

이중편파 단일 및 배열안테나를 이용한 GPS 항재밍 신호처리 기법 연구

1. 연구 배경

GPS(Global Positioning System)은 미 국방성에서 개발한 대표적인 위성항법시스템으로, 약 20,000km 상공을 12시간 주기로 공전하는 다수의 위성으로부터 신호를 수신하여 항법 데이터를 추출함으로써 수신기의 위치, 항법 및 시각 정보를 얻을 수 있는 전 지구적 시스템이다. 그러나 지구상에 도달하는 GPS 신호의 세기는 열잡음보다 낮은 정도로 미약하여 재밍에 취약하다는 단점이 있다. 따라서 GPS 재밍으로 인한 피해를 막기 위해 항재밍 기법이 다양하게 연구되었고, 그 중 배열 안테나를 이용한 CRPA(Controlled Reception Pattern Antenna, 수신 패턴 제어 안테나) 기법은 동시에 다수의 광대역 및 협대역 재밍신호의 감쇄가 가능한 효과적인 신호처리 기법 중 하나로, F-15 전투기 등 무기체계에 장착되어 활용되고 있다. 그러나 CRPA를 비롯한 배열안테나 기반의 항재밍 기법은 크기 및 무게로 인해, 탑재 중량 및 부피가 제한된 플랫폼에는 적용이 용이하지 않다는 단점이 있다. 따라서 이러한 배열 안테나의 단점을 극복하고 보다 다양한 플랫폼에 항재밍 기술을 적용하기 위하여 효과적인 단일 안테나 항재밍 신호처리 기법이 요구된다.

2. 기존 연구의 한계 및 연구의 차별성

배열 안테나의 단점을 극복하여 더욱 다양한 플랫폼에 항재밍 기술을 적용하기 위하여 단일 안테나만을 이용한 항재밍 신호처리 기법들이 연구된 바 있으나, 배열 안테나와는 달리 단일 안테나만으로는 공간 자유도(spatial degrees of freedom)를 제공할 수 없으므로 광대역 재밍신호는 감쇄할 수 없는 것으로 알려져있다.

일반적인 GPS 안테나는 단일편파 신호를 수신하도록 되어있고 그 경우 단일 안테나만으로는 공간 자유도를 제공할 수 없다. 하지만 본 논문에서는 기존의 틀에서 벗어나 ‘이중편파 신호’를 수신할 수 있는 GPS 안테나를 이용하여 단일 안테나만으로도 공간 자유도를 제공할 수 있는 신호처리 기법을 제안한다. 그리고 이 기법을 이용하면 단일 안테나만으로도 1개의 광대역 재밍신호를 감쇄할 수 있음을 보였다. 즉, ‘이중편파 단일 안테나’를 사용하면 기존의 단일편파 단일 안테나와 같은 크기의 안테나만을 가지고도 항재밍이 가능하기 때문에 그 잠재적인 활용 범위가 매우 넓은 혁신적인 기술이다.

아울러 본 논문에서는 이러한 이중편파 신호를 활용한 항재밍 기법을 배열 안테나에까지 확장한 ‘이중편파 배열 안테나’ 항재밍 기법 또한 제안하고 있다. 이 기법을 활용하면 기존 단일편파 배열 안테나에 비해서 더 많은 공간 자유도를 제공할 수 있기 때문에 기존과 동일한 수의 안테나 소자로 더 많은 수의 광대역 재밍신호를 감쇄할 수 있다.

3. 주요 연구 결과

본 논문에서는 재밍신호의 감쇄를 위해 MVDR(Minimum Variance Distortionless Response)

알고리즘을 이용하여 각 안테나 수신신호에 할당되는 가중치를 계산한다. 제안된 각 기법의 항재밍 성능을 검증하기 위해 재밍 시나리오를 설정하고 이에 대하여 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 결과로 얻어지는 **angle response** 및 **angle-frequency response**를 도시하여 입사하는 각 재밍신호의 입사 방향 및 중심주파수 대역에 **spatial null** 및 **frequency notch**가 형성됨을 보임으로써, 제안한 기법의 항재밍 성능을 검증한다. 각 그림에서 붉은 색 점선은 시뮬레이션 수행 시 생성한 재밍신호의 입사 방향 또는 주파수를 의미한다.

3.1 이중편파 단일 안테나 spatial processing

- 시뮬레이션: 광대역 재밍신호 1개

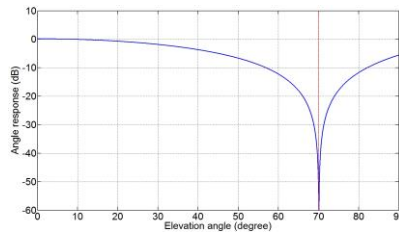


그림 3.1 이중편파 단일 안테나 angle response

3.2 이중편파 단일 안테나 spatial-temporal processing

- 시뮬레이션: 광대역 재밍신호 1개, 협대역 재밍신호 4개

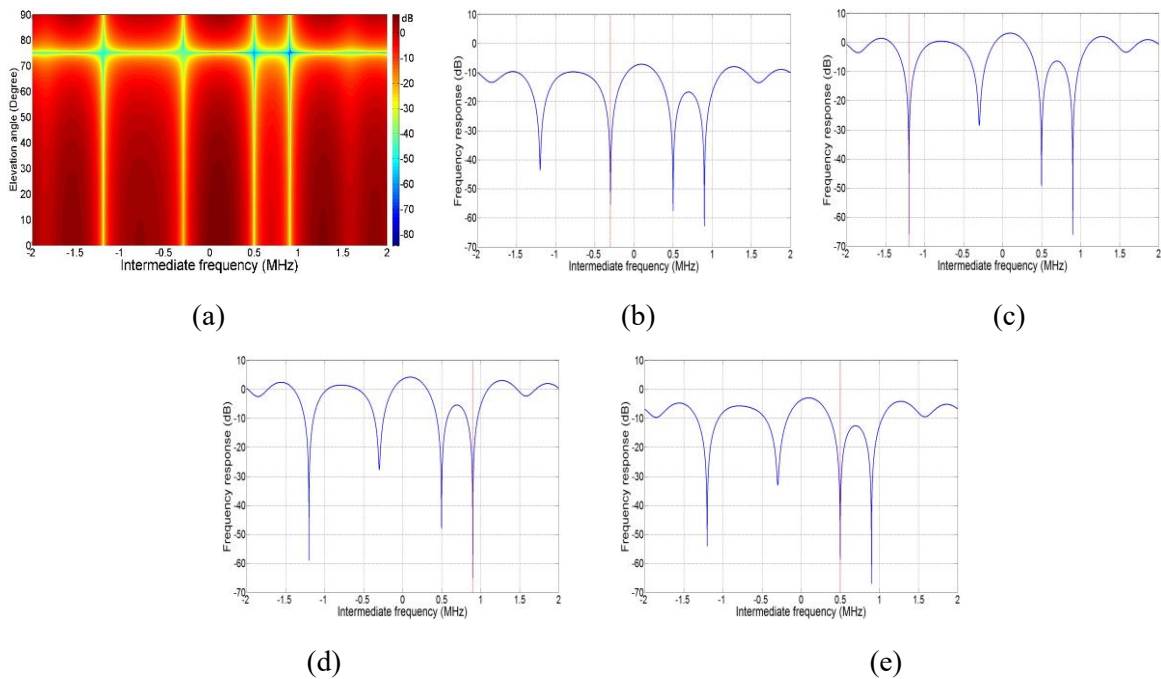


그림 3.2 이중편파 단일 안테나 angle-frequency response (a) 및 각 협대역 재밍신호의 elevation angle 에 대한 frequency response (b~e)

3.3 이중편파 배열 안테나 spatial processing

시뮬레이션: 광대역 재밍 신호 7개

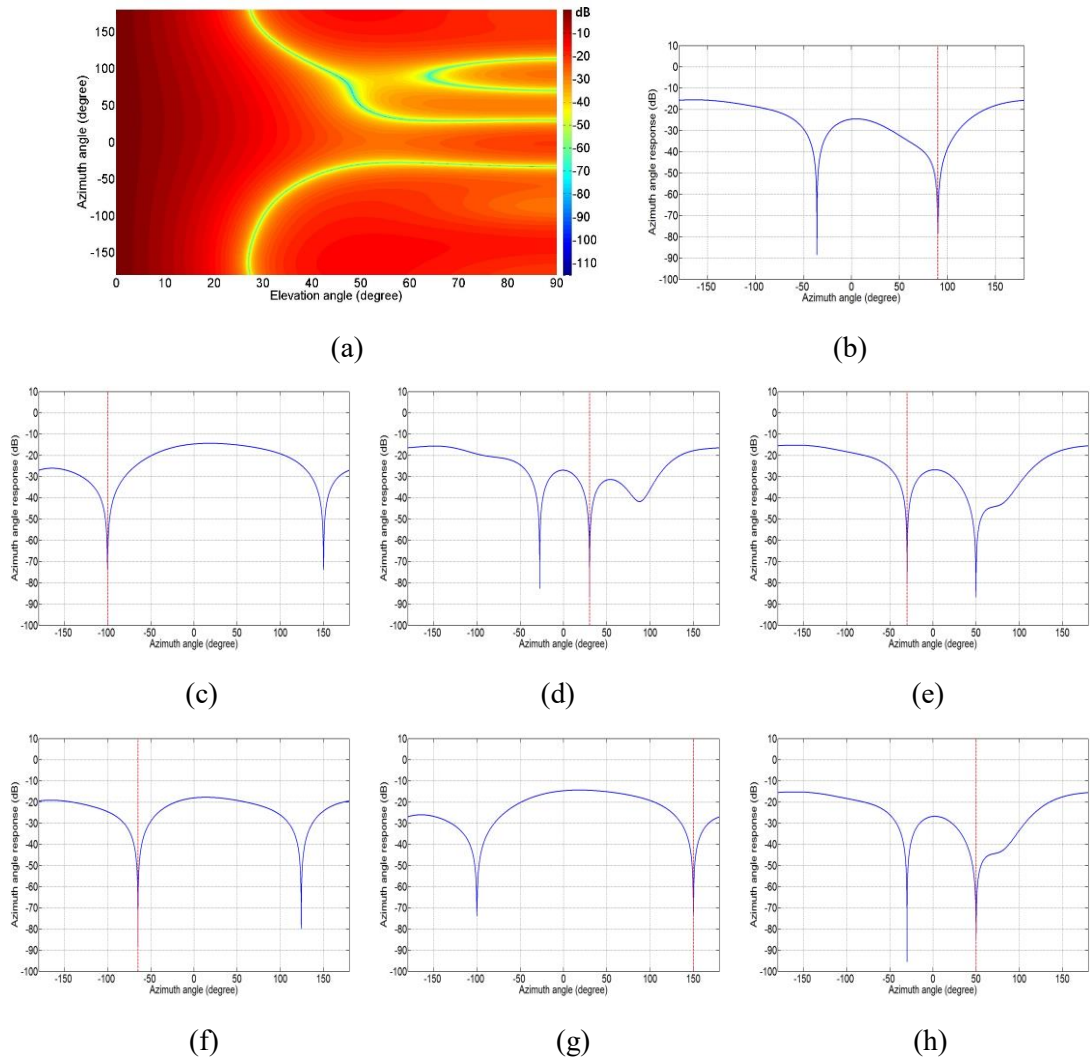
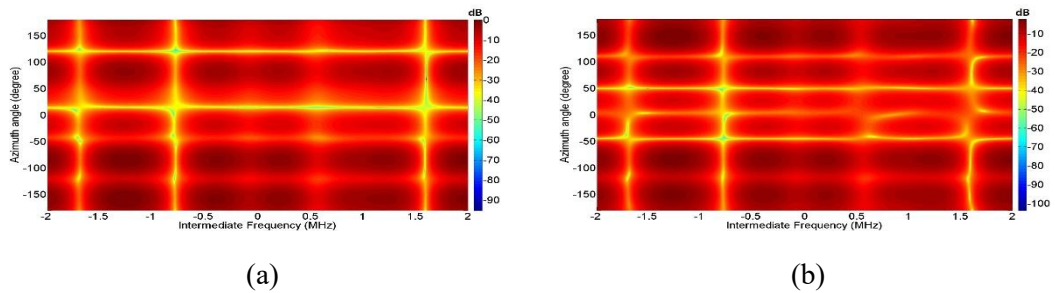


그림 3.3 이중편파 배열 안테나 angle response (a) 및 각 협대역 재밍신호의 elevation angle에 대한 azimuth angle response (b~h)

3.4 이중편파 배열 안테나 spatial-temporal processing

- 시뮬레이션: 광대역 재밍 신호 7개, 협대역 재밍신호 5개



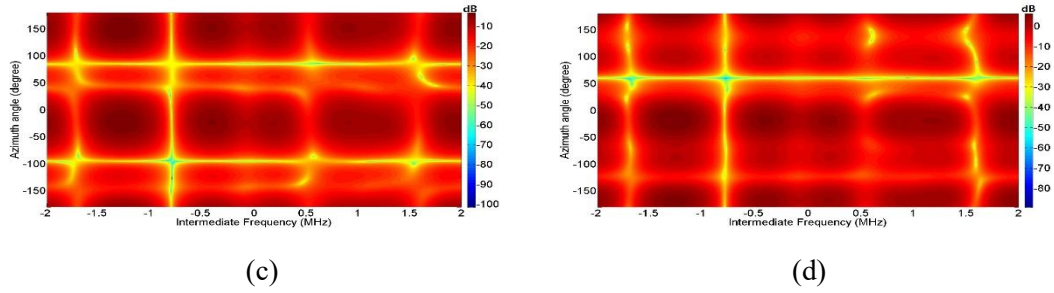


그림 3.4 광대역 재밍신호의 elevation angle 에 대한 이중편과 배열 안테나 angle-frequency response

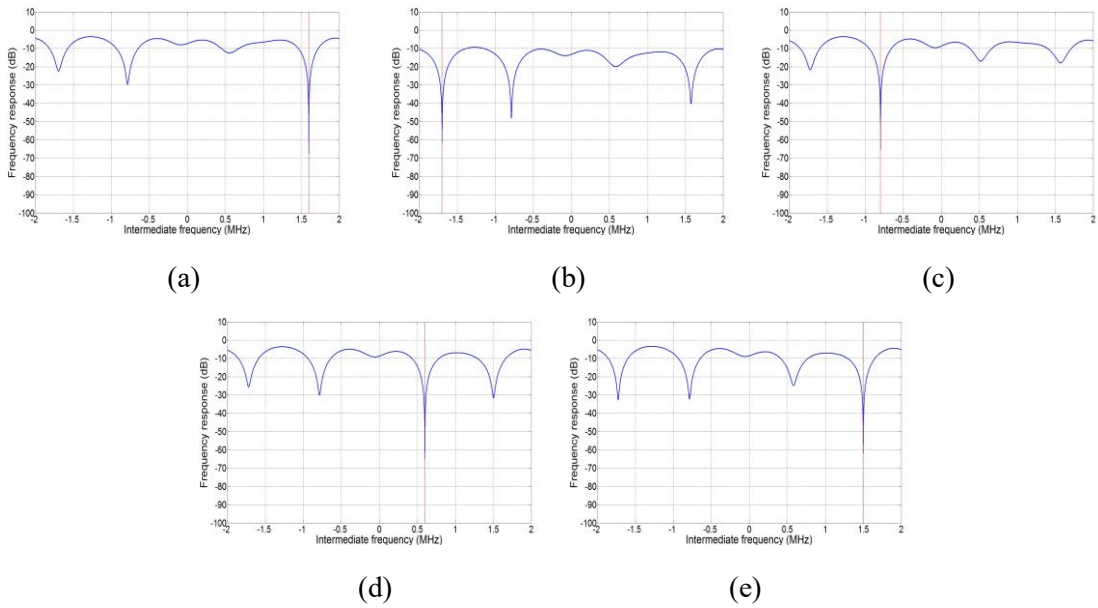


그림 3.5 각 협대역 재밍신호의 azimuth angle 및 elevation angle에 대한 frequency response

4. 결론

본 논문에서는 기존 배열 안테나 기법의 제한된 적용성 및 단일편과 단일 안테나 기법의 제한된 광대역 재밍신호 감쇄 성능을 개선하기 위하여 이중편과 단일 안테나 항재밍 기법을 제안하였고, 1개의 광대역 재밍신호를 감쇄할 수 있음을 보였다. 본 단일 안테나 기법은 기존 단일편과 단일 안테나와 같은 크기의 안테나로도 항재밍이 가능하므로, 배열 안테나의 장착이 제한된 무인 항공기, 순항미사일 등 그 잠재적인 활용 범위가 매우 넓은 혁신적인 기술이라고 할 수 있다. 이와 더불어 본 논문에서는 이를 배열 안테나로 확장한 이중편과 배열 안테나 항재밍 기법 또한 제안하였고, 기존 단일편과 배열 안테나에 비해 동일한 수의 안테나 소자로 보다 많은 광대역 재밍신호를 감쇄할 수 있음을 보였다. 본 배열 안테나 기법은 보다 복잡하고 위협적인 GPS 재밍 환경에서도 추가적인 안테나 소자의 배치 없이 항재밍 가능하므로, 이중편과 단일 안테나 기법과 더불어 그 활용 범위 또한 넓을 것으로 기대된다.