사물인터넷융복합논문지 Vol. 11, No. 6, pp. 147-152, 2025 https://doi.org/10.20465/KIOTS.2025.11.6.147

IEEE 802.1Qbv 기반 차량 내부 네트워크에서 토폴로지 변화에 따른 시간 결정성 분석

한서연[1], 이솔비[2], 권정혁[2*], 김의직[3*]
[1]한림대학교 소프트웨어학부 학사과정, [2]한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수, [3]한림대학교 소프트웨어학부 교수

Time Determinism Analysis under Topology Variations in IEEE 802.1Qbv-Based In-Vehicle Networks

Seo-Yeon Han[1], Sol-Bee Lee[2], Jung-Hyok Kwon[2*], Eui-Jik Kim[3*]
[1]B.S. Course, Division of Software, Hallym University
[2]Research Professor, Smart Computing Laboratory, Hallym University
[3]Professor, Division of Software, Hallym University

요 약 최근, 차량 내부 네트워크(In-Vehicle Network, IVN)의 증가하는 센서 데이터와 복잡한 제어 요구를 충족시키기 위해 Time-Sensitive Networking(TSN)의 도입이 주목받고 있다. 특히 IEEE 802.1Qbv의 Time-Aware Shaper(TAS)는 시간 결정성을 확보하기 위한 핵심 기술로 평가된다. 그러나 TSN의 시간 결정성 성능은 네트워크 토폴로지의 영향을 크게 받기 때문에, IVN의 구조적 특성을 고려한 분석이 필요하다. 이에 본 논문은 IEEE 802.1Qbv 기반 IVN 환경에서 토폴로지 변화가 시간 결정성에 미치는 영향을 규명하는 데 초점을 둔다. 이를 위해 Zonal Architecture를 고려한 Dumbbell 구조를 기본 토폴로지로 설정하고, 중앙 스위치에 Spoke 링크를 단계적으로 추가한 확장형 토폴로지를 설계한 뒤 OMNeT++ 및 NESTing 시뮬레이션을 수행하였다. 분석 결과, Spoke 링크가 증가할수록 트래픽 분산으로 인한 병목 완화가 발생하였고, 이에 따라 처리량 향상과 지연 및 패킷 지연 편차 감소가 확인되었다. 이를 통해, Zonal Architecture 기반 IVN에서 토폴로지 변화가 TAS의 시간 결정성에 직접적인 영향을 미친다는 사실을 확인하였으며, 본 결과는 IVN 설계 시 토폴로지 선택에 참고할 수 있는 참조 데이터를 제공한다.

주제어 : 시간 결정성, 시간 민감 네트워킹, 차량 내부 네트워크, 토폴로지 설계, IEEE 802.1Qbv

Abstract Recently, Time-Sensitive Networking (TSN) has gained increasing attention as a promising solution to handle the growing sensor data and complex control demands in In-Vehicle Networks (IVN). In particular, the Time-Aware Shaper (TAS) defined in IEEE 802.1Qbv is regarded as a key mechanism for ensuring time determinism. However, TSN performance is highly affected by network topology, making topology-aware analysis essential for IVN design. This paper investigates the impact of topology variation on time determinism in an IEEE 802.1Qbv-based IVN environment. To this end, a baseline Dumbbell topology reflecting a Zonal Architecture was designed, and additional Spoke links were incrementally attached to the central switch. OMNeT++ and NESTing simulations were conducted to evaluate performance metrics. The results indicate that increasing the number of Spoke links mitigates central bottlenecks by distributing traffic, leading to higher throughput and reduced delay and packet delay variation. These findings confirm that topology configuration directly affects TAS-based time determinism and provide useful reference data for future IVN design.

Key Words : Time Determinism, TSN, IVN, Topology Design, IEEE 802.1Qbv

본 논문은 2025년도 교육부 및 강원특별자치도의 재원으로 강원RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다(2025-RISE-10-009). 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00353365).
*교신저자 : 김의직(ejkim32@hallym.ac.kr), 권정혁(jhkwon@hallym.ac.kr)
접수일 2025년 10월 17일 수정일 2025년 11월 12일 심사완료일 2025년 11월 24일

www.kci.go.kr

1. 서론

최근 차량 내부 네트워크(In-Vehicle Network, IVN)는 안전한 자율주행과 정밀한 실시간 제어를 위해 고신뢰·저지연 통신 기술의 중요성이 커지고 있다. 기존 IVN은 제어기 영역 네트워크(Controller Area Network, CAN), 로컬 상호연결 네트워크(Local Interconnect Network, LIN) 등 서로 다른 목적의 버스 시스템을 조합해 운용해 왔다. 그러나 센서, 제어 장치, 인포테인먼트 간 데이터 요구량이 증가함에 따라, 대용량· 고속 데이터 전송과 시간 결정성을 동시에 만족하는 데 한계를 드러내고 있다. 이 같은 요구 변화에 대응하기 위해 Ethernet에 시간 결정성을 부여한 Time-Sensitive Networking(TSN)이 차세대 IVN의 핵심 기술로 주목받고 있다 [1, 2].

TSN은 지연(Delay)과 지터(Jitter)를 최소화하여 예측 가능한 실시간 통신을 가능하게 하는 기술로, 서로 다른 목적을 갖는 여러 IEEE 802.1 표준들로 구성된다 [3]. 구체적으로, TSN은 시간 동기화, 트래픽 스케줄링 및 분류, 대역폭 보장, 경로 신뢰성 확보 등 표준별 핵심 메커니즘을 통합하여 Ethernet 기반 환경에서 높은 시간 결정성을 확보한다. 특히 IEEE 802.1Qbv 표준은 시간 결정성을 지원하기 위한 핵심 메커니즘인 Time-Aware Shaper(TAS)를 정의하며, TAS는 트래픽을 사전에 예약된 시간 구간에서 전송하도록 스케줄링함으로써 예측 가능한 통신 타이밍을 보장한다 [4].

그러나 TAS 기반 TSN의 성능은 전송 스케줄링 자체뿐 아니라, 데이터 프레임이 전달되는 네트워크 토폴로지 구조에 크게 의존한다. 이동 경로가 길어지거나 특정 지점에 트래픽이 집중될 경우, 프레임 도착 시간의 변동성이 높아지게 되며. 이는 처리율 저하 및 지연 편차 증가로 이어져 시간 결정성을 유지하기 어렵게 만든다. 즉, IVN에서 동일한 전자제어장치(Electronic Control Unit, ECU) 구성과 TAS 주기를 적용하더라도 토폴로지에 따라 시간 결정성 특성은 크게 달라질 수 있으며, TSN의 시간 결정성은 스케줄링 문제이자 동시에 토폴로지 설계 문제로 해석될 필요가 있다. 따라서 IVN 환경에서 TSN의 시간 결정성을 안정적으로 확보하기 위해서는 토폴로지 관점의 설계 및 최적화가 매우 중요하다.

최근 차량 전장 시스템은 ECU를 공간 단위로 통합하는 Zonal Architecture로 전환되고 있으며, 이러한 구조적 변화는 IVN에서 토폴로지 설계가 TSN의 시간 결정성 확보에 실질적인 영향을 미친다는 점을 시사한다 [5, 6]. 그럼에도 기존 연구는 TSN 또는 TAS 자체 분석에 집중된 경우가 대부분이며, Zonal Architecture 관점에서 토폴로지 변화가 IEEE 802.1Qbv 기반 TSN의 시간 결정성에 미치는 영향을 정량적으로 비교·분석한 연구는 여전히 부족하다 [7]. 따라서 IVN의 구조적 특성을 고려한 토폴로지별 TSN 성능을 비교·분석하고, 최적의 IVN 토폴로지 설계 방안을 제시하는 연구가 필수적이다.

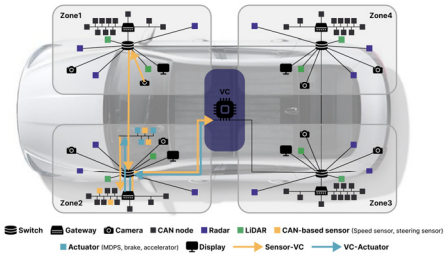
본 논문은 IEEE 802.1Qbv 기반 IVN 환경에서 토폴로지 변화가 TAS 기반 시간 결정성에 미치는 영향을 체계적으로 분석하는 데 초점을 둔다. 이를 위해 OMNeT++ 및 NESTing 기반 시뮬레이션 환경을 구축하고, 토폴로지 변화에 따른 성능을 정량적으로 비교·분석하였다. Zonal Architecture 기반 IVN 환경을 고려하기 위해, 다수의 센서가 존재하는 각 영역의 데이터가 중앙 스위치로 전송되는 구조를 반영했다. 구체적으로, 기본 토폴로지로 Dumbbell 구조를 구성하고, 중앙 스위치에 다양한 수의 Spoke 링크를 추가하여 실험 토폴로지를 설계하였다. 이후, 토폴로지 변화에 따른 지연, 지터 및 처리량 특성을 정량적으로 비교·분석하여, IVN 환경에서 토폴로지 설계가 TSN 성능에 미치는 영향을 실험적으로 규명하였다. 실험 결과, Spoke 링크 수가 증가함에 따라 지연 및 지터는 감소하고, 처리량은 향상되는 경향이 관찰되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IVN Zonal Architecture 및 IEEE 802.1Qbv TAS를 소개한다. 3장에서는 실험 환경 및 토폴로지 구성에 관해 설명하고, 4장에서는 실험 결과에 관해 설명한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

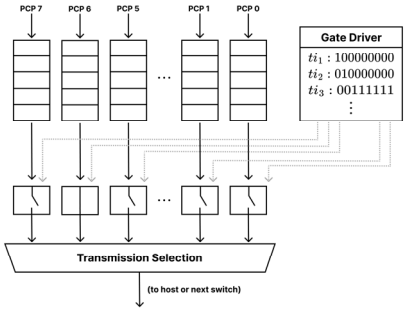
2. 관련 연구

본 장에서는 IVN의 구조적 변화와 실시간 이더넷 기반 기술 발전을 이해하기 위해, 대표적인 IVN 아키텍처 모델과 TSN의 핵심 메커니즘을 살펴본다. 먼저, 최근 차량 아키텍처 패러다임으로 주목받고 있는 Zonal Architecture를 소개하고, 이어서 TSN 및 IEEE 802.1Qbv TAS에 관해 설명한다.

www.kci.go.kr



[Fig. 1] IVN Zonal Architecture



[Fig. 2] TAS Structure

2.1 IVN Zonal Architecture

IVN은 센서 증가와 소프트웨어 복잡도 상승으로 인해 높은 대역폭과 결정론적 통신을 요구한다. 기존 Domain Architecture는 기능별 ECU 그룹과 도메인 간 게이트웨이를 기반으로 구성되어, 배선 증가, 병목구간, 복잡한 합류 지점 등 구조적 한계가 존재했다 [8]. 특히 동력 시스템, 주행 제어, 인포테인먼트 등 각 기능 영역별로 독립된 네트워크가 구성되어 있어, 영역 간 데이터 교환 시 중앙 게이트웨이를 경유해야 하는 비효율이 발생했다.

이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 개념이 [Fig. 1]에 나타난 Zonal Architecture이다. Zonal Architecture는 차량을 기능별이 아닌 지리적 위치(Zone) 기준으로 분할하여 각 구역에 Zonal Controller를 배치하고, 해당 구역의 센서와 액추에이터를 수집·관리하도록 설계된다 [9]. 모든 Zonal Controller는 중앙 연산 유닛(Central Compute Unit, CCU)과 백본 스위치를 통해 고속 이더넷으로 연결된다. 이 구조에서는 각 Zone이 독립적으로 데이터를 수집하고, CCU가 전체 의사결정을 담당한다.

Zonal Architecture는 하위 장치와의 물리적 근접성을 활용하여 배선 길이, 제어 지연, 관리 복잡도를 크게 줄인다. 또한, 차량 전체의 데이터 흐름을 단순화함으로써 TSN 기반의 시간 결정적 스케줄링이 보다 안정적이고 예측 가능하게 동작하도록 지원한다

2.2 TSN & IEEE 802.1Qbv TAS

기존 이더넷은 프레임 전송 시점과 지연 시간을 예측하기 어려운 비결정적 특성을 가지고 있어, 실시간 트래픽을 안정적으로 전달하는 데 한계가 있다. 이를 개선하기 위해 IEEE 802.1 작업 그룹은 산업용 네트워크를 위한 TSN 표준을 제정하였다. TSN은 기존 이더넷에 시간 결정성을 부여하여 네트워크 장치 간 동기화를 가능하게 하고, 실시간 트래픽의 예측 가능한 전달을 지원한다 [10]. 이러한 특성 덕분에 TSN은 IVN과 같은 차량 내부 네트워크에서도 실시간 통신 요구를 만족시키는 핵심 기술로 주목받고 있다. TSN은 시간 동기화(IEEE 802.1AS), 프레임 선점(IEEE 802.1Qbu), 트래픽 셰이핑 및 스케줄링(IEEE 802.1Qav, Qbv) 등 다양한 하위 표준을 포함한다 [11].

IEEE 802.1Qbv는 TSN의 핵심 시간 제어 메커니즘인 TAS를 정의하며, TAS는 각 우선순위 코드 포인트(Priority Code Point, PCP)에 대한 전송 게이트를 주기적으로 개폐하여 전송 시점을 제어한다. 즉, 하나의 스케줄링 주기를 여러 타임 슬롯(Time Slot)으로 나누고, 각 슬롯에서 전송이 허용되는 트래픽 클래스만을 선택적으로 전달하도록 설계되어 있다 [12, 13].

[Fig. 2]는 TAS 구조를 보여준다. 각 스위치 포트에는 PCP0-PCP7에 해당하는 8개의 우선순위 전송 큐가 존재하며, 각 큐 앞에는 전송 여부를 제어하는 게이트가 위치한다. 이 게이트들의 상태는 게이트 제어 리스트(Gate Control List, GCL)에 의해 결정되며, GCL은 스케줄링 주기 내 시간 인덱스별로 각 게이트의 열림/닫힘 상태를 정의한 비트 열로 구성된다. 예를 들어 $ti_1 : 10000000$은 PCP7만 전송 허용됨을 의미하며, $ti_2 : 01000000$은 PCP6만 허용, $ti_3 : 00111111$은 PCP5부터 PCP0까지 전송 허용됨을 나타낸다.

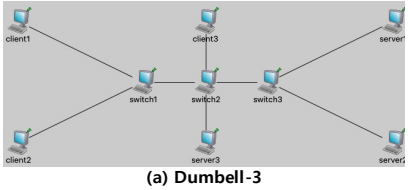
스위치는 정밀 시간 프로토콜(Precision Time Protocol, PTP)을 통해 네트워크 전체의 시각을 동기화하며, 중앙 제어기(Centralized Network Controller, CNC)는 전체 네트워크의 요구사항에 따라 GCL을 계산하고 각 스위치에 배포한다. 이후 스위치는 자신의 로컬 시간을 기준으로 GCL에 정의된 스케줄을 반복하여 실행하며, 각 시점에 열려 있는 게이트의 트래픽만을 선택하여 포트로 전송한다 [14, 15].

www.kci.go.kr

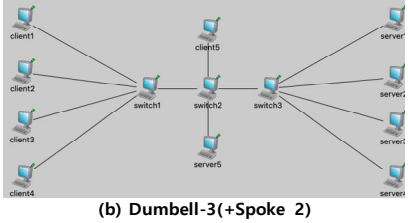
3. 실험 환경 및 토폴로지 구성

본 연구에서는 OMNeT++ 시뮬레이터와 TSN 전용 시뮬레이션 프레임워크인 Time-Sensitive Networking Simulation Framework(NESTing)을 활용하여 TAS 기반 TSN 환경을 구축하였다. NESTing은 Gate Control, PCP 등 TSN 기능을 지원하며, IVN 환경에서의 TAS 동작을 정밀하게 모사할 수 있다는 장점을 가진다. 시뮬레이션은 모두 동일한 스케줄링 주기와 트래픽 부하 조건에서 수행되었다. 실험에서 트래픽은 두 가지 유형으로 구성하였다. Video 트래픽은 실시간 전송을 요구하는 높은 우선순위 데이터로 PCP4를 부여하였고, Best Effort 트래픽은 비실시간 데이터로 PCP0을 사용하였다. 모든 트래픽은 동일한 주기와 패킷 크기를 유지하여, 토폴로지 외 요소가 성능에 영향을 미치지 않도록 설정하였다. 〈Table 1〉은 실험 설정 내용을 상세하게 보여준다.

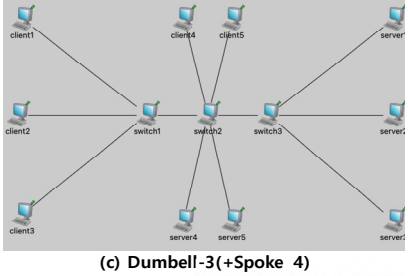
[Fig. 3]은 실험에서 활용한 토폴로지 구성을 보여준다. 그림과 같이, 기본 Dumbbell-3 구조를 기반으로 하며, 중앙 스위치에 수직 Spoke 링크를 (a) 0개, (b) 2개, (c) 4개 추가하여 총 세 가지 토폴로지를 구성하였다. 각 토폴로지에서는 5개의 클라이언트와 5개의 서버가 배치되며, 모든 클라이언트는 동일한 전송 주기와 패킷 크기로 구성하였다.



(a) Dumbell-3



(b) Dumbell-3(+Spoke 2)



(c) Dumbell-3(+Spoke 4)

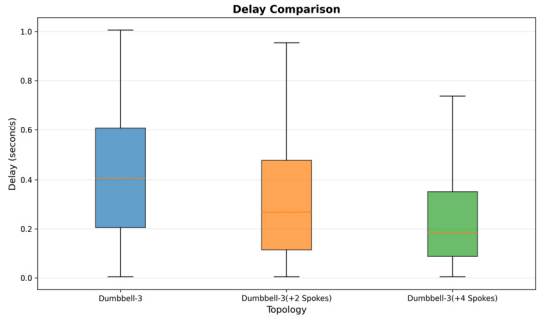
[Fig. 3] Topology Configurations

〈Table 1〉 Simulation Configuration

Parameter	Configuration
Simulator	OMNeT++ NESTing
Traffic Type	Best Effort (Port 1000, PCP0) Video (Port 1001, PCP4)
TAS Cycle	10 ms
Gate Schedule	TC1 (Video): 0-6 ms TC0 (BE): 6-10 ms
Node Configuration	5 Clients 5 Servers 3 Switches
Simulation Time	3 s

4. 실험 결과

[Fig. 4]는 토폴로지 변화에 따른 지연 성능 변화를 보여준다. Dumbbell-3에서는 트래픽이 중앙 집중형 경로로 몰리면서 병목 현상이 발생하여 지연 값이 넓은 범위에 분포하였고, 중앙값 또한 상대적으로 높은 위치에 형성되었다. Dumbbell-3(+2 Spokes)에서는 추가적인 분산 경로가 트래픽 부하를 분산시켜 지연 분포의 하한과 중앙값이 Dumbbell-3보다 낮게 나타났으며, 전체 범위도 감소하였다. Dumbbell-3(+4 Spokes)에서는 Spoke 링크가 더 많이 추가되어 트래픽이 보다 균등하게 분산됨에 따라 세 토폴로지 중 가장 낮은 중앙값과 가장 좁은 지연 분포 구간을 보였다. 정량적으로, 지연 중앙값은 Dumbbell-3 토폴로지 대비 Dumbbell-3(+4 Spokes) 토폴로지에서 최대 약 50% 이상 감소하였다.

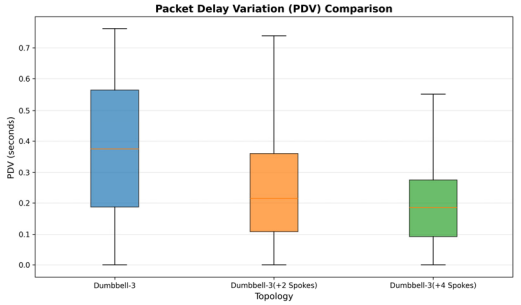


[Fig. 4] Delay for Topology Variation

[Fig. 5]는 토폴로지 변화에 따른 패킷 지연 편차(Packet Delay Variation, PDV)를 보여준다. 지연 성능과 유사하게, PDV 또한 Spoke 링크가 추가될수록 변동 폭이 줄어들어, Dumbbell-3(+4 Spokes) 토폴로지에서 가장 안정적인 수준을 유지했다. 이는 Spokes를 통

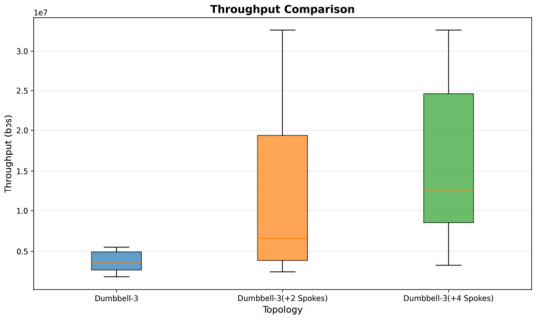
www.kci.go.kr

한 트래픽 분산이 중앙 스위치의 병목 현상을 효과적으로 완화하여, 프레임이 TAS의 타임 슬롯에 도달하는 시점의 불확실성을 크게 줄였음을 의미한다. 정량적으로 Dumbbell-3 토폴로지에서 PDV의 중앙값은 약 0.38초로 측정되었다. 이에 비해 Spoke 링크가 2개 및 4개 추가된 토폴로지에서는 중앙값이 각각 약 0.2초 및 0.19초로 나타났다.



[Fig. 5] PDV for Topology Variation

[Fig. 6]는 토폴로지 변화에 따른 처리량 변화를 보여준다. Dumbbell-3에서는 트래픽이 중앙 스위치에 집중되며 병목이 발생하여 처리량이 낮게 나타났다. 반면 Spoke 링크를 추가한 토폴로지에서는 트래픽 분산으로 병목이 완화되어 처리량이 증가하였으며, Dumbbell-3(+4 Spokes)에서는 가장 높은 수준과 안정성을 보였다. 이는 링크 확장을 통한 트래픽 분산이 처리량 향상의 주요 원인임을 의미한다.



[Fig. 6] Throughput for Topology Variation

5. 결론

본 연구에서는 IEEE 802.1Qbv 기반 TSN 환경에서 네트워크 토폴로지 변화가 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 실험 결과, Spoke 링크가 추가된 Dumbbell(+4 Spokes) 구조에서 중앙 병목이 완화되어 가장 높은 처리량과 가장 낮은 지연 및 PDV가 관찰되었다. 이는 Spoke 링크를 통한 트래픽 분산으로 패킷 도착 시점이 분리되고, TAS 타임 슬롯 경계 충돌이 감소한 결과로 해석된다. 본 연구를 통해 TSN 기반 IVN 설계에서 적절한 토폴로지 구성이 네트워크 성능 확보에 많은 영향을 미친다는 점을 실험적으로 확인하였다. 향후 연구에서는 Zonal Architecture 수준의 확장된 IVN 환경에서 IEEE 802.1Qbv 기반 TAS 스케줄링의 시간 결정성 특성을 더욱 정밀하게 분석할 계획이다. 특히 평균 지표 중심의 분석을 넘어, 시간 결정성의 안정성과 변동 특성을 고려하여 실제 IVN 적용 가능성을 확장 검증하고자 한다.

REFERENCES

[1] M.Ashjaei, L.L.Bello, M.Daneshtalab, G.Patti, S.Saponara and S.Mubeen, "Time-Sensitive Networking in Automotive Embedded Systems: State of the Art and Research Opportunities," *J. Syst. Architect.*, Vol.117, pp.102137:1-102137:15, 2021.

[2] L.L.Bello and W.Steiner, "A Perspective on IEEE Time-Sensitive Networking for Industrial Communication and Automation Systems," in *Proc. IEEE*, Vol.107, No.6, pp.1094-1120, 2019.

[3] T.Häckel, P.Meyer, F.Korf and T.C.Schmidt, "Software-Defined Networks Supporting Time-Sensitive In-Vehicular Communication," in *Proc. IEEE VTC2019-Spring*, pp.1-7, 2019.

[4] A.B.Muslim, R.Tönjes and T.Bauschert, "Synchronizing TSN Devices via 802.1AS over 5G Networks," *Electronics*, Vol.13, No.4, pp.768:1-768:13, 2024.

[5] C.Park and S.Park, "Performance Evaluation of Zone-Based In-Vehicle Network Architecture for Autonomous Vehicles," *Sensors*, Vol.23, No.2, pp.669:1-669:16, 2023.

[6] H.Zhu, W.Zhou, Z.Li, L.Li and T.Huang, "Requirements-Driven Automotive Electrical/Electronic Architecture: A Survey and Prospective Trends," *IEEE Access*, Vol.9, pp.100096-100112, 2021.

[7] C.Gärtner, A.Rizk, B.Koldehofe, R.Guillaume, R.Kundel and R.Steinmetz, "On the Incremental Reconfiguration of Time-sensitive Networks at Runtime," in *Proc. 2022 IFIP Networking Conference*, pp.1-9, 2022.

[8] C.Park, C.Cui and S.Park, "Analysis of E2E Delay and Wiring Harness in In-Vehicle Network with Zonal Architecture," *Sensors*, Vol.24, No.10, pp.3248:1-3248:17, 2024.

[9] J.Lim, J.Lee, Y.S.Hong and C.Kang, "A Framework for

Designing Zonal Architectures for In-Vehicle Networks: Balancing Communication Load and Wiring Length," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol.74, No.5, pp.7940-7952, 2025.

[10] T.Zhang, G.Wang, C.Xue, J.Wang, M.Nixon and S.Han, "Time-Sensitive Networking (TSN) for Industrial Automation: Current Advances and Future Directions," *ACM Comput. Surv.*, Vol.57, No.2, pp.30:1-30:38, 2024.

[11] L.Zhao, F.He, E.Li and J.Lu, "Comparison of Time Sensitive Networking (TSN) and TTEthernet," in *Proc. 2018 IEEE/AIAA 37th DASC*, pp.1-7, 2018.

[12] R.S.Oliver, S.S.Craciunas and W.Steiner, "IEEE 802.1Qbv Gate Control List Synthesis using Array Theory Encoding," in *Proc. 2018 IEEE RTAS*, pp.13-24, 2018.

[13] S.S.Craciunas, R.S.Oliver, M.Chmelík and W.Steiner, "Scheduling Real-Time Communication in IEEE 802.1Qbv Time Sensitive Networks," in *Proc. 24th RTNS*, pp.183-192, 2016.

[14] T.Stüber, L.Osswald, S.Lindner and M.Menth, "A Survey of Scheduling Algorithms for the Time-Aware Shaper in Time-Sensitive Networking (TSN)," *IEEE Access*, Vol.11, pp.71225-71246, 2023.

[15] T.Stüber, L.Osswald and M.Menth, "Efficient Robust Schedules (ERS) for Time-Aware Shaping in Time-Sensitive Networking," *IEEE Open J. Commun. Soc.*, Vol.5, pp.6655-6673, 2024.

한 서 연(Seo-Yeon Han) [준회원]

■ 2023년 3월 ~ 현재 : 한림대학교 소프트웨어학부 학사과정

〈관심분야〉
사물인터넷, 무선센서네트워크, 임베디드시스템, 차량 네트워크

이 솔 비(Sol-Bee Lee) [정회원]

■ 2018년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학사)
■ 2024년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학박사)
■ 2024년 3월 ~ 현재 : 한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수

〈관심분야〉
사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 차량 네트워크, 머신러닝, 블록체인

권 정 혁(Jung-Hyok Kwon) [정회원]

■ 2010년 2월 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 (공학사)
■ 2012년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학과 (공학석사)
■ 2019년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학박사)
■ 2013년 4월 ~ 2015년 6월 : LIG넥스원 SW연구센터 선임연구원
■ 2019년 3월 ~ 현재 : 한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수

〈관심분야〉
사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 차량 네트워크, 머신러닝, 블록체인

김 의 직(Eui-Jik Kim) [정회원]

■ 2004년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)
■ 2006년 2월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학석사)
■ 2013년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학과 (공학박사)
■ 2006년 2월 ~ 2009년 7월 : 삼성전자 DMC연구소 선임연구원
■ 2009년 8월 ~ 2013년 8월 : KT 융합기술원 선임연구원
■ 2013년 9월 ~ 현재 : 한림대학교 소프트웨어학부 교수

〈관심분야〉
사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 차량 네트워크, 머신러닝, 블록체인

www.kci.go.kr