

후방영상 기반 주차 보조 시스템에서 정밀 이동거리 추출 기법

김 호 영*, 이 성 원^o

An Accurate Moving Distance Measurement Using the Rear-View Images in Parking Assistant Systems

Ho-Young Kim*, Seong-Won Lee^o

요 약

최근 출시되는 주차보조시스템에서 후방물체와의 거리정보를 알아내는 방법으로는 초음파 센서나 레이더 등의 추가 센서장비를 활용하는 방법들이 있다. 하지만, 추가적인 장비의 사용은 추가적인 비용과 함께 기존 차량에서의 도입이 쉽지 않은 문제점을 가지고 있다. 다른 방법으로는 움직임 스테레오 기법이 제안되었다. 하지만, 스테레오 조정(Stereo Rectification) 단계에서 좋은 특징점의 검출과 정확한 매칭결과가 필요하다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 후방카메라 1대만을 사용하여 취득한 연속영상정보를 바탕으로 평행주차상황에서 영상의 사각화 변환과 라인단위 적분 사영화 및 블록화 기반 유사도 조사를 통하여 연속거리정보를 추출하는 방법을 제안하고자 한다. 실험에는 Magna Parallel 영상을 사용하였으며, 수행한 실험결과 후방공간에 대한 화면의 라인단위 연속거리의 측정이 가능함을 보였다.

Key Words : parking assistant system, accurate moving distance measurement, rear-view camera
주차 보조 시스템, 정밀 이동거리 측정, 후방카메라

ABSTRACT

In the recent parking assistant systems, finding out the distance to the object behind a car is often performed by the range sensors such as ultrasonic sensors, radars. However, the installation of additional sensors on the used vehicle could be difficult and require extra cost. On the other hand, the motion stereo technique that extracts distance information using only an image sensor was also proposed. However, In the stereo rectification step, the motion stereo requires good features and exacts matching result. In this paper, we propose a fast algorithm that extracts the accurate distance information for the parallel parking situation using the consecutive images that is acquired by a rear-view camera. The proposed algorithm uses the quadrangle transform of the image, the horizontal line integral projection, and the blocking-based correlation measurement. In the experiment with the magna parallel test sequence, the result shows that the line-accurate distance measurement with the image sequence from the rear-view camera is possible.

I. 서 론

최근 차량안전기술(Advanced Safety Vehicle)과

※ 본 연구는 지식경제부가 지원하는 국가연구개발사업인 시스템반도체 상용화 기술개발 사업의 지원과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과(NIPA-2012-H0301-12-1011) 및 2011년 광운대학교 교내 학술 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

♦ 주저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 미디어프로세서 연구실, khy8055@gmail.com, 준회원

° 교신저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 미디어프로세서 연구실, swlee@kw.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2012-09-431, 접수일자 : 2012년 9월 13일, 최종논문접수일자 : 2012년 12월 10일

관련하여 축적된 영상신호처리기술 및 컴퓨터비전(Computer Vision) 분야의 눈부신 발전으로 인하여 차량인식^[1], 주차공간 검출^[2], 충돌 경고^[3] 등 다양한 지능형자동차관련 연구들이 시도되고 있다. 이러한 차량안전기술 중에서도 가장 기본이 되면서도 비교적 저속의 주행속도환경을 갖는 주차보조시스템(Parking Assistant System)의 연구에 대한 중요성은 날로 증대되고 있다. 최근 출시되고 있는 저가의 주차보조시스템들은 후방영상 위에 운전자의 조향각에 따른 예상 후진경로를 겹쳐서 보여주는 형태가 주를 이루고 있다. 하지만, 후방물체와의 거리정보가 없는 상황에서는 주차환경이 다양하고 갑자기 나타나는 물체 또는 사람과의 충돌로 인하여 막대한 경제적·정신적 손실을 초래할 수 있다.

이러한 거리정보를 제공해주는 주차보조시스템에 대한 연구는 기존의 영상 센서 뿐만 아니라 초음파 센서, 레이저 레이더 센서 및 인프라스트럭처(Infrastructure)를 기반한 방법에 이르기까지 매우 다양하게 시도되고 있다^[4]. 하지만, 추가적인 센서장비와 여러 기반 시스템의 사용은 추가적인 비용을 요구하게 되며, 지능형자동차 시장의 주요 대상이 되는 출고된 기존 차량환경에서의 구축에 어려움으로 작용할 수 있다.

II. 기존 후방영상기반 거리측정 연구

1대의 후방카메라에 기반하여 기존의 추가 장비로 인한 부담을 극복하면서도 후방 거리정보를 제공하는 방법으로는 움직임 스테레오(Motion Stereo) 기법^[5]이 제안되었다. 하지만 이 방법은 시간적 차이를 두고 얻은 두 장의 영상 간에 1차원 탐색이 가능하도록 행-정렬된 상태의 영상으로 변환하는 스테레오 조정(Rectification)과정을 거쳐야 한다. 그 단계로는 특징점 추출, 특징점 매칭, 에피폴라 제약조건에 의한 기본행렬(Fundamental matrix) 추출 및 두 영상의 조정을 수행한다^[6]. 하지만, 이 방법은 두 영상에서 항상 좋은 특징점이 존재해야 되고, 정확한 매칭 수행결과가 보장되어야 하는 단점을 가지고 있다.

또 다른 방법으로는 주차구역을 표시하는 흰색 주차선 정보를 근거로 블록단위의 거리측정을 하는 기법이다. 기존 Magna Parallel 동영상^[7]을 분석하면, 원호형태의 주차유도선이 흰색 주차선을 통과할 때마다 해당 블록이 흰색 주차선 영역을 지나가게 됨을 알 수 있다. 이 블록단위 진행거리 상황을 알

리도록 해당 블록색깔을 바꾸어 준다. 이 기법은 블록단위의 SAD(Sum of Absolute Differences) 유사도 방법을 활용한다. 먼저, 연속 프레임마다 블록①과 블록②간의 SAD값을 측정하고, 갑자기 그 값이 커지게 되면 블록① 내에 흰색 주차선이 충분히 들어오게 됨을 나타낸다. 이때 블록①의 영상정보를 다음 블록 선정에 위한 참고블록(Reference Block)으로 사용하기 위해 블록 값을 저장하고, 다음 블록② 영역과의 유사도 조사를 수행한다. 다음 단계로는 연속 프레임마다 저장해두었던 참고블록과 블록②간의 SAD 유사도 값을 조사하게 된다. 이 값은 두 블록내의 흰색 주차선이 엇갈리면서 계속 SAD 값이 작아지다가 거의 일치하는 형태에 이르렀을 때 그 값이 최소가 되는 순간이 오게 된다. 이 순간 블록②를 새로운 Reference Block으로 선정하고, 블록②가 흰색 주차선을 통과하는 진행거리상황에 이르게 되었음을 운전자에게 나타낸다. 그림 1은 SAD 기반의 블록단위 거리측정기법의 각 과정을 보여주고 있다.

하지만, 이 방법은 거리측정의 단위가 블록단위라는 한계와 흰색 주차선이 있는 곳에서만 거리측정이 가능하다는 단점을 가지고 있다.

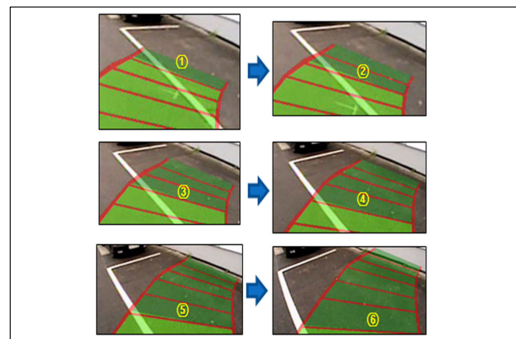


그림 1. 블록단위 거리측정기법
Fig. 1. The block unit distance measurement algorithm

이에, 본 논문에서는 기존 후방주차보조시스템에 거리정보를 효율적으로 제공하기 위하여 1대의 후방카메라부터 취득한 연속 영상프레임들에 정확한 라인단위의 유사도 조사가 가능하도록 먼저, 영상의 사각화 변환을 전처리과정으로 수행한다. 이렇게 사각화가 수행된 영상프레임들에 적분 사영화 및 블록화 기반 유사도 조사를 수행하여 기존 방법들에서 발생되었던 비용적·계산적 부담은 줄이면서도 평행주차상황 시 정밀이동거리 정보를 제공하는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 II장에서는 제안하는 거리정보기법의 정확성 향상을 위한 전처리 과정을 소개하고, III장에서는 제안하는 사영기반 이동거리정보 추출 알고리즘에 대해 설명한다. IV장에서는 Magna Parallel 영상을 가지고 수행한 실험 결과를 제시하고, V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

III. 제안하는 정밀이동거리 추출기법

3.1. 제안하는 거리정보 정확성 향상을 위한 전처리 과정

본 논문은 평행주차상황에서 취득된 후방주차영상으로부터 연속된 라인들의 유사도를 측정하기위해 그림 2와 같이 5단계의 전처리 과정을 통하여 거리 측정의 정확성을 높이고자 여러 변환기법들의 수학적 모델들을 적용하였다.

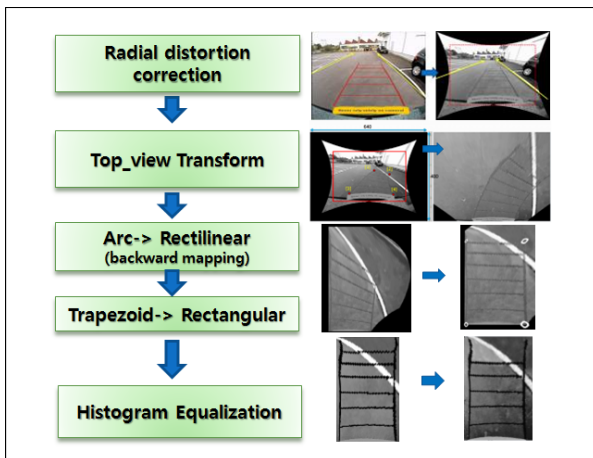


그림 2. 5단계의 전처리 단계
Fig. 2. The 5 step of Pre-processing

3.1.1. 방사왜곡 제거

최근 자동차에서 사용되는 후방카메라들은 후방의 넓은 시야정보를 얻기 위해 넓은 화각을 가진 광각렌즈를 주로 사용하게 된다. 하지만, 이러한 광각 렌즈의 사용은 큰 방사왜곡을 갖게 되어 추후 거리정보 추출과정에서 왜곡된 결과를 도출하게 되는 근본원인으로 작용하게 된다. 본 논문에서는 비교적 계산이 간단한 비측량적 방법을 통하여 방사왜곡을 제거하였다. 그림 3은 렌즈모양을 구 형태로 가정한 비측량적 기하모델을 나타내고 있다⁸⁾. 여기서 초점거리 F는 구의 반지름을 나타내고, 식 (2)의 L값은 렌즈의 중심점으로부터 보정된 위치(x_u, y_u)까지의 거리를 나타낸다. 그림 3에 나타난 삼각형의

닻음비를 활용하면 식 (1)을 얻을 수 있고, 최종적으로 식 (2)를 식 (1)에 대입함으로써 역방향 매핑을 위한 식 (3)과 식 (4)를 얻게 된다. 영상전체에 대해 보정된 영상의 위치를 기준으로 역방향 매핑을 수행하여 그림 4와 같은 방사왜곡이 제거된 보정영상을 얻을 수 있게 된다.

$$(x_d, y_d) = (x_u \frac{F}{L}, y_u \frac{F}{L}) \tag{1}$$

$$L = \sqrt{x_u^2 + y_u^2 + F^2} \tag{2}$$

$$x_d = x_u \frac{F}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2 + F^2}} \tag{3}$$

$$y_d = y_u \frac{F}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2 + F^2}} \tag{4}$$

- ※ (x_d, y_d): 왜곡 영상의 좌표,
- (x_u, y_u): 보정 영상의 좌표,
- L: 렌즈의 중심점으로부터 (x_u, y_u)까지의 거리
- F: 렌즈의 초점거리

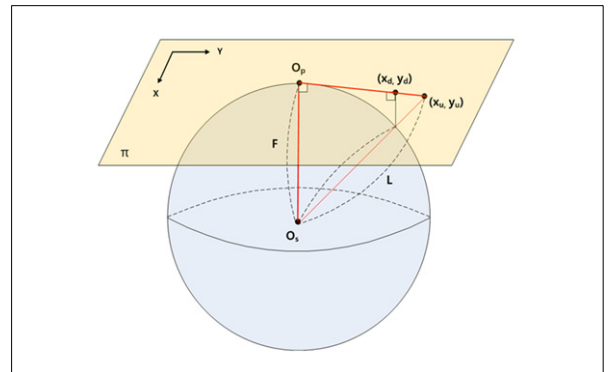


그림 3. 구 형태의 기하모델
Fig. 3. Sphere geometry model

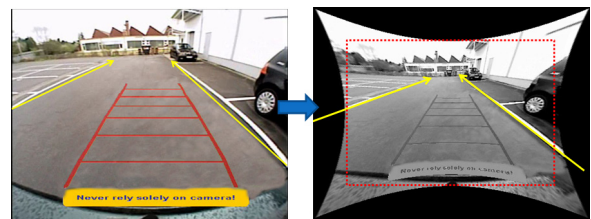


그림 4. 방사왜곡 영상과 보정된 영상
Fig. 4. Radial distortion image and corrected image

3.1.2. 탑뷰(Top view) 영상변환

이렇게 큰 방사왜곡이 제거된 영상은 투영변환(Projective)을 통하여 조감도(Bird's eye view) 영상으로 변환하게 된다. 투영변환은 3차원 공간에 존재

하는 2차원 평면을 또 다른 시점에서 관찰했을 때의 2차원 영상정보로 매핑해주는 기법이다. 이를 호모그래피(Homography)라고도 하며, 식(5)와 같이 2차원상의 동차좌표 X 를 2차원상의 좌표 x 와 3×3 크기의 행렬 H 와의 행렬 곱으로 간단히 표현할 수 있게 된다. 그림 5는 투영변환에 의한 2차원 평면도를 보여주고 있다⁹⁾.

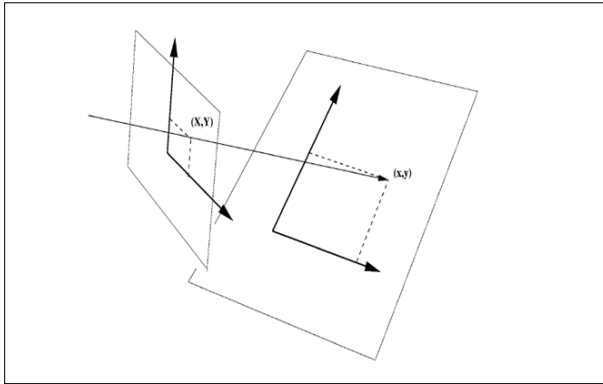


그림 5. 투영변환에 의한 2차원 평면도
Fig. 5. Sphere geometry model

$$X = Hx \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix} XW \\ YW \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$W = gx + hy + 1 \tag{7}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}} \tag{8}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_1x_1 & -X_1y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -Y_1x_1 & -Y_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_2x_2 & -X_2y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -Y_2x_2 & -Y_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_nx_n & -X_ny_n \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -Y_nx_n & -Y_ny_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$A\lambda = B$$

$$A^T A\lambda = A^T B \tag{10}$$

$$\lambda = (A^T A)^{-1} A^T B$$

이를 식(6)~식(7)로 정리하고, 식(7)로 나누어주면 식(8)과 같이 되고 이를 다시 행렬로 표현하면 식(9)의 형태가 된다. 이는 최소자승해법(Least

squares)의 문제가 되고, 식(10)과 같이 Pseudo-inverse 방법을 통하여 쉽게 그 해를 구할 수 있게 된다. 최종적으로 역변환 형태의 해를 구하여 홀이나 오버랩이 발생하지 않는 매핑 과정을 수행하게 된다. 그림 6은 4개의 특징점 좌표위치를 가지고 투영변환을 수행하여 평행주차 상황에서의 후진동선을 나타내는 원호모양의 주차유도선을 나타내는 조감도 결과 영상을 보여주고 있다.

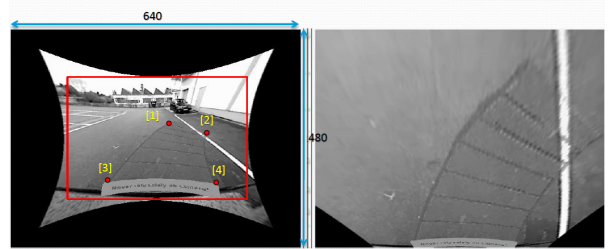


그림 6. 원호모양의 주차유도선
Fig. 6. The parking line of induction of the circular arc shape

3.1.3. 원호모양의 주차유도선의 직사각형화

이 단계에서도 이후에 라인간의 상관성조사를 통하여 후방 연속거리정보를 측정하기 위하여 원호모양의 주차유도선을 직사각형 형태로 펴주는 수학적 매핑 모델을 찾고, 역방향 매핑을 수행하게 된다. 그림 7은 사륜 차량의 후진동선을 나타내는 차량 움직임 모델¹⁰⁾을 보여주고 있다. 앞바퀴 쪽에 장착된 조향장치에 의하여 후진 경로가 결정되며, 후진동선을 나타내는 원호가 나타내는 두 원의 중심점이 같은 동심원 모델로 되어있는 것이 특징이다. 이 동심원의 중심점의 좌표와 반지름 R_1 , R_2 의 값을 각각 파악하면 원호를 펴는 수학적 모델을 찾을 수 있게 된다.

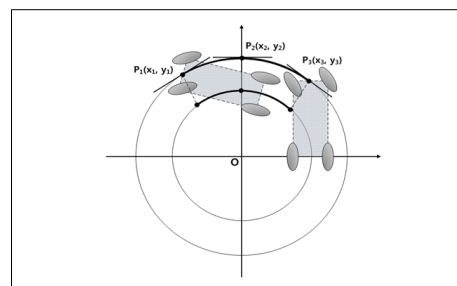


그림 7. 차량의 움직임 모델
Fig. 7. Kinematic model of vehicle

차량의 후방카메라는 항상 고정된 위치에 설치되어 있으므로 후방영상에 생성된 각 원호 위를 지나가는 세 점의 정보 또한 고정적으로 알아낼 수 있다.

세 점을 지나는 원의방정식을 나타내는 식(11)을 통하여 2개의 동심원의 중심과 반지름 정보를 각각 알아낼 수 있다^[11]. 여기서 m_a 는 점 P_1 과 점 P_2 로 이어지는 직선의 기울기를 나타내고, m_b 는 점 P_2 와 점 P_3 로 이어지는 직선의 기울기를 나타낸다.

$$x = \frac{m_a m_b (y_1 - y_3) + m_b (x_1 + x_2) - m_a (x_2 + x_3)}{2(m_b - m_a)} \quad (11)$$

3.1.4. 원호퍼기 1단계 - 원호의 직선화

원호모양의 주차유도선 영상을 직선으로 펴기 위해서는 먼저, 순방향 매핑모델을 찾고, 홀(hole)과 오버랩(overlap)과 같은 문제를 제거하기 위한 역방향 매핑모델을 구성해야 한다.

(1) 순방향 매핑기반

우선, 그림 7에서 구한 정보를 바탕으로 순방향 매핑을 수행할 수 있다. 그 수학적 모델은 그림 8과 같다. 회전되는 각도는 회전의 중심점 P_3 , P_4 가 고정되어 있으므로 직각삼각형 모델에서 $\tan\theta = \frac{x}{y}$ 로 볼 수 있다. 여기서, 각도 θ 값은 다시 역함수 형태로 변환해 보면 $\theta = \arctan \frac{x}{y}$ 가 되어 반시계방향으로의 회전변환의 각도를 결정하는 값이 된다.

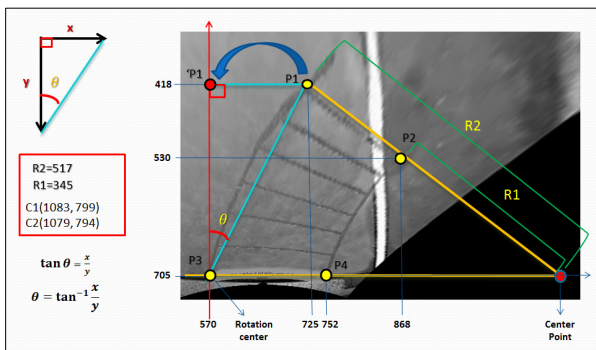


그림 8. 원호 펴기 과정의 수학적 모델 - 순방향 매핑
Fig. 8. The mathematical model of the process of the circular arc extension - forward

하지만, 순방향 매핑방식은 매핑이 제대로 되지 않아 발생하는 홀과 중복적으로 매핑이 일어나서 발생하는 오버랩 등의 문제를 가지고 있다. 이는 이후의 유사도 측정단계에서 오차를 가중시키는 문제점으로 작용한다.

(2) 역방향 매핑기반

제안된 알고리즘에서는 순방향 매핑 후 보간 작업을 진행하는데 따르는 계산량과 버퍼의 크기를 줄이기 위하여 역방향 매핑의 수학적 모델을 제시하였다. 이를 위하여 결과 좌표 $P1(x_d, y_d) \rightarrow P1(x_s, y_s)$ 로의 이동으로 생각해야 하고, 결론적으로 이 값은 그림 9에 나타난 Δx 값에 의하여 조절되게 된다.

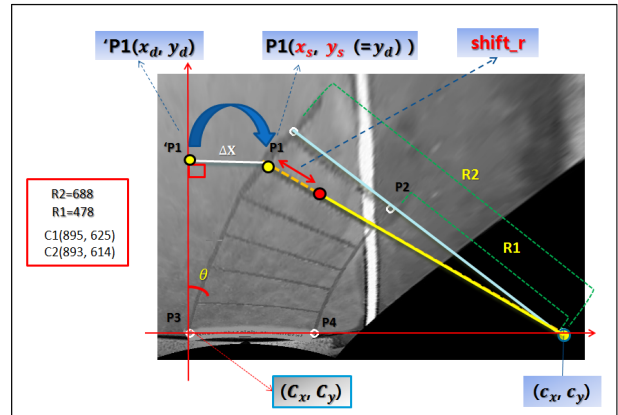


그림 9. 원호 펴기 과정의 수학적 모델 - 역방향 매핑
Fig. 9. The mathematical model of the process of the circular arc extension - backward

이에 대한 성질을 식(12)와 식(13)과 같이 표현할 수 있다.

$$x_d + \Delta x = x_s \quad (12)$$

$$y_d = y_s \quad (13)$$

그림 9에서 R_2 를 반지름으로 갖는 원 위에 속한 점 (x_s, y_s) 를 이용한 기본 원의 방정식에 $shift_r$ 조절변수를 적용하여 보면, 식 (14)와 같이 원호의 동선에 대한 수식을 모델링할 수 있다.

$$\sqrt{(x_{s1} - c_x)^2 + (y_{s1} - c_y)^2} = (R_2 - shift_r) \quad (14)$$

식(12)과 식(13)을 이용하면 식(14)의 (x_{s1}, y_{s1}) 를 치환하고, 수식의 좌항을 Δx 만 남기도록 정리해보면 식(15)과 같이 정리할 수 있다.

$$\Delta x = \sqrt{(R_2 - shift_r)^2 - (y_d - c_y)^2} + c_x - x_d \quad (15)$$

이렇게 구한 Δx 값을 활용하면, 역방향 매핑을 위한 최종 식(16)과 식(17)을 유도할 수 있다.

$$x_s = x_d + \Delta x + shift_r \quad (16)$$

$$y_s = y_d \quad (17)$$

여기서, `shift_r` 조절변수는 원호영역 바깥부분의 영상까지 처리하기 위해 음수부터 양수값에 이르기 까지 변화도록 하였다.

역방향 매핑 방식이 처리되는 일련의 과정을 그림 10과 같이 나타내었고, 결론적으로, 매핑된 결과를 나타내는 그림 11을 보면 순방향 매핑방식에서 나타났던 홀 발생 문제가 제거된 것을 볼 수 있다.

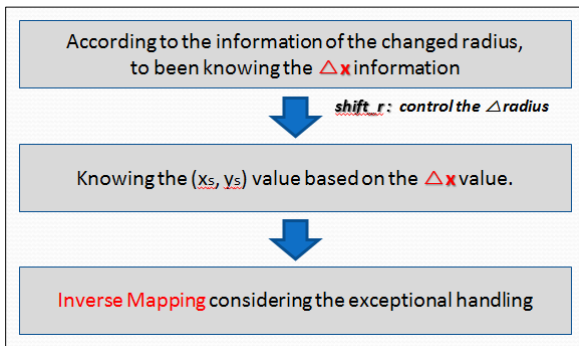


그림 10. 원호 퍼기 과정 - 역방향 매핑
Fig. 10. The process of the circular arc extension

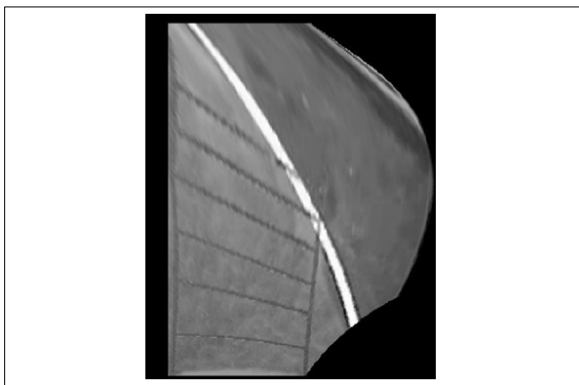


그림 11. 역방향 매핑에 의한 원호 퍼기 결과영상
Fig. 11. The result of the circular arc by the backward mapping

3.1.5. 원호퍼기 2단계 - 투영변환

내측 원호의 경우는 길이가 외측 원호에 비해 짧아 원호를 직선화한 영상은 사다리꼴 왜곡이 발생한다. 이에 투영변환 기법을 한 번 더 적용하면 그림 11의 사다리꼴 영상을 그림 12와 같은 직사각

형화 된 영상으로 변환할 수 있다.

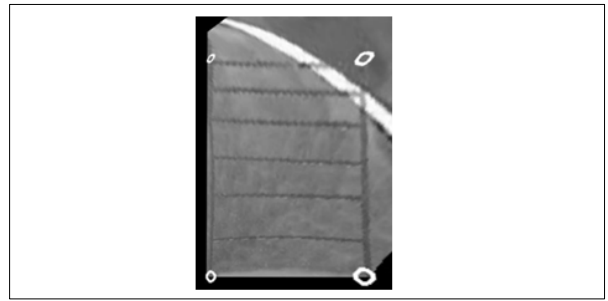


그림 12. 투영변환에 의한 직사각형화 된 결과영상
Fig. 12. The rectangular result by the perspective transform

3.1.6. 히스토그램 균등화 과정 - 유사도 결과 향상

히스토그램 균등화^[12]는 입력된 영상의 명암도 분포를 균일한 분포로 바꾸어 주어 영상의 명암도 분포차이를 넓히고, 도로의 텍스처(texture) 성분의 명암비를 향상시키기 위해 사용되었다. 이 기법은 이후의 연속거리정보 측정을 위한 유사도 조사 시 더 향상된 정확도를 가져오게 된다. 그림 13은 히스토그램 균등화 처리된 결과영상을 보여준다.

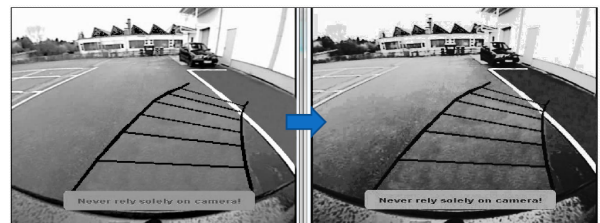


그림 13. 히스토그램 균등화 처리된 결과영상
Fig. 13. The result after the histogram equalization is processed

3.2. 제안하는 사영기반 이동거리정보 추출 알고리즘

제안하는 알고리즘은 블록단위가 아닌 연속 라인 단위로 후방물체와의 거리를 표시해주는 기법을 제안하고자 한다. 이는 블록 상관성이 아닌 라인 상관성을 계산해야 해결할 수 있다. 하지만 단순히 라인 상관성만을 계산하다면 여러 라인에 걸친 블록형태의 콘텐츠의 특성들이 사라져 오히려 오류가 더 발생할 수 있다. 이에 기존 블록을 대신할 수 있는 연속된 라인들로 이루어진 특징 집합(feature set)을 구성한다. 먼저, 그림 14에 나타낸 것과 같이 각 라인의 영상정보를 x축 방향으로 적분 사영화(Integral Projection) 시키게 된다^[13]. 이에 대한 과정을 식

(20)에 나타내었다.

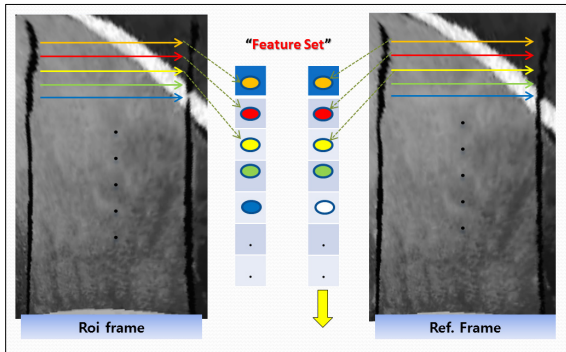


그림 14. 라인단위의 적분 사영화
Fig. 14. The line unit Integral projection

$$P(t, [0:i]) = \sum_j^{B_{width}} I(i, j) \quad (18)$$

이렇게 사영화 처리된 연속라인들의 값을 하나의 블록집합으로 묶어서 유사도 조사에 사용함으로써 고정밀도 유사도 조사를 위하여 블록의 콘텐츠성분을 최대한 살릴 수 있다. 유사도 조사 대상은 영상 전체에 대한 적분 사영화 과정을 수행한 1차원 데이터 영역이다. 식(21)은 이렇게 구성된 1차원 수평사영 영상전체에 대한 블록집합에 대하여 이전 영상프레임과 현재 영상프레임 간에 차가 후진 이동함에 따라서 위쪽의 지나간 라인들은 빠지고 아래쪽의 새로운 라인들이 추가될 때의 새로운 블록 값과 미리 저장해둔 이전 참조 블록과의 유사도 조사를 수행하여 고정밀도로 몇 라인의 영상정보가 이동되었는지 추출하게 된다.

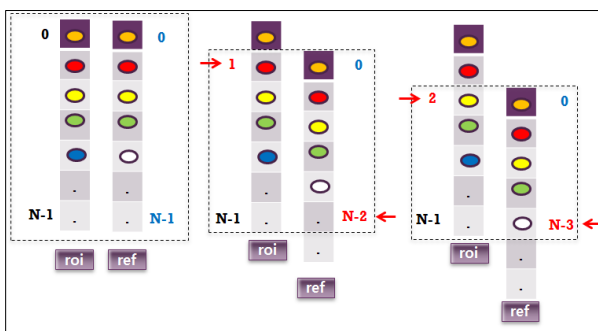


그림 15. 라인단위의 유사도 조사 기법그림
Fig. 15. The line unit correlation checking

$$LIPB(k) = \sum_{i=0}^{Height-1} \frac{|P(t+t_x, [k:i]) - P(t, [0:i-k])|}{N-k} \quad (19)$$

제안하는 방법은 라인단위로 적분하는 과정에서 평균필터의 작용을 하므로 오차를 발생시킬 수 있는 뜻하지 않은 영상 잡음들에 대하여 좀 더 강한 유사도 조사를 수행하는 효과를 가진다. 또한, 계산량 측면에서도 기존의 모든 픽셀에 대한 뺄셈을 수행하던 단순 블록단위 SAD 기법과는 다르게 각 픽셀의 영상정보를 1차원화하기 위하여 라인단위로 적분하는 과정이 먼저 수행되므로 유사도 조사 시 더 적은 수의 연산이 수행됨을 알 수 있다. 또한, 제안된 알고리즘은 1차원 수평사영 영상을 사용하므로 하드웨어로 구현 시에 유사도 결과 저장용 메모리 자원의 크기를 줄이게 되는 이점을 가지게 된다.

IV. 실험 및 결과

실험환경으로는 3.41 Ghz의 CPU Intel Core I7 과 16.0GB 메모리를 가진 컴퓨터가 사용되었다. 실험영상으로는 Magna Parallel 영상이 사용되었다. 라인단위의 유사도 조사를 수행하기 위하여 원영상의 주차유도선으로 가려진 부분을 강제 복원하여 실험을 진행하였다. 그림 16과 그림 17은 기존 블록단위 거리측정 방식에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 그림 16은 후방영상의 연속프레임에 대하여 블록①과 블록②와의 SAD 값을 연속 조사하여 처음으로 SAD 값이 커졌을 때 블록①을 참조블록으로 선정하고 그 블록정보를 메모리에 저장한다.



그림 16. 블록단위 거리측정 1단계
Fig. 16. The first step of block unit distance measurement

그림 17에서는 앞에서 저장해 두었던 참고블록과 블록②와의 SAD 유사도 조사를 통하여 가장 유사한 블록을 찾고, 그 블록위치까지 이동거리가 진행되었음을 알려준다. 다음 블록유사도 조사를 위해 블록②를 참고블록으로 선정하여 저장하고 블록③과의 유사도 조사를 같은 방식으로 수행한다. 이후의 블록들에서도 같은 방식을 수행한다.

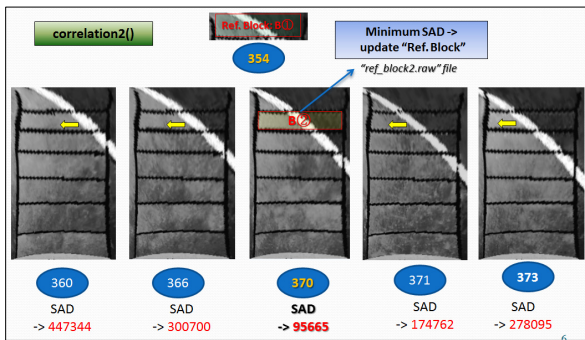


그림 17. 블록단위 거리측정 2단계
Fig. 17. The second step of block unit distance measurement

하지만, 이 방법은 후진 평행주차상황에서 라인단위의 이동거리 측정이 아닌 흰색 주차선이라는 특징정보에 의존하여 단순 블록단위의 진행거리 상황만을 파악한다.

제안하는 방법의 실험은 평행주차를 시도하는 영상프레임 348부터 370번까지의 각 프레임 영상 전체정보를 사영화 시키고 블록 집합화하여 이전 프레임의 참조블록(ref.Block)과 현재 프레임의 관심블록(roi.Block)을 1 라인 단위로 이동시키면서 라인유사도를 계산하고 최소가 되는 라인위치를 탐색하였다. 그림 18은 전처리 과정이 수행된 결과영상들을 보여주고 있다. 여기서 전처리과정 이후의 결과영상을 보면 원영상이 갖고 있었던 구형태의 기하학적인 방사왜곡이 보정되었고, 카메라 시점에 의한 원호형태의 주차동선 모양이 시점변환을 통하여 동일한 길이 조건에서의 라인단위 유사도 측정을 위해 직사각형 형태로 곧게 펴져야 함을 알 수 있다. 또한, 히스토그램 균등화 과정을 통하여 도로면 영상의 텍스처 성분이 더욱 보강되어 더 향상된 유사도 측정 비교가 가능하게 함을 알 수 있다.

유사도 측정 결과의 정확성을 확인하기 위하여 그림 18의 가장 오른쪽 란에는 제안하는 알고리즘을 통하여 알아낸 라인단위 이동거리 정보가 실제적으로 가장 유사하게 매칭 되었는지 확인하기 위해 현재 프레임 영상의 검은 선으로 표시된 영역부

분을 잘라내어 해당 라인 수만큼 이동하여 이전 영상 위에 덮어씌움으로써 잘 매칭 되었는지를 확인하였다. Line 단위 매칭결과 란을 보면, 흰색주차선 부분이 자연스럽게 매칭 되었음을 확인할 수 있다.

Frame no.	Gray images	Pre-processed images	Result of line-unit matching
348			
354			
360			
362			
364			
366			
368			
370			

그림 18. 전처리과정이 수행된 영상 프레임들
Fig. 18. The video frames which pre-processing step is executed

표1은 평행주차를 시도하는 원호모양의 후진동선

경로를 따라 라인단위 연속거리정보추출 기법의 실험결과를 보여주고 있다. 각 영상프레임 구간마다 라인유사도 값이 최소가 되는 라인 위치만큼 이동되었음을 알 수 있다. 그림 19의 막대그래프는 각 프레임별 유사도 조사결과를 한눈에 볼 수 있도록 나타낸 것이다. 가로축은 이동되는 라인 위치를 나타내고, 세로축은 유사도 측정값을 나타내고 있다. 유사도를 계산하기 위해 SAD를 사용하였으므로 최소값을 가지는 구간이 유사도가 가장 높은 구간이다. 여기서 각 프레임셋마다 유사도의 크기를 나타내는 막대기의 크기가 다른 것은 각 프레임마다 후진이동이 진행되면서 위쪽의 영상 라인들은 빠지고, 아래쪽의 라인들에는 새로운 도로면의 영상 값이 추가된 것과 직사각형 내에 포함되는 흰색 주차선의 위치와 면적이 조금씩 달라졌기 때문이다.

사영기반 이동거리정보 추출 방식은 매 프레임마다 영상라인단위로 진행된 거리를 알려주게 되는 장점을 가지고 있다.

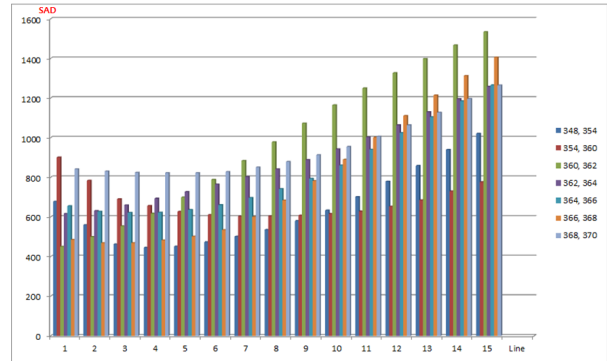


그림 19. 연속 프레임 간 라인단위 유사도 조사 결과
Fig. 19. The line unit correlation measurement graph between consecutive frames

표 1. 연속거리정보추출 결과
Table 1. The consecutive distance information extraction result

Line no.	Frame interval						
	348, 354	354, 360	360, 362	362, 364	364, 366	366, 368	368, 370
1	678	901	451	617	656	486	842
2	560	784	500	631	628	469	831
3	463	691	554	660	622	469	824
4	446	657	618	694	623	483	823
5	452	628	700	727	637	502	823
6	474	611	789	765	661	535	828
7	502	604	884	803	697	601	851
8	536	605	978	842	742	684	879
9	581	608	1073	889	794	782	913
10	634	617	1165	943	861	890	955
11	702	629	1250	1003	941	1002	1007
12	780	653	1327	1064	1025	1111	1064
13	859	685	1399	1130	1105	1215	1128
14	940	730	1467	1196	1185	1313	1197
15	1021	777	1534	1259	1266	1406	1265
Min. line	4	7	1	1	3	3	5

표2 에서는 기존 블록단위 SAD 방식에서의 거리측정 단위와 Block SAD 값, 그리고 제안하는 방식의 거리측정 단위를 나타내고 있다. 기존 방식은 348 프레임에서 370 프레임까지 차량의 후진이동이 진행되는 동안 블록①과 블록②까지 블록단위로 이동거리가 진행되었음을 알려주게 되지만 제안하는

표 2. 블록단위 SAD 방식과 제안하는 방식간의 비교
Table 2. The comparison of block unit SAD algorithm and proposed algorithm

Frame no.	Method of block SAD	Block SAD value	Proposed Method	Line SAD value
348				
354	Block① progressed	501477	4 Line progressed	446
360			7 Line progressed	604
362			1 Line progressed	451
364			1 Line progressed	617
366			3 Line progressed	622
368			3 Line progressed	469
370	Block② progressed	95665	5 Line progressed	823

V. 결 론

본 논문에서는 1대의 후방카메라로부터 획득한 영상정보에만 의존하여 라인 적분 사영화 및 유사도조사를 통하여 고정밀도 연속거리정보 추출이 가능함을 보였다. 이는 기존의 모션스테레오 기법의 부정확한 방식이나 블록단위의 거리정보 제공방법과는 다르게 평행주차상황에서 연속 후진이동거리 정보를 제공할 수 있는 기법이다. 또한, 추가적인 센서 장비나 복잡한 비전 알고리즘의 계산이 없으므로 쉽게 하드웨어화 할 수 있으며 주차보조시스템

시장의 주요 타깃인 출고된 차량들에서도 쉽게 구축할 수 있다는 장점을 갖는다.

그러나 단일카메라로부터 얻은 영상정보에만 의존한 본 알고리즘은 실외환경에서의 평행주차 상황 시 갑작스런 구름의 이동이나 바람에 흔들리는 나무로 인한 조명환경의 변화 시 거리측정 오차를 발생시킬 수 있다는 한계점을 가지고 있다. 추후로는, 이러한 조명변화에서도 강인할 수 있는 후방거리정보 측정 시스템을 구축하기 위하여 조명변화에 영향을 받지 않으면서도 구축비용 또한 저렴한 초음파 거리센서를 활용하여 기존 영상정보와의 매칭방법에 대한 연구를 수행하고자 한다.

References

[1] J. M. Ban, B. R. Lee, and H. Kang, "Vehicle recognition using NMF in urban scene," *J. KICS*, vol. 37, no. 7, pp. 554-564, Jul. 2012.

[2] H. S. Park, and C. S. Bae, "An efficient vehicle parking detection method using gray scale images," *J. KICS*, vol. 36, no. 10, pp. 629-634, Oct. 2011.

[3] A. Bhawiyuga, H. H. Nguyen, and H. Y. Jeong, "A fusion of vehicle sensors and inter-vehicle communications for vehicular localizations," *J. KICS*, vol. 37, no. 7, pp. 544-553, Jul. 2012.

[4] H. G. Jung, H. J. Kang, and J. Kim, "Target parking position designation method - review and perspective," in *Proc. The Korean Society of Automotive Engineers(KSAE) 2008 Annual Conference and Exhibition*, pp. 1-9, Nov. 2008.

[5] C. Vestri, S. Bougnoux, R. Bendahan, K. Fintzel, S. Wybo, F. Abad, and T. Kakinami, "Evaluation of a vision-based parking assistance system," in *Proc. Int. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, pp. 131-135, Sept. 2005.

[6] R. I. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, 2nd Ed., Cambridge University Press, pp. 239-308, 2004.

[7] H. Marczuk, H. Goerg, and P. D. Alberto,

PARKING ASSIST SYSTEM, US2010/043330, Feb. 2011.

[8] J. H. Shin, D. H. Nam, and G. J. Kwon, "Non-metric fish-eye lens distortion correction using ellipsoid model," *Human Computer Interaction(HCI) Korea*, vol. 14, no. 1, pp. 83-89, Jan. 2005.

[9] A. Criminisi, I. Reid, and A. Zisserman, "A plane measuring device," *Image and Vis. Comp.* vol. 17, no. 8, pp. 625 - 634, Jan. 1999.

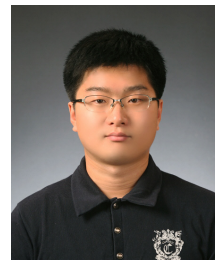
[10] T. Inoue, M. Q. Dao, and K. Liu, "Development of an auto-parking system with physical limitation," in *Proc. SICE 2004 Annual Conference*, Aug. 2004.

[11] R. Hartshorne, *GEOMETRY: EUCLID AND BEYOND*, Springer, pp.348-349, 2000.

[12] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd Ed., Prentice-Hall, pp. 122-128, 2008.

[13] J. Kim and R. Park, "A fast feature-based block matching algorithm using integral projections," *IEEE J. Sel. Area. Commun.*, vol. 10, no. 5, pp. 968-971, Jun. 1992.

김 호 영 (Ho-Young Kim)



2011년 2월 광운대학교 컴퓨터 공학과 학사
 2011년 3월~현재 광운대학교 컴퓨터 공학과 석사과정
 <관심분야> 영상신호처리, 신호처리 SoC, 주차보조시스템

이 성 원 (Seong-Won Lee)



1988년 2월 서울대학교 제어계측공학과 학사
 1990년 2월 서울대학교 제어계측공학과 석사
 2003년 5월 Univ. of Southern California 박사
 <관심분야> 영상신호처리, 신호처리 SoC, 컴퓨터구조