



차량용 Ethernet 완벽 해부

차량용 Ethernet에 요구되는 차별화된 접근방식

차량용 Ethernet 은 CAN, LIN 및 FlexRay 에 비해 단순히 매우 높은 전송 속도만 자랑하는 버스가 아니다. 오히려 개발 및 테스트 부서들은 완전히 다른 네트워크 토폴로지로 인한 어려움에 직면하고 있다. 이것은 사고와 행동 방식에 있어 다른 접근방식을 요구한다. 본 기사에서는 새로운 차량용 Ethernet 인터페이스에 대한 예시를 바탕으로 개발자들이 직면하고 있는 구체적인 도전과제에 대하여 설명하였다. 또한, 새로운 제약 조건에서도 최적의 개발, 시뮬레이션 및 테스트 결과를 달성하기 위해 하드웨어와 소프트웨어를 구조화하고 이것이 상호작용하도록 만드는 방식에 관해서도 설명하였다.

자동차 산업에서 Ethernet 의 핵심적인 매력은 대역폭에서 상당한 이점을 제공한다는 점으로써, 이는 현재와 미래의 Ethernet 응용에 있어 점점 더 중요한 역할을 하게 될 것이다. 자율 주행을 위한 시스템과 운전자 지원 시스템(ADAS)은 카메라와 레이더 시스템이 획득한 주위 환경에 대한 최신 데이터를 필요로 한다. 이러한 환경과 그 밖의 영역에서는 높은 전송속도가 필요하다(예: 비디오 스트림 및 센서 데이터의 빠른 전송). 또한, 높은 대역폭의 시간 및 비용적 장점은 많은 수의 ECU 를 플래싱하는 작업에서도 유효하다. 차량용 Ethernet 에 대한 IEEE 표준인 100BASE-T1(Open Alliance BroadR-Reach)을 사용하여, 하나의 UTP(unshielded twisted pair) 케이블을 기반으로 쉽고 효율적인

비용으로 고속 네트워크를 실행할 수 있다. 이 시스템은 각 방향으로 동시에 100Mbit/s 의 총 데이터 전송속도로 데이터를 전송할 수 있다. Full-duplex 방식을 기반으로 총 200Mbit/s 의 전송 속도 또한 달성할 수 있다.

버스 시스템을 대신하는 1 대 1 연결 및 스위치 네트워크

하지만 이 넓은 대역폭이라는 장점은 자동차 산업의 패러다임 변화를 대가로 한다. 차량용 Ethernet 은 CAN, LIN 및 FlexRay 와 같은 버스 시스템의 토폴로지와는 크게 다르기 때문이다.

Ethernet 에는 다수의 ECU, 센서 및 액추에이터가 함께 연결되는 버스 컨덕터가 없다. 대신 스위치와 다수의 전기적 점대점(point-to-point) 연결로 되어있다. 이렇게 완전히 스위치를 기반으로 하는 네트워크에서 토폴로지, 즉 개별 노드의 레이아웃은 중요한 역할을 하며 특히 실시간 성능의 경우에 중요하다. AVB(Audio Video Bridging)와 TSN(Time Sensitive Networking)과 같은 기술은 스위치 및 ECU 에 영향을 끼치며, 앞으로 이것들은 데이터 패킷의 우선순위 선정이나 시간 동기(time synchronism)와 같은 기능으로 차량용 Ethernet 네트워크를 향상시킬 것이다.

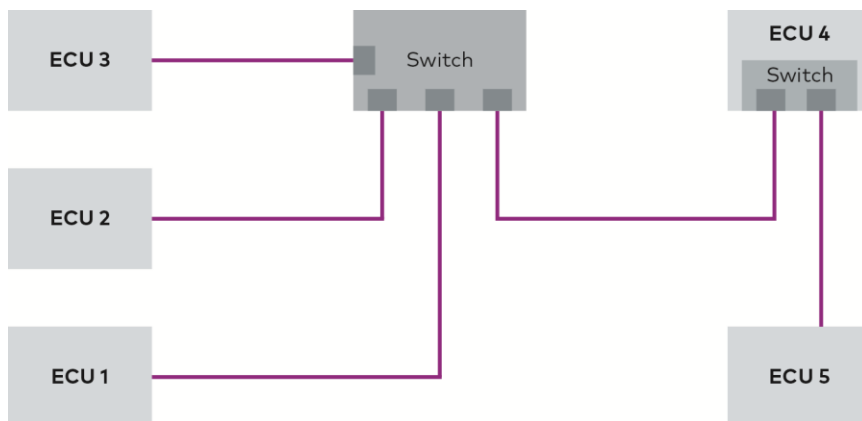
이 모든 것들은 복잡성을 크게 증가시키며 관련된 네트워크의 개발, 테스트 및 시뮬레이션에 영향을 끼친다. 테스트와 시뮬레이션 툴에 의한 편리한 네트워크 접속은 언제나 개발 과정에서 중요시되었으며, 차량용 Ethernet 도 예외는 아니다. 하지만 스위치 기반 네트워크(switched network)는 모든 신호와 메시지가 접근하거나 테스트 메시지를 전송할 수 있는 하나의 버스가 되기엔 부족하다. 이것은 다음과 같은 질문으로 이어진다. 과연 인터페이스 하드웨어 디바이스가 현재와 미래의 요구조건들을 충족시키기 위해 제공해야 하는 성능과 특성들은 무엇일까?

실제로 네트워크에 영향을 끼치지 않는 측정은 불가능하다.

차량용 Ethernet 인터페이스의 기본 요구조건은 다른 통신 시스템의 요구조건과 실제로 다르지 않다. 견고한 하우징, 다수의 플러그-인 사이클을 위해 설계된 신뢰성 높은 플러그 커넥터 및 넓은

온도 범위를 지닌 하드웨어는 실험실용으로는 차량 내 응용 모두에 적합하다. 소프트웨어 툴은 광범위한 네트워크 접속을 요구한다. 즉, 인터페이스는 수동적 읽기와 능동적 쓰기 접근이 가능해야 한다. 이러한 모든 활동에 중요한 것은 당연히 고도로 정밀한 타임스탬프와 멀티버스 환경에서 다른 인터페이스 및 버스 시스템과 동기화하는 능력이다. 하드웨어는 안정적인 고성능 호스트 인터페이스를 통해 시뮬레이션 툴 또는 분석 툴과 통신한다.

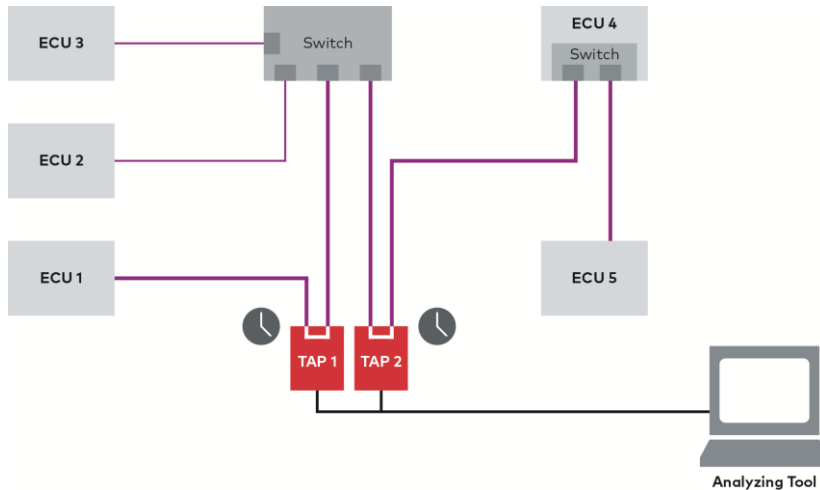
언급된 바와 같이, 스위치 기반 Ethernet 네트워크는 여러 1 대 1 연결(그림 1)로 이루어지며, 이 연결의 Full-duplex 전송은 네트워크에 영향을 끼치지 않고 접근하는 것이 거의 불가능하다. 게다가 투명하게 데이터 트래픽을 리스닝(listening) 하기 위해, 이상적인 고 임피던스 측정 시스템을 사용하여 두 스위치 또는 ECU 사이의 네트워크 케이블에서 데이터 신호를 tapping 하는 것 또한 소용이 없다. 왜냐하면, tapping 된 신호는 디코딩될 수 없기 때문이다. 오직 전송 라인의 종단에 연결된 ECU 만이 혼합된 신호를 자신의 신호 형태와 비교함으로써 수신된 정보를 디코딩할 수 있다.



[그림 1: 다수의 1 대 1 접속으로 구성된 스위치 기반 Ethernet 네트워크 예시]

실제로는 관련된 1 대 1 연결을 분리하고 TAP(Test Access Point)과 같은 추가적인 하드웨어를 삽입하는 것 외의 대안은 없다(그림 2). TAP 은 두 개의 Ethernet 포트를 제공하며, 다양한 TAP 모드를 구별할 수 있는 분석 툴이 설치된 컴퓨터에 대한 연결을 제공한다. 순수한 모니터링을 위해서는 ISO-OSI 7 Layer 의 제 1 층, 즉 물리층에서 루프를 돌려 데이터를 처리하는 수동 TAP 만으로는 불충분하다. 이 프로세스에서 TAP 은 핵심적인 통신 특성들에 관련하여 본질적으로 투명하다. Ethernet 패킷 전송에서의 에러는 통과되며 거부되지 않는다. 네트워크에서 시간

동기화를 달성하기 위해서는 피할 수 없는 pass-through 딜레이를 일정하게 최소한으로 유지하는 것이 중요하다. 하지만 이벤트에 개입하여 데이터를 수정하고자 하는 즉시, 능동적인 TAP 이 필요하다. 스위치에 비교할만한 이 TAP 은 데이터 링크 층(제 2 층)에서 작동한다.

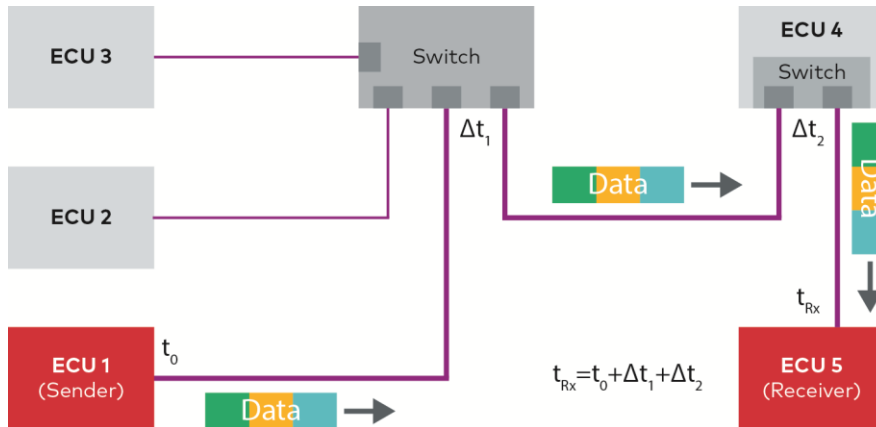


[그림 2: 1 대 1 연결을 분리하고 인터페이스를 통해 신호의 루프를 돌림으로써 신호가 액세스되도록 하는 전형적인 측정 설정. 정밀한 분석을 위해서는 공통적인 시간 기준(time base)이 제공되어야 한다.]

기능 개발 vs 네트워크 뷰

순수한 기능 개발에서는 일반적으로 두 개의 네트워크 노드 사이의 개별 연결(예: ECU 대 ECU 또는 ECU 대 스위치)에 대하여 초점을 맞추기 때문에, TAP 은 대개 충분하다. 소프트웨어 툴은 개별 연결에 대한 수동적인 리스닝을 하면서 또한 통신 버스 시뮬레이션, 추가적 데이터 패킷 및 disturbance 를 삽입하는 등의 작업을 수행할 수 있다.

더욱 복잡한 차량용 Ethernet 시나리오를 분석하는 경우, 개발자들은 전체 시스템에 대한 오버뷰가 필요하며 분석은 더 어려워진다(그림 3). 그러므로 전체 데이터 경로에 주목해야 한다. 사용자는 예를 들면 거부된 메시지와 MAC 주소 테이블에 대한 상세한 정보뿐만 아니라 전체 전송 시간과 스위치에서의 pass-through 시간 등에도 관심이 있다. 만약 사용자가 네트워크에 대한 복수의 접속을 동시해 수행해야 한다면, 사용자는 복수의 포인트에 자신의 인터페이스를 삽입해야 한다. 만약 후자가 별개의 디바이스라면, 모든 인터페이스들이 동일한 시간 기준(time base)에 따라 작동되고 테스트에서 사용 가능한 결과가 산출될 수 있도록 동기화 메커니즘이 필요하다.



[그림 3: 세 개의 연결과 두 개의 스위치를 통한 ECU1 부터 ECU 5 까지의 데이터 전송]

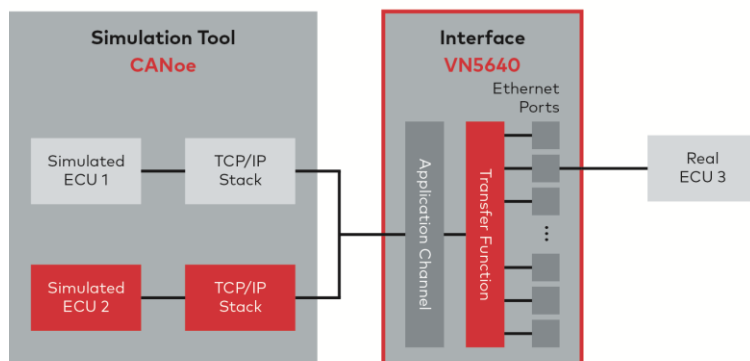
네트워크 접속뿐만 아니라 스위치 기반 네트워크의 토폴로지도 당면한 과제이다. 실제 사례는 개별 ECU 테스트에서의 근본적인 문제들을 보여준다. 테스트 중인 실제 디바이스는 통신 버스 시뮬레이션을 위해 두 개의 가상 ECU 가 구동되는 테스트 컴퓨터에 차량용 Ethernet 인터페이스를 통해 연결된다. 대개 시뮬레이션 툴이 설치된 PC 는 정확히 하나의 TCP/IP 스택을 가지므로 두 개의 가상 ECU 는 공용 스택을 통해 인터페이스와 외부적으로 통신한다. PC 에 의해 생성된 데이터 트래픽은 어떤 식으로든 실제 상황을 나타내는 것은 아니다. 그 이유는 두 개의 시뮬레이션 된 ECU 가 동일 IP 주소와 MAC-주소 하에서 작동하므로, 테스트 중인 ECU 가 이 두 ECU 들의 메시지를 구분하지 못하기 때문이다. 역으로 테스트 중인 ECU 는 가상 ECU 들을 구분하여 취급하지 못한다. 단지 테스트를 수행하기 위하여 ECU 를 특별하게 수정할 필요가 있으며, 이는 매우 비효율적인 작업 방법이다.

소프트웨어와 하드웨어 툴에 대한 복잡성의 변화

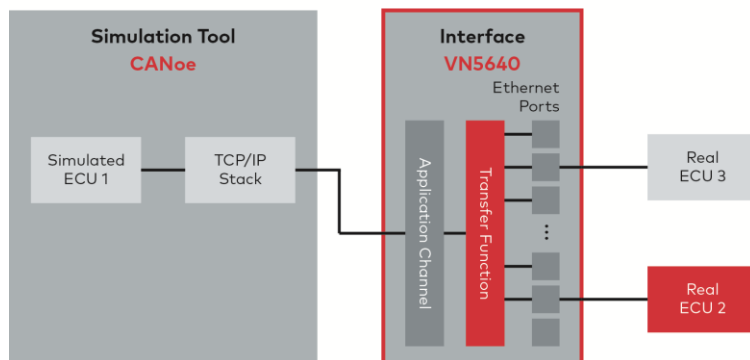
이런 경우 각각의 시뮬레이션 된 ECU 에 TCP/IP 스택 인스턴스를 넣을 수 있게 해주는 전문 툴을 사용하여 해결할 수 있다(그림 4). 하드웨어 인터페이스를 이용해서 사용자는 시뮬레이션된 ECU 의 통신을 실제 통신과 연결해서 실제 ECU 처럼 이용할 수 있다. 또한 테스트를 진행하는 동안 한 동료가 시뮬레이션 중인 ECU 하나를 "단순히 제거"하고 그것에 대응되는 실제 ECU 를 연결하는 잘못된 아이디어(CAN 으로 인해 익숙한 아이디어)를 생각할 수도 있다. 사용자가 이것을 하드웨어

인터페이스의 Ethernet 포트에 연결하면 과연 정상적으로 동작할까? 불행히도 이러한 접근은 Ethernet 네트워크가 오직 1 대 1 연결만 허가한다는 사실을 무시하고 있다. 테스트 레이아웃에 1 대 1 연결이 존재하지만, 이 연결은 "실제 ECU"와 "나머지 ECU 가 시뮬레이션 된 소프트웨어" 사이에도 이미 존재한다. 실제로, 다른 디바이스들은 추가적으로 새로운 1 대 1 연결을 수립하는 방법으로만 추가될 수 있으며, 이렇게 함으로써 스위치를 통해 기존의 네트워크에 새로운 네트워크 프래그먼트(network fragment)를 결합할 수 있다. 만약 인터페이스가 내부적으로 스위치 기능을 제공하거나 그와 같이 재설정될 수 있다면, 동료들은 자신의 계획을 성공적으로 실행하고, 빈 포트에 두 번째 외부 ECU 를 연결할 수 있다.

The simulated ECU2 is removed ...



... and replaced by a real ECU.



[그림 4: 다수의 TCP/IP 스택을 사용하는 통신 버스 시뮬레이션. 통합 프레임워크 예서는 토폴로지를 고려하여 시뮬레이션 된 ECU 2 가 실제 ECU 로 교체된다.]

인터페이스는 단순히 Ethernet 포트를 제공하는 것 이상을 의미한다.

사용자의 요구사항 충분히 만족시키기 위하여, 고성능 차량용 Ethernet 인터페이스에는 여러 가지 포트가 장착된다. 12 개의 100BASE-T1 포트는 상대적으로 복잡한 테스트 시나리오를 실행하기에

충분하다. 하지만 이미 위에서도 언급했다시피, 여기에서 중요한 것은 단지 포트의 개수만은 아니다. 지금 단순히 시뮬레이션 디바이스와 실제의 디바이스를 바꾸는 것이 토폴로지의 변화와 동일하다는 것을 이해하는 것이 중요하다. 사용자가 기존의 부품들과 토폴만을 이용한다면 이처럼 단순해 보이는 작업이 상당히 어려운 도전이 될 수 있다. 이러한 상황에서, 미래에 적합한 강력한 차량용 Ethernet 인터페이스의 주요 특성은 무엇일까? 이상적으로는 Ethernet 포트와 시뮬레이션 사이에 어플리케이션 채널이라 불리는 것을 PC 쪽에 생성해서 인터페이스의 Ethernet 포트로부터 시뮬레이션을 분리한다. 또한 이것은 사용자가 설정 가능한 전송 기능을 사용하여 어플리케이션 채널과 100BASE-T1 포트 사이의 간극을 메워준다(그림 4). 자주 사용하는 일반적인 전송 기능은 스위치 기능이다.

FPGA 의 사용 하면 새로운 전송 기능에 대한 확장을 하는 것이 더욱 쉽게 되며, 전송 기능은 적절하게 선택되고 설정될 수 있다. 따라서 인터페이스는 매우 유연하고, 여러 가지 개발과 테스트 단계의 실질적인 문제들에 이것을 적용할 수 있다. 또한, 거의 모든 네트워크 구성과 토폴로지는 기능적으로 동일한 테스트 셋업으로 매핑될 수 있다. 필요하다면 사용자는 전송 기능뿐만 아니라 다수의 병렬 어플리케이션 채널을 설정할 수 있으며, 이것을 Ethernet 포트에 연결할 수 있다.

스위치뿐만 아니라 전송 기능을 고려하게 되며, 이것은 "PHY Bypass"(레이어 1 에 매핑)와 "MAC Bypass"(Layer 2 에 대한 저장 및 전달 원칙)를 포함한다. 또한 이 인터페이스는 어플리케이션 채널에 대하여 직접적이든 상대적이든 상관없이 항상 Ethernet 포트에 톨이 완전히 액세스되도록 한다.

모니터링이 이루어지는 동안 기존의 스위치에서는 MAC 레이어에서 필터링 되어 볼 수 없는 손상된 프레임(corrupt frame)과 같은 버스 상의 문제가 확인될 수 있다. 이것은 버스에서 직접적으로 무슨 일이 발생하며 ECU 에 전달되는 것이 무엇인지에 대한 것을 찾을 수 있게 도와주며 의미 있는 분석을 가능하게 한다.

차량용 Ethernet 어플리케이션을 위한 확장 가능한 인터페이스 제품 라인

Vector 는 알려진 모든 기능과 그 밖의 기능들을 새로운 차량용 Ethernet 인터페이스인 VN5640 에 통합했다(그림 5). 이 디바이스는 네트워크 뷰 레벨의 시뮬레이션 또는 측정 분야를 위해 특별히 설계되었으며, 총 16 개의 Ethernet 포트를 가지고 있다. 그 중에서 12 개는 IEEE 100BASE-T1 용이며 4 개는 100BASE-TX 또는 1000BASE-T 와 같은 표준 Ethernet 연결을 위한 것이다. 매우 빠른 호스트 연결은 많은 양의 데이터를 전송하며, 이 데이터들은 Ethernet 포트에 도달할 수 있다. 일반적으로는 보통의 테스트와 시뮬레이션 작업은 단지 Ethernet 프레임 한 부분에 관련되기 때문에, VN5640 하드웨어는 활성화될 수 있는 많은 필터 메커니즘을 제공한다. 다양한 프로토콜을 바탕으로 이 필터들은 실제로 필요한 Ethernet 프레임만을 PC 로 통과시키며, 이렇게 함으로써 시뮬레이션과 테스트 소프트웨어의 부담을 완화하는데 크게 기여한다.



[그림 5: VN5640 차량용 Ethernet 인터페이스는 16 개의 Ethernet 포트, 다용도 전송 기능, 고정밀 타임스탬프, 데이터의 양을 감소시키기 위한 광범위한 필터 메커니즘을 제공한다.]

보통의 인터페이스 모드와 더불어 VN5640 은 PC 없이 스탠드-얼론 모드에서도 사용될 수 있다. 또한, 장래에는 사용자가 Ethernet 기능을 갖춘 표준 자동차 데이터 로거에 연결할 수 있도록 할 계획이다. 이미 예전부터 지금까지 사용할 수 있었던 VN5610 2 포트 인터페이스와 함께, VN5640 은 널리 사용되는 Vector 의 CANoe 테스트 및 시뮬레이션 툴과 함께 완벽하게 작동되는 확장 가능한 차량용 Ethernet 인터페이스 제품군을 대표한다. 앞으로 VN5640 의 여러 가지 새로운 기능들은

VN5610 도 지원할 예정이며, 드라이버 업데이트 후에 사용할 수 있다. 이 제품 라인의 모든 인터페이스는 공용 프로그래밍 인터페이스(API)를 통해서도 다룰 수 있다. CANoe 와 조합하면 사용자는 디스크립션 파일을 사용하여 광범위한 설정 옵션을 편리하게 활용할 수 있다. 또한, 이것은 다른 부서, 공급업체 및 고객들과의 파일 공유라는 이점을 제공한다. 그뿐만 아니라 CANoe 는 송신 경로에 관한 품질 정보, MAC 주소 테이블의 내용, 스위치의 큐 상태와 같은 확장된 통계적 정보 및 스위치 정보에 대한 액세스를 제공한다. 이것은 개별 링크 세그먼트의 부하에 관련된 유용한 통찰을 제공한다.

결론 및 전망

차량용 Ethernet 네트워크를 개발, 테스트 및 시뮬레이션하는 방법은 CAN, LIN 및 FlexRay 를 사용할 때와 같이 사용자가 익숙한 방법보다 대체로 더 복잡하며, 이러한 작업은 차별화된 접근방식을 요구한다.

이러한 새로운 도전과제를 해결할 수 있도록 특별히 맞춤 제작된 현대적인 인터페이스 하드웨어는 귀중한 도움을 제공한다. 새로운 요구조건에 맞추어 조정된 테스트 및 시뮬레이션 툴과 조합하면 이 인터페이스 하드웨어는 개발과 테스트 과정을 크게 단순화하고 속도를 더욱 빠르게 만들 것이다.

대역폭에 대한 증가하는 수요에 발맞춰, IEEE 는 이미 1000BASE-T1 의 1-Gbit 버전에 대한 작업을 진행하고 있다. 하드웨어 셋업의 유연성으로 인해 VN5640 인터페이스는 다른 물리층에 대해서도 준비가 되어있으며 빠르게 사용할 수 있다. 예측 가능한 가까운 미래에는 AVB(Audio Video Bridging)나 TSN(Time Sensitive Networking)과 같은 기술은 최악의 latency 에 대한 보장, 우선순위에 따른 데이터 전송, 시간 동기(time synchronism)를 제공할 것이다. 이 모든 것이 가능하게 됨에 따라, 사용자가 항상 최신 기술을 대표하는 Vector Informatik 의 차량용 Ethernet 인터페이스를 사용하여 작업할 수 있도록, 펌웨어나 소프트웨어 업데이트를 비롯한 선도적인 기능 개발이 이행될 것이다.

그림 제공: Vector Informatik GmbH

링크:

벡터 홈페이지: www.vector.com

저자:



Peter Fellmeth

벡터 인포마틱(Vector Informatik)에서 그룹 리더와 제품 매니저를 맡고 있다. 차량용 Ethernet, J1939 및 ISO 버스를 위한 제품 개발 책임자이다.



Matthias Schwedt

벡터 인포마틱(Vector Informatik)에서 네트워크 인터페이스 분야의 제품 매니저를 맡고 있다. VN5600 차량용 Ethernet 인터페이스 제품군에 대한 책임자이다.

본 보도자료 배포 시 최종 인쇄물을 당사에 보내주시면 감사하겠습니다.
배포와 관련하여 문의사항이 있으시면 언제든지 연락해주시기 바랍니다.

벡터코리아 편집자 연락처:

마케팅팀 김용성 매니저

서울특별시 용산구 한남대로 11 길 12 고파스 빌딩 5 층

Tel. 02-807-0600 Ext.5009, Fax. 02-807-0601

E-mail: Yongseong.Kim@vector.com