

## Technical Article

## 이더넷이 소프트웨어 정의 차량으로의 전환을 가속화하는 방법



Madison Ecklund, systems manager, Body Electronics & Lighting

영역 아키텍처와 이더넷은 차량 네트워킹의 미래를 나타냅니다. 차량의 새로운 기능과 함께 센서 및 액추에이터를 영역 제어 모듈로 통합하는 전환에는 고대역폭 및 저지연 차량 내 통신 네트워크가 필요합니다. 이더넷을 구현하는 영역 아키텍처는 소프트웨어 정의 차량의 성장 추세를 가능하게 합니다.

오늘날 대부분의 차량은 도메인 아키텍처라고 하는 유형의 배선 및 ECU(전자 제어 장치) 아키텍처를 사용하여 제작됩니다. 도메인 아키텍처는 차량 내 물리적 위치에 관계없이 특정 기능을 기반으로 ECU를 도메인별로 분류합니다.

영역 아키텍처는 도메인 아키텍처와 달리, [그림 1](#)에 나와 있는 것처럼 기능이 아닌 위치별로 통신, 전력 분배 및 부하 제어를 구성합니다. 영역 제어 모듈은 차량의 컴퓨팅 시스템과 스마트 센서 및 ECU와 같은 로컬 엣지 노드 사이의 네트워크 데이터를 전달합니다. 또한 차량의 케이블 연결을 줄이기 위해 영역 제어 모듈은 (반도체 스마트 퓨즈 기능을 구현하여) 여러 다양한 엣지 노드에 전력을 분배하고, 저수준 컴퓨팅을 처리하고, 모터 및 조명과 같은 로컬 부하를 구동합니다.

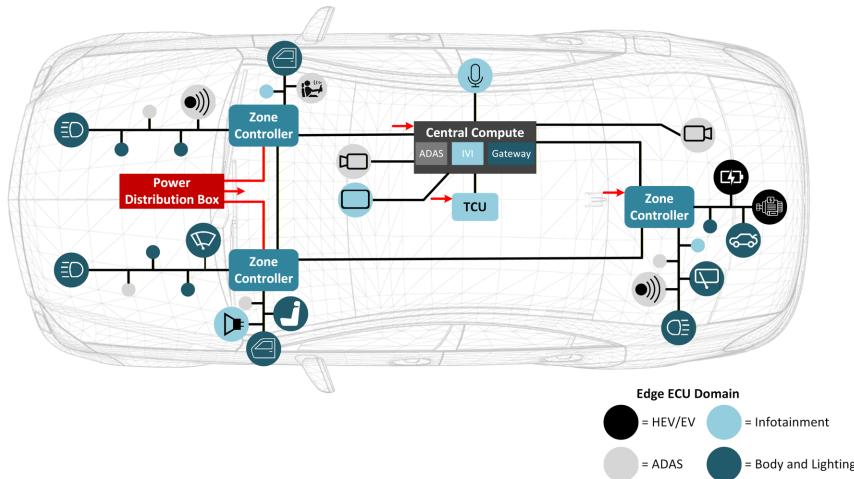


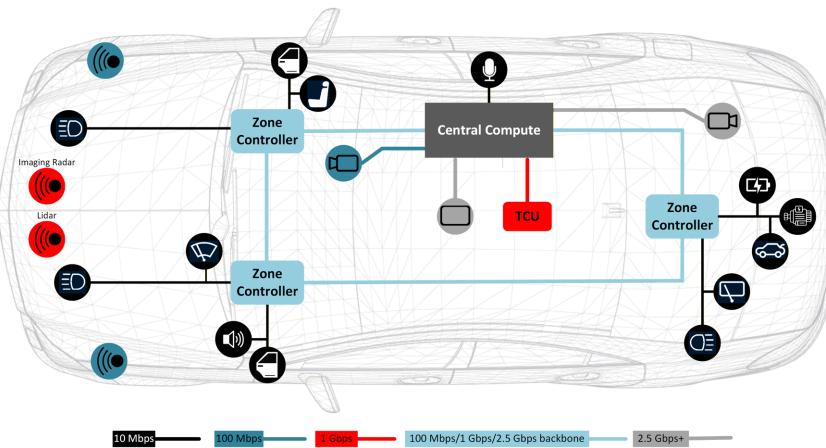
그림 1. 영역 아키텍처의 예

영역 제어 모듈은 엣지 노드 통신 네트워크를 통해 다양한 센서와 ECU에서 얻은 데이터를 전송하고, 결합된 센서 데이터를 백본 통신을 통해 중앙 컴퓨팅 시스템으로 전달합니다. 마찬가지로, 영역 제어 모듈은 중앙 컴퓨팅 시스템에서 백본 통신을 통해 수신한 데이터를 엣지 노드 통신 네트워크를 통해 다양한 액추에이터로 전송합니다. 중앙 컴퓨팅 시스템과 영역 제어 모듈 간의 이 양방향 통신에는 여러 ADAS(첨단 운전자 보조 시스템) 센서, 차량 모션 제어 및 적응형 주행 빔 같은 기능에서 생성되는 방대한 양의 데이터를 처리하기 위한 고대역폭 및 저지연 통신 백본이 필요합니다.

#### 영역 아키텍처의 대역폭 요구 사항

차량 내 이더넷 사용의 가치를 이해하기 위해 애플리케이션별 이더넷 사용 사례를 살펴보겠습니다. 새롭게 정의된 단일 페어 이더넷은 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.3cg(10Mbps), IEEE 802.3bw(100Mbps), IEEE 802.bu(1Gbps) 및 IEEE 802.3ch(10Gbps)를 통해 정의된 10Mbps~10Gbps의 속도를 지원합니다. 이러한 새로운 이더넷 기술은 단일 페어 케이블을 통해 작동하며, 최대 15m의 거리에서 통신할 수 있으며, 이는 차량에서 가장 긴 링크를 커버할 수 있을 만큼 충분히깁니다. 또한 이더넷은 IEEE 802.1AS 타임스탬프를 사용하여 센서 데이터의 시간 동기화를 활성화하여 지연 시간을 단축할 수 있습니다.

이더넷은 속도가 매우 빠르지만 이러한 속도가 모든 상황에서 필요하지는 않습니다. 예를 들어 도어 제어 모듈 또는 난방, 환기 및 에어컨 시스템과 통신하는 경우 100Mbps의 데이터 속도가 필요하지는 않습니다. [DP83TD555J-Q1](#)과 같은 10Mbps 이더넷 PHY 또는 CAN(컨트롤러 영역 네트워크)과 같은 대체 네트워크 프로토콜은 저속 및 저대역폭 집약적 사용 사례에 더 적합하며, 더 높은 속도는 영역 제어 모듈에서 중앙 컴퓨팅 시스템으로 집계 카메라 및 자율 주행 센서 데이터를 전송하는 데 사용됩니다. [그림 2](#)에서는 영역 아키텍처에서 다양한 속도의 이더넷을 사용하는 위치를 볼 수 있습니다.



**그림 2. 영역 아키텍처의 이더넷**

[그림 2](#)을(를) 사용하여 레이더, 라이다, 카메라 및 차체 애플리케이션에 사용되는 통신 속도를 자세히 살펴보겠습니다. 레이더 또는 라이다 SoC(시스템 온 칩)이 데이터를 처리할 경우, 일반적으로 CAN, 10Mbps 이더넷 또는 100Mbps 이더넷이 데이터를 영역 제어 모듈로 전송합니다. 1차 또는 2차 수준의 데이터 처리만 발생할 때는 100Mbps~1Gbps 이더넷이 레이더 및 라이다 데이터를 영역 모듈 또는 중앙 컴퓨터로 전달합니다. 처리를 위해 원시 라이다 또는 레이더 데이터를 중앙 컴퓨팅 시스템으로 전송하면 다양한 센서의 센서 융합을 통해 더 많은 정보를 추출할 수 있습니다. 이렇게 대량의 원시 데이터를 전송하려면 더 높은 대역폭이 필요하며, 일반적으로 SerDes(직렬/디시리얼라이저) 프로토콜 또는 2.5Gbps 이상의 이더넷이 필요합니다.

카메라의 경우 FPD(평면 패널 디스플레이)-Link와 같은 SerDes는 향상된 ADAS 데이터 수준에서 후처리를 위해 전방 카메라의 모든 원시 데이터가 필요할 때 가장 적절한 프로토콜입니다.

전방 카메라에서 데이터를 압축할 수 있고 이러한 향상된 수준의 ADAS 데이터가 필요하지 않은 경우 100Mbps 이더넷이 대안이 될 수 있습니다.

도어 핸들 센서, 윈도 리프트 제어 모듈, 사이드 미러 제어 모듈과 같은 차체 도메인 모듈은 전통적으로 CAN 및 LIN(로컬 상호 연결 네트워크) 프로토콜을 사용하여 통신합니다. 모두 고대역폭이 필요하지 않기 때문입니다. 설계자들은 CAN과 LIN을 계속 사용하겠지만, 차량에서의 이더넷 사용이 늘어남에 따라 10Mbps 10BASE-T1S 멀티드롭 이더넷의 활용 가능성도 생겨나고 있습니다. 이더넷은 전통적으로 포인트-투-포인트 토폴로지이지만 10BASE-T1S 이더넷은 버스 토폴로지를 통해 기능을 지원하는 최초의 이더넷 표준입니다.

## 영역 아키텍처의 멀티기기비트 이더넷

영역 아키텍처는 향후 어떻게 진화할까요? 이 진화는 우선 차체 도메인 데이터를 집계하고, 전력 분배를 통합하고, 컴퓨팅을 중앙 집중화하는 것부터 시작합니다. 시간이 지남에 따라 영역 아키텍처는 ADAS 및 인포테인먼트와 같은 다른 도메인에서 데이터를 집계하기 시작할 것입니다. 최종 목표는 모든 도메인을 영역 아키텍처에 통합하는 것입니다. 데이터가 속한 도메인에 관계없이 영역 제어 모듈과 중앙 컴퓨팅 시스템은 여전히 동일한 백본 통신 네트워크를 사용하여 데이터를 전송할 것입니다. 오디오는 오디오 비디오 브리징 표준을 사용하여 [이더넷을 통해 오디오 데이터를 전송](#)할 수 있기 때문에, 영역 제어 모듈로 전환할 주요 목표입니다.

차체 도메인 기능에는 일반적으로 10Mbps 이하가 필요합니다. 그러나 레이더, 라이다, 오디오 및 카메라와 같은 ADAS 또는 차량 내 인포테인먼트 기능이 영역 아키텍처에 통합됨에 따라 안전에 중요하고 시간에 민감한 센서 데이터의 양을 수용하기 위해 속도 및 대역폭 요구 사항이 증가하거나 이더넷 백본 토플로지가 스타에서 링으로 변경될 수 있습니다.

오디오는 채널당 약 1.5Mbps를 생성하고, 레이더 센서는 일반적으로 0.1Mbps~15Mbps를 생성합니다. 라이다는 20Mbps~100Mbps를 생성합니다. 카메라는 최대 500Mbps~3.5Gbps를 생성합니다. 오늘날의 차량에는 일반적으로 4~6개의 레이더 센서, 1~5개의 라이다 센서, 12~20개의 오디오 스피커, 12~16개의 오디오 마이크, 6~12개의 카메라가 있습니다. [표 1](#)에서 각 유형별로 생성된 데이터 범위를 볼 수 있습니다.

**표 1. 영역 아키텍처에서 생성되는 데이터**

유형	생성된 데이터	센서의 수량	낮음	중간	높음
오디오 스피커	1.5Mbps	12~20	3.2Mbps	24Mbps	30Mbps
오디오 마이크	1.5Mbps	12~16	3.2Mbps	21Mbps	24Mbps
레이더	0.1~15Mbps	4~6	0.4Mbps	35Mbps	90Mbps
라이다	20~100Mbps	1~5	20Mbps	100Mbps	500Mbps
카메라	500Mbps - 3.5Gbps	6~12	3Gbps	9Gbps	42Gbps

OEM(완성차 업체)에서 2.5Gbps, 5Gbps 및 10Gbps 이더넷의 수요를 충진하는 것은 바로 생성되는 총 데이터 양입니다. 영역 아키텍처에는 ADAS 센서에 의해 생성되는 방대한 양의 데이터를 중앙 컴퓨팅 시스템으로 전송할 수 있는 백본 통신 네트워크가 필요합니다. 압축되지 않은 카메라 데이터는 이미 현재 이더넷의 역량을 초과하며, 카메라는 해상도와 픽셀 수가 계속 증가하고 있습니다. 차량이 자율 주행으로 계속 나아가면서 센서 수는 증가할 것입니다. 따라서 카메라 해상도와 센서 증가를 지원하는 데 필요한 대역폭도 그에 따라 증가할 것입니다.

OEM이 요청하는 이더넷 속도가 서로 다른 이유는 서로 다른 기능을 영역 제어 모듈에 통합하기 위한 전환 일정이 다르기 때문일 가능성이 높습니다. 내부 스피커의 오디오 재생은 이더넷 백본에서 사용하도록 채택된 최초의 도메인 간 데이터 유형 중 하나입니다. 이는 20개의 오디오 스피커 채널이 약 30Mbps를 생성하므로, 상대적으로 데이터 생성이 적기 때문일 가능성이 높습니다. 기존의 100Mbps 또는 1Gbps 이더넷 백본은 오디오 재생 데이터의 추가를 쉽게 수용할 수 있습니다. 전체적으로, 영역 제어 모듈에서 데이터 기능이 많을수록 대역폭 요구 사항은 더 높아집니다.

이더넷을 영역 아키텍처의 백본으로 사용하면 차량이 인터넷 또는 원격 OEM 서버에 연결할 때 차량 내 네트워크를 통해 더 많은 데이터를 전송할 수 있습니다. 이를 통해 원격으로 수행된 FOTA(펌웨어 무선 연결) 업데이트를 통한 구독 기반 서비스 및 차량 진단이 가능합니다. FOTA 업데이트는 센서 및 액추에이터가 중앙 컴퓨팅 노드로부터 독립되어 있어 하드웨어 및 소프트웨어 업데이트 주기가 서로 다르게, 비동기적으로 작동할 수 있습니다. FOTA 업데이트는 새로운 모델을 기다리거나 차량을 입고하지 않고도 추가 기능과 안전성 개선 사항을 배포할 수 있습니다. OEM은 출시 후에도 차량에 추가 기능을 업데이트 할 수 있고 소비자는 펌웨어 업데이트를 위해 대리점을 방문하는 불편함을 덜 수 있으므로 OEM과 고객 모두에게 유익합니다.

## 영역 아키텍처의 PHY

이더넷은 고속 데이터를 전송하고 수신하기 위해 PHY를 사용해야 합니다. 차량용 이더넷 PHY는 불안정한 환경에서 신호 품질이 떨어지는 등 이더넷을 차량 배선 백본으로 사용할 때의 많은 문제를 해소합니다. TI(텍사스 인스트루먼트)의 이더넷 PHY는 AEC(Automotive Electronics Council)-Q100 등급 1 표준을 준수하여 -40°C~125°C의 다양한 온도에서 작동할 수 있습니다.

또한 이더넷 PHY는 이더넷 규정 준수 표준을 통과하여 차량 환경에서 작동하기 위한 전자기 호환성 및 전자기 간섭과 관련된 특정 상호 운용성 및 안정성 표준은 물론 Open Alliance TC1 및 TC12 표준에 명시된 IEEE 적합성을 충족해야 합니다.

PHY는 신호 품질 표시, 시간 영역 반사율 측정 및 정전기 방전 센서와 같은 고급 진단 기능을 통해 오류가 발생했을 때를 감지할 수 있고 이러한 오류를 식별하고 호스트 시스템이 사전에 대응할 수 있도록 합니다. 예를 들어 ESD(정전기 방전)가 발생하는 경우 PHY는 SoC 및 미디어 액세스 제어로 인터럽트 신호를 전송하여 이벤트를 알린 다음 시스템의 다른 부품을 확인합니다.

또한 이더넷 PHY는 Open Alliance TC10 사양의 활성화 및 절전 기술을 사용하여 단일 페어 이더넷 케이블을 통해 원격 ECU를 활성화할 수 있으므로 ECU를 절전 상태에서 깨우기 위해 별도의 회선이 필요하지 않습니다. 또한 사이버 공격이 차량용 네트워킹에 가장 큰 위협인 만큼, IEEE 802.1AE MACsec(Media Access Control Security)는 사이버 공격을 피하기 위해 네트워킹 ECU 인증을 활성화하고 데이터를 암호화/복호화하는 중요한 기술이 될 수 있습니다.

추가 이더넷 PHY는 다음과 같습니다.

- TI의 [DP83TC812-Q1](#), [DP83TC815-Q1](#) 및 [DP83TC814-Q1](#) 100BASE-T1 PHY에는 고급 차량에 적합한 차세대 기능이 있으며, 더 작은 [DP83TC813-Q1](#) 100BASE-T1 PHY에는 인쇄 회로 기판 공간이 제한적인 상황에서 매력적인 선택지가 될 수 있습니다. [DP83TG720-Q1](#) 및 [DP83TG721-Q1](#)은 영역 모듈을 중앙 컴퓨팅 시스템 및 텔레매틱스 제어 장치와 같은 데이터 집약적 기능에 연결할 수 있어, 와이어링 하네스의 대대적인 변경 없이도 최신 모델에 추가 기능을 포함할 수 있는 헤드룸을 남길 수 있습니다. 이러한 PHY를 결합하면 더욱 발전되고 유능한 차량이 도로에서 달릴 수 있는 길이 열립니다.
- TI의 단일 페어 이더넷 PHY 포트폴리오는 TI의 100BASE-T1 및 1000BASE-T1 PHY와 풋프린트 또는 편 대 편으로 호환되도록 설계되었습니다. 단일 보드 설계를 통해 향후 개발 시 하드웨어 변경 없이 기능 세트 또는 대역폭을 업그레이드할 수 있습니다. 이 접근 방식을 통해 개발 주기를 가속화하고, 다양한 OEM의 요구 사항을 충족하고, 출시 시간을 단축하여 R&D 비용을 절감할 수 있습니다.
- [DP83TD555J-Q1](#) 10BASE-T1S 직렬 주변 기기 인터페이스 MAC PHY는 기존 이더넷 백본 네트워크에 원활하게 통합되어 기존의 CAN/LIN 엣지 노드를 연결할 때 프로토콜 변환 게이트웨이와 그에 따른 지연 시간 및 처리 오버헤드를 제거합니다. PoDL(Power over Data Line)을 지원하는 이 장치는 단일 연선 케이블을 통해 전력과 10Mbps 데이터를 동시에 전송함으로써, 케이블 무게와 시스템 비용을 줄일 수 있습니다. 내장된 PHY 충돌 방지 기능은 각 네트워크 노드에 보장된 전송 기회를 통해 결정적인 일정 수립을 제공하여 예측 가능한 통신 타이밍을 보장합니다. 더 큰 이더넷 프레임 페이로드를 통해 차량 엣지에 있는 ECU에서 더 많은 양의 데이터와 더 다양한 유형의 데이터를 추출할 수 있어 실시간 성능을 유지하면서 고급 진단 및 OTA(무선) 업데이트를 용이하게 합니다.

## 결론

차량용 이더넷 기술의 발전으로 자동차 제조업체는 새로운 차량에 더 많은 기능과 성능을 제공할 수 있을 것입니다. 이더넷을 구현하는 영역 아키텍처는 차세대 자율 주행 기능을 지원하는 데이터 용량을 제공하여 소프트웨어 정의 차량으로의 전환을 가속화함으로써 도로에 더 안전하고 스마트한 차량이 달리게 하는 데 도움이 될 것입니다.

## 추가 리소스

- 시간에 민감한 네트워킹이 차량 네트워크의 안정성을 어떻게 높이는지 알아보려면 “[차량용 영역 아키텍처의 TSN: 이더넷 링 아키텍처 및 AVB 분산 오디오 지원](#)” 백서를 읽어보세요.
- 영역 아키텍처에 대한 개요를 더 보려면 “[영역 아키텍처가 완전한 소프트웨어 정의 차량을 위한 기반을 다지는 방법](#)” 백서를 참조하세요.
- Open Alliance TC10 사양에 대한 자세한 내용은 애플리케이션 노트, “[DP83TC812-Q1 TC10 시스템 타이밍 측정](#)”을 참조하세요.

## 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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025