

전자전 수신기 보정 방안

류하승

LIG 넥스원

haseung.ryu@lignex1.com

Calibration method for electronic warfare receiver

Ha-seung Ryu

LIG Nex1

요약

본 논문에서는 미약 신호 수신을 위한 광대역 전자전 수신기의 이득 및 위상 보정 방안을 제시한다. 광대역의 신호를 처리해야 하는 전자전 수신기는 신호의 왜곡을 줄이고, 수신감도를 확보하기 위해 이득 보정과 위상 보정 과정이 필수적이다. 이득 보정을 통해 보정 전 이득편차도가 ± 3.5 dB 이하에서 ± 1 dB 이하로 개선됨을 확인하였으며, 위상 보정을 통해 보정 전 기준 값과 위상 차이가 17.5 ps 이하에서 1.5 ps 이하로 개선됨을 확인하였다.

I. 서론

전자전(Electronic warfare)은 전자기 스펙트럼을 사용하여 적의 위협에 대응하고 적을 공격하는 전장환경이다. 최신 레이더 위협은 전자전 장비가 신호를 수신하여 식별하기 어렵게 하기 위해서 낮은 송신 출력과 복잡한 변조 방식을 가지는 저피탐(Low probability of intercept) 기술을 적용하고 있다.

식별되지 않은 다양한 위협환경에 대응해야 하는 전자전 수신기는 광대역의 신호를 처리해야 한다. 이를 위해 전자전 수신기는 신호의 왜곡을 줄이고, 수신감도를 확보하기 위해 이득보정과 위상보정을 하는 과정은 필수적이다.

본 논문에서는 미약신호 수신을 위한 광대역 전자전 수신기의 이득 보정과 위상 보정 방안을 제시한다.

II. 본론

설계된 전자전 수신기는 64개의 안테나소자를 8×8 배열로 구성된 면배열안테나조립체를 보유하고 있다. 면배열안테나조립체를 통해 수신된 RF 신호는 면배열전단증폭기에서 저잡음 증폭되고, 빔포밍을 위한 시간 지연 및 감쇠를 수행한 후 신호가 4개씩 통합되어 16개의 출력단자를 통해 면배열주파수변환기로 전달된다. 면배열주파수변환기에서는 전달된 RF 신호가 처리가 가능한 IF 신호로 변환되어 디지털 신호처리를 수행하는 신호분석기로 전달된다 [1].

설계된 전자전 수신기는 다기능집적회로(Multi Function Chip, MFC)에 있는 True Time Delay(TTD)와 가변 Attenuator를 사용하여 이득보정과 위상보정을 수행한다 [2].

이득보정을 수행하기 위해서는 먼저 이득 평탄화를 수행하기 위한 목표 이득 값을 선정한 뒤 각 주파수별로 MFC를 사용하여 이득을 제어할 때 이득 값을 측정한다. 마지막으로 측정된 값 중 목표 이득 값보다 큰 값 중 가장 근사한 값으로 보정테이블을 생성한다.

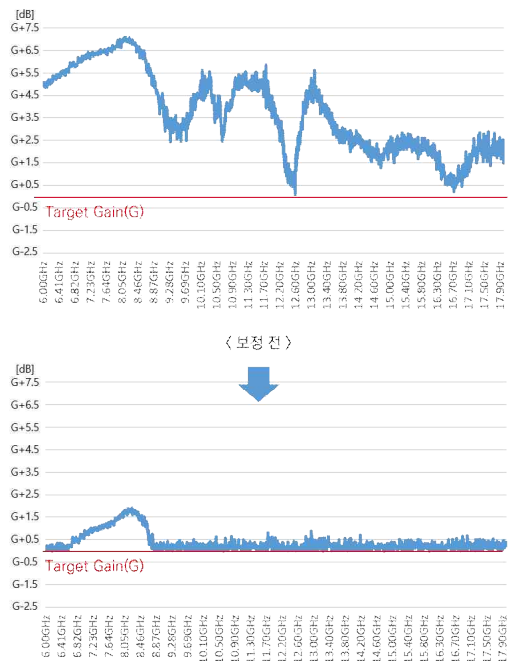


그림 1 이득 보정 결과

그림 1과 같이 이득 보정을 수행한 결과 보정 전 이득편차도가 ± 3.5 dB 이하에서 ± 1 dB 이하로 개선됨을 확인하였다 [3].

위상보정을 수행하기 위해서는 이득 제어에 따른 위상 오차 검토가 선행되어야 한다.

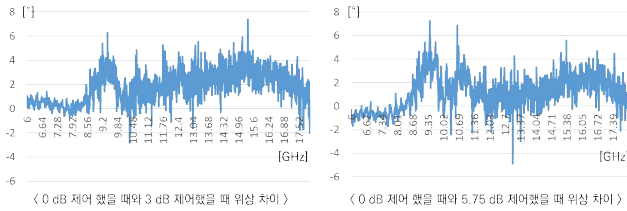


그림 2 이득 제어에 따른 위상 오차

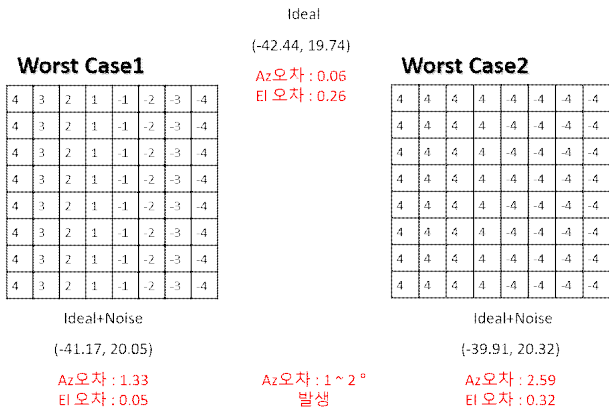


그림 3 TTD 오차에 따른 빔조향 시뮬레이션

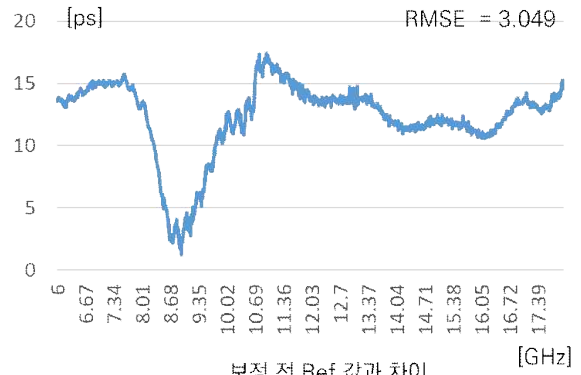
그림 2과 같이 이득을 제어함에 따라 위상이 4° ~ 6°, 즉 3 ps 이내의 오차가 발생함을 확인할 수 있었다. 그림 3은 위상오차에 따른 빔조향 오차를 확인하기 위해 의도적으로 TTD 오차를 부여하여 빔조향 시뮬레이션을 진행한 결과를 나타낸다. 이를 통해 위상 보정을 진행할 때 이득제어에 따른 오차가 시스템에 영향을 주지 않을 것으로 판단하였으며, 이득 제어 없이 위상보정을 수행했다.

위상보정을 수행하기 위해서는 먼저 위상을 일정하게 맞추기 위한 기준값을 선정할 뒤, 각 주파수별로 TTD를 제어할 때 위상값을 측정한다. 측정값은 설정한 기준값 차이를 계산한 후 가장 근사한 값으로 보정테이블을 생성한다.

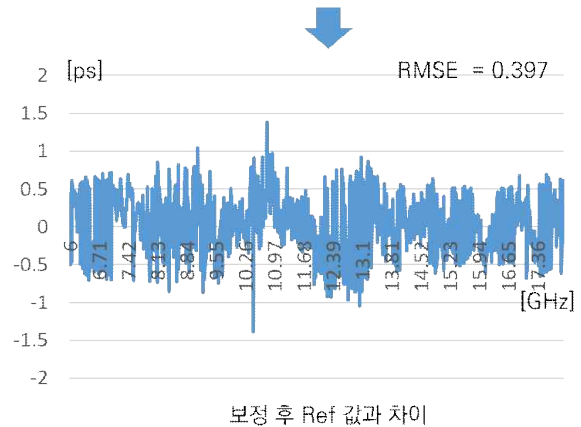
그림 4과 같이 위상 보정을 수행한 결과 보정 전 기준값과 위상 차이가 17.5 ps 이하에서 1.5 ps 이하로 개선됨을 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서는 미약 신호 수신을 위한 광대역 전자전 수신기의 이득 및 위상 보정 방안을 제시하였다. 이득 보정을 통해 보정 전 이득편타도가 ±3.5 dB 이하에서 ±1 dB 이하로 개선됨을 확인하였다. 또한 위상 보정을 통해 보정 전 기준값과 위상 차이가 17.5 ps 이하에서 1.5 ps 이하로 개선됨을 확인하였다. 이를 통해 향후 개발되는 전자전 수신기 보정에 활용 가능할 것으로 기대된다.



보정 전 Ref 값과 차이



보정 후 Ref 값과 차이

그림 4 위상 보정 결과

참고 문헌

- [1] Jae-Duk Kim et al., "Development of Wide-Band Planar Active Array Antenna System for Electronic Warfare," The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 30, no. 6, pp. 467~478, Jun. 2019.
- [2] Jin-Cheol Jeong et al., "A 6 - 18-GHz GaAs Multifunction Chip With 8-bit, True Time Delay and 7-bit Amplitude Control," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 66, no. 5, pp. 2220~2230 May. 2018.
- [3] In-Seon Kim Jang-Pyo Kim, "Implementation of UWB Frequency Generator with Excellent Output Flatness", Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol.14, no. 6, pp. 114 4~1150, December. 2011.