

# 피드백 잡음재밍 간섭제거를 위한 시분할 송수신 제어기법

정회원 정운섭\*, 나성웅\*\*

## A Time-Sharing TX/RX Control Technique for the Rejection of Feedback Noise Jamming Interference

Un-Seob Jeong\*, Sung-Woong Ra\*\* *Regular Members*

### 요 약

전자전장비는 송수신기간의 이격이 충분하지 않을 경우, 송신기에서 방사된 잡음재밍신호는 수신기로 피드백되어 레이더 펄스신호의 수신을 방해한다. 이로 인해, 동일 주파수 대역내에서 펄스재밍과 잡음재밍을 동시에 수행할 수 없다. 본 논문에서 펄스열의 예측게이트를 이용하여 잡음재밍신호를 차단하고 동시에 해당 채널 필터를 동작시켜 레이더 펄스신호를 수신할 수 있는 스위치 매트릭스를 이용한 시분할 송수신 제어기법을 제안한다. 이 기법은 전자전장비의 EPLD 내에 구현되어 실험을 통해 확인되었으며, 다중 재밍환경에서도 동시에 펄스재밍과 잡음재밍을 가능하도록 해준다.

Key Words : Electronic warfare, Switch matrix, Noise jamming, Pulse jamming, Time-sharing

### ABSTRACT

When the isolation between transmitter and receiver in Electronic Warfare equipment is not sufficient, the radiated noise jamming signal from the transmitter feeds back into the receiver and interferes with receiving radar pulse signal. Therefore pulse jamming and noise jamming can't be performed together in the same frequency bands. In this paper, we present a time-sharing TX/RX control technique of the switch matrix which inhibits the transmission of noise jamming signal by using the predicted gate of pulse train and also makes the corresponding channel filter operate to receive the radar pulse signal during the predicted gate pulse. This technique was implemented by EPLD and confirmed by experiment. The proposed technique enables the pulse jamming and the noise jamming to be simultaneously executed in multiple jamming environments.

### I. 서 론

전자전(EW: Electronic Warfare)은 전자파 에너지의 정보를 신속하고 정확하게 수집 및 분석하는 전자전 지원(ES: Electronic Warfare Support), 고출력의 전자파를 방사하여 적 레이더의 기능을 기만 또는 방해하는 전자공격(EA: Electronic Attack)과

전자공격으로부터 레이더를 보호하기 위한 전자보호(EP: Electronic Protection)로 나뉘어 진다<sup>[1]</sup>. 함정이나 항공기를 자체보호하는 전자전 장비는 일반적으로 전자전 지원(ES) 기능과 전자공격(EA) 기능을 함께 보유하고 있다. 특히, 항공기에 탑재되는 전자전 장비의 수신기는 그림 1과 같이 적 레이더 신호를 탐지하는 신호탐지 수신기와 펄스재밍을 위한

\* 국방과학연구소

논문번호 : KICS2005-08-343, 접수일자 : 2005년 8월 21일

\*\* 충남대학교 정보통신공학부 영상통신 연구실 (swra@cnu.ac.kr)

재밍수신기로 구성되며, 설치 공간상의 제한 때문에 송신기와 수신기의 격리가 충분하지 않다. 따라서, 송신기에서 방사된 고출력의 재밍신호가 불가피하게 신호탐지 수신기와 재밍수신기로 피드백된다. 특히 잡음재밍신호는 주파수 대역폭이 넓고 신호지속시간이 길기 때문에 두 개의 수신기 모두 적 레이더 펄스신호를 수신하는 데 방해요인으로 작용하게 된다.

신호탐지 수신기에 대해서는 이러한 피드백된 잡음재밍신호의 간섭을 제거하기 위한 여러 가지 기법들이 연구되어 왔다<sup>2)~6)</sup>. 먼저, 피드백 잡음재밍의 간섭하에서 신호탐지 수신기가 신규 또는 기존 레이더신호를 탐지할 수 있도록 잡음재밍의 송신을 일정 시간 동안 중단시키고 그 시간동안 레이더신호를 수신하는 Look Through 방법이 제시되었다<sup>2)</sup>. 그리고 수신기에 고주파 대역저지필터를 사용하여 간섭신호를 제거하는 방법<sup>3)~4)</sup>과 통신전자전 장비에서 재밍을 중단하지 않고 간섭신호를 제거하는 COLT (COntinuous Look Through) 신호처리 방법<sup>5)</sup>이 제시되었다. 또한, 레이더와 전자전장비와 통신장비에서의 송신신호가 수신기에 영향을 주는 간섭메카니즘과 이에 대한 간섭전력의 수학적 계산이 연구되었다<sup>6)</sup>. 기존의 Look Through 방법과 대역저지필터 방법은 신호탐지 수신기가 레이더신호를 탐지하기 위한 방법이고 COLT 방법은 HF 및 V/UHF 대역을 사용하는 통신전자전장비에 적용될 수 있는 방법이다. 기존의 Look Through 방법은 항공전자전장비에서 일반적으로 적용되는 수퍼헤테로다인 동조 방식의 신호탐지 수신기에 가장 많이 사용되는 방법이다. 이 신호탐지 수신기는 전자전장비가 운용하는 광대역의 주파수 범위에서 순차적 또는 기 프로그램된 순서에 의해 주파수 대역들을 탐색하여 레이더 펄스신호들을 탐지한다. 이때 피드백된 잡음재밍신호가 존재하는 주파수 대역에서 레이더 펄스신호를 탐지할 경우 수십 또는 수백개의 펄스수집에 필요한 시간동안 해당 잡음재밍을 중단하고 펄스 수집후 다시 잡음재밍을 출력하며 이러한 방법을 Look Through 방법이라 한다.

반면 재밍수신기는 펄스재밍을 위한 수신기로서 레이더 펄스를 기준으로 펄스재밍신호를 생성하기 때문에 재밍대상이 되는 레이더 펄스를 연속하여 실시간으로 수집해야 한다. 그러나, 잡음재밍이 수행되고 있는 재밍 주파수대역내에서는 피드백 잡음재밍신호의 간섭으로 펄스재밍을 수행할 수 없다. 또한, 재밍수신기내로 유입되는 피드백 잡음재밍의 간섭을 제거하는 방법에 대해서는 알려진 바가 거

의 없다. 다수의 레이더신호가 동일주파수 채널필터 내에 존재하고 이들 신호에 대해서 펄스 재밍과 잡음재밍을 함께 필요할 경우에도 모두 잡음재밍으로 수행하게 된다. 본 논문은 재밍수신기에서의 피드백 잡음재밍의 간섭을 제거하여 펄스재밍과 잡음재밍을 동시에 수행하기 위한 방법으로 시분할 송수신 제어 기법을 제안하였다. 특히, 제안한 기법은 다중재밍 환경에서도 적용 가능하도록 스위치 매트릭스 형태로 구성하였으며, 다중 재밍상황에서 피드백 잡음재밍 대역내의 펄스재밍을 실험하여 제안한 기법의 유용성을 확인하였다.

본 논문의 II장에서는 피드백 잡음재밍신호에 의한 재밍수신기의 간섭현상을 살펴보고, III장에서는 제안된 시분할 송수신제어기법에 대해 서술하였으며 IV장에서는 실험결과를 고찰하였으며 V장에서 결론을 맺었다.

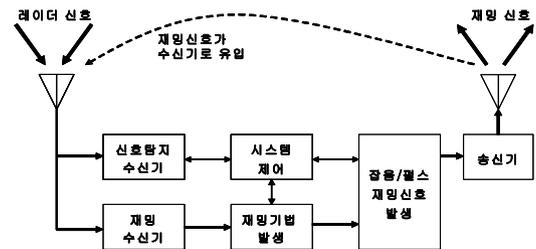


그림 1. 전자전 장비 개략 블록도  
Figure 1. Simplified block diagram of EW system

## II. 피드백 잡음재밍의 재밍수신기 간섭

전자전장비는 레이더의 거리추적기능을 기반 (Deception)하기 위해 RGPO(Range Gate Pull-Off) 재밍 등의 펄스재밍기법을 사용한다<sup>7-8)</sup>. 전자전장비는 펄스재밍을 하기 위해서 실시간으로 레이더 펄스 신호를 추적해야 하고 이를 위해 레이더 펄스신호의 수신이 가능해야 한다. 펄스열(Pulse Train) 추적은 수신된 레이더 펄스신호의 도착시간을 기준으로 다음 펄스신호의 도착시간에 맞추어 예측케이트를 생성함으로써 이루어진다. 이때 주파수, 펄스세기, 펄스도착시간 등의 펄스데이터가 정확하게 측정되어야 한다<sup>9)</sup>. 전자전장비의 송신기와 수신기 사이의 공간적 제한으로 인해 그림 1과 같이 송신기에서 방사된 재밍신호가 레이더신호와 함께 신호탐지 수신기와 재밍수신기로 유입된다<sup>10)</sup>. 피드백된 잡음재밍신호는 수신기의 신호탐지성능을 저하시킬 수 있다<sup>11)</sup>. 전자전장비의 재밍수신기는 신호세기가 다

른 여러 레이더들을 동시에 수신하기 위하여 고정된 수신 임계값을 사용한다. 피드백된 잡음재밍 신호가 수신 임계값보다 큰 경우에는 잡음재밍 신호의 주파수 대역내에 존재하는 레이더신호들을 수신할 수 없게 되므로 잡음재밍과 펄스재밍을 동시에 수행할 수 없다. 따라서, 본 논문에서 다중 재밍 환경에서 피드백 잡음재밍 신호들의 간섭을 제거하기 위하여 펄스재밍시 생성되는 펄스열 추적 예측게이트들을 입력으로 하는 스위치 매트릭스를 이용한 시분할 송수신 제어기법을 제안하였다.

### III. 제안된 시분할 송수신 제어 기법

시분할 송수신 제어기법은 동일 주파수대역내에서도 잡음재밍과 펄스재밍이 동시에 수행될 수 있도록 잡음재밍 신호들의 송신과 레이더 펄스신호들을 수신하는 채널 필터를 스위치 매트릭스를 이용하여 시분할로 제어하는 기법으로 기능적인 흐름은 그림 2와 같다. 펄스재밍의 경우 레이더의 펄스신호들은 재밍수신기의 해당 채널 필터를 통해 수신되며 펄스열 추적 예측게이트열을 이용하여 실시간으로 추적된다. 그리고 잡음재밍의 경우 잡음재밍 신호가 생성되어 송신기를 통해 방사된다. 스위치 매트릭스는 그림 3의 각 펄스열 추적 예측게이트열들의 입력에 따라 예측게이트 내의 시간동안 레이더 펄스신호수신에 간섭을 주는 잡음재밍 신호들의 출력을 차단하고 동시에 레이더 펄스신호를 수신하기 위해 해당 채널 필터를 열어준다. 반면에, 예측게이트 밖의 시간동안 잡음재밍 신호를 출력하며 해당 채널 필터는 잡음재밍 신호가 유입되지 않도록 닫아준다. 시분할 송수신 제어기법은 펄스단위로 해당 채널 필터를 ON/OFF로 제어할 경우에 적용되며, 이는 피드백 잡음재밍 신호에 의한 재밍수신기의 간섭을 제거하고 레이더 펄스신호를 수신할 수 있도록 함으로써 피드백 잡음재밍 주파수 대역내에서도 펄스열 추적을 수행하여 펄스재밍이 가능하도록 한다.

재밍의 대상이 되는 레이더 펄스열들을  $x_1(t)$ ,  $x_2(t), \dots, x_m(t), \dots, x_M(t)$ 라 하자. 이때, 일반적으로 펄스반복주기(PRI: Pulse Repetition Interval)는 수십  $\mu s$ 에서 수백  $\mu s$ 의 값을 가지며 펄스폭(PW: Pulse Width)은 수백  $ns$ 에서 수  $\mu s$ 의 값을 갖는다. 따라서, 펄스폭이 펄스반복주기보다 매우 작으므로 임펄스 함수형태로 표현할 수 있다. 그림 3의 m번째 레이더 펄스열  $x_m(t)$ 를 단위 임펄스 함수  $\delta(t)$

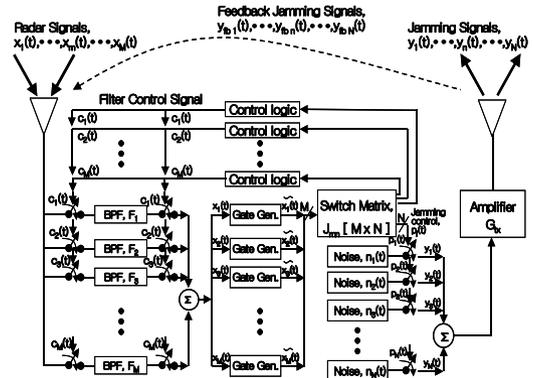


그림 2. 다중 재밍 시분할 송수신 제어  
Figure 2. Time-sharing TX/RX control for multiple jamming

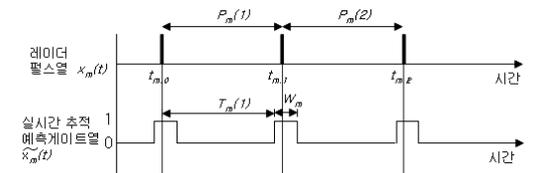


그림 3. 레이더펄스열과 펄스열 추적 예측게이트열  
Figure 3. Radar pulse train and predictive gate train for pulse train tracking

를 이용하여 표현하면 다음의 식

$$x_m(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - t_{m,0} - \sum_{k=0}^n P_m(k)) \quad (1)$$

과 같다. 여기서,  $t_{m,0}$ 는  $x_m(t)$ 의 첫 번째 펄스의 도래시간(TOA, Time Of Arrival)이며,  $P_m(k)$ 는 레이더 펄스열  $x_m(t)$ 의 k번째 펄스반복주기이며 이는 레이더 펄스신호의 변조형태에 따라 값이 변경된다. 레이더 펄스신호의 변조형태는 고정, 지터, 스테거, D&S(Dwell and Switch) 등이 있다<sup>[12-13]</sup>. 레이더 펄스열들을 실시간으로 추적하기 위해 그림 3과 같이 각 레이더 펄스열에 대해 예측 게이트열이 필요하며 이들을  $\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_m(t), \dots, \tilde{x}_M(t)$ 라 정의한다. 여기서,  $\tilde{x}_m(t)$ 는 0과 1의 값을 갖는다. 이는 그림 3과 같이  $x_m(t_{m,n-1})$ 까지의 신호를 분석하여  $x_m(t_{m,n})$ 의 존재가 예상되는 시간  $W_m$  동안 예측게이트열 신호  $\tilde{x}_m(t_{m,n})$ 을 생성한다<sup>[12]</sup>. 펄스열 추적 예측게이트열들을 행렬  $\tilde{X}$ 로 표현하면 다음의 식

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_m(t), \dots, \tilde{x}_M(t)]^T \quad (2)$$

와 같다. 그리고, 잡음재밍 신호를  $n_1(t), n_2(t), \dots,$

$n_n(t), \dots, n_N(t)$ 라 하자.  $n_n(t)$ 는 송신안테나를 통해 방사되며, 방사되는 잡음재밍신호를  $y_n(t)$ 라 하면 다음의 식

$$y_n(t) = G_{tx} G_t n_n(t) \quad (3)$$

과 같다. 여기서,  $G_{tx}(t)$ 는 송신기의 이득이며,  $G_t$ 는 송신안테나 이득이다.  $y_n(t)$ 는 송신기와 수신기 간의 공간손실에 의해 감쇠되어 수신기로 유입된다. Friis의 자유공간 전송 손실 공식에 따라 송신 및 수신안테나의 이득을 고려하면 송신기에서 수신기까지의 공간손실  $L_s$ 는 다음의 식

$$L_s = \frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi)^2 R^2}{\lambda^2 G_t(\theta_t, \phi_t) G_r(\theta_r, \phi_r)} \quad (4)$$

와 같다. 여기서,  $P_t$ 는 송신전력이며  $P_r$ 는 수신기로 부터 거리  $R$ 에서의 수신전력이며  $G_r$ 은 수신안테나의 이득이며  $(\frac{4\pi R}{\lambda})^2$ 은 자유공간손실이다. 채널화 필터에 유입되는 피드백 잡음재밍신호  $y_{fbn}(t)$ 는 식(4)의 공간손실과 송신기 및 수신기의 이득을 고려하면 다음의 식

$$y_{fbn}(t) = \frac{G_{tx} G_{rx}}{L_s} n_n(t), n = 1, \dots, N \quad (5)$$

와 같다. 여기서  $G_{rx}$ 은 수신기의 이득이다. 이 피드백 잡음재밍신호들을  $y_{fb1}(t), y_{fb2}(t), \dots, y_{fbn}(t), \dots, y_{fbN}(t)$ 라 하고 이를 행렬  $Y$ 로 표현하면 다음의 식

$$Y = [y_{fb1}(t), y_{fb2}(t), \dots, y_{fbn}(t), \dots, y_{fbN}(t)]^T \quad (6)$$

과 같다. 고밀도의 신호환경 및 다중 재밍환경에서 펄스재밍을 위해 필요한 레이더신호만을 여과하는 기능이 필요하며 이를 위해 일반적으로 채널화필터를 사용한다<sup>[4]</sup>. 본 논문에서는 채널화필터를 이용하여 피드백 잡음재밍신호의 간섭하에서 다수의 레이더신호에 대한 동시 재밍이 가능하도록, 채널 필터의 ON 제어와 OFF 제어와 펄스단위의 실시간 ON/OFF 제어방법을 구현하였다. 펄스재밍대상 레이더 펄스열  $x_m(t)$ 에 일대일로 대응하는 채널화필터의 해당 채널필터를  $F_m$ 이라 하면,  $F_m$ 은  $x_m(t)$ 의 주파수 하한값에서 상한값까지의 범위를 모두 포함하는 필터에 해당한다. 만약,  $x_m(t)$ 의 주파수가

펄스마다 변경되고 이 주파수범위가 한 개 필터의 주파수범위보다 넓은 경우  $F_m$ 은 여러 개의 필터에 해당한다.

다중펄스열 추적장치내에  $M \times N$  스위치 매트릭스를 구성하였으며, 이는 다양한 신호환경 및 재밍상황에 따라 피드백 잡음재밍이 채널화필터 중 어느 채널에 영향을 미치는 지를 판단하여 해당 잡음재밍 및 해당 채널 필터를 예측 게이트열에 따라 펄스단위로 ON/OFF 제어한다. 이를 설정하기위한  $M \times N$  행렬을  $J$ 라 하면 다음의 식

$$J = \begin{bmatrix} J_{11}(t) & J_{12}(t) & J_{13}(t) & \dots & J_{1N}(t) \\ J_{21}(t) & J_{22}(t) & J_{23}(t) & \dots & J_{2N}(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{m1}(t) & J_{m2}(t) & J_{m3}(t) & \dots & J_{mN}(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{M1}(t) & J_{M2}(t) & J_{M3}(t) & \dots & J_{MN}(t) \end{bmatrix} \quad (7)$$

과 같다. 여기서,  $J_{mn}$ 은 1 또는 0이며  $J_{mn} = 1$ 일 경우는 피드백 잡음재밍신호  $y_{fbn}(t)$ 가 해당 채널필터  $F_m$ 내에 수신 임계값이상의 신호세기로 유입되는 경우이며,  $J_{mn} = 0$ 일 경우는 그 외의 경우에 해당된다. 이에 대한 설정은 주파수별로 잡음재밍신호가 채널화필터에 얼마나 영향을 주는 지를 미리 측정하고 이 측정된 실험데이터를 참조하여 소프트웨어에 의해 이루어진다.

$n_1(t), n_2(t), \dots, n_n(t), \dots, n_N(t)$ 의 발생을 제어하는 신호를  $q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t), \dots, q_N(t)$ 라 하고 행렬  $Q$ 로 표현하면 다음의 식

$$Q = [q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t), \dots, q_N(t)]^T \quad (8)$$

과 같다. 식(8)은 스위치 매트릭스를 설정하는 행렬  $J$ 와 예측게이트열 행렬  $\tilde{X}$ 에 의해  $Q = J^T \tilde{X}$  이고, 다음의 식

$$\begin{bmatrix} q_1(t) \\ q_2(t) \\ \vdots \\ q_n(t) \\ \vdots \\ q_N(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11}(t) & J_{12}(t) & \dots & J_{m1}(t) & \dots & J_{M1}(t) \\ J_{12}(t) & J_{22}(t) & \dots & J_{m2}(t) & \dots & J_{M2}(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{1n}(t) & J_{2n}(t) & \dots & J_{mn}(t) & \dots & J_{Mn}(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{1N}(t) & J_{2N}(t) & \dots & J_{mN}(t) & \dots & J_{MN}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_1(t) \\ \tilde{x}_2(t) \\ \vdots \\ \tilde{x}_m(t) \\ \vdots \\ \tilde{x}_M(t) \end{bmatrix} \quad (9)$$

와 같다. 그리고, 일반적인  $q_n(t)$ 은 다음의 식

$$q_n(t) = \sum_{m=1}^M J_{mn}(t) \widetilde{x}_m(t) \quad (10)$$

과 같다.  $q_n(t)$ 는 잡음제밍신호  $n_n(t)$ 의 간섭을 받는 예측게이트열 신호들로 구성되며, 이 예측게이트열 신호에 따라 잡음제밍신호  $n_n(t)$ 를 실시간으로 차단할 수 있는 조건을 제시해 준다. 따라서 잡음제밍신호  $n_n(t)$ 의 발생 및 차단을 실시간으로 제어하는 신호  $p_n(t)$ 는  $q_n(t)$ 의 조건에 따라 다음의 식

$$p_n(t) = \begin{cases} 0, & q_n(t) \geq 1 \\ 1, & q_n(t) = 0 \end{cases} \quad (11)$$

과 같다. 식(5)의  $y_{fm}(t)$ 는 식(11)의  $p_n(t)$ 의 제어에 의해  $p_n(t) = 0$ 일 경우는 잡음제밍신호가 차단되고  $p_n(t) = 1$ 일 경우는 잡음제밍신호가 발생되어 다음의 식

$$y_{fm}(t) = \frac{G_{tx}G_{rx}}{L_s} p_n(t)n_n(t), n = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

와 같이 표현된다.  $y_{fm}(t)$ 는  $x_m(t)$ 와 함께  $F_m$ 에 유입된다. 그러나 이  $y_{fm}(t)$ 는  $p_n(t)$ 에 의해  $x_m(t)$ 이 존재할 것으로 예상되는 시간 동안 차단됨으로써  $x_m(t)$ 가  $y_{fm}(t)$ 의 간섭없이 제밍수신기에 수신된다. 그리고,  $F_1, F_2, \dots, F_m, \dots, F_M$ 에 해당하는 채널화 필터 제어신호를  $c_1(t), c_2(t), \dots, c_m(t), \dots, c_M(t)$ 라 하면  $c_m(t)$ 는 다음의 식

$$c_m(t) = \sum_{n=1}^N J_{mn}(t) \widetilde{x}_m(t), m = 1, 2, \dots, M \quad (13)$$

과 같다.  $\widetilde{x}_m(t)$ 을 이용한 식(13)의  $c_m(t)$ 는  $x_m(t)$ 이 존재할 것으로 예상되는 시간 동안  $F_m$ 을 동작시켜  $x_m(t)$ 을 수신할 수 있도록 한다. 이  $c_m(t)$ 는 필터 제어로직에 의해 최종적으로 만들어져  $F_m$ 을 제어한다. 이때,  $c_m(t) \geq 1$ 일 경우 필터 제어로직은  $F_m$ 을 ON으로 제어하여  $x_m(t)$ 을 통과시키며,  $c_m(t) = 0$ 일 경우 필터 제어로직은  $F_m$ 을 OFF로 제어하여  $y_{fm}(t)$ 의 유입을 차단한다.

#### IV. 실험 및 결과

제안된 스위치 매트릭스는 전자전장비내에 ALTERA 사 EPLD 칩인 EPM7512AEQI208를 이용하여 구

현되었다. 제안한 실시간 송수신 제어기법의 유용성을 검증하기 위해 표 1과 같은 모의 레이더신호를 사용하여 다음의 두 가지 경우에 대한 실험을 수행하였다.

실험 1은 잡음제밍 대역내에 있는 다른 레이더신호에 대하여 펄스제밍을 하고자할 때 제안한 방법이 유용한 지를 확인하는 실험이다. 잡음제밍신호는 제밍대역폭이 250MHz이고 주파수 8,450MHz의 모의레이더신호1로 사용하였고, 펄스제밍신호는 주파수 8,350MHz의 모의레이더신호2로 사용하였다.

실험 2는 실험 1에 추가로 또 다른 대역에서 펄스제밍과 잡음제밍을 수행하여 다중제밍환경에서 제안한 기법의 실현 가능성을 확인하는 실험이다.

실험1의 결과는 그림 6과 그림 7과 같다. 기존의 방법을 적용한 실험1(a)의 결과는 그림 6과 같이 잡음제밍은 수행되었으나 펄스제밍은 피드백 잡음제밍의 간섭에 의해 수행되지 않았다. 그러나 제안된 기법을 적용한 실험1(b)의 결과는 그림 7(a)와 같이 펄스제밍과 잡음제밍이 동시에 수행되었고, 그림 7(b)와 같이 모의 레이더신호 1의 잡음제밍신호는 모의 레이더신호 2의 예측게이트 비디오신호에 동기되어 차단되었다. 이때 잡음제밍신호의 출력은 모의 레이더신호 2의 펄스반복주기인 155 usec마다 약 5usec의 폭으로 차단되며, 이는 잡음제밍신호 출력 Duty를 100%에서 약 3.2% 정도 감소된 96.8%로 감소시키나 잡음제밍의 효과에는 거의 영향을 주지 않는다.

실험2의 결과는 그림 8과 같다. 그림 8(a)는 모의 레이더신호 1, 2, 3, 4에 대한 제밍신호의 스펙트럼이다. 그림 8(b)와 같이 모의 레이더신호 1의 잡음제밍 비디오신호는 모의 레이더신호 2의 예측게이트 비디오 신호에 동기되어 차단되었다. 또한 모의 레이더신호 4의 잡음제밍 비디오 신호도 모의 레이더신호 1의 잡음제밍 비디오 신호와 시분할되어 함께 존재하였다. 두 잡음제밍 비디오 신호세기의 차이는 주파수 및 잡음대역폭에 따른 잡음제밍 출력세기의 변화에 기인된 것이다. 따라서, 모의 레이더신호1의 잡음제밍신호와 모의 레이더신호 2의 펄스제밍은 펄스단위로 스위치 매트릭스의 시분할 송수신 제어에 의해 수행되었으며, 모의 레이더신호 3의 펄스제밍은 피드백 잡음제밍의 간섭없이 수행되었으며, 모의 레이더신호 4의 잡음제밍은 모의 레이더신호 2, 3의 펄스제밍에 간섭을 주지 않고 수행되었다.

표 1. 실험신호 제원

Table 1. Signals used in experiment.

번호	모의 레이더신호		재밍 방법		비 고
	주파수 [MHz]	PRI [us]	재밍구분	잡음대역폭 [MHz]	
1	8450	154	잡음재밍1	약 250	실험1,2
2	8350	155	펄스재밍1	-	실험1,2
3	8000	263	펄스재밍2	-	실험2
4	7700	157	잡음재밍2	약 30	실험2

V. 결 론

전자전장비에서 동일 주파수 대역내에서 펄스재밍과 잡음재밍을 동시에 수행할 경우 피드백 잡음재밍의 간섭에 의해 펄스재밍에 어려움이 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 피드백 잡음재밍 간섭을 제거하여 펄스 및 잡음재밍을 동시에 수행할 수 있도록 하였고, 특히 다중의 펄스재밍과 잡음재밍에도 적용가능하도록 스위치 매트릭스를 이용한 시분할 송수신 제어기법을 제안하였다. 제안된 기법은 전자전장비내에 구현되었으며, 모의 신호발생기를 사용하여 다수의 모의 레이더신호를 전자전장비에 인가하고 이에 대한 재밍출력을 관찰하여 제안한 기법을 검증하였다. 제안한 기법을 송신기와 수신기간의 간격이 제한된 각종 전자전장비에 적용함으로써, 피드백 잡음재밍 간섭하에서도 다중의 펄스 및 잡음재밍을 동시에 수행하여 적 레이더에 대한 재밍효과를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] D. Curtis Schleher, "Electronic Warfare in the Information Age", Artech House Boston, pp.1-3, 1999.
- [2] John D. Sparno, "RAPPORT Tactical Self Protection Systems Design" *Military Microwaves conference*, pp.28-33, Oct 1980.
- [3] L. Van Brunt, "Applied ECM, EW Engineering", Vol1, EW Engineering Inc., pp.262-276, 1978.
- [4] Anthony E. Spezio, "Electronic Warfare Systems" *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 50, No. 3, pp.633-644, Mar 2002.
- [5] Kevin Bobier, Roger Dickerson, "Interference Suppression Using A COLT Signal Processor" *Tactical Communications Conference, Proc. of IEEE*, Vol. 1 pp.267-274, 1994.
- [6] T. Lesniakowski, D. Wheeler, and M. Maiuzzo, "The Design Algorithm For Communications And Electronics Systems", *IEEE International Symposium*, pp.528-533, Aug. 1995.
- [7] August Golden Jr. "Radar Electronic Warfare (AIAA Education Series)" *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, pp. 84-92,

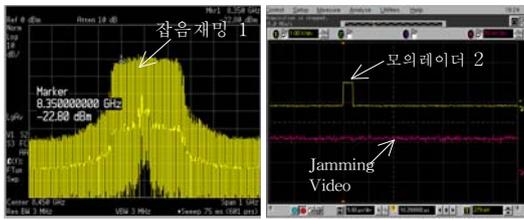


그림 6. 실험 1(a)의 측정결과(기존 방법) (a) 모의 레이더신호 1,2의 재밍 스펙트럼 (b) 모의 레이더신호 2와 잡음재밍의 비디오신호

Figure 6. Measured results of experiment 1(a) (previous method) (a) Jamming spectrums of radar signal 1,2 (b) Video signals of radar signal 2 and noise jamming

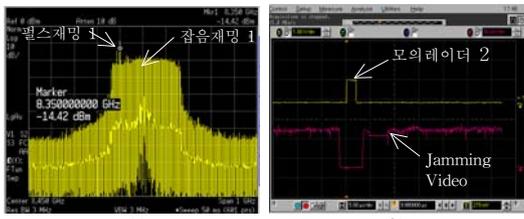


그림 7. 실험1(b)의 측정결과(제안 방법) (a) 모의 레이더신호1,2의 재밍 스펙트럼 (b) 모의 레이더신호 2와 잡음재밍의 비디오신호

Figure 7. Measured results of experiment 1(b) (proposed method) (a) Jamming spectrums of radar signal 1,2 (b) Video signals of radar signal 2 and noise jamming

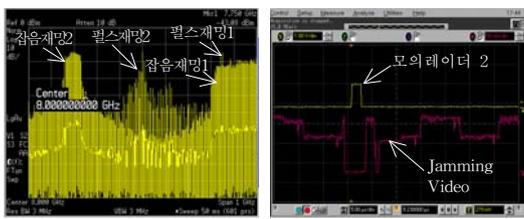


그림 8. 실험2의 측정결과 (a) 모의 레이더신호1,2,3,4의 재밍 스펙트럼 (b) 모의 레이더신호 2와 모의 레이더신호1,2,3,4의 재밍 비디오신호

Figure 8. Measured results of experiment 2 (a) Jamming spectrums of radar signal 1,2,3,4 (b) Video signals of radar signal 2 and jamming video of radar signal 1,2,3,4

1987.

- [8] David L. Adamy, "EW101 A First Course in Electronic Warfare", Artech House, Inc., pp.196-198, 2001.
- [9] James Bao-Yen Tsui, "Microwave Receivers with Electronic Warfare Application", John Wiley & Sons, Inc., pp.81-94, 1986.
- [10] 정운섭, 김소연, 김상원, 류시찬, "항공전자전 장비의 송/수신 전자파 간섭 분석 및 제거방안", 군사과학기술학회 종합학술대회, pp.17-20, 2002.
- [11] Richard J. Wiegand, "Radar Electronic Countermeasures System Design", Artech House, pp.271-273, 1991.
- [12] Gregory P. Noone, "A Neural Approach to Tracking Radar Pulse Trains with Complex Pulse Repetition Interval Modulations", *Proc. ICONIP IEEE*, pp.1075-1080, 1999.
- [13] 김용우, 양해원, "마코프 모델을 이용한 펄스 반복주기 변조형태 인식", 대한전기학회 논문집 제5권 6호 D권, pp.372-377. 2003. 6.
- [14] G.W. Anderson, D.C. Webb, A.E. Spezio, J.N. Lee, "Advanced Channelization technology for RF, microwave, and millimeter wave applications", *Proc. IEEE*, pp.355-388, Mar 1991.

정운섭 (Un-Seob Jeong)

정회원



1988년 2월 충남대학교 전자공학과 졸업  
 1990년 2월 충남대학교 전자공학과 석사  
 1990년 3월~현재 국방과학연구소 선임연구원  
 2002년 3월~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야> 전자전 신호처리, 레이더 및 무선통신 제어 시스템 설계, 전자전 시스템

나성웅 (Sung-Woong Ra)

정회원



1976년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업  
 1978년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
 1992년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
 1980년 7월~현재 충남대학교

공과대학 전자공학과 교수  
 <관심분야> 영상처리, 영상코딩, MPEG-IV, 화상 회의 시스템