

레이더 테스트

오실로스코프로 자동차 레이더 신호 분석

자동차 레이더 센서는 실험실에서 자세한 특성화가 필요합니다. 오실로스코프는 여러 신호를 동시에 분석하고 정확하게 비교할 수 있기 때문에 아주 훌륭한 툴로 쓰일 수 있습니다.



ADAS(운전자 보조 시스템) 및 미래의 완전 자율 주행 차량을 위해 장거리 및 고해상도의 소형 레이더 센서가 현재 개발되고 있습니다. 76 GHz ~ 81 GHz의 주파수 범위에서 작동하는 이 센서는 위상 배열 안테나를 사용하여 위치 정보를 얻습니다. 획득 된 데이터의 정확도는 방출 된 신호의 상대 위상 각의 정확도와 직접적으로 연관되므로 안테나 시스템의 정밀한 조정이 정밀도의 중요한 요소가 됩니다.

개발 단계에서 이러한 센서를 특성화하려면 고주파로 인해 정교한 T&M 장비가 필요합니다. 이러한 많은 측정에서 측정 동적 범위가 넓고 정교한 분석 기능을 갖춘 로데슈바르츠의 FSW 85 스펙트럼 분석기는 탁월한 선택이지만 입력 채널이 하나뿐이므로 여러 신호의 위상차를 측정 할 수 없습니다. 오실로스코프는 여기서 이점을 발견할 수 있습니다. 예를 들어 4 채널의 모델인 RTP는 위상 코히어런트 수신기 역할을 하며 최대 4 개의 신호를 동시에 분석 및 비교할 수 있습니다.

테스트 설정

외부 믹서는 레이더 신호를 오실로스코프의 주파수 범위로 하향 변환하는 데 사용됩니다 (그림 1). 이 예에서 로데슈바르츠의 모델 FS-Z 90 믹서는 로컬 발진기 (LO)의 6차 고조파를 사용하여 원하는 출력 주파수를 생성합니다. SMA100B 신호 발생기는 LO 역할을 하며 상용 레이더 센서의 평가 보드는 레이더 신호 소스 역할을 합니다.

레이더 시스템은 연속 된 여러 고주파 펄스로 구성된 처프 시퀀스 신호를 사용합니다. 이러한 각 펄스는 약 4 GHz 대역폭의 처프입니다. 센서는 레이더 신호의 주파수가 77 GHz에서 거의 81 GHz (업 처프)까지 선형으로 상승하도록 구성되어 있습니다. 시퀀스의 끝에 몇 밀리 초 (프레임 간 시간)가 중단됩니다. 이 시간 동안 레이더 프로세서는 감지 된 물체의 위치와 속도를 계산합니다.

* 5 GHz analysis bandwidth for testing automotive radars in the E band.
NEWS (2018)
No. 219, pages 30 to 32.



테스트 설정

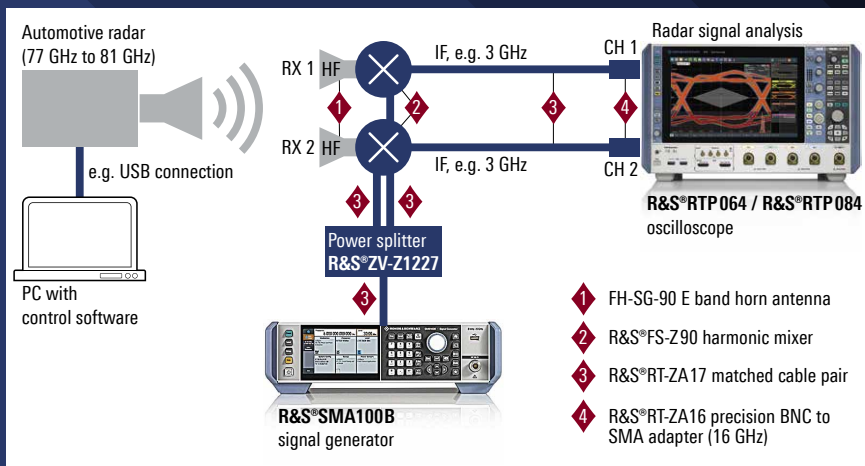


그림 1 : 오실로스코프를 사용한 다중 채널 레이더 분석을 위한 테스트 설정.
레이더 신호는 고주파 믹서에 의해 3GHz의 IF 주파수로 다운 컨버전 되어 오실로스코프에 공급됩니다.
하나의 채널만 있는 테스트 설정에는 전력 분배기와 하나의 믹서가 필요하지 않습니다.

믹서의 IF 신호는 오실로스코프 입력으로 공급됩니다. 모델 RTP의 하드웨어 및 소프트웨어 디임베딩 기능을 통해 신호 경로에서 개별 구성 요소의 감쇠 및 S-파라미터를 고려할 수 있습니다. 디임베딩의 영향이 그림 2에 나와 있습니다.

수신 된 신호는 전체 주파수 범위에서 감쇠되며 주파수가 증가함에 따라 진폭이 감소하여 감지됩니다 (위 스크린 샷). 디임베딩은 이러한 손실 (아래 스크린 샷)을 보정하여 오실로스코프가 실제 신호를 분석 할 수 있도록 합니다.

단일 채널 분석

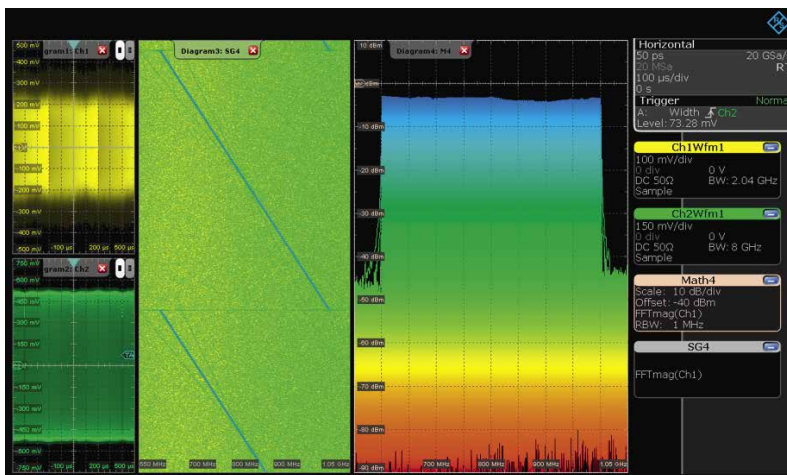
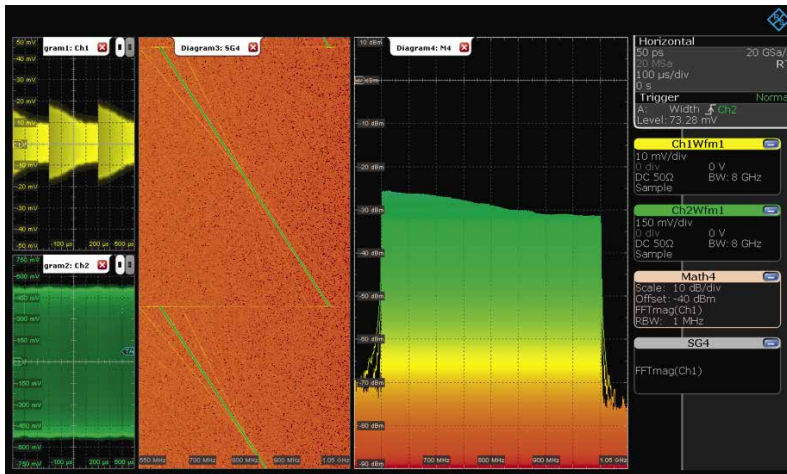
트리거링

오실로스코프를 사용한 안정적인 신호 분석을 위해서는 안정적인 트리거 조건이 필수적입니다. 오실로스코프는 일반적으로 기존 에지 트리거링 외에도 고급 트리거 옵션을 제공합니다.

그러나 이러한 옵션은 제조업체에 따라 특정 대역폭까지만 사용할 수 있습니다. 모델 RTP는 디지털 트리거링 덕분에 전체 범위의 트리거 옵션을 최대 대역폭까지 사용할 수 있습니다.

간단한 에지 트리거링은 오실로스코프가 레이더 펄스의 특성으로 인해 거의 모든 신호 지점에서 트리거하므로 이러한 측정 작업에는 유용하지 않습니다. 펄스 사이의 프레임 간 시간을 트리거 하는 데 사용할 수 있는 펄스 폭 트리거는 개별 펄스 또는 전체 펄스 시퀀스를 감지하고 분석 할 수 있기 때문에 더 유용합니다. 트리거 조건은 특정 레이더 신호 매개 변수에 대해 구성 할 수 있습니다 (예 : 특정 지속 시간을 가진 펄스 만 표시)

그림 2: 디임베딩이 비활성화 된 (위 스크린 샷) 및 활성화 된 (아래 스크린 샷) FMCW 신호. 주파수 응답 보정은 원래 주파수 범위에서 신호를 재구성합니다.



복조

최고의 공간 분해능을 위해 현재의 자동차 레이더는 최대 4GHz의 대역폭으로 작동합니다. 모델 RTP는 관련 T&M 요구 사항을 충족합니다. 높은 샘플링 속도와 대용량 메모리를 통해 다운 컨버전된 레이더 신호를 충분히 높은 샘플링 주파수로 포착 합니다. 기본 구성에 포함 된 분석 도구는 레이더 신호의 변조를 확인하기에 충분합니다. 사용 된 신호는 1GHz에서 시작하여 5GHz까지 선형으로 상승합니다. 이러한 주파수의 초기 점검은 한 번의 획득 (주파수 추적) 내에서 많은 주파수 측정을 수행하도록 구성된 주파수 측정으로 시작됩니다. 그 결과 다운 컨버전 된 주파수 대 시간 $f_{IF}(t)$ 가 표시됩니다.

주파수가 높을수록 데이터 포인트가 더 가깝기 때문에 측정이 더 어려워집니다. 노이즈는 종종 증가하지만 오실로스코프의 저역 통과 필터 연산 기능으로 필터링 할 수 있습니다. $f_{IF}(t)$ 의 스케일링을 변경할 수 있습니다. (주파수 축 증가) 레이더 신호를 원래 주파수 범위 $f_{RF}(t)$ 로 표시합니다 (그림 3).

다른 측정 기능을 통해 사용자는 선형 주파수 변조의 상승 시간과 같은 중요한 파라미터를 신속하게 결정할 수 있습니다. 예를 들어, 오실로스코프의 FFT 기능은 시간에 따른 레이더 신호의 변화를 보여주는 스펙트로그램을 생성합니다. 이 두 가지 분석 방법 (그림 2 및 3)을 통해 사용자는 대역폭 및 변조의 초기 점검을 수행 할 수 있습니다.

R&S® VSE 소프트웨어를 사용한 펄스 분석

모델 VSE 벡터 신호 탐색기 소프트웨어는 예를 들어 대상의 도플러 특성에 큰 영향을 미치는 주파수 변조 연속파 (FMCW) 레이더 신호의 선형성을 확인하기 위해 레이더 신호를 조사하기 위한 고급 분석 도구를 제공합니다.

소프트웨어의 VSE-K60c 과도 분석 옵션은 이 측정을 높은 정확도로 수행합니다 (그림 4).

VSE-K60c는 주파수 응답 $f_{IF}(t)$ 를 표시하고 이상적인 선형 위상과의 편차를 계산합니다. 소프트웨어는 오실로스코프 뿐만 아니라 외부 PC에도 직접 설치할 수 있습니다. 이 경우, 데이터는 분석을 위해 예를 들어 이더넷을 통해 전송됩니다.

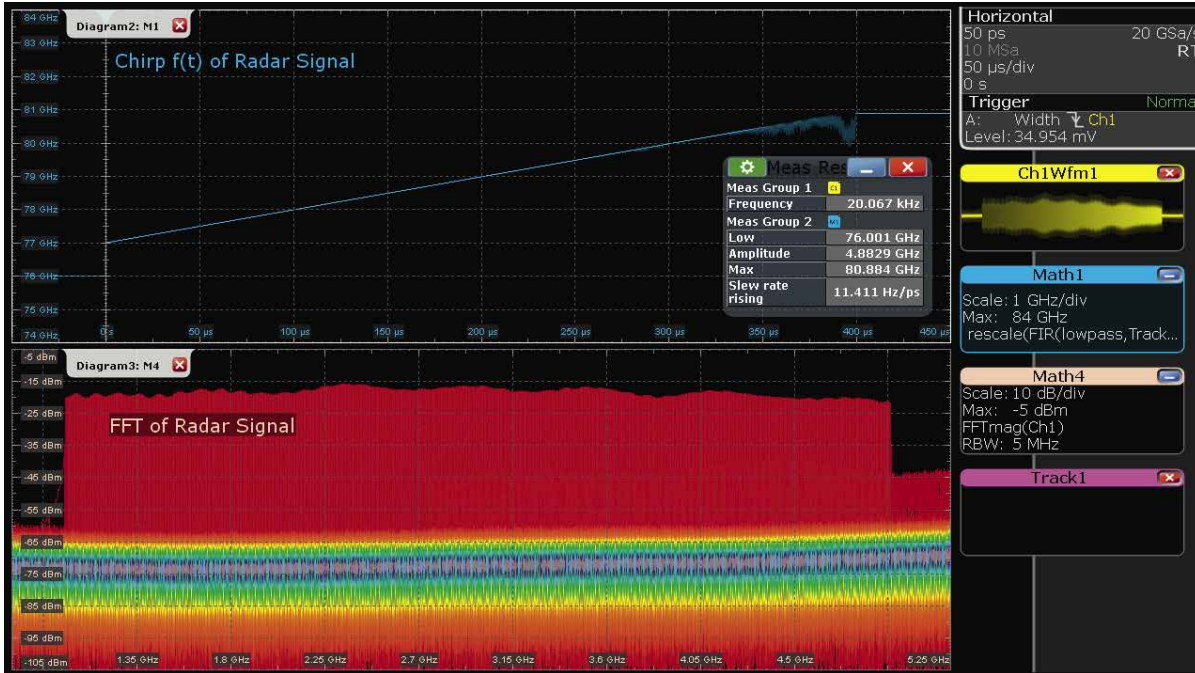


그림 3 : 상단 : 적절한 스케일링 및 필터링을 통해 레이더 신호를 원래 주파수 범위 $f_{IF}(t)$ 로 표시 할 수 있습니다. 측정 기능은 처프의 회전 속도와 같은 중요한 매개 변수를 제공합니다. 하단 : FFT는 처프의 전력 프로파일을 보여줍니다.



그림 4 : R & S® VSE-K60c 과도 분석 옵션으로 처프 시퀀스 신호의 과도 분석. 펄스 전력 대 시간은 왼쪽 상단에 표시됩니다. 선형 주파수 응답은 상단 중앙과 하단 하단의 스펙트럼 그래프에서 볼 수 있습니다. 소프트웨어는 감지된 펄스의 특성을 테이블 (아래 가운데)에 나열합니다. 그래픽 형식으로 속성을 자세히 조사 할 수도 있습니다. 처프 속도와 주파수 편차가 오른쪽에 표시됩니다.

멀티 채널 분석으로 위상 및 진폭 차이 측정

많은 자동차 레이더에는 다중 송수신 안테나 어레이가 장착되어 있습니다. 이들은 안테나의 지향성을 결정하고 타겟의 방향의 빔 포밍 및 검출을 허용한다. 전송 특성을 구체적으로 조사하기 위해 오실로스코프에서 여러 믹서를 동시에 작동 할 수 있습니다. 설정은 단일 채널 분석과 유사합니다. LO 신호는 모든 믹서에 분배되어야 합니다 (그림 1).

위상 코히어런트 수신기로 사용되는 경우 오실로스코프는 서로에 대해 여러 신호를 분석합니다. 일반적으로 두 스펙트럼 간의 위상 차이와 차이가 분석됩니다. R & S®RTP의 FFT 기능도 도움이 됩니다. 두 채널에서 신호의 진폭 스펙트럼을 계산하는 데 사용됩니다. 그런 다음 다른 수학 함수로 차이를 계산하여 표시합니다. 위상 측정의 경우 분석 범위는 좁은 시간 복도로 제한되며 두 입력 채널의 위상 차이는 FFT에 의해 결정된 위상 특성에서 계산됩니다 (그림 5). FFT를 사용한 간접 방법의 장점은 더 큰 시간 분석 범위입니다. 시간 영역에서의 위상차의 단일 측정은 잡음에 의해 강하게 지배 될 수 있는 반면, 주파수 영역에서 다중 신호주기는 서로 비교되어 측정 불확실성이 상당히 더 작다.

그림 5: 처프 시퀀스의 다중 채널 측정 펄스는 시간 영역 (상단)에 표시되고 중간에 개별 채널의 스펙트럼이 표시되며 진폭과 위상차는 각각 왼쪽 하단과 오른쪽 하단에 표시됩니다.

레이더 신호를 다른 신호와 상관시켜 디버깅

R & S®RTP는 여러 안테나 경로의 진폭 및 위상 차이를 동시에 측정하고 레이더 신호를 공급 전압 또는 디지털 버스 신호와 같은 다른 신호와 상관시킬 수 있습니다 (그림 6). 레이더 신호와 함께 CAN 버스 또는 자동차 이더넷 신호를 동시에 획득하는 것은 개발 및 디버깅시 특히 유용합니다. 레이더 센서의 분석 시간은 레이더 신호와 버스 프로토콜 신호 사이의 지연으로부터 결정될 수 있습니다. 측정 된 지연 시간이 지정된 시간을 초과하면 자율 차량에 배치 할 수 없습니다.

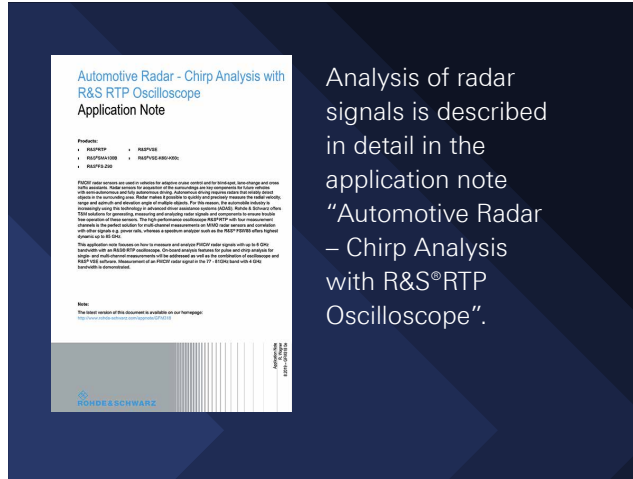


요약

모델 RTP 오실로스코프는 차세대 레이더 센서의 특성 분석에 이상적입니다. 레이더 신호는 레이더 센서에서 지저 대역 신호로 직접 획득되거나 믹서에 의해 오실로스코프의 대역폭으로 하향 변환됩니다.

오실로스코프의 고급 트리거 및 분석 도구와 강력한 모델 VSE 펄스 분석 소프트웨어는 특성화 및 디버깅을 용이하게 합니다.

저자: Ernst Flemming 박사, Andreas Ritter 박사 / 로데슈바르츠



Analysis of radar signals is described in detail in the application note "Automotive Radar – Chirp Analysis with R&S®RTP Oscilloscope".

그림 6 : 레이더 신호 (왼쪽)와 CAN 프로토콜 프레임 (오른쪽) 사이의 지연 측정. 오실로스코프는 레이더 신호를 트리거하고 "Trigger to Frame"기능을 사용하여 레이더 신호가 전송 될 때부터 프로토콜 전송이 시작될 때 (아래쪽)까지 9.54ms의 지연을 측정합니다.

