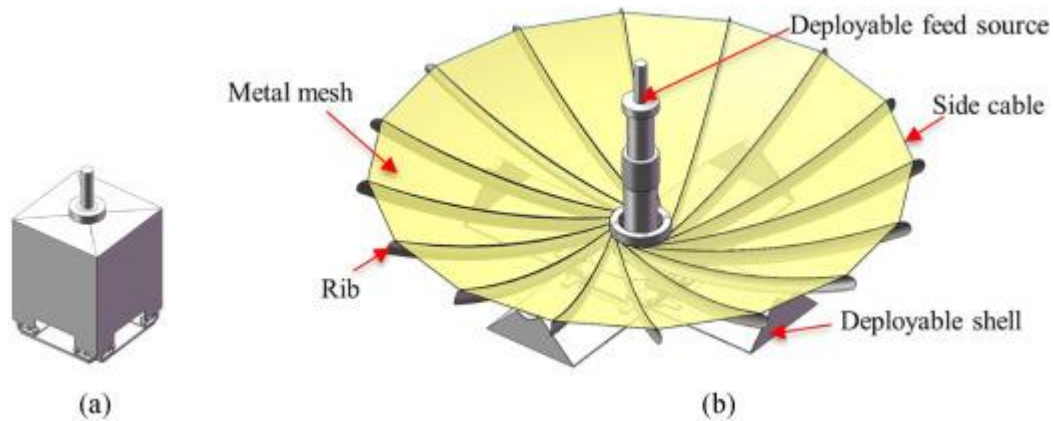


앞서 작성한 JEET 논문을 통해서 HFSS 실험결과와 PINN 실험 결과의 유효성을 입증하였다.

더 나아가, 실제 위성안테나에서 사용되는 안테나와 Ideal 한 안테나의 차이를 PINN이 포착하고 학습할 수 있는지 검증해 볼까 한다.



Wrap-rib Antenna or Umbrella type satellite antenna

위 그림과 같이, 실제 위성에 들어가는 안테나는 우산처럼 펼쳐질 수 있는 형태나 그 외 형태로 수납되어 발사된다. 이는 이상적인 형태와의 차이가 발생하며 이를 PINN이 학습할 수 있는지 알아보기 위해 다음과 같은 조건으로 실험을 진행하였다.

Fig 1: Ideal Parabolic Reflector (True Proportions)

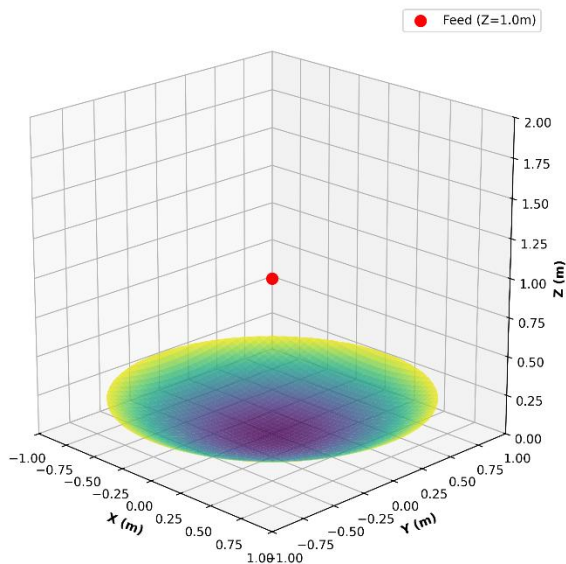
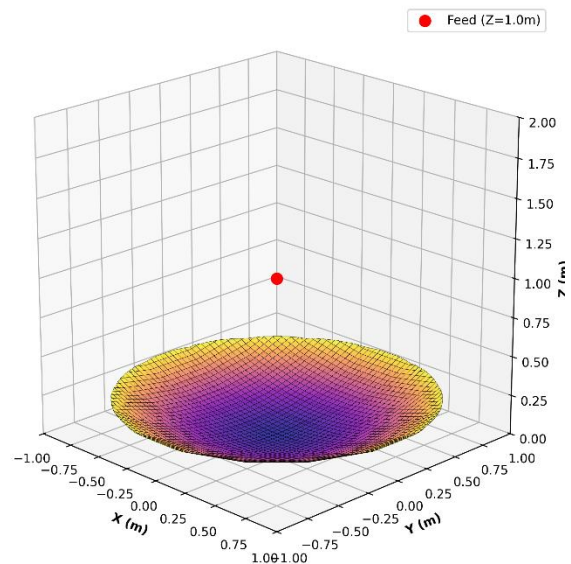


Fig 2: Faceted Reflector (Ribs=16, Radial=8)



직경 2m, F: 1m, 16GHz 의 환경에서 두 가지의 파라볼라 안테나를 구현하였다. 위 이미지로 보면 차이가 분명하게 보이지 않지만, 비율을 조정하면 다음과 같다.

Fig 1: Ideal Parabolic Reflector

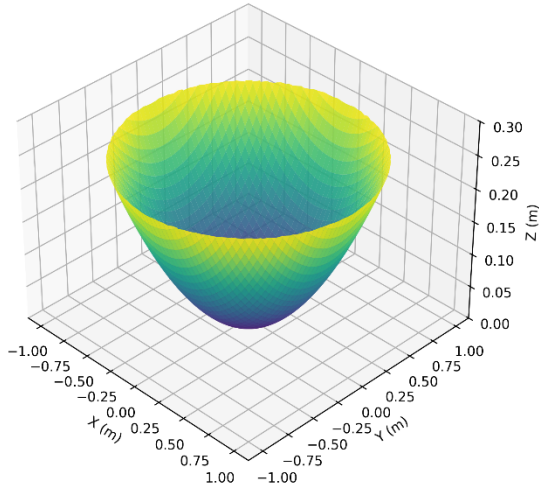
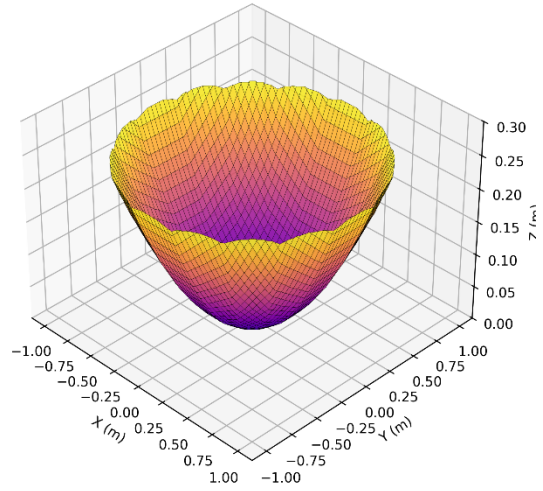
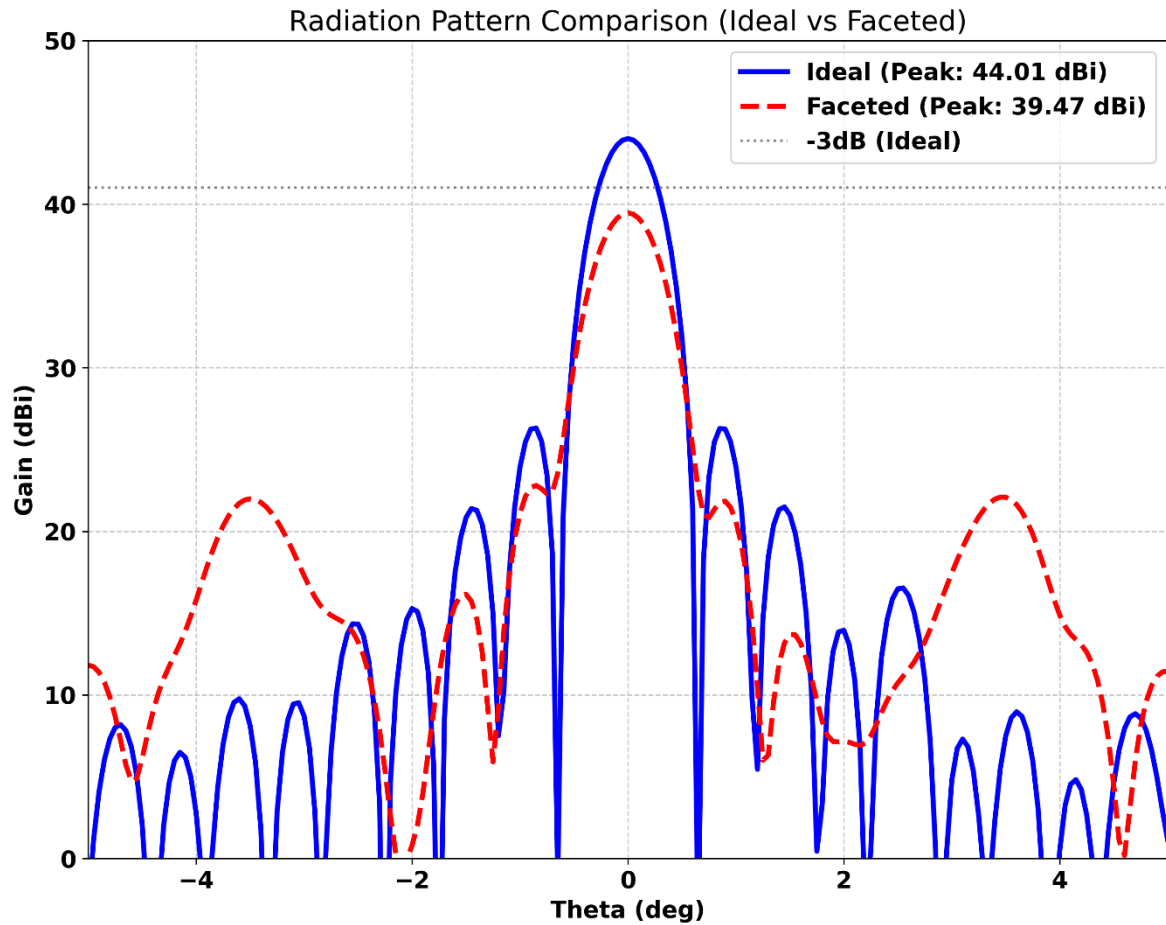


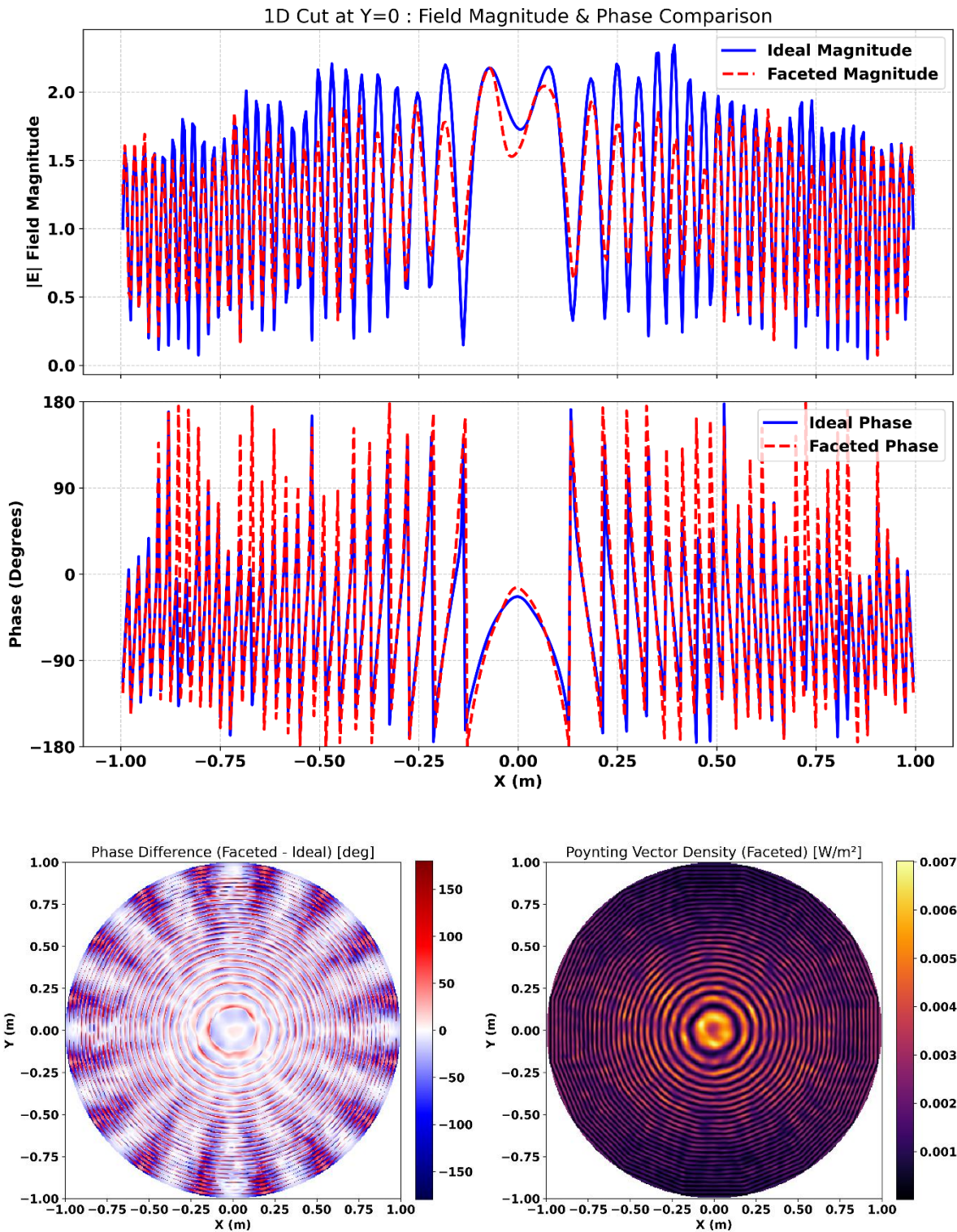
Fig 2: Faceted Reflector (Ribs=16, Radial=8)



이는 Z축의 비율만을 수정하여 차이를 더 쉽게 보기 위해 수정한 이미지이다. 이처럼, Fig. 2의 형상은 실제 위성에 들어가는 안테나처럼 각이 져 있으며, Fig. 1의 이미지는 ideal 한 형태로 매끄러운 표면을 자랑한다.

위 구조를 PINN 을 통해 학습하고, 도출해낸 결과는 다음과 같다.





이는 PINN이 동일한 조건에서 약간의 형상의 차이 만으로 생기는 안테나의 Gain, 위상 차이, 크기 차이를 학습하였음을 시사한다. 더욱 정확한 검증을 위해 앞선 구조와 동일한 구조를 HFSS, GO를 통해 실험하여 동일한 결과가 나오는지 실험하겠다.

방법론적 발전

기존 방식: 내가 원하는 형상 하나에 대해서 만족시키는 모델을 만들자

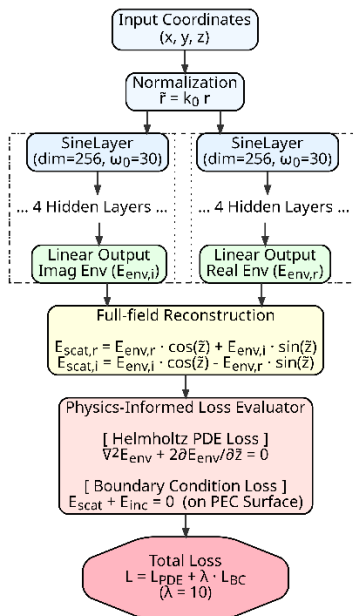
새로운 방식 최종 목표: 어떤 조건이 들어와도 만족하는 실험 공간을 만들자

	기존	현재
모델 아키텍처	Dual Subnet SIREN MLP	Transformer
입력 데이터	좌표	좌표
출력데이터	E	E

1. 모델 아키텍처

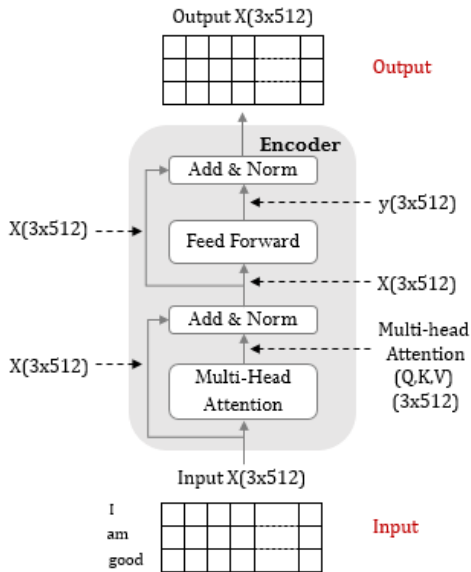
기존 아키텍처

MLP 기반 듀얼 서브넷



- 실수부와 허수부를 구분하여 각 가중치간 간섭 문제를 해결
- SIREN을 도입하여 고주파에 대응
- 나이퀴스트 조건을 만족시키기 위해 Envelop을 적용

새로운 아키텍처



- 트랜스포머의 Q, K, V 를 활용하여 모델 학습
- 서브넷 없는 단일 아키텍처 구조
- 증폭값이 들어가는 SIREN 과는 다르게 푸리에 임베딩을 + ReLU를 활용하여 안정성 확보
- 마찬가지로, 나이퀴스트 원리를 만족시키기 위해 Envelop을 활용

2. 입력 데이터

기존 모델

- 단순한 3차원 좌표값 (x, y, z)
- 이 조건에 대한 E 값이 랜덤으로 초기화 된 가중치와 편향값에 의해 만들어지며, 이 E 값이 경계조건과 지배방정식을 만족시키는 방향으로 학습이 진행된다.

새로운 모델

하나의 형상에 대한 모델

- 물리량 분포, 경계조건을 입력으로 받는다.
- 원하는 하나의 케이스에 대해선 경계조건 E 값을 0으로 하여 학습하면 기존 SIREN 보다 더 적은 비용으로 모델을 학습시킬 수 있다.

어떤 형상이 들어와도 상관없는 모델

- 어떤 안테나다 들어와도 대응 가능한 공간을 만들기 위해서는 다양한 형태의 안테나의 BC와 그 BC의 E 값을 쌍으로 하는 데이터가 필요하다.
- 이를 위해선 다양한 전략이 있으며 실험중에 있다.

3. 출력 데이터

두 모델 마찬가지로 입력된 좌표에 대한 E 값이 실수부, 허수부가 분리되어 출력된다.