

시뮬레이터의 그래픽모듈에 대한 속도감 인자 분석 Factors Related to Velocity Perception in a Graphic Simulator

손 권*, 최경현**, 엄성숙***, 홍성진***
Kwon Son, Kyung-Hyun Choi, Sung-Suk Eom, Sung-Jin Hong

ABSTRACT

This paper addresses a method for evaluating perceived velocities of the graphic module in a driving simulator. The major two graphic factors associated with perceived velocities are analyzed: they are the lateral distance between a virtual driver and an array of environmental objects and the textural density of these objects. A graphical representation of a vehicle and its surrounding environment are constructed by employing a three-dimensional tool, Pro/ENGINEER and a virtual environment, dVISE. Using the developed virtual driving environment, experiments have been carried out to formulate the relationship between velocity perception and each factor. Based on the experimental results, nonlinear regression equations are derived to show how the perceived velocities are dependent upon distance/density.

주요기술용어 : Graphic simulator(그래픽 시뮬레이터), Velocity perception(속도감), Driving environment(주행 환경)

1. 서론

컴퓨터 그래픽으로 재생되는 가상 현실 환경과 운동감을 재현하여 주는 장치를 결합하여 현실감을 획기적으로 향상시킨 시뮬레이터는 군사용, 민간용, 오락용 등 그 응용분야가 넓어지고 있다. 그 중 자동차 산업에 있어서의 시뮬레이터의 활용은 개발단계에서 비용절감, 개발기간 단축

등 바람직한 효과를 가져올 수 있으며, 운전자의 안전성, 연구수행의 유연성을 제공할 수 있기 때문에 필요성이 더욱 증가하고 있다.¹⁾ 자동차 시뮬레이터는 새로운 개념을 갖는 차량 시스템 및 알고리즘의 평가 시, 기존 시스템과 비교 분석하여 설계 반영에 효과적으로 이용될 수 있다. 또한 운전자의 안전에 위협을 주지 않으면서도 위급한 상황을 재현할 수 있으며, 연구 수행 및 운전자의 반응을 분석하여 차량의 안전도 향상, 소비자의 반응예측, 그리고 교통안전 향상을 도모할 수 있는 등 여러 분야에서 활용되고 있다.²⁾

시뮬레이터의 궁극적인 목적은 실제의 제품을 작동시키는 대신에 다양한 신호를 통해 운동을

* 회원, 부산대학교 기계공학부

** 회원, 제주대학교 기계에너지
생산공학부

*** 회원, 부산대학교 기계설계공학과

재현하는 것이라 할 수 있다.³⁾ 따라서 시뮬레이터와 인간사이의 매체가 되는 신호의 적합성에 대한 연구가 필수적이다. 이를 위해 시뮬레이터 구성성분과 신호들을 분석하여, 서로간의 관련성과 효과적인 재현방법을 규명하여야 한다. 신체의 여러 감각기관을 통해 느끼는 감성 중의 하나인 운동감은 국가, 민족, 지역, 언어에 따라 분명한 차이가 있다.⁴⁾ 따라서 시뮬레이터의 운동감 재현에 관한 국내의 독자적인 연구가 절실하다고 할 수 있다.

자동차 주행 시뮬레이터에서 그래픽 모듈은 주행상황을 시각적으로 제시하는 역할을 담당하고 있다. 시뮬레이터에서 주행상황은 영상, 음향, 운동 등을 통해 재현되며, 이 중 영상은 위치와 자세의 변화를 재현하는 기능을 가진다.⁵⁾ 주행에서 위치와 자세의 변화가 가장 주된 요소임을 감안한다면, 그래픽 모듈이 주행 시뮬레이터의 핵심부분이라고 볼 수 있다.

자동차 주행 시뮬레이터의 운동감 재현시 탑승자는 그래픽 모듈에서 주행 속도를 매우 낮게 인식하는 현상이 나타나며, 이는 주행 시뮬레이터에서 흔히 나타나는 현상으로 밝혀져 있다.⁶⁾ 기존의 연구에서는 시야각(field of view), 초당 프레임수(frame rate), 텍스처의 공간주파수(spatial frequency) 등과 속도감사이의 관련성을 규명하는데 초점이 맞춰졌다.^{6,7)} 이러한 부분은 재현 성능을 높여주는 부가적인 부분으로서 인간에게 속도 정보를 주는 부분이 아니기 때문에 효과적인 속도감 향상이 어려울 뿐만 아니라 시스템의 사양에 많은 제약을 가진다.

본 논문에서는 주행 시뮬레이터에서 그래픽 모듈의 속도감을 평가하는 방법을 모색하였다. 기존의 연구와는 달리 주행 시 변화의 본질적인 성분인 가상 주행환경을 연구대상으로 하고, 속도감과 관련된 그래픽 요소들을 추출하고, 인지속도와 추출된 그래픽 요인과의 관계를 정량화하기 위해 실험을 수행하였다. 또한 물체와 시점의 측면거리, 텍스처의 폭, 주행속도와 인지속도간의 관계를 비선형 함수를 이용하여 수식화하여 정량

화된 결과의 활용방안을 모색하였다.

2. 가상 주행환경

주행시뮬레이터의 그래픽모듈의 특성을 파악하기 위한 가상환경의 구성에 가상현실 패키지인 dVISE를 이용하였다.⁸⁾ 환경내의 건물은 CAD 모델을 생성하고, 다양한 실제건물의 사진을 맵핑하였다. 3차원 CAD도구인 Pro/ENGINEER를 사용하여 개발한 자동차모델을 가상환경 내에 두었다. 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. 1는 구성된 실험환경을 보여준다.

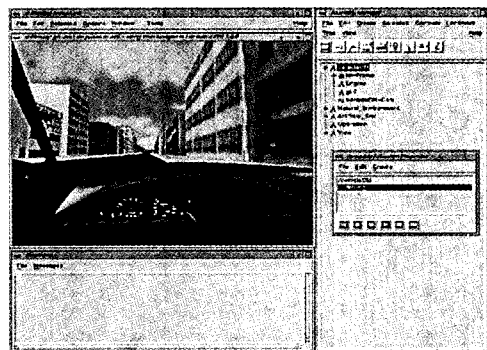


Fig. 1 Virtual driving environment

주행환경은 크게 환경구성 성분과 상황구성 성분으로 분류할 수 있다. 환경구성 성분은 건물, 도로와 같은 주행환경을 구성하는 구조물이며, 상황구성 성분은 특별한 주행상황을 유발시키는 성분으로 주위의 차량, 신호등, 보행자, 도로 노면의 상황, 날씨 등이 있다. 주행 시 차량의 이동이 차량과 주위와의 상대 변위를 통해 운전자에게 인식되므로, 속도감을 주는 지배적인 성분은 정적인 특성을 가진 환경 구성성분이라 볼 수 있다. Fig. 2는 가상 환경구성 성분을 객체지향법을 이용하여 구조화한 것을 보여준다.⁹⁾

속도감과 관련된 환경구성 성분으로 두 가지의 인자를 고려할 수 있다. 첫 번째 인자는 '환경성분과 시점과의 거리'이다. 시점과 가까운 가로수와 건물이 많이 존재하면 변화가 크게 인식되어 속도감이 향상되는 것을 느끼는 현상으로 인지공학에서 다루지는 시각흐름(optic flow)의 개념이 잘 뒷받침 해준다.¹⁰⁾ 두 번째 인자는 '주행방향에 대한 수직성분의 존재'이다. 건물에 창문과 같이 주행방향에 수직인 선분으로 이루어진 성분이 많을수록 속도감이 증가함을 알 수 있었다. Fig. 3에서는 건물들의 정면에서 운전자의 시점과의 측면거리로 떨어진 거리인 '성분군의 측면거리'와 진행방향에 대해 수직인 성분들인 '주행방향의 수직성분'을 표현하고 있다.

3. 성분군의 측면거리 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 도식화했다.

3.1 실험 방법

실제의 주행환경을 분석하여 환경구성 성분의 배치에 대한 특성을 조사하였다. Fig. 3은 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. 3에서와 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 m이내에 중요한 성분들이 존재하였고 산과 같은 배경성분은

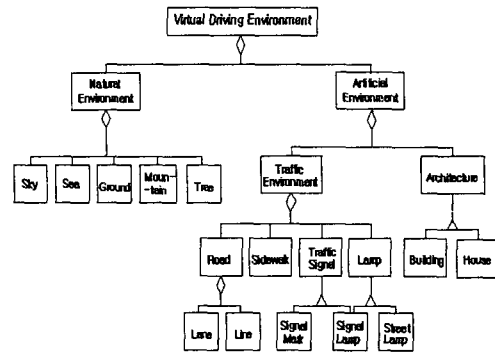


Fig. 2 Structure of driving environment by OMT



Fig. 3 Virtual driving environment and factors associated with velocity perception

300 m 이상에 존재하였다. 따라서 실험에 사용할 y 값을 2, 10, 20, 30, 40, 50, 500 m로 선정하였다. 이 중 500 m의 경우에는 건물 대신에 산을 사용하여 시각적인 인지가 가능하도록 하였다.

3.2 속도 각인실험

일반적으로 인간의 속도에 대한 인지능력은 상대속도에 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, 9명의 운전경력이 6개월 이상인 자들이 포함되었다.

3.2 측면거리와 속도감 실험

실험의 주행은 실제상황과 유사하도록 구성하였다. 이를 위해 가감속 상황을 추가하고, 실제의 주행에서 저속이라고 간주되는 20 km/h와 시가지 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. Fig. 4은 건물의 y 값을 변화시킬 때의 주행화면을 보여준다. 피실험자는 각인실험을 거친 30명을 대상으로 하였으며, 무책임한 응답을 피하기 위해 등속구간 내에

서는 반복하여 응답할 수 있도록 하였다.

3.4 실험 결과와 분석

각인실험과 측면거리와 속도감과의 실험의 결과는 Table 1과 같다. 각인실험에서는 제시된 속도와 매우 근접한 결과가 나온 것을 볼 수 있으므로 피실험자에게 속도가 적절히 각인되었다고 볼 수 있다.

Table 1 Result of the carved experiment and lateral distance-velocity perception experiment

속도 (km/h) 종류	제시 속도	평균	절대평균25 %	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 ($y \geq 500$ m)	20	3.29	1.83	0 (7)	3.28
	60	12.47	7.98	5 (6)	8.91

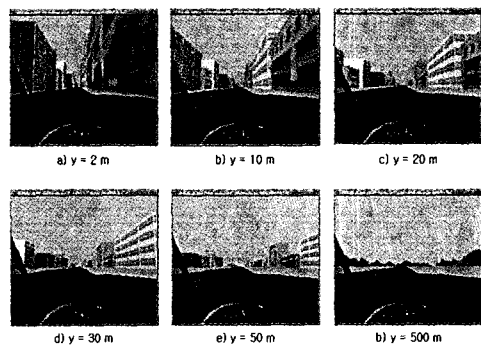


Fig. 4 Driving scenes for various values of lateral distance

측면거리와 속도감 실험의 결과에서 최빈값의 인원수가 많고, 표준편차가 주로 5 근처에 있다. 실제 사람이 속도를 표현하는 단위가 km/h나 10 km/h임을 감안한다면 속도인지의경향과 크기에 있어서 개개인의 인지속도가 매우 유사함을 확인할 수 있고, 물체와의 측면거리에 대한 속도감의 영향이 존재함을 볼 수 있다. 원경에 대한 실험 7에서는 속도감이 매우 낮으며, 속도감을 높게 응답한 피실험자는 실제의 느낌이라기보다는 실제 상황으로 유추한 추측값임을 확인할 수 있었다.

Fig. 5는 20 km/h의 속도에서 실험결과를 평균과 표준편차, 절단평균 25%로 보여준다. Fig. 6는 20 km/h와 60 km/h에서의 결과 차이를 보여준다. 기울기가 2.45인 직선으로 나타난 것은 실제속도비가 3인 것과 비교할 때, 인간이 속도차를 실제와 비슷한 수준에서 인지함을 확인할 수 있다.

실험결과를 수식화하기 위해 함수근사를 수행하였다. 근사방법은 Fig. 5의 개형을 고려하여, 비선형 근사법 중 독립변수의 멱 방정식(power equation)형태를 이용하는 올로메트릭 법(allometric method)을 사용하였다^{11,12}. Fig. 7은 20 km/h와 60 km/h에서의 함수근사의 결과를 보여준다. 얻어진 함수의 형태를 고려하여 임의의 속도에서 측면거리와 인지속도간의 관계를 구성하였다. 주행속도와 인지속도가 선형적인 관계에 있는 것으로 가정하면, 식은 다음과 같은 형태로 표현될 수 있다.

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

Fig. 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.

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

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

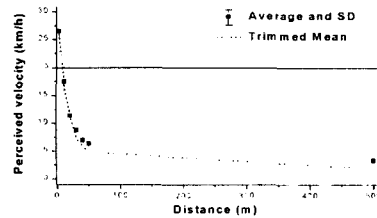


Fig. 5 Result of distance-velocity perception experiment in 20km/h

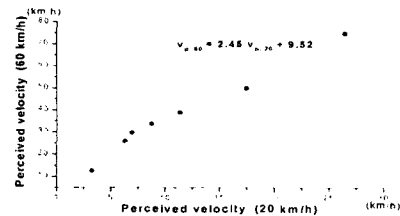


Fig. 6 Velocity perception trends

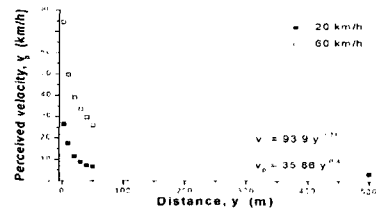


Fig. 7 Relation between lateral distance and velocity perception

여기서 v_p 는 피실험자의 인지속도, v_a 는 차량의 주행속도, 그리고 y 는 측면거리이다. 함수근사의 신뢰도를 나타내는 카이 제곱수는 근사함수의 경우 20과 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⁾

4. 주행방향의 수직성분에 대한 실험

4.1 실험 방법

주행방향의 수직성분은 물체의 색과 형상에 의해 나타나기 때문에 변수로 설정하는데 많은 어려움이 있다. 이러한 점을 해결하기 위해 서로 다른 색을 가진 두 개의 면을 연결시켜 자연스러운 선분이 생성되도록 하고, 변수로서는 면의 폭을 사용하였다. 이렇게 함으로써 면의 폭이 선분간의 거리의 역할을 하게 된다. 이러한 면의 폭은 가상 주행 환경에서 가로수 사이의 간격이나 건물 사이의 간격, 그리고 차선간격 등을 나타낸다. 폭의 변역은 실제 주행환경에서 수직선분을 이룰 수 있는 성분을 조사하여 결정하였다. Table 2는 조사된 변역을 보여준다. 이를 통해 성분의 간격이 0.2~60 m 사이에 있음을 볼 수 있다. 면(이후 텍스처) 폭의 변화는 0.25~64 m까지 2의 배수로 변화시켜 9개의 구간으로 하였다.

실험을 위한 가상 주행환경을 구성하였다. 생성도구는 측면거리 실험과 동일하다. 주행환경에는 도로 가장자리에 텍스처가 반복적으로 맵핑된 10 m 높이의 벽이 서 있도록 하였다. 도로는 왕복 4차선의 너비인 14 m로 하고 결과에 영향을 줄 수 있는 파선형태의 차선은 삭제하였고, 시점은 중앙선 위에 있도록 하였다. Fig. 8은 실험의 주행화면을 보여준다.

4.2 텍스처 실험

텍스처 실험에 앞서 예비실험을 통해 가상환경의 유해성(cyber sickness)을 고려하였다. Fig. 8에서 두 색이 반복되는 물체가 존재하는 경우 색의 대비가 매우 크기 때문에 피실험자에게 유해할 수 있다. 따라서 예비실험을 통해 일어날 수 있는 문제점을 확인하고 이에 대한 대비책을 마련하고자 하였다.

예비실험을 위한 주행환경은 Fig. 8의 텍스처를 흰색과 검은색으로 하고 텍스처의 폭은 5 m로 하였다. 주행속도는 40와 60 km/h로 하였고,

각각의 속도구간에서 10초씩 주행하며 이를 반복하도록 하였다. 예비실험의 피실험자는 기계공학을 전공한 대학원생 5명으로 하였다.

예비실험의 결과 10초 이내에서 모든 피실험자가 눈의 피로를 호소하였고, 40초를 체험하고 1시간 경과 후 얼굴이 붉어지고 어지러움을 호소한 피실험자가 1명 존재하였다.

예비실험의 결과 색의 유해성을 확인하고, 자극의 정도가 적은 두 색을 선택하였다. 두 색의 접합 시 발생하는 명도, 채도대비 효과를 줄이기 위해 명도와 채도를 중간값인 5로 하였다. 또한 같은 감정계열의 색을 선택하면 피실험자로 하여금 각각의 색이 주는 느낌을 비슷하게 유발시켜서 안정적인 감정상태로 조절할 수 있다¹⁴⁾. 따라서 중성색계를 선택하여 중용과 고요함을 불러일으키게 하였고, 이렇게 하여 명도, 채도가 5인 자색(5RP), 녹색(5G)을 선택하였다. 텍스처의 영향을 분석하기 위해 두 가지의 실험을 수행하였다. 실험인원은 기계공학을 전공한 24세부터 30세까지의 15명의 남자를 대상으로 하였다.

Table 2 Range of environment components width

성분	변역 (m)	
보도블럭의 길이	0.2 ~ 0.6	
차선의 길이	2 ~ 10	
가로수의 간격	5 ~ 15	
가로등의 간격	30 ~ 60	
건물	창문 폭	2 ~ 7
	점포의 폭	3 ~ 10
	건물 폭	10 ~ 50

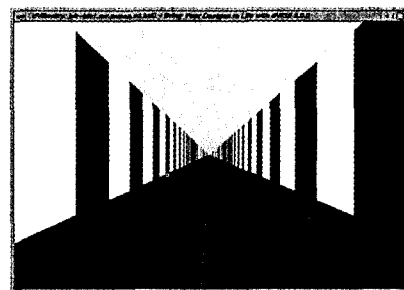


Fig. 8 Driving environment for textual density experiment

우선 일정속도에서 텍스처의 폭을 변화시키는 실험을 수행하여 텍스처의 변화에 따른 인지속도를 조사하였다. 두 번째로 주행속도의 선형적인 인지를 확인하기 위해 일정한 텍스처 폭에서 속도를 변화시키는 실험을 수행하였다.

첫 번째 실험은 각 텍스처의 상황에서 10초씩 주행하도록 하였지만, 장시간의 그래픽 노출에 의한 눈의 피로나 지루함을 고려하여 4 m에서 5 m와 4 m에서 64 m까지로 이뤄진 50초 소요의 주행을 두 번 하도록 하여 장시간의 실험을 피하였다. 주행속도는 50 km/h로 하였다. 두 번째 실험은 4 m로 텍스처의 폭을 일정하게 두고 속도를 20, 40, 60, 80, 100 km/h로 변화시켜 주행하도록 하였다.

실험의 응답방식은 구두로 이루어졌으며, 주행 환경의 현실성이 떨어지므로 얻어진 데이터는 인지속도라기보다는 빠르기의 정도를 나타낸 수치로 고려하였다.

4.3 실험 결과 및 분석

본 연구에서는 응답된 속도값에 대해 인지속도 변화의 정도에 대한 개개인의 스케일링 특성을 이용하였다. 이를 위해 전체 피실험자의 속도결과에서 기울기가 0이 아닌 구간을 기준 구간으로 삼고, 각 구간과의 비를 얻었다. 각 구간의 기울기 비의 평균을 얻고, 이를 기준 기울기와 점으로 환산하여 곡선을 얻었다. 기준으로 삼은 기울기는 기준구간의 평균 기울기이며, 점은 텍스처 폭 4 m일 때의 값을 50 km/h로 하여 좌표 (4, 50)로 하였다. 이렇게 하여 개개인의 변화의 정도를 반영할 수 있다. Fig. 9는 얻어진 텍스처 폭과 속도간의 관계 곡선을 보여준다.

Fig. 9의 x축 0.25 m에서 두 가지 값을 얻었다. 원형으로 표시된 점은 피실험자가 앞 구간들의 속도의 경향을 고려하여 속도를 추측한 응답이며, 사각형 점은 그렇지 않은 경우이다. 원형 점보다 사각형 점의 값이 매우 낮음을 볼 수 있다. 이것은 그래픽에서 단위 프레임 시간당 주행거리

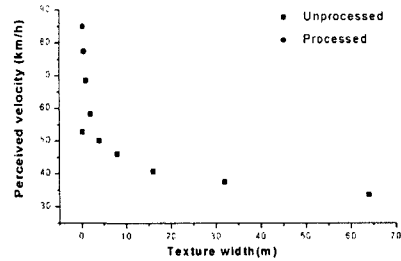


Fig. 9 Texture width-velocity curve at 50 km/h

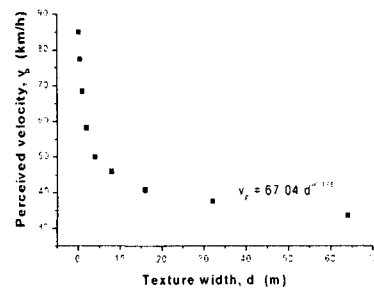


Fig. 10 Relationship between texture width and perceived velocity

가 텍스처의 주기보다 커서, 변위의 일부가 무시되기 때문이다. 이 경우에 그래픽에서 재현되는 변위는 다음과 같이 표현된다.

$$\delta s = 2 \times d - v_a \times \frac{1}{\text{frame rate}} \quad (3)$$

여기서 δs 는 그래픽에서 재현되는 주행거리, d 는 텍스처의 폭, 그리고 화면갱신률은 초당 프레임 수를 나타낸다.

Table 3은 50 km/h 주행 시 텍스처 폭 0.25 m부터 1 m에 대한 재현 주행거리의 계산과정을 보여준다. 이 때 텍스처 폭이 2 m이상인 경우에는 초당 프레임 수가 30프레임 이상이었기 때문에 계산에서 제외하였다. 실험을 통해 얻어진 텍스처 폭과 속도간의 관계 곡선을 율로메트릭법을 이용한 함수근사를 통해 수식화하였다. Fig. 10

은 텍스처 폭과 인지속도간의 관계를 보여주며, 카이 제곱수는 2.28였다. Fig. 11은 실제속도와 인지속도간의 관계를 보여주며, 상관계수는 0.999, 표준편차는 1.09였다. 두 가지 경우에 대해 함수근사를 수행하여 텍스처의 폭과 인지속도간의 관계를 정의하였다. 텍스처의 폭과는 다항함수의 관계를 가지며, 실제 주행속도와는 선형관계에 있으므로 식의 형태를 다음과 같이 단순화하였다.

$$v_p = (A v_a + B) C d^D \quad (4)$$

여기서 d 는 텍스처의 폭이며, A, B, C, D 는 상수이다. Figs 10과 11을 이용하여 식 (4)의 계수를 정의하면 다음과 같다.

$$v_p = 1.34(0.85 v_a + 4.1) d^{-0.176} \quad (5)$$

$$20 \leq v_a \leq 100$$

$$d \geq \frac{v_a}{7.2 \times \text{frame rate}}$$

식 (5)를 통하여 텍스처의 폭 [m], 주행속도 [km/h], 인지속도간의 관계를 예측할 수 있다.

5. 고찰

5.1 가상 주행환경의 속도감 방정식

측면거리와 수직성분에 관한 실험결과를 비교 분석하였다. 측면거리 실험의 Fig. 6에서 제시속도비가 3인 반면에 인지속도 비는 2.45임을 볼 수 있다. 즉 속도 차이를 인지하는 경우 0.82배 만큼 감소를 보임을 볼 수 있다.

수직성분 실험의 Fig. 11에서 속도인지에서 인지속도는 제시속도와 0.85의 기울기를 가진 선형관계로 표현됨을 볼 수 있다. 두 실험에서 제시속도와 인지속도는 약 0.8의 비례상수를 가지는 선형관계임을 알 수 있다. 또한 인지속도와 인자간의 관계는 모두 인자에 지수를 취한 형태이다.

본 연구에서는 위와 같은 관계를 고려하여, 식 (2)와 (5)를 이용하여 추출된 속도감 인자와 인지속도간의 관계를 표현할 수 있는 하나의 방정식

Table 3 Distance covered per a frame rate

텍스처 폭	텍스처 주기 A	초당 프레임수 (frames/se) c)	단위 프레임 시간당 주행거리 (m) B	단위 프레임시간당 재현주행거리 (m) B - A
0.25	0.5	22	0.631	0.131
0.5	1	24	0.579	0.579
1	2	24	0.579	0.579

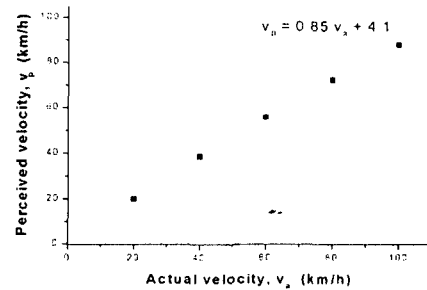


Fig. 11 Actual and perceived velocities

을 구성하였다. 구성된 가상 주행환경의 속도감 방정식은 다음과 같다.

$$v_p = 1.275 \frac{v_a}{y^{0.32} d^{0.176}} \quad (6)$$

5.2 속도감 향상방안

가상환경의 개발 시에 효과적인 속도감 향상을 위해 적용방법을 모색하여 보았다. 성분의 위치나 텍스처의 수정에 있어서는 주행환경에서 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 논문에서는 이러한 성분의 특성을 고려하기 위해 주행환경을 구조화하고 이들을 고려하여 수정 가능한 성분을 조사하여 속도감 성분을 정하고, 각각에 적절한 변화방법을 모색하였다.

본 논문에서 살펴본 속도감 향상방안에 대한 활용은 다음과 같다. 가로등, 나무의 경우에는 속

도감 변화 인자로서 간격을 조정하여 속도 변화를 크게 하고, 가능한 한 도로 가장자리에 배치하여 시점과의 거리를 작게 함으로써 변화의 정도를 크게 할 수 있다. 차선의 경우에는 교통관련 규정에서 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. 보도블럭의 경우에는 블럭의 크기를 조절하여 수직성분을 증대시키는 것이 적절하다.

6. 결론

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

1) 가상주행환경에서 측면거리와 텍스처 폭의 변화에 대한 실험을 수행하였다. 이를 통해 측면거리나 텍스처 폭이 증가함에 따라 속도감이 급격히 감소하며, 비선형 관계를 가지고 있음을 확인하였다.

2) 측면거리와 텍스처 폭의 속도감에 대한 영향을 정량화하기 위해 함수근사를 이용하여 역방정식으로 수식화하였다.

3) 각각의 인자의 영향을 분석하여 모든 인자들과 인지속도의 관계를 나타낸 가상 주행환경의 속도감 방정식을 구성하였다. 이는 하나의 식을 통해 인자들의 영향을 효과적으로 표현한다.

4) 속도감을 향상시키기 위해 분석된 인자와 관련된 환경 구성성분의 활용방안을 고찰하였다.

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

이용할 수 있는 감성평가시스템의 개발이 진행될 것이다.

후 기

본 연구는 98년도 과학재단 특정연구(97-0200-10-01-5)의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) 박영진, 권동수, 이두용, 이종원, 한순홍, 원광연외, "한국과학기술원 자전거 주행 시뮬레이터," 대한기계학회 동역학 및 제어부문 2000년도 동계 workshop, pp.1-9, 2000.
- 2) 이승준, 김영삼, 최동찬, 조준희, 이운성, 김정하, "차량 시스템 개발 및 운전자 인자 연구를 위한 실시간 차량 시뮬레이터의 개발," 한국자동차 공학회논문집, 제7권, 제7호, pp.250-257, 1999.
- 3) 윤석준, "항공기 시뮬레이터 기술의 현재," 전자공학회지, 제25권, 제2호, pp.48-57, 1988.
- 4) Y. Matsubara, J. R. Wilson, and M. Nagamachi, "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, 1998.
- 5) 정영훈, 엄성숙, 최경현, 손권, "감성공학적 접근을 위한 주행시뮬레이터 개발," '99 대한기계학회 춘계학술대회 논문집 제A권, pp.536-541, 1999.
- 6) H. K. Distler, K. R. Gegenfurtner, H. A. H. C. van Veen, and M. J. Hawken, "Velocity Perception in 3D Environments," European Conference on Visual Perception '96,

- <http://www.mpik-tueb.mpg.de/people/personal/mad/ecvp96/>, 1996.
- 7) H. K. Distler, K. R. Gegenfurtner, H. A. H. C. van Veen and M. J. Hawken, "Velocity Constancy in Virtual Reality Environments," Association for Research in Vision and Ophthalmology '97, <http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/bu/people/mad/arvo97/>, 1997.
 - 8) Division Ltd., UK, dV/Reality for UNIX Workstations User Guide, 1997.
 - 9) J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy and W. Lorensen, "Object-Oriented Modeling and Design", Prentice Hall International Inc, 1997.
 - 10) E. B. Goldstein, Sensation & Perception, Brooks/Cole, 1996.
 - 11) G. B. West, J. H. Brown and B. J. Enquist, "The Forth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms," Science, Vol. 284, No. 5420, pp.1677-1679, 1999.
 - 12) H. Matsumoto, Y. Minowa, Y. Nishitana, and Y. Fukui, "An Allometric Model for Predicting Blood Ethanol Elimination in Mammals," Biochemical Pharmacology, Vol. 57, No. 2, pp.219-223, 1999.
 - 13) 김우철, 김재주, 박병욱, 박성현, 송문섭, 이상열, 이영조, 전종우, 조진섭, 최신 개정판 통계학 개론, 영지문화사, 1999.
 - 14) 김용훈, 혁신된 색채메커니즘, 법문사, 1998.