

OAI(OpenAirInterface) 테스트베드에서 kafka를 이용한 TCP 서버/클라이언트 서비스의 실험적 평가

김진욱

한국자동차연구원

jwkim3@katech.re.kr

Experimental Evaluation of TCP Server/Client Services Using kafka in an OAI Testbed

Kim Jin Wook

Korea Automotive Technology Institute

요약

본 논문은 OpenAirInterface(OAI) 기반 테스트베드에서 Apache kafka를 연동하여 Private network 환경에서 TCP 서버/클라이언트 통신의 정상 동작과 데이터 무결성을 검증하였다. Ubuntu 기반 실험 환경에서 zookeeper, kafka server, topic을 구성하고, OAI의 NR-UE를 TCP 클라이언트로 설정하여 텍스트 및 이미지 데이터를 송수신하였다. 실험 결과, 데이터 송수신이 모두 오류 없이 이루어졌으며, 이미지 데이터 또한 손실 없이 무결하게 복원됨을 확인하였다. 이를 통해 OAI-kafka 통합 환경이 5G 및 Private network 기반의 안정적인 데이터 전송 실험에 적합함을 검증하였다. 본 논문은 향후 네트워크 성능 지표를 기반으로 kafka 구성 최적화를 수행하여 보다 효율적인 데이터 전송 구조를 확립할 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

최근 5G 및 차세대 통신 네트워크에서는 다양한 서비스와 데이터 트래픽을 안정적으로 처리하기 위해 유연하고 효율적인 네트워크 아키텍처가 요구되고 있다. OpenAirInterface(OAI)는 4G 및 5G 통신 시스템을 구현한 오픈소스 플랫폼으로, 실험 및 연구 목적으로 널리 활용되며, TCP 기반 서버/클라이언트 통신을 이용한 데이터 송수신 실험에도 적합하다.

한편, kafka는 높은 처리량과 확장성을 제공하는 메시지 큐 시스템으로, 분산 환경에서 데이터의 신뢰성 있는 전송과 처리를 가능하게 한다. 본 연구에서는 OAI와 kafka를 연동하여 Private network 환경에서 TCP 서버/클라이언트 통신이 정상적으로 수행되는지 검증하고, 다양한 데이터 유형의 전송과 무결성을 평가하였다.

이를 통해 본 논문은 OAI 기반 테스트베드에서 kafka를 활용한 데이터 송수신 실험 방법을 제시하고, 실험 결과를 통해 시스템의 안정성을 검증하는 것을 목적으로 한다.

네트워크를 통한 정보 전송을 통해 다양한 데이터 유형에 대한 송수신 성능과 무결성을 평가하였다. 그림 1은 EURECOM에서 제공하는 OAI 구조도를 바탕으로, 본 논문의 시뮬레이션 환경을 표현하기 위해 추가로 작성한 시스템 구성도이다.

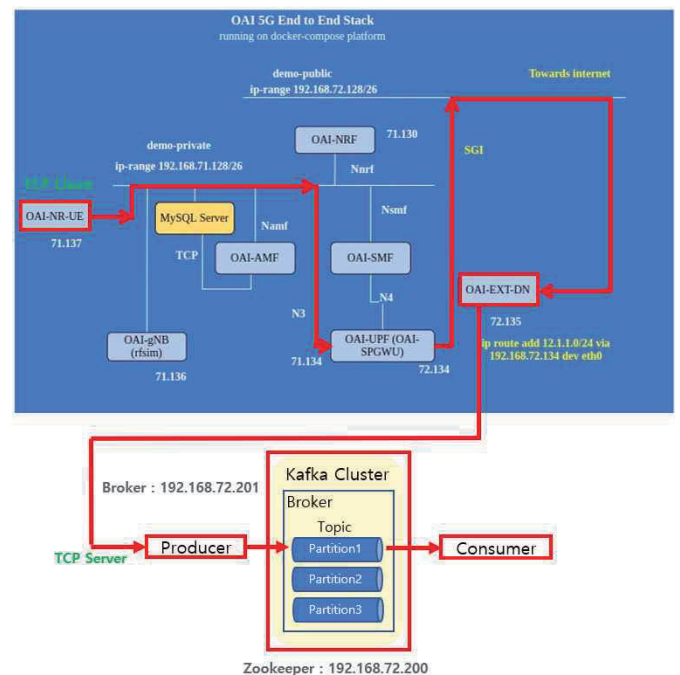


그림 1. 전체 시스템 구성 및 데이터 흐름도

II. 본론

1. 실험 환경 (Experimental Setup)

본 연구에서는 OAI(OpenAirInterface) 기반 테스트베드를 구축하고, kafka를 연동하여 TCP 서버/클라이언트 통신의 정상 동작 여부를 검증하였다. 실험 환경은 Ubuntu 기반 시스템에서 주키퍼(zookeeper), kafka server, topic을 각 터미널에서 실행하도록 구성하였다. TCP 클라이언트는 OAI 내에 설치한 OAI-NR-UE라는 가상의 UE로 설정하고, 여기서 전송한 데이터를 TCP 서버가 있는 kafka 프로듀서로 전달한다. 이 데이터는 kafka 내에 있는 topic으로 송신하고, kafka 컨슈머는 topic 내에 있는 데이터를 수신하여 정상성을 확인하였다. 또한, 이미지 파일 전송과 외부

2. 실험 방법(Methodology)

본 연구에서는 먼저 OAI 네트워크 내에서 TCP 서버와 클라이언트를 구성하였다. TCP 클라이언트는 주기적으로 데이터를 생성하고 이를 kafka 프로듀서를 통해 지정된 topic과 파티션으로 송신하였다. kafka 컨슈머는 송신된 데이터를 구독하여 수신함으로써 데이터 전송의 정상성을 확인하였다. 실험에서는 단순 텍스트 데이터뿐만 아니라 이미지 파일과 외부 네트워크를 통한 데이터 수신에 정상성도 확인하였다. 또한, zookeeper와 kafka server, topic을 각 터미널에서 실행하며 로그를 분석함으로써 TCP 연결 상태, 데이터 전송 상태, 그리고 시스템 전체의 안정성을 종합적으로 평가하였다.



그림 2. 터미널을 통한 시스템 구성 요소 실행 및 동작 확인 화면

3. 실험 결과 및 논의(Results and Discussion)

TCP 클라이언트에서 송신된 데이터는 kafka 내 topic을 통해 컨슈머에서 모두 정상적으로 수신되는 것을 확인하였다. 이미지 파일 전송 및 외부 네트워크와의 연결 정상성 테스트도 오류 없이 성공적으로 수행되었다. 로그 분석 결과 zookeeper와 kafka server, topic의 실행 상태가 안정적이었으며, TCP 연결 역시 지속적으로 유지되었다. 그림 2의 터미널 (5)를 보면, TCP Client에서 송신한 JSON type의 데이터를 오류 없이 정상적으로 수신하는 것을 확인하였다.

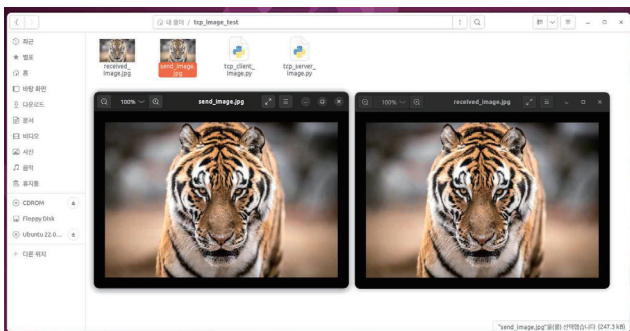


그림 3. OAI-kafka 환경에서의 이미지 데이터 무결성 확인 결과

그림 3은 이미지 파일 전송을 통해 Consumer에서 데이터 무결성 테스트를 진행하였고, OAI-NR-UE에서 전송한 데이터가 손실 없이 Consumer에서 로딩되는 것을 확인하였다.

이러한 결과를 통해, OAI와 kafka를 연동한 TCP 통신이 Private network 환경에서도 안정적으로 동작하며, 다양한 데이터 유형을 포함한 송수신 실험에도 적합함을 확인할 수 있었다.

III. 결 론

본 논문은 OAI 기반 테스트베드에서 kafka를 연동하여 TCP 서버/클라이언트 통신 및 데이터 전송의 정상성을 검증하였다. 실험 결과, 데이터 송수신과 무결성 확인이 모두 성공적으로 이루어졌으며, Private network 환경에서 OAI와 kafka 기반 TCP 통신이 안정적으로 동작함을 확인하였다. 본 연구는 향후 5G 및 차세대 네트워크 환경에서 안정적인 데이터 전송 테스트와 실험 기반 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 제안한 시스템의 지연시간, 처리량, 패킷 손실률 등 네트워크 성능 지표를 기반으로 정량적 평가를 수행할 예정이다. 이를 통해 kafka 구성 파라미터에 따른 최적화 방안을 도출하고, 보다 효율적인 데이터 전송 구조를 확립하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 “AI 기반 다이나믹 B5G/6G 네트워크 슬라이싱 기술을 이용한 원격제어 차량 기술 개발” 과제(연구개발과제번호: P0028063) 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] Mishra, M., "Why Kafka Chose TCP Over HTTP: A Technical Analysis," Medium Technical Publication, 2025. (<https://mohitmishra786687.medium.com/why-kafka-chose-tcp-over-http-a-technical-analysis-5b1e71f9251b>)
- [2] Waehner, K., "The State of Data Streaming for Telco," Medium Technical Publication, 2023. (<https://kai-waehner.medium.com/the-state-of-data-streaming-for-telco-in-2023-ebd71edfc473>)
- [3] OpenAirInterface, "OAI 5G RF Simulator - CI Script Repository," GitLab, EURECOM, Available: https://gitlab.eurecom.fr/oai/openairinterface5g/-/tree/develop/ci-scripts/yaml_files/5g_rfssimulator, Accessed: Oct. 23, 2025.
- [4] Kaltenberger, F., Nikaein, N., Knopp, R., & Bonnet, C., "OpenAirInterface: Democratizing Innovation in the 5G Era," Computer Networks, pp. 1-12, 2020.
- [5] Raptis, T. P., "A Survey on Networked Data Streaming with Apache Kafka," Journal of Big Data, Springer, pp. 1-18, 2023.
- [6] Nikaein, N., et al., "OpenAirInterface: A Flexible Platform for 5G Research," EURECOM Technical Report, pp. 1-6, 2014.