

## TICOM 구조 및 성능

朴 鑛 元, 千 柳 植

韓國電子通信研究所 行政電算網主電算機開發本部

TICOM은 국내에서 독자적으로 설계, 개발한 슈퍼미니급 컴퓨터 시스템이다. TICOM은 다중프로세서 구조에 UNIX를 기반으로 한 다중처리용 운영체제를 갖고 있다.

본 고는 한국전자통신연구소에서 개발한 행정전산망 주전산기 TICOM의 설계 개념, 시스템 구조와 특성을 살펴보고 시스템 성능에 대해 서술한다.

### I. 개 요

TICOM은 행정전산망 주전산기로 사용하기 위하여 1987년 6월부터 1991년 7월까지 4년에 걸쳐 주관 연구기관인 한국전자통신연구소를 중심으로 금성사, 대우통신, 삼성전자, 현대전자 등 4개 기업과 공동으로 총예산 335억원, 연인원 932명이 투입되어 개발되었다.

TICOM은 대칭형 다중프로세서 시스템(symmetric multiprocessor system) 구조를 가지고 있으며 도입기종(톨러런트사의 Eternity 시스템)은 물론 다른 시스템과의 호환성을 높이기 위하여 UNIX를 운영체제로 채택하였다.

TICOM에는 컴퓨터 통신, 데이터베이스 관리, 시스템 운용 관리, 온라인 처리, 트랜잭션 처리 등을 지원해주는 소프트웨어들을 탑재하여 TICOM이 행정전산망에 투입되어 사용될 때 불편이 없도록 하였다.

TICOM은 상용 마이크로 프로세서의 하나인 MC68030을 최대 20개까지 탑재하여 시스템의 전체 성능이 최대 80 MIPS(million instructions per second)가 되도록 설계, 개발되었다. TICOM이 행정전산망에 투입되면 많은 작업이 온라인으로 처리될 것으로 예측되는 바, 온라인 트랜잭션 처리 속도는 최소 8TPS(transactions per second)가 되도록 하였다.

본 고는 TICOM 개발이 완료된 시점에서 TICOM에 대해 정리해 보는 의미로 II장에서 TICOM의 설계 개념, III장에서 TICOM의 구조를 하드웨어, 시스템 소프트웨어, 응용 소프트웨어 부분으로 나누어 살펴보고, IV장에서 시스템 성능을 간략히 서술하며 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

### II. TICOM 설계 개념

TICOM은 국내에서 독자적인 설계에 의해 개발된 범용 슈퍼미니급 컴퓨터로서 행정전산망에 주전산기로 사용될 것이다. 따라서 TICOM을 주로 사용할 한국데이터통신(주)로 하여금 그들이 원하는 요구사항을 제시하게 하여 이를 토대로 주관 연구기관인 한국전자통신연구소에서 설정한 1990년대 초반에 시장 경쟁력을 갖기 위해 갖추어야 할 요구사항과 종합해서 다음과 같은 개괄적인 요구사항을 설정했다.

- 확장성과 유연성이 높은 시스템 구조
- 산업표준, 운영체제 사용으로 프로그램 이식성 확대
- 우수한 프로그램 개발 환경 제공
- 다양한 통신 프로토콜 지원으로 기존 컴퓨터 통신망들과의 접속
- 대용량 자료를 효율적으로 처리 및 관리
- 강력한 온라인 트랜잭션 처리 지원
- 표준 한글 코드 체계에 따른 한글 처리 지원
- 사용하기 쉬운 운영관리 환경 제공

TICOM에 대한 사용자 요구사항을 설정할 때 사용자라 함은 TICOM을 사용, 판매, 운용 및 유지보수를 담당할 사람을 의미하며 구체적으로 응용 프로그램 개발자, 시스템 관리자(administrator) 및 운용자(operator),

그리고 대고객 서비스 담당자(customer engineer)들을 의미한다.

위에서 서술한 개괄적인 요구사항은 다시 분야별 상세 요구사항으로 구성되어 있으나 TICOM 개발자의 입장에서는 구체적으로 사용자가 무엇을 원하는가 명확하지 않은 경우가 있다. 따라서 TICOM 개발팀은 -주로 주전산기 시스템 연구 담당자-사용자가 제시한 일부 불분명한 요구사항을 사용자의 관점에서 명확하고 자세히 정리하여 "TICOM 사용자 요구사항 정의서"를 작성하였다. 사용자 요구사항을 분석하여 TICOM이 갖추어야 할 기능, 성능 및 구조를 제시하고 이를 실현하기 위하여 구체적으로 TICOM을 어떠한 모습으로 설계해야 하는가를 결정하기 위하여 다음과 같은 시스템 설계 개념을 채택하였다.

#### 1) 국제표준 수용

각종 기기나 타 시스템과의 접속 및 응용 프로그램의 수행을 위해서 가능한 한 최대한의 국제 표준을 수용한다. 하드웨어 분야에서 표준화된 입출력 버스의 VME 버스, 운영체제 분야에서 AT&T 표준 규격인 SVID Issue 2에서 상한 규격을 만족하는 OS, 컴퓨터 통신 분야에서 OSI 프로토콜, LAN 및 WAN 관련 표준 프로토콜, 프로그래밍 분야에서 C(Kernighan & Ritchie C) 및 FORTRAN(ISO1539)등을 제공한다. 그리고 DBMS 분야에서 SQL, ESQ(X/OPEN, ISO)을 제공한다.

#### 2) 중앙 처리 장치에 상용 마이크로칩 사용

TICOM은 성능이 슈퍼미니급 이상이며 저가의 상용 마이크로 프로세서를 중앙 처리 장치로 채택하여 다양한 사용자 요구에 맞는 시스템 구성이 용이하도록 한다. 중앙 처리 장치는 시스템의 성능에 크게 영향을 미치는 부분이다.

TICOM은 설계 당시 여러 마이크로 프로세서의 성능을 비교 검토한 후 MC68030을 선정하였으며, 이는 외부구입의 용이성, 주변회로, 개발도구 및 환경, 연구소의 기술개발 축적 환경 등을 고려하여 결정한 것이다.

#### 3) 밀결합 다중처리 구조 채택

반도체 기술의 지속적인 발전에 따라 프로세서 가격이 하락하게 되었다. 이에 따라 여러개의 값싼 프로세서들이 이용하여 고성능 컴퓨터를 설계, 개발하는 기술이 발전하게 되었다. TICOM은 이러한 기술 추세를 감안하여 시스템의 효율을 최대한 높일 수 있는 밀결합 다중프로세서 구조를 채택하고, 다중처리 기능을 지원해 주는 운영체제 및 유틸리티를 탑재하여 동적인 부하 균등 분배가 가능하도록 하였다.<sup>11)</sup>

#### 4) 시스템 확장성 고려

사용자의 다양한 요구에 따라 시스템의 성능 확장을 용이하게 할 수 있도록 하였다. 즉, 소프트웨어의 변경 없이 단지 시스템 보드(CPU, memory, IOP 보드)를 추가하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있게 하였다. 이는 TICOM의 밀결합 다중프로세서 구조가 갖는 특징중의 하나이다. 또한 산업 표준인 VME 버스와 Ethernet 인터페이스를 채택하여 다양한 주변기기를 연결할 수 있게 함으로써 시스템을 쉽게 확장할 수 있게 하였다.

#### 5) 운영체제 수준의 트랜잭션 처리 지원

행정전산망 주전산기 I(톨러런트사의 Eternity 시스템)과 주전산기 II(TICOM)간의 호환성을 높이기 위해 Eternity 시스템에 탑재된 운영체제 수준의 트랜잭션 처리기능을 TICOM에서도 제공한다.

이를 위하여 UNIX system V Rel. 3.1을 기본으로 한 AT&T사의 SVID를 만족하는 범위내에서 Eternity 시스템과 기능적으로 동등한 트랜잭션 처리 기능을 추가하고, TX-CISAM을 사용할 수 있도록 하였다.

#### 6) 프로그래밍 언어 및 한글처리 지원

사용자가 응용 프로그램을 쉽게 작성하도록 C, FORTRAN, COBOL, PASCAL, Common LISP 등의 프로그래밍 언어를 제공하며 이중 COBOL은 제3자가 공급하도록 추진하였다. UNIX 커널 뿐만 아니라 DBMS, C 컴파일러, 각종 명령어 및 라이브러리에까지 한글(KSC5601-1987)처리 기능을 부여하여 일반 사용자나 응용 프로그래머들이 한글을 영문과 마찬가지로 쉽게 처리할 수 있도록 하였다.

#### 7) 관계 DBMS 지원

대량의 자료를 처리하거나 자료의 무결성을 유지하며 온라인으로 처리하기 위해서는 DBMS의 사용이 필수 불가결하다. 행정전산망을 이용한 업무처리중 많은 부분이 온라인 트랜잭션 처리에 해당하므로 이러한 형태의 자료처리에 적합한 관계 DBMS를 사용할 수 있게 하였다. 관계 DBMS는 대량의 데이터베이스를 효율적으로 처리하도록 UNIX 화일시스템을 사용하지 않고 독자적인 자료 저장 관리 시스템을 사용하여 보다 완성된 한글 자료처리 기능을 제공한다.

#### 8) 컴퓨터 통신 시스템 지원

주전산기 사이의 원활한 정보 교환과 자원을 공유할 수 있도록 TICOM에 근거리 통신망과 원거리 통신망을 접속할 수 있게 하며, OSI 참조 모델에 따르는 프로토콜 구조를 기본으로 한 응용 서비스들을 제공한다. 그밖에 SNA 프로토콜을 제3자 공급자를 통해 제공하여

IBM 컴퓨터와 연결할 수 있게 하고, TCP/IP 프로토콜에 의한 컴퓨터 통신 서비스 제공 및 이 계통의 응용 프로그램도 제공한다.

TICOM은 상기한 바와 같은 시스템 설계 개념에 따라 하드웨어, 운영체제, 프로그래밍 언어, 트랜잭션 처리 운영체제, 관계 데이터베이스 관리 체제, 컴퓨터 통신, 운용관리 등 7개 서브시스템에 대한 설계를 수행하고 각 서브시스템들을 다시 차하위 구조로 분해하여 블록들을 정의한 후 각 블록들에 대한 상세 설계를 완성하였다.

### III. TICOM 구조

II장에서 서술한 설계 개념에 따라 설계, 구현을 완성한 TICOM의 구조를 사용자 측면에서 살펴보면 그림 1과 같다.

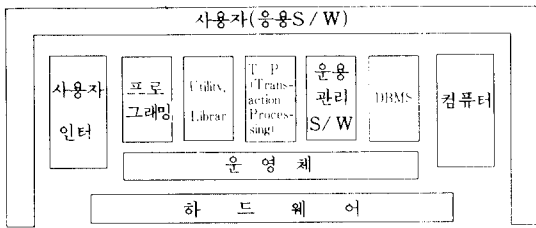


그림 1. 사용자가 본 TICOM 구조

그림 1에서 보는 바와 같이 사용자는 궁극적으로 자신이 작성한, 혹은 이미 작성되어 있는 사용자 프로그램(application software)을 통하여 TICOM을 사용하게 되며 경우에 따라서는 차하위 수준의 소프트웨어들을 직접 이용하여 TICOM을 사용할 수도 있다.

TICOM의 구조를 TICOM 개발과정에서 정의한 7개 서브시스템을 중심으로 표현해 보면 그림 2와 같다.

그림 2를 보면 TICOM은 운영체제(혹은 TPOS)를 중심으로 하드웨어, 컴퓨터 통신으로 구성되는 기본 시스템 위에 프로그래밍 언어, 데이터베이스 관리체제, 운용관리 소프트웨어가 서로 유기적인 관계를 갖는 시스템 구조로 구성되어 있음을 알 수 있다.

TICOM의 구조를 크게 하드웨어와 소프트웨어로 나누어서 그 개괄적인 모습을 살펴보자. 먼저 TICOM은 대칭형 다중프로세서 구조로서 밀결합(tightly coupled) 시스템이며 공유 메모리(shared memory) 형태이다. 이

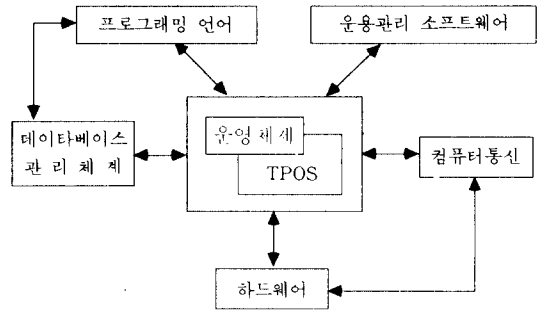


그림 2. 서브시스템 분해 및 구성도

러한 구조는 상대적으로 성능이 좀 낮으나 가격이 싼 프로세서 여러 개의 밀결합으로 연결하므로써, 결과적으로는 높은 성능의 컴퓨터 시스템을 보다 싼 가격에 공급할 수 있는 아주 좋은 구조이다. 이때 개개의 프로세서를 고성능인 것으로 사용하면 전체시스템은 초고성능의 시스템이 되는 것은 명약관화한 사실이다. 이런 경향은 현재 컴퓨터 시스템의 새로운 구조로 정착되어 가고 있으며, 앞으로 더욱 확대되는 상황으로 전개되고 있다.

하드웨어 구조는 그림 3과 같이 MC68030 CPU가 보드 한장에 두개씩 장착되어 최초 2개에서 최대 20개까지 확장 가능하며 주기억 장치는 4M DRAM을 사용하고 보드 한장에 64MBytes씩 8장까지 확장할 수 있어 최대 512MBytes까지 지원되며 우리가 자체 설계하고 개발한 100MBytes/sec의 고성능 시스템 버스, 40GBytes의 디스크 용량, 512개의 터미널 연결 등 도입 기종에 비하여 매우 높은 성능을 갖는다.

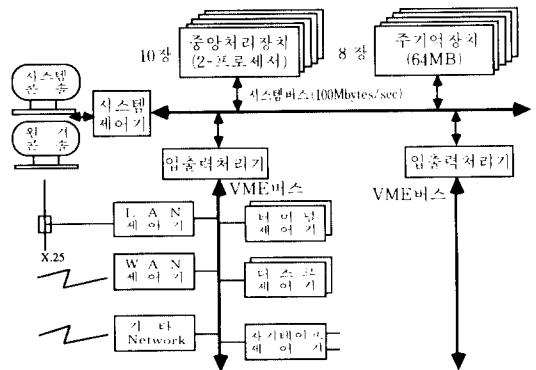


그림 3. 하드웨어 구조

소프트웨어 구조는 그림 4와 같이 기본적으로 표준형 UNIX system V3.1을 다중 프로세서를 지원할 수 있도록 변경 개발하고 국내 환경에서 사용하기가 용이하도록 한글 처리 기능, 분산 화일 처리 기능을 추가하였으며, TCP/IP, ISO/OSI, X.25 등 통신 소프트웨어, 주요 프로그래밍 언어, 유틸리티 소프트웨어, 한글 자료처리 및 트랜잭션 처리를 지원하는 DBMS 패키지, 시스템 관리자의 편의 제공을 위한 운용 관리 소프트웨어 등으로 구성된다.

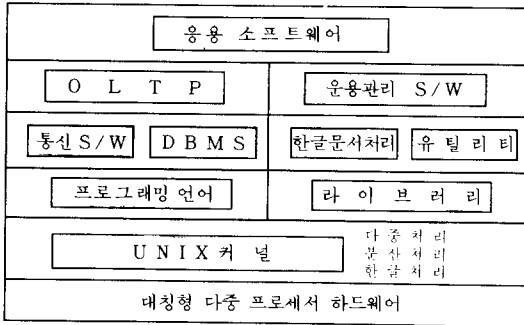


그림 4. 소프트웨어 구조

이제 TICOM의 구조를 각 부분별로 살펴보자.

1. 하드웨어

TICOM은 전체적인 성능을 중점적으로 설정하였으며 이를 충족시키기 위한 하드웨어의 설계 변수로서 고성능 프로세서의 선정, 히트율이 높은 캐쉬 메모리의 설계, 공유 데이터의 처리 방법, 잠복 시간(memory latency)이 작은 주기억장치의 설계, 빠른 입출력 처리, 통신의 잠복(communication latency)이 작은 시스템 버스, 컴웨어 등을 고려하였다.

특히 시스템 버스는 데이터 전송 프로토콜, 전송속도, 중재방법, 잠금(locking), 캐쉬 데이터의 동일성 유지, 인터럽트 등 각 부분에서 다중프로세서를 지원해야 하며, 현재 산업 표준으로 나온 VME bus, Multibus II, Future bus 등은 이를 충분히 지원하지 못하므로 독자적으로 개발에 착수하여 초당 100MBytes의 전송 속도를 갖는 버스를 완성하고, 이를 하이파이 버스(HiPi-bus, highly pipelined system bus)로 이름지었다.

TICOM 하드웨어는 비교적 독집적인 기능을 수행하는 시스템 버스, 시스템 제어기, 중앙 처리 장치, 주기

억 장치, 입출력 시스템, 고장 진단 시스템, 컴웨어 및 패키징 등 8개의 블록으로 구성되어 있으며, 이들의 관계는 그림 5와 같다.

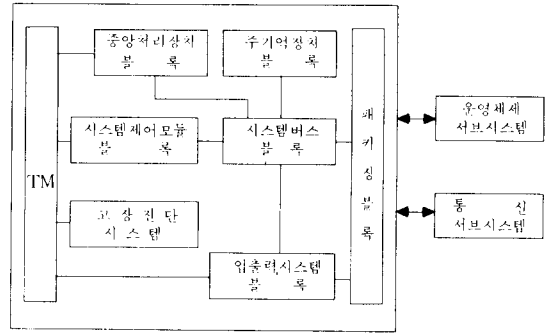


그림 5. 하드웨어의 블록 구성도

시스템 버스는 12.5MHz(80ns)를 기본 클럭으로 사용하고, 각 단계는 한 클럭 주기 동안에 데이터 전송 버스가 동작하고, 기본 주기 동안에 모든 데이터 전송이 이용될 경우 최대 초당 100MBytes의 전송 속도를 갖게 된다. 시스템 버스는 데이터 전송 버스, 중재 버스, 인터럽트 버스 및 유틸리티 버스로 구성되고, 다중 프로세서 구조를 위해 캐쉬의 동일성 유지 규범(cache coherence protocol)<sup>12)</sup>과 동기화(synchronization)<sup>13)</sup> 기능을 지원한다.

중앙 처리 장치는 상용 마이크로 프로세서를 조사 분석하여 MC68030을 TICOM의 프로세서로 선정하였고, 부동 소숫점 연산기로 MC68882를 선정했다. MC68030은 메모리 관리 유니트(memory management unit)와 256Byte 인스트럭션 캐쉬(instruction cache), 256Byte 데이터 캐쉬(data cache)를 내장하고 있다.<sup>14)</sup> TICOM은 메모리 지연(memory latency)에 의한 프로세서의 처리 지연을 줄이고자 64KByte의 캐쉬를 프로세서의 외부에 두고, 인스트럭션과 데이터를 저장하는 혼합형 캐쉬(mixed cache)를 사용한다. 다중 프로세서 시스템으로서 프로세서간의 통신 기능과 TAS, CAS, CAS2, MMU 테이블 탐색(table search)을 지원하는 상호 잠금(primitive interlock) 기능을 제공한다. 버스 인터페이스는 시스템 버스에서 제공하는 버스 표준 인터페이스를 채택하였다.

주기억 장치는 시스템 버스에 연결되며 중앙 처리 장치들과 입출력 시스템 그리고 시스템 제어 기능의 데이

타 저장과 사용 요구를 처리하는 기능을 수행한다. 주기억 장치의 최대 데이터 저장 능력은 512MBytes로서 각각 64MBytes의 기억 용량을 갖는 주기억 장치 보드 8장까지를 장착할 수 있다. 주기억 장치는 시스템 버스의 전송 속도에 상응하는 메모리 접근 속도를 만족하기 위해 메모리 인터리빙(low order memory interleaving) 방법을 사용한다. 주기억 장치의 기본 클럭 사이클은 320ns이며, 인터리빙시 시스템 버스의 전송 속도인 100MBytes/ses의 전송 속도를 낼 수 있다. 주기억 장치는 대용량의 메모리를 사용함에 따라 메모리 에러 확률이 증가하므로 자체적으로 에러를 검출하고 수정할 수 있는 parity check 및 ECC 기능을 갖고 있다.

시스템 제어기는 시스템 버스를 통하여 시스템 차원의 자원에 대한 제어 및 진단에 관련한 기능을 갖는다. 이런 기능을 수행하기 위하여 시스템 제어기에서는 각 보드들의 제어를 통하여 시스템을 초기화 하거나 운영체제의 부팅에 관련된 제어 기능을 갖는다.

입출력 시스템은 입출력 주변 장치들을 시스템 버스를 통하여 하드웨어 자원들(CPU, memory 등)과 연결 시킴으로써 운영체제가 요구하는 모든 입출력 관련 동작을 해당 입출력 주변 장치들과 하드웨어 자원들 사이의 데이터 전송을 처리해 준다. 입출력 시스템은 입출력 주변 장치들과 하드웨어 자원들 사이의 데이터 버퍼링(disk cache)을 통해 데이터 접근 시간을 줄이고, 데이터 전송에 병렬성을 주어 입출력 효율을 증가시킨다.

하드웨어 제어 프로그램으로서의 펌웨어는 시스템 제어기, 중앙처리 장치, 입출력 시스템의 EPROM에 내장된다. 펌웨어의 주체는 시스템 제어기가 되며 시스템 제어기로부터 입력되는 명령을 받아들여 하드웨어를 제어하거나 중앙처리 장치와 입출력 시스템 간의 통신을 제어하고, 입출력 수행, 시스템 설치 및 부트 지원, 운영체제 지원(clock 인터럽트, 터미널 에뮬레이션 등), 진단기능 시스템 개발 지원 등 관련 서비스를 제공한다. 그리고 입출력 프로세서의 펌웨어는 호스트의 입출력 작업을 일부 분담 수행하여 호스트의 부담을 감소시키는 입출력 커널이 있으며 이는 메세지 처리기, 프로세서 관리장치, 장치 모듈이 기능을 제공한다. 입출력 처리의 성능을 향상하기 위해 2MBytes의 버퍼를 소프트웨어로 제어하여 디스크 캐시(disk cache)로 동작시킴으로써 저속의 하드 디스크의 저장 및 읽기에 의한 성능 저하를 방지한다.

고장 진단 시스템은 TICOM의 가동 초기에 하드웨어 자원의 상태를 검사하여 TICOM의 정상적인 동작을 보장하는 기능 진단 소프트웨어(POC, power on confi-

dence test)와 명령어 방식의 대화 형식을 통하여 정확한 결함 위치를 알아내는 고장 진단 소프트웨어(SD, stand-alone diagnostics)로 구성된다. 고장 진단 시스템은 진단 기능 및 구조를 확립하고, 결함 검출 방법으로 결함 인식 알고리즘(fault ID algorithm)<sup>[6]</sup>을 적용하여 고장 확률이 높은 보드나 통신 상태를 진단하는 구조를 사용한다.

패키징은 시스템 하우징, 전원 공급 및 냉각 기능을 제공하며 TICOM의 안정성, 신뢰성을 지속적으로 유지하면서 사용자의 미적 요구를 충족시킨다. 시스템 하우징은 불요 전자파 발생으로 인한 장애를 방지하기 위해서 차폐와 그라운드 기능을 제공하고 시스템이 설치된 장소의 온도나 습도에 의해 회로 칩에 대한 영향을 최소화하고, 취급이나 운반중의 진동이나 충격에 의해 물리적인 결함이나, 기능, 성능의 저하를 초래하지 않도록 한다. Front panel은 시스템 동작에 대한 상태를 가시적으로 표시하여 문제가 발생했을때 사용자가 적절한 조치를 취할 수 있게 되어 있다.

## 2. 시스템 소프트웨어

TICOM에 탑재된 소프트웨어중 시스템 소프트웨어로 분류할 수 있는 운영체제, 프로그래밍 언어에 대해 설명한다.

TICOM의 운영체제는 주전산기 I(톨러런스사의 Eternity 시스템)과 응용 프로그램 수준의 호환성을 유지하면서 TICOM 구조에 적합하여 시스템 성능을 높일 수 있도록 설계, 구현되었다. 다중 처리기인 TICOM은 산업 표준으로 널리 사용되고 있는 UNIX system V를 기반으로 커널을 다중 처리화하였다. TICOM은 고속 시스템 버스를 기본으로 하는 공유 메모리 구조이므로 각 중앙 처리기가 입출력 처리기에 동등하게 입출력 작업 요구를 보내고 입출력 처리기는 이를 전담 처리한다. 이에 맞추어 TICOM 운영체제는 하나의 다중화된 커널 코드가 대칭형 다중 처리를 수행할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 중앙 처리기 사이의 부하 분산이 쉽고 최대 20개의 중앙 처리기가 동작하는 TICOM의 병렬성을 극대화하여 중앙 처리기 수의 증가에 따른 시스템 성능 증가를 극대화하였다.

TICOM은 주전산기 I과의 호환성 유지를 위해 운영체제에 주전산기 I의 운영체제에서 제공하는 트랜잭션 처리 기능과 동등한 기능을 추가하였다. 또한 행정 전산 망용으로 응용 프로그램에서 사용하고 있는 ISAM의 호환성을 위해 ISAM도 이식하였다.

TICOM 운영체제의 명령어 및 라이브러리는 기존 AT&T사의 UNIX SVR 3.1에서 사용하는 명령어와

BSD 계열의 일부 명령어를 추가하고 라이브러리는 UNIX SVR 3.1에서 기본적으로 제공하는 라이브러리만 사용하였다. 명령어 및 라이브러리는 기존의 UNIX SVR 3.1을 기준으로 개발하였기 때문에 한글 처리 기능을 추가하고 TICOM에서 무리없이 이식하는 것이 주요 개발 목표였다.

그런데, TICOM 개발 시작 당시 시장에 나와있던 한글 처리 기능을 제공한다는 한글 UNIX 제품들은 주로 일본어 UNIX를 도입하여 한글로 대체한 수준을 벗어나지 못한 것이었으므로 TICOM에는 UNIX 시스템 전반에 걸쳐 한글 처리 기능을 구현함으로써 일반 사용자나 응용 프로그래머에게 우리의 실정에 맞는 UNIX 한글 처리 환경을 제공하는 것을 목표로 했다. 참고로 TICOM 운영체제의 구성도는 그림 6과 같다.

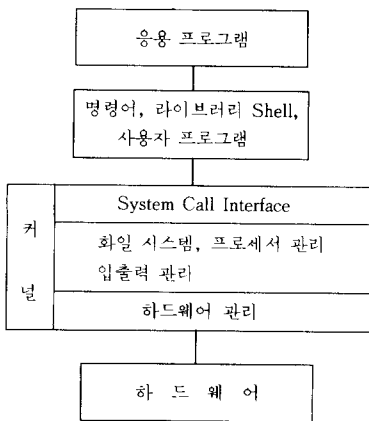


그림 6. 운영체제 구성도

TICOM이 제공하는 프로그래밍 언어는 C 컴파일러, 객체 지향 언어인 C++, 병렬 언어 concurrent C 및 상용 시스템에서 많이 제공되는 PASCAL, FORTRAN, BASIC, common LISP, COBOL에 대한 번역기이다.

C 컴파일러는 Kernighan & Ritchie C에 기초하여 체계적인 프로그램을 작성할 수 있도록 설계된 것이며, C++ 번역기는 C 컴파일러에서 제공하는 일부 추가 기능을 확장한 것으로 AT&T사의 C++ Release 1.2를 기본으로 하고 있다. Concurrent C 언어는 효율적이고 간결한 병렬 프로그래밍을 지원할 수 있는 기능을 가진 언어이며 C 언어가 제공하는 모든 기능도 제공한다.

PASCAL은 ISO 7185에서 표준으로 정한 기능을 제공하는 구조적 프로그래밍 언어이고, FORTRAN은 ISO 1539 표준에 따른 것으로 특히 UNIX 환경에 쉽게 사용할 수 있도록 기능을 확장한 것이다. BASIC 번역기는

ANSI X3.113-87에 규정된 표준을 기반으로 ANSI X 3.60-78에 규정된 minimal BASIC을 graphic 기능을 제외하고는 모두 만족한다. Common LISP 번역기는 기존의 common LISP 번역기<sup>[6]</sup>에 한글 기능을 추가했고 COBOL은 ANSI X3.23-85에서 규정한 국제 표준을 만족시키는 것이다.

### 3. 응용 소프트웨어

TICOM에 탑재된 응용 소프트웨어는 관계 DBMS, 컴퓨터 통신 소프트웨어, 온라인 처리 지원 도구, X-Window 및 운용관리 소프트웨어이다.

관계 DBMS는 TICOM이 사용될 행정전산망에서 대량의 자료를 효율적으로 처리해야 한다는 점과, 현재의 기술 추세로는 UNIX를 기반으로 하는 컴퓨터 시스템 위에 DBMS를 탑재하여 일반 자료 처리 분야에서도 본격적으로 사용되고 있다는 점, 그리고 국가의 행정망을 전산화하는데 국내에서 자체 개발한 소프트웨어를 사용한다는 것이 외국의 특정 업체에 종속되지 않을 수 있다는 점을 감안하여 독자 개발한 것이다.

관계 DBMS는 처음 요구 분석 단계부터 보다 편리하고 완전한 한글 처리 기능을 고려하였다. 한국 표준 KSC 5601 2바이트 완성형 한글 코드<sup>[7]</sup>를 바탕으로 데이터베이스 언어인 SQL의 기본 명령어(key words)를 제외한 모든 사항을 한글로 지원한다. 예를 들어, 한글 자료의 입출력이 가능하고 스키마 이름, 테이블 이름, 컬럼 이름 등 모든 식별자가 한글로 가능하며, 오류 메시지가 지나 상황 메시지를 한글로 보여주어 사용자는 보다 완전한 한글 환경에서 작업할 수 있다. 그리고 중앙 처리 장치가 대칭형으로 최대 20개까지 지원되는 TICOM의 하드웨어와 운영체제의 특징을 이용하여 성능을 보다 향상시켰다. 예를 들어 UNIX의 화일 시스템을 사용하지 않고 DBMS 성능을 올릴 수 있도록 독자적인 화일 시스템을 포함하는 저장 관리 시스템(자료접근 방법)을 설계 개발하였다.<sup>[8]</sup>

온라인 처리 지원 도구는 TICOM에 탑재된 DBMS와 연결되어 TICOM의 OLTP(온라인 트랜잭션 처리) 기능을 강화시키기 위한 온라인 처리용 패키지로서 AT&T사에서 개발한 Tuxedo / T 3.0에 표준 한글 코드 처리, 기능 사용자 인터페이스 한글 기능 및 관계 DBMS와 연결 기능 등을 추가하여 TICOM에 이식한 것이다.

X-Window는 X-Window System Release 11.4가 제공하는 클라이언트 기본 기능에 한글 처리 기능을 추가하여 TICOM에 이식되었다. X-Window는 graphic을 통해

사용자가 TICOM을 좀 더 쉽게 사용할 수 있는 환경을 제공해 준다.

TICOM에 구현된 컴퓨터 통신 소프트웨어는 근거리 및 원거리상에서 TICOM 상호간에 원활한 정보 교환과 자원의 공유를 위하여 필요한 통신 기능과 제한된 범위의 분산 기능을 제공하며 주전산기 I과 IBM 같은 이기 종과의 접속도 가능하게 해준다.

TICOM의 통신 접속 환경은 근거리상에서 LAN(local area network)을 통하여 상호 접속되며, 원거리상에서는 게이트웨이(gateway) 기능을 갖는 TICOM과 WAN(wide area network)을 통하여 연결된다. 이때 LAN 프로토콜로서는 IEEE에서 표준화한 802.3 CSMA/CD(carrier sense multiple access/collision detection) 프로토콜을 사용하며, WAN으로서는 CCITT X.25에 따르는 패킷데이터망을 사용한다. 게이트웨이 기능을 갖는 TICOM은 릴레이 및 라우팅(relay and routing) 기능을 갖는 중계시스템(interworking system)으로서의 기능도 함께 갖고 있다.

다시 이를 통신 응용 서비스 측면에서 살펴보면, 컴퓨터간에 비교적 양이 많은 화일 정보를 전달, 접근, 관리할 수 있도록 하는 기능, 비교적 단편적인 메시지들을 편집 및 배달할 수 있는 기능, 다른 터미널들이 마치 동일한 터미널처럼 컴퓨터를 접근할 수 있도록 해주는 기능들이 필요한데, 각각 이 기능들을 위하여 ISO에서 표준화하는 FTAM(file transfer, access and management), MHS(message handling system), VT(virtual terminal)의 응용 프로토콜들과, 이들을 효율적으로 신뢰성 있게 운용될 수 있게 하는 OSI(open systems interconnection)상위 프로토콜에 해당하는 표현계층, 세션계층, 전달계층들의 프로토콜이 필요하다. 이러한 통신 응용들을 고려하면서 TICOM에서는 우리나라 체신부에서 국가기간전산망 프로토콜로서 표준화해가고 있는 OSI 프로토콜과, OSI 프로토콜 이전에 이미 개발되어 국제적으로 널리 사용되어 온 미국 국방성 TCP/IP 프로토콜을 주전산기 I과의 호환성 차원에서 구현하였다. 여기서 TCP/IP 프로토콜이라 함은 구체적으로 OSI 참조모델의 전달계층과 망계층에 해당하는 중간 프로토콜들을 나타내나, 이에 더하여 이러한 전달 기능들을 이용하여 최종 사용자에게 응용 서비스를 제공해 주는, 각각 OSI의 FTAM, MHS, VT에 대응되는, FTP(file transfer protocol), SMTP(simple mail transfer protocol), Telnet을 포함한다. 한편 TICOM에서 운영체제로서 채택하고 있는 UNIX간에 상호 화일을 복사할 수 있는 UUCP(Unix-to-Unit copy protocol), 원

격화일을 공유할 수 있는 RFS(remote file sharing)와 그밖에 원격 절차 호출(RPC, remote procedure call), X.25 PAD(packet assembly and disassembly) 기능들도 제공한다.

운용관리 소프트웨어는 TICOM의 시스템 운영자와 관리자의 업무를 지원하여, 시스템을 효율적이고 안정되게 운용할 수 있도록 함이 그 목적이다. 운용관리 소프트웨어의 주요 역할은 TICOM의 상태와 성능을 감시하고 이상 상태의 발생시 이를 진단하여, 그에 적합한 조치를 하며, 시스템 운용을 위한 절차적인 일상 작업의 수행을 보조하여 시스템 운용 및 관리에 있어 효율성과 신뢰성을 높이는 것이다.

운용관리 소프트웨어는 시스템의 성능과 자원의 상태에 대한 감시적 지식, 진단적 지식 및 일상관리 지식을 미리 갖추어 놓고 시스템이 운용되는 동안 PC의 한글 그래픽 기능을 이용하여 시스템의 상태에 대한 정보를 PC를 통해 제공함으로써 시스템 운용자로 하여금 이해하기 쉬운 한글 메시지(도형과 문자)를 제공해 준다.

#### IV. TICOM 성능

일반적으로 컴퓨터 시스템의 성능을 한마디로 표현하는 것은 쉽지 않다. 더욱이 TICOM은 이제 개발이 완료된 상태로서, 상품화 과정을 통하여 시스템을 조정하고 지속적인 성능 개선 작업을 수행하여 궁극적으로 실제 업무에 투입될때까지는 성능면에서 상당한 변화가 있을 것으로 판단된다. 컴퓨터 시스템은 또한 성능이 아무리 우수하더라도 가격이 비싸면 사용자들이 외면할 것이며 성능은 조금 떨어지더라도 사용하기 편리하고 가격이 싸다면 우수한 제품으로 평가받을 것이다.

TICOM은 이미 상용화되어 비교적 쉽고 값싸게 공급받을 수 있는 마이크로 프로세서의 하나인 MC68030 프로세서를 2~20개 장착하여 구성된 다중 프로세서 시스템이다. TICOM 설계 당시 MC68030 프로세서는 5MIPS의 성능을 발휘할 수 있는 것으로 발표되어 이것을 2~20개 장착한 TICOM은 10~80MIPS의 성능을 발휘하도록 설계되었다. 이는 VAX 780 시스템의 약 80배 성능을 나타내는 것으로 기존의 미니급 컴퓨터들 보다는 성능이 월등히 높은 슈퍼미니급에 해당된다.

TICOM은 다중 프로세서 시스템의 장점을 최대한 살려 시스템 성능 제고를 위한 많은 노력을 기울였다. 일반적으로 다중 프로세서 시스템은 여러개의 프로세서를 동시에 사용하는 병렬 처리에 의해서 성능 향상을 얻을 수 있다. TICOM도 다수의 프로세서(2~20개)들이 자

체 설계, 개발한 100MBytes/sec 성능의 시스템 버스 (HiPi bus)를 통해 연결되어 있는 다중 프로세서 시스템이기 때문에 병렬처리에 의한 성능 향상을 꾀하였다. 이는 원래 단일 프로세서용으로 설계된 UNIX 시스템을 다중 처리할 수 있는 것으로 수정, 보완하고, 특별히 병렬처리 유틸리티와 라이브러리를 개발하여 사용자에게 손쉽게 병렬 처리할 수 있는 환경을 제공함으로써 TICOM이 성능을 극대화 시킬 수 있도록 하였다.

TICOM의 개발이 완료되어 가는 과정에서 TICOM의 성능을 정확히 측정해 보기 위한 작업이 수행되었다. 즉, AIM Suite II 및 III, TP1, SPEC 등의 벤치마크 프로그램을 이용한 성능 측정 활동이 이루어졌다. 그러나 본 고에서는 이러한 성능 측정 활동 결과에 대해 언급하는 것은 생략하기로 하고 다만 본 고 부록에 TICOM의 규격만을 요약해서 소개한다. 이는 성능 측정용 벤치마크 프로그램들이 특정 응용 분야에만 적용될 수 있는 것들이 대부분이고, 궁극적으로는 사용자가 컴퓨터의 성능을 판단하게 하여 TICOM에 대한 좀 더 객관적인 성능 평가를 받고자 하기 때문이다.

### V. 결 론

TICOM은 국내에서 중형급으로는 최초로 자체 설계, 개발한 컴퓨터 시스템으로 상용 마이크로 프로세서를 다수 사용하여 구성한 밀결합 다중 처리 시스템이다. 운영체제로는 세계적으로 표준화되어 가고 있는 UNIX System V의 Release 3.1을 다중 처리 시스템 구조에 알맞게 수정, 보완한 것을 채택하였으며 C, C++, FORTRAN, COBOL 등의 프로그래밍 언어들과 DBMS, 컴퓨터 통신 소프트웨어, 운용관리 소프트웨어 등을 탑재하였다.

TICOM이 원래 목표대로 행정전산망용 주전산기로 나아가서는 국가기간전산망용 주전산기로 활용되기 위해서는 상품화를 담당할 4개 공동 연구 개발 참여기업(금성사, 대우통신, 삼성전자, 현대전자)의 성능 개선 및 안정화를 위한 끊임없는 노력이 요구된다고 하겠다. TICOM 개발을 계기로 우리나라 컴퓨터 산업이 크게 발전하고 다가오는 정보화 사회를 즐기롭게 맞게 되기를 바란다.

#### (부록) TICOM 규격요약

Central Processor	
Type	MC 68030, 20MHz
Number of CPUs	2 to 20
Processing Speed	10-80 MIPS
MMU	Demand Paged Method
Floating-Point Processor	
Type	MC 68882, 20MHz IEEE Standard 754
Precision	32-bit(single), 64-bit(double)
Main Memory	
Cycle Time	320ns
Min. Storage Cap.	64Mbytes / board
Max. Storage Cap.	512Mbytes / 8 boards
Data Bus Width	64bits
Error Detection	ECC
Cache Memory	
Updating Policy	Write-back
Size	64 Kbytes
Organization	Direct Mapping
Cycle Time	25 nsec
Hit Ratio	Min. 95%
Ethernet Interface	
Media Type	Coaxial cable
Data Transfer Rate	10 Mbits / sec
WAN Interface	
	MODEM 300~9600 Bauds X.25
System Bus	
Protocol	Pended, Synchronous
Addressing Range	4 Gbytes
Number of Address Regions	16
Address Bus Width	32 bits
Data Bus Width	64 bits
Clock Speed	12.5 MHz
Cycle Time	80 nsec
Data Transfer Rate	100 Mbytes / sec
Operating System	
	UNIX System V Release 3.1 KSC5601-1987 2byte Korean Code Support (Hangul) Remote File Sharing Symmetric Multiprocessing Dynamic Load Balancing



Languages	
ANSI Standard	BASIC, C, FORTRAN, COBOL
ISO Standard	PASCAL
AT&T	Concurrent C, C++
Communication	
	LAN(Ethernet) WAN(X.25) OSI(FTAM, MHS, VT) DPA(TCP / IP, SMTP, FTP, Telnet) PAD(X.3, X.28, X.29)
RDBMS	
	SQL(ISO International Standard 9075, 1987) KSC5601-1987 2Byte Korean Code Support Menu Interface Interactive Query Processor Schema Manager Relational Report Generator ESQL / C Query By Forms ISAM Interface(X / Open ISAM, 1987)
UNIX Operations and Administration System	
	Monitoring Diagnostics Routine Management
Parallel Processing	
	Library & Utility
Online Processing Support Tool	
	KSC5601-1987 2Byte Korean Code Support Form Generator Data Entry System DBMS Connection
X Window System	
	Graphic User Interface (Client Part) KSC5601-1987 Korean Xterm
Serial I / O	
I / O ports	96 ports / controller(Max)
Disk	
Interface	SMD
Unformatted Capacity	1.2Gbytes / drive
Formatted Capacity	958Mbytes / drive
Average Latency Time	8.3msec
Average Seek Time	15msec
Data Transfer Rate	3Mbytes / sec

Tape	
Interface	Pertec
Capacity	180 Mbytes / reel(2400ft)
Format	GCR
Density	800-6250 bpi
Electrical	
AC Voltage	220V + 10%
AC Frequency	47 to 63 Hz
Input Power	6KWatts
Output Power	3.5KWatts
Dimensions	
System Enclosure	
Height	138cm
Width	60cm
Depth	80cm
Peripheral Enclosure	
Height	138cm
Width	60cm
Depth	80cm

參 考 文 獻

[1] 박승규 외 1인, "공유 기억 장치에 의한 UNIX 다중 프로세서의 성능 및 상용 응용," 행정전산망 주천산기 개발 사업 설명회 발표집, ETRI, 1988. 3

[2] James Archibald and Jean-Loup Baer, "Cache coherence protocols : Evaluation using a multiprocessor simulation model," *ACM Trans. on Computer System*, vol. 4, no. 4, Nov. 1986.


[3] Michel Dubois, S. Thakkar, "Cache Architecture in Tightly Coupled Multiprocessors", *IEEE Computer*, pp. 9-24, June 1990.

[4] MC68030 User's Manual, Motorola, 1986.

[5] Che-Liang Yang, G. H. Masson, "A fault identification algorithm for ti-diagnosable systems," *IEEE Trans. Computers*, vol. C-35, pp. 503-510, June 1986.

[6] Steele G., "Common LISP : The Languages," Digital Press, 1984.

[7] KSC 5601, "정보 교환용 부호," 한국 공업 표준 협회, 1987. 8.

[8] Pyung-Chul Kim, et. al., "Design and Implementation of MIDAS(Multiuser Index based Data Access System)." 2nd Int'l Conf. DASFAA'91, Tokyo, April 1991. 

筆者紹介



**朴 鎮 元**  
 1952年 8月 26日生  
 1975年 서울대 공대 산업공학과 (학사)  
 1982年 Ohio 주립대 산업공학과 (석사)  
 1987年 Ohio 주립대 산업공학과 (박사)

1977年~1980年 한국개발연구원(KDI)  
 1987年~1988年 남 Colorado 대학 조교수  
 1988年~현재 한국전자통신연구소 컴퓨터시스템연구실  
 실장  
 주관심분야 : 컴퓨터 시스템 성능, 시뮬레이션 등



**千 柳 植**  
 1947年 9月 20日生  
 1969年 서울대 공대 응용물리학과 (학사)  
 1982年 동국대학교 대학원 전자계산학과(석사)  
 1987年 서울대학교 대학원 계산 통계학과(박사)

1961年~1976年 KIST, 연구원  
 1976年~1979年 삼성GTE통신(주), 실장  
 1979年 3月~현재 한국전자통신연구소 행정전산망  
 주전산기개발본부 본부장  
 주관심 분야 : 컴퓨터 시스템 공학, 소프트웨어 공학,  
 개발 방법론 등