

2022 KAIST Tech Fair KAIST 기술이전 설명회



차량 엣지 기반
상황인식 신뢰도 평가 시스템

전산학부 이동만 교수

KAIST

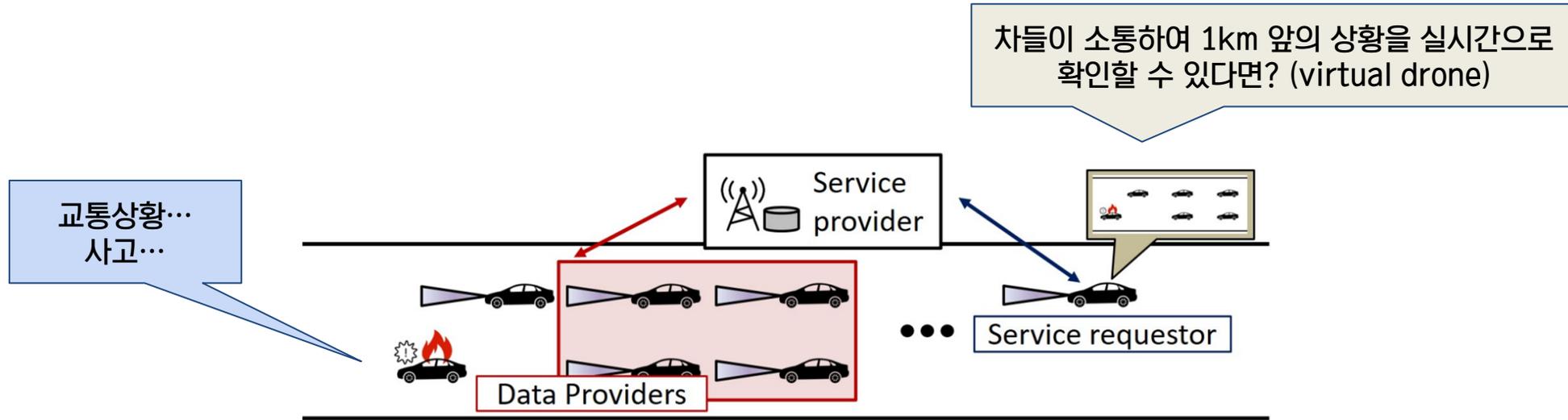


Contents

- 01 기술/아이템 개요
- 02 연구개발 배경
- 03 기술의 특징
- 04 기술의 효과
- 05 산업분야 및 시장 규모
- 06 사업화 방안

- 제안기술 : 차량 엣지 네트워크 망에서의 실시간 클라우드센싱 서비스를 위한 상황인식 신뢰도 평가 시스템
- 기술분야 : ICT/SW
- 관련 특허 및 논문
 - 특허1 : 차량 엣지 네트워크 환경에서의 실시간 클라우드 센싱 서비스를 위한 상황 인지 기반 신뢰도 예측 기법 (출원번호: 10-2020-0049636)
 - 특허2 : 차량 에지 네트워크 망에서의 실시간 클라우드센싱 서비스를 위한 상황인식 신뢰도 평가 시스템 (발명신고일: 2022-03-25)
 - 논문1 : Yang, Hongmin, et al. "Context-aware trust estimation for realtime crowdsensing services in vehicular edge networks." 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). IEEE, 2020.
 - 논문2 : Jang, Si Young, et al. "CARES: Context-Aware Trust Estimation System for Realtime Crowdsensing Services in Vehicular Edge Networks." ACM Transactions on Internet Technology (TOIT) (2022).

01. 기술/아이템 개요



- 차량과 Roadside unit 사이의 통신을 위한 Vehicle-to-Infrastructure (V2I) 기술 제안
 - 최근 자율 주행의 안전성을 높이기 위해 V2V (Vehicle to Vehicle) 기술이 제안됨: 단순히 한 대의 차량이 스스로 판단하는 것을 넘어 주변 차량과의 소통을 통해 보다 안전한 자율 주행을 할 수 있도록 하는 기술
 - 그러나 V2V 기술만으로는 도로 인프라를 전반적으로 파악하기 어려운 경우가 있음. 개인 모빌리티(PM)의 등장을 넘어 UAM (Urban Aerial Mobility) 등이 현실이 되는 시대인 만큼 안전하고 편리한 스마트 모빌리티에 대한 고민이 절대적으로 필요함.
- 미래의 스마트 모빌리티 시스템에서 운전자는 클라우드 센싱 서비스를 통해 다른 차량 센서 정보를 받아 상황 인식을 높을 수 있음.
- 이 과정에서 악의적인 행동을 방지하기 위해 받는 데이터의 진실성 (truth) 를 측정하거나 데이터 소스의 신뢰도를 측정해야 함.

01. 기술/아이템 개요

제안기술: 클라우드 기반 차량의 데이터의 진실성 (truth) 를 측정하거나 데이터 소스의 신뢰도를 측정하는 기술

특허1: 차량 엣지 네트워크 환경에서의 실시간 클라우드 센싱 서비스를 위한 상황 인지 기반 신뢰도 예측 기법 (출원번호: 10-2020-0049636)

- Historical data 기반

특허2: 차량 엣지 네트워크 망에서의 실시간 클라우드센싱 서비스를 위한 상황인식 신뢰도 평가 시스템 (발명신고일: 2022-03-25)

- Transfer learning and its Q-learning based dynamic adjustment scheme

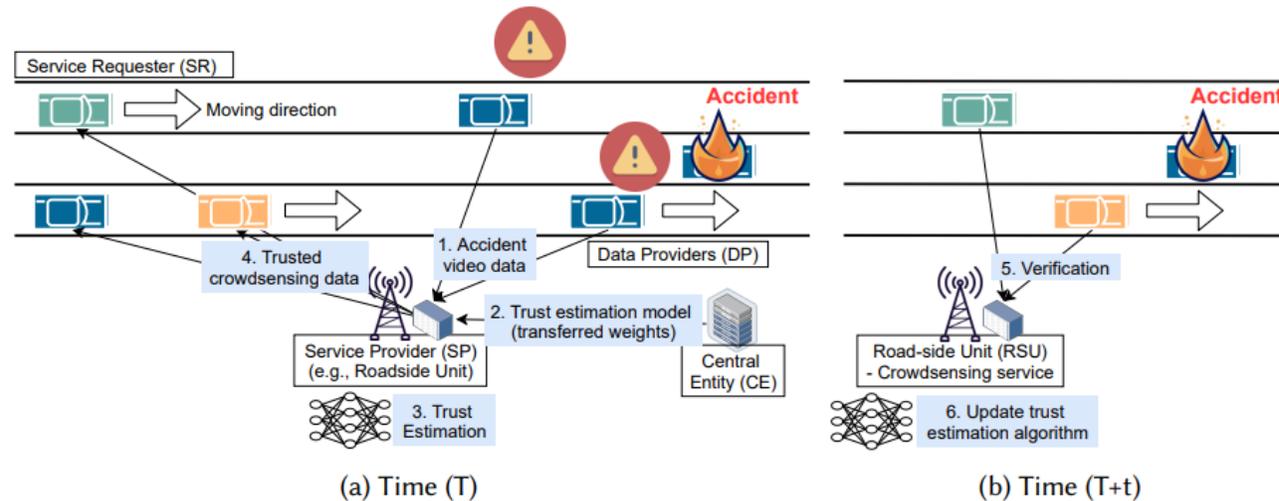


Fig. 1. The bird's-eye view service scenario: A service provider (i.e., roadside unit, or RSU) requests video data to vehicles and provides a stitched view to service requesters.

◆ 관련 연구

- [1] R. Bhatti, E. Bertino, and A. Ghafoor, “A trust-based context aware access control model for web-services,” Distributed and Parallel Databases, vol. 18, no. 1, pp. 83–105, 2005.
- [2] W. Li and H. Song, “ART: An attack-resistant trust management scheme for securing vehicular ad hoc networks,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 17, no. 4, pp. 960–969, 2016.
- [3] X. Chen and L. Wang, “A cloud-based trust management framework for vehicular social networks,” IEEE Access, vol. 5, pp. 2967–2980, 2017
- [4] F. G. Marmol and G. M. Pérez, “TRIP, a trust and reputation infrastructure-based proposal for vehicular ad hoc networks,” Journal of Network and Computer Applications, vol. 35, no. 3, pp. 934–941, 2012.

◆ 기존 방법의 문제점

- 도로 상황 비디오 데이터 히스토리 기반으로 측정하기 때문에 히스토리가 없는 경우 (즉, 새로운 환경)는 초기에는 정확한 분석을 할 수 없음 [1]
- 데이터를 제공하는 자율 자동차 운전자의 행동 및 이에 영향을 받는 신뢰도가 주변 상황에 따라 달라질 수 있다는 점을 고려하지 않음 [2, 3, 4]

03. 기술의 특징

● 핵심 요소

- 도로상황에서 **운전자들의 행동에 영향을 줄 수 있는 중요한 상황요소를 도출**
- 상황요소를 중심으로 데이터 제공 행위에 대한 상호작용 이력을 축적하여, 그를 기반으로 대상 데이터 소스의 신뢰도를 상황에 따라 적응적으로 측정할 수 있는 기법을 제안
- 처음 상호작용하는 자동차에 대한 신뢰도 측정 시간을 단축시키기 위해 **비슷한 행동 양상을 보이는 (I-shared) 자동차에 대한 신뢰도를 간접적으로 활용**

● 운전자들의 행동 (데이터 소스) 에 영향을 줄 수 있는 상황요소 도출 [5, 6]

- 날씨 - 비/구름, 시간 - 오전/오후/출퇴근

● I-sharing [7]

- 같은 상황을 공유한 차량 운전자들은 비슷한 행동 양상을 보임

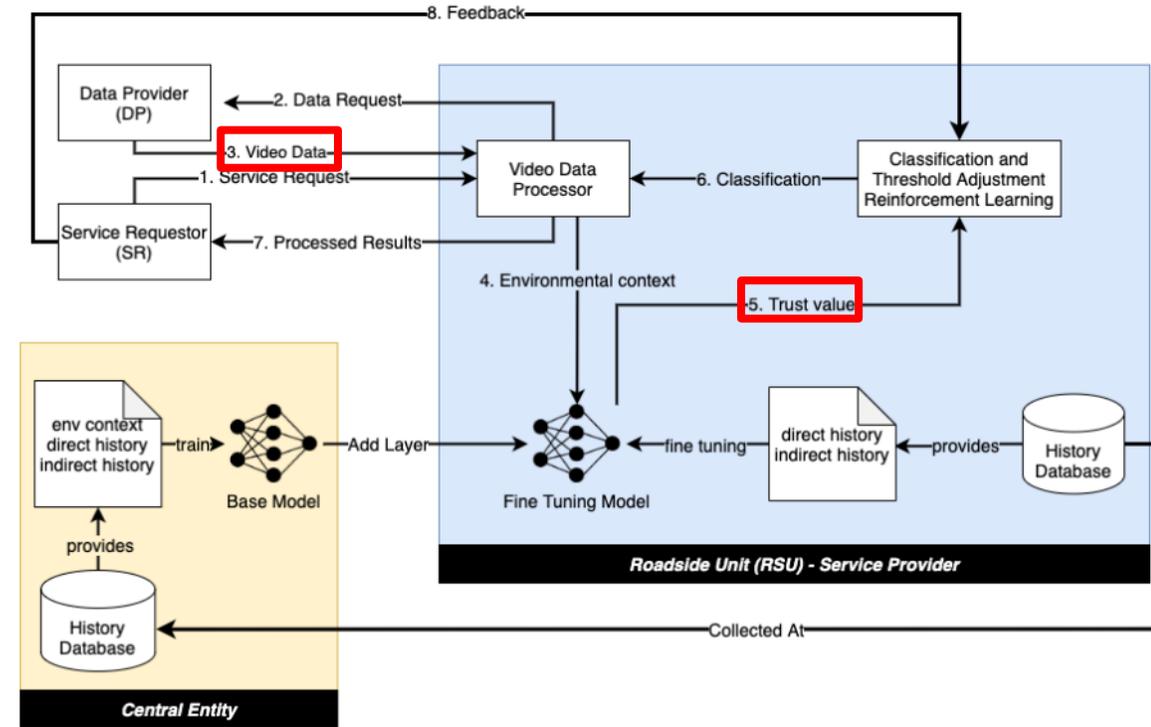


Fig. 2. The overview of the system architecture used in the CARES.

[5] D. Shinar and R. Compton, "Aggressive driving: An observational study of driver, vehicle, and situational variables," Accident Analysis & Prevention, vol. 36, no. 3, pp. 429-437, 2004.
[6] P. B. Harris and J. M. Houston, "Recklessness in context: Individual and situational correlates to aggressive driving," Environment and Behavior, vol. 42, no. 1, pp. 44-60, 2010.
[7] E. C. Pinel, A. E. Long, M. J. Landau, K. Alexander, and T. Pyszczynski, "Seeing I to I: A pathway to interpersonal connectedness." Journal of Personality and Social Psychology, vol. 90, no. 2, p. 243, 2006

03. 기술의 특징

- 중앙 엔티티(CE)는 데이터는 각 DP의 신뢰 값을 추정할 수 있는 기본 모델을 학습하는 데 사용
- 전이 학습(Transfer Learning)을 활용하고 SP에서 DP의 간접적인 신뢰 값을 도출하기 위해 미세 조정된 모델을 만듦
- 차량(즉, DP)이 SP의 적용 범위에 진입하면 SP의 신뢰 추정기는 현재 환경 컨텍스트(즉, 날씨)와 함께 미세 조정된 모델(즉, 회귀 모델)을 기반으로 DP의 신뢰 값을 추정합니다.
- 이 신뢰 값은 강화 학습 알고리즘에서 DP가 양성인지 악성인지를 결정하는 신뢰 임계값을 조정하는 데 사용됨
- 결정이 내려지면 비디오 데이터 프로세서는 신뢰할 수 있는 DP 데이터만 사용하여 조감도를 만들어 SR에 반환함

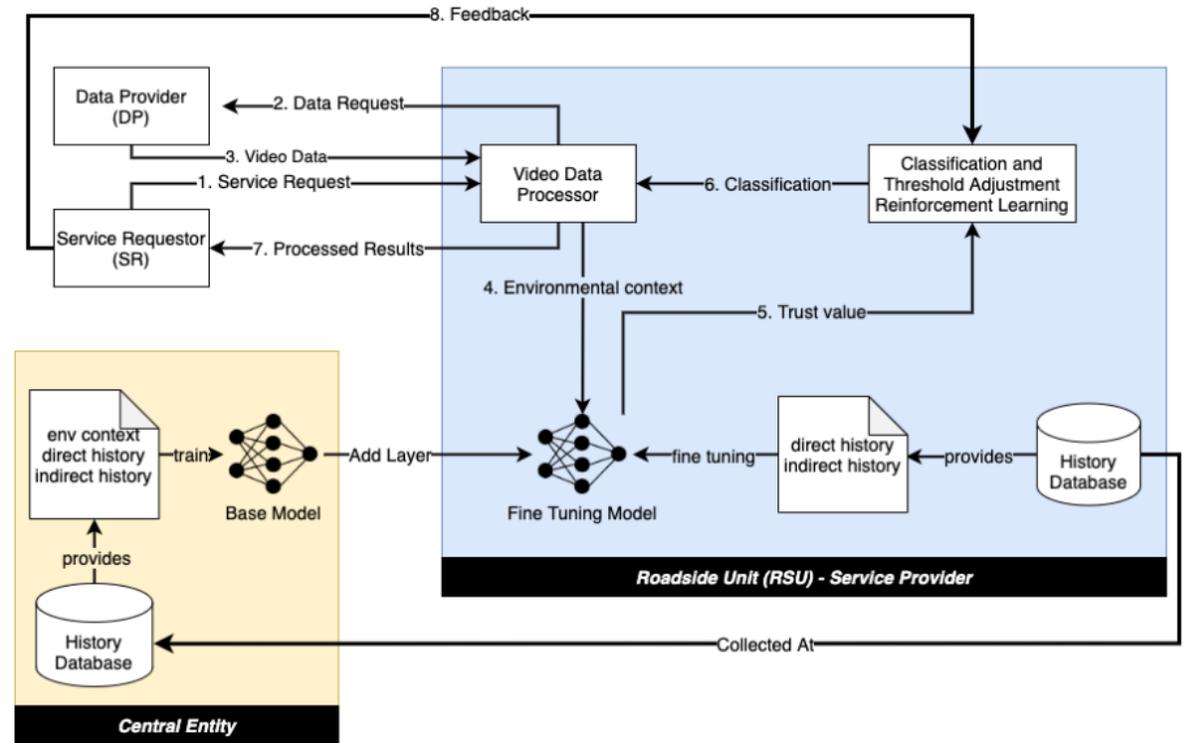


Fig. 2. The overview of the system architecture used in the CARES.

CE: Central Entity
 SP: Service Provider
 DP: Data Provider

● Transfer Learning

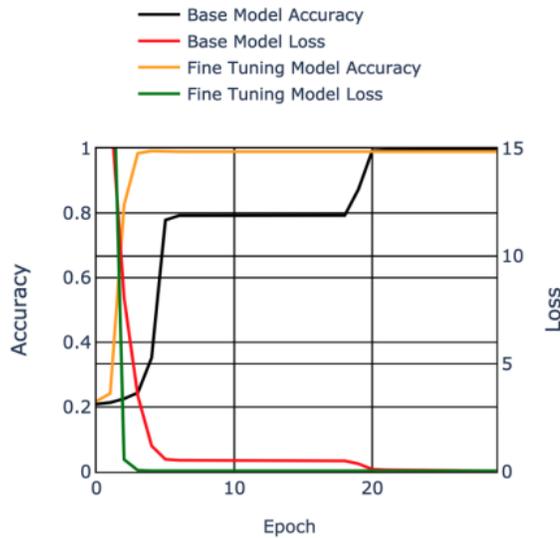


Fig. 3. Accuracy and loss of the base model and Fine-tuning model used for transfer learning.

- 사용 가능한 실시간 상호 작용 데이터가 부족한 경우 새로운 환경에 대해 빠르게 학습하기 위해 전이학습 (Transfer Learning) 활용.

● Q-learning

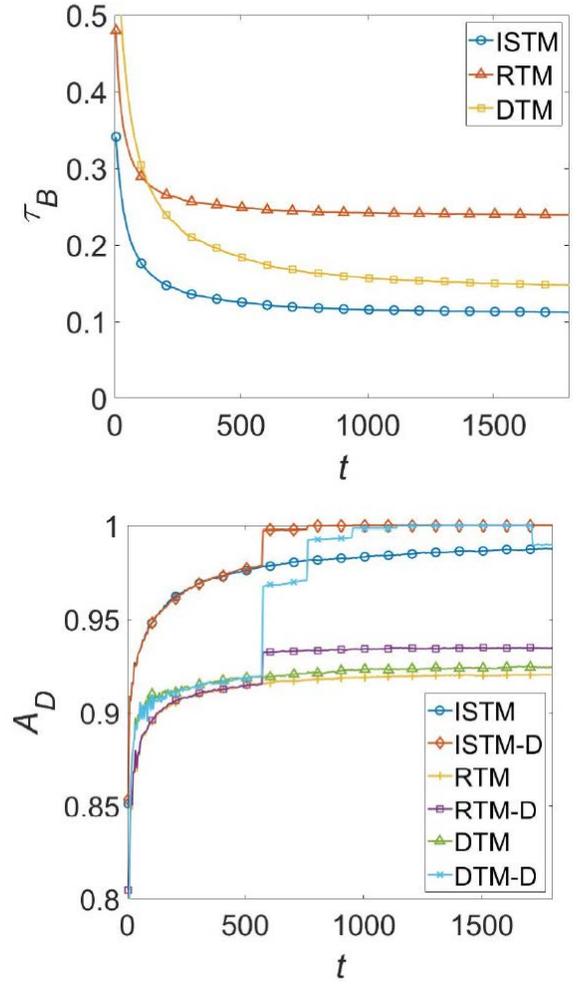
Algorithm 1: Q-learning (off-policy TD control)

```
1 Algorithm parameters:  $\alpha \in (0, 1], \epsilon \in (0, 1], \gamma \in (0, 1]$  ;
2 Input: Initialize  $Q(s, a)$ , for all  $s \in \mathcal{S}^+, a \in \mathcal{A}(s)$ ;
3 Output:  $Q(S, A)$ 
4 foreach episode do
5   Initialize  $S$ ;
6   foreach step of episode do
7     Choose  $A$  from  $S$  using policy derived from  $Q$  (decaying  $\epsilon$ -greedy);
8     Take step with action  $A$ ;
9     Observe  $R, S'$ ;
10     $Q(S, A) \leftarrow Q(S, A) + \alpha[R + \gamma \max_a Q(S', a) - Q(S, A)]$ ;
11     $S \leftarrow S'$ ;
12  end
13 end
```

- 악성 탐지를 목적으로 들어오는 차량의 신뢰 수준을 자동으로 추정하고, 차량 및 그에 따라 신뢰할 수 없는 데이터를 필터링하여 높은 수준의 품질과 원활한 클라우드센싱 서비스를 제공

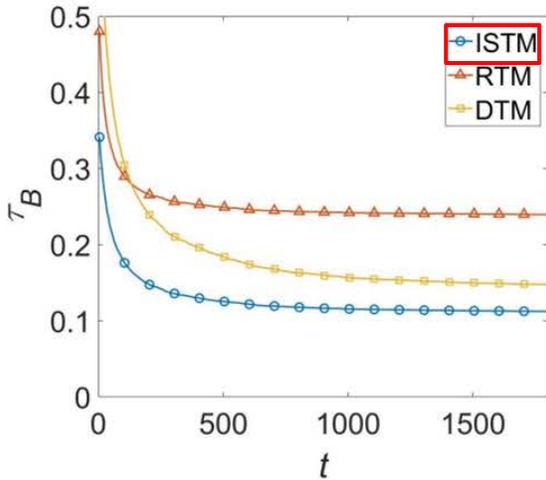
04. 기술의 효과

- (1) 본 특허1(ISTM)는 상호 작용 이력을 활용하여 대상 차량의 신뢰를 근사화하는 주관적 경험 신원 기반 신뢰 추정을 사용함[11].
 - I-sharing 차량은 유사한 도로 상황에서 대상 차량과 유사한 행동을 보이는 것으로 간주됨.
 - 따라서 정확한 신뢰 추정을 위해 대상 차량과의 충분한 상호 작용 데이터가 축적될 때까지 주어진 환경 컨텍스트에서 대상 차량의 불충분한 직접적인 증거는 I-sharing 차량의 상호 작용 이력으로 보완될 수 있음.
 - 이 신뢰 추정치를 활용하여 주어진 신뢰 임계값을 기반으로 양성 차량과 악성 차량을 구별하는 결정이 내려짐.
- (2) 임계값은 네트워크 조건(즉, 가혹함) 및/또는 환경 컨텍스트 변화에 영향을 받기 쉬운 악성 차량(DA)의 탐지 정확도에 따라 동적으로 조정됨
- (3) 광범위한 실험을 통해 제안된 방식이 기존 방식에서 요구하는 1/4 미만의 상호 작용으로 대상 차량의 정확한 신뢰(신뢰 편향(TB) < 0.2)를 추정함을 증명하였음. 임계값 조정 방법은 전체 감지 정확도를 6.5% 증가시켰음.

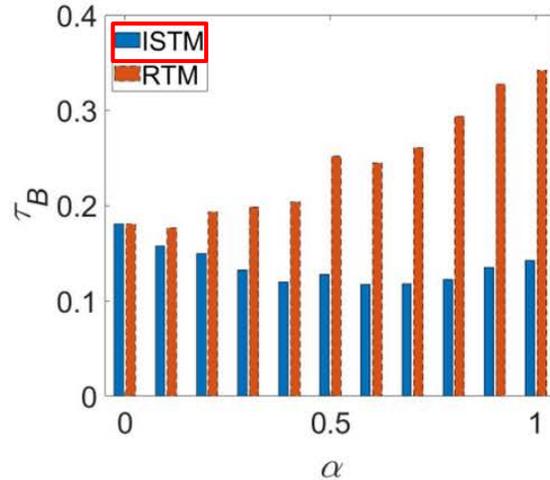


[11] Yang, Hongmin, et al. "Context-aware trust estimation for realtime crowdsensing services in vehicular edge networks." 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). IEEE, 2020

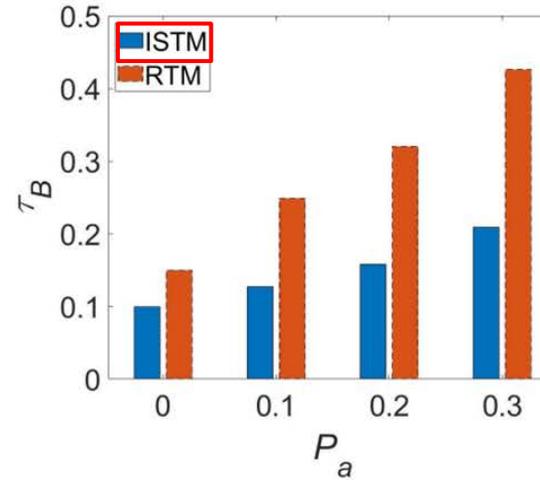
Ours



(a) τ_B vs. t (in sec.)



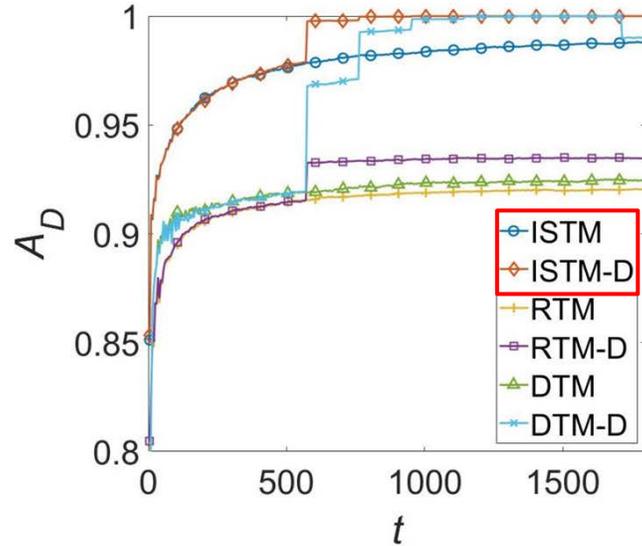
(b) Time-averaged τ_B vs. α



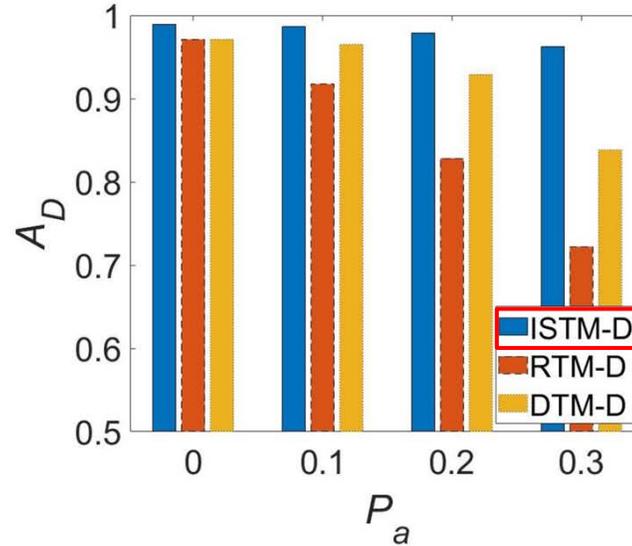
(c) Time-averaged τ_B vs. P_a

ISTM: (Our proposed)
I-sharing-based trust
model
RTM: Reputation-based trust model
DTM: Direct trust model

- Trust bias (τ_B)는 측정된 신뢰도가 실측 진실 신뢰에서 얼마나 벗어나는지를 기준으로 신뢰 추정 정확도를 측정함.
- 제안된 ISTM이 RTM이나 DTM에 비해 향상된 성능을 보임.



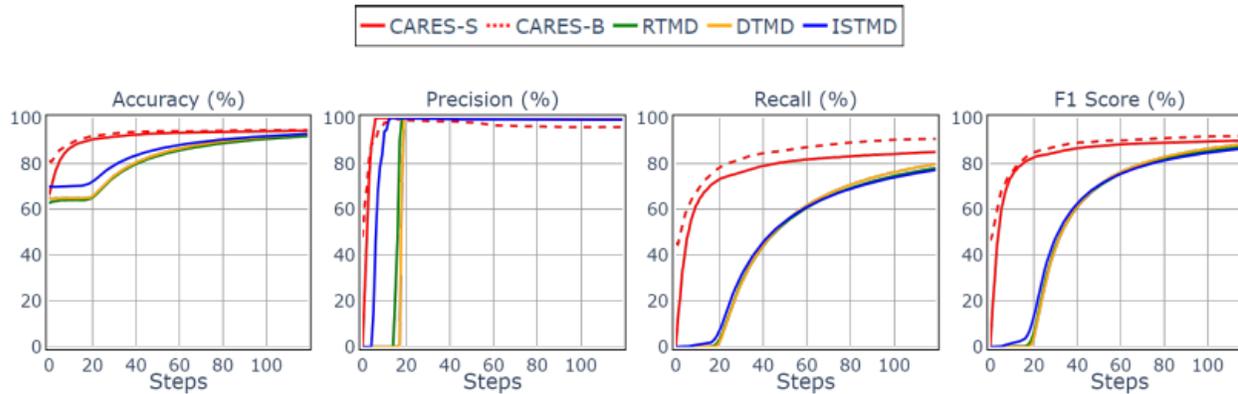
(a) \mathcal{A}_D vs. t (in sec.)



(b) Time-averaged \mathcal{A}_D vs. P_a

- 감지 정확도(Detection Accuracy: \mathcal{A}_D)는 전체 측정된 차량의 정확히 감지된 차량 수로 측정됨.
- 제안된 특허(ISTM)가 기존의 다른 방법(RTM, DTM)에 비해 향상된 성능을 보임.

- 본 특허2의 광범위한 시뮬레이션 결과 CARES가 들어오는 차량의 신뢰 값 분포에 대한 사전 지식 없이 최첨단 규칙 기반 신뢰 조정 계획(즉, RTMD, DTMD, ISTMD)보다 성능이 우수하고 외부 공격에 대해 더 적응적임을 확인
- 제안된 CARES-B가 더 높은 정확도를 달성하는 데 더 짧은 시간이 걸림
- 본 특허2는 DQN(Deep Q-Network)을 적용하여 동작 및 상태 공간이 많은 동적 δ 방식(즉, $\delta : v$)의 성능을 향상.
- 중앙 집중식 인프라가 필요하지 않은 차량용 모바일 애드혹 네트워크를 통해 신뢰 기반 차량 대 차량 아키텍처로 확장 가능



(a) $P_a = 0.3$

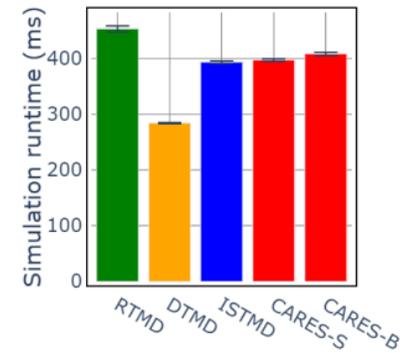


Fig. 7. Performance comparison of the five schemes with respect to simulation runtime.

05. 산업분야 및 시장 규모

◆ 관련 시장 정보 – 스마트 모빌리티

- 시장 규모 [12]: \$ 148.91 B (2028)
- 성장성 CAGR [12]: 18.74%
- 대표 서비스 시나리오 [12]: 자율주행; 실시간 교통 정보 알림
- 산업별 적용 분야 [12]: 스마트 시티 – 도로 상태, 교통사고 실시간 알림 서비스 제공
- 주요 사업자 [13-14]: Hyundai (KR), General Motor (US), Tesla (US), Uber (US), Toyota (JP), Kia (KR), Honda (JP), Ford Motor (US)
- 정부규제사항: 없음



[12] <https://www.bloomberg.com/press-releases/2021-09-20/global-smart-mobility-market-increasing-at-a-phenomenal-pace-to-reach-usd-148-91-billion-by-2028-with-cagr-of-more-than-18-74>

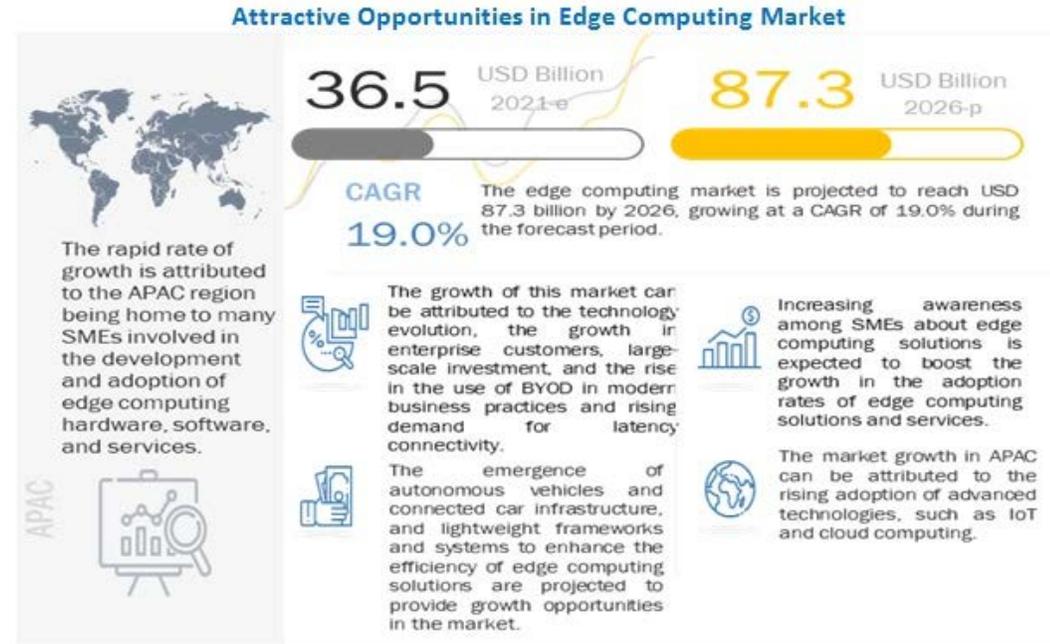
[13] <https://tech.hyundaimotorgroup.com/tag/smart-mobility/>

[14] <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%20our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.ashx>

05. 산업분야 및 시장 규모

◆ 관련 시장 정보 – 엣지 컴퓨팅

- 시장 규모 [8]: \$ 36.5 B (2021) -> \$ 87.3 B (2026)
- 성장성 CAGR [8]: 19.0%



© 2009 - 2020 MarketsandMarkets Research Private Ltd. All rights reserved

- 대표 서비스 시나리오 [9]: 실시간 서비스 (connected cars, IoT, Tactile Internet); 몰입형 서비스 (AR/VR); 독립형 서비스 (선박, 항공기, 광산, 기차, 대학교)

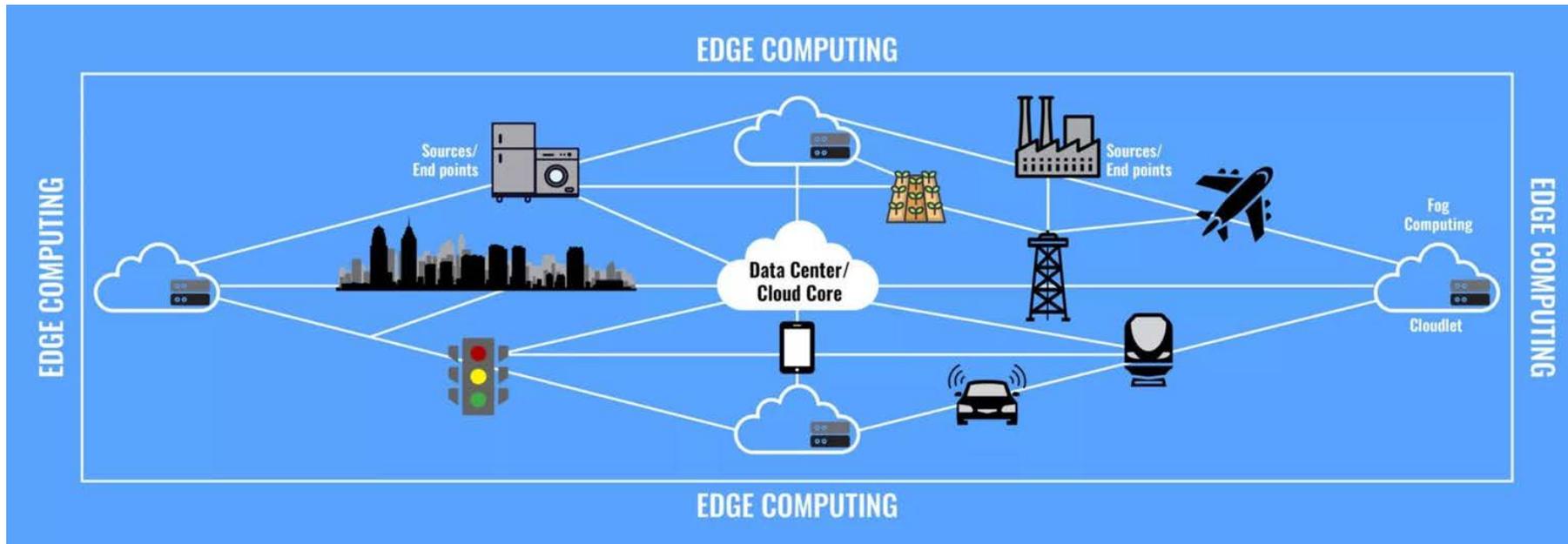
[8] Edge Computing Market. Retrieved August 20, 2022, from <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/edge-computing-market-133384090.html>

[9] 엣지 컴퓨팅 시장 동향 및 산업별 적용 사례, ETRI 2019

05. 산업분야 및 시장 규모

◆ 관련 시장 정보 – 엣지 컴퓨팅

- 주요 사업자 [8]: Cisco (US), HPE (US), Huawei (China), IBM (US), Dell Technologies (US), Nokia (Finland), Litmus Automation (US), AWS (US), FogHorn Systems (US), SixSq (Switzerland), MachineShop (US), Saguna Networks (Israel), Vapor IO (US), ADLINK (Taiwan), Altran (France), Axellio (US), GE Digital (US), Moxa (Taiwan), Sierra wireless (Canada), Digi International (US), Juniper Networks (US), Clearblade (US), EdgeConneX (US), Edge Intelligence (US), and Edgeworx (US).
- 정부규제사항: 없음



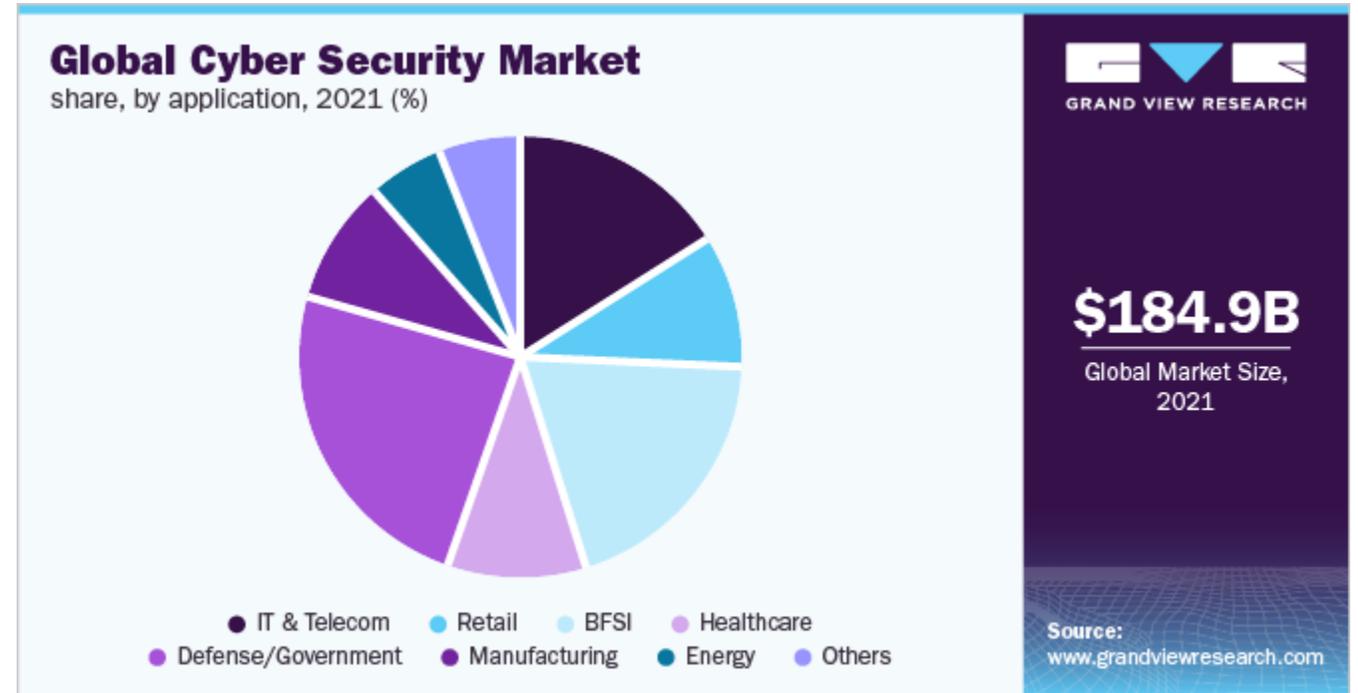
[8] Edge Computing Market. Retrieved August 20, 2022, from <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/edge-computing-market-133384090.html>

[9] 엣지 컴퓨팅 시장 동향 및 산업별 적용 사례, ETRI 2019

05. 산업분야 및 시장 규모

◆ 관련 시장 정보 - 네트워크/IoT 보안

- 시장 규모 [10]: \$ 184.9 B (2021) -> \$ 500.7 B (2030)
- 성장성 CAGR [10]: 12%
- 산업별 적용 분야 [10]:
 - 제조업 및 사업장 (IIoT) - 센싱 데이터 보호
 - 헬스케어/스마트홈 - 개인 데이터 프라이버시 강화
 - 스마트 시티 - 공공 장소의 데이터 신뢰성 확보



- 주요 사업자: Broadcom (Symantec Corporation), Cisco Systems, Inc., Check Point Software, Technology Ltd., IBM, McAfee, LLC, Palo Alto Networks, Inc., Trend Micro Incorporated
- 정부규제사항: 없음

[10] Cyber Security Market Size; Share Report, 2020-2027. Retrieved August 20, 2022, from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cyber-security-market>

◆ 연구개발 트렌드

- 엣지 컴퓨팅 컨소시엄 형성을 통한 표준화 및 홍보
 - 예: OpenFog consortium (2015), Edge computing consortium (2016)
- IoT 보안 기술 Access control 모델, 아키텍처, 정책 평가 전략 [11]

◆ 경쟁기술의 특징 및 장/단점

- 표준 및 컨소시엄을 통한 표준화 및 홍보
 - 장점: 다양한 장비들(e.g. 차량, IoT, 모바일) 간 상호운용을 위한 표준 아키텍처, 백서, 테스트베드 확보
 - 단점: 더 복잡해지고 다양해지는 단말 풀의 신뢰도 측정에 문제 존재
- Access control 모델, 아키텍처, 정책 평가 전략 [11]
 - 장점: Transaction 기반 신뢰도 계산으로 정확도가 높음
 - 단점: 처음 통신하는 단말의 신뢰도 측정시 소요시간 ↑

- 스마트 모빌리티 시스템 및 Mobility as a Service (MaaS)의 산업계와 지속적 논의
- 기술이전 진행 예정