##### Project Document

Research Proposal

|  |  |
| --- | --- |
| Project Name | 거대 무선 채널 모델(Large Wireless Model)기반 미래 채널 예측 및 통신 환경 분류 연구 |

0. 조

202002541 이호윤

20

지도교수: 양희철 교수님 (서명)

Document Revision History

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rev# | Date | Affected Section | Author |
| 1 | 2023/03/06 |  | 홍길동 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Table of Contents

목차

[1. 연구 주제 이름 5](#_Toc192519163)

[2. 연구 배경 및 관련 연구 5](#_Toc192519164)

[3. 프로젝트 수행자의 의도 5](#_Toc192519165)

[4. 탐구 내용 및 기대 결과 5](#_Toc192519166)

[5. 프로젝트 관련 학습 계획 6](#_Toc192519167)

[6. 연구 일정 계획 6](#_Toc192519168)

List of Figure

그림 목차 항목을 찾을 수 없습니다.

# 연구 주제 이름

Large Wireless Model 기반 미래 채널 예측 및 통신 환경 분류 연구

# 연구 배경 및 관련 연구

1.연구배경

무선 통신 및 감지 시스템의 발전은 높은 성능 요구 사항을 수반하며, 이러한 시스템은 대형 안테나 배열을 활용하고, 중대역, 밀리미터파, 서브 테라헤르츠(sub-THz) 대역에서 운용되며, 다수의 통신 및 감지 장치를 지원하는 방향으로 진화하고 있다. 또한, 네트워크 인프라의 고밀화와 더불어 개별 무선 통신 시스템 간의 상호작용, 협력 및 통합이 강조되고 있으며, 이에 따라 시스템의 복잡성이 증가하고 있다.

이러한 트렌드를 실현하기 위해서는 고차원 신호처리, 복잡한 최적화 문제, 대량의 무선 오버헤드, 복잡한 네트워크 관리의 과제들을 해결해야한다.

전통적인 통계 모델 및 최적화 기반 접근 방식은 단순화된 모델이나 특정 시나리오에 최적화된 특성에 의존하는 경향이 있으며, 이로 인해 동적 환경에서의 일반화가 어렵다. 예를 들어, 고밀도 소형 셀 네트워크에서는 복잡한 간섭 패턴을 효과적으로 모델링하지 못하거나, 고차원 MIMO 시스템에서 확장성이 낮은 문제점이 존재한다.

이에 따라, 데이터 기반 접근 방식인 딥러닝(Deep Learning)이 무선 통신 및 감지 시스템에서 주목받고 있다. 딥러닝을 활용하면 네트워크 성능 최적화, 자원 할당 및 신호 처리를 보다 효과적으로 수행할 수 있다. 그러나 딥러닝 접근 방식 또한 다음과 같은 한계를 지닌다.

1) 무선 네트워크에서의 데이터 부족, 수집 비용이 많이 들며, 확보하기 어렵다.

2) 합성곱 신경망(CNN)과 순환 신경망(RNN)은 무선 통신 및 감지 작업에서 특정 측면에서 한계를 보인다.

이러한 한계를 극복하기 위해, 무선 통신 및 감지 채널을 위한 대규모 모델인 LVM (Large Wireless Model) 이 연구되고 있다. LVM은 대규모 데이터를 학습하여 무선 통신 시스템에서의 최적화 및 신호 처리 문제를 해결하는 데 활용될 수 있다.

2.관련 연구

A. 자연어 처리(NLP)와 자기 어텐션(Self-Attention) 모델

LVM의 개념을 이해하기 위해서는 자연어 처리(NLP)에서의 자기 어텐션(Self-Attention) 기반 모델과의 유사성을 고려할 필요가 있다. 대표적인 NLP 모델로는 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers)와 GPT(Generative Pre-trained Transformer)가 있으며, 이들은 멀리 떨어진 단어 간의 관계를 학습하여 문맥을 이해할 수 있도록 설계되었다.

예를 들어, 문장 *“The animal didn’t cross the street because it was too tired.”* 에서 *“it”* 이 *“the animal”* 을 가리키는지, 또는 *“the street”* 을 가리키는지를 판단하기 위해, 모델은 자기 어텐션 메커니즘을 사용하여 *“it”* 과 *“the animal”* 사이의 어텐션 점수를 높게 계산한다. 이를 통해 모델은 *“it”* 이 *“the animal”* 을 의미한다고 올바르게 해석할 수 있다.

B. 컴퓨터 비전에서의 트랜스포머 모델 (ViTs, Vision Tranformers)

컴퓨터 비전 분야에서도 트랜스포머 기반 모델이 널리 연구되고 있으며, 대표적인 예시로 ViT (Vision Transformer) 가 있다. ViT는 이미지를 고정된 크기의 작은 패치(patch)들로 분할한 후, 각 패치를 선형 임베딩(linear embedding)하여 토큰처럼 변환하고, 이를 트랜스포머 구조로 학습하는 방식이다.

이러한 접근 방식은 기존 CNN 기반 모델보다 전역적(global) 문맥을 효과적으로 학습할 수 있도록 한다. 예를 들어, 숲속에서 일부 동물이 나무에 가려져 있을 경우, CNN 모델은 국소적인 수용 영역(receptive field)의 한계로 인해 나뉘어진 동물의 부분들을 효과적으로 연결하기 어려울 수 있다. 반면, ViT는 패치 간 어텐션 계산을 통해 서로 멀리 떨어진 영역을 연관 지을 수 있으며, 이를 통해 전체적인 문맥을 보다 정확하게 인식할 수 있다.

참고] 기존 연구를 바탕으로 연구 배경을 정리 (아래 표 참조)

‣ 관련 논문을 (3편 이상) 바탕으로 정리

‣ 기존 연구의 한계를 분석하여 연구 필요성을 강조

# 프로젝트 수행자의 의도

최근 무선 통신 및 감지 시스템은 급격한 기술적 발전을 이루고 있지만, 이에 따른 고차원 신호처리, 복잡한 최적화 문제, 대량의 무선 오버헤드, 복잡한 네트워크 관리 등의 한계가 존재한다. 기존의 전통적인 통계 모델 및 최적화 기반 접근 방식은 이러한 복잡성을 효과적으로 처리하지 못하며, 기존 딥러닝 접근법 또한 데이터 부족 및 구조적 제약으로 인해 실질적인 해결책을 제시하는 데 한계를 가진다.

이러한 문제를 해결하기 위해 대규모 무선 통신 모델(Large Wireless Model, LWM)을 연구하고, 이를 무선 네트워크 최적화 및 신호 처리 문제에 적응하는 것을 목표로 한다. 특히, 자연어 처리(NLP)에서 사용되는 자기 어텐션(Self-Attention) 모델과 컴퓨터 비전에서 활용되는 트랜스포머 기반 모델(Vit)의 개념을 적용하여, 무선 네트워크에서 발생하는 대규모 데이터의 패턴을 효과적으로 학습하고 활용할 수 있도록 하는 것이 연구의 핵심 방향이다.

# 탐구 내용 및 기대 결과

F1-score를 기준으로 원시 채널 대비 LVM 임베딩이 얼마나 적은 데이터로도 높은 성능을 유지할 수 있는지 평가하고, LVM 임베딩이 원시 채널보다 국소적(local) 및 전역적(global) 패턴을 더 효과적으로 포착하는지 분석하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 다양한 후속 작업(downstream tasks)에 LWM 임베딩을 적용하여 성능을 비교하고, LWM의 데이터 효율성과 일반화 성능을 검증한다.

또한, 사전 훈련된 LWM이 미사용된 데이터에서도 원시 채널 대비 높은 성능을 유지하는지 확인하고, 실험 결과를 통해 원시 채널보다 데이터 전송 오버헤드를 줄이며, 실시간 적용 가능성을 입증하는 것을 기대한다.

참고]

‣ 프로젝트 기간 동안 문제 해결을 위해 무엇을 시도해보고 싶은가?

‣ 기대하는 결과물은 무엇인가? (학술대회)

‣ 정량적/정성적 달성 지표는 무엇인가?

# 프로젝트 관련 학습 계획

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 학습할 내용 | 기간 | 역할 분담 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

# 연구 일정 계획

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 조사할 내용 | 기간 | 역할 분담 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Related Work Summary Table**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 번호 | 연구 제목(저자) | 저널/컨퍼런스(연도) | 주요 내용 요약 | 주요 인사이트 |
| 1 | 논문1… |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |