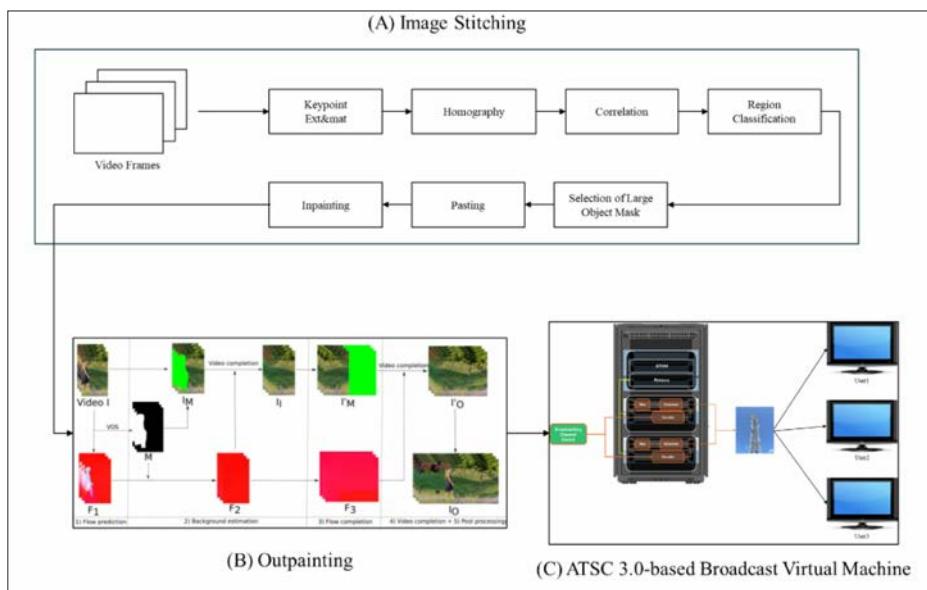


ATSC 3.0 기반 방송 가상 스튜디오를 통한 Parallax 왜곡 보정 및 영상 스티칭 기반 Wide Vision 영상 전송 기술

박기범 / 경희대학교 Media Lab.

최근 방송 기술은 UHD 및 인터랙티브 콘텐츠를 중심으로 급속히 발전하고 있으며, 차세대 방송 표준 ATSC 3.0은 방송과 인터넷 기술의 융합을 가능케 하여 기존의 고정형 서비스의 한계를 넘어 유연하고 몰입감 있는 방

송 환경을 제공한다. 특히 다중 카메라 시스템을 통한 영상 스티칭 기술은 보다 넓은 시야각을 제공하지만, 시차(parallax)로 인한 왜곡 문제가 큰 제약으로 작용한다. 본 논문은 이러한 한계를 극복하기 위해 영상 스티칭 과정에

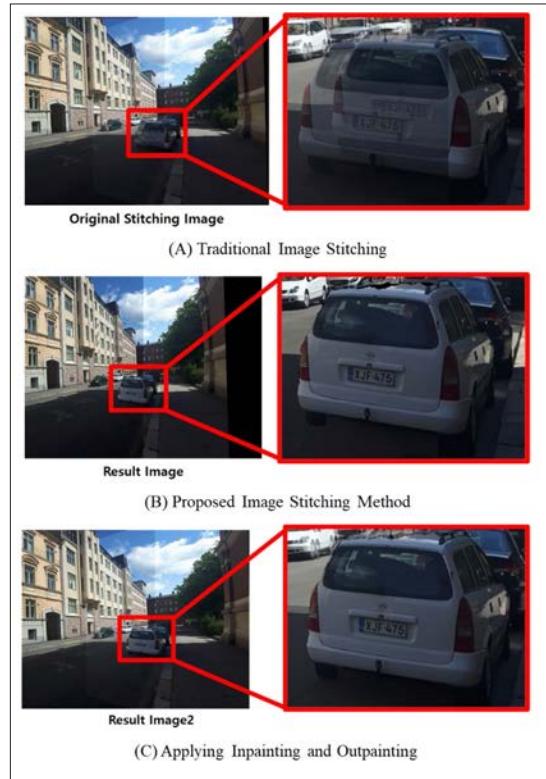


<그림 1> 전체 시스템 구성도: (A) Image Stitching, (B) Outpainting, (C) ATSC 3.0 based Broadcast Virtual Machine

서 발생하는 parallax 왜곡 문제를 보정하고, ATSC 3.0 기반의 가상 스튜디오를 활용하여 고품질 Wide Vision 영상을 생성 및 송출하는 기술을 제안한다. 본 연구의 전체 프로세스는 〈그림 1〉과 같이 구성된다.

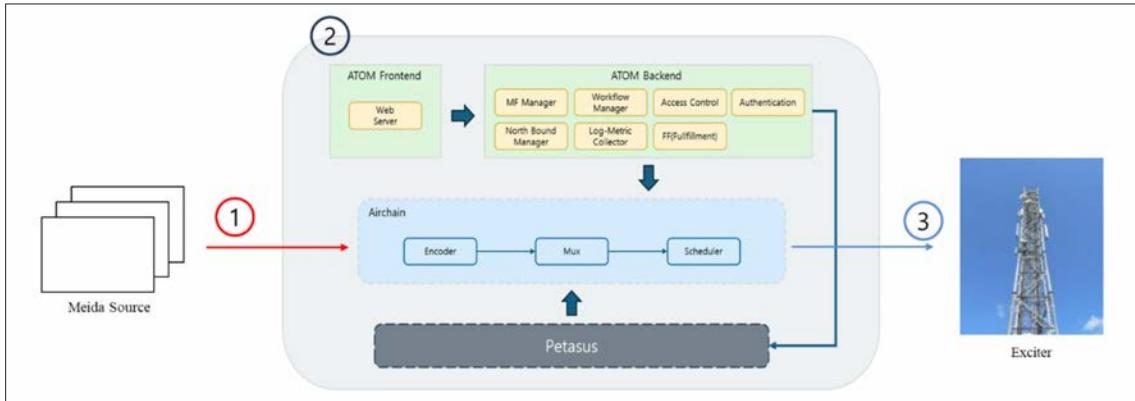
먼저 영상 스티칭 과정에서는 〈그림 1〉의 (A)와 같이 입력된 다중 영상을 기반으로 Keypoint 추출 및 Homography 계산을 통해 영상 간의 기하학적 관계를 설정하고, Correlation 분석을 통해 유사도 평가를 진행하였다. 이후, Region Classification 단계에서는 Segment Anything Model(SAM) 모델을 활용하여 영상 내의 각 객체마다 마스크를 생성하고, Optical Flow 분석을 통해 객체의 움직임을 정밀히 파악하여 왜곡 가능성이 높은 영역을 식별하였다. Mask Selection 단계에서는 좌우 영상의 객체 마스크 크기를 비교하여 큰 영역의 객체 마스크를 선택하여 보다 자연스러운 영상 스티칭 결과를 도출하였다.

이렇게 생성된 스티칭 영상은 객체와 배경 사이 또는 영상 스티칭 과정에서 빈 공간(hole region)이 발생하게 되는데 〈그림 1〉의 (B) 과정과 같이 Inpainting 및 Outpainting 기술을 이용하여 빈 공간을 채웠다. 특히 Outpainting 기법은 GAN 및 Vision Transformer 기반으로 외곽을 확장하여 방송 포맷에 최적화된 직사각형 영상으로 완성하였으며, 이를 통해 기존 카메라 한계를 극복한 확장된 시야를 제공할 수 있었다. 이 과정에서는 영상 외곽부의 texture, color pattern, structure를 분석하여 새로운 픽셀을 생성함으로써 시각적 이질감을 최소화하였다. 영상 스티칭 과정과 Inpainting 및 Outpainting 기술을 적용한 결과는 〈그림 2〉를 통해 확인할 수 있다. 〈그림 2〉의 (A)에서는 전통적인 영상 스티칭 결과를 보여주며 Parallax 왜곡이 나타나지만 〈그림 2〉의 (B)에서는 제안한 영상 스티칭 과정을 통해 Parallax 왜곡을 해결한 것을 확인할 수 있으며, (B)에서 생기는 빈 공간은 Inpainting 및 Outpainting 기술을 통해 〈그림 2〉의 (C)와 같이 채우는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 2〉 Parallax 왜곡 보정 및 Outpainting을 적용한 영상 스티칭 결과

제안한 방법을 통해 생성된 영상은 〈그림 3〉의 구조와 같이 ATSC 3.0 기반 방송 가상 스튜디오로 전송되어 실시간으로 송출된다. ATSC 3.0 시스템은 ATOM Frontend와 Backend로 구성되어 있으며, Airchain과 Petasus 모듈을 통해 인코딩, 멀티플렉싱 및 송출 스케줄링을 수행한다. ATOM Frontend에서는 ATOM Backend에 접근할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공하고, ATOM Backend는 모듈 간 데이터 분산 및 자원 사용량 수집 기능을 수행하며, Airchain은 실시간 콘텐츠의 처리 및 전송을 담당한다. 가상화 기반의 Petasus 모듈은 네트워크 기반의 유연한 방송 환경을 제공하며, 비디오 스트림의 가상화 처리 및 서비스별 리소스 관리를 가능하게 한다. 이를 통해 다양한 디바이스 환경에서도 최적화된 형태로 콘텐츠가 전



<그림 3> ATSC 3.0 based Broadcast Virtual Machine

달될 수 있도록 설계하였다.

제안된 전체 시스템은 기존 스티칭 방법 대비 시차 왜곡이 현저히 감소했으며, Mask Selection과 Outpainting 기술의 도입으로 시각적 품질이 크게 향상되었음을 확인하였다. Mask Selection 단계에서는 객체별 마스크의 방향성(좌우 구분)을 활용하여, 중복 객체 표현을 효과적으로 제거하였다. Optical Flow 기반 분석을 통해, 각 객체의 동작을 세밀하게 추적하며, 객체 간 중첩 여부를 판단하는 방식으로 스티칭 영상의 완성도를 높였다. 더불어 ATSC 3.0 기반 방송 가상 스튜디오를 활용하여 실제 방송 환경에서도 안정적인 실시간 송출이 가능함을 검증하였다.

본 논문에서는 다중 객체 및 복잡한 배경을 가진 상황에서도 정확한 Region Classification과 Mask Selection

을 통해 스티칭 품질이 향상되었으며, 생성된 객체 이미지와 배경 사이의 겹은 영역을 Inpainting과 Outpainting 과정을 통해 채워, 콘텐츠 전반의 일관성과 몰입감을 높였다. 영상 합성 과정을 통해 최종 생성된 영상을 ATSC 3.0 기반 방송 가상 스튜디오를 활용하여 최종적으로 시청자에게 고품질의 방송 경험을 제공하는 것이 가능하였다. 향후 연구로는, 더욱 복잡한 환경에서의 활용을 위해 조명 변화나 동적 객체가 많은 영상에서도 높은 품질을 유지할 수 있도록 알고리즘의 적응성과 안정성을 높이고자 한다. 또한, 네트워크 환경에 따라 유연하게 대응할 수 있도록 ATSC 3.0 송출 프로토콜의 최적화를 진행하여 대용량 데이터의 효율적인 전송 및 품질 유지가 가능하도록 연구할 예정이다.

박 기 범



- 2023년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학사
- 2025년 2월 : 경희대학교 전자정보융합공학과 공학석사
- 2025년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보융합공학과 박사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0009-0006-5256-3173>
- 주관심분야 : 딥러닝, 영상처리, 멀티미디어 시스템, VCM