

# 교육연구 전산망 구축에 관한 연구

이 장혁 (계명전문대학 무역학과 산학협동교수)



# 제1장 서론

산업사회의 발전은 농업사회, 공업사회를 거쳐 정보화 사회로 이어진다. 산업사회에서 정보화 사회로의 전환은 시대적 요구이며 전세계적 추세이다. 정보화 사회의 중심 산업은 정보산업이며 정보산업은 컴퓨터 및 데이터 통신을 주된 도구로 하여 정보자원을 효율적으로 수집, 가공 처리하여 산업 및 사회전반에 적용, 활용토록 함으로써 생산성과 능률을 극대화시키는 창조적인 제 4 차 산업이라고 할 수 있다.

사람이 사회생활을 시작하면서 가장 먼저 부딪히는 문제가 바로 통신이다. 지리적으로 가까이 있는 사람끼리의 통신은 말이나 글로 손쉽게 이루어 질 수있지만 멀리 떨어져 있으면 좀더 효과적인 방법을 이용하여야한다. 따라서 인간은 통신수단과 통신방법에 관한 연구개발을 계속하여 왔으며, 최근에 이르러 전화, 전보, 텔렉스, 팩시밀리등의 출현으로 통신량의 팽창과 통신시간의 획기적인 단축을 가져왔다.

이러한 통신수단의 실현을 전기전자공학에 의한 제1의 통신혁명이라 한다면 바야흐로 컴퓨터에 의한 제2의 통신혁명이 현재 진행중에 있다고 하겠다.

컴퓨터의 출현으로 인해 정보와 통신의 혁명을 일으키며 정보사회로 발전됨에 따라서 대량의 정보를 정확하고 신속하게 처리하여 사용자에게 제공할 수 있는 컴퓨터 시스템은 사회의 각 분야에서 그 이용이 불가피하게 되었다. 이러한 사회적인 추세에 따라 대학에서도 컴퓨터의 이용은 필수불가결한 것으로 인식되어 가고 있으며, 특히 교육연구 전산망은 정보화 사회 구축의 기반이며 사회 전반의 전산화를 촉진시키는 기본 골격을 제공할 수 있다. 특히, 학술, 교육 기관들로 구성된 교육전산망은 미래를 대비한 고급 인력 양성과 각종 연구 활동의 활성화로 여타의 전산화를 선도해야 할 중요성을 갖는다. 이러한 상황에서 교육전산망의 구축은 미비한 각 대학의 전산 자원을 원격지 전산자원의 공유 활용으로 보완해 주며 전산교육 수혜 환경의 지역차를 상향 표준화 시킬 수 있는 계기를 마련할 수 있는 그리고 추후 구축될 도서 정보 데이터베이스와 학술 정보 데이터베이스를 원거리의 실 사용자 들이 검색할 수 있도록 접속 수단을 제공하고 예견되는 각종 교육행정 기관의 업무정보 송수신을 가능하도록 하여 학술, 연구 활동 및 관련 지원행정 절차를 모두 일원화된 상호 협력, 정보 교환 체제 속에서 효율적으로 처리하고자 하는 시대적 요구임에는 틀림이 없다.

따라서, 본 연구에서는 교육연구 전산망에 관하여 주로 서적 및 보고서를 인용하여 문헌연구를 행하고 국내에서 발표된 각종자료들을 인용하여 교육연구 전산망의 현 실정을 파악함과 동시에 이미 구축되어 있는 선진국의 교육연구 전산망의 현황과 국내 교육연구 전산망 구축으로 인한 기대효과 및 문제점에 관하여 살펴보고자 한다.

## 제 2 장 교육연구 전산망의 개요

### 1. 데이터 통신 시스템의 탄생

1958년 미공군의 반자동 방공망 시스템( SAGE : Semi Automatic Ground Enironment)을 기점으로 하여 미해병의 MTDS(Marine Tectical Data System), 미해군 NTDS(Naval Tectical Data System), 미국방성의 음성통신망, 미국방성의 데이터통신망등의 군사 데이터통신 시스템을 출발점으로 하여, 아메리칸 항공사의 좌석예약 시스템, 공장 제어와, 컴퓨터의 공동이용, 자원공유를 위한 컴퓨터 네트워크등으로 발전을 거듭해오고 있다.

컴퓨터 네트워크란 지리적으로 분산되어 있는 위치에서 상호간에 자원의 공유를 가능하게 하기 위하여 상호 연결된 동질적인 혹은 이질적인 컴퓨터 시스템의 집단을 말한다.<sup>1)</sup>

네트워크의 구성형태로는 중앙집중식인 Star형과 통신선로의 총경로가 가장 짧은 Tree형, 통신선로의 총경로가 가장 길지만, 하나의 경로가 장애시에 다른 경로를 택할 수 있는 장점이 있는 Mesh형으로 공중 데이터통신 네트워크와 사설 네트워크에서 주로 사용된다. 마지막으로 통신회선 장애에 대해서 융통성이 있으며, Local Area Network에서 가장 많이 사용되는 Ring형 등이 대표적인 형태라고 할 수 있다.<sup>2)</sup>

### 2. 교육연구 전산망의 정의

전산망이란 지리적으로 떨어진 여러 컴퓨터를 고속의 통신망을 통하여 연결한 시스템을 일컫는데 교육연구 전산망의 시발점은 1988년 3월 서울대학교가 일본 동경 이과대와 9600bps 전용선으로 Bitnet을 개통하면서 부터였다.

1983년 10월 국가 5대 기간 전산망 구축계획의 일환인 교육 연구전산망이 좀더 효율적인 추진을 위해 교육전산망과 연구전산망으로 이원화 시켜 하부구조를 강화한 후 통합 구축하기로 전산망 조정위원회가 1988년 12월 결정하여 1990년 6월 전국 각도의 국립대학교들을 TCP/IP 프로토콜로 연결하면서 본격적으로 쓰이기 시작한 명칭이다.

교육연구 전산망이란 교육기관, 연구기관, 교육연구 관련 행정기관등에서 보유하고 있는 컴퓨터를 연결하여, 신속하고 광범위한 학술연구 정보의 교환을 가능케 하며, 여러 관련 기관간에 컴퓨터를 공동이용함으로써 이들 기관에 충분한 컴퓨터 자원을 제공하고, 아울러 교육 및 연구 관련 행정업무의 전산화를 추진함으로써, 각급학교 학생들의 컴퓨터 이용 교육을 확대하고, 대학 및 연구소의 연구자간의 학술 및 연구 정보교환을 원활히 하며, 국제적인 연구정보 획득을 신속화할 수 있도록 하여, 정보화 사회에 맞는 인재를 교육하고, 세계적 과학기술 수준의 확보를 위한 연구환경을 구축하기 위한 것이라고 말 할 수 있다.<sup>3)</sup>

1983년 12월 행정망, 금융망, 국방망,公安망, 교육연구망의 5대 국가 기간전산망

기본 계획이 확정되어 1986년 5월에는 전산망 보급확장과 이용촉진에 관한 법률이 공포되었고 1986년 교육부 및 과기처 산하 교육연구전산망 관련 기관 합동회의가 최초로 개최되었다.

1990년 1단계 추진 사업으로 교육전산망의 기간망 구축을 위해 전국 9 개 국립 대학을 9600 bps 전용선으로 연결하는 작업을 시작하여 그해 12월 교육전산망을 준비하는 시범망이 구축되기에 이르렀다.

### 3. 교육연구 전산망 추진 배경 및 목적

#### (1) 교육 연구 전산망 추진 배경

- 1983. 12.        국가기간 전산망 기본 계획 확정
- 1986. 5.        전산망 보급확장과 이용촉진에 관한 법률공포
- 1986. 3. 31.    국립대학교 전자계산소장 협의회
  - 전국대학 교육 연구 전산망 수립을 위한 건의문 작성 문교부 장관께 건의
- 1986. 4. 8.    문교부 및 과기처 산하 교육연구 전산망 관련 기관의 최초 합동회의
- 1986. 4. 24.    교육 연구 전산망 구성을 위한 실무자 회의
  - 전산망 운영규정 초안 확정, 문교부 장관이 위원장이 될 것을 제안.
- 1986. 7. 9.    문교부 산하에 교육 연구 전산망 기획단 실족
  - 교육 연구 전산망 추진방안 제시
  - 대학 중앙전자계산소 설비에 대한 의견서 및 설비투자 소요안 작성
  - 국립대학 전사계산소 조직 확장안 건의
  - 전산망 관련 기본 연구과제 제안
- 1987. 1.        전산망 보급 및 이용에 관한 시행령 공포
- 1987. 5.        전산망 조정위원회 운영규칙 의결
- 1987. 7.        교육 연구 전산망 추진위원회 운영세칙 확정
- 1987. 7. 15.    국가 전산화 확대 회의
- 1987. 7. 23.    교육 연구 전산망 추진위원회 위원 추천
  - 교육망 분과위원회 위원 추천
- 1987. 8.        교육 연구 전산망 구축을 위한 기본 계획 연구
  - 1988. 4.

#### (2) 교육연구 전산망 구축의 목적

컴퓨터 관련 교육 연구 환경의 미래상을 정립하는데 가장 큰 주안점을 두고 있다. 교육연구 전산망은 전국적 또는 국제적인 공동연구 및 연구자간에 온라인으로 정보를

교환하고, 학술 데이터베이스의 분산관리 및 개발을 도모하고, 나아가 타 지역의 컴퓨터 시스템을 온라인으로 연결하여 하드웨어 및 소프트웨어를 공유하고자 하는데 그 목적이 있으며, 교육연구 전산망의 구축으로 인하여 컴퓨터의 원활한 이용환경을 조성하고, 학술 연구 정보교환을 촉진시켜, 효율적인 교육환경을 조성하고 학술연구 생산성을 향상시켜 나아가 국가 경쟁력을 높이고자 한다.

#### 4. 교육연구 전산망의 필요성

1. 전산교육이 보편화되므로 사무자동화 및 공장자동화의 도입에 따라 각급학교, 공공기관, 산업체등에서 컴퓨터 이용 교육이 확산되고 있으며, 모든 국민이 컴퓨터를 쉽게 접근할 수 있게 하는 컴퓨터망이 필요로 하게 되었다.
2. 학술연구에 필요한 정보를 세계의 연구자들과 온라인을 통하여 교류할 수 있고, 또한 외국의 최신 정보의 즉각적인 입수가 가능한 네트워크 시스템이 요구된다.
3. 전국에 산재한 교육 기관에서는 그 지역센터를 중심으로 지역별 컴퓨터 공동이용이 가능하며, 고가의 특수장비나 소프트웨어의 공동이용이 가능하고, 교육 및 연구 관련 데이터베이스의 분산관리와 공동이용이 가능한 전산자원의 효율적 이용을 위해서는 교육연구 전산망이 반드시 구축되어야 한다.

### 제 3 장 교육연구 전산망 구축 기본계획

#### 1. 교육연구 전산망의 기본구상

교육연구 전산망을 구축하는데 있어서 첫째, 교육연구 전산망을 교육연구의 핵심 기반 구조로 육성하여야 한다는 것이다. 따라서 교육망 구축, 도서관망 구축, 학술정보 Database 운영이 필수적이라 하겠다.

둘째, 정보화시대에 발맞추기 위한 최소한의 전산시설을 구비해야 한다. 교수 1인당 단말기 1대, 이공계 대학원생 10인당 1대의 단말기, 이공계 학부생 20인당 1대의 단말기가 준비되어야만 한다.

셋째, 교육연구 전산망을 이용한 컴퓨터 응용체제를 확립하고자 한다. 전자우편, 컴퓨터회의 운영, 하드웨어 및 소프트웨어 공동이용, 각급학교용 프로그램 개발 및 보급, 학술정보관리 시스템 운영등을 목표로 한다.

넷째, 국가수요의 공급기능과 국제교류 기능을 담당하도록 한다. 정보산업의 고급인력 양성 및 공급, 국제적 학문교류, 선도적 연구개발체제 확립, 사회의 컴퓨터 문맹퇴치를 지원한다.

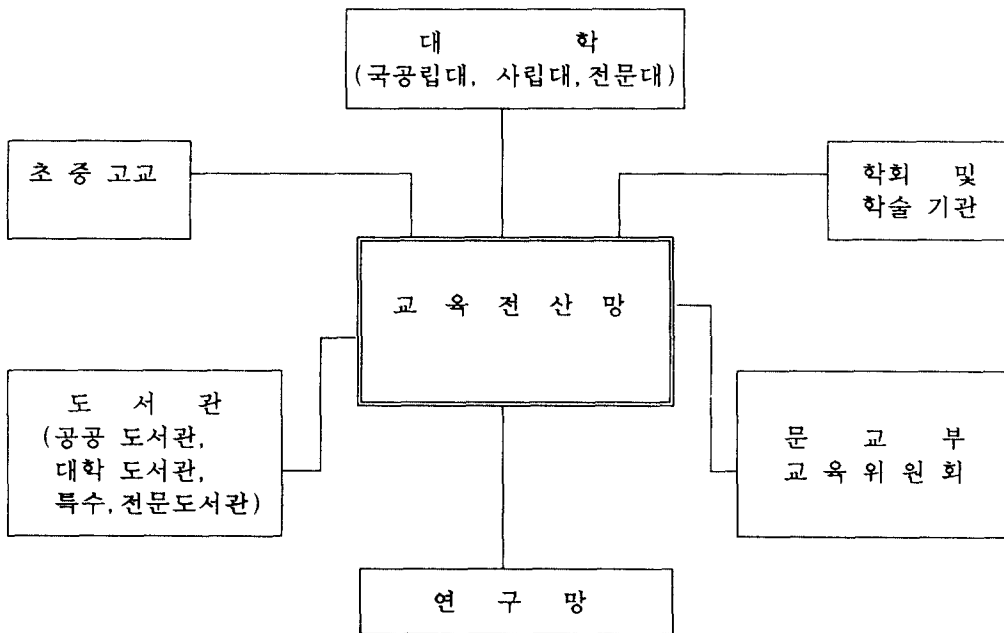
#### 2. 교육연구 전산망의 구성원칙

교육연구망의 구축에 있어, 기술, 조직, 운영등 제반사항은 다음과 같이 구성원칙에 따른다. 4)

- 소프트웨어나 하드웨어는 자체 개발보다는 기존 제품을 최대한 활용한다.
- 외국 전산망과의 호환성이 있어야 한다.
- 전산망 통신비용은 초기에는 국고에서 지원하며 궁극적으로는 수혜자 부담을 원칙으로 한다.
- 교육 연구망 참여기관 자체의 전산 수요는 가능한한 기관 자체적으로 해결하고, 고가의 장비나 데이터베이스등을 공동으로 이용한다.
- 전국을 서울, 중부, 영남, 호남권으로 구분하여 지역센타를 중심으로 계층적으로 구성한다.
- 망의 전송속도나 제공 서비스등은 초기에는 저렴한 것에서 부터 점진적으로 발전 시켜 나간다.
- 학술 정보 데이터베이스의 구축은 관련기관의 독자성을 최대한 보장한다.
- 학술 정보 데이터베이스의 구축시 분야별 중복 투자를 방지할 수 있도록 데이터베이스 구축에 연관되는 기관의 대표로 구성되는 데이터베이스 위원회를 설치한다.

### 3. 교육연구 전산망의 구성요소

교육연구 전산망의 구성에 관하여 살펴보면 다음과 같다.



< 그림 3 - 1 > 교육연구 전산망의 구성요소

#### 4. 교육연구 전산망의 단계적 구성

전국에 분산되어 있는 컴퓨터 시스템들은 다음과 같이 여러 단계의 전산망을 통해 국제 규모의 교육연구 전산망으로 통합한다.

##### (1) 단위 기관 전산망(In-house Network)

단일 건물이나 또는 인접한 지구내의 동일기관에 있는 각종 컴퓨터를 네트워크를 통하여 연결한 컴퓨터 망이다. 지리적으로 인접해있기 때문에 데이터 전송의 거리가 짧고 외부 통신 회선이나 법적제약을 받는 것이 적기 때문에 데이터 전송, 교환에 새로운 방식을 자유롭게 채택할 수 있다. 예를 들면 단일 건물내의 LAN(Local Area Network)이나 한 대학 캠퍼스내의 LAN등이 해당된다.

##### (2) 지역 네트워크(Regional Network)

하나의 시, 도등과 같이 제한된 지역내의 컴퓨터들을 연결하여 형성되는 전산망으로서, 지역 네트워크에 연결된 컴퓨터이다. 네트워크의 형태는 비교적 간단한 Star형 네트워크를 많이 채택하고 있으며, 데이터 전송속도는 빠르지 않아도 좋다. Star형으로 연결된 경우 여러 컴퓨터들이 하나의 중앙 컴퓨터에 연결되며 이 컴퓨터가 위치한 기관이 그 지역의 센타가 된다.

##### (3) 전국 네트워크(National Network)

전국의 각 지역센터를 중심으로 하여 이들을 고속 데이터 전송 회선으로 연결한 것으로 신뢰성 및 통신 장애를 피하기위하여 상호 접속은 복수의 회선에 의해서 행하여지는 것이 좋으나 네트워크의 형태가 복잡해진다는 문제점을 가지고 있다. 각 지역센터를 연결한 통신회선은 전용선을 사용하는 경우가 많다. 단위기관, 지역 및 전국의 3단계 네트워크를 순차 접속하여야 비로소 각 이용자가 전국의 정보자원을 온라인으로 수시로 자기 자리에서 공동 이용할 수 있는 교육 연구 전산망이 구축되는 것이다.

##### (4) 국제 네트워크(International Network)

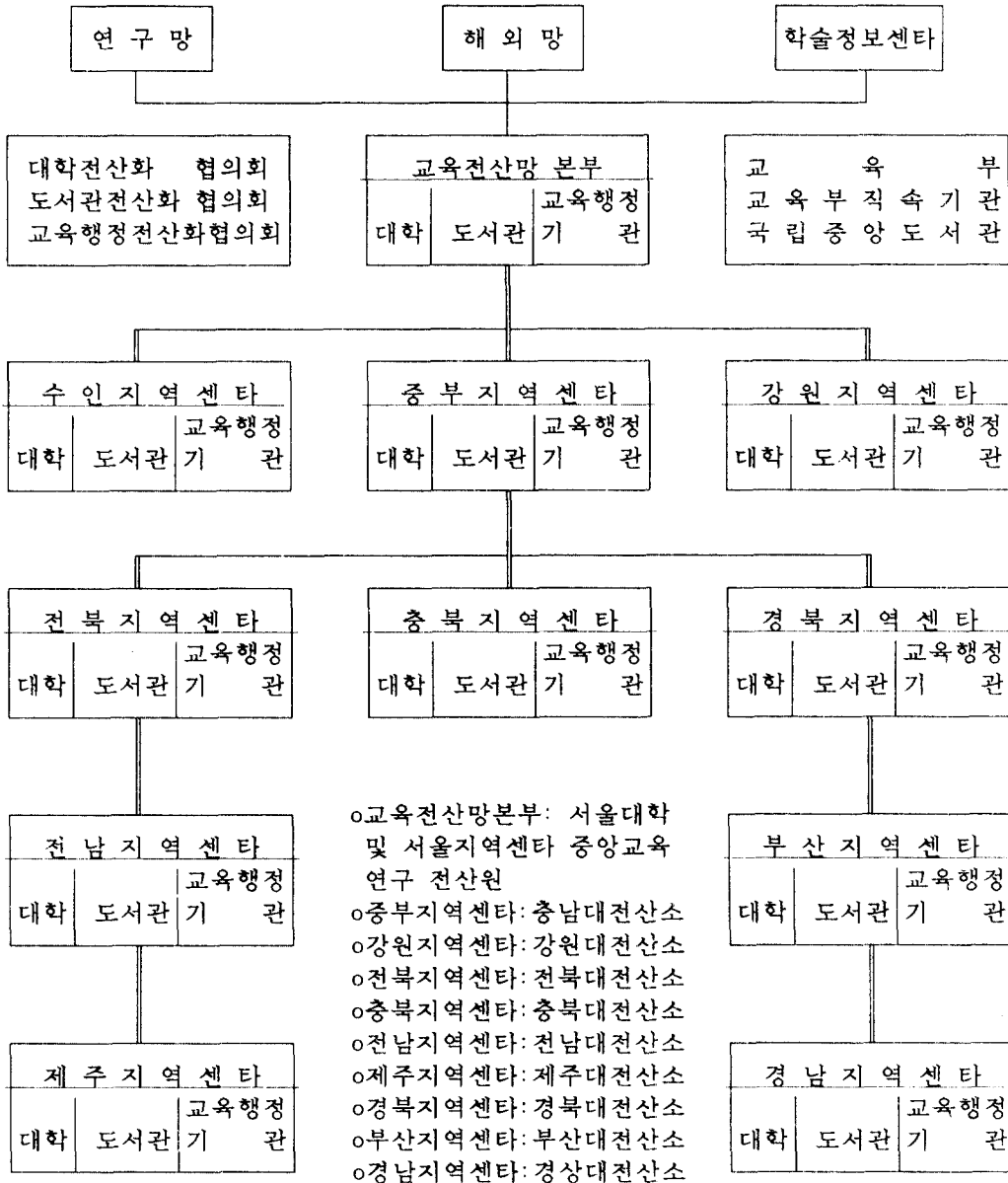
여러개의 국내 네트워크를 국제적으로 접속한 것이다. 일본의 예를 들어 설명하면 국제 네트워크는 다음과 같이 설명될 수 있다. 일본의 디지털 공중 통신망인 DDX 망에 7개 대학의 대형계산기가 연결되었다. 이들의 연결 시기는 동경대학이 1980년 9월, 경도대학이 1980년 7월, 대판대학이 1980년 11월, 구주대학이 1981년 4월이다. 이들이 연결됨으로 전국 7개 대학 대형공동 이용센터들을 연결하는 전국규모의 학술용 컴퓨터



망을 완성한 것으로 DDX는 미국의 국방성 ARPA에 의한 ARPA망의 Subnet에 상응한다.<sup>5)</sup>

ARPA 네트워크가 1969년 서비스를 개시한 것에 비하면 12년이나 뒤늦게 이루어지긴 하였지만 DDX 망에 의한 전국적 학술용 컴퓨터 망을 형성하기 까지에는 국가적인 차원에서 투자와 연구노력이 계속된 것을 지적하지 않을 수 없다.

### 5. 교육연구 전산망의 형태 <sup>6)</sup>



< 그림 3 - 2 > 교육연구 전산망의 형태

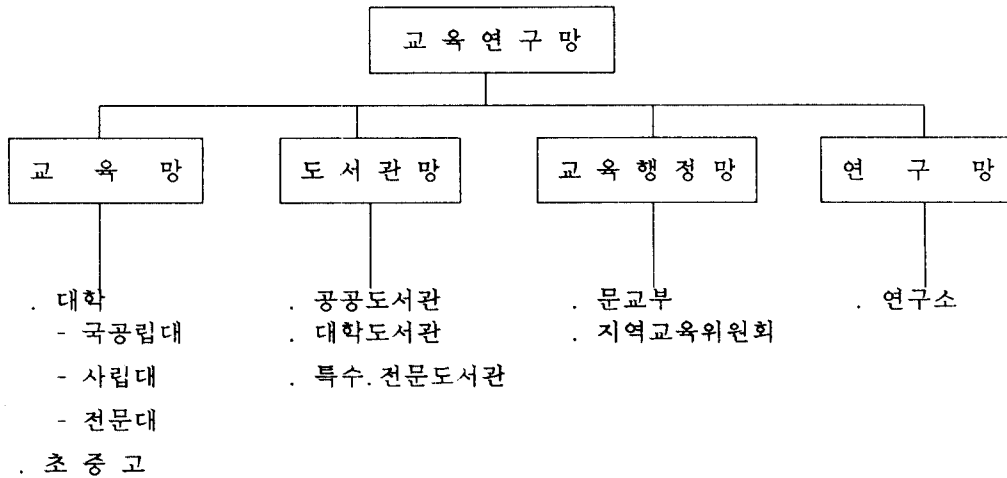
여기에서 교육연구 전산망의 사업별 추진 계획을 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 7)

| 구 분         | 1단계(88-90)   | 2단계(91-92)  | 3단계 (93-94)                       |
|-------------|--|---|-----------------------------------|
| 전산망구축       | 서울. 지역센타간 저속 (9600bps)통신망연결<br>BITNET 연결             | 서울 대전간 고속통신로 (1.5 Mbps) 설치                        | 전국고속통신로 설치                        |
| 서울 지구       | 30여개 노드 연결   | 50여개 노드로 확대                                       | 100여개노드로 확대<br>중고교 시범 연결          |
| 중부 지구       | 10개 노드 연결  | 20개 노드로 확대  | 40여개 노드로 확대                       |
| 전남, 전북      | 10개 노드 연결  | 20개 노드로 확대  | 40여개 노드로 확대                       |
| 경남, 경북      | 10개 노드 연결  | 20개 노드로 확대  | 40여개 노드로 확대                       |
| 수원, 강원      | 5개 노드 연결   | 10개 노드로 확대  | 20여개 노드로 확대                       |
| 프로토콜        | RSCS<br>TCP/IP 연구, 개발<br>ISO/OSI 연구                  | RSCS와 TCP/IP 겸용<br>ISO/OSI 연구                     | ISO/OSI 이용개시                      |
| 기 능         | 전자우편<br>화일전송   | 원격로그인 추가  | 화상, 음성 전송<br>개시                   |
| 기구, 조직      | 교육전산망 본부설립<br>(학술정보센터 설치)<br>(망별협의회 구성)              | -학술정보센터 확장  | 교육전산망 본부와<br>학술정보센터확장<br>및 독립     |
| 연구, 개발      | 한글 utility 개발<br>게이트웨이 연구<br>전산망 이용 및 관리<br>소프트웨어 개발 | 게이트웨이 시범사용<br>Network security 연구<br>화상, 음성 전송 연구 | OSI 프로토콜<br>이행 관련 연구<br>OSI 게이트웨이 |
| 도서관 망       | 3개 도서관 전산화<br>개시<br>DB 설계연구                          | 시범도서관 간 망 구성<br>온라인 목록 서비스 시범<br>운영               | 온라인 목록 서비<br>스 확대                 |
| 교육행정망       | 전산화 계획입안   | 업무전산화 시범도입  | 전산화 사업확대                          |
| 이용 제고<br>방안 | 응용시스템 개발<br>(예: 인명록)                                 | CAI 코스웨어 개발용                                      |                                   |
| 기 타         | 각종 DB 제작 계획<br>수립                                    | 각종 DB 제작  |                                   |

< 표 3 - 1 > 교육연구 전산망의 사업별 추진 계획

## 6. 교육 연구망 관련 기관

교육 연구망은 논리적으로 교육망, 연구망, 도서관망, 교육행정망으로 나눌수 있으며, 이들은 통신량, 통신속도, 통신유형등에 따라 단일통신 회선을 공용하는 통합된 컴퓨터 망으로 구성하거나, 또는 서로 독립된 통신 회선을 사용하고 독립성을 갖는 컴퓨터망을 구성한후 이들을 통합하여 교육연구 전산망을 가능하게 할 수 있다.



< 그림 3 - 3 > 교육연구 전산망의 논리적 구성

### (1) 대학

우선 선행 처리 문제는 각 대학에 적절한 컴퓨터의 보급이 시급하다고 할 수 있다. 그리고 나서 학내 LAN을 설치, 운영하고, Database를 구축하고 DB 검색용 소프트웨어를 개발하여 대학 전산망과의 연결하므로써 대학교육 및 연구환경의 개선을 추구하고자 한다. 국공립대, 사립대, 전문대등이 모두 대상이된다.

### (2) 연구소

연구소는 대학교 연구소간의 연구정보를 교류할 수 있게 하며, 국내외 연구정보의 신속한 입수가 가능해 진다. 한국교육개발원, 정신문화 연구원등 각종 연구소가 대상이다.

### (3) 도서관

도서관 업무의 전산화와 도서관 네트워크를 구축한 다음 교육연구 전산망과 연결하여 국내외 학술 및 일반정보의 전달을 지원한다. 대학도서관, 공공도서관, 특수도서관등을 대상으로 한다.

#### (4) 학술단체

연구인력 관리 및 정보를 제공하고, 연구자료의 제공, 학술 Database 구축을 통하여 학술진흥에 관련된 업무 수행에 도움을 주고자 한다.

여러기관을 대상으로 하는데 대표적인 기관으로는 학회, 학술 진흥 재단, 과학재단, 산학협동기관등을 들 수 있다.

#### (5) 행정기관

교육행정에 관련된 여러 행정 부서를 대상으로 하는데 교육 행정 전산화를 구축하는데 도움을 주고자 한다. 문교부, 중앙교육평가원, 시도교육위원회등이 이에 해당된다. 이들은 각 부서간의 업무처리와 다른 교육연구망 관련기관들과의 업무 처리에 교육 연구망을 활용할 수가 있다.

#### (6) 초.중.고교

궁극적으로는 초.중.고교도 교육연구망에 연결되어 관련정보의 교류, 교육자료의 교환, 자원공유등을 위해 교육연구망을 활용할 수 있다.

초.중.고교를 대상으로 수행될 컴퓨터 관련 교육으로는 컴퓨터 사용교육 확대, 컴퓨터 마인드 확산, 컴퓨터 조기 교육등이 있다.

### 7. 교육연구 전산망의 기능

앞에서 본 바와 같이 교육 전산망은 많은 기능을 제공하고 있다. 여기서는 전산망의 기술적인 입장에서 교육망이 목표로 하는 기본적인 전산망 기능을 살펴보고자 한다.

#### (1) 원거리 접속(Remote Login)

원거리 접속에 필요한 전산망 기능으로서 가상 단말기 기능이 있다. 가상 단말기(Virtual Terminal)란, 실제로는 한 컴퓨터에 접속되어 있지만, 원격의 다른 컴퓨터의 단말기로서 작동되는 것을 말한다.<sup>8)</sup> 예를 들어 VAX 11/780 컴퓨터에 연결된 단말기에 앉아 있는 사용자가 다른 대학의 IBM 3090을 이 컴퓨터에 직접 연결된 단말기에서와 마찬가지로 사용하길 원할때, 그 사용자는 VAX 단말기상에서 전산망을 통하여 원거리 접속을 한다. 그러면 비록 VAX 단말기를 사용하고 있지만 마치 IBM 3090에 직접 연결된 단말기를 사용하고 있는 것과 마찬가지로 된다. 따라서 이 가상 단말기 기능은 상대방 컴퓨터에 직접 연결되어 대화하고 싶을 때 필요불가결한 요소이다. 한 예로 도서목록의 온라인 검색에 이용된다. 교육망도 궁극적으로 이 기능의 구현을 목표로 한다.

## (2) 화일교환(File Transfer)

화일교환이란 데이터가 모여 이루어진 화일이란 단위요소를 전산망에 의해 상대방에게 보내고 아울러 상대방으로부터 받는 것을 말한다. 따라서 전산망을 통하여 정보를 교환하는데 가장 기본적인 기능이다. 이 기능을 이용하면 예를 들어 만일 사용자가 자신이 한 컴퓨터 상에서 편집한 문서를 다른 컴퓨터에 연결된 고성능 프린터로서 인쇄하고 싶을 때 이 문서를 상대컴퓨터에 전산망을 통하여 송신하여 인쇄시킬 수 있다. 즉, 화일을 전송하는 전산망의 기능을 이용한 것이다. 이 기능은 전산망의 기본적인 기능으로 RSCS와 TCP/IP를 포함한 거의 모든 통신프로토콜에 의해 구현된다. 한 예로 연구결과의 교환에 이용될 수 있다. 따라서 이 기능은 교육 전산망의 일차적인 목표이다.

## (3) 전자우편 기능

전자우편(Electronic Mail)이란 한 컴퓨터에서 사용자가 편지나 메모형식으로 된 내용을 전산망을 통하여 상대컴퓨터에 보내어 그 컴퓨터 사용자가 받아보게 하는 것이다. 즉 편지를 우체국이나 우편배달부 대신에 컴퓨터와 전산망을 통하여 상대방에게 전달 하는 것이다. 따라서 즉각적인 정보의 전달이 가능하며, 이 전자우편은 전산망의 기능중 가장 널리 애용되는 것으로 통신량의 90%까지 차지하는 경우도 있다. 이 기능도 교육전산망의 일차적인 목표이다.

전자우편은 RSCS와 TCP/IP를 포함한 많은 통신프로토콜에 의해 구현된다. 전자우편은 전산망상에서 가장 많이 쓰이는 기능으로 예를 들어 공동 연구자가 멀리 떨어져 있을 때 공동 연구중인 과제의 진척사항을 문의할 수 있다. 만일 전자우편을 보냈을 당시 상대방이 출장중이었다면, 돌아온 후 컴퓨터에 보관되어 있는 이 편지를 받아 볼 수 있다. 만일 전화를 사용하면 연락할 수 없었을 것이다.

## (4) 원거리 회의 기능

전산망상의 두개 혹은 그 이상의 노드에 접속(Login)된 사용자간에 서로 대화식으로 짧은 메시지를 주고 받음으로써 원거리회의 (Computer Conferece)를 진행할 수 있다. 두사람(혹은 그 이상)사이에서 단순한 정보를 즉각적으로 교환할 수 있으므로 원거리에 위치한 사용자간의 회의를 효율적으로 지원한다. 이 기능도 교육전산망의 일차적인 목표라고 할 수 있다.

# 제 4 장 교육연구 전산망의 구축으로 인한 기대효과

전산망 설치의 결과로 얻어지는 변화는 크게 다음 세가지를 들 수 있다.<sup>9)</sup>

- 교육환경의 개선

- 구성원간의 정보교환의 용이성
- 계산기, 데이터베이스, 주변기기등의 자원의 공유

이러한 변화는 교육에 여러모로 영향을 미칠 것이다. 이제까지 각 학교는 비교적 독립되어 연구나 교육을 진행해 왔다. 특히, 교육자료는 교재이외에는 거의 교환이나 공유가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 교육 전산망이 교육에 이용될 분야는 다음과 같다.

- 정보교환 및 장비의 공유로 대학의 교육환경이 개선 됨으로써 전국적인 교육의 질적 향상
- 대학간 정보의 원활한 유통으로 교수들이 공동으로 교재를 개발하기가 용이해지며 교육 방법 개선을 위한 상호협력을 효율적으로 함으로서 장기적인 교육의 질적 향상
- 전산망을 통하여 컴퓨터에 관계된 자원을 공유함에 따라 실험 실습의 양적 증가 및 질적 향상
- 컴퓨터를 이용한 교육이 원거리까지 확대가능함. 특히 현재의 방송 통신교육과 같은 형식의 교육이 컴퓨터를 이용함으로써 질적인 향상을 기할 수 있음
- 전 피교육자에 전산교육의 확대로 컴퓨터 이용의 토착화가 가능해진다.

## 1. 연 구

전산망의 설치로 파생되는 연구환경의 변화로는 원거리에 위치한 연구자간에 통신의 편의성, 신속성을 추구할 수 있으며, 연구자료나 정보의 공유 및 교환이 쉬워지며, 연구에 필요한 컴퓨터 관련 자원의 이용이 상당히 확대된다는 것이다. 따라서 교육기관에서의 연구가 활성화되어 공간의 벽을 허물고 국내에서나 국제적으로 연구자 상호간에 교류를 확대함으로써 활발한 연구 수행이 가능하게 된다. 교육 전산망이 이용될 분야는 다음과 같다.

- 국내외의 협동연구의 활성화, 특히 산학연 공동 연구의 촉진
- 연구자료의 공유 및 신속한 교환
- 연구에 필요한 컴퓨터 관련자원의 이용으로 연구수준 향상
- 연구에 필요한 인력, 장비 및 시설등의 연구정보 교환

교육연구 전산망을 연구에 이용하는 한 예로서 교환교수의 연구활동을 생각해보자.

국내 대학의 교수가 박사과정 학생의 연구를 지도하고 있는 도중에 미국의 대학으로 교환교수로 가게 되었다고 하자. 이때 현재의 형편으로는 서로 편지에 의한 의사전달이나 연구지도 내지는 연구진행 보고가 가능하므로 사실상 효율적인 연구수행이 불가능하다. 한편, 교육망과 국제통신망에 의해 서로 통신할 수 있다면 연구에 필요한 상호 정보교환이 임의로워져서 이 박사과정 학생은 계속적해서 지도교수의 지도아래 연구를 진행할 수 있을 것이다.

## 2. 교육 행정

전산망이 교육행정에 미치는 영향은 주로 각 교육기관이나 행정기관사이의 통신을 효율적으로 지원하는 것이다. 현재 각 기관간의 의사전달 수단으로 사용되는 편지나 공문등이 사람에 의해 전달되는 대신에 전산망에 의해 전자적으로 전달될것이다. 따라서 교육 행정에 관해 목적되는 바로는 다음을 들 수 있다.

- 행정사항의 즉각적인 전달
- 보안성의 개선
- 행정업무의 생산성 제고
- 행정업무의 간소화

전산망의 보안성은 다른 방법보다 높아 외국에서는 군사정보도 전산망상에서 교환하고 있다. 교육망이 학사행정에 이용되는 한예로서 문교부와 학교간의 공문수발을 들 수 있다. 만일 문교부에서 각 학교의 지체 부자유자의 상황을 파악하고자 한다면 공문을 각 학교에 하나씩 우송할 필요가 없이, 전산망을 통하여 일시에 각 학교에 전송한다. 그리고 각 학교가 문교부로 회신을 하게 되면 담당자는 그 회신을 처리함과 동시에 컴퓨터상에서 통계처리도 할 수 있게 된다.

## 3. 도서관

도서관업무는 방대한 자료와 많은 이용자를 대상으로 하고 있으므로 정보처리의 신속 정확성은 가장 중요한 요건이다. 따라서 컴퓨터는 도서관에서 가장 효율적으로 이용된다고 볼 수 있다. 그러나 각 도서관은 정보 보유능력에 한계가 있어 한 도서관이 모든 이용자의 요구를 만족시킬 수는 없다. 그러므로 도서관은 도서관끼리 또 사용자는 원거리의 도서관과 연락하여 필요한 도서나 정보를 취득하지 않으면 안된다. 이러한 관점에서 전산망은 다음과 같이 도서관 업무를 지원한다.

- 원거리에 위치한 도서관의 목록을 온라인으로 검색
- 도서관간의 상호 도서 임차(Interlibrary Loan)
- 도서관간의 도서 정보 교환

예를 들어, 한 대학의 대학원생이 연구에 필요한 전문서적을 자기학교 도서관에서 구할 수 없다고 하자 그러면, 교육망을 통하여 다른 어떤 대학에 있는 것을 알아내어 자기학교 도서관에 상호도서 임차를 신청한다. 그 도서관에서는 상대 도서관에 그 서적을 임대해 줄것을 교육망을 통하여 요청하여, 우송받을 수 있다. 만일 Full Text 데이터베이스가 사용된다면 서적을 빌려올 필요없이 이 대학원생은 전산망을 통하여 상대 도서관의 데이터베이스에 접근하여 필요한 책의 필요한 부분만을 자기 터미널에 앉아서 읽어 볼 수 있을 것이다.

#### 4. 자원공유

컴퓨터 관련 자원은 다양하고 대개 값이 비싸므로 모든 기관이나 개인이 보유하기란 불가능하다. 하지만 대학 구성원은 개인의 특성에 따라 다양한 계산기능을 요구한다. 예를 들어 물리학이나 공학분야에서 방대한 계산을 요하는 일은 수퍼 컴퓨터와 같이 고성능의 계산능력을 가진 컴퓨터를 원할 것이다.

또 자기소속 대학에서 보유하고 있지 않은 소프트웨어를 사용할 필요도 있을 것이다. 이때 현재의 실정으로는 이러한 자원이 위치한 곳까지 가서 사용해야하는 불편한 점이 있다. 따라서 전산망은 다음의 목적을 달성시킨다.

- 다양한 소프트웨어, 고성능 계산 하드웨어, 프린터등의 자원공유
- 모든 전산망 가입자에 균등한 기회 부여

#### 5. 공익 전문 정보 제공

교육기관에서 보유하는 지식중 일반인에게 유용한 자료는 적지않다. 예를 들어, 의료정보, 법률정보, 교육정보 등이 있을 수 있다. 따라서, 교육망은 이러한 전문정보를 제공하는데 사용될 수 있다.

종합적으로 크게 나누어 살펴보면 교육연구 전산망의 기대효과는 다음과 같다.

- 첫째, 정보의 신속한 전달로 지리적 원근감을 해소시키고, 타지역의 자원을 손쉽게 이용 가능해지므로 전산교육 수준의 지역간 평준화가 가능해진다.
- 둘째, 컴퓨터를 이용한 대학교육 효과의 증대로 국가가 필요로 하는 고급인력의 원활한 수급 및 정보화 시대에 대비할 수 있다.
- 셋째, 범 학문적 발전의 원동력이 되는 교육 연구용 소프트웨어 개발 및 보급, 컴퓨터 및 PC의 생활 도구화 한다.
- 넷째, 연구 환경의 개선으로 학술정보의 신속한 전달과 도서 및 학술 논문등의 학술 정보교환 체제를 확립할 수 있으며, 타기관이 보유한 고가의 컴퓨터를 원거리에서 이용이 가능해 진다.
- 다섯째, 국제 학술전산망에 가입함으로써 국제 연구 협력체제를 수립한다.
- 여섯째, 교육환경의 개선으로 컴퓨터를 이용한 교육으로 도시와 농촌간의 교육 기회를 균등하게 부여할 수 있으며, 컴퓨터 지원학습(CAI)을 이용한 개인 능력별 교육이 가능하여 전산교육의 보편화를 추구할 수 있다.
- 일곱째, 컴퓨터 자원의 공유로 이용 효율의 극대화과 데이터 베이스의 공동이용이 가능해지므로, 중복투자를 막을 수 있다.



## 제 5 장 국내·외 교육연구 전산망의 현황

### 1. 대표적인 외국 교육연구 전산망

#### (1) BITNET

대학간의 정보교환을 적은 비용으로 손쉽게 구현시킬 목적으로 1981년 뉴욕 시 대학(City University of New York)을 중심으로 시작된 전산망이 BITNET이다. 미국내 뿐만 아니라 세계 여러 대학과 기관을 연결하는 전산망으로 발전해오고 있다.

주로 대학이 연결되고 있지만 그외 비영리 단체들도 망에 연결될 수 있으며, BITNET은 관리의 편의를 위하여 임의의 두 노드사이에 유일한 경로만 존재하는 Tree 형태의 구조를 갖는다.

BITNET에 포함되어 있는 컴퓨터들은 9600BPS 기능의 전용회선으로 상호 연결되어 있어서 전송속도도 빠르고 신뢰도도 높다고 할 수 있다. 그러나 두 노드간의 경로가 하나밖에 존재하지 않고 전체적인 망 관리 시스템이 따로 존재하지 않기 때문에 전송 경로상에 문제가 발생하면 신뢰도도 떨어지고 처리 속도가 상당히 지연될 수 있다는 단점이 있다. 그러나 1987년 6월 기준으로 20여개국 400여 대학과 연구소 1,700여 컴퓨터가 이 정보망에 상호 접속되어 있으며, 국제적으로 유명한 네트워크인 ARPANET, CSNET, MAILNET, UUCPNET등과 접속되어 있는 네트워크로서, 대학간 정보망으로는 세계 최대 규모라고 할 수 있다.<sup>10)</sup> 현재 제공하는 기능으로는 전자우편, 화일전송, 대화식 메세지, 대화식 Login, 화일공유, 데이터베이스 검색, 원격 작업 처리등을 제공하고 있다.

#### (2) CSNET

컴퓨터 과학 분야에 관련된 사람들이 상호 협력함으로써 연구와 첨단기술 개발을 촉진시킨다는 목적으로, 1979년 미 위스칸신 대학에서 전미의 컴퓨터 학과를 연결하는 전산망을 제안했고, 이를 1981년 미 국립 과학재단이 받아들여 5년간 500만\$를 들여 구축한 전산망이다.<sup>11)</sup>

초기에는 컴퓨터 관련 학과가 가입하였으나, 이제는 컴퓨터 관련 연구나 과학, 혹은 기술분야에서 첨단 기술을 개발하는 기관들은 모두 가입하고 있으며, 각 하부 네트워크는 각기 사용하는 프로토콜과 망의 형태가 각기 다르다는 특징을 갖고 있다.

망의 규모는 4개 대륙의 10여개 나라에 약 180개의 호스트를 연결하고 있으며, 전자우편, 원격 Login, 화일 전송등의 기능을 제공하고 있다.

#### (3) N-1

1973년 동경대 컴퓨터 센터에서 계획을 세우고, 일본 문부성의 과학연구비를 지원받아 동경대, 경도대, 동북대 컴퓨터 센터와 일본 전신 전화공사, 일본 3대 컴퓨터 제조 회사(Hitachi, Fujitsu, NEC)등 7개 단체가 이 프로젝트에 참여하여 일본내 4대 컴퓨

터 회사에서 생산된 컴퓨터를 위해서 적당한 프로토콜을 채택하고, 일본내 여러 사용자들이 수퍼 컴퓨터와 데이터를 공유할 수 있도록 만든 네트워크이다.<sup>12)</sup>

컴퓨터를 보유하고 있는 대학 또는 기관은 모두 이 망을 사용할 수 있으며, 이 네트워크는 서로 다른 기종을 연결시킨 것이고, 원격 Login 기능을 제공하는 것이기 때문에 복잡한 프로토콜을 가지고 있으며, 전송속도는 매우 높은 편으로 보통 48K BPS로 신뢰도 또한 매우 높은 편이다.

N-1 네트워크가 제공하는 기능으로는 원격작업 처리와 데이터 베이스 검색, 전자우편등이 있다.

## 2. 국내 교육연구 전산망 현황

정부의 국가기간 전산망 구축 계획에 의해 현재 여러기관에서 그 연구와 작업이 진행중에 있기는 하지만, 하나의 예로 국내대학의 전자계산소 시설은 앞에서 말한바와 같이 취약한 컴퓨터시설과 대학내 전산망의 미비와 이공계에 한정된 부분적 장비지원등으로 대학의 교육 연구 기능을 수행하기란 매우 취약한 실정이다.

현재 과기처 총괄로 과기원에서 부분적인 추진에 그치고 있으므로, 한마디로 말해서 국내 교육연구 전산망은 아직 미비한 단계라고 밖에 말 할 수 없다.

그러나 외국의 대학교 전자계산소는 학습 교육 개혁의 핵심기능을 담당하고 있으며, 단일기종에서 다양한 기종으로 추가운영하고 있으며, Operating System을 강조하던 형태에서 Telecommunication에 중점을 두고 있고, 과거의 중앙집중식 발전방향으로부터 분산연계식 전산망의 확장으로, 또 대학내 전자계산기능을 대학간 전자계산 공유기능, 대학과 개인 시설의 연계를 통하여 이공계 계산지원 기능에서 범 학문적 교육 연구개혁 기능으로까지 그 성격이 바뀌어져 가는 추세에 있다.

## 제 6 장 문제점

교육 전산망은 국내 교육기관, 정부기관, 국가기관등을 지원하는 연구기관의 컴퓨터를 전용회선으로 연결시켜 학술, 연구정보의 효과적인 교환을 위한 전산망으로 국내 각 지역에 소재한 국립대학교를 연결한 근간망과 각 국립대학교와 그 지역 내의 교육망을 연결한 서브 네트워크로 구성되어 국외의 Binet 과 Internet으로 연결이 된다. 그러나 국내 교육연구 전산망의 몇가지 문제점이 발견되고 있다.

첫째, 가장 먼저 빈약한 기본환경을 들 수 있다. Main Computer의 용량 및 PC의 보급대수의 불충분을 들 수 있다. 그리고 아직 국내 각 대학내 LAN 구축 미비한 실정이며, 특히 교육연구 전산망을 위한 망 전담 인력이 없거나, 부족하다는 점이다.

둘째, 현재의 장비는 일부 학사과정의 프로그램 언어 교육지원에 거의 운용되고 있어, 학술정보 및 Software Package제공이 불가능하며, Network형성이 안되어 DATA통신을 통한 최신 정보입수와 분배 응용이 불가능한 실정이다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여는 우선 1차적으로 장비 보완이 이루어져야 한다고 생각한다.

셋째, 기술적인 문제로 프로토콜의 경로선택 기능 강화 및 자체 결함을 얼마나 제거할 수 있느냐 하는 문제와 교육연구 전산망이 구축이 된다고 하더라도, 각종 데이터 베이스의 구축 및 제공이 얼마만큼 지원해줄 수 있는가 하는 문제가 대두된다.

네째, Network상의 보안문제이다. 물론 Network의 보안을 위해 물리적 특성 이용 즉, 성문, 지문, 필체 등의 감별, 사용 가능한 사람들의 한정, 전화번호의 수시변경, 시스템에 의한 터미날 식별, 시스템에 의한 이용자 식별 즉 Password와 Identification Code를 사용하여 외부 침입자를 막을 수는 있게지만, 완벽한 보안장치 및 기법에 대한 대책은 영원한 과제라고 할 수 있다.

하나의 데이터/컴퓨터 통신 시스템에서 원격되어 있는 통신 실체 간에 불완전한 매체를 통하여 확실한 통신을 달성할 수 있도록 해 주는 일련의 절차나 규범을 프로토콜(protocol)<sup>13)</sup>이라고 말하는데, 지금까지 확정된 교육 전산망에 사용되는 통신 프로토콜은 RSCS(Remote Spooling Communications Subsystem) 프로토콜을 이용하는 Bitnet 망과 TCP/IP 프로토콜을 UNIX 운영체제에 탑재하여 이용하는 Internet망의 두가지 방식을 이용한다.

다양한 종류의 컴퓨터 네트워크를 구성하는데 있어서 가장 큰 문제는 이질적인(다른 제작자나 혹은 동일 제작자의 다른) 기종들간의 통신이다. 이질적인 기종들은 서로 다른 데이터 표현 형식과 데이터 교환방식을 사용하므로, 이들간의 통신에는 새로운 통신 소프트웨어를 개발해야 하는 문제가 발생한다.

통신망이 방대해짐에 따라 망 관리 측면에서의 동종(Homogeneous)의 망을 관리하는 것 보다 이종(Heterogeneous)의 망을 관리하는 것이 더욱 복잡하다. 이종의 망 및 통신 장비를 관리하고자 하는 통신 요소를 나타내는 관리 정보 조차 공유되지 못하기 때문에 이를 해결하기 위하여 망 관리에 필요한 표준화된 망 관리 프로토콜의 필요성이 강조되며, 해외망과의 연동 문제도 간단하게 생각할 수는 없는 문제이다.

## 제 7 장 결 론

대학의 특징은 전통의 보존과 새로운 문화의 개발에 있다. 그러므로 대학은 이 상반된 개념에서 끊임없이 중용을 유지해 왔으나, 현대의 급진적인 발전은 대학 문화도 문명의 정보화 시대에 적응 하여야만 되게 되었다.

본 교육 연구 전산망 구축을 위한 기본 계획은 교육연구 환경의 취약성을 보완하고, 컴퓨터의 기능을 전산응용교육과 연구의 부분적 지원 기능으로 부터 교육연구의 전반적이고 핵심적인 기능으로 확대 육성시킬 것을 지향한다. 이를 위하여

- 낙후된 전산시설의 보완을 위한 일차적인 투자
- 교육연구 전산망 구축을 위한 연구개발 투자의 확대
- 교육연구 전산망 본부와 지역센터를 중심으로한 기본 골격의 조속한 구축

○ 교육연구 전산망을 이용한 학술정보 유통체제의 확립등이 추진되어야 한다.

교육연구 전산망을 종합적으로 살펴보면,

첫째, 정보화 사회에서는 정보가 중요한 자원으로 정보의 효율적인 생산과 분배가 국가 경제를 좌우한다. 그리고 국민의 컴퓨터 이용 능력이 국가경쟁력의 척도가 되며, 또한 컴퓨터 이용의 확대는 세계적 추세에 있다. 따라서 전국민의 컴퓨터 이용 확대로 국가 경쟁력을 높이고자 한다.

둘째, 국제적 경쟁력이 있는 교육 및 연구 환경을 구축하기 위해서는 국내의 교육 및 연구자원을 쉽게 공동 이용하고, 교육 및 연구 정보를 신속히 전달할 수 있어야 하며, 또한 외국의 최신 정보를 즉각적으로 입수하고, 국내외 교육자, 연구자들과 컴퓨터를 이용하여 온라인으로 정보 및 의견 교환을 할때 연구력이 향상 될 것이다.

셋째, 정보화 사회로의 진입과 정보산업의 발전이 국가간의 경제사회적 경쟁에 큰 비중을 차지하므로 교육연구 전산망 활용으로 정보화 사회의 기반이 조성된다.

넷째, 과거에 실험실에서 행해지던 실험을 컴퓨터에 의한 모의실험으로 대체하며, 앞으로는 교육분야에서 컴퓨터가 주 전달 시스템으로 등장하여 컴퓨터를 이용한 학습이나 강의가 주류를 이루게 될 것이다.

1.544Mbps 속도의 전산망으로 연결하고, 이제는 각종 화상 정보등 막대한 양의 데이터 처리까지 효과적으로 할 수 있도록 Gbps 속도로의 야심적인 도전을 하고 있는 미국 등 선진 각국과 비교해 볼때 우리나라의 전산망 구축 단계는 아직 시작 단계에 지나지 않지만 그렇기 때문에 더더욱 우리의 노력을 경주하지 않으면 안될 것이다.

교육연구 전산망은 추후 국내 정보 산업을 이끌어 나아가 인재를 양성하여 국가 발전의 기반을 조성하는 작업인 만큼 계속 보완, 개선하여 높은 안전성과 신뢰도를 보장하고 다양한 기능을 제공할 수 있는 고기능 전산망구축과 더불어 그 이용 효율을 극대화하는데 전력을 다할때 비로소 완벽한 교육연구 전산망을 이룩하게 될 것이다.

## 각 주

- 1) 김 동규, 컴퓨터 통신 네트워크, 상조사, 서울, 1987, p.14.
- 2) 총무처 정부전자계산소, COMPUTER NETWORK 과정, 서울, p.43.
- 3) 교육부, TCP/IP 관련 망관리 시스템 구현에 관한 연구, 서울, P.2.
- 4) 문교부, 교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구, 1988.4, p.271.
- 5) 김 동규, 데이터통신시스템, 회중당, 서울, 1983, p.120.
- 6) 전산망조정위원회, 교육분과위원회, 국가기관전산망 기본계획, 1992.7, p.53.
- 7) 문교부, 교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구, 1988.4, p.15.
- 8) 서울대학교, 국산주전산기 활용에 관한 연구, 1993.3, p.16.
- 9) 교육부, 교육전산 시범망 구축에 관한 연구, 1991, pp.3-5.
- 10) 문교부, 교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구, 1988.4, pp.147-149.
- 11) 문교부, 교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구, 1988.4, pp.150-153.
- 12) 문교부, 교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구, 1988.4, pp.192-195.
- 13) 김 동규, 컴퓨터 통신 네트워크, 상조사, 서울, 1987, p.49.

## 참고 문헌

- 김 동 규, 컴퓨터 통신 네트워크, 상조사, 서울, 1987.
- 정 진 옥, 변 옥환, 데이터 통신과 컴퓨터 네트워크, ohm사, 서울, 1983.
- 교육부, "교육전산 시범망 구축에 관한 연구", 서울대학교 중앙교육연구전산원, 1991.
- 교육부, "TCP/IP관련 망관리 시스템 구현에 관한 연구", 서울대학교 중앙교육연구전산원, 1992.
- 문교부, "교육연구 전산망 구축을 위한 기본계획 연구", 서울대학교 전자계산소, 1988.
- 서울대학교, "국산주전산기 활용에 관한연구", 서울대학교 중앙교육연구전산원, 1993.
- 서울대학교 전자계산소, "서울대학교 전자계산소 장기발전 계획에 관한 연구", 1986.
- 장 성인, "ISO OSI 참조 모형의 구현", 아주대학교, 산업대학원 석사학위논문, 1987.
- 전산망 조정 위원회. 교육전산망분과위원회, "국가기간 전산망 기본계획", 1992.
- 총무처 정부전자계산소, "COMPUTER NETWORK 課程", 서울, 1988.
- 한국 전산원, "국가 기간 전산망 감리 지침서", 1989.
- Chou, W. et al, Computer Communication Network, Prentice-Hall. 1983.
- Davies, D.W. et al, Computer Networks and Their Protocols, John Wiley and Sons, 1980.
- Green, P., "An Introduction to Network Architectures and Protocols", IEEE TOC, 1980.