특집논문 (Special Paper)
방송공학회논문지 제23권 제2호, 2018년 3월 (JBE Vol. 23, No. 2, March 2018)
https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.2.235
ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

파노라마 고속화 생성을 위한 3차원 회전각 전처리와 가중치 블랜딩 기법

조 명 아[a)], 김 준 식[a)], 김 규 헌[a)‡]

Three-Dimensional Rotation Angle Preprocessing and Weighted Blending for Fast Panoramic Image Method

Myeongah Cho[a)], Junsik Kim[a)], and Kyuheon Kim[a)‡]

요 약

최근 카메라의 제한된 시야각을 극복하고 여러 영상을 하나의 영상으로 정합하여 넓은 시야각을 제공하는 파노라마 영상 기술 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 파노라마 영상 제작 시 속도와 정확도 향상을 위한 전처리, 후처리 과정을 제안한다. 전처리 단계에서 카메라 센서 정보인 3차원 회전각으로 영상 간 공통 영역을 구하여 스티칭 알고리즘 소요 시간을 단축한다. 또한 후처리 단계에서 가중치를 추가한 최소 오차 경계 블랜딩 방법을 제안하여 파노라마 영상의 정확도를 향상시키고 이를 실험을 통해 결과 검증 및 비교한다.

Abstract

Recently panoramic image overcomes camera limited viewing angle and offers wide viewing angle by stitching plenty of images. In this paper, we propose pre-processing and post-processing algorithm which makes speed and accuracy improvements when making panoramic images. In pre-processing, we can get camera sensor information and use three-dimensional rotation angle to find RoI(Region of Interest) image. Finding RoI images can reduce time when extracting feature point. In post-processing, we propose weighted minimal error boundary cut blending algorithm to improve accuracy. This paper explains our algorithm and shows experimental results comparing with existing algorithms.

Keyword : Panorama, Blending, Azimuth, Stitching

a) 경희대학교 전자정보대학(Department of Electronic Engineering, KyungHee University)
‡ Corresponding Author : 김규헌(Kyuheon Kim)
E-mail: kyuheonkim@khu.ac.kr
Tel: +82-31-201-3810
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1553-936X

※ 이 논문의 연구결과 중 일부는 “한국방송·미디어공학회 2017년 추계학술대회”에서 발표한 바 있음.
※ 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2015-0-00231, 퍼즐형 Ultra-wide viewing 공간 미디어 생성 및 소비 기술 개발)
※ This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2015-0-00231, Development of generation and consumption of Jigsaw-liked Ultra-Wide Viewing Spacial Media)
· Manuscript received January 4, 2018; Revised March 16, 2018; Accepted March 16, 2018.

Copyright Ⓒ 2016 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.
“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

Ⅰ. 서 론

최근 현장감을 중심으로 실제 현장에 있는 듯한 실감을 전달하는 기술인 AR, 360° VR 비디오, 파노라마 등과 같은 실감 미디어 기술 개발이 주목 받고 있다. 파노라마 영상은 사람의 시야각 이상의 넓은 화각을 가진 영상을 제공하며 카메라의 시야각 제한을 극복하여 현장감을 제공한다. 이러한 파노라마 영상은 로봇 비전, 스테레오 카메라, 보안 감시, 항공영상 및 위성 서비스 등의 분야에서 다양하게 활용되며 연구되고 있다[1]. 파노라마 영상 생성은 중첩 영역을 가진 여러 영상을 하나의 영상으로 정합하는 기술로 영상의 특징점 추출, 추출된 특징점을 선별하여 매칭, 변환 및 왜곡 후 이미지 합성 단계로 이루어진다.

특징점 추출에 일반적으로 사용하는 방법 중 하나인 SIFT(Scale invariant feature transform)기법은 DoG(Difference of Gaussian)을 통해 주변보다 밝기 값이 어둡거나 밝은 영역의 중앙의 위치를 찾아 특징점을 추출하고, 각 특징점에 대해 주변 화소들을 이용하여 디스크립터(discriptor)를 형성한다[2]. 이는 스케일과 회전, 노이즈 영상에는 강인하지만, 고화질 영상에서 계산량이 많아 영상처리 속도가 느리다는 단점이 있다. 이를 개선한 SURF(speed up robust feature)기법은 SIFT와 견줄만한 성능을 유지하면서 계산 속도는 빨라진 알고리즘이나 이 역시 다수의 고화질 영상을 처리하기 위해서는 더 빠른 특징점 추출 기법이 필요하다는 어려움이 있다[3]. 속도 측면에서 월등한 성능을 보이는 FAST기법 또한 잡음에 약하며 특정 상황에서 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 이러한 파노라마 영상 생성 기술은 상당한 계산과 처리를 필요로 하는 기술로 신속하고 정확한 기술 개발은 계속 개선돼야 한다.

본 논문은 영상 정합 시 특징점을 추출하는 기존의 스티칭 알고리즘의 속도 개선을 위해 전처리 과정을 제안한다. 이는 카메라에 내장된 관성 센서를 이용해 영상의 중첩 부분인 RoI(Region of Interest)영역을 찾고, 해당 영역에서만 스티칭 알고리즘을 적용할 수 있도록 한다. 이때 관성 센서를 통해 요(Yaw), 피치(Pitch), 롤(Roll)값을 구하고 이를 상대적 거리 좌표로 변환하여 RoI영역을 구한다.

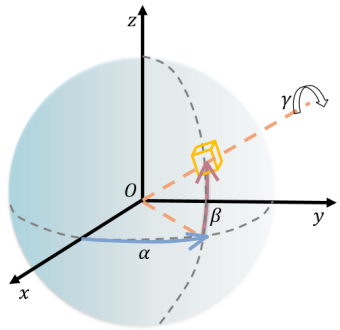
스티칭 알고리즘을 통해 얻은 영상은 아직 공통영역에서 포개짐 방식이 부자연스럽기 때문에 후처리 과정인 블랜딩(Blending)기술로 보정해 주어야 한다. 블랜딩 과정은 차이가 있는 서로 다른 두 영상을 적절한 구간을 중심으로 영상 경계를 만들어 자연스럽게 포갠다. 이는 시각적으로 자연스럽게 보이는 파노라마 영상을 제공한다[4]. 블랜딩 기술로는 라플라시안(Laplacian) 피라미드 영상을 이용한 피라미드 블랜딩(Pyramid Blending), 벡터 기울기(Gradient)와 포아송 방정식의 해를 계산해 경계를 최적화하는 포아송 블랜딩(Poissom Blending), 영상 간 차이가 가장 작은 픽셀을 경계로 하여 합성하는 최소 오차 경계 블랜딩(Minimal Error Boundary Cut Blending)이 있다. 그 중 최소 오차 경계 블랜딩은 계산량이 적고 사람의 시각에도 효과적이어서 널리 사용되지만 빛에 취약하고 밝은 영역에서 오차를 보이는 단점이 있다. 본 논문은 이를 개선할 수 있는 주파수 필터와 가중치를 이용한 가중치 최소 오차 경계 블랜딩 기술을 제안한다.

본 논문은 2장에서 전처리 과정에서 사용되는 카메라 센서 정보값에 대한 설명과 후처리 단계의 배경이 되는 기술인 최소 오차 경계 블랜딩 기술에 대한 설명을 한다. 다음 장에선 카메라 센서 정보인 회전각 데이터 값을 이용해 영상 간 상대적 거리를 좌표화하는 전처리 과정에 대해 기술한다. 또한 최소 오차 경계 블랜딩의 정확도를 향상시킬 수 있는 가중치 기반의 블랜딩 알고리즘을 제안한다. 이후 4장에서 각 단계별 실험 결과와 기존 알고리즘과의 속도 비교, 최종 파노라마 영상을 보이고 마지막 장에서 결론을 맺는다.

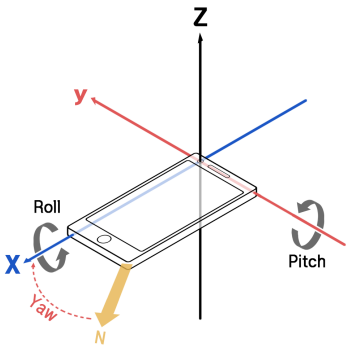
Ⅱ. 배경 기술

1. 카메라 센서 정보

본 절에서는 카메라 관성 센서에서 추출되는 오일러 각(Euler angle)에 대해 기술한다. 오일러 각은 물체가 놓인 방향을 3차원 공간에 표시하기 위해 도입한 세 개의 회전 각도이다. 즉 3차원 상에 놓인 물체의 방향은 오일러 각을 이용한 세 번의 회전을 통해 정확하게 특정할 수 있다. 그림 1(a)는 3차원 공간상에서 오일러 각을 표현한 것으로 원점(O)을 기준으로 물체가 있는 방향을 나타낸 그림이다. z축을 회전축으로 하여 회전된 xy평면상의 각도 α를 요(Yaw)



(a) 오일러 회전각



(b) 기기에 적용된 회전각

그림 1. 3차원 좌표상에서 회전각
Fig 1. Three-dimensional rotation angle

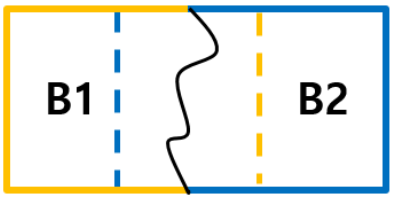
라고 하고, 회전된 x축인 x'축을 회전축으로 한 회전각 β를 피치(Pitch)라고 하며, z'축을 기준으로 한 회전각 ɣ를 롤(Roll)이라고 한다. 이때 회전 방향은 각 축의 양의 방향에 오른손 법칙을 적용한 방향을 +로 한다.

다음 그림1(b)는 스마트폰에 적용된 오일러 각을 도식화하여 나타낸 것이다. 그림과 같이 기기의 카메라를 기준으로 x, y, z축 방향을 구분하여 각 방향에 가해진 가속도를 측정하고, 자기장 센서 데이터를 이용해 각 축에 해당하는 오일러 각을 얻을 수 있다[5]. 이때 요는 북쪽을 기준으로 시계방향으로 회전된 각도이며 이상적인 상황에서 그 범위는 0~2π라디안 값을 갖는다. 피치는 기기의 경사 요소로 수직 기울기를 각도로 나타낸다. 즉 기기가 수평일 때를 기점으로 머리 부분이 높아지면 증가, 낮아지면 감소하는 데이터 값을 갖는다. 그 범위는 -π~+π라디안 값이다. 롤은 좌우 회전 요소로 수평 기울기를 나타낸다. 이는 기기의 카메라 렌즈가 하늘을 향하고 좌우가 수평일 때를 기준으로 좌측의 위치가 높아지면 증가, 낮아지면 감소하여 π~+π라디안 값을 갖는다.

센서를 통해 얻은 회전각 정보는 영상 스티칭의 전처리 과정에서 정확도나 속도 개선을 목적으로 사용될 수 있다. 영상을 왜곡시키는 와핑(warping)에 사용되는 변환행렬을 회전각을 이용해 만들어 영상 정합의 정확도를 높이는 방법이 연구되었다. 또한 다수의 영상간 효율적인 스티칭을 위해 회전각을 이용해 영상 그룹핑(grouping)하는 방법이 연구되고 있다[6].

2. 최소 오차 경계 블랜딩(Minimal Error Boundary Cut Blending)

본 절에서는 서로 다른 두 영상의 공통 영역에서 적절한 구간을 경계로 포개는 블랜딩 방법에 대해 기술한다. 스티칭 알고리즘 결과 영상을 후처리 과정 없이 포개면 고스팅



(a)공통 영역을 갖는 두 영상

4	9	16	25	4	1	2
9	16	1	9	9	4	25
4	8	25	4	1	1	1
25	16	4	1	4	1	4
16	4	4	1	4	35	16
16	25	4	4	1	4	4
1	1	4	25	1	4	4

4	9	16	25	4	1	2
13	20	10	13	10	5	26
12	18	35	14	6	6	6
37	28	18	7	10	7	10
32	22	11	8	11	32	23
42	12	12	12	9	15	27
13	13	16	34	10	13	19

(b)픽셀값에 따른 최소 오차 경계 계산 과정

그림 2. 최소 오차 경계 알고리즘
Fig 2. Minimal Error Boundary Cut Algorithm

(ghosting)현상이나 영상 속 물체가 잘리는 등의 시각적으로 부자연스러운 결과가 나타난다. 따라서 후처리 과정에서 블랜딩을 하는데 이때 최소 오차 경계 블랜딩은 속도가 빠르고 시각적으로도 효과적이다.

최소 오차 경계 알고리즘은 최소 비용 경로(minimal cost path)를 찾는 것이다. 그림 2(a)에서 B_1과 B_2를 공통 영역을 가진 서로 다른 두 영상이라고 했을 때, 오차 e는 다음 식(1)과 같이 구한다. 이때 B_1^{ov}와 B_2^{ov}는 공통 영역 내의 각 위치의 픽셀값으로 오차는 두 값의 차이의 제곱값이다. 경계선을 찾기 위해서 계산된 오차값을 이용한 식(2)를 통해 오차행렬 E(error weight matrix)을 만든다. 그림 2(b)는 오차행렬 생성 과정을 그림으로 나타낸 것이다. 각 오차값($E_{i,j}$)은 수직 위 원소($E_{i-1,j}$)와 대각선 위 원소들($E_{i-1,j-1}, E_{i-1,j+1}$)중 작은 값과 더해져 갱신된다. 오차행렬의 마지막 행에서 가장 작은 값이 수직 경계 경로의 끝을 나타내고 이를 통해 최소 비용 경로를 구할 수 있다. 비슷한 방법으로 수평 경계선을 구할 수 있다[7].

$$e = (B_1^{ov} - B_2^{ov})^2 \tag{1}$$

$$E_{i,j} = e_{i,j} + \min(E_{i-1,j-1}, E_{i-1,j}, E_{i-1,j+1}) \tag{2}$$

최소 오차 경계 알고리즘은 계산량이 적어 속도가 빠르고 쉽게 사용 가능하여 널리 쓰이지만 빛에 영향을 받고 명도에 따라 밝은 영역에서 영상 내 물체가 잘리는 문제가 발생된다. 다음 장에서 최소 오차 경계의 단점을 개선할 수 있는 블랜딩 알고리즘을 제안한다.

Ⅲ. 제안 기술 소개

1. 파노라마 영상 생성 흐름도

그림3은 제안 기술에 대한 전체 흐름도이다. 위치와 방향, 기울기가 서로 다르게 촬영된 공통 영역이 있는 영상들을 입력으로 받고 이때 카메라 센서 데이터 값을 이용해 영상의 3차원 회전각을 계산한다. 이 값들을 이용해 영상을 좌표화 할 수 있고 이때 공통된 영역을 찾을 수 있고 롤값으로 영상 교정을 할 수 있다. 이렇게 전처리 과정을 거친 뒤 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF) 스티칭 알고리즘을 통해 공통 영역에서만 특징점 추출을 한다. 후처리 과정인 블랜딩은 스티칭 결과 영상에 소벨(sobel) 필터를 적용하고 각 픽셀값의 명도에 적응적인 가중치를 두어 최소 오차 경계 블랜딩을 수행하여 영상의 경계를 찾아 정합한다. 다음 절부터 각 순서에 해당하는 제안된 기술들을 설명한다.

2. 3차원 회전각을 이용한 영상 좌표화

카메라 센서값을 이용해 각 영상의 3차원 회전각 정보를 알면 이를 통해 영상 간 상대적 거리를 계산 할 수 있다. 즉 상대적 거리를 구해 영상들을 한 평면상에 좌표화하여 공통 영역을 구할 수 있다. 우선 상대적 거리를 구하기 위해 카메라 렌즈의 화각 계산이 필요하다. 그림4는 카메라의 단면을 나타낸 것으로 화각을 도식화한 그림이다. 카메라의 화각은 초점거리(focal length)와 이미지 센서 크기로 결정

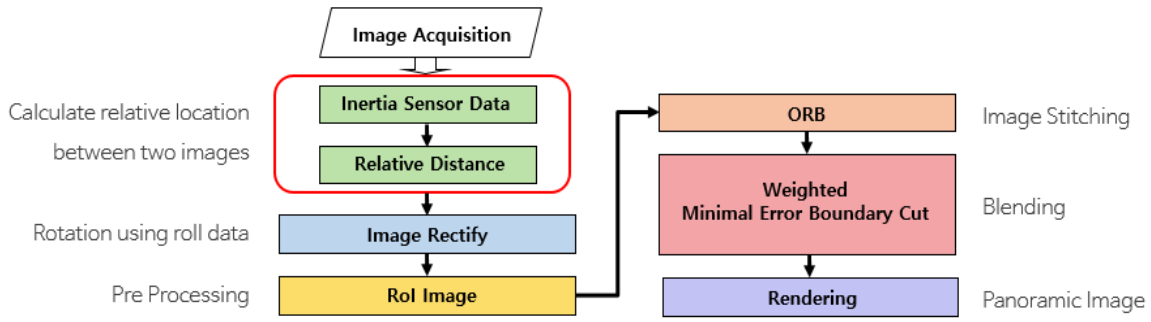


그림 3. 파노라마 영상 생성 흐름도
Fig 3. Panoramic image processing flow chart

되는 카메라의 특성이 되는 고유값이라고 할 수 있다.

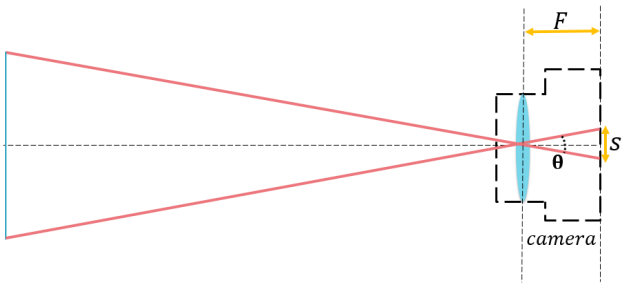


그림 4. 카메라 단면과 렌즈 화각
Fig 4. Camera cross-sectional diagram and lens viewing angle

그림4에서 F는 카메라 초점거리로 렌즈 중심에서 카메라 센서 촬영면까지의 거리를 의미하고, 이는 렌즈가 표현할 수 있는 화각의 범위를 결정한다. s는 이미지 센서의 길이로 가로 길이, 세로 길이, 대각선 길이로 총 3가지 길이로 구분되며 이 길이에 따라 가로 방향 화각, 세로 방향 화각, 대각 방향 화각이 결정된다. 식(3)은 초점거리와 이미지 센서 길이에 따른 화각 Θ를 계산하는 식이다.

$$\theta = tan^{-1}(s/2F) \tag{3}$$

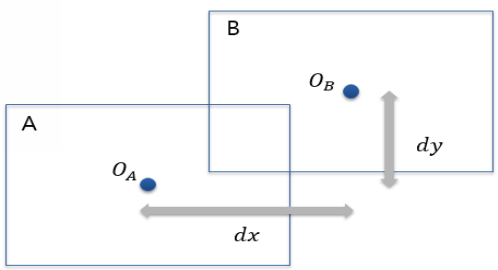
카메라 화각을 알고 센서 정보를 통해 회전각 정보가 있다면 영상 간 상대적 거리를 구할 수 있다. 그림5(a)는 공통 영역이 있는 요, 피치, 롤값이 모두 다른 두 영상 A, B를 한 평면 상, 즉 2차원 공간에 나타낸 것으로 z축을 기준으로 영상을 내려 봤을 때의 모습이다. 이때 A, B의 중심을 각각 O_A, O_B라 하고 x축, y축으로 떨어진 거리를 각각 dx, dy라 한다. 두 중점 간 직선 거리를 영상의 상대적 거리라고 한다.

그림5(b)는 영상 A, B를 y축에서 내려 본 모습으로 두 중점 O_A, O_B 간 x축으로 떨어진 상대적 거리를 계산하기 위해 도식화한 그림이다. 이때 상대적 거리 dx는 영상 A가 놓인 평면을 기준으로 B의 중점 O_B를 투영하여 O_A와 O_B 사이의 거리를 의미한다. 두 영상은 같은 크기로 너비(W)와 높이(H), 화각(Θ)를 갖기 때문에 요값을 이용해 식(5)와 같이 dx를 구할 수 있다. 이때 식(4)에서 θ_{YA}와 θ_{YB}는 각각 A, B의 요값이고, 식(5)의 θ_W는 가로 방향 화각이다.

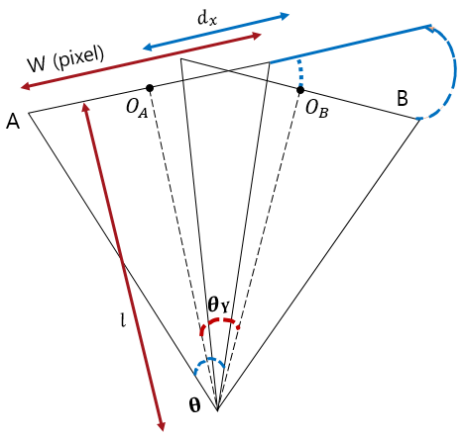
$$\theta_Y = \theta_{YA} - \theta_{YB} \tag{4}$$
$$l = W/(2tan\frac{\theta_W}{2})$$

$$dx = 2l \times tan\frac{\theta_W}{2} \tag{5}$$
$$= W \times tan\frac{\theta_Y}{2} / tan\frac{\theta_W}{2}$$

y축으로 떨어진 상대적 거리 dy도 위와 마찬가지로 구할



(a)두 영상의 중심 간 상대적 거리



(b)y축을 기준으로 본 영상 간 상대적 거리

그림 5. 공통 영역을 가지는 두 영상
Fig 5. Two images having RoI area

수 있다. 식(6)에서 θ_P는 A, B의 피치값의 차이고, θ_H는 세로 방향 화각이다.

$$dy = H \times tan\frac{\theta_P}{2} / tan\frac{\theta_H}{2} \tag{6}$$

위와 같이 계산한 dx, dy를 이용해 서로 다른 영상들을 한 좌표 평면 상에 좌표화 하여 표시할 수 있다. 이때 공통 영역을 가진 영상들은 그 영역을 구할 수 있고, 롤값을 이용해 영상의 수직 회전 보정을 한다.

3. ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)

전처리 과정을 거쳐 영상들의 공통 영역을 구하고 이 영역에 한해서 스티칭 알고리즘을 수행하면 처리 시간을 단축할 수 있다. 본 논문에서 사용한 특징점 추출 알고리즘은 ORB로 FAST 특징점 디스크립터(descriptor)와 BRIEF 디스크립터에 기반하여 만들어졌으며 FAST 알고리즘보다 효율적인 계산으로 빠르고 정확한 방향성을 갖는 장점이 있다. FAST는 임의의 한 픽셀을 중심으로 일정 값 이상 밝거나 어두운 n개의 연속되는 픽셀(반지름 3인 원 기준)이 있을 때 특징점으로 판단하는 알고리즘이다. 따라서 고속으로 특징점을 추출하기 때문에 SIFT나 SURF의 방식에 비해 속도 측면에서 월등하다.

ORB는 반지름을 9로 하는 FAST-9를 사용하고 방향에 대한 계산을 넣어 코너의 방향성을 판단한다. 이때 intensity centroid방법으로 계산하고 이는 식(7)과 같이 계산한다. 식에서 m은 패치 모멘트, C는 중심점(centroid)를 뜻하고 패치의 방향성Θ는 벡터 $\overline{OC}$을 통해 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} m_{pq} &= \sum_{x,y} x^p y^q I(x,y) \\ C &= \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \\ \theta &= atan2(m_{01}, m_{10}) \end{aligned} \tag{7}$$

이러한 중심점 기반의 방법은 기울기(gradient) 기반의 방법인 BIN, MAX에 보다 노이즈와 회전에 방향성 분산이 일정하다. 또한 ORB는 FAST 알고리즘에 해리스 코너(Harris corner)방법을 사용해 특징점을 정렬하고 멀티 스케일(multi-scale)기능을 추가하여 이미지 스케일 피라미드를 생성하는 특징을 갖는다.

기존의 BRIEF는 몇 도의 회전에도 매칭 성능이 급격히 떨어지는 단점이 있는데 ORB에서 이를 개선하여 특징점 각도에 대해 BRIEF를 회전시키는 방법을 사용했다. 이는 in-plane 회전에 대해 불변한 BRIEF 알고리즘이다[8].

이와 같은 ORB기술은 전처리 과정에서 구한 영상들의 공통 영역에서만 진행하여 속도를 개선한다. 이후 결과 영상은 후처리 과정인 블랜딩을 통해 최종 파노라마 영상이 된다. 다음 절에선 가중치를 이용해 최소 오차 경계 블랜딩의 단점을 보완한 알고리즘을 제안한다.

4. 가중치 최소 오차 경계 블랜딩(Weighted Minimal Error Boundary Cut)

최소 오차 경계 블랜딩 알고리즘은 앞서 설명했듯이 계산량이 적어 속도가 빠르며 시각적으로도 효과적이다. 따라서 파노라마 영상 후처리 단계에 사용하기에 적합하지만

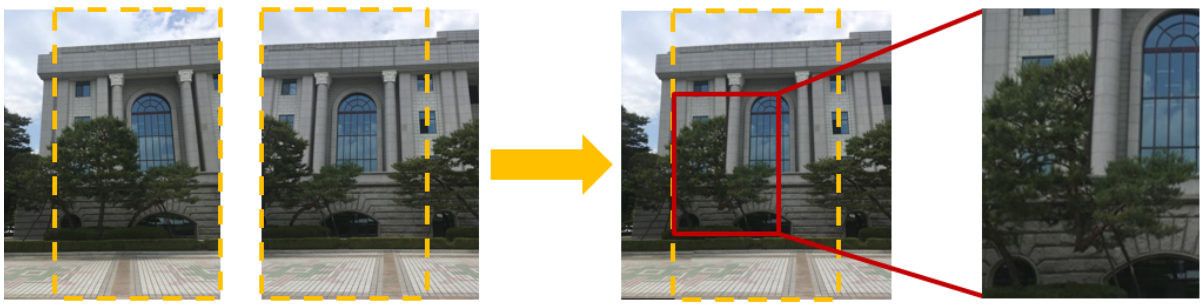


그림 6. ROI 영역(박스)에서 최소 오차 경계를 이용한 블랜딩 결과
Fig 6. Result of Minimal Error Boundary Cut Blending

빛의 영향을 받거나 영상의 명도 영역 분포에 좌우 되어 연속적이지 않게 정합되는 단점이 있다. 그림6은 공통 영역을 가진 두 영상을 최소 오차 경계 알고리즘으로 블랜딩 하는 과정이다. 이때 블랜딩 후 영상에서 나무가 잘리는 현상을 볼 수 있는데 이는 나무가 상대적으로 건물의 기둥 옆의 틈보다 밝은(높은 픽셀값) 영역이기 때문이다. 이러한 현상에 대한 설명은 다음과 같다.

그림7은 명도에 따라 오차가 나는 이유에 대한 이해를 돕기 위해 공통 영역의 픽셀값을 도식적으로 나타낸 것이다. 그림에서 과 는 공통 영역의 픽셀 값들을 나타낸 것이다. 최소 오차 경계 알고리즘은 앞 장에서 설명했듯이 오차값e를 계산하고 이를 통해 오차행렬E를 얻어 최단 비용 경로를 찾는 것이다. 그림에서 오차값은 25가 가장 작아 해당 픽셀이 선택되지만 이때 오류가 생긴다. 5와 10의 오차값은 5로 다른 픽셀보다 작은 값을 갖고 50과 60의 오차값은 100으로 큰 값을 갖는다. 하지만 이는 절대적인 비교이고 상대적으로 봤을 때, 작은 픽셀값인 5와 10에서의 오차의 비율은 50과 60에서의 오차 비율보다 훨씬 크기 때문에 오차값 100을 갖는 픽셀을 선택해야 한다. 즉 최소 오차 경계 알고리즘은 어두운 영역(픽셀값이 작은 영역)을 선택하여 오류가 생기는 단점이 있다.

다시 그림6으로 돌아가면, 기둥 옆에 검정색 틈이 있는데 이는 픽셀값이 0에 가까운 값을 갖기 때문에 나무보다 훨씬 낮은 픽셀값들이 분포하고 있다. 따라서 오차값도 훨씬 낮아 기둥 옆의 틈을 따라 경계선이 생성된다. 때문에 이러한 오차를 줄이기 위해 각각의 오차값에 가중치를 두어 상대적인 접근이 필요하다. 다음 식(8)은 각 픽셀값을 고려하여 가중치를 둔 것이고 이때 오차값을 라고 하고 그림7에서 선택되는 최소 오차 픽셀이 바뀐 것을 확인할 수 있다.

$$e_W = \frac{(B_1^{ov} - B_2^{ov})^2}{B_1^{ov} + B_2^{ov}} \tag{8}$$

또한 두 영상의 세밀한 경계를 찾기 위해 고주파 성분에 가중치를 둔다. 그림8은 제안하는 블랜딩 알고리즘 흐름도이다. 공통 영역에 소벨(Sobel)필터를 적용하여 영상의 고주파 성분을 구하고, 이를 시그모이드 함수로 정규화하여 가중치를 만든다. 이 가중치는 위에서 재정의한 오차값 e_W

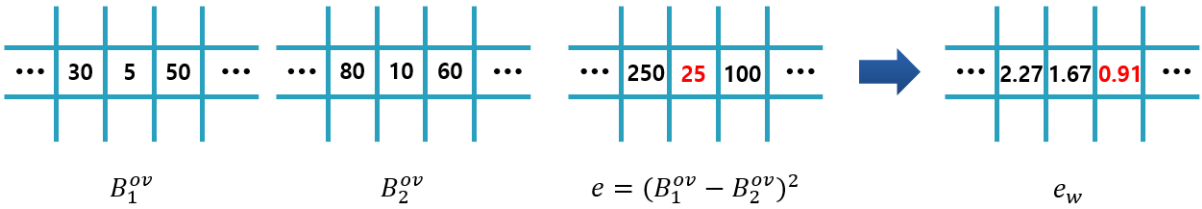


그림 7. 최소 오차 경계 알고리즘 계산 과정
Fig 7. Minimal error boundary cut blending algorithm

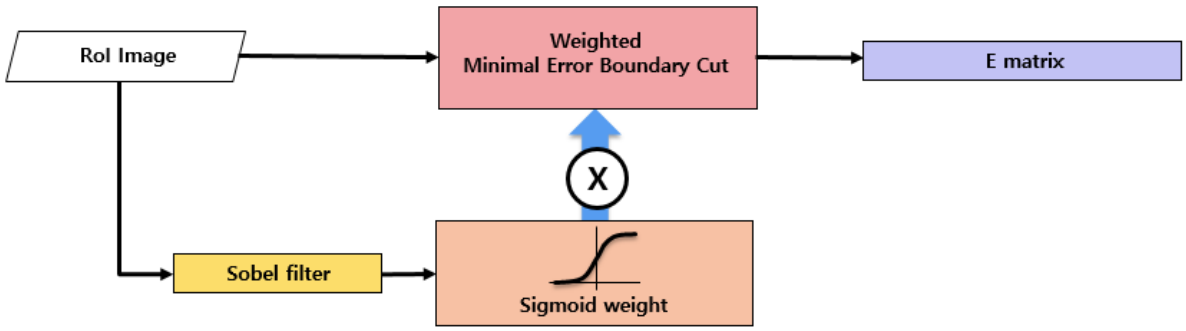


그림 8. 가중치 최소 오차 경계 블록도
Fig 8. Weighted minimal error boundary cut blending block diagram

에 적용되어 최종적으로 오차행렬(E)를 얻을 수 있다.

다음 장에선 앞서 제안한 알고리즘을 이용한 파노라마 영상 생성 과정을 보이고 기존 알고리즘과 제안 알고리즘의 결과 비교를 한다.

Ⅳ. 구현 및 실험 결과

본 장에서는 앞서 설명한 회전각을 통한 ROI 영역 전처리 과정과 스티칭 후처리 과정으로 제안한 블랜딩 알고리즘을 구현하고 그 결과를 기존 스티칭 알고리즘과 비교한다. 기존 알고리즘으로는 SIFT, SURF, ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)를 사용하여 속도 비교를 하였다. SIFT는 일반적으로 많이 사용되는 특징점 추출 알고리즘 중 하나로 주변 밝기값(DoG)을 이용하는 기법이고, SURF는 Hessian행렬을 이용해 속도를 개선한 알고리즘이다. 또한 ORB는 FAST를 이용해 특징점을 추출한 후 특징점의 방향(orientation)을 이용하는 기법이다. 본 논문에서 사용한 카메라는 삼성 갤럭시 s8 스마트 폰으로 초점거리 4.2mm, 가로 화각 67.8도, 세로 화각 53.5도이다. 모든 영상은 카메라가 고정된 상태에서 촬영되었으며 3차원 회전각인 요, 피치, 롤값을 변화시키며 다양한 방위와 경사로 영상이 겹치게 촬영했다. 그림9(a)는 영상의 센서값인 회전각을 통해 각 영상간의 상대적 거리를 계산하고 이를 좌표



(a) 영상 좌표화 (b) 제안 알고리즘 적용 후 개선된 ROI 영역(박스) 결과 영상

그림 9. 전처리 결과와 후처리 비교 영상
Fig 9. Preprocessing output and comparing post processing algorithm with original algorithm

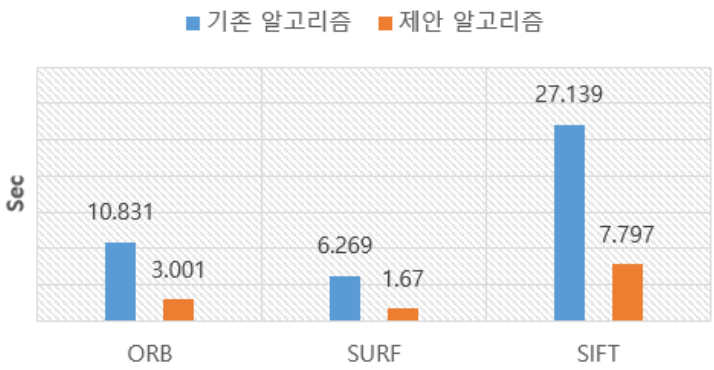


그림 10. 기존 알고리즘과 제안 알고리즘의 속도 비교
Fig 10. Speed comparing with original and proposed algorithm

화한 결과이다. 이를 통해 영상간의 전후 관계를 알 수 있고 영상 간 공통 영역을 구할 수 있다. 회전각을 통한 한 평면으로의 영상 좌표화는 연산량이 적기 때문에 0.047초로 짧은 시간이 걸렸고 이는 스티칭 전처리 단계이다.

그림9(b)는 블랜딩 기존 알고리즘과 제안 알고리즘의 비교 영상이다. 기존 알고리즘을 적용한 블랜딩 영상은 절대적인 오차값을 따라 경계를 구분하기 때문에 기둥 앞의 나무가 잘려 영상이 정합된다. 즉 명도 분포에 영향을 받아 오류가 생기고 이는 시각적으로 부자연스러운 파노라마 영상을 제공한다. 반면 제안 블랜딩 알고리즘은 가중치를 두어 상대적인 오차값을 계산해 최적 경계를 판단하여 영상 정합을 한다. 그 결과 그림9(b)에서 기둥 경계가 아닌 나무를 따라 경계를 블랜딩 된 것을 확인할 수 있다.

특징점 추출 알고리즘은 계산량이 많아 특히 고화질 영상에서 속도가 느린 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 영상 간의 공통 영역을 구하는 전처리 단계를 추가하여 공통 영역에서만 특징점을 추출하여 매칭했다. 이는 영상 전체에서 특징점을 추출하는 기존의 방법보다 속도 측면에서 개선됨을 확인할 수 있었다. 그림10은 전처리 과정 없이 전체 영상에서 스티칭 알고리즘을 사용했을 때와 전처리 단계를 추가했을 때 속도 비교 그래프이다. ORB, SURF, SIFT 3개의 알고리즘을 실험 데이터 셋에 적용하여 전처리 과정부터 특징점 매칭까지의 속도를 비교하였다. SURF 알고리즘을 사용했을 때, 기존 알고리즘에서 6.269초가 걸렸고 제안 알고리즘에서 1.67초가 걸려 3.75배 속도가 빨라진 것을 확인할 수 있다. 이는 가장 큰 속도 개선을 보였다. 또한 ORB와 SIFT 알고리즘에서도 각각 3.6와 3.48배의 속도가 빨라졌다. 또한 원 영상들의 공통 영역의 비율에 따라 전처리 알고리즘의 가속 속도가 다른 것을 확인 할 수 있었다. 공통 영역이 50%인 영상 간 제안 알고리즘의 정합 속도는 (ORB기준) 평균 0.289초이고, 공통 영역이 70%, 85%인 영상 간 정합 속도는 평균 0.392초, 0.466초이며 가속 속도 역시 이와 비례한 결과를 보였다.

그림11은 앞에서 소개한 전처리, 스티칭, 후처리 알고리즘을 통해 생성한 결과 영상이다. 이는 입력으로 서로 다른 방위와 경사도를 가진 영상들을 받아 가계도를 형성하고 특징점 매칭을 통해 정합한 파노라마 영상이다. 가중치 블랜딩 기술을 통해 영상 속에 있는 물체가 끊어지는 현상 없이 경계가 나뉘어 정합된 결과를 확인할 수 있다. 색 보정 블랜딩을 하지 않아 색 경계가 나타나지만 서로 다른 영상들이 하나의 파노라마 영상으로 자연스럽게 이어짐을 볼 수 있다.



그림 11. 파노라마 결과 영상
Fig 11. Panoramic output image

V. 결 론

파노라마 영상 제작에서 특징점 추출, 소요 시간, 정확도 등이 중요하게 고려된다. 이때 다수의 고화질 영상을 파노라마 영상으로 만들 경우 특징점 추출 단계에서 많은 계산량으로 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 카메라 내부의 센서를 이용해 3차원 회전각을 데이터 값으로 받아 영상의 공통 영역을 구하는 전처리를 제안한다. 이는 실험결과 3배 이상 속도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 즉 모든 영역에서 특징점을 분석하여 매칭하는 것보다 센서를 이용해 영상들의 상대 좌표를 구하고 공통 영역을 찾아 해당 구간에서만 특징점을 분석하는 것이 속도 측면에서 효율적임을 시사하고 있다. 또한 제안한 블랜딩 기술을 통해 영상 정합 시 연결이 끊어지는 현상을 없애고 시각적으로 자연스러운 파노라마 영상을 제공하는 것을 확인하였다. 하지만 본 논문은 파노라마 영상 생성을 위해 촬영된 영상들을 기반으로 제안된 알고리즘이다. 즉 고정된 카메라에서 촬영된 것으로 카메라의 수평 이동은 고려하지 않았다. 때문에 카메라가 수평 이동된 상황에서 피사체의 거리가 멀지 않다면 ROI영역 오차가 생길 수 있으며 스티칭 성능에도 영향을 미칠 것이다. 이를 개선하기 위해선 전처리 단계에서 카메라 센서 값인 GPS를 이용해 그룹핑(grouping)하는 연구가 필요하다.

기존, 익명의 컨텐츠의 경우 파노라마 영상 제작에 어려움이 있으나 일반인이 중심이 될 수 있는 익명의 다시점 컨텐츠를 기반으로 하여 파노라마 컨텐츠 제작을 손쉽게 만든 것에 의의가 있다. 이를 기반으로 사용자 기반 소셜 미디어 콘텐츠 서비스가 제공 가능할 것이며, 새로운 공간 미디어 생성 시 IoT 기술과 융합하여 차세대 사용자 몰입형 컨텐츠 제작에 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌 (References)

[1] J. Yang, J. Jeon and G. Park,“Overlap Estimation for Panoramic Image Generation”, The Journal of Korea Society of Communication and Space Technology, Vol.9, No. 4, pp. 32-37, 2014.

[2] S. Park, J. Kim, J. Yoo, “Fast Stitching Algorithm by using Feature Tracking”, Journal of Broadcast Engineering, Vol.20, No. 5, pp728-737, 2015.

[3] M. Brown, D.G. Lowe, “Automatic Panoramic Image Stitching using Invarient Feature”, International Journal of Computer Vision, Vol. 74, Issue.1, pp. 59-73, 2007.

[4] Telecommunications Technology Association, “Technical Report for High Quality Panorama Video”, 2014.

[5] M. Kim, S. Kim, “Enhancement on 3 DoF Image Stitching Using Inertia Sensor Data”, Journal of Broadcasting Engineering, vol.22, no.1, pp.51-61, 2017.

[6] J. Im, E. Lee, H. Kim, K. Kim, “Images Grouping Technology based on Camera Sensors for Efficient Stitching of Multiple Images”, Journal of Broadcasting Engineering, vol.22, no.6, pp.713-723, 2017.

[7] Alexei A. Efros , William T. Freeman, Image quilting for texture synthesis and transfer, Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, p.341-346, August 2001

[8] Rublee E, Rabaud V, Konolige K, Bradski G,”ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF.”, international conference on computer vision (ICCV), 2011.

저 자 소 개



조 명 아

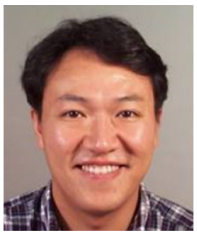
- 2018년 : 경희대학교 전자공학과 공학사
- 2018년 ~ 현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- ORCID : https://orcid.org/0000-0003-3130-7104
- 주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 물체 검출, 기계학습

저 자 소 개



김 준 식

- 2017년 : 경희대학교 전자전파공학과 공학사
- 2017년 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 석사과정
- ORCID : https://orcid.org/0000-0002-0287-9640
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 시스템, 디지털 대화형 방송



김 규 헌

- 1989년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 9월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 전기전자공학과 공학석사
- 1996년 7월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 전기전자공학과 공학박사
- 1996년 ~ 1997년 : 영국 University of Sheffield, Research Fellow
- 1997년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 대화형미디어연구팀장
- 2006년 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 교수
- ORCID : http://orcid.org/0000-0003-1553-936X
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어통신, 디지털 대화형방송