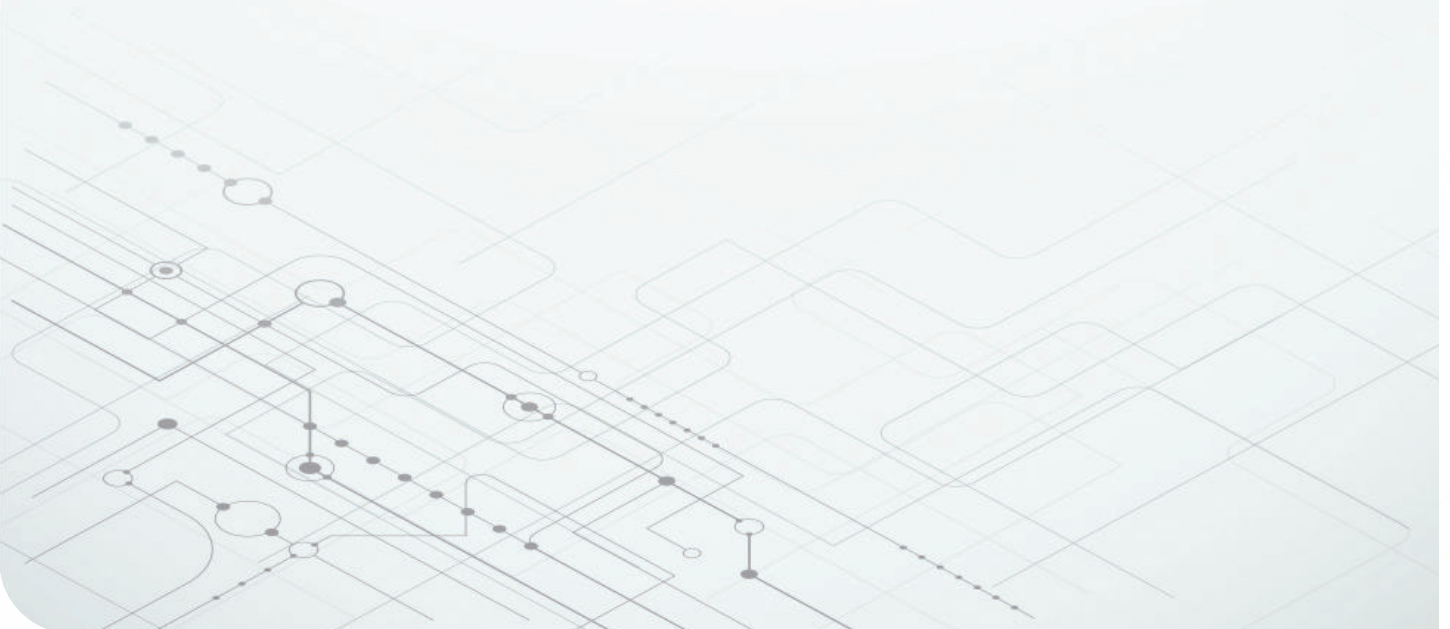


# 감지에서 의사 결정까지: 차세대 ADAS의 내부 살펴보기



**Taylor Gage**  
Systems Engineer  
Automotive ADAS



# 한눈에 보기



1

## 센서 융합

레이더, LiDAR, 카메라의 통합은 실제 환경에서 안전한 ADAS 작동에 필요한 이중화 및 교차 검증 기능을 제공합니다.



2

## 엔드 투 엔드 ADAS

자율주행차의 성공은 ADAS(첨단 운전 보조 시스템)의 인지, 계산, 통신, 구동 제어 기술 간 시너지 효과에 달려 있습니다.



3

## 기반 인프라

반도체 기술의 발전은 시스템 안정성과 레벨 3을 넘어서는 자율주행 단계로의 확장 가능성을 결정합니다.

## 소개

차량 자율성은 대부분의 사람들이 예상했던 것보다 더 빠르게 발전했지만, 기본적인 기술 개선을 위해 필요한 엔지니어링 과제가 함께 증가했습니다. 센서를 더 추가하거나 컴퓨팅 성능을 높이는 것만으로는 차량을 다음 SAE 수준으로 끌어올릴 수 없습니다. 차량은 주변 환경에 대한 지속적이고 정확한 감지 데이터를 보유해야 하며, 이를 통해 안개, 폭우, 눈부심 또는 도로 이물질과 같은 악조건에서도 복잡한 상황을 처리하고 밀리초 단위로 조치를 취할 수 있어야 합니다.

새롭게 등장하는 정부 및 업계 규정은 보다 엄격한 안전 인증, 신뢰성, 비용 제약을 동반하며, 설계 결정을 지속적으로 좌우하고 있습니다. 자동차 제조업체의 진짜 과제는 감지한 상황을 밀리초 내에 안전하고 안정적으로 의사 결정으로 전환하는 완전한 엔드 투 엔드 ADAS 플랫폼을 설계하는 것입니다. 이러한 똑똑하고 자율적인 차량의 성공은 개별 시스템이 얼마나 발전했는지에 달려 있는 것이 아니라, 이러한 모든 시스템이 얼마나 원활하게 함께 작동하는지에 달려 있습니다.

## 작용하는 요인

고급 차량에만 탑재되었던 운전자 보조 기능이 이제 오늘날의 운전자에게 표준으로 제공됩니다. 소비자의 기대로 인해 시장이 SAE J3016 레벨 2 자율 주행에 확고히 자리 잡았으며, 차선 유지 보조와 어댑티브 크루즈 컨트롤이 표준 기능으로 요구되고 있습니다. 자동 주차와 고속도로 자율 주행 역시 중급 및 엔트리급 차량으로 확산되고 있습니다. 대부분의 자동차 제조업체에서 레벨 2 자율 주행 이상이 시작점이 되었습니다.

정부 규제 역시 차량 안전을 개선하기 위해 첨단 기술의 개발 및 채택을 주도하고 있습니다. 이제 요구 사항에는 도로에 주의를 기울이기 위한 운전자 모니터링, 충돌 방지를 위한 자동 긴급 제동, 사각지대 감지, 어린이가 방치된 차량에 남겨지지 않도록 하기 위한 재실 모니터링이 포함됩니다. 특정 요구 사항은 지역에 따라 다르지만 미국 도로교통 안전국(National Highway Traffic Safety Administration)에서 유럽연합 집행위원회, 중국 산업정보 기술부에 이르기까지 전 세계의 관리 기관은 운전자, 승객 및 취약한 도로 사용자의 안전을 유지하는 동일한 목표를 공유합니다.

이러한 과제를 해결하고 전 세계적으로 안전하고 신뢰할 수 있는 자율 주행 차량을 제공하려면 자동차 제조업체가 다음 네 가지 영역에서 혁신을 주도해야 합니다.

- 인식 - 시스템이 환경을 포착하고 해석합니다.
- 계산 - 처리된 데이터로 실시간 주행 결정을 내립니다.
- 통신 - 차량 간에 대량의 원시 데이터 및 처리된 데이터가 전송됩니다.
- 응답 - 와이어 제어 같은 지능형 새시 시스템이 의사 결정을 밀리초 시간 내에 행동으로 변환합니다.

## 인식: 환경 이해

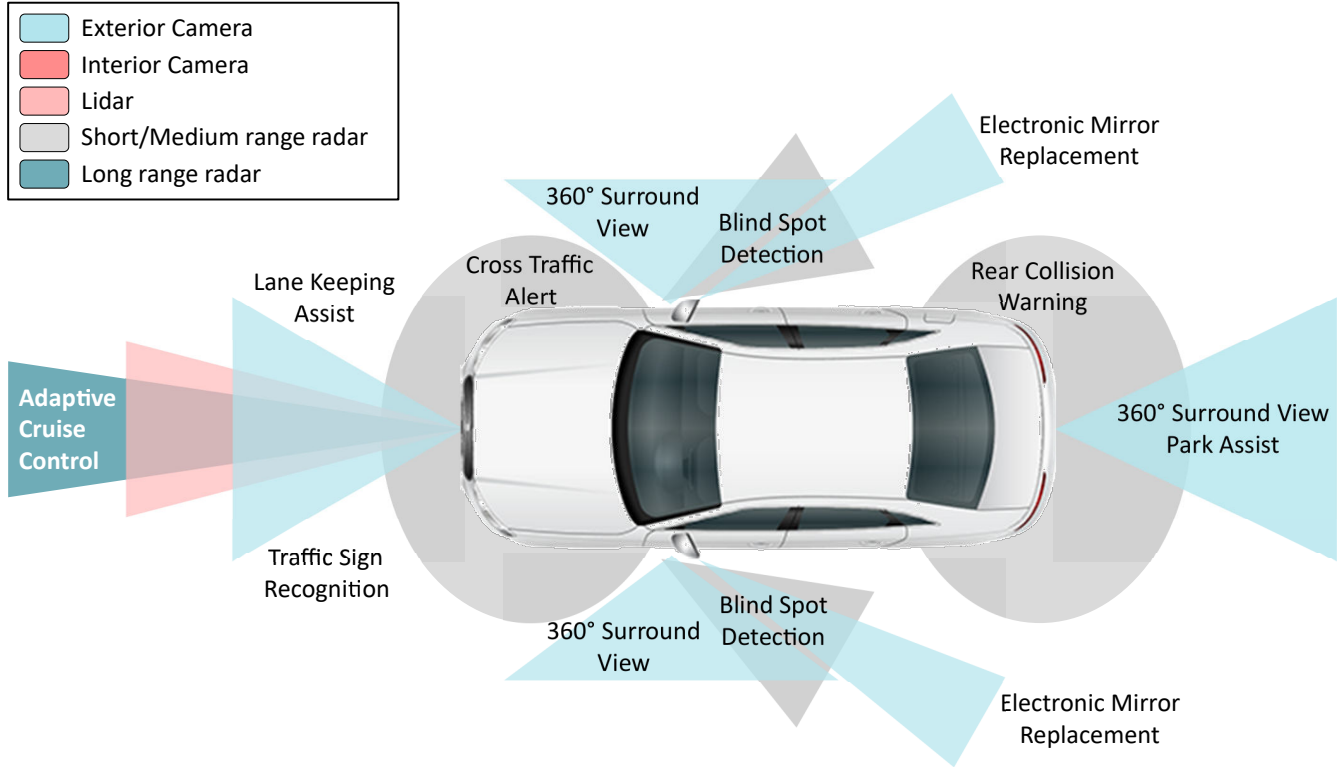


그림 1. 센서 유형별 차량 감지 범위

항상 차량 환경을 완벽하게 이해하는 것은 ADAS 설계에서 가장 큰 엔지니어링 도전 과제 중 하나입니다. 간단하게 보일 수 있는 것도 빠르게 주요 병목 지점이 될 수 있습니다. 그림 1에는 각 센서의 일반적인 차량 주변 감지 범위가 나와 있습니다. 각 유형의 센서에는 고유한 장점과 약점이 있으며, 단일 센서 유형만으로는 차량 주변 환경에 대한 포괄적인 시야를 제공할 수 없습니다.

### ADAS 설계를 위한 센서 고려 사항

**레이더**는 FMCW(주파수 변조 연속파) 측정을 통해 거리 및 속도 감지에서 뛰어난 성능을 발휘하여 안개, 비 또는 저조도에도 불구하고 환경 조건과 무관하게 이 정보를 제공합니다. 고해상도 밀리미터파(mmWave) 레이더 센서는 300m를 초과하는 거리에서 정확도를 지속적으로 향상하여 차량이 개체를 더 빨리 감지할 수 있도록 지원합니다.

기존에 레이더가 한계를 드러낸 부분은 저해상도 및 높은 동적 범위 환경에서의 물체 분류입니다. 그러나 **첨단 4D 이미징 레이더**는 이러한 격차를 해소하여, 이전에는 표준 mmWave 레이더로 달성할 수 없었던 보다 정확한 물체 분

류와 높이 감지가 가능합니다. 이러한 발전에도 불구하고 레이더만으로는 카메라가 제공하는 색상, 텍스트, 물체 분류 정보의 풍부함에 필적할 수 없습니다.

**LiDAR**는 특히 장거리 해상도에서 보완적인 이점을 제공합니다. 기존 LiDAR 시스템은 근적외선을 활용한 비행 시간 측정으로 차량 주변 환경에 대한 상세한 3D 지도를 구축하고 물체의 거리, 모양, 상대 위치를 수집합니다. 이는 도로에서 장애물을 감지해 우회 주행하거나 민감한 지형 주변에서 정밀하게 기동하는 등 복잡한 상황을 주행할 때 중요한 데이터입니다.

장거리 시나리오에서 스캐닝 LiDAR는 모터 구동 미러에 의존하여 기계적 스트레스를 유발하고 작동 수명을 단축하긴 하지만, 낮은 전력 소비량과 눈 안전의 이점이 있습니다. 단거리 시나리오의 경우, 플래시 LiDAR는 움직이는 부품 없이, 대신 어레이의 모든 레이저를 동시에 트리거하여 하나의 프레임으로 전체 장면을 캡처함으로써 빠르게 채택되고 있습니다.

플래시 LiDAR 시스템은 스캐닝 제품보다 더 작고 구현하기가 쉽지만, 눈 안전 요구 사항을 준수하는 데 필요한 레이저 전력 출력 수준을 고려할 때 장거리 애플리케이션을 지원할 수 없습니다. 안개나 눈 같은 악천후는 여전히 LiDAR에는 어려운 과제이지만, **레이저 펄스 LiDAR 리시버 기술**의 발전으로 이러한 조건에서도 성능이 향상되고 있습니다. 엔지니어들은 FMCW 레이저 변조를 차량용 LiDAR에 도입하여 안정성을 높이고 필요한 조리개 크기를 줄이고 물체 속도 데이터를 추가하기 위해 노력하고 있습니다.

**카메라**는 세 가지 감지 방식을 완성하며, 레이더와 LiDAR가 따라갈 수 없는 색상, 텍스트, 풍부한 물체 분류 데이터를 제공합니다. 카메라는 도로 표지판, 신호등 및 보행자를 정확하게 식별합니다. 도로의 차선 표시는 2차원적이고 레이더 또는 LiDAR를 사용하여 감지할 수 없기 때문에 차선 유지 지원과 같은 기능은 카메라 기반 시스템에 전적으로 의존합니다. 다만 카메라는 세 가지 방식 중 환경 조건에 가장 취약합니다. 저조도 상태, 밝은 조명으로 인한 눈부심, 렌즈의 진흙과 같은 이물질로 인해 카메라 시스템이 사실상 무용지물이 될 수 있습니다.

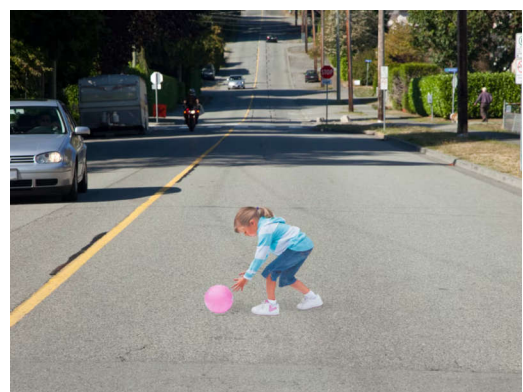
**센서 융합**. 각 감지 방식에는 탁월함이 발휘되는 상황과 한계가 드러나는 환경이 있습니다. 따라서 자동차 제조업체는 하나의 유형에만 의존하지 않고 두 개 이상의 방식을 결합한 센서 융합을 통해 더 높은 수준의 자율성을 추구해 왔습니다. 예를 들어 물체 감지를 위한 레이더와 물체 분류를 위한 카메라를 결합하면 교차 센서 검증과 합의 기반 의사 결정을 통해 감지 정확도가 향상됩니다. 또한 여러 센서 유형은 안전성을 높이기 위해 이중화를 제공합니다. 조도 조건이 좋지 않아 카메라가 사물을 제대로 볼 수 없는 경우, 레이더 또는 LiDAR 시스템이 차량의 안전한 주행에 필요한 시야 범위를 보완할 수 있습니다. 가용 센서 방식의 데이터를 융합하면 색상 인식, 고해상도, 물체 속도 데이터, 그리고 악천후에 대한 안정성이라는 개별 강점을 결합할 수 있습니다.

### 물체를 정확하게 식별하기 위한 센서 융합 적용

센서 융합은 악천후와 조명 이상의 문제를 해결합니다. 예를 들어, 브리티시 컬럼비아 전역의 지방 자치 단체는 **그림 2**에 나와 있는 것처럼 'Pavement Patty'라는 착시를 구현했습니다.

운전자를 놀라게 하고 속도를 늦추도록 설계된 이 보도 예술은 도로 한가운데에서 아이가 공을 쫓는 모습이 나타나도록 합니다. 실제로 비스듬하게 부착된 8피트의 비닐 스티커는 사람의 눈에 3D 착시를 만듭니다. 문제는 이 착시가 카메라 시스템도 속인다는 것입니다. 이미지 데이터에만 의존하는 자율 주행 차량이라면, 어린이가 차량 앞에서 달리고 있는 것으로 잘못 판단해 급제동을 하거나 마주 오는 차선으로 진입하는 등의 극단적인 조치를 취할 수 있습니다. 물체 분류는 이미지 센서의 강점이지만, 물체 감지는 이미지 센서의 강점이 아니기 때문에, 차량에 레이더 또는 LiDAR 센서를 추가하여 이러한 혼란을 방지할 수 있습니다. 이제 카메라가 도로에 물체나 사람이 보인다는 신호를 보내면, 이 정보를 물체 감지가 강점인 센서를 기준으로 확인할 수 있습니다. 이런 일이 발생하면 레이더 또는 LiDAR 시스템이 전방 도로에 위험이 없음을 정확하게 식별할 것이며, 전체 ADAS 시스템은 카메라가 존재하지 않는 위험을 감지하고 있다고 판단하여 위험한 기동을 피할 수 있습니다.

이와 같은 착시는 인간 운전자가 주의를 기울이고 안전하게 운전하도록 유도하기 위한 것이지만, 이미 제한 속도를 준수하고 주변 환경을 지속적으로 모니터링하는 자율 주행 차량에는 실제로 존재하지 않는 위험에 대응하게 만들어 새로운 어려움을 야기합니다. Pavement Patty는 모든 감지 방식에는 맹점이 있다는 사실을 드러내는 흥미로운 사례입니다. 레이더, LiDAR 및 카메라 센서 데이터를 융합하면 더 높은 수준의 자율성을 안전하게 달성하고 이와 같은 모호한 상황을 방지하는 데 필요한 이중화 및 교차 검증이 가능합니다.



**그림 2.** 캐나다 밴쿠버의 Pavement Patty 3D 착시

## 계산: 인식 데이터를 운전 결정으로 전환

환경 데이터를 인식하는 것은 자율 주행 차량 운행의 첫 번째 단계에 불과합니다. 차량은 이러한 데이터를 주변 환경의 포괄적인 이미지로 변환하고 밀리초 이내에 실시간 결정을 내려야 합니다. 오늘날 많은 차량 아키텍처에서 특정 애플리케이션의 데이터 처리는 센서 자체에서 이루어집니다. 예를 들어, 장거리 전방 레이더가 적응형 크루즈 컨트롤에 대한 유일한 입력이 될 수 있습니다. 자율 주행이 발전하고 센서 융합이 증가함에 따라 처리는 에지에서 중앙 집중식 아키텍처로 전환되고 있습니다.

중앙 집중식 컴퓨팅 장치는 처리 효율성 향상, 소프트웨어 업데이트 배포 간소화, 기능 확장성 향상 등 여러 이점을 제공합니다. 에지에서 센서를 교체할 때 더 이상 전자 제어 장치 전체를 바꾸거나 소프트웨어를 전면 개편할 필요가 없기 때문입니다.

센서 융합 애플리케이션과 자동화된 의사 결정에는 신경 처리 장치, 비전 DSP(디지털 신호 프로세서), 레이더 고속 푸리에 변환 가속기 등의 특수 계산 가속이 필요하며, 이는 모두 도로에서 복잡한 실시간 결정을 유도하는 ML(머신 러닝) 및 예측형 AI(인공 지능) 네트워크를 만드는 데 도움이 됩니다. 텍사스 인스트루먼트의 **TDA5** 운전자 보조 시스템은 칩은 여러 컴퓨팅 도메인을 통합하여 센서 처리, 실시간 제어 및 ML을 하나의 패키지로 제공합니다. 또한 레퍼런스 설계 및 소프트웨어는 엔지니어가 개발 일정을 단축하고 더 빠르게 생산에 도입할 수 있도록 지원합니다.

## 통신: 차량의 중추

안정적인 감지와 고성능 계산 기능이 중요하다고 하더라도 고대역폭, 낮은 지연 시간, 장거리 통신 시스템의 네트워크가 없다면 이 기능들은 고립된 상태로 유지됩니다. **그림 3**에 나와 있는 것처럼 다양한 통신 프로토콜은 각각 특정 데이터 입력 유형에 맞게, 그리고 임무 요구 사항을 지원하도록 맞춤화되어 차량 전반의 시스템을 연결합니다.

카메라와 같이 데이터 밀도가 높은 고속 애플리케이션이 컴퓨팅 장치에 도달하려면 10m 이상의 케이블이 필요합니다. **SerDes(시리얼라이저 및 디시리얼라이저)**는 데이터 전송을 위한 비대칭 파이프라인을 제공하며 순방향 채널 속도가 7Gbps 이상에 달합니다. 또한 양방향 통신을 위해 SPI(직렬 주변 기기 인터페이스) 또는 I<sup>2</sup>C(inter-integrated circuit)와 같은 저속 백채널 프로토콜을 사용합니다.

기존에 SerDes 기술은 카메라 애플리케이션에만 사용되었습니다. 그러나 레이더 및 LiDAR 시스템 기술이 점차 발전하면서 원시 데이터를 중앙 컴퓨팅 장치로 직접 전송하는 스트리밍 아키텍처가 등장했고, 이러한 아키텍처 역시 SerDes의 고속 성능을 필요로 합니다. 이러한 애플리케이션이 확장됨에 따라, 레이더 또는 LiDAR 간섭을 방지하고 센서 간 매우 긴밀한 시간 결합에 의존하는 고해상도 캐스케이드 레이더 구성을 구현하기 위해 시간 동기화가 필수적입니다. 구체적인 예시는 **차량용 전방 레이더를 위한 단일 칩 mmWave 스트리밍 레이더 레퍼런스 설계**를 참조하십시오.

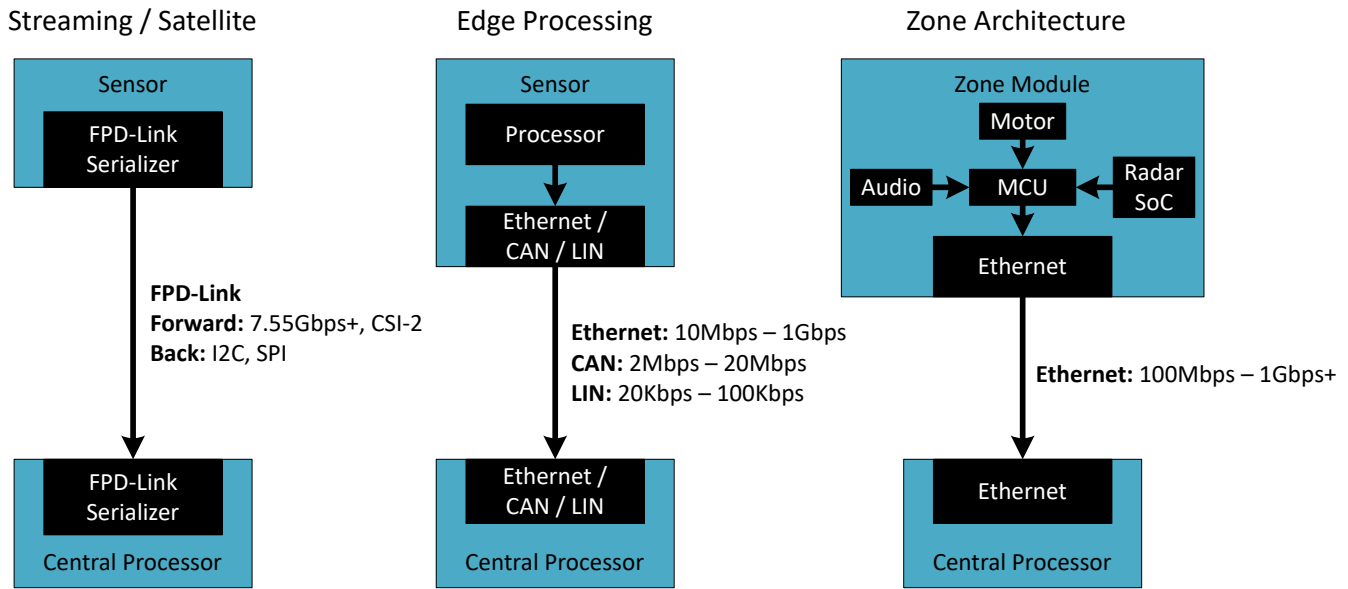


그림 3. 다양한 차량 아키텍처를 지원하는 다양한 네트워킹 프로토콜 및 대역폭 다이어그램

SerDes 외에도 **차량용 이더넷**은 차량 내 네트워킹을 위한 신뢰할 수 있는 프로토콜로 부상했습니다. 이더넷은 도메인 컨트롤러를 연결하고 분산 처리 및 영역 아키텍처를 지원합니다. 별도의 컴퓨팅 유닛이 필요한 ADAS 및 인포테인먼트 애플리케이션의 경우, 이더넷은 증가하는 사이버 보안 요구 사항을 충족하기 위해 MACsec(미디어 액세스 제어 보안)과 같은 통합 보안 기능이 포함된 장거리 양방향 신호 체인을 제공합니다.

또한 이더넷은 정밀한 시간 동기화를 지원하여 차량 전체에서 데이터와 의사 결정을 일관되게 유지합니다. 영역 아키텍처에서 이더넷은 코너 레이더, 시트 모터 제어, 오디오 신호와 같은 여러 데이터 소스를 CAN(컨트롤러 영역 네트워크) 및 LIN(로컬 상호 연결 네트워크) 같은 기존 프로토콜과 함께 하나의 출력으로 통합하여 중앙 컴퓨팅 장치로 전송함으로써 배선 비용과 복잡성을 줄입니다. 10BASE-T1S와 같은 표준은 이더넷 연결을 영역 내의 낮은 대역폭 엔드 노드로 확장하여 배선을 더욱 간소화하고 비용을 절감합니다. 이 영역 네트워킹 아키텍처는 생산 이후에도 OTA(Over-the-Air) 업데이트로 새로운 기능과 성능을 차량에 전송하는 소프트웨어 정의 차량을 직접 지원하여, 비용이 많이 드는 하드웨어 개정의 필요성을 줄여줍니다. 이 주제에 대한 자세한 내용은 **“이더넷이 소프트웨어 정의 차량으로의 전환을 가속화하는 방법”** 문서를 참조하십시오.

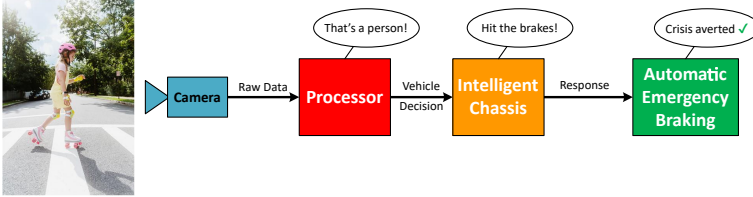
영역 아키텍처 및 스트리밍 ADAS 센서는 이더넷 및 SerDes의 필요성을 견인하지만, CAN 및 LIN은 시트 모터, 후처리된 레이더 데이터, 조명을 포함한 차량 전체의 제어 시스템에 여전히 필수적인 요소로 남아 있습니다. ADAS 감지 또는 파워트레인과 같은 고성능 애플리케이션의 경우 CAN FD(CAN 유연한 데이터 전송률)는 양방향 명령을 위한 멀티 커맨더 토폴로지를 제공합니다. 또한 난방, 환기, 공조 및 시트 모터와 같은 단순한 애플리케이션의 경우, CAN FD Light는 고정 비트 레이트와 단일 커맨더 토폴로지를 제공하여 엔드 노드와 영역 컨트롤러의 비용과 복잡성을 줄입니다.

차량 자율성이 증가하고 아키텍처가 발전함에 따라 설계자는 정밀한 시간 동기화, 기능 안전, 사이버 보안 보호를 지원하는 유연한 네트워킹 옵션이 필요합니다.

### 응답: 데이터를 행동으로 전환

감지와 컴퓨팅은 중요하지만 행동이 없으면 아무 의미가 없습니다. 보다 포괄적인 데이터, 첨단 컴퓨팅, 그리고 보다 빠른 통신은 자율 주행 차량 운영의 마지막 단계인 차량 행동 단계로 수렴하고 있습니다. **지능형 새시 시스템**은 운전자 보조 결정을 정밀한 물리적 응답으로 변환하는 중요한 작동 계층을 추가하고, 와이어 제어 기술을 통해 밀리초 시간 내에 탁월한 제어 정밀도와 성능을 제공합니다.

이러한 시스템이 보다 정교해짐에 따라, 예측 기능은 검증된 실제 데이터를 활용하여 반응 시간을 줄여 위험을 즉시 방지하고 운전자가 위험을 인지하기 전에 승객과 보행자를 보호할 것입니다. **그림 4**은(는) 이러한 프로세스의 예시입니다.



**그림 4.** 감지에서 의사 결정에 이르는 순서도

### 숨겨진 구현 도구: 모든 것을 가능하게 하는 IC 기술

가장 진보된 ADAS 플랫폼도 차량 전반의 모든 시스템을 지원하는 아날로그 반도체와 임베디드 프로세서에 의존합니다. 자율 주행과 관련한 폭넓은 논의에서 자주 간과되는 벌크 탄성과 및 **전력 관리 집적 회로(IC)**는 인식, 계산 및 네트워킹 전반에 걸쳐 시스템 성능을 향상시켜 이러한 시스템이 실제 조건에서 안정적으로 작동하도록 보장합니다. TI는 개별 애플리케이션뿐만 아니라 전체 차량 아키텍처를 염두에 두고 이러한 장치를 설계합니다.

### 결론: 더 높은 자율성으로 가는 길

다음 10년은 모든 계층의 자율 주행 차량 기술 분야에서 상당한 발전을 가져올 것입니다. FMCW LiDAR는 이미 정밀한 거리 측정 센서를 기반으로 더욱 정확한 속도와 방향 데이터를 제공할 것입니다. 보다 정교한 AI 모델은 복잡한 주행 환경과 오늘날의 시스템이 처리할 수 없는 작동 에지 사례를 해결할 것입니다. 또한 병목 현상이 하드웨어에서 소프트웨어로 전환됨에 따라 OTA 업데이트는 자동차 제조업체에 레벨 3 하드웨어를 기반으로 하는 SAE J3016 레벨 4 자율 주행으로 가는 길을 제공할 것입니다. 지능형 새시 시스템은 실시간 정보를 사용하여 데이터를 실제 동작으로 전환하고 더욱 부드럽고 반응성이 뛰어난 승차감을 제공합니다.

이러한 기술은 개념 단계를 훨씬 넘어섰습니다. 채택이 계속 확대되면서 비용이 낮아지고, 기존에는 비용 부담으로 적용이 어려웠던 설계에서도 더 높은 수준의 안전성을 구현할 수 있게 됩니다. 완전한 자율성을 실현하려면 차량의 모든 시스템 전반에 걸친 원활한 통합이 필요합니다. TI는 감지, 처리, 연결 및 작동 전반에 걸친 혁신을 주도함으로써 자동차 제조업체가 전 세계의 모든 도로에서 모든 운전자를 위한 더 안전하고 지능적인 차량을 만들 수 있도록 지원하고 있습니다.

### 작성자 소개

Taylor Gage는 카메라, 레이더, LiDAR 시스템 설계를 포함한 외부 감지를 전문으로 하는 TI의 차량용 ADAS 엔지니어링 및 마케팅 팀의 시스템 엔지니어입니다. Taylor는 FPD-Link 네트워킹과 TI의 레이더 포트폴리오에 대한 전문성을 활용하여, OEM 및 티어 1 공급업체가 자율 주행 기술을 발전시키고 더 안전한 차량을 개발할 수 있도록 지원합니다. Taylor는 텍사스 A&M에서 전기 공학 학사를 취득했으며 Southern Methodist University에서 MBA 과정을 밟고 있습니다.

**중요 알림:** 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 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](http://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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025