

**디자인 초기단계에서의 3차원 가상인간(Virtual Human)
활용에 관한 연구**

- 지게차 레이아웃 결정 단계를 중심으로

A Study on the Application of 3D Virtual Human in the prior stage of Design Works

- With the emphasis on the determining design layout of a forklift truck

김 관 명 (Kim, KwanMyung)

원광대학교 산업디자인학과 강사

목차

1. 서론
 - 1.1. 연구 목적 및 필요성
 - 1.2. 연구 범위
2. 기존의 초기 디자인프로세스의 문제점과 개선방향
 - 2.1. 기존의 초기 디자인 프로세스
 - 2.2. 기존의 초기디자인 프로세스이 문제점
 - 2.3. 가상환경의 적용 가능성
3. 가상환경과 3차원 가상인체에 관한 현황
 - 3.1. 디자인프로세스에서 활용되는 가상환경
 - 3.2. 해외의 사례
 - 3.3. 국내의 사례
4. 3차원 가상인체를 활용한 디자인 작업
 - 4.1. 지게차 디자인의 사례
 - 4.2. 초기디자인프로스의 제안
5. 결론 및 향후 연구과제
 - 5.1. 결론
 - 5.2. 향후 연구과제

참고문헌

요약

최근 들어 컴퓨터 환경의 비약적인 발전에 따라 디자인 과정도 크게 변화하고 있다. 자동차나 지게차 등과 같은 운송기기의 디자인이나, 작업장의 디자인의 경우 초기 디자인 과정 중에서 레이아웃을 결정하고 인체 공학적인 데이터를 추출함에 있어서 설문이나 2D의 라인드로잉에 의존해 오고 있다. 이러한 방법의 문제점은 신뢰성이 많이 떨어질 뿐만 아니라 2D 마네킨을 사용하므로써 실제 사각으로 움직이는 인간 몸체의 움직임이 고려되지 못하며, 움직임 범위가 확정된다 하더라도 그 범위내에서의 움직임에 대한 인체의 피로도나 안락도 정도에 관해서는 전혀 측정할 수가 없었다. 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 비약적인 발전은 일반 생활 환경 뿐 아니라 디자인환경에서도 가상환경 (Virtual Environment) 이라는 큰 흐름을 가져 왔다. 특히 기존의 컴퓨터를 응용한 디자인에서는 Visualization이나, CAD&CAM을 통한 데이터의 교환이 주된 관심사였으나, 최근 들어 빠르게 소개되고 있는 가상환경에서는 디자인초기단계에서 디자인 레이아웃 결정 뿐 아니라 사용자가 느끼게 되는 미세한 감각까지도 데이터화할 수 있게되었다. 본 연구에서는 이와 같이 디자인에서 사용할 수 있는 가상환경의 일반적인 특성을 밝히고, 초기 디자인 과정에서 디지털화된 환경의 이용가능성을 모색하였다. 이러한 연구는 실제 지게차 디자인의 사례를 통하여 살펴보았으며 이 사례연구를 통하여 디자이너가 활용할 수 있는 가능성과 문제점이 무엇인지 밝혔다. 마지막으로 3차원 가상인간의 적용을 통해 초기 디자인 단계에서 새롭게 적용될 수 있는 디지털화 디자인 작업의 잇점에 대하여 논의하였다.

(ABSTRACT)

With the breakthrough development of computing environment, the design phases have been changed a lot nowadays. In the case of prior phases of transportation design such as cars and forklift-trucks design, designers have depended on surveys and 2D line drawings for fixing a product layout and extracting ergonomic data. In this method, designers don't meet only the problem of reliability of measuring data but also, the problems of unknown situation of operators' fatigue and comfort in work situation. In these methods, it has much less creditability to have a 2D human model to check the real world motion due to the limitation of the 2 Dimension. Even though with a 2D human model, perfect layout is determined, it is still difficult to measure about comfort and fatigue for a user because it measuring and analysing method is static. The development of computer hardware and software have not only changed the flow in the social-wide range but also immerged design into Virtual Environment. In conventional design method, visualization and data transferring have been the main issues but, in virtual environment, determining of design layout and analysing ergonomic data

with sophisticated feeling about comfort and fatigue are possible by using 3D virtual human. In this study, the general characteristics of virtual environment was discussed and the possibility of digital process of design was treated. For these studies, layout design for forklift-trucks was tested. Eventually, the merits of each design phase applied virtual environment are discussed.

1. 서론

1-1. 연구목적 및 필요성

최근 들어 컴퓨터 기술의 급속한 발전으로 디자인과 엔지니어링 단계에서 가상제품디자인(Virtual Product Design ; VPD)의 활용에 관한 연구와 실제 적용이 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 컴퓨터 하드웨어의 비약적인 발전에 힘입어 디자인 초기단계에서부터 실제와 같은 분석을 정확히 해 내기 위해 가상현실(Virtual Reality)을 이용한 디자인 및 엔지니어링에 관한 연구가 점점 활발해 지고 있다. 또한 디자인 실체화 단계에서는 이전의 목업 작업의 고비용 비효율의 한계를 극복한 가상제작법(Virtual Prototyping) 등이 선보이고 있다.

이러한 경향은 사회 전반적으로 일어나고 있으며 특히 디자인과 엔지니어링의 거의 모든 단계에서 발생하고 있다. 결과적으로 점차 디자인 작업과정도 디지털(Digital)화 해 가고 있다고 볼 수 있다. 가상현실은 가공의 것을 마치 현실적인 것처럼 만들 수 있는데, 디자인 작업에 있어서의 활용도 점차 그 시도가 증가하고 있는 추세이다. 특히 기존의 방식에서 벗어나 새롭게 컴퓨터의 도움을 받는 방식에서도 기존의 2차원 그림으로 3차원의 형태를 표현하고 이해하며 커뮤니케이션 했던 것처럼, 디자이너들이 컴퓨터를 이용한 도구의 규모와 감(Scale and Sence)에 적용되면 기존의 방식보다도 훨씬 빠르고 효율적이며 정확하게 작업 할 수 있을 것이다.

많은 경우 실제 디자인 작업의 한계는 3차원의 형태를 갖고 있는 제품을 2차원(스케치나 렌더링, 도면)으로 표현해야 하는데 있었다고 볼 수 있다. 스케치 같이 자유로운 발상이 필요한 단계에서는 디자이너의 손에 의존해서 하는 것이 더욱 효과적이겠지만 자동차 운전석이나 작업장과 같이 디자인 레이아웃 단계에서 정량적이고 합리적인 데이터를 필요로 하는 부분에 대해서는 컴퓨터의 도움을 받는 것이 매우 효과적이라 볼 수 있다.

디자인프로세스 상에서 특히 사용자의 사용성이나 안전성을 미리 고려해야 하는 디자인의 경우에는 디자인초기단계에서 정확한 분석을 통한 데이터를 가지고 접근해야 한다. 거의 모든 제품이 여러규격과 표준을 기준을 사양이 결정되는 경우가 많고, 자동차나 중장비의 경우는 국제규격(ISO), 미국자동차공학회(SAE), 일본공업표준(JIS), 독일공업표준(DIN) 등의 규격을 따라야 함은 물론 엄격한 심사와 테스트에 합격하여야만 수출을 할 수 있게 되어 있다. 실제 디자인에 있어서 이러한 기준은 엔지니어링 레이아웃 단계나 디자인 초기의 레이아웃

단계에서 결정되기 때문에 이 과정에서 정확한 분석과 데이터를 통한 검증이 필수적임은 물론 사용자의 편의성과 사용성(Usability), 쾌적함 등도 함께 측정 및 결정되어야 할 것이다. 이러한 단계에서 기존의 방식은 주로 설문조사와, 2차원 라인 드로잉에 의존한 경우가 대부분이었으나, 점차 이러한 작업이 3D 컴퓨터 시스템의 도움을 받아 더욱 정교하고 효율적인 방법이 소개되고 있다.

이렇게 디자인작업의 각 단계에서 활용할 수 있는 다양한 컴퓨터도구가 제공됨으로서 디자인프로세스의 실제 적용에 있어서도 이에 맞는 방법으로 변화해 가고 있다. 특히 자동차 및 중장비 또는 작업장 디자인의 경우 디자인 초기단계에 디자이너는 정확한 분석을 통해서 데이터를 도출하고 이것을 바탕으로 레이아웃 작업 및 디자인 초기 작업을 해 나가게 되는데, 기존 경우의 2D 도면이나 Mockup에 의존하던 방식은 비용과 시간도 많이 들 뿐 아니라 정확도도 많이 떨어져 적극적으로 각 단계의 디지털화가 필요한 부분이다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구에서는 지게차 디자인 레이아웃을 결정하는 과정을 중심으로 초기 디자인 단계에서 디자이너가 3차원 가상인체(3D Virtual Human)를 활용할 수 있는 작업 범위를 알아보고 이를 통해 초기 디자인 작업의 가상 환경 적용의 잇점을 찾아보고자 한다.

연구 목적을 요약하면 다음과 같다

첫째, 디자인 과정에서의 가상환경(Virtual Environment)의 일반적인 특성을 밝히고, 디자인 초기 단계의 디지털화 된 작업의 가능성을 모색한다.

둘째, 지게차 디자인의 초기 디자인 레이아웃 과정에서 3차원 가상인간의 적용 사례를 살펴보고 디자이너가 활용할 수 있는 가능성과 문제점이 무엇인지 찾아낸다.

셋째, 3차원 가상인간의 적용을 통해 디자인 초기 단계에서 디자이너가 얻을 수 있는 잇점과 이를 통해 차후 발전 방향을 모색한다.

1.2 연구범위

본 연구의 범위는 디자인 초기단계에 국한하며, 이와 관련하여 디자인 초기 단계에서 나타나고 있는 가상환경에 대해 살펴보고, 기존의 프로세스와 사례를 바탕으로 한 새롭게 디지털화된 디자인 과정을 살펴보는 것을 범위로 한다. 각각은 다음과 같다.

가상환경 : 디자인 초기과정에서 활용할 수 있는 가상환경의 동향을 살펴보고, 디자인 레이아웃 및 인체공학적인 분석이 필요한 부분에서 활용할 수 있는 3차원 가상인체의 일반적인 특성과 디자인에서의 활용방안에 대해 살펴보는 것을 범위로 한다.

기존의 프로세스 : 자동차, 지게차와 같이 인간의 움직임 공간 자체가 디자인이 필요한 운반기기 제품에 대한 기존의 초기 디자인프로세스를 살펴보고, 디자인 레이아웃 및, 인간공학적인 데이터 적용시의 문제점을 밝혀 가상환경에 따른 3차원 가상인체를 활용한 새로운 적용 가능성을 모색해 본다.

가상환경의 활용 사례 : 지게차의 사례 연구를 통해 디자인 초기 과정에서 발생하는 문제점을 극복할 수 있는 작업방법과의 활용성을 살펴본다.

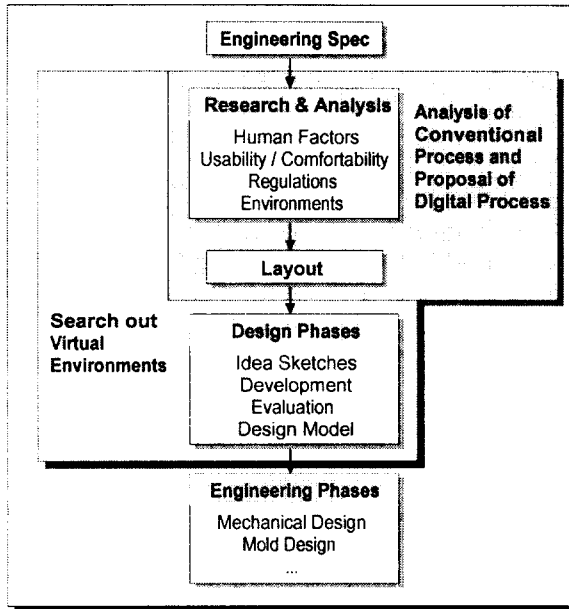


그림 1. 연구범위

2. 디자인 초기 단계의 문제점과 개선방향

2.1. 기존의 디자인 초기 단계의 레이아웃 과정

디자인 단계는 각 단계마다 시작하고 끝나는 시점이 명확히 정해 진 것이 아니고, 각 단계가 서로 겹치거나 단계의 순서가 바뀌기도 하지만, 일반적으로 보면 자동차나 기계차 등과 같은 운반기기 디자인에 있어서 본격적으로 아이디어 스케치를 시작하게 되는 단계 이전의 디자인 과정은 주로 디자인을 위한 분석과 디자인 레이아웃 작업으로 이루어진다고 볼 수 있다.

디자인이 시작되는 시점에서 엔지니어링 부문에서 엔지니어링 스펙이 결정돼서 디자인 부문으로 이관되게 되는데 엔지니어링 스펙에는 각종 규격과 엔지니어링 레이아웃이 포함되게 된다. 엔지니어링 레이아웃의 경우 기계적인 부분은 디자이너가 크게 바꾸기 힘든 경우가 많으나, 모델자체를 바꾸는 디자인의 경우는 각 부품의 레이아웃도 디자인과정에서 결정되는 레이아웃에 의해 조정될 수 있다.

일단 엔지니어링 부문에서 받은 엔지니어링 스펙을 토대로 디자이너는 디자인 레이아웃을 잡게 된다. 이 레이아웃에는 운전자의 위치(Location)과 이에 따른 각 디자인품들의 위치가 포함된다. 운전자의 위치는 운전과 관련하여 운전대나 각종 조작장치들을 운전의 인간공학적 측면을 고려하여 운전편의성 및 안전성 등을 고려하여 결정되게 된다. 대부분의 경우 국제규격 등에 제시된 범위 내에서 결정되게 된다.

일반적으로 국제규격에는 몇 가지의 정해진 인체에 관한 데이터를 통하여 제품생산업체들이 지켜야 하는 최소한의 규정에 관하여 정의하고 있으며, 이러한 조건들은 정면, 평면, 측면으로 구성된 2차원 표기방식으로 표현된다.

1995년 SAE Handbook Volume 3의 'On-Highway Vehicles and Off-Highway Machinery'을 보면 Off-Road Work Machines의 Control Location에 대한 일반적인 조건은 다음과

같이 정의하고 있다.

1. 의자 등받이는 수직에서 10도로 하며, 폭은 500mm로 한다.
2. 의자의 전후 움직임 조정간격은 150mm로 하며, 작은 운전자는 가장 앞으로 조정하고, 큰 운전자의 경우 가장 뒤쪽으로 조정한 위치로 의자의 위치를 잡는다.
3. 큰 운전자와 작은 운전자의 위치에 대한 의자의 수직 조정 위치는 운전자 개인의 인체측정학적인 변화량에 따른다. 즉 다리가 길고, 팔이 짧은 사람의 경우, 허리가 두껍고 다리가 짧은 경우 등..
4. 큰 사람과 작은 사람은 아래 표와 같이 인체의 피벗 치수에 의해 결정 된다.
등등..

Fig. 4 Ref.	Body Elements	Dimension in mm	
		Large Operator	Small Operator
SH	shoulder-hip	480	396
HK	Hip-knee	452	372
KA	Knee-ankle	445	367
AA'	Ankle-shoe sole	119	98
A'P	ankle-pedal (When A ₁ = 90 deg)	150	124
SE	Shoulder-elbow	300	247
EW	Elbow-wrist	267	220
EHg	Elbow-hand grasp	394	325
A'T	Ankle-foe (When A ₁ = 90 deg)	243	200
H ₁ H ₂	Hip-hip (lateral)	185	152
S ₁ S ₂	Shoulder-shoulder (Lateral)	376	310

표 1. Body Pivot Dimension (1995 SAE Handbook Vol.3)

이렇게 인체에 관한 기본 데이터가 결정 되게 되면 이를 토대로한 2D 인체 모형[Human Model]을 만들어서 2D Layout을 잡기 위한 Line Drawing을 실시하거나, 2D CAD를 이용하여 Side, Top, Front에서 인체 모형의 위치를 결정하게 된다. 이때 디자이너가 참고로 하게 되는 데이터는 엔지니어링 부문에서 받은 엔지니어링 스펙과 레이아웃, 그리고 국제 규격이 된다. 디자이너가 CAD를 사용하면서도 레이아웃 작업에서 2D CAD를 사용하는 이유는 디자이너가 참고해야 하는 데이터들이 거의 대부분 Side, Top, Front의 형태로 표현되는 2D 데이터들이기 때문이 거의 모든 규격(Regulation)들도 2D로 상태로 표현 되고 있다.

엔지니어링 레이아웃에서는 움직일 수 없는 주요 부품이나 기계적인 위치들이 결정된다. 이것을 기본 위치로 하여 디자이너는 운전자가 위치 및 조작 위치를 결정하게 된다.

국제규격에 의해 정의되는 내용은 SIP(Seat Index Point)을 중심으로 운전자가 운전 조작시 사용하게 되는 팔과 다리의 위치에 관하여 정의하고 있는데, 그 범위는 Zone of Comfort, Zone of Reach, Hand and Foot Control Location Zones들로 구성되며 이들의 정의는 다음과 같다.

. Zones of Comfort : 일차적 손과 발의 조작을 해서 선회되

는 조작위치 영역. 큰 운전자와 작은 운전자 모두 이 영역에서 조작을 쉽고 편리하게 할 수 있다.

. Zones of Reach : 이차적인 손과 발의 조작을 위한 조작위치 영역. 큰 운전자와 작은 운전자 모두 앉은 자세에서 조작 위치에 닿아야 하나, 운전자는 각 방향으로 돌거나, 기울여 조작할 수 있다.

. Control Location : SIP로부터 결정되는 조작 위치.

이와 같이 인체에 관하여 측정 데이터로 사용할 큰 사람과 작은 사람의 치수가 정해지고, 각 인체모델이 놓여야 하는 상황이 결정됨에 따라 디자이너는 적용해야 하는 제품의 공간에

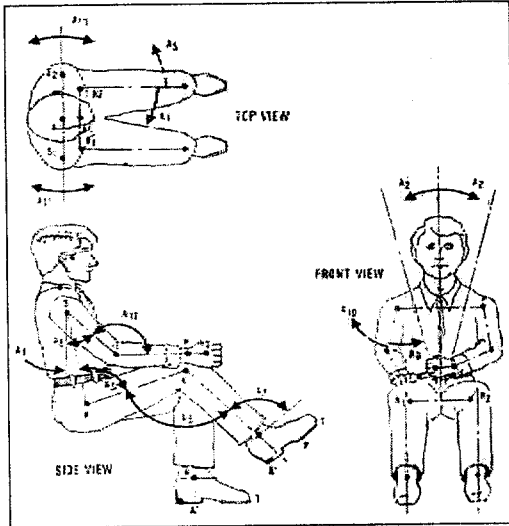


그림 2. Schematic of Body Pivot Dimension Nomenclature (1995 SAE Handbook Vol. 3, 40.424)

국제규격에서 정의하고 있는 인체모델을 위치시키고 인체모델의 피봇을 기준으로 인체모델의 움직임이면서 인체모델의 팔과 다리가 국제규격에서 정한 위치에 있도록 조정하며 이 위치에 조작 장치들이 배치되도록 디자인 레이아웃을 잡게 된다.

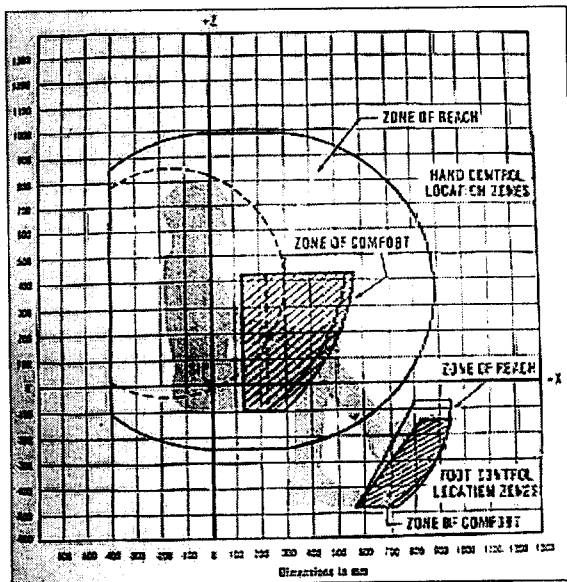


그림 3. 국제규격에서 정한 Zone에 따라 위치시키는 2D 인체 모델 (1995 SAE Handbook Vol. 3, 40.421)

2.2. 기존의 디자인 초기 단계의 문제점

앞서 기존 디자인 초기단계에서 국제 규격에 맞추어 분석 및 레이아웃 작업을 하는 과정을 알아보았는데, 이 과정은 전적으로 2D 인체 모형에 의존하는 작업이다. 디자이너는 일대일의 3면도를 라인으로 그려 놓고 그 위에 SAE나 DIN등에서 정한 2D 인체 모형을 가지고 작업을 하거나, 2D CAD 상에 국제규격에서 정한 인체모형을 그려 놓고 레이아웃 작업을 하게 된다.

2D 작업에서 극복하기 힘든 문제는 무엇보다도 3차원으로 움직이는 인체에 대한 정확한 데이터와 감을 갖을 수 없다는데 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 시야에 관한 데이터를 측정할 때의 경우에도 Side, Top, Front 3면에서 정확하게 시야선을 찾지 못하면 수 mm안팎으로 미묘한 영향을 미치는 시야의 변화점을 정확히 찾아내기란 매우 어려운 작업이다. 더군다나 제품면이 곡면을 이루는 경우는 아무리 능숙한 디자이너라도 3면도에 모든 면을 일정한 간격으로 곡면을 따라서 Section Line을 그리기는 매우 어렵고 부정확한 작업이 된다. 지게차와 중장비의 경우는 안전과 직결되기 때문에 시야범위가 규격으로 정해져 있는 경우가 많은데, 2D로써는 정확한 범위를 산출하기가 어려운 점이 있다.

이러한 문제와 함께 아무리 2D 인체 모형을 정확히 위치시켰다 하더라도 그렇게 위치시킨 자세에서 실제 운전자가 받는 피로도나 안락감에 대해서는 전혀 알 수가 없게 된다. 손과 발이 모두 정해진 영역안에 있다 하더라도 실제로 불안정한 자세가 나오는 경우가 있을 수도 있다.

그리고, 기존의 2D 인체 모형의 경우 대규모의 사람을 표본 추출하여 신체의 각 부위를 측정된 결과로 만들어 졌다. 그다음 이렇게 측정된 각 부위의 Percentiles이 계산되고, 다시 이들을 제 조합하여 규격화된 하나의 인체 모델이 만들어 지게 되었다. 그렇기 때문에 95%tile 인체모형의 경우 신체의 모든 부위가 95%tile로 이루어져 있다. 하지만 실제 인간의 경우 큰사람의 경우는 다리가 매우 긴 반면 상대적으로 허리위쪽은 짧은 것으로 조사되고 있다. 이러한 관점에서 기존의 2D 인체 모형이 갖는 %tile을 적용할 때 신체 각 부위에 대하여서는 정확하다고 말할 수 없게 된다는 문제가 있다.

이러한 세 가지의 커다란 문제와 함께, 일반적으로 국제 규격에서 말해주지 못하는 인종간의 인체측정학적 크기 같은 것들에 대해서는 별도로 적용을 해야 한다. 또 2D 인체모형에서는 인체의 움직임을 규명하기 위해서 몇 개의 정해진 관절과 피봇만을 사용하는데, 실제 운전자가 의자에 앉아 작업하는 과정에서만 보더라도 척추 뼈(Spinal Column)의 모든 부분이 위치를 바꾸게 되기 때문에 2D 인체 모형에서는 이러한 부분은 만족시킬 수가 없게 된다.

결과적으로 디자인 레이아웃을 잡고, 인체공학적인 데이터를 분석하는 과정에서 겪는 대부분의 문제는 2D 인체모형의 한계에서 온다고 볼 수 있다.

2.3. 가상환경의 적용 가능성

운송기거나 작업장 디자인의 디자인작업과정의 초기단계에서는 인체공학적인 고려가 다른 디자인보다 많이 요구된다. 그동안 이러한 작업을 위해서는 2D 인체모형이 그 역할을 해

왔으며, 2D 인체모형은 디자이너로 하여금 2D 레이아웃을 잡는데 기여해 왔다고 볼 수 있다. 근래 들어 3D CAD 시스템의 비약적인 발전으로 디자인 각 단계의 작업방식도 크게 변화한 반면 디자인 초기의 작업에 절대적으로 중요한 디자인 레이아웃 작업 및 분석, 검증에 관한 작업은 아직도 2D로 머물러 있다. 3차원의 작업공간을 2차원의 인체모형으로 측정하고 분석하기에는 전술한 바와 같은 문제점이 따르게 된다. 따라서 이러한 2차원의 인체모형도 3차원 환경에 따라 새롭게 발전되어야 한다.

3. 가상환경과 3차원 가상인체에 관한 현황

3.1. 디자인프로세스에서 활용되는 가상환경

디자인 초기 단계에서 디자이너가 쓸 수 있는 가상환경으로는 가상제품디자인 (Virtual Product Design ; VDP) 이라는 환경에서 생각할 수 있다. 디자인에서는 가상현실을 이용한 시각화(Visualization)의 기술이 선보이고 있으며, 이전 생산설계에서는 부품공급자가 직접적으로 공급품에 대한 데이터를 공유하게 되는 DMS에 관한 기술도 선보이고 있다. 뿐만 아니라 레이아웃 작업 및 인간공학적인 데이터 분석을 위해서는 3차원 가상인체모형(Virtual Human)을 이용하는 기술들도 선보이고 있다. 또 다른 측면에서는 디자인 과정에서 모델의 단순한 시각화뿐 아니라 전체적인 조립까지도 완전하게 하므로써 이러한 가상제품을 통한 가상시작품(Virtual Prototyping) 제작 기술도 소개되고 있다. 이 밖에 세세하게 많은 기술과 방법이 디자인 각 단계상에 적용되어지고 있으며, 특히 디자인 레이아웃 작업을 위한 소프트웨어 환경으로는 3차원 가상인체모형의 이용을 들 수 있다.

3.2. VDP의 적용 사례

가. Chrysler Corp. 의 Jeep Grand Cherokee의 예
VDP의 적용 사례로 Chrysler의 경우 CATIA-컴퓨터응용 디자인 및 생산소프트웨어 시스템을 통하여 디자인, 엔지니어링, 생산부 및 기타 지원부문의 모든 재원을 거의 완벽하게 전달해 줄 수 있게 된 것으로 발표되고 있다. 이들은 Grand Cherokee를 개발함에 있어서 VDP를 통해 기존의 실제 모델 제작을 통한 방식에 비해 두번의 제작과 시험사이클을 제거할 수 있었다고 한다. 이 결과로 비용절감 효과도 크게 나타났는데, Cherokee의 전자기시스템의 경우 10%를 절감하는 효과를 얻었다고 한다.

나. McDonnell Douglas T-45A Horizontal Stabilator project
McDonnell Douglas는 T-45A Horizontal Stabilator project를 DMPS(Design, Manufacturability and Productability Simulation)라는 기존과 전혀 다른 새로운 방식의 제품개발 방식을 통하여 성공적으로 이루어 졌다. 이 새로운 개발 프로세스는 최초 제품 레이아웃결정에서부터 마지막으로 제품 출하에 이르기까지의 전 과정을 완전한 가상제품디자인 프로세스를 통하여 실시하였다. 이 결과 초기 디자인 비용은 1/3로 줄었으며, 최종적으로 생산된 디자인은 시간과 비용면에서 반으로 줄었다. 또 생산계획기간내에 모든 것이 완료되었고, 예산과 제품자체의 무게도 크게 줄었다.

3.3. 디자인 레이아웃 단계의 가상환경

디자인 레이아웃 단계에서 활용할 수 있는 가상환경은 주로 인체공학적인 분석을 기초로 하여 사용되는 시스템들을 들 수 있다. 이들 중에는 인체가 갖고 있는 관절 및 인체측정학적인 데이터를 갖고 있으며, 인체 움직임을 시뮬레이션 할 수 있도록 각 관절에 인체가 갖고 있는 각 방향으로의 움직임과 회전 에 관한 자유도가 정의 되어 있는 3차원 가상 인체모형을 사용하는 시스템이 있으며, 실제 가상환경을 만들어 인간이 그 속에서 실제로 조작하면서 실험할 수 있도록 하는 시스템들도 있다.

가. 3차원 가상 인간을 활용하는 경우

- EAI의 Transom Jack

Transom Jack은 제품디자인의 인간공학적인 측면을 향상시키고, 작업장의 업무(tasks)를 섬세화 하기 위한 인체모델링 및 시뮬레이션 소프트웨어 솔루션이다. Jack을 통해서 할 수 있는 것은 가상환경을 만들고 이 환경안에 가상인간을 설정하여 가상인간으로 하여금 주어진 업무(tasks) 실행하게 하므로써 인간이 어떻게 그 업무를 수행할 지에 관하여 분석하는 것이다.

이를 통해 디자이너는 안락성, 시야, 도어출입경로, Reach & Comfort zones, 조작성 등을 측정할 수 있다.

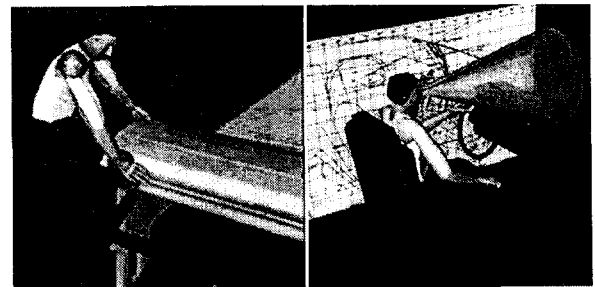


그림 4. Transom Jack의 이용 (작업장 과 자동차 인터리어)

- Genicom의 SafeWork

SafeWork도 작업장과 자동차 등에서 accessibility나 인체의 자세 등을 결정하기 위해 가상인체를 생성할 수 있는 소프트웨어 툴이다. CAD와 데이터 호환이 가능하며 애니메이션을 통하여 사용자로 하여금 가상환경에서 최적의 작업환경과 자세 등을 시뮬레이션 할 수 있게 되어 있다. CAD로부터 가져온 기본적인 와이어(Wire), 서피스(Surface), 솔리드(Solid) 데이터 위에 필요한 부분을 모델링 해 넣은 다음 6가지의 기본적인 인체모형 마네킹(Mannequins)을 토대로 103가지의 인체측정

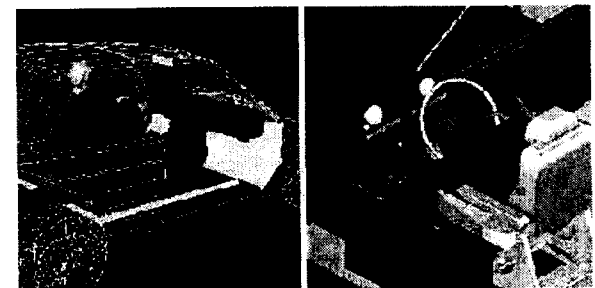


그림 5. Safework를 이용한 작업장 분석

학적인 다양한 3차원 가상인체모형을 생성해 낼 수 있다. 이렇게 생성된 인체 모형을 통하여 시야나 accessibility 등에 관한 데이터를 생성해 낼 수 있다.

- Techmath의 RAMSIS

유럽의 자동차 회사들과 학교가 연합해서 만든 인체공학 분석 및 평가에 관한 소프트웨어이다. 주로 자동차 개발에 있어서 레이아웃 단계에서의 이용 및 인간공학적 측면의 문제를 해결하기 위한 목적으로 개발되었다. 독립적으로 실행될 수도 있고, CATIA에서 바로 작업할 수도 있으며, CATIA에서 작업한 것은 CATIA Data로 바로 사용할 수 있도록 되어 있다. 기능으로는 다양한 가상인체 생성을 통한 안락성, 시야성, 접근성(Reach), 등을 테스트할 수 있으며, 안전벨트 시뮬레이션도 가능하다. 이외에 답력평가 등도 가능하도록 되어 있다.

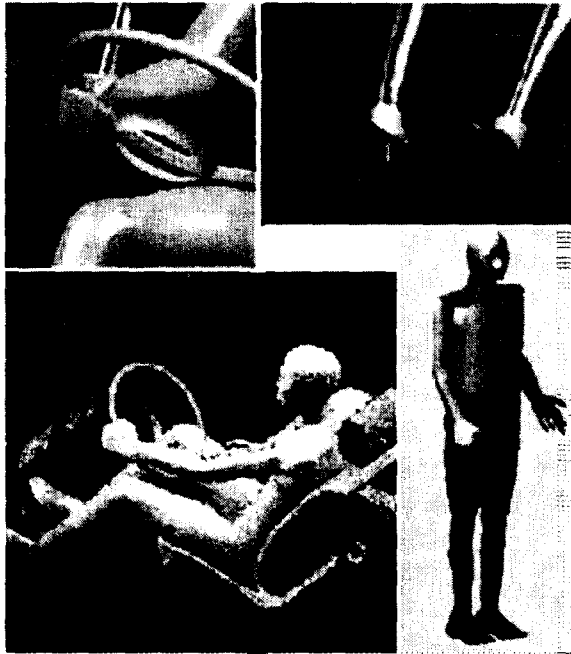


그림 6. Ramsis의 이용

나. 가상 시뮬레이션 공간

- CAVE

초기에 과학 시뮬레이션을 위하여 개발된 것으로 최초로 SIGGRAPH92에서 소개 되었다. 방 크기의 3차원 공간상의 사방에 고해상도의 그래픽 디스플레이장치와 오디오환경이 갖추어져 있으며, 그래픽은 세벽과 바닥을 통해 후면에서 투사되며 위치센서를 장착한 시험자는 입체안경을 통해 입체로 가상환경을 체험할 수 있게 되어 있다. 시험자의 위치 이동은 즉각적으로 피드백 되어 원근감이나 이미지의 변화를 체험할 수 있게 되어 있다. 응용분야는 자동차의 내외부 디자인분석, Rapid Product Prototyping, FEM, 건축, 항공 등 다양하며, 건설중장비 전문 생산 업체인 CATEPILLAR사에서는 CAVE 시스템을 이용하여 작업성 테스트 등을 하는 것으로 알려지고 있다.

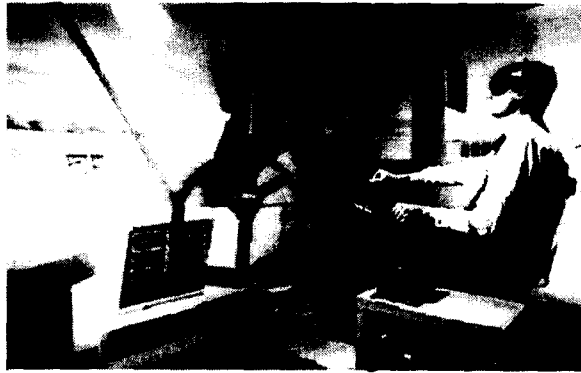


그림 7. CAVE 시스템을 이용한 Caterpillar의 작업성 테스트

4. 3차원 가상인체를 활용한 디자인작업

앞서 전술한 바와 같이 디자인에서 초기 레이아웃을 잡고, 작업성 테스트 및 각종 인체공학적 분석을 하는데 필요한 충분한 가상환경이 갖추어져 있음을 알 수 있었다.

본 사례는 이러한 시스템의 중 Techmath사의 Ramsis를 이용하여 기존의 인체공학적 데이터 분석 및, 레이아웃 작업을 실시함으로써 디자인 단계에서 변화할 수 있는 작업방법과 얻을 수 있는 잇점에 대하여 살펴 보았다.

4.1. 지게차 디자인의 사례

테스트에 사용된 제품은 2.5톤의 엔진식 지게차였으며, 기본적으로 A사의 기존 레이아웃과 새롭게 디자인되는 B사의 레이아웃을 각각 비교 하였다. 그리고 피로와 안락도에 관해서는 몇몇 브랜드를 이용하여 비교분석하였다. 비교단계에서는 A사 레이아웃을 통한 인체공학적 분석을 3차원 가상인체를 활용하여 실시한 후, B사의 경우는 엔지니어링 스펙을 받는 것을 바탕으로 3차원 가상인체를 활용하여 최적의 레이아웃을 잡도록 테스트 하였으며, 두 결과를 비교하였다. 이렇게 비교된 결과는 실제 사용자를 대상으로 광범위한 평가가 이루어져야 하나, 본 연구에서는 Ramsis의 신뢰성을 가정하고 두 결과를 통해 디자인 단계에서의 적합한 이용방법을 찾는데 주요점을 두었다.

레이아웃을 비교 검토 하기 위해서 A사의 경우는 기존의 CATIA의 모델링 데이터를 이용하였다. 3차원 가상인체를 사용함에 있어서는 전체적인 완전한 모델이 필요로 한 것이 아

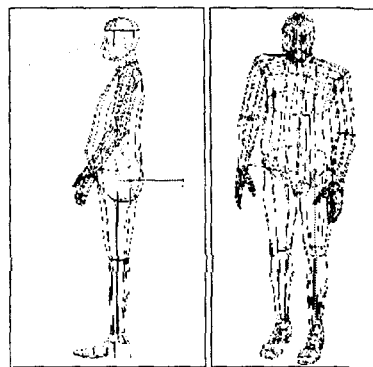


그림 8. Ramsis의 95 %tile 마네킨

니기 때문에 테스트에 사용된 3차원 모델은 인체공학적 측정이 필요한 부분만을 가지고 사용하였으며, B사의 경우는 이전 모델을 바탕으로 한 엔지니어링 스펙을 가지고 3차원 가상인체를 테스트할 새로운 모델을 만들었다.

가. 자세분석(Posture Analysis)

각 회사의 동급 경쟁 모델별로 자세를 분석하기 위하여 이미 갖고 있는 CATIA DATA를 사용하였다. 자세분석을 위해서는 RAMSIS에서 제공되는 있는 3차원 인체모형중 50%tile마네킨과 95%tile을 사용하여 조사하였다. 우선 기존의 CAD 모델에 사용하고자 하는 인체모형을 SIP를 중심으로 세운 뒤, 인체의 HP(Hip Point)와 의자의 SIP를 맞추는 다음, 같은 결과를 얻게 하기 위하여 각각의 경우에 운전자세와 동일한 자세를 취하게 하였다. 즉 왼손은 스티어링 휠에 얹어 조향하는 자세를 취하게 하였고, 오른 손은 장비를 작업을 조정하기 위하여 오른쪽 레버에 위치하도록 하였다. 발의 경우 패달을 밟았을 경우와 패달에서 발을 떼었을 경우를 각각 조사하여 신체가 영향받는 자세의 변화를 조사하였다. 각 지게차 모델별로 같은 상황에 50 %tile와 95 %tile을 위와 같은 방법으로 3차원 가상 인체모형을 얹힌후 각각의 경우에 대하여 Reach Zone 분석과, 안락감과 피로감에 대한분석, 그리고 시야를 분석하였다.

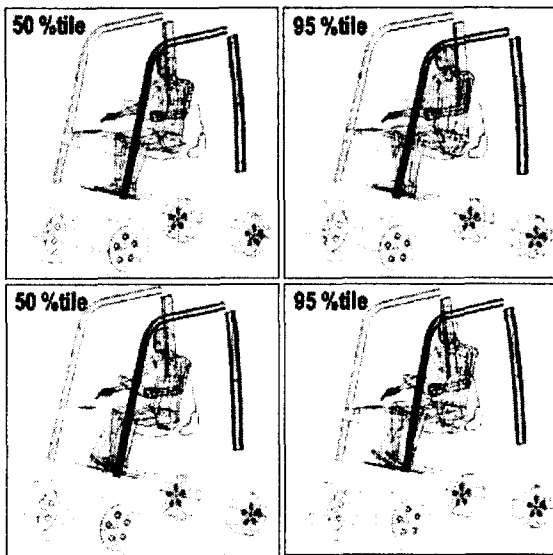


그림 9. A모델의 자세분석 : 50%tile와 95%tile

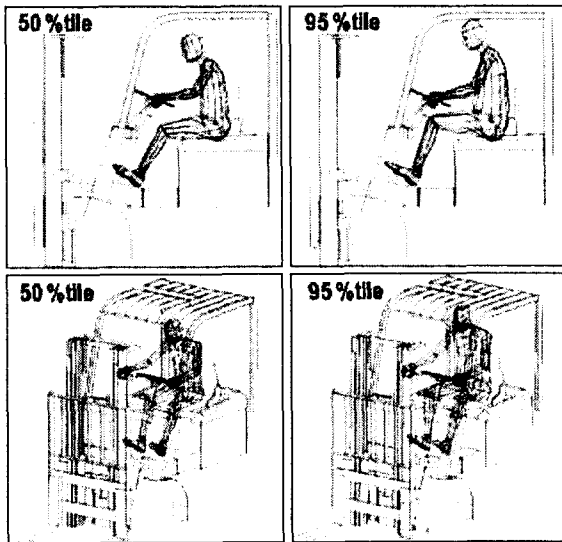


그림 10. B모델의 자세분석 (50%tile와 95%tile)

A,B 두모델의 자세 분석 결과 각 자세와 부품간의 간섭 및 여유공간 관계를 파악할 수 있었으며, 또 조작레버 및 패달의 작업 Simulation을 통하여 인체의 움직임 범위 등을 측정할 수 있었다.

나. 안락성(Comfortability) 및 피로(Fatigue) 분석

앞에서 실시한 자세 분석을 토대로 RAMSIS 시스템을 이용하여 A,B 두 모델의 레이아웃에서 인체가 작업할 때를 느끼게 되는 안락도와 피로정도를 분석해 보았다. 안락도나 피로도 신체의 각 부위별로 느끼는 피로도도를 그래프로 나타낸 것을 사용하였다. 안락도 같은 것은 정성적으로 분석하기 어려운 면이 있으나, 신체의 부위별로 각 부위마다 자유롭게 편한 위치와 불편하게 움직인 자세를 그래프로 나타내 표시된다. 신체의 부위 중 그래프로 표시되는 부위는 양손, 양발, 엉덩이, 등, 어깨, 목이었고, 이를 토대로 전체적인 안락도와 피로도가 분석되었다.

아래 그래프에서 보여지듯이 전체적으로 작업자세가 더 편하고 조작에 편리한 공간을 가진 경우 그래프에서는 막대가 짧게 나타나게 된다. 그리고, 평균 인체치수인 50 %tile의 인체와 95 %tile의 인체를 비교해 보면 95 %tile 인체가 더 작업자세에 있어서 불편함을 느끼게 되어 있다. 그리고 지게차의 경우 손의 경우는 95 %tile 인체가 50 %tile인체보다 더 안락도가 높고, 발의 경우는 50 %tile의 인체가 95 %tile의 인체보다 더 안락도가 높은데, 이것은 95 %tile의 인체의 경우 스티어링 손잡이까지의 거리조절에 있어서 50 %tile의 인체보다 용이하다는 것으로 풀이할 수 있으며, 레버조작을 하는 오른손의 경우도, 먼쪽에 있는 레버까지도 95 %tile의 인체가 더 쉽게 접근할 수 있기 때문인 것으로 해석될 수 있다. 발의 경우는 지게차에서는 플로어에서부터 SIP까지의 높이가 거의 고정되어 있을 뿐 아니라, 패달까지의 거리도 고정이 되어

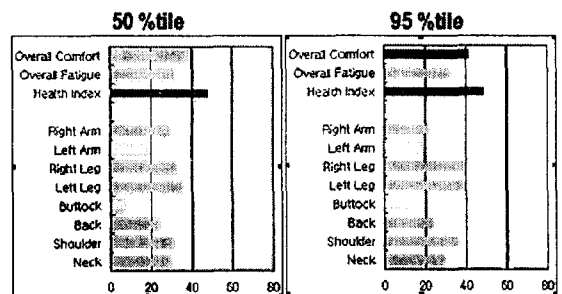


그림 11. 모델 A의 안락성 평가

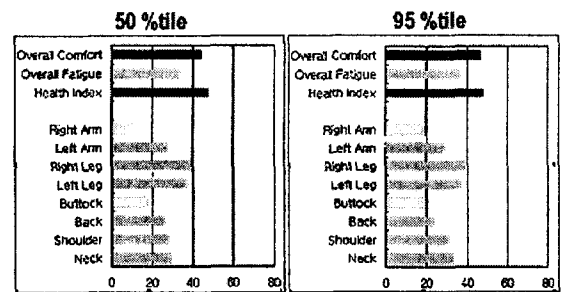


그림 12. 모델 B의 안락성 평가

있으므로, 95 %tile의 인체의 경우 다리 조작에 있어서 평균 인체보다 공간이 넉넉하지 않다는 것을 알 수 있다. 전체적으로 봐서는 장비를 디자인할 때, 50 %tile 인체를 기준으로 디자인하고, 한계치를 95 %tile 인체를 기준으로 하기 때문에, 50 %tile 인체가 더 안락하게 느끼는 것으로 나타났지만, 신체의 특정부위는 95%tile 인체가 피로를 덜 느낄 수도 있다.

모델 A와 B의 안락도 비교에서 보면 모델 B가 A보다 전체적으로 작업하는데 있어서 공간배열이 잘 되어있다고 볼 수 있다. 전체 안락도나 전체 피로도에서 모델 B가 더 좋은 수치를 보였으며, 특히 오른쪽 팔의 경우는 모델 A에 비하여 큰 폭으로 작업에 좋은 조건으로 배치되어 있는 것을 알 수 있었다. 이것은 모델 A의 경우는 레버를 최대로 밀었을 때와 최대로 당겼을 때의 위치 모두 오른쪽 팔의 Reach Zone내에 있고, 레버의 높이가 스티어링 휠과 거의 같으며, 거리도 가까워 팔의 이동이 편리한 반면, 모델 B의 경우는 스티어링 휠과 오른쪽 대쉬보드에 위치하면서도 거리가 멀고 높이가 스티어링 휠보다 다소 낮기 때문인 것으로 풀이되며, 지게차 레이아웃에서는 가능한 오른쪽 작업레버는 A의 경우처럼 스티어링 휠과 높이가 비슷하고 움직임의 유격이 적고, 최대의 움직임 위치가 척추의 움직임없이 팔의 Reach Zone내에 들어야 하는 것으로 판단 된다.

다. 지게차를 위한 최적화 레이아웃 디자인

앞에서 인체의 자세분석을 통해 지게차를 조작하는 인체의 안락도와 피로도를 측정해 보았다. 이러한 자세 분석을 통하여 최적의 지게차 레이아웃을 잡아 보는 과정을 살펴 보자. 우선 앞에서 살펴 본 것처럼, 인체의 위치에 결정적인 영향을 미치는 것은 SIP의 위치와 작업레버들의 상관관계에 있다고 하겠다. 기계적으로 우선 엔지니어링부문에서 플로어와 스티어링 휠이 정해지고 나면, 이를 바탕으로 의자의 SIP를 3차

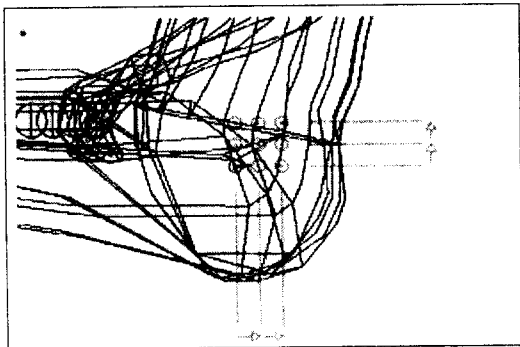


그림 15. SIP의 조정영역 결정

원 가상인체를 통하여 최적 위치와 조건을 찾기로 하였다. 이를 위해 각 SIP에 따라 인체의 안락성을 평가하였으며, 이 결과 SIP영역을 결정할 수 있었다.

그림에서 보는 것처럼 SIP는 인체의 %tile에 따라 그림의 원들이 원들이 모여 있는 영역내에서 움직이는 것으로 나타났으며, 이를 토대로 의자의 전후, 상하 위치조절 영역을 조절할 수 있었다.

다음은 이 SIP영역 내에서 지게차 시야에 관한 분석을 하였는데, 지게차의 경우 의자에 앉아서 작업하는 자세에서 오른쪽 포크 앞 끝날이 보여야 하는 것이 규격으로 정해져 있다. 지

게차에서 시야에 가장 문제가 되는 것은 스티어링 휠과, 대쉬보드, 계기판인데, 2D 드로잉을 통해 레이아웃을 잡는 경우에는 정확한 미묘한 값을 찾기가 어렵기 때문에 계기판과 대쉬보드 디자인에 있어서 실제 모델을 만들기 이전에는 정확한 판단을 가지고 디자인할 수 있는 조건이 만족 되지 않았다.

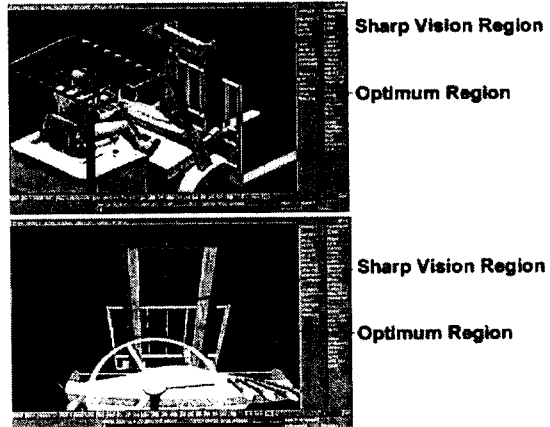


그림 13. 레이아웃 결정을 위한 시야성 평가

일반적으로 계기판의 경우 스티어링 휠의 포크사이로 보이도록 하는데, 스티어링 휠의 비정형으로 뚫린 공간에 대하여 2D 드로잉으로 시야를 측정하는데는 한계가 따르곤 하였다. 본 연구에서는 SIP에 앉은 가상인체의 오른쪽눈, 왼쪽눈으로 각각 전방 계기판 시야 및, 포크 끝날에 대한 시야를 테스트하여 계기판의 위치와 대쉬보드의 임계 높이를 정확하게 산출해 낼 수가 있었다.

마지막으로 레버를 위치함에 있어서 의자 오른쪽에 위치시키는 것도 생각할 수 있으나 엔지니어링에 스펙에 따라 대쉬보드쪽으로 정해야 하는 경우를 가정하여 인체가 작업을 위해 의자에 앉아 가장 자연스런 자세로 작업에 임하는 상태에서 오른쪽 팔이 몸의 다른 부위를 구부리거나 움직임 없이 닿는 범위를 설정하여 이 영역 안에 레버 조작의 전후 최대 유격이 들어오도록 위치시켜야 하다는 것을 알 수 있었다.

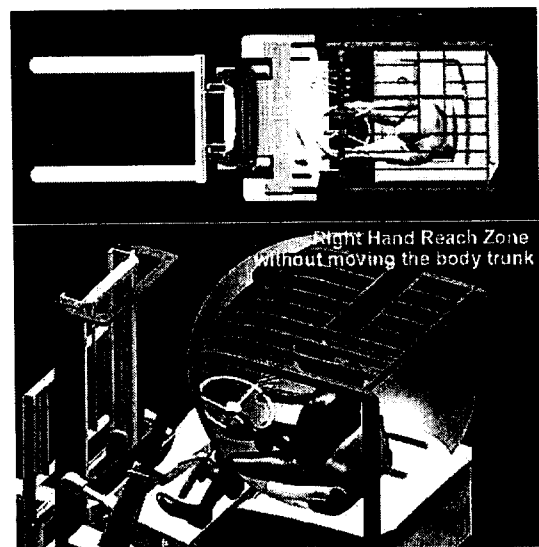


그림 14. 레버 위치 및 조정간격 결정을 위한 오른손 접근영역 분석

이처럼 엔지니어링 스펙과 최소의 엔지니어링 레이아웃을 가지고 자세분석을 통하여 SIP를 정하고, 시야에 따른 자세 변화 및 계기판, 대쉬보드의 높이 및 위치를 정한 뒤 앞의 A,B 두 지게차 모델에서 평가했던 운전자의 안락성과 피로도에 관하여 다시 측정해 보았다. 2D에서 예측하고, 평가하기 힘든 인체공학적인 평가를 바탕으로 3D 레이아웃 작업을 하므로써 전체적으로 그림에서 보는 것처럼 운전자의 안락성이 증가하고 피로도도 감소하는 것을 알 수 있었다. 특히 운전 조작에 절대적으로 영향을 미치는 레버와 페달의 위치 및 조작 영역을 SIP의 변화위치와의 상관관계에 따라 최적화된 조건으로 산출하므로써 산과 발 뿐 아니라 신체 전체적으로 안락도가 기존의 2D에 의해서 제작된 제품보다 크게 증가한 것을 알 수 있다.

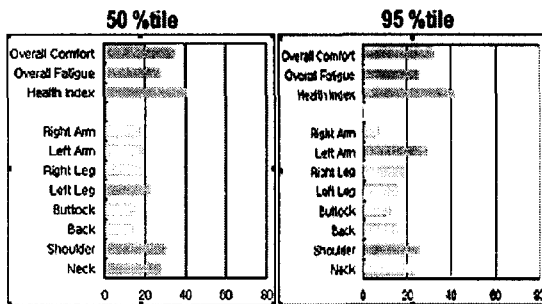


그림 16. 새롭게 잡은 레이아웃을 기준으로 평가한 안락성 및 피로도

4.2. 디자인 초기과정에서 3차원 가상인체 이용의 효과
3차원 가상인체를 디자인 초기 레이아웃 과정 및 분석, 단계에서 사용하므로써 얻을 수 있는 이점은 무엇보다도 데이터의 정확성과 디자인의 품질 향상을 들 수 있을 것이다. 2D에 의해서 측정, 평가되던 데이터들이 정확한 3D CAD 모델과 3D 인체를 사용하므로써 실제공간에서 테스트하는 것과 흡사한 결과를 얻을 수 있다고 볼 수 있다. 더 나아가 내부의 정적 공간 뿐 아니라 승차차 테스트 등과 같은 동적 분석을 통해 기존의 2차원적 정적인 분석에서는 드러나지 않는 움직임 중의 인체와 제품간의 간섭을 발견하고, 인체의 운동 모드를 결정할 수 있게 된다.

- 이러한 효과들은 다음과 같이 정리할 수 있을 것이다.
- 2D 드로잉과 2D 인체모형의 한계 극복 : 인체와 같은 수 움직이는 과절과, 운동조건을 갖춘 3차원 인체의 3차원 CAD에서의 활용에 따른 정확성 및 문제의 예측 가능
 - 동적 시뮬레이션을 통한 실제 작업 조건에서 나타날 수 있는 문제점 예측 가능 :
 - 2D 레이아웃의 경우 3D로 옮기는데 있어서의 한계 극복 : 기존의 방식에서 2D로 레이아웃을 잡았다 하더라도 근래 많이 보편화된 CIM 방식을 이용하기 위해서는 2D 레이아웃을 3D로 재 가공하여야 하는 작업을 해야 하는데, 이때 2D에서는 나타나지 않거나 예측하지 못한 문제가 발생할 수도 있다. 특히 2D에서 파악할 수 없었던, 접친면이나, 곡면의 경우는 정확하게 찾기가 힘들게 된다. 3D 가상인체를 사용하므로써 이러한 문제를 해결할 수 있다.
 - 디자인 평가시의 정확한 판단 근거 : 기존의 방식으로 디자

인안을 제안했을 경우, 미적인 감각같은 주관적인 판단을 제외한 경우라하더라도, 실물 모델을 가지고 평가를 하게되면, 평가장에 오게 되는 경영자나 참가자들이 각각 스스로 평가하면서 각종 레버 및 조작장치의 레이아웃에 관하여 이견이 대립되는 수가 종종 있는데, 이러한 문제를 극복하고, 정확한 판단의 근거를 제시할 수 있다. 특히 평가자들의 인체치수를 사용하여 측정된 데이터를 제시할 경우 더욱 실제감 있는 데이터를 얻을 수가 있다.

4.3. 3차원 가상인체 이용시 디자인의 요구점

3차원 가상인체의 이용으로 디자인 전단계는 거의 VPD 환경에 놓이게 되었다고 할 수 있겠다. 이러한 가상인체를 활용하는 환경에서 변화해야 할 점들을 찾아보면 다음과 같이 정리할 수 있을 것이다.

- 엔지니어링 스펙의 정확화 및 엔지니어링 레이아웃의 최소화 : 디자인의 토대가 되는 엔지니어링 스펙은 정밀하게 제공되어야 하며, 디자인 레이아웃의 자유도 및 디자인 측면에서 해결되는 부분을 위해 엔지니어링 레이아웃은 중요한 기계적인 부분을 제외하고는 최소화 되어야 할 것이다. 즉, 사용자의 안전성, 편리성 등을 위한 레이아웃이 추가 되도록 해야 한다.
- 디자인 레이아웃을 통해 기본적인 디자인 항목들에 대해 최적화 된 레이아웃을 결정한 후 아이디어스케치를 실시 : 디자인이 창의적인 단계를 밟아 나가지만, 우선은 최적의 레이아웃 및 인체공학적인 데이터를 가지고 최대한 정확한 레이아웃을 결정한 뒤, 이를 토대로 아이디어 스케치를 하므로써 아이디어스케치부터 한 후 중간중간에 레이아웃 및 디자인 스펙의 변경에 의해서 소비되는 비용과 시간을 최소화할 수 있을 것이다.
- 엔지니어링 스펙에서부터 디자인 레이아웃, 그리고 디자인 모델제작, Virtual Prototyping까지에 이르기까지의 과정이 3차원화 되어가므로써 점차 디자인 환경이 가상환경에 놓이게 되고 있다. 이러한 각 단계의 환경을 하나의 작업과정으로 연결하여 활용할 수 있는 방법의 탐구가 요구된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1. 결론

이제까지 디자인 초기단계의 인체공학적인 분석 및 디자인레이아웃을 위해 실시 되어오던 2차원 방식과 3차원 가상인체를 활용한 방식을 비교함으로써 디자인에서 3차원 가상인체활용을 통한 디자인 방식의 변화에 대하여 알아보았다. 결론적으로 디자인 환경이 점점 가상환경에 놓이게 됨으로써 디자인 초기에서부터 3차원에 의한 정확한 측정과 평가를 기초로 디자인이 시작되어야 할 것이다. 특히, 디자인레이아웃 작업에 있어서는 디자인의 기본 방향과 근간이 되는 사항들이 결정되기 때문에, 3차원 가상인체를 통해 정확한 데이터를 산출하고, 이에 따른 분석을 근거로, 디자인을 시작해야 할 것이다. 본 연구의 사례에서 밝힌 것처럼, 기존의 방식에서 새로운 방식을 통하여 최적화된 레이아웃을 제공할 수 있음을 보았을 뿐 아니라, 이러한 방식에 의해서 디자인 초기단계 뿐 아니라 이후 단계에서도 누적오차에 의한 문제를 크게 줄일 수 있을 것

으로 예상된다.

5.2. 향후 연구과제

현재까지는 제품이나 작업공간 디자인에 있어서 3차원 가상인체의 활용이 시작단계이지만 실제 연구 및 실험적인 것들로 가상현실(Virtual Reality)이나 확장현실(Augmented Reality)을 이용한 방법들이 점차 증가하고 있다. 디자인 초기단계의 레이아웃 작업에 있어서도, 이러한 실험들이 점차 증가하고 있는데, 실제 모델을 제작하지 않고도 디자이너의 작업모드를 사용할 수 있는 가상환경의 연구가 필요할 것이다. 그리고, 디자인 모든 단계에서 보면, 가상환경이 더욱 가까이 와 있는데, 이러한 환경에 적합하도록 데이터의 흐름 및 작업기법들도 바뀌어야 할 것이며, 부서간의 단절을 최소화하고, 많은 것들을 공유하여 제품생산단계를 최적화하기위해 3차원 데이터의 관리기법에 관해서 적극 연구해야 할 것이다.

참고문헌

1. Manufacturing News April 20, 1998. Volume 5, No. 8
2. Brian V. Park, virtual product design at Alias,
<http://www.flogiston.com/DIKU/EXPOSURE/EDGE3.HTM>
2. Nicholas Negroponte, 백옥인 역, Being digital(디지털이다), 커뮤니케이션북스, 1998,
3. RAMSIS, TECMATH 세미나 자료
4. William J. Mitchell, 이희재역, 비트의 도시, 김영사, 1999
5. Roy S. Kalawsky, the science of Virtual Reality,
Addison-Wesley, 1993,
6. <http://www.tecmath.com/>
7. <http://www.transom.com/>
8. <http://www.sv.vt.edu/>
9. <http://www.safework.com/>