

# 초광각 자동차 레이더 신호 분석을 위한 첨단기법

## 화이트페이퍼

이 백서의 내용은 이전에 상하이 EDI CON China 2018에서 발표되었습니다.



**ROHDE & SCHWARZ**

# 내용

## 소개

- ▮ 외부 고조파 믹서를 사용하여 E 대역에서 측정
- ▮ 신호 및 스펙트럼 분석기를 사용하여 E 대역에서 측정 (2 EHz ~ 90 GHz)

## 스펙트럼 분석기를 이용한 초 광대역 측정

### 처프 감지

### 처프 선형성 측정 : 사용자 정의 대비 최적

### 처프 정착 시간 측정

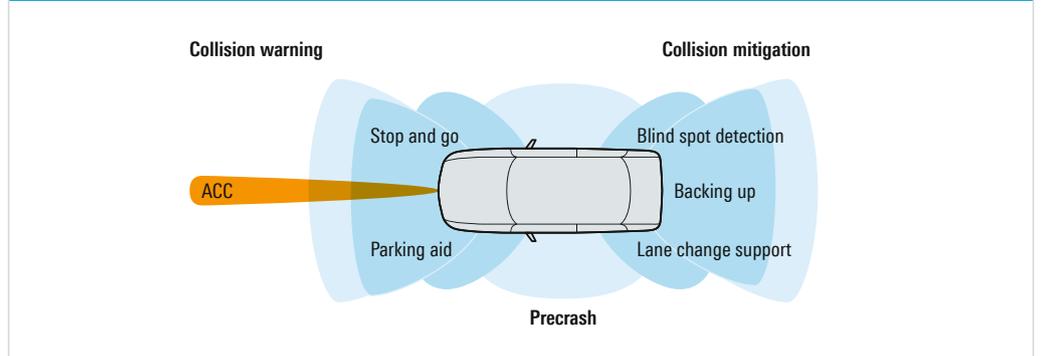
자동차 FMCW 레이더는 일반적으로 76 GHz와 77 GHz 사이에서 작동합니다. 일부 국가에서는 77 GHz와 81 GHz 사이의 주파수 범위가 자동차 레이더 애플리케이션에 사용 가능해졌습니다. FMCW 레이더의 거리 분해능은 신호 대역폭에 비례합니다. 따라서 자동차 레이더 제조업체는 이미 가용 주파수 범위를 최대한 활용하기 위해 수 GHz 대역폭의 FMCW 레이더를 개발하고 있습니다.

신호 주파수 및 대역폭 외에도 신호 선형성과 처프 지속 시간이 레이더 성능을 결정합니다. 따라서 처프 길이, 처프 속도 및 주파수 편차와 같은 자동차 레이더 신호 매개 변수를 분석하는 것이 중요합니다. 이 논문은 초 광대역 신호를 위한 E 대역의 RF 측정 문제를 극복하는 다양한 방법을 검토합니다. 광대역 자동차 레이더 신호의 복조 및 분석을 살펴보고 결과 및 주요 성능 매개 변수에 대해 논의합니다.

# 개요

레이더를 사용하면 여러 물체의 속도, 거리 및 방위각을 빠르고 정확하게 결정할 수 있습니다. 자동차 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS)에는 중요한 상황에서 운전자를 지원하고 사고 수를 줄이는데 도움이 되는 레이더 센서가 점점 더 많이 장착되고 있습니다.

그림 1 : 차량에 점점 더 레이더 센서가 장착 됨



77 GHz 대역 (76 GHz ~ 77 GHz) 외에도 일부 국가에서는 자동차 용 레이더에 79 GHz 대역 (77 GHz ~ 81 GHz)을 사용할 수 있게 되었습니다. 따라서 자동차 산업은 이미 수 GHz 폭의 신호로 E 대역에서 작동하는 레이더 센서를 개발하고 있습니다.

레이더 센서의 거리 분해능은 신호 대역폭에 비례합니다. 즉, 대역폭이 넓을수록 레이더 센서는 서로 가까운 여러 대상을 더 잘 구별 할 수 있습니다.

신호 대역폭만으로는 거리 해상도 또는 레이더 성능을 보장하기에 충분하지 않습니다. 주파수, 전력, 선형 FM 처프와의 주파수 편차, 신호 대 간섭 비율, 처프 속도 및 처프 지속 시간과 같은 기타 신호 매개 변수는 레이더 구성 요소의 개발 및 검증 중에 철저히 테스트해야 합니다.

E 대역에서 5GHz 폭의 자동차 신호를 분석하는 것은 기존의 테스트 및 측정 장비에 있어 어려운 과제입니다. 본 백서에서는 오실로스코프와 결합 된 고성능 신호 및 스펙트럼 분석기가 자동차 레이더 제조업체가 이 과제를 극복하는 데 어떻게 도움이 되는지 보여줍니다.

# E 대역에서의 RF 측정 (60 GHz ~ 90GHz) : 스펙트럼 분석기 대 외부 고조파 믹서, 고려해야 할 측면

스펙트럼 분석기는 레이더 센서의 개발, 생산 및 검증 중 주파수, EIRP, 점유 대역폭 및 대역 외 방출과 같은 RF 매개 변수를 평가하기 위한 공통 도구입니다. 오늘날 최대 90 GHz로 작동하는 고성능 스펙트럼 분석기를 사용하여 76 GHz와 81 GHz 사이에서 직접 작동하는 레이더가 전송하는 RF 신호를 측정할 수 있습니다. 스펙트럼 분석기가 이러한 고주파수를 지원하지 않으면 외부 고조파 믹서를 사용하여 주파수 범위를 확장할 수 있습니다. 이 섹션에서는 이러한 다양한 접근 방식을 사용할 때 고려해야 할 주요 측면을 설명합니다.

## 1- (1) 외부 고조파 믹서를 사용하여 E 대역에서 측정

대부분의 스펙트럼 분석기는 79 GHz의 높은 주파수를 직접 지원하지 않습니다. 이 경우 분석기의 주파수 범위를 외부 고조파 믹서로 확장할 수 있습니다. 믹서에서 생성된 LO 신호의 고조파는 입력 신호를 스펙트럼 분석기 IF 주파수로 변환하는 데 사용됩니다.



그림 2 : R&S® FSW26 (최대 26.5 GHz)을 R&S® FS-Z90 외부 고조파 믹서 (60 ~ 90 GHz)와 함께 사용하여 E 대역의 RF 신호를 측정할 수 있습니다.

믹서로 수행되는 주파수 변환은 다음 방정식으로 표현할 수 있습니다.

$$|m \cdot f_{LO} \pm n \cdot f_{RF}| = f_{IF}$$

여기에서:

$m$ 은... LO 신호의 고조파 차수입니다. ( $m = 1, 2, 3 \dots$ )

$n$ 은 ... 마이크로파 입력 신호의 고조파 차수입니다. ( $n = 1, 2, 3 \dots$ )

$f_{LO}$  는 ... 국부 발진기의 주파수입니다.

$f_{RF}$  는 ... 입력 신호의 주파수입니다.

$f_{IF}$ 는 ... 중간 주파수입니다.

위의 공식을 살펴보면 원하는 수신 주파수의 입력 신호 외에도 다수의 원치 않는 이미지와 믹싱 제품이 있다고 추론 할 수 있습니다. 외부 고조파 믹서에는 사전 선택 필터가 없으며 이미지 제거 기능이 없습니다. 따라서, 불필요한 혼합 생성물에도 3에 도시 된 바와 같이 스펙트럼에 존재할 것이다.

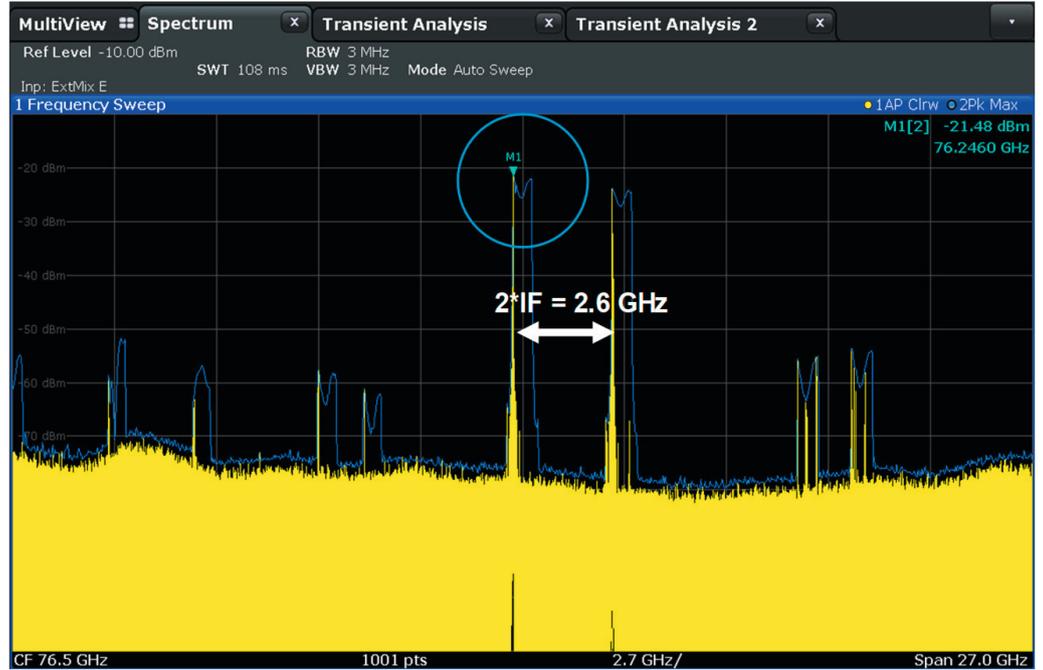


그림 3 : R&S® FSW43에 연결된 R&S® FS-Z90 외부 고조파 믹서로 측정 한 60 ~ 90의 스펙트럼. 76 GHz에서 원하는 신호의 폭은 500 MHz입니다. 가장 가까운 이미지는 신호에서 스펙트럼 분석기 중간 주파수의 두 배에 있습니다. 다른 원치 않는 혼합 제품 및 이미지도 있습니다.

원하는 신호와 이미지 사이의 델타는 스펙트럼 분석기 중간 주파수 ( $2 f_{IF}$ )의 두 배입니다. 신호 대역 폭이 ( $2 f_{IF}$ )보다 넓은 경우 원하는 신호와 이미지가 스펙트럼에서 겹칩니다.

R & S®FSW의 중간 주파수 (IF)는 1.3 GHz이므로 외부 고조파 믹서를 사용한 스펙트럼 분석을 위해 이미지가없는 주파수 범위 2.6 GHz를 제공합니다.

모호하지 않은 스펙트럼 측정을 보장하려면 원치 않는 이미지 주파수를 필터링해야 합니다.

이중 스위프 기술을 사용하는 소프트웨어 알고리즘은 원하지 않는 혼합 제품을 식별하고 억제 할 수 있습니다. 이 알고리즘은 정적 신호와 잘 작동하지만 펄스 또는 과도 신호로 작업 할 때는 한계가 있습니다. 이는 레이더 응용 분야에서 일반적입니다.

### 1- (2) 신호 및 스펙트럼 분석기를 사용하여 E 대역에서 측정 (2 EHz ~ 90 inGHz)

R&S® FSW85 고성능 신호 및 스펙트럼 분석기는 2 ~ 85 GHz 또는 선택적으로 90 GHz의 주파수를 지원합니다.

8GHz ~ 85GHz 사이의 주파수의 경우, 분석기에는 원하지 않는 이미지 주파수를 제거하기 위한 하드 웨어 사전 선택 기능이 있습니다. 프론트 엔드에는 YIG 기술로 구현 된 좁은 대역 통과 필터가 장착되어 있습니다. YIG 필터의 중심 주파수는 입력 신호에 해당하며 협 대역은 원하지 않는 이미지 주파수를 필터링 할 수 있습니다.

YIG 필터 후 믹서는 입력 RF 신호를 1.3 GHz의 IF로 변환합니다. 그림 4에서 76 GHz에서 이미지가 없는 500 광대역 신호를 볼 수 있습니다.

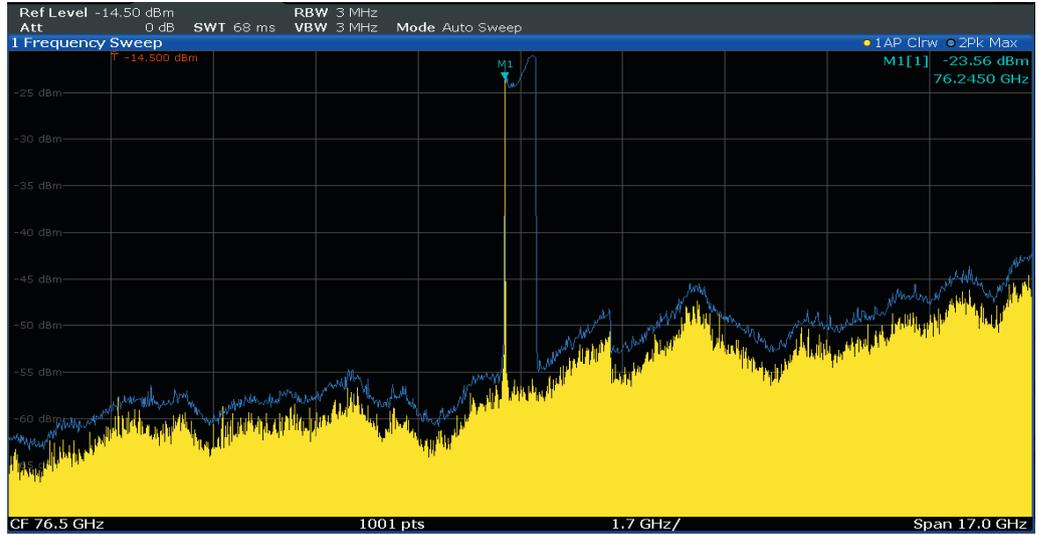


그림 4. R&S® FSW85로 측정 한 76 GHz에서 500 MHz 대역폭 FMCW 레이더 신호의 스펙트럼

필요한 주파수를 지원하는 단일 계측기로 스펙트럼을 분석하면 외부 고조파 믹서에 비해 몇 가지 장점이 있습니다.

- ▮ GDC에서 85/90 GHz까지 끊임없는 스펙트럼
- ▮ 스펙트럼 분석기 모드에서 사전 선택 / YIG 필터를 통한 고유 이미지 억제
- ▮ 더 나은 레벨 조정 : 감쇠기 등의 내부 조정 적은
- ▮ 케이블 SEM 측정을위한 더 높은 동적 범위

최대 85 GHz의 외부 프리 앰프 (옵션)를 선택하면 스펙트럼 분석기의 노이즈 플로어가 향상됩니다. 이것은 무선으로 레이더 신호를 측정 할 때 특히 유용합니다.



그림 5 : R & S®HA-Z24E 외부 프리앰프가 있는 R & S®FSW85 신호 및 스펙트럼 분석기 (1 ~ 85 GHz)

# 스펙트럼 분석기를 이용한 초 광대역 측정

항공 우주 및 방위, 무선 및 자동차 애플리케이션에 대한 산업의 요구에 따라 분석 대역폭에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있습니다. 결과적으로, 현재 최대 2GHz의 내부 복조 대역폭을 갖는 신호 및 스펙트럼 분석기가 시판되고 있습니다. 내부 대역폭 옵션이 있는 R & S®FSW 신호 및 스펙트럼 분석기는 60dBc 이상의 SFDR (spurious free dynamic range)로 최대 2GHz 대역폭의 광대역 측정을 수행합니다.

특히 R & D 실험실에서 자동차 레이더 신호를 복조 및 분석하려면 최대 5GHz의 복조 대역폭이 필요합니다. 이를 위해 고성능 신호 및 스펙트럼 분석기를 외부 A / D 변환기로서 오실로스코프와 결합할 수 있습니다.



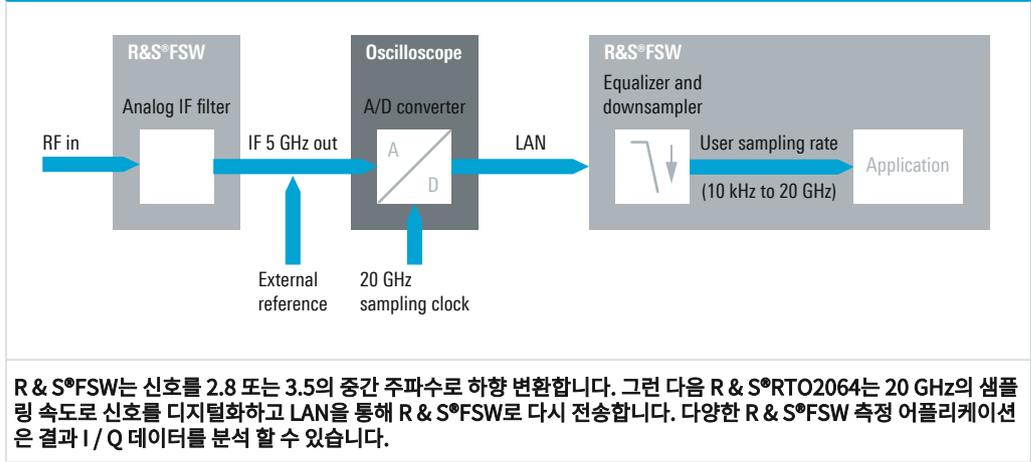
그림 6 : 외부 디지털이저로 R&S® RTO2064 오실로스코프와 함께 사용되는 R&S® FSW-B5000 하드웨어 옵션이 장착된 R & S®FSW85 신호 및 스펙트럼 분석기는 5GHz 신호 분석 대역폭을 동일하게 제공합니다.

사용자가 설정한 측정 대역폭에 따라 분석기는 신호를 2.8 또는 3.5의 중간 주파수로 하향 변환합니다. 오실로스코프는 신호를 디지털화하고 디지털화된 데이터를 LAN을 통해 분석기로 다시 전송합니다. 도 7은 신호 처리의 블록도입니다.

스펙트럼 분석기의 RF 입력에서 오실로스코프의 A / D 변환기까지의 전체 신호 경로는 진폭 및 위상 응답과 관련이 있습니다. 오실로스코프의 디지털 데이터는 디지털베이스 밴드와 혼합되며 측정 애플리케이션은 등화된 I / Q 샘플을 수신합니다.

오실로스코프와 분석기의 연결은 사용자에게 완전히 투명합니다. 신호 분석기는 오실로스코프를 완전히 제어하여 디지털 데이터를 전송, 처리 및 균등화합니다.

그림 7 : R & S®FSW, R & S®FSW-B5000 옵션 및 R & S®RTO2064로 5 GHz 복조 대역폭을 달성하기 위한 신호 처리 블록 다이어그램



## 활성화 된 5 GHz I / Q 대역폭 확장으로 최대 측정 시간

5 GHz 대역폭 확장으로 데이터 손실 없이 매우 넓은 처프 시퀀스를 캡처 할 수 있습니다. 각 스위프 또는 I/Q 데이터 수집에서 분석기는 일정한 양의 틸이 없는 데이터를 캡처 합니다.

분석기가 5GHz 대역폭으로 캡처 할 수있는 가장 긴 간격은 오실로스코프가 처리하는 데이터 속도와 설치된 메모리 업데이트에 따라 다릅니다.

오실로스코프가 20 GHz의 샘플링 속도를 사용하고 메모리 깊이가 2000 Msample 인 경우 5 GHz의 측정 대역폭에 대해 달성 할 수있는 최대 레코드 길이는 다음과 같이 계산됩니다.

$$((2000 \text{ Msample} \cdot 6.25 \text{ GHz}) / 20 \text{ GHz}) - 100 = 624.999900 \text{ Msample}$$

(공식) 여기서 6.25 GHz는 분석기가 5 GHz 분석 대역폭에 사용하는 샘플링 속도입니다. 최대 측정 시간은 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

$$MaxMeas\_time(s) = \frac{MaxRecordLength\_analyzer (Msample)}{Sampling\_Rate_{Analyzer} (GHz)} = \frac{624.99}{6.25} \cong 100 \text{ ms}$$

이 공식은 5GHz 분석 대역폭 확장이 장착되어 있고 R & S®RTO2064 오실로스코프와 함께 사용되는 R & S®FSW가 단일 획득으로 최대 100ms의 틸이없는 I/Q 데이터를 캡처 할 수 있음을 나타냅니다. 다양한 측정 애플리케이션을 통해 캡처 된 I/Q 데이터를 심층 분석 할 수 있습니다. 아래 섹션은 자동차 레이더 애플리케이션에 사용되는 신호와 유사한 77GHz에서 5GHz에 가까운 대역폭을 가진 FMCW 처프 신호의 광대역 분석의 예를 보여줍니다.

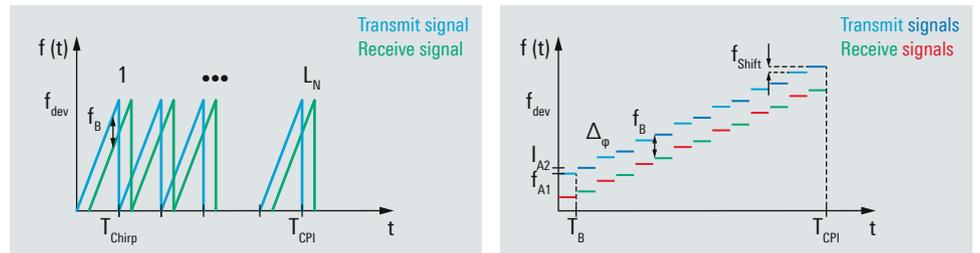
# E 대역의 FMCW 신호 분석 : 측정 방식 및 성능 매개 변수

자동차 레이더에 사용되는 가장 일반적인 파형은 일반적으로 처프 또는 호핑 연속파 (CW) 신호입니다. 공통 파형 표준이 없습니다. 파형은 각 레이더 제조업체에 따라 다르며 지적 재산에 속합니다.

CW 레이더는 펄스 레이더 시스템에 비해 전송 전력이 낮습니다. 이것은 레이더의 크기가 작고 경제적 일 수 있게 한다. 블라인드 제로 범위, 도플러 주파수 편이의 직접 측정 및 정적 목표 측정 가능 성과 같은 다른 장점은 CW 신호를 자동차 및 산업 분야에 매우 적합하게 만듭니다.

최초의 자동차 레이더는 MFSK와 같은 호핑 신호를 사용했습니다. 오늘날, 점점 더 많은 수의 자동차 레이더가 주파수 변조 처프 파형을 생성합니다 (예 : 느린 LFM CW 또는 빠른 FMCW 파형).

**그림 8 : 주파수 변조 연속파 (FMCW) 처프 파형 (왼쪽)과 다중 주파수 편이 방식 (MFSK) 파형 (오른쪽)**

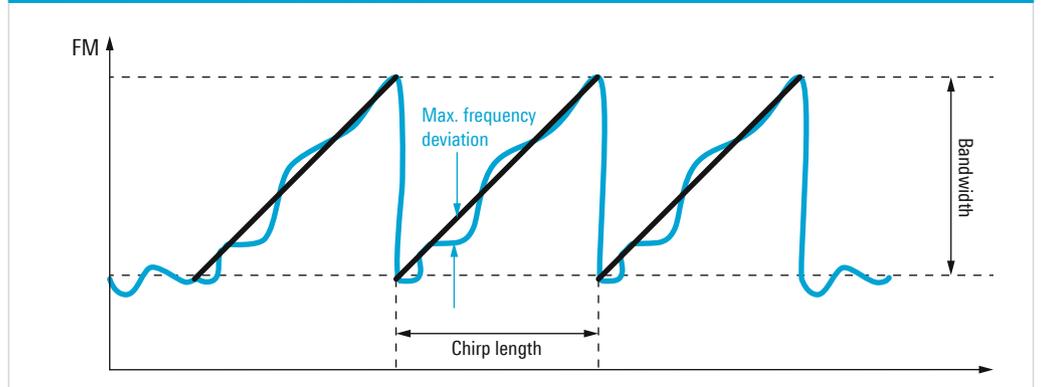


대부분의 자동차 레이더는 몇 개의 매우 짧은 선형 주파수 변조 연속파 (LFMCW) 처프로 구성된 처프 시퀀스를 사용하며, 각각 길이가 TCPI 인 블록으로 전송되는 TChirp의 지속 시간이 있습니다.

신호 대역폭, 처프 지속 시간 및 처프 속도와 같은 매개 변수는 레이더의 거리 및 속도 해상도에 직접적인 영향을 미칩니다.

달성된 범위 및 반경 속도 분해능은 신호 선형성에 따라 달라집니다. 레이더 신호의 원하지 않는 영향은 추정 정확도 및 레이더 시스템 성능에 영향을 미칩니다.

**그림 9 : 처프된 신호의 선형성 파라미터**



연속파 레이더 신호의 분석을 위해 전용 측정 어플리케이션을 사용할 수 있습니다. 처프 신호 분석을 지원합니다. 측정 어플리케이션은 신호 분석기로 캡처 한 I / Q 데이터 내 개별 처프의 시작과 끝을 감지합니다. 사용자 정의 분석 범위, 즉 측정 대역폭 및 획득 시간 내의 모든 성능 매개 변수를 계산합니다.

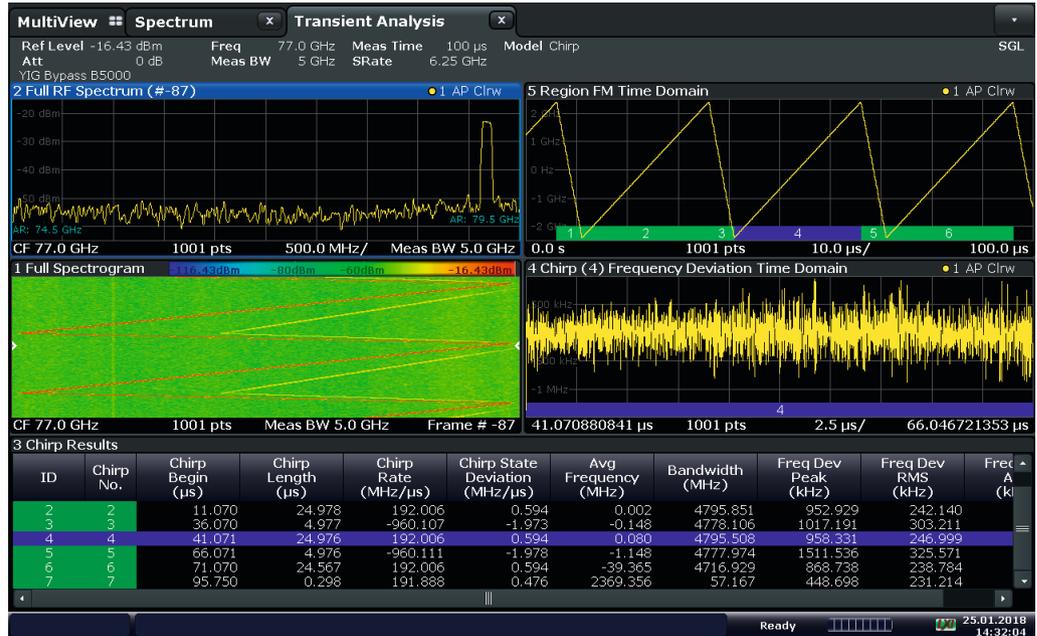


그림 10: R&S® FSW-K60c 과도 측정 어플리케이션

위의 그림은 처프 측정 어플리케이션의 스크린 샷입니다.

- ▮ "Full Spectrogram" 그래프는 시간 (수직 방향) 및 주파수 (수평) 도메인의 전체 I / Q 캡처 버퍼를 보여줍니다. 색상은 전력 수준을 나타냅니다.
- ▮ 이 예에서는 측정 시간이 100로 설정되었습니다. 5GHz에 가까운 대역폭을 가진 6 개의 주파수 처프가 캡처되었습니다.
- ▮ "Full RF Spectrum" 그래프는 캡처 버퍼의 일부 (프레임)의 FFT를 나타냅니다. 여기가 마지막 프레임입니다. 스펙트럼 그래프의 상단입니다. 메인 캐리어가 보입니다.
- ▮ "Region FM Time Domain"은 신호 대 시간의 주파수 변조 (FM)를 표시합니다. 파란색 또는 녹색 막대는 6 개의 감지 된 처프에 밑줄을 긋습니다. 복조 대역폭의 1% (즉, 50 MHz)의 비디오 필터는 피크 검출기 이전에 원하지 않는 신호와 노이즈를 필터링합니다.
- ▮ "Chirp Frequency Deviation Time Domain"은 복조 된 FM 신호의 주파수 오류 대 감지 된 처프 중 하나에 대한 시간을 표시합니다.
- ▮ "Chirp Results"(Chirp 결과) 테이블에는 감지 된 모든 처프에 대한 모든 관심 매개 변수가 표시됩니다.
- ▮ 이 예에서 응용 프로그램은 처프를 자동으로 감지하고 가장 적합한 선형 처프를 기준으로 가정하여 주파수 편차를 계산합니다.

다음 섹션에서는 처프 감지 및 선형성 측정에 대해 자세히 설명합니다.

# 처프 감지

기본적으로 분석 응용 프로그램은 소위 처프 상태 (MHz /  $\mu$ s의 서로 다른 공칭 처프 속도 및 정착 효과를 보상하기 위한 공차 범위)를 자동으로 감지합니다. 처프 속도 편차가 공칭 주파수 위 또는 아래의 공차 내에있는 한 처프가 감지됩니다.

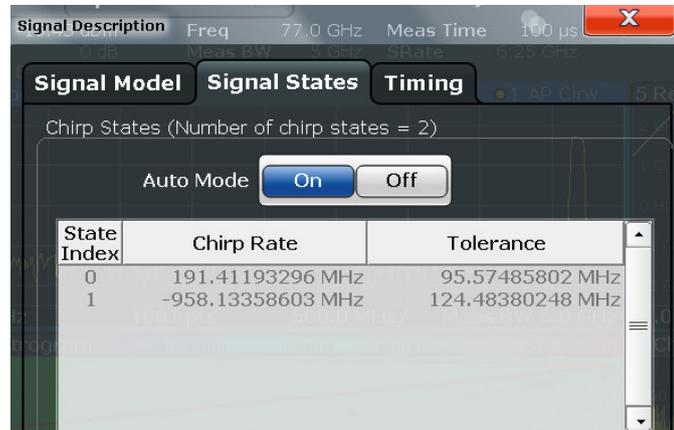


그림 11: R & S<sup>®</sup>FSW-K60C 애플리케이션의 신호 설명 테이블, 처프가 자동으로 감지됩니다 (자동 모드: 켜짐)

기본 자동 모드에서 응용 프로그램은 공칭 처프 속도와 처프 속도 시간 도메인 트레이스의 공차를 계산합니다 (그림 12). 어플리케이션은 측정된 처프 속도의 분포를 계산하고 비교적 일정한 처프 속도로 신호의 해당 부분을 감지합니다.

신호 설명 표의 공칭 처프 속도는 더 자주 발생하는 처프 속도입니다. 신호 노이즈가 증가하고 처프 속도가 일정하지 않으면 공차 값이 증가합니다.

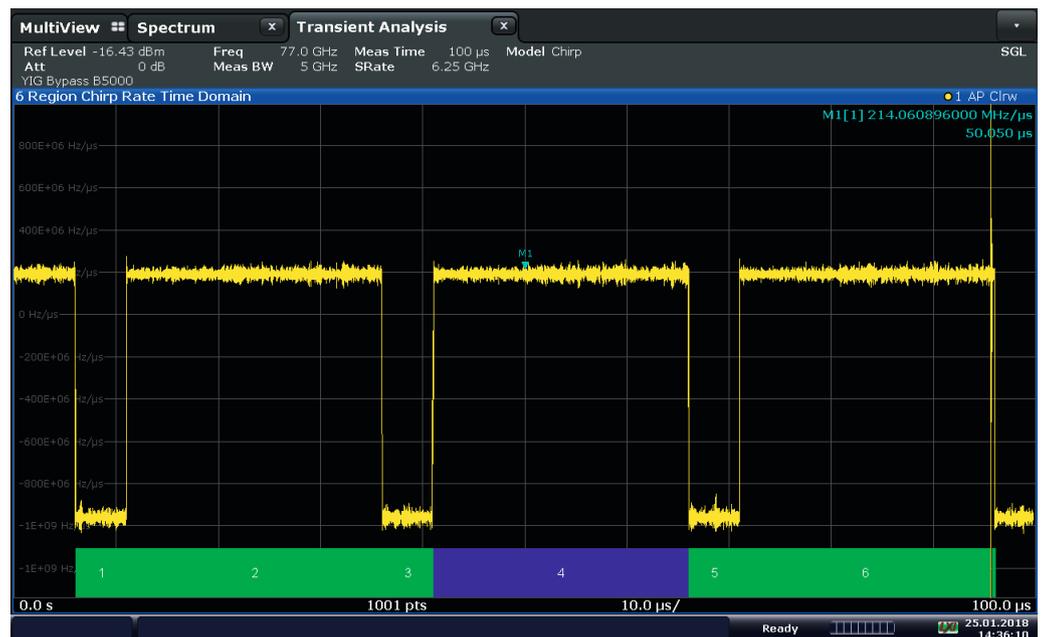


그림 12: 처프 감지의 기반으로 사용되는 시간 영역에서의 처프 속도 측정

신호의 초기 개요에는 일반적으로 기본 자동 감지로 충분합니다. 신호의 공칭 주파수 또는 처프 속도 값을 알고있는 경우 신호 상태 표에 수동으로 값을 입력하고 (그림 11) 자동 모드를 끌 수 있습니다. 그런 다음 응용 프로그램은 사용자 정의 처프 속도 및 공차 값을 충족하는 처프를 감지합니다.

## 처프 선형성 측정 : 사용자 정의 대비 최적

처프 주파수 변조 (FM) 신호를 사용하는 레이더 시스템의 경우 FM 선형성이 중요한 측정입니다. 선형성을 측정 할 때는 시간 영역 측정에서 FM 및 주파수 편차가 중요합니다.

시간 영역에서의 주파수 편차는 특정 FM 기준 신호와 관련하여 계산됩니다.

기본적으로 FM 기준 신호는 평균 측정 처프 속도에서 직접 계산됩니다 (그림 12). 측정 된 평균 처프 상태와의 편차가 보정됩니다.

모형 매개 변수에 가장 잘 맞는 최소 편차를 보려면 기본 설정을 사용하는 것이 좋습니다.이 경우 처프 상태 편차 보정 확인란이 활성화됩니다 (그림 13).

그림 14는 하나의 처프에 초점을 맞춘 최적의 접근법을 사용한 선형성 측정의 예를 보여줍니다. 시간 영역에서 피크 주파수 편차를 강조하도록 마커가 설정되었습니다.

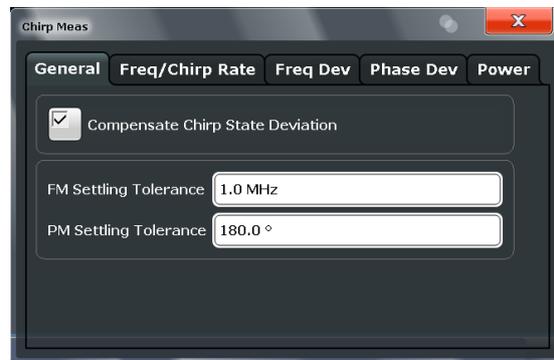


그림 13: 기본적으로 측정 된 처프 속도는 처프 선형성 측정을 수행 하는 데 사용되며 평균 처프 상태에 대한 편차는 보상됩니다.

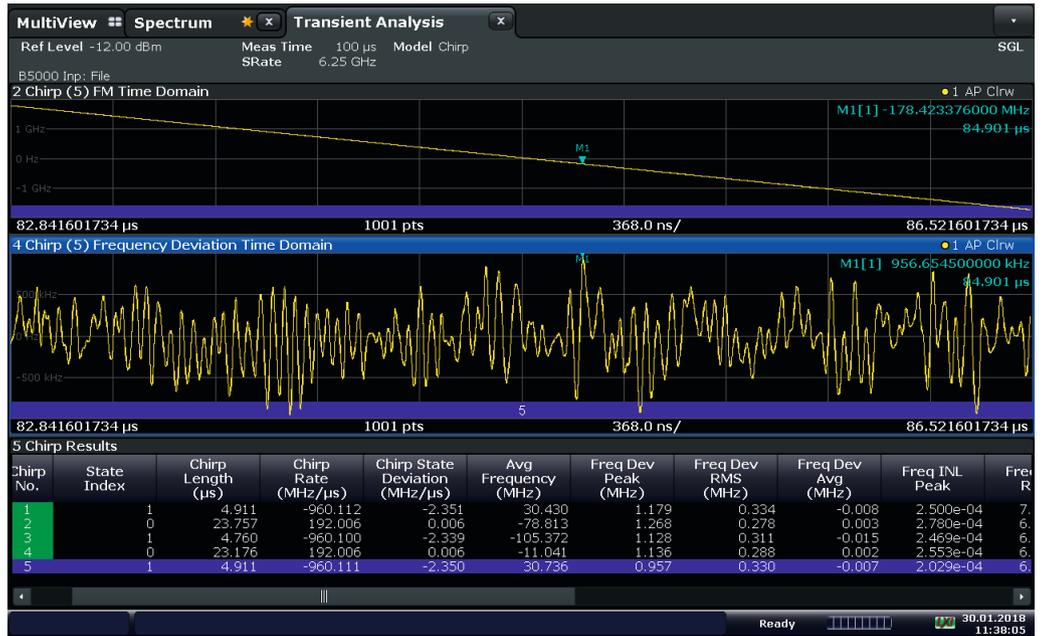


그림 14: 최적의 측정 방법으로 선형성 측정 예. 처프 5에 초점; FM 시간 도메인 및 주파수 편차 시간 도메인 매개 변수

실제로, 레이더 신호가 지정된 처프 속도와 공차를 충족하는지 확인하기 위해 알려진 사용자 정의 공칭 처프 속도와 관련하여 FM 편차 추적을 측정해야 하는 경우가 종종 있습니다. 이 경우 자동 모드를 끄고 신호 설명 표 (그림 11)에 지정된 처프 속도 및 공차 값을 입력하고 측정된 값과 지정된 값 사이의 편차를 측정 할 수 있습니다. 이 측정을 위해 사용자는 자동 모드를 끄고 "보프 상태 편차 보정" 확인란을 비활성화 해야 합니다.

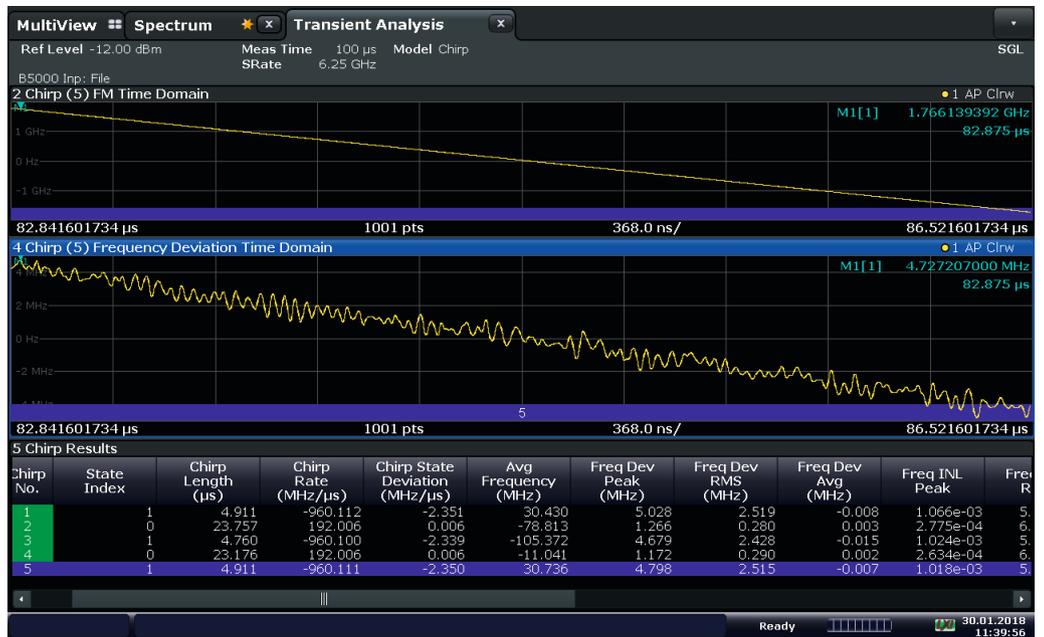
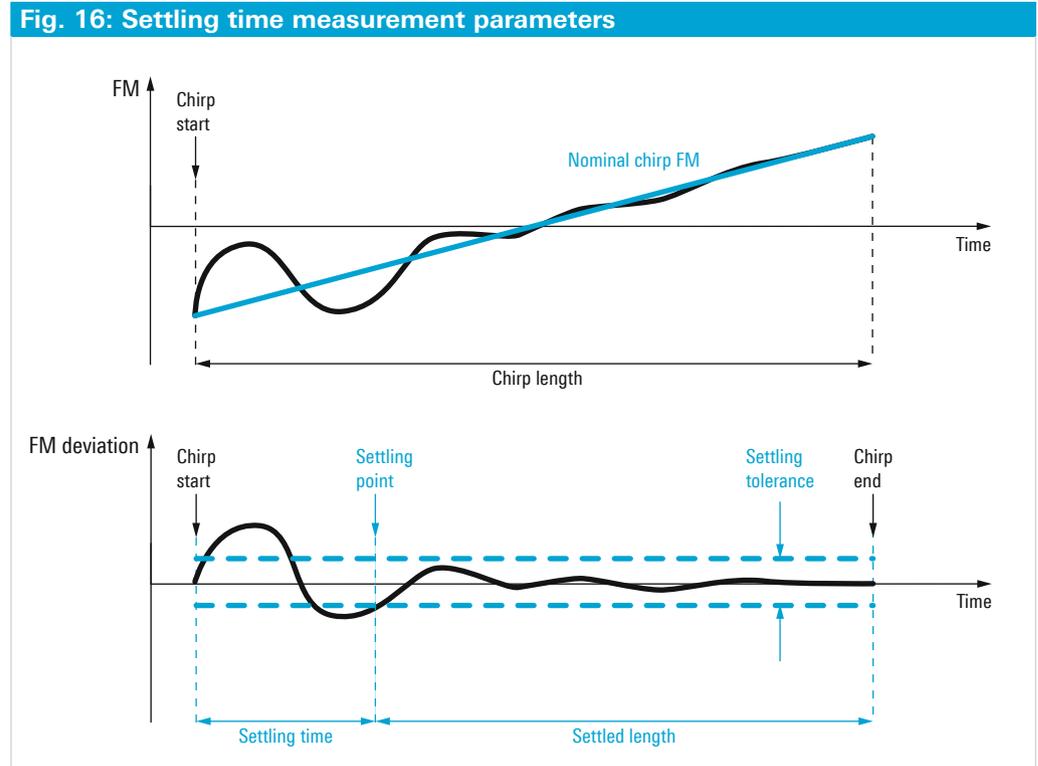


그림 15: 측정된 평균 처프 속도 (최고 적합) 대신 신호 설명 표의 공칭 처프 속도 값을 기준으로 사용하여 계산된 주파수 편차

# 처프 정착 시간 측정

처프 된 신호의 주파수, 위상 또는 전력 결과를보다 정확하게 계산하기 위해 측정 범위를 정의하고 처프의 특정 부분 만 고려하여 정착 효과를 제거 할 수 있습니다.

또한 처프 정착 시간을 측정하는 것이 중요합니다. 이는 FM 신호가 공칭 주파수 주위의 지정된 허용 오차 내에 머무르는 데 걸리는 시간입니다. 처프 침강 시간, 침강 지점 및 침강 길이와 같은 침강 파라미터는 그림 16과 같이 사용자 정의 FM 침강 공차를 고려하여 FM 편차로부터 계산됩니다.



아래 스크린 샷은 그림 10의 예제 신호에 대한 안정화 시간 및 안정화 지점 측정 결과를 보여줍니다. 여기서 FM 안정화 허용 오차는 공칭 주파수 주위에서 1 MHz로 설정되었습니다.

MultiView Spectrum Transient Analysis										
Ref Level -12.00 dBm		Meas Time 100 µs		Model Chirp		SGL				
B5000 Inp: File										
5 Chirp Results										
Chirp No.	Chirp Length (µs)	Chirp Rate (MHz/µs)	Chirp State Deviation (MHz/µs)	Avg Frequency (MHz)	Bandwidth (MHz)	FM Settling Point (µs)	FM Settling Time (µs)	FM Settled Length (µs)	Freq Dev Peak (MHz)	Fr
1	4.911	-960.083	-2.322	30.419	4715.312	24.668	2.442	0.208	5.039	
2	23.757	192.008	0.008	-78.812	4561.579	38.932	11.508	1.611	1.265	
3	4.760	-960.077	-2.316	-105.378	4569.660	54.603	2.160	0.463	4.672	
4	23.176	192.007	0.007	-11.040	4450.052	58.068	0.000	12.777	1.171	
5	4.911	-960.081	-2.320	30.724	4714.689	84.558	2.332	0.316	4.787	

그림 16: 정착 시간 측정 파라미터

## 요약

로데슈 바르즈는 유연하고 완전 통합 된 사용자 친화적인 솔루션을 제공하여 E 대역에서 초광각 자동차 레이더 신호 분석 문제를 극복합니다. R & S®FSW85를 사용하면 단일 계측기로 2 Hz ~ 85 GHz 또는 90 GHz의 캡리스 스펙트럼을 측정 할 수 있습니다. 내장 YIG 필터는 최대 85 GHz의 이미 지없는 스펙트럼을 보장합니다.

외부 디지털라이저로서 R & S®RTO 오실로스코프와 결합된 R & S®FSW-B5000 5 GHz 대역폭 확장은 동일하고 완전히 특성화 된 신호 경로를 제공합니다. 신호 분석기는 오실로스코프를 제어하여 R & S®FSW 사용자 인터페이스를 통해 전체 작업을 수행합니다.

R & S®FSW에서 실행되는 과도 분석 애플리케이션은 레이더 칩, 센서 및 구성 요소가 전송하는 신호에 대한 유연하고 심층적인 분석을 제공합니다. 사용자의 필요에 따라 신호 선형성과 같은 주요 신호 매개 변수를 자동 또는 수동으로 측정합니다.