

【2024 PNU SW스터디그룹 최종보고서 】

[ASTRO- 캔위성 LTE 통신 및 전파 수신]



[Astro]

[정보컴퓨터공학부/202029145] [이승재]

[정보컴퓨터공학부/202255671] [정연수]

[전기공학과/202124164] [주기윤]

[전자공학과/202124200] [김준우]

[정보컴퓨터공학부/202255576] [윤주연]

[항공우주공학과/202427125] [배소연]

1. 프로젝트 개요

1.1 프로젝트 배경

이 프로젝트는 컴퓨터공학, 전기전자공학, 항공우주공학, 그리고 무선통신 분야가 융합된 전파 탐지 기술 연구의 일환으로 시작되었다. 기존에는 캔위성을 통한 단순 영상 송출과 센서 데이터 수집에 집중했으나, 이제는 전파 망원경(Radio Telescope) 개념을 접목하여 지상국과 캔위성 간의 무선 전파 데이터 분석을 확대하고자 한다.

학부 수준에서 전파를 활용한 통신 및 검출 기술은 여전히 낯선 분야이다. 대부분 블루투스나 와이파이 수준의 단순 통신에 머무르고, 무선신호를 직접 캡처하고 분석하는 과정은 드물다. 실제로 팀은 과거 915MHz 대역 라디오 통신 구현에 실패한 경험이 있으며, 많은 학부생 팀들이 안정적인 전파 수신 및 분석에 어려움을 겪는다.

이에 따라 본 프로젝트에서는 소프트웨어 정의 무선(Software Defined Radio, SDR)와 신호 처리 기술을 활용, 캔위성으로부터의 원격 전파 데이터 수신 및 지상 전파 망원경 구축을 통한 신호 분석을 시도한다. 추가적으로는 전파 탐지, 신호 정규화, ML/DL 기반 패턴 인식 기술을 융합하여, 다양한 주파수 대역의 신호를 실시간으로 수신, 전처리, 분석함으로써 안정적이고 실용적인 무선 통신/탐지 방식을 제안하고자 한다.

1.2 개발 목표 및 주요 내용

1. SDR(Software Defined Radio) 기반 전파 수신 시스템 구축: 캔위성 및 지상국에서 1.4GHz 등 특정 주파수 대역의 전파를 안정적으로 수신.
2. 전파 망원경 개념을 활용한 하드웨어 제작:
 - 구리판, 구리선, 원통형 지지체 등으로 안테나 및 망원경 본체 제작
 - 수신 신호 품질 확보를 위한 주파수 변환기(컨버터), 사인파 발생기 등을 통한 기준 신호 테스트
3. ML/DL 기반 전파 신호 전처리 및 분석(미구현):
 - FFT 기반 노이즈 제거 및 이동평균 필터 적용
 - CNN 등 신경망 모델로 전파 패턴 분석 및 잡음, 간섭 식별

1.3 세부 내용

○ 요구사항 분석

1. 캔위성은 발사 후 충격, 회전, 낙하 상황에서도 전파 수신 및 송신 능력을 유지해야 한다.
2. 최소 100Mbps 이상의 통신 대역폭을 확보, 1080p 영상 및 고품질 전파 데이터 실시간 송출 가능성 확보.
3. 웹 서버는 전파, 영상, 오디오, 텍스트 등 다양한 미디어 형식 저장/송수신 가능.
4. 전파 망원경 하드웨어는 지름 100mm, 높이 200mm의 원통형 구조 안에 부품 집적 가능해야 한다.

○ 제한사항

1. 고도 400m 이상의 비행 중에도 안정적 전파 수신.
2. 음속 이상 이동 속도에서도 전파 데이터 끊김 없이 수신 가능.
3. 안테나 및 망원경 본체 제작 시 재질(구리판, 구리선 굵기 2.5mm 등)과 제작 가능한 물리

적 한계 고려.

○ 개발 환경

1. 리눅스 기반 운영체제(Ubuntu)
2. Python 및 Flask 웹 서버 구성
3. C++ 기반 센서 드라이버 개발
4. Python GUI를 통한 지상국 모니터링 시스템 구축

2. 프로젝트 환경

개발 환경

- Ubuntu 20.04, Python 3.9, Flask 2.1, GNU GCC 9.3
- SDR(RTL-SDR) 모듈, 사인파 발생기, 주파수 컨버터 모듈 활용
- 캔위성 내 SBC(Raspberry Pi 등) 기반 C++/Python 혼합 개발환경

3. 프로젝트 내용

3.1 전체시스템 흐름

- [캔위성] 전파 수신 안테나 -> SDR 모듈 -> (C++/Python) 전처리 -> Flask 웹 서버 (HTTP/3, UDP) -> [지상국] 웹 서버 -> 데이터 시각화 및 ML 분석
- 캔위성에서 수신한 전파 Raw data를 UNIX 도메인 소켓 기반 C++와 Python 간 통신으로 처리
- Flask 사용, HTTP/3(UDP) 기반 프로토콜로 지상국에 실시간 데이터 전송
- 지상국에서 수신한 데이터를 ML/DL 모델로 분석 후 전파 패턴 식별 및 비교

3.2 기능설명

- 캔위성 전파 수집 하드웨어:
 - GPS, IMU, SDR, 사인파 발생기 내장
 - SDR로 실시간 수신한 전파 데이터 기반 전파환경 모니터링
- 지상국:
 - 전파 망원경(구리판, 구리선, 지지체)으로 특정 대역(예: 1.4GHz) 수신 시험
 - Flask 서버를 통해 실시간 데이터 모니터링 및 기록
 - Python GUI로 시각화, 잡음 구간 표시

3.3 ML/DL 기반 전파 데이터 분석 (추가 구현 예정)

- 전처리: FFT 기반 잡음 제거, 이동평균필터 적용
- 모델: CNN 기반 분류기, 전파 간섭 패턴 식별을 위한 TensorFlow Lite 모델

4. 프로젝트 결과 분석 및 평가

- 1.4GHz 대역 사인파를 발생기로 생성한 뒤 SDR로 수신 시험 완료
- 특정 주파수에서 안정적으로 전파 검출 가능 확인
- 일부 주파수 대역에서 불규칙적 신호 발생 → 추가 원인 분석 필요
- 캔위성의 이동 중에도 안정적 데이터 수집 가능성을 실험적 검증 계획

5. 참고 문헌

- RTL-SDR 공식 GitHub 및 Wiki
- SDRSharp, GQRX, GNURadio 등 SDR 툴 레퍼런스
- FFT, CNN 기반 신호 처리 논문 및 전파 망원경 제작 가이드 문헌

6. 후기

아무래도 다들 학과가 다르고, 재학생이니 만큼 최대한 모여서 작업해 보았지만, 목표하는 것을 다 끝내진 못해서 아쉬웠다. 다만, 실제로 전파망원경을 구현하여 전파를 수신하는 과정 하나만으로도 이렇게 모여서 협업하는 즐거움을 느낄 수 있었다. 이후 다음년도까지 방학에 더욱 개발에 매진하여 현재의 상황에서 더 발전된 전파 통신 탐지 캔 위성을 만들어 보고, LTE통신까지 자세히 구현해 보고싶은 생각이 크다.