

# 감성공학을 이용한 차량시뮬레이터의 현실감 개선

이 글에서는 부산대학교 기계공학부에서 보유하고 있는 차량시뮬레이터의 소개 및 탑승자가 느끼는 현실감 개선을 위해 감성공학적 수법을 개발 및 적용사례를 소개한다. **손 권, 유완석, 한명철, 이민철**

컴퓨터 그래픽으로 재생되는 가상 현실 환경과 운동감을 재현하여 주는 장치인 시뮬레이터는 새로운 개념의 제품 개발에 이용될 수 있으며, 위험하거나 위급한 상황 등을 안전하게 재현할 수 있다. 특히 자동차 산업에 있어서의 시뮬레이터의 파급효과는 제품개발의 단축, 개발비의 절감 등의 결과를 얻을 수 있어, 그 이용은 날로 증가하고 있다. 주행 시뮬레이터에 대한 연구는 국내외적으로 활발하게 진행

되어오고 있다. 대표적인 시뮬레이터로는 1980년대의 차량 시뮬레이터에 대한 전 세계적인 관심을 증폭시킨 Daimler-Benz 시뮬레이터와 미국에서 자동차산업 경쟁력을 강화하는 데 이바지하고 교통사고 연구에 효과적으로 이용할 수 있는 대규모의 운전 시뮬레이터(NADS) 등이 있다.

국내에서도 한국항공우주연구소에서 개발한 3자유도 비행시뮬레이터를 필두로 하여 자동차업계에서도 시뮬레이터에 대한 연

구가 활발히 이루어져 오고 있다. 그러나 이러한 주행 시뮬레이터에 대한 연구는 기술적인 측면에서의 시뮬레이터의 개발에 치우쳐 있다. 따라서 실제로 탑승자에게 전달된 운동모사 신호에 대한 적합성에 대한 평가에 관한 연구는 많지 않았다.

기존의 시뮬레이터 개발에 관한 많은 연구들이 기계적 성능 향상에 치우쳐 탑승자의 감성을 만족시키지 못하고 있는 실정이다. 이 글에서는 감성공학 수법을 그림 1

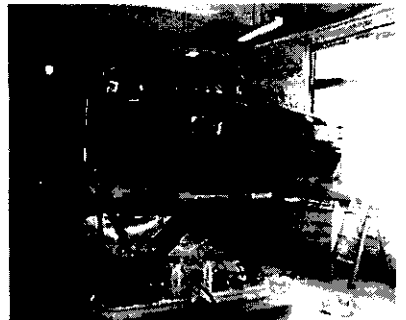


그림 1 부산대학교에서 설치 운전 중인 차량시뮬레이터

- 손 권/ 부산대학교 기계공학부, 교수/ e-mail : kson@pusan.ac.kr
- 유완석/ 부산대학교 기계공학부, 교수
- 한명철/ 부산대학교 기계공학부, 교수
- 이민철/ 부산대학교 기계공학부, 교수

과 같은 시뮬레이터에 적용함으로써 시뮬레이터 상에서 재현된 주행 상황에서 발생하는 인체감각 신호의 적합성을 향상시키는 방법에 대해 살펴보기로 한다.

### 부산대학교 시뮬레이터

그림 1은 부산대학교가 설계한 차량 시뮬레이터를 보여주고 있다. 부산대학교에서 개발된 시뮬

제어 힘 로딩 모듈은 운전자의 조작차량의 거동을 해석하여 주행 상황을 생성하는 부분이며, 운동 해석 모듈은 조작 입력에 따른 차량 거동을 계산한다. 시청각 재현 모듈은 주행 환경과 음향 정보를 담당하며, 운동 재현 모듈은 차량의 거동을 운동생성기를 통해 재현함으로써 운전자가 실제 운동을 체험하도록 한다.

플랫폼을 구동하기 위해서는

차량 사시 모델링이 필요하다.

동역학 해석 패키지인 ADAMS, DADS 등을 이용하면 주행 시에 일어나는 여러가지 상황(장애물통과, 차선변경, 가감속)에 대한 해석을 통해 차량 주행 데이터의 획득이 가능하다.

차량은 운동영역의 제한이 없지만 그 운동을 모사하는 운동시스템은 기구학적인 운동범위와 시스템의 동특성에 있어서 한계가 있으므로 완전한 운동재현이 어렵다. 그러므로 운동영역을 운동시스템의 물리적인 한계 내로 제한하고 운전자로부터 전달되는 명령 큐에 의한 결과를 인체의 감지영역 내로 유지시키는 워시아웃 알고리즘(washout algorithm)이 필요하다. 워시아웃 알고리즘은 저주파 필터와 고주파 필터로 구성되어 있으며, 동역학 해석으로부터 얻은 선형가속도와 각속도를 입력요소로 하여 워시아웃 알고리즘을 거쳐서 운동시스템이 위치와 자세를 얻는다.

다양 조작부 즉 조향핸들, 제동 페달, 가속페달 등의 출력이 차량 해석용 워크스테이션에 입력되고 이 정보를 이용해서 동역학 모델 시뮬레이션을 수행함으로써 차량 좌표계에서의 운동 값을 구한다. 또한 운동 재현기의 운동 범위 내에서 재현이 가능하도록 워시아웃 알고리즘을 이용해서 변환시키고 이러한 정보를 그래픽 및 음향 처리용 워크스테이션으로 전송해서 시각 및 음향 효과를 생성하고 프로젝터 및 스피커를 이용해서 재현한다.

유압작동기에 의해서 구동되는

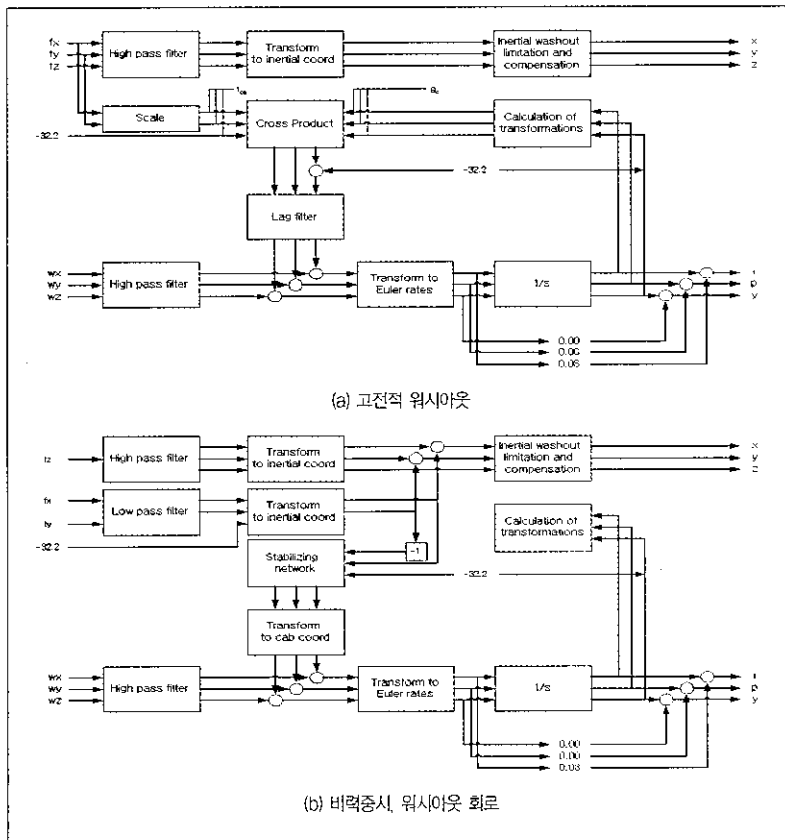


그림 2 종래의 워시아웃 알고리즘

레이터는 제어 힘 로딩, 운동해석, 시청각 재현, 운동재현 등 네 개의 모듈로 구성되며, 각 모듈은 통신 시스템에 의해 통합된다.

차량의 주행 해석 데이터가 필요하다. 동역학 기반의 차량 시뮬레이션을 구현하기 위해서는 현가장치와 조향장치를 중심으로 한

6자유도 운동재현기에서는 전용 제어기와 제어 알고리즘을 이용해서 차량의 운동에 해당하는 현실감 있는 운동을 재현한다. 구조적으로 높은 강성도와 안정성을 지니도록 최대부하 750 kg인 스텐다트 플랫폼 형태의 6자유도 운동재현기를 개발하였다.

재현할 주행 시나리오와 플랫폼의 운동 범위 등을 고려하여 역동역학 해석을 수행하고 이를 통해 운동재현기의 기구학적 인자와 각 유압 작동기가 생성해야 할 힘을 예측하여 유압구동회로 및 유압부품의 사양을 선정하여 제작하였다. 개발한 운동재현기가 실제 차량의 운동을 모사할 수 있는지에 대한 성능평가를 위해 목표 성능을 MIL-STD-1558의 사양을 참고로 해서 설정하고 성능평가를 수행하였다. 성능평가 결과 운동재현기의 운동영역은 회전(pitch)운동을 제외한 모든 방향에서 요구 성능 조건을 만족하였으며, 최대 속도는 병진 성분이 요구 성능에 다소 부족함이 있었지만 회전 각속도는 모두 만족하였다. 실제 차량의 운동을 모사하는 데 가장 중요한 인자는 가속도 성분이며, 성능평가를 통해서 가속도 조건은 모두 만족하므로 실제 구동에는 무리가 없을 것으로 판단하였다. 이와 같은 결과는 운동재현기의 구동원인 유압장치를 설계할 때 안전계수를 충분히 고려했고 비교적 응답 속도가 빠른 서보밸브(J076-104, Moog)를 사용함으로써 전체적으로 요구 성능 조건을 만족할 수 있었다.

### 개선된 워시아웃 알고리즘

일반적으로 비행기, 함, 차량의 실제 시스템 운동영역에 비해 그것들의 기초 설계, 성능 평가 및 운전 연습용으로 사용되는 시뮬레이터는 기구학적인 운동과 시스템 동특성에서 한계를 가진다.

동역학에서 구해지는 운동 큐(cue)가 신호 처리 없이 그대로 입력되면, 시뮬레이터가 작업공간을 벗어나는 경우가 발생하여 기계의 고장, 운전자의 사고 등의 위험성을 가진다. 이러한 공간상의 제한에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 시스템 및 동역학에서 얻어진 운동 큐를 시뮬레이터

의 제한된 공간상에서 구동 가능한 운동 큐로 신호 처리·변환해야 한다. 또한 시뮬레이터의 특성상 인간의 운동에 대한 감각 능력에 맞는 신호 처리가 필요하다. 인간의 운동에 대한 감각기관은 평형석(otolith organ)과 전정기관(vestibular organ)이며, 각각 병진가속도와 중력의 차이인 비력(specific force)과 각속도(angular velocity)를 감지한다. 이에 대한 인간의 감각 능력의 전달함수 특성은 각각의 기관에 대해서 고주파 성분이 많은 영향을 미치고, 또한 지속적인 비력에 대한 저주파 성분 역시 영향을 준다. 그러므로 신호처리에 있어 고

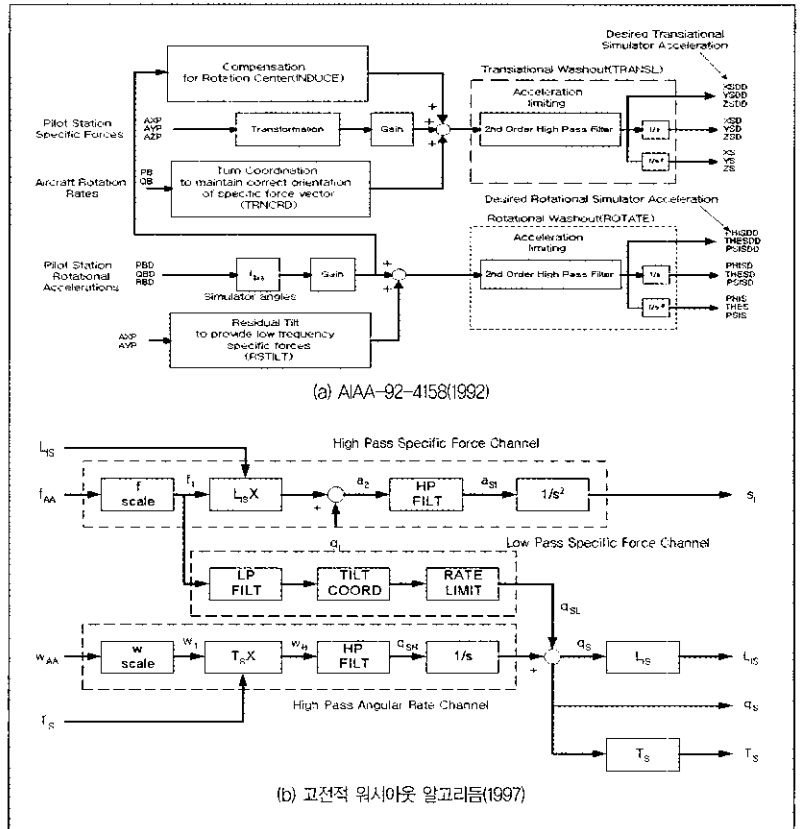


그림 3 개선된 워시아웃 알고리즘

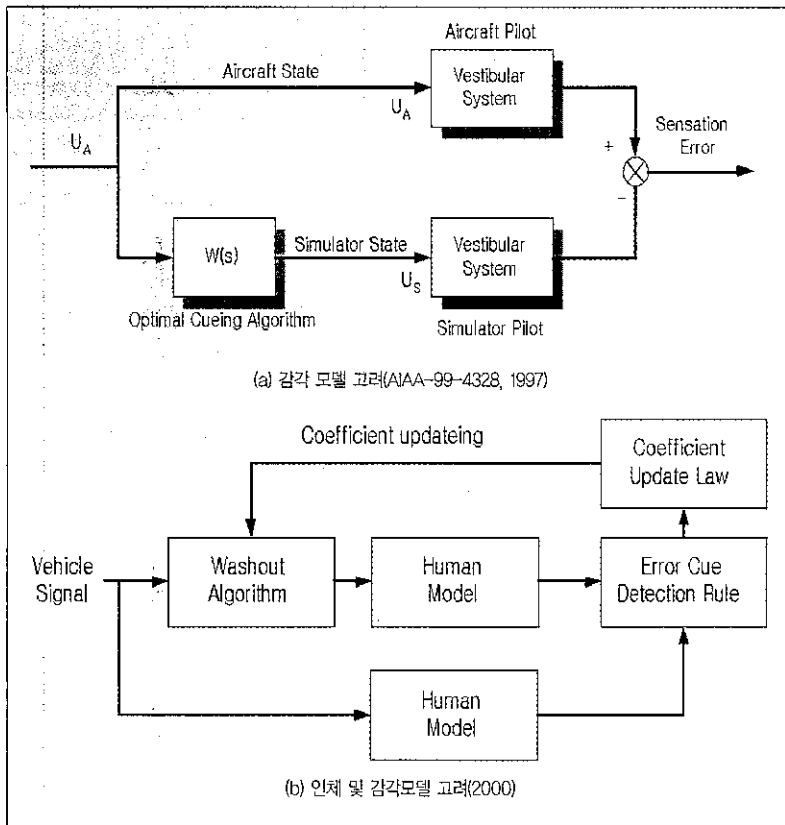


그림 4 최적 웨시아웃 알고리즘

주파 통과 필터와 저주파의 비력에 대한 경사조정 등이 필요하다. 이와 같이 인간이 느끼는 운동과 유사하게 신호 처리하여 운동 큐를 재생하는 알고리즘을 웨시아웃 알고리즘이라 한다. 웨시아웃 알고리즘은 크게 적응 웨시아웃, 고전적인 웨시아웃과 최적 알고리즘으로 나뉠 수 있다.

적응 웨시아웃 알고리즘은 일반적으로, 2차의 필터로 구성되며, 고전적인 방법에서는 감각기관인 평형석과 전정기관의 비력 및 각속도 전달함수를 이용하여 필터의 고유진동수와 감쇠 계수를 구한다. 그림 2는 1971년에 NASA에서 제시된 두 가지 종류의 적응 웨시아웃 알고리즘을 나타낸다. 비력의 고주파 통과 필

터, 각속도의 고주파 통과 필터, 경사 조정 등으로 이루어진 이 알고리즘은 2차 필터로 구성되며, 감쇠계수, 고유 진동수, 스케일링 계인 등은 감성평가를 통한 분석

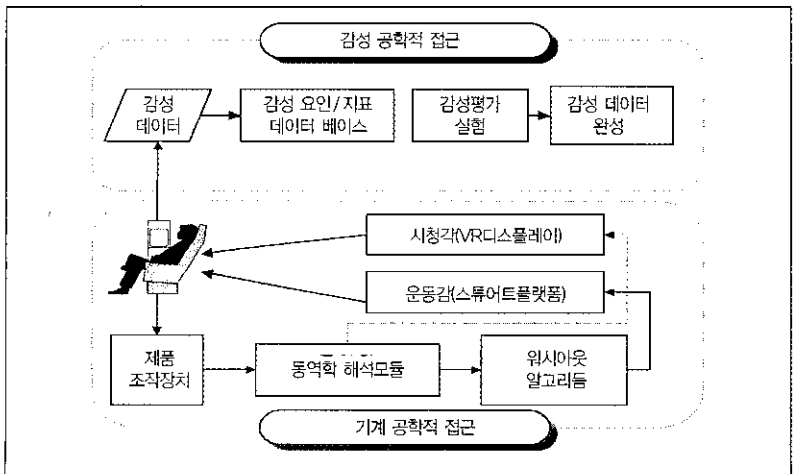


그림 5 감성공학적 접근

으로 구해진다. 그림 3은 구조 및 방법에서 개선된 적응 알고리즘들을 나타내는데, 전달함수를 상태 전이 행렬로 대체하여 계산시간을 줄이려고 시도하였다.

최적 알고리즘(optimal algorithm)은 교차의 선형 시스템으로 구성되고 네 가지 모드 [길이방향, 측면방향, 히브(heave), 요(yaw)]를 가지며, 각각의 모드에 대해 최적제어의 기법을 적용하여 생성된다. 그림 4는 네 가지 모드 각각에 대한 감각기관의 모델이 고려된 최적 알고리즘이다. 감각기관 및 인체의 선형 상태 방정식과 최적제어 기법을 이용한 이들 알고리즘은 한번의 시도로 생성이 가능하나, 알고리즘의 특성상 교차의 전달함수로 표현된다.

### 감성공학의 수법들

감성공학은 인간이 갖는 감성이나 이미지를 구체적인 제품으로 구현하기 위해, 감성어휘와 설

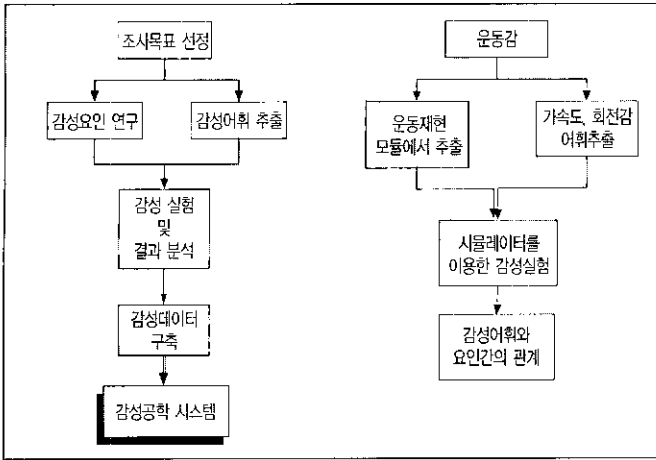


그림 6 감성공학의 시뮬레이터 적용

계변수간의 관계를 정의하는 기술이다. 이 기술은 생산자 중심의 제품 개발이 갖는 한계를 극복하고, 소비자 중심의 제품을 개발하기 위해 Nagamachi에 의해 개발되었다. 현재 개발된 감성공학 수법은 기능전개형, 감성공학시스템, 감성공학 모델링, 혼합형 감성공학, 가상현신행 감성공학, 원격 사용자 감성평가 등이 있다.

기능전개형은 계획된 목표를 트리(tree) 구조의 물리적 디자인 요소들로 하고 이것의 감성 카테고리를 이용하는 수법이다. 일본 자동차 메이커 Mazda는 Miata라는 새로운 스포츠카를 개발하는데 감성공학을 이용했다.

감성공학 시스템은 컴퓨터 응용 시스템 (computer-aided system)을 감성공학에 이용하여 소비자의 감성과 이미지를 물리적 디자인 요소로 변환하는 것을 지원한다. 감성공학 시스템은 감성 데이터 베이스, 이미지 데이터 베이스, 룰 베이스, 형상 데이터 베이스로 구성된다. 그림 5에는 이러한 감성공학적 수법을 기계공학적 접근에 통합하는 예를 나타내고 있다.

베이스 대신에 사용된다. 이 기술에서 수학적 모델은 마치 룰 베이스 같은 로직의 일종으로 작동한다. 일본 전자 메이커 Sanyo는 감성 퍼지 로직을 칼라 프린터의 인공지능에 적용하였다.

혼합형 감성공학은 디자이너가 제품에 대한 자신의 디자인 이미지를 결정하고 감성공학 시스템을 도움을 받아 제품의 디자인을 결정하는 순방향 감성공학과, 그들의 디자인이 감성에 얼마나 맞는지를 평가하는 역방향 감성공학으로 구성된다.

가상현신행 감성공학은 감성공학과 가상현실이 조합된 새 기술로, 새 제품을 포함하는 감성 환경이 시스템에 구축되고 고객은 새 제품의 가상공간으로 초대된다. 가상공간과 제품은 감성공학에 의해 결정되고 고객은 가상공간 안에서 새 제품을 시험할 수 있다.

원격 사용자 감성평가는 감성 디자인 시스템의 새 시스템으로 디자이너를 각각의 원격사용자에서 분리시키고 감성 데이터베이스를 사용하는 인공지능형 인터넷을 통해 새 디자인을 만든다.

기존의 감성공학 수법을 시뮬

레이터에 적용하는 데에는 몇 가지 문제점이 있다. 먼저 동적인 상태를 표현하는 어휘가 국어의 경우 대부분 의성어와 의태어이므로 감성어휘 수집 시 동적인 상태를 표현하는 어휘의 선택이 어렵다. 기능전개형 수법은 전문가가 직접 제품의 개념을 세분화시켜 전개하므로 그들의 경험에 의존한다. 그러나 시뮬레이터에서 주관적인 개념을 전개하는데는 많은 한계가 있다. 감성공학 시스템은 제시 가능한 많은 제품에 대한 실험을 통해 감성요인을 찾아내지만 시뮬레이터에서는 많은 제품을 제시하기 어렵다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 동적인 시스템에 적용할 수 있는 감성공학 수법이 필요하다.

이 글에서 제시하는 시뮬레이터를 위한 감성공학 수법에서는 그림 6과 같이 목표감성을 차량 주행시의 운동감으로 설정하고, 운동감을 속도감, 가속도감, 회전감으로 세분화, 구조화하여, 차량 주행시에 인간이 가지는 감성 중 회전감을 각 속도감과 횡가속도감으로 분류한다. 또한 시뮬레이터 탑승자의 감성을 추출하기 위해 감성 어휘를 각 속도감과 횡가속도감에 대해 추출하여 1차 감성어휘로 한다. 시뮬레이터의 시스템 모듈 중 탑승자의 감성에 영향을 미칠 수 있는 요인을 분석하여 현실감 있는 운동을 모사할 수 있는 요인을 감성요인으로 추출한다. 예를 들어 운동 재현 모듈 중 차량의 동역학 해석결과를 플랫폼의 운동 큐로 여과시켜 주는 알고리즘의 차단주파수를 감

성요인으로 선정할 수 있다.

인간이 받는 운동감과 운동재현 모듈 내의 설계변수인 감성요인과의 연관성을 알아내기 위해 운동재현기의 감성실험을 실시하여 선정된 감성요인과 감성어휘와의 상관 데이터를 획득하고, 통계분석을 통해 어휘, 아이템, 카테고리 등의 감성상관 데이터를 감성 데이터 베이스화한다.

### 감성공학 평가

시뮬레이터의 감성공학적 평가를 위하여 기존의 여러가지 감성공학 연구를 토대로 하여 동적인 시스템에 맞는 감성공학 접근법이 모색되고 있다. 기존의 감성공학 수법들 중 다변량 해석형 수법, 기능 전개형 수법, 그리고 가상현실 감성공학 등이 이용되고 있다.

주행시뮬레이터의 운동재현기로부터 얻을 수 있는 운동감을 세부적으로 나누어 보면 가속도감과 회전감이다. 감성공학의 적용을 위해 가속도감과 회전감에 해당하는 어휘들이 필요하며, 이러한 감성어휘들은 여러 경로를 통해 수집되고 대응분석을 통하여 추출된 어휘들의 타당성이 검증된다.

운동재현 모듈에서는 여러가지 요소들이 각각 중요한 역할을 담당한다. 그 중 차량의 동역학 해석결과를 플랫폼의 운동 큐로 여과시켜주는 위시아

웃 알고리즘이 중요한 역할을 한다. 위시아웃 알고리즘에서 차단 주파수는 탑승자에게 영향을 주는 감성 요인으로서 운동재현 성능에 직접적인 관계가 있는 것으로 알려져 왔다. 또한 운동시스템의 운동영역과 탑승자에게 제공되는 큐에 가장 큰 영향을 미친다. 시뮬레이터를 위한 감성공학 수법은 그림 7과 같이 적용된다.

감성공학 실험은 개발된 차량 시뮬레이터의 운전석에서 바라본 주행상황이 빔프로젝터를 통하여 시각으로 피실험자에게 제시되며, 6자유도를 가진 운동 플랫폼이 주행상황에 맞게 기동됨으로써 운동감이 전달된다. 주행시뮬레이터를 탑승한 피실험자는 여러가지의 주행상황을 경험한 뒤, 설문지에 기재된 감성어휘와 감성요인과의 연관성에 대하여 기입한다.

설문결과로 얻은 데이터는 분산분석을 통하여 운동감 중 가속도감을 나타내는 어휘와 범주별 차단주파수와와의 관계를 알아보는 데 사용된다. 결과로서 선정된 차단주파수에 민감하게 반응하는

감성어휘들이 선정된다. 선정된 감성어휘들은 시뮬레이터 탑승자의 운동감을 나타내는 척도로 사용되어 보다 현실에 가까운 운동모사에 적절한 설계변수(차단주파수)선정에 사용된다.

### 맺음말

차량 주행 시뮬레이터에서 탑승자에게 제공되는 운동감을 충실히 재현하기 하기 위해 감성공학 수법의 적용이 가능하다. 이를 위해서는 동적 시스템인 시뮬레이터에 적용할 수 있는 감성공학 수법이 필요하다. 감성공학 수법을 적용하여 감성 요인과 범주를 정하고, 감성실험을 통해 피실험자가 감성요인에 대해 느끼는 감성을 감성어휘로 평가할 수 있으며, 운전자의 감성과 감성요인 간의 관계를 정의할 수 있다.

제시한 감성공학적 접근방법으로 보다 많은 감성요인을 추출하는 것이 향후의 연구과제이다. 이를 토대로 광범위한 감성실험을 토대로 시뮬레이터에 대한 감성평

가 데이터를 확보할 수 있을 것이며, 더 나아가 시뮬레이터용 감성평가 전문가 시스템을 구축할 수 있을 것이다. 시뮬레이터용 감성평가 전문가 시스템은 운전자와 시뮬레이터가 일체가 되는 시스템으로 발전할 것이다.

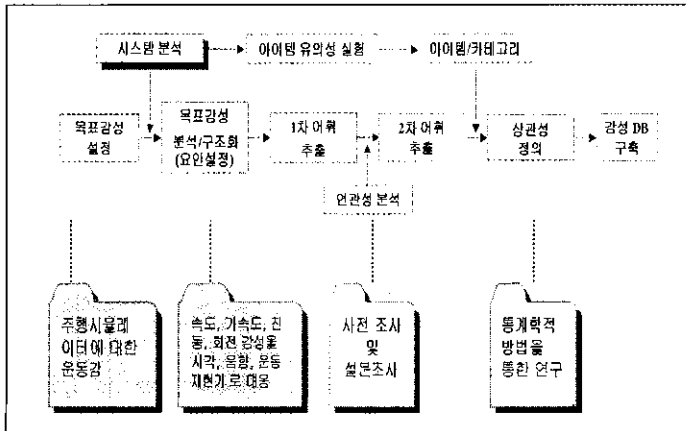


그림 7 감성공학의 과정