

Pulse LFM 탐지 레이더에 대한 LTE 다운링크 신호의 간섭영향 분석

강민수, 김형중, 김청섭

한국전자통신연구원

mksang@etri.re.kr, acekim@etri.re.kr, kcs@etri.re.kr

Analysis of LTE downlink signal interference effects on pulse-LFM detection radar

Kang Min Soo, Kim Hyung Jung, Kim Chung Sup

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요약

본 논문은 Pulse-LFM 신호를 사용하는 탐지레이더에 대하여 20MHz 대역폭을 갖는 동일 동작 주파수의 LTE 다운링크 신호가 간섭신호로 존재할 때 탐지레이더의 간섭 영향에 관한 것이다. LTE 신호의 크기가 $INR=-6dB$, $INR=-10dB$ 정도일 때를 분석하였으며, 분석결과는 간섭영향이 보통의 잡음 신호 수준의 간섭 영향이 있음을 보여주고 있다.

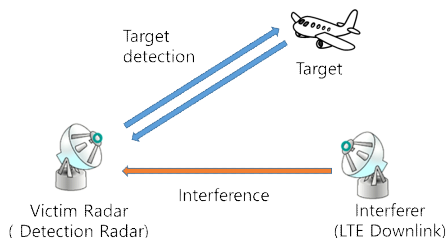
I. 서론

일반적으로 공공분야에서 사용되는 레이더는 독점적이고 배타적으로 주파수 자원을 이용해 왔으나, 지속적인 레이더 시스템 수요의 증가와 통신시스템의 수요 증가는 10GHz 미만의 전통적인 레이더 주파수 대역으로 주로 사용되는 스펙트럼 자원이 부족해지는 결과를 발생시키고 있다. 이를 해결하기 위한 하나의 방안으로, 레이더 시스템과 통신시스템의 주파수 자원 공동 사용에 대한 필요성이 증대되고 있다[1][2].

본 논문에서는 Pulse-LFM(Linear Frequency Modulation) 신호를 이용하는 탐지 레이더에 대하여 동일 동작 주파수 대역에 대하여 LTE 다운링크 신호가 간섭신호로 존재할 때 탐지레이더의 수신 성능 영향을 분석하므로써 간섭 영향을 확인하였다.

II. Pulse-LFM 레이더 신호에 대한 LTE 다운링크의 간섭영향

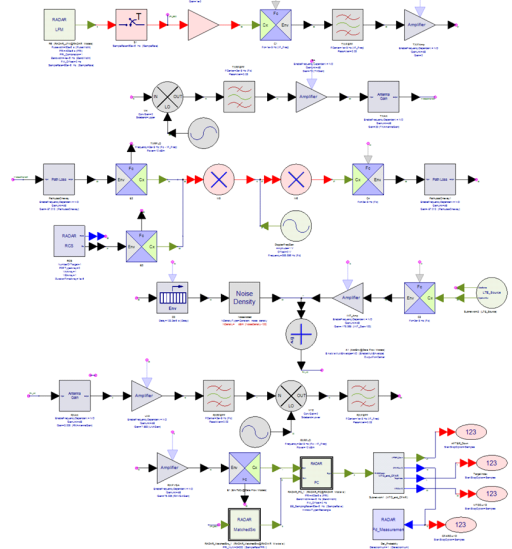
[그림 1]은 탐지 레이더와 LTE 다운링크간 간섭 영향 개념도를 표현한 것으로, 레이더의 송신 신호가 타겟에서 반사되어 수신된 신호로부터 타겟의 정보를 획득하기 때문에 신호의 세기는 거리의 4승으로 감소하며, LTE 간섭신호는 레이더에 단일 경로로 수신되기 때문에 거리의 2승으로 감소한다.



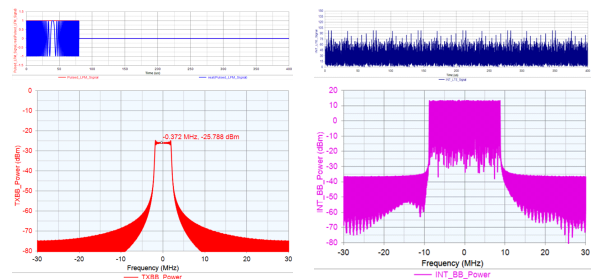
[그림 1] 탐지 레이더와 LTE 다운링크간 간섭영향 시나리오

[그림 2]는 탐지 레이더와 LTE 다운링크 사이의 간섭 영향을 분석하기 위한 모의실험 구조도를 나타내고 있다. 구조도는 송신 신호부, RCS(Radar Cross Section) 생성부, 잡음신호 생성부, 수신 신호부, DSP 신호 처리부 등으로 구성되어 있다.

호부, RCS(Radar Cross Section) 생성부, 잡음신호 생성부, 수신 신호부, DSP 신호 처리부 등으로 구성되어 있다.



[그림 2] 모의 실험 구조도

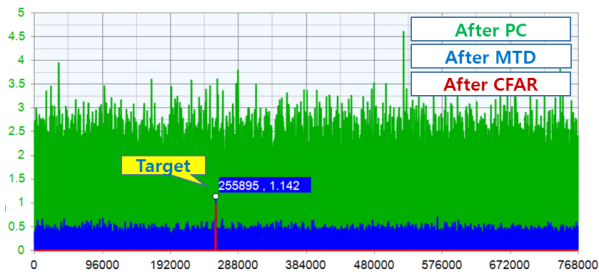


[그림 3] Pulse-LFM 레이더 신호 및 LTE 다운링크 신호 특성

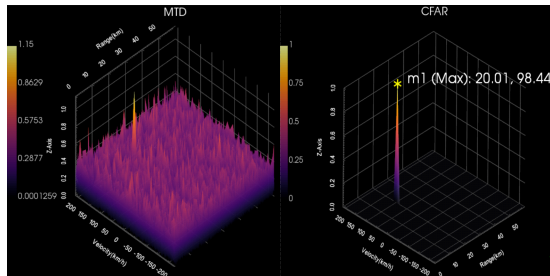
[그림 3]은 80us의 펄스폭과 400us의 PRI(Pulse Repetition Interval), 4MHz의 채널대역폭을 갖는 Pulse-LFM 레이더 신호와

PRI 시간동안 연속적인 신호를 갖는 대역폭 20MHz, SCS (SubCarrier Spacing) 15kHz, 16QAM, FDD 방식의 LTE 다운링크 신호의 시간 및 스펙트럼 특성을 보여주고 있다[3]. 두 시스템의 동작 중심주파수는 모두 3GHz로 동일한 동작 주파수를 갖는다.

타겟이 20km의 거리와 100km/h의 속도로 접근하는 경우에 대하여, SNR=-30dB, INR=-6dB의 조건에서 MTD(Moving Target Detection) 및 CFAR(Constant False Alarm Ratio)를 수행한 결과를 [그림 4],[그림 5]에 나타내었다. [그림 4]는 60MHz의 샘플링 주파수로 32개의 PRI 시간동안 총 768,000 bins 데이터에 대한 결과를 나타낸 것이고, [그림 5]는 거리방향으로 0~60km, 속도방향으로 ± 200 km/h 축을 갖는 Range-Doppler map에 탐지 결과를 표시한 것이다. 탐지 레이더는 Pulse-LFM 신호를 사용하였기 때문에 수신부의 정합필터에서 PC(Pulse Compression)이 이루어지고, 이 신호는 다시 MTD에서 도플러 영역에서 FFT를 수행하며, CFAR를 통해 타겟 탐지 여부를 결정하게 된다.

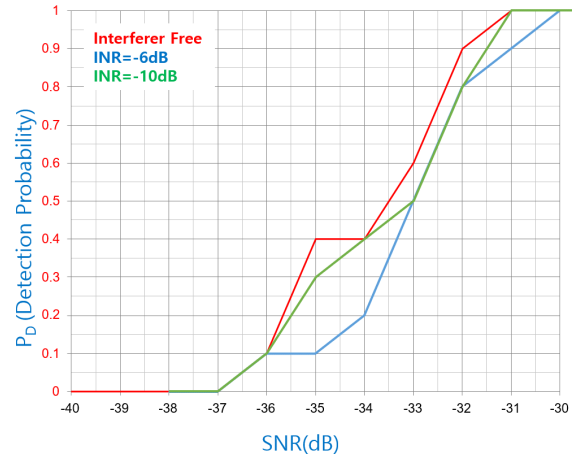


[그림 4] 수신 신호처리 결과



[그림 5] Range-Doppler map 결과

[그림 5]는 오탐지율(P_{FA} , Probability of False Alarm)이 10^{-6} 인 조건에서 LTE 다운링크의 특정 간섭량에 대하여 레이더의 SNR에 따른 탐지확률(P_D , Probability of Detection)에 대한 ROC(Receiver Operating Characteristic) 커브 특성을 보여주고 있다.



[그림 5] ROC 커브 특성

III. 결론

본 논문에서는 Pulse-LFM 신호를 사용하는 탐지 레이더에 대하여 동일 동작 주파수에서 LFM 다운링크 신호가 간섭신호로 존재할 때, 탐지 레이더에 대한 LTE 신호의 간섭영향을 분석하였다. 분석 결과, LTE 다운링크 신호는 레이더 수신단의 정합필터를 통과하면서 전 시간대역의 형태로 신호가 퍼지는 효과를 나타내기 때문에 잡음 신호와 유사한 간섭영향이 있음을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00024, 민군 공유주파수 환경 기반 적응형 간섭저감 기술개발)

참고 문헌

- [1] NTIA, "3.5 GHz Exclusion Zone Analyses and Methodology", TR 15-517, 2015.
- [2] "Advanced Dynamic Spectrum Sharing Demonstration in the National Spectrum Strategy", 2024, (www.ntia.gov)
- [3] 3GPP TS 36.211