

도로영상 데이터베이스 구축 및 기하학적 변환

Construction of a Database for Road Images and Geometric Transformation

이준웅*
(Joon-Woong Lee¹)

¹Department of Industrial Engineering, Chonnam National University

Abstract: Recently, the number of vehicles equipped with cameras that are generally used to recognize surroundings is increasing. For robust recognition, a huge amount of tests under various environments are performed. Furthermore, the installation position or orientation of the camera is also changed depending on the vehicle. This change also accompanies many tests. Correspondingly, a large cost and a great deal of manpower are required to perform these tests. This paper proposes a method to cut these costs while conducting enough tests through the construction of a database of videos and a geometric transformation of images.

Keywords: performance test, database design, database construction, geometric transformation

I. 서론

최근 지능형자동차 관련기술이 상용화되고 있는 가운데 영상기반의 대표적 기술인 LDWS (Lane Departure Warning System)나 LKAS (Lane Keeping Assistant System) [1,2]가 국내외 자동차사들의 관심을 받고 있다. LDWS나 LKAS를 새로운 차종에 적용하기 위해서는 사전에 충분한 성능평가를 해야 한다. 그러나 시스템을 적용할 차종마다 신뢰성 있는 평가를 하려면 차량에 직접 카메라와 시스템을 장착하고 다양한 도로 환경조건 하에서 많은 시험을 해야 하는데, 이는 현실적으로 쉽지 않은 일이다. 그 이유는 시간과 인력의 소모가 크고, 사고위험이 크며, 날씨, 조도 그리고 도로조건 등의 요인들을 인위적으로 통제할 수 없기 때문이다[2].

이러한 문제의 해결책으로 본 논문에서는 시스템을 적용할 차종은 바뀌지만 평가가 이루어지는 환경은 유사하다는 점에 착안하여 가능한 한 다양한 환경에서 동영상 형태로 영상을 충분히 취득한 후 이들을 데이터베이스(DB)화하여 이용하는 방안을 제안한다. 또한 차종에 따라 장착할 카메라가 바뀌거나 카메라의 위치나 자세가 바뀌면 대개 영상을 새로 취득하는 시도를 하는데, 이 또한 인력과 시간의 소모가 크며, 사고위험에 여전히 노출된다. 본 연구에서는 이 경우에도 새로 영상을 취득하는 대신에 DB에 저장된 영상을 바뀐 카메라의 위치나 자세에 맞게 기하학적으로 변환[3-5]하여 활용하는 방법을 제안한다.

이러한 목표 실현을 위해 다양한 환경하에서 취득한 동영상들을 효율적으로 관리할 수 있는 DB를 설계하고 구축한다. 특히 영상의 기하학적 변환을 효율적으로 수행하기 위해 영상 취득시의 카메라의 위치나 자세에 관련된 카메라 캘리브레이션[6] 자료도 DB에 동영상과 함께 저장한다.

지금까지 LDWS나 LKAS의 알고리즘 개발에 관해서는 많은 연구가 이루어져 왔지만[1,2], 다양한 동영상을 DB화하고 영상의 기하학적 변환을 통한 시스템의 성능평가에 관련된 연구는 많지 않다. 그러나 후자의 연구도 앞에서 제시한 기여 외에 동일 기능을 수행하는 다종의 시스템들에게 동일한 주행환경의 영상을 제공하여 객관적인 평가를 가능케 함은 물론, 시스템의 성능개선에 도움을 준다.

논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 영상 DB 설계의 개요를 설명한다. III 장에서는 논문에서 제안한 DB 관리 프로그램 및 DB 구축에 대해 기술한다. IV 장에서는 영상의 기하학적 변환, V 장에서는 실험결과, 그리고 VI 장에서 결론을 맺는다.

II. 영상 DB 설계

LDWS나 LKAS의 지속적인 성능평가에 이용할 영상 DB는 영상은 물론이고 차량의 주행에 관련된 환경변수들도 담고 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 환경변수들을 DB 인덱스로 설정한다. DB 설계는 이러한 인덱스를 결정하고 이들을 저장할 위치와 형식을 정하며 저장된 정보간의 상호관계를 규명하는 과정이다.

1. DB 인덱스 결정

본 연구에서 선택한 DB 인덱스는 동영상정보, 기본요소, 옵션요소, 카메라 장착정보이다. 첫째, 동영상 정보는 저장할 동영상, 카메라 데이터, 그리고 이 영상에 대한 간단한 설명으로 구성한다. 둘째, 기본요소는 모든 도로영상에 공통인 환경변수들로서 도로정보, 날씨정보, 조도정보 및 주행정보로 구성한다. 셋째, 옵션요소는 기본요소와 달리 특정 도로영상에만 국한된 환경변수들로서 차선감소구간, 버스전용차선, 공사구간, 터널구간, 지하차로 등이다. LDWS나 LKAS가 차량에 탑재되기 위해서는 도로 형태나 날씨 환경에 구애됨 없이 강인한 성능을 보여야 하며, 다양한 차선이탈 시나리오에 대해 정확한 판정을 내려야 한다[1]. 이런 이유로 상기 두 요소를 DB 인덱스로 선정한 것이다. 넷째, 카메라 장착정보는

* 책임저자(Corresponding Author)

Manuscript received March 26, 2013 / revised April 12, 2013 / accepted April 18, 2013

이준웅: 전남대학교 산업공학과(joonlee@chonnam.ac.kr)

※ 이 논문은 2011년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

표 1. 기본요소의 세부항목.

Table 1. The details of basic components.

도로 (도로별)	도로 (형태)	날씨 (환경)	시간대	주행정보 (시나리오별)
고속도로	직선로	맑은날	주간	차선 내 주행
지방도로	곡로1	흐린날	야간	좌측이탈
국도	곡로2	비	일출	우측이탈
도심지로		안개	일몰	좌측이탈 후 복귀
		눈	정오	우측이탈 후 복귀
			역광	좌차선경계를 타고 주행
				우차선경계를 타고 주행

차량에 장착할 카메라의 위치와 자세이다.

기본요소는 표 1과 같이 도로별, 형태별, 환경별, 시간대별, 그리고 시나리오별로 총 5개의 항목으로 구성하며, 이들은 영상을 촬영할 당시의 날씨환경과 주행상황을 나타낸다. 표 1의 도로형태에서 곡로1과 2는 곡률반경 200m를 기준으로 이 이상이면 곡로1, 이 이하이면 곡로2로 정한 것이다.

옵션요소는 차선감소구간, 버스전용차선, 공사구간, 터널구간, 지하차로, 톨게이트, 하이패스 구간, 다중차선표식, 횡단보도, 교차로, 고속도로 진출입로, 차선훼손구간 등 12개 항목으로 결정한다. 카메라 장착정보는 영상을 취득할 당시의 카메라의 장착상태를 나타낸 것으로 지면으로부터 카메라 설치 높이, 차량의 0-BL(bow line)로부터 좌우로 떨어진 거리, 카메라 좌표계의 회전을 기술하는 틸트(tilt), 요(yaw), 롤(roll) 각으로 구성한다. 이 정보는 영상의 기하학적 변환에 사용한다. 카메라의 좌우위치는 차량의 0-BL을 기준으로 카메라가 좌측에 설치된 경우에는 음(-), 우측에 설치된 경우에는 양(+) 값을 부여한다. 카메라의 틸트각은 카메라의 상하회전을 나타내는 것으로 카메라의 광축이 수평보다 아래를 향하는 경우에는 음, 위를 향하는 경우에는 양 값을 부여하며, 카메라의 좌우회전을 뜻하는 요각은 카메라의 광축이 차량의 0-BL을 기준으로 좌측으로 회전하면 음, 우측으로 회전하면 양값을 부여한다. 롤각은 카메라 광축인 z축의 회전각으로 시계 방향은 음, 반시계방향은 양 값을 부여한다. 그러나 카메라를 차량에 장착할 때 롤각은 주지 않는 것이 보통이므로 본 연구에서는 롤각을 카메라 장착정보로 고려하지 않는다.

2. DB 설계

DB 설계는 인덱스들을 DB의 어디에 어떤 형식으로 저장할 것인지 결정하고, 저장할 정보간의 상호관계를 정하는 것이다. DB에 많은 양의 동영상을 저장해야 하는데, 이 때 DB의 용량이 지나치게 커지는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 저장폴더를 따로 두어 그 곳에 동영상 파일을 저장하고, DB에는 동영상 파일명만 저장되도록 DB를 설계한다. 캘리브레이션 데이터 또한 저장폴더를 따로 두어 저장하고, DB에는 파일명만 저장한다. 동영상을 DB에 등록할 때 동영상파일, 캘리브레이션 데이터 그리고 간단한 메모와 동영상이 촬영된 환경을 기술하는 기본요소, 옵션요소와 카메라 장착정보를 저장한다. DB는 테이블형식으로 표현하며 테이블의 각 행에는 동영상파일명, 캘리브레이션 데이터 파일명, 메모, 기본요소, 옵션요소, 카메라장착정보 순으로 기록된다.

III. DB 관리 프로그램 및 DB 구축

1. DB 관리 프로그램

DB 설계 후 설계된 DB에 동영상과 이 동영상과 관련된 자료 및 환경요소들을 등록하고, 실험자가 원하는 조건을 갖춘 동영상을 검색하며, DB의 내용을 수정 또는 삭제하는 일을 수행하는 DB 관리 프로그램이 필요하다. 이에 본 연구에서는 DB 관리 프로그램을 MFC Visual C++ 기반으로 개발하고, DB 운용 프로그램으로는 SQLite [7]를 사용하였다. SQLite는 서버/클라이언트 모델은 지원하지 않지만, 매우 가볍고 간단하며 SQL문법을 지원하는 장점을 가지고 있다[7].

그림 1은 본 연구에서 제안한 DB 설계안에 맞게 디자인되어 구현된 DB 관리 프로그램의 기본화면이다. 그림 1의 좌측상단 창은 실험자가 DB에서 검색한 동영상의 첫 컷을 표시한 것이고, 우측상단에는 검색된 동영상의 파일명, 기본요소, 옵션요소들이 출력된다. 그리고 그 하단부에 기하학적 변환, 광학적 변환, 재생속도로 명명된 체크박스가 활성화되어 있는데, 처음 들은 검색된 동영상에 대해 기하학적 혹은 광학적 변환이 필요한 경우를 대비해 제시된 것들이다. 광학적 변환에 대해서는 본 논문에서 다루지 않는다.

2. 동영상 등록

DB 구축은 설계된 DB에 동영상과 관련 정보를 등록함으로써 이루어진다. 본 연구에서 제안한 동영상 등록과정은 다음과 같다. 그림 1에 보인 DB 관리 초기화면 우측 하단의 영상등록 버튼을 누르면 그림 2에 보인 창이 뜬다. 이 창에서 1) 등록할 동영상파일을 찾고, 2) 캘리브레이션 데이터를 입력하고 스크립트 박스에 동영상 관련 간단한 메모를 한 후, 3) 기본요소와 옵션요소, 카메라 장착정보를 입력한 다음, 4) 등록버튼을 클릭한다.

3. 동영상 검색

DB에 저장되어 있는 동영상 검색은 기본요소와 옵션요소의 입력을 통해 이루어진다. 이 검색을 위해 제안된 방법은



그림 1. DB관리 프로그램 - 기본화면.

Fig. 1. Background window of DB management program.

다음과 같다. 그림 1에 보인 기본화면 좌측 중앙에 있는 영상검색 버튼을 클릭하면 그림 2에 보인 창이 뜬다. 이 창은 크게 검색조건을 입력하는 영역과 입력된 조건에 부합된 검색결과를 출력하는 영역으로 나뉜다. 검색조건 입력 영역에서 검색을 원하는 영상의 기본요소와 옵션요소의 조건을 선택하고, DB 검색 버튼을 클릭하면, 선택한 조건에 맞는 동영상파일들이 리스트컨트롤내에 나열된다. 이 파일들 가운데 하나를 클릭하면 그 동영상의 첫 컷이 그림 3에 보인 바와 같이 좌측 하단에 출력된다. 재생버튼을 누르면 선택된 영상의 연속된 컷을 볼 수 있다. 또한 그림 3에 보인 바와 같이 우측 하단에는 선택된 동영상의 기본요소와 옵션요소의 정보가 출력된다. 이와 같은 과정을 통해 선택한 영상이 실험자가 원하는 영상일 경우 확인버튼을 클릭하면 창이 종료되고, 그림 1에 보인 기본 창의 왼쪽 상단에 선택한 동영상의 첫 컷이 표시된다.



그림 2. DB 관리 프로그램 - 데이터 등록, 수정, 삭제.
Fig. 2. DB management program - data registering, updating, and deleting.



그림 3. DB 관리 프로그램 - 등록된 동영상 검색.
Fig. 3. Video search window of DB management program.

IV. 영상의 기하학적 변환

본 연구의 기하학적 변환은 기 설치된 카메라로 취득한 도로영상을 카메라의 설치위치나 설치자세의 변화에 맞게 변환시키는 것이다. 서론에서 언급하였듯이 LDWS나 LKAS를 적용하는 차종에 따라 카메라의 위치나 자세가 바뀐다. 또는 적용 차종이 바뀌지 않더라도 카메라 위치나 자세가 바뀌는 경우도 있다. 이런 상황에서는 시스템들의 성능평가를 새롭게 시작해야 한다. 이때 시간과 인력의 소요 및 사고위험이 크기 때문에 영상 DB에 등록된 영상을 대상으로 이 장에서 제안하는 기하학적 변환을 적용하면 이러한 문제를 해결할 수 있다.

도로영상의 기하학적 변환은 디지털영상의 한 점 (col, row)를 다음과 같이 노면으로 투영시킴으로써 이루어진다. 1) 점 (col, row)를 식 (1)을 이용해 영상평면상의 좌표 (X_u, Y_u)로 변환한다.

$$\begin{aligned} X_u &= (col - C_x)K_u^{-1} \\ Y_u &= (row - C_y)K_v^{-1} \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 $K_u = N_{fx}/N_{cx}d_x$, $K_v = N_{fy}/N_{cy}d_y$ 로서 카메라의 CCD셀의 수평, 수직 크기인 $N_{cx}d_x$, $N_{cy}d_y$ 와 디지털영상의 수평, 수직 해상도인 N_{fx} , N_{fy} 의 관계를 나타낸다. $C_x = N_{fx}/2$, $C_y = N_{fy}/2$ 로서 디지털영상의 중심점이다[6]. 2) 식 (1)로 얻은 영상평면상의 점 (X_u, Y_u)를 카메라좌표계의 원점 O_c를 시작점으로 하고 이 점을 끝점으로 하는 벡터 $v = (X_u, Y_u, f)^T$ 로 표기한다. 여기에서 f는 카메라원점과 영상평면 사이의 수직거리이다. 3) 벡터 v의 방향이 노면을 향할 경우 v를 연장하면 노면과 만난다. 이 점의 좌표를 (X_c, Y_c, Z_c)라 하자. 즉,

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \alpha v = \alpha \begin{bmatrix} X_u \\ Y_u \\ f \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기에서 α는 임의의 상수이다. 따라서 α를 알면 (col, row)의 노면상으로의 역투영점을 알 수 있다. α를 얻기 위해 본 연구에서는 v와 카메라원점 O_c = (0, 0, 0)^T을 각각 식 (3)과 (4)에 의해 월드좌표계상으로 변환한다.

$$q = \begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{bmatrix} = \mathbf{R}_o^{-1} \begin{bmatrix} X_u \\ Y_u \\ f \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$p = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = \mathbf{R}_o^{-1} [0 - T_o] = -\mathbf{R}_o^{-1} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기에서 R_o와 T_o는 각각 월드좌표계와 카메라좌표계사이의 회전행렬과 병진벡터이다[6]. 월드좌표계를 정할 때 Z축의 양의 방향을 노면의 수직 윗 방향으로 정하면 $v : \alpha v = -q_z : p_z$ 의 관계식이 성립된다. 이 식으로부터 $\alpha = -p_z/q_z$ 가 된다. 그러면 식 (2)에 의해 점 (col, row)의 역투영점인

$(X_c, Y_c, Z_c)^T$ 을 얻을 수 있고, 이 점을 월드좌표계상으로 식 (5)에 의해 변환한다.

$$\mathbf{X}_w = \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \mathbf{R}_o^{-1} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} - \mathbf{T}_o \quad (5)$$

도로영상은 대개 노면영역과 하늘영역으로 나뉜다[2]. 노면 영역은 유한한 영역으로 간주하며, 하늘영역은 무한한 영역으로 간주한다. 따라서 노면영역은 카메라의 이동과 회전의 영향을 받지만, 무한대에 있는 하늘영역의 경우 회전의 영향만 받을 뿐 이동에 의한 영향은 없다. 따라서 α 값에 의해 영상의 점 (col, row) 가 노면영역에 속한 지 하늘영역에 속한 지 구별할 수 있다. 즉, α 가 0보다 크면 고려하는 영상점은 노면영역에 속한다고 본다. 이를 근거로 (col, row) 의 새로운 카메라에서의 좌표점을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_c' \\ Y_c' \\ Z_c' \end{bmatrix} = \mathbf{R}_n \mathbf{X}_w + \mathbf{T}_n, \text{ if } \alpha > 0$$

$$\begin{bmatrix} X_c' \\ Y_c' \\ Z_c' \end{bmatrix} = \mathbf{R} \mathbf{v} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} X_u \\ Y_u \\ f \end{bmatrix}, \text{ otherwise} \quad (6)$$

여기에서 \mathbf{R}_n 와 \mathbf{T}_n 는 각각 월드좌표계와 새로운 카메라 좌표계사이의 회전행렬과 병진벡터이고, \mathbf{R} 은 기존 카메라와 새로운 카메라 사이의 회전행렬이다.

V. 실험결과

1. 실험차량 및 동영상 취득

실험차량으로 그림 4에 보인 바와 같이 높이가 있는 승합차량을 선정하였다. 차량에는 영상취득을 위한 카메라와 컴퓨터 및 전원을 공급할 DAC 컨버터를 설치하였다. 카메라는 차량 전면 유리창 중앙(차량의 0-BL에 맞춘)에 설치하였고, 영상취득을 위하여 Active Silicon사의 LFG4 프레임그래버를 장착했다.



그림 4. 실험차량과 카메라.
Fig. 4. Experimental vehicle and camera.

영상 DB 구축은 다양한 환경에서 영상을 수집하여 DB에 등록하는 것으로, 본 연구에서의 동영상 취득 분량은 인덱스별 최소 5분 이상으로 정했다. 이를 위해 다양한 도로와 날씨, 하루내 여러 시간대별로 영상 수집을 했다. 그림 5에 보인 것은 DB에 등록된 영상의 일부이다.

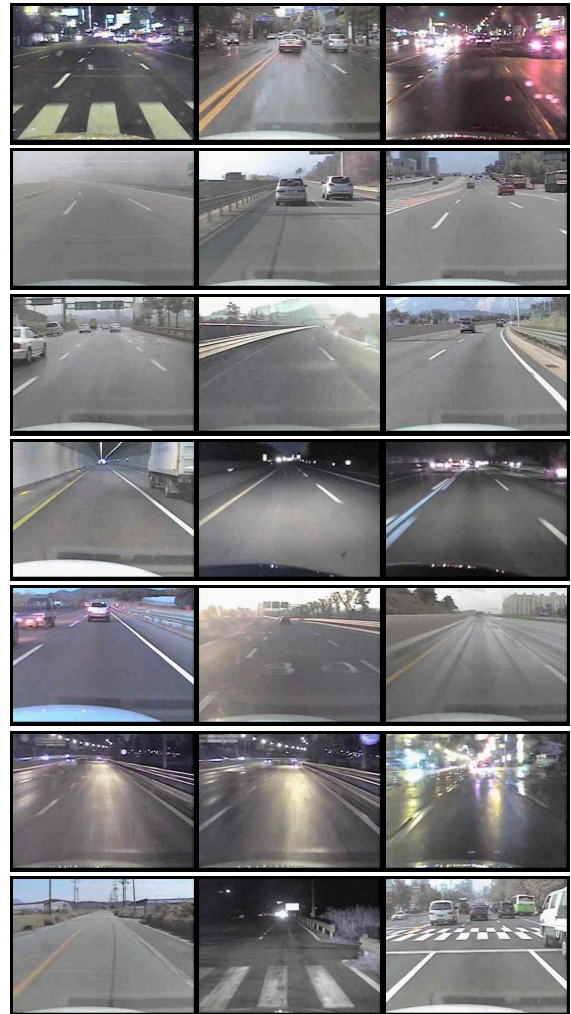


그림 5. 다양한 환경에서 취득한 도로영상.
Fig. 5. Road images under various environments.

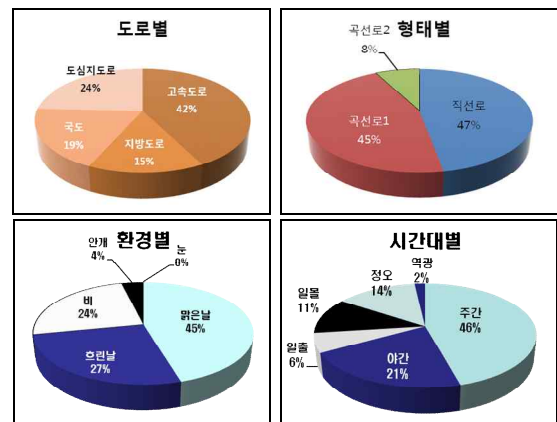


그림 6. 인덱스별 DB 구성비율.
Fig. 6. Ratio by index of the constructed DB.

그림 6은 DB에 등록된 동영상들의 인덱스별 구성비율을 나타낸 것이다. 구성비율에서 눈을 제외한 최소 비율을 갖는 경우는 시간대별 요인 중 역광으로 2% 수준이지만, 재생시간은 약 25분으로 인덱스별 최소 5분으로 정한 목표량을 만족했다.

2. 기하학적 변환

그림 7은 카메라의 장착위치나 자세 변경에 맞게 IV 장에서 제안된 방법에 의해 영상을 기하학적으로 변환한 예이다. 변환된 영상에서 까맣게 된 부분은 정보를 채울 수 없는 부분이다[5].

제안된 방법에 의해 기하학적 변환을 통해 얻은 영상과 실제 카메라의 자세를 변화시켜 직접 촬영한 영상과의 비교를 통해 제안된 방법의 유효성을 검증하였다. 그림 8은 이 검증을 위해 서로 다른 위치 및 자세의 카메라로 얻은 8장의 영상들이며, 흰색의 원이 그려진 검은색 판넬은 캘리브레이션



그림 7. 기하학적 변환 예.

Fig. 7. Examples of geometric transformation.

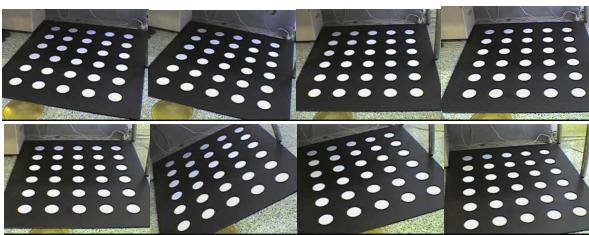


그림 8. 기하학적 변환 검증을 위한 실험영상.

Fig. 8. Images for verification of geometric transformation.

표 2. 그림 8의 8가지 카메라 자세정보

Table 2. Camera orientation of eight cameras shown in Fig. 7.

영상	카메라높이(mm)	틸트각 (°)	롤각 (°)	요각 (°)
1	1251.292	123.6152	1.0775	7.494
2	1283.371	122.9787	-5.6029	12.310
3	1301.300	123.3791	3.8753	-0.908
4	1276.508	123.0910	3.8107	-1.073
5	1239.270	122.6752	-0.1410	-0.140
6	1243.700	124.4839	19.3718	-26.149
7	1239.715	125.6615	6.2441	-14.242
8	1252.298	122.4855	-0.2501	-5.366

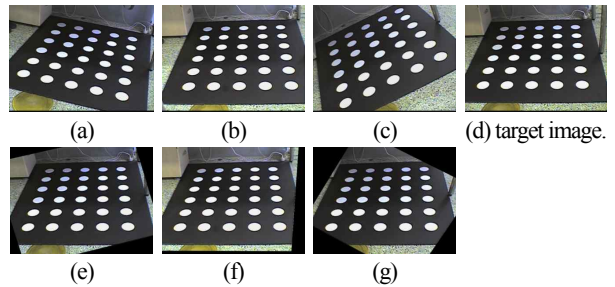


그림 9. 표적영상과 표적영상에 맞게 변환된 영상.

Fig. 9. Comparison of target image and transformed images.



그림 10. 기하학적 변환 파라미터 설정과 변환.

Fig. 10. Parameter-setting of geometric transformation and transformation.

을 위한 타겟이다. 표 2는 캘리브레이션으로 얻은 카메라의 자세정보이다.

검증은 그림 8에서 제시한 8개의 영상 각각을 자신을 제외한 나머지 7개의 위치와 자세정보를 입력하여 기하학적 변환을 수행하고, 변환된 영상과 실제 카메라로 획득한 영상을 비교하는 방법을 이용하였다. 그림 9는 이 실험의 일부를 소개한 것으로 그림 9(a), (b), (c)의 영상 각각을 그림 9(d)의 타겟영상의 자세에 맞게 변환한 영상이 그림 9(e), (f), (g)이다. 이 실험결과에서 실제 영상과 변환영상이 매우 유사함을 알 수 있다.

3. 영상 DB와 연동된 기하학적 변환 수행

검색을 원하는 영상을 III 장의 3단원에서 설명한 절차에 따라 DB 관리 프로그램을 통해 찾으면, 이 영상의 첫 컷이 그림 1에 보인 기본 창에 표시가 된다. 이렇게 검색된 영상을 기하학적 변환을 시키고자 할 경우는 DB 관리 프로그램의 기본 창에 있는 기하학적 변환 체크박스를 선택하고 설정 버튼을 누르면, 그림 10에 보인 기하학적 변환 수행 창이 뜬다. 이 창에서 LDWS나 LKAS를 적용할 차량에 맞게 새로운 카메라의 상하, 좌우 이동거리와 카메라의 틸트각과 요각을 그림 9의 중앙쪽에 있는 격자무늬로 된 창에서 마우스를 이용하여 정해 주면 그림 10의 좌측에 보인 것처럼 변환된 영상이 표시된다.

VI. 결론

차량에 새로운 시스템을 장착하는 일은 신중한 접근이 필요하다. 새롭게 장착한 시스템의 신뢰성이 떨어질 경우 자칫 차량 전체의 신뢰성이 의심받을 수 있기 때문이다. 특히 LDWS나 LKAS가 새롭게 도입될 때는 정확한 성능평가가 선

행되어야 한다. 그러나 이들의 동작환경이 너무나 다양해서 정확한 성능평가를 하려면 많은 시간과 인력이 소요된다. 또한 시험평가에는 연구인력들이 사고위험에도 쉽게 노출된다.

본 연구의 목적은 LDWS나 LKAS의 실차평가 시간과 비용을 줄이고, 적용 차종 선택의 유연성을 확보하기 위함이다. 이를 위해 다양한 주행환경에서 영상을 취득하여 영상 DB를 구축하였고, 카메라의 장착위치와 자세가 달라지는 경우 기존 영상을 달라진 카메라의 위치와 자세에 맞게 변환해 주는 기하학적 변환 프로그램을 개발하였다. 그 결과 시험평가에 사용될 다양한 도로영상을 확보하였고, 이를 DB로 구축하였기 때문에 이 영상들을 이용하여 다양한 주행환경에 대한 성능평가를 수시로 할 수 있는 길을 열었다. 뿐만 아니라 카메라의 위치나 자세가 달라지는 경우에도 새롭게 영상을 획득하지 않고도 영상 DB를 활용하여 시스템의 성능평가를 할 수 있게 되었다.

REFERENCES

- [1] J. W. Lee and U. K. Yi, "A lane-departure identification based on LBPE, Hough transform, and Linear regression," *CVIU*, vol. 99, no. 3, pp. 359-383, 2005.
- [2] J. W. Lee and U. K. Yi, "A lane-departure identification based on linear regression and symmetry of lane-related parameters," *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering (in Korean)*, vol. 11, no. 5, pp. 435-444, May 2005.
- [3] R. G. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.
- [4] O. Faugeras, *Three-Dimensional Computer Vision-A Geometric Viewpoint*, the MIT Press, 1993.
- [5] K. Y. Lee and J. W. Lee, "Ground plane detection using homography matrix," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 10, pp. 983-988, Oct. 2011.
- [6] R. Y. Tsai, "A versatile camera calibration technique for high accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses," *IEEE J. Robotics Automation*, vol. RA-3, no. 4, pp. 323-344, 1987.
- [7] <http://www.sqlite.org/>



이 준 응

1984년 전남대학교 산업공학과(공학사).
1986년 KAIST 산업공학과(공학석사).
1997년 KAIST 자동차 및 설계공학과
(공학박사). 1986년~2000년 기아자동차
연구소 및 현대기아연구개발본부 전자
개발센터 근무. 2000년~현재 전남대학교

산업공학과 교수. 관심분야는 지능형안전자동차, 차량자율주행, 컴퓨터비전, 센서퓨전.