

모노펄스 처리용 차 채널을 이용한 부엽 잡음재머 제거

Sidelobe Cancellation Using Difference Channels for Monopulse Processing

김 태 형 · 최 대 영

Tae-Hyung Kim · Dae-Young Choi

요 약

부엽 잡음 재머 제거를 위한 SLC(Sidelobe Canceller, 부엽제거기)는 주 채널(합 채널) 빔 패턴에 의한 수신 신호 외에 보조 채널 빔 패턴에 의한 수신 신호를 요구한다. 적응형 SLC가 최상의 부엽 잡음 재머 제거 성능을 발휘하기 위해서는, 주 채널 빔 패턴의 부엽에 해당하는 고각/방위각 영역에서 각각의 보조 채널 빔 패턴의 우세한 이득(gain)을 보이는 영역이 서로 겹치지 않게 되어야 한다. 그리고 주 채널 빔 패턴의 주엽에 해당하는 영역에서 보조 채널 빔 패턴들이 낮은 이득을 보여야 한다. 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널들의 빔 패턴들은 이러한 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 부엽 제거를 위한 보조 채널로서 모노펄스 처리용 차 채널을 이용하는 방법을 제안하고, 제안한 방법의 SLC 성능 분석 및 시뮬레이션 결과를 보였다. 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널의 빔으로 SLC를 구현하면 추가적인 채널 구성없이 기본적으로 사용되는 합, 차 채널들을 이용하여 SLC를 구성할 수 있다.

Abstract

Sidelobe canceller(SLC) requires main beam pattern(SUM beam) and auxiliary beam patterns for rejection of sidelobe noise jammer. For best performance of sidelobe noise jamming cancellation of adaptive SLC, gain dominant region of each auxiliary beam pattern shall not be overlapped one another in elevation/azimuth regions of sidelobe of main beam, and beam patterns of auxiliary channels should have low gains in regions of mainlobe of main beam. In the monopulse radar, the difference beam patterns for monopulse processing have these properties. This paper proposes the method using data from the difference channel for monopulse processing as data from auxiliary channel for sidelobe cancellation. For the proposed SLC, the results of simulation and performance analysis was presented. If the proposed method is used in the monopulse radar, SLC can be constructed by using basic SUM and difference channels without extra channel composition.

Key words: Sidelobe Canceller, Sidelobe Cancellation, Adaptive Sidelobe Canceller, Radar Sidelobe Canceller, Monopulse Radar

I. 서 론

레이더 시스템에서 부엽 잡음 재밍에 대응하는 방법으로 SLC(Sidelobe Canceller, 부엽제거기)가 효과적으로 이용될 수 있다. SLC는 보조안테나를 사용하여 보통 수행

되는 데, 적응형 SLC는 보조안테나의 신호를 주 안테나의 신호와 적응적으로 합함으로써 새로운 안테나 수신 빔 패턴을 적응적으로 형성하여 재밍 신호를 제거 또는 억압시킨다. 적응적으로 새롭게 형성된 수신 빔 패턴은 재머 방향에 깊은 극소치를 가져야 한다^{[1]~[3]}. 보조안테

LIG넥스원(주)(LIG Nex1 Co., Ltd.)

· Manuscript received February 17, 2015 ; Revised March 31, 2015 ; Accepted April 17, 2015. (ID No. 20150217-013)

· Corresponding Author: Tae-Hyung Kim (e-mail: thkim07@gmail.com)

나로부터 수신된 신호에 적당한 복소수 가중치를 곱함으로써, 반대 위상 방향의 신호가 생성되고, 이 신호를 주안테나 신호에 뺄으로써 간섭신호를 제거한다^{[2][4][5]}. 적당한 가중치는 주안테나 및 보조안테나의 수신 신호들로부터 재밍 잡음을 평가함으로써 결정한다. 재밍 신호는 레이더 안테나의 부엽뿐만 아니라, 주엽 방향에서도 들어와서 표적탐지를 방해할 수 있지만, 적응형 SLC 알고리즘은 단지 안테나의 부엽 방향으로 들어오는 재밍 신호를 억압할 수 있다. 주엽 방향의 재밍 신호들은 표적신호와 연관되어 SLC로 주엽 방향의 재밍 신호를 억압할 경우에 표적신호까지 억압할 가능성이 있어서, 보통 주엽 방향에 대해서는 신호 억압이 되지 않도록 보조안테나의 수신 빔 패턴을 형성하게 된다. 재머의 위치와 개수 및 형태에 따라 보조안테나의 수신 빔 방향 및 유효범위, 보조안테나의 개수 및 형태 등을 결정해야 한다. 보통 보조안테나의 개수는 제거될 수 있는 재머의 개수와 같다^[6]. 어떤 연구에서는 보조 채널에 TDL(Tapped Delay Line)을 첨가하여 보조 채널을 증가시키지 않고도 DOF(Degree Of Freedom)를 증가시킬 수 있음 보였다^[5]. 그러나 본 논문에서는 TDL을 이용하는 것은 고려하지 않았다.

적응형 SLC가 최상의 부엽 잡음 제거 성능을 발휘하기 위해서는, 주 채널(주안테나) 수신 빔 패턴의 부엽에 해당하는 고각/방위각 영역에서 각각의 보조 채널(보조안테나) 수신 빔 패턴의 우세한 이득(gain)을 보이는 영역(수신 빔 방향 및 유효범위)이 서로 겹치지 않게 되어야 한다. 그리고 주 채널 수신 빔 패턴의 주엽에 해당하는 영역에서 보조 채널 수신 빔 패턴들이 낮은 이득을 보여야 한다(주엽 방향에서는 보조안테나 패턴은 널(null)을 가져야 좋다). 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널들의 빔 패턴들은 이러한 특성을 가진다.

본 논문에서는 부엽 재밍 제거(sidelobe cancellation)를 위한 보조 채널로서 모노펄스 처리용 차 채널을 이용하는 방법을 제안하고, 제안한 방법의 SLC 성능 분석 및 시뮬레이션 결과를 보였다. 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널의 빔으로 SLC를 구현하면 추가적인 채널 구성없이 기본적으로 사용되는 합, 차 채널들을 이용하여 SLC를 구성할 수 있다.

II. 재밍 대응 Sidelobe Canceller

이 절에서는 적응형 SLC에서 사용하는 SLC 알고리즘에 대해 설명한다.

그림 1에서 보조 채널이 2개인 경우를 예로 하여 SLC의 동작을 표현하였다. 모노펄스 레이더 시스템에서는 먼저 PLP(Passive Listening Period, 수동 수신 구간)에서 순수한 외부 간섭신호들을 수집한다. PLP는 레이더 펄스를 전송하여 레이더 반사파를 수신하는 구간의 앞에 존재하는 외부 재밍 신호를 탐지하거나, 내부 열잡음을 측정하기 위하여 레이더 펄스 전송 없이 수신하는 구간이다. 이 PLP에서 수집한 신호로 재밍 신호를 탐지하고, 적응적으로 가중치를 결정한다. 이렇게 PLP에서 결정한 가중치를 PLP 다음에서 펄스를 전송 후 획득한 주/보조 채널의 레이더 반사파 신호에 적용 및 조합하여 부엽 재머가 제거된 출력 $z(t)$ 를 만든다. PLP에서는 표적 신호는 없고 재머 및 간섭신호만 있다. PLP에서 간섭신호만의 특성을 반영한 복소수 가중치 w 를 선택한다.

재머 소스는 균일하게 무작위로 분포하는 잡음으로 가정할 수 있으며, 주 채널과 보조 채널에 서로 연관성을 가지는 잡음들을 생성한다. 열잡음도 주 채널과 보조 채널에 잡음들을 생성하지만, 열잡음 소스는 iid(independent and identically distributed, 독립적이고 동일한 분포) 특성을 만족한다. 단일 재머 상황에서 주 채널 수신 신호 $y(t)$ 는 다음과 같다.

$$y(t) = m_{th}(t) + m_j(t) + m_t(t) \tag{1}$$

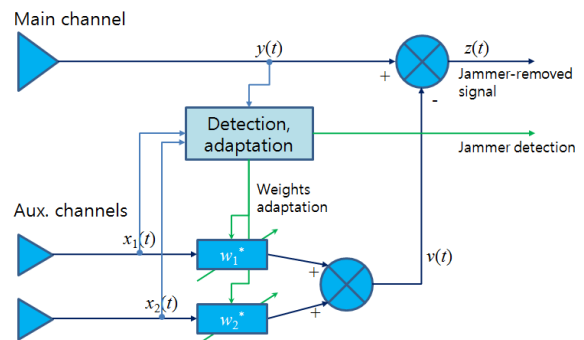


그림 1. Sidelobe canceller의 기능 블록도
Fig. 1. Block diagram of sidelobe canceller.

여기서 $m_{th}(t)$ 는 열잡음, $m_j(t)$ 는 재밍 잡음, $m_t(t)$ 는 표적 신호이다. 단일 재머 상황에서 보조 채널 수신 신호 $x_n(t)$, ($n = 1, 2$)는 다음과 같다.

$$x_n(t) = a_{th}(t) + a_j(t) \quad (2)$$

여기서 $a_{th}(t)$ 는 열잡음, $a_j(t)$ 는 재밍 잡음이다. 주 채널의 주엽 영역에서 보조 안테나의 이득이 낮다는 가정 아래에서 보조 채널 수신 신호 $x_n(t)$ 에 표적 신호가 없다. $v(t)$ 는 보조 채널 신호에 가중치가 곱해진 합으로써 $v(t) = W^H X$ 이다($W = [w_1, w_2]^T$, T 는 전치(transpose), H 는 Hermitian 전치(transpose), $X = [x_1(t), x_2(t)]^T$). 그러면 재머 제거된 신호는 $z(t) = y(t) - v(t)$ 로 된다. 부엽 재머 제거의 핵심인 가중치 계산은 PLP의 주/보조 채널 데이터에 대해 계산한 $z(t)$ 값들의 전력값을 최소화 하는 가중치 값을 찾는 것이다. 즉, 재머 신호에 대해 보조 채널 데이터의 가중치 합이 주 채널 데이터와 일치하도록 하는 것이다. 최적의 가중치 W 는 PLP의 데이터를 가지고, 다음과 같이 계산한다⁶⁾.

$$W = R^{-1}U, \quad R = E[XX^H], \quad U = E[Xy^*] \quad (3)$$

여기서 R 은 보조 채널 데이터의 공분산 행렬(covariance matrix), y^* 는 y 의 공액(conjugate), U 는 주/보조 채널 데이터의 상관(correlation) 벡터로서 보조 채널 개수가 U 의 차원 수가 된다.

잘 결정된 가중치는 그림 2처럼 재머 방향에 깊은 극소치의 수신 빔 패턴을 형성하는 출력 $z(t)$ 를 만든다. 그림 2는 방위각 15° 방향에서 재밍 신호가 들어올 때 SLC에 의한 합 수신 빔 패턴과 일반 합 채널 패턴을 비교한 것이다. 그림 2에서 주엽 패턴은 SLC 이후에도 별 영향이 없음을 볼 수 있다. 보조 채널 들에 표적 신호가 존재하거나, 재머의 개수가 보조 채널의 수보다 많다면 주엽의 표적 신호가 제거될 가능성이 있다. 그러나 주 안테나의 주엽 이득이 보조 안테나의 이득보다 상당히 높게 하거나, 주 안테나의 주엽 영역에서 보조 안테나의 이득이 극소치가 되도록 보조 채널의 빔 패턴을 만들면, 주 안테나 주엽 신호는 사실상 영향을 받지 않게 된다. 적응형 SLC가 최상의 부엽 잡음 재머 제거 성능을 발휘하기 위해서는,

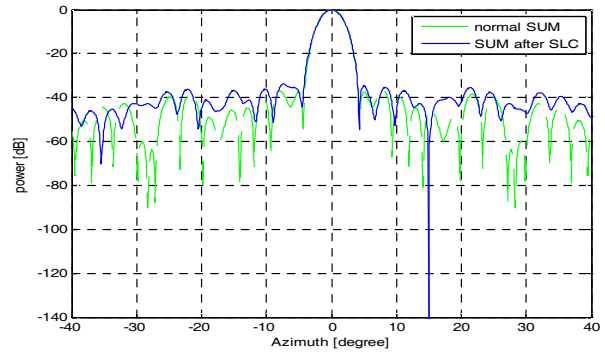


그림 2. 재머 방향이 방위각 15° 일 때 일반 합 패턴과 SLC 후에 합 수신 빔 패턴

Fig. 2. Normal SUM pattern and SUM pattern after SLC when jammer direction is azimuth 15° .

주 채널 수신 빔 패턴의 부엽에 해당하는 고각/방위각 영역에서 각각의 보조 채널 수신 빔 패턴의 우세한 이득 (gain)을 보이는 영역(수신 빔 방향 및 유효범위)이 서로 겹치지 않게 되어야 한다. 그리고 주 채널 수신 빔 패턴의 주엽에 해당하는 영역에서 보조 채널 수신 빔 패턴들이 낮은 또는 극소치의 이득을 보여야 한다. 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널들의 빔 패턴들은 이러한 특성을 가지고 있다. 다음 그림들은 모노펄스 레이더에서 합 및 차 채널들의 빔 패턴의 예이다.

그림 3(a)는 고각 0° 에서 방위각 방향의 합과 방위각 차 채널의 빔 패턴을 나타낸 것이다. 방위각 차 채널의 빔 패턴이 합 채널의 주엽에서는 깊은 극소치를 가지고, 부엽에서는 합 채널의 부엽 쪽을 효과적으로 제어할 만큼 적당히 높은 크기를 가지는 것을 볼 수 있다. 그림 3(b)는 합 채널의 2차원 패턴을 보였고, 그림 3(c)는 방위각 차 채널의 2차원 패턴을, 그림 3(d)는 고각 차 채널의 2차원 패턴을 보였다. 방위각 차 채널과 고각 차 채널의 2차원 패턴을 겹쳐 보았을 때, 차 채널들이 우세한 이득을 보이는 영역이 십자형으로 존재함을 볼 수 있다. 그리고 방위각과 고각 차 채널의 패턴들은 우세한 이득을 보이는 영역들이 서로 겹치지 않는 것을 볼 수 있다. 차 채널 패턴들의 이득이 우세한 이득을 보이는 십자형 영역 외의 영역에서 대체로 주 채널의 이득이 작고, 차 채널의 이득이 크므로, 이 영역에 들어오는 재머는 효과적으로 제거될

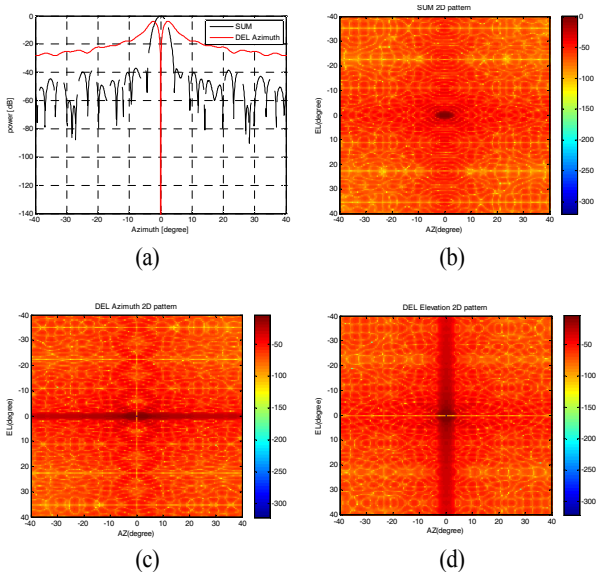


그림 3. 모노펄스 레이더의 합과 차 빔 패턴의 예
Fig. 3. Examples of SUM and DEL patterns in monopulse radars.

수 있다. 그러므로 그림 3의 합과 차 채널의 빔 패턴을 예로 보았을 때 충분히 SLC를 위한 보조 안테나 수신 채널로서 차 채널을 사용할 수 있음을 알 수 있다.

Ⅲ. 모노펄스 처리용 차 채널을 이용한 SLC 시뮬레이션 및 성능 분석

그림 1과 같은 채널 구성으로 SLC 시뮬레이션을 행한다. 그림 1의 주 채널의 수신 빔 패턴(방위각 빔 폭: 3°, 고각 빔 폭: 2°)은 그림 3(b)와 같이 구성하였으며, 그림 1의 2개의 보조 채널의 수신 빔 패턴은 그림 3의 (c)와 (d)와 같이 구성하였다. PLP에서 각 채널들의 재머 신호를 모의하여 각 채널들에서 100개의 샘플들을 취하고, 식 (2)와 같이 가중치 값을 계산하였다. 그리고 PLP 바로 다음에서 방위각 0° 및 고각 0°의 표적과 PLP에서와 같은 방향의 재머를 모의하여 PLP에서 계산한 가중치를 각 채널들의 모의 수신 데이터에 적용하여 재머 제거를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용한 표적 신호는 밴드폭 3 MHz의 칩(chirp) 신호 및 펄스 폭 10 μs를 사용하였고, 펄스 압축 후 SNR이 20 dB가 되게 했다. 표 1에서 시뮬레이션한 시나리오들을 정리하였다. 표 1에서 JSR(Jammer

to Signal power Ratio, 신호대 재머 전력비)는 잡음 대신 호비를 나타낸다. 표 1에서 보듯이, 각 시나리오에서 각 각이 방향이 다른 재머를 1개 또는 2개, 3개 등으로 넣고, 각 재머의 전력은 동일하게 실험하였다. 표 1의 각 시나리오 행에서 회색으로 흐리게 쓰여진 행들은 각 행에 쓰여진 재머 전력(JSR)을 가진 재머로 실험하였을 때 재머를 제거하지 못한 경우이며, 나머지 회색이 아닌 검게 또렷하게 쓰여진 행들은 재머를 잘 제거한 경우이다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 시나리오
Table 1. Scenario used in simulation.

시나리오 번호	표적 방향 (방위각, 고각)	JSR (dB)	재머 1의 방향 (방위각, 고각)	재머 2의 방향 (방위각, 고각)	재머 3의 방향 (방위각, 고각)
1	(0°, 0°)	45	(20°, 0°)	없음	없음
2	(0°, 0°)	45	(5°, 0°)	없음	없음
3	(0°, 0°)	19	(5°, 0°)	없음	없음
4	(0°, 0°)	19	(3°, 0°)	없음	없음
5	(0°, 0°)	19	(8°, 0°)	없음	없음
6	(0°, 0°)	19	(0°, 3°)	없음	없음
7	(0°, 0°)	18	(0°, 3°)	없음	없음
8	(0°, 0°)	18	(0°, 2°)	없음	없음
9	(0°, 0°)	17	(0°, 2°)	없음	없음
10	(0°, 0°)	1	(3°, 3°)	없음	없음
11	(0°, 0°)	6	(5°, 5°)	없음	없음
12	(0°, 0°)	7	(9°, 9°)	없음	없음
13	(0°, 0°)	14	(10°, 10°)	없음	없음
14	(0°, 0°)	21	(11°, 11°)	없음	없음
15	(0°, 0°)	30	(30°, 30°)	없음	없음
16	(0°, 0°)	1	(19.5°, 22°)	없음	없음
17	(0°, 0°)	150	(20°, 0°)	(0°, 20°)	없음
18	(0°, 0°)	150	(10°, 10°)	(-11°, 11°)	없음
19	(0°, 0°)	130	(5°, 5°)	(-5°, 5°)	없음
20	(0°, 0°)	1	(3°, 3°)	(-3°, 3°)	없음
21	(0°, 0°)	120	(3°, 0°)	(4°, 5°)	없음
22	(0°, 0°)	1	(20°, 20°)	(-20°, -20°)	없음
23	(0°, 0°)	1	(20°, 0°)	(-20°, 0°)	없음
24	(0°, 0°)	1	(0°, 20°)	(0°, -20°)	없음
25	(0°, 0°)	1	(20°, 0°)	(0°, 20°)	(-15°, 17°)

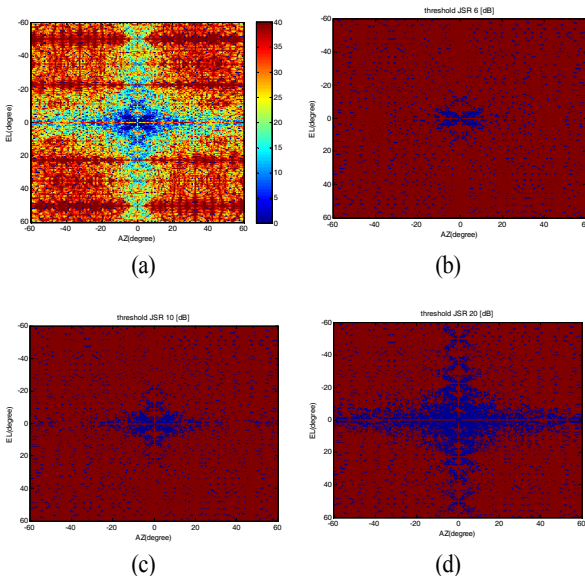


그림 4. 재머 방향 및 재머 전력에 따른 SLC 성능 맵
 Fig. 4. Performance maps of SLC according to direction and power of jammer.

시나리오 1번에서 16번까지는 하나의 재머만 있는 경우를 실험한 결과이다. 1번에서 16번 시나리오의 결과에서 보듯이, 재머 방향에 따라 재머 제거 능력이 다른 것을 볼 수 있다. 그리고 재머 방향이 주엽 영역에 가까울수록 재머 제거 능력이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그림 4는 여러 방향 및 다양한 JSR에 대해서 하나의 재머를 넣고 차 채널을 이용하여 SLC 시뮬레이션을 한 결과이다. 그림 4에서 가로 및 세로축은 재머 방향에 해당하는 각도를 나타낸다. 그림 4(a)는 각 재머 방향에서 JSR을 1에서 40 dB 까지 변화시켜 가면서 제안한 SLC가 어떤 JSR을 가진 재머를 제거하면, 제거한 해당 JSR 값을 그 재머 방향에 해당하는 셀(cell)에 저장하였다(한 셀의 해상도는 0.5° 이다). 즉, 그림 4(a)는 재머 방향 및 재머 전력에 따른 제안한 SLC의 재머 제거 성능을 나타낸 것이다. 그림 4(a)에서 보듯이, 주엽 근처 및 주엽 중심으로 십자형의 영역에서 재머 제거 능력이 떨어진 것으로 보인다. 이는 주 채널의 빔 패턴에서 전력 크기가 큰 영역이 이 십자형 영역에 해당하여 보다 재머 전력은 큰 이득으로 들어오기 때문에 상대적으로 재머 제거 능력이 떨어진 것으로 보인다. 그러나 십자형 영역에서도 방위각이 0° 인 모든 고각 방향

및 고각이 0° 인 모든 방위각 방향에서 좋은 성능을 보인다. 이는 해당 영역의 차 채널들의 빔 패턴 이득이 서로 반대적인 특성을 보이기 때문이다(두 개의 차 채널에서 하나는 이득이 극대치를 보이고, 다른 하나는 이득이 극소치를 보임). 주 채널의 낮은 부엽 전력 패턴을 가지는 영역에서 SLC가 좋은 성능을 보임을 볼 수 있다.

두 차 채널의 패턴이 동시에 이득이 크거나, 동시에 이득이 작은 영역이 소수 존재하며, 이 영역에 들어오는 재머에 대해서는 재머 제거 능력이 다소 떨어질 수 있다. 이런 영역은 주 채널의 주엽 빔폭 영역에 많이 존재하고, 십자형 영역 외의 영역에는 소수만 존재한다. 주 채널의 주엽 영역에 존재하면서 차 채널들이 동시에 큰 이득을 가지는 영역은 표 1의 시나리오 10의 경우로 볼 수 있으며, 주엽 쪽에 들어오는 재머와 관련이 있고, 부엽 재머 제거 성능과는 무관하다(SLC는 특성상 주엽에 들어오는 재머를 제거하지 못한다). 주 채널의 주엽 영역 외에 존재하면서 차 채널들이 동시에 작은(이득의 골짜기 부분) 이득을 가지는 영역은 극히 좁고 소수만 존재하고, 주 채널의 빔 패턴에 의한 재머에 대한 이득도 대부분 작다. 이런 영역에서 재머 제거 능력이 떨어질 수 있으나, 주 채널에 들어오는 재머 전력이 작아서 낮은 재머 제거 능력으로도 재머가 제거가 될 수 있다. 이런 영역 중 일부에서 표 1의 시나리오 16번의 경우와 같이 재머가 제거되지 않아 표적을 탐지 못할 수도 있다. 그러나 플랫폼 및 재머의 기동 등에 의해 재머 방향이 바뀌면 곧 이 영역을 벗어나서 재머 제거가 정상적으로 이루어질 것이다.

그림 4(b)는 그림 4(a)에서 JSR이 6 dB인 재머 신호를 제거한 지점들을 붉은 점으로 제거하지 못한 지점들을 파란 점으로 표시하였다. 그림에서 보듯이 주엽 영역 및 일부 산발적인 부엽 지점에서만 재머가 제거되지 않고 대부분의 지점에서 재머가 제거됨을 볼 수 있다. 앞에서 언급했듯이, 부엽의 산발적인 재머가 제거되지 않는 영역을 플랫폼 및 재머의 기동 등에 의해 곧 벗어나게 될 것이다. 그림 4의 하단은 그림 4(a)에서 JSR이 각각 10 dB(그림 4(c)) 및 20 dB(그림 4(d))의 재머 신호를 제거한 지점들을 그림 4(b)와 같이 표현하였다. JSR 10 dB 정도의 재머는 JSR 6 dB처럼 대부분의 영역에서 제거가 되며, JSR 20 dB에서는 제거가 되지 않은 영역이 다소 늘어나

는 것을 볼 수 있다.

표 1의 17에서 24번까지는 두 개의 재머가 각기 다른 방향에서 들어오는 경우를 실험한 경우이다. 표 1의 20번 시나리오의 결과는 주엽 영역에서 여전히 재머 제거가 되지 않음을 보여준다. 23번 시나리오의 경우는 방위각 방향 차 채널이 극대치 이득을 가지는 영역에 두 개의 재머가 동시에 들어오는 경우이다(고각 방향 차 채널은 극소치 이득을 가져 재머 제거에 효과를 발휘하지 못함). 이런 경우는 보조 채널(방위각 차 채널) 하나로 두 개의 재머를 제거해야 하는 경우와 같은 효과를 가지기 때문에 재머 제거가 되지 않았다. 보조 채널 숫자가 최대로 제거 가능한 재머의 숫자이다. 24번 시나리오도 23번과 같은 이유로 재머 제거가 되지 않았다(고각 차 채널 하나로 두 개의 재머를 제거해야 하는 경우임).

표 1의 25번 시나리오는 두 개의 보조 채널로 3개의 방향에서 들어오는 재머를 제거하는 경우이므로 재머 제거가 되지 않았다.

IV. 결 론

부엽 잡음 재머를 제거하는 SLC(Sidelobe Canceller)를 위한 보조 채널로서 모노펄스 처리용 차 채널을 이용하기를 제안하였다. 모노펄스 레이더에서 모노펄스 처리용 차 채널의 빔으로 SLC를 구현하면 추가적인 채널 구성없이 기본적으로 사용되는 합, 차 채널들을 이용하여 구현할 수 있다.

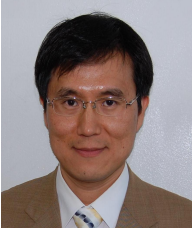
모노펄스 레이더의 모노펄스 처리용 차 채널들의 빔 패턴들이 SLC를 위한 보조 채널의 빔 패턴으로서 적합함을 기술하였고, SLC를 위한 보조 채널로서 모노펄스 처리용 차 채널을 이용하는 방법을 기술하였다. 제안한 방법으로 구현한 SLC의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션을 통한 결과는 부엽의 대부분의 영역에 들어오는 잡음 재머를 제거함을 보여주었다. 일부 아주 좁은 영역의 산발적인 부엽 지점들이나, 보조 채널 하나

로 두 방향의 재머를 동시에 제거해야 하는 경우와 같은 효과를 가지는 영역에서 재머가 제거되지 않을 수 있다. 그러나 이런 지점들은 아주 좁은 지점들이기 때문에 플랫폼 및 재머의 기동 등에 의해 재머 방향이 바뀌면 곧이 지점들을 벗어나서 재머 제거가 정상적으로 이루어질 것이다. 그러므로 시뮬레이션을 통한 결과는 제안한 방법이 부엽에 들어오는 잡음 재머를 효과적으로 제거할 수 있음을 보여준다. 제안한 SLC는 추가적인 채널 구성이 어렵거나 합, 차 및 가드(guard) 채널만을 가진 항공기용 레이더 등에 부엽 잡음 재머 제거를 위한 목적으로 구현할 수 있다.

References

- [1] R. Nitzberg, *Radar Signal Processing and Adaptive Systems*, Artech House, ISBN: 1-58053-034-6, 1999.
- [2] Pavel Sedivy, "Radar sidelobe canceller performance - 13th Conf. on Microwave Techniques COMITE 2013, Apr. 17-18, Paradubice, Czech Republic, pp. 186-189. 2013.
- [3] D. C. Schleher, *Electronic Warfare in the Information Age*, Artech House, ISBN: 0-89006-526-8, 1999.
- [4] 김세연, 정신철, 이병섭, "Eigenanalysis 방식을 이용한 적응 SLC(sidelobe canceller) 시스템의 성능향상에 관한 연구", 한국전자파학회논문지, 12(5), pp. 694-704, 2001년 8월.
- [5] 김은정, 문성빈, 이병섭, 김진호, 홍동희, "적응 sidelobe canceller에서의 Spatio-temporal 처리구조에 관한 연구", 한국전자파학회논문지, 11(3), pp. 329-336, 2000년 4월.
- [6] Priyanka Priyadarshini, O. C. Vishnu, "Sidelobe canceller system for phased array radar", *Radar Symposium, IEEE Proceedings International*, pp. 855-862, 7-9 Sep. 2011.

김 태 형



1999년 3월: 부산대학교 전자공학과 (공학 석사)
2007년 3월: 부산대학교 전자공학과 (공학 박사)
2010년 11월: 국방과학연구소 연구원
2010년 12월~현재: LIG넥스원(주) ISR 연구센터 연구원

[주 관심분야] 레이더 신호처리, 패턴인식 등

최 대 영



1999년 3월: 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)
2005년 12월~현재: LIG넥스원(주) ISR 연구센터 연구원
[주 관심분야] 디지털 HW, 레이더 신호처리 등