

## 터보기계 블레이드 공력 설계용 화상처리 기법

양충모\*, 백제현\*, 정희택\*\*, 오군섭\*\*\*

\* 포항공과대학교

\*\* 경상대학교

\*\*\* 기계연구원

### 1. 개요

터보기계 설계기술 개발과 관련하여 여러가지 연구분야가 있으며 이에 따른 요소 기술 개발이 요구된다. 그중의 하나가 터빈 또는 압축기의 설계이며 이때 익렬유동의 해석이 중요한 역할을 함은 널리 알려져 있는 사실이다. 그러나 익렬유동은 3차원 복잡한 형상내 유동으로 이들의 계산에 필요한 익형형상에 대한 정보, 계산후 유동장 내에서의 정보 등을 처리하는 방법은 현상설명에 있어 대단히 중요하다. 특히 비정상 유동특성이 중요할 경우에는 계산에서 얻어진 막대한 자료 분량을 처리하여 쉽게 현상을 해석할 수 있는 방법은 graphic을 이용한 가시화방법이다.

### 2. 기본 그래픽의 개요

#### 2.1 window system

윈도우 시스템은 컴퓨터와 사용자 간의 대화를 위한 인터페이스(user interface) 기능을 효율적으로 수행하기 위해 만들어진 system이다. 컴퓨터의 사용자 인터페이스로는 윈도우 시스템이 등장하기 이전부터 이미 보통의 터미널을 사용하는 방법이 널리 이용되어져 왔다. 그러나 이 터미널을 기반으로 하는 사용자 인터페이스는 사용자에게 사용하기 쉬운 환경을 제공하는데에 한계를 느끼게 되었다. 또 다중작업(multi-tasking)등과 같은 OS기능이나 고도의 그래픽 기능을 충분히 살리지 못하는 등의 문제가 있다. 윈도우 시스템은 이와같이 터미널이 가지고 있는 사용자 인터페이스로서의 제약을 극복하기 위하여 출현하였다. 일반적으로 윈도우 시스템형의 사용자 인터페이스는 다음과 같은 특징이 있다.

- 1 그래픽 사용자 인터페이스(Graphical User Interface: GUI)
2. 다중윈도우(multi-window)
3. 네트워크 투과성(transparency)

윈도우 시스템은 Sun의 SunView나 OpenLook, IRIX의 4Dwm 등 여러 종류가 각자의 시스템

에 맞도록 발달되어 왔다. 기본적으로 각 윈도우 시스템은 호환되지 않으므로 많은 불편을 겪어 왔고, 이를 해결하기 위한 윈도우 시스템의 표준화작업도 치열한 경쟁속에 이루어져 왔다. 지금으로는 X-Window system이 SUN 계열과 HP 계열 등의 일반적인 시스템에서 표준 윈도우 시스템으로 굳어져 가고 있으며, IRIX는 그래픽을 강조하는 시스템의 특징을 살리기 위하여 고유의 윈도우 시스템을 고수하고 있다.

X 윈도우 시스템의 기능은 하나의 프로그램에 의해 실현되는 것이 아니고 서버와 클라이언트라고 하는 2개의 프로그램에 의해 실현되고 있다. 서버와 클라이언트 간에는 상호간의 정보 교환을 위한 communication 채널이 필요하므로 X 윈도우 시스템은 결국 다음 3개의 기본 요소로 구성되어 있다고 할 수 있다. 즉 서버, 클라이언트, 그리고 커뮤니케이션 채널이 그것들이다.

윈도우 매니저는 윈도우 프로그램의 하나로서 특히 사용자가 대화식으로 윈도우를 조작하거나 조작환경을 맞추기 위한 관리 툴(tool)로서 제공되는 것이다. 윈도우 시스템에 따라 여러종류의 윈도우 매니저도 존재하지만 X-window system은 주로 OSF/Motif의 표준 윈도우 매니저인 mwm(Motif Window Manager)를 사용한다.

## 2.2 GL(Graphic Library): Xlib/ Motif

X 윈도우 시스템은 네트워크 투명성 윈도우 시스템이다. X에서는 여러개의 응용 프로그램들이 동시에 컬러 또는 모노 비트맵 화면에 그래픽, 윈도우, 텍스트들을 생성하는 작업을 수행할 수 있다. 네트워크 투명성의 의미는 이처럼 응용 프로그램들이 네트워크로 연결된 어느 컴퓨터에 서든지 수행할 수 있다는 의미이다. 이는 X 윈도우 시스템이 디바이스에 비의존적으로 동작하기 때문에 네트워크로 연결된 새로운 컴퓨터라도 어플리케이션을 다시 작성, 컴파일, 링크시키지 않아도 되기 때문이다.

X 윈도우 시스템을 구성하고 있는 주용 구성요소의 계층구조를 살펴보면 X protocol, Xlib, X toolkit, Xt Intrinsic, 그리고 Widget 와 같다.

## 2.3. Motif GL(Graphic Library)

본 연구에서는 GUI 프로그램의 개발을 위한 그래픽 라이브러리로서 상업화되어 가장 많이 사용하고 있는 Xt Intrinsic을 기반으로 하는 OSF/Motif 위젯을 사용하였다.

Xt를 기반으로 하는 툴킷을 사용할 때 사용자는 Xt에 의해 미리 지정된 형태로 클라이언트 프로그램을 작성해야한다. 프로그래밍 형태는 X 라이브러리와 비슷하지만 몇가지 차이점이 있다. 사용자의 클라이언트는 X 라이브러리, Xt 그리고 위젯들과 연관되어 동작하며, Xt나 위젯은 X 라이브러리와 같이 클라이언트 프로그램에서 관련된 함수를 호출하여 사용한다.

위젯을 이용하여 사용자 인터페이스를 만들기 위해서 프로그래머는 제공되는 시스템에서

어떠한 위젯이 유용하고 어떤 기능을 하는지 또는 사용되는 자원은 어떠한 것인지를 알아야한다. 여기에서 자원(resources)이란 어플리케이션 프로그램이 서버(server)를 통해서 제어(control)할 수 있는 윈도우, 픽스맵, 폰트, 컬러 그리고 클라이언트에 의해 사용되는 위젯들을 총칭하여 부르는 것이다.

프로그래머는 위젯의 상세한 구현 기법을 알지 못하여도 클라이언트 프로그램을 작성할 수 있다. 프로그래머는 어떤 위젯을 사용할 것 인지, 위젯 사용할 때 자원을 어떻게 할당할 것인지 정도만 알고 있으면 된다. 또한 프로그램 설계시 반영되는 객체지향 개념에 대한 이해도 있어야 한다. Xt는 OSF/Motif 위젯으로 만들어지는 모든 것에 대한 기본적인 자료구조를 제공하기 위한 모델로서 객체지향 프로그래밍(Object-Oriented Programming)을 사용한다. 특히 위젯은 자료추상화(Data Abstraction)와 상속성(inheritance)를 지원한다.

Xt Intrinsics에서는 몇 개의 위젯 클래스만을 정의하며 완전한 위젯클래스는 정의하지 않는다. OSF/Motif 위젯들은 Xt에서 정의된 기본적인 위젯들로부터 상속되어 만들어진 것이다.

## 2.4 OSF/Motif 위젯들

클라이언트 프로그래머는 Xt에 의해 정의된 위젯들을 직접적으로 사용하지 못한다. 이러한 위젯들은 클라이언트에서 직접적으로 사용되는 위젯들을 만들기 위한 틀(framework)로서 사용된다. 모든 OSF/Motif 위젯들은 Xt 위젯인 코아, 콤포지트, 셸, 프리미티브 위젯의 서브 클래스이다. OSF/Motif는 사용자의 클라이언트 프로그램에서 직접적으로 사용할 수 있는 클래스들을 정의하기 위해 몇 개의 중간단계의 클래스를 사용하고 있다.

OSF/Motif 위젯들은 하나의 공구박스처럼 생각해야 하며, 이를 이해하기 위해서는 우선 위젯의 계층구조에 대한 이해가 필요하며, 클라이언트에서 직접적으로 사용할 수 있는 각각의 위젯들을 이해해야 한다. 그런 다음에야 사용자는 자신이 필요로하는 부분에 어떤 위젯을 사용할 것 인지를 결정할 수 있다. 또한 위젯을 사용할 때 필요로 되는 자원과 자원설정을 할 수 있어야 하며, 위젯의 내용도 자세히 알고 있어야 한다. 마지막으로 사용자는 클라이언트에서 위젯을 실제 생성하고 사용할 수 있어야 한다.

## 2.5 GUI(Graphic User Interface)

컴퓨터가 개발되고 나서부터 지금까지 자료의 처리는 매우 다양한 형태로 이루어져 왔다. 컴퓨터와 인간의 통신방법에 있어서 기존의 일괄처리나 명령어 기입처리는 일반 사람에게 너무 어렵고 하기 싫은 작업이었기 때문에 쉽고 간단한 방법의 처리방법이 요구되었다. 많은 연구가 어떻게 하면 컴퓨터를 가장 유용하게, 가장 쉽게 프로그래머나 사용자가 사용할 수 있는가 하는

것에 집중되었다. 연구결과는 사용자가 그들의 사무실이나 집 어디서든지 같은 방법으로 컬러 화면상의 객체(메뉴, 윈도우, 아이콘)들을 마우스로 조작하여 사용하는 GUI(Graphical User Interface)로 결론지어졌다. '구이(goopy)'라고 부르는 이 사용자 인터페이스는 사용자가 아주 쉽게 접근하고 배우고 사용할수 있는 편리한 인터페이스 시스템이다.

윈도우 시스템은 이러한 동작을 수행하기 위해서 다양한 형태의 입력장치를 요구한다. 주로 사용되는 입력장치는 마우스와 키보드이다. 일반적으로 GUI 시스템에서는 텍스트의 입력이나 정밀한 수치의 입력을 제외하고는 대부분 마우스 형태의 입력장치를 사용한다. GUI 시스템의 대표적인 입력장치로는 키보드와 마우스가 있다.

### 3. 터보기계 전용 Software개발

유체기계 익셀 유동과 같은 내부 유동의 해석은 전산 응용설계의 기초단계이며, 기존의 실험 및 설계자료의 평가와 설계효과의 검토에 빈번히 이용되고 있다. 특히 개스터빈 또는 스팀터어빈의 경우, 점점 고속화, 경량화됨에 따라 최적 설계를 위하여 터어빈 날개 형상이 복잡해지고, 허어브비 등이 작아지는 등 터어빈의 단당 길리는 하중이 커지고, 터어빈 날개에는 높은 마하수를 가지는 유동이 형성된다. 유체기계의 공기역학적인 제반 손실들을 정확히 예측하기 위하여 날개 표면, 허어브 및 케이싱 벽면의 점성 경계층, 익셀 후위의 2차 유동, 충격파와 경계층의 상호작용, 익셀끝 간격에서 발생하는 부설 유동 등과 같은 3차원 점성유동 등, Navier-Stokes 모델에 의한 압축성 3차원 유동 해석이 최종적으로 요구된다.

그러나 이러한 수치해석에는 대용량의 기억메모리를 가진 대형 컴퓨터가 필요하고, 이를 해석하기 위한 형상설계에 필요한 형상data와 이를 근거로 얻어진 결과로부터 영향을 최적화하기위한 반복적인 해석작업이 많이 필요하며 그 때마다 이를 판별할 수 있는 data처리 기법이 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 수치해석을 위한 전처리과정과 계산 결과 얻어진 자료의 후처리를 위한 전산가시화 기법을 개발하고자 한다.

#### 1. 대화형 그래픽 전산 알고리즘 기법 연구:

- 적용 대상 시스템: HP-UNIX (Moffit/ X-Library)
- GUI/GL 기법 검토

#### 2. 전처리 시스템 개발:

- 터보기계 블레이드 3차원 형상화용 대화형 (Interactive mode) 전산 프로그래밍
- (주: 블레이드 형상 알고리즘은 KIMM측 제공: 알고리즘명: BLAD)

#### 3. 후처리시스템 개발:

-공력 해석 결과의 그래픽 처리

(내용: 설계변수에 따른 제반 공력설계치 (손실 분포, 출구각 등)의 PLOT)

(주: 공력해석 알고리즘은 KIMM측 제공: 알고리즘명: PERM)

#### 4. 시스템 INTEGRATION 및 적용:

-적용 대상: 축류형 압축기의 3차원 블레이드 형상 설계시스템

-시스템 운영 기법: HP-UNIX상의 GUI/GL mode

본 프로그램의 기본구조는 3차원 다단 터빈 익렬에서 stator, rotor 또는 두 계간의 상호운동에 따른 비정상 유동장을 손쉽게 해석할 수 있는 전산가시화기법의 개발을 위한 입력과 출력 과정을 사용하기 편리한 GUI 메뉴방식의 사용자 인터페이스를 이용하여 구현하는 것이다. 이를 위하여 프로그램은 크게 다음과 같은 3가지의 부분으로 나뉘어져서 짜여져 있다.

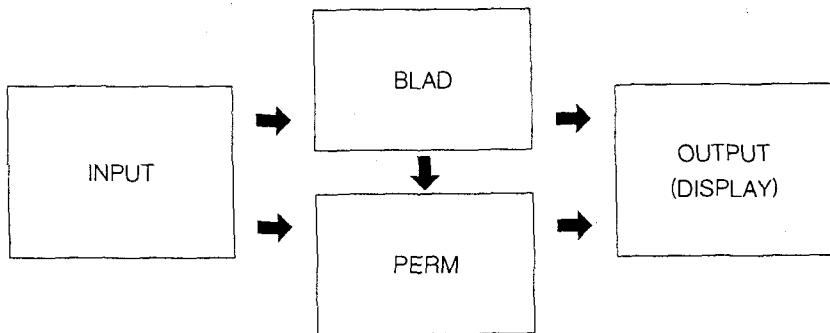
1. INPUT Part : Input data file의 설정 및 수정프로그램

2. RUN Part : 계산 프로그램

2.1 BLAD : 블레이드 형상 모델링 프로그램

2.2 PERM : 블레이드 성능 예측 프로그램

3. OUTPUT Part : 블레이드의 결과와 성능 예측 결과를 그래픽으로 display하는 프로그램



각 프로그램들의 내용 수정 및 성능 갱신을 위하여 각각의 부분들은 독립적인 프로그램이 되도록 구성하였으며, 프로그램 상호간의 자료교환은 정해진 형태의 파일들을 이용하여 이루어지도록 하였다.

계산을 수행하여 나온 결과를 화면상에 DISPLAY하기위한 OUTPUT FILE의 종류 및 기능은 다음과 같이 설정하였다.

## 1. 블레이드 형상 모델링 프로그램

1-1 Input 및 flow-path graphic

1-2 단면별 블레이드의 형상 그림

1-3 블레이드의 3차원 형상

1-4 임의 단면의 블레이드 형상

1-5 임의 단면에서의 마하수에 따른 Loss Coefficient( $\omega$ ) vs. Inlet angle( $\beta_1$ )의 그래프

1-6 임의 단면에서의 마하수에 따른 Exit angle( $\beta_2$ ) vs. Inlet angle( $\beta_1$ )의 그래프

## 2. 블레이드 성능예측 프로그램

2-1 full blade의 Loss vs. span : Radial Variations of Rotor Total Pressure Loss Coefficient

2-2 full blade의  $\beta_2$  vs. span : Radial Variations of Relative Rotor Exit Angle

2-3 full blade의  $V_m$  vs. span

2-4 full blade의  $D_r$  vs. span : Radial Variations of Rotor Diffusion Factor

2-5 full blade의  $\eta$  vs.  $m(NR)$

2-6 full blade의 PR vs.  $m(NR)$

2-7 full blade의 TR vs.  $m(NR)$

여기에서 사용된 기호들은 다음과 같다

$\omega$  : Loss coefficient

$\beta_1$  : Inlet angle

$\beta_2$  : Exit angle

$V_m$  : Meridional Velocity (m/sec)

$D_r$  : Rotor diffusion factor

$m$  : Mass flow rate (Kg/sec)

$\eta$  : Adiabatic efficiency

PR : Pressure Ratio

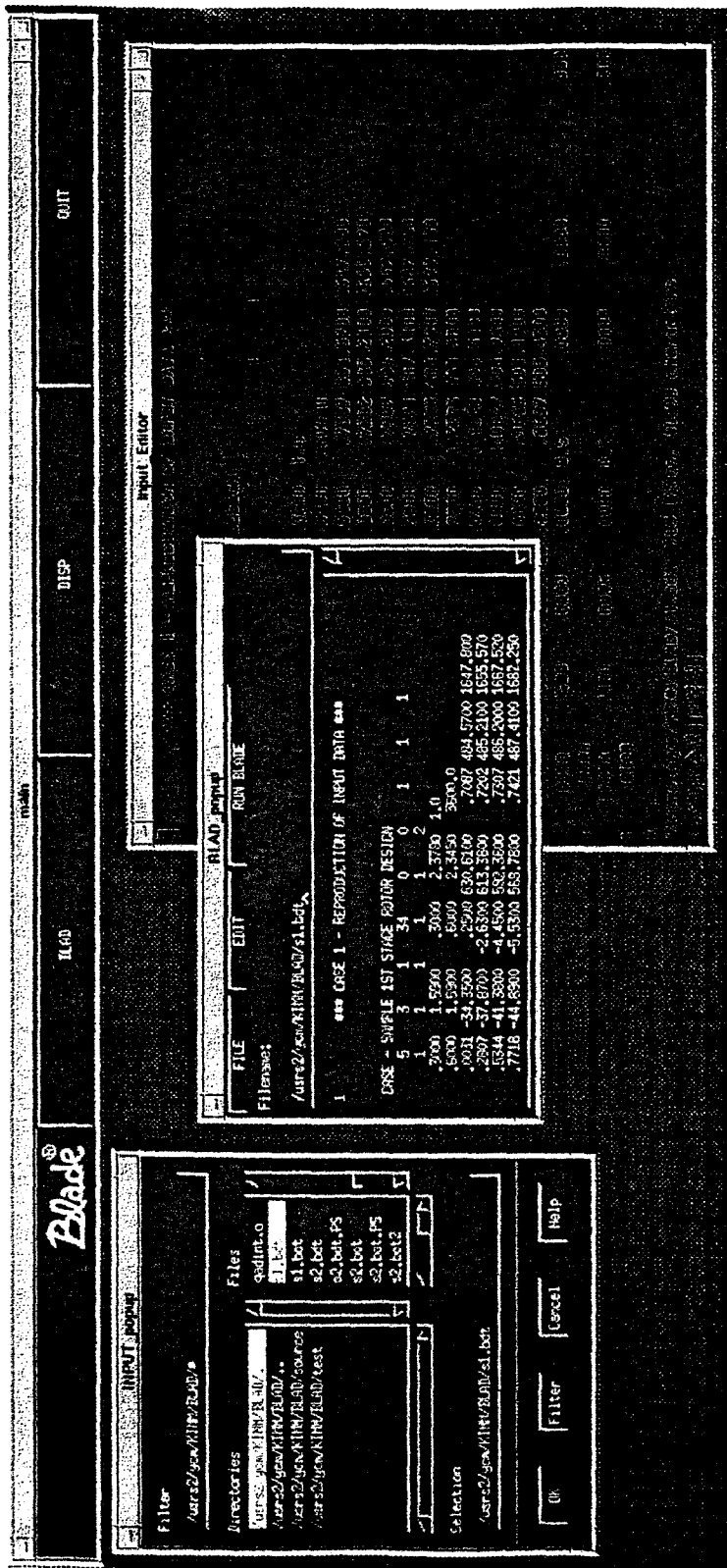
TR : Temperature Ratio

#### 4. 결론

수치해석을 위한 전처리과정과 계산결과 얻어진 자료의 후처리를 위한 전산가시화 기법을 개발하였다. 사용자의 편의와 프로그램 실행시의 화면제어 및 응용프로그램 간의 전환의 용이성을 위하여 Motif GL을 이용한 그래픽 사용자 인터페이스 방식을 채택하였다.

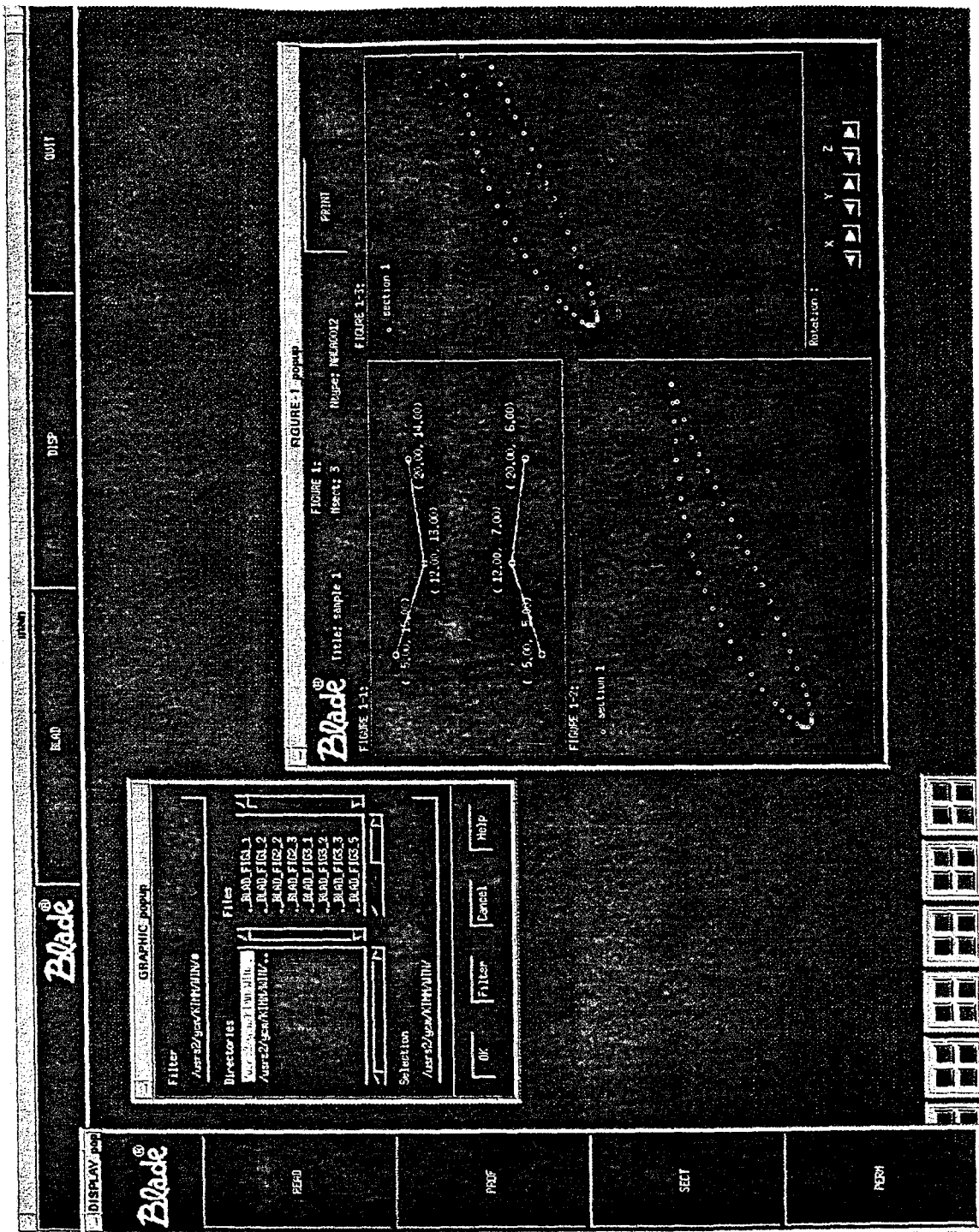
터보기계 설계기술 개발을 위한 기초인 전처리, 후처리 기법 연구를 통하여 다음과 같은 파급효과가 기대된다.

- 국내 Software의 상용코드화 가속
- GUI-환경을 사용한 설계의 정확도 향상 및 설계사이클 단축
- 복잡한 기하학적 형상에 대한 그래픽 처리용이
- 국내 유체 공학계에 설계용 전산코드도입의 시작

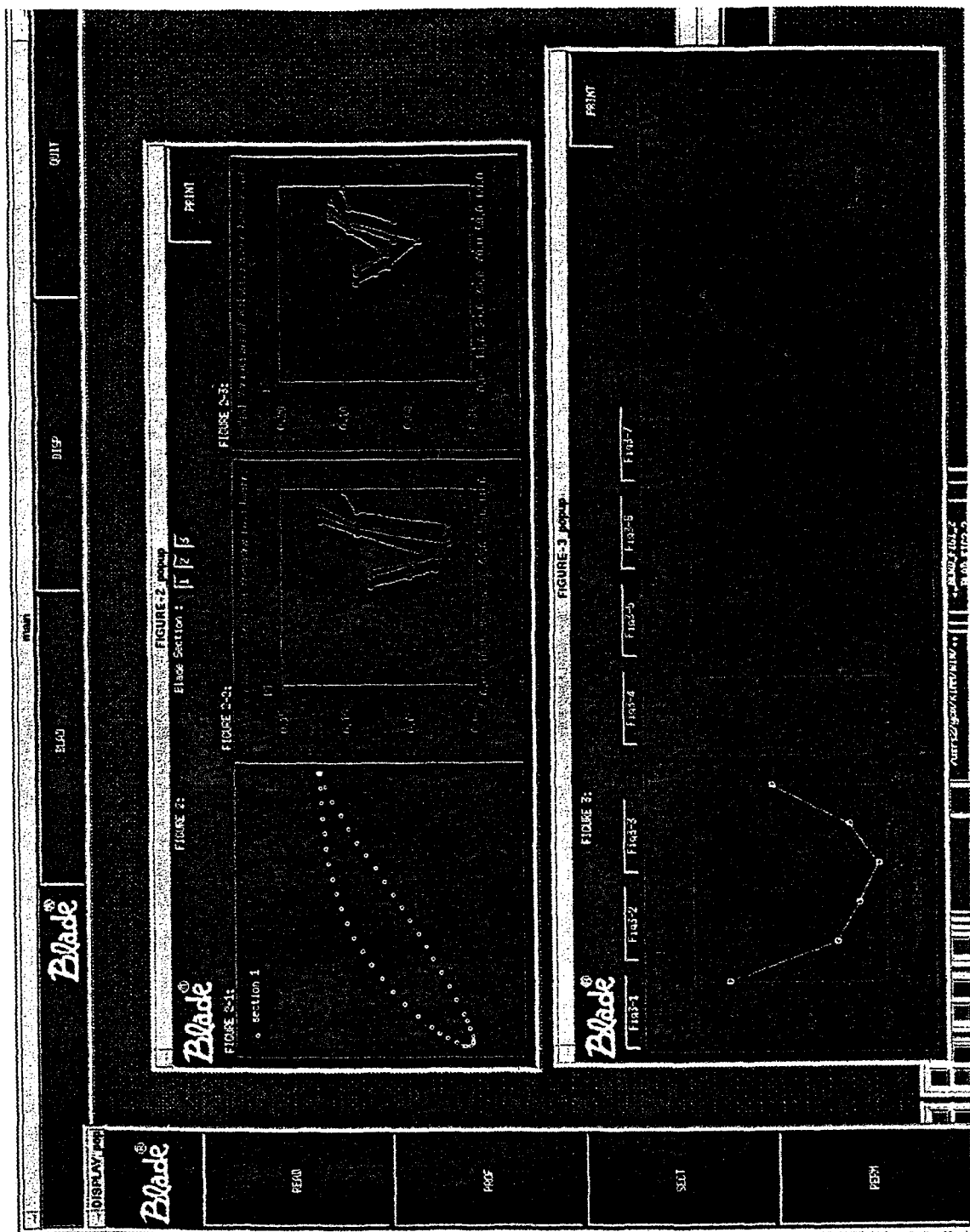


BLAD 프로그램 실행화면





DISP 프로그램 실행화면 - 블레이드 정보



DISP 프로그램 실행화면 - 성능예측 정보