

# RSSI 한계 극복방안 제시를 위한 위상 변화 데이터 분석

고서영, 손봉기\*, 이재호

덕성여자대학교, 서원대학교\*

20210808@duksung.ac.kr, \*bksohn@seowon.ac.kr, izeho@duksung.ac.kr

## Analysis of Phase Drift Data for Overcoming RSSI Limitations

Seo Young Koh, Bong-Ki Son\*, Jaeho Lee

DuksungWomen's Univ., Seowon Univ.\*

### 요약

본 논문은 RSSI 데이터의 한계를 극복하고자, 위상 변화(Phase Drift) 데이터를 활용하여 무선 통신 시스템에서의 AoA(Angle of Arrival) 추정 방법을 제시한다. RSSI 기반의 Angle Classification은 GAF(Gramian Angular Field) 변환과 CNN(Convolutional Neural Network)을 이용해 시도하였으나, 환경적 요인에 의한 RSSI 데이터의 변동성으로 인해 실제 각도를 정확하게 분류하는 데 한계가 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 본 연구에서는 다양한 각도에서 수집된 Phase Drift 데이터를 분석하였다. Phase Drift 데이터는 신호의 발신 방향에 따라 변화하는 위상 변화를 측정하는 방법을 통해, 각도별로 구분되는 명확한 위상 변화 패턴을 식별하였다. 이 연구는 Phase Drift를 활용한 AoA 추정에 대한 사전 분석이 무선 통신 시스템에서 AoA를 추정하는 데 유효한 대안이 될 수 있음을 보여준다.

### I. 서론

무선 통신은 현대 사회에서 데이터 통신, 위치 추적, 센싱 등 다양한 용을 가능하게 한다. 무선 통신 시스템에서는 신호의 강도와 방향을 정확하게 측정하여 데이터를 효과적으로 전송하고, 통신 환경을 최적화하는 것이 필수적이다. 이를 위해 일반적으로 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 및 AoA (Angle of Arrival)와 같은 신호 특성을 활용한다.

RSSI는 수신된 신호의 강도를 나타내는 지표로 널리 사용되며, 거리 추정에 유용하다. 그러나 RSSI는 신호의 강도만을 제공하고, 신호가 수신되는 방향에 대한 정보는 제공하지 않는다. 이는 RSSI만으로는 신호의 발신 방향을 정확하게 추정하기 어렵다는 한계를 가진다. 반면, AoA는 수신된 신호의 발신 방향을 측정하는 데 사용되며, 무선 통신 시스템에서 위치 추적 및 방향 결정에 중요한 역할을 한다.

RSSI 값을 이용해 직접적으로 AoA를 측정하는 것은 어렵다. RSSI 값이 거리에 따라 변화하며, 물체의 투과성, 다중 경로 페이딩 등의 요소에 따라 변동하기 때문이다. 따라서 AoA를 측정하기 위해서는 일반적으로 다중 안테나 배열을 사용하여 수신된 신호의 위상 차이를 측정하거나, 초음파 센서를 사용하여 음파의 도착 시간을 비교함으로써 AoA를 추정하는 다른 방법이 사용된다.

본 논문에서는 이러한 기존 방법의 한계를 극복하기 위해 RSSI 값 대신 위상 변화(Phase Drift) 데이터를 여러 방면에서 분석하여 AoA 추정을 위한 사전 분석을 진행하였다.

### II. 본론

#### 1. RSSI 기반 Angle Classification의 실험적 접근과 한계

본 연구에서는 RSSI 시계열 데이터를 Gramian Angular Field (GAF)로 변환하여 Convolutional Neural Network (CNN)을 이용한 Angle Classification을 시도하였다. 이 과정에서 RSSI 1과 RSSI 2의 데이터를 합친 후, Min-Max scaling을 통해 데이터를 정규화하여 모든 값이 0과

1 사이에 위치하도록 조정하였다. 스케일링 된 데이터는 시계열의 길이를 고려하여 100개의 타임스텝으로 분할했다. GAF 변환은 시계열 데이터의 각 지점을 극좌표로 매핑한 후, 각도 정보를 이용해 시계열의 상호작용을 이미지로 표현하는 기법이다[1]. 이 방법은 시계열 데이터의 패턴을 시각적으로 분석하기 유용하며, 특히 주기성이나 반복 패턴을 가진 데이터에 적합하다. 그러나 장애물에 의한 신호 반사와 굴절 등 복잡한 실내 환경 요인에 크게 영향을 받는 RSSI의 한계를 해결하지는 못한다. 따라서 GAF로 변환된 이미지도 이러한 환경적 변화를 반영하여, 실제 Angle과는 다른 패턴을 나타낼 수 있다. 이는 곧, 모델이 실제 각도를 학습하는 것이 아니라, 특정 환경에서의 RSSI 변동을 학습할 가능성이 높음을 의미한다.

GAF images at angle 0

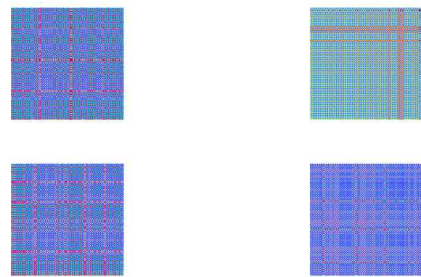


Figure 1. RSSI 1, RSSI 2 시계열 데이터 GAF 변환 예시

실험에서는 Train 정확도는 96%, Test 정확도는 94%를 달성했음에도 불구하고, 실제 Angle을 정확하게 분류한다는 신뢰성 있는 증거로 보기 어렵다. 실험적 설정이나 데이터셋의 특정 패턴에 과적합되었을 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. RSSI 데이터만으로는 거리와 다른 환경 요인에 따른 신호 강도의 변화를 감별하기 어렵고, CNN 모델이 Angle Classification에 필요한 일반화된 특징을 학습하기에는 부적합하다는 것을 나타낸다.

## 2. AoA추정을 위한 위상변화데이터 분석

본 연구에서는 RSSI 데이터의 한계를 극복하고자 각도별로 신호의 세기가 어떻게 달라지는지 관찰하기 위해 Phase Drift 데이터를 분석하였다. Phase Drift는 신호의 발신 방향에 따라 변화하는 위상 변화를 측정함으로써 발신 방향을 더 정확하게 파악할 수 있는 방법을 제공한다. Figure 2는 다양한 각도에서 수집된 pa1과 pa2의 값이 표현 되어 있으며, 이는 각각의 각도에서 발생하는 명확한 위상 변화 패턴을 보여준다. 본 연구에서는 pa1과 pa2라는 두 개의 위상 측정 데이터를 분석하였으며, 이상치를 식별하고 제거하는 과정을 통해 데이터의 정확성을 높였다. 이 과정은 Figure3와 Figure4에 상세히 설명되어 있다.

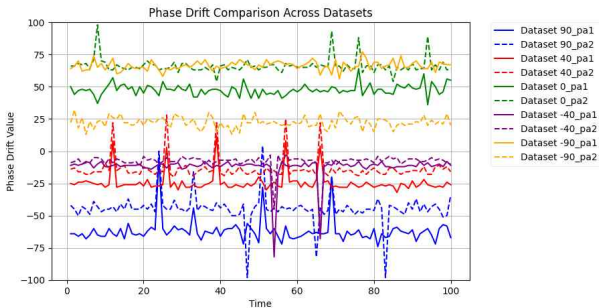


Figure2. 각도별 pa1, pa2 값 비교 그래프

이상치 분석은 z-score를 활용하여 수행되었다. z-score는 데이터 포인트가 평균에서 얼마나 떨어져 있는지를 표준편차의 단위로 나타내는 값으로, 얼마나 비정상적인지를 수치적으로 평가할 수 있다. z-score의 절대값이 특정 임계값보다 크면 그 데이터 포인트는 이상치로 간주하였다. 이상치 분석 결과, pa1과 pa2에서 발생하는 이상치가 유사한 시간대에 집중적으로 나타나는 것을 확인하였다. 이는 두 측정치가 유사한 환경적, 기술적 영향을 받고 있음을 시사한다. 이상치를 제거한 후의 Phase Drift 데이터는 각도별로 더 명확한 위상 변화 패턴을 보여주었다.

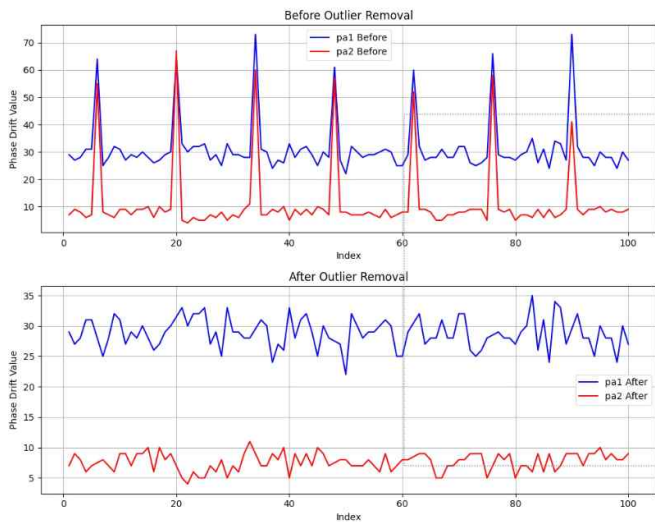


Figure3. 이상치 제거 전과 이상치 제거 후 그래프

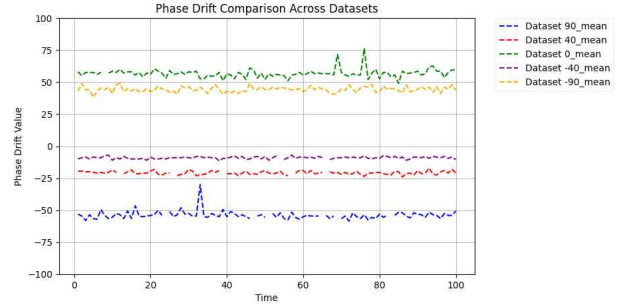


Figure4. 이상치 제거 후 각도별 pa1, pa2의 평균 값 비교 그래프

## III. 결론

본 논문에서는 RSSI를 활용한 AoA 측정의 한계를 극복하고자 Phase Drift를 활용한 AoA 추정 방법을 탐구하였다. RSSI 기반 Angle Classification 접근법은 GAF 변환과 CNN을 이용하여 시도되었으나, RSSI 데이터의 기본적인 한계로 인해 높은 정확도에도 불구하고 실제 환경에서의 신뢰성을 확보하기 어려웠다. 반면, Phase Drift는 신호의 방향에 따라 변화하는 특성을 가지고 있어 AoA 추정에 더 적합하다는 것을 확인할 수 있다. Phase Drift를 통해 다양한 각도에서의 패턴을 분석하였고, 각각의 각도에서 나타나는 위상의 변화가 AoA 추정에 유의미한 정보를 제공함을 식별하였다.

이러한 결과는 Phase Drift가 무선 통신 시스템에서 AoA를 추정하는데 유효한 대안이 될 수 있음을 보여준다. 추후 연구에서는 Phase Drift의 활용 범위를 넓혀 다양한 통신 환경에서의 AoA 추정 정확성을 더욱 향상시킬 수 있는 방법론을 개발하는 것이 필요할 것이다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 받아 수행된 연구임(과제번호- 2022R1A2C1009951).

## 참고 문헌

- [1] Garcia, Gabriel Rodriguez, et al. "Time series to images: Monitoring the condition of industrial assets with deep learning image processing algorithms." arXiv preprint arXiv:2005.07031 (2020).