

# 파노라마 영상을 위한 3차원 회전각 이용 영상 정합법 연구

조명아, 전준호, 김준식, 강동진, 김규현  
경희대학교

maycho0305@hanmail.net, junho6716@naver.com, junsik@khu.ac.kr,  
cpffh0729@khu.ac.kr kyuheon.kim@khu.ac.kr

## Image Stitching for Panorama Image Using Three-Dimensional Rotation Angle

Myeongah Cho, Junho Jeon, Junsik Kim, Dongjin Kang, Kyuheon Kim  
Kyung Hee Univ.

### 요약

본 논문은 파노라마 영상 생성을 위한 새로운 영상 정합 방안을 제안한다. 기존의 영상 정합 알고리즘은 영상의 특징이 되는 특징점을 추출하고 영상을 변환하여 정합하는 방식을 사용하는데, 이는 긴 처리 시간을 가지는 단점이 존재한다. 이에 본 논문에서는 보다 향상된 처리 속도를 가지는 영상 정합 알고리즘을 위해, 카메라 센서를 이용한 영상 정합 방안을 제안한다. 본 논문에서는 카메라의 관성센서에서 추출되는 오일러각을 활용한 영상 정합 방안을 제안하고, 실험을 통하여 결과를 검증하며, 그 결과를 기존 영상 정합 알고리즘과 비교하였다.

### I. 서론

최근 FHD(Full High Definition), UHD(Ultra High Definition) 등 높은 해상도를 표현할 수 있는 디스플레이 기술이 발달함에 따라, 이와 같은 디스플레이에 사용될 콘텐츠 개발에 대한 관심도 또한 높아지고 있다. 이에, 대형 디스플레이를 위한 파노라마 영상과 AR, 360° VR 비디오 등과 같은 기술에 대한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있으며, VR 분야 등에 대한 시장규모는 2020년에 약 110조 이상으로 성장할 것으로 예측되고 있다.[1]

파노라마 영상이란 카메라의 제한된 시야각을 극복하기 위해 여러 영상을 하나의 영상으로 정합하여 넓은 시야각을 제공하는 영상이다. 파노라마 영상은 방송 또는 게임등의 콘텐츠를 포함하여 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히, 의료 영상, CCTV와 같은 카메라에 파노라마 영상 기술이 적용되면 기존보다 넓은 시야각을 갖게되어 효율적으로 이용 될 것으로 기대되고 있다.[2]

파노라마 영상을 제작하기 위해서 사용하는 영상 정합은 크게 영상 특징점 추출 단계, 추출된 특징점을 활용하여 매칭에 필요한 점을 선별하는 단계, 이를 호모그래피(Homography)행렬로 변환하는 단계, 및 영상 왜곡(warping) 후 이미지 합성 및 블렌딩하는 단계로 이루어진다[3]. 특징점 추출에 범용적으로 사용되는 방법인 SIFT(Scale invariant feature transform) 기법은 스케일링과 회전, 노이즈와 같은 영상의 왜곡 등에는 강인하지만, 고화질 영상에서 계산량이 많아 처리 속도가 느리다는 단점이 존재한다[4]. 이를 개선한 SURF(speed up robust feature) 기법은 SIFT와 유사한 성능을 유지하면서 계산 속도는 빨라진 알고리즘이나 이 역시 다수의 고화질 영상을 처리하는 과정에서는 어려움이 있다[5].

본 논문은 특징점 추출로 영상을 정합하는 기존 스티칭 알고리즘이 아닌, 영상의 3차원 회전각인 오일러 각

으로 영상 간 상대적 좌표값을 구하여 영상을 정합하는 방안을 제안한다. 이때 카메라에 내장된 관성 센서를 이용해 오일러각 요(yaw), 피치(pitch), 롤(roll)을 구하고 이를 상대적 거리 좌표로 변환한다.

II장에서 본 논문에서 제안하는 방안의 기초가 되는 기술에 대하여 소개하고, III장에서는 본 논문에서 고안한 영상 정합 알고리즘을 소개하며, IV장에서 실험을 통하여 알고리즘을 검증하고, V장에서 결론을 통해 마무리짓는다.

### II. 배경 기술

#### 1. 오일러 각(Euler Angle)

본 절에서는 영상의 센서를 통해 추출할 수 있는 오일러 각에 대하여 기술한다. 오일러 각은 물체가 놓인 방향을 3차원 공간에 표시하기 위해 나타내는 세 개의 회전 각도이다. 다시 말해, 3차원 공간에 놓인 물체의 방향은 세 번의 회전에 의해 표현되는 오일러 각도를 사용해 정확하게 특정할 수 있다.

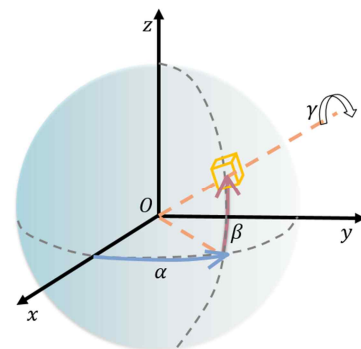


그림 1. 3차원 공간상의 오일러 각

<그림 1>은 이와 같은 오일러 각으로 표현되는 3차원 직각 좌표계 상에서의 물체의 방향을 나타낸 그림이다. z 축을 회전축으로 하여 회전된 xy평면상의 각도  $\alpha$ 를 요전각  $\beta$ 를 피치(Pitch)라고 하며, z'축을 기준으로 한 회전각  $\gamma$ 를 롤(Roll)이라고 한다. 회전 방향은 각 축의 양의 방향에 오른손 법칙을 적용한 방향을 +로 한다.

<그림 2>는 스마트폰에 적용되는 오일러 각을 도식화한 그림이다. 요는 북쪽을 기점으로 시계방향으로 회전된 각도를 나타내며 0~359의 데이터값을 갖는다. 피치는 경사 요소이며 기기의 수직 기울기를 수치로 나타낸다. 이는 기기가 수평일 때를 기점으로 머리 부분의 높이가 높아지면 감소, 낮아지면 증가하는 값을 갖고 범위는 -180~180이다. 롤은 좌우 회전 요소로 수평 기울기를 나타낸다. 카메라 렌즈가 하늘을 향하고 있을 때, 기기의 좌우가 수평을 이룰 때를 기점으로 좌측의 위치가 높아지면 증가, 낮아지면 감소하는 -180~180 값을 가진다.

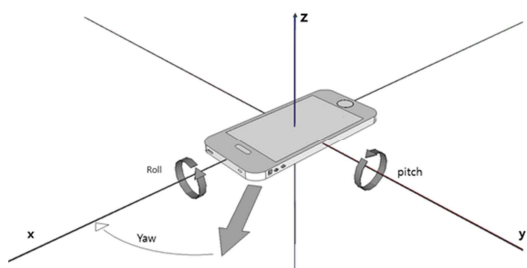


그림 2. 스마트폰의 3축 회전각

## 2. 카메라 화각

본 절에서는 서로 다른 두 영상의 공통 영역을 계산하는 데 사용되는 카메라 화각에 대하여 기술한다.

서로 다른 영상이 공통영역을 지니고, 이와 같은 공통 영역에 대한 영상 간 상대적 거리를 계산하기 위해 우선 카메라의 화각 계산이 필요하다. <그림 3>은 이와 같은 카메라의 화각을 도식화한 그림이다. 카메라의 화각은 카메라의 초점거리(focal length)와 이미지 센서 크기로 결정되는 카메라의 특성이 되는 고유값이라고 할 수 있다.

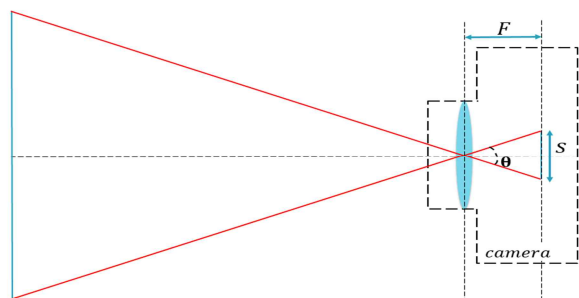


그림 3. 카메라 렌즈의 화각

카메라 초점 거리 F는 렌즈의 중심으로부터 카메라 센서 촬영면 까지의 거리를 의미하고, 이는 렌즈가 표현할 수 있는 화각의 범위를 결정한다. <그림 3>에서 카메라 s는 이미지 센서의 길이를 의미한다. 이미지 센서의 길이는 가로 길이, 세로 길이, 대각선 길이의 3가지 길이로 구분되고, 이와 같은 센서의 가로, 세로, 대각선 방향 길

이와 초점 거리에 따라 가로 방향 화각, 세로 방향 화각, 대각 방향 화각이 결정된다. 다음 식(1)은 카메라의 화각  $\theta$ 를 계산하는 식이다.

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

## III. 영상 간 상대적 거리를 활용한 영상 정합 방안

본 장에서는 2장에서 기술한 카메라 센서값 및 카메라 화각을 활용해 영상 간 상대적 거리를 계산하고, 이를 통한 영상 정합 과정을 설명한다.

<그림 4>는 영상 정합 과정을 나타낸 시퀀스 다이어그램이다. 영상 촬영 시 카메라 센서를 통해 오일러 각을 측정하며, 이때 회전 중심은 카메라 렌즈가 된다.

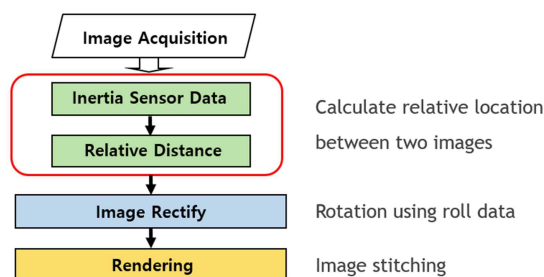


그림 4 영상 정합 흐름도

다음은 앞서 설명한 오일러 각 및 카메라 화각을 활용하여 상대적 거리를 구하는 방식에 대하여 설명한다. <그림 5>는 공통 영역을 가지며, 요, 피치, 롤 값이 모두 서로 다른 두 영상을 3D, 2D 공간에서 각각 나타낸 예시이다. <그림 5>의 좌측 그림에서 보이는 바와 같이 요, 피치, 롤이 상이하면서 서로 겹치는 영역이 존재하는 두 영상 A, B를 z축에서 내려다 보았을 때 때의 모습이 <그림 5>의 우측 그림에 보이는 바와 같다. 이때 영상의 중점을 각각  $O_A, O_B$ 라 하고, 두 중점 간 x축과 y축을 기준으로 한 상대적 거리를 dx, dy라고 한다.

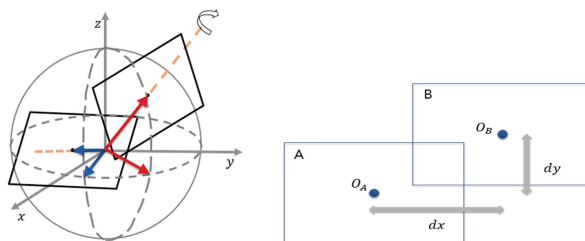


그림 5. 공통 영역을 가지는 두 영상의 3D, 2D 예시

<그림 6>은 두 영상 A,B의 중점인  $O_A, O_B$  간 x축 상대적 거리 dx를 구하기 위해 A, B를 y축에서 내려다 본 모습이다. 두 영상은 같은 너비 W와 높이 H, 화각  $\theta$ 를 갖고, 각 영상의 요 값을 알고 있으므로 dx를 다음 식 (2),(3)을 활용하여 구할 수 있다. 이때  $\theta_{YA}, \theta_{YB}$ 는 두 영상 요값이고  $\theta_W$ 는 가로 방향 화각이다.

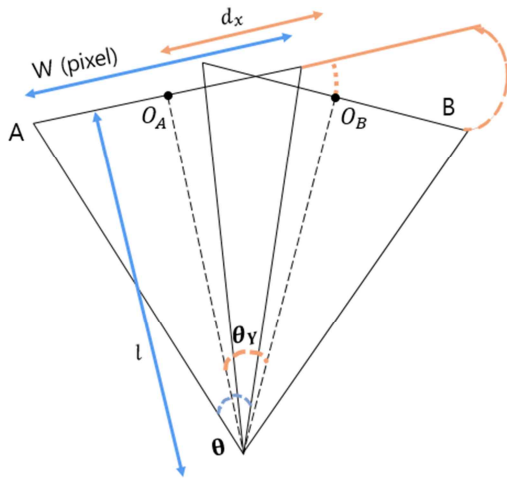


그림 6. y축에서 본 겹치는 두 영상

$$\begin{aligned} \theta_y &= \theta_{YA} - \theta_{YB} \\ l &= W / 2 \tan \frac{\theta_W}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} dx &= 2l \times \tan \frac{\theta_Y}{2} \\ dx &= W \times \tan \frac{\theta_Y}{2} / \tan \frac{\theta_W}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

dx와 마찬가지로 dy는 식(4)를 통해 구할 수 있으며, 이때  $\theta_P$ 와  $\theta_H$ 는 각각 영상 A, B 피치 값의 차, 세로 방향 화각이다.

$$dy = H \times \tan \frac{\theta_P}{2} / \tan \frac{\theta_H}{2} \quad (4)$$

이와 같은 방식으로, 카메라 센서로 측정된 오일러 각과 카메라 화각을 활용하여 영상 간 상대적 거리를 계산할 수 있다.

이와 같이 카메라 간 상대적 거리를 계산 후, 물 값을 이용하여 영상을 회전시켜 영상 간 같은 회전각을 갖게 변환한다. 이후, 가장 좌측, 위 영상을 기준으로 좌표

를 생성하고 렌더링하는 것으로 영상을 정합할 수 있다.

#### IV. 실험 및 검증

본 장에서는 앞서 설명한 알고리즘을 이용해 영상을 정합한 결과를 보이고 그 결과를 기존에 존재하는 특징 추출 영상 정합 알고리즘과 비교, 분석한다.

실험에서 사용한 영상은 삼성 갤럭시 s8 스마트폰으로 촬영하였으며, 초점거리는 4.2mm, 가로 화각은 67.8도, 세로 화각은 53.5도이다. 모든 영상은 카메라를 고정된 상태에서 요, 피치, 롤만 변화시키며 다양한 방위와 경사로 영상이 완전히 겹치게 촬영한다.

<그림 7>은 앞서 말한 회전각을 이용한 영상 정합을 실시한 결과이다. 이때 생성한 영상들의 좌표값은 <그림 9>에 나타나있다. <그림 7>에서 모든 영상이 전후 관계에 맞게 알맞게 위치함을 확인할 수 있다. 3차원 공간상의 영상이 2차원으로 투영됐기 때문에 완전한 하나의 영상으로 보이지 않지만 이후 블렌딩 등의 후처리 작업으로 어색함 없는 최종적인 영상을 기대할 수 있다.

<그림 8>은 기존 스티칭 알고리즘인 FAST (Features form Accelerated Segment Test)와 FREAK (Fast Retina Keypoint) 알고리즘을 사용해 특징점을 추출하고 정합한 영상이다. 이는 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. <그림 7>과 <그림 8>을 비교했을 때, 매우 유사한 결과를 보이는 것을 알 수 있다. 서로 다를 위치에서 영상을 촬영하기 때문에 발생하는 영상 경계 부분의 불연속은 블렌딩 등의 후처리를 통해 해결할 수 있다. 이와 같이 유사한 결과를 가지는 두 알고리즘은 처리 속도에서 눈에 띄는 차이를 가진다.

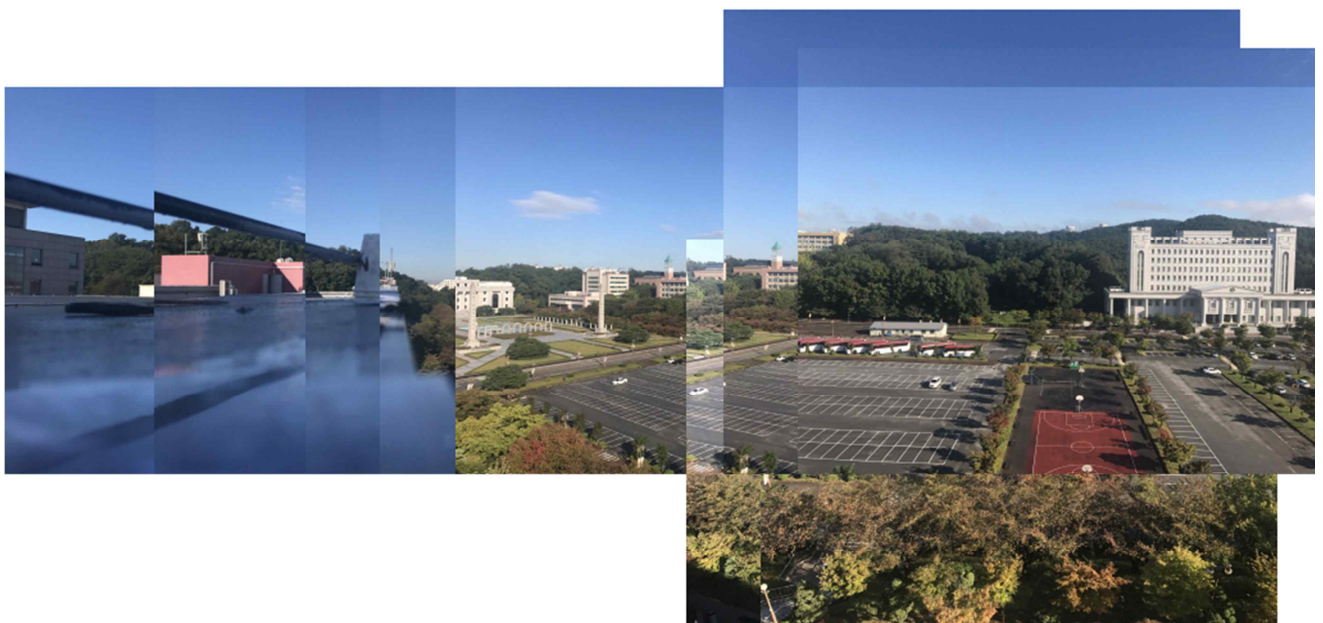


그림 7. 제안한 알고리즘을 이용한 영상 정합





**그림 8. FAST & FREAK 알고리즘을 이용한 영상 정합**

<그림 10>은 각 실험에서 소요된 처리시간을 나타낸 그림이다. <그림 10>에서 보이는 바와 같이, 본 논문에서 제안한 알고리즘과 FAST 알고리즘의 속도는 각각 0.066, 0.999초로 제안 알고리즘이 15배 이상 빨랐다.

다음과 같은 실험 결과를 통해 논문에서 제안한 알고리즘인 회전각을 통해 영상을 정합하는 방법이 속도 측면에서 개선됨을 확인할 수 있다.

```

image_path_120_2.jpg
x: 562.186,y: 0
image_path_130_2.jpg
x: 620.803,y: 30.9842
image_path_40.jpg
x: 0,y: 61.383
image_path_60.jpg
x: 118.137,y: 61.383
image_path_80.jpg
x: 236.274,y: 61.383
image_path_90.jpg
x: 294.89,y: 61.383
image_path_100.jpg
x: 353.506,y: 61.383
image_path_130_1.jpg
x: 533.029,y: 179.422
image_path_140_1.jpg
x: 591.645,y: 179.422
image_path_120_3.jpg
x: 562.186,y: 61.383
image_path_130_3.jpg
x: 620.803,y: 61.383
    
```

**그림 9. 오일러각을 이용한 좌표 생성**

RPY 좌표 탐색 총 수행 시간(초) : 0.066000

Feature 총 수행시간(초) : 0.999000

**그림 10. 특징 추출 스티칭 알고리즘과 속도 비교**

## V. 결론

영상 스티칭의 중요 요소는 특징점 추출, 연산 시간, 정확도 등이 있다. 기존에 사용된 알고리즘은 영상의 특징점을 추출하는 과정에서 전 영상을 검색하므로 다수의 고화질 영상을 스티칭 할 경우, 시간이 오래 걸린다는 단점이 존재하였다.

본 논문에서는 카메라 센서를 기반으로 한 영상 정합 알고리즘을 제안하였고, 그 결과 기존 알고리즘인 FAST 알고리즘 보다 처리 속도가 향상된 것을 확인할 수 있었다. 이는 특징점을 분석하여 비교하는 것보다 카메라 센서를 이용하여 각 영상의 상대 좌표로 계산하여 스티칭을 하는 것이 기존의 방법보다 스티칭 속도를 향상시킬 수 있음을 시사하고 있다.

본 논문에서 제안한 영상 정합 알고리즘은 영상 왜곡(Warping), 블렌딩 등의 후처리 작업을 포함하고 있지 않으므로, 이와 같은 후처리 작업을 통해 영상 정합의 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만, 본 방법이 가지는 센서정보의 정확성, 카메라의 고정된 위치와

같은 문제점을 해결하기 위한 후속 연구 또한 필요할 것으로 보인다.

\* 이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 -현장맞춤형 이공계 인재양성 지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (2017H1D8A1031522)

## 참고문헌

[1] Chulhyun Kim, "A Comparative Study for Virtual Reality 360° Contents Shooting Equipments Based on Real World", Journal of Broadcast Engineering Vol. 21, No. 5, Sep. 2016

[2]- Y.J. Cho, J.M. Seok, S.Y. Lim, S.W. An, J.I. Seo, J.H. Cha, Post-UHD Realistic Media, High Quality Panoramic AV Technology, Electronics and Telecommunications Trends, Vol.29, No.3, pp.37-46, 2014, June

[3] K. M. Park, W. H. Seok, and K. H. Lee, "Sensor Industry and Major Promising Sensor Market and Technology Trend," Electronics and Telecommunications Research Institute, 2015, 02. [5] S. H. Lee, "State and the Issues of IOT," Institute for Information & communications Technology Promotion, 2014, 04.

[4] 박세환, 박종규 "사물인터넷(IoT) 기술 및 시장분석을 통한 산업 활성화 방안" 한국기술혁신학회 학술대회, 85-91(7 pages), 2014.10

[5] M. Brown, and D.G. Lowe, "Automatic panoramic image stitching using invariant features", International journal of computer vision, vol. 74, no. 1, Dec. 2006.

[6] Park Siyoung, Kim Jongho, Yoo Jisang, Fast Stitching Algorithm by using Feature Tracking, Journal of Broadcast Engineering, Volume 20, Issue 5, pp.728-737, 2015,9