

에지정보를 이용한 도로영상의 스테레오 정합

이 기 용* · 이 준 응

전남대학교 산업공학과(자동차연구소)

Intensity Gradients-based Stereo Matching of Road Images

Kiyong Lee* · Joonwoong Lee

Department of Industrial Engineering, College of Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
(Received 7 September 2002 / Accepted 19 November 2002)

Abstract : In this paper, we propose a new binocular stereo correspondence method by maximizing a fitness formulated by integrating two constraints of edge similarity and disparity smoothness simultaneously. The proposed stereopsis focusing to measure distances to leading vehicles on roads uses intensity gradients as matching attribute. In contrast to the previous work of area-based stereo matching, in which matching unit is a pixel, the matching unit of the proposed method becomes an area itself which is obtained by selecting a series of pixels enclosed by two pixels on the left and right boundaries of an object. This approach allows us to cope with real-time processing and to avoid window size selection problems arising from conventional area-based stereo.

Key words : Stereo matching(스테레오정합), Disparity(변이), Area-based stereo(영역 기반 스테레오), Intensity gradients(에지), Fitness(적합도)

1. 서론

컴퓨터비전의 한 분야인 스테레오비전은 서로 다른 위치에서 획득한 두 개 이상의 2차원 영상으로부터 3차원정보를 추출하는 것으로 1979년 MIT의 Marr-Poggio가 사람들의 눈은 5단계로 사물을 주시하고 거리감을 예측한다는 이론을 밝힌 이래 많은 연구가 진행되었고, 오늘날에도 활발히 연구가 진행되어 여러 분야에 적용되고 있다.¹⁾

본 논문은 스테레오비전 기반의 자차량(ego vehicle)으로부터 전방 차량사이의 거리계측시스템의 일부분인 변이맵(disparity map)구축 문제에 대해 다룬다. 연구에서는 수평의 좌·우 방향으로 일정 거리만큼 떨어진 두 대의 흑백(gray level) CCD 카메라

를 사용하여 좌·우 두 장의 영상을 취득한 후, 좌·우 영상에서 서로 대응되는 점을 찾아낸다. 여기에서 대응된 점은 공간상의 동일한 점이 좌·우 각각의 영상에 투영된 점을 의미하는데, 스테레오비전에서 가장 중요한 연구 이슈가 바로 좌·우 영상의 대응점 탐색이다. 이때 좌·우 영상의 대응되는 두 점 사이의 수평거리를 변이(disparity)라 하고, 변이맵은 좌·우 영상이 중첩(overlap)되는 영역에 있는 픽셀들의 변이집합이다. 본 논문에서는 좌측 카메라로 취득한 영상을 좌영상(left image), 우측 카메라로 취득한 영상을 우영상(right image)이라 부를 것이다.

차량간 거리계측 문제는 지능형 안전자동차(intelligent safety vehicle)의 차간거리제어(inter vehicle distance control)기술의 주 관심분야이다.²⁾ 주로 레

*To whom correspondence should be addressed.
joonlee@chonnam.ac.kr

이저레이다(laser radar)나 밀리미터파레이다(millimeter wave radar)가 거리계측용 센서로 사용되고 있는데³⁾ 반해 본 연구에서는 스테레오비전 기법을 이용하여 수 미터 이내의 비교적 근거리에서부터 수십미터의 거리까지 계측이 가능한 변이검출알고리즘을 제안하고자 한다.

스테레오비전 문제가 일반적으로 두 영상에서 대응되는 픽셀의 밝기값은 동일하고, 영상의 수직 방향으로의 변이차가 없다는 가정을 전제로 하고 있는데, 본 논문에서 관심을 갖는 환경에서는 이러한 가정을 전제로 할 수 없다는 점이 연구의 출발점이다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 자차량과 검지 대상인 전방 차량 모두 주행을 하는 동적 상황(dynamic environment)하에 있기 때문에 좌·우 영상은 두 대의 카메라로 동시에 획득되어야 한다. 따라서 두 대의 카메라가 설치되어야 하는데, 이 때 카메라 설치시 두 카메라의 광축이 서로 수평, 수직으로 평행이 되고, 롤각(roll angle)의 차이가 없게 하는 것이 어렵다. 둘째, 본 논문의 영상처리 표적인 차체(vehicle body)는 람버시안(Lambertian)곡면이 아니고 경면(specular surface)의 특성에 가깝다. 셋째, 두 카메라에서 사용되는 렌즈의 조리개와 초점을 동일하게 맞추기 어렵다. 이러한 이유로 좌·우 영상에서 대응되는 점이 동일한 행에 존재한다는 보장이 이루어지지 않으며, 대응점이라 하더라도 밝기값 보존(intensity conservation)이 성립되지 않는 것이다. 이러한 요인들이 존재하는 상황에서 차간거리 검출에 양호한 변이맵을 구축해야 하는데, 단순히 밝기값의 유사성(intensity similarity)만을 이용해서는 목적에 부합되는 변이맵 구축은 어렵다. 이를 극복하기 위해 도로영상을 자세히 살펴보면 차량과 배경의 경계에는 강한 에지(edge) 성분이 존재함을 알 수 있다. 특히 수직방향의 에지성분이 잘 드러나 있다. 따라서 본 연구에서는 좌·우 영상의 스테레오정합시 사용되는 영상의 속성(primitive)으로 밝기값 대신에 밝기값의 1차 가공정보인 부호가 있는 에지(signed edge)를 사용한다.

스테레오정합은 3차원 공간상의 물리적인 한 점이 좌·우 영상에 맺힌 점을 찾아내는 과정이다. 기존의 정합 방법들은 크게 영역기반방식(area-based

matching)과 특징기반방식(feature-based matching)으로 분류할 수 있다.⁴⁾ 영역기반방식은 어떤 픽셀의 가까운 이웃에 있는 픽셀들의 변이는 유사하다는 가정하에 기준 영상의 모든 점에 대해서 정합하려는 점 주위에 일정한 영역을 설정한 다음 이 영역을 상대 영상의 탐색범위 내에서 이동시키면서 상호 유사도를 계산한 후 이 유사성이 잘 만족되는 위치를 찾음으로써 변이를 구하는 방식이다. 반면에 특징기반방식은 영상의 밝기 대신 좌·우 영상에서 추출한 zero-crossing이나 경사피크(gradient peak)나 선분과 같은 특징들에 대해 정합 가능한 후보 특징들을 찾은 다음 물리적 현상에 바탕을 둔 몇 가지의 제약조건들(constraints)을 적용하여 후보들 중에서 이 조건들을 가장 잘 만족시키는 특징을 찾음으로써 두 영상을 정합하는 방법이다.

본 논문의 정합방식은 영역기반 정합방식의 범주에 속하며, 선택된 영역의 정합은 에지유사성(edge similarity)과 변이연속성(disparity smoothness)의 제약조건을 사용하여 정의한 적응도(fitness) 함수의 최적화를 통해 이루어진다. 에지유사성은 정합에 사용되는 에지의 세 가지 속성인 부호가 있는 수직방향의 에지 크기, 수평방향의 에지크기, 그리고 에지의 각도를 동일한 가중치로 융합(fusion)한 형태로 정의한다. 변이연속성은 선택된 영역의 변이와 이 영역 주위의 영역들이 갖는 변이와의 차의 제곱합(SSD: sum of squared difference)으로 정의한다. 적응도(fitness) 함수는 변이연속성과 에지유사성의 곱으로 표현한 것이다. 이에 대한 자세한 설명은 본문에 제시되어 있다. 반면에 Hanawa and Sogawa⁵⁾는 매칭함수로 밝기값의 SAD(sum-of-absolute difference)를 사용하였고, Ruichek and Postaire⁶⁾는 본 연구에서 제안한 방법과 유사한 개념으로 해에 대한 제약에 바탕을 둔 최적화 문제로 매칭문제를 수식화한 후 Hopfield 뉴럴넷에 의해 최적화 문제를 풀고 있다. Bruyelle and Postaire^{7,8)}은 밝기값의 상관기법(correlation technique)을 이용한 방법을 제안했다. Bertozzi and Broggi⁹⁾는 두 영상의 직접적인 매칭에 의존하지 않고 캘리브레이션(calibration) 파라미터를 이용하여 선행차량을 영상에서 분리하고 거리를 검지할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 Kamiski,