

자동차 내장 설계의 정량적 시계성 평가 시스템 개발

Development of a Quantitative Visibility Evaluation System for the Design of an Occupant Packaging Layout

류 태 범, 신 승 우, 유 희 천

포항공과대학교 산업공학과
경북 포항시 남구 효자동 산 31 포항공대 산업공학과

Abstract

JACK®, SAFEWORK®과 같은 인간공학적 설계지원 시스템들은 인체모델의 눈 위치로부터 생성된 시야원추(view cone)를 이용하여 자동차 내장 설계의 시계성을 평가하여왔다. 그러나, 시야원추를 이용한 시계성 평가 방법은 내장 부품의 시야원추 내 존재 여부에 대한 시각적 판단으로 정성적 평가 결과만을 제공한다. 본 연구는 세분화된 눈과 머리의 회전범위를 이용하여 시계영역을 5 부분으로 구분하였고 각 부분에 1~5 까지의 점수를 할당하여 내장 설계의 시계성을 정량적으로 평가하는 척도를 개발하였다. 그리고, 다양한 크기의 인체모델들의 눈 위치에서 생성된 시계영역 이용하여 내장 부품들의 시계성을 정량적으로 평가하고 부품들의 상대적 중요도를 고려하여 종합적 시계성 평가 점수를 산출하는 시스템을 Microsoft® Access 를 이용하여 개발하였다.

1. 서론

JACK®, RAMSIS®, SAFEWORK® 등의 인간공학적 설계지원 시스템들은 인체모델의 눈 위치로부터 생성된 시야원추(view cone)를 이용하여 자동차 내장 설계의 시계성을 평가하여왔다. 일반적으로 인간공학적 설계지원 시스템들의 시야원추는 인체모델의 특정 시선(line of sight)을 축으로 한 fovea vision 과 peripheral vision 의 원뿔로 구성되어 있다 (Hanson, 2000). 기존의 설계지원 시스템들은 인체모델의 시점에서 표현된 시야원추를 사용하여 내

장 부품의 시계 간섭 여부 및 시야원추 내 존재 여부를 평가한다.

그러나, 기존 설계지원 시스템의 시계성 평가는 내장 부품들의 시야원추 내 포함 여부를 파악하는 정성적 방법으로 평가결과를 내장 설계에 효과적으로 활용하는데 한계를 갖는다. 예를 들어, 정성적 시계성 평가는 특정 내장 설계의 시계성 수준과 개선해야 할 정도를 파악하는데 한계를 가질 뿐만 아니라, 여러 내장 설계들의 시계성 수준을 정량적으로 비교할 수도 없다.

또한, 기존 설계지원 시스템은 각각의 내장 부품들에 대해 개별적으로 시계성을 평가할 뿐 내장 설계 전체에 대한 시계성을 종합적으로 평가하는데 한계를 갖는다. 기존 설계지원 시스템은 인체모델의 시선을 기준으로 시야원추를 형성하여 내장 부품들의 시계성을 개별적으로 평가할 수 있다. 그러나, 기존 설계지원 시스템은 개별적 평가 결과를 종합할 수 있는 방법을 제공하지 않아 내장 설계에 대한 전체적인 시계성 수준을 파악하는데 어려움이 있다.

본 연구는 자동차 내장 설계의 시계성을 정량적으로 평가하는 척도를 개발하였고, 이를 기반으로 다양한 크기의 인체모델들을 이용하여 각 내장 부품의 시계성을 평가하고 부품들의 상대적 중요도를 고려하여 내장설계 전체의 시계성을 종합적으로 평가하는 시스템을 개발하였다.

2. 정량적 시계성 평가척도 개발

정량적 시계성 평가척도는 1) 시계영역의 구분을

위한 눈과 머리의 회전 범위를 결정하고, 2) 이를 조합적으로 이용하여 시계영역을 구분하며, 3) 각 시계영역에 평가 점수를 할당하여 개발되었다.

Sanders 와 US Department of Defense (Jung et al. (2000)에서 인용)는 눈과 머리의 회전범위를 이용하여 시계영역을 3~4 개의 영역으로 구분하였으나, 이들 시계영역의 세부 영역들은 비교적 넓게 구분되어 협소한 공간에 위치한 내장 부품들의 시계성을 민감하게 평가하는데 적합하지 못하다. 본 연구는 눈과 머리의 회전범위를 세분화하고 눈과 머리의 회전범위를 같이 고려하여 세분화된 시계영역을 이용하여 시계성 평가척도를 개발하였다.

2.1 눈과 머리의 회전 범위 결정

시계영역의 구분을 위한 눈과 머리의 회전범위는 기존 연구들이 제시한 범위들을 비교하여 범위의 세부성과 자동차 내장 평가의 적용성을 기준으로 수평 방향과 수직 방향 측면에서 각각 선정되었다. 먼저, 눈의 회전 범위는 SAE J985(SAE, 1988)의 수평범위 기준과 Pheasant (1988)의 수직범위 기준을 기반으로 회전의 최적범위와 적정범위를 구분하여 표 1 과 같이 결정되었다. 눈 회전의 최적 범위는 수평/수직 방향 측면에서 모두 15° 이내이고, 적정 범위는 수평/수직 방향 측면에서 15° 이상 30° 이내로 정의되었다.

표 1. 눈의 회전범위 (SAE, 1988; Pheasant, 1988)

구분	최적 회전범위	적정 회전범위
수평 방향	0-15°	15-30°
수직 방향	0-15°	15-30°

머리의 회전범위는 LUBA(Kee and Karwowski, 2001)의 수평/수직 범위 기준들 중 목의 부하 측면에서 적절한 범위를 선택하여 표 2 와 같이 정의되었다. 수평방향 측면에서 머리의 적정범위는 30° 이내로 수직방향 측면에서 적정범위는 신전의 경우 30°, 굴전의 경우 20° 이내로 정의되었다.

표 2. 머리 움직임 범위 (Kee and Karwowski, 2001)

구분	적정 회전범위
----	---------

수평 방향		0-30°
수직 방향	신전(Extension)	0-30°
	굴곡(Flexion)	0-20°

2.2 시계영역의 구분

본 연구의 시계영역은 시계영역의 중심과 머리 회전의 기준점을 정의하고 세분화된 눈과 머리의 회전범위를 조합적으로 이용하여 개발되었다. 시계영역의 중심은 두 눈 위치의 이등분점으로, 머리의 회전 기준은 SAE 941(SAE, 1992)에 따라 두 눈의 이등분 점에서 98mm 뒤에 해당하는 점으로 정의되었다(그림 1 참조). 시계영역은 수평/수직적 측면에서 눈의 최적/적정범위 그리고 머리의 적정 범위를 조합하여 1) 눈의 최적 회전범위에 의한 영역, 2) 눈의 적정 회전범위에 의한 영역, 3) 머리의 적정 회전범위와 눈의 최적범위에 의한 영역, 4) 머리의 적정 회전범위와 눈의 적정범위에 의한 영역 5) 그 외 영역 순으로 구분되었다. 시계영역의 중심과 머리의 회전 기준점에서 눈과 머리의 수평/수직방향 측면 회전범위를 적용한 결과, 시계영역은 그림 1 과 같이 5 개 영역으로 구분되었다. 그림 1(a)와 (b)의 A 와 B 는 눈의 최적 회전과 적정 회전이므로 볼 수 있는 영역을 나타낸다. 그리고 C 와 D 는 머리의 적정회전과 눈의 최적회전 그리고 머리의 적정 회전과 눈의 적정 회전이므로 볼 수 있는 영역을 나타낸다.

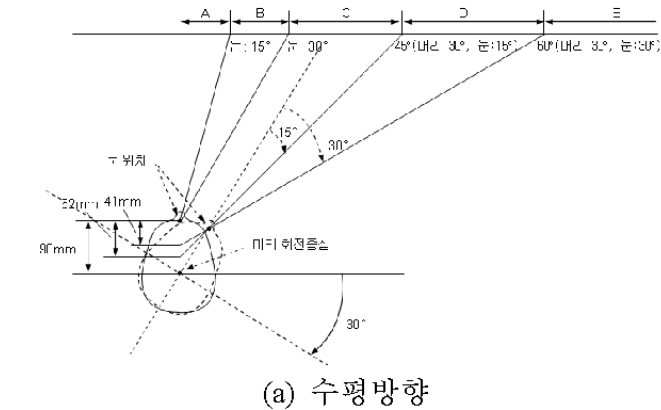
수평 및 수직방향 측면에서 시계영역 구분을 이용한 시야 전방의 2 차원적 시계영역은 그림 2 와 같이 구분되었다. 시계영역 중심을 기준으로 상위 영역은 수평 및 수직방향 구분 각이 같으므로 원 모양으로 나타내었고, 하위 영역은 수평방향 구분 각과 수직방향 구분 각이 다르므로 타원 모양으로 나타내었다.

2.3 시계영역의 평가점수의 할당 및 시계성 평가 방법

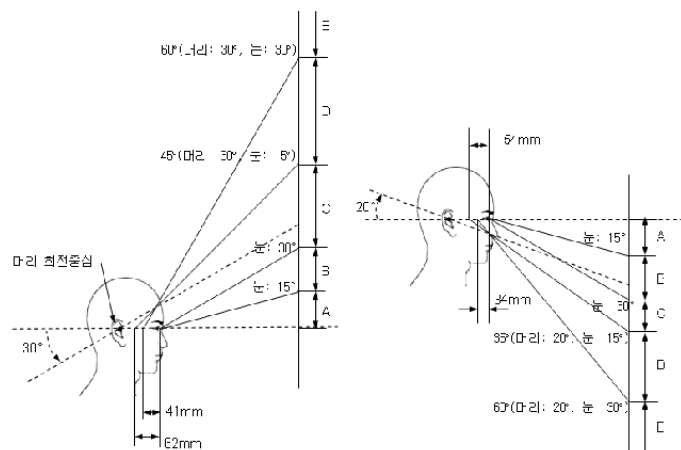
시계영역을 이용하여 내장의 시계성 수준을 정량적으로 평가하기 위해 1~5 의 이산적 점수를 시계의 각 구분영역에 그림 2 와 같이 할당하였다. 눈의 최적 회전범위로 구분된 영역에 5 점이 할당되었고, 눈과 머리의 적정회전 바깥쪽 영역 에 1

점이 할당되었다.

시계영역을 이용한 시계성 평가는 특정 내장 부품이 속하는 시계영역을 파악하고 해당 점수를 부품에 부여하여 이루어진다. 내장 부품이 속하는 세부 시계영역은 눈과 내장 부품간의 수평/수직적 거리를 이용하여 파악된다.



(a) 수평방향



(b) 수직방향

그림 1. 눈과 머리 회전에 의한 시계영역 구분

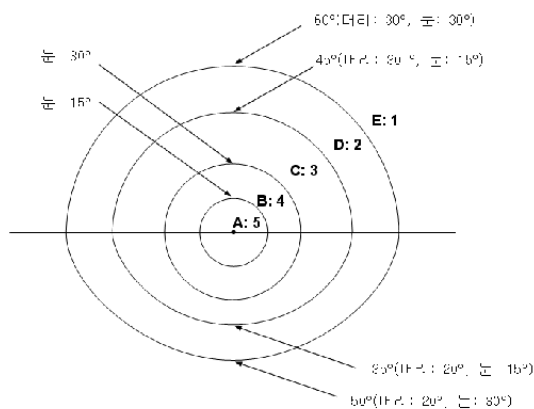


그림 2. 2차원적 시계영역 및 영역별 평가점수

3. 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템 개발

정량적 시계성 평가 척도를 기반으로 한 시계성 평가 시스템은 다양한 크기의 인체모델들에서 나타낸 시계영역으로 내장 부품들의 시계성을 정량적/종합적으로 평가하기 위해 그림 3과 같이 4개의 모듈로 구성되어 그림 4와 같이 개발되었다. 첫째, 자동차 내장설계 정보관리 모듈은 평가할 자동차 내장의 기본 설계 정보와 내장 부품들의 설계 정보를 관리하는 부분이다. 본 모듈은 자동차 내장의 기본 설계 정보로 내장부품의 위치 파악에 기준이 되는 AHP(accelerator heel point)와 BOF(ball of foot), 그리고 의자의 높이(seat height)와 steering wheel(SW)에서 BOF까지의 수평거리를 관리한다. 그리고, 내장 부품들의 설계 정보로 AHP와 BOF를 기준으로 한 각 부품의 위치와 내장 설계에서의 상대적 중요도를 관리한다.

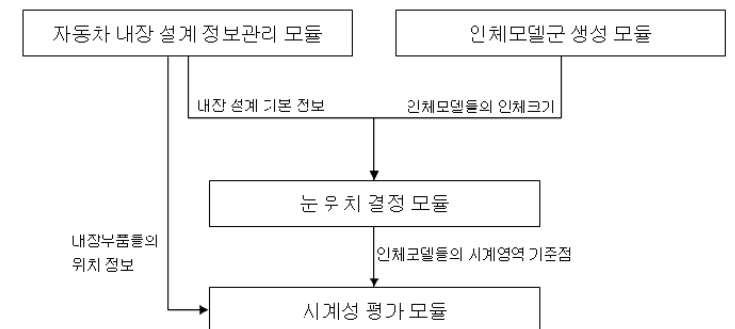


그림 3. 시계성 평가시스템 구성도

둘째, 인체모델군 생성 모듈은 인구의 인체크기 특성을 반영하는 다양한 크기의 인체모델군을 인구의 수용 범위와 모델 개수를 입력 받아 생성하는 부분이다. 본 모듈은 신장과 체중기반으로 인체변수들을 계층적으로 추정하는 회귀모형을 이용한 류태범 & 유희천(2003)의 인체모델군 생성기법을 적용하여 개발되었다.

눈 위치 결정 모듈은 자동차 내장에 위치한 인체모델의 눈 위치를 내장 설계정보와 인체모델의 크기에 기반하여 파악하는 부분이다. 자동차

내장에서의 인체모델 눈 위치는 Reed et al.(2002)의 선호 앉은 자세에서의 눈 위치 회귀모형을 이용하여 의자의 높이(seat height)와 steering wheel(SW)에서 BOF 까지의 수평거리 그리고 인체모델의 신장과 앉은 키로부터 산출된다.

시계성 평가 모듈은 내장 부품들의 시계성을 인체모델들의 눈으로부터 생성된 시계영역을 이용

하여 정량적/종합적으로 평가하는 부분이다. 내장의 각 부품은 각각의 인체모델 눈 위치에서 생성된 시계영역을 이용하여 평가되고, 각 시계성 평가 점수들의 평균을 100 점 만점을 기준으로 제시한다. 그리고, 내장 전체에 대한 시계성 점수는 각 내장 부품의 시계성 점수에 부품 별 중요도 값을 적용하여 산출된다.

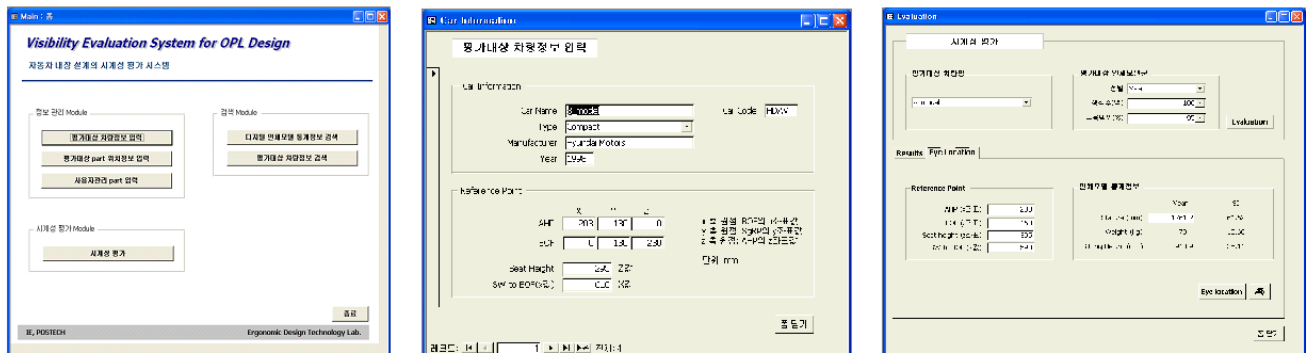


그림 4. 자동차 내장의 시계성 평가 시스템 (일부화면)

4. 토론

본 연구의 시계성 평가척도는 눈의 회전과 머리의 회전을 같이 고려하여 세분화된 시계영역들의 평가 점수로 내장 부품들을 정량적으로 평가한다.

기존의 인간공학설계지원 시스템은 2~3 개로 크게 구분된 시계영역들에 내장부품이 포함되는지를 정성적으로 평가하였다. 이에 반해, 본 연구는 머리 회전에 따른 눈 회전을 같이 고려하여 시계영역을 5 개로 세분화하였고, 구분된 시계영역에 할당된 점수를 이용하여 내장 부품들의 시계성을 정량적으로 평가한다.

정량적 평가척도를 기반으로 한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템은 다양한 크기의 인체 모델들로 내장의 시계성을 평가하고 부품들의 상대적 중요도를 고려하여 내장 전체의 시계성을 종합적으로 평가한다. 본 시스템은 내장 부품의 시계성을 다양한 인체크기의 인체모델군에서 생성된 시계영역들을 이용하여 평가한다. 그리고, 각 내장 부품들의 중요도를 고려하여 내장 부품 전체에 대한 종합적 시계성 평가 점수를 제공한다.

참고문헌

- 류태범, 정인준, 유희천, 김광재 (2003). 가상환경상의 인간공학적 제품 설계를 위한 인체모델군 생성기법 개발 및 적용. *IE Interfaces*, 16(특별호), 144-148.
- Hanson, L. (2000). Computerized tools for human simulation and ergonomic evaluation of car interiors. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomic Society 44th Annual Meeting, San Diego, California*, 836-839.
- Jung, E. S., Shin, Y., and Kee D. (2000). Generation of visual fields for ergonomic design and evaluation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 445-456.
- Kee, D., and Karwowski, W. (2001). LUBA: An assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*, 32, 357-366.
- Pheasant, S. (1988). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design*. London: Taylor and Francis.
- Reed, M. P., Manary, M. A., Flannagan, C. A. C., and Schneider, L. W. (2002). A statistical method for predicting automobile driving posture. *Human Factors*, 44, 557-568.
- SAE (1988). *SAE handbook*. New York: Author.
- SAE (1992). *SAE handbook*. New York: Author.