거대 무선 채널 기반 미래 채널 예측 및 통신 환경 분류 연구

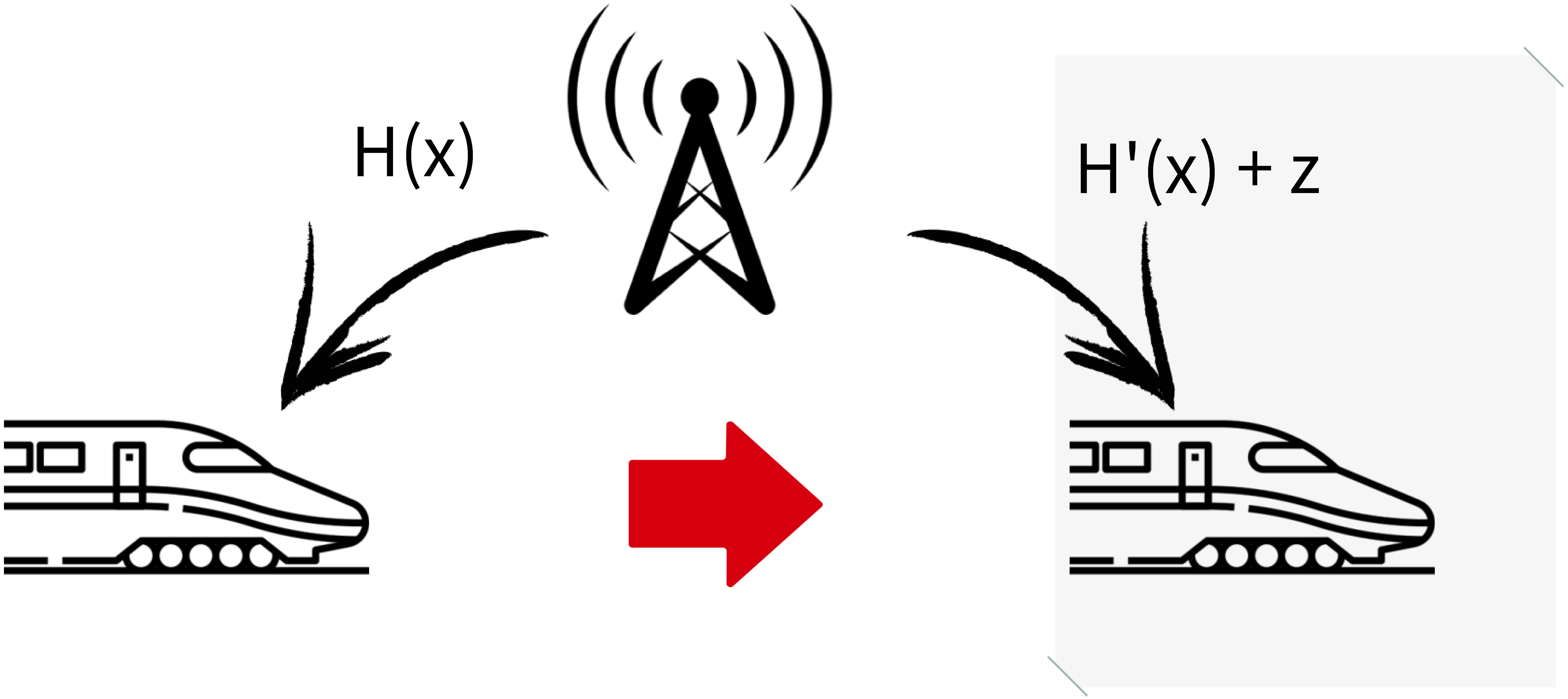
지도교수님 | 양희철 교수님

컴퓨터융합학부 | 이호윤 | 202002541

인공지능학과 | 김가현 | 202202469

03조

01 동적 시나리오에서의 통신 예측

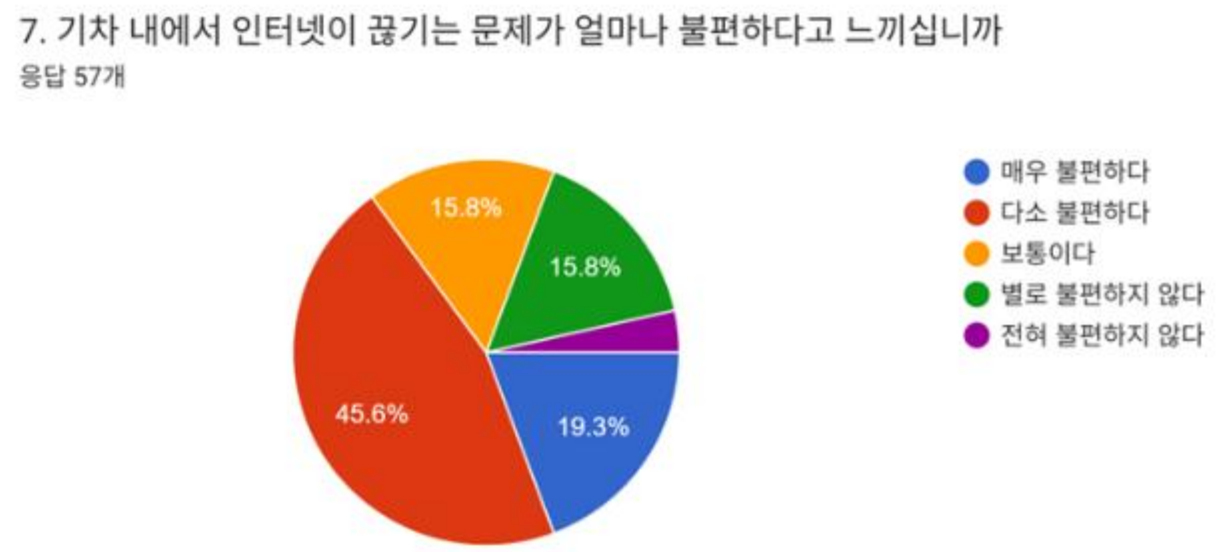


02 설문조사

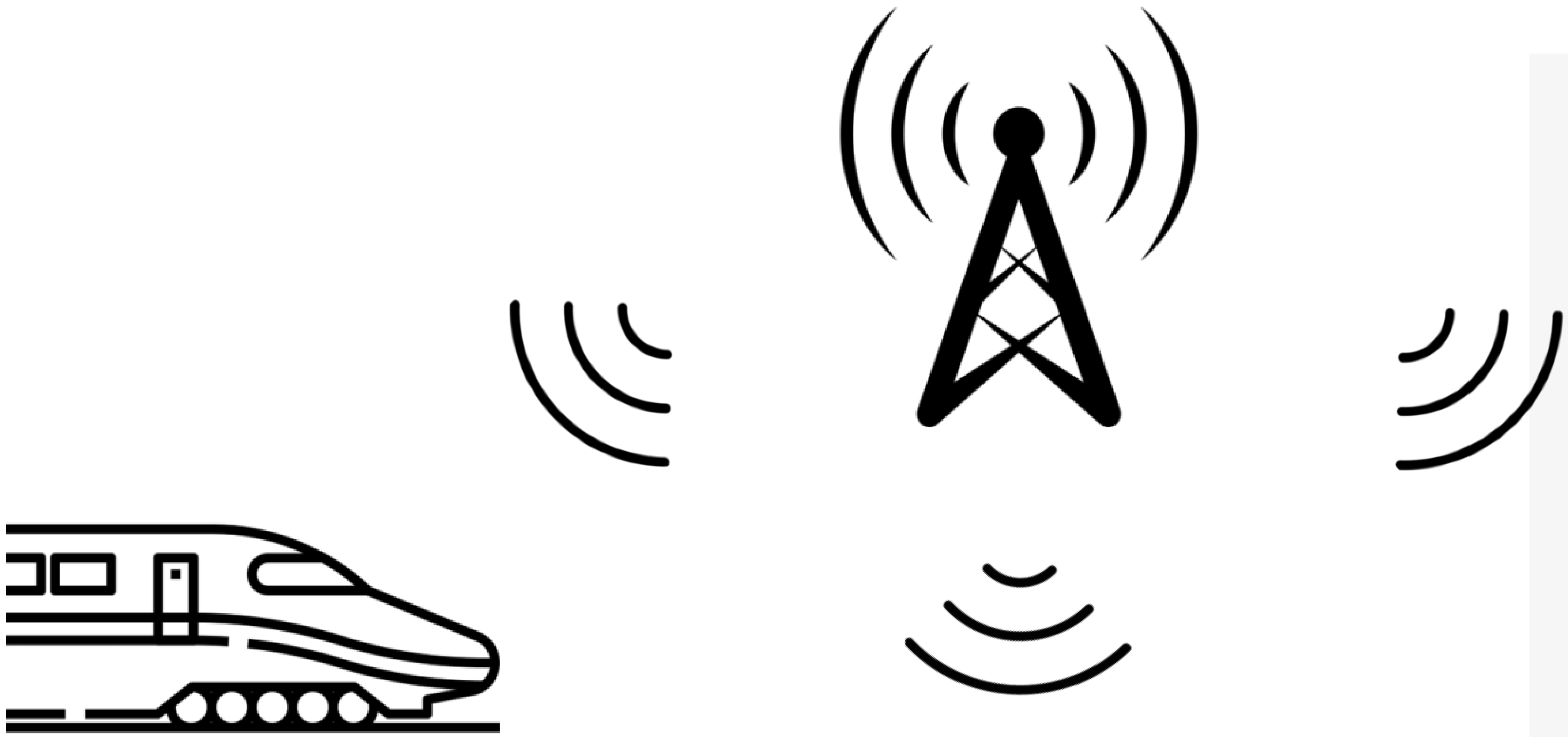
표본 : 57명

기차에서 인터넷 끊김 경험: 72%

기차에서 인터넷 끊김 불편함: 65%



03 기차의 인터넷이 끊기는 이유

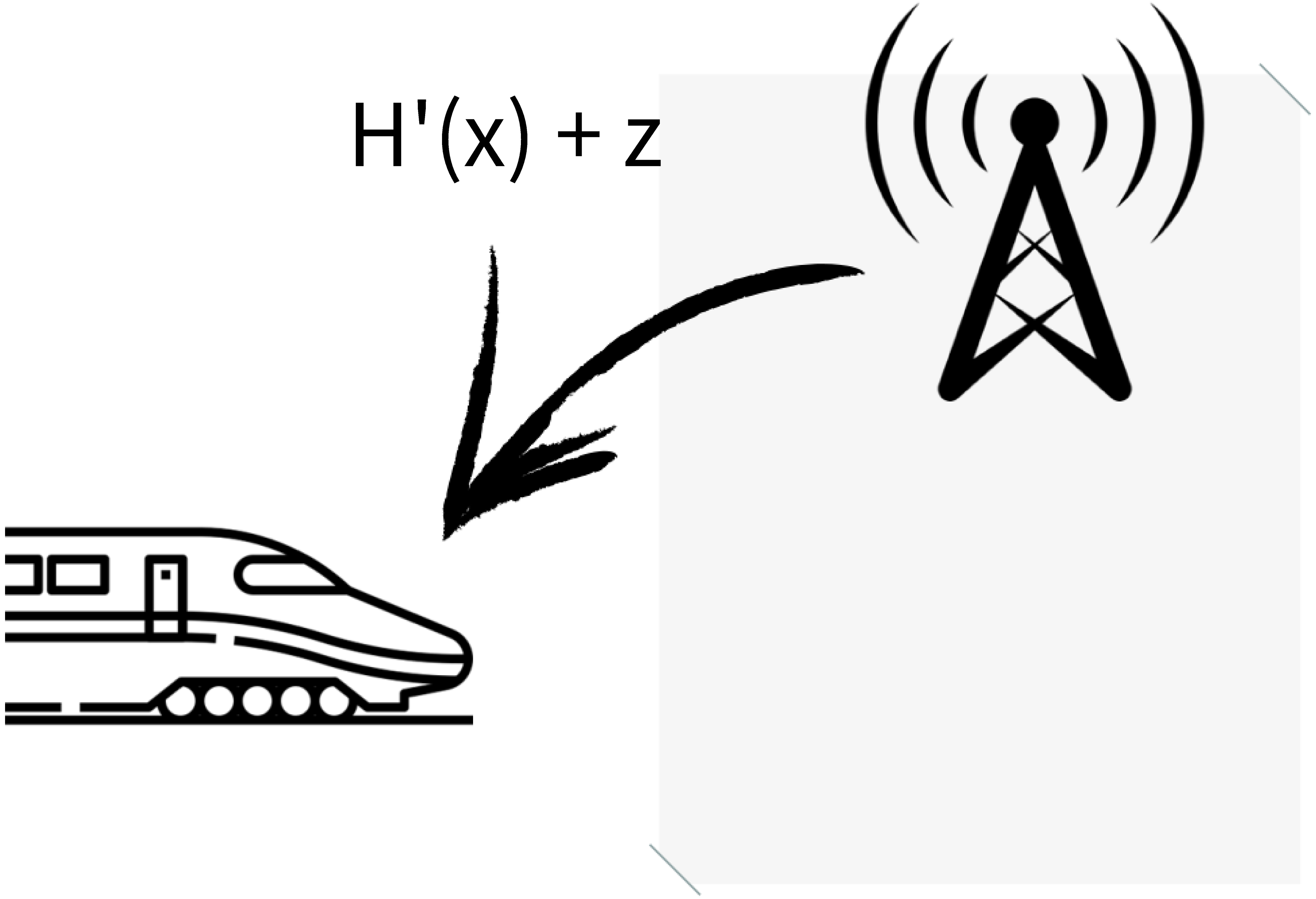


04

기차의 인터넷 성능 향상을 위한 LWM 적용

1.빔포밍 예측

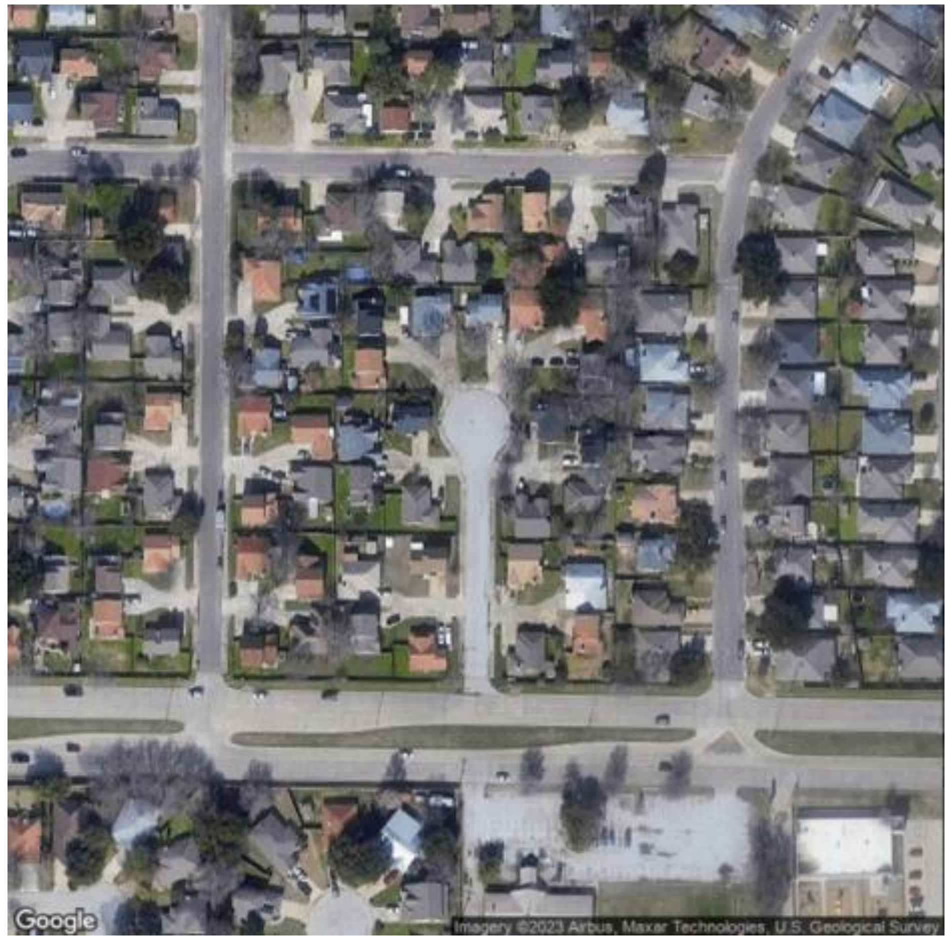
2. LoS/NLoS 분류



05

빔 포밍이란?

빔포밍(BeamForming): 기지국의 전파를 특정방향으로 집중시켜 보내는 기술



Fort Worth 위성사진

Fort Worth 모델링 사진

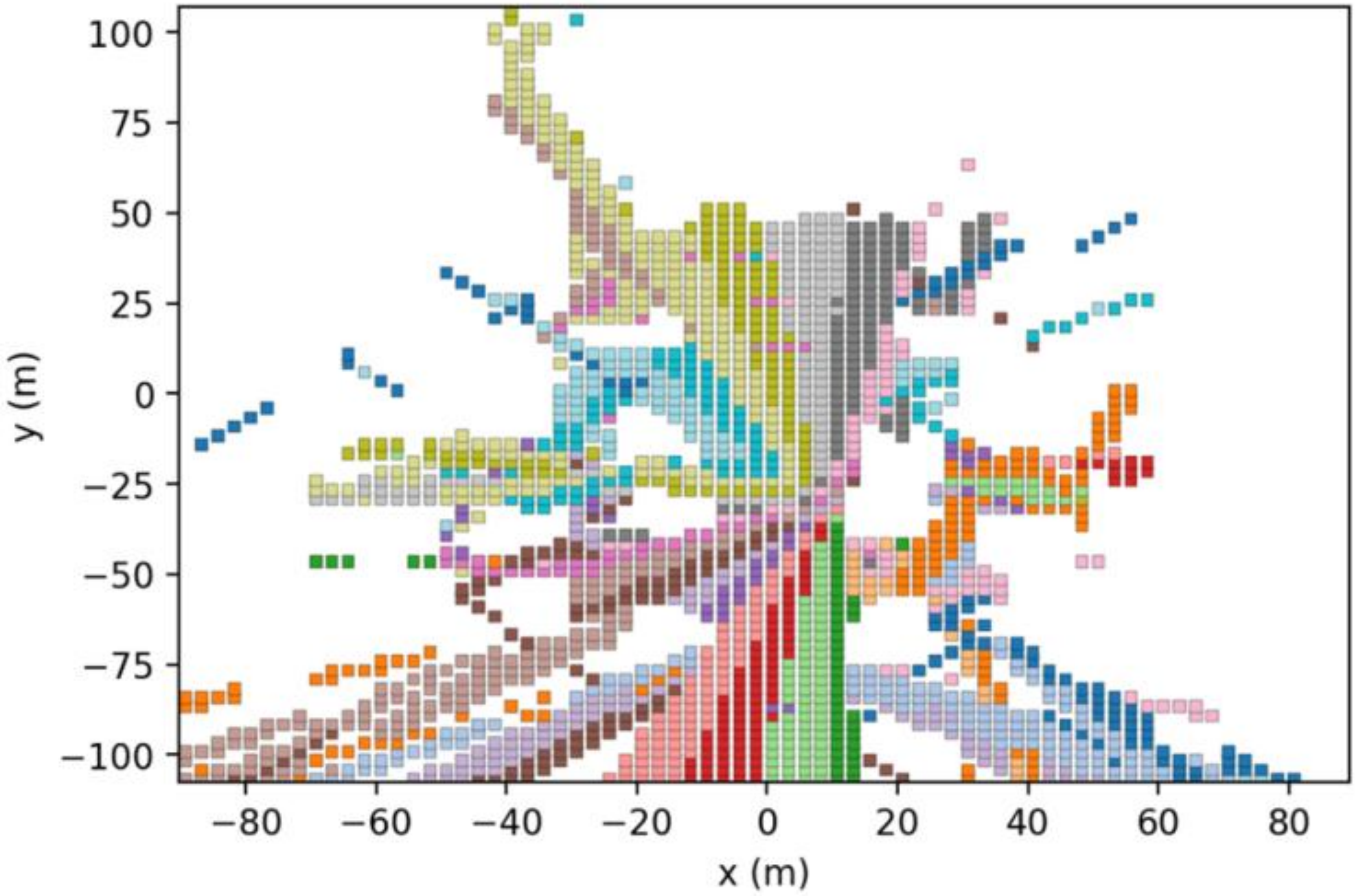
06

빔 포밍 예측

빔포밍(BeamForming): 기지국의 전파를 특정방향으로 집중시켜 보내는 기술

기지국: BS1
채널 수: 64

기대효과: 빔포밍 예측을 통해
사용자의 위치 변화에 따라
최적의 전파 방향을 미리 결정함으로써
더 빠르고 안정적인 무선 통신이 가능해집니다.



Fort Worth 빔 예측

07 LoS/NLoS 분류

LoS(Line of Site)

직선 경로로 신호 전달

NLoS(None Line of Site)

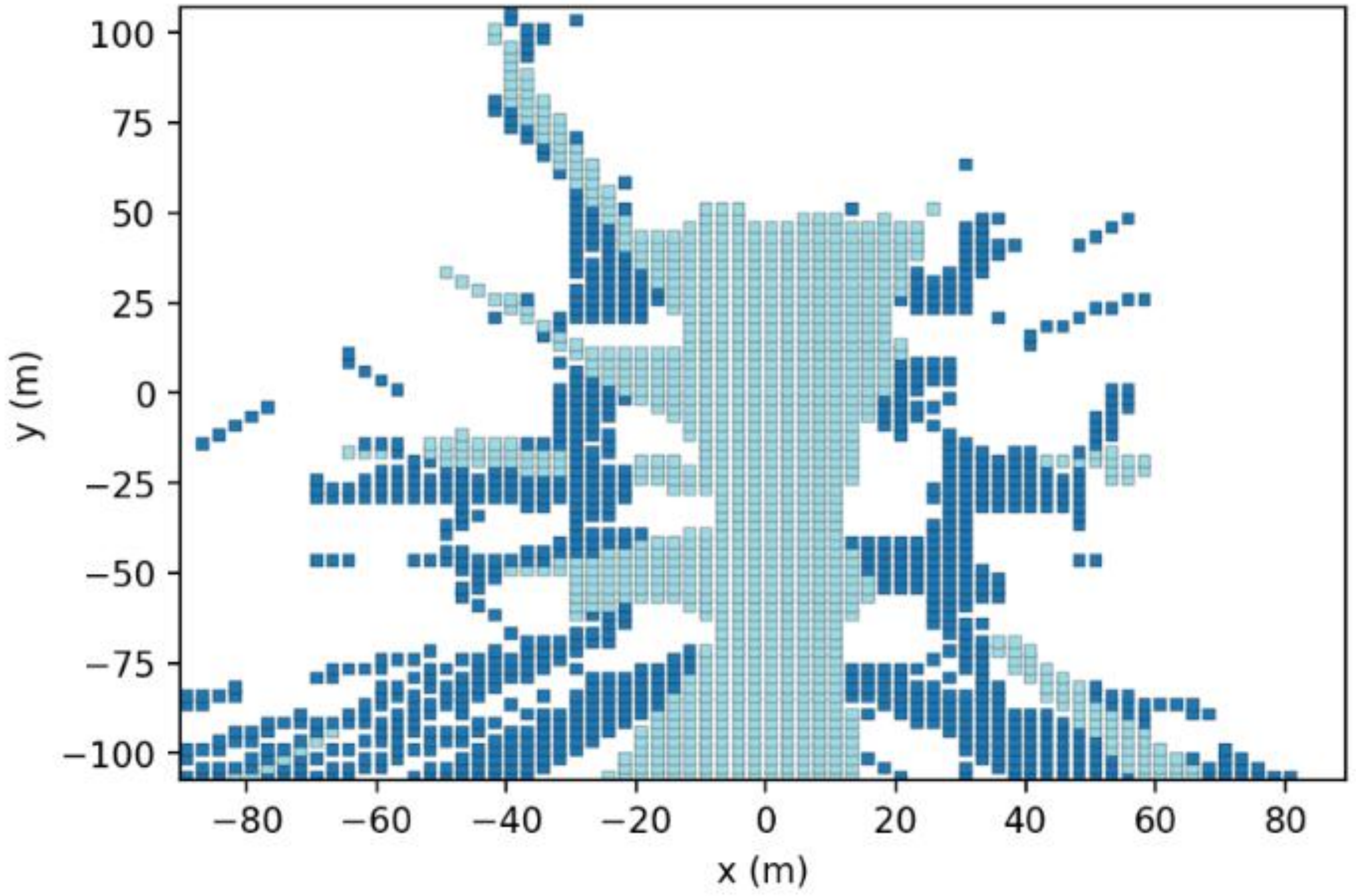
신호가 건물 벽 등에 반사되어 전달

08

LoS/NLoS 분류 예측

기지국: BS1
채널 수: 64

기대효과: LoS와 NLoS를 구분하면,
환경에 맞는 통신 전략을 적용할 수 있어
신호 품질 향상, 예측 정확도 증가,
자원 효율 최적화에 도움이 됩니다.



Fort Worth LoS/NLoS

09

다른 분석방법

Transfer Learning and Meta Learning-Based Fast Downlink Beamforming Adaptation

Yi Yuan, Gan Zheng, *Senior Member, IEEE*, Kai-Kit Wong, *Fellow, IEEE*, Björn Ottersten, *Fellow, IEEE*, and Zhi-Quan Luo, *Fellow, IEEE*

Accurate Channel Prediction Based on Transformer: Making Mobility Negligible

Hao Jiang, *Student Member, IEEE*, Mingyao Cui, *Student Member, IEEE*, Derrick Wing Kwan Ng, *Fellow, IEEE*, and Linglong Dai, *Fellow, IEEE*

Real-Time Massive MIMO Channel Prediction: A Combination of Deep Learning and NeuralProphet

M. Karam Shehzad[1, 2], Luca Rose[1], M. Furqan Azam[3], and Mohamad Assaad[2]

[1]Nokia Bell-Labs, France.
[2]Laboratoire des Signaux et Systèmes, CentraleSupelec, CNRS, University of Paris-Saclay, France.
[3]Flemish Institute for Technological Research (VITO), 2400 Mol, Belgium.
{muhammad.shehzad, luca.rose}@nokia.com, muhammadfurqan.azam@vito.be, mohamad.assaad@centralesupelec.fr

arXiv:2208.05607v1 [eess.SP] 11 Aug 2022

10 다른 분석방법

단점 요약	
CNN	대규모 데이터셋 필요, 해석 어려움
RNN	학습 시간 오래걸림, 그레디언트 소실 문제
Attention	다른 환경 일반화 어려움
Transfer learning	도메인 불일치 위험, 튜닝 어려움
Meta-learning	망각문제, 튜닝 어려움

TABLE I: Features of channel prediction approaches depending on prediction types.

Ref.	Prediction type	Method	Architecture	Advantages	Limitations
[3]	Temporal channel prediction	Model-based	AR model and Kalman filtering	✓ Simple and efficient implementation ✓ Strong theoretical foundation	✓ Limited to linear dynamic systems ✓ Performance heavily depends on initial state and covariance estimates
[13]			Parametric channel prediction	✓ High accuracy when fit model ✓ Model-based approach considers physical channel properties	✓ Complexity in parameter estimation ✓ High dependency on environmental knowledge
-			Deterministic channel model	✓ High accuracy ✓ Site-specific including geometry	✓ Not suitable for real-time applications ✓ Limited generalization to unseen environments
[5]		ML-based	MLP	✓ Enable complex nonlinear relationships ✓ Adaptive to various conditions	✓ Dependent on large datasets ✓ Careful selection of hyper-parameters
[6]			CNN	✓ Spatial feature recognition ✓ Automatic feature extraction	✓ Dependent on large datasets ✓ Difficult to interpret
[7]			RNN	✓ Temporal dependency modeling ✓ Variable sequence length handling	✓ Gradient vanishing problem ✓ Learning time and resources
[8]			Attention	✓ Focus on important information ✓ Learns long-range dependencies	✓ Increased resource consumption ✓ Generalization issue
[9]	Environmental adaptation	ML-based	Transfer learning	✓ Efficient pre-trained model utilization ✓ Reduced learning time	✓ Risk of domain mismatch ✓ Difficulty in parameter tuning
[10]			Meta-learning	✓ Quick domain adaptation ✓ Improved generalization	✓ Catastrophic forgetting ✓ Difficulty in parameter tuning
[11]			Data augmentation	✓ Increased data diversity ✓ Reduced labeling costs	✓ Physical consistency issue ✓ Domain discrepancy
-			Environmental feature-aware NN	✓ High adaptability ✓ Efficient integration of data	✓ Incorrect feature selection ✓ Require large datasets

TABLE II: Practical guidance and model selection.

Practical guidance	Simple and predictable environment	Complex and non-linear environment	Sequential or time-series data	Require quick adaptation	Lack of sufficient data
Model selection	Model-based methods	MLP, CNN, or Environmental feature-aware NN	RNN or Attention mechanism	Transfer learning or Meta-learning	Data augmentation

Machine Learning for Future Wireless
Communications: Channel Prediction Perspectives
Hwanjin Kim, Member,

왜 LWM을 사용해야 할까?

POINT. 01

한정된 데이터로도 좋은 성능

자기지도 학습으로 대규모 데이터 사전학습
기존 CNN/RNN 보다 학습 데이터 의존도 낮음

POINT. 02

노이즈와 불완전한 채널에 대한 강건성

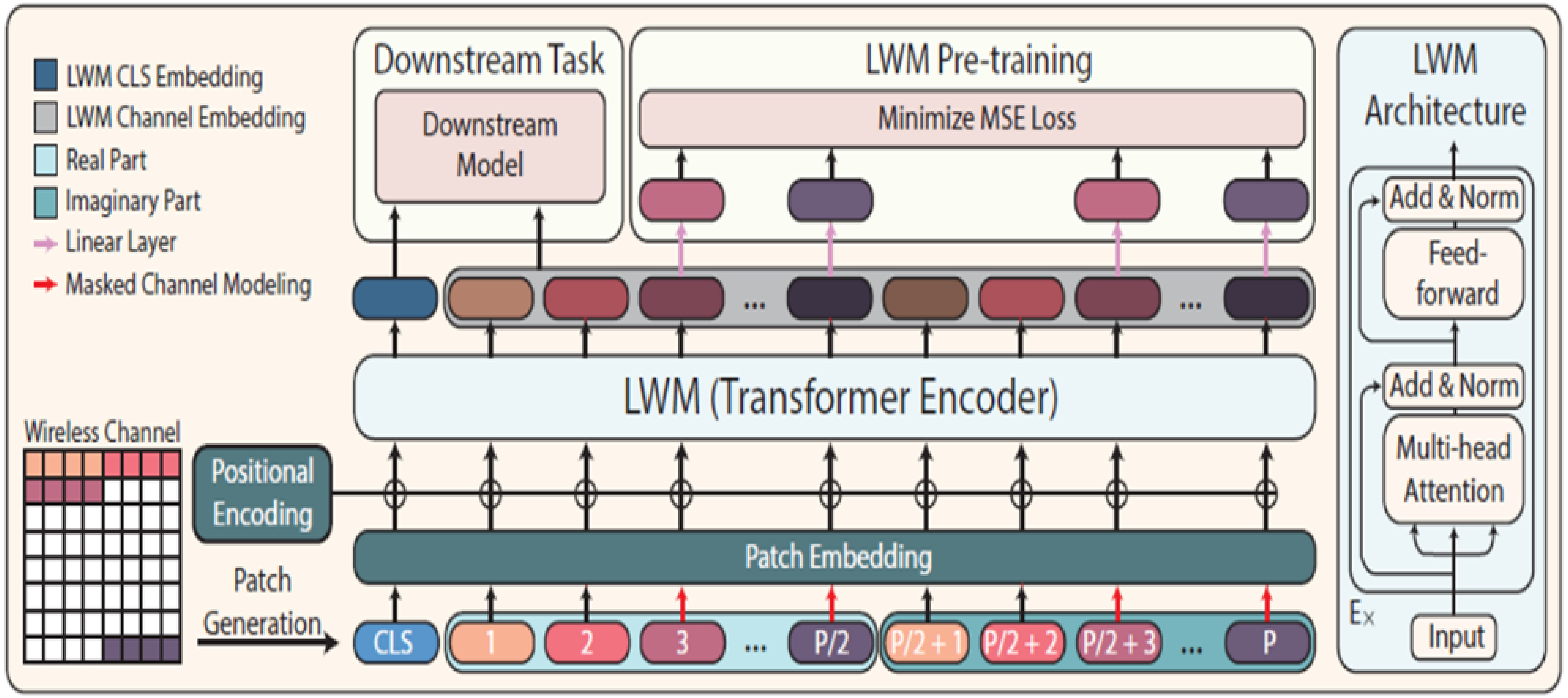
MCM(Masked Channel Modeling)방식으로 학습
자기어텐션을 활용해 주변 패치 정보 바탕으로 복원가능
실제 채널에 노이즈, 손실이 있어도 맥락적으로 정확히 추론

POINT. 03

범용성과 다양한 다운스트림 작업지원

하나의 모델로, 빔 예측, LoS/NLoS 분류 등
다양한 무선 통신 과제 적용 가능
패치 임베딩, CLS 임베딩을 통해 전역/국소 정보 모두 제공

LWM architecture



입력: 무선 채널 데이터를 패치로 분할 후 임베딩 + 위치 인코딩 적용
Patch Embedding은 허수 패치와 실수 패치로 임베딩한다.
마스킹된 채널 복원을 통해 MSE Loss 최소화
다운 스트림 작업에 적용 (빔 예측, Los/NLos 등)

13 앞으로의 작업

이름	수정한 날짜	유형	크기
O2_dyn_3p5.1.CIR.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.1.CIR.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,366KB
O2_dyn_3p5.1.DoA.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.1.DoA.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,026KB
O2_dyn_3p5.1.DoD.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.1.DoD.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,040KB
O2_dyn_3p5.1.LoS.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.1.LoS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	4KB
O2_dyn_3p5.1.PL.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.1.PL.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	626KB
O2_dyn_3p5.2.CIR.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.2.CIR.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,436KB
O2_dyn_3p5.2.DoA.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.2.DoA.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,067KB
O2_dyn_3p5.2.DoD.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.2.DoD.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	3,064KB
O2_dyn_3p5.2.LoS.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.2.LoS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	5KB
O2_dyn_3p5.2.PL.BSBS.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.2.PL.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	653KB
O2_dyn_3p5.BSBS.params.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.BSBS.RX_Loc.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB
O2_dyn_3p5.BSBS.TX_Loc.mat	2025-03-24 오후 6:20	MAT 파일	1KB

앞으로는 DeepMIMO의 동적 시나리오 데이터를 활용하여
빔포밍 정확도를 향상시키고 LoS/NLoS 여부를 고려한 성능 개선을
목표로 할 예정입니다.

14

기차 통신을 위해 추가적으로 고려할 사항

POINT. 01

고속 이동 중 무선 통신 예측 어려움

고속열차와 같은 빠른 이동 시나리오에서의
무선 통신 품질 예측이 어려워,
핸드오버 실패나 통신 끊김 등의 문제가 발생할 수 있음

POINT. 02

기차 내 와이파이 VS 모바일 데이터 사용 고려

사용자가 기차 내에서 와이파이를 사용할지, 혹은
모바일 데이터를 사용할지를 고려하여
최적의 연결 방식 설계가 필요함

POINT. 03

터널 구간에서의 통신 품질 저하

터널 내부에서는 인터넷 연결이 끊기거나 지연되는 문제가
자주 발생하므로, 이에 대한 대응 기술 및 백업
연결 방안이 요구됨

감사합니다.