



NI is now part of Emerson.



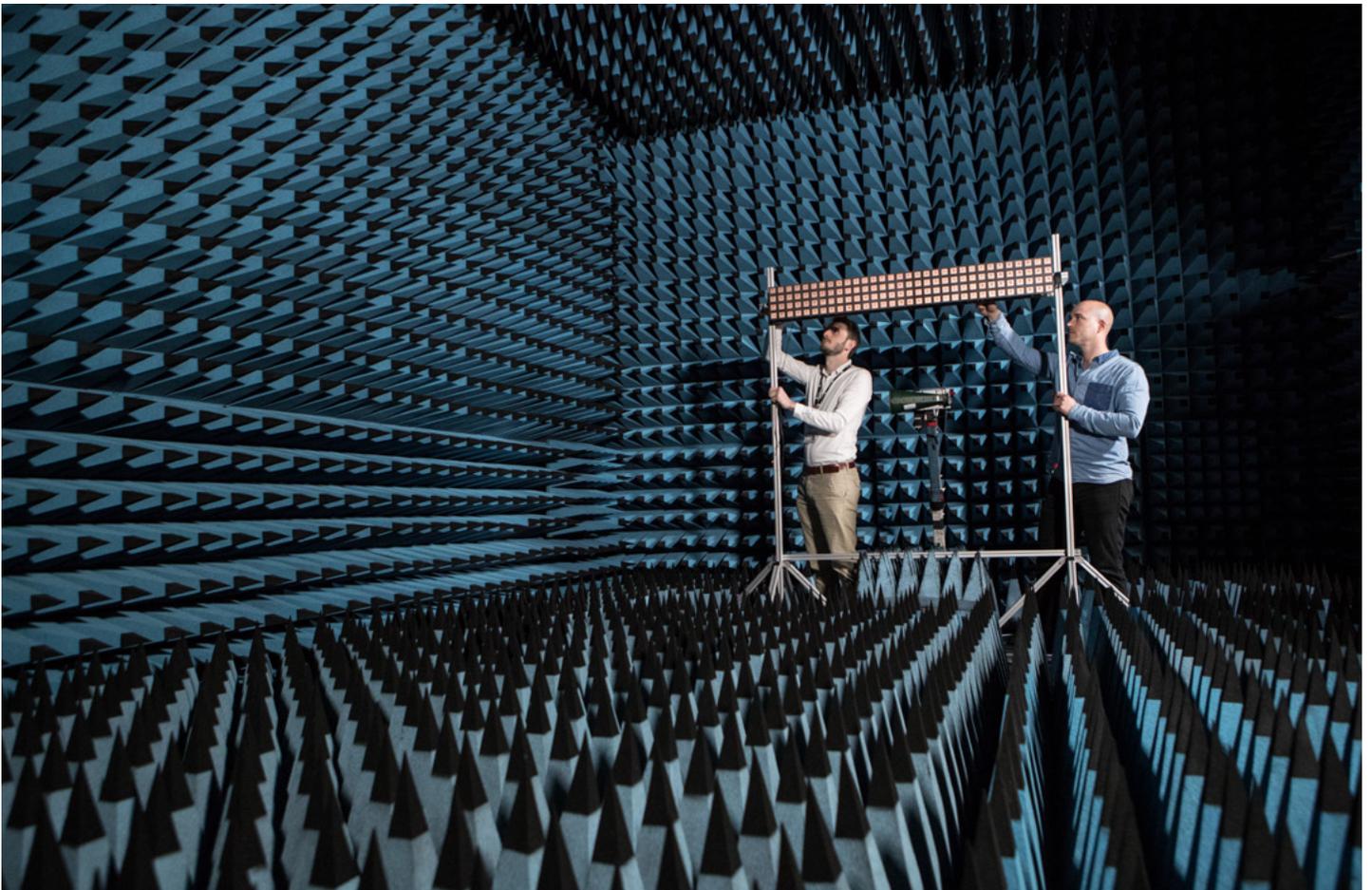
솔루션 브로슈어

# 5G mmWave OTA 참조 아키텍처

정밀한 빔포밍 성능을 더 빠르게 판별

# 초고속 5G mmWave OTA 검증 달성

- 03 5G mmWave OTA 참조 아키텍처 개요
- 04 5G mmWave OTA 참조 아키텍처 하드웨어 및 소프트웨어 상호작용
- 05 정확하고 빠른 OTA 검증
- 06 신속한 3D 결과를 위한 연속 모션
- 07 CW 및 5G NR 변조 측정
- 07 초고속 CHP, ACLR, EVM, SEM 3D 결과
- 08 동일한 챔버에서 DFF 및 IFF(CATR) 측정으로 소형 및 대형 디바이스 검증
- 09 온도에 따른 디바이스 성능 검증
- 09 PXI VST를 사용한 IF-RF 및 RF-RF 측정
- 11 TX 및 RX 테스트용 내장 스위치
- 11 간소화된 측정 설정
- 12 OTA 검증 소프트웨어로 원활한 작업 흐름
- 13 OTA 결과 시각화 및 분석
- 16 5G mmWave OTA 검증 설정 옵션



# 5G mmWave OTA 참조 아키텍처 개요

OTA 검증 참조 아키텍처는 mmWave 빔포밍 및 AiP 디바이스의 능률적인 작업 흐름, 통합 컨트롤 및 빠른 테스트를 위해 설계된 상호 운용 가능한 하드웨어 및 소프트웨어 세트입니다. 그 핵심에는 공간 스윙의 파라미터(주파수, 세기, 경로 손실 교정, 편파, 각 분해능)를 설정하는 데 사용되는 소프트웨어 어플리케이션인 OTA Validation Test Software가 있습니다. 또한 사용자는 스윙 결과를 방위각 및 고도 절단, 3D 패턴, 극좌표 플롯 및 히트 맵의 형태로 시각화할 수 있습니다.

더 자세히 살펴보면, OTA 참조 아키텍처에는 DUT(Device Under Test) 컨트롤을 사용자 정의할 수 있는 플러그인과 특정 코드 모듈을 생성하기 위한 API가 포함되어 있습니다. 또한 테스트 소프트웨어를 작성하지 않고도 광범위한 OTA 테스트 및 결과 보고를 자동화하는 사용하기 쉽고 따라하기 쉬운 TestStand 예제 시퀀스가 포함되어 있습니다. 하드웨어 레벨에서 mmWave 벡터 신호 트랜시버(VST)는 고대역폭 웨이브폼 생성기 및 분석기의 역할을 합니다. VST는 무반향실 내부의 DUT 포지셔너와 긴밀하게 동기화되어 공간의 정확한 좌표에 해당하는 빠르고 부드러운 움직임과 측정 결과를 생성합니다.

NI의 5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처는 다음과 같은 점에서 팀에 도움이 될 수 있습니다.

- 5G mmWave OTA 테스트를 몇 시간에서 몇 분으로 단축
- 온도에 따라 간극 크기가 다양한 AiM(Antenna-in-Module) 디바이스 및 참조 설계 검증
- CW 및 고대역폭 5G 변조 성능을 3D로 확인
- 측정 결과 개선 및 OTA 측정 불확실성 최소화
- 외부 스위칭 없이 통합형 TX/RX 벤치 설정



그림 1  
5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처

# 5G mmWave OTA 참조 아키텍처 하드웨어 및 소프트웨어 상호작용

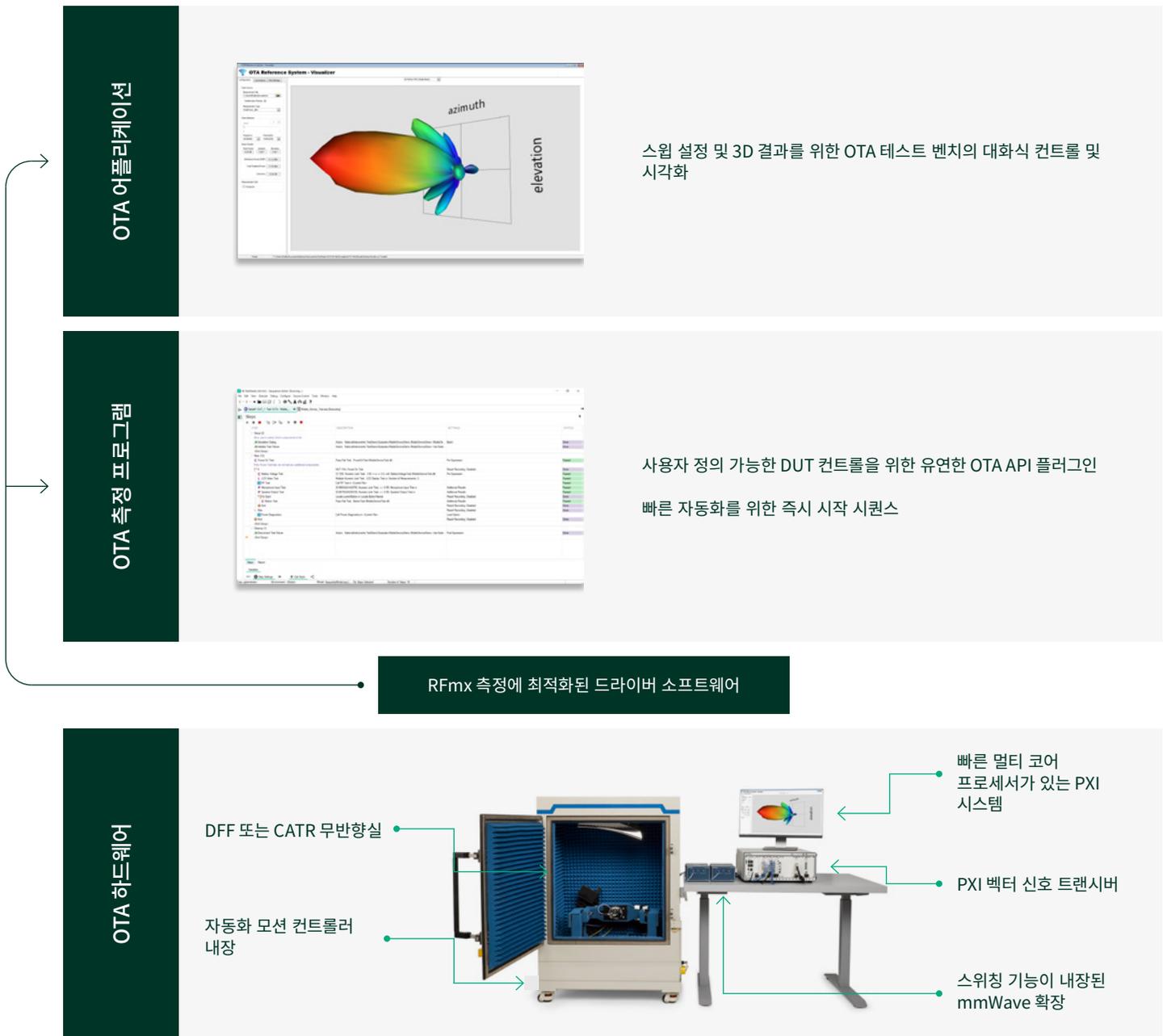


그림 2

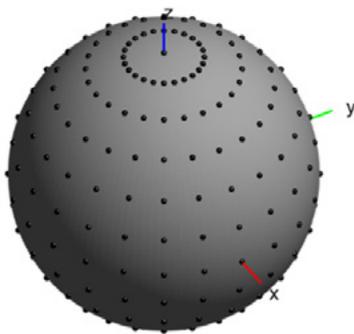
5G mmWave OTA 참조 아키텍처 소프트웨어 및 하드웨어 상호작용

# 정확하고 빠른 OTA 검증

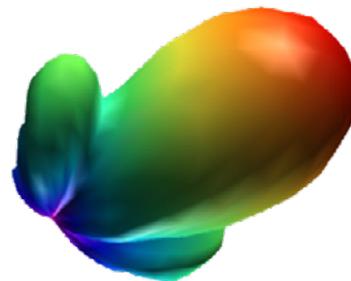
무반향실의 통제된 RF 환경 내에서 5G 빔포밍 디바이스의 상세한 3D OTA(Over-Air) 공간 스위프를 실행하는 작업은 시간과 비용이 많이 소요됩니다.

두 개의 독립적인 축(방위각 및 고도)에서 회전할 수 있는 포지셔너가 있는 일반적인 이동, 정지, 측정, 포인트별, 소프트웨어 컨트롤 테스트 시스템은 초당 몇 개의 RF 측정만을 생성합니다. 그러나 엔지니어는 공간에서 수백 또는 수천 개의 포인트를 스캔하여 안테나 성능을 측정하고 검증해야 합니다. 3D 샘플링 눈금이 정밀할수록(측정 포인트 사이의 거리가 가까울수록) 테스트 시간은 길어지지만 측정 불확실성은 낮아집니다. 반대로 3D 눈금이 너무 적으면 결과는 더 빨리 나오지만 측정 에러가 발생할 수 있습니다.

일정한 간격 크기의 3D 눈금



스캔된 3D 안테나 패턴



낮은 눈금 밀도로 인한 에러

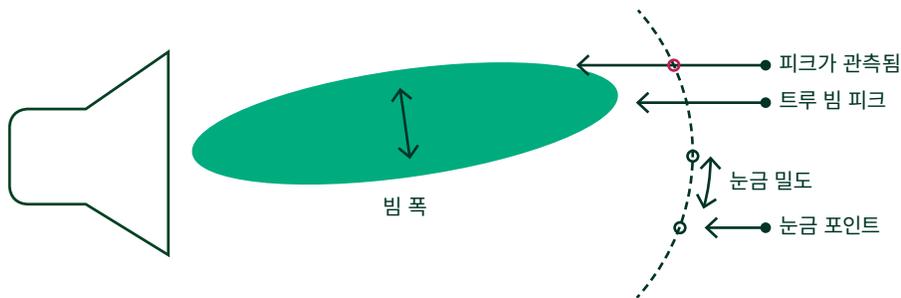


그림 3

더 정밀한 3D 샘플링 눈금을 사용하면 시간은 길어지지만 더 정확한 결과를 얻을 수 있음

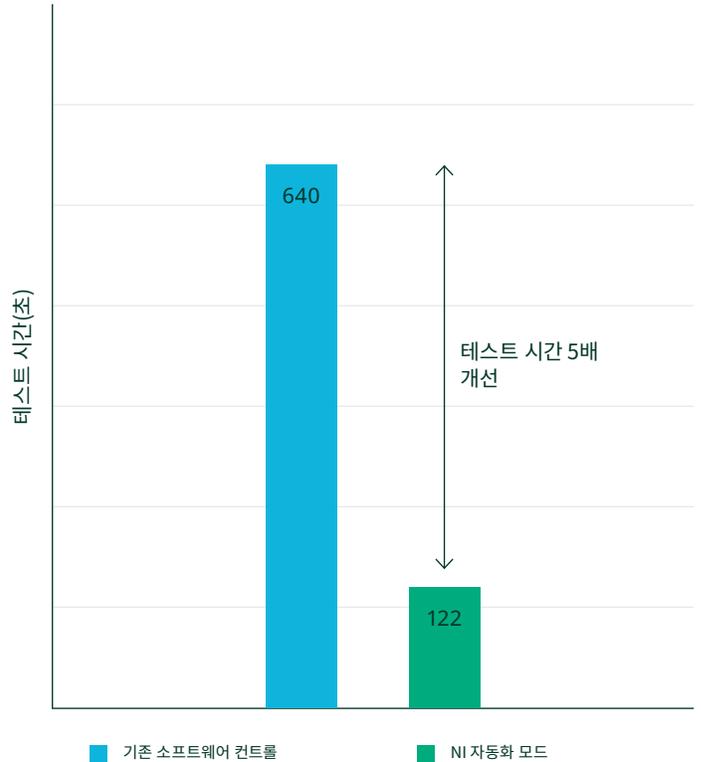
## 신속한 3D 결과를 위한 연속 모션

빔포밍 디바이스의 검증을 담당하는 엔지니어가 정확도를 떨어뜨리지 않으면서 테스트 시간을 단축할 수 있도록, NI는 5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처를 개발했습니다.

mmWave OTA 검증 참조 아키텍처는 NI의 리얼타임 모션 컨트롤, 데이터 수집, PXI 트리거링 및 동기화를 통합하여 포지셔너 모터의 순간 ( $\varphi, \theta$ ) 좌표와 동기화된 빠른 고대역폭 RF 측정을 수행합니다. 기존의 OTA 테스트 솔루션과 달리, NI의 접근 방식은 RF 엔진이 신속하게 측정을 수행하는 동안 DUT를 3D 공간에서 부드럽고 연속적인 모션으로 이동시킵니다.

이렇게 하면 포인트에서 포인트로 이산적으로 이동하여 발생하는 낭비되는 시간이 없어집니다. 따라서 엔지니어는 짧은 시간에 실행되는 수천 개의 포인트로 3D 공간 스위칭을 수행할 수 있으며, 이를 통해 측정 불확실성과 에러를 줄일 수 있습니다.

### 3D 방사 패턴 테스트



4,000 포인트(단일 주파수, 이중 편파)  
4°의 방위각 및 고도마다

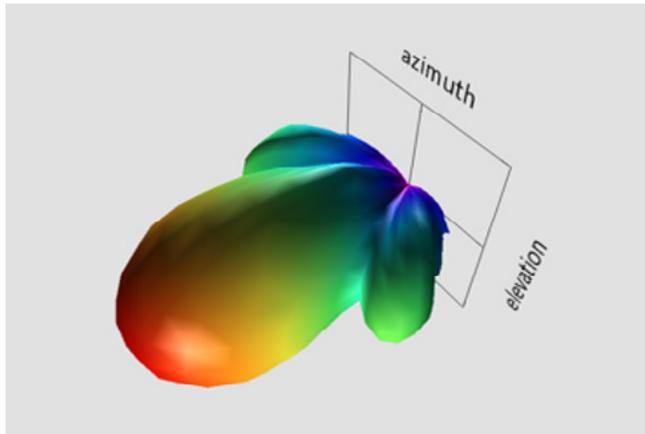
그림 4  
빠른 테스트 시간 가능

# CW 및 5G NR 변조 측정

OTA 검증 참조 아키텍처의 핵심인 RF 계측기, NI의 mmWave VST는 협대역 CW 신호를 사용하여 방사 패턴, 최대 지향성 좌표, 빔 특성, EIRP 및 DUT의 TRP를 판별합니다.

또한 높은 순간 대역폭 덕분에 mmWave VST는 5G NR 신호를 생성 및 분석하여 사용자에게 CHP, ACLR, OBW 및 SEM에 대한 자세한 3D 정보를 제공할 수 있습니다. 또한 NI의 소프트웨어는 5G NR 신호의 신속하고 즉각적인 복조를 지원하여 디바이스의 에러 벡터 크기 (EVM)에 대한 완전한 3D 그림을 제공합니다.

3D 방사 패턴의 CW 신호



3D ACLR용 광대역 5G NR 신호, EVM 패턴

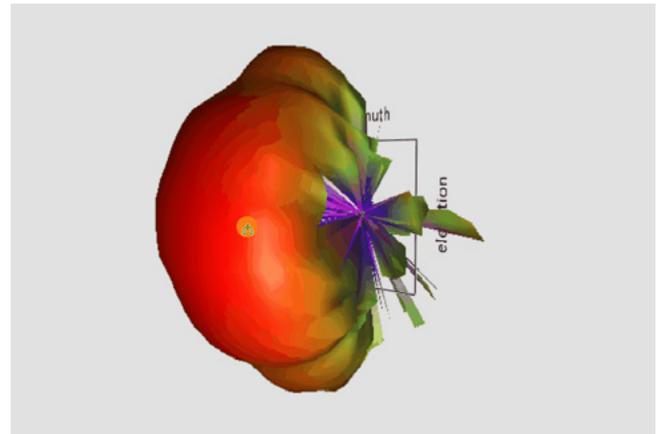


그림 5  
CW 및 변조된 측정의 공간 시각화

## 초고속 CHP, ACLR, EVM, SEM 3D 결과

고급 측정 알고리즘과 멀티스레드 처리 방식 덕분에 NI mmWave OTA 검증 참조 아키텍처는 3D 스윙을 완료한 후 몇 초 만에 수천 개의 포인트에 대한 CHP, ACLR, OBW, EVM 및 SEM의 계산을 완료합니다.

이를 통해 엔지니어는 고대역폭 신호를 사용하여 디바이스의 공간 성능을 신속하게 파악할 수 있습니다.

유형	분해능	포인트	측정 시간(초)
5G NR 100MHz	4° 간격	4583	140
단일 톤	4° 간격	4583	122

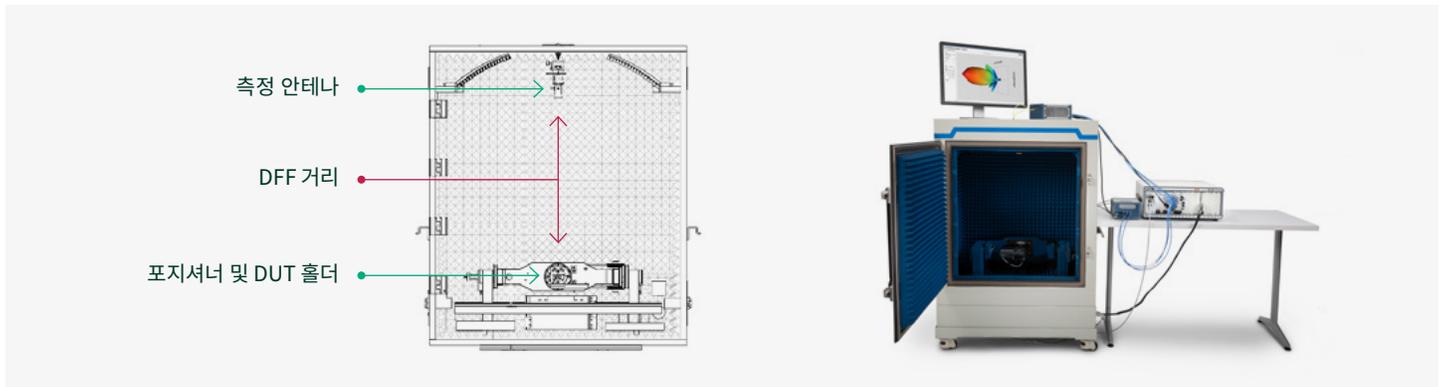
표 1  
단일 톤 및 변조된 공간 파라미터의 측정 시간

# 동일한 챔버에서 DFF 및 IFF(CATR) 측정으로 소형 및 대형 디바이스 검증

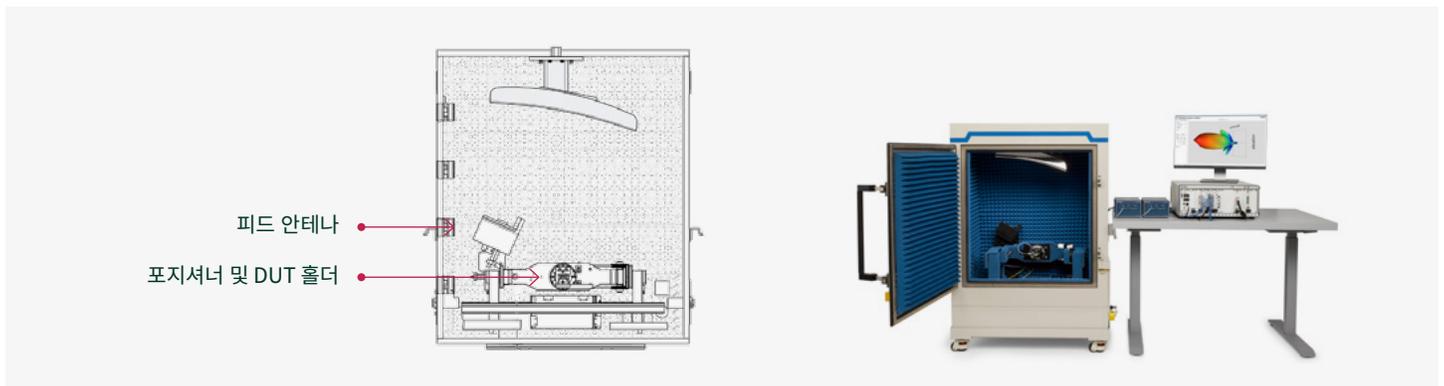
원소가 어느 정도 있고 안테나 간극이 5cm 미만인 안테나 인 모듈(AiM) 디바이스는 링크 버짓을 보존하고 더 훌륭한 신호 대 노이즈 비율로 테스트하도록 해주는 직접 원거리장(DFF) 접근 방식의 이점을 가집니다.

그러나 안테나 원소가 많고 안테나 간극이 5cm를 초과하는 시스템 레벨 설계를 테스트하려면, IFF 테스트를 위한 3GPP 스펙을 따르고 위상 및 진폭 변화를 최소화하면서 고품질의 콰이엇 존(QZ)을 생성하는 간접 원거리장(IFF) 접근 방식이 필요합니다.

NI 5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처는 프리미엄 mmWave 리플렉터와 지능형 챔버 설계 덕분에 동일한 챔버에서 DFF 및 IFF 테스트를 모두 제공합니다. 엔지니어는 안테나 모듈을 검증하는 데 DFF 접근 방식을 사용하여 비용과 복잡성을 줄이고 제품 설계 주기를 더 쉽게 진행할 수 있습니다. 또한 시스템 레벨 설계의 검증을 위해 IFF 설정에서 동일한 테스트 벤치를 재사용할 수 있으며, 대형 무반향실이 추가로 필요하지 않습니다.



**그림 6**  
DFF 설정 테스트 셋업  
더 큰 링크 버짓과 SNR을 위해 직접 원거리장(DFF) 설정을 활용합니다.



**그림 7**  
CATR 설정 테스트 셋업  
동일한 챔버에서 간접 원거리장 설정을 사용하여 더 큰 디바이스를 검증합니다. 단일 셋업으로 OTA 랩을 간소화합니다.

## 온도에 따른 디바이스 성능 검증

무반향실 내부 전체 공간의 온도를 컨트롤하는 느리고 지루하며 위험한 과정은 없어지고, 전체 3D 모션 범위를 유지하면서 DUT 포지셔너에 장착된 NI의 열 돔을 활용하여 냉각과 가열이 용이한 소형 케이스를 만들 수 있습니다. RF 투과성 물질을 사용하는 NI 열 돔을 사용하면 -40°C~+85°C 범위에서 DUT의 빔포밍 성능을 특성화하고 검증할 수 있습니다.

### 빠른 온도 컨트롤

#### 01

TRP/EIRP 최대 +/-90 고도 및 +/-180  
방위각(전체 3D 패턴)

#### 02

작은 부피로 안정적이고 신속한 온도  
컨트롤 가능

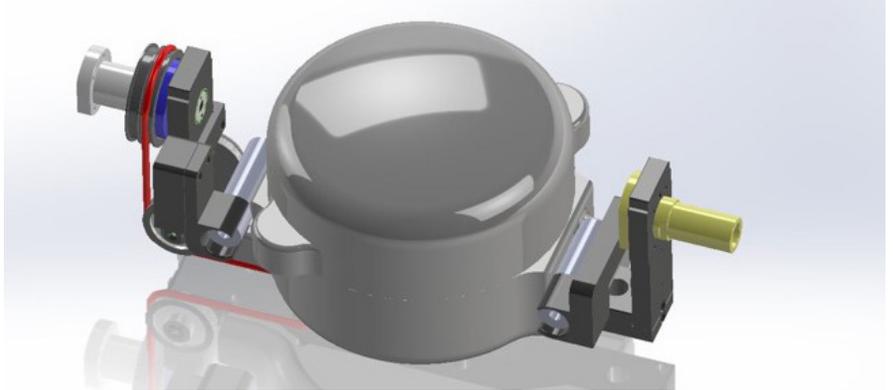


그림 8  
열 챔버의 렌더링

## PXI VST를 사용한 IF-RF 및 RF-RF 측정

NI의 PXI mmWave VST는 mmWave 벡터 신호 생성기(VSG)와 벡터 신호 분석기(VSA)를 하나의 모듈로 결합합니다. 이 PXI 인스트루먼트는 5G FR2 대역을 커버하는 외부 mmWave 헤드를 사용합니다. 이 헤드는 무반향실 바로 옆에 배치되어 케이블을 통한 신호 손실을 최소화합니다. 또한 각 mmWave 헤드에는 2개의 양방향(TX/RX) RF 포트가 있습니다.

또한 mmWave VST에는 다중 대역 IF-RF DUT에 대한 테스트 커버리지를 제공하는 교정된 중간 주파수 포트가 있습니다.



그림 9  
PXIe-5831(자세한 내용은 스펙 참조)

PXIe-5831 mmWave VST 스펙	
주파수 범위	22.5GHz~44GHz
대역폭	1 GHz
진폭 정확도	±0.25dB
최대 출력 세기	+17dBm
5G NR EVM	<1%
다이렉트 포트	2



그림 10  
54GHz 주파수 확장 기능이 있는 PXIe-5842(자세한 내용은 스펙 참조)

54GHz 주파수 확장 기능이 있는 PXIe-5842 스펙	
RF I/O 주파수 범위	22.5GHz~54GHz
IF I/O 주파수 범위	200MHz~23GHz
대역폭	2GHz
RF 입력/출력 절대 정확도@39GHz	±1.0dB
최대 출력 세기	+13dBm
5G NR EVM, 100MHz BW	-43dB@47GHz
양방향 포트	2

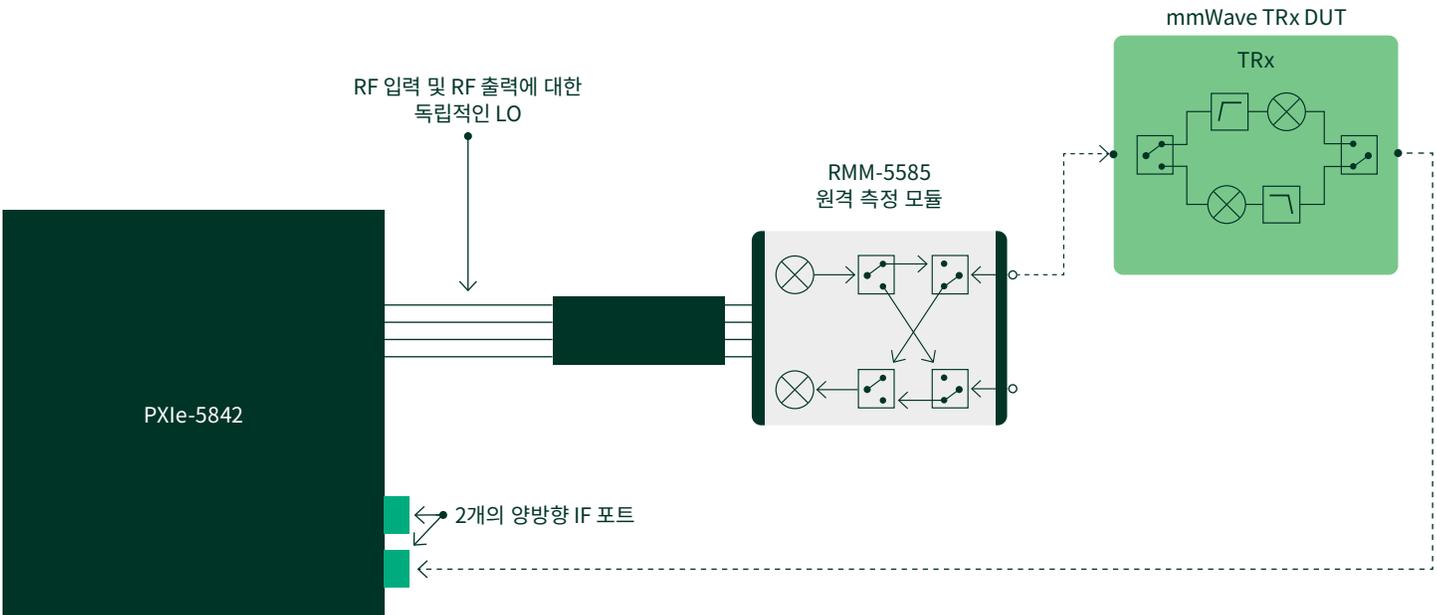


그림 11  
하나의 원격 측정 모듈로 RF-IF 양방향 테스트 설정

# TX 및 RX 테스트용 내장 스위치

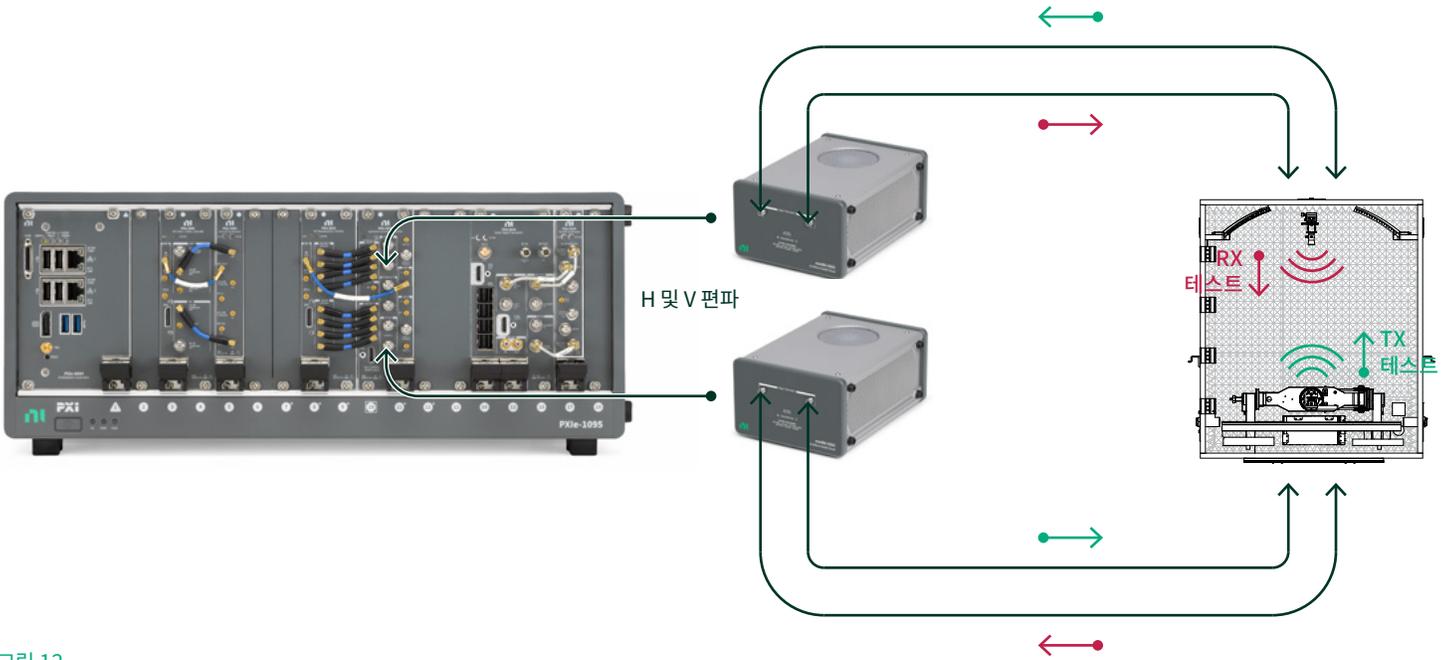


그림 12  
PXIe-5842(자세한 내용은 스펙 참조)

# 간소화된 측정 설정

NI의 5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처는 다양한 PXI VST를 사용할 수 있는 유연성을 제공합니다. 간소화된 하드웨어 설정 및 양방향 테스트 포트를 위해, 54GHz 주파수 확장 기능이 있는 PXIe-5842의 대역폭, 유연성 및 단순성을 활용하십시오.

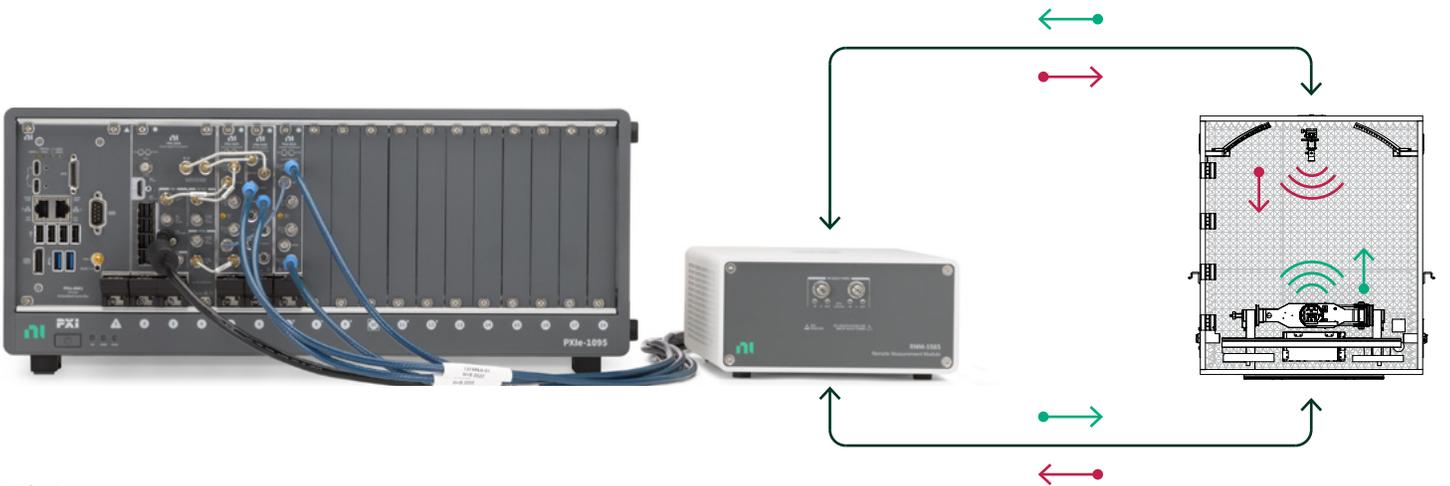
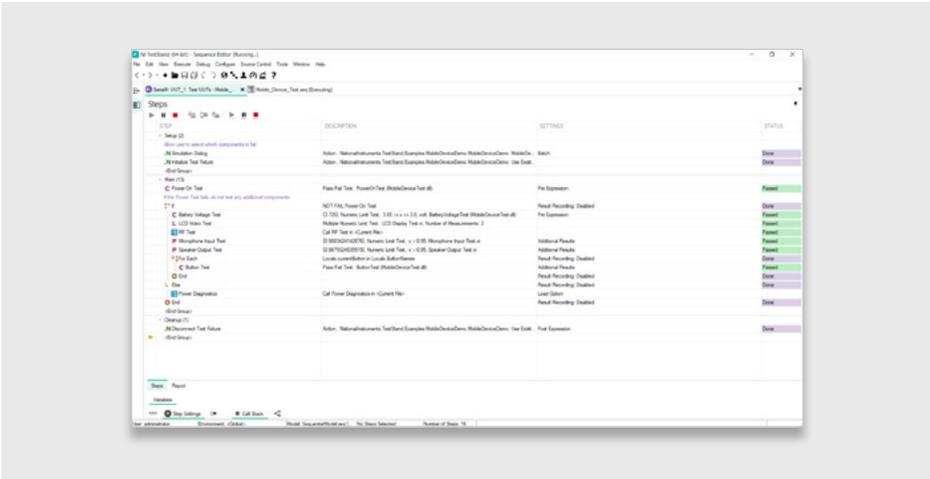
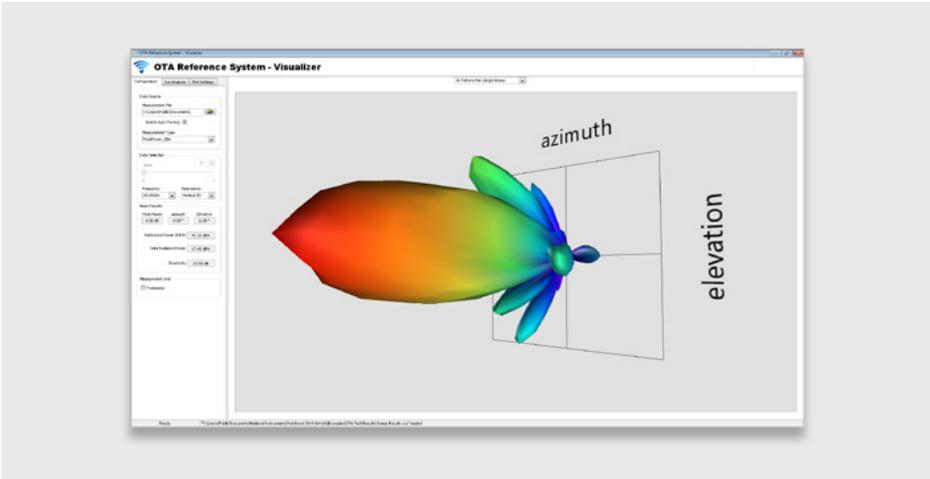


그림 13  
54GHz 주파수 확장 기능이 있는 PXIe-5842(자세한 내용은 스펙 참조)





03  
 포함된 자동화된 시퀀스 중 하나를 시작하여 여러 파라미터를 반복하고 유용한 리포트를 생성합니다.



04  
 다양한 플롯으로 DUT 성능을 시각화합니다.

## OTA 결과 시각화 및 분석

엔지니어는 mmWave OTA Test Visualizer를 사용하여 다양한 결과 시각화를 실행하고 안테나 특정 측정 및 패턴을 분석할 수 있습니다.

mmWave OTA Test Visualizer는 측정 결과를 심볼로 구분된 값(.CSV) 파일로 받아 데이터를 화면에 표시합니다. 사용자는 다음 그림과 같이 다양한 데이터 소스와 플롯 타입을 선택할 수 있습니다.



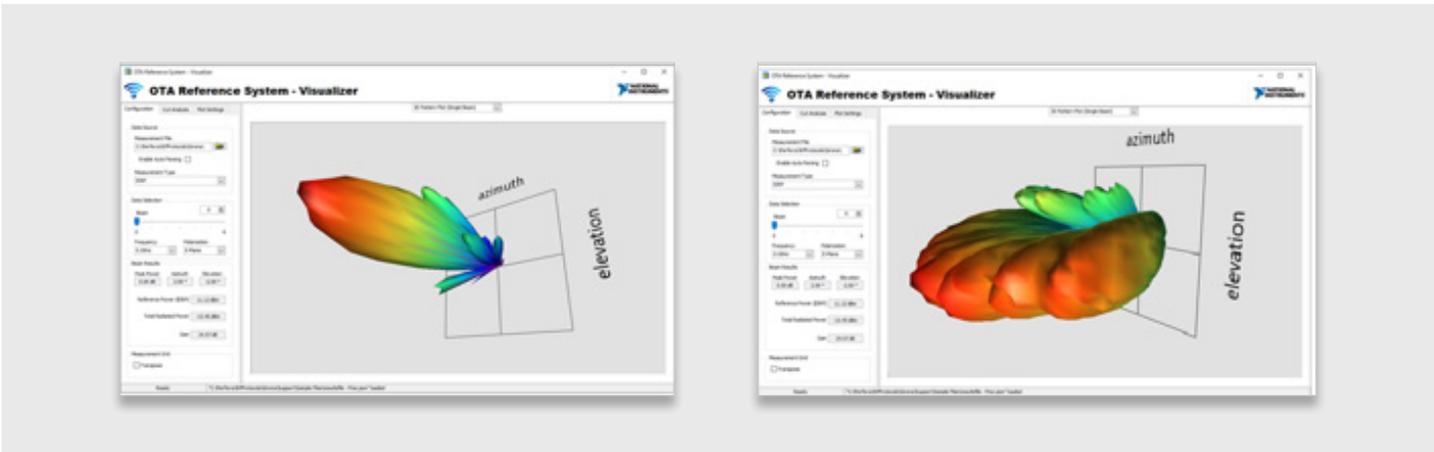


그림 14  
단일 및 다중 빔의 3D 안테나 패턴

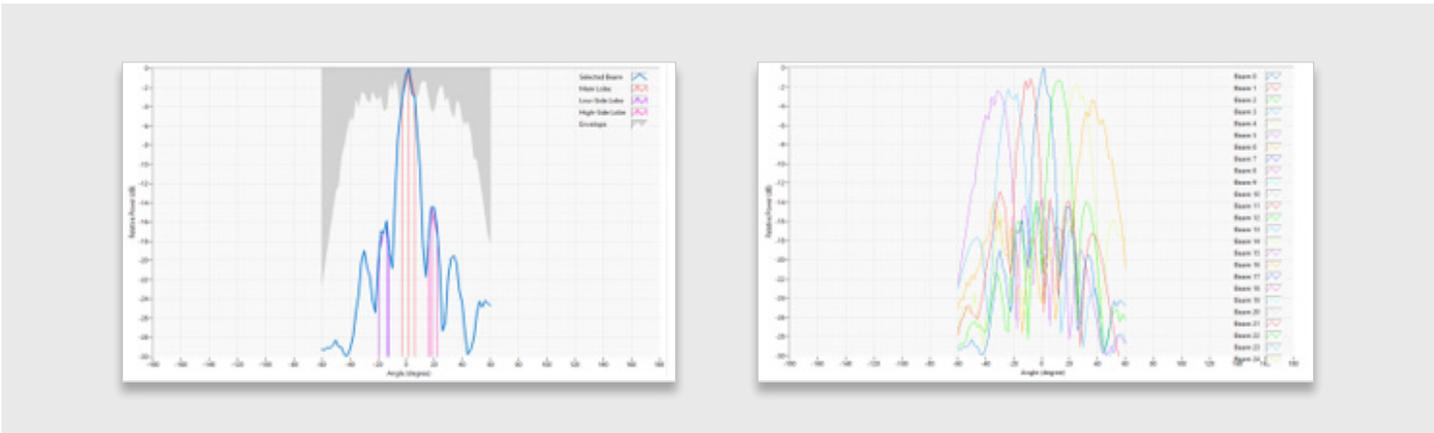


그림 15  
안테나 컷 분석, 단일 빔 및 다중 빔

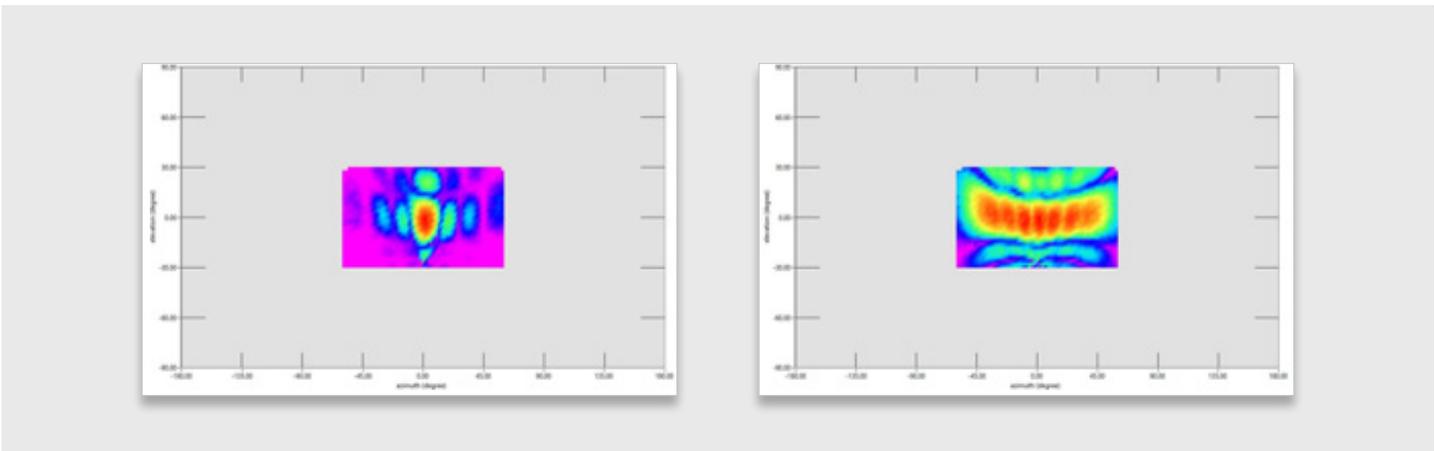


그림 16  
단일 및 다중 빔의 히트 맵 플롯

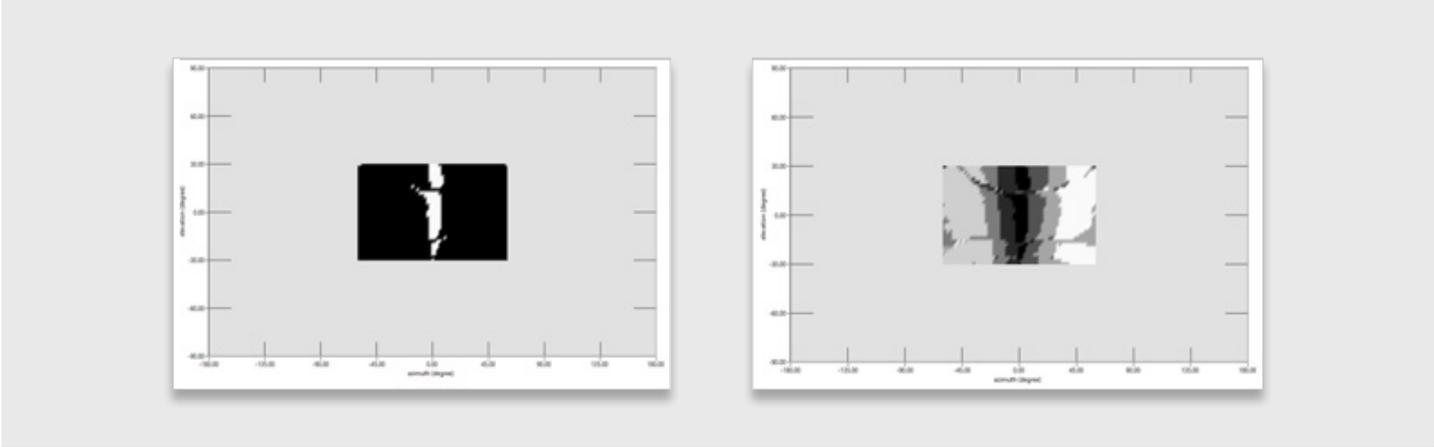


그림 17  
단일 및 다중 빔에 대한 최적 빔 인덱스

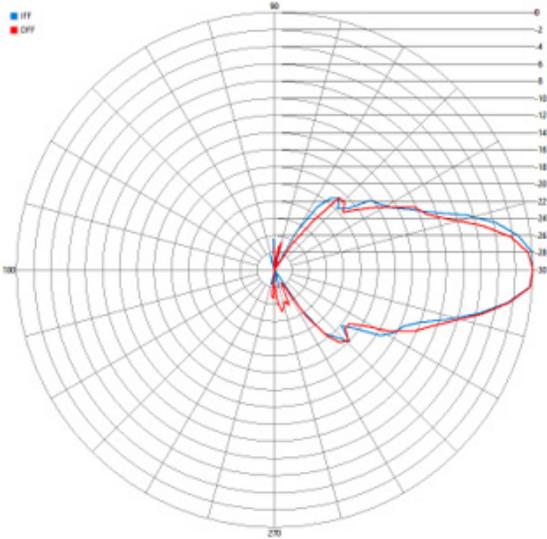


그림 18  
극좌표 플롯

# 5G mmWave OTA 검증 설정 옵션

5G mmWave OTA 검증 참조 아키텍처에는 쉽게 시작할 수 있도록 해주는 다양한 번들이 포함되어 있습니다. 모든 기본 설정에는 테스트를 시작하는 데 필요한 모든 것이 포함되어 있습니다. 추가 기능을 위한 옵션 애드온도 있습니다.

## 참조 솔루션 기본 설정

솔루션 이름	부품 번호	설명
54GHz IF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션	868109-01B	mmWave, 200MHz~54GHz VST, 2GHz BW, 18 슬롯 새시, 컨트롤러
54GHz RF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션	868109-02B	mmWave, 200MHz~54GHz VST(x2), 2GHz BW, 18 슬롯 새시, 컨트롤러
44GHz RF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션	868109-03B	mmWave, 5GHz~44GHz VST(헤드 2개), 1GHz BW, 18 슬롯 새시, 컨트롤러
44GHz IF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션	868109-04B	mmWave, 5GHz~44GHz VST(헤드 1개), 1GHz BW, 18 슬롯 새시, 컨트롤러
54GHz IF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션(원격 컨트롤)	868109-05B	mmWave, 200MHz~54GHz VST, 2GHz BW, 18 슬롯 새시, PXI 원격 컨트롤 모듈
54GHz RF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션(원격 컨트롤)	868109-06B	mmWave, 200MHz~54GHz VST(x2), 2GHz BW, 18 슬롯 새시, PXI 원격 컨트롤 모듈
44GHz RF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션(원격 컨트롤)	868109-07B	mmWave, 5GHz~44GHz VST(헤드 2개), 1GHz BW, 18 슬롯 새시, PXI 원격 컨트롤 모듈
44GHz IF-RF mmWave 테스트 참조 솔루션(원격 컨트롤)	868109-08B	mmWave, 5GHz~44GHz VST(헤드 1개), 1GHz BW, 18 슬롯 새시, PXI 원격 컨트롤 모듈

표 2

참조 솔루션 기본 설정

### 참고:

- 50GHz 안테나 업그레이드는 54GHz 주파수 확장 기능이 있는 PXIe-5842를 사용하여 최대 50GHz의 주파수 범위를 지원하는 기본 설정에서만 가능합니다.
- 고객은 DFF에서 CATR 설정으로 업그레이드하거나 처음에 CATR 설정을 구매하도록 선택할 수 있습니다.
- 번들에 포함되는 PXI 새시는 PXIe-1095(타이밍 및 동기화)이며 포함되는 컨트롤러는 PXIe-8881(8 코어, Windows 10) 또는 PXIe-8398 MXI 컨트롤러(원격 컨트롤러 옵션)입니다.
- CATR 설정의 경우, PXIe-5831 VST(44GHz 옵션)를 포함하는 기본 부품 번호를 사용하십시오.

## 참조 솔루션 옵션 애드온

옵션 이름	부품 번호	설명
OTA 무반향실: DFF	868109-04P	mmWave OTA 무반향실 Rev B, mmWave OTA 액세서리 키트
OTA 무반향실: CATR*	868109-05P	mmWave OTA 무반향실 Rev B, mmWave OTA 액세서리 키트, DFF에서 CATR로 변환 키트
DFF에서 CATR로 변환 키트*	868109-06P	DFF에서 CATR로 변환 키트
열 케이스	868109-07P	mmWave OTA 검증 열 옵션
50GHz 안테나 업그레이드	868109-08P	mmWave 검증 50GHz 측정 안테나

표 3

참조 솔루션 옵션 애드온

\*CATR 설정은 PXIe-5831 VST(44GHz 기본 설정)에서만 사용 가능

## 소프트웨어

부품 번호	설명
784584-35	LabVIEW Professional
무료	RFmx 스펙트럼 분석
788024-35	RFmx Digital Modulation
788018-35	RFmx Analog Modulation
788033-35	RFmx Cellular Bundle
788036-35	RFmx NR
무료	Third-Party Licensing and Activation Toolkit
무료	NI Modulation Toolkit
788372-35	TestStand
787917-35	RFIC Test Software Professional(RFmx PA 포함)
788590-35	mmWave OTA Validation Test Software

표 4

소프트웨어

소프트웨어는 번들의 일부로 포함되지 않으며 별도로 구입해야 합니다.



# 고객의 요구에 꼭 맞는 시스템 통합 옵션

NI는 어플리케이션별 요구사항에 맞춤형 다양한 솔루션 통합 옵션을 제공합니다. 전반적인 시스템 제어를 위해 자체적인 사내 통합 팀을 활용해도 되고, 전 세계적인 NI 파트너 네트워크의 전문 기술을 활용하여 턴키 시스템을 구축해도 됩니다.

NI 솔루션을 통해 제품 품질을 개선하고 테스트 일정을 단축하는 방법에 대해 자세히 알아보려면 NI 담당자에게 문의하거나 전화(02-3451-3400) 또는 이메일([info@ni.com](mailto:info@ni.com))로 연락해 주십시오.

## NI 서비스 및 지원



컨설팅 및 통합



글로벌 지원



턴키 솔루션 제공 및 지원



프로토타이핑 및 실효성 분석



수리 및 교정



교육 및 인증

Emerson, Emerson Automation Solutions 또는 그 계열사는 제품의 선택, 사용 또는 유지보수에 대해 책임을 지지 않습니다. 제품의 적절한 선택, 사용 및 유지보수에 대한 책임은 전적으로 구매자와 최종 사용자에게 있습니다.

National Instruments, NI, NI.com 및 TestStand는 Emerson Electric Co.의 테스트 및 측정 사업부 소속 회사 중 하나가 소유한 상표입니다. Emerson 및 Emerson 로고는 Emerson Electric Co.의 상표 및 서비스 마크입니다. NI 파트너는 NI로부터 독립된 사업체이며 대리점 또는 합작 투자 관계가 없으며 NI와 어떠한 사업 관계도 형성하지 않습니다.

이 출판물의 내용은 정보 제공의 목적으로만 제공되며, 모든 정보는 정확성을 최대한 보장할 수 있도록 쓰였지만 이 정보가 설명된 제품이나 서비스 또는 그 사용, 적용성에 대한 명시적, 묵시적 지불 보증 또는 판매 보증으로 해석되어서는 안 됩니다. 모든 판매에는 당사의 이용 약관이 적용되며, 요청 시 제공됩니다. 당사는 사전 통보 없이 언제든지 해당 제품의 설계 또는 사양을 수정하거나 개선할 권리가 있습니다.

NI  
11500 N Mopac Expwy  
Austin, TX 78759-3504

© 2024 National Instruments. 판권 소유. 420248

[ni.com/5g](https://ni.com/5g)