Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (2011) 17(1):12-16
DOI:10.5302/J.ICROS.2011.17.1.12 ISSN:1976-5622 eISSN:2233-4335

차량용 HUD를 위한 3차원 정보표시의 방법

The Method of 3D Information Display for Automobile HUD

류 지 형, 최 성 원, 이 창 구*
(Ji-Hyoung Ryu[1], Sung-Won Choi[1], and Chang-Goo Lee[1])
[1]Chonbuk National University

Abstract: Most car accidents occur when the driver does not look at the lane. Specially When the driver needs to find the path through the navigation, the driver have to look the other site. The number of such accidents can be prevented, if the driver receives the information without gazing other spot during the car is running. HUD (Head-Up Display) Technology, developed for enhancing the combat effectiveness and pilot's visibility in fighter, is applied to luxury cars for the safe operation of the driver. In recent years, the simple speed, lubrication status etc., as well as navigation information also shows through HUD. HUD is expected to increase in the future. But these HUD show the information elsewhere in the driver's eye focus. It is necessary to focus on the windshield for a few msec to check the information. In this paper, Introduced method display the HUD information in 3D as well as in similar distance the driver's eye focus so that the driver can operate the car more safely.

Keywords: head-up display, automobile, HUD, 3D

I. 서론

대부분의 교통사고는 운전자의 부주의한 핸들 조작에 의해 일어난다. 이러한 사고들은 운전자가 전방을 바라보지 않고 눈을 감고 있거나 다른 곳에 시선을 둔 상황에서 많이 발생하였다. 따라서 운전중에 운전자의 시선이 분산되지 않게 하는 기술의 필요성이 대두되었다.

항공분야에서 요구되는 시각적 한계 극복을 위해 개발된 HUD (Head-Up Display, 전방시현장치)기술은 조종사의 시계(視界)확보에 도움을 주며 조종사가 계기판(클러스터)을 바라보는 수 초 동안 발생할 위험한 상황을 방지하는데 기여하고 있다[1].

이러한 HUD 기술은 근래에 고급 승용차에서도 적용되어 차량의 상태(속도, 주유상태)는 물론 라디오 주파수, Night Vision 등 여러 정보를 차량의 Windshield에 표시하여 운전자의 안전운행에 도움을 주고 있다.

또한, 최근에는 이러한 정보 이외에 그림 1과 같이 네비게이션 정보를 표시하는 등 앞으로 HUD의 쓰임이 더욱 늘어날 전망이다[1]. 그러나 이러한 HUD 역시 운전자가 응시하는 눈의 초점과 다른 곳에 상이 맺힐 경우 정보 확인을 위해 수십 msec 동안은 다른 곳을 응시해야 하는 단점이 있다[2].

운전자 눈의 초점은 주로 차량의 속도와 관계가 있다. 차량의 속도가 느릴 때에는 초점이 차량과 가까운 곳에 위치하고, 차량의 속도가 빠를 때에는 차량과 먼 곳에 초점이 위치한다[2]. 또한, 네비게이션 정보의 경우 역시 고정된 위치에 표시하는 것 보다 안내 위치와 운전자 눈의 초점을 고려하여 표시하게 된다면 사용자가 알아보는데 더욱 편리할 것이다.

본 논문에서는 운전자가 응시하는 초점과 비슷한 거리에서 정보를 확인할 수 있도록 사용자의 주행상태에 따라 주행정보를 3차원으로 표현하여 더욱더 사용자의 시선이 분산되지 않도록 하는 HUD 표시방법을 제시하고 그 우수성을 검증하였다.

II. 차량용 HUD

HUD는 운전자의 시선과 눈의 초점, 수렴거리를 크게 변화시키지 않으면서 차량의 상태, 속도, 안전표지, 방향 안내 등을 운전자에게 제공하여 눈의 피로를 줄이고 시선 이동시에 발생할 수 있는 돌발사고의 위험을 감소시키는 장치이다[5]. 최근에는 LCD 기술의 발달과 차량의 편의사항에 대한 사용자의 관심이 증대함에 따라 이러한 HUD의 차량 장착요구가 늘고 있다.

그림 1. 차량에 적용된 HUD.
Fig. 1. The HUD applied for the car.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수: 2010. 11. 25., 수정: 2010. 11. 26., 채택확정: 2010. 12. 23.
류지형, 최성원, 이창구: 전북대학교 전자공학부
(lovesure@hanmail.net/mypyres@naver.com/changgoo@jbnu.ac.kr)
※ 상기 논문은 제어 · 로봇 · 시스템학회 전북 제주지부와 전남 광주 지부와의 합동학술대회에서 초안이 발표되었음.

Copyright© ICROS 2011

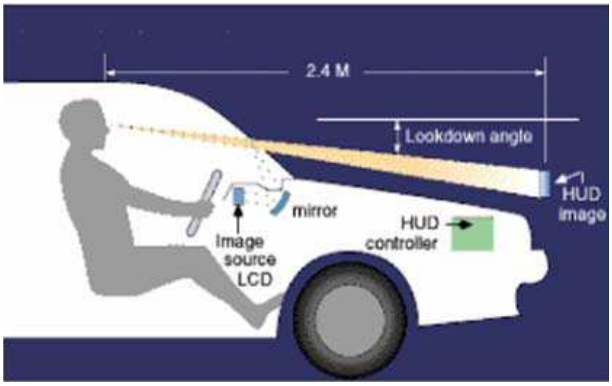

그림 2. 광학계를 사용한 HUD.
Fig. 2. The HUD using optical device.

HUD는 구현방법에 따라 홀로그래픽 방식, 굴절식등 여러종류로 나뉘지만 차량에는 그림 2와 같이 굴절식 HUD가 많이 쓰이고 있다. 굴절식 HUD에서는 HUD 컨트롤러가 LCD에 영상을 생성하고 이 영상이 광학계인 거울과 렌즈를 통과하여 차량의 Windshield에 정보를 비추게 된다[6].

굴절식 HUD에서는 광학 기구부의 설계나 구동에 따라 Windshield에 결상되는 이미지의 초점과 위치, 크기가 결정된다. 만약, 사용자의 눈높이와 투영된 영상정보가 비슷한 위치에 있지 않을 때에는 광학기구부를 조절하여 결상 영상의 높이 등을 조절해야 한다.

운전중 무한대에 맞춰져 있는 운전자 눈동자의 초점에 변화 없이 HUD에 의해 맺히는 영상을 인식하기 위한 최소 거리는 2m~2.5m 정도 이다[2]. 상이 맺히는 거리를 조정하기 위해서는 광학계의 거리, 각도, 렌즈의 조정을 통해서 가능하지만 실제로 수십 미터 떨어진 위치에 상이 맺히게 하려면 어려움이 있다. 따라서 광학계의 조절 없이 깊이를 갖는 정보의 표현을 위해서는 소프트웨어적인 처리가 필요하다.

III. 3차원 HUD 구현 방법

1. 3차원 HUD 개요

그림 3에서처럼 거울의 원리를 보면 물체와 거울의 거리(x)는 거울에 맺힌 상과 거울과의 거리(x')와 같다.

HUD역시 거울의 원리와 비슷하게 적용이 가능하다. 하지만 깊이가 있는 영상을 표현하기 위해서는 광학계의 조절만으로는 어려움이 있다.

소프트웨어적으로 상이 맺히는 거리를 조절하려면 그림 4와 같이 이미지 공간상에 깊이가 있는 상을 만들고 이 상이 사용자가 바라보는 전방의 풍경과 비슷하게 매치시켜야 한다.

거울에 맺힌 상의 거리는 이미지 공간에서 가상의 거리 A와 거울과 LCD의 거리 B의 합으로 구할 수 있다. 또한, 실제거리와 가상거리상에는 단순한 비례식이 적용되어 칼리브레이션을 통해 사용자가 인식하기 적합한 가상의 거리 A를 실험적으로 구할 수 있다.

2. 키스톤 왜곡 보정

Windshield의 특성상 운행정보는 키스톤(key stone) 왜곡

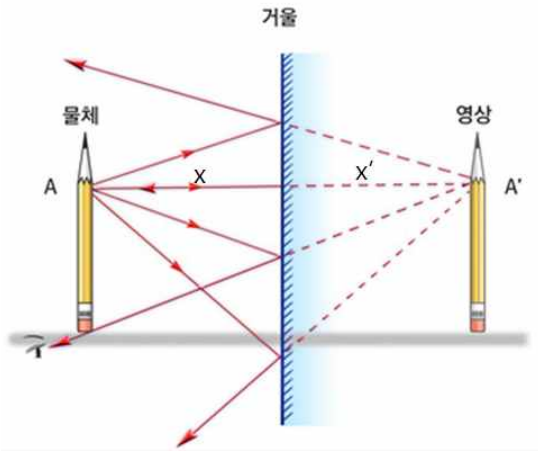

그림 3. 물체와 거울에 맺히는 상의 관계.
Fig. 3. The relationship between the object and the reflection.

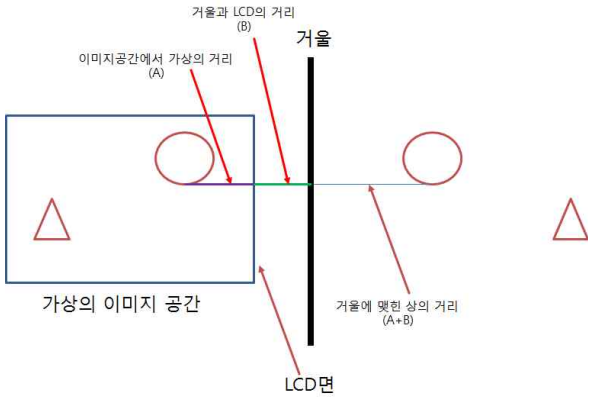

그림 4. 가상의 이미지공간과 실제 맺히는 상의 관계.
Fig. 4. The relationship between the virtual object and the reflection.

이 생길 수 있다[4]. 이는 Windshield와 HUD용 LCD의 각도에 의한 것으로 투영영상이 Windshield와 직교하지 않고 사영변환에 의해 비치기 때문이다. 따라서 이러한 사영변환에 의해 왜곡된 영상을 역변환에 의해 보정할 수 있다[3].

사영된 영상에 대한 역사영변환은 8개의 파라메터를 이용하여 할 수 있다. 이 8개의 파라미터의 값을 구하기 위한 4쌍의 좌표값은 원 영상의 네 개의 꼭지점의 좌표와 변환된 영상의 네 꼭지점의 좌표를 추출하여 얻을 수 있다.

$$X=\frac{a_0x+a_1y+a_2}{c_0x+c_1y+1},\quad Y=\frac{b_0x+b_1y+b_2}{c_0x+c_1y+1} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} X&=a_0x+a_1y+a_2-c_0xX-c_1yX,\\ Y&=b_0x+b_1y+b_2-c_0xY-c_1yY \end{aligned} \tag{2}$$

사영변환과 역사영변환은 (1), (2)와 같은 관계식으로 표현 된다[4].

3. OpenGL로 구현하는 3D HUD

OpenGL (Open Graphics Library, 오픈지엘)은 2차원 및 3차원 그래픽스 표준 API로 다양한 운영체제에서 프로그래밍이 가능하고 프로세서의 발전으로 최근 OpenGL ES는 모

바일환경에서도 구현이 가능하여 컴퓨터그래픽, 게임, 시뮬레이션 등 여러 분야에서 쓰이고 있다.

특히 OpenGL의 함수 중 viewport관련 함수는 원근투영이 가능하게 해준다. 투영은 일반적으로 스케일링과 원근법을 적용하는 행렬의 변환으로 나타낼 수 있다. 투영변환에서는 절두체를 입방체에 변환한다. 절두체의 가까운 모서리는 멀리 있는 모서리보다 크게 보이기 때문에 이 변환에는 카메라의 가까이 있는 개체를 확대하는 효과를 가져와 원근감을 줄 수 있다.

뷰 변환 공간의 원점과 카메라 사이의 거리가 임의의 값 D로 정의되어 투영하는 행렬은 (3)과 같다.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{D} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

3D HUD를 구성하는 카메라는 z 방향으로 D만큼 평행이동하는 것으로 이는 (4)와 같은 행렬로 나타낼 수 있다.

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -D & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

(3)과 (4)에 의한 합성투영 행렬은 다음과 같다.

$$T*P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{D} \\ 0 & 0 & -D & 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

원근투영은 그림 5와 같이 가까이 있는 물체는 더욱 커보이고 멀리 있는 물체는 작게 보이는 관측볼륨이다.

원근투영의 행렬은 카메라로부터 앞쪽의 클립면까지의 거리에 근거해 개체를 평행이동 및 스케일링한다. 그러나 만약 원근투영 시에 시야를 고려하지 않는다면 멀리보이는 개체와 생성하는 개체의 z값이 거의 비슷하게 보여 깊이 있는 영상을 만들어내지 못한다. 따라서 뷰포트의 가로, 세로 비율을 고려해 정점을 조정하여 깊이의 차이가 보이게 한다.

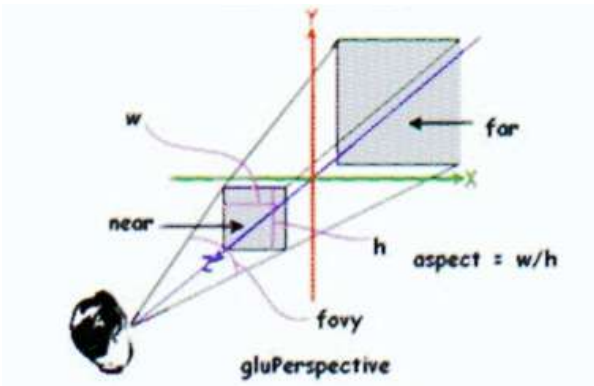

그림 5. 원근투영 관측볼륨.

Fig. 5. The perspective view volume.

이러한 원근투영의 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} w & 0 & 0 & 0 \\ 0 & h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q & 1 \\ 0 & 0 & -QZ_n & 0 \end{bmatrix} \tag{6}$$

이 행렬에서 Z_n은 뷰포트 앞쪽의 클립면의 z값이며 변수 w, h, Q의 의미는 다음과 같다. 여기에서 fov_w와 fov_k는 뷰포트의 수평방향과 수직방향의 시야를 라디안 단위로 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} w &= \cot\left(\frac{fov_w}{2}\right) \\ h &= \cot\left(\frac{fov_k}{2}\right) \\ Q &= \frac{Z_f}{Z_f - Z_n} \end{aligned} \tag{7}$$

(7)에 의해 일반적으로 프로그래밍을 하기에는 불편하다. 따라서 w, h를 어플리케이션에서 사용하는 뷰포트의 사이즈에 맞추어 변환해 보면 다음식과 같다.

$$\begin{aligned} w &= \frac{2Z_n}{V_w} \\ h &= \frac{2Z_n}{V_h} \end{aligned} \tag{8}$$

여기에서 V_w와 V_h는 뷰포트의 폭과 높이를 나타낸다.

OpenGL에서는 행렬의 변환에 유리한 함수들을 많이 제공하고 있다. 따라서 OpenGL에서 제공하는 행렬연산 함수들에 이러한 원근투영을 사용하여 3D HUD에 나타날 정보를 표현한다면 보다 깊이 있는 정보의 표현이 가능하다.

IV. 실험

실험은 그림 6과 같이 구성되었다. 빠른 3D 연산을 위해 타블렛 PC를 차량의 데쉬보드에 구성하고 Windshield와는

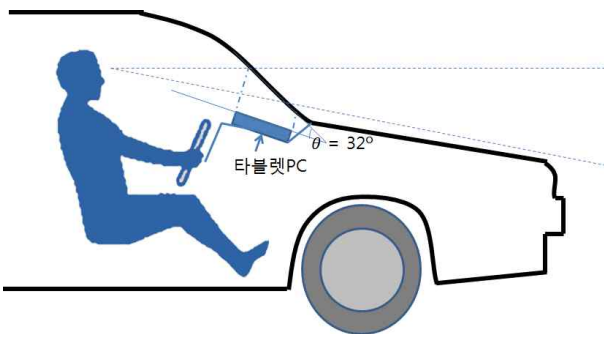

그림 6. 실험의 구성.

Fig. 6. The experiment set up.

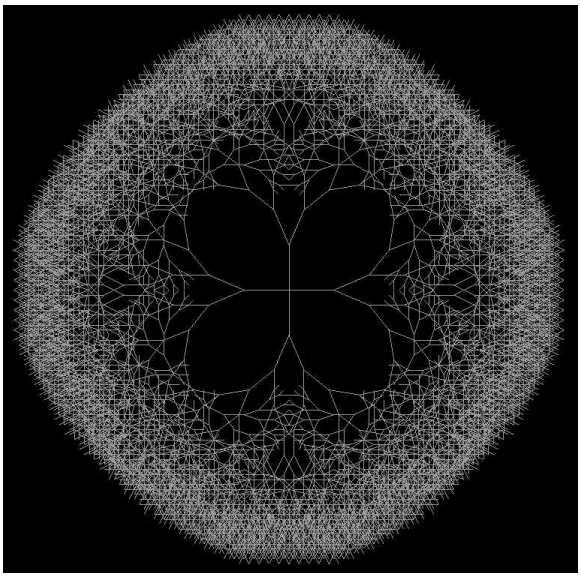

그림 7. 실험에 사용된 개체.
Fig. 7. The object image used in the experiment.

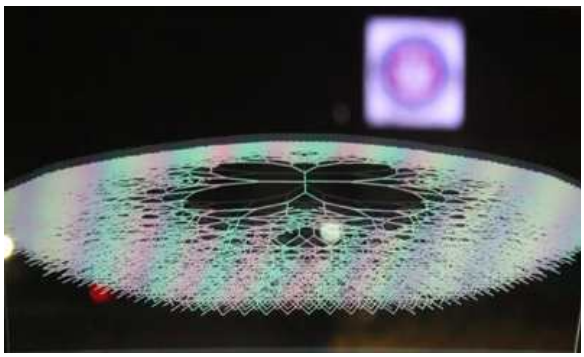

그림 8. 가상공간에서 가까이 있는 상.
Fig. 8. The near image in the virtual world.

약 32°만큼의 각도를 이루었다. Visual Studio 2008과 OpenGL API를 사용하여 프로그래밍을 하여 가상의 공간을 생성하였다.

기존의 HUD와는 달리 별다른 광학적 기구부를 포함하지 않고 소프트웨어로 위치, 방향등을 조절하거나 타블렛 PC 자체의 받침대를 조정하는 방법으로 정보가 표시되는 위치를 조정하였다.

첫 번째 실험은 그림 7, 8과 같이 OpenGL로 만든 객체를 가상공간에서 거리를 조절하며 멀리 있는 물체와 가상의 물체 사이를 운전자가 눈의 초점을 변화시켜야 하는지를 보았다.

실험에는 그림 7과 같은 개체를 OpenGL 환경의 가상공간에 배치한 후 차량의 Windshield와 HUD LCD의 각도(32°)만큼 투영변환을 시킨 후 가상 공간상에서 물체를 차량의 전방방향인 -z방향으로 멀어지게 하면서 운전자의 눈의 초점의 변화를 살펴보았다.

실험 결과 가상의 공간상에서 물체가 가까이 있으면 운전자의 눈의 초점도 가까워지고 가상의 공간상에서도 멀리 있다면 운전자의 눈의 초점도 멀어졌다.

그림 9. 가상공간에서 멀리 있는 상.
Fig. 9. The far image in the virtual world.

그림 10. 가상공간에서의 차선.
Fig. 10. The lane in the virtual world.

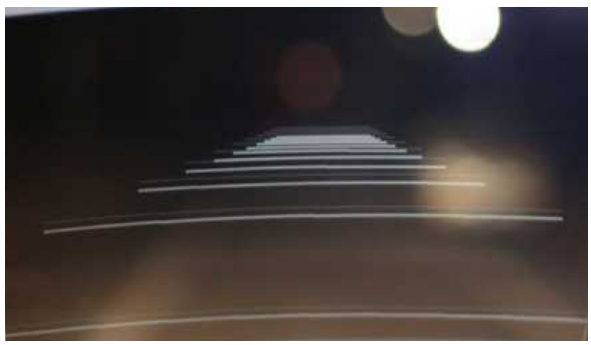

그림 11. 가상공간에서의 차선.
Fig. 11. The lane in the virtual world.

두 번째 실험은 가상의 공간에서 거리에 따라 바를 생성하고 이를 실제의 차선과 겹쳐보이게 하여 HUD에서 실제 거리에 따른 정보를 어떻게 보여줄 수 있는지 실험해 보았다.

가상공간에서의 바는 2m당 하나씩 표시를 하게 하였고 투영변환과 뷰포트 변환을 모두 사용하여 표현하였다.

실제 도로와 가상공간에 생성한 바를 매치시키기 위해서는 약간의 칼리브레이션이 필요했다. 따라서 왜곡보정 값 이외에 수치를 적용하여 가상공간과 실제거리를 맞춰줄 필요가 있었다.

주차라인은 차량을 기준으로 가로 2.5미터 세로 5미터의 규격을 가지고 있었다. 이를 기준으로 차량을 정차해 놓은 뒤 가상공간에 있는 바의 간격을 조정하여 운전자의 시선

과 맞출 수 있었다.

실험결과 가상공간의 차선에서 생성한 바가 차선의 전방으로 거리와 함께 도로의 폭을 반영함을 볼 수 있었다. 따라서 3D 가상공간에서 이러한 가상의 도로와 정보를 모두 표시 한다면 운전자에게 보다 빠르고 정확하게 정보를 전달 할 수 있다.

V. 결론

차량용 HUD는 운전자의 시선을 차선에 고정시키면서도 차량의 상태, 네비게이션 정보 등을 표현하는데 유용하다. 하지만 이러한 차량용 HUD 역시 네비게이션 정보 등을 파악하기 위해서는 운전자가 잠시 동안은 눈의 초점을 표시된 곳에 맞출 필요가 있다. 또한, 광학적인 기구장치를 사용하여 거리감을 주려면 시간과 비용이 많이 든다.

본 논문에서는 기존의 HUD에 3차원으로 정보를 표시하여 운전자가 눈의 초점을 차선이 아닌 다른 곳에 맞추어 일어날 수 있는 사고를 예방하는 방법을 소개하고 있다. 3차원 정보 표시를 위해 OpenGL을 이용한 가상공간에 네비게이션 정보 등을 거리감이 있게 표시하였고, 이를 Windshield에 투영한 후 키스톤 보정을 통해 비교적 실제 차선과 겹쳐보이게 하였다. 이를 통해 운전자는 보다 정확하고 빠르게 네비게이션의 정보를 확인할 수 있다.

그러나 주행 중 차량의 떨림, 운전자의 자세에 따른 보정은 이루어지지 않았다. 추후 이러한 보정을 위해 가속도 센서, 자이로 등을 이용하여 차량의 떨림이나 Head-Tracking 기술과 같이 운전자의 시선을 트래킹하여 보정하여 준다면 보다 현실감 있는 3차원 HUD를 구현할 것이라 생각된다.

참고문헌

[1] K. H. Kim, S. I. Cho, and J. H. Park “Application of head-up-display technology to telematics,” *Electronics and telecommunications trends,* vol. 23, no. 1, pp. 153-162, 2008.

[2] H.-B. Son, H.-J. Ban, K. Yang, and Y.-C. Rhee, “Implement of intelligent head-up display for vehicle,” *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 20, no. 3, pp. 400-405, 2010.

[3] M.-S. An and D.-S. Kang, “An implementation of interpolation algorithm and complementary color algorithm for HUD,” *Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 83-88, 2009.

[4] Z. Wang and E. P. Simoncelli, “An Adaptive linear system framework for image distortion analysis,” *IEEE International Conference on ICIP,* Sep. 2005.

[5] D. Anup, Y. C. Shinko, and M. T. Mhan, “A novel active heads-up display for driver assistance,” *IEEE Trans. on systems, man, and cybernetics,* vol. 39, no. 1, pp. 85-93, Feb. 2009.

[6] T. Maycus, L. Christian, and K. Gudrun, “Visual longitudinal and lateral driving assistance in the head-up display of cars,” *Proc. of the 6th IEEE and ACM International Symposium,* pp. 91-94, 2007.

류 지 형

2005년 전북대학교 전자정보공학부 졸업. 2007년 동 대학원 석사. 2008년~현재 전북대학교 전자공학부 박사과정. 관심분야는 이동로봇, 영상처리, 지능제어.

최 성 원

2010년 전북대학교 전자공학부 졸업. 2010년~현재 동 대학원 석사과정. 관심분야는 예측제어 및 시스템 인식.

이 창 구

1981년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1983년~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1991년 전북대학교 전기공학과 박사. 1992년~현재 전북대학교 전자공학부 교수. 관심분야는 현대제어, 퍼지제어, 지능형 시스템.