

레이더

레이더 기본 5- 5. 합성 개구 레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar)



kmkim111
2013. 1. 28. 17:07

[+ 이웃추가](#)

[Radar basics - Part 5: synthetic aperture radar](#)

Michael Parker, Altera Corporation

합성 개구 레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar)는 보통 지표면의 특색과 지형을 보여주기 위해 사용된다. 그것은 문헌에서는 합성 배열 레이더(Synthetic Array Radar)로도 알려진다. 비록 여기에서는 “Synthetic Aperture Radar”로 사용될지라도, 두 이름 모두 의미가 통한다. 그것은 군사용과 상업용으로 매우 다양하게 이용된다. 그것은 지표면 특색들을 거의 얼마든지 세밀한 해상도로 보여줄 수도 있고 혹은 상대적으로 (적은) 노력을 들여 더 넓은 지역을 성기게 보여주기 위해 사용될 수도 있다.

SAR 해상도

지표면 맵핑에서 핵심 파라미터는 해상도이다. SAR 시스템들은 그 목적이 군사시설, 도시 지역, 혹은 산 영역의 윤곽을 보여주는지에 따라서 몇 센티미터에서 수백 미터까지의 크기를 구분하는 능력들을 갖도록 설계될 수 있다. 그 거리는 기본적으로 레이더의 전송 전력에 의해 제한된다. 그리고 먼 거리에서 시각적인 것 보다 훨씬 더 좋은 해상도에서 동작할 수 있고, 어둠, 안개, 혹은 시각적인 검출에 영향을 주는 다른 요인들에 의한 영향을 받지 않는다.

비디오와 마찬가지로, 영상의 질은 픽셀(픽셀은 “picture element(화소)”를 나타낸다) 밀도에 달려있다. 레이더에서 픽셀 밀도와 같은 말은 복셀(3D화소 :voxel), 즉 “volume element”이다. 복셀은 좌우(azimuth), 상하(elevation), 그리고 거리(range)에 의해 정의된다. 최소 복셀 크기는 레이더 해상도 능력에 달려있다. 복셀 간격은 기본적으로 지면에서 두 점들이 서로를 구별할 수 있는 거리이다. 결국, 레이더 해상도 능력들은 거리 해상도와 주엽 빔 넓이 능력에 달려있다.

복셀 간격 즉 밀도는 일반적으로 유용한 영상들을 얻기 위해 보여줘야 될 대상들 규모의 최소 10배가 될

것이다. 최소 10미터 길이와 넓이의 건물들을 검출하려면 1미터 해상도가 적합하다.

♡ 3 ... 💬 2

하지 않다. 대신, 항공기에서 지면까지의 거리에 걸친 거리 모호성을 제거하기 위해 낮은 PRF가 이용된다. 최대 도플러 비율은 낮아지는 경향이다. 그것은 레이더를 장착한 항공기의 비행 경로가 유일한 움직임이기 때문이다. SAR의 본질 때문에, 상대적인 움직임은 종종 항공기 비행 속도보다 상당히 더 낮아진다. 이용 가능한 도플러 범위를 제한하는 반면, 낮은 PRF의 사용은 그 제한된 범위 안에서 도플러 주파수 검출의 정밀도를 향상시킨다. 이것은 높은 해상도 SRA 맵핑에서의 장점이다.

펄스 압축(Pulse compression)

거리 해상도는 수신 펄스 검출 도착 지연 시간의 정밀도에 달려있다. 이것은 매우 짧은 송신 펄스 폭에 의해 얻어질 수 있는데, 그것은 짧은 지속시간 때문에 송신 전력 레벨이 낮다는 단점을 갖는다. 또는 매우 높은 레벨의 펄스 압축이 이용될 수 있는데, 이것은 상대적으로 긴 송신 펄스들을 허용하고, 따라서 수신기에서 긴 적분 시간을 가질 수 있어 수신기가 더 높은 전력의 반사신호를 이용할 수 있다. 이것은 SNR을 증가시키고, 더 긴 거리의 맵핑을 허용한다. 높은 레벨의 펄스 압축은 긴 정합 필터들(전송 수열의 복소 켤레(complex conjugate)에 대한 상관(correlation))과 강력한 자기 상관계수 속성들을 갖는 송신 수열들을 이용해서 얻어질 수 있다. 유일한 결과물은 긴 정합 필터와 관련된 더 높은 레벨의 계산들이다. 빛의 속도, 그리고 레이더 전파들은 약 3나노 초당 1미터이다(3×10^{-9}). 경로는 왕복이기 때문에, 그 거리는 이것의 반으로 나타난다. 그래서 약 1미터 범위 해상도는 6 나노초 타이밍 검출 해상도를 요구한다. 이 레벨의 상관계수를 얻기 위해 최소 160MHz속도의 위상 변화를 가지는 송신 수열을 요구할 것이다. 이것은 최소한 같은 대역의 레이더 송신 주파수 폭을 요구한다.

안테나 주엽의 상하 움직임은 좁게 초점 맞춤 필요는 없다. SAR 레이더 시스템에서, 안테나는 그림 1에서 보여주는 것처럼 옆으로 비스듬하게 지면으로 향한다. 상하 각도가 줄어드는 만큼, 레이더 빔은 더 짧은 거리를 가지고 항공기의 비행 경로에 더 가깝게 더 가파른 각도에서 지면 위치를 향하게 될 것이다. 그러므로 빔 상하의 다른 부분들은 다른 거리로 나타날 것이고, 반사 순차는 다른 거리 구간들로 구분될 수 있다. 거리 검출 능력의 정밀도는 도달 가능한 상하 해상도의 각도로 바뀐다.

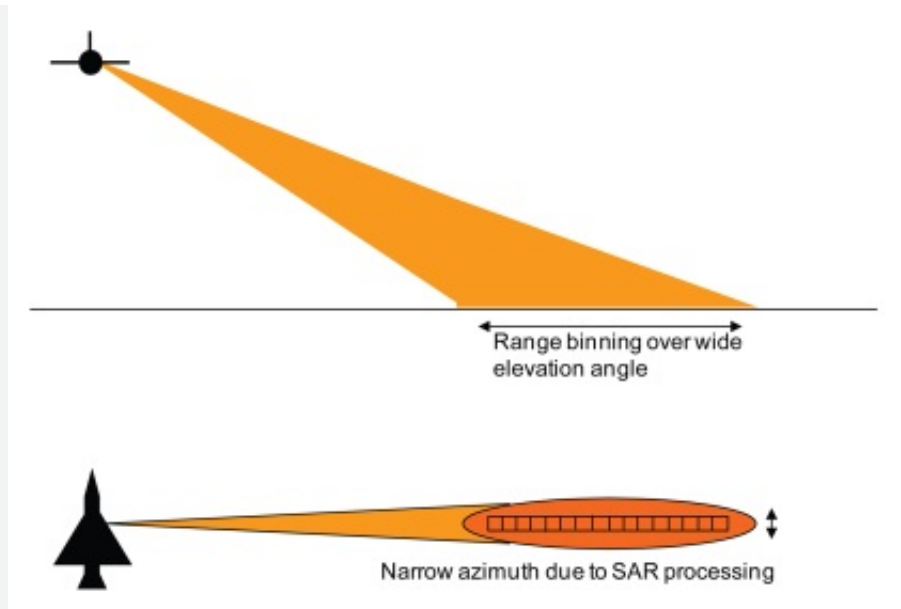


그림 1. 거리 구간화를 이용한 상하 프로세싱

좌우 해상도(Azimuth resolution)

정밀한 지면 매핑을 위한 다른 요구조건은 좌우에서 주엽의 매우 좁은 각도의 해상도를 위한 것이다. 이전의 셋째 기고문: 빔포밍과 레이더 디지털 프로세싱에서 논의된 것처럼, 레이더 빔의 좁음은 파장에 대한 안테나의 크기에 대한 비율에 달려있다. 연필 같은 레이더 빔을 이루기 위해서는 매우 큰 안테나 혹은 매우 높은 주파수(즉 짧은 파장) 레이더 중 하나를 요구한다. 둘 모두 항공기 레이더를 위해서는 비현실적이다. 안테나 크기는 필연적으로 항공기 크기에 의해 제한된다. 너무 높은 주파수 레이더는 대기의 흡수와 산란 두 가지 때문에 매우 짧은 거리에서만 유용한 경향이 있다.

대신, 가상의 큰 안테나 혹은 큰 “개구(렌즈의 유효 구경: aperture)”의 가상 안테나가 사용된다. 항공기 진행 방향의 움직임은 항공기의 비행 경로를 따라서 많은 다른 지점들로부터 송신과 수신을 위해 이용된다. 항공기 움직인 동안 지면의 같은 영역을 레이더 메인 빔으로 초점을 맞추는 것에 의해, 항공기 움직임에 의해 만들어진 다른 시간에서 다른 각도들로부터의 반사들은 신호처리 기술들을 이용해서 매우 좁은 동일한 좌우 주엽으로 합성될 수 있다. 최종 결과는 마치 매우 긴 길이(수 킬로미터 까지)의 안테나가 사용된 것과 같다. 이것은 몇 백 밀리초를 넘는 레이더 반사들을 이용해서 되었기 때문에, 이 기술은 정적인 목표물들을 위해 적용되고, 지면 매핑을 위해 이상적이다.

SAR 레이더는 레이더 빔을 비행기의 비행 경로에 대해 90도로 겨냥한다. 이 레이더 빔의 폭은 특별히 좁을 필요가 없다. – 사실, 더 넓은 빔은 더 많은 지면을 커버하고 SAR 알고리즘에서 더 많은 프로세싱 이득을 허용한다. 큰 각도의 메인 로브가 사용될 때, 합성 안테나의 최대 길이는 늘어난다. 그러므로, 작은 안테나들은, 안테나 이득이 관찰할 거리에 대한 SNR 요구조건들을 만족하기에 충분하기만 하면, SAR 기술을 가지고 잘 동작할 수 있다. 항공기 비행 경로로부터 바깥, 아래쪽으로 겨냥되는 빔의 가로 세

로의 비율 때문에 안테나는 일반적으로 타원 모양으로 지면에서 큰 구역(swath)을 밝힐 것이다.

시작하기 위해, 우리의 좌우 해상도 요구조건을 만족하기에 필요한 만큼 큰 안테나를 만든다고 가정하지 . 안테나 크기를 관리하는 경험 법칙은 아래와 같다.

$$d_{\text{azimuth}} \approx \lambda R / L,$$

여기에서,

d_{azimuth} = 좌우 방향에서 분해 가능한 거리

λ = 레이더의 파장

R = 거리

L = 안테나의 길이

(여기에서 설명하지 않은 이유들에 의해, 이 표현은 전통적인 안테나에 대해 유효하다. 실제로 SAR 안테나는 실제 안테나처럼 분석 가능한 좌우 제한 절반을 가진다. 달리 말하면, SAR 안테나는 같은 분석 가능한 거리를 위해서는 실제 안테나 2배 크기만큼 필요하다.)

만일 3cm (X 밴드) 레이더의 경우 10km 거리에서 1미터 좌우방향 해상도가 필요하다면, 이것은 300 m 길이의 안테나를 요구한다.

300 미터 긴 비행기의 동체를 따라서 장착된 안테나가 있다고 가정해 보라. 비행기가 앞으로 나아감에 따라, 각 펄스는 10km 거리에서 좌우 너비 1미터로 좁게, 또 상하로 넓게 초점이 맞춰져, 레이더가 매 F RF마다 좁고(1미터) 기다란 땅의 조각을 살피도록 할 수 있다.

이런 300m 길이 안테나는 그것의 길이 방향에 따라 배치된 많은 방사 소자들로 구성될 수 있다(예를 들면, 1 미터의 간격으로 301개의 분리된 소자들). 안테나 조향은 10km 거리에서 1m 조각에 도착했을 때 각 소자로부터 송신된 레이더 전파가 공통된 위상에 있다는 것을 보장하도록 각 소자의 위상을 설정하는 것에 의해 이뤄진다. 1미터의 좁은 땅 조각까지의 거리에 대해 조정되는 (즉 초점 맞춰진) 위상들은, 중앙 소자에 대한 상대적인 오프셋 때문에, 각 소자에 대해 조금씩 달라질 것이다.

매우 좁은 지역에 안테나 빔을 조준하기 위해, 다른 안테나 소자들의 위상 관계는 조심스럽게 조정되어야 한다. 예제에서는, 파장이 3cm이다. 만일 레이더 왕복 경로가 중앙 소자 경로보다 1.5cm 더 길거나 더 짧다면, 그것은 180도 위상 차이가 될 것이고 상쇄적으로 더해질 것이다(즉 상쇄될 것이다). 그러므로, 왕복 경로 길이는 각 소자에 대해 수 밀리미터 안에서 조정되어야 한다. 원호에 대해서 비행기의 직선 비행 경로 때문에 발생하는 위상 에러는 반드시 보상되어야 한다. 이것은 그림2에서 보여준다. 안테나 동작의 중앙 소자에 대한 상대적인 위상 정정은 근사적으로 아래와 같다.

$$\Theta_n = (2 \pi \cdot d_n^2) / (\lambda \cdot R)$$

여기에서,

Θ_n = n번째 안테나 소자의 위상 에러(라디안 단위)

d_n = 중앙 소자와 n 번째 안테나 소자 사이 거리

(SAR 문헌에서, 이 용어 Θ_n 은 때때로 “점 표적 위상 이력(point target phase history)”이라 불린다).

반사 에코는 지면으로부터 모든 위치에서 반사되어 각 소자로 되돌아 갈 것이다. 경로의 상대적 관계 때문에, 위와 같은 위상 보상이 매 송수신때마다 각 수신 소자 신호에 대해 수행된다면, 좌우 1미터 폭 부분으로부터 반사된 것만이 동일한 위상 오프셋을 가지고 도착할 것이고, 결과적으로 위상이 보상된 각 소자들의 신호를 모두 합하면 그 부분으로부터의 반사신호만이 위상이 맞춰질 것이며 나머지 부분들로부터의 지면반사신호는 상쇄되거나 또는 최소한 심하게 감쇠될 것이다.

이제 같은 과정이 한 순간에 이루어졌다고 보다는 순차적으로 이루어졌다고 가정하자(300미터 안테나는 확실히 비실용적이기 때문에). 안테나의 한쪽 끝 소자에서 시작해서, 오직 이 소자만을 이용해서 펄스를 송신하고 반사를 수신한다. 다른 모든 소자들은 사용되지 않는다. 송신과 수신 신호 둘 모두 위와 같은 위상 보상에 의해 수정된다. 반사 신호는 메모리에 저장된다. 그리고 나서 301개 모든 반사 신호들이 저장될 때까지, 이 과정은 각 분리된 안테나 요소가 순서대로 반복한다. 이런 반사 신호들은 크기와 위상을 갖는 복소수라는 것을 기억하라. 이제, 만일 최종적으로 모든 복소수 결과들이 합쳐진다면, 같은 결과는 마치 모든 것이 한 순간에 병렬로 수행된 것처럼 이뤄진다. 지면의 상황이 정적이라고 가정하면, 아무것도 달라진 것이 없다. 이것은 SAR 레이더를 수행하는 과정의 단순화된 버전이다. 비행기는 앞으로 날아가고, 301개 펄스들이 그림 2에서 보여주는 것처럼 301 미터의 비행 경로를 따라서 PRF마다 전송되고 수신된다고 상상하라.

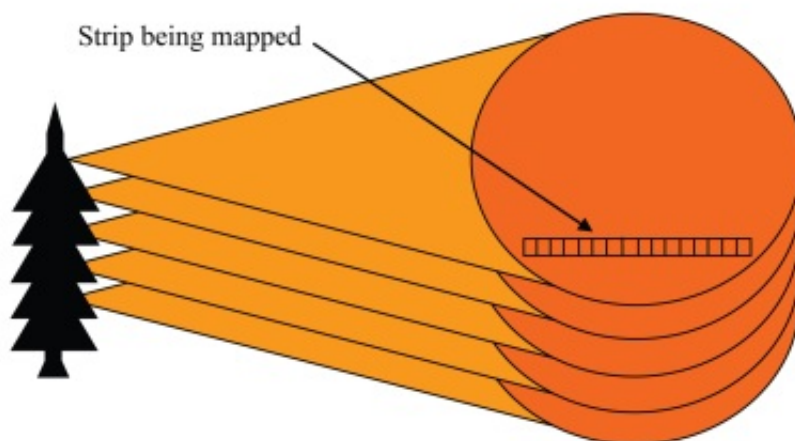


그림 2. 항공기의 순방향 움직임 좌우 프로세싱

레이더는 비행 경로에 대해 90도인 1미터 폭의 조각을 효과적으로 매핑할 수 있다. 그러나, 이것이 좌우 해상도 문제를 해결하는 반면, 이것은 오로지 비행기의 비행 경로에 대해 수직으로 1미터 폭 조각의 지면만이 매핑되기 때문에 여전히 모든 301m에 대해서는 동작 가능하지 않다.

SAR 프로세싱

더 나아가, 몇몇 규칙들이 필요하다. 비행 경로에 대해 90도로 지향된 각 1미터 조각의 땅에 “n”으로 지정된 색인을 할당한다. PRF에서, 항공기가 물리적으로 조각 $strip_n$ 에 나란해질 때, 실제 안테나는 복소 거리신호 $sequence_n$ 을 수신할 것이다. 이와 동일한 색인이 1미터 조각에 대해 정확히 수직이 되는 가상(즉 합성) 안테나 소자에 적용된다. 그 다음 합성 안테나 소자는 색인이 n+1에서 n+150까지 할당될 것이다. 그 전의 합성 안테나 소자는 n-1이 되고, n-150까지 확대될 것이다. 각 색인에 해당하는 적당한 위상과 크기의 복소수 가중치, 즉 W_{-150} 부터 W_{150} 가 있다. W_0 는 항상 1과 같다.

조각 $strip_n$ 을 위한 영상을 계산하기 위해, 색인 n-150에서 수신하는 거리 신호들은 도착 시간에 따라서 거리 구역 별로 시작되고 분류되어야 한다. 이것은 넓은 빔 각도(일반적으로 6에서 12도)를 갖는 단일 실제 안테나를 사용 중이다. 이것은 다음 300 PRF 간격들 동안 계속되고, 메모리에 수신 신호를 301기 저장할 것이다. 즉, 색인 -150부터 +150까지 이다. PRF₁₅₀ 후, 프로세싱을 시작할 수 있다. 저장되고 구역화된 301개 거리 신호들은 W_{-150} 에서 W_{150} 까지 각각 곱해질(즉 스케일링 될) 것이다. 구역화된 범위 순차들과 가중치 요인들 두 값들은 복소수라는 것을 명심하라. 각 거리 구역은 가중치 요소에 의해 따로 곱해진다. 그리고 나서, 301개 복소수 거리 신호 결과들은 각 거리 구역을 가로질러 모두 합쳐져서 좌우 1미터를 갖는 (거리에 따라)구역화된 거리 신호 결과를 가져올 것이다. 거리 구역들은 1미터 조각 $strip_n$ 의 상하에 걸친 각각의 값들에 해당한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{binned range sequence}_{n-150} \cdot W_{-150} \\
 + & \text{binned range sequence}_{n-149} \cdot W_{-149} \\
 + & \text{binned range sequence}_{n-148} \cdot W_{-148} \\
 & \dots \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+0} \cdot W_0 \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+1} \cdot W_{+1} \\
 & \dots \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+150} \cdot W_{+150} \\
 \hline
 = & \text{binned range strip}_n \text{ (1 meter azimuth)}
 \end{aligned}$$

strip_{n+1}을 위해, PRF₁₅₁ 까지 기다린다. 그러면 비행기가 비행 경로를 따라 1미터 진행한다. 프로세싱을 다시 시작한다. 구간화된 거리 신호 151은 저장되었고 저장된 범위 순차 -150은 버릴 수 있다. 이런 301개 구간화된 거리 신호들의 업데이트된 세트는 다시 가중치들 W₋₁₅₀ 부터 W₁₅₀에 의해 곱해진다. 이 경우에, 오프셋은 다음과 같다.:

$$\begin{aligned}
 & \text{binned range sequence}_{n-149} \cdot W_{-150} \\
 + & \text{binned range sequence}_{n-148} \cdot W_{-149} \\
 + & \text{binned range sequence}_{n-147} \cdot W_{-148} \\
 & \dots \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+1} \cdot W_0 \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+2} \cdot W_{+1} \\
 & \dots \\
 + & \text{binned range sequence}_{n+151} \cdot W_{+150} \\
 \hline
 = & \text{binned range strip}_{n+1} \text{ (1 meter azimuth)}
 \end{aligned}$$

이 방법에서, 각 조각들은, 차례로 하나씩, 단일 넓은 빔 안테나를 이용하면서도, 긴 합성 배열을 이용하여 계산함으로써 좁은 좌우 방위각을 이룰 수 있다. 합성 안테나는 더 많은 PRF 사이클, 더 많은 메모리와 더 높은 프로세싱 비율을 이용해서 임의로 길게 만들어질 수 있다.

신호 처리는, 요구된 1미터 지면 조각 좌우 방위각 외부로부터 들어오는 신호에 대해 실제 300 미터 안테나가 하는 것과 동일한 신호들의 상채를 달성한다. 이런 프로세싱 기술은 라인별 순차(line-by-line) 프로세싱으로 알려졌다.

SAR Doppler 프로세싱

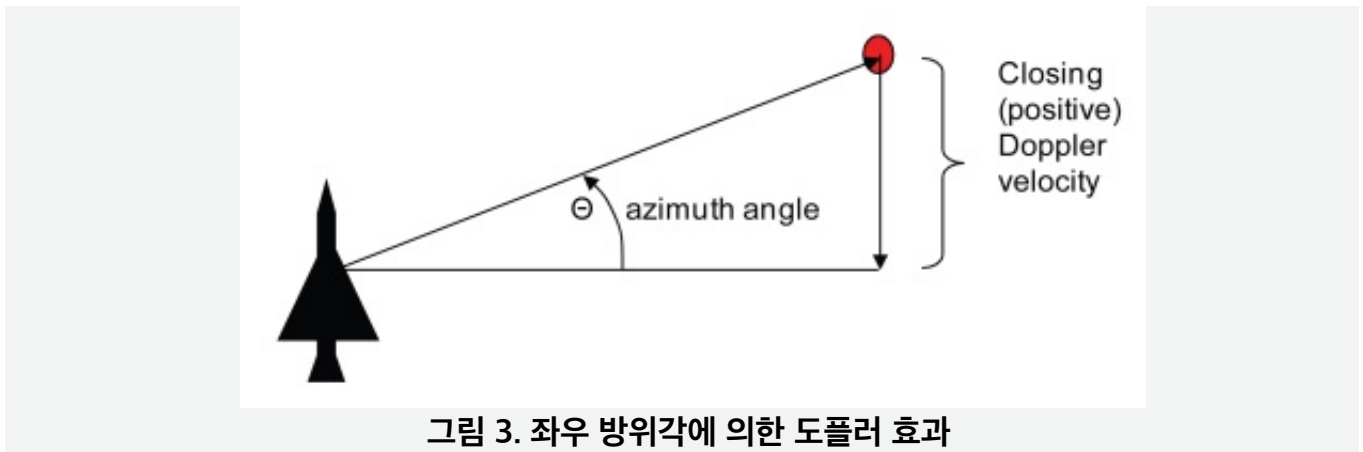
SAR 프로세싱을 수행하기 위한 또 다른 방법은 도플러 프로세싱을 포함하는 것이다. 효율적인 FFT 알고리즘의 사용 때문에, 이것은 라인별 순차 프로세싱보다 훨씬 더 낮은 레벨의 계산들을 필요로 할 것이다.

항공기 비행 경로에 대해 직각으로 겨냥된 레이더 펄스에 의해 비춰진 지면의 부분을 고려하라. 이 부분은 거리와 안테나 빔 너비 좌우 방위각에 의존해서, 좌우방향으로 2000 미터 혹은 더 넓을 수 있다. 중간 지점에서, 도플러 주파수는 정확히 0이다. 레이더가 이 지점에 대해 평행하게 움직이고, 상대적 움직임

이 전혀 없기 때문이다. 2 좌우 끝 지점에서 스캔 면적은 다음과 같을 것이다.

$$\text{positive Doppler frequency} = \sin(\text{azimuth angle}) \cdot (\text{aircraft velocity}) / (\text{wavelength})$$
$$\text{negative Doppler frequency} = -\sin(\text{azimuth angle}) \cdot (\text{aircraft velocity}) / (\text{wavelength})$$

예제처럼, 10km 거리, 그리고 +/- 1000m의 지면 스캔 면적에 대해, 이것은 +/- 5.71도의 각도와 같다 만일 항공기가 250 m/s로 비행한다면, 이것은 10GHz 레이더 밴드에서 +/- 829 Hz 로 작동한다. 이것은 그림 3에서 보여준다.



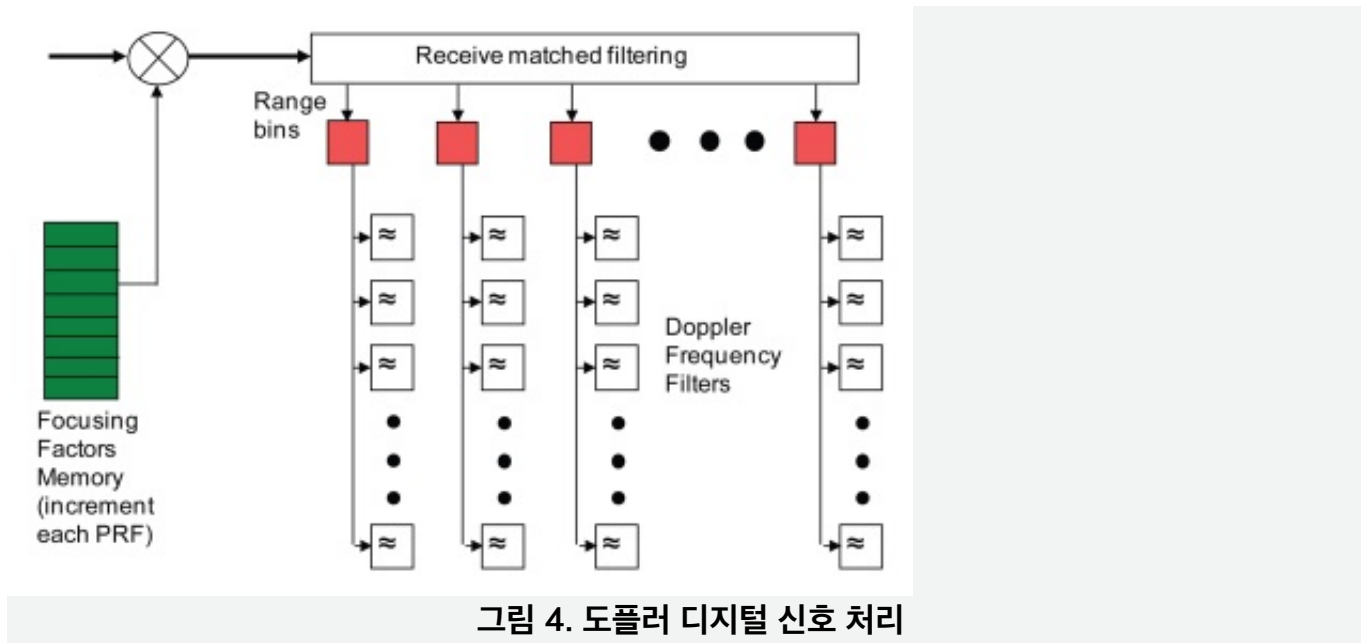
도플러 주파수 변화는 방정식에서 “sin(좌우방위각)” 이기 때문에 좌우 방위각에 대해서는 선형이 아니다. 작은 각도에서, $\sin(\theta) \approx \theta$, 즉 거의 선형이다. 각도가 증가함에 따라, 그 효과는 점점 비선형이 되고, 90도로 접근할수록, 도플러 주파수는 익숙한 (항공기 속도 / 파장) 혹은 8333 Hz에 접근한다. 그러나 도플러 주파수 응답은 좌우 각도에 대해 완전히 선형이 되기를 원한다. 이것은 “초점 맞추기”로 알려진, 위상 보정 곱셈기를 사용해서 보상될 수 있다. 목적은 도플러 주파수 변화가 사인 각도에 비례하는 것 보다 오히려 좌우 각도에 대해 선형이 되게 만드는 것이다. 일단 지면에서 단위 길이 당 주파수 간격이 선형이 되게 만들면, 주파수 축을 따라 동일 간격의 주엽을 갖는 도플러 필터를 사용할 수 있다. 이런 필터링은 DFT인데, FFT 알고리즘을 이용해서 구현될 수 있다. 이것은 SAR 도플러 프로세싱이라고 알려졌다. 이것의 장점은 계산적인 부하가, FFT 알고리즘 효율성 덕분에, 라인별 순차 프로세싱 기술보다 훨씬 더 많이 관리 가능하다는 것이다.

사이드 노트로, 이 도플러 선형성은 오로지 SAR 레이더만을 위한 관심사이다. 전통적인 레이더에서는, 레이더는 수평을 향해 겨냥된다. 그래서 거기에는 측면 각도 때문에 더 작은 변화가 있고(이 경우에는, 비록 θ_{azimuth} 가 많은 변화를 가질 수 있다고 하더라도, $\theta_{\text{elevation}}$ 은 0도에 가깝다), 그리고 민감성 요구조건은 SAR보다 훨씬 더 작다.

각 PRF에서 반사 신호는 위상 보정(초점 맞추기)에 의해서 곱해진다. 각 거리 구간은 그 범위에서 반사파의 위상과 크기를 표현하는 복소수 값을 저장한다. 각 거리에서, 값들은 그림 4에서 보여주는 것처럼,

각 지면 요소에 대한 좌우 각도와 일치하는 모든 도플러 주파수 필터들 속으로 로드된다.

각 펄스는 좌우와 상하각에 따라 처리된 반사신호를 갖는데, 이것이 레이더 빔 내의 모든 위치에 걸친 분리를 가능하게 해 주고, 이 때의 해상도는 거리 구간의 개수와 도플러 필터의 주파수 열 개수에 따라 결정된다. 이것은 그 다음 위상 보정 값을 가지고 각 PRF에서 반복된다. 그리고 그 결과들은 축적, 즉 적분된다. 이것은 합성 안테나에서 N개의 소자에 해당하는 N 번에 걸친 PRF 세트 동안 반복된다.



N개 PRF들의 각 세트 후, 그 과정은 반복한다. 같은 지점은 N번 측정되고 크기와 위상 둘 모두를 표현하는 복소수 값들은 각 점을 위한 측정 동안 적분된다. 이런 구조에서, 합성 배열에서의 가상 소자들의 수는 도플러 필터들의 수와 같고, 또한 거리 구간들의 수와 같도록 설정될 수 있다. 이것은 또한 각 점이 측정되고 그 결과들이 적분되는 시간의 수이다. 그러나, 주어진 점을 위한 다른 측정들의 각각은 다른 좌우 각도에서 행해진다.

실제로, 이런 두 가지 방법들은, 비록 그 처리 단계들이 다를지라도 동일한 결과를 제공한다. 첫 번째 방법은 대부분의 사람들이 이해하기에 개념적으로 더 쉽다. 두 번째 방법은 더 낮은 계산 비율의 장점을 갖는다. 두 다른 방법들의 직관적인 다이어그램은 그림 5에서 보여준다.

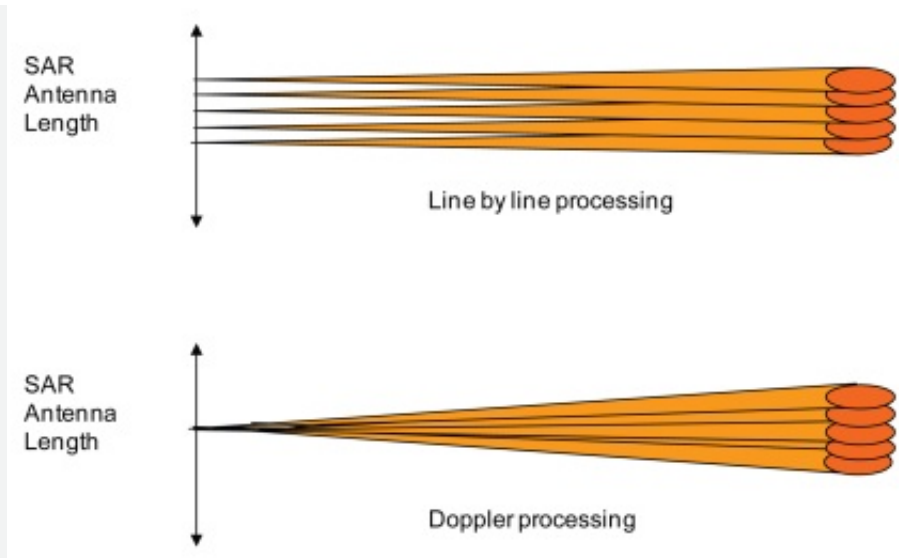


그림 5. 라인 대 도플러 SAR 프로세싱

이것을 보는 또 다른 방법은, 라인별 순차에서는, 비행 라인에 대한 직각으로 새로운 좁은 빔이 각 PRF 마다 합성되어 만들어지는 것이다. 도플러 프로세싱에서는 많은 다른 좌우 빔들은 각 PRF동안 각 도플러 주파수 बैं크에 의해 생성된다. 그리고 각 빔들로부터의 결과들은 여러 개의 PRF들을 넘어서 더해진다.

SAR 장애들

몇 가지 요인들은 SAR 성능을 떨어뜨릴 수 있다. 가장 중요한 것들 중 하나가 항공기의 비 직선 비행 경로이다. 우리는, 적절한 포커싱을 하려면 위상 정렬이 레이더 파장의 몇 분의 일 정도의 정밀도를 유지해야 하는 만큼 매우 민감함을 살펴본 적 있다. 그러므로, 레이더 스캔 경로에 대한 평행선으로부터의 비행 경로의 어떤 편차라도 측정되고 설명되어야 한다. 이러한 움직임 보상은 관성의 네비게이션 장비를 이용해서 그리고 GPS 위치와 고도 측정을 이용하는 것에 의해 행해질 수 있다. 또 다른 고려사항은 측엽(sidelobe) 반사이다. 비행기 아래의 지면으로부터의 측엽 반사가 넓은 좌우와 상하 각도에 걸쳐 적분될 때, 이것은 측엽에서의 낮은 안테나 이득에도 불구하고 현저해질 수 있다. 실제 안테나처럼 합성 안테나의 설계는 이런 요인도 고려해야 한다. 측엽을 줄여줄 수는 있지만, 주엽(mainlobe) 폭 증가와 해상도의 감소 등을 치러야 하는, FIR 필터에서의 창함수 사용(windowing)과 유사한 방법들이 있다.

SAR에서의 또 다른 이슈는, 핵심적 가정인, 스캔 된 부분이 움직임이 전혀 없다는 것이다. 만일 지면에서 차량이나 다른 목표물들이 움직인다면, 그것들은 제대로 해상되지 않고 영상에서 왜곡이 있을 것이다. 레이더 그늘(shadowing)은 장애이다. 이것은, 키 큰 대상이 레이더의 비춤으로부터 다른 대상을 가릴 때 발생하는데, 거리 반사에서 검은, 즉 빈 점을 만들게 된다. 이것은 매우 얇은 각도가 사용될 때 좀더 쉽게 나타나는데, 항공기가 낮은 고도에서 먼 거리를 스캔할 때 발생한다. SAR가 장착된 인공위성처럼, 높은 고도에서는 이것이 매우 작은 이슈이다.

SAR 레이더 구현

SAR 레이더 프로세싱은 대부분의 다른 군사용 검출 및 추적 레이더 보다 약간 더 적은 부담을 요구하는 편이다. 많은 SAR 레이더들은 지면 지도 그리기처럼 상업적인 분야에서 이용된다. 어떤 경우에, SAR 레이더들은 부동 소수점 프로세서 혹은 DSP들을 이용해서 소프트웨어에서 구현될 수 있다. 더 높은 성능의 SAR 레이더를 위해, FPGA들은 다시 훨씬 더 높은 레벨의 신호 처리와 처리량을 제공할 수 있다.

FPGA들은 다양한 성능과 밀도 레벨이 있다는 것을 주목해야 한다. 전통적으로, FPGA 벤더들은 고가와 낮은 가격의 FPGA 패밀리들을 제공했다. 모든 높은 성능의 DSP 분야는 고급 FPGA들을 이용하는 경향이다. 몇 년 전, FPGA 벤더인 Altera는 Arria라는 이름의 중급 FPGA 패밀리를 추가했다. 지금은 그것의 3세대인, 28nm Arria V FPGA들이 강력한 DSP 성능을 제공한다. 그 동향을 따라서, FPGA 벤더 Xilinx는 최근 Kintex라고 불리는 그들의 중급 FPGA 패밀리를 소개했다.

중급의 FPGA들은 고급 FPGA 들과 공통 구조들을 공유한다. 차이들은 주로 로직 밀도와 I/O 스피드들에 있다. 예를 들면, Altera Stratix V FPGA들은 13과 28 Gps에서 동작하는 트랜시버들을 가지고 있다. 반면에, Arria V Fpga들은 6과 10Gbps에서 동작하는 트랜시버들을 가진다.

물론, 레이더 프로세싱에서, DSP 리소스들과 구조는 무엇보다 중요하다. Stratix V FPGA들처럼, Arria V FPGA들 또한 Altera의 새로운 가변 정밀도 구조를 이용한다. 전체적으로 10개의 Arria V FPGA 디바이스 패밀리 멤버들 중 절반은 2000개 곱셈기 리소스들을 넘게 포함한다. 경쟁하는 Kintex 디바이스들의 어느 것도 이런 곱셈기 밀도를 가지지 못한다. 게다가, Arria V FPGA들은 더 커다란 Stratix 디바이스들처럼, 같은 Fused Datapath 부동 소수점 톨 플로우와 가변 정밀도 DSP 구조를 활용, 부동 소수점 단일 정밀도 프로세싱의 몇 백의 GFLOP들을 처리할 수 있다.

결론

레이더 기초들에 대한 5 부의 기사 시리즈들을 결론을 내린다. 나는 독자가 이 매력적이고 급격하게 발전하는 분야에서 공부하기를 계속하도록 격려하면서, 진심으로 이 정보가 유용했고 계속 유용하기를 희망한다. 이 기사 시리즈에 대해 부담 없이 지적해주기 바라고, 거기에 대해 최선을 다해서 답을 할 것이다.

#합성개구레이더 #레이더 #FPGA #DSP #SAR #정합필터 #Azimuth #SARDoppler프로세싱
#SAR레이더구현 #펄스압축

♡ 3 ... 💬 2





kmkim111

kmkim111님의 블로그입니다.

+ 이웃추가

파워링크

광고 ⓘ

IEI CPU가속카드

FPGA, VPU, 엡지컴퓨팅, 사물인식, 안면인식. 인텔툴킷 적용 가능



AI가속카드 | 차세대UTM | 터치패널PC | 산업용PC

Netcope FPGA 한빛

Up to 100G, 무손실 line rate 패킷 캡처, 필터링 기능의 FPGA

휴인스 FPGA

FPGA설계/시스템개발, SoC 설계, 대용량FPGA, 검증보드

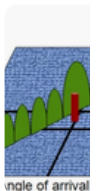
이 블로그 레이더 카테고리 글



레이더 기본 4 – 4. 시공간 적응형 프로세싱

2013. 7. 26.

♡ 1 💬 1



레이더 기본 5- 5. 합성 개구 레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar)

2013. 1. 28.

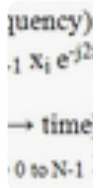
♡ 3 💬 2



레이더 기본 3 – 3. 빔포밍과 레이더 디지털 프로세싱

2013. 1. 28.

♡ 2 💬 1



레이더 기본 2- Pulse Doppler Radar

2013. 1. 28.

♡ 0 💬 1



레이더 기본 1 -레이더의 기본

2013. 1. 28.

♡ 1 💬 1

nd	Frequenc
40 to	
26.5 t	
18 to	
12.5 t	
8 to 1	
4 to	
2 to	
1 to	
0.3 t	



이 블로그 인기글



젠스필드 & 일미정한우

2019. 8. 17.

💬 0



Example for \$fopen & \$fgets

2009. 5. 12.

♡ 0 💬 0

[Q] Verilog Design에서 Cadence simulator를 사용하여 FSDB dumping 받는 방법

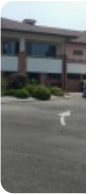
2009. 1. 19.

♡ 0 💬 1

일죽 썬밸리CC & 초원식당

2017. 8. 11.

♡ 2 💬 0




히든밸리 & 엽돈재 토종청국장

2017. 5. 10.

♡ 1 💬 1



↑ 맨 위로

 PC버전으로 보기