

# 기계요소부품의 설계자동화를 위한 CAD 소프트웨어 개발

●1952년생  
●고속 우연체 기구의  
정·동역학과 구조물의  
피로 강도 해석을 전공  
하였고 기계부품의 운동  
해석과 강도 해석 및 설  
계에 관심을 갖고 있으  
며, 특히 CAD프로그램  
개발과 CAD 기술 및  
기법개발에 깊은 관심을  
가지고 있다.

辛 重 鎬

한국기계연구소 CAD/CAM실 선임연구원



## 1. 머리 말

컴퓨터 기술의 증진으로 일반산업 부문에서의 CAD(computer-aided design)의 역할이 급진적으로 향상되고 있다. CAD의 분야별 적용 업무로서는 基本·機能設計, 기술계산 및 해석, 상세설계, 제도 및 문서작성으로 포괄되며, 각 분야별 특정용도의 CAD용 소프트웨어가 외국에서 활발히 개발 및 상품화 되어 국내에서도 도입하여 그 이용도를 넓혀 나가고 있다.

대체로 상품화된 CAD용 소프트웨어는 金型의 설계, 제도, 기술계산 및 해석용으로 크게 분류되며, 그외로는 機構學的 解析 및 動的 解析用 소프트웨어가 주류를 이루고 있다. 또한 기본기능 설계 및 상세설계가 제품의 제작에 매우 중요한 단계로서 CAD의 필요성이 강조되며 이 분야에 적용 가능한 機械要素의 CAD화가 시급히 요청된다.

기계 요소 CAD프로그램의 개발을 위하여 그래픽 패키지가 요구되는데, 패키지는 여러 기종의 그래픽 터미널에 사용되도록 개발되어야 한다. 따라서 本稿에서는 개발대상인 기계요소부품과 그 연구범위를 소개하고 그래픽 패키지의 구조를 설명하며 개발된 CAD프로그램의 적용예로서 인식향상을 도모하고자 한다.

## 2. 기계요소의 CAD 소프트웨어 개발

개발대상인 기계요소는 다음과 같으며 기계요소의 전분야의 CAD화를 목적으로 하고 있다.

- 치차(spur, bevel, helical and worm gears)
- 축(shafts under static and dynamic loadings)
- 스프링(helical, torsional, leaf, belleville)
- 베어링(journal and rolling element bearings)
- 캠(disk cams)
- 용접구조물(welded connections)
- 나사(machine screws, power screws)
- 클러치(plate and cone clutches)
- 브레이크(shoe, disk and band brakes)
- 플라이휠(solid and spoked flywheels)
- V형 벨트(V-belts)
- 리벳구조물(riveted connections)

### 2.1 기계요소 CAD프로그램의 연구범위

각분야별 프로그램의 개발내용을 간략히 설명하면 다음과 같다.

#### (1) 치차용 프로그램

치차(그림 1)설계는 일반적으로 기구학적 해석과 強度解析이 요구된다. 인벌류트(involute)

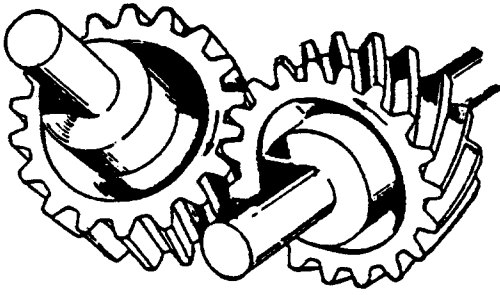


그림 1 치차

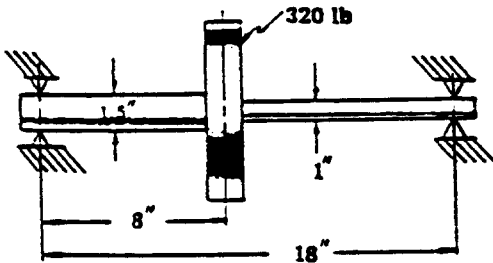


그림 2 축

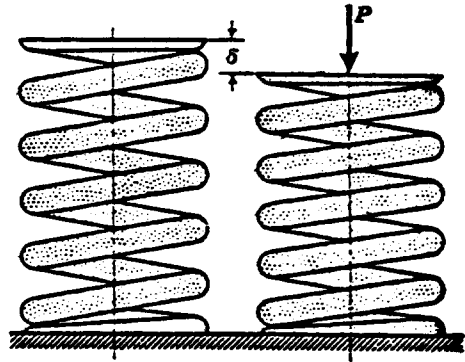


그림 3 헬리컬 스프링

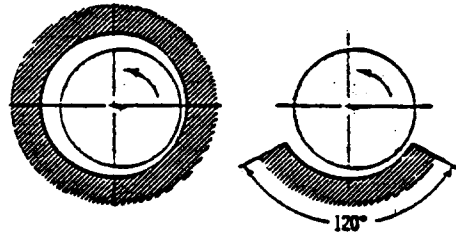


그림 4 저널 베어링

lute) 치형만을 고려하며, 대상치차로서는 스퍼(spur), 베벨(bevel), 헬리컬(helical), 웜(worm)과 하이포이달(hypoidal) 치차들이다. 이 치차들은 다음의 항목들이 해석되어져야 한다.

—機構學的特性 解析

- 치차구동체의 속도화
- 치차의 기구학적 형상
- Lewis 형성계수
- 접촉비, 백래쉬(backlash), 간섭(under-cutting and interference)

—強度解析

- 치차 작용력
- 치부위의 동적작용력
- 磨滅力
- 굽힘력
- 동력전달력

(2) 축 설계용 프로그램

기계요소중 가장 보편적으로 사용되는 축(그림 2)은 작용력, 응력 및 휨을 3차원의 靜·動

的 荷重條件에서 해석하며 요구하는 결과는 다음과 같다.

- 축의 형상, 지지점의 상태 및 외력
- 축의 모멘트, 전달력, 기울기 및 휨
- 축의 응력상태와 최대응력의 작용점
- 한계 속도(critical speeds)와 한계 하중(critical buckling loads)

(3) 스프링 프로그램

스프링(그림 3)은 에너지 저장 및 전달과 기계구조물의 유연성을 높여 준다. 5종류의 스프링(helical, torsion, leaf, spiral, belleville)을 선형변위해석(small-deflection analysis)에 근거하여 정·동적 상태에서 설계되어 진다.

(4) 베어링 프로그램

저널(journal : 그림 4)베어링의 설계는 流體力學과 熱力學的 경험식을 이용하여 해석 및 설계가 가능하다. 주어진 베어링의 형상, 윤활제, 하중, 속도 및 냉각속도에 대해 발열량, 온도 및 회전력을 결정하는 설계용 소프트웨어이다.

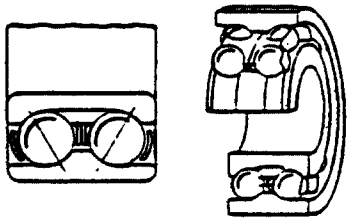


그림 5 롤러 베어링

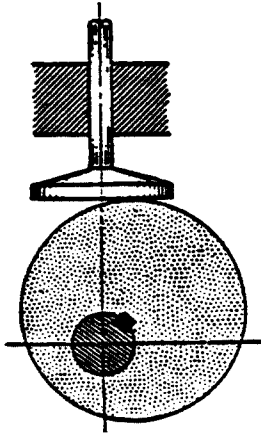


그림 6 캠

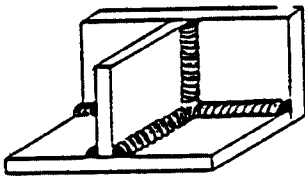


그림 7 필렛 용접 구조물

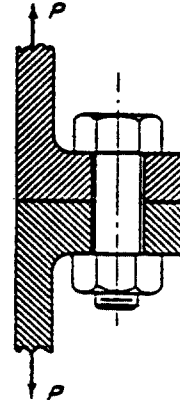


그림 8 체결용 나사

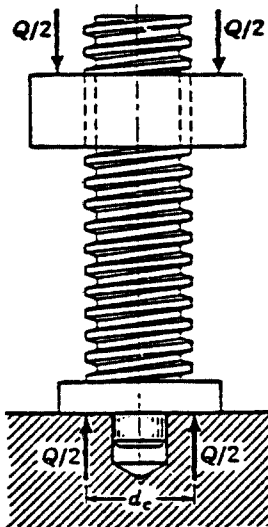


그림 9 동력전달용 나사

롤링(rolling : 그림 5)베어링 프로그램은 주어진 베어링 형태, 하중상태, 수명 및 축의 직경에 대하여, 표준 베어링 공식과 각 하중상태 및 계수들을 이용하여 반경방향의 하중을 결정하고 데이터 베이스에서 선별하며, 다중의 베어링에 대한 정적, 동적 전동력을 데이터 베이스화 한다.

#### (5) 캠 프로그램

치차의 경우와 동일하며, 캠(그림 6)설계는 기구학적 측면과 작용력 상태에서 고려되어야 한다. 캠의 변위는 회전과 관련되며, 작용력은

변위, 크기 및 캠의 중심에 밀접하게 관련지워진다. 캠 변위 곡선(parabolic, harmonic, and cycloidal)의 선택에 의한 캠형상의 설계를 목적으로 하며, 변위, 속도, 가속도 및 負荷力을 캠의 회전각도의 함수로써 표시한다.

#### (6) 용접 구조물 프로그램

가장 보편적인 필렛(fillet : 그림 7)용접과 점(spot)용접만을 대상으로 평면상에 용접된 구조물의 응력해석 및 용접 요구치수의 설계용으로써 응접물의 모재 침투에 의한 효과를 무시한다. 應力集中係數를 고려하고 피로파괴에

대해 해석한다.

(7) 나사 프로그램

체결용 나사(그림 8)와 동력전달용 나사(그림 9)를 대상으로 하여 평균 전달응력과 축하중에 의거하여 해석한다. 동력전달용나사에서는 상승 및 하강시의 하중에 대한 極限荷重(buckling load)解析이 요구되며 피로파괴에 대한 해석도 동시에 고려되어야 한다.

(8) 클러치 프로그램

板形 클러치(그림 10)와 圓錐形 클러치(그림 11)의 설계를 대상으로 한다. 판형 클러치는 一定磨減理論(uniform wear theory)이나 一定表面力理論(uniform pressure theory)에 근거하여 회전력, 축하중, 표면력, 형상 및 마찰계수와 연관된다. 원추형 클러치는 원추면의 수직작용력을 이용하여 대부분 일정 마멸이론으

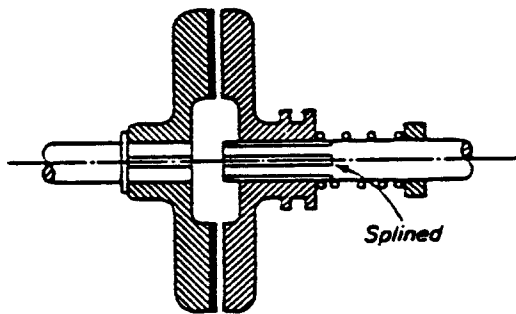


그림 10 판형 클러치

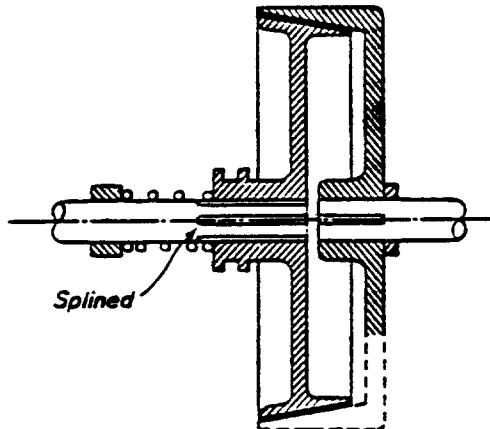


그림 11 원추형 클러치

로 해석한다.

(9) 브레이크 프로그램

브레이크는 두회전체의 회전방지를 목적으로 사용되는데 보편적인 3가지 형태(disk, band, shoe)의 브레이크를 고려한다. 판브레이크(band brake : 그림 12)는 고정된 유연체의 밴드가 회전체를 둘러싸고 있는데, 회전력은 밴드의 引張力, 기하학적 형상 및 마찰계수로 표현된다. 슈브레이크(shoe brake : 그림 13) 구조는 딱딱한 블럭이 회전체를 눌러서 회전방지

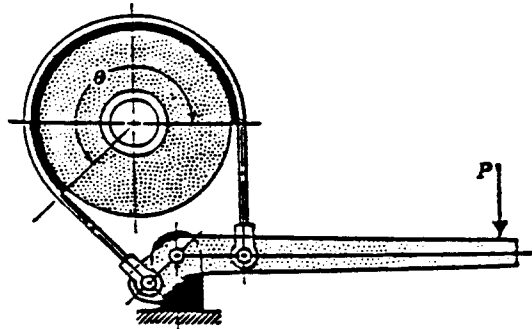


그림 12 밴드 브레이크

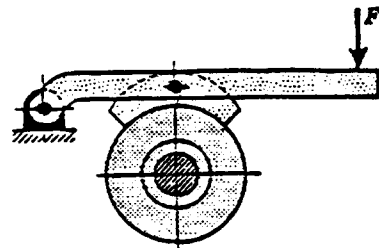


그림 13 슈 브레이크

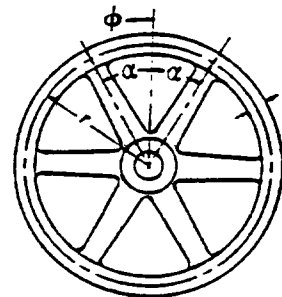


그림 14 스포크 플라이 휠

를 유지하며 일정마멸이론으로 해석한다.

(10) 플라이휠 프로그램

플라이휠(그림 14)은 동적 에너지를 흡수하는 장치로서 일반적으로 판형(solid rim)과 스포크형(spoked rim)이 있다. 축 회전력이 회전각도에 크게 좌우되므로 평균동력전달이 설계상의 요구조건으로 사용되어야 하며, 속도변위차이량(velocity fluctuation)이 한계내에 유지되도록 설계하여야 한다.

(11) V형 벨트 프로그램

V형 벨트(그림 15)는 마찰력을 이용하여 동력을 전달하는 기계요소로서 기하학적 형상과 전달력을 고려하여 설계하여야 한다. 기하학적 형상으로는 벨트의 길이를 결정하여야 하며, 전달력 해석에서는 최대 벨트작용력을 인장력, 굽힘력 및 구심력에 근거하여 결정하여야 한다. 적합한 벨트의 형태, 벨트의 수명 및 벨트의 수를 결정하여야 한다.

(12) 리벳구조물 프로그램

리벳구조물(그림 16)은 점용법 해석방법으로 설계할 수 있으며 인장력에 대해 내부응력은 일정분포(uniform)로 작용한다고 가정할 수 있다. 그러나 리벳구성형상(pattern)과 하중작용 상태에 따라 구조물 전체의 질량중심점을 결정하여 해석하여야 한다. 요구되는 결과로서는 리벳의 직경과 최대 하중위치의 결정 등이

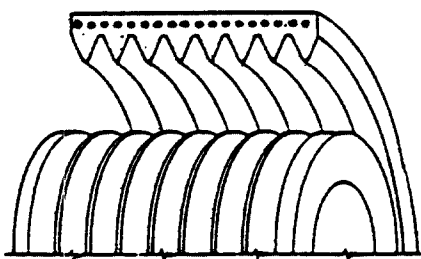


그림 15 V형 벨트

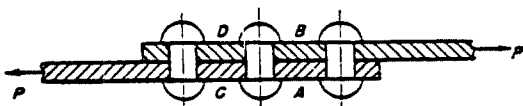


그림 16 리벳 구조물

2.2 기계요소 CAD개발의 고려사항

기계요소의 CAD용 프로그램은 다음 사항을 고려하여 개발하여야 한다.

(1) 사용 하드웨어에 독립적(hardware independent CAD)이어야 한다.

현재 사용중이거나 개발된 하드웨어에 독립적으로 운용이 가능한 프로그램이 개발되어야 한다. 이는 독자적으로 그래픽(graphics)과 사용된 하드웨어상의 특수기능들을 표준화하여 기계요소 CAD프로그램과 분리시켜 독립적인 기능을 수행할 수 있도록 배려되어야 한다.

(2) 상호 대화식 연결(interactive CAD)이 가능하여야 한다.

프로그램 사용자와 프로그램이 상호 대화하는 방식으로 자료의 입력과 출력이 가능하여 사용자가 필요한 사항들을 자유롭게 추적할 수 있도록 개발되어야 한다.

(3) 소형 및 개인용 컴퓨터(microcomputer & personal computer-based CAD)에 이용 가능하여야 한다.

마이크로 프로세서(microprocessor)의 급속한 발전으로 소형 및 개인용 컴퓨터의 기억용량이 증대되고 가격도 저렴함으로 인해 소형 및 개인용 컴퓨터의 보급이 활발하다. 그러므로 컴퓨터 개발전망에 부합하도록 프로그램이 개발되어야 한다.

(4) 그래픽(graphics-oriented CAD)을 이용하여야 한다.

입력된 자료나 해석 및 설계의 결과는 쉽게 확인할 수 있도록 그래픽을 이용하여 형상화하거나, 도표로서 표시하여야 한다. 입력자료의 잘못으로 인한 결과의 피해는 설계자에게 치명적인 손실을 끼칠 우려가 있으며, 출력자료의 신속하고 정확한 판단 및 분석은 설계자의 능력을 향상시킨다.

(5) 사용자편(user friendly CAD)에서 개발되어야 한다.

프로그램 개발시 사용자가 사용하기에 편리하도록 각 기능간의 판단기능(diagnosis)을 충분히 배려하는, 사용자 입장에서 개발되어야

한다.

### 3. 그래픽 라이브러리(KIMMPAK)의 개발

CAD란 대화식 컴퓨터 그래픽을 기본기능으로 이용하는 분야이므로 모든 데이터의 입력과 출력은 사용자와 프로그램간의 상호대화식으로 구성되어야 하며 그래픽을 최대한 응용하여야 한다. 그러나 사용터미널의 종류가 다양해지면서 어떤 장비에서나 수행가능한 범용의 CAD프로그램 개발은 많은 제한이 존재한다. 만일 장비에 의존하는 입·출력 기능과 그래픽 기능들을 독립적으로 라이브러리(library)범용성의 제한성을 해결할 수 있을 것이다.

KIMMPAK은 그래픽스를 이용하여 기계부품 요소를 설계, 분석하는데 사용하는 패키지로서의 특성을 최대한 살리기 위해 다음의 사항들을 특히 고려하여 설계하였다.

- 프로그램 사용자와 프로그램이 상호 대화하는 방식으로 데이터의 入, 出力이 이루어 지도록 한다.
- 소형 및 개인용 컴퓨터에의 이용이 가능하도록 한다.
- 입력된 데이터나 설계의 결과 및 해석은 쉽게 확인할 수 있도록 그래픽을 이용하여 형상화 하거나 도표로서 표시된다.
- 사용된 하드웨어의 특수 기능을 표준화하여 응용 프로그램과는 별개로 기능을 수행하도록 하여 사용 디바이스(device)에 독립적으로 운용하도록 한다.
- 각 기능간의 판단 기능을 충분히 배려하여 사용자가 쉽게 사용하도록 한다.
- 사용자의 요구에 따라 기능 및 디바이스 드라이브의 확장이 용이하도록 한다.

#### 3.1 KIMMPAK의 구조

KIMMPAK 그래픽 패키지는 그림 17에 나타낸 바와 같이 기능에 따라 도형작성(plotting) 루틴과 장치구동기(device driver) 루틴

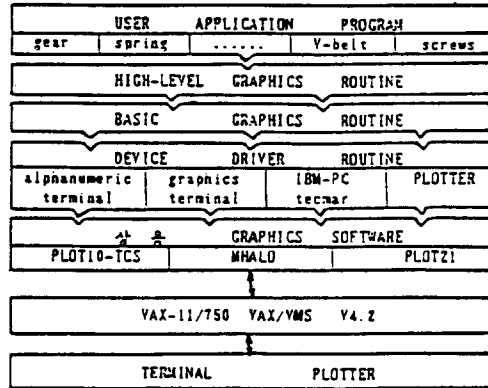


그림 17 KIMMPAK의 구조

으로 크게 나눌 수 있다.

도형작성루틴은 그래프나 parabola등과 같이 상대적으로 복잡한 그래픽 기능을 처리하는 고급 그래픽 루틴과 장치내의 그래픽 기능 수행을 위한 입, 출력 및 관련 환경조성을 주로 하는 베이식그래픽 루틴으로 세분된다.

반면에 장치구동기 루틴은 사용 가능한 TEKTRONIX그래픽 터미널, HP-7221 PLOTTER, 그리고 IBM-PC/AT등의 그래픽 데이터 입, 출력에 필요한 기능들을 표준화 하고 단일화시켜 장치구동기를 만들고, 이들 그래픽 장비들을 제어할 수 있는 상용 패키지와 링크시켜 원하는 형상을 그래픽 장비에 그리도록 인터페이스(interface)해 준다.

#### 3.2 KIMMPAK의 도형작성 루틴

KIMMPAK을 구성하는 모듈들 중 상위 두 모듈인 고급 그래픽 루틴과 베이식그래픽 루틴은 그 기능상 도형작성 루틴에 속한다. 본 절에서는 루틴 별로 수행하는 기능을 나열하여, KIMMPAK이 제공하는 도형작성 루틴의 기능을 설명한다.

##### (1) 고급 그래픽 루틴

KIMMPAK의 최상위 계층으로 응용 프로그램에서 호출되어 상대적으로 복잡한 그래픽 기능을 수행한다.

- 그래프 제도 기능

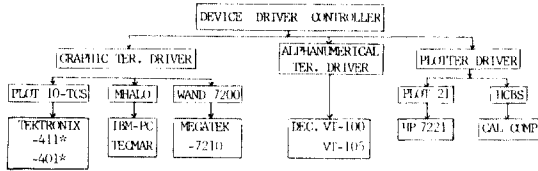


그림 18 KIMPAK 장치 구동기 도형

- 도형 제도 기능
  - 텍스트와 연관된 기능
  - O.S와 연관된 보조 기능
- (2) 베이식그래픽 루틴

상위 계층인 고급 그래픽 모듈의 호출을 받아 그래픽 기능수행을 위한 자료의 입, 출력, 그래픽 장비의 모드 변환 그리고 점이나 선을 그리는 등 기본적인 실제적인 기능을 수행한다.

- 그래픽 시스템 제어 기능
- 출력 원시적(output primitive)기능
- 출력 속성(output attribute)기능
- 입력과 연관된 기능
- Viewing operation과 좌표 시스템 변환 기능

### 3.3 KIMPAK의 장치구동기

#### (1) Alphanumeric 터미널

VAX/VMS 운영체제하에서 사용 가능한 VT100, VT105, Televideo 922 등 일반 터미널에서 KIMPAK이 수행되도록 하기 위해, 모든 그래픽 Operation을 무시하고 문자열(text)만 터미널 상에 출력시키도록 하고 있다.

#### (2) 그래픽스 터미널

KIMPAK이 제어할 수 있는 그래픽 터미널로는 TEKTRONIX그래픽 터미널과, VT 125터미널, 그리고 IBM PC TECMAR터미널이 있다.

TEKTRONIX社에서 제공하는 PLOT 10-TCS 라이브러리에서, 15개의 쉘프로그램들을 (ANMODE, BELL, ANCHO, CHRISZ, ORWABS, DSHABS, ERASE, FINITT, INITT, MOVABS, TOUTPT, PNTABS, SCURSR, TEDM, TSEND)호출하여, TEKTRONIX 터

미널 및 호환기종의 터미널을 하드웨어적으로 제어하고, 하드웨어적으로 제어가 곤란한 것은 구동기 내의 소프트웨어로 emulate하여 터미널을 직접 제어한다.

IBM PC용 장치구동기는 PC TECMAR터미널을 제어할 수 있는 MHALO그래픽 라이브러리에서, 위에서 언급한 PLOT10-TCS내의 15개의 쉘프로그램과 동일한 기능을 수행하는 7개의 쉘프로그램을 추출하고 MHALO내의 특정 프로그램들을 조합하여 나머지 8개의 쉘프로그램을 만들어 이들 쉘프로그램들을 구동기 루틴에서 적절히 호출하도록 하였다. 그 결과 IBM PC/AT에서 KIMPAK수행이 가능케 되었다.

또한 KIMPAK을 이용해 설계된 기계부품의 운동동작을 시뮬레이션해 보기 위해 병렬 데이터 처리가 가능한 MEGATEK-7210 터미널을 구동할 수 있는 구동기가 WAND-7200 라이브러리를 이용하여 개발중에 있다.

#### (3) 도형장치(plotter device)

KIMPAK이 제어할 수 있는 도형으로는 PLOT21 그래픽 라이브러리를 이용해 운용하는 HP-7221 도형이다.

PLOT-21그래픽 라이브러리내의 15개의 쉘프로그램(CLIPOF, CSIZEA, DRAW, DASLNA, LIMIT, LOCATE, MOVE, MAPUU, NEWPEN, PLOTON, PLOTS, SETIN, SYMBOL, WHERE)을 구동기에서 호출하여 HP-7221의 하드웨어적인 기능을 제어하고, 하드웨어적으로 처리가 곤란한 것은 구동기 내의 소프트웨어로 모방하여 도형을 직접 제어한다.

도형 구동기의 호환성을 증진시키고, 사용가능도형의 종류를 늘리기 위해 CALCOMP도형의 HCBS(host computer basic software)를 이용하여 CALCOMP 도형용 구동기 루틴을 개발 중에 있다.

## 4. 결 론

본 글에서는 기계부품 요소의 CAD 프로그

램 개발에 사용되는 대화식 그래픽 소프트웨어를 설계하고, 具現한 과정을 기술하였다.

VAX/VMS V4.2 운영체제하에서 FORTRAN-77을 主言語로 사용하여 설계된 KIMMPAK은 도형작성 루틴, 장치구동기(device driver) 루틴의 역할분담을 명확히 하여 보다 신뢰성 있고, 호환성 있는 소프트웨어 개발 가능성을 보여 주었다.

실지로 기어나 스프링의 설계에 기본도구로 사용되어, 설계시 발생할 수 있는 입력자료의 오류를 미리 예방하고, CAD응용 프로그램 개발시간을 최대한 줄이는 등 만족할 만한 결과를 얻었으며, 현재도 V-벨트 등 다른 기계부품 CAD프로그램 개발에 사용되고 있다.

또한 VAX-11/750에서 구현된 KIMMPAK을 IBM-PC/AT에서 수행 가능토록 MS-FORTRAN으로 변환하고, MHALO 그래픽 라이브러리를 구동기 루틴에서 사용하여 IBM PC용 KIMMPAK을 구현하였다.

향후 KIMMPAK의 도형작성 루틴에 3차원 도형정의 기능을 첨가시키고, MEGATEX-7210 그래픽 터미널, Calcomp plotter등의 장치를 구동할 수 있는 기능을 장치구동기 루틴에 확장시켜 보다 완벽한 시스템이 구축되면 상품화도 가능하리라 기대한다.

이상과 같이 실제 설계에 응용할 수 있는 CAD응용프로그램의 개발을 통하여 CAD의 유용성에 대한 인식을 향상시킬 수 있을 것이다. 또한 국내의 기술에 적합한 프로그램의 개발과 응용은 설계기술의 향상과 축적이 가능함을 이 해시킬 수 있으며 CAD의 활용 범위를 확대할 수 있을 것으로 사려된다.

### 참 고 문 헌

(1) Juvinal, R. C., 1983, "Fundamentals of Machine Component Deign", John Wily son.  
 (2) Juvinal, R. C., 1967, "Stress, Strain, and Strength", McGraw-Hill.  
 (3) Shigkey, J. C., 1977, "Mechanical Engineering Design", McGraw-Hill.

(4) Spott, M. F., 1978, "Design of Machine Elements", Printice-Hall.

(5) 신중호, 1986, "기계요소 CAD소프트웨어 개발", 86년도 자동제어 학술대회.  
 (6) 신중호, 류갑상, 1986, "기계요소 CAD소프트웨어 개발을 위한 대화식 패키지의 설계와 구현", 86년도 한국정보학회 추계발표.  
 (7) 류갑상, 신중호, 1987, "대화식 전문가 S/W개발을 위한 Case-Buildig기법 연구 및 구현, 87년도 자동제어 학술회의.  
 (8) 류갑상, 신중호, 범진환. 1988, "기계요소 자동설계를 위한 민감도 해석기법", 88년도 한국정보학회 춘계발표.  
 (9) 신중호, 1988, "기계요소 부품의 해석 및 설계용 Graphics-Oriented CAD S/W개발기법", 한국 국제 컴퓨터 그래픽스 세미나.  
 (10) 신중호, 1988, "기계부품의 설계자동화를 위한 CAD기법 개발", 88년도 국내외 과학자 심포지움.  
 (11) Shin, J.H., Kinzel, G.L., 1984, "Sample Output from Programs Developed to Design and Analyze Machine Elements", The Ohio State University.  
 (12) Farley, D. M., Kinzel, G. L., 1982, "Interactive Gear Analysis Programs", The Ohio State University.  
 (13) PLTAK, Plotting Subroutines, V5.0, The Ohio State University, 1985.  
 (14) Tektronix, PLOT-10 TCS Manual, 1980.  
 (15) Tektronix, 4110 Series Command Reference Manual, 1983.  
 (16) IBM, Professional Fortran Compiler V1.19 Manual, 1985.  
 (17) IBM, Graphics Toolkit Manual, 1985.  
 (18) 신중호, 류갑상, 노창수, 1986, "기계요소 CAD소프트웨어 개발(I)", 최종보고서, 한국기계연구소.  
 (19) 신중호, 류갑상 외 5인, 1987, "기계요소 CAD소프트웨어 개발(II)", 최종보고서, 한국기계연구소.