

The Analysis of the driver's obstruction factor on front vision and improvements methods

Taehyun Choi¹ · Wonsuk Jung¹ · Hyungseok Yoon¹

¹ Advanced Engineering Design Team, Ssangyong Motor Co., 150-3, Chilgoi-dong, Pyungtaek-si, Gyeonggi-do 459-711, Korea

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is proposed methods of the secured the safety of pedestrian and driver through the Analysis of the driver's obstruction factor on front vision and improvements methods. **Background:** When driver drive the vehicle, a lot of obstruction factor on front vision come from road condition. External factors are road, facility on the road side, pedestrian and other vehicle. And, Driver's front vision obstructed by internal factors. Especially A-pillar and Outside mirror are obstructed the driver's front vision when driving on the crossroads. **Method:** Visibility evaluation through the area calculation for the visible area and Scholly Method. **Analyze:** Driver's obstruction factor on front vision 1) Distance between ERP ~ A Pillar, 2) A-Pillar Thickness, 3) Relative position between SgRP ~ Outside Mirror 4) Mirror size. **Results:** The front vision analyze methods are built base on the result of this study. **Application:** Optimization of driver's front vision.

Keywords: ERP(Eye Reference Point), SgRP(Seating Reference Point), A-Pillar, Outside Mirror, VR(Virtual Reality), Scholly Method

1. Introduction

최근의 차량 개발 동향은 국가간 FTA 확대에 의해 나날이 시장 개방이 확대되어 수많은 수입 신차들이 고객에게 선택 받고 있다. 이로 인해 높아진 고객들의 욕구를 충족하기 위해 자동차 업체들은 전통적인 성능·안전성·품질·가격적인 요소를 넘어, 감성·환경성·인간공학적인 요소들을 강화해 나가고 있다.

당사에서는 위 강화된 항목들을 후속 신차 개발 시 적용하기 위하여, 각종 조작류 및 안전장치들에 대한 패키지 레이아웃을 조정하고, 운전자 인지성 방해 항목들을 최소화하는 검토를 수행해 나가고 있다.

본 과제에서는 판매 중인 여러 차종들의 Data를 이용하여, 도로 주행 시 전방 시야 방해수준을 확인하고, 주요 구성 요소들에 대한 개선안을 분석하여, 기존 차량을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. Method

차량 주행 중 운전자의 시야를 분석하는 방법은 실제 도로에서 주행을 통한 평가와 도로 조건을 시뮬레이션으로 구성하여 가상으로 평가하는 방법, 시계영역을 분할하여 가중치를 적용하여 평가하는 방법 등이 있다.

본 연구에서는 가상 시뮬레이션 및 가중치를 이용한 시계영역 평가 방법으로 연구를 수행하였으며, 이는 차량개발 초기단계에서 실차가 없이 Styling 및 설계 기초 Data 만으로 초기에 문제점을 확인하고 개선안을 도출할 수 있게 되어, 완성도 높은 차량 개발과 개발비용 절감을 꾀할 수 있게 된다.

2-1. Key factor of driver front vision

운전자가 주행시 걱정된 시야 확보와 개방감을 확보하기 위하여 전방 및 후방에 대한 시야 법규, 와이퍼 닦임 영역 법규 등을 고려해야 한다. 더불어 강화되고 있는 충돌 안전 법규, 보행자 보호 법규 등 여러 요소들에 대한 고려도 필요하다.

2-1-1. Regulation

자동차 제작 시 고려되어야 할 주요 시야 관련 법규는 다음과 같다.

- Forward Field of Vision (ECE 125-01, 77/649/EEC)
운전자 전방의 시야확보 범위를 규정함
- A-Pillar Obstruction (77/649/EEC)
A-Pillar를 통한 시야 가림량 범위를 규정함
- Indirect Vision Devices (2003/97/EC, ECE 46-04, 자동차 안전기준 제50조)
실내 및 실외 Mirror를 통한 후방시계 확보 범위를 규정함
- Wiping Area (EEC 78/317, SAE J903, 자동차 안전기준 제109조)
와이퍼를 통한 닦임 영역 범위를 규정함

2-1-2. Vehicle condition

차량 외부의 시야를 가리는 차량의 주요 Part들을 최적 설계하는 것이 필요하다. 예를 들면 A-Pillar가 커지면 차체강성은 좋아지나 둔탁한 외관과 시야 가림이 매우 커진다. 이를 극복하기 위해 근래에서 Hot Press Forming 공법을 적용하여 Pillar 강성을 확보하고 두께를 줄여 중량을 절감하여 연비 절감을 달성하는 차종이 확대되는 추세이다.

Outside Mirror는 강화된 후방시야 법규 만족을 위해 Mirror 높이가 커졌기에 법규만족을 위한 최소 높이를 맞추면서 외관 형상의 조정을 통해 항력계수·외관미·시야확보를 모두 충족시켜야 한다.

또한 충돌 및 보행자 법규 강화로 인해 Hood와 Door Belt Line이 상향 되어 하방 시야가 불리해졌지만, 이를 상쇄하기 위하여 실내에서는 Floor 높이·SgRP 위치·머리공간을 최적화 하여야 하며, 실외에서는 Wiper 돌출량 최소화와 필요 시 Active Hood의 적용 등으로 외부 시야를 확보해야 한다.

2-2. VR Simulation

2-2-1. Road condition

도로 주행 상황을 시뮬레이션 하기 위하여 도심 교차로, 도로 주변 시설물, 건물, 차량들과 보행자를 아래 Figure 1과 같이 구성하였다.



.Figure 1.Crossroad

평가 대상 차량들의 CAD Data, Ground 및 SgRP Data를 이용하여 차량을 교차로에 배치시키고, 직진·우회전·좌회전 상황에서 외부 시야 가림량을 확인하였다.

2-2-2. Driving direction

주행 평가 시 운전자 눈의 위치는 Mirror 장착 영역 등에 대한 법규 평가 시 사용되는 ERP(Eye Reference point) Data를 사용하였다.

직진 주행 시 외부 시야는 아래 Figure 2와 같이 차량 구조물에 의한 외부 시야 방해가 거의 없음을 알 수 있다.



Figure 2. Front vision when keep straight

우회전 시 외부 시야는 아래 Figure 3과 같이 차량 구조물에 의한 시야 방해가 적음을 알 수 있다.

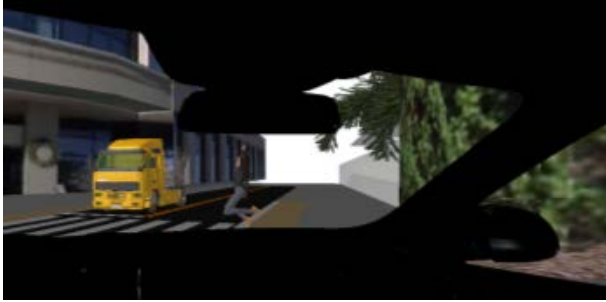


Figure 3. Front vision when turn right.

좌회전 시 외부 시야는 아래 Figure 4와 같다.



Figure 4. Front vision when turn left.

좌회전 시에는 A-Pillar와 Outside Mirror에 의해 타 차량과 보행자가 가리게 되어 시야 방해가 많이 발생됨을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 시야 방해가 가장 많이 발생하는 좌회전 상황에서 차량의 외부 시야 방해요인을 분석해 보고자 한다.

2-3. Vision analyze by weight (Scholly Method)

운전자 시선 영역은 아래 Figure 5와 Figure 6과 같이 눈의 수직 및 수평 방향의 눈 운동 범위에 따라, 주 시계 영역과 보조시계 영역으로 나뉜다. 수직 방향의 3개 영역과 수평 방향의 3개 영역을 조합하면 총 9개의 시계영역이 생성된다.

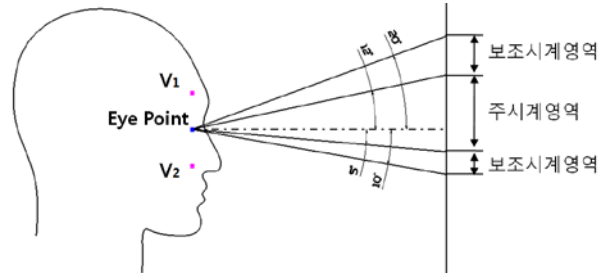


Figure 5. Eye moving range (Vertical direction)

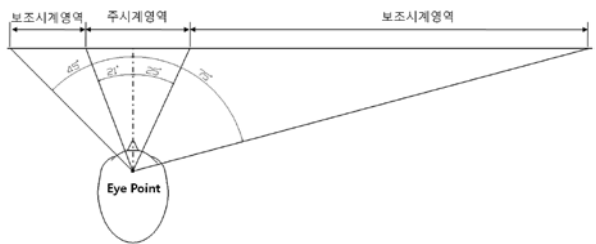


Figure 6. Eye moving range (Horizontal direction)

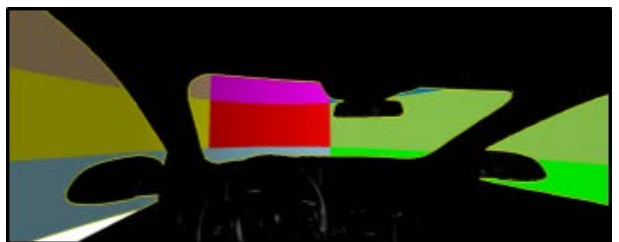
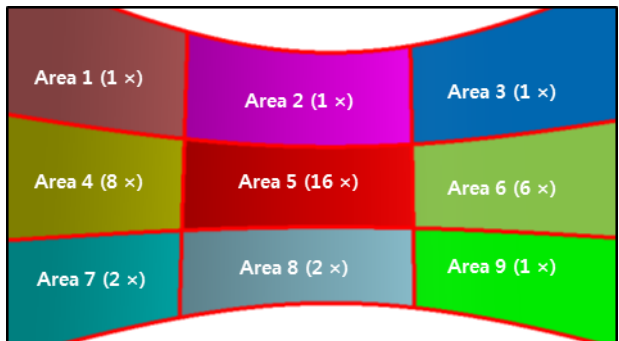
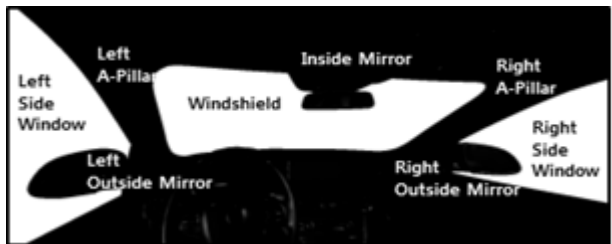


Figure 7. Driver's front vision area and weight

Daimler Benz사의 Uuv Scholly는 위 Figure 7과 같이 차량 주행상황에서 운전자 시선의 움직임 분석하였고, 이를 통해 주 시계 및 보조시계영역에 대한 각도 기준을 설정하고 9개의 영역별 시계 가중치를 부여하였다.

이에 근거하여 평가 차종들의 Grade를 고려하여 시계 각도 기준과 시계 가중치를 설정하였다. 참고로 영역별 시계 가중치는 아래 Figure 7의 중간부 그림의 괄호 내 수치를 가지며, Area 4는 8배수, Area 7은 2배수의 가중치 가진다는 것을 의미한다.

앞서 언급한 좌회전 시 운전자 시야를 가리는 주요 항목은 Left A-Pillar와 Left Outside Mirror로, 외부 시야에 있어 가림 영역은 아래 Figure 8과 같이 주로 Area 4와 Area 7에 집중됨을 알 수 있다.

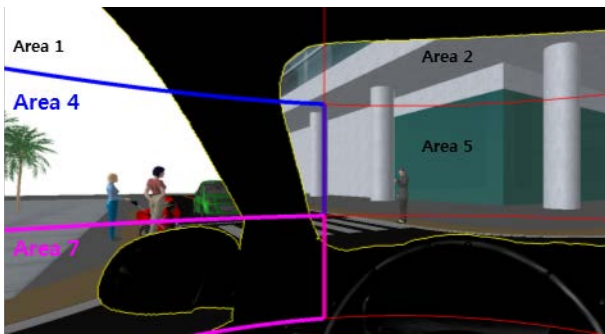


Figure 8. Main obstruction area when turn left

가중치가 16배수로 가장 높은 Area 5는 대다수 차량들에서 가림이 발생되지 않아 변별력이 없었고, Area 1과 Area 2는 타 차량 및 보행자와 시야 방해가 없었으며, Area 8도 좌회전 시 영향이 미미하였다.

3. Analyze

평가 차종으로 SUV 6차종을 선정하였으며, 이들 차종들에 대하여 VR Simulation 및 가중치 적용을 통한 시계분석을 수행하였다.

우선 VR Simulation을 통하여 Driver Front Visibility를 확인한 결과 좌회전 조건에서 좌측 하단 영역이 외부 시계 가림의 문제 영역임을 확인하였고, 가중치 분석 시 좌회전 시 Area 4와 Area 7에 대한 가중치 분석을 시행하였다.

3-1. Test vehicle selection

평가 대상 차종은 중형 SUV 4차종과 소형 SUV 2차종을 선정하였으며, 차종 별 외부 시야 결과는 Figure 9 ~ Figure 14와 같다

참고로 중형 SUV A ~ D 4차종은 전장 4700mm 이상, 전폭 1900mm 이상, 전고 1750mm 이상으로 선정하였으며, 소형 SUV E ~ F 2차종은 전장 4550mm 이하, 전폭 1850mm 이하, 전고 1700 이하로 선정하였다.

3-2. VR Simulation result

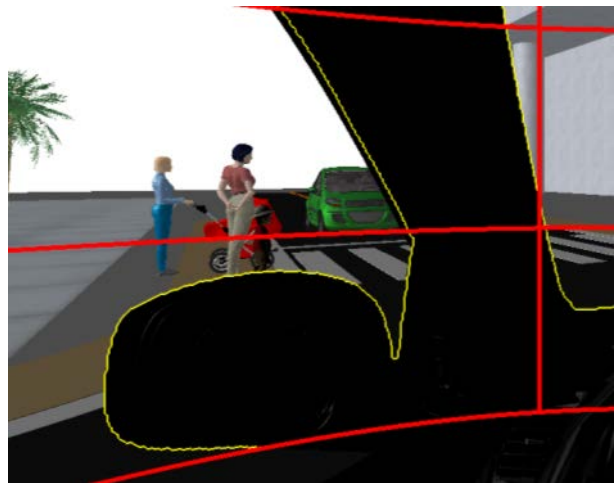


Figure 9. Front vision when turn left - Vehicle A

위 Figure 9의 차종 A는 하방 시계가 양호하여 지면은 잘 보이나, A-Pillar가 전체적으로 크게 보이고, Outside Mirror를 사각형태로 크게 만들었기에, 외부 시야가 좋지 않을 것으로 보인다.

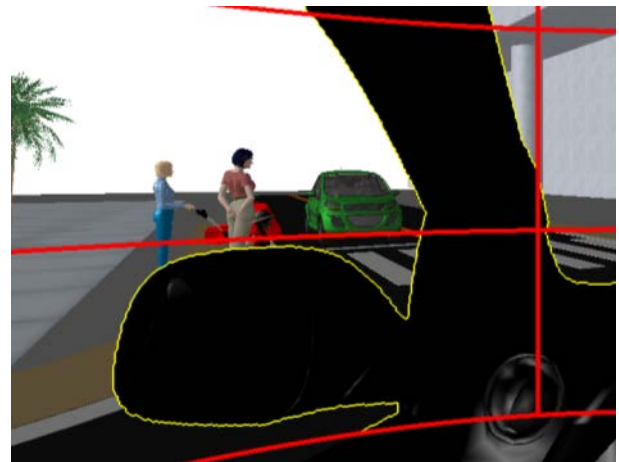


Figure 10. Front vision when turn left - Vehicle B

위 Figure 10의 차종 B는 높은 전고에 비해 하방 시계는 보통 수준으로, Outside Mirror가 사각이지만 목 부위 형상을 Slim하게 만들고 Door Belt Line에서 근접시켰으며, A-Pillar를 전체적으로 작게 보이게 하여, 외부 시야가 좋을 것으로 보인다.

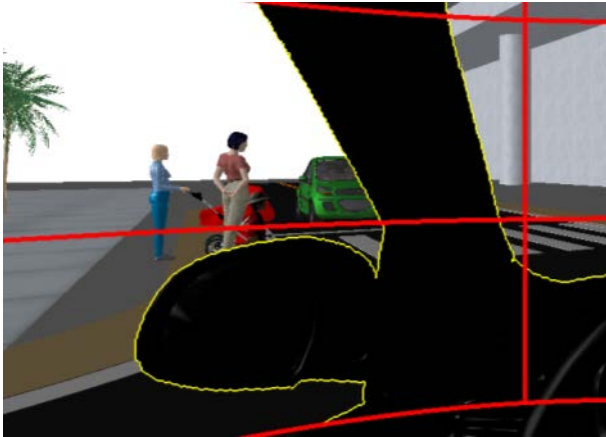


Figure 11. Front vision when turn left - Vehicle C

위 Figure 11의 차종 C는 하방 시계는 보통 수준이며, A-Pillar가 전체적으로 작게 보이고, Outside Mirror는 Slim한 형상으로 만들어졌기에, 외부 시야가 가장 좋을 것으로 보인다.

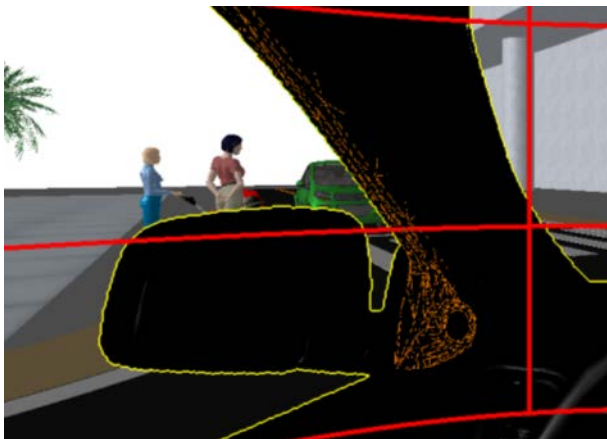


Figure 12. Front vision when turn left - Vehicle D

위 Figure 12의 차종 D는 높은 전고에 비해, Outside Mirror가 사각형태이면서 Door Belt Line에서 높게 위치되어 하방 시계가 좋지 않으며, A-Pillar가 전체적으로 크게 보여서, 외부 시야가 가장 나쁠 것으로 보인다.

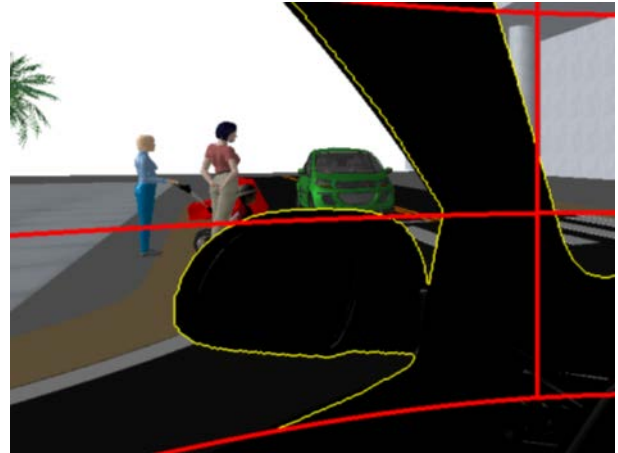


Figure 13. Front vision when turn left - Vehicle E

위 Figure 13의 차종 E는 전고가 낮지만 Outside Mirror가 Door Belt Line에서 높게 위치되어 하방 시계가 좋지 않으며, A-Pillar의 상부가 크게 보이기에, 외부 시야가 좋지 않을 것으로 보인다.

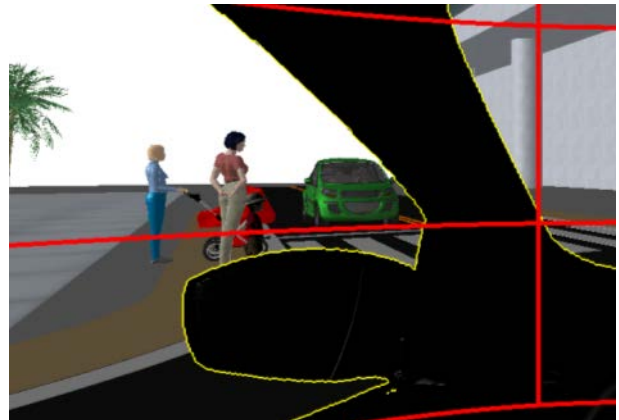


Figure 14. Front vision when turn left - Vehicle F

위 Figure 14의 차종 F는 낮은 전고와 함께 하방 시계가 양호하여 지면이 잘 보이며, A-Pillar의 상부가 크게 보이고, Outside Mirror는 Slim한 형상으로 Door Belt Line에서 근접하여, 전반적인 외부 시야가 좋을 것으로 보인다.

3-3. Result of weight vision analyze

3-3-1. Visible area analyze result without weight

아래 Table 1은 차종 별로 Area 4와 Area 7의 가시 면적, 가시 면적의 합계와 가시 영역이 좋은 순위를 보여주고 있다.

Table 1. Vehicle's visible Area

차종	Area 4 가시 면적(m ²)	Area 7 가시 면적(m ²)	가시 면적 합계 (m ²)	순위
A	0.826	0.439	1.265	5
B	0.909	0.449	1.358	4
C	0.892	0.518	1.41	3
D	0.754	0.426	1.18	6
E	0.862	0.554	1.416	1
F	0.866	0.545	1.411	2

위 결과는 면적 별 가중치를 부여치 않고, 단 순히 가시 면적만을 계산한 것으로, 차종 E와 F의 순서로 외부 시야가 좋으며, 차종 D와 A의 순서로 외부 시야가 안 좋은 것으로 나타났다.

3-3-2. Visible area analyze result with weight

아래 Table 2는 차종 별로 Area 4와 Area 7의 가중치를 고려한 가시 면적 합계와 순위를 보여주고 있다.

Table 2. Vehicle's visible Area with weight

차종	Area 4 (8배) 가시 면적(m ²)	Area 7 (2배) 가시 면적(m ²)	가시 면적 합계 (m ²)	순위
A	6.608	0.878	7.486	5
B	7.272	0.898	8.170	2
C	7.136	1.036	8.172	1
D	6.032	0.852	6.884	6
E	6.896	1.108	8.004	4
F	6.928	1.090	8.018	3

위 결과는 면적 별 가중치를 부여 후 그 합계를 계산한 것으로, 차종 C와 B의 순서로 외부 시야가 좋으며, 차종 D와 A의 순서로 외부 시야가 안 좋은 것으로 나타났다.

앞서 Table 1의 결과와 비교해 보면 차종 D와 A는 외부 시야 결과가 동일하게 가장 안 좋은 순서였으나, 가장 좋은 순서는 차종 E와 F에서 차종 C와 B로 바뀌었다.

순서가 바뀐 이유는 C와 B 차종의 Area 4와 Area 7 영역에서의 Outside Mirror와 A-Pillar의 가림량이 가장 작게 나왔기 때문이다.

차종 D와 A의 외부 시야가 안 좋은 원인은 Outside Mirror가 사각형태이면서 Door Belt Line에서 높게 위치가 되었고 A-Pillar 또한 전체적으로 크고 운전자와 가깝게 배치되었기 때문이다.

반대로 차종 C는 Outside Mirror를 Slim하게 만들었고 Door Belt Line에서 근접하게 위치시켰고

A-Pillar 또한 전체적으로 Slim 하면서 운전자와 멀게 배치하였기 때문에 외부 시야가 가장 좋게 나왔다.

추가적으로 SgRP와 Mirror 간의 높이를 작게 가져 가고, Mirror Size에 맞춰 Housing 두께도 작게 하면 외부 시야가 추가적으로 개선되는 것으로 분석되었다

3-4. Analyze result of vehicle dimension related with vision

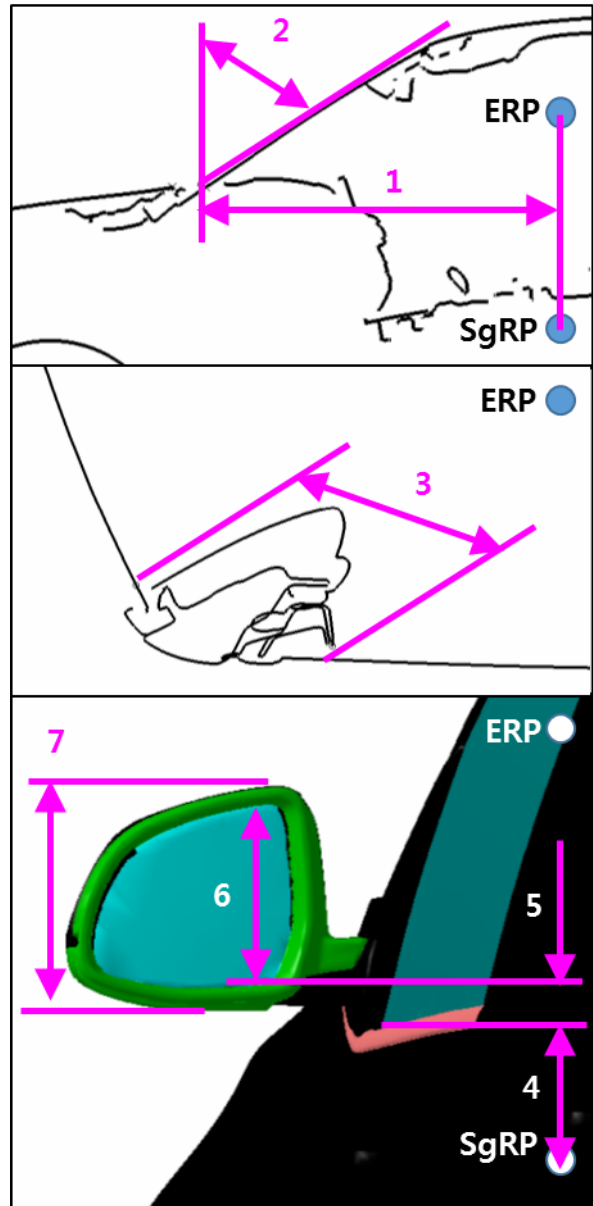


Figure 15. Key obstruction factors in front area.

Table 3. Key obstruction factors in front area.

No	1	2	3	4	5	6	7 - 6	8
항목	ERP~ Cowl PT 수평거리	W/SHLD 측면 기울기	"A" PLR 두께	SgRP~ D/Belt 높이	D/Belt~ Mirror 하단높이	Mirror 높이	Mirror HSG 두께	차폭
A	990	53.7°	190	350	9	151	29	1900
B	1100	55.1°	180	360	6	175	16	1950
C	1130	56.2°	180	350	37	143	29	1940
D	1150	58.8°	220	400	26	151	29	1920
E	1150	58.5°	150	390	25	139	31	1830
F	1300	60.6°	220	380	13	132	18	1840

가중치 분석법의 타당성을 입증하기 위하여 차종별로 전방 외부 시야성에 영향을 미치는 주요 설계인자들의 Vehicle Dimension을 위 Figure 15와 Table 3과 같이 정리하였다.

Table3을 통한 전방 외부 시야성을 개선하기 위한 인자 분석 결과는 아래와 같다.

- 1) ERP ~ A-Pillar간 거리 증대
 - ① ERP ~ Cowl Point간 거리 증대
 - ② Windshield 경사각 축소
- 2) A-Pillar 두께 축소
 - ① A-Pillar의 주 구성 요소인 Side Outer Panel의 두께 축소와 Hot Press Forming 공법 적용
 - ② A-Pillar Inner Panel과 A-Pillar Trim간 두께 및 형상 최적화
 - ③ Windshield Glass의 Ceramic Black Coating 두께 최소화
- 3) Outside Mirror 장착 높이 최소화
 - ① Ground ~ SgRP간 높이 최소화
 - ② SgRP ~ Door Belt간 높이 최소화
 - ③ Door Belt ~ Mirror간 하부 높이 최소화
- 4) Mirror 크기 최소화
 - ① 차폭 또는 지상고가 작아지면 Mirror 높이를 작게 가져갈 수 있지만, Outside Mirror 범규 영역을 충족해야 한다.
 - ② ERP ~ Mirror간 거리 축소 시 Mirror 범규 영역의 충족량은 확대되나, 위의 1)의 내용과 상충되므로 최적화 필요
 - ③ Mirror 상단부는 범규 영역 충족하는 범위 내에서 최대한 경사지게 Slim화
 - ④ Mirror Size대비 Housing 크기 최소화
 - ⑤ Mirror Neck 부위 Slim화

따라서, 위 인자 분석 결과와 가중치를 고려한 가시영역 분석 결과가 유사성을 가지는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 차종 A와 D가 외부 시야가 안 좋은 이유와, 차종 B와 C가 외부 시야가 우수한 이유를 입증할 수 있었다.

3-5. Improvement through VR and Vision factor analysis

VR과 인자 분석결과를 통해 도출된 개선방안에 대한 유효성을 검증하기 위하여 가림 영역이 안 좋게 나온 중형 SUV급인 A Model을 이용하여, 아래 Table 4. 와 같이 1번과 3번 인자 값을 개선하여 Test Model을 생성하였다.

Table 4. Vehicle's key factor values

No	1	2	4	5	6	7 - 6	8	
항목	ERP~ Cowl PT 수평거리	W/SHLD 측면 기울기	"A" PLR 두께	SgRP~ D/Belt 높이	D/Belt~ Mirror 하단높이	Mirror 높이	Mirror HSG 두께	차폭
A	990	53.7°	190	350	9	151	29	1900
Test	1150	↑	150	↑	↑	↑	↑	↑
B	1100	55.1°	180	360	6	175	16	1950
C	1130	56.2°	180	350	37	143	29	1940
D	1150	58.8°	220	400	26	151	29	1920
E	1150	58.5°	150	390	25	139	31	1830
F	1300	60.6°	220	380	13	132	18	1840

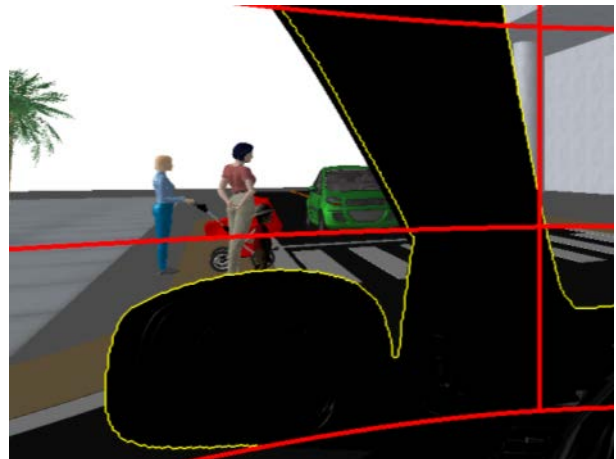


Figure 16. Front vision when turn left - Vehicle A

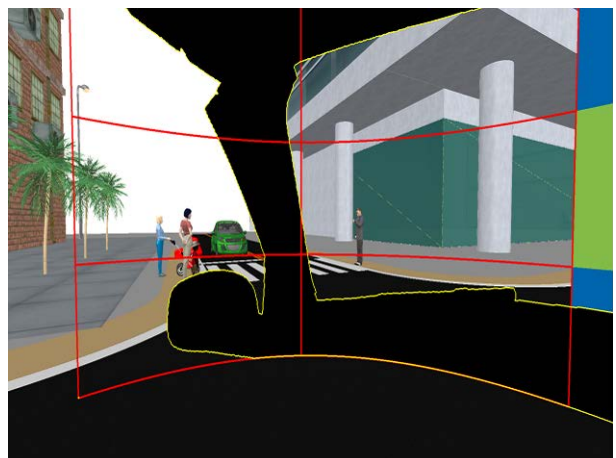


Figure 17. Front vision when turn left - Test Model

위 Figure 16의 기존 A Model가 Figure 17의 Test Model과 같이 시야 가림 현상이 많이 개선됨을 알 수 있다. Test Model의 Area 4와 Area 7의 가중치를 고려한 가시 면적 합계를 산출해 본 결과는 Table 5. 와 같으며, 전체 순위가 1위가 되었음을 알 수 있다.

Table 5. Analyze result of test model visible area

차종	Area 4 (8배) 가시 면적(m ²)	Area 7 (2배) 가시 면적(m ²)	가시 면적 합계 (m ²)	순위
A	6.608	0.878	7.486	6
Test	7.280	1.132	8.412	1
B	7.272	0.898	8.170	3
C	7.136	1.036	8.172	2
D	6.032	0.852	6.884	7
E	6.896	1.108	8.004	5
F	6.928	1.090	8.018	4

추가적으로 A Model의 Mirror Housing 두께도 줄여주면 시야가 일부 좋아지며, 그 외 나머지 인자 값들은 이미 최적화되어 개선 효과가 나타나지 않았다.

4. Results

VR Simulation 및 가중치를 이용한 운전자 시계 평가를 통하여 운전자 시야 방해 요인을 분석한 연구 결과를 다음과 같이 정리해 보았다.

- 1) 실차에서의 법규 평가방법과 동일한 방법으로 다양한 차종들에 대한 주행 시뮬레이션을 구현할 수 있었으며, 이를 통해 운전자 외부 시야 방해 수준을 확인할 수 있었다.
- 2) 가시 영역에 대한 면적 계산법과 Scholly Method 기법의 가중치 부여를 통한 면적 계산법을 이용하여 운전자 외부 시야를 향상시킬 수 있는 방안을 도출할 수 있었다.
- 3) 차량 회전 시 시야 방해 요소에 대한 세부 인자들의 제원 분석을 통해, 시야 개선을 위한 핵심 인자를 선정할 수 있게 되었다.
- 4) 연구된 결과를 기반으로 기존 차량들의 전방 외부에 대한 시야성을 분석할 수 있는 방안을 정립하였으며, 신규 개발되는 차종에 대해서도 최적의 전방 외부 시야성을 확보할 수 있는 방안을 제시할 수 있게 되었다.

5. Application

본 연구 결과는 법규에 의한 시야성 검증방법을 이용하였기에 VR 결과 또한 동일하다. 따라서, 실차 평가시에도 동일한 결과를 예측할 수 있겠지만, 실제 도로 주행 상황에서는 추가적인 변수가 발생할 수 있기에 후속적으로 실차 주행을 통한 외부 시야성을 검증할 예정이다.

추가적인 연계 과제로 실내 조명류에 대한 Outside Mirror 시야 가림 해소 방안과 해당 부품별 중요도 및 민감도를 추가적으로 분석하여, 운전자 전방 시야성 개선에 관한 종합 분석 프로세스를 정립할 것이다.

References

- SAE J985. "Vision Factors Considerations in Rearview Mirror Design", 2002
- Seung Woo Shin, "Development of a Visibility Evaluation System", 2004.
- RAMSIS User Conference 2009, DAIMLER, "New Possibilities for Ergonomic Investigations.", 2009
- RAMSIS User Conference 2009, Michael Gabelsberger, "Replication and analysis of vignettes and on-board units.", 2009
- Sang Yeol Seo, "The Role of Ergonomics in the Vehicle Development Stage", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 29, No. 1 pp. 1-10, February 2010.
- Nam Han Kim, "Mirror of outside detail drawing guide", 2011.
- Jeong Yun Kwak, "The study for improving "A" pillar obstruction angle", 2011.
- RAMSIS User Conference 2012, Wolfram Remlinger, "The full story for RAMSIS cognitive", 2012
- Chang Min Lee, "The research of forward visibility openness evaluation method for SUV", 2013.
- Byoung Il Ko, "A Study on Optimization of Outside Rear View Mirror Size", 2014.
- Chang Min Lee, "The research of forward visibility openness evaluation method for SUV", 2013.
- RAMSIS User Conference 2014, Adam Opel AG, "Driver centered criteria for outward visibility evaluation in passenger vehicles", 2014.