



#Smart Compact FM
측정시스템 #무선국 특성
측정 결과

2025 KBS 미디어창의기술전 수상작 소개

FM 송·중계기 특성 측정 디바이스 (경량화 및 경제형) 연구 개발

글. 한창진·박정준·김상안·여지현 KBS 송신플랫폼국

Prologue 현장의 난제, 기술 혁신의 마중물



그림 1. FM 측정과 장비 이동운반 모습

대한민국 전역에 빈틈없는 방송 서비스를 제공하기 위해 KBS는 현재 전국 송·중계소에 205식의 FM 송신기 및 166식의 FM 중계기를 운영하고 있습니다. 청취자와의 약속을 지키기 위한 필수 인프라지만, 이를 관리하는 현장의 부담은 날로 커지고 있습니다.

한정된 인력이 수백 대의 장비를 관리해야 하는 상황에서 가장 큰 걸림들은 역설적으로 ‘측정 장비’였습니다. 대당 수천만 원을 호가하는 고가의 측정기는 충분한 수량 보급이 어려웠고, 이로 인해 현장에서는 장비 부족 시 인근 지역국이나 본사로부터 장비를 대여해오는 불필요한 행정력 낭비가 있었습니다. 그래서 단종된 노후 장비(R&S FMAB, ETL 등)에 의존하는 등 업무의 연속성과 효율성이 저해되는 상황이 빈번히 발생했습니다. 거기에 더해 이런 노후 장비는 특히 차량 접근이 어려운 험준한 지형의 TVR(간이국) 정비 시, 수십 킬로그램에 달하는 고중량 장비를 직접 운반해야 하는 엔지니어들의 피로도에도 영향을 미쳐 안전사고의 위험마저 내포하고 있었습니다.

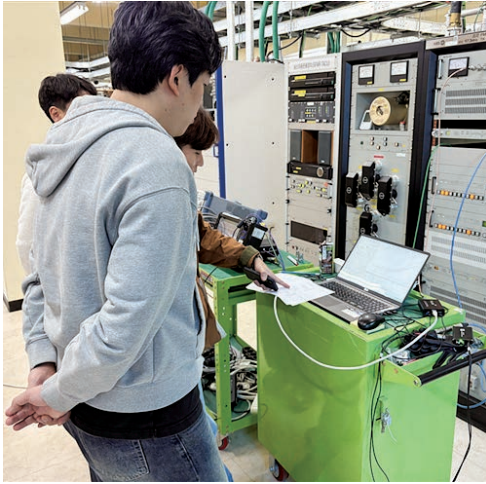


그림 2. 연구 개발 모습

이에 KBS 송신플랫폼국 개발팀은 경제성(Economy), 기동성(Mobility), 효율성(Efficiency)이라는 세 가지 핵심 가치를 실현하기 위해, 기존의 하드웨어 중심 시스템을 탈피한 ‘Smart Compact FM 측정시스템’ 개발에 착수했습니다. (여러 방송 매체 중 FM으로 정한 이유는 측정방법이 복잡하고 측정 장비도 무겁기 때문입니다.) 아울러, 다음과 같은 세 가지 목표를 설정했습니다.

△ 고가의 장비를 대체할 수 있는 경제성 △ 험지에서조차 자유로운 운용이 가능한 기동성 △ 신속하고 정확한 진단이 가능한 효율성을 모두 갖춘 ‘Compact’형 측정시스템을 구축하는 것입니다. 현장 중심의 기술 혁신을 통해 전국 정비 담당자들의 업무 환경을 개선하고, 나아가 국민에게 더욱 안정적인 방송 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련하고자 하였습니다.

Core Technology 소프트웨어 정의 라디오(SDR)와 시의 융합

01

시를 활용하여 빠르게 연구 개발
‘Compact 이동형 FM 측정기’

02

SDR(A/D Converter), Audio Amp,
노트북으로 완성된
심플한 구성

03

사용자 중심의 UI 구성으로
간편한 FM 무선국 검사 항목
측정 가능

이번에 개발한 ‘Smart Compact FM 측정시스템’은 복잡한 하드웨어 계측기의 기능을 소프트웨어로 구현한 것이 특징입니다. 시스템은 노트북, 소형 SDR(Software Defined Radio), 그리고 오디오 앰프라는 심플한 구성으로 이루어집니다.

Smart Compact FM 측정시스템 매커니즘

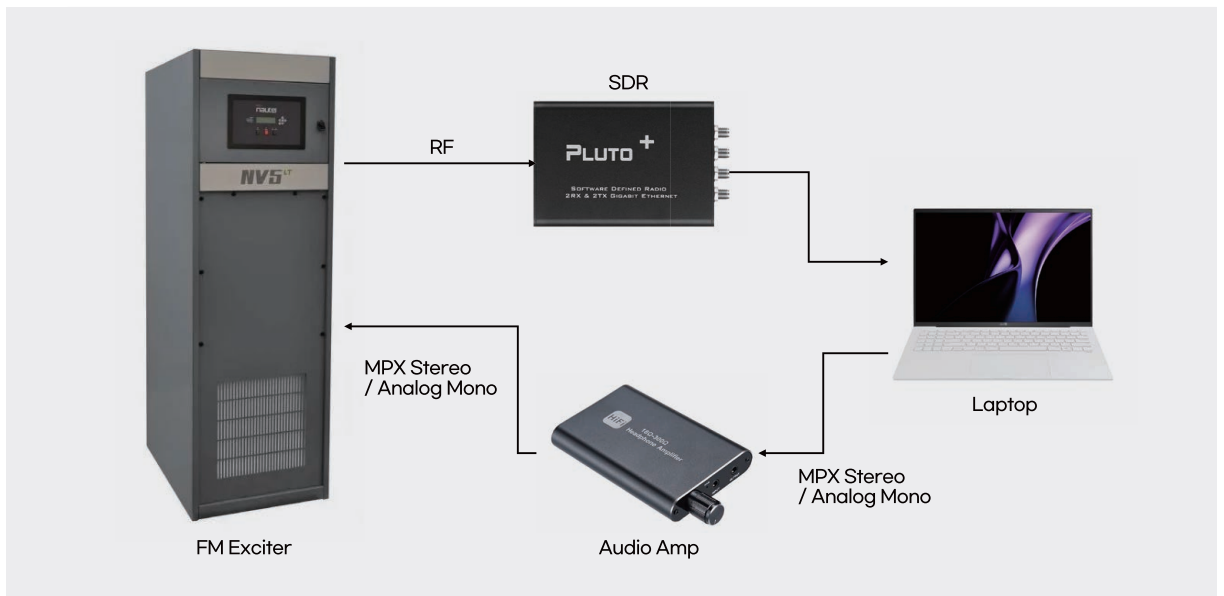


그림 3. 시스템 구성도

SDR(Software Defined Radio) : 시스템의 심장

기존에는 튜닝, 필터링, 복조 기능을 위해 각각의 물리적 케이블과 신호가 필요했지만, SDR은 이 모든 과정을 소프트웨어로 처리합니다.

- **A/D Converting** : 아날로그 RF 신호를 디지털로 변환하여 분석하거나, 반대로 합성된 파형을 RF 신호로 송신하는 핵심 인터페이스 역할을 수행합니다.
- **유연성** : 소프트웨어 업데이트만으로도 다양한 규격과 주파수에 대응할 수 있어 장비 노후화 문제를 원천적으로 해결합니다.

Audio Amp : 정밀한 입력 제어

노트북에서 생성한 디지털 측정 신호는 그대로 송신기에 사용하기에는 레벨이 너무 낮습니다. 오디오 앰프는 이 신호를 송신기에 최적화된 레벨로 증폭하여 인가함으로써, 측정의 정확도와 안정성을 보장합니다.

Laptop(노트북) : 간단하며, 직관적인 사용자 중심 UI 제공

현장 정비 담당자는 노트북 하나로 측정이 가능합니다. 단순히 데이터를 보여주는 것에 그치지 않고, 자체 개발한 전용 Software를 통해 복잡한 RF 신호를 실시간으로 계산하고 시각화합니다. 계측기 화면을 노트북 한 대가 완벽히 대체하는 셈입니다.



그림 4. 데이터 흐름도

이 시스템은 신호의 생성과 수집, 분석이 하나의 유기적인 루프로 연결됩니다.

- **신호 생성 및 증폭** : 개발된 전용 소프트웨어에서 측정용 오디오 신호(MPX Stereo 또는 Analog Mono)를 생성합니다. 이 신호는 오디오 앰프(Audio Amp)를 거치며 송신기에 입력하기 적절한 레벨로 증폭됩니다.
- **RF 신호 수집** : 증폭된 신호가 송신기에 입력되면, 송신기에서 출력되는 RF 신호를 픽업(Pickup)하여 SDR 장비로 전달합니다.
- **디지털 변환 및 분석** : SDR은 수신된 RF 신호를 디지털 데이터(IQ 신호)로 변환해 노트북으로 전송합니다. 마지막으로 소프트웨어가 이 데이터를 정밀 분석하여 무선국 검사에 필요한 측정값을 도출합니다.

🔍 AI를 활용한 개발 효율성과 RF 공학의 정밀함

바쁜 업무에도 본 측정시스템을 빠르게 개발할 수 있었던 비결은 생성형 AI(Claude)와 Python 라이브러리입니다.



그림 5. 연구에 사용한 각종 AI 툴

기본 프로그램 언어 : Python 3.10.18

파이썬은 풍부한 과학 계산 라이브러리를 보유하고 있어, SDR로부터 전달받는 대규모 IQ 신호 데이터를 처리하기에 최적의 환경을 제공합니다. 특히 3.10 버전의 안정적인 런타임은 현장의 가혹한 측정 환경에서도 끊임 없는 데이터 처리를 보장합니다.

Claude : 개발 가속화를 위한 생성형 AI

단순히 데이터를 보여주는 것을 넘어, 업무의 성격에 따라 최적화된 두 가지 UI 프레임워크를 병행 사용하여 사용자 편의성을 극대화했습니다.

- **복잡한 연산 구현** : FFT(Fast Fourier Transform)와 같은 고속 푸리에 변환 알고리즘의 최적화 구조를 설계하고, 실시간 신호 처리를 위한 코드 구조를 잡는 데 큰 도움을 주었습니다.
- **측정 보정 및 UI 설계** : 장비마다 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위한 보정 로직과 사용자 편의성을 고려한 UI(tkinter, PyQt5) 레이아웃을 빠르게 프로토타이핑하며 개발 기간을 획기적으로 단축했습니다.

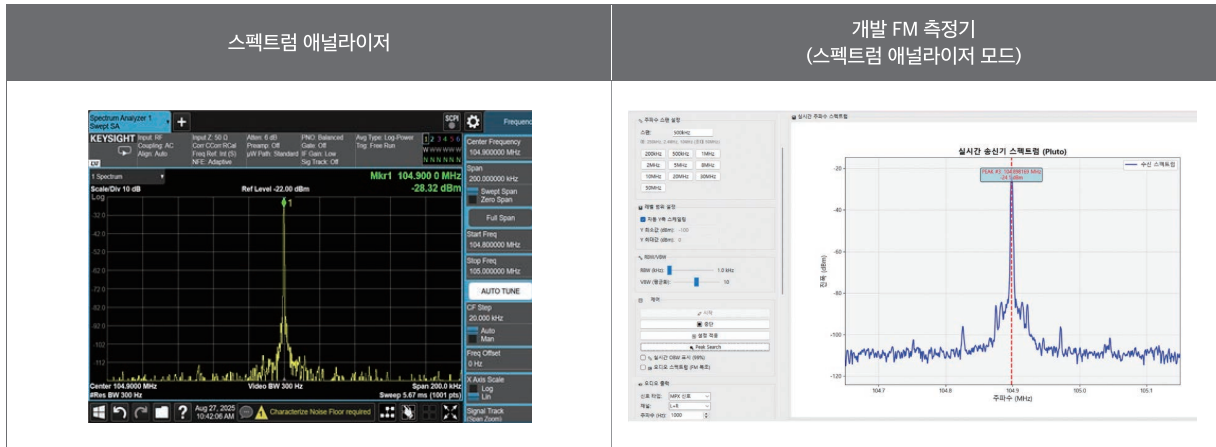
단순 LLM 의존 지양 : RF 이론이 뼈대가 된 설계

AI를 활용하면 보편적인 코드를 생성하는데 유용하지만, RF(Radio Frequency) 공학의 특수한 물리적 특성까지 완벽히 이해하고 반영하기는 어렵습니다. 저희는 단순한 LLM(대형 언어 모델) 의존을 지양했습니다.

- **RF 전문 지식 반영** : 신호의 왜곡, 이득(Gain) 제어, 필터링 특성 등은 AI가 제안한 코드에 엔지니어가 직접 RF 이론을 바탕으로 한 수식을 적용하여 교정했습니다.
- **수식의 정확한 구현** : 변조도 계산이나 스펙트럼 분석의 정밀도는 방송 품질과 직결됩니다. RF 수식을 코드 레벨에서 하나하나 검증하며, AI를 활용했을 때 나타나는 논리적 오류를 수정했습니다.

Analysis & Results

FM 측정시스템 무선국 특성 측정 결과 1 스펙트럼 애널리라이저 모드



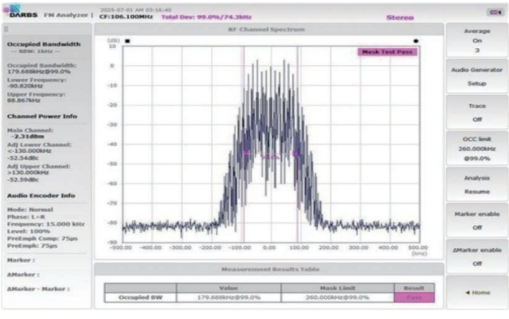
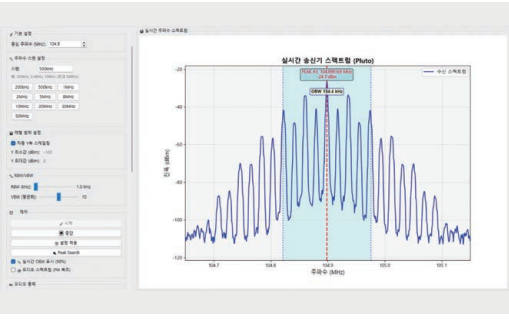

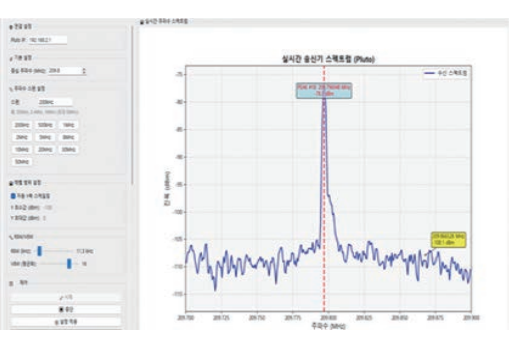
무변조 FM 신호 비교



변조된 FM 신호 비교

FM 측정시스템 무선국 특성 측정 결과 2 무선국 규정에 따른 FM 측정항목(일부 항목 발췌)

항목	기존 측정 사진 (예시)	개발 FM 측정기 화면
주파수 허용편차		
측정 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 신호의 중심 주파수를 계산하여 FFT(고속 푸리에 변환)를 통해 스펙트럼의 피크를 찾음 - 이 주파수가 허가된 주파수로부터 얼마나 벗어났는지 측정 	

항목	기본 측정 사진 (예시)	개발 FM 측정기 화면
점유 주파수 대역폭		
측정 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 신호의 스펙트럼을 분석하여, 전체 전력의 99.9% 점유하는 주파수 대역폭(OBW)을 계산 - Mono 또는 Stereo 기준을 만족하는지 확인 	
스푸리어스 영역 불요발사		
측정 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 넓은 대역을 스캔하여 고조파나 불요 신호가 있는지 확인 - 주 신호의 전력과 스푸리어스 신호전력 차이(dBc)를 계산 ※ 스푸리어스 신호 : 규정 주파수 대역 외의 전파 성분 	

이번에 개발한 시스템은 실제 현장 테스트에서 기존 고가 장비와 비교해 손색없는 측정 성능을 입증했습니다. 무엇보다 고무적인 것은 비용 절감 효과입니다. 저렴한 비용으로 구축이 가능해졌으며, 노트북 기반의 시스템 운영으로 현장 기동성을 극대화했습니다.

구매품목	금액 (원)
SDR	250,000
Audio Amp	40,000
노트북	1,500,000
각종 케이블, 커넥터류	263,000
합계	2,053,000

그림 6. 총 개발비용

결론

이번 '2025년 KBS 미디어창의기술전'은 기존과 다르게 AI를 활용한 다양한 개발품들이 출품되었습니다. 쟁쟁한 출품작들 사이에서 우수상을 받게 되어 더욱더 기쁩니다. 기술의 가치는 실제 현장에 쓰일 때 빛이 납니다. 새로 개발한 'Compact FM 측정시스템'은 현장 정비 담당자들의 업무부담을 덜어주는 든든한 조력자가 될 것이며, 이는 곧 전국의 청취자들에게 전달되는 KBS FM 방송 품질과 신뢰도로 이어질 것입니다.

방송기술의 미래는 멀리 있는 것이 아니라, 현장의 문제를 해결하기 위해 고민하는 엔지니어의 열정 속에 있다는 것을 이번 'KBS 미디어창의기술전'을 통해 느꼈습니다. 현장의 불편함에서 시작한 이번 아이디어가 KBS 전체의 장비 운용 역량을 한 단계 끌어올리는 마중물이 되기를 기대합니다. 