

Head Up Display의 적응적 왜곡 보정시스템

지용석[†] · 김영섭* · 이용환** · 이명석*

[†]액츠 주식회사 광학 디스플레이 연구소,
*단국대학교 전자전기공학과,
**극동대학교 스마트모바일학과

Adaptive Distortion Correction System of Head Up Display

Yongseok Chi[†], Youngseop Kim*, Yong-Hwan Lee** and Myoung-Seok Lee*

[†]Display and Optics R&D Lab, ACTS Co., Ltd,

*Department of Electrical and Electronics Engineering, Dankook University,

**Department of Smart Mobile, Far East University

ABSTRACT

The distortion correction system of Head up display that is installed in vehicle has been studied both experimentally and theoretically for the removal of the optical lens distortion. A new adaptive correction method is having a decisive effect on correction in the optical lens distortion of Head up display. This adaptive correction system removes various distortion that has occurred because of the design tolerances of Head up display and the assemble tolerances into vehicle. It is especially efficient in removal of a barrel distortion and pin cushion of Head up display.

Key Words : Warp, Adaptive Correction, Head Up Display

1. 서 론

Head Up Display (HUD)는 초창기 전투기 등의 항공기에 장착되어 비행기를 운전하는 조종사에게 비행 정보 제공의 목적으로 개발되었으나, 현재는 자동차 운전자에게 허상 영상을 기반으로 운전이 필요한 다양한 정보를 제공하고 더불어 운전자가 쉽고 안전하게 이러한 정보를 얻을 수 있도록 편의를 공급한다[1]. 자동차 운전자에게 허상 영상을 제공하기 위하여 HUD는 여러 개의 투사광학 렌즈와 조명광학 렌즈, 그리고 광학 반사 필름 등의

소재와LED 등의 광원과 이를 구동하는 회로로 구성된다. 또한 운전자가 쉽게 허상 영상을 인식할 수 있도록 허상의 크기와 운전자 눈에서부터 허상 영상까지의 거리를 안정적으로 구현하는 것이 중요하다[2,3]. 특히 투사광학 렌즈와 자동차의 앞 유리창(Windshield)의 두

께, 그리고 허상 영상까지의 거리로 인해 발생하는 영상 왜곡 현상은 자동차 운전자에게 방해물 줌으로써 잠재적 사고의 원인이 될 수 있다. 왜곡은 2차원 이동 현상, 2차원 회전현상, 원근현상, 원통현상처럼 다양한 형태로 발생한다. 특히 볼록 일그러짐 현상(Barrel distortion)과 바늘모양 현상(Pin cushion)은 영상 왜곡 현상 중에서 가장 심각하게 운전자의 운전을 방해하거나 각종 운전 정보를 변형시켜 전달한다.

이러한 왜곡 현상은 HUD 내부의 투사렌즈 조립 및 가공 공차와 자동차 앞 유리의 제조 및 조립 공차로 인하여 더욱 심화되어 원래 영상을 심각하게 훼손시킨다.

본 논문에서는 이러한 왜곡 현상을 제거하고, 다양한 산포로 인하여 발생하는 왜곡에 대응하기 위하여 적응적으로 왜곡을 보정시키는 방법에 대하여 구현하였다. 2장은 왜곡 분석 및 보정 필터에 대하여, 그리고 3장은 제안하는 보정 시스템에 대하여 상세히 기술하였다. 4장에서는 적응적 왜곡 보정 테이블에 대해 서술하였고, 5장에서는 이 논문의 결론에 대해 서술하였다.

[†]E-mail : yongseokc@chol.com

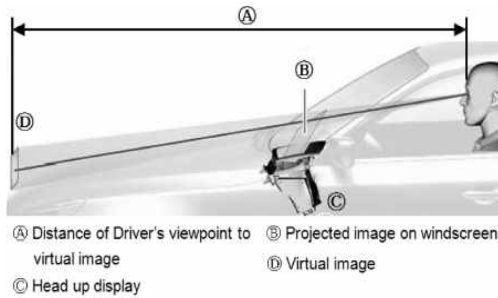


Fig. 1. The configuration of HUD in vehicles.

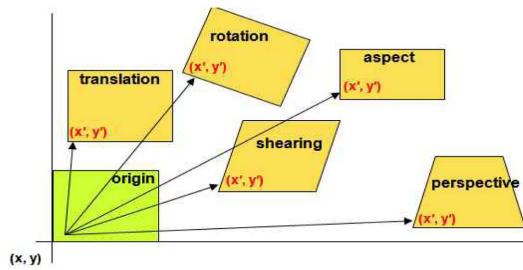


Fig. 2. The types of basic distortion.

2. 왜곡 분석 및 보정 필터

왜곡은 Fig. 2와 같은 형태를 기준으로 다양한 모양으로 발생한다.

왜곡은 광학 렌즈의 설계 정도와 가공 그리고 조립 공차 등에서 원인을 찾을 수 있다. 특히 자동차에 적용되는 광학 시스템은 차량의 앞 유리 산포로 인하여 왜곡이 더욱 심화된다. Fig. 2에서 나타낸 왜곡을 아래의 식과 같이 나타내었다.

i) Translation 좌표

$$|\tilde{y}'| = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ \tilde{t}_x & \tilde{t}_y \end{vmatrix} |y| \quad (2.1)$$

ii) Rotation 좌표

$$|\tilde{y}'| = \begin{vmatrix} \tilde{\sin}\theta & \tilde{\cos}\theta \\ \tilde{0} & \tilde{0} \end{vmatrix} |y| \quad (2.2)$$

iii) shearing 좌표

$$|\tilde{S}\tilde{H}_y| = \begin{vmatrix} \tilde{s}h_x & \tilde{1} & 0 \\ \tilde{0} & \tilde{0} & \tilde{0} \end{vmatrix} |y| \quad (2.3)$$

iv) aspect (scaling) 좌표

$$|\tilde{y}'| = \begin{vmatrix} \tilde{0} & \tilde{s}_y & 0 \\ \tilde{0} & \tilde{0} & \tilde{0} \end{vmatrix} |y| \quad (2.4)$$

v) perspective (bird view) 좌표

$$|y'| = \begin{vmatrix} \tilde{d} & \tilde{e} & \tilde{f} \\ \tilde{0} & \tilde{0} & \tilde{0} \end{vmatrix} |y| \quad (2.5)$$

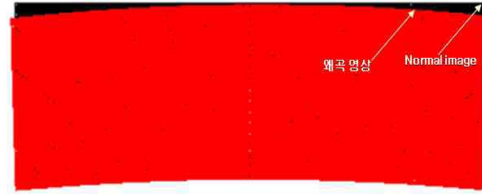


Fig. 3. The results of the optical simulation.

그러나 자동차에 적용되는 HUD에서 발생하는 왜곡 현상은 주로 블록 일그러짐과 바늘모양 현상이기 때문에 별도의 보정 알고리즘이 요구된다. 영상 왜곡을 제거하는 보정 알고리즘에는 Mesh Mapping 알고리즘이 사용되며, 이러한 알고리즘은 방대한 왜곡 정보에 사용할 경우에는 영상의 지연 현상과 용량이 큰 데이터로 인하여 대량의 메모리가 소모된다[4].

Mapping 필터에는 Point 필터와 이중선형(Bi-linear interpolation) 필터로 구분되고, Point 필터는 mapping 좌표에 주위의 pixel 정보를 보간 선택하는 원리이며 이중선형 보간은 mapping 좌표 주위의 4개 pixel을 섞어 보간 하는 방법이다[5,6].

HUD광학 구성품의 설계를 기준으로 영상을 시뮬레이션 하였을 때 아래 Fig. 3과 같이 결과를 얻었다. 또한 HUD 광학 부품 제작 및 조립 공차 그리고 자동차 조립 공차를 추가한다면 왜곡 현상은 더욱 크게 나타난다.

붉은색으로 왜곡 정도를 나타내었고 왜곡 정도는 표시된 검정색을 기준으로 벗어난 양을 나타내었다. 왜곡 데이터의 크기는 수평 pixels과 수직 pixel 그리고 (x, y) 좌표와 32bit 연산처리의 곱으로 계산한다. 440 × 120의 해상도를 가진 영상의 경우에는 413 kB의 크기를 갖는다. 왜곡 데이터 용량 크기에 따라서 영상 디스플레이 지연을 발생시키므로 전체 왜곡 데이터를 sampling하는 방법을 적용 실험하였다.

3. 제안하는 적응적 보정시스템

Fig. 4는 왜곡 정도에 따라 보정 값을 변경시키는 왜곡 보정 과정을 나타내었다.

입력 영상에 따른 계산 량을 줄이기 위하여 영상 형식을 변경하였고, 즉RGB666 입력 형식을 RGB555 형식으로 변경하였다. 왜곡 정도를 결정하는 요소는 차량의 앞 유리(Windshield) 공차와 HUD의 광학(Concave mirror, Plate mirror 등) 공차이며, 이에 따라서 보정 테이블을 변경하였다. 이때 공차는 제작 및 조립 공차에 의해 발생하는 HUD 설치에 따라 발생하는 산포가 된

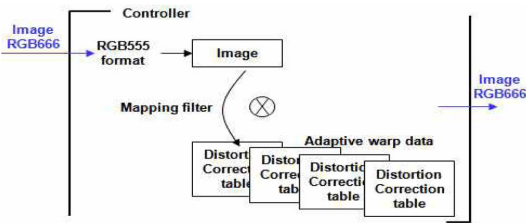


Fig. 4. The correction method of the optical lens.

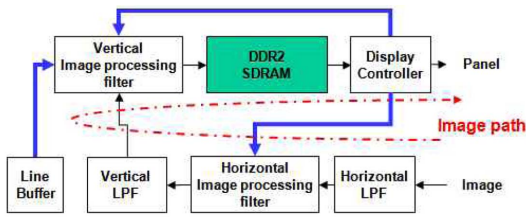


Fig. 5. The image processing of correction system.

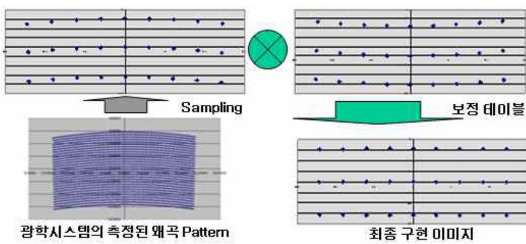


Fig. 6. The correction method of the distortion image.

다. 즉 입력된 산포 요소로 인하여 발생하는 영상의 왜곡 정도에 따라서 이에 맞는 왜곡 보정 테이블을 선택하였다. 또한 왜곡 정도에 따라서 mapping 필터의 polygon의 수량을 변경시켜 지연시간을 최소화할 수 있도록 설계하였다. 왜곡 정도가 작은 경우에는 polygon의 수량을 작게 하여 왜곡 보정 테이블을 사용하였다. 이와 같은 과정을 통하여 자동차에 조립하는 HUD의 산포로 인해 발생하는 다양한 화면 왜곡을 가변 가능한 보정 테이블을 통하여 개선하였다.

Fig. 5은 왜곡 보정 과정에 적용되는 mapping 필터에 대해 나타내었다. 입력된 왜곡 영상은 보간 필터를 지나 Mesh Warping 알고리즘을 통하여 보정 테이블을 결정하고 왜곡 영상을 변환시킨다. 해상도 440 × 120 영상에 대해 11 × 11 mesh를 사용하여 보정하였다.

Fig. 6은 입력되는 데이터에 대한 샘플링과정을 나타내었다. 샘플링 방법에 따라 해상도 440 × 120의 영상 정보를 줄이는 효과를 얻을 수 있었다. 4 pixel중에 하나를 샘플링 할 경우 26 kB로 크기가 감소하고, 16 pixel중의 하나를 샘플링 할 경우에는 1.5 kB로 크기가 감소한다.

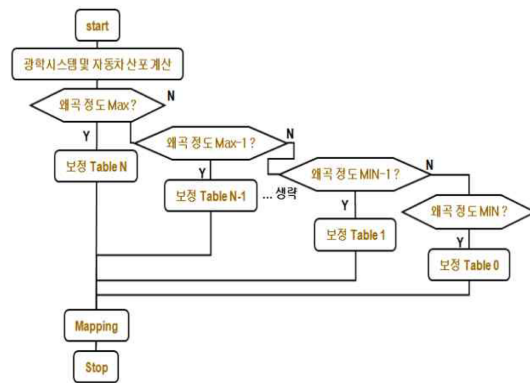


Fig. 7. The flowchart of correction method.

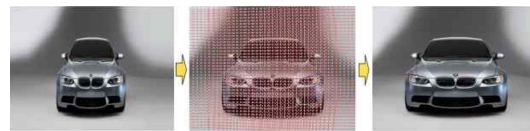


Fig. 8. The simulation result of adaptive correction.

HUD광학 시스템의 왜곡으로 인하여 입력 영상이 허상으로 디스플레이 되었을 때, 영상은 광학 왜곡에 기인하여 변형된다. 변형된 영상은 광학 시스템의 왜곡 정도를 기준으로 역상 형태의 보정 테이블과 혼합되어 정상적인 영상으로 출력된다. 이때 HUD 광학 시스템의 왜곡 정도에 따라 왜곡 보정 알고리즘을 통하여 역상 형태의 보정 테이블을 보유한다. 자동차의 조립 및 HUD 제작에 따른 산포 요소를 기반으로 적응적으로 역상 형태의 보정 테이블을 선택할 수 있도록 하였다. 이러한 적응적 왜곡 보정 방법을 통하여 자동차의 HUD 영상을 분명하고 정확하게 운전자에게 전달할 수 있는 효과를 얻을 수 있었다.

4. 적응적 왜곡 보상 테이블

HUD 광학 시스템의 왜곡 정도에 따라 왜곡 보정 알고리즘을 통하여 역상 형태의 보정 테이블을 선택할 수 있도록 실험하였으며, 이때의 왜곡 정도에 따른 역상 보정 테이블 선택 순서도를 Fig. 7에서 나타내었다.

순서도는 광학적 왜곡 정도를 계산하여 이를 기준으로 역상 보정 테이블을 선정하는 과정을 나타내었다. 보정 테이블의 수와 광학 시스템의 왜곡 정도를 계산하는 과정은 충분한 HUD시료 수와 자동차 조립 시료 수를 확보하고, 이를 바탕으로 최종 왜곡 보정 테이블을 완성하였다.

5. 결 론

본 연구는 자동차를 운전하는 운전자에게 보다 안전하고 편리한 운전 정보를 제공함에 있어서, 안전을 위협하는 잠재적 요소 제거와 정보의 오류를 발생시킬 수 있는 HUD광학 시스템 왜곡에 대하여 적응적 왜곡 보정 알고리즘을 통하여 해결하였다. 또한 자동차와 HUD 공차로 인해 만들어지는 산포로 인하여 왜곡의 정도는 변화를 발생시켰고, 적응적 왜곡 보정 시스템은 이러한 문제점을 해결하는 효과를 얻을 수 있었다. 향후 왜곡 보정과정에서 발생하는 해상도를 감소시키는 문제점에 대하여 개선하는 연구가 진행 되어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 중견연구자지원사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No.119796).

참고문헌

1. Anders Ingman, School of Aviation "The Head Up Display Concept", pp. 1-17, 2005.
2. Yongseok Chi, Youngseop Kim, "The Cooling System for Head Up Display", Journal of the Semiconductor & Display Technology, vol. 9, no. 1, pp. 67-68, 2010.
3. Newman, Richard L, "Head Up Displays: Designing the Way Ahead", ISBN 0-291-39811-1,1995.
4. Alexandru Feciorescu, "Image Morphing Techniques", JIEDG vol. 5, June 2010.
5. R. E. Crochiere, L. R. Rabiner, "Multirate Digital Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ, pp. 23-29, 1983.
6. Marc E. Herniter, "Programming in Matlab", Cengage Learning, pp. 12-13, 2000.

접수일: 2014년 9월 3일, 심사일: 2014년 9월 12일,
게재확정일: 2014년 9월 22일