

---

# 운전자 시야 개선을 위한 차량용 PC 기반 4SM(4-Sided Mirror)

## 시스템 설계 및 구현

유영호\* · 장시웅\*

\*동의대학교

### Design and Implementation of 4SM(4-Sided Mirror) System based on Car PC for Enhancing Driver's Visibility

Young-ho Yu\* · Si-woong Jang\*

\*Dong-eui University

E-mail : yhyu@pusan.ac.kr · swjang@deu.ac.kr

#### 요 약

AVM(Around View Monitoring) 시스템은 차량 주변에 대한 영상을 운전자에게 제공함으로써 안전 운전을 도와주는 시스템이다. 측면 거울이나 실내 거울을 통해서 볼 수 없는 사각 지대는 운전자의 안전 운행에 위협이 된다. 사각지대는 특히 후진 주행, 주차, 좁은 골목길 주행, 굽은 길 회전 등에서 차량 파손 및 인사 사고의 원인이 된다. 이러한 위험을 피하기 위해 후방의 장애물을 감지하는 후방 센서나 후방 카메라 등과 같은 운전자의 시야를 개선하는 ECU들이 개발되어 사용되고 있다. 이러한 ECU들의 도움을 받더라도 차량의 전, 후, 좌, 우 사방의 상황을 동시에 볼 수 없기 때문에 사고를 피하기 위해 운전자들은 주의를 기울여 운전해야 한다. 본 논문에서는 운전자의 안전 운행을 돕기 위해 차량 주변 영상을 실시간으로 제공하는 4SM 시스템을 설계하고 구현한다. 본 논문에서 제안하는 4SM 시스템은 차량의 전, 후, 좌, 우에 장착된 4대의 카메라로부터 입력된 영상을 통합하여 Bird's Eye View 영상을 운전자가 한 눈에 차량 주변 상황을 인식할 수 있도록 한다.

#### 키워드

AVM, Radial Distortion, Perspective Transfrom, Bird's Eye View

#### 1. 서 론

최근 출시되는 차량들은 사각지대(blind spot)로 인한 사고를 막고, 운전자 편의를 위해 후방 센서나 후방 카메라와 같은 ECU(Electronic Control Unit)를 장착하고 있다[1]. 그러나, 후방 카메라나 센서만으로는 차량 주변을 완벽히 파악할 수 없다. 이러한 ECU는 운전자의 안전 운전에 많은 도움을 주고 있으나, 운전자의 시야에서 벗어난 사각지대는 여전히 존재한다. 주차를 위해 후진하거나, 좁은 골목길에서 맞은편의 차량을 피해 후진을 해야 할 때 운전자는 측면 거울(side mirror)을 보거나 몸을 돌려 사각지대의 상황을 파악한다. 측면 거울의 도움이나 몸을 돌려 후방을 보는 방법은 차량의 전, 후, 좌, 우 사방의 주변 상황을 한 눈에 파악하기 어렵다. 운전자의 시야를 벗어난 사각지대에 있는 장애물은 급행 등의 차량 파손 사고의 원인이 된다. 키가 작은 어

린 아이가 사각지대에 있을 경우 운전자가 보지 못하면 매우 위험한 사고가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 차량 주변 상황을 파악하기 위해 더 많은 카메라를 장착하여 운전자에게 보다 나은 주변 상황을 제공하는 시스템들이 등장하고 있다.

AVM(Around View Monitoring) 시스템은 여러 대의 카메라를 장착하여 차량 주변 상황을 운전자에게 영상으로 제공하기 위해 최근 활발히 연구되고 있는 시스템이다. 독일과 일본의 여러 자동차 회사는 이미 제품으로 개발하여 출시하고 있다. 초기의 AVM 시스템은 후방 카메라를 장착하여 차량 후방의 상황을 영상으로 제공하는 간단한 시스템이었다. 최근에는 여러 대의 카메라를 장착하여 운전자에게 차량 위에서 보는 것 같은 Bird's Eye View를 제공하는 시스템들이 주류를 이루고 있다. 그러나, 이들 제품들은 각 카메라로부터 입력된 영상을 하나의 통합된 영상이 아닌 각각의 영상을 하나의 화면으로 조합한 형태로

제공하고 있다[2, 3, 4].

기존의 AVM 시스템은 영상 처리의 성능 문제 때문에 SOC(System On Chip) 형태나, 영상 처리 소프트웨어를 탑재한 임베디드 시스템(Embedded System) 형태로 개발되고 있다. 최근 하드웨어 기술의 발달과 다양한 차량용 인포테인먼트(Infotainment) 장치들에 대한 요구가 증가하면서 차량에 장착되는 ECU의 수가 증가하고 있다. 이에 따라, ECU들을 차량용 네트워크로 연결하여 관리할 수 있는 카서버 역할을 하는 차량용 PC의 장착이 일반화되고 있다. 따라서, 영상 처리 성능 때문에 AVM 시스템을 비용이 비싼 SOC 형태로 개발하기 보다는 추가 비용이 없는 소프트웨어로 해결할 수 있는 환경이 마련되고 있다.

본 논문에서는 전, 후, 좌, 우 4대의 카메라를 장착하여 각 카메라로부터 입력된 영상을 통합된 하나의 영상으로 제공하여 운전자가 한 눈에 주변 상황을 인식할 수 있는 Bird's Eye View를 제공하는 4SM 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 차량용 PC에서 운영할 수 있는 소프트웨어 시스템이다. 4SM 시스템은 4대의 카메라로부터 입력된 영상을 하나의 영상으로 통합하여 Bird's Eye View를 제공함으로써 운전자에게 보다 나은 주변 상황에 대한 실시간 영상을 제공한다.

2장에서는 현재 출시되고 있는 AVM 시스템 등 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 Bird's Eye View를 제공하는 4SM 시스템을 설계한다. 4장에서는 제안하는 시스템을 구현하고, 5장에서는 제안하는 시스템의 장점과 응용 분야를 살펴 본다.

## II. 관련 연구

현재 출시되고 있는 AVM 시스템은 Nissan의 Around View Monitor System, Fujitsu의 360° Surroundings Monitoring System, Honda의 Multi-View Camera System, Volvo의 BLIS System 등이 있다.

Around View Monitor System은 차량의 전, 후, 좌, 우에 장착된 4대의 180° 광각(wide angle) 카메라로부터 입력된 영상을 7인치 컬러 스크린을 통해 주변 상황을 실시간으로 보여준다. 이 시스템은 차량의 운행 속도가 시속 10Km 이하의 저속일 때 동작한다[5].

360° Surroundings Monitoring System은 차량 주변 상황에 대한 완벽한 Wraparound View를 제공함으로써 운전자가 후방 카메라나 측면 거울을 통해서 볼 수 없는 사각 지대의 장애물을 인식할 수 있게 한다. Fujitsu의 시스템은 주차, 좁은 골목길을 지날 때, 코너를 돌 때 등 다양한 상황에서 운전자가 차량의 주변 상황을 파악할 수 있는 다양한 관점의 뷰(view)를 상황에 맞게 실시간 영상으로 제공한다[6].

Multi-View Camera System은 4대의 광각 CCD 카메라를 차량의 전, 후와 좌, 우 측면 거울

위에 장착하여 네비게이션 화면에 주변 상황에 대한 영상을 제공함으로써 평행 주차, 후진 주차, 삼거리나 좁은 골목길 운행시 사각지대의 장애물을 파악할 수 있게 해준다[7].

BLIS(Blind Spot Information System)는 전방 카메라, 양쪽 도어에 부착된 측면 카메라를 사용하여 혼잡하고 빠르게 움직이는 교통 상황에서 사각지대에 다른 차량이 들어오면 운전자의 전면부에 부착된 램프를 동작시켜 운전자가 안전하게 차선변경을 할 수 있도록 도와준다[8].

이들 시스템들은 운전자의 시야에서 벗어난 사각지대의 상황을 인식할 수 있도록 실시간 영상을 제공해 주지만, 각 카메라로부터 입력된 영상을 각각의 분할된 화면에 보여주고 있다.

본 논문에서는 전, 후, 좌, 우 4대의 카메라로부터 입력된 영상을 하나의 영상으로 통합하여 하나의 화면에 제공하는 4SM 시스템을 제안한다. 4SM 시스템은 실시간으로 통합된 하나의 영상을 통해 주변 상황을 보여줌으로써 차량 주변 상황에 대한 개선된 뷰를 운전자에게 제공한다. 또한, 본 논문에서 구현한 PC기반 4SM은 초당 30 frame이상이 가능하여 고속에서도 360° 주변 상황을 정상적으로 보여줄 수 있다.

## III. 4SM 시스템 설계

AVM은 차량 주변 상황을 보여주기 위해 카메라를 이용한다. 차량의 주변 상황을 사각 지대없이 보여주기 위해서는 여러 대의 카메라가 필요하다. 또한, 여러 대의 카메라로부터 입력되는 영상을 동시에 보여줄 수 있어야 한다 4SM 시스템은 차량용 PC 기반의 소프트웨어 AVM 시스템으로 설계한다.

### 3.1 4SM 시스템 설계시 고려사항

4SM 시스템은 차량 주변 상황을 사각지대없이 실시간으로 제공할 수 있도록 다음 요구사항을 만족하여야 한다.

#### 3.1.1 실시간 처리 요구 사항

Bird's Eye View를 제공하기 위해서 4대의 카메라로부터 입력되는 영상들 각각에 대해 카메라 보정(camera calibration)과 역-원근 변환을 수행해야 한다. 또한, 각 영상들을 하나의 영상으로 통합하는 과정이 필요하다. 영상 처리는 많은 수행 시간을 요구하기 때문에 임베디드 환경에서 AV M 기능을 실시간으로 제공하기 어렵다. 그러나, PC 환경은 임베디드 환경에 비해 성능이 좋기 때문에 4SM은 차량이 고속으로 운행될 때도 AV M 기능을 정상적으로 제공할 수 있어야 한다.

#### 3.1.2 추가적인 H/W 및 S/W의 최소 요구

Car PC에서는 카메라를 통해 영상을 입력받기 위해 카메라와 프레임 그래버(Frame Grabber)만

을 PC에 추가하여 실시간으로 AVМ 기능을 제공해야 한다. 임베디드 시스템의 경우에는 AVМ 기능을 제공하기 위해 별도의 H/W들과 이들을 제어하기 위한 특수한 프로그래밍이 요구되지만 PC 기반의 4SM은 순수 영상처리 프로그램만을 탑재하여 AVМ 기능을 수행할 수 있어야 한다.

### 3.1.3 통합된 Bird's Eye View 제공

4대의 카메라로부터 입력되는 영상을 하나의 영상으로 통합하여 자연스러운 Bird's Eye View를 제공할 수 있어야 한다.

### 3.2 4SM 시스템의 영상 처리 과정

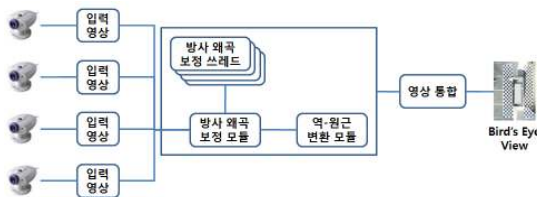


그림 1. Bird's Eye View를 위한 영상 처리 과정

4SM 시스템에서는 각 카메라로부터 입력된 영상을 미리 구한 방사왜곡 계수를 이용하여 보정하고, 보정된 영상을 미리 구한 역-원근 변환 계수를 이용하여 역-원근 변환(Inverse-Perspective Transform)을 수행한다. 각 카메라로부터 입력된 영상에 대한 왜곡 보정과 역-원근 변환 과정은 멀티스레드로 구현한다. 각 스레드에 의해 변환 과정을 거친 각각의 영상들은 영상 통합 모듈에 의해 α-블렌딩(α-Blending) 알고리즘으로 하나의 영상으로 통합하여 실시간으로 제공한다.

### 3.3 방사왜곡(Radial Distortion) 보정

카메라에서 제공되는 영상은 렌즈 등 카메라의 물리적 요소의 특성에 따라 왜곡된 영상을 제공한다. 이러한 특성은 카메라 제작시에 결정되는 것으로 카메라의 고유 속성이 된다. 4SM 시스템에서는 전, 후, 좌, 우 각 카메라에 대한 왜곡 보정 계수를 미리 계산하여 구한다. 왜곡 보정 계수를 구하기 위해서는 카메라 모델이 필요하다. 4SM 시스템에서 사용하는 카메라 모델은 다음 그림 2와 같다.

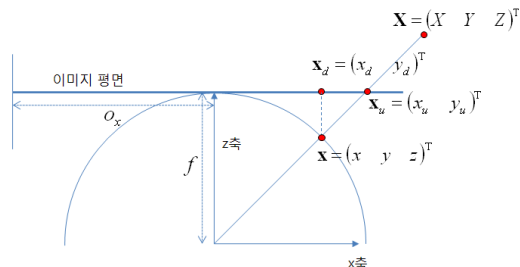


그림 2. 4SM 시스템의 카메라 모델

실세계의 객체 X는 이미지 평면에서  $x_u$ 의 위치에 나타나야 하지만 카메라의 왜곡에 의해  $x_d$ 의

위치에 나타나게 된다. 입력 영상의 왜곡 보정을 위해서는 초점 거리  $f$ ,  $x$ 축과  $y$ 축 방향의 왜곡 보정을 위한 이미지 평면의 광학 중심 ( $O_x, O_y$ )를 구해야 한다. 이 세 가지 계수를 구하기 위해 다음 수식을 사용한다.

$$\begin{pmatrix} x & y & z \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} x_d - o_x & y_d - o_y & \sqrt{f^2 - (x_d - o_x)^2 - (y_d - o_y)^2} \end{pmatrix}^T$$

왜곡 보정된 영상의 각 픽셀의 좌표는 다음 수식에 따라 계산할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} x_u & y_u \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} f \frac{x}{z} + o_x & f \frac{y}{z} + o_y \end{pmatrix}^T$$

### 3.4 역-원근 변환

각 카메라로부터 입력된 영상들은 왜곡 보정을 거쳐 하나의 영상으로 통합하기 위해 역-원근 변환(Inverse-Perspective Transform)을 수행한다. 4SM 시스템에서 역-원근 변환을 수행하기 위해 그림 3과 같은 변환 모델을 이용한다.

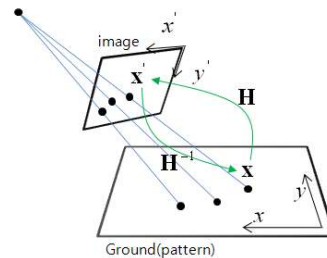


그림 3. 역-원근 변환 모델

그림 3에서 입력 영상은 그라운드(Ground) 영상이 호모그래피(Homography) 변환 행렬 H에 의해 변환된 것으로 볼 수 있다. 따라서, 입력 영상을 그라운드 영상으로 맵핑하기 위해서는  $H^{-1}$ 을 구해야 한다. 이를 위해 먼저 호모그래피 행렬 H를 구한다. H는 그라운드 영상의 각 픽셀을 입력 영상의 한 픽셀로 맵핑하는  $3 \times 3$  행렬이다. 그라운드 영상의 임의의 픽셀  $x$ 의 위치와 대응하는 입력 영상의 픽셀  $x'$ 의 위치는 다음 수식으로 정의할 수 있다. 여기서  $\lambda$ 는 스케일링(scaling) 변수이다.

$$x' = [x' \ y' \ 1]^T$$

$$x = [x \ y \ 1]^T$$

$$x' = Hx$$

$$\lambda \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

4SM 시스템에서는 전, 후, 좌, 우 4대의 카메라로부터 입력된 영상들에 대한 각각의 호모그래피 행렬  $H_1, H_2, H_3, H_4$ 를 구하기 위해 미리 정의한 그라운드 영상의 최소 4개 픽셀 위치와 입력 영상에서 각 픽셀과 대응하는 픽셀 위치를 대입하여 각 카메라의 호모그래피 행렬을 미리 계산하여 사용한다. 미리 정의한 N개의 픽셀값을 적용하여  $\lambda$ 를 대입하여 구한 2N개의 수식을  $Ah=0$

의 형태로 정리하면 다음 수식과 같다. 이때,  $h$ 는  $9 \times 1$ 의 벡터로 표현할 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & & & -x_1x_1' & -y_1x_1' & -x_1' \\ & & & x_1 & y_1 & 1 & -x_1y_1' & -y_1y_1' & -y_1' \\ x_2 & y_2 & 1 & & & -x_2x_2' & -y_2x_2' & -x_2' \\ & & & x_2 & y_2 & 1 & -x_2y_2' & -y_2y_2' & -y_2' \\ & & & & & & \vdots & & \\ x_N & y_N & 1 & & & 1 & -x_Nx_N' & -y_Nx_N' & -x_N' \\ & & & x_N & y_N & & -x_Ny_N' & -y_Ny_N' & -y_N' \end{bmatrix}$$

$$h = [h_{11} \ h_{12} \ h_{13} \ h_{21} \ h_{22} \ h_{23} \ h_{31} \ h_{32} \ h_{33}]^T$$

4SM 시스템에서는  $A^T A$ 의 최소 아이젠 벡터를 계산하여  $h$ 를 구함으로써  $H$ 를 구한다.  $H$ 를 이용하여  $H^{-1}$ 을 구하여 역-원근 변환에 사용한다.

### 3.5 Bird's Eye View 영상 통합

역-원근 변환을 수행한 각 입력 영상들은 통합하여 Bird's Eye View 영상을 통합하는 과정은 그림 4와 같다. 방사 왜곡 보정과 역-원근변환을 수행한 전, 후, 좌, 우 4개의 영상을  $\alpha$ -블렌딩 알고리즘을 사용하여 하나의 영상으로 통합한다.

```

set up ground plain pattern
for each image j (j=1,2,3,4)
    acquire j-th pattern image
    find corresponding image yij of pattern xi
    estimate Hj such that yij = Hj xi
    transform the acquired j-th image into j-th
    ground image (xi = Hj-1 * yij)
end
combine 4 transformed ground images into a full
image by using alpha blending
    
```

그림 4. Bird's Eye View 생성 알고리즘

## IV. 4SM 시스템 구현

차량의 전, 후, 좌, 우 4대의 광각 카메라를 실제 차량에 장착하여 취득한 영상을 기반으로 실험을 통해 3.1에서 제시한 고려사항들을 만족할 수 있도록 구현한다.

구성	사양
Car PC	CPU: Pentium E5500 (2.8GHz) RAM: 2GB OS: MS Windows XP
프레임 그래버	Model: PICOLO Tetra (4 channel) 제조사: EureSys
카메라	Model: FO-3000CN Pixels: 320K (656H×492V) Lens: 180° (D)×140° (H)×100° (V)
차량	차종: Carnival 제조사: 기아자동차
개발 언어	컴파일러: Visual C++ 6.0 비전 Library: OpenCV Library 1.1

표 1. 시스템 사양

### 4.1 구현 환경

본 논문에서 구현하는 4SM 시스템의 구현 환경은 표 1과 같다.

### 4.2 방사왜곡 보정 구현

4SM 시스템에서 장착한 4대의 카메라는 사각 지대를 없애기 위해 광각 카메라를 사용한다. 4대의 카메라로부터 입력된 영상은 그림 5와 같이 심한 왜곡을 가진다. 본 논문에서는 그림 5의 영상을 이용하여 3.3에서 제시한 카메라 모델에 따라 방사 왜곡 보정 계수를 구한다. 이를 사용하여 왜곡 보정 알고리즘을 구현한다. 각 카메라에 대한 왜곡 보정 모듈은 멀티스레드로 구현하여 성능을 개선한다. 보정된 영상의 좌표는 성능 향상을 위해 그림 2의 카메라 모델에 따라 미리 테이블로 구성하여 사용한다.

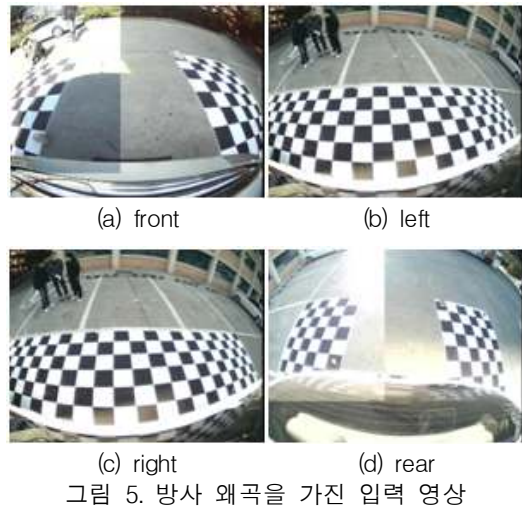


그림 5. 방사 왜곡을 가진 입력 영상

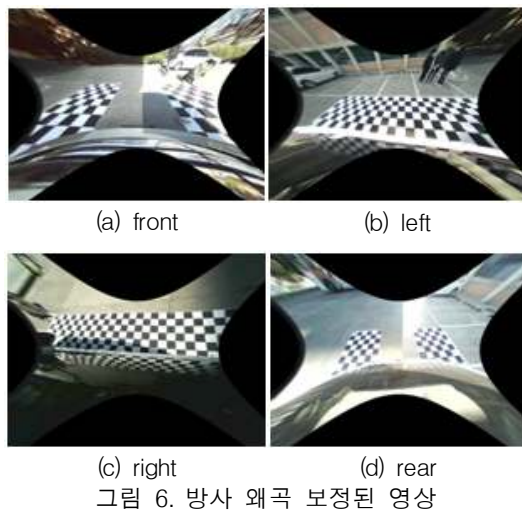


그림 6. 방사 왜곡 보정된 영상

### 4.3 역-원근 변환 구현

그림 6에서 보는바와 같이 전, 후, 좌, 우의 왜곡 보정된 영상들은 카메라 방향과 위치에 따라서 서로 다른 원근 변형을 가진다. 이를 하나의 이미지로 통합하기 위해 미리 구해둔 각각의 역-원근 변환 행렬 통하여 역-원근 변환을 수행한다. 변환 영상에서의 좌표는 성능 향상을 위해 그림 3의 변환 모델에 따라 미리 계산하여 테이블을 만들어 사용한다.

### 4.4 Bird's Eye View 영상 통합

$\alpha$  블렌딩 알고리즘에 따라 영상 통합 모듈을 구현한다. 이 과정에서 Bird's Eye View 영상에 나타나지 않을 부분을 처리하지 않도록 미리 구해둔 마스크 행렬을 사용하여 계산량을 줄인다. 4SM 시스템에서 제공하는 Bird's Eye View 영상은 그림 7과 같다.



그림 7. Bird's Eye View 영상

본 논문에서 구현한 4SM 시스템을 실제 차량에 적용해 테스트 해 본 결과 Bird's Eye View 영상을 초당 30프레임 이상의 안정적인 실시간 영상을 제공하는 것을 확인하였다.

## V. 결 론

본 논문에서는 운전자 시야 개선을 위해 Bird's Eye View를 제공하는 PC 기반의 4SM 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 4SM 시스템은 차량용 PC가 장착된 환경에서 운전자의 시야에서 벗어난 사각지대 개선을 위한 Bird's Eye View를 프레임 그래버(frame grabber)와 카메라만 추가하여 S/W적으로 제공할 수 있는 장점이 있다.

임베디드 시스템 환경에서는 영상처리를 위해 DSP와 같은 별도의 H/W chip들과 이들을 제어하기 위한 특수한 프로그래밍이 요구되지만 PC기반의 4SM은 순수 영상처리 프로그램만을 탑재하

여 AVM 기능을 수행할 수 있다.

또한, PC기반 4SM 시스템은 초당 30 프레임 이상의 Bird's Eye View 영상을 실시간으로 제공할 수 있어 차량의 속도와 관계없이 고속에서도 차량 주변을 모니터링할 수 있는 장점이 있다.

4SM 시스템은 분할된 화면에 4개의 영상을 조합하여 제공하는 기존 시스템과 다르게 통합된 하나의 영상으로 자연스러운 Bird's Eye View를 제공한다.

4SM 시스템은 시야 개선을 위해 사용하는 카메라 수를 최소화하도록 광각 카메라를 사용하였다. 방사 왜곡이 심한 부분은 영상의 품질이 떨어진다. 향후 연구에서는 왜곡 보정 모듈의 개선을 통해 영상 품질을 높일 필요가 있다.

## Acknowledgement

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연공동기술개발사업(No.00042243)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 참고문헌

- [1] A. Takahashi, Y. Ninomiya, M. Ohta, M. Nishida, M. Takayama, "Rear view lane detection by wide angle camera," Proc., IEEE Intelligent Vehicle Symposium, 2002. pp. 148 153.
- [2] M. Bertozzi, A. Broggi, M. Cellario, A. Fascioli, P. Lombardi, M. Porta, "Artificial vision in road vehicles," Proc., IEEE, 2002. pp. 1258 1271.
- [3] B. Leibe, N. Cornelis, K. Cornelis, L. Van Gool, "Dynamic 3D Scene Analysis from a Moving Vehicle," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'07), 2007. pp. 1 8.
- [4] Y. Liu, K. Lin and Y. Chen, "Bird's-eye view vision system for vehicle surrounding monitoring," Proc., the 2nd international conference on Robot vision (RobVis'08). LNCS, Springer. pp. 207-218.
- [5] <http://www.nissan-global.com>
- [6] <http://www.fujitsu.com/global/news/pr/archives/month/2008/20081117-01.html>
- [7] [http://www.ubergizmo.com/15/archives/2008/09/honda\\_multiview\\_camera\\_system.html](http://www.ubergizmo.com/15/archives/2008/09/honda_multiview_camera_system.html)
- [8] <http://www.volvocars.com/us/models/C30/FeaturesEquipment/Pages/default.aspx>