

가변 정합 가중치를 이용한 에지 선소 기반 스테레오 정합

손흥락*, 김형석*

*전북대학교 전기·전자·제어 공학부

Edge Segment-Based Stereo Matching with Variable Matching Weights

Hong-rak Shon, Hyong-suk Kim

School of Electrical Engineering Chonbuk National University

Abstract - An efficient stereo matching method with variable matching weights is proposed. The edge segment-based stereo matching has been shown to be efficient method⁽⁷⁾. The method includes 5 matching factor with different weights. The ordinary matching weights are not always adequate for every image. Employing different weight sets depending on the complexity shows better matching performance. In this paper, an evaluation criterion for complexity is suggested and the experimental results with the proposed method is shown.

Ayache⁽⁶⁾ 등은 계산시간을 줄이기 위하여 좌우 영상의 정합 가능한 선소들을 그룹으로 나누고 그룹별로 정합하였지만 선소들을 그룹으로 나누는 과정에서 부정합의 요인이 발생할 수 있다. 또한 에지 전체 특징을 종합적으로 고려한 에지 선소 기반 스테레오 정합법도 개발되었다⁽⁷⁾. 이 기법은 에지 선소의 길이, 곡률, 상호상관값, 화소값의 변화율 및 에지의 방향을 종합적으로 고려하여 정합에 이용한 방법이다. 영상은 특성에 따라 적용되는 알고리즘의 효과가 다르게 나타난다. 같은 영상내에서도 영역별로 다른 특성이 있다면 다른 기법을 적용하면 효과적일 것이다. 본 논문에서는 영역을 에지의 복잡도를 이용하여 분류하고 영역에 따라 에지 선소 기반 정합의 정합가중치를 다르게 할당함으로써 정합률을 향상시키는 방법을 제안하였다.

1. 서 론

스테레오 비전은 유용한 영상 이용분야의 하나로서 산업용 로봇, 무인차량, 지도제작 등 잠재적 활용분야가 매우 넓은 분야이다. 이 기술은 인간의 시각적 거리 측정 원리의 응용으로서 평행하게 설치된 두 대의 카메라를 이용하여 영상을 획득한 후, 좌우 영상 위의 각 점에 대해 정확한 영상 정합 점의 위치 차(disparity)를 검출하여 삼각측량 원리에 의해 거리를 계산한다. 이 과정 중 특히 많은 시간이 소요되고 기술적으로 어려운 과정은 정합 점의 위치 차 검출로서 한 쪽 영상의 각 화소에 해당하는 상대화면의 정합 화소의 정확한 천이위치(이후 화소 천이값)를 검출하는 과정이다. 이 화소 천이값을 알면 물체와 카메라간의 거리를 계산할 수 있다. 스테레오 영상을 로봇이나 컴퓨터 비전의 실제적 응용을 위해서는 화면상의 모든 영상 점에 대한 거리가 파악되어야 할 필요가 있다. 이를 위한 가장 직접적인 방법은 영역기반법(area based matching)⁽¹⁾으로써 한 쪽 영상 위의 화소에 대해 상대 영상 위의 가장 유사 점을 찾는 방법이다. 이 영역기반법은 잡음이 많거나 시각의 각도에 따라 명암의 차이가 있는 영상에서는 오정합이 발생하기 쉬우며 영상의 특징이 없는 부분에서도 정합의 신뢰도가 낮다는 문제점이 있다. 이 문제점을 해결하기 위해서 영상의 특징점들을 대상으로 검출된 정확한 정합 점들을 이용하여 특징없는 부분에 대해서도 보간(interpolation)에 의한 추정계산하는 방법들이 연구되었는데^(2,3) 이를 특징기반법(feature based matching)이라고 한다. 여기서 사용하는 영상의 특징으로 zero crossing, 에지, 모서리, 첨점등이 있으며, 특징 점의 수는 영상의 전체 화소수에 비해 수가 현저히 작으므로 계산시간이 빠르고 정확한 정합 점을 찾을 수가 있다는 장점이 있다. 특징기반법중 에지를 여러개의 선소로 분할하고 선소상의 특징점들을 이용하여 선소 단위로 정합하는 방법도 개발되었다. Kang⁽⁴⁻⁵⁾ 등은 에지를 선형화된 부 선소로 나타내며, 이 부선소들을 정합시켜 좋은 결과를 얻었다 그러나, 부 선소만의 특징을 이용하므로 신뢰도가 극대화되지 않으며 부선소 생성과정에서의 선형화에 의한 오차가 발생하는 문제가 있었다.

2. 에지 선소 기반 스테레오 정합

에지 선소 기반 스테레오 정합 알고리즘⁽⁷⁾은 좌우의 스테레오 영상에서 에지를 추출하고 세선화 한 후 에지 선소들을 분해한다. 분해된 선소들은 좌우 영상에서 상호 정합쌍이 존재하므로 임의의 선소는 상대 영상에서 가장 특징이 유사한 선소를 정합 선소로 취한다. 선소간의 유사도는 정합값으로 표현되는데, 이 정합값은 선소의 길이, 선소상의 모든 화소들끼리 상호상관값, 선소의 곡률과 그레이 레벨 변화율에 의해 결정된다. 좌 영상중 i번째 선소를 l_i 라고하고 우영상의 j번째 선소를 r_j 라 하여 l_i 와 r_j 간의 선소정합값을 $M(l_i, r_j)$ 라 하면,

$$M(l_i, r_j) = \alpha \cdot L_l + \beta \cdot L_c + \gamma \cdot L_{cor} + \delta \cdot L_g + \epsilon \cdot L_{ori} \dots \dots (1)$$

여기서, L_l 은 선소의 길이, L_c 는 선소의 곡률, L_{cor} 은 상호상관값, L_g 는 그레이 값의 변화율, L_{ori} 는 선소의 주방향을 나타낸다.

이며 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ 은 각 정합인자에 대한 가중치이다.

각 정합인자들의 최대값은 1로서 각 각에 대한 계산 방법은 다음과 같다.

선소의 길이 : 선소들의 y축상의 점유 길이를 비교하는 인자로서 한 영상의 i 번째 선소와 다른 영상의 j 번째 선소간의 정합값 $L_l(i, j)$ 는,

$$L_l(i, j) = 1 - \frac{|Y_i - Y_j|}{Y_i} \dots \dots (2)$$

로 계산한다. 여기서 Y_i 와 Y_j 는 각 각 기준 영상의 i 번째 선소의 epipolar 선상에서 비교 영상의 j 번째 선소를 나타낸다.

선소의 곡률 : 선소간의 곡률을 비교하는 인자로서 선소안에서 y 값을 변화시켜가면서 선소의 방향을 추적하면서 식 (2)와 같이 L_c 를 계산한다.

$$L_{cur} = 1 - \frac{(\sum_i C_i - C_j)/3}{\sum_i Y_i} \dots \dots (3)$$

여기서 C_i, C_j 는 다음 그림과 같이 각 방향을 표시하는 숫자이며, 3은 정규화시키기 위한 값이다.

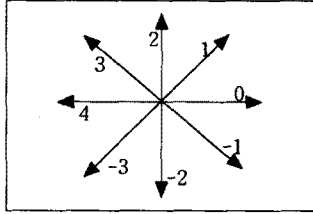


그림 1. 선소의 방향 표시

선소간의 상호상관값 : 대상선소와 후보선소와의 원영상의 상호상관값을 이용한 정합인자이다.

$$L_{cor} = \frac{(\sum_i Cor_i + 1)/2}{\sum_i Y_i} \dots \dots (4)$$

여기서 Cor_i 는 상호상관값, Y_i 은 비교횟수를 나타낸다

선소상의 그레이 레벨 변화율 : 선소들의 에지 강도를 이용한 정합인자로서, 대상선소의 가장 큰 에지 강도와 비교한다.

$$L_g = 1 - \frac{\sum_i \left| \frac{S_i}{MaxS} - \frac{S_j}{MaxS} \right|}{3} \dots \dots (5)$$

여기서 S_i 는 대상선소의 에지 강도, S_j 는 후보선소의 에지강도를 나타내고, $MaxS$ 는 대상선소의 가장 큰 에지강도를 나타낸다

선소의 주방향 : 선소가 놓여 있는 주된 방향을 비교하는 인자이다.

$$L_{ori} = 1 - \frac{\sum_i C_i - \sum_j C_j}{3} \dots \dots (6)$$

여기서 Y_i 은 비교횟수를 나타낸다

임의의 한 에지 선소에 대한 최적 정합 선소는 식 (1)의 M 의 값에 의해 결정된다. 식 (1)에서의 각 정합 인자들은 정합값 결정에 중요한 역할을 하는 것과 그렇지 못한 것이 있다. 각 정합인자에 대한 가중치들은 정합인자의 중요도에 따른 값으로서 이들의 합이 1이 되도록 하였으며, 개별적 정합인자 만을 이용하였을 때의 정 정합률을 구한 후, 정 정합률의 크기에 따른 비율로 결정하였다.

에지 선소 기반 스테레오 정합시 정합인자들의 정 정합률을 고려한 가중치가 적용됐지만, 길이가 짧고, 복잡한 형태를 띤 에지 선소들에 의해서 오정합이 발생하게 된다. 제안한 알고리즘은 획득한 영상에서 에지 선소를 분해한 다음 영상의 복잡도를 고려한 정합 인자들의 가중치를 정하였다.

복잡도는 에지 선소의 길이와, 인접한 에지 선소사이의 거리를 이용하여 식(7)과 같이 계산하고, 임계치를 두어 복잡도의 정도를 결정한다.

$$C_{ratio} = \begin{cases} 1 & \text{If } (\sum_i L_i - L_j) < T_d \text{ and } (Y_i < T_l) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots (7)$$

Where L_i 는 대상선소, L_j 는 L_i 의 이웃선소, Y_i 는 대상선소의 길이이고, T_d 는 선소간의 거리 임계치, T_l 는 선소길이 임계치이다.

복잡도가 임계치를 넘게 되면 대상 에지 선소와 인접한 에지 선소에 대해서는 정합인자의 가중치를 변화시켜 정합하였다. 식(1)의 정합값 $M(l_i, r_j)$ 의 정합 가중치 중에서 상호상관값에 대한 가중치를 증가시키고, 오정합을 일으키는 쉬운 선소의 길이, 선소의 곡률과 선소의 주방향에 대한 가중치를 감소시킨다.

4. 실험 결과

복잡한 영상에 대해서 제안한 알고리즘을 적용하기 위해서 그림 2과 같이 400×400 의 Pentagon영상을 실험대상으로 삼았다. 영상의 정합 실험을 위해서 사용한 가중치는 복잡하지 않은 에지와 복잡한 에지에 따라 다른 값을 사용하였다. 가중치 결정방법은 여러 가지 영상의 에지들을 식(7)과 같은 방법으로 2가지 그룹으로 분류하고 각 그룹의 에지를 대상으로 해당인자에 의한 정합률을 구한 다음 정합률에 비례한 가중치를 갖게 했으며 5개의 가중치의 합이 1이 되게 결정하였다. 이렇게 하여 결정된 가중치는 표1 및 2와 같다.

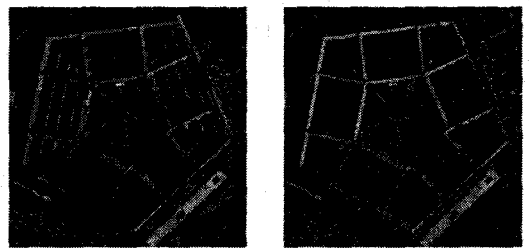
표 1 복잡하지 않은 에지에 대한 정합인자의 가중치

α	β	γ	δ	ϵ
0.15	0.15	0.26	0.24	0.2

표 2 복잡한 에지에 대한 정합인자의 가중치

α	β	γ	δ	ϵ
0.08	0.11	0.53	0.18	0.1

또한 식(7)에서 사용한 T_d 와 T_l 은 각각 11과 6를 사용하였다. 그림 3는 원영상의 에지 영상이다.



왼쪽 영상

오른쪽 영상

그림 2 원영상

3. 가변 가중치를 이용한 에지 선소 기반 스테레오 정합

5. 결 론

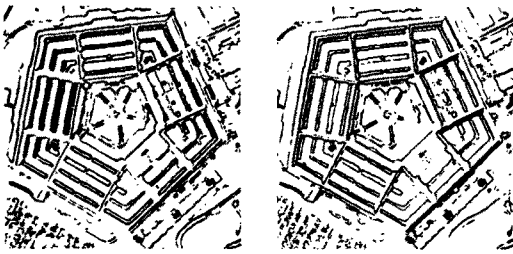
스테레오 비전에서 가장 중요한 과정은 정합으로서 좌영상의 한점에 대해 대응하는 우영상점을 결정하는 과정이다. 효과적인 방법으로는 영상의 특징점에 대한 대응점을 구하여 거리 정보로 환산한 후, 나머지 점에 대해서는 보간하여 구하는 특징기반법이다.

본 논문에서는 복잡한 영상에 적용가능한 고신뢰도 정합 방법을 제안하였다. 이를 위해서 영상으로부터 에지를 추출하고, 세선화하여 선소를 만든 후, 좌우 영상에서의 복잡도를 계산하여 복잡한 영역의 정합 가중치를 변화시킬 수 있는 기법을 제안하였다.

복잡한 pentagon 영상에 대해 제안한 기법을 적용 실험한 결과, 높은 정합률을 얻었는데, 이는 향후 항공 사진과 같은 복잡한 영상에도 제안한 기법의 실용 가능성을 보여 주었다.

참고문헌

- [1]이종형, 강형구, 김태균, "영역기반 정합방식에서의 정합제어점 선택", 대한 전자 공학회 하계학술대회논문집, pp 769-772, 1994.
- [2]W. Eric L. Grimson, "Computational Experiments with a Feature Based Stereo Algorithm", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-7, no. 1, pp. 17-33, January 1985.
- [3]이정수, "로봇의 작업에 응용가능한 물체인식을 위한 스테레오 알고리즘", 한국과학기술연구원 전기 및 전자공학과 박사학위 논문, 1989.
- [4]강대갑, 권 중장, 김 성대, "스테레오 방식에서 일치성 문제를 해결하기 위한 새로운 선소 정합법", 전자공학회 논문지 제 27권 3호, pp. 444-451, 1990년 3월
- [5]Gerald Medioni, Ramakant Nevatia, "Segment-Based Stereo Matching", CVGIP, Vol. 31, pp 2-18, 1985
- [6]Nicholas Ayache, Bernard Faverjon, "Efficient Registration of Stereo Images By Matching Graph Descriptions of Edge segments", IJCV, pp 107-131, 1987.
- [7]손홍락, 김형석, "비행체 고도 측정에 활용가능한 에지 선소 기반 스테레오 정합", 유도무기 학술대회 논문집, pp480-484, 1997.

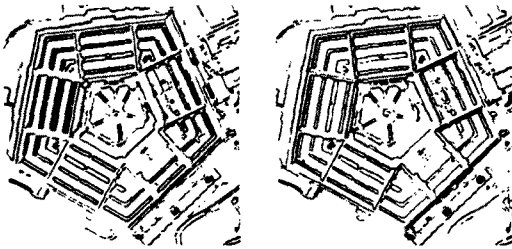


왼쪽 영상

오른쪽 영상

그림 3 에지 영상

기존의 에지 선소 기반 스테레오 정합을 이용한 결과 그림 4과 같다. 그림에서 나타난 에지들은 정확한 정합이 이뤄진 것들이며 좌하 부분의 공백은 그림 3에서와 같은 작은 크기의 에지가 있어야 할 부분인데 오정합이 발생했기 때문에 그려지지 않은 곳이다.



정합된 왼쪽 영상

정합된 오른쪽 영상

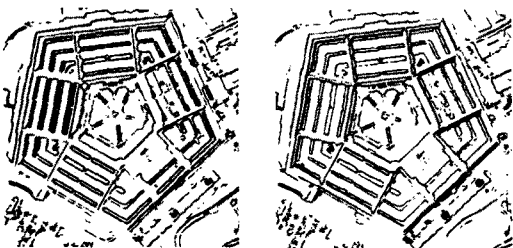
그림 4 에지 선소 기반 스테레오 정합 결과

오정합이 많이 일어나는 부분에서의 정합률을 높이기 위해 제안한 알고리즘을 적용하여 그림 5과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 3 정합 결과

	에지 선소 기반 스테레오 정합	제안한	
		알고리즘에 의한 정합 선소수	원래의 에지 영상에서의 선소수
좌영상	486(81.3%)	544(91%)	598
우영상	567(81.8%)	623(90%)	693

표 3은 기존의 에지 선소 기반 스테레오 정합 알고리즘과 제안한 알고리즘의 정합결과를 비교한 것이다.



정합된 왼쪽 영상

정합된 오른쪽 영상

그림 5 제안한 알고리즘 정합 결과