자율주행 시스템을 위한 40W급 전력전송 이더넷 적용을 위한 연구

배성원*,박지훈*,임종석**,임현주*

*한국자동차연구원 빅데이터 SW 기술부문, **㈜유라코퍼레이션

swbae@katech.re.kr, parkjh@katech.re.kr, JongseokLim@yura.co.kr, hjlim@katech.re.kr,

A Study on the A study on the application of 40W power over Ethernet for autonomous driving systems

Sung Won Bae, Jee Hun Park, Jong Seok Lim, Hyun Joo Lim

*Korea Automotive Technology Institute, **Yura Corporation

요 약

본 논문은 차량용 Ethernet 기술 표준인 IEEE 802.3bu의 PoDL(Power over DataLine) 기술을 승용차 기반의 자율주행시스템에 적용하고자 관련 기술을 검토하고 설계 구현하여 기능을 검증하는 데 목적이 있다. 차량용 네트워크는 점진적으로 Automotive Ethernet 통신의 사용이 증가하고 있지만, 네트워크 구성이 point to point Topology로 통신이 필요한 노드들은 Ethernet Switch를 기반으로 모두 각각 연결이 필요하다. 일반적으로 CAN,CANFD와 비교하여 노드들의 증가할수록 배선이 복잡해지므로 와이어링 하네스 측면에서 무게와 부피가 증가하게 된다. 특히 자율주행 시스템에서 자율주행 레벨이 높아짐에 따라 센서의 수량이 증가하고 자율주행 레벨 4 수준의 시스템 운용을 위해서는 센서의 수량은 30개 이상 사용이 예측됨에 따라 아키텍처 경량화에 관한 연구가 중요해지게 되었다. 본 논문에서는 아키텍처를 경량화할 기술의 하나로 PoDL 기술을 검토하게 되었으나 표준에서 제시하고 전력전송 수준은 12V 기준으로 5W가 최대이나 자율주행 시스템에서 사용되고 있는 센서는 40W 수준임을 감안하여 표준을 기반으로 40W 전력전송 가능한 PoDL 시스템의 설계하고 기능 검증에 대해 연구하였다.

Ⅰ. 서 론

자율주행 시스템은 SAE J3016에서 정의된 레벨에 따라 레벨 3 이상 부터는 ODD(Operation Design Domain)에서는 시스템만으로 자율주행이 가능하게 되고 그로 인해 자율주행에 필요한 센서의 개수는 레벨 3에서 20~25개 수준, 레벨 4에서는 25~30개의 센서가 사용될 것으로 전망되고 있다. 자율주행 시스템뿐만 아니라 차량의 커넥티비티 서비스가 증가됨에 따라 차량 내 데이터양이 증가하고 있다. 이는 차량 내부에서 고속으로 데이터를 전달할 수 있는 Ethernet에 대한 수요가 증가하였다. Automotive Ethernet은 IEEE 802.3 상용 Ethernet의 프로토콜을 기본으로 차량 환경에 필요한 프로토콜인 IEEE802.1BA/Qav/Qat/AS와 같은 TSN이나 진단에 필요한 ISO 13400(DoIP)등 차량에 특화된 프로토콜을 추가하면서 확장해 나가고 있다.[1] 물리적인 계층은 상용 Ethernet이 8개의 와이어링을 사용하는 반면 Automotive Ethernet은 2개로 축소하였고 PMA3의 신호 전달 방식을 사용하고 있다. 배선방식에서도 CAN,CANFD는 BUS Topology를 사용하고 있지만 Ethernet은 point to point Topology로 각 노드들의 데이터 수신을 위해서는 Ethernet 스위치에 각 센서들이 연동되어야 한다.[2] Ethernet의 사용은 많은 장점이 있지만 와이어링 하네스 측면에서는 복잡도가 증가하여 와이어링 배선이 길어지고 무게가 증가하여 차량의 가격 상승 및 연비(전비)하락에 영향을 준다. 때문에 차량의 아키텍처 경량화 하기 위한 방법으로 IEEE 802.3bu에서 제시한 PoDL 기반의 40W급 PoDL PSE(Power Sourcing Equipment), PD(Powered Device)에 대한 설계 및 검증에 대해 연구하였다.

Ⅱ. 본론

PoDL 기술을 데이터 라인과 전원라인의 배선을 동시에 사용하는 기술로 PoE와 유사한 개념의 기술이나 차량용 Ethernet을 기본으로 만들어진 표준이다. IEEE 802.3bu에 표준이 정의되어 있으며 해당 표준은 Ethernet은 전력 전송을 위한 Ethernet의 물리적 계층에 대해 기술하고 있다. 표준에서 제시된 시스템은 Ethernet은 전력을 송신하는 부분인 PSE와 전력을 수신하는 부분인 PD로 구분하여 기술하였으며 각각의 구현은 기존의 Ethernet PHY을 유지한 채로 기능을 구현할 수 있다. [3]

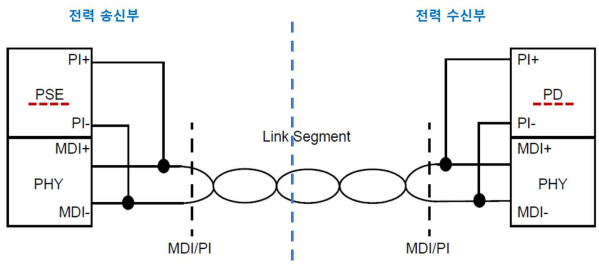

그림 1. 전력전송 이더넷 시스템 블럭도

IEEE 802.3bu 표준은 공급전압, 전력, 전압변조 여부 등에 따라 10개의 클래스로 구분되어 진다. 전원 공급은 승용차량에서 사용하는 12V, 상용

	12V unregulated PSE		12V regulated PSE		24V unregulated PSE		24V regulated PSE		48V regulated PSE	
Class	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_{PSE(max)}$	18V		18V		36V		36V		60V	
$V_{PSE(min)}$	5.6V	5.77V	14.4V		11.7V		26V		48V	
$I_{PI(max)}$	101mA	227mA	249mA	471mA	97mA	339mA	215mA	461mA	735mA	1360mA
$P_{Class(min)}$	0.566W	1.31W	3.59W	6.79W	1.14W	3.97W	5.59W	12W	35.3W	65.3W
$V_{PD(min)}$	4.94V	4.41V	12V	10.6V	10.3V	8.86V	23.3V	21.7V	40.8V	36.7V
$P_{PD(max)}$	0.5W	1W	3W	5W	1W	3W	5W	10W	30W	50W

그림 2 전력전송 이더넷 클래스에 따른 규격

차용 24V, 향후 적용 검토중인 48V에 대해서 각각 기술되어 있고 12V 기준으로 PD에서 공급 가능한 전력은 5W이며 PoDL 기준으로 최대 전력 전송은 48V 기준으로 50W이다.

자율주행 시스템의 센서와 제어기에서 PoDL 기술을 적용하기 위해 선정된 센서들에 대한 최대 전력량을 검토하였다. 사용되고 있는 센서들 중에서는 전력 소모가 제일 많은 것은 LiDAR로 개당 평균 소모 전력은 30W를 소비하였으며 전원 설계시 최대 전력 소모량을 고려하여 약 40W 수준의 부하를 공급할 수 있는 PSE와 PD 소자 선정이 필요하다. 그러나 차량용 12V 전원을 기준으로 표준에서는 PD 기준으로 최대 5W 수준으로 정의되어 있고 시중에 나온 부품들도 5W 수준으로 출시되고 있어 그대로 적용하기 어렵다.

갯수	전압 [v]	전류 [A]	전력 [W]
1개	12	2.791	30 + 3.5

그림 3 LiDAR의 전원 요구사항

LiDAR 센서를 자율주행시스템에 적용하기 위해서는 2가지 방향으로 검토를 진행하였다. 첫번째는 48V의 50W 수준의 PSE,PD를 적용하고 PSE, PD 앞단에서 12V를 48V 컨버터를 사용하여 표준부품을 사용하는 방법이고 두 번째는 12V를 40W까지 공급할 수 있도록 회로를 재설계하는 방법이다. 첫 번째 방법을 적용할 경우 표준에서 제시하는 시스템을 적용했다는 장점이 있지만 부스트 컨버터의 추가 기능에 대한 단가 상승과 12V - 48V - 12V의 전력 변환으로 전력의 효율성이 나빠지게 되는 단점이 존재한다. 때문에 전력의 효율성 측면에서 12V의 차량 전원을 그대로 사용하고 PSE와 PD를 40W 수준으로 재설계하는 방법으로 고려하였다.

그림 4는 표준에서 제시된 회로를 바탕으로 40W 전력공급이 가능한 PSE, PD를 설계하여 시스템을 구성한 부분이다. 데이터 전송은 기존 PHY를 유지하여 사용할 수 있어서 PSE, PD를 노드들 앞단에 어댑터의 형태로 사용할 수 있도록 별도의 모듈로 제작하였다. 제작된 PoDL어댑터의 기능은 LiDAR 데이터를 Viewer를 통해서 PoDL 적용 전과 적용 후의 전달되는 Point Cloud 이미지를 통해 확인하였다.

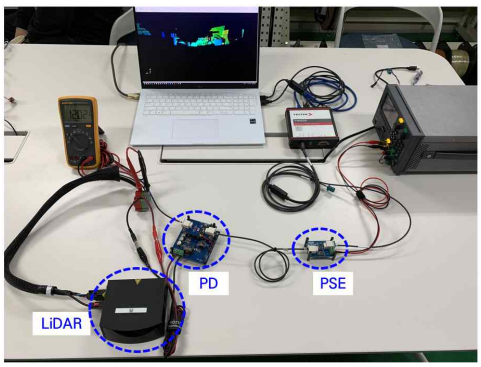

그림 4 40W 급 PoDL시스템 검증환경

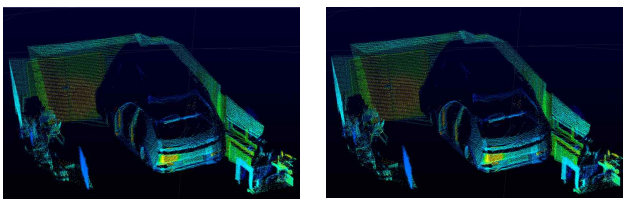

그림 5 LiDAR Point Cloud 캡처 (왼쪽 PoDL 적용전, 오른쪽 PoDL 적용 후)

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 승용차의 자율주행시스템에 PoDL 적용을 위해 필요한 표준을 기반으로 5W에서 40W 수준까지 공급할 수 있도록 설계된 PSE, PD 설계 통해 기능을 검증하였으며 통신 품질에 대해서는 PoDL 회로를 적용 후 Eye diagram 분석을 통한 Ethernet 물리적 계층 적합성 검사와 packet loss를 통해 확인하였다. 실차에 적용하기 위해서는 다수의 센서와 연동하여 차량에서 테스트가 필요하고 실차에 적용하기 위해서 와이어링 길에 따른 전압/전력 손실률, 전력에 대한 효율개선 등을 기반으로 추후 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2022년도 산업통산자원부 및 산업기술평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (‘20014325’)

참 고 문 헌

[1] 박현수, 정규창, 우성문, 박병철, “PoE 기반 통신모듈 개발”,한국통신학회 학술대회논문집, pp.927, 2020

[2] 이권, 도승권, 윤종호, “자동차용 이더넷 기술:, 한국통신학회지 제33권 제1호, pp.54-62, 2015

[3] IEEE Std 802.3bu.2016, Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet