

## Technical Article

# 단일 칩, 8x8 캐스케이드형 트랜시버로 4D 레이더 이미징 달성



Rogerio Almeida, Gerold Joseph Dhanabalan

### 요약

이 문서에서는 [AWR2188](#)과 같은 단일 칩 8x8 레이더 트랜시버가 자율주행 차량을 위한 고성능 4D 이미지 레이더를 어떻게 구현하는지 살펴봅니다. 4D 레이더는 물체의 높이를 감지하기 위해 수직 각도 측정 기능을 추가하여, ADAS의 정확도를 향상 시킵니다. 또한 이러한 장치는 위성 레이더 아키텍처를 지원합니다. 이 구조에서는 분산된 센서들이 가공되지 않은 원시 데이터를 중앙 프로세서로 전송하여 시스템 설계를 단순화하고, 차량 주변을 더욱 포괄적으로 탐지할 수 있게 합니다.

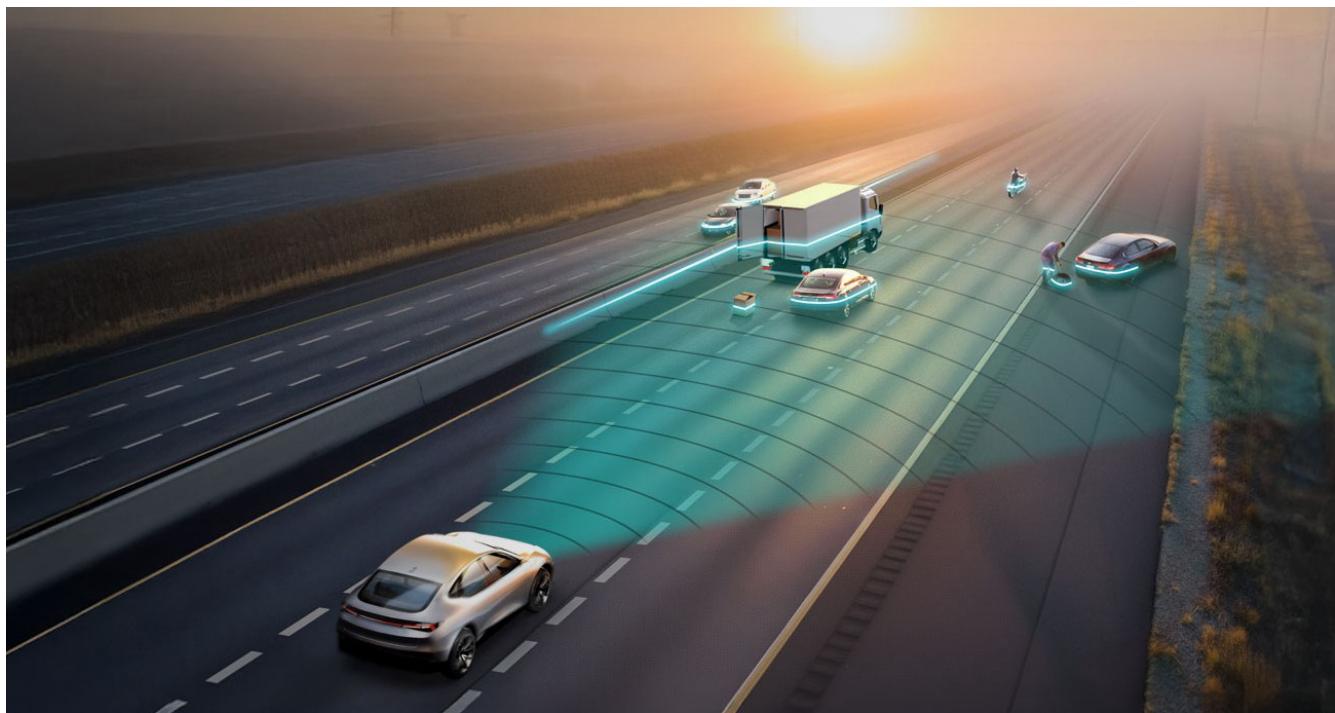


그림 1. 4D 이미징 레이더로 도로 위 물체의 높이를 포함한 고해상도 데이터 제공

### 머리말

자율주행 기능의 잠재력을 실현하기 위해서는 ADAS(첨단 운전자 보조 시스템)가 다른 물체와의 거리, 주변 및 전방의 물체 종류(차량, 사람, 장애물), 그리고 차량의 주행 속도 등 매우 상세하고 실시간으로 흐르는 환경 데이터를 안정적으로 수집해야 합니다.

레이더는 운전자의 시야뿐만 아니라 시각 및 광학 기반 센서의 정확도가 제한되는 악천후 상황에서도 ADAS가 차량 주변을 더 잘 인식하고 대응할 수 있게 해주는 핵심 기술입니다.

수직 각도 측정을 추가하여 고해상도 감지를 가능하게 하는 4D 이미지 레이더와 위성 레이더 구성과 같은 기술 혁신은 자동차 엔지니어 협회에서 분류한 더 높은 수준의 자율주행으로의 산업 발전을 가속화하고 있습니다.

이러한 혁신과 이를 가능하게 하는 단일 칩 레이더 트랜시버는 포괄적인 고해상도 레이더 감지 구현을 단순화하며, 주변이나 다가오는 물체를 추적하고 식별할 때의 정확도를 높여줍니다.

### 4D 레이더란 무엇이며 차량 자율주행에 어떤 영향을 미치는가?

자동차 레이더 시스템은 일반적으로 차량의 전후방 모서리에 단거리 및 중거리 레이더 센서를 사용하여 사각지대 감지, 차선 유지 보조, 전후방 교차 충돌 경고 등을 수행합니다. 차량 전방에 위치한 장거리 레이더 센서는 자율 비상 제동과 적응형 크루즈 컨트롤을 담당합니다. 4D 이미징 레이더는 수직 각도 측정을 추가함으로써 기존 3D 레이더의 기능([표 1 참조](#))을 확장하여, 차량이 교량이나 터널과 같은 구조물의 높이를 감지할 수 있게 합니다.

**표 1. 기존 차량용 레이더 시스템의 핵심 기능**

기능	설명
거리 측정	범위 측정을 통해 안전한 차간 거리 유지 가능
속도 감지	도플러 이동을 이용하여 움직이는 물체의 상대 속도 추적
각도 해상도	물체의 상대적 위치 파악
다중 물체 추적	차량, 보행자, 자전거 운전자의 동시 추적 지원

이를 거리, 수평 위치, 속도 데이터와 결합하면, ADAS는 물체를 감지하고 도로 위의 파편, 장애물, 차량, 노면, 보행자뿐만 아니라 차량 옆에 쪼그려 앉아 타이어를 교체하는 사람까지 구분해낼 수 있습니다. 이러한 감지 기능은 차량 주변 물체에 대한 고해상도 시각 이미지([그림 1](#))를 생성합니다.

4D 이미징 레이더는 물체 감지 거리를 확장할 뿐만 아니라 정확도 또한 향상시킵니다. Lidar나 카메라와 달리, 4D 이미징 레이더는 전파를 사용하여 물체의 위치, 속도, 형상을 파악함으로써 주변 환경과 차량 상태를 모니터링하는 반사파 기반 측정 방식을 따릅니다. 전파는 파장이 길어 비, 안개, 먼지와 같은 입자를 통과할 수 있기 때문에, 시야 확보가 어려운 악조건 속에서도 4D 이미징 레이더는 Lidar나 카메라보다 뛰어난 성능을 발휘합니다.

또한 4D 이미징 레이더는 고해상도 매핑을 돋는 다중 입출력 안테나 어레이에서 데이터를 획득합니다. 많은 안테나가 주변 환경의 목표물로 신호를 전송하고 반사된 신호를 수신함으로써, 안테나 어레이는 환경 모델링과 물체 분류 능력을 개선하는 포인트 클라우드 데이터를 생성합니다.

#### 단일 칩 8x8 레이더 칩이 4D 레이더 설계를 단순화하는 방법

4D 이미징 레이더를 구현하는 것은 자동차 OEM(주문자 상표 부착 생산) 업체들에게 상당한 도전 과제입니다. 기존의 레이더 시스템은 고해상도 이미징에 필요한 안테나 배열 크기와 채널 수를 확보하기 위해 여러 개의 칩을 직렬로 연결(캐스케이딩)해야 하는 경우가 많았습니다. 이는 시스템 복잡성, 전력 소모 및 비용을 증가시키는 요인이 됩니다. 이러한 통합 방식은 더 많은 열 관리 대책과 더 넓은 인쇄 회로 기판 면적을 요구하며, 결과적으로 차량 설계와 제조 과정을 복잡하게 만듭니다.

예를 들어, 4x4 트랜시버를 사용하여 8x8 구성을 구현하려면 두 개의 4x4 트랜시버를 직렬로 연결해야 할 뿐만 아니라 PMIC 와 추가 주변 장치, 그리고 두 개의 IC를 연결할 더 큰 회로 기판이 필요합니다. 이는 전체 시스템의 복잡도와 전력 소모, 비용을 모두 높이게 됩니다. 반면, 단일 칩 [AWR2188](#) 트랜시버는 그 자체만으로도 이러한 구성을 가능하게 합니다. 또한 단 네 개의 8x8 장치만 연결해도 최대 32x32 구성까지 확장할 수 있어 시스템 복잡성을 획기적으로 줄여줍니다.

[그림 2](#)에서는 AWR2188 트랜시버가 8x8 구성에서 시작해 16x16, 24x24, 그리고 32x32 구성까지 캐스케이딩할 수 있는 방법을 보여줍니다. 이러한 높은 수준의 확장성 덕분에 티어 1 자동차 공급업체와 OEM은 더 향상된 기능과 더 높은 수준의 자율주행을 원하는 소비자들의 요구를 충족할 수 있습니다.

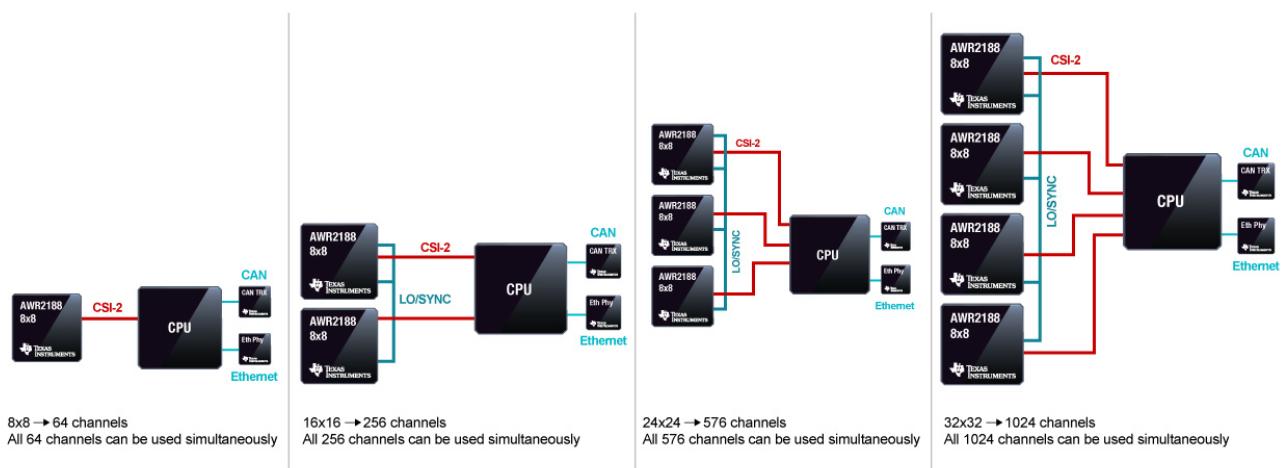


그림 2. AWR2188 4D 레이더 트랜시버를 사용한 8x8~32x32 캐스케이드형 구성

이 장치들을 캐스케이딩하면 설계자는 350미터 이상의 거리에서도 더 높은 성능과 정밀한 장거리 물체 감지를 구현할 수 있습니다(그림 3 참조). 동시에, 경제적인 단독형 구현부터 프리미엄급 레이더 시스템에 이르기까지 확장 가능한 개발 경로를 확보할 수 있습니다.

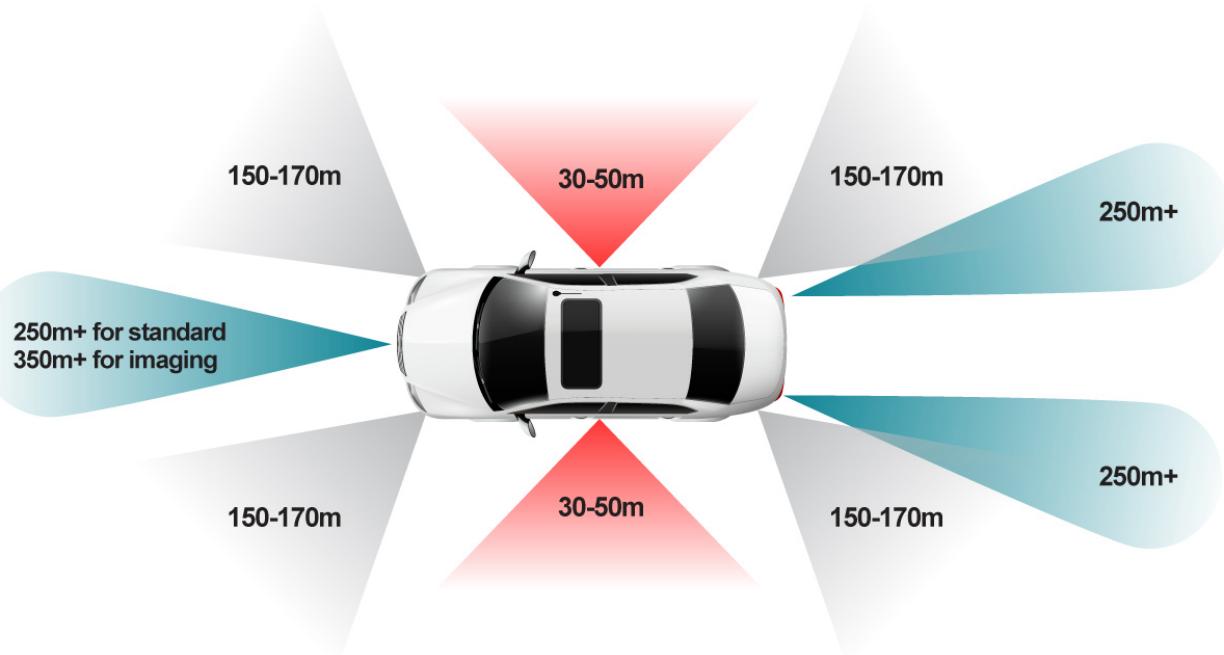


그림 3. 처리 범위를 높이는 4D 이미징 레이더

## 단일 칩, 8x8 레이더 트랜시버가 위성 레이더 아키텍처를 지원하는 방법

정교한 ADAS 기능을 지원하기 위해, 자동차 레이더는 각 센서에서 데이터를 처리하던 전통적인 '에지 레이더' 방식에서 차량 주변의 레이더 트랜시버가 로우 데이터를 전송하면 이를 중앙 ECU(전자 제어 장치)에서 통합 처리하는 '위성 레이더 아키텍처'로 진화하고 있습니다.

위성 아키텍처의 분산형 구성을 통해, 중앙 ECU는 데이터를 각 센서에서 개별 처리하는 대신 통합 관리함으로써, 탐지 공백을 최소화하고 차량 주변의 포괄적인 환경 뷰를 더욱 쉽게 구축할 수 있습니다.

또한 위성 아키텍처에서 ECU는 더 높은 수준의 컴퓨팅 리소스를 활용해 지역 시간을 최소화하여 차량이 센서 데이터에 더 빠르게 반응할 수 있게 합니다.

최신 센서 통합 기술은 인공 지능과 머신 러닝 프레임워크를 점점 더 많이 사용하고 있습니다. 시스템 성능을 높이기 위해 이 미지 시스템과 레이더 센서 등 다양한 입력 소스의 데이터를 최소한만 가공된 상태나 원시 센서 입력 그대로 결합하기 때문입니다. 필터링되지 않은 데이터 스트림을 CPU로 전송하는 방식은 전통적인 방식으로는 달성하기 힘든 유연성을 제공하며, 소프트웨어 기반의 제품 차별화를 가능하게 합니다.

AWR2188은 두 가지 아키텍처를 모두 지원하며, 업계 선두적인 프로세서에 에코시스템과 통합되도록 설계되었습니다. 이를 통해 설계자는 더 높은 수준의 자율주행을 설계할 때 위성 레이더 방식을 더욱 쉽게 도입할 수 있습니다. [그림 4](#)은 AWR2188 센서를 사용하는 위성 아키텍처의 블록 다이어그램입니다.

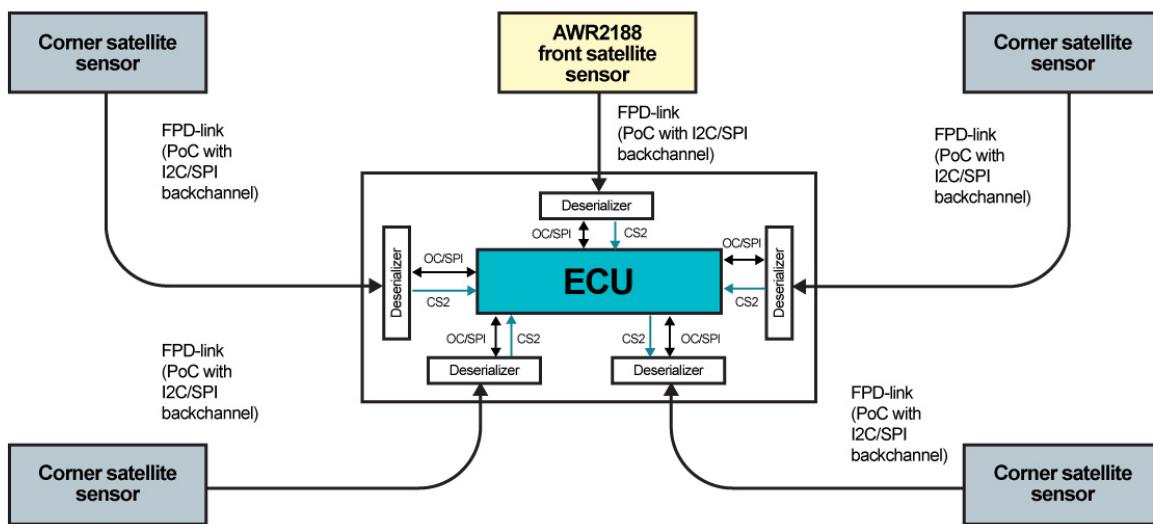


그림 4. 위성 레이더 아키텍처의 블록 다이어그램

## 결론

세상을 바라보는 시야를 강화함으로써, 우리는 더욱 민첩하고 안전한 자율주행의 미래를 향해 한 걸음 더 나아갈 수 있습니다. 현대의 차량들은 주변 환경을 더 정확하게 이해하기 위해 다양한 감지 방식을 조합하여 ADAS 기능을 강화합니다.

AWR2188과 같은 4D 이미징 레이더 트랜시버는 개별 센서 처리 방식에서 중앙 통합형 위성 레이더 방식으로의 진화를 뒷받침하는 데 필요한 RF 성능, 채널 수, 그리고 캐스케이드 확장성을 제공합니다.

## 추가 리소스

- 설계 가이드: "차량용 전방 레이더를 위한 단일 칩 mmWave 스트리밍 레이더 레퍼런스 설계"로 시작하십시오.
- 기술 문서: "[새롭게 등장하는 자동차 레이더 위성 아키텍처를 맞이할 준비가 되셨습니까?](#)"에서 위성 아키텍처에 대해 자세히 알아보십시오.

## 상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [TI의 판매 약관](#), [TI의 일반 품질 지침](#) 또는 [ti.com](#)이나 해당 TI 제품과 함께 제공되는 기타 조건의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다. TI가 명시적으로 제품을 사용자 정의 또는 고객 정의용으로 지정하지 않는 한, TI 제품은 범용의 표준 카탈로그 장치입니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 어떠한 추가적이거나 상이한 조건도 반대하며 이를 거부합니다.

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

최종 업데이트: 2025/10/25

## **IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER**

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025