

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제22권 제6호, 2017년 11월 (JBE Vol. 22, No. 6, November 2017)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.6.850>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

지능형 전방위 영상 분석 시스템 제안 및 구현

전 소 연^{a)}, 허 준 학^{b)}, 박 구 만^{a)†}

Proposal and Implementation of Intelligent Omni-directional Video Analysis System

So-Yeon Jeon^{a)}, Jun-Hak Heo^{b)}, and Goo-Man Park^{a)†}

요 약

본 논문에서는 초광각 카메라를 활용한 전방위 영상 및 객체 추적 결과 영상 표출을 통한 영상 분석 시스템을 제안한다. 구형 전방위 영상 생성을 위해 광각 영상 두 개에서 equirectangular 파노라마 영상으로의 projection 과정을 거쳤고, 구면 좌표계 변환식을 사용하여 구형 영상으로 표출하였다. 객체 추적은 원하는 객체를 초기에 선택하는 방식으로 수행되었으며, equirectangular 영상 내 왜곡으로 인한 객체 형태 변화에도 강인한 객체 추적이 이루어질 수 있도록 KCF(Kernelized Correlation Filter) 알고리즘을 사용하였다. 초기 다이얼로그에서는 파일 및 모드를 선택하고, 이후 새 다이얼로그에서 구형 영상 매핑 수행 결과 영상이 표출되도록 하였으며, 객체 추적 모드를 선택한 경우 새로운 창에서 원하는 영역을 드래그하여 ROI를 설정한 뒤, 이를 매 프레임마다 추적할 수 있도록 하였다.

Abstract

In this paper, we propose an image analysis system based on omnidirectional image and object tracking image display using super wide angle camera. In order to generate spherical images, the projection process of converting from two wide-angle images to the equirectangular panoramic image was performed and the spherical image was expressed by converting rectangular to spherical coordinate system. Object tracking was performed by selecting the desired object initially, and KCF(Kernelized Correlation Filter) algorithm was used so that robust object tracking can be performed even when the object's shape is changed. In the initial dialog, the file and mode are selected, and then the result is displayed in the new dialog. If the object tracking mode is selected, the ROI is set by dragging the desired area in the new window.

Keyword : video analysis system, spherical image mapping, equirectangular projection, object tracking

a) 서울과학기술대학교 일민대학원 미디어IT공학과(Dept. of Media IT Engineering, The Graduate School, Seoul National University of Science and Technology)

b) 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(Dept. of Electronic IT Media Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

† Corresponding Author : 박구만(Goo-Man Park)

E-mail: gmpark@seoultech.ac.kr

Tel: +82-2-970-6430

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7055-5568>

※ 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 연구성과실용화진흥원의 지원을 받아 수행하였음[No.2017K000343, 실시간 카메라를 활용한 전방위 렌더링 표출 및 지능형 알고리즘 개발].

· Manuscript received November 10, 2017; Revised November 21, 2017; Accepted November 21, 2017.

Copyright © 2017 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. 서론

보안 산업에서는 국가 및 지자체, 개인 차원에서 CCTV를 설치함으로써 범죄 예방 및 용의자 검거, 증거 확보에 결정적인 역할을 수행하고 있으나, CCTV 수가 적은 경우나 FOV(Field Of View)에 미치지 않는 경우 사각지대가 존재한다는 한계점을 갖고 있다. 이는 CCTV 설치 수를 늘림으로써 해결할 수 있으나 CCTV 설치에는 공간적, 비용적 한계가 있기 때문에 효율적인 감시를 위해서는 CCTV 한 대당 감시할 수 있는 영역을 확대하는 방법을 고려해볼 수 있다. 또한 범죄 예방 효과를 높으려면 CCTV를 실시간으로 모니터링할 수 있어야 하는데, 이 또한 보안담당자의 집중력 저하 및 교대 근무 상황 시 발생하는 공백 등의 문제가 따를 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 초광각 카메라를 활용하여 전방위 영상을 표출하고 객체를 추적하여 모니터링을 용이하게 하는 지능형 영상분석 시스템을 제안한다. 본문에서는 제안하는 시스템에 쓰이는 알고리즘을 제시하고, 결론에는 추후 연구 계획에 대해 논한다.

II. 본론

제안하는 시스템에서는 영상을 구형으로 맵핑하기 위해 두 개의 광각 영상을 equirectangular 영상 변환 및 stitching

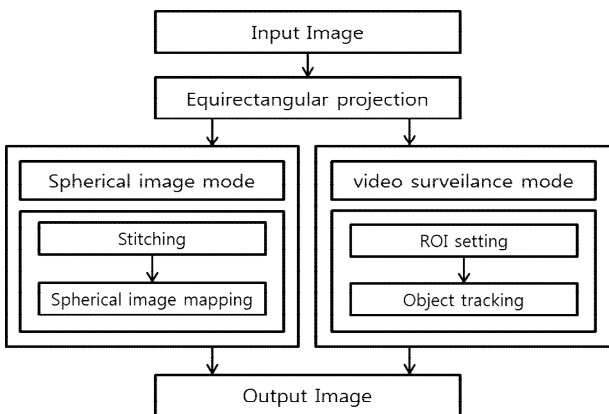


그림 1. 제안하는 시스템 구성도
 Fig 1. block diagram of proposed system

기법을 수행하고, 자동 객체 검출을 위해 tracking 알고리즘을 이용한다. 본 알고리즘의 구성도는 그림 1과 같다. 맨 처음 입력 영상은 FOV 180도 이상의 광각 영상 두 개이며, 이들에 대해 각각 equirectangular projection을 수행하여 파노라마 영상을 생성한다. 생성된 파노라마 영상은 구형 맵핑을 수행하여 새로운 결과 영상을 생성하거나 영상 내에서 tracking 알고리즘의 입력 영상이 된다.

1. Fisheye to equirectangular projection

입력 영상을 구형 영상으로 맵핑하기 위한 단계로 equirectangular projection을 수행한다. 우선 영상 좌표계가 [-1,1] 값의 범위를 가지도록 normalization을 수행한 뒤 이를 3D 구면좌표계에서의 vector로 변환한다. 이후 3D 직교좌표계로 변환하여 2D 극좌표계, 2D 직교좌표계로 변환하는 식을 거친다^{[1][2]}. 표 1은 equirectangular projection을 수행하기 위한 좌표 변환 식을 나타내며, f 는 카메라의 FoV를 나타낸다. 본 단계에서 입력 영상은 광각 영상 두 개이며, 각각 equirectangular projection이 수행된 후 스티칭하여 파노라마 영상으로 표현한다.

표 1. equirectangular projection을 위한 좌표 변환 식
 Table 1. coordinate transformation formula for equirectangular projection

equirectangular to 3D vector	$\phi = x' \times \pi/2$ $\theta = y' \times \pi/2$ $P_x = \cos\theta \cos\phi$ $P_y = \cos\theta \sin\phi$ $P_z = \sin\theta$
3D vector to 2D fisheye	$r = 2 \arctan(\sqrt{P_x^2 + P_y^2} / P_z) / (f \times \pi / 180)$ $\theta = \arctan(P_z / P_x)$ $x = r \cos\theta$ $y = r \sin\theta$

그림 2는 광각 영상 두 개를 입력으로 받아 파노라마 영상으로 변환하는 과정을 보인다. 광각 영상 두 개에 대해 각각 equirectangular projection을 수행하고 영상을 재배치한 뒤, 겹치는 부분에 대하여 스티칭한다.

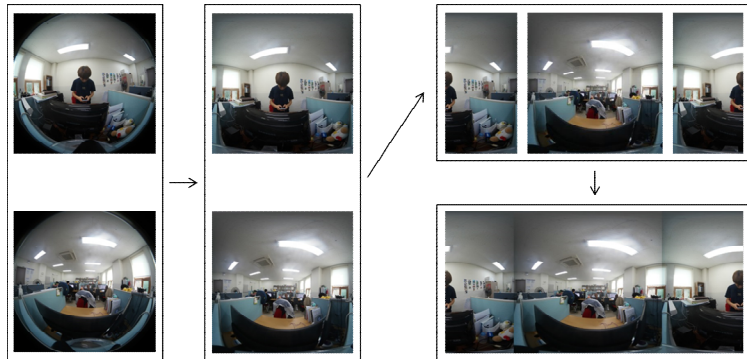


그림 2. 광각 영상 두 개에서 파노라믹 영상으로의 변환 과정
 Fig 2. the conversion process from two wide-angle images to a panoramic image

2. Spherical image mapping

파노라믹 영상은 매핑 과정을 거쳐 구형 영상으로 변환된다. 제안하는 시스템에서는 구형 영상의 경도와 위도를 일정 간격으로 나누어 각 간격마다의 구형 매핑을 수행한 뒤, 다음 구간마다 이를 업데이트 하는 방식을 적용하였다^{3,4)}.

$$\begin{aligned} x &= \cos\theta\sin(\rho+d\rho) \\ y &= \sin\theta\sin(\rho+d\rho) \\ z &= \cos(\rho+d\rho) \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)은 구형 매핑 수행 식을 나타낸다. θ 와 ρ 는 각각 구의 경도와 위도이며, $d\rho$ 는 π 를 특정 구간의 수로 나눈 값을 의미한다. 본 논문에서는 특정 구간 수를 320으로 설정하였으며, θ 와 ρ 값을 다음 구간으로 넘어갈 때마다 업데이트하여 전체 구형 영상을 생성하였다.

3. Object tracking

영상 내 객체를 추적하기 위한 알고리즘은 다양하나⁵⁾, 광각 영상을 구형 영상으로 맵핑하기 위한 equirectangular 영상은 영상 내의 모양이나 색상에 더욱 민감한 특징을 지

니고 있다. 이에 본 시스템에서는 객체 추적을 위해 KCF (Kernelized Correlation Filter) 알고리즘을 적용하였으며, 이는 베이스가 되는 샘플에 대해 특징점 벡터를 추출 및 변형하고 가상의 샘플을 모델링함으로써 객체의 형태 변환에도 강인하다는 장점을 갖는다^{6,7)}.

III. 시스템 설계 및 실험 결과

시스템을 구현하기 위해 본 논문에서는 MFC로 UI를 설계하였으며, 360도 영상 표출 및 객체 추적에 대한 시나리오를 설계된 UI에 관련하여 구성하였다. 본 시스템에 대한 UI 설계는 그림 2와 같다.

UI에 따른 시나리오는 다음과 같다. 프로그램을 실행하면 첫 다이얼로그가 생성되며, 스틸 이미지인지 동영상인지의 여부를 선택하고 파일의 경로를 지정한다. 입력 영상이 광각 영상 두 개 이므로 파일 경로는 두 개를 입력받아야 한다. 이후에 두 번째 다이얼로그 창이 뜨면 광각 영상을 구형 영상으로 맵핑한 결과가 출력되며, 마우스 이벤트를 받아 회전할 수 있게 한다. 또한 좌 상단에 메뉴를 추가하여

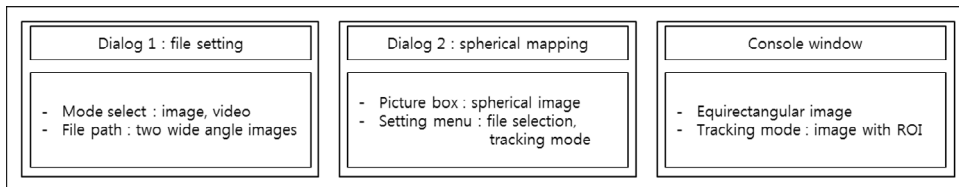


그림 3. 시스템 UI 구성 개념도
 Fig 3. UI configuration of proposed system

다른 파일을 불러오거나, 객체 추적모드를 지정하고 싶을 때 선택할 수 있게 한다.

객체 추적모드 역시 마우스 이벤트를 받아 초기 추적하고자 하는 객체를 선택하도록 하였으며, 결과 영상을 모든 방향을 한 번에 볼 수 있는 파노라마 equirectangular 영상에서 출력되도록 하였다. 이를 위해 콘솔 창을 새로 추가하였으며, equirectangular 영상과 구형 영상의 좌표를 연동하여 구형 영상에서도 ROI를 설정한 영역 및 좌표를 획득할 수 있게 한다. 또한, 다이얼로그 우측에는 영상 매핑 모드와 tracking 모드 설정 시 객체의 좌표를 실시간으로 출력할 수 있도록 edit box를 삽입한다. 그림 3은 프로그램 실행 시 생성되는 다이얼로그와 콘솔 창을 나타낸다.

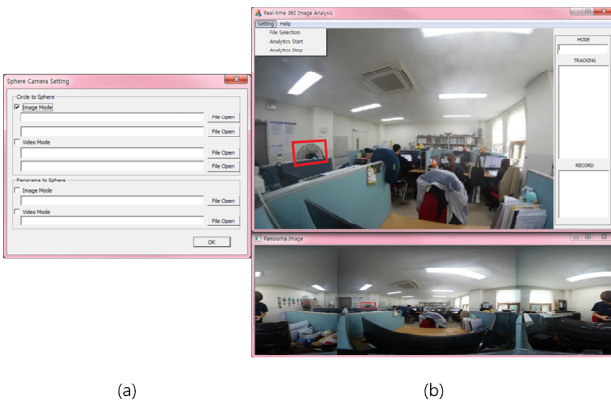


그림 4. 시스템의 UI 설계. (a): 파일 및 모드 선택을 위한 초기 다이얼로그, (b): 구형 영상 표출을 위한 다이얼로그 및 객체 추적 결과 표출을 위한 콘솔 창
 Fig 4. UI configuration of proposed system. (a): initial dialog for file and mode selection, (b): dialog and console window for displaying results

표 2는 객체 추적 알고리즘의 프레임 당 처리 시간을 비교한 표이다. 다른 객체 추적 알고리즘들이 배경의 움직임이나 객체의 색상 및 형태 변화에 따라 정확도 차이가 많이 난다는 점을 고려했을 때 본 논문에서 적용한 KCF 알고리즘이 실시간 객체 추적 시스템에 적합하다는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 객체 추적 알고리즘 프레임 당 처리 시간 비교
 Table 2. comparison of processing time per frame for object tracking algorithm

object tracking algorithm	processing time per frame(ms)
차영상(Difference Image)	17
Camshift	44
Optical Flow	206
Gaussian Mixture Model	268
Kernelized Correlation Filter	27

IV. 결론

본 논문에서는 지능형 전방위 영상 분석 시스템을 제안하기 위해 영상을 전방위 구형 영상으로 표출하는 방법과 객체 추적 알고리즘을 소개하였고 시스템 구현을 위한 간단 UI 설계 및 이에 대한 시나리오를 구상하였다. 추후에는 객체가 사용자의 시각에 벗어나지 않도록 구형 영상과 equirectangular 영상의 좌표를 연동하고, 이동 궤적에 맞추어 구형 영상을 회전하도록 하여 영상 분석 시스템을 자동화 하는 기술에 대해 연구하고자 한다. 그리고 다양한 기능을 추가함에 따른 시스템 가속화 및 고도화 또한 중요하며 [8,9], 단일 객체를 직접 지정하여 추적하거나 다중 객체를 초기 설정 없이 자동으로 추적하는 등 다양한 객체 추적 시나리오에 따른 알고리즘을 연구 및 구현할 예정이다.

참고 문헌 (References)

- [1] Bosung Kim, JonSeung Park, "Exemplar-Based Image Inpainting for Spherical Panoramic Image", Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 43, No.4, pp. 437-449, 2016.
- [2] Gyeong-il Kweon, Young-ho Choi, "Image-processing Based Panoramic Camera Employing Single Fisheye Lens", Journal of the Optical Society of Korea, Vol. 14, No. 3, pp.245-259, 2010
- [3] Gooman Park, Jihye Jeon, Jihee Yang, Jiwoong Jang, The Method of 360 Degrees Spherical Rendering Display and Auto Video Analytic Using Real-time Image Acquisition Cameras, 10-1639275, Korea, 2016.
- [4] Shigang Li, Member, IEEE, "Monitoring Around a Vehicle by a spherical Image Sensor", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 4, pp.541-550, 2006.
- [5] Jun-Hwan Lee and Jisang Yoo, "Real-time Face Tracking Method using Improved Camshift", JBE Vol. 21, No. 6, pp.861-877, 2016.
- [6] Ming TANG and Jiayi FENG, "Multi-kernel Correlation Filter for Visual Tracking", IEEE International Conference on Computer Vision, 2015.
- [7] Joao F. Henriques, Rui Caseiro, Pedro Martins, and Jorge Batista, "High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.37, No 3, pp.583-596, 2015.
- [8] Seoung Heon Kang, Seoung-Jae Lee, Man Hee Lee and In Kyu Park, "Parallelization of Feature Detection and Panorama Image Generation using OpenCL and Embedded GPU", JBE Vol.19, No. 3, pp.316-328, 2014.
- [9] Dongmin Park, Dongkyu Lee and SeoungJun Oh, "Object Tracking in HEVC Bitstreams", JBE Vol. 20, No. 3, pp.449-463, 2015.