

히스토그램에 기반한 영상의 캘리브레이션 알고리즘

구 한서, 전 병문, 정 창성
고려대학교 전자공학과

Image Calibration Algorithm Based on Histogram

H. S. Koo, B. M. Jeon, C. S. Jeong
Department of Electronics Engineering, Korea Univ.

요 약

캘리브레이션이란 회전요소, 이동요소, 크기요소 값을 이용하여 한 영상을 변형시킴으로서 두 영상간의 부분적으로 동일한 영역이 오버랩 되도록 하는 작업을 말한다. 본 논문에서는 두 영상의 캘리브레이션을 위한 하나의 방법으로서 히스토그램을 작성하고, 이를 토대로 설정된 임의의 그레이 레벨에 해당하는 화소들을 seed로 하여 영역확장을 수행한 후, 대응하는 영역사이에 매칭을 행함으로써 회전요소 값, 이동요소 값, 크기요소 값을 구한다 또한 실험을 통해 얻은 각 요소값과 실제값을 비교함으로써 본 알고리즘의 성능을 분석한다

1. 서 론

부분적으로 같은 영역을 포함하는 두 영상의 관계를 산술적으로 표현하는 작업은 머신 비전(machine vision)을 활용하는 산업현장에서 유용하게 사용될 수 있을 뿐 아니라, 스테레오 비전이나 물체의 움직임 탐지 등을 위한 전처리 작업으로도 활용될 수 있다 일반적으로 회전요소(rotation factor: θ), 이동요소(translation factor: $\Delta x, \Delta y$), 크기요소(scale factor, s) 값들을 식 (1)에 대입하여 한 영상에서의 화소의 위치를 세로이 정의할 수 있다 이 작업은 두 영상의 동일 영역이 오버랩되는 캘리브레이션 효과를 갖게 한다.[1, 2].

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{pmatrix} = s \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X_2 \\ \Delta Y_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

본 논문은 히스토그램을 기반으로 영역확장 방법을 통하여 주어진 두 영상을 캘리브레이션할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 본 알고리즘을 통해 두 영상간의 회전요소, 이동요소, 크기요소를 구하는 과정을 설명하고, 3장에서 실제 영상에 본 알고리즘을 적용하는 과정과 결과를 제시한다 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 캘리브레이션 알고리즘

본 논문은 두 영상의 히스토그램으로부터 선택한 적절한 그레이 레벨을 seed로 영역확장을 한 후, 그래프 매칭 알고리즘을 통한 영역간 매칭을 수행하여 두 영상의 회전, 이동, 크기변화 관계를 찾아내

는 다음과 같은 알고리즘을 제안한다.

알고리즘 히스토그램 기반 캘리브레이션 알고리즘

1. 비교하려는 두 영상의 히스토그램을 작성하고, 이를 토대로 영상의 seed가 될 그레이 레벨을 설정한다. 일반적인 영상의 경우 조영의 영향으로 인해 중앙부분이 밝으므로 한 영상의 히스토그램에서 최대 누적레벨의 1/3에 해당하는 가장 밝은 그레이 레벨에 해당하는 화소들을 각 영상의 seed로 취한다.

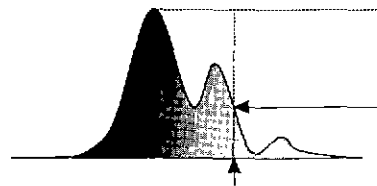


그림 1. seed가 될 그레이 레벨의 선택

2. Step 1에서 구한 그레이 레벨을 seed로 하여 영역확장(region growing)[3, 4]을 수행한다. 두 영상의 촬영조건에 따라 인화된 그레이 레벨의 영향을 줄이기 위해 영역확장의 임계치는 동일 영역 내의 그레이 레벨 평균값을 토대로 설정한다
3. 영상의 크기변화에 따라 한 영상에서의 두 개의 영역이 다른 영상에서는 동일한 영역으로 보일 수 있으므로, Step 2의 결과로 만들어진 이전 영상에 대해 오픈닝(opening)[3]을 수행한다

4. 각 영상의 영역에 대한 center of gravity (\bar{x}, \bar{y}) 를 구한다

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2)$$

$$m_{pq} = \sum_i \sum_j i^p j^q f(i, j), \quad f(i, j) \text{는 동일 클러스터의 영역}$$

5. 그래프 매칭 알고리즘을 수행하여 매칭된 세 쌍의 영역을 구한다.
 6. 매칭된 영역 중 작은 영역을 우선으로 두 영상에서 서로 대응하는 영역의 (\bar{x}, \bar{y}) 간 거리비와 각도를 계산해 s 와 θ 를 구하고, 이 값들을 식 (1)에 대입하여 Δx 와 Δy 를 계산한다 작은 영역을 우선으로 하는 이유는 \bar{x} 와 \bar{y} 의 편차를 최소화하기 위해서이다.

위 알고리즘의 Step 5는 다음과 같은 그래프 매칭 방법을 따른다

알고리즘 영상의 켈리브레이션을 위한 그래프 매칭

1. 각 영상의 영역을 크기 순서로 나열한다. 단, 영상의 경계를 포함한 영역은 제외한다

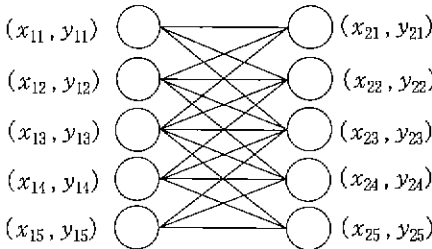


그림 2. 켈리브레이션을 위한 그래프 매칭

2. 그림 2와 같이 라인이 겹치지 않는 범위 내에서 상위노드 우선으로 임의의 세 노드를 매칭시킨다.
 3. 두 영상에서의 노드간 거리비를 계산하여 매칭되는 영역이라고 판단되면 알고리즘을 종료하고, 아니면 Step 2로 되돌아가 새로운 세 노드를 검토한다.

$$\frac{d_{12}}{d_{12}} \cong \frac{d_{23}}{d_{23}} \cong \frac{d_{13}}{d_{13}} \quad (3)$$

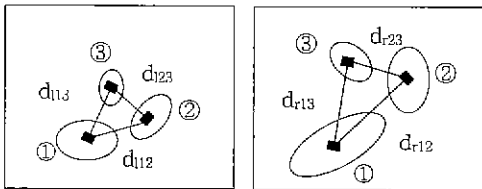


그림 3. 노드간 거리비의 계산

3. 실험 결과

본 논문에 제시한 알고리즘의 성능을 분석하기 위해, 우선 628×480 크기의 그림 4에 대해 $s=1.50$, $\theta=-30^\circ$, $\Delta x=180$, $\Delta y=-260$

값을 식 (1)에 대입하여 그림 5를 얻는다.

다음으로, 제안한 알고리즘에 따라 그래프 레벨이 115에 해당하는 화소들을 그림 6, 7에 제시하였다. 이 화소들을 sced로 임계치 5의 영역확장을 수행한 결과를 그림 8, 9에 제시하였고, 그림 10은 식(4)의 편차를 만족하는 그래프 매칭의 결과이다

$$\begin{aligned} \frac{d_{58}}{d_{37}} &= 8.43 \\ &\cong \frac{d_{55}}{d_{72}} = 7.84 \\ &\cong \frac{d_{55}}{d_{32}} = 8.24 \end{aligned} \quad (4)$$

즉, 이 결과를 토대로

$$\begin{aligned} s &= \frac{\sqrt{(x_{22}-x_{23})^2 + (y_{22}-y_{23})^2}}{\sqrt{(x_{13}-x_{14})^2 + (y_{13}-y_{14})^2}} \\ &= \frac{\sqrt{(370-370)^2 + (315-107)^2}}{\sqrt{(310-242)^2 + (259-150)^2}} \\ &= 1.62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan\left(\frac{y_{13}-y_{14}}{x_{13}-x_{14}}\right) - \arctan\left(\frac{y_{22}-y_{23}}{x_{22}-x_{23}}\right) \\ &= \arctan\left(\frac{259-150}{310-242}\right) - 90^\circ \\ &= -32.0^\circ \end{aligned}$$

와

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_{23} \\ y_{23} \end{pmatrix} - s \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{14} \\ y_{14} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 370 \\ 107 \end{pmatrix} - 1.62 \begin{pmatrix} \cos 32.0^\circ & -\sin 32.0^\circ \\ \sin 32.0^\circ & \cos 32.0^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 242 \\ 150 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 166.3 \\ -306.8 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

를 계산해 낼 수 있으며, 표 1에 정리한 바와 같이 본 알고리즘을 통해 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있다

표 1. 실험 결과

	s	θ	Δx	Δy
실제값	1.50	-30.0°	180	-260
계산값	1.62	-32.0°	166	-307
오차	0.12	2.0°	14 (pixel)	47 (pixel)

4. 결 론

예시한 바와 같이 히스토그램에 기반한 켈리브레이션 알고리즘은 비교적 간단한 연산을 통해 두 영상을 효율적으로 매칭시킬 수 있다. 그러나 근본적으로 본 알고리즘은 영상의 히스토그램에 기반을 하고 있기 때문에 두 영상간에 극명한 명암차가 존재할 경우에는 부정확한 결과가 나올 확률이 있고, 예시한 영상의 경우에도 실제값과 다소의 오차가 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서 영역의 평균값을 통한 영역확장 방법 이외에 두 영상간의 명암차를 보정해주는 기법의 개발과 정확한 영역경의를 통해 결과값의 정확도를 높이는 방향으로 연구가 좀더 진행되어야 할 필요성이 있다.

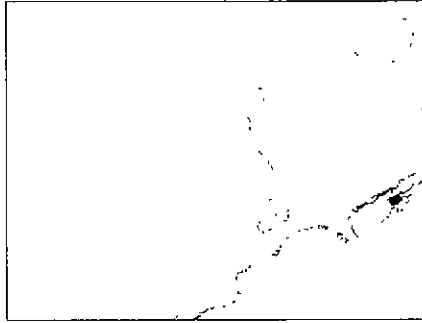
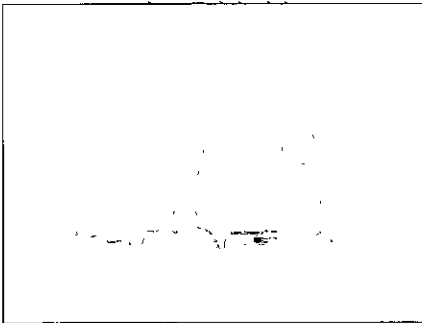
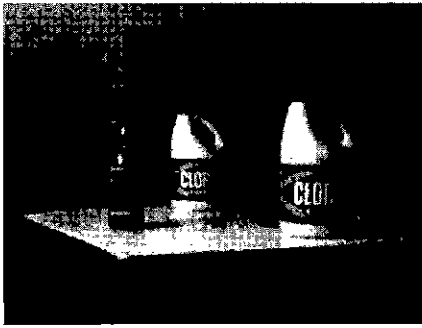


그림 6. 영상 1의 seed 화소

그림 7. 영상 2의 seed 화소

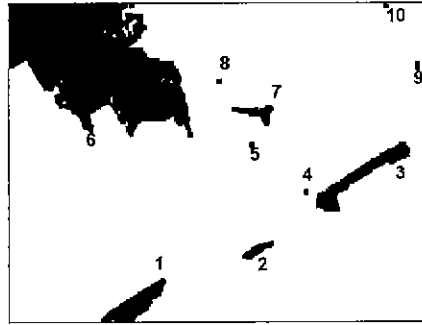
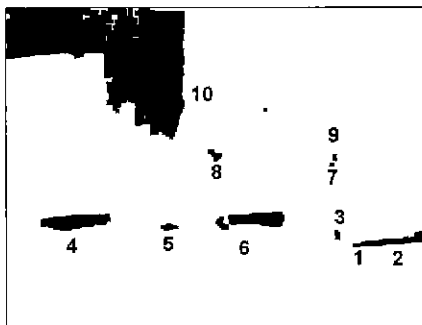


그림 8. 영상 1의 영역확장 결과

그림 9. 영상 2의 영역확장 결과

참고 문헌

- [1] Q. Zheng and R. Chellappa, "A Computational Vision Approach to Image Registration," IEEE trans. Image Processing, vol. 2, no 3, pp. 311-326, July 1993
- [2] R. Jain, R. Kasturi and B. G. Schunck, "Machine Vision," McGraw-Hill, 1995.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing," Addison Wesley, 1993.
- [4] S. E. Umbaugh, "Computer Vision and Image Processing," Prentice-Hall, 1998.

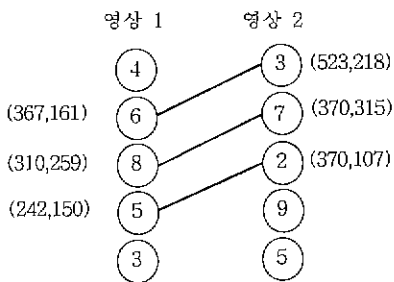


그림 10. 그래프 매칭의 결과