

엔진 제어기용 시뮬레이터 및 데이터 수집용 소프트웨어 개발

Development of Software for Data Acquisition and Simulator for Engine Control Unit

고 등 완, 박 종 원, 김 선 채, 권 형 근
D. W. Ko, J. W. Park, S. C. Kim, H. G. Kwon



고 등 완
• 1961년 10월생
• 제어공학, 현대자동차 연구 3팀, 정회원



박 종 원
• 1963년 10월생
• 컴퓨터 그래픽, 현대자동차 연구 3팀



김 선 채
• 1965년 10월생
• 계측 및 제어공학, 현대자동차 연구 3팀



권 형 근
• 1966년 5월생
• 제어공학, 현대자동차 연구 3팀

출력 증대, 연비 및 배기 가스저감 등을 위한 각종 제어기들의 창작율이 증가하는 추세에 있다.

자동차용 제어기들을 개발 하는데 있어서 기본적인 환경은 시뮬레이터, 데이터 수집 시스템, 마이크로 컴퓨터 개발 시스템 및 제어 알고리즘, 하드웨어, 소프트웨어의 시뮬레이션을 위한 각종 상용소프트웨어등으로 구성 된다. 이러한 구성 요소중 시뮬레이터 사양은 제어기의 입출력 사양에 따르고, 제어기의 기억 소자 관련 데이터 수집 시스템은 제어기와의 통신 규약에 준하여 개발되어야 하는 장비이기 때문에 기존 장비로는 지원이 어려워 자체적으로 개발 하여야만 한다.

본 연구에서는 자동차용 엔진 제어기의 제어 알고리즘을 정상 상태에서 검증하기 위한 시뮬레이터 및 제어기의 기억 소자 관련 데이터를 실시간으로 수집할 수 있는 데이터 수집용 소프트웨어를 개발하고, 이를 이용하여 엔진 제어기의 각 제어계별 정상 상태 및 과도 상태 응답성을 분석하고자 하였다.

2. 엔진 제어기 개발 시스템 구성

그림 1은 엔진 제어기의 정상 상태 및 과도 상태 응답성을 확인 하기 위한 실험 장치의 개략적인 구성도 이다.

엔진 제어기의 개발 단계는 단품 성능 검증과

1. 서 론

현재의 자동차에는 안전 대책, 운전성 향상,

실차 실험으로 구분되며, 그림 1에서와 같이 엔진 제어기의 단품 성능 검증시에는 데이터 수집 시스템과 연결된 엔진 제어기를 시뮬레이터와 연결하여 정상 상태 조건하에서 엔진 제어기의 성능을 확인하고, 이후 실차 실험 단계에서는 데이터 수집 시스템과 엔진 제어기를 차량에 탑재시켜 전 운전 영역에 대한 엔진 제어기의 응답성을 확인 한다.

3. 시뮬레이터 개발

엔진 운영 시스템에 있어서 엔진 제어기의 단품 성능 시험시 엔진 제어기에 인가 되어야 하는 각종 센서 입력 신호를 시험 조건에 맞추어 인가하고, 인가된 신호에 대한 엔진 제어기의 응답성 및 동작상태를 나타내 주는 시뮬레이터에 대해, 본 연구에서는 입출력 신호에 대한 분해능 향상과 선형성 유지를 위해 8 비트 마이크로 컴퓨터를 내장하고 있고, 대상 엔진 시스템은 공기량 계측 또는 흡기 부압 계측 방식으로 4기통에서 6기통 연료 분사 시스템까지 적용 가능토록 개발 하였다.

3.1 하드웨어 구성

그림 2에 나타나있는 제어 판넬은 특정 데이터를 표현 해주는 액정 화면, 디지털 및 아날로그 신호 입력부, 스위치 입력부, 시험용 단자 및 전원부로 구성되어 있다.

그림 3은 시뮬레이터의 메인 보드에 대한 블록 다이어그램 이다.

그리고, 하드웨어 관련 주요 사항은 표 1과 같다.

3.2 소프트웨어 구성

그림 4는 시뮬레이터에 내장된 마이크로 컴퓨터 내의 프로그램 처리 순서도로 각 모듈에 대한 상세 설명은 다음과 같다.

1) 초기화 모듈

마이크로 컴퓨터가 프로그램을 수행하는데 있어서 모든 상태를 초기화 시켜 주는 모듈

2) 외부 입력 신호 제어 모듈

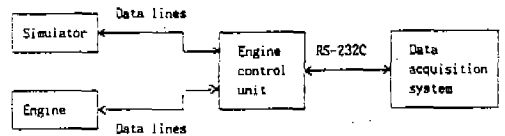


Fig.1 Schematic diagram of development system of engine control unit.

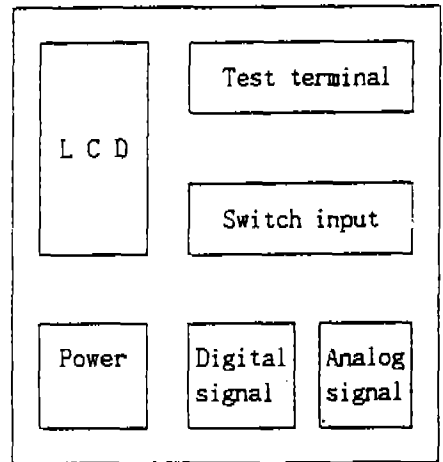


Fig.2 Control panel of simulator.

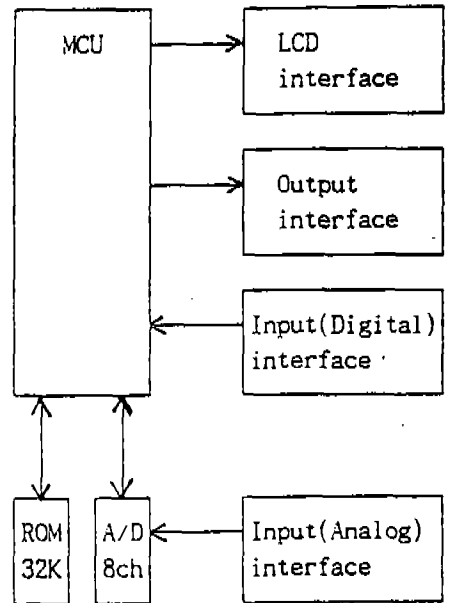


Fig.3 Block diagram of main board of simulator.

외부 입력 정보인 엔진 회전수, 차속 및 스위치 상태를 제어 하는 모듈

3) 변환 모듈

센서의 아나로그 출력 신호를 디지털 신호로 변환 시켜 주는 모듈

4) 계산 모듈

엔진 회전수 및 산소 센서 주파수 등을 액정 화면에 표시 및 신호 발생 모듈에서 사용할 수 있도록 계산 하는 모듈

5) 디스플레이 모듈

액정 화면에 표시 해 주어야 하는 각종 정보를 처리 해 주는 모듈

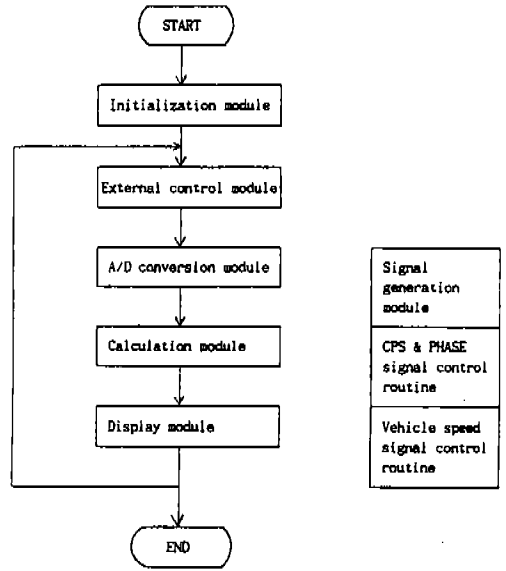
6) 신호 발생 모듈

엔진 제어기에서 필요로 하는 기준 신호를 발생시켜 주는 모듈

4. 데이터 수집용 소프트웨어 개발

엔진 제어기의 제어 알고리즘과 각종 데이터들을 최적화 하기 위한 대상 및 실차 실험을 하는데 있어서 실험 결과에 따른 데이터 수집 및 분석을 위한 데이터 수집용 소프트웨어는 그림 1에 나타나 있듯이 엔진 제어기와의 통신은 RS-232C로 실시하며 데이터 송수신 관련 통신 규약은 제어기

특성 및 확장성을 고려하여 제정 하였다. 그리고, 컴퓨터에서의 운용은 데이터 분석 관점에 따라 텍스트 환경(80 * 25)과 그래픽 환경(640 * 480) 하에서 개발 하였으며, 한 채널당 데이터 저장



(a) main routine (b) interrupt subroutine

Fig.4 Flow chart of software.

Table 1 Specification of simulator

MCU	CPU	SAB 80C535
	External ROM	32 K byte
	Internal RAM	256byte
A/D Convertor	Conversion time	1[μsec] / ch.
	Resolution	8 bit
Power source	ECU	+6~+16[V]
	Simulator	+16~+30[V]
Input signal	Analog signal	0~+5[V], 8 ch.
	Digital signal	0[V](Low), +5[V](High), 18ch.
Output signal	Digital signal	0[V](Low), +5[V](High), 15ch.
		-5[V](Low), +5[V](High), 2ch.
Remarks	RPM range	0~10,000[rpm]
	Vehicle speed	0~200[Km / h]
	- Power sources for ECU & simulator are isolated to immunize against noise.	

량은 최대 1600개로 샘플링 주기는 10[msec]이며, 최대 8채널까지 10[msec]마다 동시에 데이터 표현 및 저장이 가능 하다.

소프트웨어의 개략적인 순서도는 그림 5에 나타나 있으며, 텍스트 환경 및 그래픽 환경에서의 기능 개요는 다음과 같다.

4.1 텍스트 환경 기능

메뉴 선택은 풀 다운 방식으로 초기 화면 구성은 그림 6과 같다.

1) 디스플레이(Display)

엔진 제어기에서 실행되고 있는 프로그램의 데이터 변환 상태를 채널당 10[msec] 처리 주기로 최대 45 채널 까지 표현 해 주는 기능으로 서브 메뉴로는 타기능 실행중 이전의 디스플레이 기능에서 실행한 결과를 재현 시켜 주는 기능, 변수 지정 및 삭제 기능, 기존 화일에서 데이터를 읽어오는 기능, 실행된 데이터를 저장 하는 기능이 있으며 이의 실행 예제 화면은 그림 7과 같다.

2) 스토어(Store)

한 채널당 샘플링 주기 1.24[msec], 최대 8 채널 까지 표현 해 주는 기능으로 서브 메뉴는 디스플레이 기능에 추가하여 데이터 저장 위치 선정 기능, 데이터 검색 기능 및 데이터 단위 선정이 있으며, 그림 8은 실행 예제 화면 이다.

3) 에뮬모니터(EmulMonitor)

소프트웨어의 데이터 및 코드 전 영역에 대해 선택된 특정 번지의 내용 검색 및 갱신 기능으로, 그림 9는 실행 예제 화면 이다.

4) 에뮬레이터(Emulator)

소프트웨어의 데이터 및 코드 전영역에 대해 선택된 특정 변수의 내용을 갱신하는 기능으로, 맵 데이터에 대한 실행 예제 화면은 그림 10과 같다.

5) 기타(Other)

파일 선택 기능, 통신 포트 선택 기능, 컴퓨터에 내장된 데이터를 타 기록 장치로 전송시켜 주는 기능 및 도스셸 기능이 있다.

4.2 그래픽 환경 기능

1) 데이터 크기 조절 기능(Scale : F1)

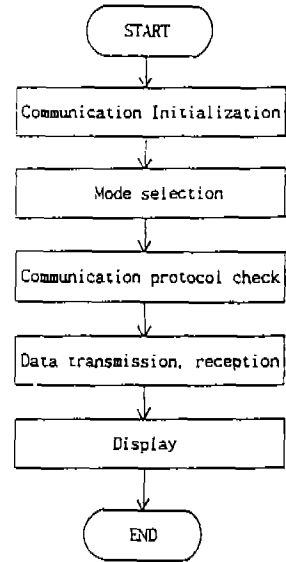


Fig.5 General flow chart of software for data acquisition.

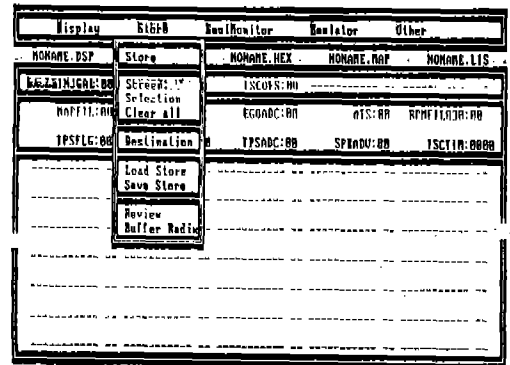


Fig.6 Initial screen of text mode.

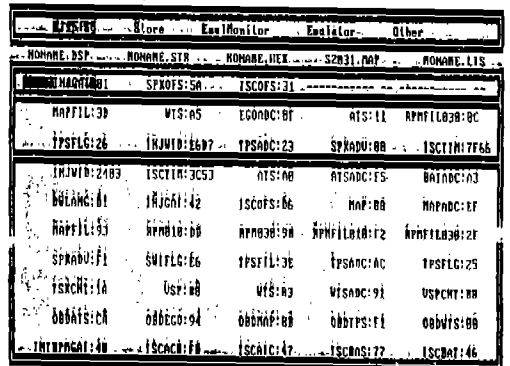


Fig.7 Display function of text mode.

수신 데이터에 대한 크기를 ± 0.1 또는 ± 1 씩 조절 하는 기능으로 이는 데이터간 상대 비교를 가능하게 해준다.

2) 데이터 기준값 조절 기능(Offset : F2)

수신 데이터에 대한 기준치를 ± 10 또는 ± 50 씩 조절 하는 기능으로 이는 유사한 수신 데이터 성분을 분리 비교시 이용하는 기능이다.

3) 데이터표시 간격조절 기능(Time base: F3)

수신 데이터에 대한 화면 표시 간격을 조절해 주는 기능으로 실행 예제 화면은 그림 11과 같다.

4) 데이터 저장 기능(Save : F4, All save : F5)

현재 화면에 그래프로 표시된 데이터만을 저장하는 기능과 현재 화면에 그래프로 표시된 데이터 및 버퍼에 저장된 모든 데이터를 저장 하는 기능으로, 저장 기능 수행시 오버라이트 방지 기능도 포함하고 있다.

5) 롬 에뮬레이터 기능(RomEmul)

데이터 일부 영역에 대해 선택된 변수의 내용을 갱신 하는 기능으로, 갱신 가능한 변수는 실험 목적상 사용 빈도가 높은 것으로 설정 하였다.

6) 화면 이동 기능

현재 화면 기준 데이터를 좌우로 1,10,400단위로 이동 시키는 기능으로 데이터의 전후 상관 관계를 분석하는데 활용하는 기능으로 실행 예제 화면인 그림 12의 (a)는 화면 이동전 상태로 버퍼 포인터가 799를 가르키고 있으며, (b)는 화면 이동후로 버퍼 포인터가 899를 가르키고 있다.

7) 데이터 검색 기능과 화면 확대 기능

탭(Tab) 키로 실행 시키는 기능으로 데이터의 최종 위치에 수직선이 나타나고 이에 대응한 데이터 표현과 수직선을 좌우 1 또는 10씩 이동 가능하며, 이러한 이동에 따른 데이터 변화 내

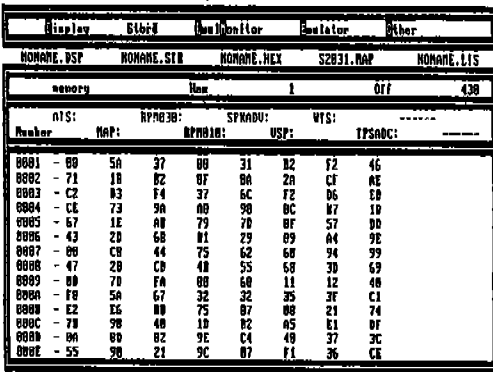


Fig.8 Store function of text mode.

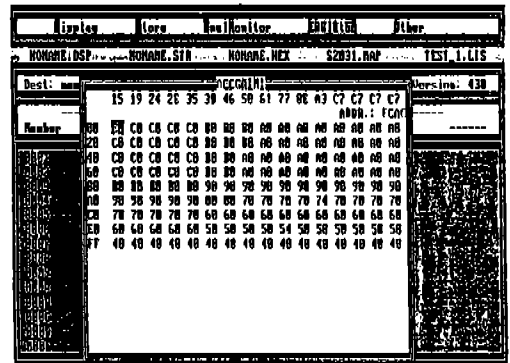


Fig.10 Emulator of text mode.

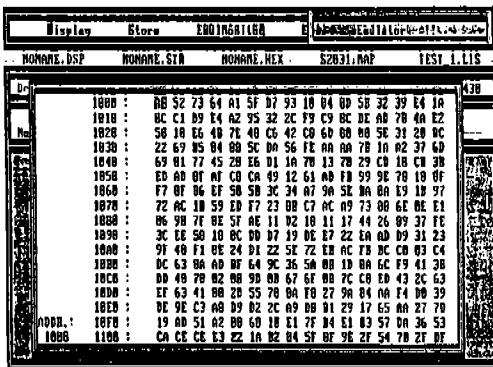


Fig.9 EmulMonitor of text mode.

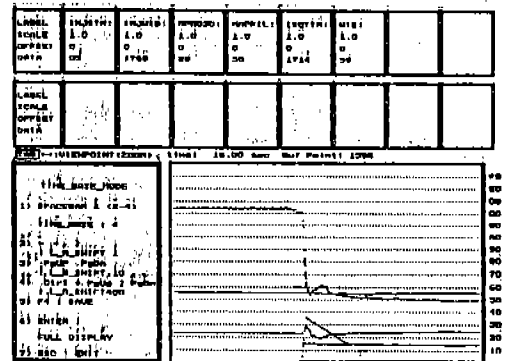
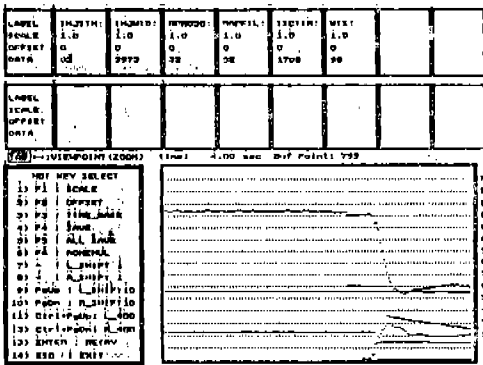
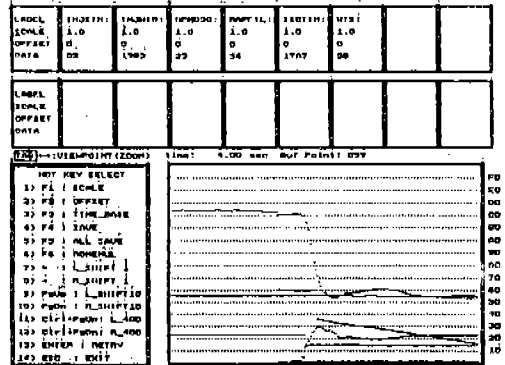


Fig.11 Time base function of graphic mode.

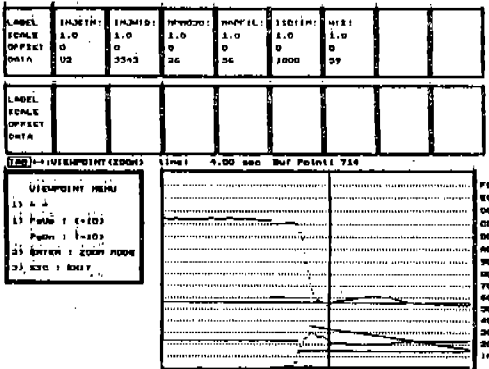


(a) Before executing screen move

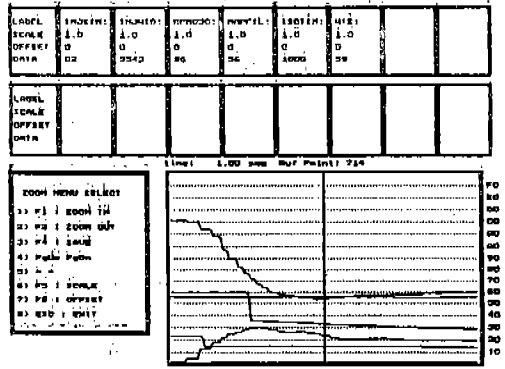


(b) After executing screen move

Fig.12 Screen move of graphic mode



(a) Search function



(b) Zoom function

Fig.13 Search and Zoom function of graphic mode

Display		STGFD	Unit Monitor	Indicator	Other
MONAME_DSP	MONAME_STR	MONAME_HEX	MONAME_RAF	MONAME_LIS	
memory	Hex	1	Off	438	
Number	CONVTS:	CORALT:	CORBAT:	CORAF:	
0001 - 15	01	A3	00	0550	C472
0002 - 15	01	A3	00	0540	C405
0003 - 15	01	A3	00	0540	C400
0004 - 15	01	A3	00	0540	C490
0005 - 15	01	A3	00	0540	C476
0006 - 15	01	A3	00	0540	C461
0007 - 15	01	A3	00	0540	C444
0008 - 15	01	A3	00	0540	C427
0009 - 15	01	A3	00	0540	B306
000A - 15	01	A3	00	0540	B305
000B - 15	01	A3	00	0540	B3C4
000C - 15	01	A3	00	0540	B3E3
000D - 15	01	A3	00	0540	B402
000E - 15	01	A3	00	0540	B421

Fig.14 Steady state response for fuel injection system.

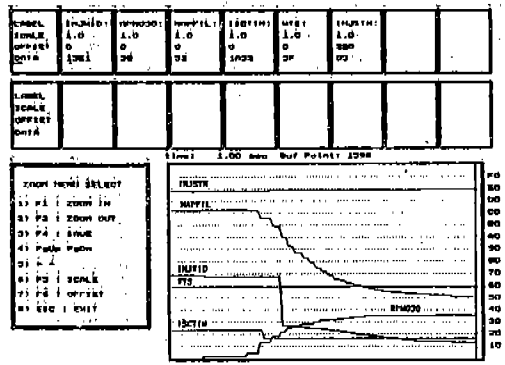


Fig.15 Transient state response for fuel injection system and idle speed control system.

용을 표현 해 주는 데이터 검색 기능과 수직선을 기준으로 화면을 2, 4, 6, 8, 10, 12배 까지 확대시켜 주는 기능은 특정 데이터의 정상유무 판정을 쉽게 해 준다. 실행 예제 화면인 그림 13에 있어서 (a)는 화면 확대전 상태를 나타내고 있고, (b)는 수직선 기준 화면을 4배 확대 시킨 경우이다.

8) 기타 화면에 표시된 데이터에 대한 샘플링의 전체 시간과 최종 데이터의 버퍼 포인터를 표현해 주는 기능등이 있다.

5. 실험 결과 및 고찰

실험 장치 관련 개략적인 구성도는 제2절의 그림 1과 같다.

엔진 제어기의 연료량 제어 알고리즘을 표현 해 주고 있는 식 (1)에 대한 정상 상태 검증용 시뮬레이터와 데이터 수집 시스템의 텍스트 환경을 이용하여 실시한 결과는 그림 14와 같으며, 이는 엔진 회전수 1200[rpm]에서의 체적 효율, 수온 보정, 흡기온 보정, 고지 보상, 배터리 보정 및 공연비 비례 적분 보정에 대한 데이터를 나타낸다. 그리고, 이러한 데이터를 지속적으로 관찰함으로써 시스템 이상 유무를 확인한다.

$$T = T_b * COEF + K_{fb} + K_{Irm} + T_d \quad (1)$$

- 여기서, T : 연료 분사 시간[msec]
- T_b : 기본 연료 분사 시간[msec]
- COEF : 공연비 보정 계수
- K_{fb} : 공연비 비례 적분 보정항
- K_{Irm} : 공연비 학습 보정항
- T_d : 무효 펄스 폭[μsec]

그림 15는 엔진 제어기의 연료량 제어 및 공회전 속도 제어 알고리즘에 대한 과도 상태 즉, 시동 상태에서 정상 상태 진입까지의 데이터 변화를 데이터 수집시스템의 그래픽 환경을 이용하여 실시한 결과이다.

그림 14와 15에 나타나 있듯이 제어기의 응답성을 실험과 동시에 분석 및 저장 함으로써 실험

결과에 대한 신뢰성 향상, 데이터 최적화, 제어 알고리즘 검증 및 재현 실험을 용이하게 해준다.

6. 결 론

본 연구에서의 자동차용 엔진 제어기의 제어 알고리즘에 대한 정상 상태 및 과도 상태 응답성을 분석 하기 위한 장비를 개발 하였다.

그리고, 이러한 개발 장비를 이용한 실험 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 엔진 제어기의 정상 상태 응답성을 검증 하는 실험에 있어서 기본적인 실험 장비인 시뮬레이터에 대한 신뢰도를 향상 시킬 수 있었다.
- 2) 정상 상태 및 과도 상태에 대한 제어 알고리즘 검증 및 각종 제어 알고리즘에 대한 데이터 최적화를 본 연구에서 제시된 개발 환경을 도입함으로써 가능 하게 해준다.

참 고 문 헌

1. Keiichi Murakami, "Development of Diagnostic System for Electronic Control Units Applied Personal Computer", SUBARU technical review, No.22, pp.59~65, 1993.
2. M. Amano, N. Sato, N. Kurihara, T. Sasayama and S. Suda, "Development of Automotive Control and Data Acquisition Equipment with 16 bit Microcomputer" Trans. JSAE., No.33, pp. 120~126, 1986.
3. 정구철 편역, "C언어를 활용한 그래픽 프로 그램", 기한재, 1990.
4. 임영태 편역, "그래픽스", 해원출판사, 1992.
5. 양진석, "그래픽 파일 프로그래밍", 정보문화 사, 1993.
6. Roger T. Stevens, "Graphics Programming in C", Prentice Hall, 1990.
7. Francis S. Hill Jr., "Computer Graphics" Macmillan Publishing Co., 1990.