

# 무인기 위성 역방향링크 항재밍 수신기 설계

이희수, 오왕록\*

국방과학연구소, \*충남대학교

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

## Design of Anti-Jamming Receiver for UAS's SatCom. Reverse Link

Lee Huisoo, Oh Wangrok\*

ADD, \*ChungNam Univ.

### 요약

무인기의 임무영역 확장을 위해 위성 링크는 필수 요소이다. 본 논문에서 재밍 환경에서도 무인기 임무 수행 간 위성링크의 신뢰성을 확보할 수 있는 위성 역방향링크 항재밍 수신기를 제안한다. 제안하는 항재밍 수신기는 재밍 환경에서의 동기 성능 향상을 위한 동기부, 재밍 신호 제거 및 신호대잡음비 추정부를 추가하여 안정적인 위성 역방향링크를 확보할 수 있다.

### I. 서론

위성 링크는 BLOS (Beyond Line Of Sight) 영역에서 UAS (Unmanned Aerial System)와 지상통제센터 간 비행체 통제정보, 상태 정보 그리고 임무장비 데이터를 무선으로 전송하는 무인기의 필수 구성요소이다. 무인기 위성링크는 그림1과 같이 비행체 제어 (TC, Tele-Control) 정보 유통을 위한 순방향링크와 비행체 상태 (TM, Tele-Metry) 정보 및 임무 영상 정보 유통을 위한 역방향링크로 구성된다.

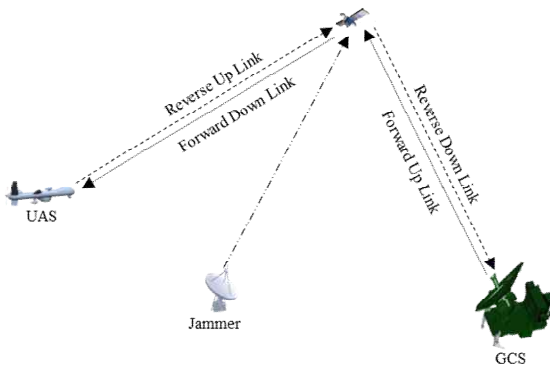


그림 1. 무인기 위성링크 구조

무인기 위성 링크의 순방향링크는 비행체 제어정보의 전자적 보호를 위해 대역확산 과정을 적용하며, 역방향링크는 무인기가 획득한 영상을 지상체로 송신하기 위한 고속 영상 전송에 적합하도록 설계한다.

무인기 위성 링크는 넓은 지역에서 실시간 임무가 가능하도록 링크를 지원하지만 연동 위성의 주요 정보(고도, 궤도 및 주파수 등)가 온라인으로 공유되어 그림 1과 같이 전시에 통신 재밍의 주요 목표가 된다. 재밍 환경에서도 안정적인 무인기 운용을 위해 재밍에 대응 가능한 위성 링크 확보가 필수적이다. 본 논문에서는 위성 재밍 상황에서도 무인기의 임무 수행이 가능한 무인기 위성 역방향링크 수신기를 제안한다. 제안하는 역방향링크 수신기는 기존의 수신기의 동기부, 재밍 신호 제거부 및 재밍 환경

에서의 신호 대 잡음비 추정부를 추가 및 변경하여 설계하였다.

### II. 본론

무인기 위성 역방향링크는 프레임 구조는 그림 2와 같다[1].

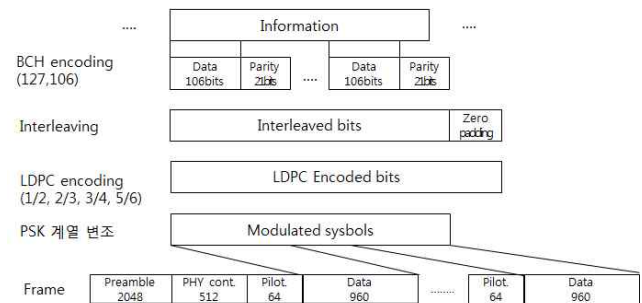


그림 2. 위성 역방향링크 프레임 구조

그림 2와 같은 프레임 구조를 갖는 위성 역방향링크를 재밍 환경에서도 위성 링크 유지가 가능하도록 설계한 역방향링크 수신기 구조는 그림 3과 같다.

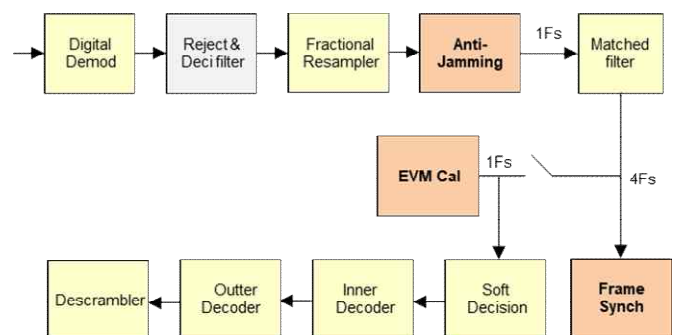


그림 3. 제안하는 항재밍 수신기 구조

제안하는 무인기 위성 역방향링크 수신기와 일반적인 위성 링크 수신기와의 차이점은 항재밍 블록의 추가 및 신호대잡음비 추정 블록 및 동기 획득 블록의 추정기법 변경에 있다. 항재밍 블록은 아래 그림4와 같이 수신 신호를 FFT (Fast Fourier Transform)를 통해 주파수 영역에서 부반송파의 전력을 측정하여 임계값보다 큰 신호를 재밍신호로 판단하여 노치 필터링을 통해 제거하는 기능을 수행한다.

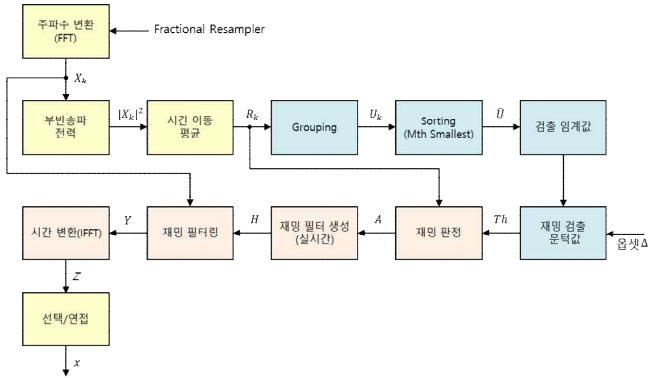


그림 4. 항재밍 블록 다이어그램

그림 4는 톤 재밍이 있는 환경에서의 수신신호의 주파수 응답과 노치 필터링된 신호의 주파수 응답이다.

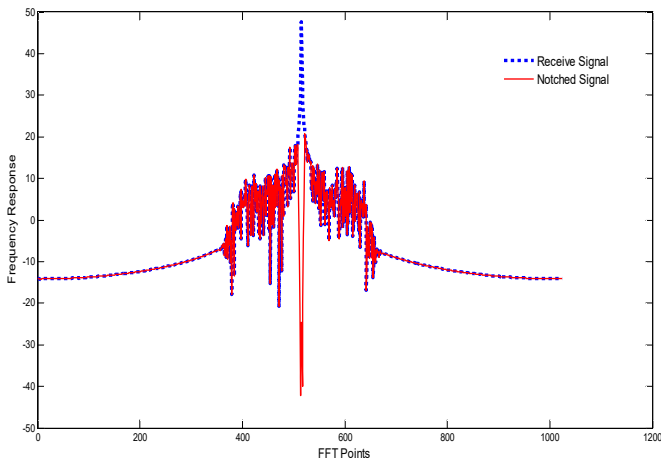


그림 4. 노치 필터링 전후 수신신호 주파수 응답

그림 4와 같이 노치 필터링으로 재밍이 제거된 신호는 IFFT (Inverse-FFT)를 통해 시간 영역의 신호로 변환되어 정합필터로 입력된다. 정합필터의 출력은 동기부로 입력이되는데 일반적인 위성 통신시스템은 프레임 동기 이전에 심볼 동기를 획득한 후 프레임 동기를 획득한다. 하지만 재밍이 존재하는 환경에서 동기 성능을 확보하기 위해 본 논문에서는 프레임 동기를 수행 후 획득한 프레임 동기를 바탕으로 심볼 동기를 획득하는 방안을 제안한다. 제안하는 동기 기법의 구조는 그림 5와 같다.

그림 5와 같이 프리앰블 (preamble) 또는 파일럿 (pilot) 신호를 이용한 프레임동기 획득 후 심볼 동기를 획득하는 기법으로 재밍 환경에서도 동기 획득할 수 있는 수신기 구조를 제안한다. 그리고 그림 5와 같이 심볼 동기 성능 향상을 위해 Three (early, on-time, late) point의 보간을 위한 Lagrange Interpolation을 수행하였다.

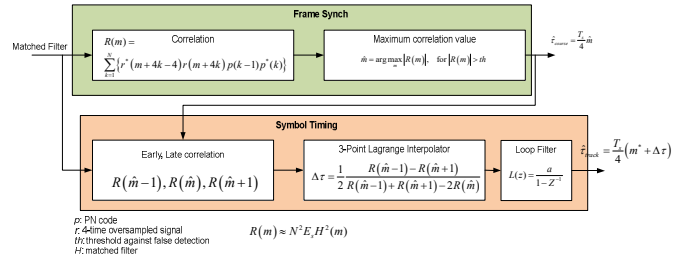


그림 5. 제안하는 프레임 동기 및 심볼 동기 기법

그림 3에서 확인할 수 있는바와 같이 FER 블록을 위한 정확한 신호 대 잡음비 추정이 필요하다. 일반적인 신호 대 잡음비 추정기법은 식 (1)과 같다.

$$P_{total} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |y_k|^2 \approx E_s + E\{|n_k|^2\} = E_s + N_0 \quad (1)$$

$$P_N = \frac{1}{2(N-1)} \sum_{k=1}^{N-1} |y_{k+1} - y_k|^2 \approx N_0$$

$$SNR = \frac{P_{total} - P_N}{P_N} = \frac{E_s}{N_0}$$

재밍 신호가 존재 환경에서는 그림 3의 항재밍 블록의 노치 필터링으로 재밍 신호가 제거되면 잡음간 상관도가 증가하여 유색 잡음 (colored noise) 특성을 띄게된다. 유색 잡음 특성으로 인해 식 (1)과 같은 AWGN 가정 하의 신호대잡음비 추정기법은 재밍 환경에서는 오차가 커진다. 유색 잡음 환경에서도 정확한 신호대잡음비 추정을 위해 본 논문에서는 식 (2)와 같은 EVM (Error Vector Magnitude)을 기반한 신호 대 잡음비 추정기법을 제안한다.

$$EVM = E\left\{\frac{P_r}{|E\{P_r\}|} - P_t\right\} \approx \frac{N_0}{E_s} = \frac{1}{SNR} \quad (2)$$

여기에서  $P_r$ 은 수신신호의 전력,  $P_t$ 는 송신신호의 전력이고  $E\{P_r\}$ 은 수신신호 전력의 평균이다. 제안하는 신호대잡음비 추정기법은 식(1)의 AWGN 채널 가정에서의 추정기법과는 달리 수신신호의 전력 기반의 추정기법이어서 재밍 환경에서의 신호대잡음비 추정 정확도가 더 높은 특성이 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 재밍 환경에서도 무인기 임무 수행 간 위성 링크의 신뢰성을 확보할 수 있는 위성 역방향링크 항재밍 수신기를 제안하였다. 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.