

## 공중 통신 Air-to-Air 채널에서의 적응 변조 및 코딩 기술

엄준수, 강길모, 김현민, 신오순

승실대학교

jseom@soongsil.ac.kr, {gilmokang, hminplus, osshin}@ssu.ac.kr

## Adaptive Modulation and Coding Scheme on an Air-to-Air Channel for Aerial Communications

Joon-Soo Eom, Gil-Mo Kang, Hyeon Min Kim, Oh-Soon Shin

Soongsil Univ.

## 요약

무인 항공기가 다양한 분야에 활용되면서 공중 통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 공중 통신 환경에서 Air-to-Air 채널 특성을 고려하여 비트오류를 요구조건을 만족하도록 변조 및 코딩 기법을 설정하는 적응 변조 및 코딩 기술을 제안하고 모의실험을 통해 성능을 평가 및 검증한다.

## I. 서론

최근 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)가 다양한 분야에 활용되고 있다[1]. UAV 간의 Air-to-Air 공중 통신 환경은 강한 Line-of-Sight (LoS)와 송·수신기가 모두 고고도에서 자유로운 이동성을 갖는다는 점 등 지상 통신과는 매우 다른 특성을 갖는다. 특히, UAV의 고속 이동성은 큰 Doppler 주파수를 야기하고 이는 급격한 채널 변화를 초래하여 통신 성능을 심각하게 저하시킨다.

본 논문에서는 공중 통신 환경에서 채널 상태가 변하여도 비트오류율(Bit Error Rate: BER) 성능을 유지할 수 있도록 변조 및 코딩 기법(Modulation & Coding Scheme: MCS)을 설정하는 적응 변조 및 코딩(Adaptive Modulation and Coding: AMC) 기술을 제안한다. 모의실험을 통해 공중 통신 환경에서 AMC의 성능을 평가 및 검증한다.

## II. Air-to-Air 채널에서의 적응 변조 및 코딩 기술

AMC가 잘 작동하려면 수신 측에서 순시 채널 상태 정보(Channel State Information)를 정확히 추정하고 송신기에 피드백 하여 송신기가 채널의 신호대잡음비(Signal-to-Noise Ratio: SNR)를 정확하고 지속적으로 추적할 수 있도록 설계해야 한다. SNR 값에 따라 MCS 레벨을 결정함으로써 채널 상태가 변해도 목표 BER을 만족하면서 고속의 통신을 할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 최대 100km의 통신 거리, 2000km/h의 UAV 이동 속도를 갖는 공중 통신 채널을 고려한다[3]. 따라서 전통적인 순시 채널 피드백은 양방향 전파지연(Propagation Delay)에 의한 피드백 지연으로 인해 적용하기 어렵다[3]. 본 논문에서는 직교주파수분할다중접속(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 기반 공중 통신 시스템에서 송·수신 UAV 간의 통신 거리와 상대 속도를 기반으로 피드백 없이 송신기가 OFDM 부반송파의 수, 즉 Fast Fourier Transform (FFT) 크기를 변경하고 적절한 MCS 레벨을 설정하는 방식을 제안한다.

모의실험은 [2]에 제시된 OFDM 시스템 구성과 공중 통신 채널 모델을 적용하여 수행하였다. 표 1은 수신 SNR이 7dB인 경우 UAV 간의 상대 속도구간에 따라  $10^{-4}$  이하의 BER을 만족하는 MCS 레벨을 나타낸 것이다. 그림 1의 모의실험 결과로부터 표 1의 MCS 레벨을 도입했을 때 상대 속도에 상관없이  $10^{-4}$  이하의 BER을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

표 1. MCS 레벨 (수신 SNR = 7dB인 경우)

MCS Level	Modulation	LDPC Code Rate	FFT Size	Relative Velocity (km/h)
0	16-QAM	1/2	64	[0, 100]
1	16-QAM	1/2	32	(100, 200]
2	16-QAM	1/2	16	(200, 1000]
3	DCM-QPSK	1/2	128	(1000, 1700]
4	DCM-QPSK	1/2	64	(1700, 2000]

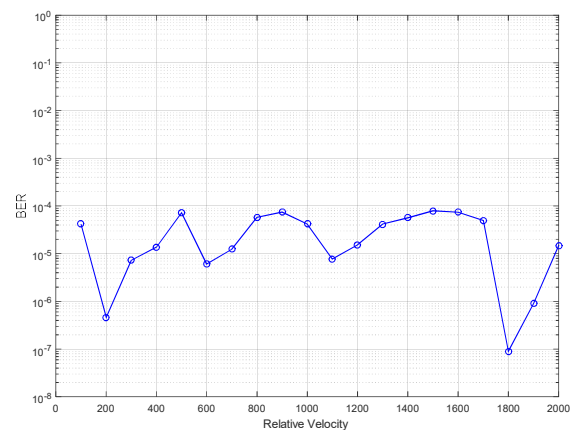


그림 1. 제안한 AMC 방식의 UAV 상대 속도에 따른 BER 성능(수신 SNR = 7dB).

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1A5A1015596 & 2019R1A2C1084834).

## 참고문헌

- [1] Y. Zeng, R. Zhang, and T. J. Lim, "Wireless communications with unmanned aerial vehicles: opportunities and challenges," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 5, pp. 36–42, May 2016.
- [2] 엄준수, 강길모, 신요안, 신오순, 박재수, 최효기, 황찬호, "UAV 공중 통신을 위한 Air-to-Air 채널 모델링 및 OFDM 시스템 성능 평가," 전 자공학회논문지, 제 57권 3호, pp. 126–134, 2020년 3월.