

〈논 문〉 SAE NO. 97370067

## 윈도우즈 GUI 환경을 이용한 자동차의 주행성능 측정·분석용 CAT 시스템의 개발

### Development of a CAT System for Measuring and Analysing the Ride and Handling Performances of Vehicle under Windows GUI Environment

양 희 구\*, 김 석 일\*\*, 김 동 룡\*\*\*, 김 건 상\*\*\*  
H. G. Yang, S. I. Kim, D. R. Kim, K. S. Kim

#### ABSTRACT

The vehicle handling performances have a close relation with the driver's safety. And the CAT(Computer aided testing) system has been introduced as a powerful tool for improving the handling performances. In this study, a CAT system for effectively measuring and analysing the handling performances is developed based on the windows GUI(Graphic user interface) environment. Especially, in order to derive a lot of significant handling performance parameters from a series of proving ground tests, the CAT system has various functions related to real time measurement, time domain analysis, frequency domain analysis, steady state analysis and so on.

주요기술용어 : CAT System(Computer aided testing system, 컴퓨터 지원 실험 시스템), GUI Graphic user interface (그래픽 사용자 접속), Real time measurement(실시간 측정), Time domain analysis(시간영역 분석), Frequency domain analysis(주파수영역 분석), XY domain analysis(XY영역 분석), Steady state analysis(정상상태 분석)

#### 1. 서 론

오늘날의 자동차 산업기술은 기계분야와 전 분야가 결합된 메커트로닉스(Mechatronics) 기술로 발전되었기 때문에 그 나라의 기술력을 대표하는 척도로 인식되고 있다. 따라서 자동

차 산업이 국가경쟁력에 미치는 영향은 매우 크고, 특히 우리 나라의 경우에는 반도체 산업과 더불어 2,000년대 2대 중점 육성산업으로 간주되고 있는 실정이다. 국내외적으로 볼 때에도 자동차 시장의 점유율을 높이기 위한 자동차 업체간의 기술 경쟁은 점점 치열해지고 있으며, 그 결과 자동차 업체들은 급변하는 시장상황에 능동적으로 대응하기 위하여 고도의 기술이 집적된 다품종의 자동차들을 단기간 내에 설계 및 생산해야 한다는 문제에 봉착하고

\* 한국항공대학교 기계설계학과 대학원  
\*\* 정회원, 한국항공대학교 기계설계학과  
\*\*\* 기아기술센터 차량연구실

있다. 또한 자동차는 일반적인 기계와 달리 고속으로 도로를 주행한다는 점 때문에 자동차의 안전도는 운전자의 생명과 직결되어 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 모든 자동차 업체들은 자동차의 주행성능을 정확하게 평가하여 자동차의 안전도를 높이고, 동시에 많은 시간이 소요되는 자동차의 주행성능 검증을 신속하게 수행하여 생산성을 높일 수 있는 기술을 개발하는데 많은 노력을 기울이고 있다.

궁극적으로 자동차의 주행성능을 정확하게 평가하기 위해서는 이론적 모델을 이용한 컴퓨터 계산결과보다는 실차 주행결과를 토대로 한 해석이 필요하다. 그 이유는 단순화된 이론적 모델에서 고려하지 못한 영향 인자나 모델링 과정에서의 오차로 인하여 정성적인 관점에서는 일치하지만, 정량적인 관점에서는 차이를 나타낼 수 있기 때문이다. 그리고 자동차의 성능평가 실험을 통해서 측정되는 정보들은 자동차의 양산 설계·제작은 물론 이론적 모델의 검증 및 재검립에도 많은 도움을 줄 수 있다.

일반적으로 자동차의 성능평가 실험을 통해서 얻어지는 정보들은 다양하기 때문에 측정된 정보들을 얼마나 체계적이고, 신속하고, 올바르게 평가할 수 있는가 하는 점은 자동차의 개발과 관련해서 매우 중요한 사항이라고 할 수 있다. 특히 자동차의 주행성능을 평가하기 위해서 수행하는 실험은 J턴(J-Turn), 정원주행(Steady state cornering), 차선변경(Lane change), 이중차선변경(Double lane change), 슬래럼(Slalom) 등과 같이 그 종류가 많고, 각각의 실험을 통해서 얻어야 할 분석결과도 여러 가지 형태이기 때문에 시간영역 분석, 주파수영역 분석, XY 영역 분석, 정상상태 분석 등과 같은 다양한 분석 기능들이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 각종 주행실험부터 보고서 작성까지 소요되는 시간과 노력을 줄이기 위한 수단으로서 주행성능 측정, 측정정보 분석, 측정·분석정보 관리 및 출력 등을 윈도우즈 GUI 환경에서 일괄적으로 수행할 수 있는 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템을 개발하였다.

## 2. 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템의 개요

자동차의 주행성능을 평가하기 위해서는 일차적으로 자동차의 거동을 측정하는 센서(Sensor)들과 DAS 보드(Data acquisition system board)가 필요하지만, 전압값으로 측정된 정보들을 물리적인 값으로 변환시키고, 각 정보들간의 연계적인 분석을 토대로 원하는 매개변수(Parameter)들을 얻기 위해서는 측정정보들에 대한 후처리(Postprocessing) 과정이 필요하다. 지금까지 자동차 회사들은 대부분 상용화되어 있는 측정 소프트웨어를 이용해서 자동차의 거동을 측정한 후, 분석 소프트웨어를 이용해서 그 실험정보를 분석하고, 출력 소프트웨어를 이용해서 분석결과를 출력하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이와 같이 측정 소프트웨어, 분석 소프트웨어, 그리고 출력 소프트웨어를 독립적으로 운영하고 있는 상황에서는 다음과 같은 문제점들이 나타나게 된다.

- ① 독립적인 측정 소프트웨어와 분석 소프트웨어를 사용하기 때문에 실시간 정보분석이 불가능하다.
- ② 하나의 분석결과를 얻기 위해서 측정 소프트웨어, 분석 소프트웨어, 출력 소프트웨어를 반복 적용해야 하기 때문에 많은 시간과 노력이 필요하다.
- ③ 실험목적 및 사용자의 편의성을 충분히 고려해서 분석 소프트웨어를 개발하지 않기 때문에 극소수 인원만이 분석 소프트웨어를 운용할 수 있다.
- ④ 측정·분석정보들을 일괄적으로 관리할 수 없기 때문에 장기적인 정보들의 재활용이 어렵다.

최근 이러한 문제점들을 해결하기 위한 노력의 하나로 자동차의 엔진성능 측정·분석 시스템에 관한 연구가 발표되었지만,<sup>1)</sup> 자동차의 주행성능 측정·분석을 일괄적으로 처리하는 전용 시스템에 대한 국내 연구결과는 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 IBM PC486 이상의 컴퓨터, MS 윈도우즈 3.1 이상의 컴퓨터 운

영체계, DT2839(Data translation 2839)<sup>2,3)</sup> 이상의 DAS 보드, 그리고 볼랜드 C++4.5(Borland C++4.5)<sup>4)</sup>를 토대로 Fig.1과 같은 형태의 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템을 구축하였다. 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템은 측정 모듈(Module)과 분석 모듈로 크게 나눌 수 있으며, 모두 윈도우즈 프로그래밍 기법을 토대로 개발되었다. 측정 모듈은 센서들과 DAS 보드에 대한 제원 및 측정환경들을 설정하는 기능, 자동차의 거동을 실시간적으로 측정하는 기능, 측정 중에 입력되는 잡음(Noise)을 제거하기 위한 저주파 여과(Lowpass filtering)기능, 측정정보들을 컴퓨터 화면에 실시간적으로 화상처리<sup>5,6)</sup>하는 기능, 그리고 체계적으로 정보들을 관리하기 위한 DB(Database) 구축기능 등을 가지고 있다. 그리고 분석 모듈은 측정정보들을 토대로 시간영역 분석, 주파수영역 분석, XY영역 분석, 정상상태 분석 등을 수행하는 기능을 가지고 있는데, 특히 자동차의 주행성능을 평가하기 위해서 사용하는 J턴, 정원주행, 차선변경, 이중차선변경, 슬래럼 등과 같은 주행실험들에 대응되는 분석이 가능하도록 구성되어 있다. 결과적으로 본 연구에서 개발한 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템은 정보의 측정, 분석, 출력이 모두 윈도우즈 GUI환경<sup>1)</sup>에

서 이루어지기 때문에 초보자인 경우에도 시스템 사용법의 습득이 용이하며, 일괄적인 정보의 관리, 분석, 출력이 가능하기 때문에 주행실험부터 보고서 작성까지 소요되는 시간과 노력을 크게 줄일 수 있다.

### 3. 자동차의 주행성능 측정 모듈

자동차의 주행성능을 종합적으로 평가하기 위해서는 핸들조향각(Steering wheel angle), 주행속도(Vehicle speed), 횡가속도(Lateral acceleration), 요우속도(Yaw velocity), 롤각도(Roll angle), 피치각도(Pitch angle), 타이어의 횡력(Lateral force), 조향토크(Steering torque) 등과 같은 많은 정보들을 동시에 측정할 필요가 있다. 또한 자동차의 주행성능을 측정할 때의 정보 처리시간(Throughput time)은 일반적으로 0.01~0.02sec로 주어진다. 따라서 본 연구에서는 A/D 측정방법이 싱글엔디드(Single ended) 방식으로 설정되면 최대 32채널(Channel)까지의 측정이 가능하고, 디퍼렌셜(Differential) 방식으로 설정되면 최대 16채널까지의 측정이 가능한 DAS 보드인 DT2839를 이용하였다.<sup>2,3)</sup> DT2839의 경우에는 최대 측정속도(Sampling rate)가 1MHz이기 때문에 정보 변환시간을 고려해도 자동차의

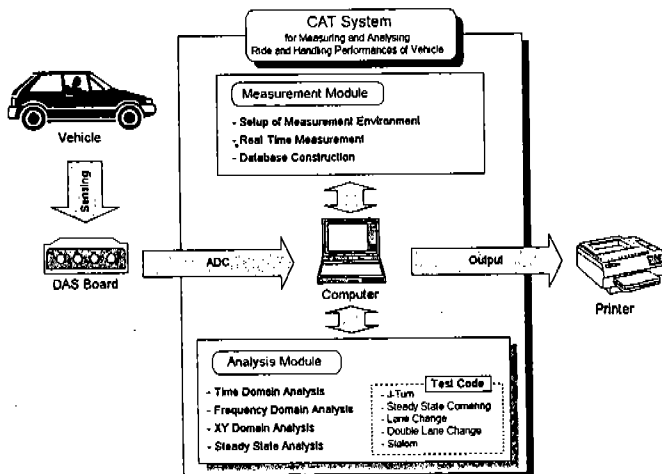


Fig.1 Layout of CAT System

주행성능 평가 시에 요구되는 측정정보간의 처리시간인 0.01~0.02sec 이내에 32채널을 모두 측정하는 것이 가능하다. 특히 실시간 측정을 위해 필요한 DAS 보드와 컴퓨터 사이의 고속 정보통신은 DMA(Direct memory access) 방식에 의해서 수행하였다.

Fig.2는 본 연구에서 개발한 측정 모듈의 측정환경 설정화면을 보여주고 있다. 여기서 설정되는 정보들로는 측정시간(Measuring time), 측정간격(Sampling interval), 차폐주파수(Cutoff frequency), A/D측정방법, 그리드(Grid)의 화면표시 여부 외에도 채널별 정보들인 측정신호의 실시간 화면표시 여부, 측정신호의 종류, 측정신호의 전압범위, 센서 게인(Sensor gain), 측정신호의 오프셋 전압(Offset voltage), 측정신호의 물리적 단위, 측정신호의 물리량 환산 계인 등이 있다. 그리고 이러한 정보들은 분석 모듈에 의한 측정정보 분석의 효율성을 향상시킬 수 있도록 측정정보들과 함께 하나의 DB로 구축된다.

Fig.3과 Fig.4와 같은 입력화면을 통해서 측정환경을 설정한 후 수행한 주행실험(이중차선 변경의 경우)으로부터 얻은 측정정보들을 각각 단축 좌표계(Single axis coordinate)와 다축 좌표계(Multiple axes coordinate)의 화면에 실시간적으로 표시한 예들을 보여주고 있다. 단축 좌표계의 경우에는 측정정보들이 동일한 좌표

축 상에 나타나기 때문에 측정정보들간의 직접적인 비교가 용이하고, 다축 좌표계의 경우에는 측정정보들이 서로 다른 좌표축 상에 나타나기 때문에 측정정보들을 개별적으로 확인하는 데 보다 유용하다. 그리고 측정정보들을 이와 같은 컴퓨터 화면 상에 실시간적으로 나타내기 위해서는 Fig.2의 측정환경 설정화면에서 해당되는 측정신호의 실시간 화면표시 버튼(Button)을 온(On) 상태로 지정해야 한다. 또한 실시간 측정은 주행실험의 편의성을 고려하여 실험자의 트리거 신호(Trieger signal)에 의해서 시작되도록 하였다.

자동차의 주행실험이 완료되면 정보분석에서의 편의성을 위해서 측정정보들에 대한 체계적인 저장방법이 요구된다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 위하여 측정정보들을 DB 형태로 저장하는 방법을 사용하였는데, DB를 구축하기 위해서 필요한 실험차종, 실험코드, 파일명을 입력하는 예는 Fig.5에서 볼 수 있다. 그리고 주행실험에 대한 실험자의 느낌, 설명 등도 주석의 형태로 DB에 저장하여 정보분석 시에 참고할 수 있도록 하였다.

#### 4. 자동차의 주행성능 분석 모듈

자동차의 주행성능 측정정보들로부터 원하는 형태의 출력이나 매개변수들을 얻기 위해서는 다

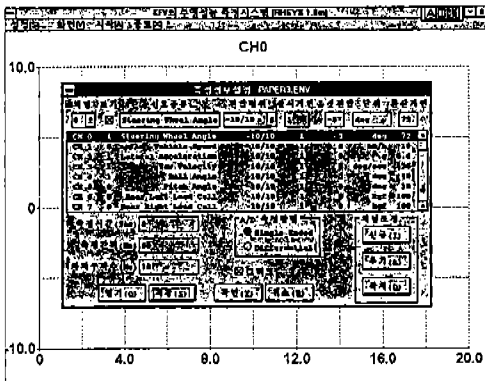


Fig.2 Input Window for Data Measurement

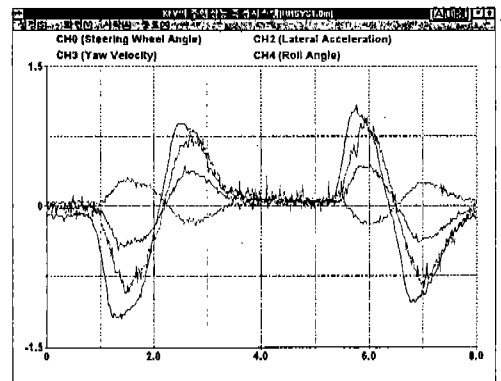


Fig.3 Data Measurement on Single Axis Coordinate

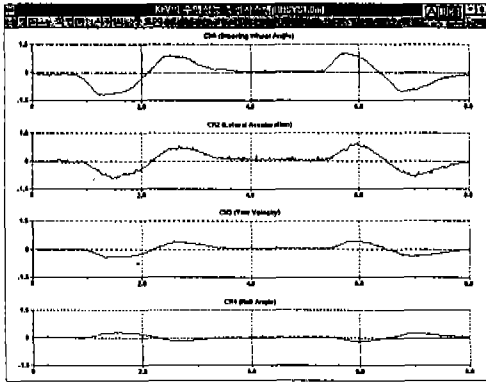


Fig.4 Data Measurement on Multiple Axes Coordinate

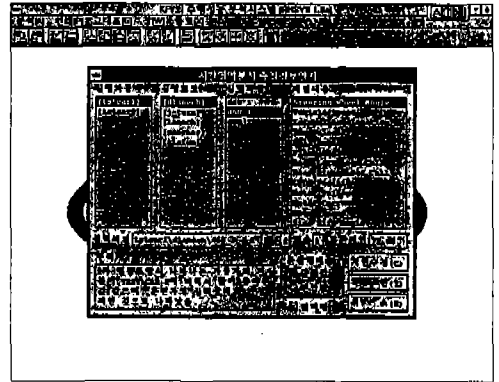


Fig.6 Input Window for Data Analysis

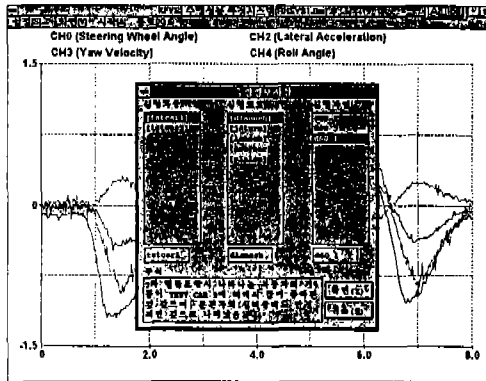


Fig.5 Input Window for DB Construction

양한 분석방법들을 필요로 한다. 특히 자동차의 주행실험은 J턴, 정원주행, 차선변경, 이중차선변경, 슬래립등과 같이 그 종류가 많고, 각각의 실험을 통해서 얻어야 할 분석결과도 여러 가지 형태이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 요구사항들을 적극 반영할 수 있도록 시간영역 분석, 주파수영역 분석, XY영역분석, 정상상태 분석 등과 같은 다양한 분석기능들을 갖춘 자동차의 주행성능 분석 모듈을 개발하였다.

Fig.6은 측정 모듈에서 DB 형태로 저장한 측정 환경 설정정보와 측정정보들을 토대로 시간영역 분석을 수행하기 위하여 정보들을 호출하는 예를 보여주고 있다. 실험차종, 실험코드, 파일명을 선정하면 해당되는 파일 내에 저장된 측정정보들의

내역과 함께 실험자의 주석도 컴퓨터 화면에 표시된다. 특히 시스템 사용자는 이러한 정보들 외에도 정보의 출력형태(물리량 또는 전압값) 및 저주파 여파 여부를 지정함으로써 원하는 방식의 정보분석을 수행할 수 있다. 그리고 이러한 정보 호출화면의 형태와 기능은 주파수영역 분석, XY영역 분석, 정상상태 분석 등에 대해서도 모두 유사하다.

J턴, 차선변경, 이중차선변경 등과 같은 과도상태(Transient state)의 주행실험에서 얻어지는 측정정보들은 일정한 시점을 기준으로 동기화 시켜야만 상대적인 비교가 가능하다. 따라서 본 연구에서는 핸들조향각이 일정한 시점에서 일정시간 전의 시각을 기준 시각으로 간주하는 방법을 통해서 측정정보들의 동기화를 구현하였다. 또한 과도상태의 주행실험에서는 센서들의 움직임이 측정정보에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 본 연구에서는 자동차가 과도상태로 돌입하기 직전인 직선 주행구간 동안의 측정정보들을 기준으로 센서들의 움직임을 재조정하여 센서들의 움직임에 의한 측정오차를 최소화하였다. 이러한 측정정보들의 동기화 방법과 센서 움직임의 재조정방법이 적용된 시간영역 분석기능을 토대로 자동차의 주행속도가 40, 60, 80km/h일 때 수행한 이중차선변경 실험에서의 횡가속도들을 상대 비교해서 표시한 예는 Fig.7에 제시하였다.

자동차의 조종성과 같은 주행성능을 평가하기

위해서는 측정정보들간의 상호 연관관계를 파악하는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 이러한 관계를 효과적으로 분석하기 위해서는 기준 측정정보를 X축의 좌표값으로 사용하고, 상대 측정정보를 Y축의 좌표값으로 사용하는 XY영역 분석기능이 요구된다. Fig.8은 자동차의 주행속도가 40, 60, 80km/h일 때 수행한 이중차선변경 실험에서의 핸들조향각(기준측정정보)과 요우속도(상대 측정정보)간의 관계들을 XY영역 분석기능을 토대로 비교한 예를 보여주고 있다.

핸들의 조향주파수와 자동차의 동적 거동간의 관계를 해석하기 위해서는 주파수영역 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 핸들의 조향주파수를 지속적으로 변화시켜 가면서 주행할 때 측정한 정보들로부터 파워 스펙트럼(Power

spectrum), 전달함수(Transfer function), 코히어런스(Coherence) 등과 같은 해석결과들을 도출할 수 있는 주파수영역 분석기능을 구축하였다.<sup>7)</sup> 특히 전달함수의 위상(Phase)으로부터 핸들의 조향주파수에 대한 자동차의 응답성을 평가할 수 있고, 코히어런스를 통해서 측정결과와 신뢰도를 파악할 수 있는데, Fig.9와 10에는 두 종류의 실험차에 대한 전달함수(핸들조향각과 요우속도간의 전달함수)의 위상과 코히어런스를 비교한 예를 제시하였다.

정원주행 실험은 단계별로 자동차의 주행속도를 높여 가면서 일정한 크기의 원을 그리며 주행할 때 나타나는 자동차의 거동을 파악하는데 그 목적이 있다. 그러나 자동차의 주행속도를 일정하게 유지하면서 주행하는 것은 기술적

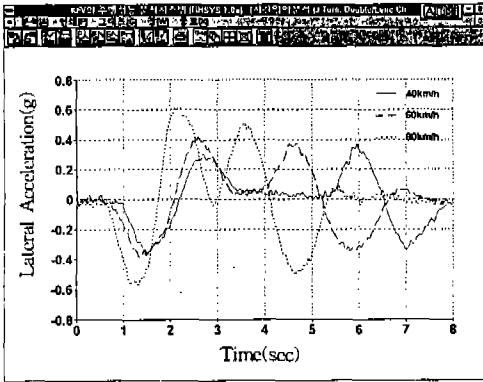


Fig.7 Time Domain Analysis

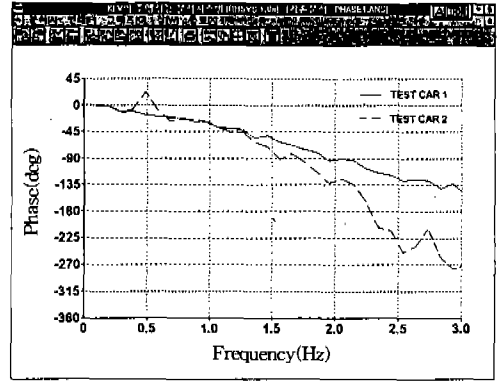


Fig.9 Frequency Domain Analysis #1

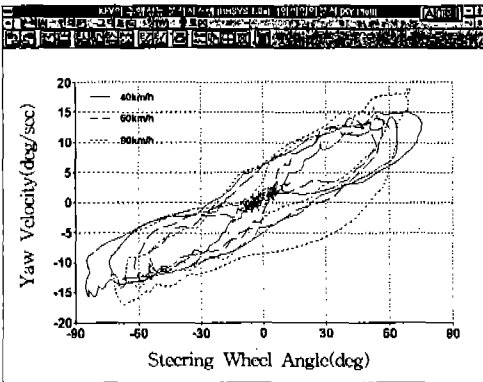


Fig.8 XY Domain Analysis

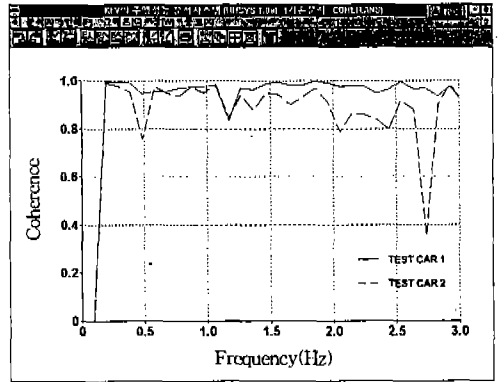


Fig.10 Frequency Domain Analysis #2

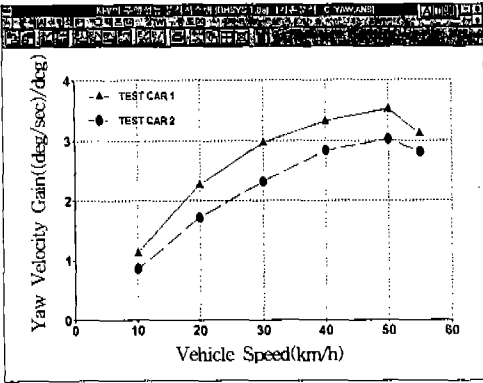


Fig.11 Steady State Analysis #1

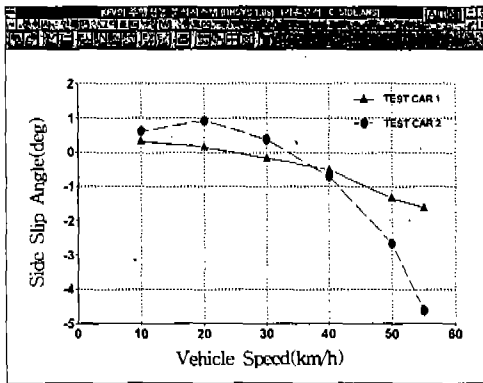


Fig.12 Steady State Analysis #2

으로 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 요구되는 단계별 주행속도와 측정된 자동차의 주행속도간의 오차가 일정한 크기 이내일 때의 측정정보들만을 추출하고, 그 정보들의 평균값을 요구되는 단계별 주행속도에서의 측정값으로 간주하는 방법을 사용하였다. 이러한 개념을 토대로 구축한 정상상태 분석기능을 이용해서 해석한 예들은 Fig.11과 12에서 볼 수 있다. Fig.11은 자동차의 주행속도와 요우속도간의 관계, 그리고 Fig.12는 자동차의 주행속도와 횡미끄럼각간의 관계를 두 종류의 실험차에 대해서 비교한 결과이다.

그리고 Fig.13은 여러 가지 분석기능들을 토대로 해석한 결과들을 하나의 컴퓨터 화면에서 동시 비교할 수 있도록 만들어 주는 MDI(Multiple

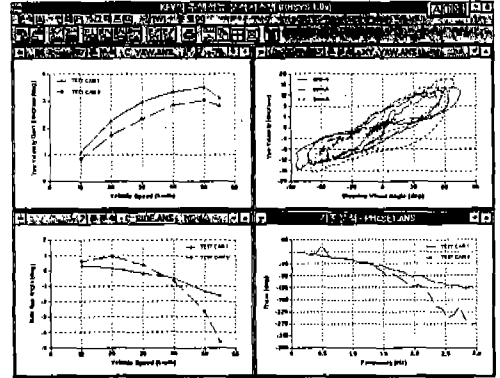


Fig.13 MDI Window for Data Analysis

document interface) 기능을 이용한 시스템의 정보표면 예를 보여주고 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 J턴, 정원주행, 차선변경, 이중차선변경, 슬래러업 등과 같은 자동차의 주행실험부터 자동차의 주행성능 분석까지를 보다 체계적이고, 신속하고, 올바르게 수행하기 위해서 자동차의 주행성능 측정·분석 시스템을 개발하였다. 특히 본 연구에서 개발한 시스템은 자동차의 주행성능 측정 및 분석시에 요구되는 실시간 측정기능, 시간영역 분석기능, 주파수영역 분석기능, XY영역 분석기능, 정상상태 분석기능, 측정·분석정보 관리기능 등과 같은 여러 가지 기능들을 가지고 있다. 또한 정보의 측정, 분석, 출력이 모두 윈도우즈 GUI 환경에서 이루어지기 때문에 초보자인 경우에도 시스템 사용법의 습득이 용이하다는 점, 일괄적인 정보의 관리, 분석, 출력이 가능하기 때문에 자동차의 주행실험부터 보고서의 작성까지 소요되는 시간과 노력을 크게 줄일 수 있는 점 등이 그 특징이다.

## 후 기

본 연구논문은 기아자동차에서 수행하고 있는 차세대자동차기술개발사업 “지능형 조향시

스텝 제작기술”의 위탁과제인 “지능형 조향시스템의 액츄에이터기술 개발”의 연구결과의 일부를 토대로 작성한 것임을 밝힙니다. 그리고 연구를 지원해 주신 주관기관 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 박준호, 양종화, “자동차 엔진 성능계측 및 분석 시스템 연구”, 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 1995, pp.377~382.
2. “DataAcq-DT2839 Hardware User Manual”, Data Translation, 1994.
3. “Data Acquisition Software Development Kit(4th Edition)”, Data Translation, 1994.
4. Tom Swan, “Tom Swan’s Mastering Borland C++4.5”, Macmillan, 1995.
5. “Real-Time Graphics Tools for Windows (Version 2.1)”, Quinn-Curtis, Inc., 1994.
6. “Charting Tools for Windows(Version 2.1)”, Quinn-Curtis, Inc., 1994.
7. J. S. Bendat and A. G. Piersol, “Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis”, John Wiley & Sons, 1980.