

# 간섭신호가 EFTS의 성능에 미치는 영향

강상기\*

## Effects of Interference Signals on the Performance of EFTS

Sanggee Kang\*

### 요 약

무선통신 시스템은 동일채널 또는 인접채널에서 동작하는 무선 송신기에 의해서 간섭을 받는다. 때문에 새로운 서비스를 도입할 경우에는 도입하는 시스템과 기존 시스템 상호 간에 미치는 간섭분석을 통해서 서로 공존할 수 있는 기술기준을 마련해야 한다. FTS(Flight Termination System)는 공공의 안전을 보장하고 발사체의 비정상적인 임무수행을 막기 위해서 사용된다. 최근에는 보안성을 높이고 여러 발사체나 비행체에서 동시에 운용할 수 있는 차세대 FTS에 대한 연구가 진행 중이며, EFTS(Enhanced FTS)는 이러한 목적에 적합하다. 본 논문에서는 간섭신호가 EFTS의 성능에 미치는 영향을 분석하였다. EFTS의 변조방식으로는 비동기 DPSK(Differential PSK)와 비동기 CPFSK(Continuous Phase FSK)를 고려하였고, 간섭원으로는 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 신호와 펄스레이더를 고려하였다. 간섭원의 전력은 FMCW의 경우 원신호보다 20.3dB가 작고, 펄스레이더의 경우에는 원신호보다 19.1dB가 작은 것으로 설정하고 간섭 영향을 시뮬레이션하였으며, 시뮬레이션 결과 FMCW 간섭의 경우  $E_b/N_0$ 가 1dB 정도 악화되었고, 펄스레이더 간섭 신호의 경우  $E_b/N_0$ 가 약 0.5dB 악화되었다.

**Key Words** : Interference, FTS(Flight Termination System), EFTS(Enhanced FTS), DPSK, CPFSK, FMCW, Pulse RADAR

### ABSTRACT

A radio communication system has interference caused by other radio transmitters operated in co-channel or adjacent channels. Therefore technical specifications are made by considering and investigating the effects of interference between the new system and present systems when the new system will be started to serve in the near future.

FTS is used for preventing an abnormal mission and guaranteeing public protection. Recently the next generation FTS's are researched to reinforce the security and to increase the operating capability of simultaneous use. EFTS known as one of the next generation FTS's is suitable for such purposes. In this paper the effects of interference signals on the performance of EFTS are investigated. Noncoherent DPSK and noncoherent CPFSK are considered for the modulation method of EFTS and a FMCW and a pulse RADAR considered as a interferer. The power of FMCW is 20.3dB lower than the power of EFTS and the power of pulse RADAR is 19.1dB lower than that of EFTS. Simulation results show that FMCW interferer reduce  $E_b/N_0$  of about 1dB and  $E_b/N_0$  of EFTS deteriorates about 0.5dB due to interference signals generated from pulse RADAR.

## I. 서 론

FTS는 공공의 안전과 발사체(또는 비행체)의 비정상적인 임무수행을 막기 위해서 사용되는 시스템이다. 대표적인 FTS 방식에는 Standard 톤, Secure 톤, MHA(Modified High Alphabet), EFTS 그리고 SS(Spread Spectrum)가 있고, 이 중에서 EFTS와 SS는 디지털 방식의 FTS이다[1]. 미국은 우리나라와 마찬가지로 톤 방식의 FTS를 운용했으나, 보안과 동시 운용 상의 문제점 때문에 EFTS로 교체해서 운

용중에 있으며, EFTS의 변조 방식으로는 CPFSK를 이용하고 있다[2,3].

그림 1은 EFTS 송수신기의 구성도이다. EFTS에서는 우선 전송하려는 메시지를 암호화한다. 암호화된 메시지는 채널 코딩, 코드 동기화를 위한 베이커코드 삽입, 변조, 파형 정형, 주파수 상향, 전력증폭 과정을 거친 다음에 대역통과여파기를 통해서 송신된다. EFTS의 메시지 구성은 그림 2와 같으며, 메시지는 총 65개의 비트로 구성되고, range ID, Tx ID, 이동체 ID, 명령 등으로 구성되기 때문에 다수의 발사체

\*군산대학교 정보통신공학과 무선기술연구소(skkgang@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2014년 7월 15일, 수정완료일자 : 2014년 8월 1일, 최종 게재확정일자 : 2014년 8월 18일

나 비행체에서 동시에 운용할 수 있다. 미국의 경우 EFTS의 데이터율은 7.2kbps이다[4].

EFTS에 적용이 가능한 변조 방식으로는 비동기 BFSK, 동기 BPSK, 비동기 DPSK, 동기 CPFSK 및 비동기 CPFSK 변조 방식 등을 고려할 수 있으나, 발사체의 지구 탈출 속도를 견디면서 수신기가 원하는 성능을 유지하기 위해서는 비동기 방식을 적용해야 한다. 더불어 전송효율을 고려하면, 변조 방식으로는 비동기 DPSK와 비동기 CPFSK가 EFTS에 적용가능한 변조방식이다[4,5,6,7,8].

현재 우리나라는 Standard 톤 방식의 FTS를 사용하고 있으나, 차세대 FTS로 방식을 변경하기 위한 연구를 진행 중에 있고, EFTS는 차세대 FTS 중의 한 가지 방식이다[1,2]. EFTS와 동일한 주파수 대역 또는 인접 주파수 대역에서 동작하는 무선통신기들은 모두 EFTS에 간섭원으로 작용할 수 있다. 따라서 간섭신호의 영향을 검토할 필요가 있으며, EFTS의 적합 여부를 검토하기 위한 절차 중의 하나로 기존의 시스템들이 EFTS에 미치는 간섭영향을 검토해야 한다. 본 논문에서는 타 FTS와 레이더 신호가 비동기 DPSK 또는 비동기 CPFSK 변조방식을 사용하는 EFTS에 미치는 간섭영향을 시뮬레이션하고 분석하였다.

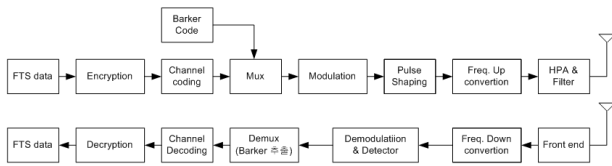


그림 1. EFTS의 송수신기 구성도

Check Channel (1 Bit)	Range ID (16 Bits)	TX ID (4 Bits)	Vehicle ID (20 Bits)	Counter (12 Bits)	Command (6 Bits)	User Defined (5 Bits)	Spare (1 bit)
← Triple DES Encrypted →							

그림 2. EFTS 메시지 형식

## II. EFTS에 대한 간섭 영향 시뮬레이션

### 1. 간섭분석 과정

본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 간섭분석을 수행하였다.

- 1) 간섭이 없는 환경에서 변조방식의 이론적인 BER을 계산하고 모델링한 시스템의 시뮬레이션 결과와 동일한 성능을 갖는지 확인
- 2) FMCW 간섭신호 또는 펄스레이더 간섭신호에 의해서 BER 성능이 악화되는 간섭신호의 전력계산
- 3) 잠재적인 간섭신호가 발생 가능한 지역에 간섭원이 있다고 가정하고, 이 간섭원과 발사체 사이의 거리를 고려해서 잠재적인 간섭신호의 출력전력 계산

4) 과정 2)와 동일한 간섭신호가 존재할 때, 채널 코딩에 따른 간섭신호의 영향 계산

시뮬레이션 과정은 그림 3과 같고, 간섭분석에서 가정된 간섭원의 주요 특성은 표 1과 같다. 간섭원으로는 타 FTS 시스템과 펄스레이더를 고려하였고, 간섭원은 일본, 대만, 필리핀에 설치된 시스템을 간섭원으로 가정하였다.

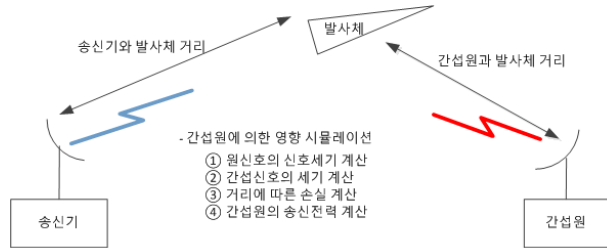


그림 3. 간섭분석 과정

### 2. 간섭 시뮬레이션

간섭 시뮬레이션에서는 송신기의 주파수를 433MHz로 설정하고 간섭원의 주파수를 동일채널인 433MHz 만을 고려하였는데, 그 이유는 동일채널 간섭이 인접채널 간섭보다 간섭영향이 더 크기 때문이다. 그림 4와 그림 5는 각각 AWGN 환경에서 채널코딩에 따른 비동기 DPSK와 비동기 CPFSK의 BER 성능을 시뮬레이션한 결과이다[5,9]. 시뮬레이션 결과로부터 비동기 DPSK는 컨볼루션 코딩과 RS 코딩이 BCH 코딩 보다 성능이 우수하며, 컨볼루션 코딩과 RS 코딩의 경우  $E_b/N_0$ 가 6~7dB 이면,  $BER \approx 10^{-6}$  을 유지한다. 비동기 CPFSK에서는 세 가지 코딩이 모두  $E_b/N_0$ 가 9~10dB 이면,  $BER \approx 10^{-6}$  을 유지하는 것으로 시뮬레이션되었다.

그림 6 ~ 그림 9에는 간섭원의 영향을 시뮬레이션한 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 과정에서 간섭원의 전력은 FMCW의 경우 원신호보다 20.3dB가 작고, 펄스레이더의 경우에는 원신호보다 19.1dB가 작은 것으로 설정하였는데, 이 값들은 시뮬레이션 과정에서 임의로 설정한 값이나, 이 값을 기준으로 간섭 영향을 예측할 수 있다. 간섭신호가 비동기 DPSK에 미치는 영향은 그림 4와 그림 6, 7을 비교해 봄으로써 알 수 있다. 이들 시뮬레이션 결과로부터 FMCW 간섭의 경우  $E_b/N_0$ 가 1dB 정도 악화됨을 알 수 있고, 펄스레이더 간섭 신호의 경우  $E_b/N_0$ 가 약 0.5dB 악화됨을 알 수 있다. FMCW 간섭신호가 펄스레이더 간섭신호 보다 전력이 작아도 간섭 영향이 큰 이유는 펄스레이더의 경우 듀티(duty)가 작기 때문에 실제 간섭유�효전력은 줄어들기 때문이다. 비동기 CPFSK에 대한 간섭영향은 그림 5와 그림 8, 9를 비교해 봄으로써 알 수 있는데 비동기 CPFSK에 대한 간섭영향은 비동기 DPSK와 유사한 결과를 보인다. 표 2에는 간섭원이 비동기 DPSK와 비동기 CPFSK에 미치는 영향을 요약해서 나타내었다.

발사체의 이동 경로에 따른 송신기와 발사체, 간섭원과 발

사체의 거리로부터 표 2에 요약한 것과 같은 간섭 영향을 주는 간섭원의 전력을 계산할 수 있으며, 표 3에는 계산 결과를 정리해서 나타내었다. 표 3의 간섭원의 예상 출력은 실제 운용 가능한 출력 전력이기 때문에 링크 계산 시에 간섭의 영향을 포함시키는 것이 바람직하다.

표 1. 간섭원의 주요 특성

간섭원	변조 방식	간섭원 주파수	간섭원의 위치
FMCW	- FM 변조 - IRIG 3 톤 - 주파수편이: ± 30kHz	433MHz	290km, 320km, 760km, 870km
레이더	- 펄스 변조 - 펄스폭: 0.5usec - 펄스주기: 0.4msec	433MHz	290km, 320km, 760km, 870km

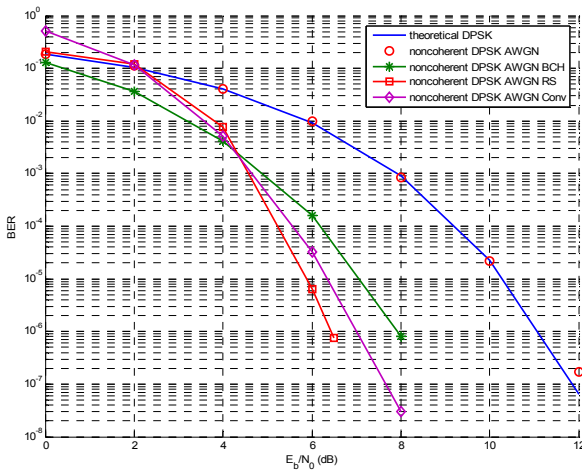


그림 4. 채널코딩에 따른 비동기 DPSK의 BER(AWGN 환경)

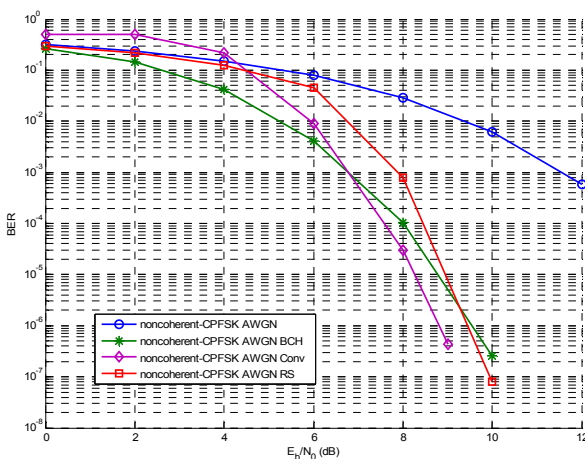


그림 5. 채널코딩에 따른 비동기 CPFSK의 BER(AWGN 환경)

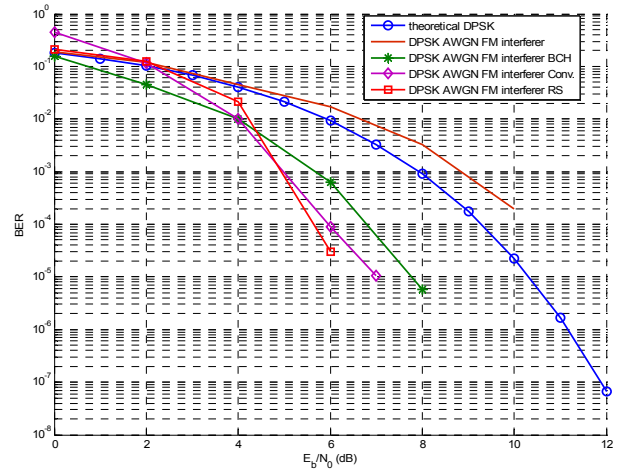


그림 6. FMCW 간섭원이 DPSK에 미치는 영향 (원신호와 간섭신호의 전력비: 20.3dB)

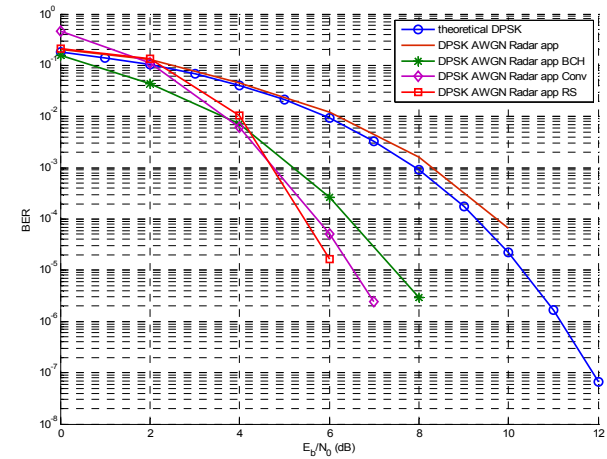


그림 7. 레이더 간섭원이 DPSK에 미치는 영향 (원신호와 간섭신호의 전력비: 19.1dB)

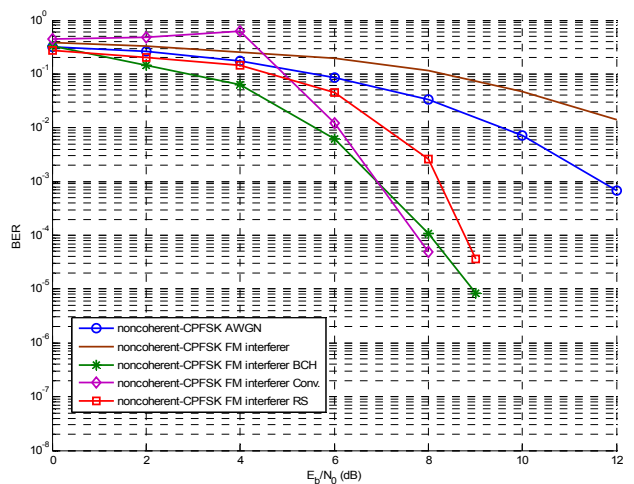


그림 8. FMCW 간섭원이 CPFSK에 미치는 영향 (원신호와 간섭신호의 전력비: 20.3dB)

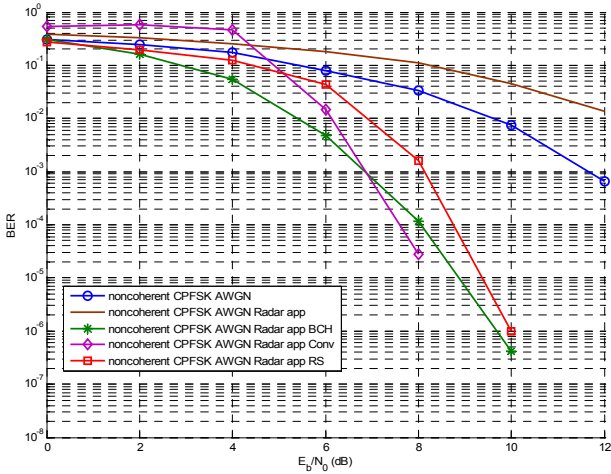


그림 9. 레이더 간섭원이 CPFSK에 미치는 영향 (원신호와 간섭신호의 전력비: 19.1dB)

표 2. 간섭원이 BER 성능에 미치는 영향

변조방식	간섭에 의한 영향	
	FMCW (원신호대비전력 -20.3dB)	펄스 레이더 (원신호대비전력 -19.1dB)
비동기 DPSK	≈ 1dB $E_b/N_0$ 악화됨	≈ 0.5dB $E_b/N_0$ 악화됨
비동기 CPFSK	≈ 1dB $E_b/N_0$ 악화됨	≈ 0.5dB $E_b/N_0$ 악화됨

표 3. 잠재적 간섭원의 예상 출력 전력

간섭원	예상출력전력		송신기와 발사체 사이의 거리	간섭원과 발사체 사이의 거리	
	채널1 (dBm)	채널2 (dBm)			
FMCW	50.7	52.7	- 규슈 남서쪽 450km	- 규슈 남서쪽 320km	
	43.7	45.7	- 오키나와 920km	- 오키나와 290km	
	50.5	52.5	- 대만 1,100km	- 대만 760km	
	48.4	50.4	- 필리핀 동북쪽 1,600km	- 필리핀 동북쪽 870km	
레이더	평균	51.9	53.9	- 규슈 남서쪽 450km(-138.24dB)	- 규슈 남서쪽 320km(-135.27dB)
	첨두	81.1	83.1		
	평균	44.9	46.9	- 오키나와 920km (-144.45dB)	- 오키나와 290km (-134.42dB)
	첨두	74.1	76.1		
	평균	51.7	53.7	- 대만 1,100km (-146.0dB)	- 대만 760km (-142.79dB)
	첨두	80.9	82.9		
레이더	평균	49.6	51.6	- 필리핀 동북쪽 1,600km (-149.25dB)	- 필리핀 동북쪽 870km (-143.96dB)
	첨두	78.8	80.8		

#### IV. 결 론

논문에서는 EFTS의 변조 방식으로 적용 가능한 비동기 DPSK와 비동기 CPFSK에 대한 간섭영향을 분석하였으며, 간섭원으로는 FMCW와 펄스레이더를 고려하였다. 간섭원의 전력은 FMCW의 경우 원신호보다 20.3dB가 작고, 펄스

레이더의 경우에는 원신호보다 19.1dB가 작은 것으로 설정하고 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 두 가지 변조 방식 모두 FMCW 간섭의 경우  $E_b/N_0$ 가 1dB 정도 악화되었고, 펄스레이더 간섭 신호의 경우  $E_b/N_0$ 가 약 0.5dB 악화되었다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 간섭원의 전력을 계산하였으며, 계산된 간섭원의 전력은 운용 가능한 전력이므로 FTS 링크 계산시 간섭의 영향을 고려하는 것이 바람직하며, 본 논문에서 분석한 간섭 영향은 차세대 FTS 구현을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 황수설, 임유철, 이재득, 이재덕, "외국발사체의 FTS (flight termination system) 명령방식 검토," 통신위성우주산업학회 논문지, 제32권 6호, pp. 148-152, 2004.
- [2] 배영조, 오창열, 이효근, "미국의 차세대 비행중단시스템 표준화 동향," 항공우주산업기술동향, 제8권 제1호, pp.86-95, 2010.
- [3] RCC RS-38, Enhanced Flight Termination System Study Phase I-IV Reports, Nov. 2002.
- [4] Jeff S. Vetter and Travis Cribbet, "The Design and Development of the Prototype Enhanced Flight Termination System," -, 2002.
- [5] 강상기, "변조방식과 채널코드에 따른 EFTS 성능 비교," 통신위성우주산업연구회논문지, 제8권 제2호, pp.94 - 98, 6월 2013.
- [6] RCC 119-06, Telemetry Applications Handbook, May 2006.
- [7] RCC 120-09, Telemetry Systems Radio Frequency Handbook, March 2008.
- [8] RCC 313-01, Test Standard for Flight Termination Receiver/Decoder, 2001.
- [9] Kanchan Mishra, CPFSK Demodulation Techniques, Indian Institute of Technology, Guwahati, May 2007.

#### 저자

##### 강 상 기(Sanggee Kang)



- 1988년: 단국대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년: 삼성반도체통신
- 1989년 ~ 1992년: 해군통신장교
- 1994년: 단국대학교 전자공학과(공학석사)

- 2004년: 충남대학교 전파공학과(공학박사)
- 1994년 ~ 2005년: 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2006년 ~ 2008년: 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2005년 ~ 현재: 군산대학교 정보통신공학과 부교수

<관심분야> : RF, M/W 부품 및 시스템