

잡음 재밍 신호에 강인한 광대역 모노펄스 레이더 시스템 설계 및 응답 특성 분석

신보훈¹⁾ · 양해준¹⁾ · 김창열¹⁾ · 박소령²⁾ · 노상욱³⁾ · 남일구^{*,1)}

¹⁾ 부산대학교 전기컴퓨터공학부

²⁾ 가톨릭대학교 정보통신전자공학부

³⁾ 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부

Design and Response Analysis of Wideband Monopulse Radar System Robust to Noise Jamming Signal

Bohun Shin¹⁾ · Haejoon Yang¹⁾ · Changyeol Kim¹⁾ · Soryoung Park²⁾ · Sanguk Noh³⁾ · Ilku Nam^{*,1)}

¹⁾ School of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Korea

²⁾ School of Information, Communications, and Electronics Engineering, The Catholic University of Korea, Korea

³⁾ School of Computer Science and Information Engineering, The Catholic University of Korea, Korea

(Received 17 August 2017 / Revised 4 December 2017 / Accepted 26 January 2018)

ABSTRACT

In this paper, the wideband mono-pulse radar using AGC and limiter is designed. The output response characteristics of the mono-pulse radar using AGC and limiter are analyzed, respectively. In addition, the output response for jamming input signals is analyzed. The range tracking loop in the mono-pulse radar has robust output response to the noise jamming input signal. Although the output settling response of the AGC-based mono-pulse radar is larger than that of the limiter-based mono-pulse radar, the AGC-based mono-pulse radar has robustness to the noise jamming input signal due to feedback loop.

Key Words : Monopulse Radar System(모노펄스 레이더 시스템), AGC(자동 이득 제어), Limiter(리미터), Range Tracking Loop(거리 추적 루프), Jamming(재밍)

1. 서론

전자전 수신기는 RF 위협체로부터 RF 신호를 수신하여 신호의 특성에 해당하는 변수를 추출한다. 추출

된 변수는 RF 위협체의 탐지 및 추적에 대한 특성을 포함하고 있다¹⁾. 이 추출된 신호의 변수를 이용해 역추정 하면 위협 시스템의 위치에 대한 정보를 얻을 수 있다. 그리고 이와 같은 정보는 아군의 생존율을 향상시킬 수 있기 때문에, 전자전 수신기가 추출된 변수를 이용하여 실제로 정확한 위치를 탐지할 수 있는지 대해서 하드웨어 관점에서의 응답특성 연구가 필

* Corresponding author, E-mail: nik@pusan.ac.kr

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

요하다.

본 논문에서는 하드웨어 설계 툴을 사용하여 모노펄스 레이더 시스템 중에서 추출된 신호의 변수 중 거리변수를 이용하여 위협체의 위치를 탐지 할 수 있는 거리 추적 루프를 설계하여 그 응답특성을 분석하고, 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 시스템과 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 시스템을 설계하여 잡음 재밍 신호에 대한 응답 특성을 분석하도록 한다.

2. 본 론

모노펄스 레이더 시스템은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 하향 주파수 혼합기 뒷단은 거리 추적 루프, 각도 추적 루프, 자동 이득 제어기로 구성된다. 본 논문에서는 모노펄스 레이더 시스템에서 위협체로부터 수신한 거리 변수를 이용해 위협체의 거리를 추적하는 거리 추적 루프와 각도 변수인 방위각과 고도를 추출하기 위해 수신된 신호를 크기를 일정하게 유지시키는 자동 이득 제어기를 설계하여 그 응답 특성을 분석하고자 한다. 그리고 자동 이득 제어기 기반 및 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 시스템의 응답 특성을 비교한다^[2].

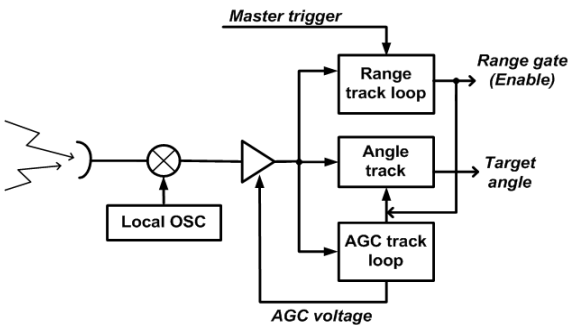


Fig. 1. Monopulse radar system^[3]

2.1 Range Tracking Loop 설계 및 응답특성 확인

거리 추적 루프는 위협체로부터 반사되어 돌아오는 거리 변수를 이용하여 거리를 추적하는 회로이다. 거리 추적 루프는 부 궤환 피드백을 이용하여 위협체로부터 반사되어 돌아오는 표적 신호와 거리 추적 루프에서 발생시키는 게이트 신호의 중앙지점을 같게 만들어 거리를 추적한다. Fig. 2는 일반적으로 사용하는

거리 추적 루프의 한 가지 유형으로 신호 판별기, 루프 필터, 거리 적분기, 램프(Ramp) 신호 발생기, 비교기 및 피드백 제어부로 구성된다^[3].

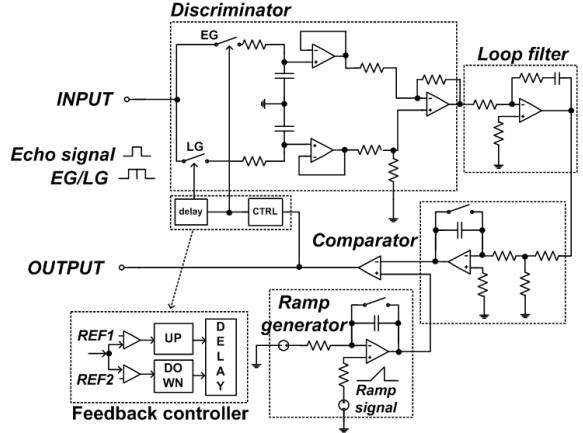


Fig. 2. Second-order type 2 range track loop

신호 판별기를 통해 표적 신호와 게이트 신호에 대한 오차 전압이 발생하고 루프 필터와 거리 적분기는 각각 속도 전압과 거리 전압을 출력한다^[3]. 루프 필터의 저항 값과 커패시터 값은 시스템 안정성을 높이기 위해 ζ 를 1에 가깝게 설정하였다. 이때 ζ 는 다음과 같은 수식에 의해 결정된다. ζ 는 시스템 감쇄비를 의미하고, 일반적으로 안정도의 척도로 사용한다. τ_{loop} 는 루프 필터의 시정수, K 는 거리 상수를 의미한다^[3].

$$\xi = \frac{\tau_{Loop}}{2} \cdot \sqrt{K / \tau_{Loop}} \quad (1)$$

램프 신호 발생기는 거리 전압과 비교하기 위한 신호를 생성한다. 비교기는 기준이 되는 램프 신호와 거리 적분기의 출력을 비교한 전압 값을 발생시키고 이 전압 값을 바탕으로 피드백 제어부가 게이트 신호와 표적 신호의 중앙 지점을 일치시키도록 동작한다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 만약 표적 신호와 게이트 신호의 중앙지점이 일치하지 않을 경우, 피드백 제어부에 의해서 지연 시간을 조절하여 게이트 신호의 위치를 조절하게 된다^[4]. 제안한 피드백 제어부는 비교기, UP 카운터와 DOWN 카운터, 지연 회로 및 논리 회로로 구성되어 표적 신호보다 게이트 신호의 중앙 지점이 앞에 있을 경우 UP 카운터가 동작하여 지연 시간을 증가시키고, 반대로 표적 신호보다 게이트

신호의 중간 지점이 뒤에 있을 경우 DOWN 카운터가 동작하여 지연 시간을 감소시켜 표적 신호와 게이트 신호의 중간 지점이 같게 되도록 한다.

Fig. 4는 설계한 전체 모노펄스 레이더 수신기의 각 항목의 이득(Gain)과 잡음 지수(NF)등의 링크 버짓(Link Budget)을 보여 주고 있다. 링크 버짓을 통해 Table 1과 같은 조건을 설정하여 키사이트 테크놀로지의 Advanced Design System(ADS) 설계 툴을 사용하여

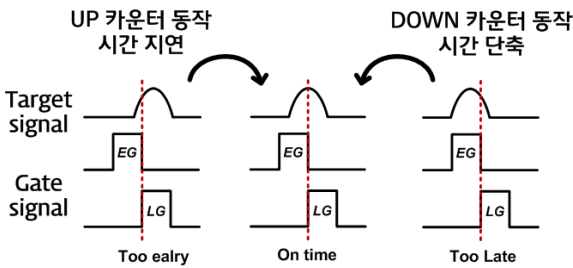


Fig. 3. Early gate/late gate timing diagram

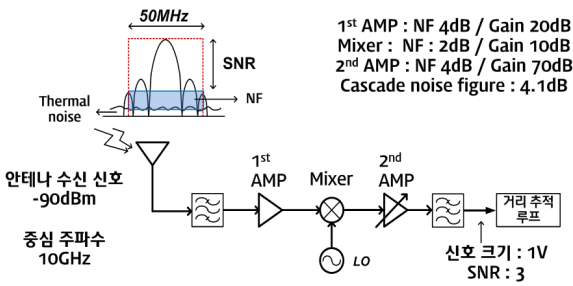
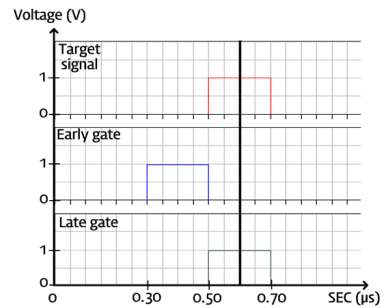


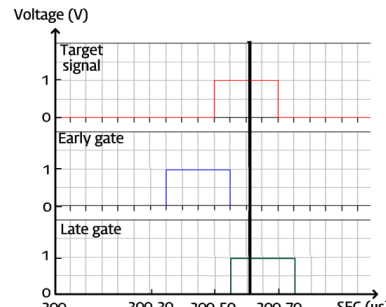
Fig. 4. Monopulse radar system architecture

Table 1. Simulation variable setting

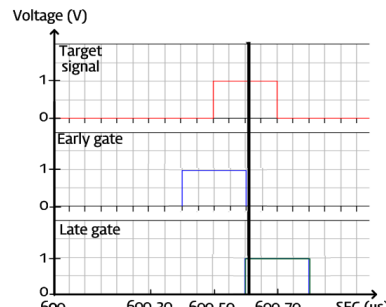
변수 설정 항목	설정 값
추적 최대 거리	55 km
수신기 입력 신호 크기	-90 dBm
수신기 전체 이득	100 dB
대역폭	50 MHz
최소 신호 대 잡음비(SNR)	3 dB
거리 추적 루프 입력 신호 크기	1 V
거리 추적 루프 입력 신호 펄스 폭	200 nsec
게이트 신호 펄스 폭	400 nsec
거리 추적 루프 입력 신호 주기	300 μ sec



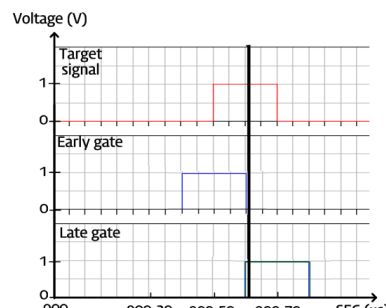
(a) 0 ~ 1 (μ sec)



(b) 300 ~ 301 (μ sec)

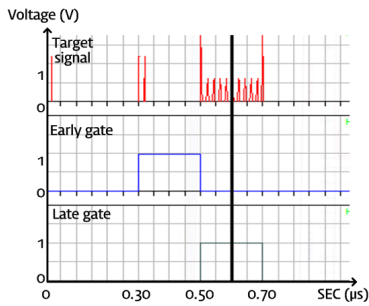


(c) 600 ~ 601 (μ sec)

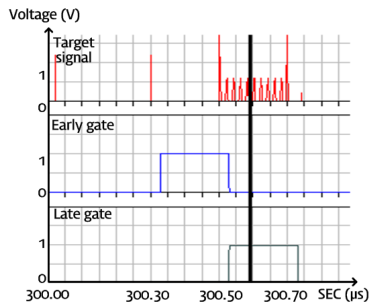


(d) 900 ~ 901 (μ sec)

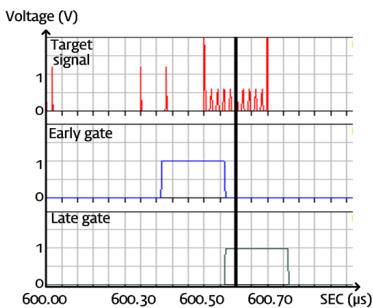
Fig. 5. Range tracking loop simulation results



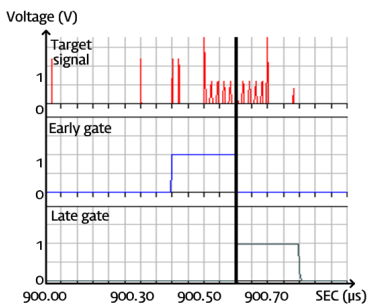
(a) 0 ~ 1 (μsec)



(b) 300 ~ 301 (μsec)



(c) 600 ~ 601 (μsec)



(d) 900 ~ 901 (μsec)

Fig. 6. Simulation results – range tracking loop with noise jamming

트랜젠트(Transient) 시뮬레이션을 진행하였다. 설계한 거리 추적 루프 회로에 임의로 표적 신호와 게이트 신호의 중간 지점을 어긋나게 설정한 신호를 입력하여 시뮬레이션을 한 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 3번의 주기 안에 표적 신호와 게이트 신호의 중간 지점이 같아지는 것을 확인함으로써 설계한 거리 추적 루프의 동작을 검증하였다.

설계한 거리 추적 루프의 재밍 신호에 대한 응답 특성을 분석하기 위해 입력 신호에 재밍 신호를 혼합하여 시뮬레이션을 실행하였다. 잡음 재밍 응답 시뮬레이션에서는 위협체로부터 반사되는 표적 신호의 크기와 비교하여 수신기의 신호 대 잡음비(SNR)을 만족하는 조건 안에서 잡음 재밍 신호의 크기를 설정하였다. 잡음 재밍 신호에 대한 거리 추적 루프의 응답 특성은 Fig. 6과 같다. 잡음 재밍 신호를 추가하였을 경우, Fig. 6에서 볼 수 있듯이 피드백 회로를 거쳐도 게이트 신호의 파형의 형태가 유지되며 거리 추적이 이루어지는 것을 알 수 있다. 이는 표적 신호에 잡음 성분이 끼어있지만 거리 추적 루프 내의 신호 관별기를 통해 잡음 재밍 신호가 감소하고 피드백 회로를 거치면서 게이트 신호와 중간 지점이 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 즉, Fig. 5와 같이 3번의 주기에 표적 신호와 게이트 신호의 중간 지점이 같아지는 것을 알 수 있다. 따라서 2차 거리 추적 루프는 잡음 재밍 신호에 강인한 특성을 갖는다^[6].

2.2 자동이득제어기와 진폭 제한기를 이용한 모노펄스 레이더 시스템의 응답특성 및 비교분석

Fig. 7과 같이 모노펄스 레이더는 A~D의 각 영역에서 수신된 신호를 이용하여 거리 변수 (Σ)와, 각도 변수인 방위각 (Δaz), 고도 (Δel)를 추출한다^[5]. 각도 변수 (Δ)에 대한 정보를 얻기 위해 수신된 합 신호의 크기를 일정한 수준으로 유지해야 한다^[5]. 이를 위한 방법으로 자동 이득 제어기와 진폭 제한기 회로를 사용할 수 있다. 자동 이득 제어기는 제어 신호에 따라 이득을 제어하여 출력을 일정한 크기를 유지시키는 회로이다. 진폭 제한기는 일정한 크기로 출력을 포화시키는 회로이다. Fig. 8(a)는 자동 이득 제어기 기반의 두 채널 모노펄스 레이더 수신기의 블록도를 보여주고 있고^[3], Fig. 8(b)는 자동 이득 제어기의 블록도를 보여 주고 있다. Fig. 8(b)에서 보는 바와 같이 입력 신호인 합 신호를 증폭단을 통해 출력한 결과를 포락선 추출기를 통해 진폭 크기를 추출하고 기준 전압과

비교하여 기준 전압보다 진폭 크기가 크게 되면 UP 카운터를 이용하여 증폭기의 이득을 증가시키고, 진폭 크기가 작게 되면 DOWN 카운터를 이용하여 증폭기의 이득을 감소하는 방법으로 자동 이득 제어기의 이득 제어가 이루어진다. 일반적으로 하향 주파수 혼합기의 국부 발진 신호는 200~500 mV정도의 크기를 갖도록 설계한다. Fig. 8(a)에서 볼 수 있듯이 합 신호가 두 번째 하향 주파수 혼합기의 국부 발진 신호로 사용되기 때문에 본 논문에서는 시뮬레이션에서 기준전압을 200 mV의 크기로 설정하였다.

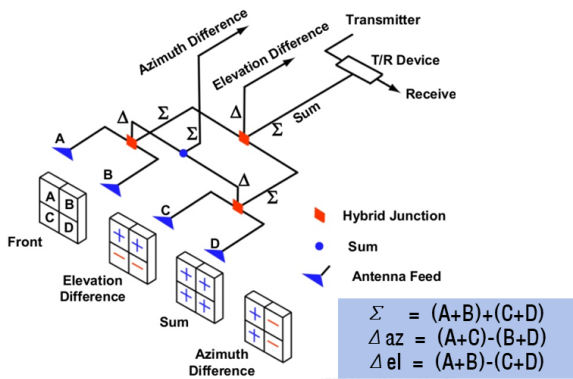


Fig. 7. Monopulse block diagram^[5]

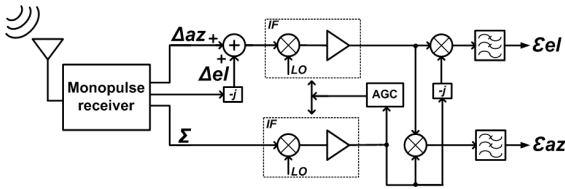


Fig. 8(a). Two channel monopulse radar system using AGC

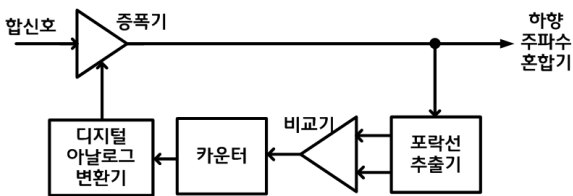


Fig. 8(b). AGC block diagram

Fig. 8(a)의 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 시스템에 입력되는 변수를 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 그 이유는 w_c 의 주파수를 가진 정현파 신호인 반송파

신호를 펄스에 곱한 신호가 안테나를 통해 들어오기 때문에 $\Sigma, \Delta az, \Delta el$ 신호를 $V_{\cos}(w_c t)$ 로 나타 낼 수 있다. 그 중 Δel 에 해당하는 신호를 90도 위상천이 시키기 때문에 el 신호만 $V_{\sin}(w_c t)$ 로 표현한다. 최종 출력은 식 (3)과 (4)로 정리할 수 있다. 이때, G_c 는 결합기의 이득, G_m 은 주파수 혼합기의 변환 이득, $\frac{V_{AGC}}{V_{\Sigma}}$ 는

자동 이득 제어기의 이득을 의미한다. 식 (3)-(4)에서 표적이 동일한 각도에 있더라도 표적의 거리에 따라 차 신호의 크기가 변하기 때문에 거리변수인 합 신호의 진폭을 차 신호의 진폭에 나누어주어야 한다. 이를 위해 이득이 위와 같은 자동 이득 제어기를 사용하는데, V_{AGC} 는 상수이고 V_{Σ} 는 합 신호의 크기이기 때문에 자동 이득 제어기의 이득을 차 신호의 크기에 곱함으로써 차 신호의 크기에 합 신호의 크기를 나누는 효과를 낼 수 있다. 그리고 출력되는 ϵ_{az} 와 ϵ_{el} 은 각각 방위각 오차, 고도 오차를 의미한다. 이때 주파수 성분을 제거할 수 있는 이유는 90도 각도차이가 나는 두 신호를 주파수 혼합기를 이용하여 혼합할 경우 0이 되고, 두 번째 하향 혼합기의 뒷단에 있는 저역 통과 필터에 의해 고주파 성분이 제거되기 때문이다.

$$\Delta az = V_{az} \cos \omega_c t, \Delta el = V_{el} \sin \omega_c t, \Sigma = V_{\Sigma} \cos \omega_c t \quad (2)$$

$$\epsilon_{az} = \frac{G_c G_m V_{AGC}}{V_{\Sigma}} (V_{az} \sin \omega_c t - V_{el} \cos \omega_c t) \sin \omega_c t$$

$$= \frac{V_{az}}{2 V_{\Sigma}} (G_c G_m V_{AGC}) \quad (3)$$

$$\epsilon_{el} = \frac{G_c G_m V_{AGC}}{V_{\Sigma}} (V_{az} \sin \omega_c t - V_{el} \cos \omega_c t) (-\cos \omega_c t)$$

$$= \frac{V_{el}}{2 V_{\Sigma}} (G_c G_m V_{AGC}) \quad (4)$$

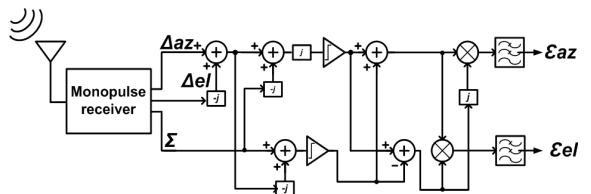


Fig. 9. Two channel monopulse radar system using limiter

Fig. 9의 진폭 제한기 기반의 모노펄스 구조는 충분한 이득을 가진 거리 변수를 방위각과 고도와 더한 후 진폭 제한기를 이용하여 일정한 크기로 출력한다^[3]. 식 (2)와 같은 입력에 대해 정리하면 출력 신호는 식 (5)와 (6)과 같이 정리할 수 있다.

$$\varepsilon_{az} = \frac{1}{V_{\Sigma}} (V_{az} \sin \omega_c t - V_{el} \cos \omega_c t) \sin \omega_c t = \frac{V_{az}}{2V_{\Sigma}} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{el} = \frac{1}{V_{\Sigma}} (V_{az} \sin \omega_c t - V_{el} \cos \omega_c t) (-\cos \omega_c t) = \frac{V_{el}}{2V_{\Sigma}} \quad (6)$$

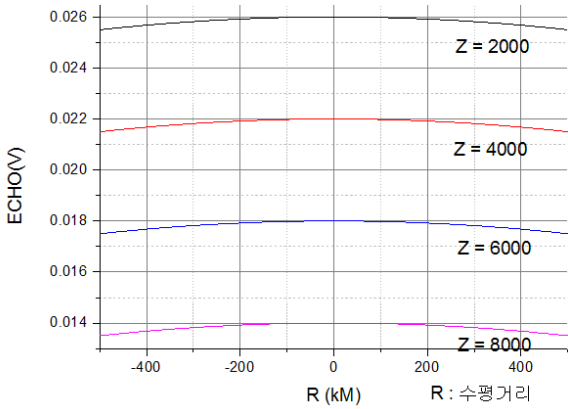


Fig. 10. The magnitude of the target signal relative to the vertical distance

위협체가 임의의 좌표 공간에 있는 것으로 가정하고 위협체의 위치를 변수 X, Y, Z로 설정하였다. 위협체로부터 반사되는 신호를 레이더의 위치에 따라 Fig. 7과 같이 A~D로 나타낼 때 식 (7)~(10)과 같이 표현할 수 있다. 이때, min은 최소 입력 전압, max는 최대 입력 전압, max_Z는 최대 Z의 크기를 의미한다. Fig. 10은 식 (7)~(10)의 수직거리에 따른 표적 신호의 크기이다. y축은 표적 신호의 크기를, x축은 레이더와의 수직거리를 의미한다.

$$A = \min + \frac{(\max - \min)(\max_Z - Z)}{\max_Z} - 2 \times 10^{-9} \times ((X+1)^2 + (Y-1)^2) \quad (7)$$

$$B = \min + \frac{(\max - \min)(\max_Z - Z)}{\max_Z} - 2 \times 10^{-9} \times ((X-1)^2 + (Y-1)^2) \quad (8)$$

$$C = \min + \frac{(\max - \min)(\max_Z - Z)}{\max_Z} - 2 \times 10^{-9} \times ((X+1)^2 + (Y+1)^2) \quad (9)$$

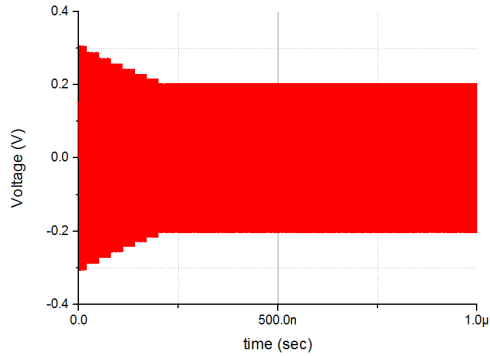
$$D = \min + \frac{(\max - \min)(\max_Z - Z)}{\max_Z} - 2 \times 10^{-9} \times ((X-1)^2 + (Y+1)^2) \quad (10)$$

Fig. 11은 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 수신기의 응답 특성을 보여준다. Fig. 11(a)는 자동 이득 제어기의 합 신호 출력을 보여 주고 있다. 증폭기를 지나면서 증폭된 거리 변수 신호가 약 100~300 nsec의 정착시간이 지난 후 원하는 레벨의 일정한 크기로 안정화되는 것을 볼 수 있다. 증폭기를 거친 거리 변수 신호는 포락선 추출기를 지나 자동 이득 제어기의 제어 신호로 사용되어 각도 변수 신호 증폭기를 제어한다. 각도 변수는 0°의 위상각을 갖는 방위각과 90°의 위상각을 갖는 고도에 대한 정보를 포함하고 있는데, 방위각과 고도를 분리하기 위해 0°의 위상각과 90°의 위상각을 갖는 거리 변수 신호를 만든다. 이후 각도 변수와 0°의 위상각과 90°의 위상각을 갖는 거리 변수 신호를 각각 하향 변환하면 Fig. 11(b), (c)와 같이 방위각과 고도에 대한 DC 전압 성분인 ε_{az} 와 ε_{el} 을 얻을 수 있다. 출력 ε_{el} 은 위협체가 Fig. 7의 레이더 중심을 기준으로 A, B 영역에 위치하는 경우 양의 값을 가지고 C, D 영역일 경우 음의 값을 가진다. 출력 ε_{az} 는 위협체의 위치가 B, D 영역일 경우 양의 값을 가지고 A, C 영역에 위치할 경우 음의 값을 출력한다.

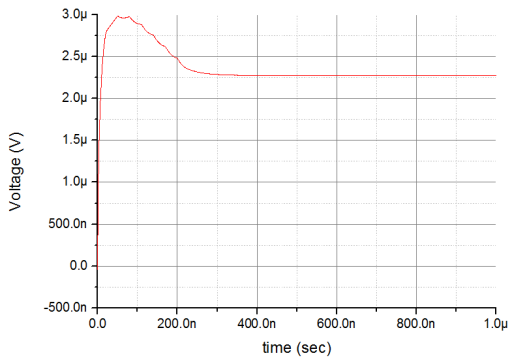
Fig. 12는 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 수신기의 응답 특성을 보여준다. Fig. 12(a), (b)는 거리 변수와 각도 변수 신호를 진폭 제한기에 통과시킨 파형이다. 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 수신기와 동일하게 진폭 제한기를 통과한 각도 변수와 거리 변수 신호를 0°의 위상각과 90°의 위상각을 갖는 거리 변수 신호에 각각 하향 변환하면 방위각과 고도에 대한 DC 전압 성분인 출력 ε_{az} 와 ε_{el} 을 Fig. 12(c)와 Fig. 12(d)와 같이 얻을 수 있다.

자동 이득 제어기 기반의 두 채널 모노펄스 구조의 최종 출력 값과 진폭 제한기 기반의 두 채널 모노펄스 구조의 최종 출력을 살펴보면 일정한 DC 전압 성분을 얻기까지 진폭 제한기 기반의 구조가 자동 이득 제어기 기반의 구조보다 더 짧은 시간 안에 안정화가

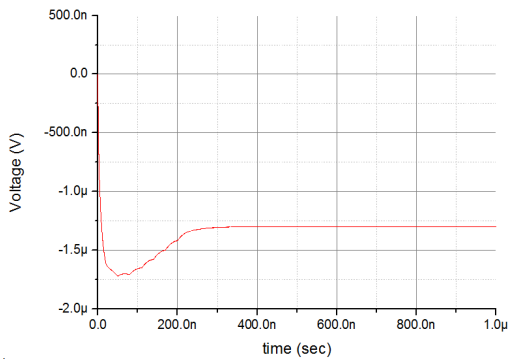
된다. 개 루프 회로인 진폭 제한기 기반의 구조는 진폭 제한기의 시간 지연만큼의 안정화 시간이 걸리지만 폐 루프 회로인 자동 이득 제어기 기반의 구조는 부 궤환에 의한 루프 안정화 시간이 개 루프보다 더 많은 안정화 시간이 필요하기 때문이다.



(a) AGC output Σ signal

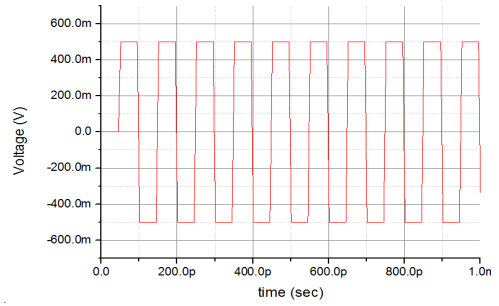


(b) output ϵ_{el} signal

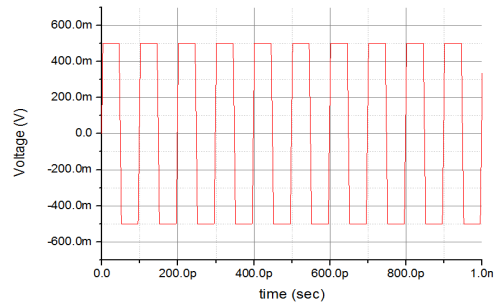


(c) output ϵ_{az} signal

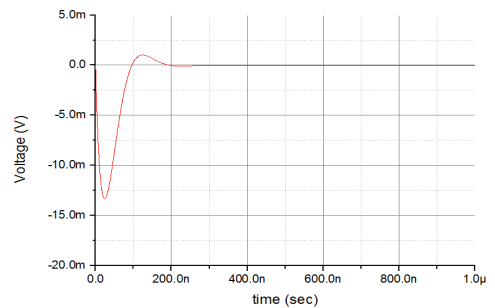
Fig. 11. Simulation results – two channel monopulse radar system using AGC



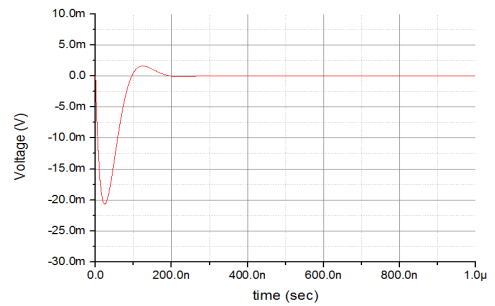
(a) Limiter output Δ signal



(b) Limiter output Σ signal

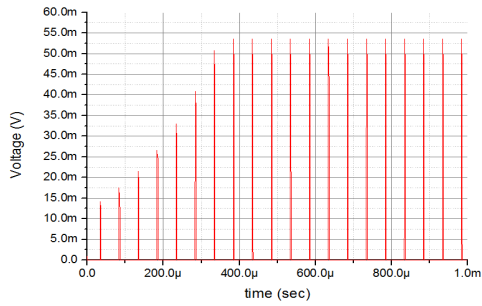


(c) output ϵ_{az} signal

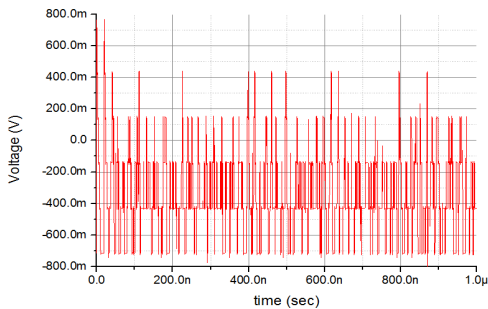


(d) output ϵ_{el} signal

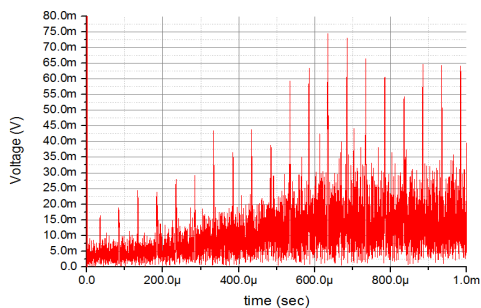
Fig. 12. Simulation results – two channel monopulse radar system using Limiter



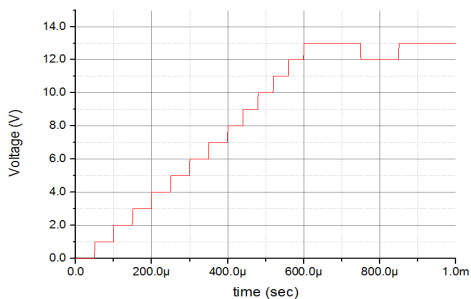
(a) Σ signal without noise



(b) Limiter output Σ signal with noise



(c) AGC output Σ signal with noise



(d) AGC gain control pattern

Fig. 13. Simulation results – two channel monopulse radar system with noise jamming

자동 이득 제어기 및 진폭 제한기 기반의 구조에서 잡음 재밍 응답 특성을 분석하기 위해 입력에 열잡음 신호를 인가하여 시뮬레이션을 하였다. Fig. 13(a)는 모노펄스 레이더 시스템에서 재밍 신호를 포함하지 않는 거리변수 신호를 보여주고 있다. Fig. 13(b)와 같이 진폭 제한기 기반의 구조는 잡음 재밍에 의해 원하는 신호가 왜곡되지만, Fig. 13(c)에서 보는 바와 같이 자동 이득 제어기 기반의 구조는 잡음 재밍이 인가되어도 부 궤환에 의해 잡음이 제거되고 원하는 신호의 형태를 유지한다. 자동 이득 제어기의 이득은 카운터에서 나온 값을 디지털 아날로그 변환기를 이용하여 출력된 전압으로 제어하는데, Fig. 13(d)는 Fig. 13(c)에서의 이득을 제어하기 위한 신호이다. 재밍 시에도 제어 신호가 영향을 적게 받음을 알 수 있다.

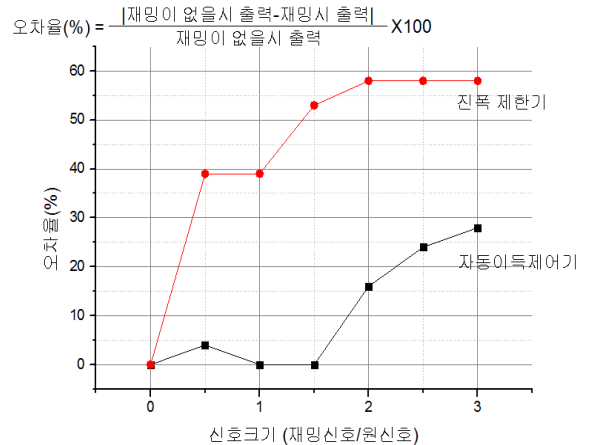


Fig. 14. Error rate of limiter and AGC with jamming

설계한 자동 이득 제어기 기반의 광대역 모노펄스 레이더 시스템과 진폭 제한기 기반의 광대역 모노펄스 레이더 시스템에 원신호와 열잡음 신호를 인가하고, 잡음 재밍이 없을 때와 잡음 재밍이 있을 경우의 수신기 최종 출력값의 오차율을 사용하여 잡음 재밍에 대한 두 시스템의 강인성을 비교하였다. 물론, 정확한 비교는 설계한 레이더 시스템에 디지털 모델을 연결하여 비트오류율 등의 지표를 이용해서 비교해야 하지만, 본 논문에서는 디지털 모델 설계를 고려하지 않아서 잡음 재밍이 없을 때와 잡음 재밍이 있을 경우의 수신기의 최종 출력값의 오차율을 사용하였다. Fig. 14에서 보는 바와 같이 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 수신기는 부 궤환 피드백을 이용하

기 때문에 오차율 5 % 이내에서 원 신호보다 1.5배 큰 크기를 갖는 잡음 재밍 신호에 대한 강인성을 보이고 있으나, 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 시스템은 개 루프 구조이기 때문에 원 신호의 0.1배 크기를 갖는 잡음 재밍 신호에 대해서도 오차율 5 %의 특성을 보이고 있다. 따라서 자동 이득 제어가 진폭 제한기보다 잡음 재밍 신호에 더 강인한 응답 특성을 갖는다.

3. 결 론

본 논문에서는 자동 이득 제어 및 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 시스템을 하드웨어 설계하고 그 응답특성을 분석하였다. 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 시스템은 부궤환 피드백에 의해서 잡음 신호가 제거된다. 따라서 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 시스템은 잡음 재밍에 강인한 특성을 갖는다. 한편, 자동 이득 제어기 기반의 모노펄스 레이더 시스템은 피드백 회로로 이루어져 있기 때문에 개 루프로 이루어진 진폭 제한기 기반의 모노펄스 레이더 시스템보다 정상상태에 도달하는 시간이 오래 걸린다. 모노펄스 레이더 시스템의 핵심 부분인 거리 추적 루프에 대해서 설계하고 그 응답 특성을 확인하였다. 거리 추적 루프는 거리 추적 루프를 구성하는 루프 필터에 의해 잡음 신호가 제거되기 때문에 잡음 재밍 신호에 강인한 특성을 갖는다.

후 기

본 연구는 광주과학기술원 전자전특화연구센터를 통한 방위사업청과국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Matuszewski J., "The Radar Signature in Recognition System Database," in Proc. Int. Conf. Microwav., Radar, Wireless Commun. (MIKON), pp. 617-622, Warsaw, Poland, May 2012.
- [2] Samuel M. Sherman, "Monopulse Principles and Techniques," Artech House, UK, pp. 1-15, 1984.
- [3] Richard Smith Hughes, "Analog automatic Control Loops in Radar and EW," Artech House, UK, pp. 176-207, 1988.
- [4] Lothes, Robert N., "Radar Vulnerability to Jamming," Artech House, UK, pp. 53-59, 1990.
- [5] Merrill I. Skolnik, "Introduction to Radar Systems," McGRAW-HILL, USA, pp. 152-182, 1980.
- [6] Bohun Shin, "Response Characteristics of Range Tracking Loop with Noise Jamming and RGPO Jamming," KIMST Annual Conference, 2017.
- [7] Haejoon Yang, "Two Channel Monopulse Radar Using AGC and Limiter," KIMST Annual Conference, 2017.