

인공현실감 기술을 이용한 자동차 주행환경의 개발

윤정선*, 김창수**, 조영건**, 김철중*

*한국표준과학연구원

**한국과학기술원

ABSTRACT

본 연구에서는 인공현실감 기술을 이용하여 일종의 시뮬레이터라고 할 수 있는 자동차 주행환경을 개발하였다. 이 시스템은 Pentium PC에서 구현되었고 운전을 위하여 스티어링 휠, 클러치, 브레이크, 액셀을 사용하였으며 속도출력을 위하여 스피드메타를 사용하였다. 이러한 입출력 장치를 하나의 통합된 모듈로 만들어서 8255 인터페이스 카드를 통하여 컴퓨터와 접속시켰다. 음향효과를 위하여 MIDI 인터페이스, 샘플러, 스피커를 사용하였고 효과음은 샘플링하여 사용하였다. 이 밖에도 3차원 그래픽 디스플레이를 위하여 CrystalEyes가 사용되었다. 가상세계 모델링을 위한 소프트웨어로는 Superscape VRT4.0이 사용되었다.

그래픽으로는 도심 시내 주행환경을 구현하였고, 모든 객체들은 실물 크기 비율로 그렸다. 자동차의 운전 메카니즘은 자동차 동역학을 모델링하여 계산하였다. 이러한 시스템은 주행시 운전자의 자세 및 생리신호를 측정하기 위한 환경으로 사용될 수 있으며 또한 교통안전표지나 신호등과 같은 도로환경의 인간공학적 평가를 위해서도 사용될 수 있다.

1. 서론

자동차 주행환경은 자동차 관련 각종 실험을 할 때 유용한 도구가 될 수 있다. 그러기 위해서는 우선 자동차의 동역학을 그대로 표현하여야 하며, 시스템의 시간지연이 없어야 한다. 이러한 조건들은 기존의 자동차 시뮬레이터에서도 중요시 하여 왔으나 그래픽이나 사운드와 같은 감각의 제시는 상대적으로 덜 강조되어 왔다. 그러나 운전자가 실제로 운전하는 느낌을 갖게하기 위해서는 이러한 요소들을 간과할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 보다 현실감 있는 자동차 주행환경을 구현하기 위하여 인공현실감 기술을 도입하였다. 현실감 있는 시뮬레이션 환경에서는 사용자가 더욱 몰입을 하게되는데 이러한 경우에는 운전자의 행위나 감성이 실제의 상황에서와 비슷하게 되므로 자동차 관련 실험에 더욱 유용하다.

자동차 시뮬레이터에도 구현 방법에 따라 여러 종류가 있다. 정밀한 시뮬레이션을 위해서는 진동을 고려한 motion-based simulator가 되어야 하나 본 연구에서는 저가형 fixed-based simulator로 구현하였다. 저가형 시뮬레이터의 경우 정밀한 환경을 요하는 실험에는 사용하기가 어려우나 가격에 비해 그 활용도가 높다는 장점이 있다.

본 연구에서는 PC를 기반으로 하여 자동차 시뮬레이터를 구현하였다. PC를 기반으로 할 경우 무엇보다도 시스템의 성능이 가장 문제가 된다. 본 연구에서는 제한된 성능으로 최대의 효과를 내도록 그래픽이나 프로그래밍 작업의 최적화에 주력하였다.

2. 시스템의 구성

본 시스템은 Pentium 120MHz 컴퓨터를 기반으로 하여 구현되었고 자동차 운전 인터페이스를 위하여 별도의 하드웨어 모듈을 제작하였다(그림 1).

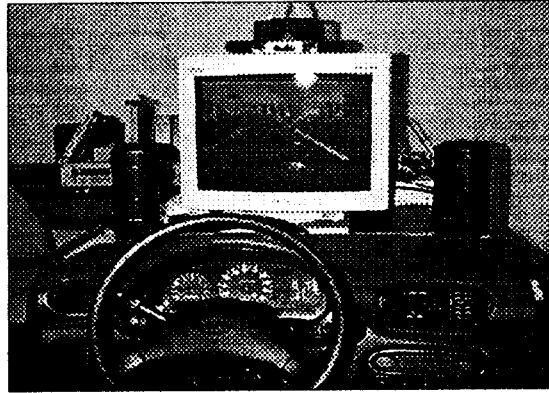


그림 1. 자동차 시뮬레이터

하드웨어 모듈에는 자동차를 운전하는데 필요한 입력장치로 스티어링 휠, 클러치, 액셀, 브레이크, 기어가 포함되어 있고 출력장치로는 속도를 표시해주는 속도계가 있다. 이러한 장치들은 8255 PPI(Programmable Peripheral Interface) IC를 사용하여 인터페이스 보드를 만들어 컴퓨터와 접속시켰다. 인터페이스 보드는 3개의 8비트 데이터 전송포트를 갖고있으며, 각 포트의 전송 데이터는 그림 2와 같이 설정하였다.

사운드 효과를 주기 위해서 MIDI 인터페이스 카드, AKAI 샘플러, 스피커를 사용하였다. 스테레오 그래픽을 지원하기 위하여 서터링 글래스인 CrystalEyes를 사용하였다. 가상환경을 구현하기 위한 소프트웨어로는 Superscape VRT 4.0을 사용하였다.

클러치, 브레이크, 액셀에 엔코더를 달아서 밟는 정도에 따라서 0에서 30까지의 데이터가 컴퓨터로 입력되도록 하였고, 스티어링 휠에도 엔코더를 달아서 회전 각도에 따라서 27에서 227의 데이터가 입력되도록 하였다. Superscape의 SCL이라는 script language를 이용하여 매 프레임마다 클러치, 액셀, 브레이크, 스티어링 휠의 신호를 읽어서 자동차의 속도와 방향을 결정하도록 프로그래밍 하였다.

3. 시스템의 구현

3.1 그래픽 모델링

자동차, 도로, 신호등, 횡단보도, 교통표지판 등이 모델링 되었고, 주변 환경을 구성하기 위하여 산, 상점, 주택, 학교 등을 모델링하였다. 교통안전시설 실무편람을 참조하여 도로 폭, 횡단보도 크기, 신호등

의 크기 및 동작방법, 교통표지판 등을 실물 크기 비율에 맞도록 구현하였다.

Port A	bit	
		0 ~ 7 : 스티어링 휠, 브레이크, 클러치, 액셀의 회전값
Port B	bit	
	0	-----
	1	--- 기어 스위치 (1, 2, 3, 4, 5, R)
	2	-----
	3	----- 혼
	4	-----
	5	--- 메뉴버튼 (1, 2, 3, 4, 5, 6)
	6	-----
	7	----- 시동
Port C	bit	
	0	-----
	1	--- 스티어링휠, 브레이크, 클러치, 액셀, 스피드미터, RPM 출력선택
	2	-----
	3	
	4	
	5	----- 왼쪽 감박이
	6	----- 오른쪽 감박이
	7	----- Key On

그림 2. 8255 PPI의데이터 포트 사용 현황

그래픽 모델링은 주로 Superscape VRT에서 지원하는 그래픽 에디터인 Shape Editor를 사용하였다. Superscape가 PC용 소프트웨어이기 때문에 그래픽쪽의 성능이 좋지 못하여 sorting 등 여러 문제가 발생하여 이러한 문제점을 해결하기 위하여 객체를 쪼개거나 합치는 등의 작업을 하였다.

컴퓨터의 수행속도는 그래픽의 복잡도와 밀접한 관계가 있다. 처음에는 보다 현실감 있는 이미지를 제공하기 위해서 texture mapping 기법을 많이 사용하였고 복잡한 이미지의 객체를 많이 만들었으나 속도 상의 문제로 꼭 필요한 경우 외에는 간단한 그림으로 대체시켰다. 객체 수가 많아질수록 계산시간이 많아지므로 interaction이 없는 객체의 경우는 가능한 한 하나의 객체로 통합하였다. 한 viewpoint 안에 많은 객체가 포함되게 되면 속도가 느려지므로 distancing 기법을 사용하여 멀리 보이는 객체는 간단한 그림으로 대체하거나 보이지 않게 하였다. 자동차 운전의 경우 그래픽에 의하여 수행 속도에 변화가 생기면 안되므로 항상 같은 수준의 시스템 속도를 낼 수 있도록 객체를 고루 분포시켜 한 viewpoint 상에 가능한한 같은 수의 객체가 보이도록 하였다.

3.3 자동차 동역학 모델링

자동차의 특성을 실제감 있게 구현하기 위해서는 차량 동역학을 정확하게 기술하는 것이 필요하다. 차량만의 고유한 모드와 시간지연을 표현해 주어야만 시뮬레이터의 현실감을 증가시킬 수가 있으며, 시뮬레이터 멀미(simulator sick)를 방지하는데도 도움이 된다. 차량의 모델은 여러 가지 형태로 모델이 가능한데, 가장 간단한 선형 2자유도 모델로부터 수백자유도를 가진 비선형 모델까지도 모델링할 수 있다. 자유도를 높힐수록 더욱 정확한 감을 줄 수가 있지만, 제한된 하드웨어에서 실시간으로 운용을 해야하므로 적당한 선에서 타협이 필요하다.

(1) 차량 방정식

차량의 자유도에서는 먼저 샷시(chassis)가 6자유도를 가지고 있다. 회전운동의 롤, 피치, 요잉의 3개와 병진운동 x, y, z축의 3개 변수가 그에 해당한다. 이 밖에도 각각의 바퀴의 상하 운동을 나타내는 4개의 자유도, 각각의 바퀴의 슬립에 의한 4개의 자유도, 핸들의 자유도를 포함시켜 총 15개의 자유도가 필요하다. 이러한 식들을 정리하면

$$\dot{x} = f(x, \delta, F)$$

$$y = g(x)$$

x : state variable

F : brake or accelerator force

δ : 조향각(steering angle)

y : vehicle output (x, y 좌표와 방향)

의최종적인 비선형 방정식을 만들 수 있다.

(2) 차량 동역학 계산과정

차량에 대한 운전자의 입력으로는 핸들, 액셀레이터, 브레이크가 있다. 먼저 횡방향 제어인 핸들 입력에 대해 생각해보면 다음과 같은 메카니즘이 이루어진다.

- ① 운전자가 핸들을 돌린다.
 - ② 핸들에 의해 좌우의 하중 전이(lateral load transfer)가 생긴다.
 - ③ 좌우 바퀴의 수직 하중(normal load)이 달라진다.
 - ④ 각 바퀴에서의 측면 미끄러짐과 수직 하중에 의해 타이어에서 횡력(side force)이 발생한다.
 - ⑤ 네 바퀴에서의 횡력이 차량 동역학 방정식에 영향을 주어 차량의 움직임을 변화시킨다.
- $x_{k+1} = x_k + f(x, \delta, F)dt$ 의 과정을 시적분한다.
- ⑥ 다시 1단계로 돌아간다.

이제 두 번째로 브레이크나 액셀레이터의 경우는 다음과 같은 메카니즘이 이루어져야한다.

- ① 운전자가 브레이크 페달을 밟는다.
- ② 대략 브레이크 페달의 각도와 비례한 힘이 브레이크 패드에 작용한다. 브레이크는 일반적으로 앞바퀴 2개에만 작용한다.
- ③ 브레이크에 작용한 힘은 타이어의 관성력, 바퀴의 현재 진행속도, 타이어의 수직하중의 관계에 의해서 종방향 브레이크 힘을 발생하게 된다.
- ④ 브레이크 힘은 앞바퀴 2개 각각에서 발생하므로 두 힘을 더한 힘이 차량에 영향을 미치게 되어

속도의 감소를 가져온다.

(3) 타이어 모델

급박한 조향상태에서 실감을 느끼게하기 위해서, 정확한 타이어의 모델이 필요하다. 타이어의 입력값으로는 종방향 슬립(longitudinal slip), 횡방향 슬립(lateral slip), 수직하중(normal load)이 있다. 타이어에서 출력값으로는 차량의 진행방향과 수직방향의 각각의 힘이 된다. 이 힘들은 각각 샷시(chassis)에 작용하여 전체적인 차량의 거동을 표현하게 된다. 일반적인 낮은 조향각에서는 타이어의 힘을 선형화시켜서 사용하지만, 어느정도 이상의 슬립에서는 선형성이 깨어지게 되므로 본 연구에서는 3차의 다항식으로 비선형 타이어의 모델을 사용하였다.

(4) 기어 모델

운전자는 속도와 토크 사이에서 적절한 조화를 이루기 위해 기어 변속을 수행한다. 기어변속에는 엔진의 토크곡선 및 엔진의 특성을 나타내는 방정식이 필요하고 또 너무 많은 계산을 요구하므로 본 연구에서는 고려하지 않고, 단지 클러치의 접속만을 고려했다. 기어를 바꾸기 위해 클러치를 밟게되면 동력을 차단하고, 다시 기어를 넣고 클러치를 밟은 것을 떼면 동력을 연결하여 클러치를 밟는 효과를 주었다.

3.4 사운드 모델링

사운드효과는 시동거는 소리와 엔진소리 두가지 음향을 샘플링하여 사용하였다. 원래는 엔진소리의 pitch와 크기가 RPM과 관련하여 변화되는데 현재까지 구현된 시스템에서는 기어를 고려하지 않고 있으므로 RPM을 계산할 수 없다. 따라서 우선은 자동차의 속도에 따라서 엔진소리의 pitch와 크기가 바뀌도록 모델링하였다. 자동차 소음으로는 엔진소리 외에도 공기저항소리가 더 필요하다. 저속에서는 엔진소리가 거의 대부분이지만 고속으로 갈수록 공기저항 소리가 더 커지게 된다. 보다 실감나는 환경을 제공하기 위해서는 바람소리를 엔진소리와 합성하여 출력하는 것이 필요하다.

4. 결론

본 연구에서는 PC를 platform으로 하고 스티어링 휠, 클러치, 브레이크, 액셀러레이터 등을 접속하여 저가형 자동차 시뮬레이터를 개발하였다. PC 상에서 구현하였으므로 무엇보다도 수행속도가 가장 큰 문제가 되어서 제한적인 모델링 작업이 될 수 밖에 없었다. 이러한 제한된 성능의 시스템에서는 가상환경의 충실도를 최대화하기 위해 그래픽, 사운드, 동역학 모델, 수행속도 등 여러 가지 자극의 제시와 현실감 간의 관계가 규명되어야 한다. 현재 구현된 시스템에서는 그래픽의 복잡도에 따라서 출력속도가 평균 한 frame당 80msec 정도로 자동차가 어느정도 부드럽게 움직이는 느낌을 줄 수 있다. 이 시스템은 자동차 주행중의 시트의 안락감을 평가하기 위한 환경으로서 사용될 예정이고, 이 밖에도 운전자의 각성도 등과 같은 생리신호 측정에 이용될 수 있다.

현재의 시스템보다 현실감 있는 자동차를 구현하기 위해서는 기어 변속과 같은 동역학 모델의 보완이 이루어져야 하고 사운드도 보다 다양한 종류의 소리를 제공하여야 한다. 그러나 자동차 동역학 모델을 보완하려면 시스템의 성능 문제로 그래픽과 같은 다른 요소들과의 trade-off가 이루어져야 할 것이

다.

참고문헌

1. Anthony C. Stein, R. Wade Allen, Bimal L. Aponso, Theodore J. Rosenthal, and Jeffrey R. Hogue, "A Part Task Driving Simulator Based on Low Cost Microcomputer Technology", IMAGE V Conference, 1992.
2. R. Wade Allen, Henry T. Szostak, and Theodore J. Rosenthal, "Analysis and Computer Simulation of Driver/Vehicle Interaction", SAE 871086.
3. L. D. Reid and E. N. Solonka, "A Systematic Study of Driver Steering Behaviour", Journal of Ergonomics, 1981.
4. Thomas D. Rossing, The Science of Sound, Addison Wesley Publishing Company, 1990.
5. 경찰청, 교통안전시설실무편람, 1994.