

# 컴퓨팅 환경 변화에 대한 고찰

조성호\*    홍성찬\*    김형교\*

## ◆ 목 차 ◆

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1. 서론           | 4. 분산 컴퓨팅의 발전 |
| 2. 웹 이전의 컴퓨팅 환경 | 5. 미래 컴퓨팅 환경  |
| 3. 웹 이후의 컴퓨팅 환경 | 6. 결론         |

## 1. 서론

1946년 ENIAC(Electronic Numerical Integrator Analyzer and Calculator)이 발표된 이후 컴퓨팅(computing) 환경은 급속도로 변화였다[1]. 단순한 계산기였던 컴퓨터는 발전을 거듭하여 이제 생활에서 없어서는 안될 필수 기기가 되었을 뿐 아니라 산업의 틀을 바꾸어 놓았다.

컴퓨터 관련 기술의 발전과 시대적 상황에 따라 컴퓨팅 환경의 많은 변화가 있었다. 폰 노이먼 구조(von neumann architecture)와 시분할 운영체제(timesharing operating system)의 개발은 현대의 컴퓨터의 기본 개념을 완성 시켰고, PC(Personal Computer)의 출현 및 네트워크의 보급을 거쳐 클라이언트/서버(client/server) 환경 및 인터넷(internet)의 대중화는 현재의 컴퓨팅 환경에 토대가 되었다.

본 고에서는 과거의 컴퓨팅 환경의 변화를 살펴보고 각 컴퓨팅 환경이 어떤 공통점을 가지고 있으며 어떤 상이점이 있는가를 서술한다. 또한, 여러 컴퓨팅 환경을 비교 한 후, 차세대 컴퓨팅 환경이라 불리는 그리드(Grid) 컴퓨팅과 모바일(Mobile) 컴퓨팅에 대한 연구 동향을 살펴본다.

본 고에서는 컴퓨팅 환경의 가장 큰 변화 시점을 웹 서비스(web service)의 출시 이전과 웹 서비스 출시 이후라 생각하여 2장에서 웹 이전의 컴퓨팅 환경의 변화를 다루고, 3장에서는 웹 이후 컴퓨팅 환경의 변화

를 다루며 4장에서는 분산 컴퓨팅(distributed computing)에서 발전된 형태에는 어떤 것이 있는가 살펴보고 5장에서는 미래 컴퓨팅 환경에 대한 이야기를 다룬다. 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 웹 이전의 컴퓨팅환경

컴퓨팅 환경의 가장 큰 변화 시점을 웹 서비스 출시라고 생각하는 이유는 컴퓨터라는 기기가 일반인에게 대중화되는 시점이기 때문이다. 컴퓨터의 대중화 시점을 PC의 출현 시점으로 볼 수도 있으나 컴퓨팅 환경의 변화라기보다는 소유 개념의 변화로서 바라보아야 한다. PC를 비롯하여 워크스테이션(workstation) 및 메인프레임(mainframe)급 컴퓨터에 이르기까지 모든 컴퓨터들이 연결되어 서비스를 제공하는 컴퓨팅 환경의 변화는 웹과 인터넷에 의해 이루어 졌다.

웹이 주는 또 다른 의미는 단순히 텍스트 데이터를 위주로 하는 정보 전달 방식에서 멀티미디어로 이루어진 정보 전달 방식이 가능해졌다는 의미보다는 수동적인 정보전달 방식에서 능동적인 정보전달 방식으로의 전환이다.

### 2.1 PC의 출현

최초 진공관으로 제작되었던 ENIAC 개발 후, transistor와 IC(Integrated Circuit)의 개발은 컴퓨터의 크기를 줄이면서도 연산 능력을 향상시킬 수 있었다. 단일 크기

\* 한신대학교 정보통신학과 교수

당 집적도의 향상은 같은 크기의 컴퓨터가 더 많은 일들을 수행할 수 있게 되었고 무어의 법칙(moor's law)이 대변해주 듯 CPU의 성능은 18개월마다 2배씩 빨라졌다.

소프트웨어적인 측면에서 바라보면 1960년대에는 배치작업(batch processing)이 일반화되었고, 컴퓨터의 능력이 향상됨에 따라 1970년대에 여러 사람이 컴퓨터를 공유할 수 있도록 시분할 개념을 도입한 운영체제가 개발되었다. 운영체제의 개발은 기존의 배치작업의 비효율성을 개선하고 컴퓨터 사용자의 생산성을 향상시켜 값싸고 성능 좋은 컴퓨터개발을 가능하게 하였다. 또한 이 시기에는 LAN(Local Area Network)이 빠른 속도로 보급되었고 네트워크에 대한 다양한 규격과 프로토콜이 개발되었다.

컴퓨터의 연산 능력이 기하급수적으로 늘어나고 크기가 작아지면서 1980년대에는 일반인들에게 컴퓨터가 보급되기 시작하였다. PC의 보급은 소수에 의해 다루어 지던 기계가 일반인들도 소유할 수 있는 기계가 되었다는 의미이다. 이러한 소유의 이전은 일반인들에게 친화적인 소프트웨어 개발의 필요성을 증대 시켰고 GUI(Graphical User Interface)가 발전하던 시기였다.

PC의 보급 및 LAN(local-area network) 기술의 발달은 개념적으로 정립되어 있던 분산 시스템을 클라이언트/서버 환경으로서 실체화 시키는 계기가 되었다. 분산시스템은 상대적으로 값싼 컴퓨터를 네트워크로 묶어서 메인프레임급 컴퓨터 이상의 성능을 만들겠다는 취지에서 시작되었다[2]. 분산 시스템의 개념은 향후 다른 컴퓨팅 환경의 기본적인 모형이 되었다.

## 2.2 분산시스템

분산 시스템이란 사용자에게는 하나의 시스템처럼 보이는 독립적인 컴퓨터의 집합이라 할 정의 할 수 있다. 투명성(transparency)로 집약할 수 있는 분산 시스템의 개념은 하드웨어적으로는 시스템의 독립을 보장하면서도 사용자는 하부구조에 대한 인식 없이 시스템을 사용가능 하도록 하는데 초점이 맞추어 졌다. 또한 개방형 구조를 가지며 쉽게 확장이 가능하도록 설계되어 졌다[3]. 그러나, 이 기종의 운영체제를 묶어서 하나의 시스템처럼 작동하게 하기 위해서는 각 컴

(표 1) 분산시스템 비교

Item	DOS	NOS	MDS
Degree of Transparency	High	Low	High
Same OS on all nodes?	Yes	No	No
number of copies of OS	N	N	N
Basis for communication	Message	File	Model specific
Resource mangement	Global	Per node	Per Node
Scalability	Moderately	Yes	Varies
Openness	Close	Open	Open

퓨터의 자율성(autonomous)을 보장하기 어려웠고 반대로 컴퓨터의 자율성을 보장하기 위해서는 개방성(openness)을 희생 시켜야만 했다.

분산 시스템의 연구는 단일의 운영체제를 사용하는 방식(DOS; Distributed Operating System)과 이 기종의 운영체제 위에 네트워크 운영체제(NOS; Network Operating System)을 사용하는 방식으로 나뉘어 졌다. DOS는 독립적인 컴퓨터를 하나의 시스템으로 사용하기에 부적절한 경직된 방식이었으며 NOS는 단일의 뷰(View)를 사용자에게 제공하지 못했다. 이러한 단점을 극복하기 위해 사용한 방식이 미들웨어를 사용한 분산 시스템이다 (MDS; Middleware Based Distributed System). 표 1에 [6]에서 바라보는 분산시스템 방식의 특징을 비교하였다.

비록 분산 시스템 연구에 지역적 범위의 제약은 없었지만, 분산시스템 연구가 시작된 시점이 인터넷 보급이전이었던 때문에, 좁은 지역으로 한정될 수밖에 없었다. 분산 시스템에 대한 연구는 경직된 하드웨어 형태로 발전하여 슈퍼 컴퓨팅 환경을 이루었고, 활용 가능한 컴퓨팅 환경으로 발전한 것이 클라이언트/서버 환경이 된다.

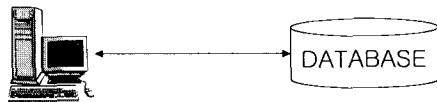
1990년대 말 ARPAnet에서 파생된 인터넷의 보급과 모자이크(Mosaic)이라 불리는 웹 브라우저의(web browser) 개발은 분산시스템의 또 다른 전형인 클라이언트/서버 시스템을 정착 시켰다. 분산 시스템이 컴퓨팅자원을 통합하기 위한 이론적 배경이었다면, 클라이언트/서버 이를 실체화한 결과물이다.

### 3. 웹 이후의 컴퓨팅환경

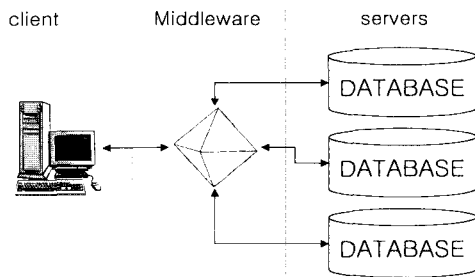
#### 3.1. 클라이언트/서버 개념의 확립

분산시스템을 바라보는 시각과 접근방법은 많은 연구자들 사이에서 논쟁거리이다. NFS(Network File System) 과 같이 파일을 공유 할 수 있는 시스템도 분산 시스템의 범주로 볼 수 있고, 이 기종 간의 프로세스의 공유도 분산 시스템으로 볼 수 있기 때문에 어떤 시스템이 분산 시스템인가 아닌가를 판단하는 것은 쉬운 일이 아니다. 그러나, 클라이언트가 서비스를 요청하고 서버가 그 서비스를 제공해주는 클라이언트/서버 모델이 복잡한 분산 시스템을 이해하는 열쇠라는 것에 누구나 동의하게 되었다.

클라이언트/서버 모델은 초기 순수 클라이언트/서버 구조(2-tier Client/Server Architecture)에서 이 기종 서버를 사용할 수 있고 확장성이 용이한 3단계 클라이언트/서버 구조(3-tier Client/Server Architecture)로 발전했다(그림 1). 클라이언트/서버 시스템이 대중적인 컴퓨팅 환경이 되는 데에는 웹과 인터넷이 결정적인 역할을 하였다.



2-Tier Client/Server Architecture



3-Tier Client/Server Architecture  
(그림 1) 클라이언트/서버 구조

#### 3.2. 웹의 영향

MOSAIC으로부터 시작된 웹 서비스는 전 세계인을 인터넷으로 끌어들이는 장본인이다. 이는 단순히 문자로 이루어진 정보 전달 방식에서 그림, 소리등과 같은 멀티미디어로 이루어진 정보를 전달하게 되었다는 의미보다는 수동적인 정보전달 방식에서 능동적인 정보 전달 방식으로의 전환이었다. FTP, TELNET, USENET, GOPHER와 같은 웹 이전의 서비스들은 사용자가 필요한 정보를 찾기 위하여 많은 노력과 시간을 필요로 하였다. Hyper Link 개념이 도입 된 웹 서비스는 정보 제공자에 의해 가공된 정보를 이용하여 필요한 정보에 접근하기 용이하게 되었기 때문에 많은 사람들에게 쉽게 퍼질 수 있었을 뿐만 아니라 제 2의 산업 혁명이라 불리는 정보혁명을 일으켰다.

거의 모든 웹 관련 서비스가 클라이언트/서버 구조를 따르고 있기 때문에 이 시기에 클라이언트/서버 구조에 관한 많은 이론과 기술이 개발되었다.

### 4. 분산 컴퓨팅의 발전

#### 4.1. P2P 컴퓨팅

인터넷과 웹이 창조한 새로운 환경은 알빈 토플러(Alvin Toffler)가 지적했던 정보가 힘을 갖는 사회를 만들었다. 이 이후 정보의 과잉문제가 대두될 정도로 인터넷사용 인구가 폭발적으로 늘어났다.

인터넷 환경을 이끌던 클라이언트/서버 시스템은 웹 서비스의 폭발적인 증가로 인하여 서버 쪽 네트워크와 하드웨어에 많은 부담을 안겨 주었다. 클라이언트/서버 환경은 모든 작업을 서버에 접속하여 수행하기 때문에 네트워크의 대역폭을 늘리고 많은 수의 서버를 작업 분배기(load balancer)로 묶어 서비스를 하더라도 사용자의 요구를 감당하기 어려웠다. 이러한 문제를 완화 시키기 위한 방법으로 대두된 것이 P2P 컴퓨팅 환경이다. P2P 환경에서는 서버는 자원이 있는 위치 정보만 유지하고 실제적인 자원의 공유나 전송은 해당 노드간에 이루어진다. Napster라는 P2P(Peer-to-Peer) 파일 공유프로그램이 일반인들 사이에 널리 퍼져 세상에 알려졌다[4]. [5]에 명시되어 있듯이, P2P는 새로

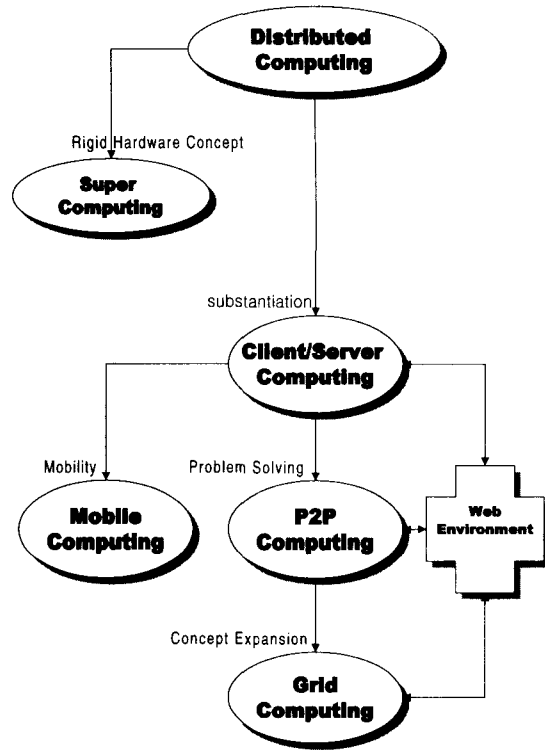
운 개념의 컴퓨팅 환경은 아니다. 그러나, P2P의 등장은 포화상태에 이른 인터넷환경에서 새로운 컴퓨팅 환경의 가능성을 제시해 주었다.

#### 4.2. 그리드 컴퓨팅의 등장

초기 P2P 컴퓨팅은 파일의 공유에서 시작되었으나 저작권 분쟁에 휘말리면서 메신저의 형태로 발전되어 갔다. 그리고 사용자간을 1:1로 연결하던 방식에서 1:n의 다자간 연결 방식으로 변화하면서 동영상 파일과 같이 크기가 큰 파일을 여러 개의 부분으로 쪼개어 다운받을 수 있는 Edonkey, WinMX와 같은 프로그램으로 발전하였다. 그러나, CPU나 다른 컴퓨팅 자원의 공유 없이 단순히 파일만 공유하는 P2P 컴퓨팅 환경은 눈에 띄는 발전을 하지 못하였다. 인터넷에 연결된 컴퓨터들의 파일 공유 이외에 컴퓨팅 파워, 저장장치, 어플리케이션, 데이터등과 같은 자원을 공유할 수 있는 기술의 개발을 진행하기 시작하였는데 이를 그리드라 한다. 그리드 컴퓨팅은 지리적으로 분산된 컴퓨팅 자원을 고속 네트워크로 연결하여 상호 공유 하고 이용 할 수 있는 서비스라 정의 할 수 있다.

#### 4.3. 그리드 컴퓨팅 접근법

분산 컴퓨팅과 그리드 컴퓨팅의 공통점은 여러개의 컴퓨터를 하나로 묶어 커다란 컴퓨팅 파워를 가지는 시스템으로 완성하는데 있다. 그러나, 분산 컴퓨팅은 경직된(rigid) 시스템을 지향한다. 분산 시스템은 이 기종 시스템간의 통합보다는 단일 컴퓨팅 파워와 사용자에게 일관적인 작업의 결과를 보여주는데 초점을 맞추었다. 이 기술이 좀더 경직된 방향으로 흘러 슈퍼 컴퓨팅환경의 초석이 되었고, 좀더 완화된 방향으로 흐르다 인터넷과 결합되어 클라이언트/서버 환경으로 정착되었다. 이후 클라이언트/서버 환경의 서버 부하 문제점을 완화시키기 위하여 P2P 컴퓨팅 환경으로 발전되다가 분산된 파일 자원의 공유 차원을 넘어 분산된 컴퓨팅 자원의 공유를 위해 태어난 것이 그리드 컴퓨팅이다. 그리드 컴퓨팅 환경이란 전기 콘센트에 플러그를 꽂으면 어디서 생산되고 전송되어진 전기인



(그림 3) 컴퓨팅 환경의 변화

가에 상관없이 전기를 공급받을 수 있는 것과 같이 컴퓨팅 자원도 이러한 방식으로 사용할 수 있도록 하는 개념이다. 언급한 컴퓨팅 자원은 메모리, 저장공간, 프로세서들과 같은 하드웨어 자원뿐만 아니라 필요한 정보에 쉽게 접근 할 수 있는 소프트웨어적인 자원을 포괄하는 개념이다.

그리드 컴퓨팅과 비슷한 접근 방식으로 네트워크 컴퓨터(Network Computer)가 일반인에게 소개된 적이 있었으나 서비스의 부재와 느린 네트워크로 인하여 외면당한 적이 있었다. 이러한 예를 통하여 그리드 컴퓨팅의 성공 여부는 시스템의 통합도 중요하지만 환경에 맞는 서비스의 개발도 중요하다는 것을 알 수 있다. 아직 그리드 컴퓨팅이 초기 단계이기 때문에 여러 가지 논란이 있다. 분산 컴퓨팅과 그리드 컴퓨팅의 차이점 및 인터넷 다음 세대로서의 그리드 컴퓨팅 등과 같은 그리드 컴퓨팅에 대한 논지는 [8]에서 그 해답을 찾을 수 있다. 그림 3에 본고에서 바라보는 컴퓨팅 환경의 변화를 요약하여 그려 놓았다.

## 5. 미래 컴퓨팅 환경

### 5.1. 모바일 컴퓨팅

노트북과 PDA와 같은 휴대용 기기의 증가로 인하여 모바일 컴퓨팅 환경이 급속도로 발전하였다. 단순히 바라본다면 기존의 컴퓨팅 환경에서 기기의 이동성만 강조된 측면이 있고, 분산 시스템의 확장형으로 생각할 수도 있다. 그러나, 모바일 컴퓨팅은 무선 통신의 특성으로 인하여 네트워킹 시스템, 운영체제 및 정보 시스템의 근본적인 변화를 요구한다[9]. 대표적인 예로서 IP 주소의 이동성과 무선 통신에 적합한 새로운 보안 정책 등을 들 수 있다.

모바일 컴퓨팅은 현재 기존의 컴퓨터에 비해 상대적으로 열악한 컴퓨팅 파워와 적은 통신 대역폭을 이용하여 서비스를 할 수 있는 기술의 개발과 이동성의 특성을 반영할 수 있는 기술의 개발로 압축되어 있다. 그러나, 휴대용 통신 기기의 성능이 계속적으로 증가하고 있고 무선 통신 대역폭도 빠른 속도로 증가하고 있기 때문에 향후 중요한 컴퓨팅 환경으로 자리 잡을 것이 분명하다.

### 5.2. 홈 네트워킹

컴퓨팅 환경의 또 다른 발전 방향으로서 홈 네트워킹을 꼽을 수 있다. 홈 네트워킹의 기본 개념은 일반적인 가전 기계를 네트워크로 묶어서 부가적인 서비스가 가능하도록 하는 것이다. 예를 들면, 네트워크로 묶인 전자레인지의 요리 정보를 인터넷에 있는 서버로부터 받아와 요리를 할 수 있게 되고, 진공청소기도 네트워크로 묶어서 고장 여부, 필터의 교환 여부를 사용자나 제조자의 서버로 전달 할 수 있게 된다. 이런 환경을 가능하게 하기 위해서는 가전 기계의 네트워크 구성이 필요한데 블루투스(Bluetooth)와 같은 무선 통신을 이용하는 방법과 전력선통신을 이용하는 유선 통신 방법으로 나뉘어 발전하고 있다.

## 6. 결론

본 고에서는 컴퓨터의 역사를 돌아보면서 컴퓨팅 환경이 어떻게 변해 왔는가 고찰해 보고 앞으로의 컴퓨팅 환경에 대하여 논하려 하였다. 여러 컴퓨팅 환경은 시대적인 상황에 따라 변화했지만 근본적으로 변하지 않는 것은 하드웨어의 결합과 소프트웨어의 단일 지향성이었다.

분산되어 있는 여러 자원들을 하나의 시스템처럼 통합하여 강력한 컴퓨팅 자원을 만들고 이 시스템 위에서 동작하는 서비스는 사용자가 자원에 대한 인식없이도 서비스를 받을 수 있도록 시스템을 발전 시켜 나갔다.

비록 네트워크와 같은 외부의 영향에 의하여 컴퓨팅 환경이 변화되었지만 이러한 노력은 계속되어질 것이라 생각한다.

\* 이 논문은 2002년도 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] Hardware Lab, <http://www.hwlab.com/>
- [2] Sape Mullender. "Distributed Syetems," ACM Press, 1989.
- [3] H. Attiya and J. Welch, "Distributed Computing," McGraw-Hill Press, 1994.
- [4] Napster Home Page, <http://www.napster.com>
- [5] Peer-to-Peer Working Group Home Page, <http://www.peer-to-peerwg.org>
- [6] A. S. Tanenbaum and M. V. Steen, "Distributed Syetems Principles and Paradigms", Prentice Hall Press, 2002.
- [7] Edonkey Home Page, <http://www.edonkey2000.com>
- [8] I. Foster, C. Kesselman, and S. Tuecke, "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations," International Journal of Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- [9] T. Imielinski and H. F. Korth, "Mobile Computing," Kluwer Academic Publishers, 1996.

◎ 저자 소개 ◎



**조 성 호**

1988년 3월~1994년 2월 한국외국어대학교 컴퓨터공학과(공학사)  
1995년 3월~1997년 2월 고려대학교 전산학과(이학석사)  
1997년 3월~2000년 2월 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)  
2000년 3월~2001년 2월 (주)MPSCOM 기술개발 이사  
2001년 3월~2002년 8월 천안대학교 정보통신학부 교수  
2002년 9월~현재 : 한신대학교 정보통신학부 교수  
주 관심분야 : 분산 시스템, e러닝 및 웹 시스템 개발, 운영 체제, 모바일 컴퓨팅



**홍 성 찬**

1979년~1982년 고려대학교 통계학과(이학사 )  
1988년~1990년 일본 게이오대학 이공학부 관리공학전공(공학석사)  
1990년~1994년 일본 게이오대학 이공학부 관리공학전공(공학박사)  
1993년~1994년 일본 게이오대학 이공학부 객원 연구원  
1994년~1995년 LG-EDS시스템(주) 컨설팅 부장  
1995년~1996년 상명대학교 정보과학과 전임강사  
현재 한신대학교 정보통신학과 교수  
(사)커머스넷코리아(Commercenet Korea) 연구위원  
전자상거래대상 심사위원, 디지털 전자상거래대상 심사위원장  
(사)지식정보화센터 연구위원  
저서 : 전자상거래관리사, 전자상거래로 비즈니스를 바꿔라, SAP혁명 등 다수  
관심분야 : XML, 인터넷비즈니스, 정보시스템응용( CALS, ERP)



**김 형 교**

1978년 : 서울대학교 전기공학과(공학사)  
1980년 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)  
1993년 : Georgia Institute of Technology  
School of Electrical Eng.(Ph.D.)  
1983년~1985년 : 인덕 대학 전자과 교수  
1993년~1995년 : 한국전자통신연구원 선임연구원  
1995년~1997년 : 상명대학교 정보과학과 교수  
1997년~현재 : 한신대학교 정보통신학과 교수  
관심분야 : DSP, 무선인터넷 응용