

# 비행종단시스템 EFTS 방식 시뮬레이션 성능 분석

배영조\*, 한유수\*\*

한국항공우주연구원 나로우주센터 비행안전기술부  
e-mail: [yjbae@kari.re.kr](mailto:yjbae@kari.re.kr)\*, [yshan@kari.re.kr](mailto:yshan@kari.re.kr)\*\*

## Simulation Analysis of EFTS method for Flight Termination System

Young-Jo Bae\*, Yoo-Soo Han\*\*

Flight Safety Technology Division, NARO Space Center, Korea Aerospace Research Institute

### 요약

나로우주센터 비행종단시스템(GFTS)은 비행중인 발사체에 긴급 상황(궤도 이탈 등) 발생 시 비행종단 명령을 전송하여 비행을 안전하게 종료시키는 장비이다. 본 논문에서는 최근 다양한 국내의 발사체에서 적용이 증가하고 있는 미국 RCC의 새로운 표준인 EFTS 방식의 시뮬레이션 모델링 및 성능 분석 결과에 대하여 기술한다.

### 1. 서론

나로우주센터 지상국 비행종단시스템(GFTS: Ground-Flight Termination System)은 비행중인 발사체에 긴급 상황(궤도 이탈 등) 발생 시 비행종단 명령을 전송하여 비행을 안전하게 종료시키는 장비이다. 누리호(KSLV-II)에 사용된 방식은 미국 RCC(Range Commanders Council) 표준의 MHA 방식이었으나, EFTS 방식이라는 새로운 표준이 제정되어 최근 다양한 국내의 발사체에 적용되고 있다. 본 논문에서는 EFTS 방식에 대한 모델링 및 시뮬레이션 성능 분석 결과에 대하여 기술한다.

### 2. 본론

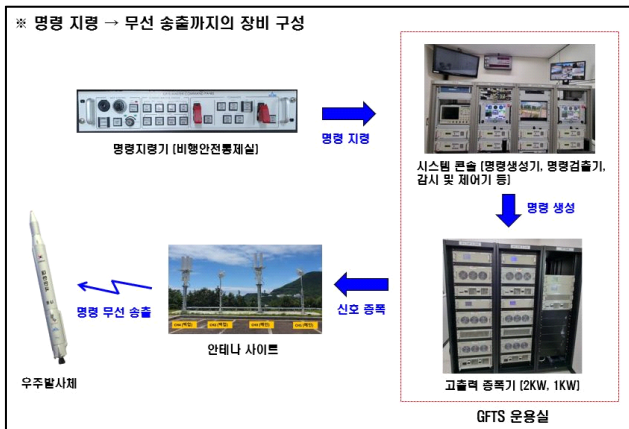
#### 2.1 지상국 비행종단시스템 개요

나로우주센터 비행종단시스템은 발사체에 비상 종료 명령을 전송하는 장비로 그림 1과 같이 명령지령기(MCP: Master

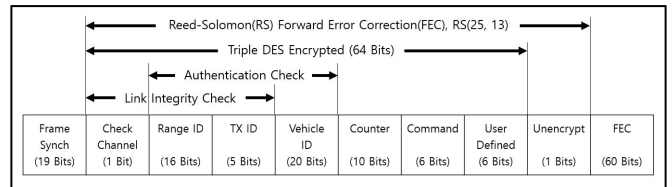
Command Panel), 명령생성기(EE: Encoder and Exciter), 명령검출기(VR: Verification Receiver), 고출력 증폭기(HPA: High Power Amplifier), 감시 및 제어기(MCS: Monitor and Control System), 안테나 등으로 구성된다. 최근 다양한 발사체에 적용되는 새로운 표준 방식을 지원할 수 있도록 다중 명령방식(EFTS 방식 포함) 시스템 시제품을 개발하고 있다.

#### 2.2 EFTS 방식 메시지 포맷

EFTS(Enhanced Flight Termination System) 방식은 아날로그 FM 변조를 사용하는 기존 표준 방식과 다르게 디지털 변조방식인 CPFSK(Continuous Phase Frequency Shift Keying)를 사용한다. 메시지 포맷은 그림 2와 같이 144 bits 디지털 프레임틀을 사용하며 명령 정보(Command), 발사장 정보(Range ID), 송신기 및 발사체 정보(Tx ID, Vehicle ID), Reed-Solomon FEC(Forward Error Correction) 인코딩 비트 등으로 구성된다.



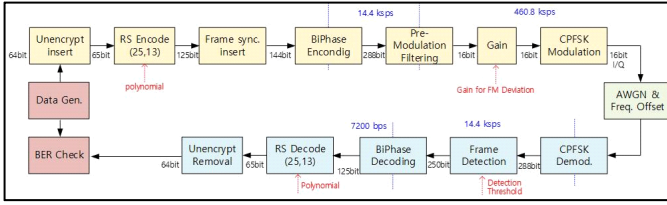
[그림 1] 지상국 비행종단시스템 구성



[그림 2] EFTS 방식 메시지 포맷 (144 bits Message) [1]

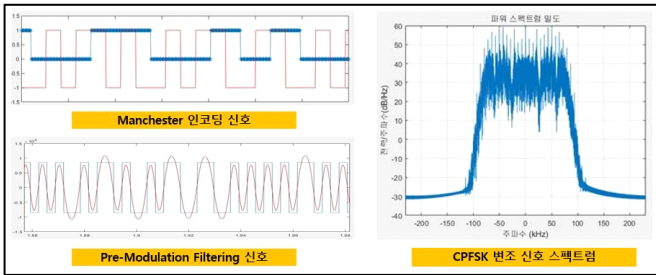
#### 2.3 EFTS 방식 변복조부 모델링

EFTS 방식의 시뮬레이션 성능 분석을 위하여 그림 3과 같이 변복조부를 모델링하였다. 변복조부는 명령 데이터를 생성하는 Data Generation 블록, Reed-Solomon 코드 인코딩



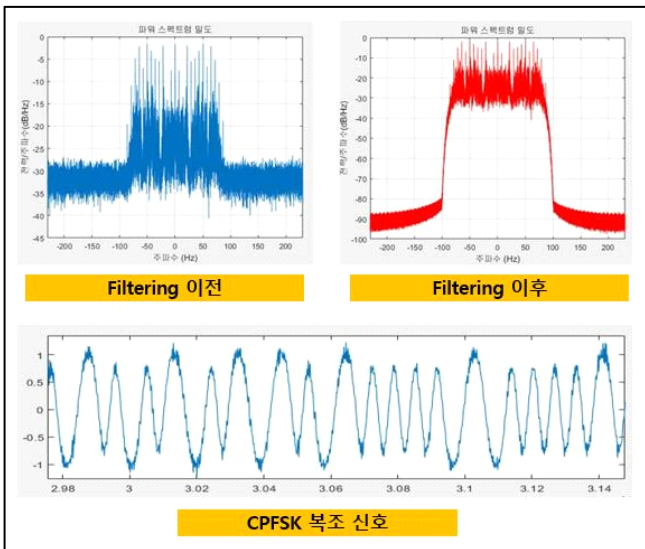
[그림 3] EFTS 방식 변복조부 모델링

(RS(25, 13), 5 bits symbol)을 위한 RS Encode 블록, Frame 동기화 비트(19 bits) 추가를 위한 Frame sync insert 블록, Manchester 코드 방식[2]으로 데이터를 인코딩하는 BiPhase Encoding 블록, 송출 신호의 대역을 제한하는 Pre-Modulation Filtering 블록, 디지털 CPFSK 방식으로 변조하는 CPFSK Modulation 블록 등으로 구성된다.



[그림 4] EFTS 방식 변조부 신호 시뮬레이션

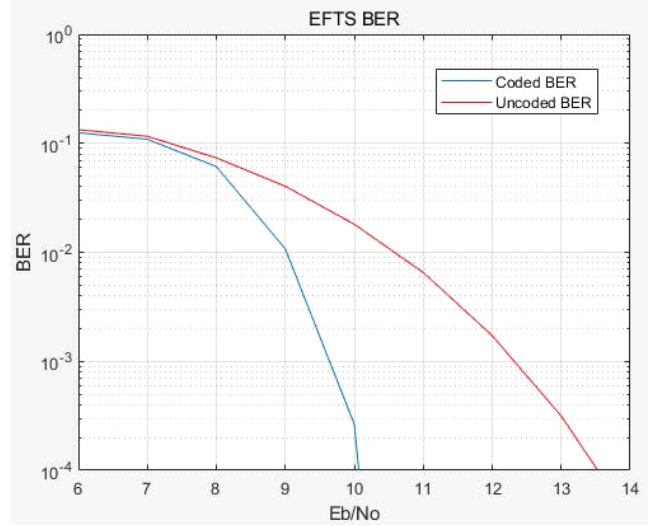
복조부는 EFTS 방식으로 변조된 신호를 복조하여 송출된 명령을 판독하는 기능을 수행하며, 대역 제한 필터링 및 CPFSK 복조를 수행하는 CPFSK Demodulation 블록, 메시지 프레임의 시작점을 검출하기 위한 Frame Detection 블록, Manchester 코드로부터 데이터를 추출하기 위한 BiPhase Decoding 블록, FEC 디코딩을 위한 RS Decode 블록, 최종적으로 Eb/No 대비 비트에러율(BER: Bit Error Rate)을 계산하기 위한 BER Check 블록 등으로 구성된다.



[그림 5] EFTS 방식 복조부 신호 시뮬레이션

## 2.4 시뮬레이션 결과

EFTS 방식의 성능 분석을 위해 신호 대 잡음비(Eb/No)에 따른 비트에러율(BER: Bit Error Rate)을 측정하였고, RS 채널 코딩 적용 유무에 따라 각각 측정하였다. 시뮬레이션 수행 결과는 그림 6과 같다.



[그림 6] Eb/No vs. 비트에러율(BER)

BER 성능 분석 결과 RS 채널 코딩된(Coded) BER이 Uncoded BER에 비해  $10^{-4}$  기준에서 약 3.5dB 성능이 우수한 것으로 나타났고, Eb/No이 약 11dB 이상일 때 Coded BER이 0을 만족함을 확인하였다.

## 3. 결론

본 논문에서는 미국 RCC 표준인 EFTS 방식의 시뮬레이션 모델링 및 성능 분석 결과를 기술하였다. 향후에는 EFTS 방식 송수신기 하드웨어를 개발하여 본 논문의 이론적인 분석 결과와 비교 및 성능을 확인할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] “Enhanced Flight Termination System Study Phase I - IV Reports”, Range Commanders Council Range Safety Group, USA, SPECIAL REPORT RS-38, 2002.
- [2] Sklar, “Digital Communications - Fundamentals and Applications”, Prentice Hall, 2001.