

CAN XL: 차세대 CAN

(출처:kvaser)

****Controller Area Network Extra Long (CAN XL)****은 CAN in Automation(CiA)의 특별 이익 그룹인 CAN XL 그룹에서 개발한 CAN 프로토콜의 확장 버전으로, ISO 11898-1에 명시된 사양을 기반으로 하고 있습니다. 이 기술은 CAN의 대역폭을 10Mbit/s 이상으로 향상시키는 것을 목표로 하고 있습니다. CAN의 이러한 최신 진화는 전기차 및 자율주행 산업의 요구에 대응하여 신호 기반 통신 버스의 가능성을 더욱 확장시킵니다. 현재 STMicroelectronics와 Texas Instruments 등 여러 기업이 CAN XL 지원을 위해 적극적으로 노력하고 있습니다.



더 높은 속도, 더 큰 가능성

높은 비트 속도는 신호의 명확성을 저해할 수 있기 때문에, 특별 이익 그룹(Special Interest Group)은 CAN XL Signal Improvement Capability (SIC) 트랜시버를 개발했습니다. 이 솔루션 덕분에 CAN XL은 새로운 기능을 CAN 통신에 도입할 수 있게 되었으며, 그중 하나는 이더넷 트래픽을 터널링할 수 있을 정도로 충분히 큰 페이로드를 지원하는 기능입니다. 이를 “이더넷 터널링”이라고 부릅니다.

또한 CAN XL은 하나의 버스에서 여러 상위 계층 프로토콜을 혼합하여 사용하는 기능도 추가할 예정입니다. 그리고 이 모든 기능은 CAN이 원래부터 자랑하던 높은 신뢰성을 그대로 유지한 채 제공됩니다.

이전 버전과의 호환성이 우선입니다

과거의 CAN FD처럼, CAN XL은 CAN FD와의 하위 호환성을 유지하고 있어 CAN FD와 클래식 CAN 프로토콜 모두에 접근할 수 있습니다. CAN FD 노드는 CAN XL 메시지를 수신할 수는 없지만, 해당 메시지를 오류로 인식하지 않으며 다음 프레임에서 중재(arbitration)에 참여하게 됩니다. 이 덕분에 하나의 버스에서 CAN FD와 CAN XL을 함께 사용하는 것이 가능해집니다.

이러한 호환성은 ****CAN FD의 “프로토콜 예외 상태(Protocol Exception State)”****를 활용하여 구현됩니다. 이는 CAN XL 메시지의 recessive XLF 비트가 CAN FD

노드를 예외 상태로 전환시키면서 발생합니다. 이 기능은 향후 확장을 대비한 보호 메커니즘으로, CAN FD 사양 ISO 11898-1:2015에 처음 도입되었습니다.

	CAN Frame	CAN FD Frame	CAN XL Frame
CAN Controller	Work	Error-Frame	Error-Frame
CAN FD Controller	Work	Work	Ignored
CAN XL Controller	Work	Work	Work

CAN XL: 시스템 개발자를 위한 연결성 향상



오늘날의 기술 환경은 빠르게 발전하고 있으며, 시스템 간의 더욱 효율적이고 안전한 통신을 요구하고 있습니다. 기업과 개발자들이 더욱 복잡하고 상호 연결된 솔루션을 구축함에 따라, 강력하고 고성능의 통신 프로토콜에 대한 필요성은 더욱 커지고 있습니다.

CAN XL이란 무엇인가요?

CAN XL은 차세대 **컨트롤러 영역 네트워크(CAN) 프로토콜**로, 장치 간 통신을 더욱 향상시키기 위해 특별히 설계되었습니다. 기존 CAN 버전들의 한계를 극복하도록 고안되었으며, **데이터 용량 확대**와 **성능 향상**을 제공합니다. CAN XL은 현재 시스템 설계에서 직면하고 있는 다양한 과제들을 해결하며, 고객들이 **새로운 기능과 가능성**을 실현할 수 있도록 지원합니다.

데이터 처리량 문제 해결

CAN CC(Classic CAN)와 CAN FD(Flexible Data-Rate)는 각각 8바이트 및 64바이트의 데이터 페이로드를 지원하지만, 이는 현대 애플리케이션에 있어 점점 부족한 수준이 되었습니다. 이러한 한정된 데이터 용량은 마이크로컨트롤러, 시스템 구성, 소프트웨어 업데이트 등에서 여러 가지 문제를 야기합니다.

CAN XL은 메시지당 1~2048바이트의 데이터 전송 용량을 제공함으로써 이 문제를 해결합니다. 이처럼 데이터 용량이 증가하면 대용량 데이터를 여러 조각으로 나누어 전송해야 하는 필요성('fragmenting'이라고 함)이 줄어들어, 보다 효율적이고 단순한 데이터 전송이 가능해집니다. 이는 특히 데이터 집약적인 애플리케이션에서 큰 이점을 제공합니다.

보안 기능의 향상

사이버 위협이 진화함에 따라, **임베디드 시스템의 보안 역시 함께 발전**해야 합니다. 일반적인 암호화 방식은 **16~100바이트의 오버헤드**를 초래하는데, 이는 **CAN FD**에서는 부담이 되지만, **CAN XL의 더 커진 프레임 구조**에서는 무리 없이 처리할 수 있습니다.

CAN XL 프레임 구조에는 암호화 유형을 표시할 수 있는 **메시지 헤더**가 포함되어 있어, 계층적 보안(Layered Security)을 구현하는 기반이 됩니다. 대부분의 암호화 알고리즘은 최소 **128비트(32**

바이트) 블록을 요구하기 때문에, 확장된 페이로드를 지원하는 CAN XL은 강력한 보안 기능을 현실적으로 구현할 수 있는 기반을 제공합니다.

매끄러운 통합과 하위 호환성

CAN XL은 CAN CC(Classic CAN) 및 CAN FD와 원활하게 작동하도록 설계되었습니다. 이전 세대의 CAN 컨트롤러들이 CAN XL 메시지를 오류로 인식하지 않고 무시할 수 있도록 설계되어, 개발자들이 **문제 없이 전환**할 수 있는 경로를 제공합니다.

이러한 하위 호환성 덕분에 개발자들은 기존의 CAN CC 및 CAN FD 시스템에서 **CAN XL 컨트롤러를 바로 도입**할 수 있습니다. 이후에는 점차적으로 **CAN XL의 표준 암호화 기능**과 **TCP/IP 기능**도 활용할 수 있게 됩니다.

비트 속도 및 신호 무결성 최적화

기존 CAN FD는 CAN SIC(Signal Improvement Capability) 드라이버와 같은 기술적 개선에도 불구하고 **전기적 한계로 인해 비트 속도에 제약**이 있었습니다. **CAN XL은 중재(arbitration) 이후 대칭형 푸시-풀(Push-Pull) 신호 방식**을 활성화하여 이러한 한계를 극복합니다. 이 방식은 **신호의 명확성을 크게 향상**시키고 더 빠른 데이터 전송률을 가능하게 하며, 이는 물리적 레이어 배선만이 유일한 제약 조건이 됩니다.

또한 **CAN XL은 비트 속도 설정이 더욱 유연하고 선형적**이어서, CAN FD처럼 제한적인 배수에 얽매이지 않고 **자유롭게 조정**할 수 있습니다.

커스터마이징과 유연성

CAN XL은 개발자에게 뛰어난 통신 설정 커스터마이징 유연성을 제공합니다. 사용자는 **필요한 속도를 설정**할 수 있으며, 이는 임의의 설정(arbitrary setting)은 물론 **실제 데이터 전송 속도에도 적용**됩니다.

또한 송신 애플리케이션은 **1바이트부터 최대 2048바이트까지 자유롭게 데이터 패킷 크기**를 결정할 수 있습니다. 이러한 고급 기능과 유연한 설정의 조합 덕분에, CAN XL은 **다양한 통신 시스템의 요구사항을 충족**할 수 있는 강력한 솔루션이 됩니다.

CAN XL 시장 분석

모든 시스템이 즉시 CAN XL로 마이그레이션해야 하는 것은 아닙니다.

“시스템이 압력 센서와 같은 단순 노드로 구성되어 있고 TCP/IP가 필요하지 않다면, 여전히 **CAN FD로 충분**할 수 있습니다. 하지만 더 높은 데이터 속도나 **TCP/IP over CAN**이 요구되는 시스템이라면, **CAN XL이 논리적인 다음 단계**입니다.”

우주 항공 하드웨어처럼 고급 플랫폼을 개발하는 조직들조차 아직 CAN FD를 완전히 채택하지 않은 경우가 많습니다. 이들 기관은 종종 **단순하고 방사선 내성이 높은 FPGA 기반 솔루션**에 초점을 맞추고 있어, 시장의 요구가 얼마나 **다양한지**를 보여줍니다.

CAN XL이란?

****CAN XL (Controller Area Network Extra Long)**은 ****CAN in Automation (CiA)**의 특별 이익 그룹 CAN XL에서 개발한 최신 CAN 기술입니다. ISO 11898-1의 확장 규격으로 개발된 이 기술은, CAN의 신뢰성과 충돌 처리 기능은 유지한 채, 대역폭을 10Mbit/s 이상으로 높이는 것을 주된 목표로 합니다. 실제로는 버스 임피던스에 따라 20Mbit/s를 초과하는 속도도 달성 가능합니다.****

또한, 기존 CAN의 8바이트 또는 64바이트 제한과 달리 **CAN XL 프레임은 최대 2048바이트를 허용하기 때문에, ****ECU 플래싱(펌웨어 업데이트)**과 같은 대용량 통신이 필요한 애플리케이션에 적합합니다.****

CAN XL의 주요 기능 요약:

- **최대 20 Mbit/s 이상의 속도 지원**
- **향상된 DLC 보호 기능으로 데이터 무결성 보장 및 오류 방지**
- **CAN FD에서의 샘플 포인트 설정 오류 문제 해결**
- ****제어 필드(Control Field)**에 새로운 필드 추가**
 - **VCID (Virtual CAN Network ID):** 하나의 물리적 CAN XL 네트워크를 여러 개의 논리 네트워크로 분할 가능
 - **SDT (Service Data Unit Type):** 데이터 필드에 포함된 프로토콜 유형을 명시
 - **AF (Acceptance Field):** 콘텐츠 기반 및 노드 기반 주소 지정 모두 지원
- **CAN-XL SIC 모드에서 오류 신호 비활성화 가능**
 - 이 모드에서는 ****푸시-풀 방식(push-pull signaling)**으로 신호를 전송하며, 이는 기존 오류 프레임과는 호환되지 않음**

중재 (Arbitration)

CAN XL은 기존 ****CAN 프로토콜(CAN CC 및 CAN FD)**과 원활하게 작동하도록 설계되었습니다. CAN FD 및 CAN CC와 마찬가지로, CAN XL 프레임도 ****프레임 시작(Start of Frame)**을 dominant 엣지로 시작하며, 이어서 ****11비트 CAN 식별자(CAN ID)**가 전송되어 버스 상의 프레임 우선순위를 결정합니다. RTR 비트는 CAN FD와 CAN XL 모두 해당 기능을 지원하지 않기 때문에 항상 dominant로 설정됩니다. 다음으로는 IDE 비트가 오며, CAN XL은 11비트 ID만 지원하므로 이 비트 역시 항상 dominant입니다. 여기까지의 구조는 CAN 또는 CAN FD 프레임과 거의 동일합니다. 다음에 오는 FDF 비트가 recessive로 설정되면, 이는 해당 프레임이 FD 프레임임을 나타냅니다. 이 경우 CAN CC 노드는 이를 인식하지 못하고 오류 프레임을 전송하는 반면, CAN FD나 CAN XL 노드는 이를 FD 프레임으로 정확히 인식합니다. 그 다음 XLF 비트는 CAN FD 표준에서 향후 버전 대비를 위해 예약된 비트입니다. 이 비트가 recessive로 설정되면, 이는 XL 프레임임을 나타내며, CAN FD 노드는 이후의 모든 비트(푸시-풀 신호 포함)를 무시하고 오류 처리를 비활성화합니다.******

CAN XL 역시 미래 확장을 고려한 설계를 반영하고 있습니다. XLF 다음의 resXL 비트는 FDF처럼

동작하며, 이 비트가 recessive로 설정되면 CAN XL 노드도 이후 모든 비트를 무시하고 프레임 종료까지 대기하게 됩니다.

프레임 종류 설정에 따라 CAN 노드들이 어떻게 반응하는지 정리한 표는 해당 페이지에서 확인하실 수 있습니다.

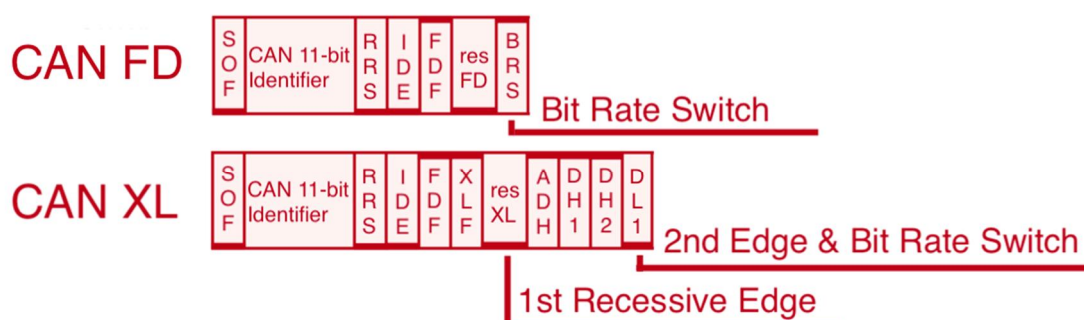
	CAN CC Node	CAN FD Node	CAN XL Node
CAN CC Frame	Work	Work	Work
CAN FD Frame	Error Frame	Work	Work
CAN XL Frame	Error Frame	Ignore	Work

비트 속도 전환(Switching Bit Rates)

CAN 프로토콜 버전이 CAN XL로 설정되면, 이제 ****데이터 페이즈(Data Phase)****의 ****비트 속도(bit rate)****를 전환할 차례입니다. 이때 단순히 전송 속도가 빨라질 뿐만 아니라, 통신 방식 또한 기존 dominant-recessive 방식에서 푸시-풀(push-pull) 모드로 전환되며, 이는 CAN XL SIC(Signal Improvement Capability) 드라이버를 통해 구현됩니다.

CAN FD에서는 BRS(Bit Rate Switch) 비트에서 샘플 포인트(sample point)를 기준으로 비트 속도 전환이 이루어집니다. 하지만 FDF 비트와 BRS 비트 사이의 짧은 시간 간격 때문에, ****클럭 오차(clock variation offset)****가 발생할 수 있으며, 이로 인해 실제 데이터 비트가 어디서 시작되는지 불확실해질 수 있습니다.

이를 해결하기 위해 CAN XL은 ****두 번째 recessive-to-dominant 엣지(edge)****를 추가하여 데이터 비트 샘플 포인트를 동기화하도록 설계되어, 위와 같은 불확실성을 해소합니다.



데이터 정의 (Defining the Data)

새로운 비트 속도(bit rate)로 진입하면 가장 먼저 수신되는 항목은 ****DLC(Data Length Code)****입니다. 기존 CAN이나 CAN FD에서는 DLC가 4비트로 제한되어 있었습니다. ****CAN CC(Classic CAN)****는 0부터 15까지의 DLC 값을 지원하며, 8 이상은 여전히 8바이트로 간주되어 0~8바이트 범위의 데이터를 전송할 수 있습니다.

CAN FD는 0~8뿐만 아니라 사전 정의된 고정 값들을 통해 0, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 48, 64 바이트의 데이터 전송이 가능합니다.

한편, CAN XL은 11비트 DLC를 사용하여 0부터 2047까지의 값을 표현할 수 있으며, 결과적으로 1~2048바이트의 데이터 범위를 지원합니다.

더 큰 데이터 → 더 강력한 CRC 필요

데이터 크기가 커지면, 당연히 더 큰 **CRC(Cyclic Redundancy Check)**가 필요해집니다. 그리고 CRC가 몇 비트를 가져야 할지 판단하기 위해 DLC 정보에 의존해야 하기 때문에, DLC 값의 정확성이 중요합니다. 이를 보호하기 위해 **Stuffed Bit Counter (SBC)**와 **PCRC(Preface Cyclic Redundancy Check)**가 메시지의 앞부분에 포함되어 DLC 오류를 사전에 방지합니다.

데이터 특성 정의

데이터 크기를 설정한 후에는, 그 외 다양한 특성을 정의해야 합니다.

- 이어지는 6바이트의 데이터 필드는 어떤 용도로든 사용할 수 있지만, 일부 상위 계층 프로토콜용으로 사전 정의된 의미도 있습니다.
- 예: **SDT(Service Data Unit Type)**는 데이터 필드에 포함된 정보의 유형(J1939, CANopen, Ethernet 등)을 나타냅니다.

Virtual CAN Network ID (VCID)

그 다음 바이트는 **VCID(Virtual CAN Network ID)**로, 최대 256개의 논리 네트워크를 동일한 물리 버스에서 분리해 식별할 수 있게 해줍니다. 이는 예를 들어, 서로 다른 상위 계층 프로토콜 간 메시지 구분에 유용합니다.

Acceptance Field (AF)

마지막 4바이트는 32비트 Acceptance Field로 구성됩니다. 이는 콘텐츠 기반 주소 지정이나 노드 기반 주소 지정에 사용됩니다. 예를 들어, J1939에서는 기존에 29비트 확장 CAN ID 내에 포함되던 목적지 주소가, CAN XL 메시지에서는 이 Acceptance Field 내에 정의됩니다.

이 모든 정의가 완료되면, 이제 실제 데이터 수신을 시작할 준비가 완료된 셈입니다

속도 복귀(Switching Back)

더 많은 데이터를 처리하게 되면, 더 큰 **CRC(Cyclic Redundancy Check, 순환 중복 검사)**가 필요해집니다. 데이터 크기에 따라 15비트에서 32비트까지의 CRC 길이가 필요할 수 있으며, 이는 데이터 프레임의 무결성을 유지하기 위함입니다. 푸시-풀(push-pull) 방식에서는 통신 도중 오류 프레임을 전송할 수 없기 때문에, CRC에서 오류가 감지되더라도 프레임 종료 후에야 오류 프레임이 전송됩니다.

통신을 다시 일반적인 버스 속도와 dominant-recessive 방식으로 전환하려면, **dominant**에서 **recessive**로 전환되는 엣지(edge)를 통해 수신기들을 동기화 시킵니다. 그 다음 전송되는 **DAH(Data-to-Arbitration Bit)**는 CAN XL 드라이버에게 다시 기존 속도와 전압 레벨로 복귀할 것을 지시하며, 이때 두 번째 dominant-to-recessive 엣지가 삽입되어 클록 오차 없이 부드럽게 전환되도록 합니다.

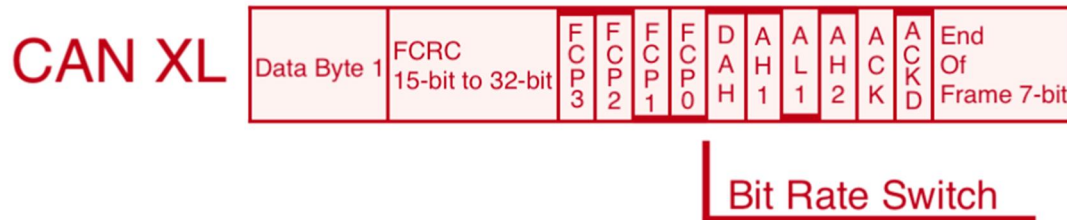
프레임 종료 (EOF: End of Frame)

EOF는 CAN 프로토콜의 모든 버전에서 동일하게 처리됩니다. 중재(arbitration) 상태로 돌아왔기

때문입니다.

EOF의 시작에는 ****인증 비트(Acknowledgement Bit)****가 위치하며, 송신자는 recessive, 수신자는 dominant로 전송함으로써 데이터가 정상적으로 수신되었음을 알립니다. 만약 수신 중 문제가 발생한 경우, 수신자는 해당 비트를 recessive로 유지한 후, 인증 구분자(Acknowledgement Delineator) 이후에 ****오류 프레임(Error Frame)****을 전송합니다.

이 과정은 버스에 연결된 모든 수신기가 동일한 정보를 받도록 보장하는 매우 중요한 단계입니다.



시스템 설계를 위한 고려사항 (Considerations for System Design)

CAN XL은 세 가지 유형의 CAN 드라이버를 지원합니다:

- 기존 CAN 드라이버: 최대 1 Mbit/s의 비트 속도를 지원
- CAN FD용 SIC 드라이버 (이전형): 최대 10 Mbit/s 지원
- 새로운 CAN XL SIC 드라이버: 최대 30 Mbit/s까지 지원 가능

CAN XL은 이러한 드라이버들과의 통신을 지원하지만, 푸시-풀(push-pull) 모드 전환과 고속 통신의 이점을 활용하려면 CAN XL SIC 드라이버 사용이 필수적입니다.

물리적 제약에 따른 한계

XL SIC 드라이버를 사용하더라도, 시스템의 최고 처리량은 임피던스(저항) 변화에 따라 제한될 수 있습니다. 예를 들어:

- 드롭 라인이 길거나,
- 드롭 라인들이 서로 가까이 위치한 클러스터형 배선,
- 부착된 노드에 EMC 필터가 적용된 경우,

이러한 요인들이 신호 품질과 최대 전송 속도에 영향을 줄 수 있습니다.