2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004.7.14-16

DLI를 기반으로 하는 선행차량 인식 알고리즘

황회정[1], 백광렬[1], 이운근[2]
부산대학교 전자공학과[1], 부산경상대학 디지털애니메이션과[2]

Image Processing Algorithm for Preceding Vehicle Detection Based on DLI

H. J. Hwang[1], K. R. Baek[1], U. K. Yi[2]
Pusan National University[1], Busan Kyungsang College[2]

Abstract - 본 논문에서는 차선관련 정보의 변이도함수(DLI, Disparity of Lane-related Information)를 기반으로 하는 선행차량 인식 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 이용하여, 주행차선 내에 있는 선행차량의 유무 검출과 위치 유추 및 선행차량 인식을 수행한다. DLI를 이용하는 방법은 특징점의 탐색공간을 현저히 줄여 실시간 처리문제를 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 제안된 선행차량 인식알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 다양한 환경의 도로영상에 알고리즘을 적용하여, 제안된 선행차량 인식기법의 우수함을 확인하였다.

1. 서 론

최근, 차량 운전에서 발생할 수 있는 교통사고를 예방하기 위한 안전 이슈와 운전 중에 기기를 사용할 때 발생 할 수 있는 운전자의 집중력 손실 등과 관계된 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 새로운 변화는 운전자와 탑승자에게 정보 이용의 이동성을 강화시켜 줄 것으로 예상되는 텔레매틱스를 진보시킬 것이다. 본 논문에서 제안하는 차선변이 함수 기반의 선행차량 인식 알고리즘은 차선이탈 경보 및 추돌 경보시스템 등에 이용될 수 있는데, 이러한 시스템은 텔레매틱스 시장에 있어서 핵심적인 부분으로 떠오르고 있다. 본 논문에서는 카메라에서 얻어진 스테레오 영상에서 차선 관련 정보의 변이도 함수(DLI, Disparity of Lane-related Information)를 추출한다. 본 논문에서 DLI를 이용하여, 주행차선 내에 있는 선행차량의 유무 검출과 위치 유추 및 선행차량 인식을 수행한다. 본 논문에서는 제안하는 선행차량 인식기법의 성능을 검증하기 위하여 다양한 환경의 도로영상에 알고리즘을 적용하였고, 제안한 방법의 우수함을 확인하였다.

2. 차선변이 함수(DLI)

스테레오 영상의 변이도는 좌우 영상 전체의 정보를 이용하여 구하는 것이 일반적인 방법이다. 본 논문에서는 영상 전체의 정보를 이용하지 않고, 차선 인식에서 얻은 차선 관련 정보 가운데 좌우 차선정보 중 한쪽 차선정보의 정보만을 이용하여 변이도를 구한다. 본 논문에서는 영상의 차선 관련 정보의 일부분을 이용해서 얻은 변이도를 DLI(Disparity of Lane-related Information)라고 정의한다. DLI는 인식된 좌우 차선 정보 중에서 한쪽 차선정보의 정보만을 이용하여 얻기 때문에 변이도 검출을 위해 많은 양의 정보를 필요로 하지 않고, 영상 전체의 극히 일부분에 대한 정보만이 요구되어진다. DLI는 선행 차량과 같은 장애물이 주위보다 상대적으로 큰 에지값을 가진다는 특성을 이용해서 주행차선 내에 있는 장애물의 유무 검출뿐만 아니라, 장애물의 위치도 유추할 수 있다. 그림 2.1은 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 전체 구성을 나타낸다.

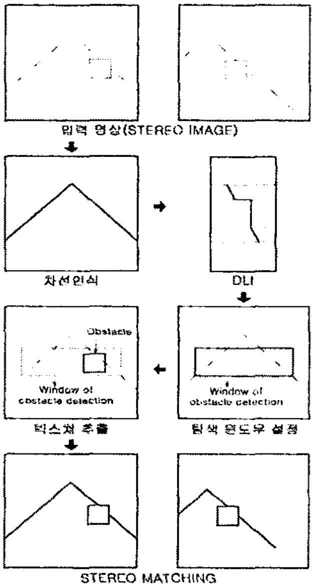
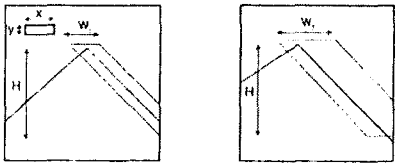


그림 2.1 선행 차량 인식 알고리즘의 구성

스테레오 입력 영상에서 기준 영상을 정하여 차선을 인식하고, 인식된 차선 중에서 기준 차선이 정해지면, DLI를 얻기 위한 윈도우를 설정한다. 기준 차선을 중심으로 크기가 x×y인 윈도우를 그림 2.2의 (a)와 같이 설정한다.



(a) (b)

그림 2.2 DLI 알고리즘

스테레오 영상의 좌측 영상을 기준 영상으로 할 때에는 그림 2.2의 (a)와 같이 우측 차선의 변이도를 구하는데 사용되는 기준 차선이 된다. 영상의 변이도를 구할 때, 좌측 영상에서는 그림 2.2 (a)의 점선 블록의 에지 정보가 필요하고, 우측 영상에서는 그림 2.2 (b)의 점선 블록의 에지 정보가 필요하다. 그림 2.2 (a)의 점선

블록은 기준차선에 씌어진 윈도우들이 있는 영역이고, 그림 2.2 (b)의 점선 블록은 변이도를 구하기 위해 좌측 영상에서 이용되어지는 영역이다. 그림 2.2와 같이 DLI를 이용하여 변이도를 구하면, 특징점의 탐색 공간이 현저히 줄어들기 때문에 처리시간이 단축되고, 이용되는 정보량이 줄어들어 실시간 처리 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

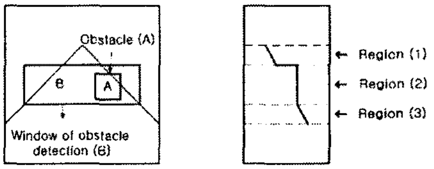
$$C_n = \sum | L_{ni} - R_i | \qquad (1)$$

$$DLI = Min\left(C_n\right),\ (1 \le n \le m) \qquad (2)$$

식 (1)은 좌우 영상의 에지 크기를 비교하는데 사용되는 절대 거리(Absolute distance)이다. 여기서 C_n은 n 번째 윈도우에서의 절대 거리를 나타낸다. 좌측 영상이 기준 영상일 경우, L_{ni}는 좌측 영상의 기준 차선에 씌어진 윈도우의 i 번째에 있는 화소의 에지 크기이고, R_i는 우측 영상에 있는 n 번째 윈도우의 i 번째에 있는 화소의 에지 크기이다. m개의 윈도우 비교 값 중에서 가장 작은 값을 가지는 C_n을 찾아서 그때의 n 값을 저장한다. 이 n 값이 바로 그 좌표에서의 변이도이고, 식 (2)에 있는 DLI 값이 된다.

3. 선행차량 인식

본 논문에서는 DLI 정보를 이용해서 주행 차선 내에 있는 선행차량을 인식한다. DLI는 차선 내에 선행차량이 있을 가능성이 큰 영역을 설정하는데 중요한 역할을 한다. 그림 3.1의 DLI 그래프를 살펴보면 변이도가 일정한 값을 유지하는 영역(Region (2))이 있는데, 본 논문에서는 이 영역을 물체가 있을 가능성이 큰 영역으로 인식한다. 그리고 변이도가 일정한 값을 유지하는 영역 내에 있는 차선과 이 영역이 만나는 곳을 중심으로 탐색 윈도우를 설정한다.



(a) (b)

그림 3.1 탐색윈도우 설정과 DLI 그래프

본 논문에서는 선행차량을 인식하기 위해서 탐색 윈도우를 중심으로 블록을 설정한다. 블록을 설정하기 위해서는 수직 에지(G_x)와 수평 에지(G_y)가 필요한데, 본 논문에서는 소벨 연산자를 이용하였다. 텍스처를 추출하기 위하여 G_x와 G_y를 이용하여 각 축에 대한 히스토그램을 구하고, 일정 간격에서 가장 큰 히스토그램을 가지는 곳의 좌표를 검색한다. 이 좌표를 중심으로 블록을 설정하고, 각 블록을 중심으로 물체가 있는지를 구분한다. 물체가 있을 가능성이 큰 영역을 구하기 위하여, 탐색 윈도우의 평균 에지값과 각 블록의 에지값의 평균을 비교한다. 기준보다 큰 값을 가지는 블록의 위치를 저장하고, 이 영역을 중심으로 텍스처를 추출한다.

본 논문에서는 차선 인식과 장애물 인식을 수행한 뒤에 스테레오 정합을 수행한다. 본 논문에서 수행하는 스테레오 정합은 DLI의 신뢰성을 확인하고, 차선 인식과 장애물 인식이 정확하게 이루어졌는지를 재확인할 수 있는 방법으로 사용된다.

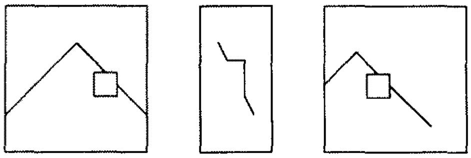

(a) (b) (c)

그림 3.2 스테레오 정합 알고리즘

그림 3.2의 (a)는 스테레오 영상 중에서 좌측 영상을 기준으로 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 차선과 장애물을 인식한 영상이다. 그림 3.2의 (b)는 스테레오 영상의 DLI를 나타낸 그래프이다. 본 논문에서 수행하는 스테레오 정합은 인식된 차선과 장애물을 DLI를 이용해서 정합하는 것이다. 본 논문에서는 영상 전체를 정합하지 않고, 차선과 장애물만 정합하여 본 논문에서 제시한 DLI의 신뢰성을 확인한다. 그림 3.2의 (a)에서 인식되어 있는 차선과 장애물을 그림 3.2의 (b)에 있는 DLI 만큼 스테레오 영상의 우측 영상에서 평행이동하면 그림 3.2의 (c)와 같은 영상을 얻게 된다. 스테레오 정합을 한 뒤, 그림 3.2의 (c)에 표시되어 있는 차선과 장애물이 실제 우측 영상에 있는 차선과 장애물과 일치하는지를 확인할 수 있다. 따라서 스테레오 정합의 결과를 확인하면, 본 논문에서 제시한 DLI의 신뢰성을 판단할 수 있고, 그 정확성의 정도에 따라 DLI의 신뢰도를 유추할 수 있다.

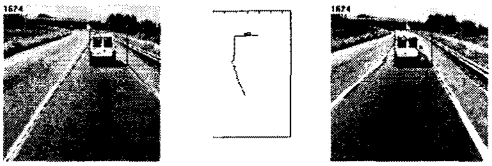

(a) (b) (c)

그림 3.3 스테레오 정합 (256×256 pixels)

그림 3.3의 (a)는 스테레오 영상의 좌측 영상이고, 그림 3.3(c)는 스테레오 영상의 우측 영상이다. 그림 3.3 (b)는 스테레오 영상의 좌측 영상이 기준 영상일 때의 DLI 그래프이다. 그림 3.3 (a)는 본 논문에서 제시하는 알고리즘으로 차선인식과 장애물 인식이 실행된 결과영상을 나타낸다. 그림 3.3 (c)는 그림 3.3 (a)에서 인식한 차선과 장애물을 그림 3.3 (b)의 DLI 그래프를 이용하여 스테레오 정합을 수행한 것이다. 그림 3.3 (c)를 살펴보면 차선과 선행차량이 정확하게 인식되는 것을 확인할 수 있다.

실험결과, 스테레오 영상의 변이도를 구할 때 DLI를 이용하면, 스테레오 영상의 약 9.7%의 정보가 필요하다. 그리고 스테레오 영상의 변이도를 구할 때, DLI를 이용하면 영상 전체를 이용하는 경우에 필요한 계산양의 약 3.75%가 필요하다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 스테레오 영상에서 변이도를 구할 때, DLI를 이용해서 특징점의 탐색 공간을 현저히 줄였다. 그 결과 DLI를 이용한 알고리즘은 메모리, 계산량 등을 향상시키고, 실시간 처리 문제를 해결 할 수 있다. 게다가 제시한 알고리즘은 변이도를 구할 때 영상의 에지 크기 값을 비교하기 때문에 좌우 영상의 밝기 값을 비교하는 것보다 잡음에 강하고 더 정

확한 비교 값을 얻을 수 있다.

4. 실험 및 결과 고찰

실험에서 사용한 영상은 고속도로에서 획득한 도로 영상으로, B/W CCD 카메라를 이용해서 얻은 스테레오 영상이다. 카메라로부터 획득한 영상의 크기는 728×288 픽셀 크기이며, 실험에 사용한 영상은 카메라로부터 획득된 영상의 중심을 기준으로 한 360×280, 256×256 픽셀 크기의 8비트 그레이 레벨로 처리된 영상이다. 알고리즘은 AMD Athlon XP 2400+ (2.00GHz)를 탑재한 컴퓨터에서 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다.

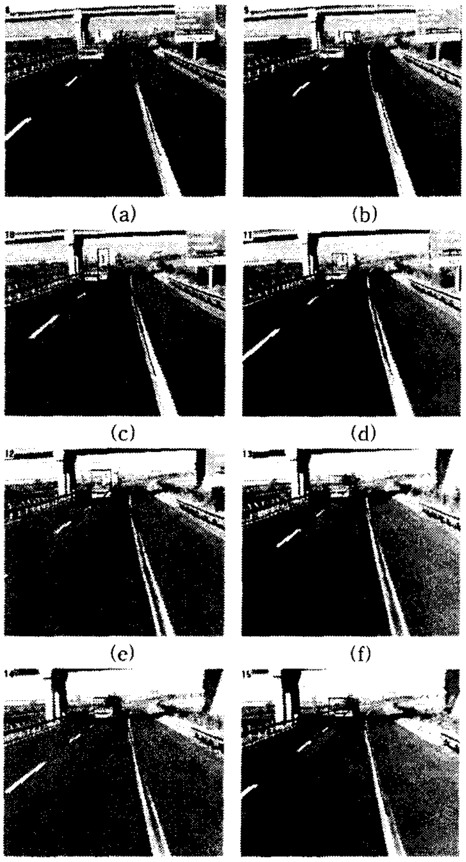


그림 4.1 차선을 변경하는 선행차량의 인식 (360×280 pixels)

실험에 사용된 스테레오 영상은 좌측 영상을 기준영상으로 하였고, 좌측 영상의 우측 차선정보를 중심으로 DLI를 구축하였다.

제안한 알고리즘은 무인 자율 주행의 실현에 필요한 차선과 선행 차량과 같은 장애물을 인식하기 위한 것이다. 본 논문에서는 실제 도로에서 발생할 수 있는 다음과 같은 여러 상황에서 실험을 하였다.

본 논문에서는 직선도로 위에 선행 차량이 있는 경우, 곡선도로 위에 선행차량이 있는 경우, 도로에 그림자가 있는 경우, 직선 도로의 소실점 부근에 선행 차량이 있는 경우, 곡선 도로의 소실점 이상까지 선행차량이 걸쳐져 있는 경우, 옆 차선에서 주행하는 차량이 현재 자차량이 주행하고 있는 차선으로 차선을 변경하는 경우 등 다양한 도로 환경에서 제안된 알고리즘을 수행하였다.

그림 4.1은 주행하는 차선의 옆 차선에서 주행하던 선행차량이 주행차선 쪽으로 차선을 변경하는 경우의 영상이다. 그림 4.1의 (a)를 보면 주행차선 내에 선행차량이 없는 것으로 인식이 되지만 그림 4.1의 (b)~(h)를 보면, 옆 차선에서 주행하던 선행차량 차선을 변경하면서 점차 주행차선 내에 있는 선행 차량으로 인식되어 간다는 것을 확인 할 수 있다. 이와 같이 실험 결과, 본 논문에서 제안한 알고리즘의 우수성과 신뢰성을 입증할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 양안의 흑백 도로영상에서 주행차선 내에 있는 선행차량을 인식하기 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 인식되어진 차선관련 정보만을 이용하여 영상의 변이도를 추출할 수 있는 변이도함수 (DLI)를 정의하였다. 그리고, DLI를 이용해서 주행차선 내에 있는 선행차량의 위치를 유추하고 인식하였다. 본 논문에서는 제안된 알고리즘의 신뢰성을 입증하기 위해서 도로 위의 그림자, 차선의 굴곡 및 굵기, 장애물의 크기와 위치 등과 관련된 매우 다양한 도로 조건하에서 알고리즘을 수행하였다. 그리고 휴리스틱한 파라미터, 가정 및 제약의 사용을 최소화하여 파라미터 값의 변경이나 사람의 개입 없이 성공적으로 실험을 수행하였다.

본 논문에서 도출된 결과는 논문에서 본질적으로 목표를 두고 있는 응용기술로서 ITS 분야의 차선이탈경보 및 방지시스템 그리고, AGV (autonomous guidance vehicle) 등의 이동로봇 분야에 응용될 수 있으며, 향후 본 논문의 결과를 적용하기 위한 정보활용 방안에 대한 연구가 진행되어야 한다. 그리고, 제안된 DLI 기반의 장애물 인식 알고리즘은 도로환경의 영상처리에 한정된 것이 아니라 각종 패턴분류, 인식시스템 등에 직접적인 응용이 가능하며, 신뢰성을 요구하는 진단시스템 등 타 분야로의 확장 적용이 가능할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 황희정, 백광렬, 이운근 "선행차량 인식을 위한 DLI 기반의 영상처리 알고리즘," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, D권, pp. 2459 2461, 2003.

[2] J. W. Lee, U. K. Yi, and K. R. Baek, "A Cumulative Distribution Function of Edge Direction for Road Lane Detection," *IEICE Trans. Information and Systems*, vol. E84 D, no. 9, pp. 1206 1216, 2001.

[3] K. Saneyoshi, "Drive assist system using stereo image recognition," *Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings of the 1996 IEEE*, pp. 230 235, 1996.

[4] K. Saneyoshi, "3 D Image Recognition System by Means of Stereoscope Combined with Ordinary Image Processing," *Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings of the 1994 IEEE* pp. 13 18, 1994.

[5] C. J. Taylor, J. Malik, J. Weber, "A real time approach to stereopsis and lane finding," *Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings of the 1996 IEEE*, pp. 207 212, 1996.