing), SMP (Symmetric Multi Processing)로 구분되어 있거나 가장 최근인 2004년 11월에 발표된 Top500 보고서에는 시스템을 MPP, SMP, ‘성운’ (constellation), 클러스터 시스템으로 구분하고 있다. 현재 시스템 분류의 특징은 단일 노드의 IBM p690, NEC SX-6, SGI Origin3000, HP Superdome 등은 SMP로 분류되나, 이들 시스템이 고성능 네트워크로 여러 개의 노드가 연결된 구조는 ‘성운’으로 분류된다. 그리고 SMP 노드가 SMP를 구성하는 프로세서의 개수 보다 많을 때에는 MPP로 분류하고 있다. 본 연구에서는 Top500 보고서의 가장 최근의 분류 방법을 따르되, 성운은 SMP에 포함하여 분석하였다.

**라. 프로세서 아키텍처 분석방법**

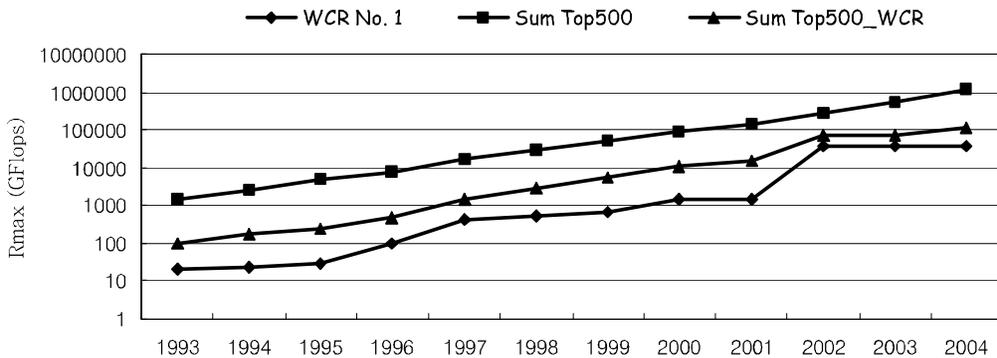
지난 30년간 고성능 프로세서의 아키텍처는 CISC (complex instruction set computer), RISC (reduced instruction set computer), 벡터, VLIW (very long instruction word)와 같이 크게 네 가지 형태로 발전되어 왔으며 슈퍼컴퓨터 제작에 사용되는 프로세서는 이들 가운데 하나에 포함된다 (Wadleigh and Crawford, 2000). 그런데 Top500 보고서에서는 CISC, RISC, VLIW를 별도로 구분하지 않고 크게 스칼라 프로세서로 보고, 1997년 이전에는 벡터, 스칼라, SIMD의 세 종류로 구분하고 1997년 이후에는 벡터와 스칼라로만 구분하고 있다. 본 연구에서는 프로세서 아키텍처를 벡터와 스칼라로만 구분하여 분석하였다.

**3. 분석 결과**

**가. 시스템 성능**

컴퓨터 파워의 폭발적 성장의 중심에는 무어의 법칙이 있다. 무어는 1965년에 발표한 그의 논문 ‘집적회로에 더 많은 소자 집어넣기 (Cramming more components into integrated circuits)’를 통하여 반도체 칩 하나에 집적할 수 있는 트랜지스터의 수가 매년 두 배씩 증가할 것이라고 예측하였다 (Moore, 1965). 이러한 예측을 수정하여 18개월마다 두 배로 증가한다고 규정한 것이 무어의 법칙이며, 범용 프로세서의 성능향상은 이 법칙을 비교적 잘 따르고 있다. Fig.1은 Top500 보고서에 포함된 전체 시스템의 실제성능 총합, WCR 분야에 포함된 시스템의 실제성능 총합과 WCR 1위 시스템의 실제성능의 시간에 따른 변화를 비교한 것이다. 이 그림으로부터 전체 시스템의 성능 발전은 대체로 무어의 법칙을 따르는 것으로 보이며, WCR 분야에 활용되는 슈퍼컴퓨터의 성능이 전체 슈퍼컴퓨팅 응용 분야에서 차지하는 비율은 10% 정도임을 알 수 있다.

Table 1은 지난 12년간 WCR 분야에서 최고 성능의 시스템에 대한 정보를 정리한 것이다. 국가별로는 일본이 네 번, 미국과 영국이 각각 세 번, 캐나다가 두 번 최고 성능의 시스템을 보유했으며, 제조업체별로는 일본 NEC 벡터시스템이 다섯 번, 미국 Cray 병렬시스템이 세 번, 미국 IBM 병렬시스템이 2번. 일본 Hitachi와 Fujitsu의 벡터시스템이 각각 한 번씩 1위를 차지하였다. 이들 시스템은 1994년과 1995년을 제외하고 세계 10위 안에 포함되었다.



**Fig. 1.** Comparison of the total performance between all application areas and the weather and climate research areas within Top500 report.

**Table 1.** The fastest supercomputers in the weather and climate research areas within Top500 report.

Year	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Nation	Canada	Canada	Japan	UK	UK	UK	USA	USA	USA	Japan	Japan	Japan
N=1 Site	AES	AES	JMA	ECMWF	UKMO	UKMO	NAVOC EANO	NAVOC EANO	NAVOC EANO	ESC	ESC	ESC
N=1 System	NEC SX-3	NEC SX-3	Hitachi S-3800	Fujitsu VPP700	Cray T3E900	Cray T3E900	Cray T3E900	IBM SP Power3	IBM SP Power3	NEC ES	NEC ES	NEC ES
Rmax (Gflops)	20	23.2	28.4	94.3	430.3	552	675	1417	1417	35860	35860	35860
Rank in TOP500	7	15	27	10	3	5	8	5	9	1	1	3

### 나. 시스템 아키텍처

범용 프로세서의 성능향상은 슈퍼컴퓨터의 시스템 아키텍처에 많은 영향을 끼치고 있다. 과거의 슈퍼컴퓨터는 벡터 프로세서와 같이 고가의 특수 제작된 프로세서를 사용하여 제작되는 것이 일반적이었으나, 오늘날에는 많은 수의 슈퍼컴퓨터가 저가의 범용 프로세서를 여러 개 연결하는 방식을 채택하여 제작되어 클러스터 시스템으로 분류되고 있다. Fig. 2와 Fig. 3은 슈퍼컴퓨터 시스템 아키텍처의 시대에 따른 변화 특징을 설치대수와 실제성능을 기준으로 비교하여 보인 것이다. 설치대수를 기준으로 시스템 아키텍처의 변화를 보면 전체 응용분야는 SMP 시스템은 줄어들고 클러스터 시스템이 증가하는 추세이나, 실제성능으로 보면 클러스터 시스템보다는 MPP 시스템이 차지하는 비율이 증가하는 추세이다. WCR 분야는 설치대수로 보면 SMP 시스템은 줄어들고 MPP 시스템이 증가하는 추세를 보이나, 실제성능으로 보면 MPP 보다 클러스터 시스템이 차지하는 비율이 증가하는 것으로 분석되었다.

WCR 분야에 클러스터 시스템이 활용된 것은 1999년에 HPTi사의 ACL-279 시스템이 미국 FSL/NOAA (Forecast Systems Laboratory/National Oceanic and Atmospheric Administration)에 설치되면서부터인데, 이후로도 오직 미국만이 WCR 분야에 클러스터 시스템을 활용하고 있다. 2004년 11월 기준으로 미국의 WCR 분야에서 활용되는 시스템 아키텍처는 크게 MPP와 클러스터로 구분되며 각각의 실제성능 총합은 약 37TFlops, 8TFlops이다. 분석 대상 8개국 중 미국을 제외한 모든 국가의 WCR 분야에서 활용되는 시스템 아키텍처는 MPP이다. 이들 국가 중 한국, 호주, 일본은 벡터 프로세서 장착 MPP, 미국은 스칼라 프로세

서 장착 MPP, 독일과 영국은 두 종류 MPP 시스템을 활용하고 있다. 프랑스와 캐나다의 경우에는 2004년도 Top500 보고서에는 등재시키지 못하였으나 2003년 자료를 통해 WCR 분야에 활용되는 시스템이 벡터 프로세서가 장착된 MPP임을 알 수 있다.

### 다. 프로세서 아키텍처

Top500 사이트에서 제공되는 전체 슈퍼컴퓨팅 응용분야를 대상으로 하는 프로세서 아키텍처의 시간에 따른 변화를 보면 1993년에는 벡터 프로세서 장착 시스템이 314대, 스칼라 프로세서 장착 시스템이 154대로 벡터시스템 우세하였으나, 시간이 흐르면서 스칼라 프로세서 장착 시스템 대수가 증가하여 2004년에는 총 500대 슈퍼컴퓨터 가운데 21대만이 벡터시스템이고 479대는 스칼라시스템임을 알 수 있다. Table 2는 1993년 대비 2004년의 프로세서 아키텍처의 변화를 프로세서 개수로 비교한 것이다. 전체 응용분야에서 스칼라 프로세서 개수가 20.5배 증가된 것에 비하여 WCR 분야에서는 무려 580.9배가 증가되었음을 알 수 있다. 이것은 WCR 분야가 전통적으로 그 어느 응용분야보다도 슈퍼컴퓨터를 많이 필요로 하는데, 과거에 고성능 컴퓨팅 구현은 벡터시스템을 중심으로 이루어졌기 때문에 상대적으로 WCR 분야에서 변화가 더욱 크게 나타나는 것으로 보인다.

설치대수, 실제성능, 프로세서 개수를 기준으로 프로세서 아키텍처의 시간에 따른 변화를 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6에 각각 보였다. 전체 응용분야는 1994년에 이미 스칼라시스템의 대수가 벡터시스템 대수보다 많아졌으나, WCR 분야는 이보다 늦게 1999년에 이르러서야 스칼라시스템이 벡터시스템보다 많아졌다. 그런데 실제성능으로 비교하면 전체 응용분야와 WCR 분야 모

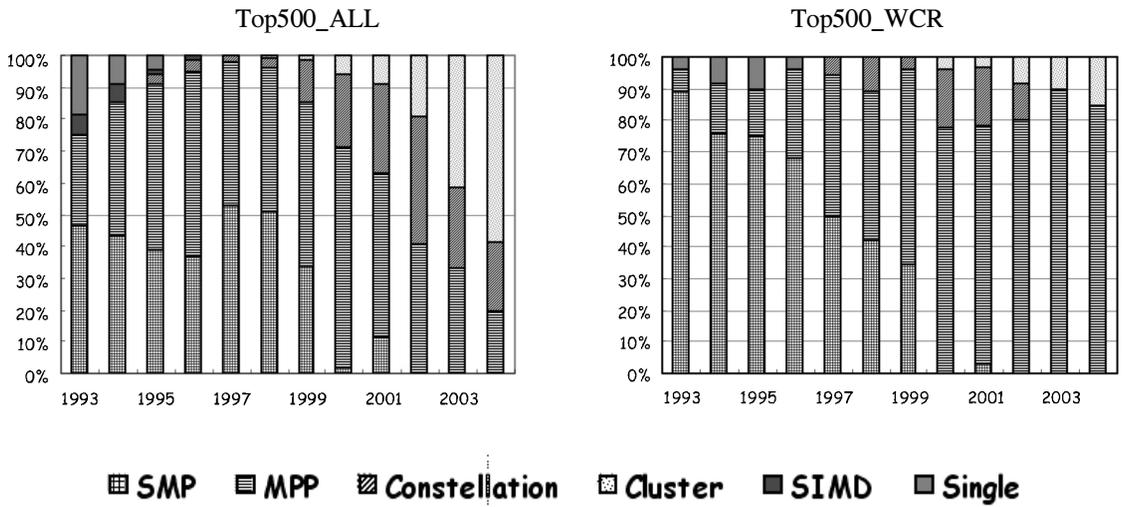


Fig. 2. Supercomputer trends in system architecture types based on installation counts.

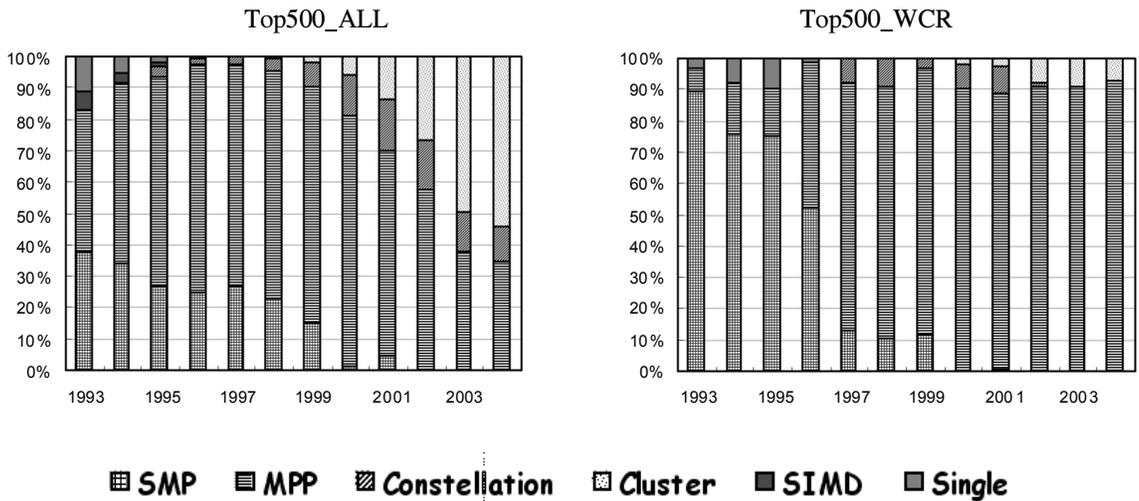


Fig. 3. Supercomputer trends in system architecture types based on Rmax.

Table 2. Comparison of processor architecture development ratio between all application areas and the weather and climate research areas based on the number of processors.

Processor Architecture	Top500_ALL			Top500_WCR		
	Scalar	Vector	Total	Scalar	Vector	Total
1993. 11.	19,466	1,388	67,190	40	146	186
2004. 11.	399,197	9,432	408,629	23,238	613	29,370
1993 vs 2004	X 20.5	X 6.8	X 6.1	X 580.9	X 4.2	X 157.9

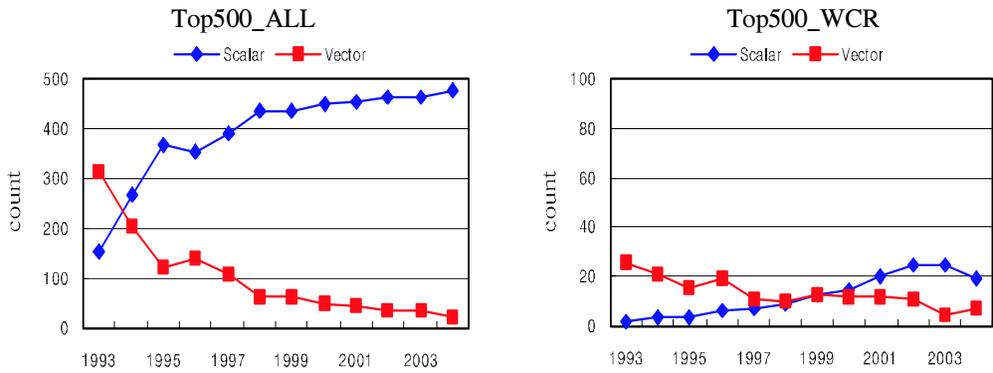


Fig. 4. Supercomputer trends in processor architecture based on installation counts.

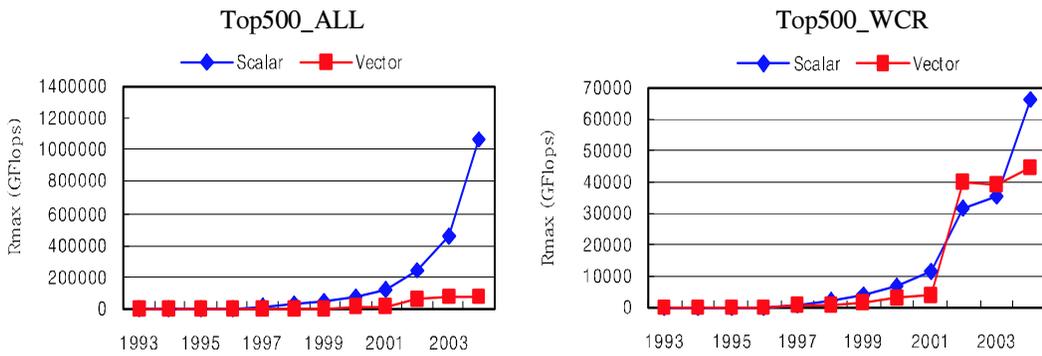


Fig. 5. Supercomputer trends in processor architecture based on Rmax.

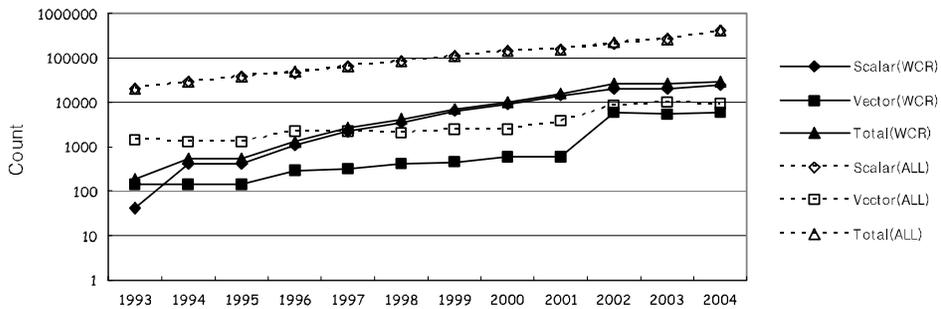


Fig. 6. Comparison of the total processor counts. Dashed lines are for the all application areas and solid lines are for the weather/climate research area, respectively.

두 1998년 경부터 스칼라시스템의 용량이 벡터시스템의 용량보다 커지고 있다. 한편 전체 응용분야에서 차지하는 벡터시스템의 용량이 꾸준히 작아지는 경향을 보이고 있으나 WCR 분야에서는 일시적이기는 하나 벡터시스템의 용량이 스칼라시스템의 용량보다 크게

나타난 적도 있다. 이것은 WCR 분야 최고 성능의 시스템이며 벡터시스템인 지구 시뮬레이터에 기인한 것이다. 2004년 11월 기준으로 WCR 분야의 실제 성능 총합은 약 74TFlops이며, 지구 시뮬레이터는 약 35TFlops로 50% 정도를 차지하고 있다.

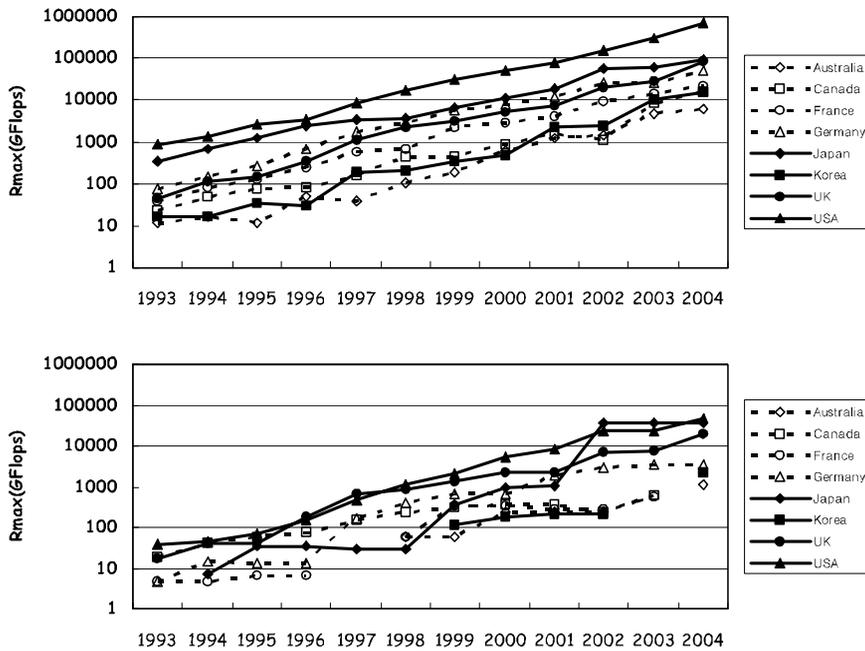


Fig. 7. Comparison of the total available supercomputer power in the selected countries. The upper panel is for all application areas and the lower panel is for weather and climate research areas, respectively.

라. 국가별 슈퍼컴퓨터 추이 특징

Fig. 7은 본 연구에서 주요 분석 대상국인 8개국이 보유한 슈퍼컴퓨터 파워 총량의 시간에 따른 변화를 보인 것이다. Fig. 7에서 전체 응용분야에 가장 많은 슈퍼컴퓨터 파워를 보유해 온 국가는 미국과 일본임을 알 수 있고 그 뒤를 이어서 독일과 영국이 자리하고 있다(상단). WCR 분야의 경우는 지구 시뮬레이터가 등장하기 전에는 미국과 영국이 1, 2위를 유지하다가 2002년부터 일본과 미국이 1, 2위를 차지하고 있다(하단).

Fig. 8과 Fig. 9는 WCR 분야에서 지난 12년간 활용해 온 슈퍼컴퓨터의 시스템 아키텍처와 프로세서 아키텍처의 특징을 국가별로 비교하여 보인 것이다. 미국을 제외한 7개국에서는 SMP, MPP 시스템을 주로 활용해 왔고, 미국은 이들 시스템 이외에 클러스터 시스템도 활용하고 있다(Fig. 8). 프로세서 아키텍처의 선호도는 국가별로 매우 뚜렷한데(Fig. 9), 호주, 캐나다, 프랑스, 일본, 우리나라는 벡터 프로세서 시스템만 활용하였고, 독일, 영국, 미국은 벡터와 스칼라 프로세서 시스템을 모두 활용하였다. 독일의 경우에는 기관별로 선호하는 시스템이 달라서 DWD는 스칼라 프로세서

시스템을, DKRZ는 벡터 프로세서 시스템을 활용해 오고 있다. 영국의 경우에는 스칼라 프로세서 시스템을 선호하던 UKMO가 2003년부터는 벡터 프로세서 시스템으로 바뀌었고, 반대로 벡터 프로세서 시스템을 선호하던 ECMWF에서는 2002년부터 스칼라 프로세서 시스템도 활용하기 시작하였다.

4. 결과 요약 및 전망

지난 12년(1993~2004)의 Top500 보고서를 분석한 결과, WCR 분야에서는 크게 다음과 같은 특징이 있었다. (1) 2004년 11월 기준으로 최고 성능의 시스템은 일본 지구 시뮬레이터로서 벡터 프로세서가 장착된 벡터 시스템이며 Top500의 시스템 아키텍처 분류상으로는 MPP에 포함된다. 이론성능은 40TFlops이고, 실제 성능은 35TFlops로 2002년과 2003년에는 세계 1위를 차지하였으나 2004년에는 3위로 순위가 조정되었다. 국내 최고 성능 시스템은 기상청이 도입한 Cray X1인데 지구 시뮬레이터와 마찬가지로 벡터 프로세서가 장착되었으며 MPP로 분류되고 있다. 1차 시스템의 실제 성능은 약 2TFlops이다. (2) 초기에는 단일 프로세서

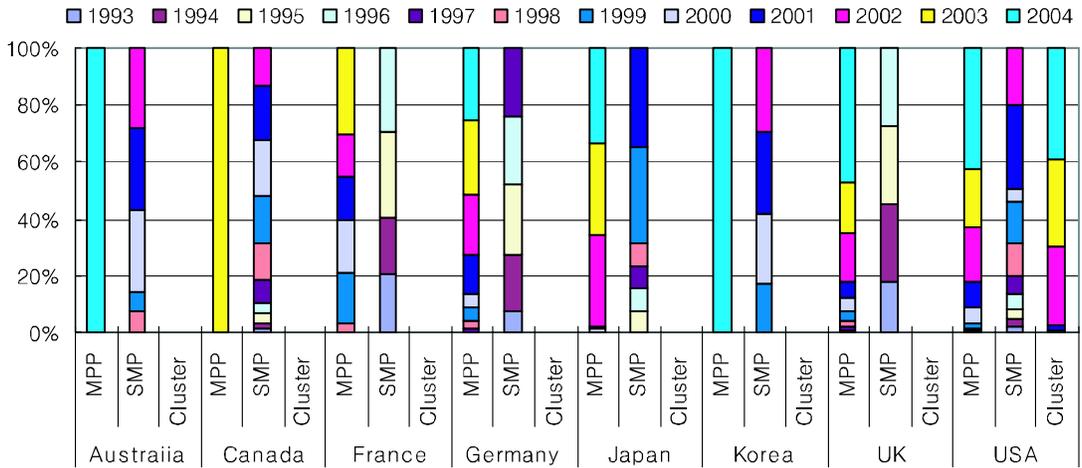


Fig. 8. Comparison of system architectures in eight countries within weather and climate research areas.

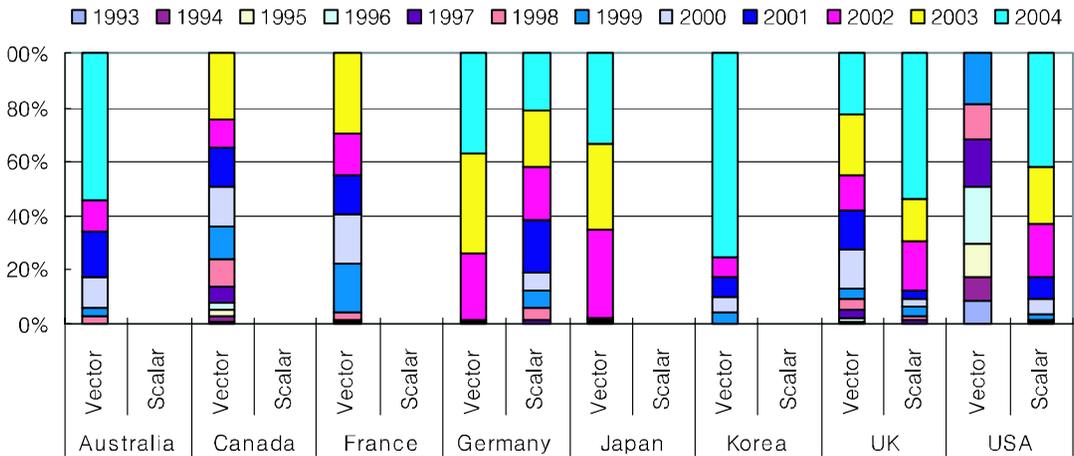


Fig. 9. Comparison of processor architectures in eight countries within weather and climate research areas.

의 성능이 우수한 벡터 프로세서 시스템이 지배적이었고, 중반에 단일 프로세서의 성능 한계를 극복하기 위하여 SMP 시스템 사용이 증가하였다. 최근에 WCR 분야에서도 병렬프로그래밍 기술이 일반화되면서 MPP와 클러스터 시스템이 증가하고 있는데 특히 미국을 중심으로 클러스터 시스템 사용이 늘고 있다. (3) 전통적으로 고가의 특수 제작 벡터 프로세서 장착 시스템을 선호하였으나 저가의 범용 스칼라 프로세서 장착 시스템의 대수가 증가하고 있다. 그러나 시스템 대수는 감소하였으나 성능 면에서는 지구 시뮬레이터로 인

하여 벡터시스템이 총 성능에 기여하는 부분은 50%를 넘고 있다.

가까운 장래에 WCR 분야에서 현재까지의 변화 추이를 뒤엎을만한 사건은 발생하지 않을 것으로 보인다. 최고 성능의 시스템, 시스템 아키텍처 유형, 프로세서 아키텍처 별로 다음과 같이 전망할 수 있다. (1) 최고 성능의 시스템 자리를 지구 시뮬레이터가 계속 유지할 것으로 전망되는데, 그 이유는 일본이 지구 시뮬레이터의 업그레이드 시스템으로 NEC 시스템 계열을 유지할 것으로 계획하고 있기 때문이다. (2) 예보의 정

확도 향상 및 예보시간의 단축을 위하여 필요한 자원의 규모가 지속적으로 증가하고 높은 효율성이 요구되면서 성능한계를 극복할 수 있는 MPP 시스템과 저가의 클러스터 시스템이 증가하는 추세가 계속될 것으로 전망된다. (3) 호주, 캐나다, 프랑스, 일본, 우리나라에서는 벡터 프로세서가 장착된 시스템을 선호해 왔으며 이와 같은 추세는 당분간 지속될 것으로 전망된다. 특히 일본 지구 시뮬레이터와 우리나라 기상청이 Cray X1의 2차 시스템을 2005년 중으로 도입할 예정이어서 WCR 분야에서의 벡터 프로세서가 차지하는 비율은 더욱 증가될 것이다. 반면에 미국을 중심으로 스칼라 프로세서 시스템이 지속적으로 증가하는 추세도 유지될 것으로 전망된다.

일반적으로 해결해야 하는 문제의 규모가 커질수록 시스템의 규모도 따라서 커져야 하는데, 예산의 한계를 고려하지 않을 때 WCR 분야는 지속적으로 문제의 규모가 커질 수 있는 대표 응용분야이다. 이에 시스템의 확장성 측면에서 SMP 시스템은 제한을 받기 때문에 시스템 구조가 MPP 시스템으로 발전하는 것은 당연한 일이다. 여기에 통신부하를 최소화하여 계산성능을 높이기 쉽고 프로그래밍이 상대적으로 용이한 SMP 시스템을 병합하여 분산공유메모리 형태의 MPP 시스템 구축이 선호되고 있으며, 이 때문에 하이브리드 프로그래밍 기술이 더욱 활성화될 것으로 예상된다.

본 연구에서는 Top500의 분류 방식을 따라 시스템 아키텍처를 구분하였는데 현재 Top500 보고서는 분산공유메모리 시스템을 그 규모에 따라 성운 또는 MPP로 구분하고 있어서 SMP와 MPP 사이의 시스템 아키텍처 분류가 명확하지 않다는 문제점이 지적되고 있다. 향후 분석에서는 MPP 시스템을 MPP 스칼라 시스템, MPP 벡터 시스템, SMP 클러스터 등과 같이 보다

상세하게 구분하고, WCR 분야를 좀더 세분화하여 슈퍼컴퓨터 보유 추이 분석을 하고자 한다.

## 참고문헌

- 조민수와 이승우, 2005: 병렬형 슈퍼컴퓨터 기본 사용법, 한국과학기술정보연구원, 95pp.
- Ceruzzi, P. E., 2003: A History of Modern Computing. MIT Press, 445pp.
- Flynn, M. J., 1966: Very High-Speed Computing Systems, Proc. IEEE. 54(12), 1901-1909
- Flynn, M. J., 1972: Some Computer Organizations and Their Effectiveness. IEEE Trans. Computers, C-21(9), 948-960
- Foster, I., 1995: Designing and building parallel programs. Addison- Wesley, 379pp.
- Moore, G.E., 1965: Cramming more components onto integrated circuits. Electronics, 38-8
- Murdocca, M. J., 2000: Principles of computer architecture. Prentice Hall PTR, 551pp.
- Ragsdale, S., 1991 : Parallel Programming. Intel/McGraw-Hill, Inc., 123pp.
- Wadleigh, K. R. and I. L. Crawford, 2000: Software optimization for high performance computing. Prentice Hall International, Inc., 377pp.

## 약자 풀이

- AES Atmospheric Environment Service  
 DWD Deutscher Wetterdienst  
 DKRZ Deutsches Klimarechenzentrum  
 ECMWF European Center for Medium-Range Weather Forecasts  
 ESC Earth Simulation Center  
 JMA Japan Meteorological Agency  
 NAVOCEANO Naval Oceanographic Office  
 UKMO United Kingdom Meteorological Office