

감성공학적인 접근법을 이용한 그래픽 주행 시뮬레이터 개발

최 경 현*

Development of a Graphic Driving Simulator Using Kansei Engineering Method

Kyung-Hyun Choi*

ABSTRACT

This research focuses on the evaluation of the perceived velocity in a graphic environment. The investigation of virtual driving reveals that the perceived velocity is closely related to the virtual environment. Especially, the major two factors are distance between the virtual driver and the array of environmental objects and the repetition pattern i.e., density of environmental objects. Experiments were carried out to acquire a relationship between the perceived velocity and each factor. A graphical representation of a vehicle and its surrounding environment have been constructed by three-dimensional tools, Pro/ENGINEER and dVISE. Based on the experimental results, nonlinear regression equations are derived for the relationships between the perceived velocity and distance/density.

Key words : Graphic simulator, kansei engineering, vehicle drive, virtual reality

1. 서 론

가상현실 기법을 이용한 자동차 주행 시뮬레이터에 대한 연구가 각국에서 활발히 진행되고 있다. 시뮬레이터의 활용은 자동차의 개발단계에서 비용절감, 개발기간 단축 등의 효과를 가져올 수 있으며, 자동차와 관련된 다양한 연구에서 운전자의 안전성, 연구수행의 유연성을 제공할 수 있기 때문에 필요성이 더욱 증가하고 있다. 자동차 시뮬레이터는 주로 가상

프로토타이핑, 운전자의 인자 분석, 주행 상황 등의 연구를 위해 많이 사용되고 있다.^{1,2)}

시뮬레이터는 현실의 재품을 작동시키는 대신에 다양한 신호를 통해 운동을 재현하는데 목적을 두고 있다.³⁾ 따라서 시뮬레이터와 인간사이의 매체가 되는 신호의 적합성에 대한 연구가 필수적이다. 이를 위해 시뮬레이터 구성성분과 신호들을 분석하여, 서로간의 관련성과 효과적인 재현방법을 규명하여야 한다. 운동감과 같은 부분은 국가적 특성, 민족성 등에 따라 분명한 차이가 있다.⁴⁾ 따라서 시뮬레이터의 운동감 재현에 관한 국내의 독자적인 연구가 절실하다고 할 수 있다.

자동차 주행 시뮬레이터에서 그래픽 모듈은 주행 상황을 시각적으로 제시하는 역할을 담당하고 있다.

* 제주대학교 기계에너지생산공학부, 산업기술연구소
Faculty of Mechanical Energy Production Eng., Res. Inst. Ind. Tech., Cheju Nat'l Univ.

시뮬레이터에서 주행상황은 영상, 음향, 운동 등을 통해 재현된다. 이 중 영상은 위치와 자세의 변화를 재현하는 기능을 가진.⁵⁾ 주행에서 위치와 자세의 변화가 가장 주된 요소임을 감안한다면, 그래픽 모듈을 주행 시뮬레이터의 핵심부이라 볼 수 있다.

자동차 주행 시뮬레이터의 운동감 재현에서 그래픽 모듈의 속도감 저하현상이 알려져 있다. 이는 시뮬레이터의 탑승자가 주행 속도를 매우 낮게 인식하는 현상으로, 대부분의 주행 시뮬레이터에서 나타나는 것으로 밝혀져 있다.⁶⁾ 기존의 연구에서는 시야각(field of view), 초당 프레임수(frame rate), 텍스처의 공간주파수(spatial frequency) 등과 속도감과의 관련성을 규명하는데 초점이 맞춰졌다.⁷⁾ 이러한 부분은 재현 성능을 높여주는 부가적인 부분으로 본질적으로는 인간에게 속도 정보를 주는 부분이 아니기 때문에 효과적인 속도감 향상이 어려울 뿐만 아니라 시스템의 사양에 많은 제약을 가진다.

본 연구에서는 주행 시뮬레이터에서 그래픽 모듈의 속도감을 향상하는 방법을 모색하였다. 기존의 연구에서와는 달리 주행 시 변화의 본질적인 성분인 가상 주행환경을 연구대상으로 하고, 속도감과 관련된 그래픽 요소들을 추출하였다. 인지속도와 추출된 그래픽 요인과의 관계를 정량화하기 위해 실험을 수행하였고, 물체와 시점의 측면거리, 주행속도와 인지속도간의 관계를 비선형 함수를 이용하여 수식화하였다. 정량화된 결과의 활용방안을 모색하였다.

II. 가상 주행환경의 분석과 아이템 추출

주행환경은 크게 환경구성 성분과 상황구성 성분으로 분류할 수 있다. 환경구성 성분은 건물, 도로와 같은 주행환경을 구성하는 구조물이다. 상황구성 성분은 특별한 주행상황을 유발시키는 성분으로 주위의 차량, 신호등, 보행자, 도로 노면의 상황, 날씨 등이 있다. 주행 시 차량의 이동이 차량과 주위와의 상대변위를 통해 운전자에게 인식되므로, 속도감을 주는 지배적인 성분은 정적인 특성을 가진 환경 구성성분이라 볼 수 있다.

속도감과 관련된 환경구성 성분의 주요 인자는 '환

경성분과 시점과의 거리'이다. 시점과 가까운 가로수와 건물이 많이 존재하면 변화가 크게 인식되어 속도감이 향상되는 것을 느낄 수 있다. 이 현상은 인지공학에서 다루지는 시각흐름(optic flow)의 개념이 잘 뒷받침 해준다.⁸⁾ Fig. 1은 건물들의 정면이 인체를 좌우로 이동분하는 시상면(sagittal plane)과의 거리를 나타낸다. 본 연구에서는 이 인자를 '성분군의 측면거리'라 표현하였다.



Fig. 1 Perceived velocity parameter and lateral distance

III. 성분군의 측면거리에 대한 유의성 실험

성분군의 측면거리에 대한 유의성 실험은 다음과 같은 과정을 통하여 수행하였다.

- 1) 피실험자에게 속도에 대한 절대성을 부여하기 위해 각인실험을 수행하였다.
- 2) 건물군의 측면거리의 변화에 대한 인지속도를 추출하는 거리-속도감 실험을 수행하였다.
- 3) 측면거리에 대한 인지속도를 도식화하였다.

3.1 실험 방법

실제의 주행환경을 분석하여 환경구성 성분의 배치에 대한 특성을 조사하였다. 그림 1은 실제 주행환경의 건물배치에 있어서의 특성과 본 연구에서 설정한 좌표계를 보여준다. 환경구성 성분은 도로의 가장자리에

주행방향으로 일렬로 나열되어 있는 특성을 가지고 있다. 본 연구에서 좌표계는 Fig. 1에서와 같이 자동차의 주행방향을 x방향으로 하고, 측 방향을 y방향으로 하였다. 실험을 위한 가상환경은 주행환경의 특성을 고려하여 건물의 배치에서 시점과의 측면거리 y를 변화시키도록 하였다. 또한 변수 x의 영향을 받지 않도록 시야범위 내에는 건물이 계속 나열되도록 하였다.

y방향 변수의 범위를 결정하기 위해 실제 시가지를 조사한 결과, 약 2 m에서 50 m 이내에 중요한 성분들이 존재하였고 산과 같은 배경성분은 300 m 이상에 존재하였다. 따라서 실험에 사용할 y값을 2, 10, 20, 30, 40, 50, 500 m로 선정하였다. 이 중 500 m의 경우에는 건물 대신에 산을 사용하여 시각적인 인지가 가능하도록 하였다.

실험의 주행환경을 구성하기 위하여 가상현실 패키지인 dVISE를 이용하였다.[9] 환경내의 건물은 CAD모델을 생성하고, 다양한 실제건물의 사진을 맵핑하였다. 3차원 CAD도구인 Pro/ENGINEER를 사

용하여 개발한 자동차모델을 가상환경 내에 두었다.[10] 가상환경 내에 놓여진 자동차 모델의 운전자의 눈 위치에 시점을 고정시킴으로써, 실제의 운전상황과 비슷한 화면을 생성할 수 있다. 또한 자동차에 의해 가려지는 환경성분이 생기므로, 주행 시 운전자에게 영향을 줄 수 있는 성분만을 고려할 수 있게 된다. 주행환경은 4차선의 도로, 보도, 건물, 산 등을 선택적으로 배치할 수 있게 하였다.

가상 주행환경을 구동한 장비는 운영체제가 UNIX인 SGI사의 Octane이며 4 Mbyte의 텍스처 메모리를 갖추었다. 가상환경은 90°의 시야각을 가지며, 약 25 frames/sec의 성능을 내도록 하여 시각적으로 자연스러운 화면을 생성하였다. 주행상황은 모니터를 통해 피실험자에게 제시되었고, 실험자가 피실험자의 옆에서 실험을 주도하도록 하였다. 또한 실험이 산만해지지 않도록 피실험자와 실험자의 측면에 벽면을 설치하였다.

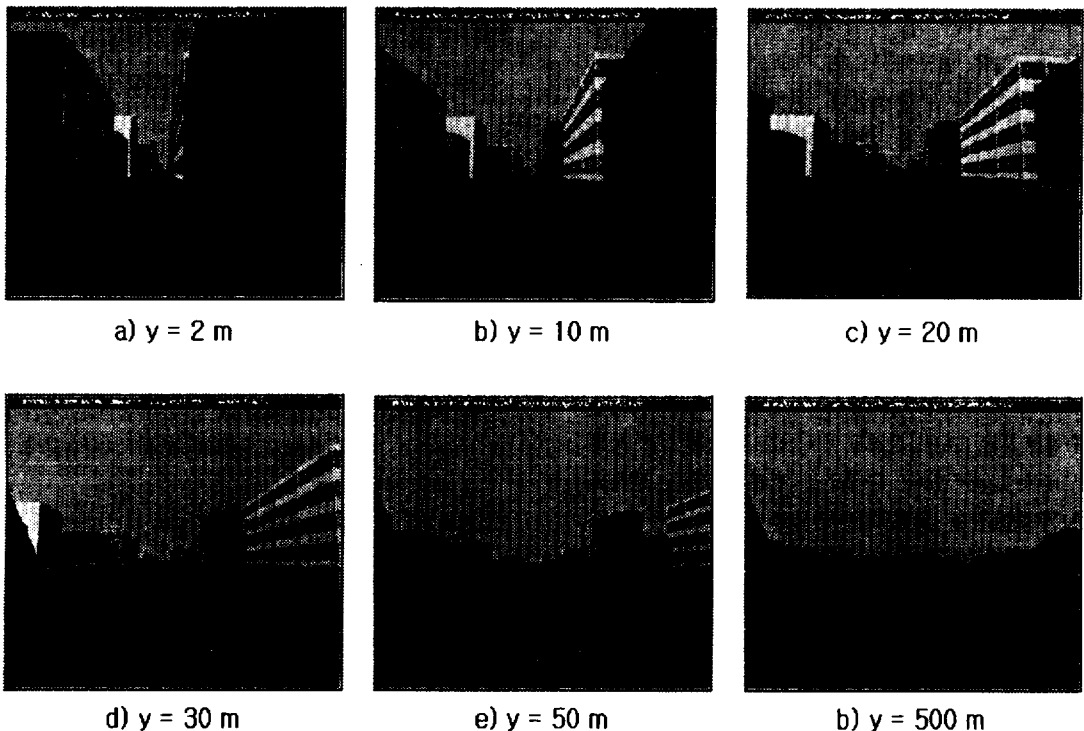


Fig. 2 Driving visualization according to lateral distance changes

3.2 속도 각인실험

일반적으로 인간의 속도에 대한 인지능력은 상대 속도에 대해서는 비교적 정확하지만 절대속도에서는 다소 떨어진다. 따라서 인지속도의 절대성을 높이기 위하여 실험에 앞서 속도 각인실험을 수행하였다. 속도 각인실험은 시내주행 시에 친숙한 속도인 40, 60, 80 km/h에 대해 모니터를 통해 주행상황을 체험하도록 하였다. 주행환경은 4차선의 도로와 보도, 건물, 산으로 표준화하여 구성하였다.

속도순서에 의한 영향이 없도록 구성된 40, 60, 80 km/h의 속도를 각각 15초씩 45초동안 주행하는 실험을 세 번 반복하였다. 다양한 속도의 각인을 위해 30, 50, 70 km/h의 속도로 한번 더 체험시키고, 평가실험을 통하여 속도각인 여부를 확인하였다.

피실험자는 24세부터 29세까지의 남성으로 기계공학을 전공하는 대학생 30명이었고, 운전경력이 6개월 이상인 자는 9명이었다.

3.3 거리-속도감 실험

거리-속도감 실험의 주행은 실제상황과 유사하도록

구성하였다. 이를 위해 가감속 상황을 추가하고, 실제의 주행에서 저속이라고 간주되는 20 km/h와 표준속도로 볼 수 있는 60 km/h의 등속구간에서 인지속도를 응답하도록 하였다.

주행환경은 건물을 제외하고 속도감에 영향을 줄 수 있다고 고려되는 차선과 인도를 제거하였다. 실험은 건물군의 측면거리(y)를 변화시키며 주행을 반복하도록 하였다. 그림 2는 건물의 y값을 변화시킬 때의 주행화면을 보여준다. 피실험자는 각인실험을 거친 30명을 대상으로 하였으며, 무책임한 응답을 피하기 위해 등속구간 내에서는 반복하여 응답할 수 있도록 하였다.

3.4 실험 결과와 분석

각인실험과 거리-속도감 실험의 결과는 Table 1과 같다. 각인실험에서는 제시된 속도와 매우 근접한 결과가 나온 것을 볼 수 있으므로 피실험자에게 속도가 적절히 각인되었다고 볼 수 있다. 거리-속도감 실험의 결과에서 최빈값의 인원수가 많고, 표준편차가 주로 5 근처에 있다. 실제 사람이 속도를 표현하는 단위가 5 km/h나 10 km/h임을 감안한다면 속도인지의

Table 1. Experimental results of perceived velocity

실험	속도(km/h)	제시속도	평균	절단평균25%	최빈값(인원)	표준편차
각인실험		60	57.83	57.50	60 (12)	4.95
		40	39.50	38.96	40 (16)	4.22
		80	79.00	79.17	80 (13)	4.52
실험 1 (y = 2 m)		20	26.50	26.04	20 (11)	3.73
		60	74.50	74.38	80 (13)	6.28
실험 2 (y = 10 m)		20	17.47	16.75	15 (10)	3.20
		60	49.67	49.58	50 (13)	4.3
실험 3 (y = 20 m)		20	11.37	11.08	10 (17)	2.09
		60	38.83	39.17	40 (10)	4.24
실험 4 (y = 30 m)		20	8.73	7.21	5 (12)	3.53
		60	33.47	32.79	30 (10)	6.05
실험 5 (y = 40 m)		20	6.92	5.81	5 (15)	2.73
		60	29.47	29.08	40 (7)	5.82
실험 6 (y = 50 m)		20	6.30	4.77	5 (7)	3.61
		60	25.90	24.00	15 (6)	7.43
실험 7 (y ≥ 500 m)		20	3.29	1.83	0 (7)	3.28
		60	12.47	7.98	5 (6)	8.91

경향과 크기에서 개개인의 인지속도가 매우 유사함을 확인할 수 있고, 물체와의 측면거리에 대한 속도감의 영향이 존재함을 볼 수 있다. 원경에 대한 실험 7에서는 속도감이 매우 낮으며, 속도값을 높게 응답한 피실험자는 실제의 느낌이라기보다는 실제상황으로 유추한 추측값임을 확인할 수 있었다. Fig. 3은 20 km/h의 속도에서 실험결과를 평균과 표준편차, 절단평균_{25%}으로 보여준다.

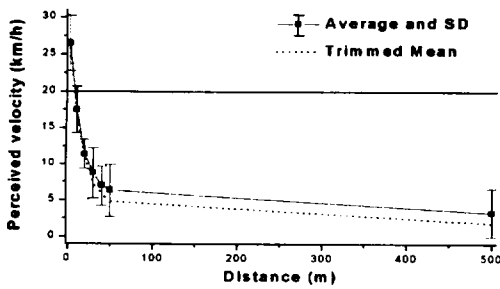


Fig. 3 Result of distance and velocity at 20Km/s

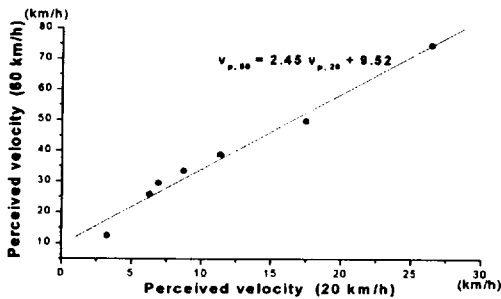


Fig. 4 Perceived velocity according to driving velocity changes

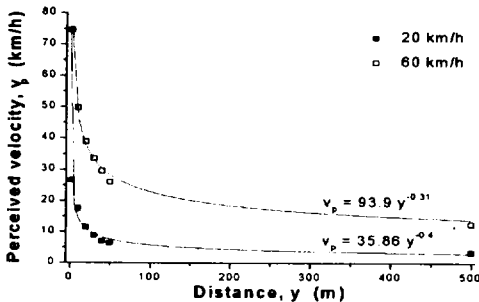


Fig. 5 Relationship between lateral distance and perceived velocity

Fig. 4는 20 km/h와 60 km/h에서의 결과 차이를 보여준다. 기울기가 2.45인 직선으로 나타난 것은 실제속도비가 3인 것과 비교할 때, 인간이 속도 차를 실제와 비슷한 수준에서 인지함을 확인할 수 있다.

실험결과를 수식화하기 위해 함수근사를 수행하였다. 근사방법은 그림 3의 개형을 고려하여, 비선형 근사법 중 독립변수의 멱 방정식(power equation) 형태를 이용하는 올로메트릭 법(allometric method)을 사용하였다.^{11,12)} Fig. 5는 20 km/h과 60 km/h에서의 함수근사의 결과를 보여준다.

언어진 함수의 형태를 고려하여 임의의 속도에서 측면거리와 인지속도간의 관계를 구성하였다. 주행 속도와 인지속도가 선형적인 관계에 있는 것으로 가정하면, 식은 다음과 같은 형태로 표현될 수 있다.

$$v_p = A y^B, \quad A = C v_a \quad (1)$$

그림 6에서 각각의 함수에서 상수들을 카이 제곱수(chi-square)가 가능한 한 최소화할 수 있는 적절한 수치로 변화시켜 A는 주행속도와 비례상수의 곱으로, B는 상수로 정의하였다. 따라서 식 (1)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$v_p = A y^B \quad (2)$$

$$A = 1.6 v_a, \quad B = -0.32$$

여기서 v_p 는 피실험자의 인지속도, v_a 는 차량의 주행속도, 그리고 y 는 측면거리이다. 함수근사의 신뢰도를 나타내는 카이 제곱수는 근사함수의 경우 20 km/h와 60 km/h에서 각각 2.84와 4.74였으나, 식 (2)에 의한 결과에서는 각각 5.63와 5.57로 다소 떨어졌으나 자유도가 6이며, 5%유의수준에서 임계값이 12.59임을 감안하면 충분한 적합성을 가짐을 알 수 있다.[13]

IV. 속도감 향상방안의 고찰

가상환경의 개발 시에 효과적인 속도감 향상을 위해 적용방법을 모색하여 보았다. 성분의 위치나 텍스

V. 결 론

처의 수정에 있어서는 환경에서 관찰자의 관심이 집중될 수 있는 부분이나 환경의 전체적인 분위기를 결정지을 수 있는 성분들을 피하여야 하며, 동시에 속도감이라는 동적인 상태에 목적을 두고 있으므로 정적인 상황에서 나타날 수 있는 상이함은 일부 허용하여야 할 것이다. 본 연구에서는 이러한 성분의 특성을 고려하기 위해 주행환경을 구조화하고 이들을 고려하여 수정 가능한 성분을 조사하여 이들을 속도감 성분이라 하고, 각각에 적절한 변화방법을 모색하였다. Fig. 6은 재체지향접근법을 이용해 가상 주행환경을 구조화한 것을 보여준다.¹⁴⁾ 그림에서 복선으로 둘러 쌓여진 성분은 속도감 성분이다.

각 속도감 성분의 활용방법을 고찰하여 보았다. 가로등, 나무의 경우에는 간격을 주로 조정하여 변화를 크게 하고 가능한 한 도로 가장자리에 배치하여 시점과의 거리를 작게 함으로써 변화의 정도를 크게 할 수 있다. 차선의 경우에는 교통관련규정에서 폭과 길이를 정하고 있지만, 주행 시 운전자가 명확히 인지할 수 없으므로 길이를 조절함으로써 속도감을 향상시킬 수 있다. 건물의 경우에는 핵심적인 건물을 제외하고 텍스처나 시점과의 거리를 조절함으로써 속도감 향상을 이룰 수 있다.

본 연구에서 주행 시뮬레이터의 속도감의 향상을 위한 방법을 모색하였다. 연구대상을 주행 시뮬레이터의 그래픽모듈에서 가상 주행환경을 분석하여 그래픽 모듈의 속도감 인자로 성분군의 측면거리를 추출하였다.

- 1) 가상주행환경에서 측면거리의 변화에 대한 실험을 수행하였다. 이를 통해 측면거리가 증가함에 따라 속도감이 급격히 감소하며, 비선형 관계를 가지고 있음을 확인하였다.
- 2) 측면거리와 속도감에 대한 영향을 정량화하기 위해 함수근사를 이용하여 역 방정식으로 수식화하였다.
- 3) 속도감을 향상시키기 위해 분석된 인자와 관련된 환경 구성성분의 활용방안을 고찰하였다.

본 연구에서는 기존의 속도감 향상을 위한 연구에서 벗어나 주행환경의 배치와 외양과 속도감간의 관계를 규명함으로써 좀 더 적극적이고 효과적인 방법을 도출할 수 있었다. 차후에는 도출된 속도감 인자를 활용하기 위하여 주행환경의 관련변수를 데이터베이스화하고 이를 효율적으로 이용할 수 있는 감성평

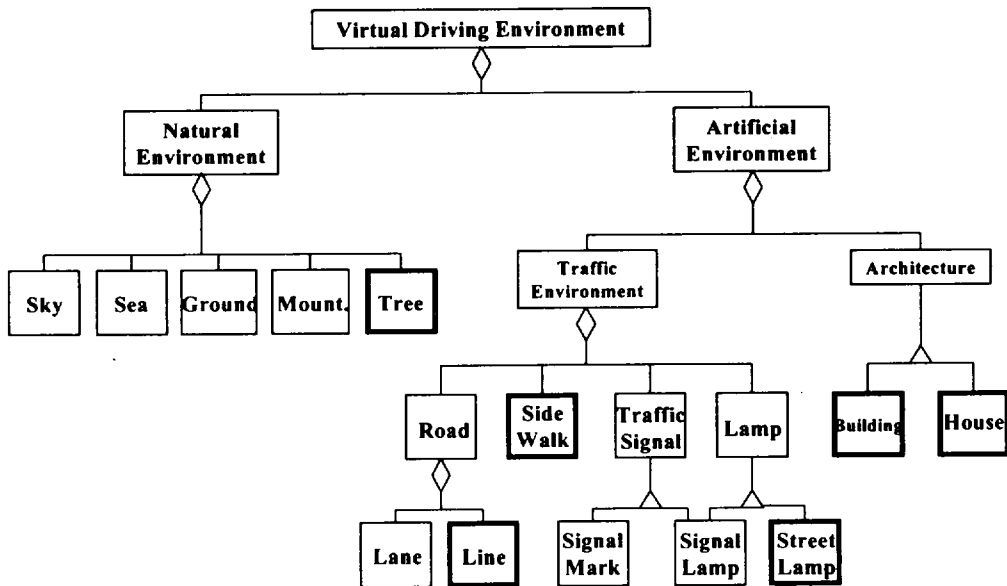


Fig. 6 Abstract model for surrounding environment and velocity perception parameters

가시시스템의 개발이 진행될 것이다.

참고 문헌

- 1) 고정훈, 손권, 최경현, 1999, 승용차의 가상프로토타이핑, *자동차공학회논문집*, 제7권, 제5호, pp.230-239
- 2) 유완석, 손정현, 김광석, 이재식, 1999, 운전자의 운전수행과 관련된 지각적, 인지적 특성분석 및 그 특성이 운전에 미치는 영향분석, *자동차공학회논문집*, 제7권, 제6호, pp.222-230
- 3) 윤석준, 1988, 항공기 시뮬레이터 기술의 현재, *전자공학회지*, 제25권, 제2호, pp.48-57
- 4) Y. Matsubara, J. R. Wilson, and M. Nagamachi, 1998, Comparative Study of Kansei Engineering Analysis between Japan and UK, *Proceeding of the Sixth International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing: Agility and Hybrid Automation*, pp.67-70
- 5) 정영훈, 엄성숙, 최경현, 손권, 1999, 감성공학적 접근을 위한 주행시뮬레이터 개발, '99 대한기계학회 춘계학술대회 논문집 제A권, pp.536-541
- 6) H. K. Distler, K. R. Gegenfurtner, H. A. H. C. van Veen, and M. J. Hawken, 1996, Velocity Perception in 3D Environments, *European Conference on Visual Perception '96*, <http://www.mpik-tueb.mpg.de/people/personal/mad/ecvp96/>
- 7) H. K. Distler, K. R. Gegenfurtner, H. A. H. C. van Veen, and M. J. Hawken, 1996, Velocity Constancy in Virtual Reality Environments, *Association for Research in Vision and Ophthalmology '97*, <http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/bu/people/mad/arvo97/>
- 8) E. B. Goldstein, *Sensation & Perception*, Brooks/Cole, 1996
- 9) Division Ltd., UK, *dV/Reality for UNIX Workstations User Guide*, 1997
- 10) 엄성숙, 정영훈, 손권, 최경현, 1999, 시뮬레이터의 성능향상을 위한 감성공학 수법 개발, 제14차 한국자동차공학회의 논문집, 제C권, pp.223-226
- 11) G. B. West, J. H. Brown, and B. J. Enquist, 1999, The Forth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms, *Science*, Vol. 284, No. 5420, pp.1677-1679
- 12) H. Matsumoto, Y. Minowa, Y. Nishitana, and Y. Fukui, 1999, An Allometric Model for Predicting Blood Ethanol Elimination in Mammals, *Biochemical Pharmacology*, Vol. 57, NO. 2, pp.219-223
- 13) 김우철, 김재주, 박병욱, 박성현, 송문섭, 이상열, 이영조, 전종우, 조진섭, 최신 개정판 통계학 개론, 영지문화사, 1999
- 14) J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, and W. Lorensen, *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall International Inc, 1997