

차량 내부 네트워크를 위한 FlexRay 시스템 구현

Impelementation of FlexRay System for In-Vehicle Network

*#박장식¹, 박수창², 고석조³, 박형진³

*#J. S. Park¹(jsipark@dit.ac.kr), S. C. Park², S. J. Go³, H. J. Park³

¹동의과학대학 전자과, ²동의과학대학 DIT테크노밸리, ³동의과학대학 컴퓨터응용기계계열

Key words : FlexRay, In-Vehicle Network

1. 서론

자동차에 포함되는 반도체수의 지속적인 증가로 인해 차량 1대 당 장착되는 시스템 온칩(SoC)의 수가 1990년대 10여 개에서 최근 30~40개로 증가했고 BMW나 아우디의 경우 100개를 초과하고 있으며 차량구동을 위한 소프트웨어도 1980년대말 2,000라인 수준에서 2001년 2,000,000라인, 2006년 4,000,000라인으로 증가함에 따라 자동차내 전자시스템의 복잡성이 급증하게 되었고 이로 인한 기술적 안정성 확보가 요구되고 있다.

지능형 차량에서 요구되는 다수의 ECU를 일대일로 연결하는 결선방식은 ECU가 늘어남에 따라 많은 문제점을 일으키고 있다. 최근에는 차량 전자 시스템에 통신 네트워크를 접목시킨 차량 내 네트워크(In-Vehicle Networking, IVN)가 활발하게 연구되고 있다 [1]. 뿐만 아니라, 지능형 자동차에 적용되는 전자 제어식 안정성 프로그램이나 순항제어시스템과 같은 첨단 안전시스템에 대한 관심도 증가되고 있다. 특히, 이러한 첨단 안전 시스템이 증가함에 따라 ECU가 독립적으로 태스크를 수행하고 네트워크를 통하여 그 정보를 공유하는 방식인 분산형 시스템에 대한 연구도 중요하게 다루어지고 있다[2].

본 논문에서는 지능형 자동차의 분산제어 네트워크에 적용할 수 있는 FlexRay 모듈을 개발하고 동작을 시험하고 CAN 메시지를 FlexRay 네트워크로 전송하는 방법을 제안한다.

2. FlexRay 개요

FlexRay는 각각 10Mbit/s의 데이터를 전송하는 통신 채널 2개를 지원한다. CAN 프로토콜에 비해 10배에서 40배까지 확장된 것이다. FlexRay에 적용된 액세스 방식은 동기화된 시간 축을 기반으로 한다. 시간 축은 자율적으로 설정되며 프로토콜에 의해 동기화되어 애플리케이션에서 사용 가능하게 된다. 시간축의 정밀도는 0.5-100µs 범위(일반적으로 1-2µs)이다. 통신은 정기적으로 순환되는 통신 사이클(communication cycle)로 구성된다. 특정 메시지가 통신 사이클 내의 고정된 위치에서 발생하므로 수신기에서 어떤 메시지가 도착할 것인지 미리 알 수 있다. 도착 시간의 일시적인 변동 폭은 편차가 작고 보장되어 있다[3].

FlexRay는 시스템의 가용성을 높이기 위해 메시지를 예비로 전송할 수 있는 옵션을 제공한다. 개별 메시지를 예비 메시지까지 포함해 전송할 수는 있지만, 모든 메시지에 예비 메시지를 함께 전송하면 너무 많은 대역폭이 낭비되며 그럴 필요도 없다. 이중화(redundant) 또는 비이중화(non-redundant) 방식으로 전송될 메시지를 자유롭게 선택할 수 있을 뿐만 아니라, 가용성(정적 대역폭 할당) 또는 처리량(동적대역폭 할당)에 맞게 시스템을 최적화할 수도 있다. 또한 기존 노드에서 소프트웨어를 조정할 필요 없이 시스템을 확장할 수 있다.

버스(bus) 토폴로지뿐만 아니라 스타(star) 토폴로지도 지원한다. 다양하게 구성된 매개변수를 통해 통신 사이클의 지속 시간 또는 메시지 길이 등 특정 애플리케이션의 요구사항에 맞게 통신 시스템을 조정할 수 있다.

FlexRay는 많은 적용분야를 가지고 있다. 현재 CAN 이상의 데이터 속도가 필요한 애플리케이션의 경우 2개 이상의 CAN 버스를 병렬로 사용하고 있다. FlexRay는 이러한 멀티 버스 솔루션을 대체하기에 적합하다. 높은 데이터 속도를 지원하는 FlexRay는 여러 개

별 네트워크 간의 연결을 제공하는 차량용 백본에 적합하다. 메시지의 확정 및 보장된 사이클 타임과 좁은 변동 폭 여유는 FlexRay를 엄격한 실시간 요구사항에 따라 운영되는 분산 제어 시스템에 최적의 기술로 만드는 요소이다. FlexRay 자체는 시스템 안전을 강화하는 기능이 없지만 FlexRay의 다양한 기능은 유선화(by-wire) 시스템과 같은 안전 중심의 시스템 설계를 지원한다. 차량 내 통신의 경우, FlexRay는 이벤트 중심(CAN)의 통신에서 시간 중심의 통신으로 이전하는 패러다임 전환을 지원한다.

3. FlexRay 보드 구현

본 논문에서는 수송기계 특히, 차량에서의 FlexRay 백본을 기준으로 FlexRay 노드와 LIN, CAN의 메시지를 FlexRay 메시지로 변환 전송하기 위한 FlexRay 게이트웨이 기능을 할 수 있는 FlexRay 모듈을 구현하였다.

Fig. 1은 FlexRay 노드의 구성요소를 나타내고 있다. FlexRay 노드는 일반적으로 응용 ECU, CHI(controller host interface), 프로토콜 엔진, 버스 드라이버로 구성된다.

선택사항으로 버스 가디언(bus guardian)이 있다. 응용 ECU는 제어 혹은 센싱 처리를 하고 CHI는 ECU와 메모리를 공유하며 프로토콜 엔진과의 데이터를 송수신 처리를 한다. 프로토콜 엔진이 실질적인 FlexRay 데이터 송수신 처리를 한다. 엔진 프로토콜에서는 송신, 수신 신호를 버스 드라이버로 전송한다. 버스 드라이버는 FlexRay 요구를 만족하는 전기적인 신호로 변환하여 전송한다. 선택적인 버스 가디언은 특정 노드가 정해진 슬롯이 아닌 구간에 데이터 전송함으로써 발생할 수 있는 네트워크의 장애를 방지하기 위한 것이다.

본 논문에서는 S12XF512 16비트 마이크로컨트롤러를 이용하여 FlexRay, CAN, LIN 통신을 할 수 있는 보드를 구현하였다. S12XF512의 FlexRay 제어기 특징은 다음과 같다. FlexRay 블록은 FlexRay Communications System Protocol Specification, Version 2.1 Rev A을 구현한 FlexRay 통신 제어기이다. FlexRay 블록은 3개의 주요 요소를 가지고 있으며 블록도는 Fig. 2와 같다.

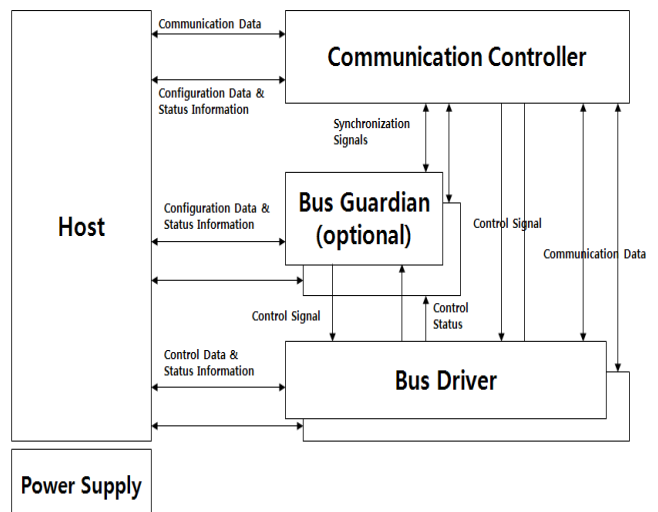


Fig. 1 node diagram of FlexRay

- 제어기 호스트 인터페이스(CHI, controller host interface)
- 프로토콜 엔진(PE, protocol engine)
- 클록 도메인 크로싱 장치(CDC, clock domain crossing unit)

프로토콜 엔진은 2개의 FlexRay 채널을 통하여 프레임 송수신을 위하여 송신 장치 TxA, TxB와 수신 장치 RxA, RxB를 가지고 있다. 시간 제어 장치(TCU, time control unit)는 FlexRay 네트워크에서 글로벌 클록을 동기화한다. PE의 전반적인 동작은 순서 조정 엔진(SEQ, sequencer engine)에 의하여 제어된다. CHI는 FlexRay 모듈의 설정, 제어, 그리고 상태 레지스터 뿐만 아니라 메시지 버퍼 설정, 제어, 그리고 상태 레지스터에 대한 호스트 접근을 제공한다. 수신된 혹은 송신해야 할 프레임 헤더, 페이로드 데이터를 포함하는 메시지 버퍼, 그리고 슬롯 상태 정보는 FlexRay 메모리(FRM)에 저장된다. CDC는 비동기 PE와 CHI 클럭 도메인을 대비하기 위하여 CHI 클럭 도메인과 PE 클럭 도메인 사이의 신호 교차(signal crossing)를 구현한다. FlexRay 블록은 프레임 헤더와 송수신 되어야 할 페이로드 데이터를 FRM(FlexRay 메모리)에 저장한다. 어플리케이션은 프레임 데이터를 가져오거나 FlexRay 블록에 제공하기 위하여 FRM에 접근한다. FlexRay 블록은 어플리케이션 처리를 위하여 FRM에 동기 프레임과 관련된 테이블을 저장한다. FlexRay 메모리는 MCU의 시스템 메모리에 위치한다. FlexRay 블록은 버스 마스터 인터페이스(BMIF)를 통하여 FRM에 접근할 수 있다. 호스트는 SYMBADHR과 SYMBADLR을 설정함으로써 시스템 메모리 내에서 FRM 윈도우의 시작 주소를 제공한다. 모든 FRM과 관련된 오프셋은 오프셋 레지스터에 저장된다. MCU 시스템 메모리의 FRM 윈도우 물리적 주소 포인터는 FlexRay 메모리 베이스 주소인 오프셋 값을 이용하여 계산 된다.

본 연구에서 개발한 FlexRay 보드는 Fig. 3과 같다. 통신은 FlexRay 2채널(5, 6번), CAN 통신 포트(8번), LIN 통신 포트(7번), USB 직렬통신(4번)을 지원한다. FlexRay는 기본적으로 2채널 A, B를 지원한다. CAN 통신은 표준 MSCAN을 지원한다. LIN 표준 통신을 지원하고, PC 모니터링을 위하여 USB 포트가 내장되어 있다. Fig. 4는 CAN 메시지를 FlexRay 네트워크로 전송하는 실험이다.

4. 결론

본 논문에서는 16비트 마이크로컨트롤러를 이용하여 FlexRay 모듈을 구현하였다. 구현한 FlexRay 모듈은 자동차 내부 네트워크의 게이트웨이 역할을 할 수 있도록 LIN, CAN, FlexRay를 지원하며, PC와 연동하여 모니터링 할 수 있도록 USB를 지원한다. CAN 메시지를 FlexRay 메시지로 변환 전송하기 위하여 동적 세그먼트에 할당하는 방안을 제시하였다.

후기

본 논문은 동의과학대학 DIT테크노밸리 학교기업지원사업의 지원에 의한 것 입니다.

참고문헌

1. G. Leen and D. Hefferman, "Digital Networks in the automotive vehicle," IEEE Computer and Control Engineering Journal, vol. 10, no. 6, pp. 257-266, Dec. 1999.
2. T. F. Abdelzaher and K. G. Shin, "Combined task and message scheduling in distributed real-time systems," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 10, no. 11, pp. 1179-1191, Nov. 1999.

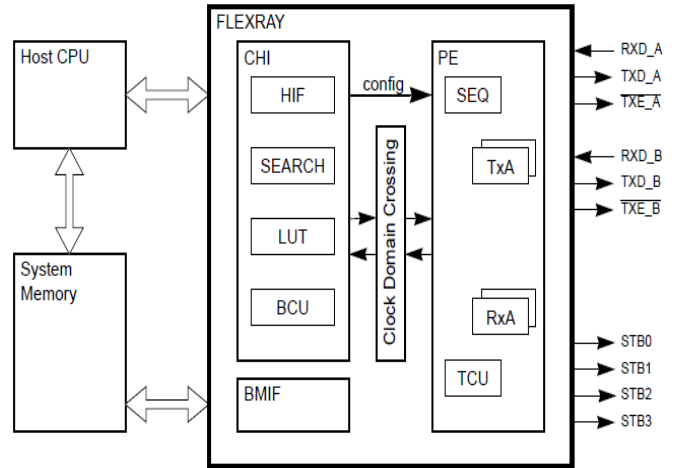


Fig. 2 Block diagram of FlexRay

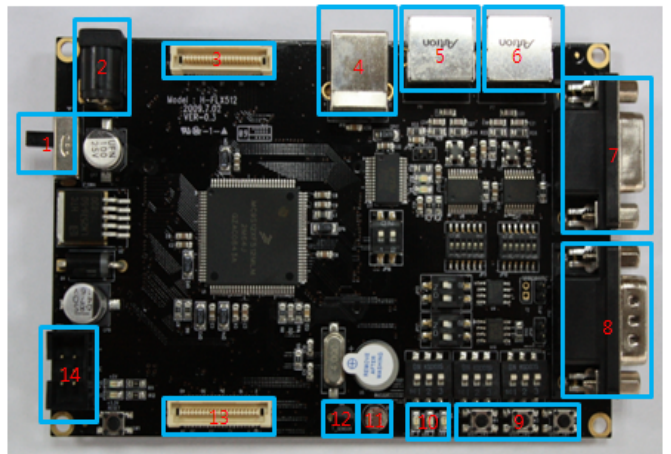


Fig. 3 Developed FlexRay module

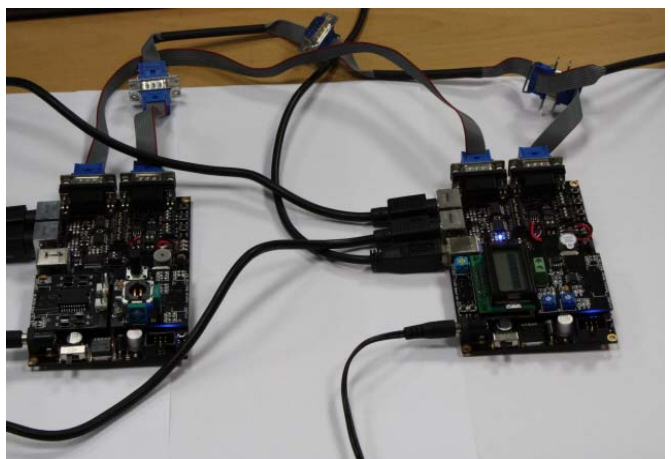


Fig. 4 Communication experiments of FlexRay and CAN

3. 박수창, 박장식, 고석조, 박형진, "자동차 전장용 FlexRay 보드 설계 및 제작," 한국기계기술학회 2010년 동계학술대회논문집, pp. 79-82, 2010.