



Fig 1. Result graph of problem1(left) and Result graph of problem2(right)

이번 프로젝트는 무선 통신 시스템에서 다양한 수신기(Optimal, ZF, MMSE, V-BLAST)를 비교하고, 각각의 수신기가 성능에 미치는 영향을 분석하는 것을 목표로 합니다. 성능 비교를 위해 각 수신기에 대해 Achievable Rate와 Symbol Error Rate(SER)를 측정하였으며, 이를 통해 각 수신기의 이론적 성능을 실제 환경에서 확인할 수 있었습니다. 사용된 수신기는 Optimal, Zero Forcing(ZF), Minimum Mean Square Error(MMSE), 그리고 V-BLAST 방식입니다.

- 채널 모델: 실험은 4×4 다중 입력 다중 출력(MIMO) 채널에서 수행되었습니다. 각 채널 요소는 복소수 가우시안 분포를 따르며, 송신과 수신 안테나 수는 모두 4개로 설정되었습니다.
- 신호 대 잡음비(SNR): SNR은 0 dB부터 20 dB까지 2 dB 간격으로 변화시키며 성능을 평가하였습니다.
- 변조 방식: QPSK 변조 방식을 사용하여 신호를 전송하였습니다.

결과 분석

Achievable Rate vs SNR

왼쪽 그래프는 각 수신기의 Achievable Rate와 SNR 간의 관계를 보여줍니다. Achievable Rate는 SNR이 증가할수록 모든 수신기에서 증가하는 경향을 보입니다. 이는 SNR이 증가하면 전송된 신호의 품질이 개선되어 데이터 전송률이 높아지기 때문입니다.

Optimal 수신기: Optimal 수신기는 모든 SNR에서 가장 높은 Achievable Rate를 기록하고 있습니다. 이는 최적의 수신 알고리즘이 신호 대 잡음비를 최대한 활용해 전송률을 극대화하기 때문입니다.

V-BLAST 수신기: V-BLAST 수신기는 Optimal 수신기에 근접한 성능을 보입니다. 특히 중간 SNR 구간에서 높은 효율을 보이며, 이는 각 스트림의 순차적 복조와 간섭 제거 기법이 효과적임을 의미합니다.

MMSE 수신기: MMSE 수신기는 SNR이 낮을 때는 ZF보다 좋은 성능을 보이지만, SNR이 높아질수록

록 성능 차이가 줄어듭니다. 이는 MMSE가 잡음과 간섭을 동시에 고려하는 방식이라 초기 SNR이 낮을 때 효과적이지만, 높은 SNR에서 ZF와의 간섭 제거 능력 차이가 적어지기 때문입니다.

ZF 수신기: ZF 수신기는 간섭을 완벽히 제거할 수 있지만, 잡음을 증폭시키는 단점으로 인해 낮은 SNR에서는 성능이 저하됩니다. 따라서 높은 SNR 영역에서는 비교적 좋은 성능을 보이지만, 전반적으로 Optimal이나 MMSE보다는 낮은 Achievable Rate를 기록합니다.

Symbol Error Rate (SER) vs SNR

오른쪽 그래프는 ZF와 MMSE 수신기의 SER 변화를 SNR에 따라 나타낸 것입니다. SER은 SNR이 높아질수록 감소하는 경향을 보이며, 이는 신호 대 잡음비가 높아질수록 수신기의 오류 확률이 줄어들기 때문입니다.

ZF vs MMSE: ZF는 높은 SNR에서는 비교적 낮은 SER을 보이지만, SNR이 낮아질수록 잡음의 영향을 많이 받아 SER이 높게 나타납니다. 반면 MMSE는 잡음과 간섭을 동시에 고려하는 방식으로, 모든 SNR 구간에서 ZF보다 낮은 SER을 기록하고 있습니다. 이는 MMSE가 낮은 SNR에서 특히 더 우수한 성능을 보이는 이유를 설명해줍니다.

결론

이번 분석을 통해 무선 통신 시스템에서 다양한 수신기의 성능을 비교하였습니다. Optimal 수신기는 가장 높은 Achievable Rate를 보였으며, MMSE는 모든 SNR 구간에서 ZF보다 낮은 SER을 기록하여 안정적인 성능을 입증했습니다. V-BLAST 수신기는 높은 Achievable Rate를 기록하며, 다중 스트림 간섭 제거에 효과적임을 확인하였습니다. 반면 ZF 수신기는 잡음 증폭의 문제로 인해 낮은 SNR에서 성능이 떨어졌습니다. 이러한 결과는 실제 무선 통신 환경에서 수신기 선택 시, 시스템의 요구사항에 맞는 적절한 수신기를 선택하는 데 중요한 참고자료가 될 수 있습니다.