

군사용 매니퓰레이터를 위한 저지연 멀티 카메라 스트리밍 시스템 구현

김형래, 이시은, 장다운, 정솔빈, 김수, 양영준, 조의리, 이성희*, 김재수, 김동균
경북대학교, *아이커넥트

hyeongraekim@knu.ac.kr, leesieun08@knu.ac.kr, dy7596@knu.ac.kr, solbin0724@knu.ac.kr,
kimsu@knu.ac.kr, youngj719@knu.ac.kr, joeuri0402@knu.ac.kr, shlee.iconnect@gmail.com,
kjs@knu.ac.kr, dongkyun@knu.ac.kr

Implementation of a low-latency multi-camera streaming system for military manipulators

Hyeongrae Kim, SiEun Lee, DaYun Jang, SolBin Jung, Su Kim, Youngjoon Yang, Euri Jo, Sunghye Lee*, Jaesoo Kim, Dongkyun Kim

Kyungpook National University, *iConnect

요 약

본 논문은 군사용 매니퓰레이터를 위한 저지연 멀티카메라 스트리밍 시스템을 구현하고, 색상 기반 지연 측정 기법을 통해 성능을 정량적으로 분석하였다. 기존 aiortc 구조의 한계를 FFmpeg 및 RTSPtoWeb 기반 구조로 개선하여, 평균 0.784 초의 낮은 지연과 안정적인 멀티카메라 운용 성능을 실험적으로 입증하였다.

I. 서 론

현대 군사 작전에서 고신뢰, 저지연 실시간 통신은 필수적이며, 특히 군사용 매니퓰레이터에는 멀티카메라 기반의 실시간 영상 스트리밍이 중요하다. 본 논문은 4 대의 카메라 영상을 1 초 미만 지연으로 송출하는 저지연 스트리밍 아키텍처를 설계하고, 색 기반 지연 측정 기법으로 성능을 검증하였다. 초기 aiortc 기반 WebRTC 구현은 구조적 한계로 인해 성능 저하가 발생하였으며, 이를 해결하기 위해 FFmpeg 기반 RTSP 송출과 Go 언어 기반 RTSP-to-WebRTC 중계 서버를 결합한 아키텍처를 제안하며 실효성을 입증하였다.

II. 관련 연구

기존의 실시간 영상 스트리밍 연구는 주로 단일 카메라 또는 고정된 네트워크 환경에서의 안정성을 중심으로 진행되었다. aiortc 는 WebRTC 프로토콜을 Python 에서 간편히 다룰 수 있도록 해주지만, 복수 카메라에 대한 스트림 분기, 비동기 처리, ICE 연결성 확보 등의 측면에서 한계를 드러낸다[1]. WebRTC 를 기반으로 한 실시간 시스템 구성 사례는 CDN 과 결합된 구조를 통해 높은 확장성과 안정성을 확보한 바 있으며 [2], 본 연구에서도 이러한 유연한 아키텍처 구성이 적용되었다.

FFmpeg 는 다양한 실시간 영상 처리 시스템에서 객체 검출 및 스트리밍 목적으로 널리 활용되고 있으며 [3], Jetson Nano 와 같은 엣지 디바이스 환경에서도 하드웨어 가속을 활용한 효율적인 인코딩이 가능하다는 점에서 실시간 스트리밍 구조의 기반 기술로 사용하였다.

III. 시스템 설계 및 구현

3.1 초기 설계: aiortc 기반 구조

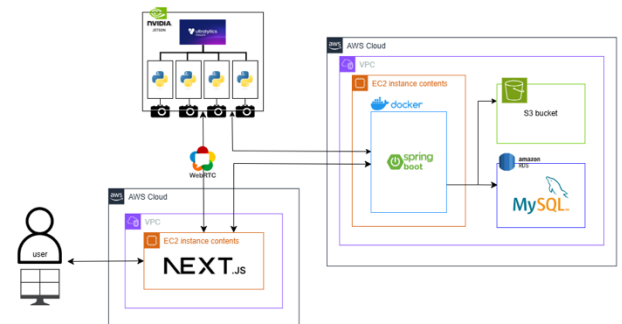


Fig 1. 초기 시스템 설계도

초기 시스템은 Fig1 과 같이 NVIDIA Jetson Nano 에서 Python 기반 aiortc 를 활용해 브라우저와 직접 P2P 로 연결하는 구조로 구현되었다. 하지만 aiortc 는 ICE

- [1] 권순형, 홍성언. "WebRTC 를 이용한 지적측량 현장 영상 송출 방안 연구", 비즈니스융복합연구, 8(6), 117-122, 2023.
- [2] 김종권, 임준오, 손예리, 최봉준. "WebRTC 및 CDN 기반 실시간 웹 비디오 편집 협업 시스템 연구", 한국통신학회 학술대회논문집, 2024-11-20, 경북.
- [3] 김지민 외. "FFmpeg 와 YOLO 를 이용한 동영상 내 객체 탐지 자동화", 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 2021-10-28, 전북.