

8PSK 무선 이중채널 통신에서 요구 BER을 고려한 최소 이격 주파수 산정 방법에 관한 연구

곽갈렘, 서정원, 남형석, 이상윤, 홍권기

한화시스템

kcl3501@hanwha.com, jungwon81.seo@hanwha.com, hyungseok.nam@hanwha.com,
sangyoon.alex.lee@hanwha.com, hongboy.hong@hanwha.com

A Study on the Estimation Method of Minimum Frequency Separation under BER Requirements in 8PSK Wireless Dual-Channel Communication

Kwak Caleb, Seo Jung Won, Nam Hyung Seok, Lee Sang Yoon, Hong Kwon Ki

Hanwha Systems

요 약

본 논문은 8PSK 무선 이중채널 통신에서 요구 BER에 따른 최소 이격 주파수 산정 방법에 대한 분석 방법을 제시한다. 요구 BER에 따른 수학적 분석을 통해 신호대잡음간섭비를 산출하고 해당 SINR을 만족하는 이격주파수를 산출하였다. 산출된 파라미터들은 AWR VSS 시뮬레이션을 이용하여 통신 시스템과 이중채널을 구성 및 모의를 통해 검증되었으며, 신호 대역폭을 Fbw 이라 했을때, 최소 이격 주파수는 $1.41 Fbw$ 의 값을 갖는다

I. 서 론

최근 국방 기술전력이 디지털로 전환됨에 따라, 데이터 수집, 전송 기술의 수요가 꾸준히 늘고 있다. 특히 최근 일어난 전쟁에서 교전 트랜드를 분석하였을 때, 실제 전투 상황에서 드론을 통한 교전 후 결과 수집 및 영상 전송 기술이 중요해지는 것을 확인할 수 있다. 이에 따른 무선 데이터 전송 기술의 수요가 꾸준히 늘고 있다.[1]

국방 분야에서는 민간 분야와 주파수가 겹치지 않기 위해 한정된 주파수를 사용하고 있으며, 특히 대용량 데이터 전송을 목적으로 하는 공용데이터링크 CDL(Common Data Link) 분야에서는 한정된 주파수가 할당되어 있어, 해당 대역을 효율적으로 사용해야만 한다.

이에 맞추어 본 논문에서는 공용데이터링크 주파수 대역에서 이중채널을 동시 사용 시 채널 간 최소 이격 주파수를 시뮬레이션을 통해 분석한다.

II. 분석 방법

본 연구에서는 AWR VSS 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 RF Transmitter, RF Receiver 모듈을 설계한 후 이중채널을 모의하여 분석하였다. 그림 1의 구성처럼 시스템을 구성하였고, 동일한 Transmitter 모듈 두 개를 사용하여서, 모듈 하나는 Signal, 다른 모듈은 Interference로 지정하고, Receiver 모듈의 신호대잡음간섭비(SINR, Signal to Interference plus Noise Ratio)를 측정하였다.

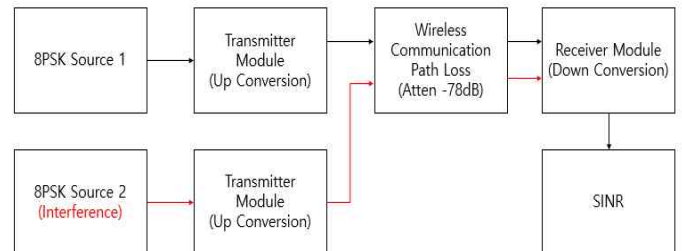


그림 1 통신시스템 구성

시뮬레이션에서 모듈레이션 신호는 8PSK, Gray Coding이며, α 계수 0.2의 RRC(Root Raised Cosine)성형 필터를 적용한 -15dBm 출력 신호를 사용하였다. 신호의 대역폭은 Fbw 이다. Transmitter, Receiver의 성능은 그림 2와 같다.

Transmitter		Receiver	
Gain	58.4 dB	Gain	57.13 dB
NF	15.1 dB	NF	3.93
OIP3	54.91 dBm		

그림 2 송신 모듈, 수신 모듈 성능

Receiver에 사용되는 필터의 특성은 그림3 와 같다. Insertion Loss는 평균 1.5dB 이며, Pass Bandwidth는 $1.27 Fbw$ (Insertion Loss -1dB 기준) 해당 모듈 성능으로 시스템을 구성하였으며, 8PSK Source 2의 주파수를 이격시켜가면서, Receiver에서 출력되는 변조신호 SINR을 측정하였다. 주파수 이격은 그림 4와 같이 중심주파수 기준 $0.9 Fbw$ 부터 $1.86 Fbw$ 까지

0.03 F_{bw} 단위로 이격시키며 분석을 진행하였다.

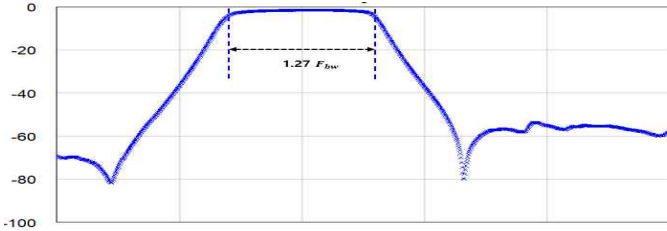


그림 3 수신필터 특성

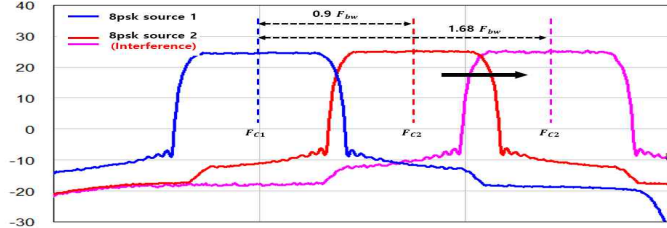


그림 4 시뮬레이션 주파수 이동조건

현재 시스템에서 요구하는 BER(Bit Error Ratio) 규격은 10^{-5} 이므로, 8PSK 기준으로 필요 SINR을 계산하였다[2].

$$P_b = \frac{2}{3} * Q \left\{ \sqrt{6 * \frac{E_b}{N_0}} * \sin\left(\frac{\pi}{8}\right) \right\} \quad (1)$$

$$Q \left\{ \sqrt{6 * \frac{E_b}{N_0}} * \sin\left(\frac{\pi}{8}\right) \right\} \leq 1.5 * 10^{-5} \quad (2)$$

$$\sqrt{6 * \frac{E_b}{N_0}} * \sin\left(\frac{\pi}{8}\right) \geq 4.2 \quad (3)$$

$$\frac{E_b}{N_0} \geq \left(\frac{4.2}{0.382683} \right)^2 * \frac{1}{6} = 20.075 (dB) \quad (4)$$

8PSK는 $\frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 4.77 (dB)$ 이므로[3],

$$\frac{E_s}{N_0} \geq 24.825 (dB) \quad (5)$$

$$\ast E_s = E_b + 4.77 (dB) \text{ in } 8PSK \quad (6)$$

8PSK 신호에서는 10^{-5} BER을 위해서는 이론적으로 E_s/N_0 값이 24.825(dB)가 요구된다.

아래 식을 통하여 SINR값은 E_s/N_0 값과 동일하기 때문에[4], 시스템에서 요구되는 SINR값은 24.825(dB)가 된다.

$$SNR = \frac{P_s}{P_n} = \frac{E_s}{N_0} \quad (7)$$

III. 분석 결과

분석 결과 각 채널의 중심주파수 기준 이격 주파수 $1.35 F_{bw}$ 에서 신호대 잡음간섭비(SINR)값이 24.825(dB) 보다 높아지는 것을 확인하였다. 현재

사용하는 수신필터 성능 기준으로 채널 간 $1.35 F_{bw}$ 이격할 시 인접채널의 영향성이 요구 BER 성능이 충족될 만큼 적어지는 것으로 해석할 수 있다.

$1.35 F_{bw}$ 를 이격할 때 Receiver의 BaseBand 출력 스펙트럼 형태는 그림6과 같다.

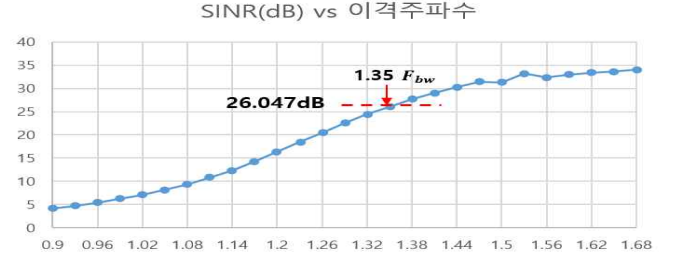


그림 5 SINR vs 이격주파수

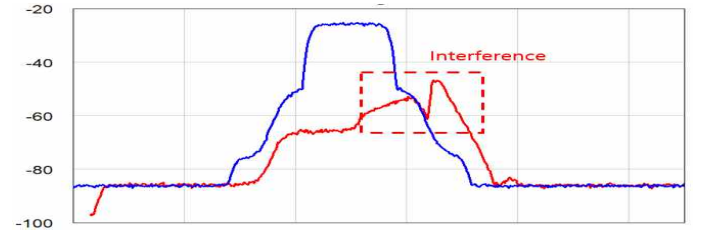


그림 6 BaseBand 출력 스펙트럼

IV. 결론

본 연구는 AWR VSS 프로그램을 활용하여, 이중채널 무선통신 사용 시 채널간 이격거리에 대해 분석하는 방법에 대하여 기술하였다. 시뮬레이션을 통해 시스템에서 요구되는 BER을 만족하는 채널간 최소 이격거리를 산출하였으며, 이격거리 분석은 한정된 주파수 대역폭을 효율적으로 사용하는 데 활용될 수 있다. 다만 본 연구는 RF측면에서 이론적으로 계산되는 SINR값을 기준으로 분석하였기 때문에 실제 개발 적용을 위해서는 신호를 처리하는 모뎀장비의 성능도 같이 고려하여 검증해야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(KRIT-CT-23-051, 다목적·대용량 정보의 효율적 운용을 위한 공중플랫폼용 Gbps급 데이터링크 개발)

참 고 문 헌

- [1] IAMD-COE, The Evolving UAS Threat: Lessons from the Russian-Ukrainian War, Feb. 2024.
- [2] J. G. Proakis and M. Salehi, "Digital Communications", 5th ed., McGraw-Hill, pp.194-195, 2008, Ch. 4, "Optimum Receivers for AWGN Channels
- [3] Upamanyu Madhow, "Fundamentals of Digital Communication", Cambridge Univ. Press, p.116, 2008
- [4] R. G. Gallager, "6.451 Principles of Digital Communication II", MIT OpenCourseWare, p.36 Spring 2005