자동차 레이더 기술, 시장 및 테스트 요구 사항

<로데슈바르즈 화이트 페이퍼>

Dr. Steffen Heuel

White paper | Version 01.01

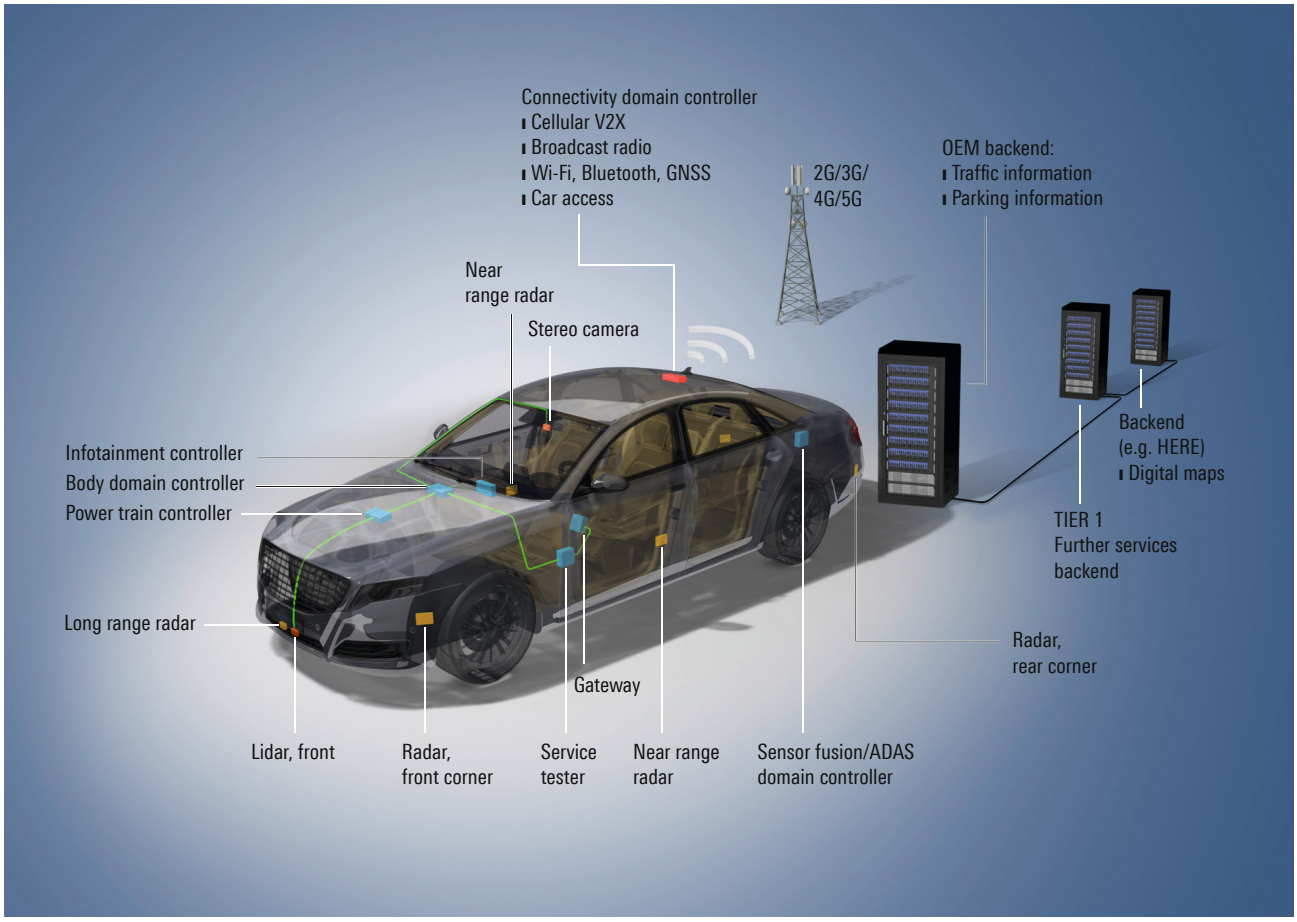
ROHDE&SCHWARZ

1 소개

자동차는 중요한 상황에서 운전자를 지원하는 레이더 센서를 점점 더 많이 장착하고 있어 사고 횟수를 줄일 수 있습니다 (그림 1).
레이더를 사용하면 여러 물체의 방사 속도, 범위, 방위각 및 고도를 빠르고 정확하게 측정 할 수 있습니다. 자동차 산업이 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS)에서 이 기술을 널리 사용하는 이유입니다.

그림 1은 다가오는 차량 아키텍처를 보여줍니다. 자동차 레이더는 많은 응용 분야에서 사용됩니다 (노란색으로 표시). 일반적으로 BSD (맹점 감지) 레이더는 24.05 GHz ~ 24.25 GHz 범위에서 작동합니다 (무선 리소스 할당 : ISM, RR 5.150, ITU 참조 : WRC−19, −AI1.13, −Res.−238, − 해결 −2), 반면, 무선 위치 측정 서비스의 일부로“76GHzGHz”~“81GHz”범위에서 대부분의“자동”레이더가 작동합니다.

그림 1 : 자동차 레이더가 급속도로 확장되어 차량 안전성 향상



76 GHz ~ 81 GHz 주파수 대역은 다음과 같은 주요 관심 분야입니다.

- 76 −GHz ~ −81 GHz − 범위의 − 자동차 − 레이더 만 간섭으로부터 − 보호−를 할 수 있습니다. 규제 상태 (WRC-2015의 최종 영향/결과)
- 센서 패키지가 더 작습니다
- 레이더 칩은 덜 비싸다
- 더 많은 대역폭을 사용할 수 있다 (높은 범위의 해상도로 결과)
- 77 GHz에서 측정 − 같은 신호에 대해 −24 GHz에서 −보다 더 도플러 분해능 제공
- 더 많은 안테나 공간을 제공합니다

시스템 디자이너에게는 이러한 모든 새로운 기술이 중요한 역할을 합니다. 레이더 파형을 선택하는 것 외에도 새로운 레이더 시스템의 개발 및 출시에 있어 테스트 및 측정 정확도가 매우 중요합니다. 새로운 레이더 설계는 모든 하드웨어 및 소프트웨어 구성 요소가 모든 고려 된 조건에서 원하는 방식으로 작동하도록 보장해야 합니다. 이는 측정 장비에 대한 특정 측정 요구 및 작업을 생성합니다. 파형 설계에 대한 기술적 이해는 기본입니다.

설계 불확실성을 줄이려면 이러한 고급 설계 문제를 해결하기 위해 성능, 정밀성 및 통찰력을 제공하는 테스트 솔루션이 필요합니다.

2 자동차 레이더 시장 동향

1978년 최초의 자동차 레이더 시험 이후, 자동차 레이더는 빠르게 발전하고 있습니다. 1978 년 첫 번째 버전은 차량 외부에 부착 된 펄스 레이더를 사용했지만 오늘날 레이더는 완전히 통합되어 디자인 레이돔, 범퍼 또는 미러 뒤에 보이지 않습니다.

그림2 : 1978년, 1999년 및 현재의 자동차 레이더

편의 및 안전 애플리케이션을 위해 레이더 센서를 사용하는 모든 OEM 외에도 5 단계 자동화에 도달한다는 공통 목표를 가진 많은 레이더 공급 업체가 있습니다. 이를 위해서는 단일 차량에서 다른 기능을 가진 많은 레이더가 필요합니다.

거의 모든 신차에는 적어도 하나의 레이더가 장착되어 자동차 레이더 시장이 상당히 커지고 우리 산업의 실질적인 성장 영역이 되기 때문에 생산 된 유닛의 수가 크게 증가하고 있습니다.

이 뉴스에 따르면, 세계 자동차 레이더 시장은 약 1억 명에 이를 것으로 예상됩니다. 2023년 까지 미화 100억 달러. –USD–50 –에서 –USD 100–의 레이더 센서 당 가격을 추정하면 연간 1억에서 2 억 개의 레이더를 생산할 수 있으며, 이는 상당히 생산적인 것으로 간주됩니다.

(1년에 7천만 대 이상의 자동차와 4단계 및 5단계 자치에 필요한 레이더의 수보다 더 많은 수의 차량)

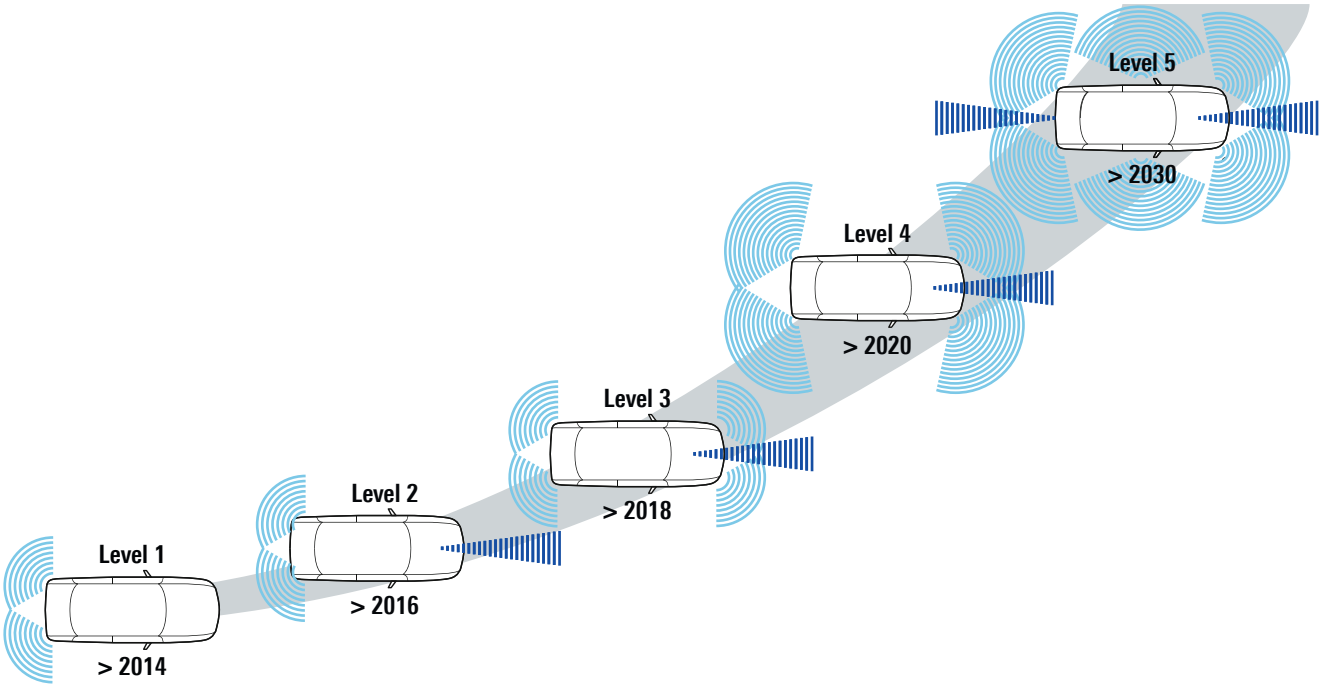
글로벌 자동차 레이더 시장은 2023년 까지 약 US$100억에 도달 할 것으로 예상된다.

요즘 많은 상용 자동차 레이더는 1GHz보다 작은 신호 대역폭으로 작동합니다.– 일부 시간 동안 칩 제조업체의 경우에는 4– GHz 에서 5 GHz 까지의 대역폭을 지원합니다.
(스케일러블 28nm CMOS에서 –100/100 ns–의– 변조속도).

많은 자동차 레이더는 곧 더 높은 범위 해상도와 최대 4 GHz~5 GHz의 신호 대역폭으로 시장에 진입할 것입니다. 전송 및 수신 안테나의 "수 증가"숫자로 인해 이 레이더는 3D 이미징이 가능합니다.

미래의 기술을 가능하게 하고 자동 운전을 향한 길을 닦으려면 높은 신호 주파수와 큰 대역폭을 지원하는 테스트 및 측정 장비와 제조업체가 자동차 애플리케이션을 위해 이러한 레이더 센서를 설계, 테스트 및 검증 할 수 있는 전용 테스트 장비를 갖추어야 합니다.

그림 3 : 자동화 수준에 따른 레이더 장치의 추세 및 수



Object detection
Features
SRR mode BSD, LCA

Device	#
SRR	2

Object detection
Features
SRR mode BSD,
RCW, LCA,
LRR mode ACC, AEB

Device	#
SRR	2
LRR	1

High-resolution target separation
Features
SRR mode BSD,
FCW, RCW, RCTA
LRR mode ACC, AEB

Device	#
SRR	4
LRR	1

3D detection
Features
SRR mode BSD, RCTA
MRR mode AEB pedestrian
LRR mode ACC, AEB

Device	#
SRR to MRR	4
LRR	1

360° object recognition
Features
USRR mode AVP, PA
SRR mode BSD, RCTA
MRR mode AEB pedestrian
LRR mode ACC, AEB

Device	#
USRR to MRR	6
LRR	2

* USRR = ultra short range radar * SRR = short range radar * MRR = mid-range radar * LRR = long range radar

3 레이더 측정

레이더의 특정 임무는 단일 측정 사이클 내에서 단일 물체의 범위와 방사 속도를 동시에 측정하는 것입니다. 범위는 신호를 송수신하고 시간 지연을 측정하여 측정됩니다. 반경 방향 속도는 연속파 신호 또는 연속 펄스 (펄스-도플러 레이더)로 측정되며, 여기서 에코 신호는 움직이는 물체의 경우 도플러 주파수 편이를 유지합니다. Pulse-Doppler 레이더는 레이더 에코 신호의 위상을 변경하여 도플러 주파수를 측정하기 위해 여러 전송 및 수신주기를 수행합니다.

단일 측정 사이클 내에서 범위와 반경 속도를 측정하기 위해 자동차 레이더는 "연속파 (CW)"신호의 "다양성"을 사용합니다.

펄스 형 레이더 신호와 비교할 때, 이러한 CW 파 형태는 자동차 응용 분야에서 그들의 적용에 대한 이유가 되는 몇 가지 주요 잇점을 가지고 있습니다.

- 이론적으로 사각 지대 없음
- 낮은 출력 전력
- 낮은 하드웨어 복잡성
- 저렴한 제조 비용
- 반경 속도 분해능은 전송 시간에 따라 다릅니다
- 범위 분해능은 신호 대역폭에 따라 다릅니다.
- 낮은 샘플링 샘플링은 high 전송 신호 대역폭에서 필터 대역폭을 필터링 합니다.

3.1 범위와 반경 속도

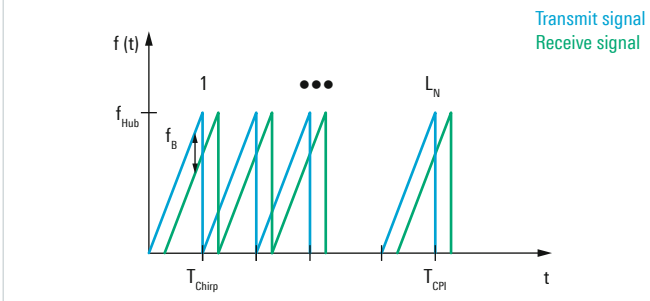
자동차 레이더는 선형 주파수 변조 연속파 (LFMCW), 주파수 shift keying (FSK), multiple frequency shift keying (MFSK), chirp sequence (CS)와 같은 파형을 사용합니다.

그림4는 전송 신호 (처프 시퀀스)의 예를 보여줍니다.

- f_{sweep} 76 GHz ~–81 GHz 주파수 대역에서 –5– GHz –까지– 신호 대역폭을 설명합니다.
- T_{chirp} 단일 FMCW 처프의 지속 시간을 전송하는 것으로, 일반적으로 도메인 10에서 40ms까지 도메인입니다
- T_{CPI} 수 밀리 초에서 최대 100ms 길이의 처프 블록입니다.

레이더는 동시에 송수신합니다. 수신 신호와 전송 신호를 혼합함으로써 소위 비트 주파수 (fB)가 측정됩니다. 각 객체 (각 에코)는 빠른 푸리에 변환 후 비트 주파수에 기여합니다.

그림 4 : 처프 시퀀스



많은 레이더 센서는 다양한 신호를 사용하는데,이 신호는 여러 가지 다른 모드로 전송되고 응용 프로그램, 예를 들어 필요한 모호성 및 해상도에 따라 레이더 스케줄러에 의해 선택됩니다.

예를 들어, 하나의 전송 버스트 에서 신호 대역폭은 낮게 선택되어 최대 범위는 증가하지만 범위 분해능은 낮아집니다. 목표를 해결하고 분류하기 위해 다음 측정주기는 높은 신호 대역폭을 사용하여 최대의 명확한 범위를 줄입니다.

다른 응용 분야는 다른 자동차 레이더 센서의 간섭을 완화시키는 것 일 수 있습니다. 레이더 센서 스케줄러는 주파수 호핑 또는 파형 다이버 시티를 적용 할 수 있습니다 (IF 대역폭이 적은 것을 선택). 따라서 자동차 레이더 센서는 알고리즘의 구현에 따라 Tchirp 또는 TCPI 이후 주파수 간을 전환 해야합니다.

각 파형에는 지난 몇 년 동안 레이더 파형 설계의 개발과 중요성을 보여주는 특정 기능이 있습니다.

파형에 대한 자세한 내용은 A & D 및 자동차 레이더 용 레이더 파형 백서 [8]를 참조하십시오.

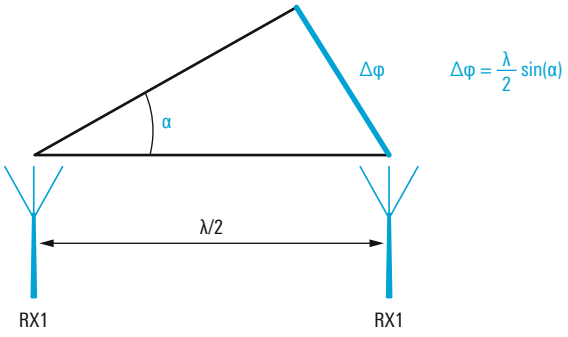
3.2 방위와 고도

방위각과 앙각은 여러 개의 송수신 안테나를 사용하여 측정됩니다. 안테나 수에 따라 방위각과 고도의 해상도도 가능합니다.

각도를 추정하기 위해 레이더는 일반적으로 여러 안테나에서 수신 된 신호의 위상차를 측정합니다. 적어도 2 개의 수신 안테나로 구성된 균일 한 선형 어레이를 사용하여, 각도 (αα)는 −r = dsin (α)에 의해 추정 될 수 있으며, 여기서 d는 λ / 2만큼 이격 된 안테나 요소 사이의 거리이다.

안테나 요소의 수를 늘리면 방위 분해능이 가능 해지고 각도 측정의 정확도가 향상됩니다.

그림 5 : 두 개의 수신 안테나를 사용한 각도 추정

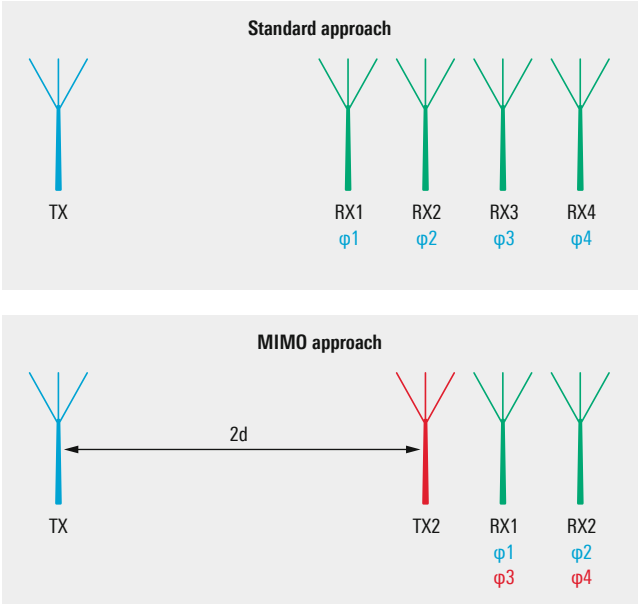


안테나 요소의 수를 늘리면 방위 분해능이 가능 해지고 각도 측정의 정확도가 향상됩니다.

오늘날 많은 자동차 레이더는 MIMO 레이더 신호 처리를 적용하여 각도 분해능을 향상시킵니다.
그림 6은 λ/2 간격으로 하나의 TX와 4 개의 RX를 가진 레이더 프론트 엔드를 보여줍니다.
공간 분해능을 정의하는 총 안테나 수는 적절한 안테나 정렬을 통해 N_TX × M_RX로 정의됩니다.
대문자는 1 × 4 = 4 요소와 소문자는 2 × 2 = 4 요소를 나타냅니다. 따라서 두 어레이 모두에서 동일한 해상도를 얻을 수 있습니다. 측정 된 위상차는 TX와 RX에 따라 다릅니다.
TX1과 TX2는 수신기 배열과 다르기 때문에 수신기의 위상이 다릅니다.

두 개의 송신기가 활성화 된 경우 두 개의 수신기 안테나로 4 개의 위상이 측정됩니다 [1].

그림 6 : MIMO 원리

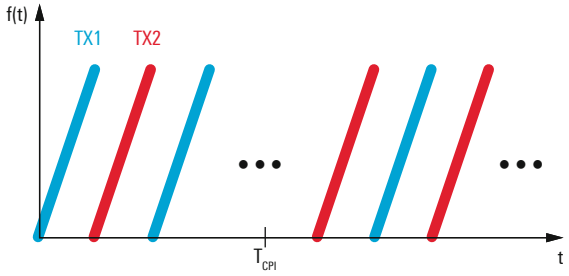


수신기가 다양한 송신기 신호를 구별하기 위해 몇 가지 다른 접근법이 사용됩니다.

- 시분할 다중화
- 주파수 분할 다중화
- 코드 멀티 플렉스

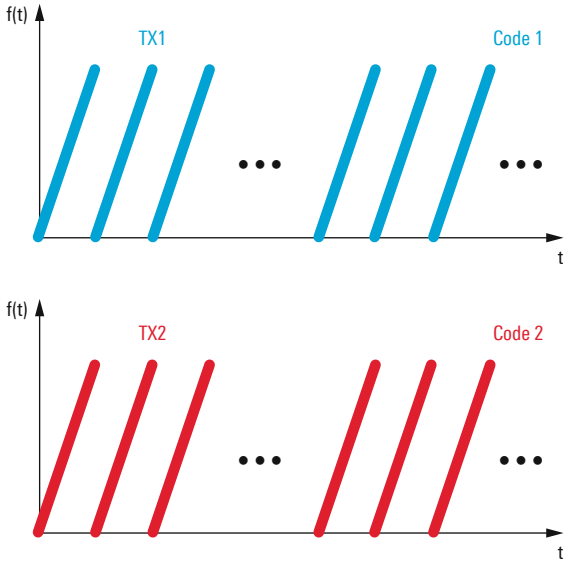
시분할 다중화에서 각 송신기는 순차적으로 활성화됩니다 (그림 7).
이런 식으로 수신기는 타이밍에 따라 신호의 출처를 알 수 있습니다.

그림 7 : 시분할 다중화



또는 두 송신기를 동시에 활성화 할 수 있습니다. 이 경우, 수신기는 직교 코드에 기초하여 신호의 기원을 구별해야 합니다. 이러한 코드는 예를 들어 이진 위상코드인 하다마드(Hadamard) 시퀀스 일 수 있습니다. 동시 전송으로 인해 완벽한 분리의 경우 이론적으로 10log10 (N_TX)의 신호 대 잡음비 이점이 있습니다.

그림 8 : 코드 분할 멀티 플렉스

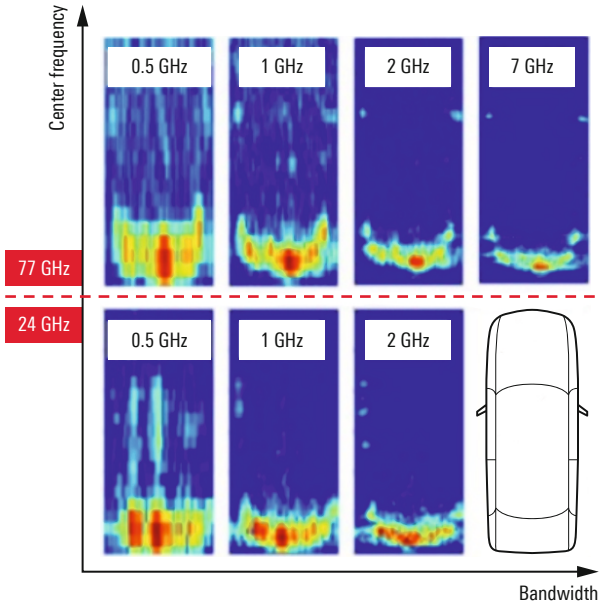


3-(3) 레이더 분해능과 신호 대역폭이 필요한 이유

레이더가 사용되는 응용 분야에 따라, 낮은 또는 높은 범위의 해상도가 요구되고 요구됩니다. 범위 분해능 $\Delta R = \frac{c}{2B}$ (B = 신호 대역폭 및 c = 광속) 는 신호 대역폭에 따라 다릅니다.

신호 대역폭이 클수록 범위 분해능이 동일하고 거친 범위 분해능을 사용하는 측정에 비해 동일한 크기의 물체의 산란 점이 더 많이 나타납니다 (물체가 더 정의되고 더 쉽게 분류 될 수 있음).
그림 9는 다른 해상도로 측정했을 때 차량의 산점을 보여줍니다. 사이드 미러는 500 MHz 범위 해상도에서 보이지 않지만 2GHz 그리고 7 GHz 해상도를 사용할 때 구별됩니다.

그림 9 : Ulm University의 Markus Andres가 시연 한 바와 같이 미래의 안전 및 편의 적용을 위한 대역폭 요구 사항



로데슈바르즈는 "수천 개”의 전송 및 "수신 안테나"를 사용하여 10 GHz의 신호 대역폭으로 또 다른 고해상도 mmWave 측정을 수행했습니다. 이러한 많은 송수신 안테나로 인해 레이더 이미지가 그림처럼 보이기 시작하는 초고 방위각 및 고도 해상도가 나타납니다 (그림 10).

그림 10 : mmWave Rohde & Schwarz가 촬영 한 사진, 주파수 70 GHz ~ 80 GHz, 수천 개의 송수신 안테나

범위 분해능이 미세할수록 물체의 산란 점이 더 많이 감지 될 수 있습니다.
범위 분해능을 높이면 최대의 명확한 범위가 줄어 듭니다.

예를 들어, 범위 분해능이 매우 좋은 경우 높은 신호 대역폭이 필요합니다.

- 5 GHz 신호 대역폭 ▷ ΔR = 3 범위 해상도

신호 대역폭이 다소 낮은 경우 범위 분해능이 거칩니다.

- 150 MHz 신호 대역폭 ▷ ΔR = 1 m 범위 분해능

3.4 반경 속도 분해능과 고주파수가 유리한 이유

보행자 감지와 같은 일부 응용 분야에는 미세한 방사형 속도 분해능이 필요합니다. 반지름 속도 분해능은 두 개의 반사가 두 개로 분리 되어야 하는 최소 속도 거리를 정의합니다. 높은 (정밀한) 반경 속도 분해능으로 미세 도플러를 감지하고 지면 클러 터 및 자체 자아 운동에서 느리게 움직이는 에코를 분리 할 수 있습니다 (모든 정적 대상이 고유 한 음의 방사 속도로 나타남). 반경 방향 속도는 도플러 주파수 편이를 기반으로 측정되므로 반송파 주파수에 따라 다릅니다. 주파수가 높을수록 동일한 방사 속도에 대해 더 높은 도플러 주파수 편이가 있습니다.

$$\Delta v_r = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{T_{CPI}}.$$

반경 방향 속도는 또한 신호의 목표 시간, 즉 Δvr = λ / 2 1 / TCPI에 따른 코히어런트 처리 간격 TCPI–의 지속 시간에 의존합니다. 이 공식은 더 긴 TCPI 또는 더 높은 반송파 주파수가 방사 속도 분해능을 향상시키는 데 도움이 된다는 것을 보여줍니다. 현재의 규정은 자동차 레이더 애플리케이션을 위한 24 GHz 및 77 GHz / 79 GHz 대역의 사용을 허용합니다.

위의 공식에 따르면, 도플러 주파수 시프트–는 –24 GHz보다 –77–GHz보다 약 3 배 더 높은 것을 알 수 있습니다. 이는 동일한 코히어런트 처리 간격 지속 기간 동안 3 배만큼 개선되는 반경 방향 속도 분해능을 야기합니다.

4 Test and measurement of automotive radar sensors

Automotive radar sensors are to be tested according to the harmonized standard ETSI EN 303 396 [2] as a common base of test procedures, with a focus on:

- **ETSI EN 302 858** [3] for the 24.05 GHz to 24.25 GHz radars
- **ETSI EN 301 091-1** [4] for 76 GHz to 77 GHz radars
- **ETSI EN 302 264** [5] for 77 GHz to 81 GHz radars

In line with EN 303 396 V1.1.0 (2016-04), the tests include measurements of:

- Operating frequency range
- Total power spectral density
- EIRP peak power
- EIRP mean/average power
- EIRP mean spectral density
- Power access duty cycle
- Spectrum access duty cycle
- Dwell time and repetition time
- Frequency modulation range
- Unwanted emissions in the OBB domain
- Receiver spurious emissions
- Receiver in-band, out-of-band and remote band signals handling

The tests above are according to the standard, but during R&D typically many more tests are required:

- Spectrum and signal analysis
- Power measurements
- Radar echo simulation for accuracy, ambiguity, detection performance
- Interference tests to test mitigation algorithms
- Radome tests for integration of the radar sensor behind bumpers
- Antenna pattern verification
- Tracking/software/classification tests
- Receiver sensitivity, saturation, dynamic range

Mass production of these sensors involves additional tests to ensure sensor performance, functionality and accuracy, such as:

- Power consumption
- Antenna pattern calibration
- Accuracy measurements
- End-of-line tests

4.1 ETSI 테스트

EN 303 396 표준에 따라 몇 가지 테스트가 필요합니다. 각 레이더 주파수 대역에 대해 또 다른 "표준"이 적용됩니다. 76 GHz ~ 77 GHz 레이더의 경우, 예를 들어 EN301091가 적용됩니다. 테스트는 모든 대역에 대해 동일하지만 한계가 다를 수 있습니다.

표는 어떤 주파수 대역에 어떤 테스트가 필수이며 어떻게 수행 될 수 있는지를 요약합니다.

빨간색은 이 테스트를 적용 할 수 없음을 나타냅니다.

노트 :
이 표는 정기적으로 업데이트되지만 올바른 테스트를 위해 ETET 표준의 최신 버전을 참조하십시오.

ETSI EN 303 396 Test methods	ETSI EN 302 858 24.05 GHz to 24.25 GHz/24.5 GHz	ETSI EN 302 264 77 GHz to 81 GHz	ETSI EN 301 091-2 76 GHz to 77 GHz
Operating frequency range	specified		
Peak EIRP			
Mean EIRP	not specified		
Mean EIRP spectral density			
Unwanted emissions in the OOB domain			
Unwanted emissions in the spurious domain			
Receiver spurious emissions			
Receiver in-band, out-of-band and remote-band signal handling			
Receiver sensitivity		mentioned but not specified	mentioned but not specified
Power duty cycle			
Spectrum access duty cycle	WLAM only		
Dwell time and repetition time	cat. C/D only		
Frequency modulation range	cat. C/D only		
Unwanted vertical plane transmitter emissions	WLAM only		

일부 테스트는 광대역 저 활동 모드 (WLAM) 레이더에만 필요합니다.

WLAM 레이더는 –FMCW와 같은 주파수 변조 기술을 사용하여 단거리 및 중거리 애플리케이션에서 작동합니다. WLAM– 레이더는 2 가지 모드를 가지고 있습니다 :

- 협대역 “일반모드”(표준모드)–는 24.05 GHz ~ 24.25 GHz– 주파수 범위에서 200MHz까지를 적용합니다.
- 450 MHz 대역폭의 WLAM– 모드는 24.05 GHz ~ 4.50 4.GHz 주파수 범위에서 작동하며 작동 시간의 제한된 비율 만 활성화 됩니다.

다른 시험은 범주C 및 D에 속하는 24 GHz 레이더에 대해 지정됩니다.

Category C 또는 D 레이더 24.075 GHz ~ 24.150 GHz 주파수 범위를 사용합니다.
- 빠른 변조 (≤4 µs / 40 kHz over 3 ms 누적 dwell time) 또는
- 20dBm의 출력 전력으로 느린 변조

4.1.1 테스트 사이트 요구 사항

온도, 습도, 전압 제어 및 기준 수신기 대역폭과 같은 EN 303 396에 언급 된 테스트 조건 외에도 테스트 사이트 요구 사항도 지정됩니다. 방사 측정의 경우 표준은 테스트 대상 장치의 원거리 장을 확보하는 데 필요한 거리를 나타냅니다. 이 범위의 길이를 충족 할 수 없으면 EN 303 396 V1.1.0의 표 3 장 5.3.2에 지정된 대로 원거리 불확실성을 고려해야 합니다.

Far-field distance	Approximate power level error due to near-field effect
d_{FF}	0.25 dB
$d_{FF}/2$	0.9 dB
$d_{FF}/3$	2.0 dB
$d_{FF}/4$	3.5 dB

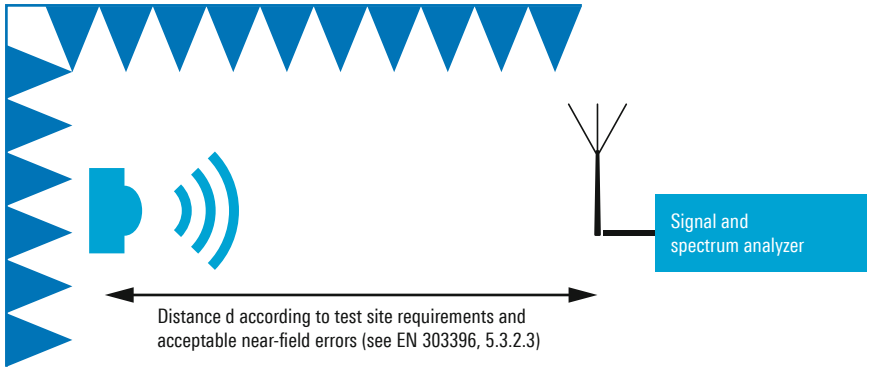
원거리 필드는 $d_{FF} = \frac{2(d_1 + d_2)^2}{\lambda}$, 로 추정됩니다.

여기서 λ–는 "파장"이고, d1 및 d2는 송신 및 수신 안테나 개구입니다.

5 cm의 안테나 크기와 a 안테나 직경 2 cm인 a 레이더 센서를 가정하면, 이것은 2.5m의 원거리로 이어질 것입니다.

"무향실 챔버가 더 작은 사이즈로 선택됩니다. 예를 들어, 2 m 높이, 0.9 dB의 근접장 효과 오류를 고려해야 합니다. 최대 허용 측정 불확실성은 사양에 따라 6dB입니다.

그림 11 : 무반향 실의 일반적인 테스트 설정



4.2 송신기 테스트

4.2.1 작동 주파수 범위

RUT (Radar Under Test)가 차지하는 최저 f_L 및 최고 f_H 주파수는 작동 주파수 범위를 정의합니다.

작동 주파수 범위는 점유 대역폭의 99%로 정의됩니다. 3GPP TS 34.121 섹션 5.8에 따라 점유 대역폭 (OBW)은 중심 주파수를 중심으로 전송 스펙트럼의 총 통합 전력의 99 %를 포함하는 대역폭입니다.

작동 주파수 범위는 다음과 같이 구성된 스펙트럼 분석기로 측정됩니다.

- F주파수 범위 : <f_L ~> f_H
- 해상도 : 1 MHz
- 비디오 대역폭 : 3MHz
- 감지기 모드 : RMS
- 디스플레이 모드 : 최대 보류
- 평균 시간 : 스윕 포인트 당 ≥1 ms

이 테스트는 OBW 측정으로 스펙트럼 모드의 신호 및 스펙트럼 분석기로 수행 할 수 있습니다. MEAS 메뉴에서 OBW를 선택하고 "레이더"사양에 따라 설정으로 분석기를 구성하십시오. OBW s 제약 조건을 구성한 후 MARKER를 MAX.HOLD 추적으로 설정하십시오.

계측기는 점유 대역폭, 중심 주파수 및 오프셋을 자동으로 추정합니다.

예)

그림은 측정 예를 보여줍니다. 테스트는 벤치 탑에서 수행되었으므로 이 센서의 절대 전력 수준을 고려해서는 안됩니다. OBW 측정을 설명하기 위한 것입니다. 상대 전력 수준이 정확합니다.

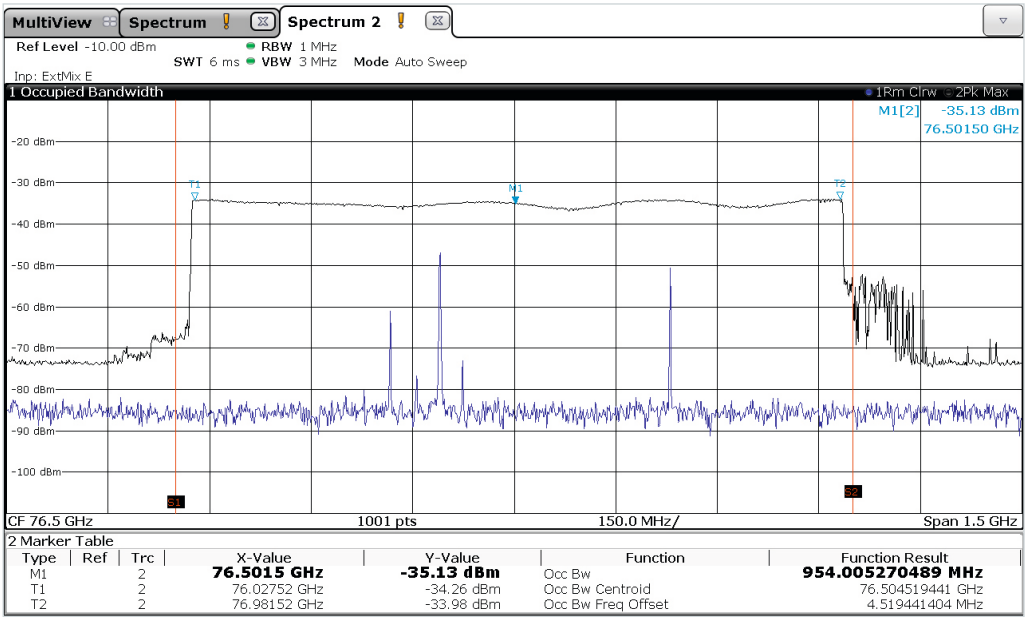


그림 12 : 77 GHz 레이더에서 OBW 측정의 예

4.2.2 총 전력, 피크 EIRP 및 평균 (평균) EIRP

모든 전력 측정은 스펙트럼 모드 및 시간 도메인 전력 측정 또는 전력계의 신호 및 스펙트럼 분석기로 수행 할 수 있습니다. 스펙트럼 분석기에서 시간 도메인 전력 측정은 작동 주파수 범위 측정에 언급 된 설정에 가까운 사양에 따라 선택되고 구성됩니다.

고려해야 할 한 가지 중요한 것은 시험중인 레이더의 처프 속도에 따라 RBW를 증가시키는 것이다. <1 GHz / ms에서 작동하는 레이더는 RBW – = 1 MHz가 권장됩니다.

스위프 시간은 테스트중인 레이더의 사이클 시간보다 커야 합니다. 이 테스트를 위해서는 레이더의 사이클 시간을 알아야 합니다.

과도 해석 애플리케이션을 사용하면 테스트중인 레이더의 전송 신호를 자동으로 분석 할 수 있습니다.

이 옵션은 다른 매개 변수뿐만 아니라 처프 및 홉 신호의 지속 시간 및 처프 속도를 자동으로 감지, 복조 및 분석합니다.

예)

대부분의 레이더에는 여러 가지 모드가 있으며 여러 가지 처프, 대역폭, 듀티 사이클 등을 사용합니다. 이 측정에서는 단일 처프를 하나의 사이클로 간주합니다.

다음 그림은 analyzer490MHz의 스펙트럼 분석기 측정 대역폭으로 처프가 감지 되었음을 보여줍니다.

우리는 거의 1GHz가 사용되는 OBW 측정 값을 알고 있습니다. 측정 된 처프 속도에서 전체 신호의 지속 시간을 nowa (156 268 / kHz / µs) 1GHz 신호 대역폭 (1GHz / 156.268 kHz/µs = 6.4 ms)으로 계산할 수 있습니다. 따라서 전력 측정의 스위프 시간은> 6.4ms 여야 합니다.

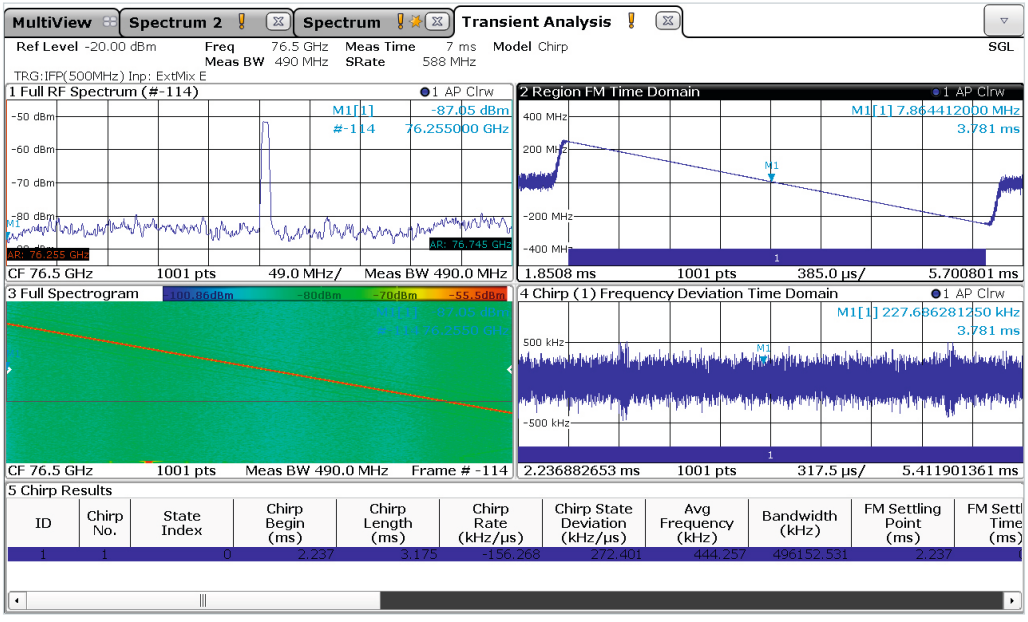


그림 13 : FSW-K60 과도 측정 애플리케이션을 사용하여 처프 스위프 시간 측정의 예

4.2.3 스펙트럼 액세스 듀티 사이클

스펙트럼 액세스 듀티 사이클 측정은 24 도메인의 WLAM 레이더에만 적용되며 ETSIEN 302858V2.1.1, chapter 4.5.1.3, 10 표 10의 limits 지정 필드에 따라 이 백서에서는 더 이상 평가되지 않습니다. 24 GHz 도메인 또는 77GHz / 79GHz 도메인의 자동 레이더에 대한 CW 레이더의 경우, 스펙트럼 액세스 듀티 사이클을 측정 할 필요가 없습니다.

4.2.4 체류 시간과 반복 시간

사양에 따라 드웰 시간과 반복 시간은 특정 제한 내에 있어야 하며 범주 C 또는 D의 24 GHz 레이더 (ETSI EN 302858 V2.1.1, 4.2.1 장 참조)에만 20을 사용하여 빠른 또는 느린 변조를 사용하십시오 dBm 출력 전력. 드웰 시간은 특정 주파수 범위가 사용되는 시간 간격을 나타냅니다. 77GHz / 79GHz 도메인의 레이더에 대한이 측정에는 적용 할 수 없습니다.

4.2.5 주파수 변조 범위

라인 사양에서 이 테스트는 카테고리 또는 D의 24 GHz 레이더에만 적용됩니다 (ETSI EN 302 858 V2.1.1, 4.2.1 장 참조)

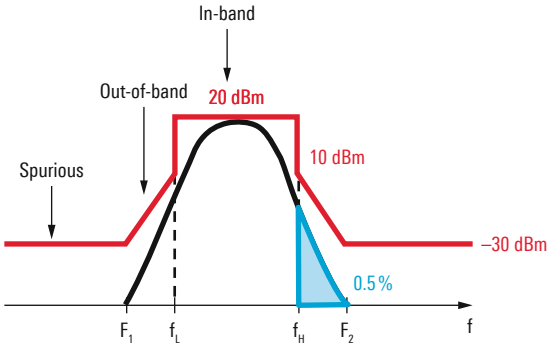
4.2.6 대역 외 및 허위 영역에서 원하지 않는 배출.

24 GHz 레이더 및 WLWL– 레이더의 경우, 스펙트럼 –는 그림 14의 한 한계 내에 있습니다.

EN 303 396 V1.1.0에 따라 주파수 F1 및 F2는 대역폭과 관련이 있습니다.

- 중심 – 주파수 $f_c = \frac{f_L + f_H}{2}$
- 대역 외 (OOB) 저주파수 $F_1 = f_c - (2.5 \times (f_H - f_L))$
- OOB 상위 주파수 $F_2 = f_c + (2.5 \times (f_H - f_L))$

그림 14 : 24 GHz 및 WLAM 레이더 용 스펙트럼 방출 마스크

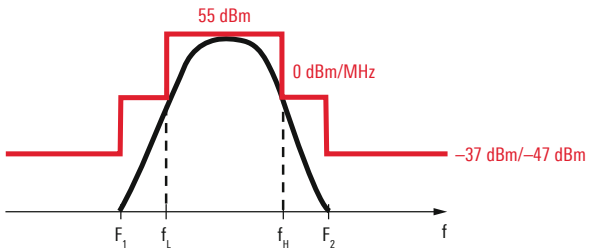


f_L = 24.05 GHz ~ f_H= 24.25 GHz 대역의 경우 다음과 같은 결과가 나타납니다.

- 중심 주파수 f_c=24.125 GHz
- 하한 F_1=23.65 GHz
- 상한 F_2=24.65 GHz

ETSI EN 302 858 V2.1.1에 따라 "24GHz"레이더에 대해 원하지 않는 스퓨리어스 방사 측정을 "최대 50 GHz"까지 수행합니다. 1 GHz ~ 50 GHz에서 limit는 –30dBm EIRP RMS입니다.

Fig. 15: Spectrum emission mask for 77 GHz radars



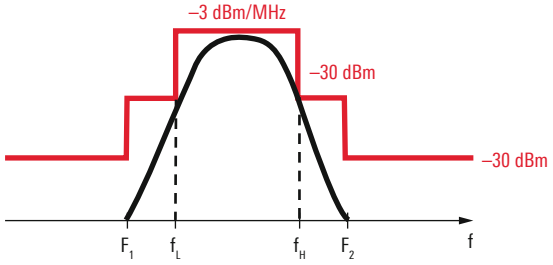
f_L = 76 GHz to f_H = 77 GHz 대역의 경우 다음과 같은 결과가 나타납니다.

- 중심 주파수 f_c = 76.5 GHz
- 하한 F_1 = 74 GHz
- 상한 F_2 = 79 GHz

ETSI EN 301 091 V2.1.1에 따라 원치 않는 스퓨리어스 방사 측정이 최대 154GHz에서 77GHz까지 레이더에 대해 수행됩니다 .1GHz에서 300GHz까지, 광대역 스퓨리어스 방출을 위한 –37 dBm EIRP RMS 및 협 대역 스퓨리어스 방출을 위한 –47dBm EIRP RMS.
f_L = 77 GHz to f_H = 81 GHz 밴드의 경우 결과는 다음과 같습니다.

- 중심 주파수 f_c = 79 GHz
- 하한 F_1 = 76.5 GHz
- 상한 F_2 = 81.5 GHz

그림 16:79 GHz의 스펙트럼 방출 마스크



ETSI EN 302 264 V2.1.1에 따라 원치 않는 스퓨리어스 방사 측정은 79 GHz 레이더에 대해 –to up162GHz까지 수행됩니다. 1 GHz ~ 300 GHz에서 limit는 –30 dBm EIRP RMS입니다.

A 스펙트럼 분석기는 테스트에 필요합니다.
측정은 100kHzQ (QPK 검출기)의 a분해능 대역폭 with으로 30 MHz에서 최대 1GHz까지 1에서 시작하고 1 GHz에서 50 GHz까지 1 MHz RBW (RMS detector)로 계속됩니다.
평균화 시간은 테스트주기 시간의 레이더보다 길어야 합니다. 자세한 내용은 ETSI EN 303 396 V1.1.0 장 6.3.10을 참조하십시오.

4.3 수신기 스퓨리어스 방출

4.3.1 수신기 스퓨리어스 방출

수신기 스퓨리어스 방출은 전송 모드 이외의 모드에서 테스트해야 합니다. 이는 저잡음 증폭기와 같은 수신기 스테이지가 불안 정해져 (발진 경향) 방사 방출을 유발할 수 있기 때문에 중요합니다.
76 GHz ~ 77 GHz 레이더 및 77 GHz ~ 81 GHz 레이더의 경우, 표준은 기본 표준 EN 303 396의 6.2.12 항을 조하십시오. 이는 장치를 수신 전용 모드로 또는 수신 전용 장치로 작동 할 수 있는 경우 테스트가 적용됨을 나타냅니다.
레이더가 수신 전용 모드로도 작동하는 경우 테스트가 적용되며 77 GHz 79GHz 레이더에 대한 한계는 동일합니다.

Frequency range	Limit	Detector
30 MHz to 1 GHz	–57 dBm (ERP.)	quasi-peak (QPK)
> 1 GHz to 300 GHz [1)]	–47 dBm (EIRP)	RMS

[1)] CEPT / ETC / REC–74-01에 따르면 측정은 필수까지 79GHz 레이더의 경우 162 GHz이며 77 GHz 레이더의 경우 154 GHz입니다.

ESR 또는 ESW 수신기와 같은 스펙트럼 분석기 또는 EMI가 사용됩니다. 최대 162 GHz 까지의 주파수 범위를 다루기 위해서는 고조파 믹서가 필요합니다. "고조파 믹서"는 로컬 오실레이터 (LO)를 구동하고 수신된 중간 주파수 (IF)를 표시하고 분석하는 스펙트럼 분석기에 연결됩니다.
로데슈바르즈 고조파 믹서는 스펙트럼 분석기의 주파수 범위를 최대 500 GHz까지 확장합니다. 이 테스트는 FSZ140과 같은 고조파 믹서 믹서를 사용하여 주파수를 90 GHz에서 140 GHz로 IF, convert IF로, IF에서 주파수 GHz까지의 주파수 범위를 커버하는 FSZ170을 110에서 GHz 170 까지

4.3.2 수신기 대역, 대역 외 및 원격 대역 신호 처리

자동차 레이더 성능은 상호 간섭의 영향을 받습니다. 센서 대역으로 떨어지는 간섭 신호는 기저 대역 도메인으로 혼합되어 IF 필터를 통과 할 수 있습니다. 이 경우, 잡음 전력이 증가함에 따라 레이더 감도 레벨이 감소하고, 타겟은 비 간섭 시나리오에서보다 신호 대 잡음비가 더 낮게 나타납니다.

이 문제를 해결하기 위해 ETSI는 테스트중인 레이더에 적용 할 대역 내 및 대역 외 신호를 지정합니다.

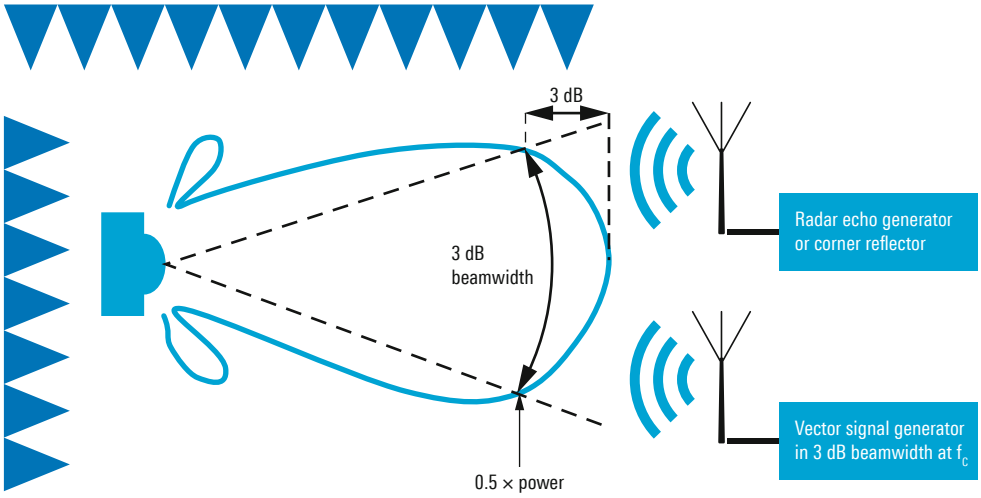
이 테스트는 모든 자동차 레이더에 적용되며 원하지 않는 대역 내, 대역 외 또는 원격 대역 신호가 있는 경우 레이더 수신기가 의도 한대로 작동 할 수 있는지 확인합니다.

이 테스트에는 코너 리플렉터 또는 AREG100A 레이더 에코 발생기와 같은 에코 발생기와 에코에 추가 된 간섭 신호에 의해 생성 될 수 있는 알려진 레이더 에코 신호(타겟)가 필요합니다.

EN303396V1.1.0은 위치, 타겟의 RCSS 및 거리가 레이다가 관련 조화 표준에 정의되어 있지만,EN301091-1V2.1.1또는 EN302264V2.1.1 또는 EN302858 V2.1.1에는 합격 / 불합격 값 또는 추가 설명이 없습니다.

테스트 및 측정 관점에서, 사용자는 트럭 (높은 RCS), 비히클(중간 –RCS), 보행자(낮은 CS RCS)를 적당한 거리에서 타겟 RCS를 선택해야 합니다.

그림 17 : 대역 내 및 원격 대역 신호 처리 설정



"무반향 챔버"에서는 챔버의 물리적 치수에 따라 5m 아래의 거리가 있을 수 있습니다. 레이더 에코 발생기를 사용하면 이러한 거리가 챔버의 실제 크기보다 클 수 있습니다. 레이더 에코 발생기는 레이더의 송신 신호를 수신하고 지연을 추가하고 주파수 (Doppler)를 변경하고 신호 (RCS)를 감쇠시킵니다.

이 방법으로, 작은 무반향실에서도 거의 임의의 범위와 목표를 시뮬레이션 할 수 있습니다.

원치 않는 "신호"소스는 3 dB의 빔 폭에 배치되고 구성은 테스트중인 레이더의 중심 주파수 fc에서 작동한다. 현재, 연속적인 파 신호 (CW)는 RUT를 시험하기 위한 표준에 언급되어있다. 간섭신호는 전력 레벨과 주파수에 따라 다릅니다. 많은 테스트에 따르면, MOSARIM 프로젝트[6]에서 또는 "자동차 레이더 센서가 간섭을 해결해야 합니다"[7]에 설명 된 바와 같이, 자동차의 레이더 센서는 "일반 파형"과 "CW"캐리어 만이 아니라 "공통 파형"을 검증하는 것이 유용 할 수 있습니다.

현재까지이 테스트에 대한 합격/불합격 기준은 없습니다. 그러나 이 테스트는 모든 OEM 및 사용자에게 큰 관심을 가져야 하며, 레이더 설계자는 에코 신호 간섭이 있는 경우 완화 및 치유 알고리즘을 구현해야합니다. 테스트는 EN 303 396 V1.1.0 장 6.3.12에 자세히 설명되어 있습니다.

4.4 안테나 테스트

4.4.1 원하지 않는 수직 평면 송신기 방출

원치 않는 수직 평면 송신기 방출은 고도 방향의 복사 전력을 나타내며, 여기서 30 도의 고도에서 20−dB− 감쇠가 발생한다. 이 측정은 ETSI EN 302 858 V2.1.1, 장 4.5.1.3, 표 10의 "특정"한계를 갖는 "24GHz"도메인의 "WLAM"레이더에만 적용됩니다.

4.5 연구 개발 중 테스트

4.5.1 신호 품질

FM 기울기의 선형성과 같은 레이더 전송 신호 품질은 레이더 센서의 정확도와 해상도에 영향을 줍니다. 비선형 전송 신호와 혼합 된 수신 신호의 의도하지 않은 비선형 성으로 인해 주파수 빈이 예상보다 넓어 질 수 있습니다 (그림 18 및 그림 19 비교).

Fig. 18: Optimal situation with a linear FMCW

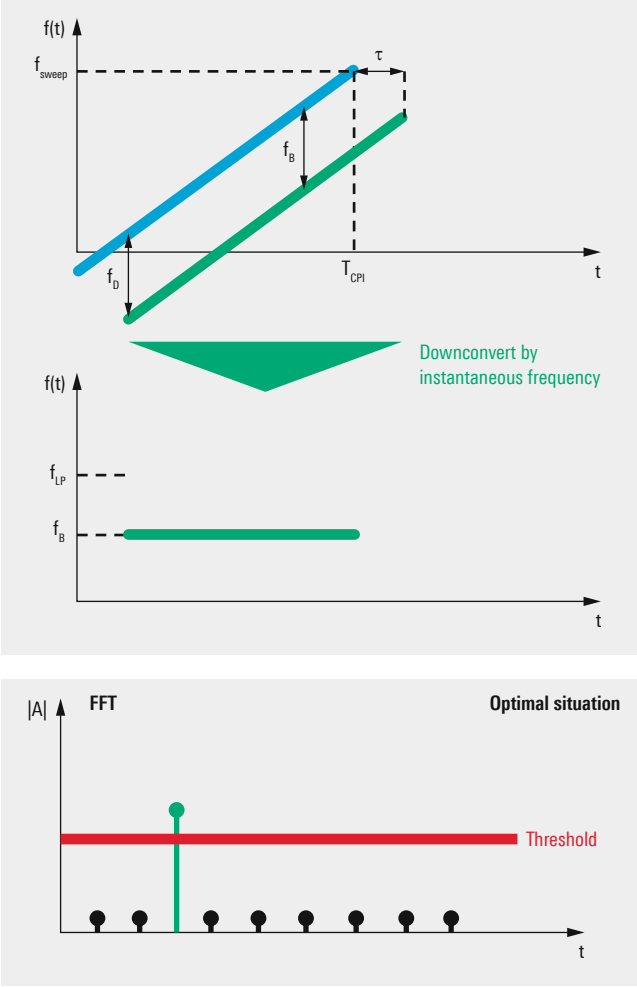


그림 18은 전송 신호가 선형이므로 하향 변환 된 에코 신호가 FFT 스펙트럼에서 좁은 피크로 나타나는 이상적인 경우를 보여줍니다.

Fig. 19: Non-linear situation

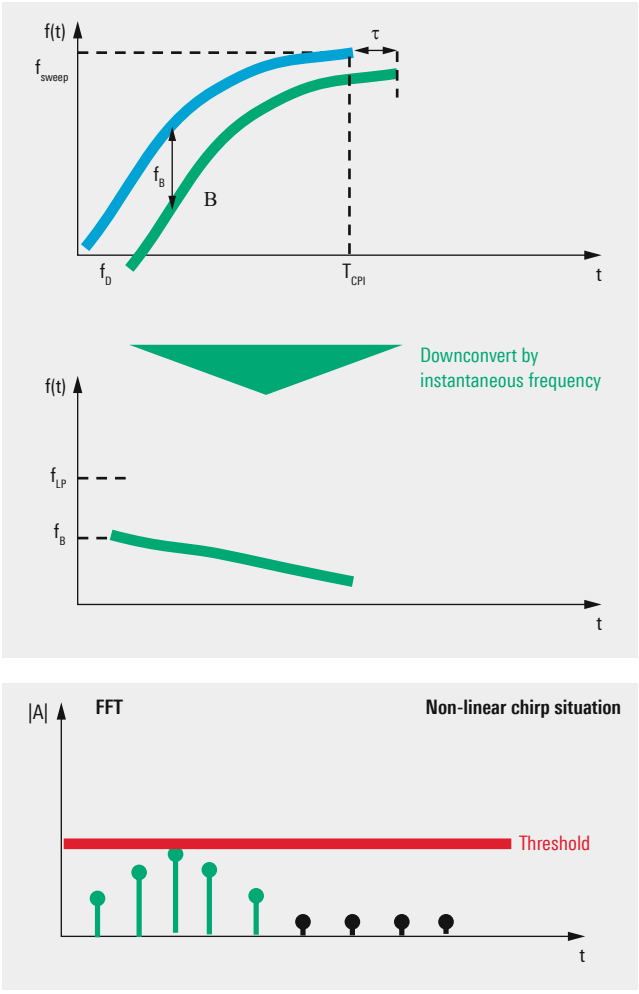
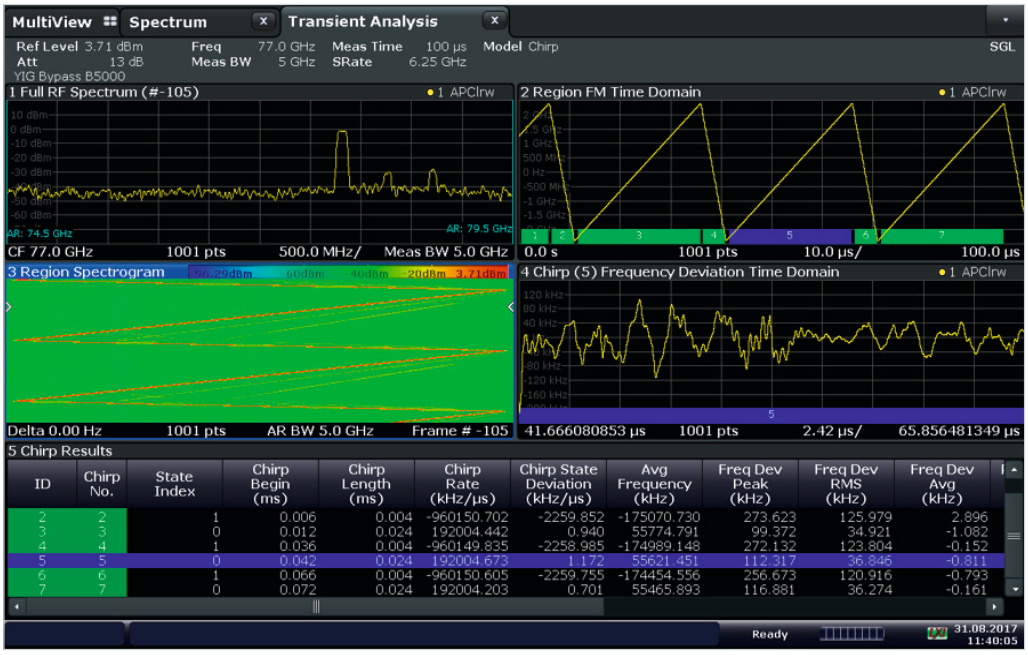


그림 19. 송신신호가 비선형인 경우
비선형 성의 종류 (예 : 포화 및 정현파 비선형 성), 대상 에코 범위, 대상 에코 도플러 및 전송 신호의 기울기는 FFT 스펙트럼의 주파수 빈이 얼마나 넓은 지 정의합니다.

예를 들어, 더 높은 주파수에서 포화 할 때 레이더는 더 많은 선형 부분을 신호의 비선형 부분과 혼합하기 때문에 장거리 대상이 단거리 대상보다 더 영향을 받습니다. 근거리 대상에는 해당되지 않습니다. 처프 시퀀스 레이더에는 선형성이 매우 중요합니다: 처프 신호가 매우 짧은 곳.

이는 적합한 신호 및 스펙트럼 분석기의 과도 분석 소프트웨어 옵션으로 측정 할 수 있습니다 (그림 20).



ID	Chirp No.	State Index	Chirp Begin (ms)	Chirp Length (ms)	Chirp Rate (kHz/µs)	Chirp State Deviation (kHz/µs)	Avg Frequency (kHz)	Freq Dev Peak (kHz)	Freq Dev RMS (kHz)	Freq Dev Avg (kHz)
2	2	1	0.006	0.004	-960150.702	-2259.852	-175070.730	273.623	125.979	2.896
3	3	0	0.012	0.024	192004.442	0.940	55774.791	99.372	34.921	-1.082
4	4	1	0.036	0.004	-960149.835	-2258.985	-174989.148	272.132	123.804	-0.152
5	5	0	0.042	0.024	192004.673	1.172	55621.451	112.317	36.846	-0.811
6	6	1	0.066	0.004	-960150.605	-2259.755	-174454.556	256.673	120.916	-0.793
7	7	0	0.072	0.024	192004.203	0.701	55465.893	116.881	36.274	-0.161

그림 20 : 처프 신호를 검출하고 처프 선형성을 측정하는 과도 분석:
FSW85 신호 및 스펙트럼 분석기 및 FSW-K60 과도 분석 옵션으로 측정

4.5.2 안테나 패턴 측정

테스트중인 레이더의 안테나 패턴은 FV (Field of View)를 확인하고 교정을 통해 각도 정확도를 향상시키는 데 중요합니다. 일반적인 자동차 레이더 센서는 ±5°에서 ±70°의 FoV 를 갖습니다.

응용 프로그램에 따라 다릅니다. 장거리 적응 순항 제어 레이더에는 FoV가 작지만 사각 지대 감지 레이더 및 교차 교통 경보 레이더에는 FoV가 매우 넓어야 합니다.

그림 21 : 일반적인 측정 설정

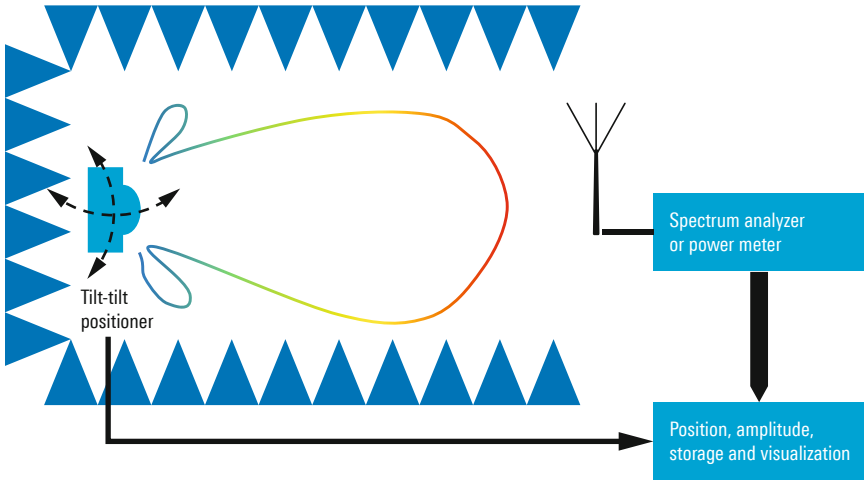


그림 21은 무반향실 내부의 틸트 틸트 포지셔너에 레이더 센서가 장착 된 일반적인 측정 설정을 보여 줍니다. NRP110T 화력 센서와 같은 스펙트럼 분석기 또는 파워 미터를 사용하여 RUT의 각 방위/고도 위치에서 방출 된 전력 레벨을 측정 할 수 있습니다.

자동화 소프트웨어를 사용하여 계측기를 제어하고 측정 된 데이터를 저장하며 방위각 및 고도 위치를 측정 된 전력 레벨에 연결하여 방위 패턴을 그릴 수 있습니다.

R & S® QuickStep® 테스트 실행 소프트웨어와 FSW 신호 및 스펙트럼 분석기를 사용하여 측정한 77GHzGHz 레이더 센서의 결과 예는 그림 22와 같습니다.

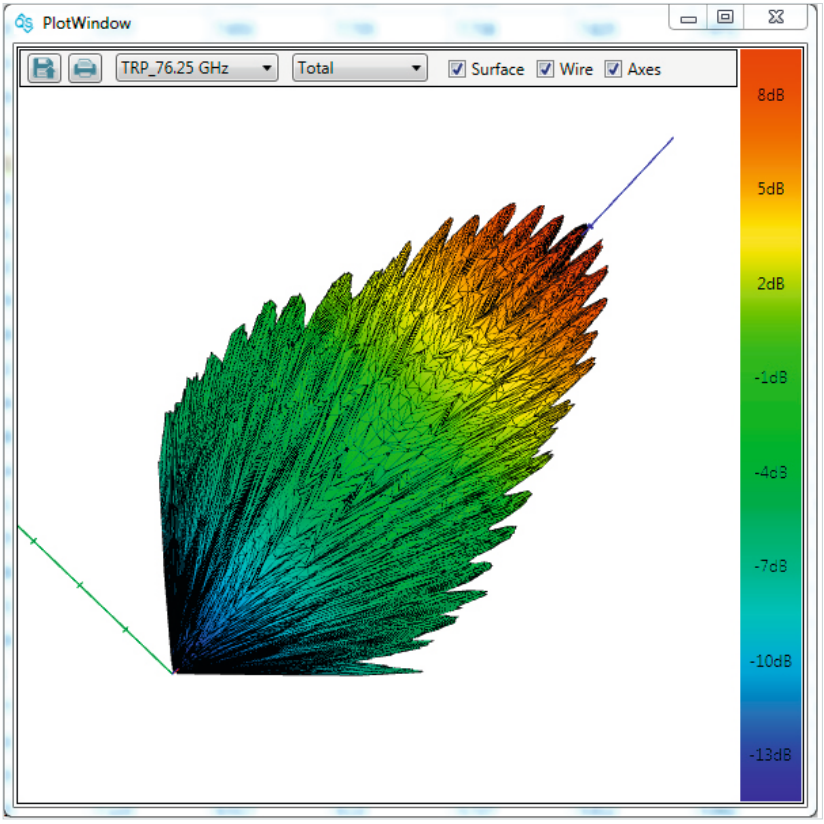


그림 22 : 안테나 패턴 측정의 예

4.6 통합 테스트

기능 보다는 외관과 관련된 이유로, 자동차 레이더는 RF 신호에 투명한 재료로 구성된 레이더 돔 (radome)으로 덮여 있습니다. 그릴의 엠블럼은 종종 이러한 목적으로 사용되지만 플라스틱 범퍼는 레이더를 숨기는 곳이기도 합니다. 과거에는 엠블럼이 주로 브랜드를 홍보했으며 다른 중요한 역할은 없었습니다. 그러나 이제 라돔으로 사용하면 RF 구성 요소와 비슷해집니다. 그것이 설계에서 고려되지 않으면, 엠블럼 뒤의 레이더의 성능과 정확성에 매우 부정적인 영향을 줄 수 있습니다. 따라서 레이돔과 레이더 성능에 미치는 영향을 측정하는 것이 매우 중요합니다.

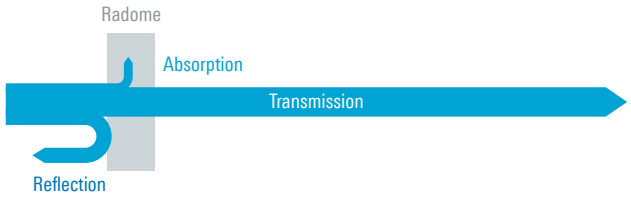
과거에는 코너 반사기가 미리 정의 된 거리에서 레이더 앞에 장착되고 방위각이 레이돔과 함께 그리고 레이돔과 비교되지 않은 차동 측정이 수행되었습니다.

레이더와 에코 신호 레벨에 의해 결정된 범위와 방위각이 지정된 한계 내에 있는 경우 레이돔이 테스트를 통과했습니다.

그러나 이 방법은 특정 방위각 만 검사하므로 레이돔의 문제 영역을 쉽게 놓칠 수 있습니다.

완전한 테스트를 위해서는 레이더 센서 앞에 놓인 레이돔의 반사율과 투과 손실을 측정해야 합니다 (그림 23).

그림 23 : Radome 측정



4.6.1 반사율 측정

반사율 측정은 레이돔을 통과하지 않는 에너지를 정량화합니다. "반사율"은 "성능"또는 "부상한"보정 작업을 저하시킵니다. 특정 영역 스캔은 다양한 이유로 예를 들어 재료 결함, 공기 내포물, 서로 다른 재료 층 사이의 원치 않는 상호 작용 또는 과도한 양의 특정 재료 성분.

"나쁜"레이돔 에서 레이더 신호의 반사율은 창 뒤에서 플래시를 사용하는 카메라와 비슷합니다. 창의 반사율이 높기 때문에 플래시의 일부가 반사되어 카메라 센서에 주입되어 포화되고 사각 지대를 유발합니다 (그림 24 및 그림 25 비교).

레이더에 대해서도 동일한 원칙이 적용됩니다. 최적화되지 않은 레이돔은 RF 신호의 반사를 일으키고 레이더의 성능을 저하시킵니다.

그림 24 : 카메라 “전송 중” 플래시 no window / no 반사율

Fig. 25: Camera “transmitting” a flash with reflectivity at a “radome” (window)

4.6.2 전송 손실

전송 손실은 레이돔 물질에 의해 흡수되는 전력 수준을 나타냅니다. 전송 손실이 높을수록 레이더의 최대 범위는 낮아집니다. 측정에서 RUT 뒤에있는 송신기 장치는 선택한 주파수 범위를 스위프합니다. 이를 통해 레이돔의 전송 주파수 응답을 정확하게 평가할 수 있습니다.

주파수 응답은 레이더 작동을 위한 정확한 주파수 대역에서 DUT의 RF 정합에 대한 자세한 정보를 제공합니다. 주파수 스윕을 사용하면 측정 된 정보가 레이더 장치에서 사용하는 실제 신호 파형과 무관하므로 레이돔 뒤에 설치할 수 있는 모든 유형의 레이더에 유효합니다.

시연을 위해 서로 다른 두께로 밀링된 로데슈바르즈 로고가 포함 된 테스트 레이돔이 생성되었습니다 (그림 26). R&S® QAR 품질 자동차 레이돔 테스터로 측정 한 결과는 그림 27과 같습니다.

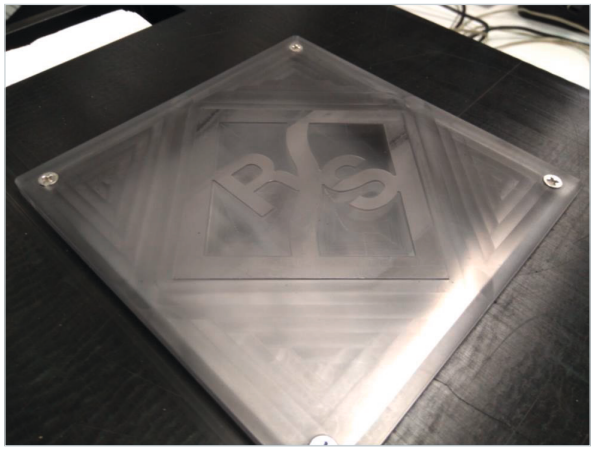


그림 26: 로데슈바르즈 레이돔 사진

고해상도 레이더 이미지는 이 레이돔으로 덮여있는 레이더 센서가 볼 수 있는 것을 보여줍니다.
밝기 레벨은 반사율을 나타냅니다. 영역이 밝을수록 레이더 신호가 더 많이 반사됩니다.
금속 물체는 흰색으로 나타납니다 (네 모서리에 있는 나사). 로고의 뚜렷한 윤곽은 국소화 된 높은 반사율과 매우 "균일하지 않은"전체 이미지를 나타냅니다.
고 영역에서 0.6mm의 더 큰 두께는 도로에서의 레이더 성능을 상당히 저하시키기에 충분할 것입니다.

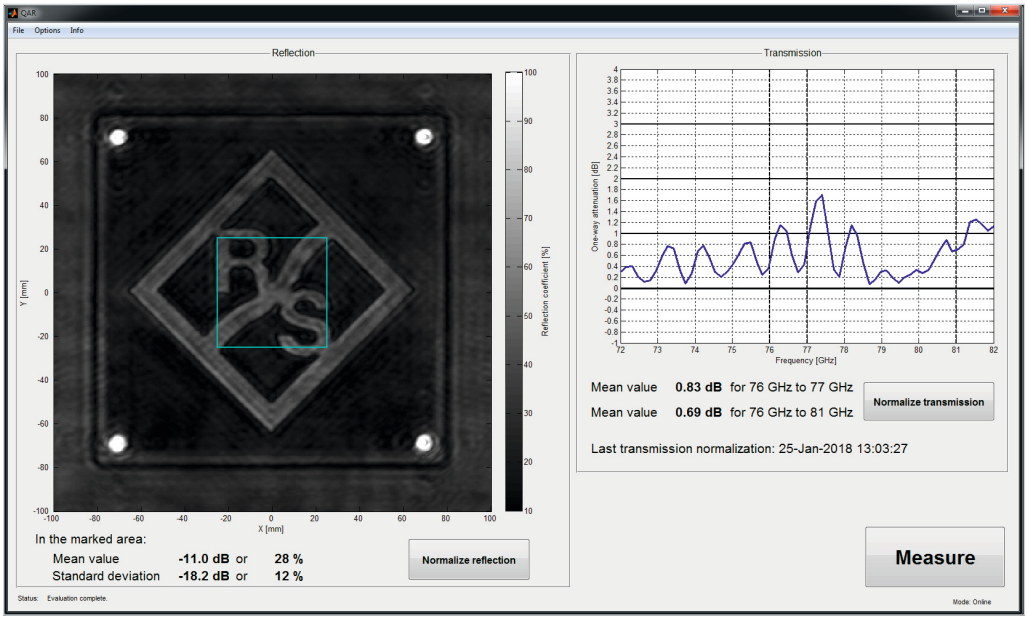


그림 27 : 반사율 및 투과 손실 측정

이 예에서, 센서가 일반적으로 장착되는 레이돔의 중간에는 -18.2 dB의 표준 편차와 함께 -11.0 dB의 평균 반사율이 있습니다. 많은 사용 시나리오에서 신뢰할 수 있는 레이더 작동을 보장하기에는 너무 높습니다. 실제로, 예상 반사율은 레이더 유닛의 감도와 필요한 최대 감지 거리에 따라 다릅니다.
그림 27의 그래프는 데모 레이돔에 대한 투과 측정 결과를 보여줍니다. 76 GHz 와 79 GHz 사이의 높은 파장으로 인해 이 트래픽은 발생할 수 있습니다. 주파수 대역의 레이더에 적합하지 않아야 합니다.
79 GHz 대역에서 0.69 dB의 "단방향"감쇠는 합리적입니다.

4.7 생산 테스트

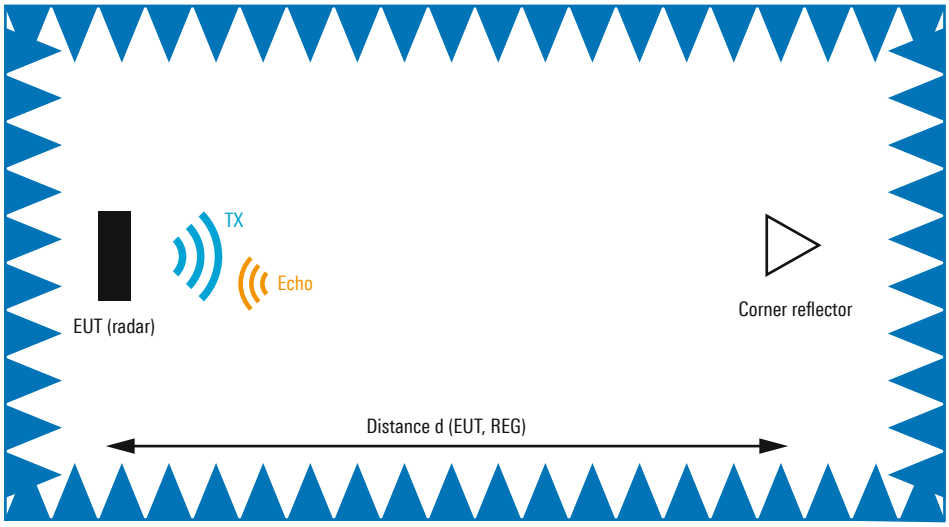
77 GHz 프론트 엔드의 생산 공정은 고주파수와 다양한 재료 매개 변수로 인해 완벽하게 안정적이지 않다. 이로 인해 안테나 패턴이 센서마다 약간 씩 달라집니다. 매우 정확한 각도 측정을 위해서는 각 레이더 센서를 교정해야 합니다

알려진 기준 반사판에 따라 일반적으로 코너 리플렉터 또는 레이더 에코 시뮬레이터가이 목적으로 적용됩니다. 레이더는 정상 작동 상태이며 에코 신호의 범위 및 각도/고도를 측정하고 보정 데이터를 EPROM에 저장합니다. 이 교정 데이터는 이후 측정에 사용됩니다.

소음이 감소 된 재현 가능한 환경에서 레이더 센서의 성능을 측정하기 위해 무향실이 사용됩니다. 레이더 센서는 챔버 내에 장착되며, 이는 레이더 에코 신호가 피라미드 형태의 특정 흡수 물질에 의해 흡수되게 합니다.

특정 거리에서 높은 RCS를 가진 코너 장치 반사판을 배치하면 레이더는 특정 범위에서 해당 에코 신호를 측정합니다. 무반향 실의 물리적 크기 제한으로 인해 레이더는 코너 리플렉터를 설치할 수 있는 최대 거리 만 측정 할 수 있습니다.

그림 28 : 무향실 내부의 레이더 코너 반사경



더 넓은 범위에서 정확도를 측정하기 위해 레이더 에코 시뮬레이터가 적용됩니다.

이 장치는 재전송 전에 "레이더 전송"신호, "지연 추가", "도플러"및 "RCS"변경을 수신합니다.

레이더 에코 시뮬레이터는 자동차 레이더 대역에서의 작동 전용이며 다양한 범위와 레이더 신호에 대한 빠른 기능 테스트를 허용합니다.

간섭 완화 테스트, 수신기 포화 테스트 및 기타 여러 테스트도 가능합니다.AREG100A와 같은 레이더 에코 발생기의 주요 장점은 무향실 공간을 줄이는 것입니다.

4.7.1 근거리 및 원거리

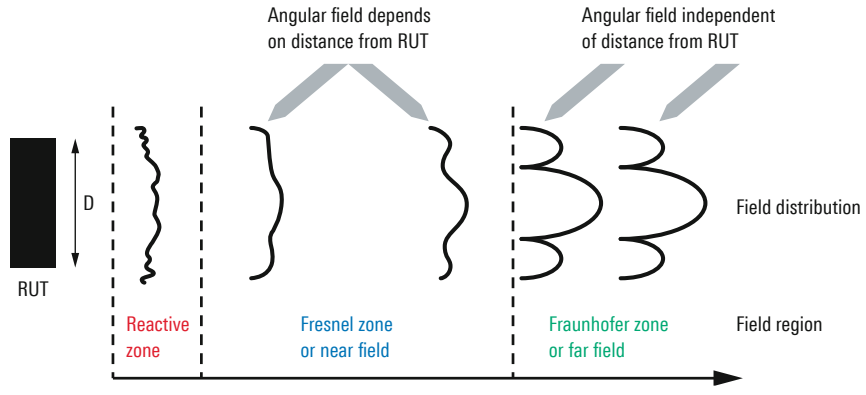
F크기를 줄이려면 근거리 및 원거리를 고려해야 합니다 (그림 29). 프레 넬 영역은 2 차 위상 근사가 벡터 전위 적분에 사용될 수 있는 원거리 장까지의 영역입니다.

원거리 장에서, 전기장과 자기장의 방사형 의존성은 대략 다음과 같이 변한다 : e^{-iwr} / r (거리 r에만 의존). 존은 시험중인 레이더의 length 파 길이 안테나 크기에 따라 달라집니다.

dar 레이더에 근접하고 λ / 2π까지 반응 구역이 존재하며, 이것은 근거리 장으로 이어지고 원거리 장은 대략 $2D^2 / λ$에서 시작합니다.

이 그림은 aperture 5 cm 안테나 조리개 D를 가진 77GHz 에서 a 레이더 작동이에서 까지 이론에 따라 –거리 필드에 약 1.3m거리가 필요하다는 것을 보여줍니다.

그림 29 : 근거리 및 원거리 고려 사항



RUT = radar under test

5 cm 안테나 조리개가 있는 자동차 레이더의 경우 원거리 장은 약 1.3 m의 거리에서 시작합니다.

5 자동차 레이더 동향

자동차 레이더 시장에는 몇 가지 트렌드가 있습니다. 이 기술은 자율 주행으로 구동됩니다.OEM은 공급 업체가 더 적은 비용으로 더 작은 설치 공간으로 해상도, 정확성, 신뢰성 및 성능을 향상 시키도록 합니다.

더 높은 주파수, 신호 대역폭 및 이미징 레이더
"화상 레이더"는 "높은"신호 "대역폭"과 "많은"안테나를 필요로 합니다. 현재 연구는 120 GHz (ISM) 및 134 GHz 에서 141 GHz주파수 대역 입니다. 조리개(aperture)를 늘리기 위해 더 많은 트랜시버 유닛이 필요하며 안테나 수를 늘리기 위해 가상 어레이로 쌓입니다.

무선 주파수 측정 서비스는 주파수 규정에서 이용 가능하므로 더 높은 주파수가 가능합니다.

간섭 완화
간섭 완화, 주파수 호핑, 파형 다이버 시티, 통신, 편광, 송신 빔포밍 및 더 많은 주제가 논의 되고있습니다. 유럽 연합에서는 OEM, Tier 1 및 칩 제조업체 간의 여러 프로젝트가 이 주제를 다루고 있습니다.

시뮬레이션 된 환경.
테스트 드라이브는 비싸고 시간이 많이 걸리지 만 SIL (소프트웨어 인 루프), HIL (하드웨어 인 루프), VIL (차량 인 루프)과 같은 시뮬레이티드 환경은 곧 다이너스 및 차량 테스트에 사용할 수 있습니다. 가상 테스트 드라이브 (그림 30).

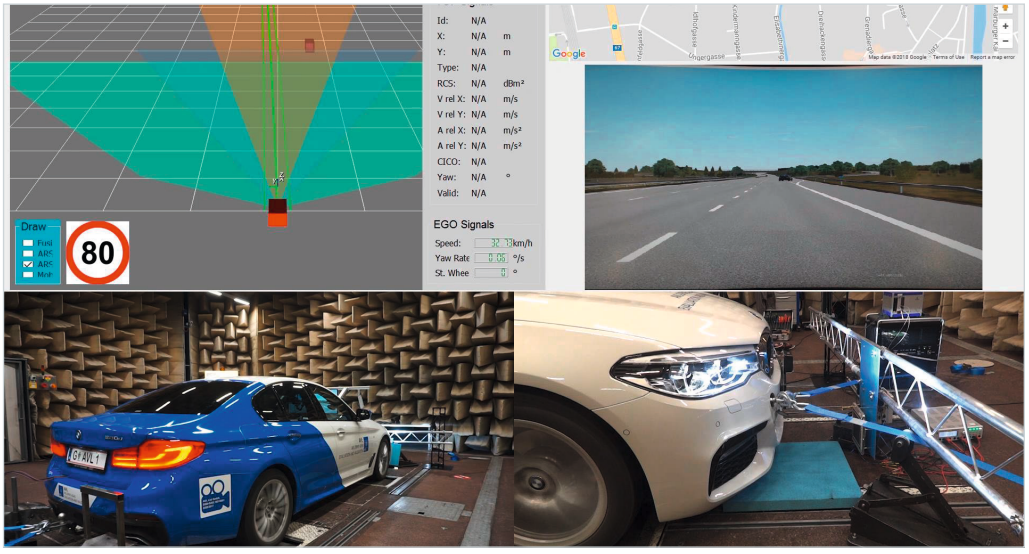


그림 30 : 가상 테스트 드라이브에 대한 연구 프로젝트

통합
자동차에 점점 더 많은 전기 부품이 구현됨에 따라 센서 통합이 어려워집니다.
공간이 제한되어 있기 때문에 자동차 제조업체는 범퍼 뒤에 미러와 디자인 엠블럼 뒤에 레이더 센서를 통합합니다. 이 물질들은 레이더가 자유 공간 방사선과 다르게 행동하게 합니다.

7 Abbreviations

PA - parking assist

AVP - automated valet parking

BSD - blind sport detection

RCTA - rear cross traffic alert

AEB - automatic emergency breaking

ACC - adaptive cruise control

RCW - rear collision warning

LCA - lane change assist

FCW - forward collision warning

RUT - radar under test

DUT - device under test

NUBICOM
(주)누비콤

서울본사 서울특별시 영등포구 경인로 775(문래동 3가, 에이스하이테크시티 3동 2층 201호)
TEL: 070-7872-0701 FAX: 02-2167-3801 E-mail: sales@nubicom.co.kr

대전지사 대전광역시 유성구 덕명동로 22번길 10
TEL: 070-7872-0712 FAX: 02-2167-3801 mail: jbkim@nubicom.co.kr