

무인기 위성링크 항재밍 수신기 구현 및 성능 분석

이희수, 오왕록*

국방과학연구소, *충남대학교

leehuisoo@add.re.kr, *kingrock@cnu.ac.kr

Performance Analysis of Anti-Jamming Receiver for UAS's SatCom.

Lee Huisoo, Oh Wangrok*

ADD, *ChungNam Univ.

요약

본 논문에서는 재밍 환경에서도 무인기 위성 링크의 안정성을 확보할 수 있는 위성 링크 항 재밍 수신기를 구현하였고 성능을 분석하였다. 제안하는 항 재밍 수신기는 재밍 환경에서의 동기 성능 향상을 위해 일반적인 위성 통신 수신기에 동기부, 재밍 신호 제거부 및 신호 대 잡음비 추정부를 추가 구현하였고 성능을 분석하였다. 그리고 제안하는 항 재밍 수신기의 다양한 재밍 환경에서의 성능 분석을 수행하였다.

I. 서론

최근 국내 무인기 기술의 발달로 다양한 분야에서 무인기 활용이 점차 증대되고 있다. 무인기 활용이 증가함에 따라 지상통제장비와 무인기 간 가시선 통신이 불가능한 상황이 발생할 수 있으며, 이러한 환경에서 무인기 위성 링크는 무인기의 운용반경을 확장할 수 있도록 지원한다. 무인기 위성 링크는 가시권영역에서 무인기의 주링크 가시선링크의 보조 링크로 사용되면 비 가시권 영역에서 주 링크로 임무 수행한 획득한 영상 및 비행체 상태정보 (TM, TeleMetry) 및 무인기 제어정보 (TC, Tele-Control)를 송수신한다. 본 논문에서는 위성 재밍 상황에서도 안정적인 임무 수행이 가능한 위성 무인기 위성 역방향링크의 항 재밍 수신기를 구현하였고, 구현한 수신기의 성능을 분석하였다.

II. 본론

일반적으로 무인기 위성 역방향링크는 임무 수행한 획득한 영상 및 비행체 상태정보를 고속으로 송신하기위해 그림 1과 같은 프레임 구조를 갖는다[1].

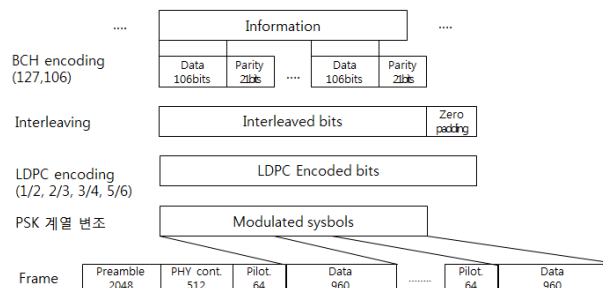


그림 1. 위성 역방향링크 프레임 구조

그림 1과 같은 프레임 구조를 갖는 위성 역방향링크를 재밍 환경에서도 안정적으로 유지하기 위한 수신기 구조는 그림 2와 같다.

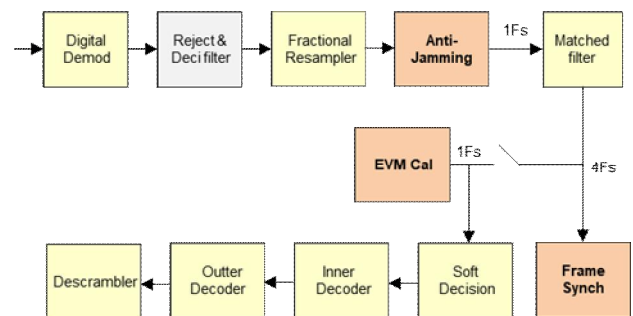


그림 2. 무인기 위성 링크 항 재밍 수신기 구조

제안하는 무인기 위성 역방향링크 수신기 구조는 일반적인 수신기 구조의 차이점은 항재밍 블록, 신호대잡음비 추정 블록 및 동기 획득 블록의 구조이다.

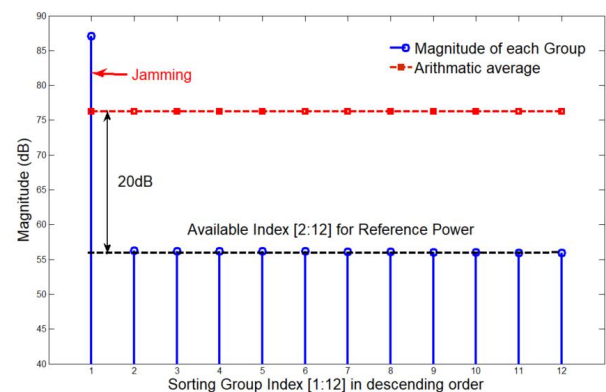


그림 3. 제안하는 항재밍 기법

항 재밍 블록은 기법은 아래 그림3과 같이 수신 신호를 FFT (Fast Fourier Transform)을 통해 각 주파수 성분의 크기가 문턱값보다 큰 신호를 재밍 신호로 판단하고 해당 재밍 신호를 노치 (Notch) 필터로 제거한다.

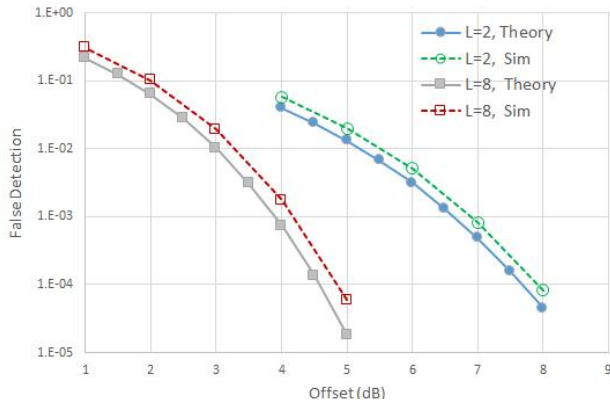


그림 4. 검출 문턱값의 오검출 확률

그림4와 같이 재밍 신호 판단을 위한 문턱값을 산출하기 위해 수신 신호의 크기를 L 번 평균한 값에 따른 오검출 확률로 이론치와 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

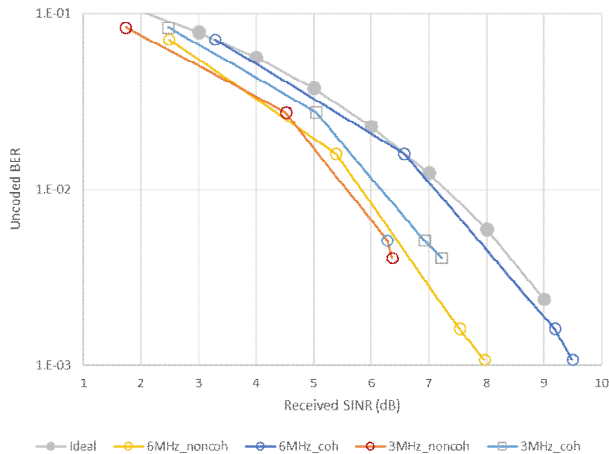


그림 5. 잡음의 상관도에 따른 BER 성능

그림 5에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 AWGN을 가정한 신호 대 잡음비 추정 기법은 항 재밍 수신기의 노치 필터로 인해 잡음의 상관도 증가로 인해 오차가 커지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 오차를 줄이기 위해 식 (1)과 같은 EVM (Error Vector Magnitude) 기반의 신호 대 잡음비 추정 기법을 적용하였다.

$$EVM = E \left\{ \frac{P_r}{|E\{P_r\}|} - P_t \right\} \approx \frac{N_0}{E_s} = \frac{1}{SNR} \quad (1)$$

이와 같은 기법을 적용한 항 재밍 위성 수신기의 성능을 확인하기 위한 시험 구조는 그림 6과 같다. 그림 6에서 재밍 신호는 톤 재밍 (Continuous Wave Jamming) 신호와 부분 대역 재밍 (Partial Band Jamming)으로 구분하여 성능을 검증하였다.

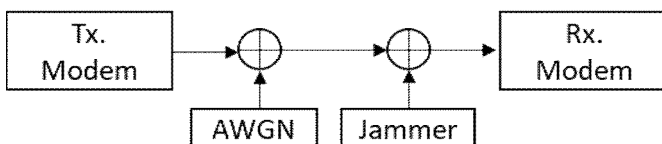


그림 6. 항재밍 수신기 성능 검증을 위한 시험 환경

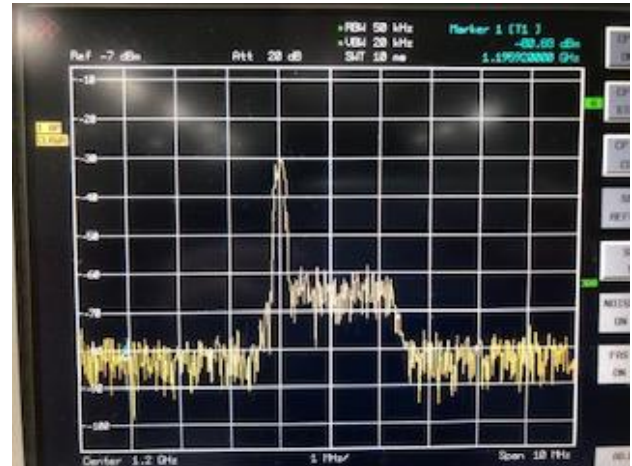


그림 7. 부분대역 재밍 환경에서의 주파수 응답 특성

그림 7은 재밍 대 신호비 20 dB의 부분대역 재밍 환경에서의 주파수 응답 특성으로 이러한 환경에서의 항 재밍 수신기 성능은 아래 표 1과 같다.

표 1. 재밍대 신호비 20 dB에서의 항 재밍 수신기 성능

대역폭	재밍유형	BER			
		SNR 1.8[dB]	SNR 2.8[dB]	SNR 3.8[dB]	SNR 4.8[dB]
2MHz	CWJ	8.3×10^{-3}	3.5×10^{-6}	0	0
	PBJ	X	X	X	1.1×10^{-3}
3MHz	CWJ	2.4×10^{-5}	0	0	0
	PBJ	X	8.1×10^{-1}	0	0
6MHz	CWJ	0	0	0	0
	PBJ	2.5×10^{-2}	0	0	0
16MHz	CWJ	0	0	0	0
	PBJ	9.2×10^{-4}	0	0	0
20MHz	CWJ	0	0	0	0
	PBJ	2.3×10^{-4}	0	0	0

항 재밍 모드를 비활성화 시 재밍 대 신호비 20 dB 환경에서는 초기 동기 획득에 실패하여 링크 개설이 불가하였다. 항 재밍 모드에서 수신 성능은 표 1과 같다. 표 1에서 확인할 수 있는 바와 같이 신호 대역폭이 증가함에 따라 비트 오류 성능에 대한 요구 신호 대 잡음비가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 대역폭이 증가함에 따라 항재밍 블록에서 노치 필터링을 통해 손실되는 데이터의 비율이 감소하기 때문이다.

III. 결론

본 논문에서는 재밍 환경에서도 무인기 임무 수행 간 위성 링크의 신뢰성을 확보할 수 있는 위성 역방향링크 항재밍 수신기의 성능을 분석하였다. 제안하는 수신기는 항재밍부, 동기부 및 신호대잡음비 추정부를 기존 수신기와 차별화하여 재밍 환경에서도 위성 링크를 유지할 수 있는 장점이 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 국방과학연구소 “저피탐 무인기 형상에 적합한 Low-profile형 항재밍 Ka-Band 위성데이터링크 기술연구” 과제의 지원을 받아 작성되었습니다.