

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제23권 제6호, 2018년 11월 (JBE Vol. 23, No. 6, November 2018)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.6.939>

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

효과적인 감시를 위한 전방위 영상 기반 뷰어 프로그램 구현

전 소 연^{a)}, 김 청 화^{b)}, 박 구 만^{b)†}

Implementation of Omni-directional Image Viewer Program for Effective Monitoring

So-Yeon Jeon^{a)}, Cheong-Hwa Kim^{b)}, and Goo-Man Park^{b)†}

요 약

본 논문에서는 전방위 영상을 활용하여 효과적으로 감시할 수 있는 뷰어 프로그램을 구현하였다. 프로그램은 크게 Normal mode, ROI(Region of Interest) mode, Tracking mode, Auto-rotation mode의 네 가지 모드로 구성되며, 각 모드에 대한 결과 영상을 동시에 표출하도록 구현하였다. Normal mode에서는 광각 영상을 구형 영상으로 렌더링하여 팬, 틸트, 줌이 가능하도록 하며, ROI mode는 보고 싶은 영역을 선택하면 해당 영역이 확장되어 표출된다. 그리고 Auto-rotation mode에서는, Tracking mode를 이용하여 객체 추적 시 객체가 구형 영상의 특정 영역을 이탈하는 경우를 방지하기 위해, 객체의 위치를 구형 영상의 회전각과 맵핑하여 회전함으로써 객체의 지속적인 추적이 가능하게 하였다. 복수의 모드를 동시에 처리하기 위한 병렬프로그래밍을 수행하여 연산 처리 속도를 개선하였으며, 이는 한정된 화각을 가진 종래의 카메라 기반 감시 시스템에 비해 동시에 다양한 각도를 볼 수 있다는 점에서 강점을 가진다.

Abstract

In this paper, we implement a viewer program that can monitor effectively using omni-directional images. The program consists of four modes: Normal mode, ROI(Region of Interest) mode, Tracking mode, and Auto-rotation mode, and the results for each mode is displayed simultaneously. In the normal mode, the wide angle image is rendered as a spherical image to enable pan, tilt, and zoom. In ROI mode, the area is displayed expanded by selecting an area. And, in Auto-rotation mode, it is possible to track the object by mapping the position of the object with the rotation angle of the spherical image to prevent the object from deviating from the spherical image in Tracking mode. Parallel programming for processing of multiple modes is performed to improve the processing speed. This has the advantage that various angles can be seen compared with surveillance system having a limited angle of view.

Keyword : Video analysis system, Spherical image mapping, Object tracking, Auto-rotation

a) 서울과학기술대학교 일반대학원 미디어IT공학과(Dept. of Media IT Engineering, The Graduate School, Seoul National Univ. of Science & Technology)

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

† Corresponding Author : 박구만(Gooman Park)

E-mail: gmpark@seoultech.ac.kr

Tel: +82-2-970-6430

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

※ This research was supported by the Commercializations Promotion Agency for R&D Outcomes(COMPA) funded by the Ministry of Science and ICT(MSIT).[2018K000030, Development of Spherical Rendering Display and Intelligent video analytic algorithm using Real-Time IP Camera]

· Manuscript received October 16, 2018; Revised November 19, 2018; Accepted November 19, 2018.

I. 서 론

CCTV(Closed Circuit Television) 설치 수가 늘어감에 따라, 자동화된 감시를 위한 지능형 시스템과 다양한 종류의 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 카메라가 출시되고 있다. PTZ 카메라의 경우 촬영 대상에 따라 카메라의 pan, tilt, zoom을 조정 할 수 있기 때문에 CCTV의 사각지대를 줄일 수 있다는 이점을 가진다^[1]. 그러나 PTZ 카메라의 FOV(Field of View)는 한정적이기 때문에, 원하는 대상을 바라보도록 회전하면 그 외의 화면을 볼 수 없다는 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 360도 전방위 영상의 이점을 살릴 수 있는 지능형 알고리즘을 제안하고, 효과적인 감시를 위한 시스템 기능에 대해 소개한다. 제안하는 시스템은 광각 영상의 장점을 이용하여 기존 PTZ 카메라 기반의 감시 시

스텝의 단점을 보완하면서도 PTZ 카메라의 기능을 최대한으로 구현하는 데 목적을 둔다.

본 논문의 2장에서는 프로그램을 구성하는 기능과 관련 알고리즘, 3장에서는 구현 및 실험 결과에 대해 논하고, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 구현을 위한 기능 및 알고리즘

본 논문에서 제안하는 프로그램은 총 네 개의 다른 영상을 표출하여 사용자가 효율적으로 감시할 수 있도록 구현하였다. 첫 번째 영상에는 광각 영상 두 개를 전방위 구형 영상으로 맵핑한 결과를 표출하여 영상 회전 및 줌 인/아웃을 수행함에 수동적인 조작이 가능하도록 한다. 두 번째 영

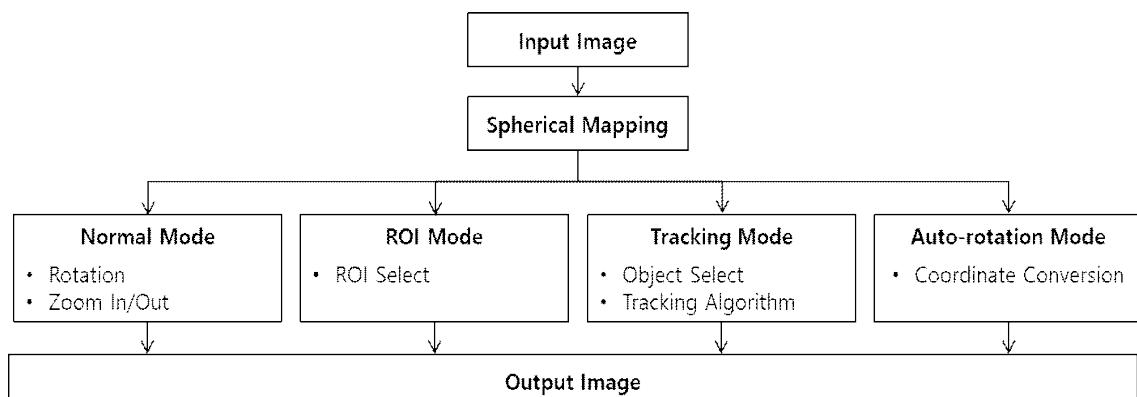


그림 1. 제안하는 프로그램 구성
Fig. 1. Configuration of Proposed Program



그림 2. 원본 영상 : 두 개의 180도 광각 영상
Fig. 2. Input Image : Two Images of 180 degrees

상은 사용자가 원하는 영역을 선택하여 표출함으로써 필요 한 영역만을 집중적으로 감시할 수 있다. 그리고 세 번째 영상은 객체 추적 알고리즘이 적용되어 객체의 위치가 표시된 영상을 표출하였으며, 네 번째 영상은 객체 위치에 맞추어 자동으로 회전하여 표출함으로써 특정 객체를 지속적으로 감시할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 네 가지의 다른 종류의 영상을 각각 Normal mode, ROI(Region of Interest) mode, Tracking mode, Auto-rotation mode로 정의하였다. 네 가지의 영상을 표출하기 전 원본 영상은 180도 광각 영상 두 개이며, 그림 2와 같다.

1. Normal Mode

Normal mode는 광각 영상을 equirectangular 파노라믹 영상으로 바꾼 후, 구형 영상으로 맵핑하여 표출한다^[2,3,4]. 이 때, 왼쪽 마우스 버튼과 마우스 휠 이벤트를 받아 각각 영상 회전, 줌 인/아웃이 가능하게 한다^[5]. 영상을 z축 방향

에서 바라보고 있다고 가정할 때, 각각 가로/세로 방향으로 드래그한 거리를 이용하여 x, y축을 회전하며, 마우스 휠을 위로 당길 경우 확대, 아래로 당길 경우 축소된다. 각 마우스 이벤트에 대한 수도코드와 결과 영상은 다음과 같다.

표 1에서 Δx , Δy 는 각각 마우스를 드래그한 x, y 거리를 의미하며, 각 거리에 특정 상수 α 를 나누어 스케일을 조정한다. 본 논문에서는 α 를 2로 두어 사용하였으며, 회전각은 영상의 width, height 크기에 비례하도록 계산한다. 또한 Δz 는 마우스 휠의 방향, d 는 영상과 보는 시점 간 거리를 의미하며, 마우스 휠의 방향에 맞게 거리를 일정 간격 β 만큼 조정하도록 구현하였다. 이 때 β 는 0.1로 두었다.

2. ROI Mode

ROI mode는 Normal mode 화면에서 원하는 영역을 선택하여 표출한다. 결과적으로는 Normal mode의 줌 인 기

표 1. 마우스 이벤트에 대한 회전, 줌 인/아웃 수도 코드

Table 1. Pseudo Code of Mouse Event for Rotation, Zoom In/Out

Rotation	Zoom In/Out
$\Delta x = (x_{start} - x_{end})/\alpha;$ $\Delta y = (y_{start} - y_{end})/\alpha;$ $x_{angle} = x_{pre_angle} + (\Delta x / \text{width} \times 360)$ $y_{angle} = y_{pre_angle} + (\Delta y / \text{height} \times 360)$	$\text{if } (\Delta z > 0)$ $d = d_{pre} - \beta$ $\text{else if } (\Delta z < 0)$ $d = d_{pre} + \beta$

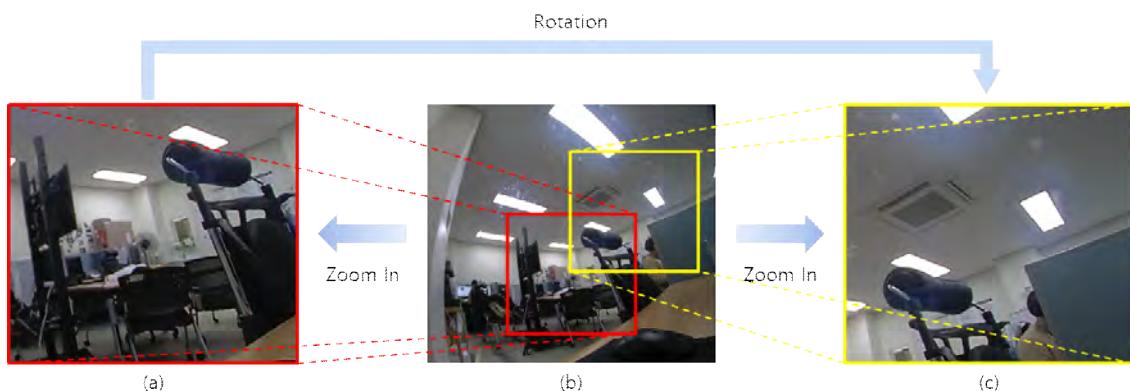


그림 3. 구형 영상에서의 회전, 줌 인/아웃 결과
 Fig. 3. The Result of Rotation, Zoom In/Out in Spherical Image

능과 크게 다르진 않지만, 별도의 화면에 표출하여 전체 화면과 확대된 화면을 동시에 볼 수 있다는 점에서 차이가 있다. 그림 4는 ROI mode가 실행되는 과정을 보여준다.

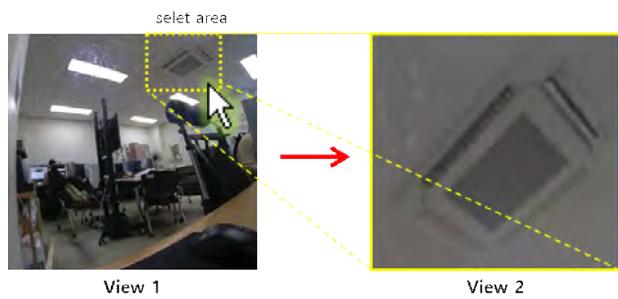


그림 4. ROI Mode 실행 과정
Fig. 4. The Process of ROI Mode

3. Tracking Mode

본 논문에서 사용된 객체 추적 알고리즘은 단일 인물 추적을 기반으로 하며, 마우스로 특정 객체를 선택함으로써 수행된다^[6,7,8]. 또한, equirectangular 파노라믹 영상 내에서 객체 추적을 수행하여 객체가 화면에서 이탈하는 경우를 줄이고자 하였다. 화면에는 객체의 bounding box가 표시되어, 전방위 영상 내 해당 객체의 위치를 확인할 수 있다.

4. Auto-Rotation Mode

구형 영상으로 구현된 전방위 영상은 구를 회전함으로써 모든 방향을 감시할 수 있으나, 회전하지 않을 경우 우리는 구형 영상의 일부만을 보고 있을 뿐이며, 시야각이 한정되어 있을 수밖에 없다. 이는 곧 객체 추적을 수행함에 있어 객체가 시야를 이탈하면 지속적으로 감시하기 어렵다는 단점을 가진다^[9].

Auto-rotation mode는 객체의 위치를 기반으로 해당 x, y축 회전각을 도출하여 객체를 화면에 표출한다. 객체가 화면에서 벗어나도 영상을 자동으로 회전하여 표출하기 때문에 객체의 지속적인 감시는 물론, 별도의 화면에서 다른 시점의 영상을 동시에 볼 수 있다. 이는 PTZ 카메라를 비롯한 기존 CCTV와 비교하여, 전방위 영상을 이용한 감시 시스템이 가지는 최대 이점이다.

구형 영상의 회전각을 구하기 위해 직사각형 형태의 equirectangular 영상의 x, y 좌표와, 구형 영상의 x, y축 회전각과의 관계식을 도출한다.

그림 6은 직사각형 영상의 좌표와 구형 영상의 회전각 간의 관계를 나타낸다. 직사각형 영상에서 x, y축을 각각 구형 영상의 x, y축에 대입한다. 이 때, 구형 영상 x축 회전각의 범위는 [0, 360]이고, y축 회전각의 범위는 [0, 180]이다. 따라서 직사각형 영상의 x, y 좌표를 각각 [0, 360], [0, 180] 범위로 맵핑한다. 영상 내 객체의 중심 좌표를 찾기 위해서는 다음의 비례식을 적용한다.

$$\begin{aligned} r_x : I_{width} &= A_x : 360^\circ \\ r_y : I_{height} &= A_y : 180^\circ \end{aligned} \quad (1)$$



그림 5. Tracking Mode 실행 과정
Fig. 5. The Process of Tracking Mode

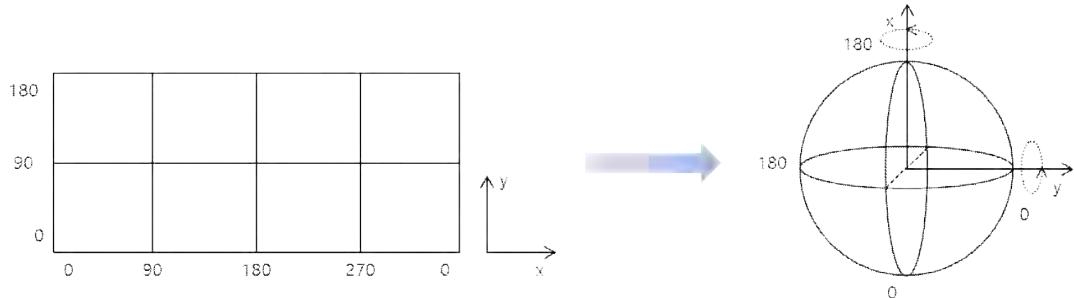


그림 6. 직사각형 영상에서의 좌표와 구형 영상에서의 회전각 변환

Fig. 6. Conversion from Coordinates in Rectangular Image to Rotation Angles in Spherical Image

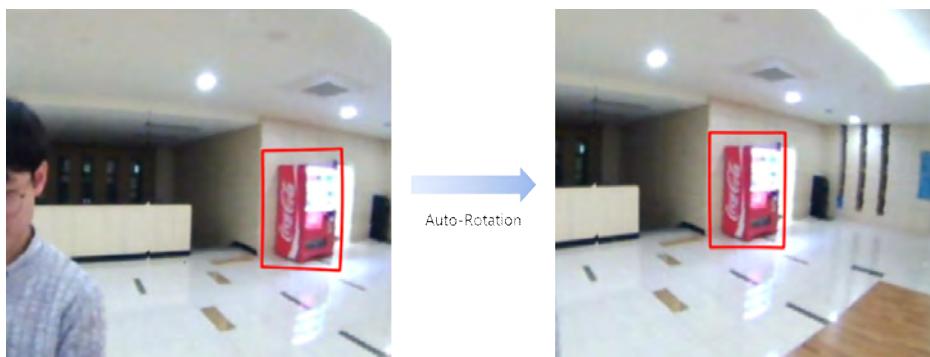


그림 7. Auto-rotation Mode 실행 과정

Fig. 7. The Process of Auto-rotation Mode

식 (1)에서 r_x , r_y 는 객체의 중심 좌표, I_{width} , I_{height} 는 직사각형 영상의 가로, 세로 크기를 나타내며, A_x , A_y 는 회전각을 의미한다. 객체의 중심 좌표와 직사각형 영상 전체 크기를 이용하여 회전각을 도출하고, 매 프레임마다 객체가 움직인 만큼 구형 영상을 회전함으로써 Auto-rotation mode를 수행한다.

III. 프로그램 UI 설계 및 기능 구현

본 논문에서는 앞서 제시한 네 종류의 화면을 동시에 표출하도록 구현하였다. 프로그램 실행 시 기본 모드인 Normal mode만 실행되고, 이외의 모드는 on/off 방식으로 수행하거나 종료한다. 한 다이얼로그에서 사분할 된 형태이므로, 영상이 크게 보일 수 있는 점을 고려하여 Full mode를 추가하였다. 이는, 크게 보고 싶은 모드를 선택하면 모달

리스 다이얼로그가 추가로 생성되어 큰 화면으로 표출된다.

그림 8은 프로그램 실행 시 초기에 등장하는 설정 다이얼로그로, 감시하고자 하는 영상의 종류를 선택할 수 있다. 비디오 파일, IP(Internet Protocol) 카메라 영상, 웹캠 영상 총 세 가지 영상 종류를 입력받도록 구현하였으며, 각 모드

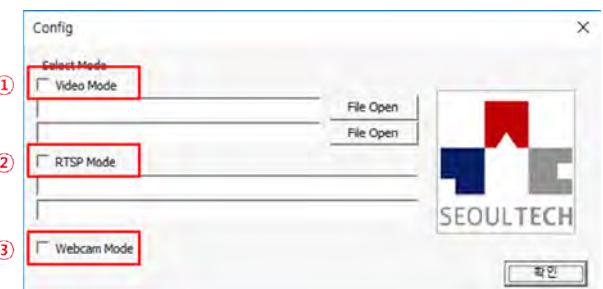


그림 8. 초기 다이얼로그 구성

Fig. 8. Configuration of Initial Dialog

는 화각 180° 이상의 광각 영상 두 개를 입력으로 받는다. 설정이 완료되면, 해당 다이얼로그는 종료되고 영상 처리가 수행되는 메인 다이얼로그가 생성된다.

그림 9는 메인 다이얼로그 구성을 나타내며, 그림 11은 입력 영상(그림 10)에 대한 네 가지 영상 표출 모드를 실행한 결과이다. 모드 선택부에서는 기본 모드(Normal mode)를 제외한 세 개의 모드를 체크박스로 실행 및 종료할 수 있으며, 결과 영상은 순서대로 Normal mode, ROI mode,

Tracking mode, Auto-rotation mode로 표출된다. Full mode는 초기에는 실행되지 않으며, 콤보박스에서 크게 보고자 하는 모드를 선택하는 방식이다. ROI mode와 Tracking mode는 체크하면 원하는 영역 혹은 객체를 마우스 이벤트로 받는 콘솔 창이 생성되며, Auto-rotation mode는 객체위치를 기반으로 회전하기 때문에 Tracking mode를 먼저 체크해야 활성화되도록 한다.

제안하는 시스템은 앞서 제시한 네 가지의 모드를 모두



그림 9. 메인 다이얼로그 구성
Fig. 9. Configuration of Main Dialog



그림 10. 입력 영상
Fig. 10. Input Image for Program



그림 11. 프로그램 실행 결과
 Fig. 11. Result of Program Implementation

포함하며, 각 영상을 개별적으로 표출하기 때문에 처리 속도를 줄이는 것이 중요한 문제이다. 이에 본 논문에서는 GPU(Graphic Processing Unit)를 사용한 CUDA(Compute Unified Device Architecture) 프로그래밍을 수행하였으며, CUDA 9.0, cuDNN 5.1에서 구현하였다. 광각 영상 두 개를 Equirectangular 영상으로 변환하는 부분을 커널 함수로 만들었으며, 가장 처리 시간이 오래 소요되는 부분을 가속화 하자고 하였다^[10,11].

표 2. 연산 처리 방식 별 속도
 Table 2. Speed by Operation Processing Method

Processing Method		(단위 : fps)		
Image Size(pixel)		CPU	TBB	GPU
380×380×2		4	20	90
760×760×2		0.9	1.2	44

표 2는 연산 처리 방식에 따른 속도를 보인다. 각각 360×360, 760×760 크기의 광각 영상 두 개에 대해 Euirectangular 연산을 수행한 결과, CPU, TBB(Threading Building Blocks) 방식보다 CUDA 프로그래밍을 통한 GPU 연산이 현저히 빠른 속도를 보임을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 전방위 영상을 활용한 지능형 뷰어 프로그램을 구현하였다. 다양한 각도에서 원하는 모드의 영상을 볼 수 있도록 함으로써, 모든 방향을 볼 수 있는 전방위 영상의 이점을 최대한 활용하고자 하였다. 또한, 특정 객체가 이동함에 따른 구형 영상의 방향을 계산하여 객체를 지속적으로 감시하면서 다른 방향의 영상을 동시에 볼 수 있도록 하였다.

전방위 영상 기반의 CCTV 시스템은 광각 영상을 구형 영상으로 랜더링하는 과정을 포함하기 때문에 종래의 시스템에 비하여 처리 속도가 느릴 수 있다^[12]. 이를 개선하기 위해서는 더 많은 프로그래밍 가속화 기술과 고성능의 하드웨어가 수반되어야 할 것이다. 그러나 다양한 방향을 동시에 감시할 수 있다는 점은 한정된 화각의 카메라를 이용한 시스템에 비해 강점을 갖기 때문에, 추후 속도 개선 및 추가 기능 구현을 통해 더욱 자동화되어 편리한 시스템이 구축될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] Y.K. Kim, G.M. Um, K.S. Cho, "Object-of-Interest Oriented Multi-Angle Video Acquisition Technique Using Object-Tracking based on Multi-PTZ Camera Position Control", *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.31, No. 3, pp.1-8, 2016.
- [2] 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.
- [3] 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
- [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] 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.
- [6] Jun-Hwan Lee and Jisang Yoo, "Real-time Face Tracking Method using Improved Camshift", *JBE* Vol. 21, No. 6, pp.861-877, 2016.
- [7] Ming TANG and Jiayi FENG, "Multi-kernel Correlation Filter for Visual Tracking", *IEEE International Conference on Computer Vision*, 2015.
- [8] 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, doi: 10.1109/TPAMI.2014.2345390
- [9] Ivan Markovic, François Chaumette, Ivan Petrovic, "Moving object detection, tracking and following using an omnidirectional camera on a mobile robot", *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA'14*, Jun 2014, Hong-Kong, Hong Kong SAR China. 2014. <hal-00949336>
- [10] 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.
- [11] Dongmin Park, Dongkyu Lee and SeoungJun Oh, "Introduction to GPU Computing and CUDA Programming: A Case Study on FDTD", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 52, No. 3, 2010, 06.
- [12] Paul Bourke, "Converting an Equirectangular Image to a Perspective Projection", 2016, 10.

저 자 소 개



전 소연

- 2017년 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 학사
- 2017년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 일반대학원 미디어IT공학과 석사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3026-6662>
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 영상 분석



김 청 화

- 2016년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 학사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-8947-8371>
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 영상 분석



박 구 만

- 1984년 : 한국항공대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 1991년 : 연세대학교 전자공학과 박사
- 1991년 ~ 1996년 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 ~ 1999년 : 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1999년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(나노IT디자인융합대학원 정보통신미디어공학전공 파견) 교수
- 2006년 ~ 2007년 : Georgia Institute of Technology Dept.of Electrical and Computer Engineering, Visiting Scholar
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-7055-5568>
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어통신