

Zonal Architecture 을 이용한 차량 제어

이재인¹, 김민지¹, 백세현¹, 정승연¹, 최혁준², 전재욱³

¹성균관대학교 전자전기공학부 학부생

²성균관대학교 전자전기컴퓨터학과 대학원생

³성균관대학교 반도체시스템공학과 교수

iglee6517@g.skku.edu, englid0330@naver.com, bsh990301@naver.com, seungyeon0123@naver.com,
mick95@naver.com, jwjeon@skku.edu

Vehicle Control Using Zonal Architecture

Jae-In Lee¹, Min-Ji Kim¹, Se-Hyeon Baek¹, Seung-Yeon Jung¹, Hyeok-Jun Choi², Jae-Wook Jeon³

¹School of Electronic and Electrical Engineering, Sung-Kyun-Kwan University

²Dept. Electrical and Computer Engineering, Sung-Kyun-Kwan University

³Dept. Semiconductor Systems Engineering, Sung-Kyun-Kwan University

요 약

최근 차량 내 소프트웨어가 급속도로 발전하면서, 새로운 차량 아키텍처인 Zonal Architecture 에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 Zonal Architecture 을 실제 유아용 전동차에 적용해 보고, Zonal Architecture 의 달성 조건 중 하나인 센서간 시간 동기화를 구현한다.

1. 서론

최근 ADAS, 자율주행의 발전 등을 이유로 소프트웨어 복잡도가 빠르게 증가하고 있다. 현재 대부분 차량에 사용되는 Domain Architecture 는 같은 기능을 하는 장치들을 하나의 Domain Controller ECU 가 처리하기 때문에, 기능 및 소프트웨어가 복잡해 질수록 확장성에서 한계를 보인다. 이에 비해, Zonal Architecture 은 장치의 기능에 관계없이 가까운 Zonal Gateway ECU 에 연결하기 때문에, 더욱 높은 확장성을 가질 수 있다.

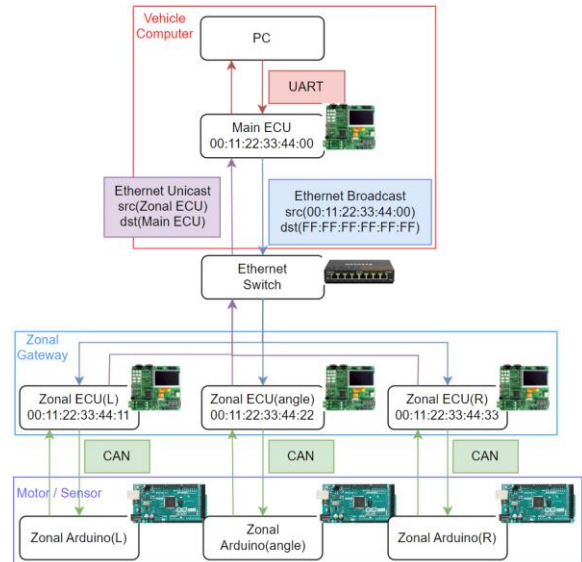
따라서, 본 연구에서는 유아용 전동차에 Ethernet 기반의 Zonal Architecture 를 구현하고, 해당 구조의 중요한 사항 중 하나인 센서 데이터 사이의 시간 동기화를 PTP(Precision Time Protocol)와 Main ECU 에서의 데이터 처리 알고리즘을 이용하여 구현한다.

2. 기능 구현

Zonal Architecture 을 아래와 같은 구조로 유아용 전동차에 적용시켰다. PC 에서 제어 메시지를 UART 를 통해 Main ECU 로 송신하고, Main ECU 가 해당 메시지를 처리하여 Zonal ECU 들로 Ethernet Broadcast 로 송신한다. 또한, 그 메시지를 Zonal Gateway ECU 가 받으면 각 Zone 에 알맞는 CAN 메시지로 변환하여 모터를 제어하는 Zonal Arduino 에 송신한다. 반대로,

Zonal Arduino 로부터 얻은 센서 값들을 같은 경로로 PC 까지 전송하도록 하였다.

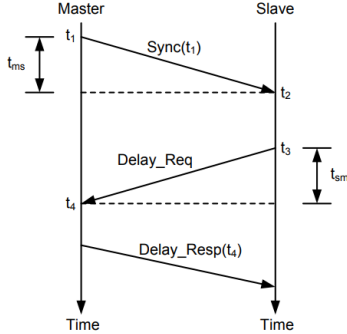
(그림 1) 전체 Zonal Architecture 구조



시간 동기화를 위해 첫 번째로, ECU 에 내장된 PTP 모듈을 사용하여 ECU 간 내부 시간을 동기화 해 주었다. PTP 로 시간 동기화를 하는 과정은 아래와 같으며, Main ECU 가 Master, Zonal ECU 가 Slave 로써 메시지를 주고받는다. 연구에 사용한 Renesas RA6M3 보드는 Slave Local Clock(t2) - Master Sync message(t1)를 통

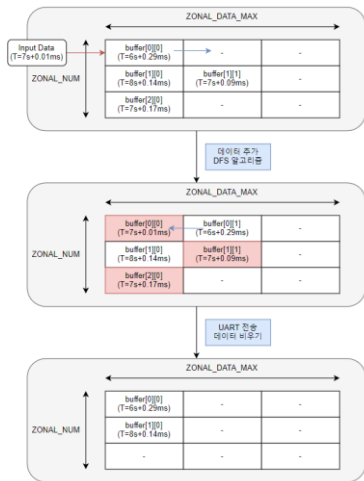
해 Master 와의 time offset 을 보정하고, Delay Resp Time(t_4) - Delay Req Time(t_3)를 통해 경로에서의 시간 차(path delay)를 보정한다.

(그림 2) PTP message 송수신 과정[1]



또한, 보정된 시간을 Ethernet message 에 담아 Zonal ECU 에서 Main ECU 로 센서값과 함께 송신하면, Main ECU 는 아래 알고리즘을 통해 동시에 송신되었다 판 단되는 센서 값들을 모아 UART 를 통해 PC 로 전송 한다.

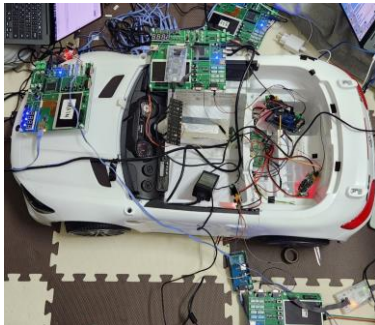
(그림 3) Main ECU 에서의 데이터 처리 알고리즘



3. 구현 결과

먼저, 차량은 아래와 같이 구성하였다.

(그림 4) 유아용 전동차 구조



시간동기화 결과를 확인하기 위해 RA6M3 보드내 의 기본적인 타이머인 AGT 와 PTP 동기화 시간 각각 1 초마다 pin data 를 toggle 하고, 그 결과를 오실로스

코프로 확인하였다. 또한, 두 타이머의 안정성을 확인 하기 위해 2 분 후에 측정한 오차도 확인하였다. 실험과정과 실험 결과는 아래 그림과 같다.

(그림 5) AGT / PTP Timer 오실로스코프 측정 과정



	1회차	2회차	3회차	4회차	평균	2분 후
R-L(ms)	0.26	3.36	3.34	1.72	2.17	26.4
R-조향(ms)	6.88	5.2	5.86	6.24	6.045	62.8
L-조향(ms)	7.12	8.56	9.2	7.94	8.205	89.2

<표 1> AGT Timer 오실로스코프 측정 결과

	1회차	2회차	3회차	4회차	평균	2분 후
R-L(ns)	30	570	260	130	247.5	20
R-조향(ns)	90	570	180	590	357.5	320
L-조향(ns)	60	0	80	460	150	340

<표 2> PTPTimer 오실로스코프 측정 결과

AGT Timer 은 ECU 간 ms 단위의 오차를, 2 분 후에는 처음보다 약 10 배의 오차를 보이고 있다. 또한, PTP Timer 은 평균적으로 ns 내외의 오차를, 2 분 후에도 비슷한 오차를 보이고 있다. 따라서 PTP Timer 이 AGT Timer 보다 더 낮은 오차와 높은 안정성을 보였다. 또한, Main ECU 의 데이터 처리 알고리즘이 잘 작동하는지 확인하기 위해, Main ECU 에서 PC 로의 Sensor UART Message 를 확인하였다.

(그림 6) Sensor Data UART 메시지

```

ECU : 0
Time : 1707597723 s (110 ns)
Data Size : 2
[Data 0]
angle : 500
[Data 1]
distance : 30.65535
ECU : 1
Time : 1707597723 s (70 ns)
Data Size : 2
[Data 0]
speed : 0
[Data 1]
distance : 30.65535
ECU : 2
Time : 1707597723 s (35 ns)
Data Size : 2
[Data 0]
angle : 500
[Data 1]
distance : 30.65535
    
```

결과는 위와 같이 동시에 처리한 센서 데이터가 ns 단위의 오차를 보이는 것을 볼 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2024 년 미래형자동차 기술융합혁신인재양 성사업)

참고문헌

[1] Steve T.Watt "Understanding and applying precision time protocol" IEEE Xplore