

# 감시정찰 무인기를 위한 데이터링크 모뎀 구현

정성진\* · 김영길\*\*

\*한화시스템 · \*\*아주대학교

## Implementation of data link modem for surveillance UAVs

Sung-jin Jung\* · Young-kil Kim\*\*

\*Hanwha Systems · \*\*Ajou University

E-mail : sj100.jung@hanwha.com

### 요 약

최근에 개발되는 다양한 형태의 무인기시스템에서, 지상의 조종장치와 무인기간의 연결을 담당하는 통신체계를 데이터링크라고한다. 특히, 군 분야의 무인기에서 획득한 감시/정찰용 영상정보를 실시간으로 지상으로 전송하기위하여 사용되는 공용데이터링크는 특성상 통신의 안정성 확보를 우선으로 한다. 본 논문에서는 감시/정찰용 무인기에 적용하기위한 데이터링크의 모뎀분야에 대한 설계를 제안하고, 구현된 시스템의 성능측정을 통하여 설계를 검증하였다.

### ABSTRACT

In various types of UAV systems, which have been developed recently, the communication system that is responsible for the connection between the ground control unit and the UAV is called the data link. Especially, in the data link used in systems for transmission of surveillance images from UAV in real time, stability of communication should be ensured. In this paper, the design of the data link modem was proposed for the purpose of applying for UAV for surveillance. And, the designed was verified through the performance measurement of the implemented systems.

### 키워드

UAV, common data link, 영상정보용 데이터링크, 감시정찰

## 1. 서 론

최근 다양한 분야에서 이슈가 되고 활용되는 드론 등을 포함한 무인기체계의 시작은 군사분야에서부터 시작되었다. 주로 항공표적, 감시정찰 등의 목적이외 공격용도까지도 사용하게되면서, 점차 그 운용폭을 넓혀가고 있다. [1][2]

무인기 시스템에서 무인기와 지상장비간 연동을 위한 시스템을 데이터링크라고 하며, 특히 감시정찰을 위한 무인기 시스템에서 무인기와 지상의 제어시스템 간의 제어정보 및 상태정보의 교환, 감시정찰 체계 체계로부터 수집된 감시정찰 정보를 지상으로 전달하기위한 대용량의 고속전

송용 데이터링크를 공용데이터링크(CDL, Common Data Link)하 한다.

미국에서는 CDL 프로그램을 통하여 업링크 0.2~2Mbps, 다운링크 10.71~274Mbps의 데이터 전송률을 지원하며 추후 최대 1,096Mbps의 전송률 까지 지원을 목표로 개발을 진행하고 있다. [3]

국내에서는 이러한 공용데이터링크 장비로 최대 45Mbps급 전송이 가능한 공용데이터링크기술이 있으며, 미국 CDL 장비수준의 274Mbps 급 전송이가능한 시스템을 개발중이다. [4].

본 논문에서는 45Mbps급 전송을 목표로 개발된 공용데이터링크의 송수신기 중 디지털 변복조 처리 분야(이하 모뎀)의 구조 및 주요 파라미터 선정에 대하여 분석하고 최종 성능을 확인하였다.

## II. 본 론

구현된 45Mbps급 공용데이터링크는 상향(지상에서 비행체측으로 송신)/하향(비행체에서 지상으로 송신)이 동시에 가능한 Full Duplex 구조이며 상향/하향에 각각 별도의 송수신 주파수를 할당하여 통신하는 FDD방식을 채택하였다.

모뎀은 상향/하향의 송수신구조를 동일하게 적용하였으며, 전송속도를 가변가능하도록 하여 상하향 전송속도를 대칭/비대칭으로 설정이 가능하다. 본 논문에서는 최대 전송속도인 45Mbps에 중점을 두어 다루기로한다.

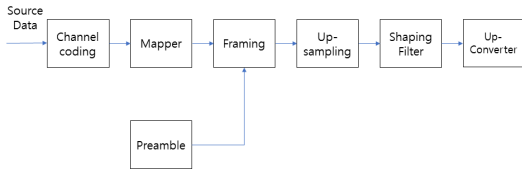


그림 1. 모뎀 송신부 기능 블록도

입력된 데이터는 채널코딩 수행후 변조과정을 거쳐, 매 프레임마다 Preamble과 함께 전송된다. Preamble은 수신기 동기 기능을 고려하여 반복 고정 패턴과 의사잡음 구간으로 나뉘어 구성된다. 구성된 송신프레임은 Interpolation을 수행하고 SRRC 필터를 통하여 펄스성형후 Up-converter로 전송되어 IF 주파수로 Up-Conveting을 수행한다.

표 1. 송신부 주요 파라메타

| 항목             | 규격                                   |
|----------------|--------------------------------------|
| 전송율            | 45Mbps급                              |
| 채널코딩           | RS(216,200)<br>CC K=7, code rate 3/4 |
| 변조방식           | 8-PSK                                |
| Preamble       | BPSK 변조, 200심볼이상                     |
| 심볼율            | 23.04MHz                             |
| Shaping Filter | SRRC(roll-off factor 1.2)            |
| Bandwidth      | 약 28MHz                              |

수신부는 신호검출, 동기획득, 복조 및 채널코딩(디코더)기능을 하는 블록으로 구성되었다. Signal Detection 부에서 신호검출을 수행하여 신호가검출되면 해당신호에 대한 시간동기(TR : TimeRecovery) 및 주파수동기(CR : Carrier Recovery)을 수행하고 8PSK 복조를 거쳐 채널 디코딩을 수행하여 데이터를 복원해낸다.

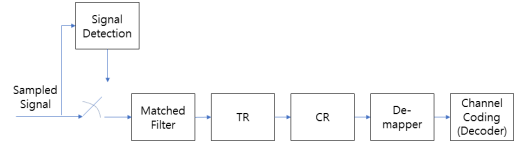


그림 2. 모뎀 수신부 기능 블록도

표 2. 수신부의 주요 성능

| 기능               | 성능                                |
|------------------|-----------------------------------|
| Signal Detection | Eb/No 6dB 이상에서 99%이상 신호검출         |
| Timing Recovery  | 샘플 오프셋, +/-2 샘플 이내 성능열화 0.5dB 이내. |
| Carrier Recovery | +/-1.5% 주파수 오프셋 추정                |
| RS-CC Decoder    | Eb/No 8dB에서 BER 기준 1.0e-6 확보      |

Signal Detection 블록은 Matched Filter 와 Peak Detector 형태로 구성되며, 매 샘플마다 기준 Preamble 신호와의 상관 값을 구하여, Preamble에 해당하는 신호의 수신 여부를 판정한다. Preamble 에 대한 Signal Detection 성능은 다음의 확률 그래프와 같다. Eb/No -1 dB에서 검출확률이 99% 이상검출이 이뤄짐을 확인할 수 있었다.

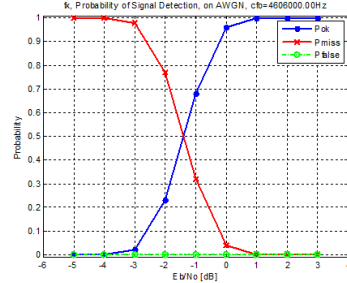


그림 3. Singal Detection 블록 성능

Timing Recovery 블록은 Gardner방식의 Timing 에러를 추정기법을 적용하였으며, 지속적인 Timing 에러 추적 및 보상 기능을 수행한다. 또한, 시간이 흐름에 따라 발생할 수 있는 수신신호 타이밍의 변화에 적응하고, Signal Detection에서의 부족한 Timing Resolution을 보충하는 역할을 한다.[5] Timing Recovery는 크게 타이밍 오차를 추정하는 TED(Timing Error Detector) 블록과 추정된 타이밍 오차를 보충하는 Interpolator 블록으로 구성된다.

Carrier Recovery 블록은 송/수신기간 local oscillator의 주파수 오차로부터 비롯된 반송파 주파수 오프셋을 추정/보상하는 기능을 수행한다. 반송파 주파수 오프셋은 preamble구간에서는 알려진

preamble 심볼과 수신된 심볼과의 직접적인 차이를 통해 계산되며, PLL 방식으로 누적 보상하게 된다. Symbol Rate 23MHz에 대한 Eb/No 8dB 환경에서의 s-curve에서, Symbol Rate대비 +/-1.5% 범위에서 안정적으로 주파수 오프셋을 추정함을 확인할 수 있다.[6]

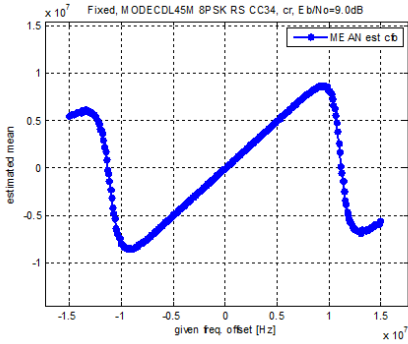


그림 4. Carrier Recovery 블록 성능

시간 및 주파수동기를 통하여 검출된 신호는 Soft-Decision Demapper를 통하여 입력되는 심볼의 Soft-Decision 값을 출력하고 이를 Viterbi Decoder와 RS Decoder를 통하여 복호화한 후 최종 데이터를 복원한다.

다음 그림은 수신기의 동기부서능과 기본적인 Soft-Decision RS-CC(3/4)의 채널코딩 성능을 포함하여 AWGN 잡음 환경에서 수신기의 복조 및 복호 성능을 분석한 결과이다. 8-PSK 복조(Uncoded)는 Eb/No 6dB 이상에서 BER 성능 열화 0.5 dB 이하로 설계되었음을 확인할 수 있다. 그리고 RS+CC 3/4 모드에 대하여 BER=1.0e-6의 성능을 도출하기 위하여 Eb/No 8.2 dB가 필요함을 확인하였다. 해당 Eb/No에 대하여 RS+CC3/4 모드 웨이브폼에서의 SNR은 대략 10.5dB 정도이다.

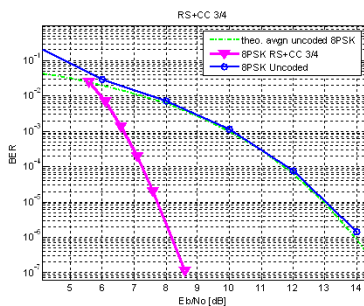


그림 5. BER 성능 분석결과

구현된 모델 송수신간에 AWGN 신호를 인가 후 시험결과 BER=1.0e-6에서의 10.6dB로 시뮬레이션을 통하여 산출된 요구 SNR에 거의 근접함을 확인할 수 있었다..

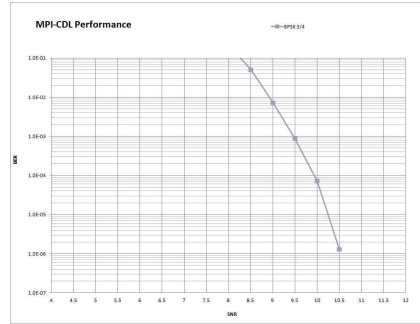


그림 6. 구현된 모델의 AWGN 환경에서의 BER 성능 측정 결과

### III. 결 론

본 연구에서는 감시정찰용 무인기에서 필용한 공용데이터링크체계중 국내에서 구현된 45Mbps급 전송을 가지는 영상정보용 공용데이터링크에 적용된 모델의 구조설계 및 주요 수신부 성능을 살펴보았다.

구현된 45Mbps급 데이터링크용 모델은 Eb/No -1dB 이상에서 99% 검출 확률을 갖으며, 주파수 오프셋은 symbol rate대비 +/-1.5% 범위로 구현되었다. 동기 블록 및 구현에 따른 8-PSK 모델의 비트오율 성능은 이론치 대비 0.5dB 이내에서 구현됨을 확인할 수 있었다. 해당 모델은 국내 공용데이터링크의 기술표준으로 등록되었으며, 다양한 감시정찰 무인기에서 해당 기술이 적용중이다.

### 참고문헌

- [1] 황현수/정요철/정운호, 무인항공 시스템 데이터링크 기술 동향 및 성능분석, 한국항공학회 논문지 (2016) Vol. 20; no. 4; pp. 329 - 335
- [2] 정종문, 영상정보용 공용데이터링크 표준화 발전방향, 한국통신학회지(정보와통신) (2011/03) Vol. 28; no. 4; pp. 41 - 50
- [3] 고정민 외 3명, “DDS 표준 기반 무인기 영상 데이터 전송연구”, 한국통신학회논문지 '10-11 Vol35 No.11
- [4] 강위필, 차세대 한국형 공용데이터링크 개발을 위한 국·내외 공용데이터링크 기술 동향 분석, 한국통신학회논문지 (2014/03) Vol. 39; no. 3; pp. 209 - 222
- [5] Flyod M. Gardner, “A BPSK/QPSK Timing-Error Detector for Sampled Receivers”. IEEE Trans. Comm., Vol. Com-34, No.5, May 1986
- [6] William Osborne, Brian Kopp, “Synchronization in M-PSK Modems”, IEEE, ICC 1992