

# ATSC 3.0 시스템에서 DFT 기반 채널 추정 시 잡음 제거를 위한 적응형 Windowing 기법에 대한 연구

고영빈 / 국립한국해양대학교 Communication System and Signal Processing Lab.

무선 통신 시스템에서 신호는 송신 안테나로부터 송신되어 채널을 거쳐 수신 안테나로 수신된다. 송신 신호는 경로 손실 (path loss), 반사 (reflection), 굴절 (refraction) 그리고 지연 확산 (delay spread) 등 페이딩 (fading)에 의해 변형이 발생한다. 송수신기 간 신뢰성 있는 통신을 위해 채널 추정이 정확히 이루어져야 하며, 송수신기 모두 알고 있는 신호인 파일럿 (pilot)을 통해 채널 추정을 수행할 수 있다. 특히 ATSC (advanced television system committee) 3.0 등 여러 무선 통신 시스템은 시간-주파수 영역에 일정한 간격으로 파일럿을 삽입하는 분산 파일럿 (scattered pilot: SP)을 통해 채널 추정을 수행한다. 분산 파일럿을 사용하는 통신 시스템은 송신 파일럿 신호와 수신 파일럿 신호를 통해 채널 이득을 계산하는 최소 자승법 (least square: LS) 기반 채널 추정을 사용할 수 있다. 하지만 최소 자승법 기반 채널 추정은 파일럿 신호에 대해서만 채널 이득을 추정하기 때문에 보간 (interpolation)을 통해 데이터의 채널 이득을 추정한다.

보간 기법 중 인접 파일럿의 채널 이득을 선형적으로 계산하여 데이터의 채널 이득을 추정하는 선형 보간은 계산

복잡도가 낮다는 장점이 있다. 하지만 파일럿의 채널 이득은 가산 백색 가우시안 잡음 (additive white Gaussian noise: AWGN)의 영향으로 실제 채널 이득과 오차가 존재하며, 선형 보간을 통해 추정한 데이터의 채널 이득도 실제 채널 이득과 오차가 존재할 수 있다. 따라서 채널 추정 오차를 줄이기 위해 DFT (discrete Fourier transform) 기반 채널 추정을 사용할 수 있다. DFT 기반 채널 추정은 파일럿의 채널 이득을 IDFT (inverse discrete Fourier transform) 수행하여 채널 임펄스 응답 (channel impulse response: CIR)을 얻은 후, 잡음에 의한 성분을 제거하고 DFT를 통해 채널 주파수 응답 (channel frequency response: CFR)을 추정함으로써 수행된다.

DFT 기반 채널 추정 성능은 채널 임펄스 응답에서 잡음에 의한 성분을 얼마나 제거하는지에 따라 달라진다. DFT 기반 채널 추정 성능 향상을 위해 고정된 window 설정 기법, 임계값 실험 기법, 최대점 선택 기법, 임계값 기반 window 설정 기법 등 많은 연구가 수행되었다. 그러나 해당 기법들은 잡음에 의한 성분을 제거하기 위해 고정된 값의 파라미터를 사용하기 때문에 채널이 급격히 변화하는

환경에서 성능이 크게 열화될 수 있다.

본 연구에서는 DFT 기반 채널 추정에서 에너지 측정 기반 적응형 windowing 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 채널 임펄스 응답에서 채널 환경을 고려해 지연이 가장 긴 k 개의 성분을 잡음에 의한 성분으로 취급하고, 이를 통해 잡음의 평균 에너지를 계산한다. 채널 임펄스 응답에서 잡음 에너지만큼을 빼 주어 유효 성분의 에너지를 계산한다. 이후 잡음의 평균 에너지를 임계값으로 설정해 채널 임펄스 응답에 임계값 실험을 수행한다. 임계값 실험 이후 지연이 가장 작은 성분부터 지연이 긴 성분까지 순서대로 에너지를 더해가며, 에너지의 합이 앞서 구한 유효 성분 에너지와 같아지는 성분의 인덱스를 찾는다. 마지막으로 해당 인덱스까지 성분만 채널 추정에 사용한다.

제안하는 기법과 기존 연구들의 성능을 전산 실험을 통해 분석하였다. 채널이 변함에 따른 성능 분석을 위해 TU-6 (typical urban 6 path)와 RL20 (Rayleigh 20 path) 채널 환경에서 전산 실험을 수행하였다. 우선 TU-6 채널

에서 기존 연구들이 최적의 성능을 갖는 파라미터를 찾은 후 이를 RL20 채널에 적용하였다. 실험 결과, TU-6 채널에서는 최적 파라미터를 적용했기 때문에 기존 연구들과 제안하는 기법의 성능이 유사함을 확인하였다. 그러나 해당 파라미터를 RL20 채널에 적용했을 때 제안하는 기법이 임계값 기반 window 설정 기법, 고정된 window 설정 기법, 임계값 실험 기법 그리고 최대점 선택 기법에 대해 순서대로 0.05, 0.15, 0.2, 0.25 dB의 신호대 잡음비 (signal to noise ratio: SNR) 이득이 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 ATSC 3.0 시스템에서 DFT 기반 채널 추정 시 잡음 제거를 위한 적응형 windowing 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 채널 환경이 변하더라도 적응형으로 windowing을 수행하기 때문에 채널 환경이 변할 때 기존 연구들에 비해 성능이 좋음을 확인하였다. 제안하는 기법은 채널 환경에 따라 적응형으로 windowing을 수행하기 때문에 이동 통신 등 채널 환경이 급변하는 시스템에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 고영빈



- 2023년 8월 : 국립한국해양대학교 전자통신공학과 학사
- 2025년 2월 : 국립한국해양대학교 전자통신공학과 석사
- 주관심분야 : 디지털 통신, 신호처리, OFDM