

# 경량형 컨테이너 기반 WebRTC 원격 로봇 제어 시스템의 설계 및 시뮬레이션

김창인\*, 허유정, 최창범

## Design and Simulation of a WebRTC-Based Remote Robot Control System Using Lightweight Containers

Changin Kim\*, Youjeong Heo, Changbeom Choi

### Abstract

As the demand for fast and reliable data transmission and real-time control in robotic systems increases, the need for efficient solutions becomes more evident. WebRTC enables browser-based real-time data transfer, while lightweight container technology enhances resource management and deployment efficiency. This study presents the design and implementation of a WebRTC-based remote robot control system using a custom lightweight container runtime. The system, deployed in a containerized environment, was evaluated using RViz for real-time visualization and path simulation, enabling effective map data transmission and autonomous navigation. The use of lightweight containers optimized resource consumption on small computing devices.

**Key Words :** WebRTC, Lightweight Containers, Simulation, Remote Robot Control

## 1. 서론

현대의 로봇 제어 시스템은 신속하고 안정적인 데이터 전송과 실시간 제어의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 네트워크를 통한 원격 제어 시스템에서는 지연 시간과 자원 소모를 최소화하는 것이 중요하다. WebRTC(Web Real-Time Communication)는 브라우저 기반의 실시간 데이터 전송을 지원하여 이러한 요구사항을 충족시키며, 경량형 컨테이너 기술은 효율적인 자원 관리와 빠른 배포를 가능하게 한다. 본 연구는 WebRTC와 경량형 컨테이너 기술을 결합하여 원격 로봇 제어 시스템을 구현하고, RViz를 사용한 시각화와 시뮬레이션 테스트로 성능 평가를 시도한다[1],[2].

## 2. 본론

### 2.1 애플리케이션 구성도

시스템의 전체 구조는 그림 1에 나타나 있다. 로봇 제어 시스템은 클라이언트와 서버로 구성되며, 클라이언트는 React 프레임워크를 사용한 웹 애플리케이션으로, 사용자가 로봇의 상태를 모니터링하고 제어할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 서버는 Node.js와 Express 프레임워크를 기반으로 구축되었으며, 데이터베이스는 MongoDB를 사용하여 서비스 데이터(Account, Robot, Map 등)를 관리한다. 각 서비스는 경량형 컨테이너 환경에서 독립적으로 실행되어 자원 소모를 최소화하고, 빠른 응답성과 확장성을 제공한다.

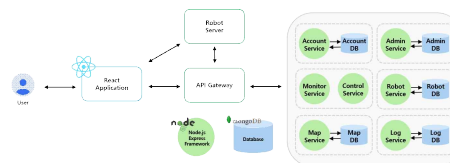


그림 1 애플리케이션 구성도

\* 김창인, 국립한밭대학교 컴퓨터공학과, 학부생,

20217140@edu.hanbat.ac.kr

허유정, 국립한밭대학교 컴퓨터공학과, 학부생,

20211939@edu.hanbat.ac.kr

최창범, 국립한밭대학교 컴퓨터공학과, 교수,

cbchoi@hanbat.ac.kr

## 2.2 RViz 기반 시물레이션 환경 구축

로봇 제어 시스템의 실시간 성능을 평가하기 위해 RViz 시물레이션 환경에서 맵 데이터를 등록하고 로봇의 경로 탐색을 시물레이션하였다[3].

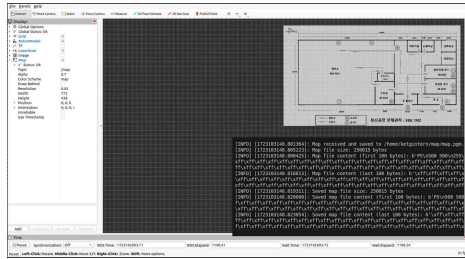


그림 2 RViz 화면

RViz는 로봇의 현재 위치와 이동 경로를 시각화하는 도구로, 본 연구에서는 로봇이 수신한 맵 데이터를 기반으로 경로 탐색과 자율 주행 시물레이션을 수행하여 실시간 성능을 평가하였다. 맵 데이터는 웹 인터페이스에서 업로드되어 로봇에게 전송되며, 이를 통해 로봇이 주어진 경로를 탐색하고 실시간으로 움직일 수 있도록 구현하였다.

## 2.3 실시간 위치 시각화 및 데이터 전송 모니터링

그림 3은 웹페이지에 맵과 로봇의 실시간 위치가 시각화된 화면과, 실시간으로 위치 정보를 전송하는 콘솔창을 보여준다. 이 웹페이지는 WebRTC를 통해 수신된 로봇의 위치 데이터를 실시간으로 갱신하여 사용자에게 표시한다. 사용자는 이 시스템을 통해 로봇의 현재 위치와 경로를 실시간으로 확인할 수 있다. 그림에 나타난 콘솔창은 로봇의 위치 데이터(x, y 좌표와 orientation 값)가 실시간으로 전송되고 있음을 보여준다. 이를 통해 시스템의 실시간 데이터 전송 안정성과 응답성을 확인할 수 있다. 이러한 실시간 시각화와 데이터 모니터링은 로봇 제어 시스템의 신뢰성을 높이는 데 기여한다.

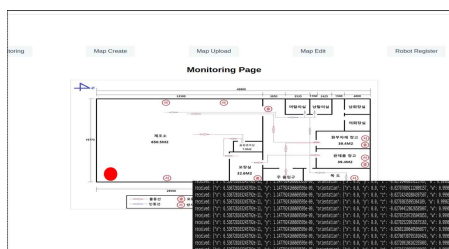


그림 3 웹페이지 화면

## 2.4 경량형 컨테이너 런타임의 적용

본 연구에서는 자체 개발한 경량형 컨테이너 런타임을 활용하여 원격 로봇 제어 시스템을 구현하였다. 경량형 컨테이너 런타임은 기존의 전통적인 컨테이너 솔루션에 비해 CPU 사용량과 메모리 소모를 줄여, 자원 관리가 제한적인 소형 컴퓨터 환경에서의 효율성을 극대화할 수 있다.

로봇 제어 시스템은 소형 컴퓨터에서 실행되며, 이러한 환경에서는 자원의 효율적인 사용이 필수적이다. 본 연구에서 사용된 경량형 컨테이너 런타임은 로봇 제어 애플리케이션이 최소한의 자원으로 안정적으로 실행될 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 로봇이 실시간 데이터를 처리하고 WebRTC를 통해 클라이언트와 통신하며, 경로 탐색과 상태 모니터링을 원활하게 수행할 수 있었다. 자체 개발된 경량형 컨테이너 런타임은 각 서비스(Account Service, Control Service 등)를 독립적으로 관리하면서 자원의 경합을 최소화하였다. 이는 소형 컴퓨터 환경에서의 로봇 제어 시스템 성능을 크게 향상시키는 중요한 요소로 작용하였다[4],[5].

## 3. 결론

본 연구에서는 WebRTC와 자체 개발한 경량형 컨테이너 런타임을 사용하여 원격 로봇 제어 시스템을 설계하고 구현하였다. RViz 시물레이션 환경에서 맵 데이터 등록과 경로 탐색을 통해 시스템의 실시간 성능을 평가하였다. WebRTC 기반 데이터 전송은 로봇 제어의 응답성을 높였으며, 경량형 컨테이너는 소형 컴퓨터 환경에서 자원 효율성을 극대화하는 데 기여하였다.

향후 연구에서는 다양한 네트워크 조건에서의 성능 테스트와 실제 로봇 환경에서의 검증을 통해 시스템의 안정성과 확장성을 강화할 것이다. 이를 통해 제안된 시스템은 다양한 로봇 응용 분야에서 실질적인 기여를 할 것으로 기대된다.

## 사사문구

“본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01068)

## 참고문헌

- [1] WebRTC Official Documentation. [Online].  
Available: <https://webrtc.org/>
- [2] RViz Documentation. [Online]. Available:  
<http://wiki.ros.org/rviz>
- [3] ROS Official Documentation. [Online].  
Available: <https://www.ros.org/>
- [4] B. Kitchenham, O. P. Brereton, D. Budgen,  
M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman,  
"Systematic literature reviews in software  
engineering - a systematic literature review,"  
Information and Software Technology, vol. 51,  
no. 1, pp. 7-15, 2009.
- [5] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M.  
Mattsson, "Systematic mapping studies in  
software engineering," in Proceedings of the  
International Conference on Evaluation and  
Assessment in Software Engineering, 2008, pp.  
68-77.