

영상 스티칭 토폴로지 설계를 위한 영상 쌍 탐색 연구

박기범, 이성배, 김규현*
경희대학교

sesbgb@khu.ac.kr, rhee@khu.ac.kr, kyuheonkim@khu.ac.kr*

Image pair exploration for designing image stitching topologies

Kibeom Park, Seongbae Rhee, Kyuheon Kim*
Kyung Hee University

요약

최근 가상 현실(Virtual Reality), 파노라마(Panorama) 영상 등과 같이 다양한 미디어 콘텐츠의 활용이 증가하고 있으며 사람들의 관심과 수요가 증가함에 따라 영상 스티칭에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 영상 스티칭은 여러 영상을 넓은 시야각을 갖는 하나의 영상으로 합성하는 기술이다. 일반적인 영상 스티칭에서는 동일한 지역을 촬영한 연속적인 영상들을 입력 영상으로 사용하게 된다. 이때 입력 영상을 연속적인 영상이 아닌 순서가 바뀌거나 랜덤한 영상으로 사용하게 된다면 일반적인 영상 스티칭에서는 입력 영상 순서대로 스티칭을 진행하기 때문에 잘못된 결과를 추출할 수 있다. 이를 해결하기 위해 선택된 이미지와 가까운 이미지를 선택하는 과정이 필요하고 이를 통해 이미지의 토폴로지 관계를 찾아 전역 정렬을 구하는 과정이 필요하다. 이에 본 논문에서는 각 이미지들 간의 토폴로지 관계를 찾기 위하여 이미지 간 쌍을 구하는 방법을 연구하고자 한다.

I. 서론

최근 가상 현실과 파노라마, 360 도 영상과 같이 넓은 시야각을 갖는 영상들은 주로 영상 스티칭 기술을 통해 생성되고 있다. 영상 스티칭 기술은 특징점(Keypoint) 추출 및 매칭, 공통 영역 설정, 호모그래피(Homography) 계산, 왜핑(Warping) 그리고 합성까지 모든 과정을 의미한다[2]. 일반적인 영상 스티칭에서는 입력 영상으로 동일한 지역을 촬영한 연속적인 영상들을 사용하여 스티칭을 진행하지만, 입력 영상의 순서가 정렬되지 않는 경우에는 각 이미지에서 특징점 추출 및 매칭 과정에서 잘못된 매칭이 발생하여, 오류의 스티칭 영상이 생성될 수 있다.

이와 같은 제한 사항을 극복하기 위해 임의의 입력 영상 중에서 현재의 이미지와 가까운 이미지 쌍을 탐색하는 것이 필요하다. 이에 본 논문에서는 이미지들 사이의 관계를 찾고 인접한 이미지 간 쌍을 구하는 방법을 연구하고자 한다.

II. 본론

본 논문에서는 다중 입력 이미지에 대하여, 효율적인 영상 스티칭을 위한 토폴로지 설계로써, 현재의 이미지와 가까운 이미지 쌍을 탐색하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 이미지 쌍 탐색 방법은 호모그래피 및 텍스처 각각에 대하여 기하적 탐색을 수행한다. 이때, 호모그래피에 대한 기하적 탐색은 영상의 꼭짓점의 이동 변환을 통한 탐색으로써, 왜핑된 이미지에 대한 꼭짓점의 위치의 순서가 좌측 상단(A), 우측 상단(B), 우측 하단(C), 좌측 하단(D) 순으로 위치하고 있는지 아래의 식 (1)을 통해 확인한다.

$$\begin{aligned} A_x < B_x, A_x < C_x, \\ A_y < D_y, A_y < C_y, \\ D_x < C_x, B_y < C_y \end{aligned} \quad (1)$$
$$\begin{aligned} \text{If } A_x < D_x < C_x, \text{ then } D_y < C_y \\ \text{If } A_y < D_y < C_y, \text{ then } D_x < A_x \end{aligned}$$

또한, 호모그래피를 통해 변환된 이미지의 꼭짓점들이 합성 기준 이미지 영역에 있는지 확인한다. 해당 이미지 영역 안에 꼭짓점의 개수가 1 개, 2 개, 3 개, 4 개인 경우로 나누어 각 경우에 따라 식 (2)를 통해 꼭짓점들 간의 거리를 비교한다.

$$\begin{aligned} -2 < (A_x - D_x) < W \\ -2 < (D_y - A_y) < H \\ -2 < (B_x - A_x) < W \\ -2 < (A_y - B_y) < H \end{aligned} \quad (2)$$

이어서, 텍스처에 대한 기하적 탐색은 이미지 사이의 LDPM[4]을 구하여 왼쪽 이미지와 오른쪽 이미지들 사이의 픽셀 정보의 구조적 유사도 정보를 측정을 통해 진행된다.

$$\begin{aligned} LDPM(f, g) \\ = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \text{match}(LDP(I_f(i, j)), LDP(I_g(i, j))) \end{aligned} \quad (2)$$

위의 식 (2)를 통해 두 이미지에 대한 구조적 차이를 확인할 수 있으며, LDPM 을 구성하는 LDP 는 그림 1 에서 나타나는 바와 같이 촬영 조도 환경에 의한 조도 차이가 제거된 벡터 구조이므로, 두 이미지에서 각각의 LDP 를 비교하며 진행되는 평가는 텍스처에 대한 기하적

평가에 해당한다. LDPM 평갯값이 작을수록 유사도가 높은 이미지인 것을 확인할 수 있다.

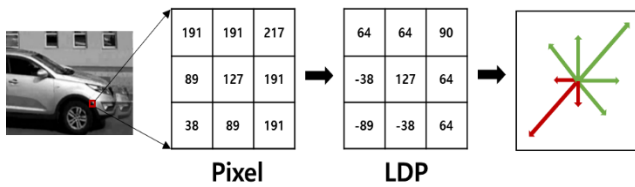


그림 1. LDP 구조

본 논문에서는 이미지 스티칭을 진행하는 경우 기준이 되는 이미지와 근접한 이미지 사이의 토폴로지 관계를 찾아 적절하게 스티칭이 되는지 확인하기 위하여 이미지 쌍을 구하는 실험을 진행하였다. 입력 이미지로는 정답지를 확인하기 위하여 입력 이미지 순서를 연속적인 형태로 입력하였으며, 이후 순서와 상관없이 임의의 이미지들을 입력하여 실험을 진행하였다.



그림 2. 제안 기술 실험 결과

그림 2 와 같이 각각의 기준 이미지에 따라 근접한 이미지의 쌍을 찾을 수 있으며, 기준 이미지의 위치에 따라 주변에 해당하는 이미지만을 쌍으로 구하는 것을 확인하였고 이를 통해 다수의 영상에 대하여 토폴로지 설계가 가능한 것을 확인할 수 있다. 이러한 토폴로지 관계를 찾음으로써 이미지 스티칭 과정에서 각 이미지 간의 상대적인 위치를 파악하고 적절하게 결합하여 완전한 스티칭 결과를 얻을 수 있다.

추가적으로 RGB 이미지와 그레이스케일 이미지로 구성된 DOTA-v2.0 데이터셋과, 객체 감지를 위한 다양한 지역의 영상으로 구성된 xView 데이터셋, 건물과 도로, 구름 등 위성영상으로 구성된 AI-hub 와 같이 동일한 지역에 대하여 멀리서 촬영한 영상으로 구성된 데이터셋에서 임의로 추출한 200 장의 이미지 군에 대하여 영상 스티칭을 위한 순서 토폴로지 설계를 진행한 결과, 영상 쌍 정확도가 91.9722%로 나타나는 것을 확인했다. 이때 부정확한 쌍을 유발한 데이터셋은 바다, 사막 등과 같은 특징점 후보 영역이 희소한 데이터에 해당했다.

III. 결론

본 논문에서는 올바른 이미지 스티칭을 위해 각 이미지들 사이의 토폴로지 관계를 찾기 위해 이미지들

간 중복 영역과 위치를 탐색하여 가까운 이미지들에 대해 매칭 후 이미지 쌍을 구하고자 하였다.

본 논문에서는 근접한 이미지들이 Shifting 되는 한정된 실험 데이터를 통하여 검증하였기 때문에, 향후 연구에서는 인접한 이미지들이 회전이나 Reflection 을 통해 이미지 스티칭 되는 다양한 데이터에 대하여 검증을 진행하고자 한다. 또한 실험에서 사용한 임계값에 대한 수식 또는 규칙을 향후 연구에서 다루고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement(KRIT) grant funded by the Korea government (DAPA(Defense Acquisition Program Administration)) (21-106-A00-007, Space-Layer Intelligent Communication Network Laboratory, 2024) and supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2024-2021-0-02046) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation

참 고 문 헌

[1] Im, Jiheon, et al. "Images Grouping Technology based on Camera Sensors for Efficient Stitching of Multiple Images." Journal of Broadcast Engineering, Vol.22, No.6, pp.713-723, 2017.

[2] R. Szeliski, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial." Foundations and Trends in Computer Graphics and Computer Vision, Vol. 2, No.1, 2006.

[3] WEI, Xin, et al. Image redundancy filtering for panorama stitching. IEEE Access, 2020, 8: 209113-209126.

[4] 이성배; 강진호; 김규현. 영상 스티칭의 지역 차분 픽셀 평가 방법. 방송공학회논문지, 2019, 24.5: 775-784.

[5] "DOTA A Large-Scale Benchmark and Challenges for Object Detection in Aerial Images", 2019, <https://captain-whu.github.io/DOTA/dataset.html>

[6] "DIUx xView 2018 Detection Challenge", 2018, <http://xviewdataset.org/>

[7] "AIHub", last modified Dec 22, 2023 accessed Jan 05, 2024, <https://aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=115&topMenu=100&aihubDataSe=realm&dataSetSn=73>