

운용 환경 변수를 고려한 전도 방열형 반도체송신기의 실시간 능동형 이득 보정 기법

Real-Time Active Gain Control Technique for Conduction-Cooled Solid-State Transmitters Considering Operational Environment Variables

유성현 · 장채운 · 장은기* · 임수빈* · 박민준* · 장호기* · 안세환 · 주지한

Seong-hyun Ryu · Chae-Un Jang · Eun-gi Jang* · Su-bin Lim* · Min-jun Park* · Ho-gi Jang* ·
Se-hwan Ahn · Ji-Han Ju

요 약

본 논문에서는 냉각 장치 탑재가 제한된 소형·경량화 플랫폼용 반도체송신기의 출력 안정화를 위한 실시간 능동형 이득 보정(AGC) 알고리즘을 제안한다. 전도 방열 방식에서 발생하는 급격한 온도 상승과 그에 따른 출력 열화 문제를 해결하기 위해, 운용 듀티, 주파수, 온도를 고려하여 드레인 전압과 감쇄기를 능동적으로 제어하였다. 실험을 통해 가혹한 환경에서도 송신 출력이 목표 범위 내에서 일정하게 유지됨을 확인하였으며, 이는 소형의 AESA 레이다 및 전자전 시스템의 신뢰성을 높이는 핵심 기술로 활용될 수 있다.

Abstract

This study proposes a real-time active gain control algorithm designed to stabilize the output power of solid-state transmitters in compact platforms with limited cooling capabilities. To mitigate the rapid junction temperature rise and subsequent performance degradation inherent in conduction-cooled architectures, the proposed algorithm dynamically regulates the drain voltage and digital attenuators by incorporating multiple variables, including the operational duty cycle, frequency, and ambient temperature. The experimental results demonstrate that the transmitted power is consistently maintained within the predefined target range, even under extreme thermal conditions. This approach serves as a pivotal technology for enhancing the operational reliability of minimal active electronically scanned array radars and electronic warfare systems.

Key words: AGC, AESA, SSPA, Transmitter, VVA

I. 서 론

현대의 레이다 및 무선통신 시스템에서 고출력·고신뢰

성을 요구하는 반도체송신기는 전자기파를 효율적으로 발생하고 전송하기 위해 MMIC(monolithic microwave integrated circuit) 기반의 고출력증폭기(HPA, high power

LIG 디펜스&에어로스페이스(LIG Defense&Aerospace)

*㈜유텔 R&D 연구소(Technology R&D Lab, U-Tel)

· Manuscript received April 15, 2026 ; Revised April 27, 2026 ; Accepted May 26, 2026. (ID No. 20260415-031)

· Corresponding Author: Seong-Hyun Ryu (e-mail: ryuspice@naver.com)

amplifier)를 핵심부품으로 채택한다. 이러한 반도체송신기는 동작 간 발생하는 열을 효과적으로 방출해야만 사양에 맞는 출력전력을 유지할 수 있다. 그러나 짧은 시간 운용되면서, 소형·경량화 플랫폼(미사일, 무인기, 이동형 전자전 장비 등) 내에서 사용될 때는 별도의 냉각 장치를 구비하지 않는 자연 공냉 또는 전도 방열 방식을 채택하는 경우가 많고, 송신 시 발생하는 열을 즉각적으로 배출하지 못함으로 인해 MMIC의 정선 온도가 빠르게 상승하여, 송신 출력 및 효율 열화를 초래한다. 반도체송신기는 시스템이 요구하는 엄격한 동작범위 내의 출력을 일정하게 유지해야 한다. 출력이 낮으면 원거리 표적 탐지 능력이 저하되고, 출력이 제한 범위 이상이면, 수신경로 상의 리미터와 저잡음증폭기가 손상될 위험이 있다^[1]. 송신 출력의 변동은 운용 듀티 및 주파수, 운용 시의 주변온도(ambient temperature) 등의 다중 변수^{[2],[3]}에 의해 동적으로 변화하기에 전통적인 고정 바이어스 혹은 오프라인 보정 방식으로는 실시간 출력제어가 어려운 구조적 한계를 갖는다.

본 논문에서는 냉각장치 없이 비교적 짧은 시간 운용하는 반도체송신기에 대하여 안정적인 송신 출력을 유지시키는 능동형 이득 보정(AGC, active gain control) 알고리즘을 보인다. 제안된 알고리즘은 실시간으로 변하는 운용 듀티와 주파수, 그리고 송신 시의 주변 온도 특성을 고려하여 실시간 감쇄기를 조절함으로써 이득 조절단을 정밀하게 제어한다. 이를 통해 운용 간에 수신기 보호를 위한 상한치와 탐지 성능 보장하는 하한치 사이의 출력 범위를 안정적으로 유지한다.

본 논문의 II장에서는 능동형 이득 보정 알고리즘에 대해 설명하고, 운용 환경 조건하에서 반도체송신기 시험을 통해 알고리즘의 타당성을 보인다. III장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

II. 본 론

본 장에서는 별도의 냉각 장치가 없는 환경에서 발생하는 HPA(high power amplifier) MMIC의 정선 온도 상승 및 출력 열화 문제를 해결하기 위해 3단계 능동형 이득 보정 알고리즘을 제안하고, 시험을 통해 그 유효성을 검증한다. 제시된 알고리즘은 상위 체계로부터 게이트 형태

의 송신 구간 정보만을 아날로그 신호로 수신하는 제한된 정보 환경하에서도 안정적인 이득 보정이 가능하도록 설계되었다. 전체 과정은 하드웨어 보호를 위한 초기화 단계, 목표 출력으로의 고속 수렴을 위한 과도영역 운용 단계, 그리고 안정적인 송신 출력 유지를 위한 안정영역 운용 단계의 총 3단계로 구성된다.

그림 1은 제안된 알고리즘을 검증하기 위한 반도체송신기(SSPA)의 블록다이어그램이며, 표 1은 알고리즘을 구성하기 위해 적용한 소자를 보인다. 본 송신기는 GaN 기반의 고전력 증폭기(HPA, high power amplifier)를 병렬 결합하여 구성되었으며, 능동형 이득 보정 알고리즘을 구현하기 위해 고전력 증폭기의 온도 센서, 최종 출력을 모니터링하는 RF 검출기(RF detector), 그리고 입력 신호의 크기를 제어하는 전압 가변 감쇄기(VVA, variable voltage attenuator)를 포함^{[4],[5]}한다. 이러한 구조를 통해 다양한 온도 조건 하에서도 목표 출력 대비 ± 1 dB 이내의 편차를 유지하며, 운용 시간 동안 안정적인 송신 출력을 보장하도록 제작되었다.

2-1 초기값 운용(능동형 이득 제어 1단계)

초기값 운용 단계는 반도체송신기 초기 구동 시 RF 신호가 인가되지 않는 상태에서 아날로그 형태의 송신 게이트 신호만이 제공되는 환경을 고려하여 설계했다. 게이트

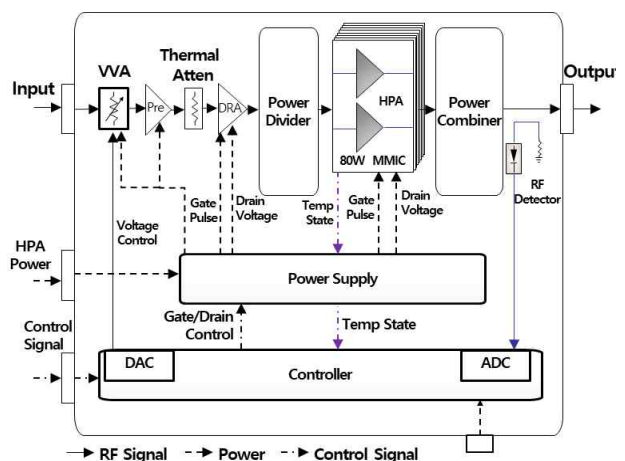
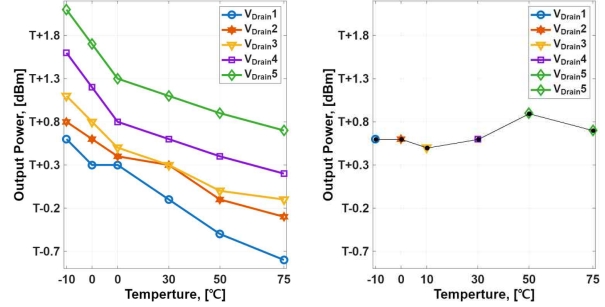


그림 1. 제안된 능동형 이득 제어 반도체송신기의 블록도
Fig. 1. Block diagram of the proposed AGC SSPA.

표 1. 제안된 알고리즘 구현을 위해 적용한 소자
Table 1. Components for implementing the proposed algorithm.

Item	Contents
Voltage variable attenuator (VVA)	- Attenuate RF signals in the frequency range of interest by varying the voltage (applying a device with a gain variable range of ≥ 5 dB) - Control the HPA output power level by adjusting the RF input power level to the HPA
High power amplifier (HPA)	- Amplify RF signals to high power - Utilize an 80 W-class MMIC HPA operating within Class A or AB linear regions to support algorithm execution
RF detector	- Convert RF signals into voltage - Fabricate to have a minimal output power deviation (≤ 1 dB) for the same voltage output within the frequency range of interest
Temperature sensor	- Sense temperature and convert it into voltage - Measure the HPA temperature (-40°C to $+125^{\circ}\text{C}$) by locating it in close proximity to the HPA
Analog to digital converter (ADC)	- Convert analog voltage into digital values - Convert the voltage corresponding to the RF output power into a digital value and input it to the controller (applying a 14-bit class, 250 MHz sampling rate)
Digital analog converter (DAC)	- Convert digital values into analog voltage - Convert the digital values derived by the algorithm proposed in this paper into VVA control voltages (applying a 10-bit class, settling time ≤ 100 us)

트 신호로부터 duty와 송·수신 타이밍을 추출하며, 이를 기반으로 수신단 소자(리미터, LNA) 보호와 온도에 따른 출력 동적범위 확보를 위해 선제적으로 고출력증폭기(HPA)의 드레인 전압(V_{Drain})을 보정한다. 보정 방식은 식 (1)과 같이 온도(T_{amb}) 정보와 듀티팩터(DF) 기반의 LUT(look-up table)를 활용한 개루프 제어를 채택하여 구동 안정성을 높였다.



(a) LUT 적용 전의 가용 출력 (b) LUT 적용 후의 가용출력
(a) Before applying the LUT (b) After applying the LUT

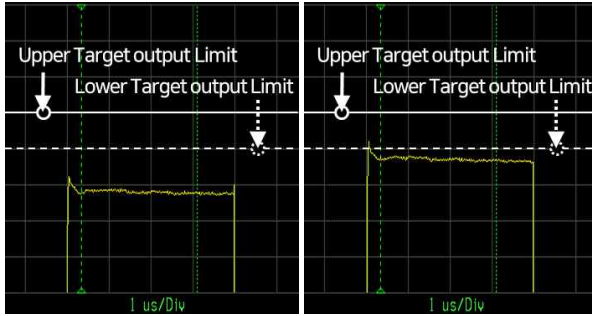
그림 2. 드레인 전압(V_{Drain})에 따른 RF 가용 출력범위
Fig. 2. Available RF output power range according to drain voltage.

$$V_{Drain} = LUT_{DrainV}(T_{amb}), \\ T_{amb} \in \{-10^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}, 10^{\circ}\text{C}, 30^{\circ}\text{C}, 50^{\circ}\text{C}, 75^{\circ}\text{C}\} \quad (1)$$

식 (1)에서 $LUT_{DrainV}(T_{amb})$ 은 T_{amb} 에 따른 Look-up Table을 나타낸다.

그림 2는 드레인 전압에 따라, 식 (1)의 온도별 출력전력의 값을 목표출력(T) 대비의 값으로 표현한 실험결과이다. 초기 전원인가 시 외부와 열평형 상태인 반도체송신기의 온도(T_{amb})는 다수의 고출력증폭기(HPA) 팩으로부터 추출되는 온도 센서정보를 통해 얻으며, 데이터의 신뢰성을 위해 최상, 최하 값을 제외한 온도센싱 값의 평균으로 산정하며, HPA의 드레인 전압(V_{Drain})을 식 (1)과 같이 온도에 따른 7개 레벨로 양자화하여, 초기 설정을 수행한다. 이는 초기에 온도 기반의 드레인 전압 가변을 통해 그림 2(b)와 같이 반도체송신기가 출력할 수 있는 가용 출력 범위를 조정함으로써, 고온($T_{amb} \geq 75^{\circ}\text{C}$)에서 운용 간 발생하는 이득 저하를 상쇄하기 위해 V_{Drain} 을 높여 전력 마진을 확보하고, 저온($T_{amb} < 10^{\circ}\text{C}$)에서는 초기 과출력에 의한 수신경로 구성품 손상을 방지하기 위해 V_{Drain} 을 하향 조정한다. 드레인 전압(V_{Drain})은 RF 신호 입력이 없는 초기 운용 단계에서만 제어되고, 반도체송신기의 안정적 운용을 고려하여 전원 OFF 전까지 설정된 전압을 유지한다.

V_{Drain} 가 결정되면 듀티 3 구간 ($10\% \leq \text{duty} < 30\%$, $\text{duty} < 10\%$, $\text{duty} \geq 30\%$)에 대응하는 VVA(variable voltage



(a) 알고리즘 적용 전
(a) Before applying the algorithm
(b) 알고리즘 적용 후
(b) After applying the algorithm

그림 3. 초기값 운용 알고리즘의 시험결과
Fig. 3. Test results of the initial value operation algorithm.

attenuator) 초기 DAC(digital to analog converter) 값을 인가한다. 임의의 주파수에서도 출력이 수신경로를 손상하지 않도, 대역 내 최대 이득 지점을 기준으로 식 (2)와 같이 DAC 초기값(DAC_{t0})을 설정한다.

$$DAC_{t0} = \min \{ DAC | P_{out}(f, Duty, T_{amb}) \leq P_{target} \} \quad (2)$$

식 (2)에서, DAC_{t0} : DAC 초기값이며, P_{target} : 목표출력이다.

그림 3은 상온 27°C에서 듀티 30 % 로 펄스신호를 송신할 때, 반도체송신기의 출력전력을 peak power meter로 측정한 결과로써, 초기값 운용 알고리즘 전·후에 따라 목표출력 범위에 대비하여, 출력이 형성되는 양상을 보인다. 초기값이 적용되면 그림 3(b)와 같이 목표출력 범위 내 또는 목표출력 하한치와 근사한 외부에서 출력이 형성된다. 이는 수신경로 소자의 보호를 최우선으로 하였기 때문이며, 능동형 이득 제어 2단계를 통해 빠르게 목표출력 내부로 출력을 안착시킬 수 있음을 의미한다.

2.2 과도영역 운용(능동형 이득 제어 2단계)

과도영역 운용은 송신 RF 신호가 인가되는 영역으로서, 레이더가 HPRF(high pulse repetition frequency) 및 MPRF(medium pulse repetition frequency) 파형을 사용할 때 필요로 하는 dead pulse 구간(클러터 안정화 구간)의 초기 펄스들을 활용하여 빠르게 목표출력(P_{target})으로 수렴시킨다. dead pulse 구간의 초기는 능동형이득 제어를

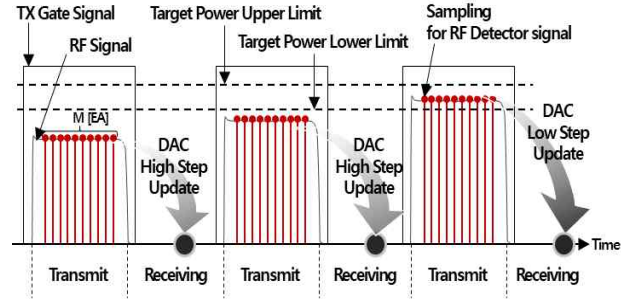


그림 4. 과도영역 운용(능동형 이득 제어 2단계) 개념도
Fig. 4. Conceptual diagram of transient region operation.

위해 사용되기에, 초기값 운용(1단계 알고리즘)에 의한 초기펄스의 출력과 목표출력 간에는 다소 차이가 발생할 수 있다. 레이더 어플리케이션에 따라 원거리 표적에 대한 탐지성능을 보완하기 위해 능동형 이득 보정용으로 여분의 dead pulse를 몇 개 추가할 수 있다.

본 논문에서는 dead pulse 구간의 송신 펄스 신호를 RF 검출기를 통해 그림 4와 같이 고속 샘플링(250 MHz)으로 취득하여 가변 스텝 피드백을 통해 목표출력(P_{target})으로 신속히 도달시킨다. 능동형 이득 제어 알고리즘은 RF 검출기를 통해 획득한 출력신호의 디지털 크기값을 목표출력에 대한 디지털 크기 값과 비교^[6]하여 VVA를 통해 HPA에 인가되는 RF 입력신호의 크기를 제어함으로써, 그 차이를 줄이는 방식으로 동작하며, 송신 게이트 신호가 high이고 RF 검출기를 통해 신호의 디지털 값이 특정 레벨 이상인 경우(RF 신호가 존재하는 경우)에만 동작한다. VVA의 제어를 위해 측정하는 출력 RF 디지털 값(P_{meas})은 안정적인 송신 출력 구간 M 개 샘플들을 평균하여 산출한다.

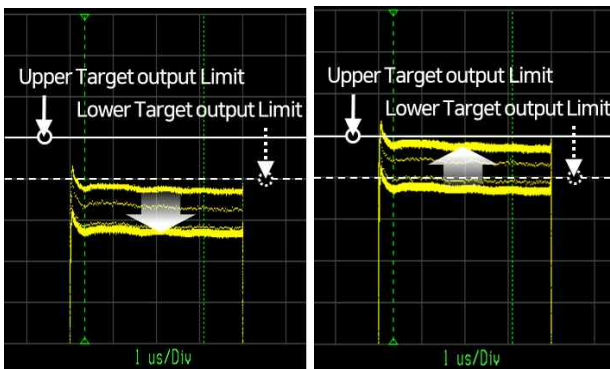
펄스 내에서 VVA를 제어하면 송신 파형이 왜곡되어, 능동형 이득 제어를 위한 출력 측정값의 왜곡뿐만 아니라 위상 왜곡에 의한 탐지성능 열화를 발생시킨다. 이를 방지하기 위해 게이트 신호의 falling edge 이후 수신 구간에서만 VVA 제어를 위한 DAC(digital to analog converter) 값을 갱신하며, 갱신 값은 식 (3)을 따른다. 본 논문에서 사용한 RF 검출기용 ADC는 14 bits(16,384 step)이고, VVA 제어용 DAC는 10 bits(1,024 step)를 사용하였다. ADC 결과값이 목표출력에 대한 디지털 크기값과 200 step 이상 차이 나면, DAC를 과도 스텝단위($S_{fast}=20$ step)

씩 가변시켜 빠르게 목표출력에 수렴하도록 하였고, 목표 출력 제한선에 대한 디지털 값을 통과하는 순간부터는 안정영역 운용(능동형 이득 제어 3단계)의 안정 스텝단위 ($S_{slow}=1$ step) 단위로 정밀 제어를 수행한다.

$$\begin{aligned} DAC(k+1) &= DAC(k) + \text{sgn}(e_k) \times S_{fast} \\ &\text{- if no cross-over \& more than 200 step difference} \\ DAC(k+1) &= DAC(k) + \text{sgn}(e_k) \times S_{slow} \\ &\text{- if cross-over detected} \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에서 $e_k = P_{target} - P_{meas}(k)$ 이다. 제어의 스텝단위는 application에 따라 안정적 출력을 제공하는 양으로 최적화하여 사용할 수 있다. VVA의 DAC 1 스텝당 가변되는 이득의 크기를 G_{1step} 이라 하면, 초기값 운용에서 출력되는 송신 출력과 과도영역 운용에서 차이 날 수 있는 최대 디지털 편차값(D_{max})과의 관계는 식 (4)와 같다. 본 논문에서 적용된 반도체송신기는 G_{1step} 이 약 0.03 dB이며, D_{max} 가 약 1.8 dB로 분포하여, S_{fast} 을 20 steps로 설정함으로써, 4 펄스로 목표출력으로의 수렴이 가능하다. 또한, 오버슈트를 방지하기 위해 식 (3)의 오차(e_k)의 부호가 변하는 지점 ($\text{sgn}(e_k) \neq \text{sgn}(e_{k-1})$)에서 안정 스텝단위 ($S_{slow}=1$ step)로 전환시킴으로써, 출력 정밀도를 ± 0.03 dB 이내에서 조절되도록 하였다.

$$\begin{aligned} D_{max} &= \text{Pulse Number} \times \Delta G_{fast} / 1\text{pulse} \\ \Delta G_{fast} / 1\text{pulse} &= S_{fast} \times G_{1step} \end{aligned} \quad (4)$$



(a) 알고리즘 적용 전 (b) 알고리즘 적용 후
(a) Before applying the algorithm (b) After applying the algorithm

그림 5. 과도영역 운용 알고리즘의 적용 시험결과
Fig. 5. Test results of the transient region operation algorithm.

그림 5는 상온 27°C에서 듀티 30 % 운용하는 환경하의 과도영역 알고리즘 전·후의 결과를 보인다. 과도영역 알고리즘이 적용되지 않으면 그림 5(a)와 같이 능동형 이득 제어 1단계(초기값 운용) 시작 지점을 시작으로 해서, 운용 시간 동안 지속적인 출력 성능 열화가 발생함을 확인할 수 있었지만, 알고리즘 적용 시, 초기값 운용 시작점에서 목표출력 제한선 내로 빠르게 진입한 후 고분해능 (0.03 dB) 조절을 통해 안정적인 출력이 보장됨을 확인하였다.

2.3 안정영역 운용(능동형 이득 제어 3단계)

안정영역은 목표 출력 범위 내로 진입한 영역으로서, application에서 요구하는 특정 운용 시간 동안 HPA MMIC의 정선온도 상승에 따른 출력 감쇄를 보상한다. 과도영역과 같이 펄스마다 능동형 이득 제어를 수행하면, 펄스 흔들림과 떨림 등의 불안정성이 발생할 수 있기에, 식 (5)와 같이 안정적 운용을 보장하는 능동형 이득 제어 주기(T_{ctrl})를 설정하고, 안정 스텝 단위($S_{slow}=1$ step)씩 제어하여 운용한다.

$$\begin{aligned} DAC(t + T_{ctrl}) &= DAC(t) \\ &+ \text{sgn}(P_{target} - P_{meas}(t_{prev})) \times S_{slow} \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 t_{prev} : 이전 DAC 갱신 시점, $DAC(t + T_{ctrl})$: $t + T_{ctrl}$ 시점에서의 DAC 디지털 값이다.

$$2|G(t) - G(t + T_{ctrl})| > |G_{1step}| > |G(t) - G(t + T_{ctrl})| \quad (6)$$

본 논문에서 적용한 반도체송신기는 전도 방열 환경하에서 100초 동안 송신을 하였으며, 본 논문의 알고리즘을 적용하지 않을 시에 HPA MMIC 정선온도 변화에 따른 출력 감쇄($\Delta G_{degradation}$)가 운용 시간 동안 지속적으로 발생하여 최대 3 dB 발생하였으며, 식 (6)과 같이 제어주기($T_{ctrl}=500$ us) 동안의 출력전력의 열화량($|G(t) - G(t + T_{ctrl})| = 0.02$ dB)이 VVA의 최소 분해능($G_{1step}=0.03$ dB)보다 작도록 설정하여 안정적 출력제어를 수행하였다.

또한, 그림 6과 같이 송신 구간과 겹칠 때는 해당 수신 구간에 DAC 값을 갱신하며, 이때의 값은 갱신 직전의 송신 펄스 측정값(P_{meas})을 기준으로 보정 값의 증감을 판

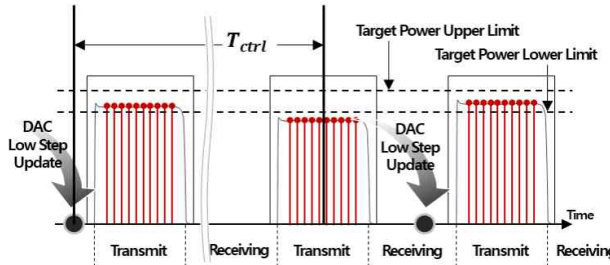
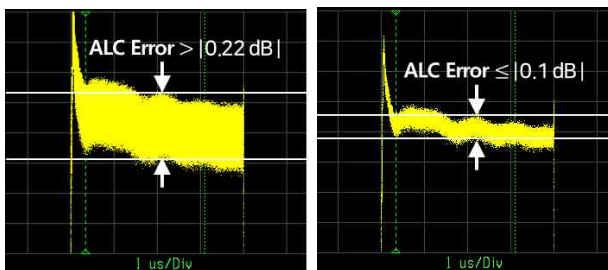


그림 6. 안정영역 운용(능동형 이득 제어 3단계) 개념도
Fig. 6. Conceptual diagram of steady-state operation.



(a) 제어주기 최적화 수행 전 (a) Pre-optimization of the control period
(b) 제어주기 최적화 수행 후 (b) Post-optimization of the control period

그림 7. 안정영역 운용 알고리즘의 시험결과
Fig. 7. Test results of the steady-state operation algorithm.

단하여, 송신 파형에 영향 없는 수신 구간에 최신의 송신 펄스 정보를 이용하여 보정한다. 그림 7은 상온 27°C 에서 듀티 30 % 운용하는 환경에서 안정영역 알고리즘 전·후의 결과를 보인다. 과도영역과 같이 제어 주기를 과도하게 가져가면 그림 7(a)와 같이 신호의 품질이 열화되는 반면, 안정적 제어주기의 설정은 그림 7(b)와 같이 운용 시간 동안 목표 출력 $\pm 0.1 \text{ dB}$ 이내에서 안정적인 출력을 보장한다. 여기서, $\pm 0.1 \text{ dB}$ 이내의 오차는 RF 검출기의 온도에 따른 측정오차와 VVA의 하드웨어적 동작 오차로 인한 불가역적 오차이며, $G_{1step}(=0.03 \text{ dB})$ 으로 목표 출력 레벨을 제어함으로써, 추가적 오차 발생 없이 안정적 출력을 유지시킨다.

그림 8은 상온 27°C 에서 듀티 30 % 운용하는 환경하에서, 본 알고리즘을 적용시킨 후, ALC의 안정영역 운용 상태하에서 AM(amplitude modulation) 노이즈와 PM(phase modulation) 노이즈를 측정한 결과이다. VVA(variable

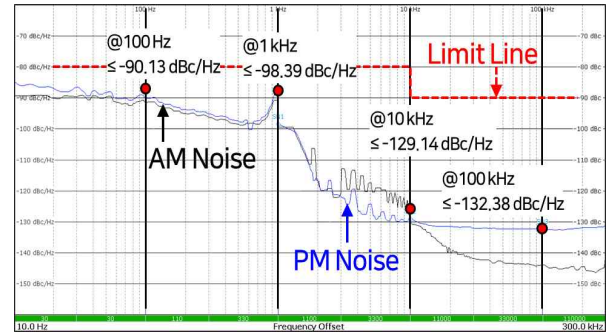


그림 8 능동형 이득보정 알고리즘하의 펄스 간 안정도
Fig. 8. Intra-pulse stability under AGC algorithm.

voltage attenuator)를 사용하여 HPA 출력을 제어하는 방식은 펄스의 신호 크기를 변화시키는 방식이며, 이는 펄스 간 위상 왜곡을 유발하여 펄스 도플러 레이다의 coherent 특성을 열화시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해 추가적 dead pulse를 적용하여 과도한 이득 보정 절차를 통해 목표출력 범위로 빠르게 진입시키고, 표적탐지 신호처리에 사용하는 송신 펄스부터는 최소 진폭보정만을 수행함으로써, 그림 8과 같이 우수한 coherent 특성을 확보할 수 있었다.

III. 결 론

본 논문에서는 냉각 장치의 탑재가 제한적인 소형·경량화 플랫폼에서 발생하는 반도체송신기의 열 문제를 극복하고, 안정적인 송신 성능을 확보하기 위한 실시간 능동형 이득 보정(AGC) 알고리즘을 제안하였다.

자연 공냉 및 전도 방열 방식을 채택하는 미사일이나 무인기용 반도체송신기는 운용 중 정선 온도의 급격한 상승으로 인해 설계 목표치를 하회하는 출력 열화가 불가피하다. 본 연구에서 제안한 알고리즘은 이러한 환경적 제약을 극복하기 위해 실시간으로 변화하는 운용 듀티, 주파수, 그리고 주변 온도 변화를 다중 변수로 입력받아 초기 HPA의 드레인 전압(V_{Drain})과 디지털 감쇄기를 정밀하게 제어하는 방식을 취하였다. 실험 및 검증 결과, 제안된 능동형 이득 보정 알고리즘은 고정 바이어스 기반의 전통적인 방식이 가졌던 오프라인 보정의 한계를 성공적으로 해결하였으며, 급격한 온도 상승 조건에서도 송

신 출력을 수신기 전단부 보호를 위한 상한치와 탐지 거리 보장을 위한 하한치 사이의 엄격한 유효 범위(± 0.5 dB) 내에서 일정하게 유지시켰다. 이를 통해 고출력증폭기의 열적 안정성을 확보함과 동시에 시스템 전체의 운용 신뢰성을 입증하였다. 본 연구의 결과는 전도 방열 구조를 갖는 반도체송신기가 가혹한 동적 운용 환경에서도 최적의 성능을 발휘할 수 있음을 보여준다. 본 기술은 AESA 레이더와 같이 배열마다 균일한 출력을 엄격하게 관리해야 하는 시스템, 미사일, 무인기 등 가혹한 환경에서 운용되는 고출력 레이더 및 전자전 시스템의 소형화와 안정적인 성능 보장에 핵심적인 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3rd ed., New York, NY, McGraw-Hill, 2001.
- [2] T. Cappello, P. Roblin, and M. Amin, "Efficient high power pulsed radar amplifiers: Drain versus gate modulations in GaN technology," *IEEE Microwave and Wireless Technology Letters*, vol. 35, no. 6, pp. 746-749, Jun. 2025.
- [3] C. Costrini, A. Cetronio, P. Romanini, G. Breglio, A. Irace, and M. Riccio, "50W X-band GaN MMIC HPA: Effective power capability and transient thermal analysis," in *The 40th European Microwave Conference*, Paris, Sep. 2010, pp. 408-411.
- [4] S. Zhou, M. Lu, and J. Huang, "Design and implementation of automatic gain control loops," in *2012 IEEE International Conference on Signal Processing, Communication and Computing(ICSPCC 2012)*, Hong Kong, Aug. 2012, pp. 583-586.
- [5] H. Kang, J. S. No, "New automatic gain control algorithm in high adjacent channel interference environment for single carrier wireless communication systems," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 44, no. 1, pp. 22-29, Jan. 2019.
- [6] C. I. Yeh, W. W. Kim, "On the AGC design of wireless communication systems," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 15, no. 6, pp. 567-572, Jun. 2004.

유 성 현 [LIG 디펜스&에어로스페이스/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-0680-2496>



2005년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)

2005년 2월~2008년 3월: LG전자 Mobile Communication 연구소 주임연구원

2008년 4월~현재: LIG 디펜스&에어로스페이스 수석연구원

[주 관심분야] AESA 시스템 설계/분석, 시스템 모델링&시뮬레이션, 초고주파 회로/시스템

장 채 운 [LIG 디펜스&에어로스페이스/연구원]

<https://orcid.org/0009-0006-2331-1735>



2023년 2월: 한양대학교 전자공학부 (공학사)

2023년 2월~현재: LIG 디펜스&에어로스페이스 연구원

[주 관심분야] 마이크로웨이브 탐색기, 초고주파 회로 및 시스템

장 은 기 [(주)유텔 R&D 연구소/수석연구원]

<https://orcid.org/0009-0002-5168-3254>



2014년 2월: 호서대학교 시스템제어공학과 (공학사)
2014년 4월~2019년 5월: (주)파이버프로 연구원
2019년 7월~2023년 4월: 계측·검사·산업용 제어장비 분야 선임연구원
2023년 8월~현재: (주)유텔 R&D 연구소 수

석연구원

[주 관심분야] 레이더 시스템, FPGA 기반 신호 처리

장 호 기 [(주)유텔 R&D 연구소/수석연구원]

<https://orcid.org/0009-0000-5755-5021>



1998년 2월: 동양공업전문대학 전자공학과 (공학사)
1998년~2001년: (주)케이엠더블유 연구소 연구원
2001년~2013년: (주)유텔 R&D 연구소 수석연구원
2014년~2022년: 엑소더스커뮤니케이션스

2023년~현재: (주)유텔 R&D 연구소 수석연구원

[주 관심분야] 초고주파 능동회로 및 RF 통신

임 수 빈 [(주)유텔 R&D 연구소/연구원]

<https://orcid.org/0009-0005-8777-4133>



2020년 2월: 숭실대학교 전자정보공학부 (공학사)
2022년 1월~현재: (주)유텔 R&D 연구소 연구원
[주 관심분야] 초고주파 능동회로 및 RF Power Amplifier

안 세 환 [LIG 디펜스&에어로스페이스/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0002-8955-9067>



2004년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 (공학사)
2006년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2007년 1월~현재: LIG 디펜스&에어로스페이스 수석연구원

[주 관심분야] 초고주파 송수신기, 마이크로웨이브 탐색기, 초고주파 회로 및 시스템

박 민 준 [(주)유텔 R&D 연구소/수석연구원]

<https://orcid.org/0009-0003-0068-8079>



2001년 2월: 대림대학교 제어계측과 (공학사)
2000년 5월~2008년 11월: (주)정진전자 선임연구원
2008년 12월~2011년 7월: (주)M&M링스 선임연구원
2011년 8월~2013년 1월: (주)TLC테크놀로

지 책임연구원

2013년 2월~현재: (주)유텔 R&D 연구소 수석연구원

[주 관심분야] 레이더 시스템, FPGA 기반 신호 처리

주 지 한 [LIG 디펜스&에어로스페이스/연구위원]

<https://orcid.org/0000-0003-0643-6246>



2004년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
2008년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학박사)
2008년 7월~현재: LIG 디펜스&에어로스페이스 연구위원

[주 관심분야] 마이크로웨이브 탐색기, 초고주파 회로 및 시스템