

PC 기반형 자동차 운전 연습기 개발

Development of Car Driving Trainer under PC Environment

이 승 호, 김 성 덕

(Seung-Ho Lee and Sung-Duck Kim)

Abstract : A car driving trainer for beginners developed under PC-based environment is described in this paper. For this trainer, a hardware is implemented as a practice car, and a trainer program is designed by computer image generation method to display 3-dimensional images on a CRT monitor. The trainer program consists of 3 main parts, that is, a speed estimate part, a wheel trace calculation part and a driving image generation part. Furthermore, a map editor is also installed for taking any test drive. After comparing this driving trainer to specify it was verified that the developed car driving trainer showed has good performances, such as lower cost, higher resolution and better image display speed.

Keywords : car driving trainer, speed estimate, wheel trace, driving image generation, map editor

I. 서론

시뮬레이터(simulator)란 원 시스템과 비슷하게 동작하도록 제작된 것으로 사용자는 마치 실제 시스템을 운용하는 것 같은 효과를 얻을 수 있다. 시뮬레이터의 효시는, 1962년 미국방성 프로젝트인 비행 시뮬레이터로서 컴퓨터에서 가상 비행공간을 생성시켜 CRT모니터에 디스플레이시켜 조종사 훈련에 이용하려는 시도였다. 이와같은 비행 시뮬레이터 기술을 자동차에 적용하여 1984년에 Daimler-Benz[1]라는 최초의 자동차 시뮬레이터가 출현되었고 최근에는 Iowa Driving Simulator[2]가 개발되었다.

시뮬레이터는 음성합성기, 실시간 온라인 예측기, VLSI 자동 설계용 논리 시뮬레이터 등과 같은 연구개발 분야나 전력시스템, 화학공정을 다루는 대규모 시스템에 대한 다이나믹 시뮬레이터나 교통 시뮬레이터 등의 실험 분야에 이용된다[3]. 특히 비행 시뮬레이터, 각종 제어시스템을 위한 훈련 시스템 등과 같은 교육 훈련분야의 시뮬레이터는 실제 시스템을 직접 이용하지 않고 실습이나 훈련을 할 수 있어 실제 운용시 발생할 수 있는 위험이나 장비의 파손을 막을 수 있는 장점이 있다. 교육훈련용 시뮬레이터의 대표적인 예는 훈련 조종사를 위한 비행 시뮬레이터로서 저렴한 비용에 실제 항공기와 같은 교육효과를 얻을 수 있다.

한편, 국내 경제성장과 더불어 소득 및 소비수준이 증대되므로써 자동차를 소유하려는 욕구가 폭발적으로 증가하고 있다. 이에 따라 자동차 운전면허를 취득하려는 계층도 다양화되고 있다. 자동차 운전면허를 취득하기 위해서는 실제 자동차로 운전연습하는 것이 가장 좋은 방법이다. 그러나 운전연습 도중에 부주의로 인하여 사고가 발생한다면 경제적 손실뿐 아니라 인사사고를 수반하기 때문에 초보자가 실제 자동차로 직접 운전 연습하는 것은 위험하다. 따라서 초보자를 위한 자동차 운전 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

한편, 자동차 시뮬레이터의 가장 중요한 핵심은 차량주행에 관한 정확한 동력학 모델링이 이루어져야만 실제 자동차와 같은 효과를 나타내리라 사료된다. 이를 위해서는 자동차의 운동을 미분방정식을 사용하여 표현해야 된다. 또한 자동차가 달리는 주행속도에 따라 차창밖의 정경을 1초에

18프레임(18Hz) 이상으로 모니터에 디스플레이 시켜야 한다. 그러나 본 논문에서는 자동차의 운전을 정확하게 표현하는 세밀한 시뮬레이터를 구현하기 보다는, 운전 면허를 갖 취득하고자 하는 초보자들을 위한 자동차 운전 연습기를 PC 상에서 저가적으로 구현하고자 함을 목적으로 한다. 따라서 자동차의 운동을 대수방정식을 사용하여 모델링하며, 모의영상은 1초에 18프레임으로 모니터에 디스플레이 시킨다. 이때 1초에 18프레임 정도로 모니터에 모의영상을 디스플레이 시키더라도 자동차의 움직임을 표현하는 데는 큰 무리가 없음을 확인하였다. 물론 18프레임 이상을 디스플레이 시킨다면 보다 현실감 있는 모의영상인 디스플레이 되겠지만 이를 위해서는 제작상 소요되는 단가가 상승하게 된다. 한편 자동차의 운동을 대수방정식을 사용하여 모델링하여도 자동차 운전 연습기를 위한 운동 방정식(car dynamics)에는 별다른 문제가 발생되지 않았다.

PC 기반형 자동차 운전 연습기는 실제 자동차와 같이 구성된 하드웨어와 주행효과를 현실감 있게 나타내는 운전 연습기 프로그램으로 구성된다. 하드웨어는 운전조작을 위한 운전부와 운전부에서 조작된 정보들을 조합하여 분석하는 컴퓨터부로 구분된다. 운전부는 운전석, 각종 계기판, 액셀러레이터, 브레이크, 클러치 및 기어 등으로 구성되며 컴퓨터부는 운전부에서 조작된 아날로그 신호들을 디지털 신호로 변환하는 인터페이스 카드(interface card)와 3차원 모의영상을 디스플레이시키는 모니터가 필요하다. 운전 연습기 프로그램은 인터페이스 카드에서 변환된 신호들을 기반으로 자동차의 속도와 바퀴궤적을 산출하는 부분, 앞서 산출된 결과를 토대로 자동차의 주행상태를 3차원 모의영상으로 디스플레이하는 부분으로 구성된다. 이때, 3차원 모의영상을 나타내는 방법은 컴퓨터 생성(computer image generation) 방식을 사용한다. 이는 컴퓨터 그래픽 기법을 이용하여 비주얼 영상을 생성하는 것으로 현재 모의영상을 생성하는 방식의 주류를 이루고 있다. 한편 최근에는 사용자가 더욱 현실감을 느낄 수 있도록 하는 가상 현실 시스템(virtual reality)[4]을 이용한 자동차 운전 연습기[5]도 개발되고 있다.

PC를 기반으로 하여 개발된 본 논문의 자동차 운전 연습기는 실제 자동차와 똑같은 설비를 사용하기 때문에 운전면허를 취득하려는 초보자에게 핸들조작, 기어변속, 액셀러레이터 조작, 브레이크조작, 클러치조작의 기계적 조작방법이 가능하다. 또한, 컴퓨터 생성방식에 의하여 자동차의 주행상

태를 3차원 모의영상으로 디스플레이 시키기 때문에 실제로 자동차를 타고 주행하는 것과 같은 현실감을 체험할 수 있다. 이 밖에 운전면허시험이 실시되는 지역의 운전면허 시험장 코스를 구성할 수 있도록 맵 에디터(map editor)를 내장시킬 수 있으며 PC를 사용하여 개발하였기 때문에 경제적이다.

II. 운전 연습기의 하드웨어 구성

자동차 운전 연습기의 하드웨어는 그림 1에서와 같이 운전부와 컴퓨터부로 구성된다. 운전부에는 실제 자동차와 같이 운전석, 각종 계기판, 액셀러레이터, 브레이크, 클러치, 기어 등으로 구성되어 있으며 컴퓨터부는 운전부에서 조작된 아날로그 신호들을 디지털 신호로 변환하는 인터페이스 카드와 3차원 모의영상을 디스플레이 시키는 모니터로 구성된다.

자동차는 운전시 핸들, 액셀러레이터, 클러치, 기어, 브레이크 등의 동작상태(dynamic states)와 좌우 방향지시등, 비상등, 사이드브레이크, 문열림상태, 시동키상태, 안전벨트 착용여부 등의 표시상태(indication states)가 존재한다. 운전 연습기에서 이러한 상태들을 나타내는 아날로그 신호들은 인터페이스 카드의 ADC(Analog Digital Converter)에서 디지털 정수 값으로 변환되어 운전 연습기 프로그램으로 전달된다. 운전 연습기 프로그램에서는 자동차의 주행속도를 계산하고, 그 결과를 인터페이스 카드의 DAC(Digital Analog Converter)를 통해 아날로그 형태의 전압값으로 변환하여 계기판의 속도계와 RPM meter를 구동시킨다.

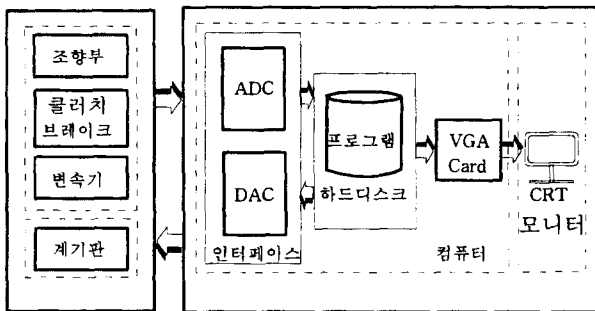


그림 1. 자동차 운전 연습기의 하드웨어 구성.
Fig. 1. Schematic diagram the hardware of a car driving trainer.

운전부와 컴퓨터를 연결해주는 인터페이스 카드의 블록 선도는 그림 2와 같다. 신호입력단자는 자동차 운전 연습기의 운전부로부터 조작상태를 받아들이는 단자들이다. DIP 스위치는 외부 인터럽트를 받아들이는 IRQ(Interrupt ReQuest)를 선택할 수 있는 DIP 스위치와 인터럽트 처리를 위한 어드레스를 지정할 수 있는 DIP 스위치로 구성되었다. IRQ는 DIP 스위치를 조정하여 사용하며 3번은 COM1, 4번은 COM2, 5번은 LPT2, 7번은 LPT1 이다. 어드레스는 32+512 번지, 64+512 번지, 128+512 번지, 256+512 번지를 사용할 수 있도록 제작하였다. 기본적으로는 컴퓨터에서 잘 사용되지 않는 게임을 위한 어드레스인 HEX200 번지를 사용하도록 하였다. ADC는 자동차 운전 연습기에서 조작된 아날로그 신호들을 디지털 신호로 바꾸는 기능을 하며 DAC는 산출된 속도를 아날로그 전압값으로 바꾸어 연산 증폭기를 거쳐 모터를 구동시킨다. 계수기인 8254 칩은 모터의 회전수를 계산하여 현재 산출된 속도와의 차이를 보정시키는 역할을 수행한다.

운전 연습기 운전부로부터 조작상태 신호들을 받아들이

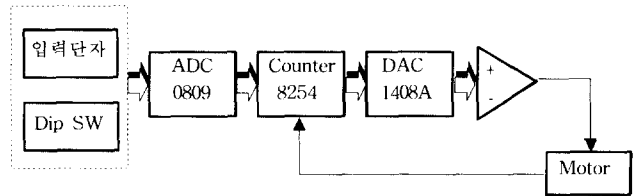


그림 2. 설계된 인터페이스 카드.
Fig. 2. A designed interface card.

는 단자들의 구조를 그림 3에서 나타내고 있다. 자동차 운전 연습기로부터 핸들, 액셀러레이터, 클러치, 기어, 브레이크의 동작상태와 좌우 방향지시등, 문열림상태 등에 대한 조작상태들의 아날로그 신호들이 그림 3의 각 단자들을 통하여 받아 들여진다. 이때 실제 자동차의 경우에서와 같은 세밀한 조작용을 위해서 각 장치의 조작상태에 따른 자동차의 동작관계를 정의한다.

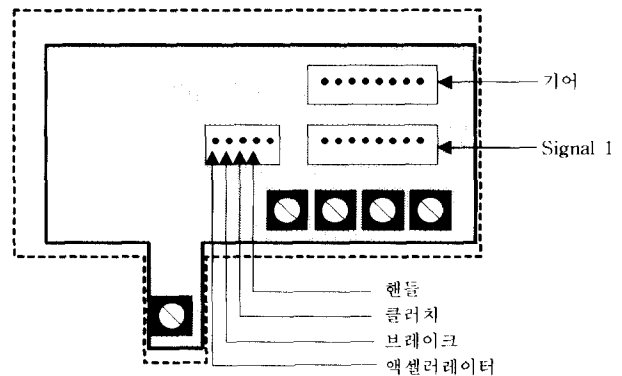


그림 3. 조작상태 신호에 대한 단자들.
Fig. 3. Ports for operation signals.

표 1. 조작상태에 대한 정수값의 증감.
Table 1. Increase/decrease of integer value for operational states.

조 작 상 태	정수값의 증감
키스타트	8 증가
안전벨트 착용시	32 증가
문이 열려있을 때	64 감소
좌측 깜빡이	1 증가
우측 깜빡이	2 증가
비상등	3 증가
사이드 브레이크	16 감소

자동차 운전 연습기는 기본적으로 키온(key on) 상태에서는 기본값 84값을 컴퓨터에 전달한다. Signal 1의 단자에서는 좌우 방향지시등, 비상등과 안전벨트 착용 여부 등이 기본값 84에 대하여 각기 다른 정수값으로 증감되어 컴퓨터로 전송된다. 표 1은 Signal 1의 단자에서 전달되는 각 상태에 대한 정수값의 증감을 나타낸다. 예를들어 키스타트(key start)를 하고 안전벨트를 착용하였을 때는 84+8+32=124의 정수값이 컴퓨터에 전달된다. 기어단자는 운전부에서 조작한 기어 상태를 나타내는 정수값을 컴퓨터로 전달한다. 본 자동차 운전 연습기에서는 중립기어 상태를 0으로 하고, 1, 2, 3, 4 및 5단 기어 상태를 각각 1, 2, 4, 8 및 16으로 선택하였으며 후진기어 상태는 32의 정수값을 사용하였다.

III. 운전 연습기 프로그램의 구성

운전 연습기 프로그램은 인터페이스 카드에서 변화된 신호들을 기반으로 자동차의 속도와 바퀴궤적을 산출하는 부분, 앞서 산출된 결과를 토대로 자동차의 주행상태를 3차원 모의영상으로 디스플레이하는 부분으로 구성되어 있다.

1. 자동차 속도의 산출

자동차는 핸들, 액셀러레이터, 클러치, 기어, 브레이크의 동작상태와 좌우 방향지시등, 비상등, 사이드브레이크, 문열림상태, 시동키상태, 안전벨트 착용여부 등에 대한 조작상태들이 복잡하게 나타난다. 따라서 운전 연습기에서도 이와 같은 다양한 파라미터들을 적당한 방법으로 표시, 전달하기 위하여 신호처리해야 한다. 자동차의 속도는 기어, 액셀러레이터, 클러치, 브레이크 등의 동작상태들로부터 결정된다[6]. 이와 같은 값들은 운전 연습기를 설계하기 위하여 디지털 양으로 환산하여야 한다. 컴퓨터는 인터럽트를 1초에 18번 처리한다고 가정한다.

일반적으로 디지털 정수값을 사용하기 위하여 자동차의 현재주행속도 V_d 를 구하면 다음과 같다.

$$V_d = V_o + V_n - V_b \tag{1}$$

여기서 V_o 는 1/18초 이전의 주행속도이고 V_b 는 브레이크 페달각에 의한 감속도를 나타낸다. V_n 은 액셀러레이터와 클러치에 의하여 발생하는 주행속도로서 다음과 같이 주어진다.

$$V_n = V_a + V_c \tag{2}$$

이때, V_a 는 액셀러레이터의 각도에 의해 환산되는 주행속도, V_c 는 클러치각에 의해 주어지는 주행속도를 나타내며 이들은 동시에 발생되지 않는다. 즉, 액셀러레이터를 조작할 경우에는 V_c 가 0이 되며, 클러치만을 조작할 경우에 V_a 가 0이 된다. 액셀러레이터를 조작할 경우에 발생하는 주행속도 V_a 는 다음 관계가 성립된다.

$$V_a = \alpha T - V_c \tag{3}$$

여기서 T 는 시간의 변화량으로서 컴퓨터가 인터럽트를 1초에 18번 처리하므로 $T = 1/18$ 초로 계산된다.

한편 α 는 가속도로서 다음 식으로 구해진다.

$$\alpha = \frac{V_f - V_o}{T} - \frac{F}{m} \tag{4}$$

이 식에서 F 는 주행저항을 나타내고 m 은 자동차 중량이다. (4)에서 V_f 는 엔진으로부터 차륜에 전달되는 구동력에 의한 속도로서 (5)에 의하여 구해진다.

$$V_f = \frac{3.6 \times 2 \times \pi \times r_D \times n_e}{60 \times 1000 \times n_T} \tag{5}$$

(5)에서 r_D 는 타이어의 반경이고 총변속비 n_T 는 실험치로 써주어지며 표 2와 같다.

또한 엔진의 회전속도 n_e 는 공회전시 $n_0 = 800\text{rpm}$ 에 액셀러레이터 유격변화에 대한 회전속도의 비를 곱한 값으로 결정되며 (6)과 같다.

$$n_e = n_0 + \eta_1 n_A \tag{6}$$

여기서 $\eta_1 = 24.3922$ 로 비례상수이며, n_A 는 액셀러레이터 변화 유격에 대한 정수값이다.

한편, (3)에서 V_c 는 다음 식으로 주어진다.

$$V_c = k_c \frac{aT}{255} \tag{7}$$

표 2. 총변속비에 대한 실험치값.

Table 2. Experimental value for total transmission ratio.

기어 상태	실험치값
1단 기어	14.4
2단 기어	9.0
3단 기어	7.2
4단 기어	5.4
5단 기어	3.85
후진 기어	18.0

여기서 k_c 는 클러치 변화유격에 대한 정수값이며 전체 유격을 8비트의 ADC로 읽어들이는다고 가정한다. 따라서 $2^8 = 256(0 \sim 255)$ 상태로 변화유격을 검출한다. (7)에 근거하여 반클러치 상태에서는 자동차의 주행속도를 반으로 감속되도록 하며, 클러치를 완전히 밟은 상태에서는 주행속도가 액셀러레이터에 의한 가속력은 배제되고 이전속도에 의한 가속도로 결정되도록 한다. 또한 (1)에서 V_b 는 브레이크 변화유격에 의한 감속도를 나타내며 다음 식으로 결정된다.

$$V_b = k_b \frac{V_o + V_n}{255} \tag{8}$$

여기서 k_b 는 브레이크 변화유격에 대한 정수값을 나타낸다. 한편 브레이크에 의한 총 제동시간 t_s 는 다음 식과 같이 구해진다.

$$t_s = t_r + \frac{2v_d}{a_b} \tag{9}$$

(9)에서 반응시간 t_r 은 운전자의 반응능력과 브레이크의 반응시간에 의하여 결정되는 요소로서 0.3~1.7초 정도이며 평균적으로는 1.08초 정도이다. a_b 는 제동 감속도로서 3.85m/s^2 이다.

2. 자동차 바퀴궤적의 산출

운전자가 실제 자동차가 주행하는 것과 똑같은 효과를 얻기 위해서는 자동차 진행방향에 따라 변하는 도로상황과 주변환경을 3차원 모의영상으로 구성해야 한다. 따라서 자동차의 바퀴궤적이 정확히 산출되어야 한다. 만일 운전자가 핸들을 정중앙에 놓고 계속 주행하면 자동차의 바퀴궤적은 간단히 직선으로 구해진다. 이 경우에는 차량속도에다 주행시간의 곱으로 이동한 자동차 이동거리가 산출된다. 그러나 운전자가 핸들을 좌우로 조작하게 되면 자동차는 커브를 선회하게 되어 바퀴궤적은 복잡하게 변화된다. 자동차가 커브를 선회할 경우의 바퀴궤적은 운전자가 조작한 핸들의 조작상태에 따라 앞바퀴의 회전각도와 이동한 차의 기울어진 정도를 나타내는 이동축에 대한 기울기각 그리고 이동거리를 산출하여 구한다. 자동차가 직진으로 주행할 경우에는 인터럽트 1/18초 동안 이동거리만큼 움직이도록 3차원 모의영상을 구성하면 된다. 그러나 자동차가 커브를 선회할 경우에는 1/18초 동안 이동한 거리만큼 자동차를 이동시킨 후 이동축에 대한 기울기각을 사용하여 자동차가 기울어진 정도와 핸들의 조작상태에 따른 앞바퀴의 회전상태를 3차원 모의영상으로 디스플레이 시켜야 된다.

그림 4는 전륜형 자동차가 커브를 선회할 경우의 자동차

상태를 나타낸다[6]. 여기서 α 및 β 는 각각 앞바퀴의 외측 및 내측 회전각을, L 과 W 는 각각 자동차의 길이와 폭을 나타낸다. 자동차 앞바퀴의 내외측 회전각이 같으면 커브 선회시 내외측 바퀴가 그리는 궤적은 교차되므로 앞바퀴의 내측과 외측의 회전각은 각각 다르게 설계되어야 한다. 운전 연습기에서 자동차의 내측 회전각 β 는 다음과 같이 구성하였다.

$$\beta = \left| 1 - \frac{h}{h_c} \right| \theta_m \quad (10)$$

여기서, h 는 운전 연습기에서 운전자가 조작한 핸들상태 상태에 따라 인터페이스 카드의 ADC에서 0부터 255사이의 정수값으로 변환되고 h_c 는 핸들 상태의 중앙값인 128이다. 또한 θ_m 는 앞바퀴의 내측 회전각의 최대치로 50° 로 선정하였다.

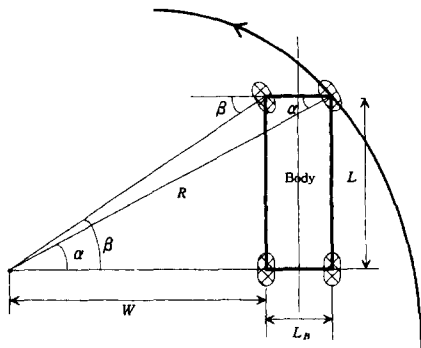


그림 4. 커브 선회시 자동차의 상태.
Fig. 4. Car state when turning a curve.

한편, 자동차의 외측 회전각 α 는 L 과 W 및 β 에 의하여 다음과 같이 표현된다.

$$\tan \alpha = \frac{L \cdot \tan \beta}{L + W \cdot \tan \beta} \quad (11)$$

그림 5에서와 같이 자동차가 회전반경 R 인 원을 따라 A 지점에서 B 지점으로 회전각 θ 만큼 회전했을 때 이동한 자동차의 기울어진 정도를 나타내는 이동축에 대한 기울기 각 φ 는

$$\varphi = \frac{\theta}{2} \quad (12)$$

여기서, $\theta = S/R$ 이다. 이 경우에 S 는 1/18초 동안 이동한 주행거리를 나타내며 R 은 자동차의 회전반경으로 다음과 같이 구해진다.

$$R = \frac{L}{\sin \alpha} \quad (13)$$

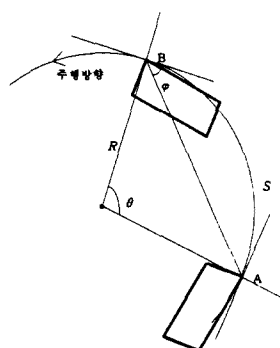


그림 5. 자동차의 회전운동궤적.
Fig. 5. Rotational motion trajectory.

3. 3차원 모의영상의 생성

일반적으로 모의영상 생성법에는 영화방식, 지형모형방식, 컴퓨터 생성방식이 있지만, 컴퓨터 기술의 발달로 컴퓨터 생성방식이 주로 사용된다. 이 방식은 과거에는 그래픽 전용 워크스테이션에서만 가능하였으나 최근에는 그래픽 전용 보드가 장착된 일반 PC에서도 3차원 모의영상 생성이 가능하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 PC를 이용하여 컴퓨터 생성방식으로 3차원 모의영상을 제작하였다.

3차원 공간의 물체를 2차원 관측 평면에 투영(projection)하는 방법[7]에는 그림 6에서와 같이 모든 점들을 평행선을 따라 관측 평면에 투영하는 평행투영법(parallel projection)과 점들을 투영중심의 위치에 수렴하는 선들을 따라 투영하는 원근투영법(perspective projection)이 있다. 본 연구에서는 원근투영법과 클리핑을 과정을 거쳐 모니터에 3차원 모의영상을 생성한다.

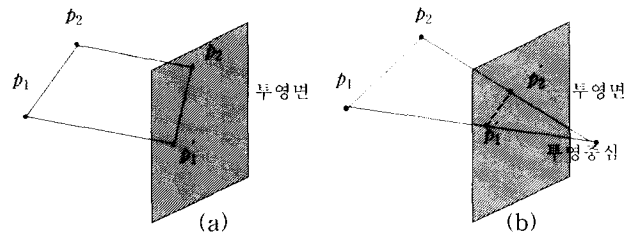


그림 6. 투영법.
(a) 평행투영법, (b) 원근투영법.

Fig. 6. Projections.

(a) parallel projection, (b) perspective projection.

그림 7에서와 같이 공간상의 한점 $P(x, y, z)$ 가 투영면의 한점 $P'(x_p, y_p, 0)$ 으로 투영될 때 원근투영법의 변환식은 다음과 같이 주어진다[7].

$$x_p = x/h, \quad y_p = y/h, \quad z_p = 0 \quad (14)$$

이때 $h = z/d + 1$ 이며, (14)를 일관된 행렬형태로 나타내는 동차좌표(homo-geneous coordinates)로 나타내면 다음 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_h \\ y_h \\ z_h \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

여기서, 투영면상의 투영좌표들은 다음과 같이 계산된다.

$$[x_p \ y_p \ z_p \ 1] = [x_h/h \ y_h/h \ z_h/h \ 1] \quad (16)$$

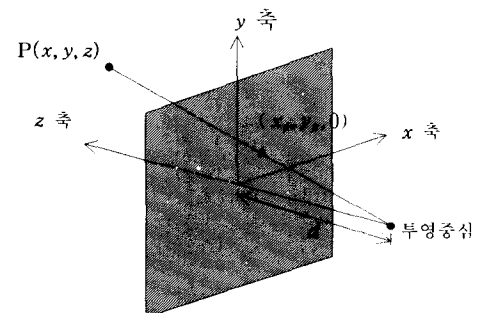


그림 7. 점 $P(x, y, z)$ 를 투영면의 한점 $P'(x_p, y_p, 0)$ 로 원근투영법.

Fig. 7. Perspective projection of $P(x, y, z)$ on a projection plane.

본 연구에서는 물체영역과 물체가 놓일 바닥영역 부분으로 나누어 모의영상을 생성하였다. 물체가 놓일 바닥영역은 2차원으로 256 × 256 크기의 타일로 나누는 후, (16)에 의하여 원근투영법으로 화면에 디스플레이되고, 바닥의 물체들은 원근투영되어 스프라이터 기법으로 디스플레이된다. 자동차의 주행공간인 바닥타일은 256 × 256 크기의 1024(32 × 32) 개의 타일로 구성되며 타일 한 면의 폭은 실거리 7m에 해당하도록 구성하였다. 각 타일은 고유번호와 그 특성을 가지고 있으며, 속성으로는 타일내에 그려질 다각형의 좌표, 물체가 세워질 위치, 타일 위에 놓일 물체의 종류 등이 부여된다. 바닥타일 중에서 특정타일에 자동차가 놓였을 때 차창으로 디스플레이되는 영역은 자동차가 진행하는 방향으로 몇 십 미터 앞과 가시각 내에 있는 타일이다. 이때 자동차가 주행하는 때 순간마다 타일이 가시각 내에 있는지를 계산하여 모의영상을 디스플레이 한다면 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 운전 연습기에서는 각 타일에서 볼 수 있는 타일들을 룩업 테이블(look-up table)로 작성하였다.

특정타일에서의 룩업 테이블은 그림 8에서와 같이 4°씩 90개 방향에서 얻은 데이터로 구성되며 각 방향의 데이터는 운전자로부터 평행사변형 내에 드는 타일들로 구성된다. 평행사변형 형태로 데이터를 얻는 이유는 일정한 화면공간에 들어갈 수 있는 타일의 수가 가까이 있는 타일인 경우에 4~5개 정도이지만 멀리 있는 경우에는 증가되기 때문이다. 한편 자동차는 매 시각 그 위치와 자세가 변하므로 디스플레이되는 모의영상 또한 매 시각 달라진다. 본 연구에서는 화면창에 해당하는 영상만을 디스플레이하고 타 영상을 제외하는 윈도우잉(windowing) 처리방식을 사용하였다. 즉, 자동차가 놓일 타일을 계산하고그타일들을 룩업 테이블에서 찾아 640 × 480 크기로 윈도우잉하여 디스플레이시킨다. 이때 Cohen-Sutherland 클리핑 알고리즘[7]을 사용한다.

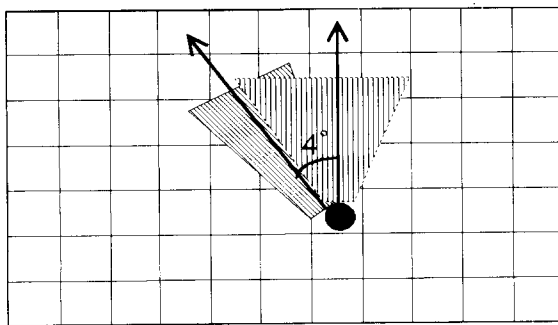


그림 8. 타일 상에서의 관찰자의 시야.
Fig. 8. Viewer's angle on the tile.

모의영상이 디스플레이되는 윈도우 크기를 640 × 480으로 한정한 이유는 현재 PC 수준에서 동영상을 무리없이 처리할 수 있는 최대 해상도가 640 × 480이기 때문이다.

다각형으로 표현된 바닥타일과 물체를 칠하는 방법에는 텍스처 매핑(texture mapping)법과 스캔 라인(scan line method)법이 있다. 텍스처 매핑법은 텍스처 공간상의 한 점을 물체공간상의 한 점으로 변환하는 방법으로서 다양한 형태의 무늬를 입힐 수 있다는 점이 장점이 있는 반면, 처리 시간이 길고 얼라이어싱(aliasing) 효과가 많이 나타난다. 스캔 라인법은 모의영상 생성의 초기 알고리즘으로서 라인단위로 영역을 채워 나가기 때문에 속도는 빠른 장점이 있으나 다양한 무늬를 입힐 수 없는 단점이 있다. 본 운전 연습기에서는 자동차가 달리는 주행속도에 따라 차창

밖의 정경을 1초에 18 프레임의 모의영상으로 디스플레이 시켜야 하기 때문에 화면에 나타나는 물체는 스캔 라인법을 사용하고 교통표지판은 텍스처 매핑법을 사용하였다.

4. 맵 에디터

자동차 운전면허 시험장의 주행코스는 지역마다 다르고 정기적으로 변경될 수 있다. 따라서 변경된 주행코스로 운전연습을 하려면 주행코스를 만들어 컴퓨터에 입력할 수 있는 맵 에디터가 필요하다.

맵 에디터는 그림 9에서와 같이 에디터부, 축약부와 메뉴부로 구성된다. 에디터부에서는 각종 도로와 교통표지판을 설치할 수 있는 부분이고, 축약부는 주행코스 전체를 축소하여 나타내는 부분이다. 메뉴부에서는 화일 입출력, 18가지의 교통표지판, 38가지의 도로 등을 메뉴로 제공한다. 특별한 사용자 정의가 없는 한, 맵 에디터는 미리 정해진 디폴트로 동작한다. 디폴트 동작의 일례로 메뉴에서 교차로를 선택하여 에디터했을 때 교차로뿐 만 아니라 신호등, 횡단보도 등이 부수적으로 설치된다.

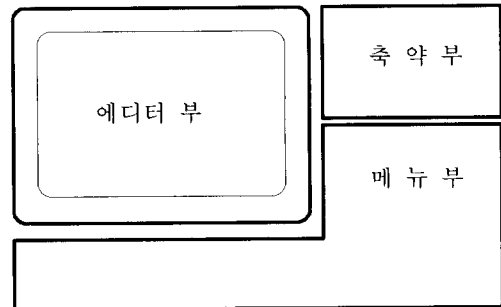


그림 9. 맵 에디터의 구성.
Fig. 9. Structure of a map editor.

IV. 시스템의 구현과 결과



그림 10. 자동차 운전 연습기 장비.
Fig. 10. Equipments of car driving trainer.

본 논문에서 구현한 자동차 운전 연습기의 외관은 그림 10과 같다. 하드웨어는 운전조작을 위한 운전부와 운전부에서 조작성 정보를 조합하여 분석하는 컴퓨터부로 구성되어져 있다. 운전 연습기 프로그램은 자동차의 속도와 바퀴 궤적을 산출하는 부분, 자동차의 주행상태를 3차원 모의영상으로 디스플레이 하는 부분으로 설계되었다. 컴퓨터는 Pentium 100, 8M RAM, Super VGA 카드로 구성되었고 운전 연습기 프로그램은 MS-DOS 5.0 이상에서 운용되는 DOS4GW를 사용해 프로텍티드 모드(protected mode)에서

프로그래밍했다.

II~III장의 결과를 토대로 개발한 자동차 운전 연습기는 운전 면허 수험자를 위해 주행코스를 편집할 수 있는 맵 에디터 틀을 제공하고 아울러 면허 시험자를 위해 S 코스, T 코스, 크랭크 코스(일명 Z 코스)를 제공한다. 코스시험은 운전효과를 위해 2차원 평면으로 처리하였다. 그림 11은 맵 에디터를 사용하여 2차원 평면 처리한 Z 코스, S 코스, T 코스 및 맵 에디터된 3차원 주행코스를 나타낸다.

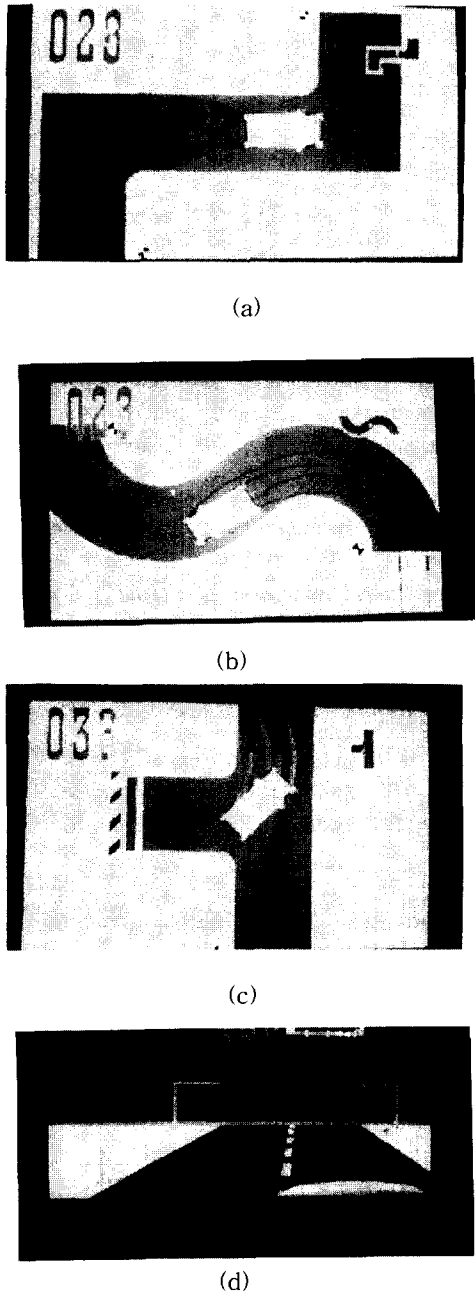


그림 11. 코스 및 주행훈련을 위한 제작영상. (a) Z 코스, (b) S 코스, (c) T 코스, (d) 주행코스.

Fig. 11. Designed images for course and drive training. (a) Z course, (b) S course, (c) T course, (d) drive course.

자동차 운전 연습기를 개발하는 경우에 가장 중요한 점은 운전자에게 현실감을 주는 화상을 설계하는 작업이다. 일반적으로 인간이 현실감을 느낄 수 있는 조건은 자신보다 훨씬 큰 영상을 볼 때(eye max)와 양쪽 눈에 각기 다른 영

상을 보여 입체감을 줄 때(stereo)등이다. 그러나 본 개발품에서는 가격의 제약으로 eye-max나 stereo를 사용할 수는 없었고 33인치 칼라 모니터를 사용했다. 따라서 이러한 제약조건을 극복하기 위해 원근감을 실제보다 크게 설정하였으며 코너, 횡단보도의 정지선, 신호 정지선 부분에서는 그림 12와 같이 도로를 하늘에서 내려다 본 평면도를 오버레이시켜 디스플레이 시킴으로써 운전시야를 넓혔다. 그리고 현장감을 증진하기 위해 자동차 주행시 나는 엔진음과 시동을 켤 때 나는 시동음을 사운드카드[8]를 통해 발생시켰다.

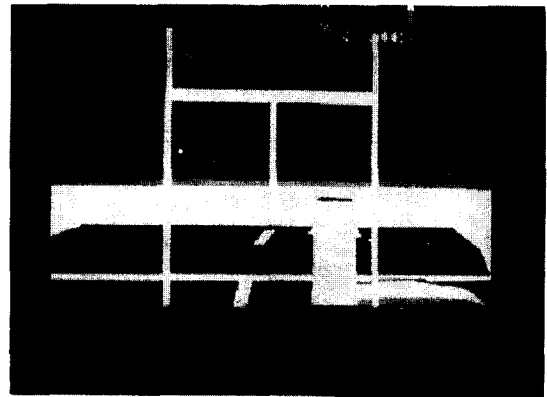


그림 12. 평면도를 오버레이시킨 영상.
Fig. 12. An overlaid image.

본 논문에서 개발한 자동차 운전 연습기의 효용성을 입증하기 위해서는 타 유사 자동차 운전 연습기와 비교하여야 되는데 타사의 자동차 운전 연습기가 대부분 공개되지 않아 비교 대상을 찾는 데 어려움이 많았다. 그림 13은 전국 자동차 학원에 200여대가 판매되어 현재 사용되고 있는 타사의 자동차 운전 연습기를 나타내고 있다.

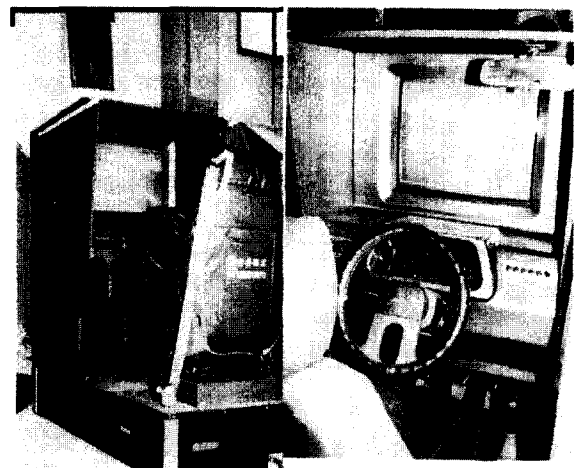


그림 13. 타 유사 자동차 운전 연습기 장비.
Fig. 13. Equipments of other car driving trainer.

표 3과 표 4는 본 논문에서 개발한 자동차 운전 연습기와 그림 13의 타 유사 자동차 운전 연습기를 비교한 결과를 나타내고 있다. 표 3과 표 4에서 나타난 바와 같이 본 논문에서 개발한 자동차 운전 연습기가 타 유사 운전 연습기에 비하여 제작상 소요되는 비용, 해상도(칼라수), 초당 화면에 디스플레이되는 프레임수 등에서 우수함을 나타내고 있다. 따라서 본 논문에서 개발한 자동차 운전연습기의 효용성이 우수함을 입증할 수가 있었다

표 3. 운전 연습기의 컴퓨터 환경 비교.
Table 3. The comparison of computer environment for driving trainer.

운전 연습기의 종류 비교 항목	본 논문의 운전 연습기	타 유사 운전 연습기
CPU	Pentium 100MHz	Pentium 133MHz
RAM	8MB	8MB
Monitor	33인치	25인치
Graphic Card	Super VGA Card	Super VGA Card
OS	MS-DOS	MS-DOS

표 4. 운전 연습기의 성능 비교.
Table 4. The comparison of performance between driving trainers.

운전 연습기의 종류 비교 항목	본 논문의 운전 연습기	타 유사 운전 연습기
제작상 소요되는 비용	300만원	400만원
해상도(칼라수)	640 × 480 (256)	320 × 200 (256)
초당 화면에 디스플레이되는 프레임수	18 프레임 (18 Hz)	15 프레임 (15 Hz)
맵 에디터	제공됨	제공되지 않음

V. 결론

본 논문에서는 PC 상에서 저가격으로 구현할수 있는 운전 면허를 갖 취득하고자 하는 초보자용 자동차 운전 연습기를 개발했다. 제작된 PC 기반형 자동차 운전 연습기는 실제 자동차와 같이 구성된 하드웨어와 자동차가 실제로 주행하는 효과를 현실감 있게 나타내는 운전 연습기 프로그램으로 구성하였다. 하드웨어는 운전조작을 위한 운전부와 운전부에서 조작된 정보들을 조합하여 분석하는 컴퓨터부로 설계하였다. 운전부는 운전석, 각종 계기판, 액셀러레이터, 브레이크, 클러치, 기어 등으로 실제 차량 운전부와 동일하게 제작하였으며 컴퓨터부는 운

전부에서 조작된 아날로그 신호들을 디지털 신호로 변환하는 인터페이스 카드와 3차원 모의영상을 디스플레이시키는 모니터로 구성하였다. 자동차 운전 연습기로부터 조작된 상태의 신호처리, 자동차의 속도와 바퀴회전을 산출하고, 이 결과들을 토대로 자동차의 주행상태를 3차원 모의영상으로 디스플레이하도록 설계하였다. 특히 본 논문에서는 제품의 단가를 낮추기 위해 PC를 기반으로 자동차 운전 연습기를 개발했으며 운전자가 임의로 주행코스를 편집하여 주행 테스트를 받을 수 있도록 하는 맵 에디터를 제공했다. 본 논문에서 개발된 자동차 운전 연습기의 효용성을 입증하기 위하여 타 유사 자동차 운전 연습기와 비교한 결과, 제작상 소요되는 비용, 해상도, 초당 화면에 디스플레이되는 프레임수 등에서 우수한 것으로 판명되었다.

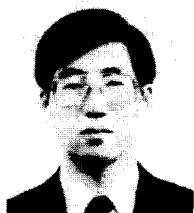
앞으로의 연구과제로는 운전자에게 보다 현실감을 주기 위하여 자동차의 운동을 좀더 세밀하게 모델링 하여야 할것이다. 또한, 가상현실 시스템의 기법을 도입하여 입체감을 주면 운전자에게 현실감을 증가시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R. Deyo, J. A. Briggs and P. Doenges, "Getting graphics in gear : graphics and dynamics in driving simulation," *ACM Computer Graphics*, vol. 22, no. 4, pp. 317-326, Aug., 1988.
- [2] J. Kuhl, D. Evans, Y. Papelis, R. Romano and G. Watson, "The Iowa driving simulator : an immersive research environment," *IEEE, Computer*, pp. 35-41, July, 1995.
- [3] 尾上守夫, 畫像處理 ハントワツクネ, 昭晃堂, 1980.
- [4] 서중환, 가상현실의 세계, 영진출판사, 1993.
- [5] 최성, 장덕성, "VR 기법을 적용한 자동차 운전 시뮬레이션 시스템 구축에 관한 연구," 한국정보처리학회, 춘계 학술발표논문집, 제 2권, 제 1호, pp. 52-55, 1995.
- [6] 김재휘, 자동차 새시, 중원사, 1994.
- [7] D. Hearn and M. P. Baker, *Computer Graphics*, Prentice-Hall, 1986.
- [8] 이희상, 서민, "에드립 사운드블래스터 프로그래밍", 성안당, 1992.

이 승 호

1963년 5월 31일생. 1986년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1994년 3월~현재 대전산업대학교 전자공학과 조교수. 주관심분야는 CAD for VLSI, 컴퓨터 응용 및 그래픽스, 컴퓨



터 시뮬레이션.

김 성 덕

1951년 10월 1일생. 1978년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1990년~1991년 호주 국립 대학(ANU) 객원교수. 1980년 10월~현재 대전산업대학교 전자공학과 교수. 주관심분야는 적응제어, 신호처리, 자동화 및 계측시스템, 센서공학.

