

소셜 사물 인터넷 환경에서 차량 간 정보 공유를 위한 신뢰도 판별 Vehicle Trust Evaluation for Sharing Data among Vehicles in Social Internet of Things

백연희*, 복경수**, 유재수***
충북대학교 빅데이터 협동과정*, 원광대학교 SW 융합학과**, 충북대학교 정보통신공학부***

Yeon-Hee Baek(byh741@naver.com)*, Kyoung-Soo Bok(ksbok@wku.ac.kr)**,
Jae-Soo Yoo(yjs@cbnu.ac.kr)***

요약

소셜 사물 인터넷(SIoT)에서 차량들이 다양한 정보를 생성하고 이를 다른 차량과 공유하고 피드백을 주고 받는 소셜 행위가 이루어진다. 차량 간에 신뢰성 있는 정보를 공유하기 위해서는 차량의 신뢰성을 판별하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 차량들 간에 신뢰성 있는 정보를 공유하기 위한 차량 신뢰도 계산 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 차량 간 소셜 행위에 기반한 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 고려하여 차량 신뢰도를 판별한다. 차량은 점수 부여, 무시, 재배포 등의 행위를 선택할 수 있으며 이에 따라 사용자 평판이 계산된다. 네트워크 신뢰도를 계산하기 위해 다른 차량과의 거리와 패킷 전송률을 이용한다. 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 이용하여 지역 신뢰도가 계산된다. 이때, 전달되는 데이터의 중복 배포를 방지한다. RSU(Road Side Unit)의 데이터를 활용하여 지역적인 데이터의 한계를 극복하고 전역적인 데이터를 활용하여 보다 더 정확한 차량 신뢰도 계산이 가능하다. 다양한 성능평가를 통해 제안하는 기법이 기존 기법에 비해서 성능이 우수함을 보인다.

■ 중심어 : | 소셜사물인터넷 | 소셜 행위 | 차량 신뢰도 | 네트워크 신뢰도 | 사용자 평판 |

Abstract

On the Social Internet of Things (SIoT), social activities occur through which the vehicle generates a variety of data, shares them with other vehicles, and sends and receives feedbacks. In order to share reliable information between vehicles, it is important to determine the reliability of a vehicle. In this paper, we propose a vehicle trust evaluation scheme to share reliable information among vehicles. The proposed scheme calculates vehicle trust by considering user reputation and network trust based on inter-vehicle social behaviors. The vehicle may choose to scoring, ignoring, redistributing, etc. in the social activities inter vehicles. Thereby, calculating the user's reputation. To calculate network trust, distance from other vehicles and packet transmission rate are used. Using user reputation and network trust, local trust is calculated. It also prevents redundant distribution of data delivered during social activities. Data from the Road Side Unit (RSU) can be used to overcome local data limitations and global data can be used to calculate a vehicle trust more accurately. It is shown through various performance evaluations that the proposed scheme outperforms the existing schemes.

■ keyword : | Social Internet of Things | Social Activity | Vehicle Trust | Network Trust | User Reputation |

* 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2019R1A2C2084257, 2020R1F1A1075529), 중소벤처기업부 '산업전문인력역량강화사업'의 재원으로 한국산학연합회(AURI)(2021년 기업연계형연구개발인력양성사업, 과제번호 : S3047889), 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업(ITP-2020-0-01462)의 지원을 받아 수행된 연구임.

* 본 논문은 ICC2020 국제학술대회 우수논문입니다.

접수일자 : 2020년 12월 14일

심사완료일 : 2021년 01월 18일

수정일자 : 2021년 01월 18일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@cbnu.ac.kr

I. 서론

최근 사물 인터넷(IoT : Internet of Things)에 관한 연구가 활성화되면서 사물 인터넷 간의 소셜 환경을 함께 고려한 소셜 사물 인터넷(SIoT : Social Internet of Things)이 등장했다. IoT의 목표는 사물들이 서로 상호작용함으로써 다양한 서비스 제공이 가능하고 언제 어디서든 이용 가능한 스마트 기기에 기반한 가치 있는 서비스를 제공하는 것이다. SIoT의 목표는 사물에 의식이 부여된 스마트 기기가 서로의 관심사 등을 공유하며 상호작용 하는 것이다. SIoV(Social Internet of Vehicles)의 목표는 SIoT 개념을 차량 도메인에 적용한 것으로 현존하는 VANET(Vehicular Ad hoc NETwork) 기술에 가치를 더함으로써 현존하는 지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation System)을 혁신하는 것이다[1]. SIoT 환경에서는 사물 간에 소셜 행위가 이루어지며 이때 사물의 신뢰성을 판단할 수 있는 연구가 진행되어 왔다[2-5]. 본 연구는 소셜 사물 인터넷 환경에서 차량 간에 신뢰성 있는 정보가 공유될 수 있도록 차량 신뢰도를 판별하는 기법을 제안한다. 빠르게 변화하는 도로 환경 특성 상 비신뢰성 정보는 많은 차량과 운전자들의 안전에 위협이 될 수 있다. 따라서, 도로 위의 안전을 보장하기 위해서는 차량 간에 신뢰할 수 있는 정보가 공유되어야 하며 악의적인 정보를 생성하는 사용자를 미리 판별해야 한다 [6][7]. 기존 기법은 VANET 환경에서 차량들이 서로 패킷을 주고받으며 신뢰성을 계산하지만, 사용자의 과거 소셜 행위에 따른 신뢰성 계산을 고려하지 않았다 [8].

소셜 사물 인터넷 환경에서 차량들은 내외부 통신을 통해 다양한 정보를 상호 교류하면서 소셜 행위를 수행한다. 차량 간 정보 공유하기 위해서는 안정적인 네트워크 통신과 충분한 저장 공간 및 리소스가 필요하다. 하지만 도로 환경은 안정적인 네트워크가 보장되지 않는 지역 및 범위가 존재하기 때문에 VANET을 통한 인접한 차량들과의 통신이 필요하다. 또한, 차량 내에 부착된 저장장치의 제한적인 용량 문제로 인하여 차량이 보유할 수 있는 정보의 양도 제한적이다. 본 연구에서는 제한적인 저장장치의 효율성을 증가시키기 위해 차

량 간 소셜 행위에서 교환되는 데이터의 중복을 방지하기 위하여 hello 메시지에 포함된 통신 이력을 이용하여 과거에 전송했던 데이터는 전송하지 않는다. 이는 MP2P(Mobile Peer to Peer) 환경에서 중복 콘텐츠 배포 방지를 위한 기법에서 착안하였다[9].

기존 기법은 VANET 환경에서 차량들이 서로 패킷을 주고받음으로써 계산되는 값을 퍼지 이론, 강화학습을 적용하여 차량 신뢰성을 계산한다[8]. 하지만 사용자의 과거 소셜 행위에 따른 신뢰성 계산을 고려하지 않았다. 또한, 중앙 기관, SNS, RSU(Road Side Unit) 등 중앙에서 관리되는 정보를 이용하여 상황에 따라 적절한 정보를 사용하여 차량 신뢰성을 계산한다[10]. 중앙에서 관리되는 정보에 의존하므로 VANET 환경에서 차량들이 독립적인 계산을 수행하기에는 제약이 있다. 차량의 신뢰도를 판별하기 위해서는 사용자가 과거에 다른 차량과의 소셜 행위에서 어떤 평가를 받았는지, 그리고 네트워크 패킷 전송이 원활하게 이루어지는지 파악해야 한다.

본 논문에서는 차량의 소셜 행위에 기반한 사용자 평판(user reputation)과 네트워크 신뢰도(network trust)를 고려한 차량 신뢰도 계산 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 차량 간 소셜 행위에 기반한 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 고려하여 차량 신뢰도를 계산한다. 또한, 소셜 행위 시 전달되는 데이터의 중복 배포를 방지한다. RSU의 데이터를 활용하여 지역적인 데이터의 한계를 극복하고 전역적인 데이터를 활용한다 [10][11]. 차량 신뢰도는 차량 간 소셜 행위가 발생할 때 상대 차량의 데이터를 신뢰할지 결정하는 데에 사용된다. 다양한 성능평가를 통해 제안하는 기법이 기존 기법에 비해서 성능이 우수함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절은 기존 기법에 대한 분석과 문제점을 설명한다. 3절은 제안하는 기법의 특징, 데이터 공유를 위한 통신, 차량 신뢰도 계산에 대해 설명한다. 4절은 제안하는 기법의 성능을 평가하기 위해 2가지 실험 결과에 대해 설명한다. 5절은 결론으로 구성된다.

II. 관련 연구

사물 인터넷 환경에서 신뢰성을 평가하는 기법은 SLoT 환경에서 신뢰성 평가와 SLoV 환경에서 신뢰성 평가로 구분된다. SLoT 환경에서 사물의 신뢰성을 평가하는 기법에는 신뢰 지표를 활용한 신뢰성 평가 기법 [3]과 신뢰성 및 평판을 고려한 평가 기법(TRM)[4]가 있다. [3]은 사물의 신뢰성을 평가하기 위해 5개의 신뢰 지표(trust metrics)를 사용한다. 신뢰 지표에는 직접 신뢰도(direct trust), 중심성(centrality), 협조성(cooperativeness), 공동체 관심사(community interest), 서비스 점수(service score)가 있다. 과거, 현재, 미래의 신뢰도를 모두 고려하여 과거에 신뢰성이 낮았던 노드가 신뢰를 회복하고 두 번째 기회를 얻을 수 있도록 한다. [4]는 소멸 인자(fading factor)를 두어 발생 시간이 오래된 로그 기록은 삭제한다. 사물의 신뢰성과 주변 사물들의 평가에 근거한 평판을 통해 SLoT 환경에서 확장 가능한 하이브리드 신뢰 평판 모델(TRM : Trust & Reputation Model)을 제안한다. [4]는 사물의 악의적인 행위를 탐지하고 주변 사물들의 평가에 근거하여 평판을 계산한다. 과거의 로그 기록은 가중치가 낮아지고 fading factor로 인하여 값이 소멸되어 저장 공간의 확장성을 보장한다.

SLoV 환경에서 사물의 신뢰성을 평가하는 기법에는 중앙화 된 환경에서 신뢰성 평가 기법(TACASHI)[10]과 분산된 환경에서 신뢰성 평가 기법[8]이 있다. [10]은 SLoV 환경에서 차량 신뢰성을 계산하기 위해 중앙에서 관리되는 정보를 활용한다. SLoV 환경에서 신뢰 인식 통신 아키텍처를 제안하기 위해 중앙 기관에 등록된 차량 소유주의 디바이스 정보, 차량 간 통신, RSU가 보유한 차량 신뢰도, 위치 기반 신뢰, SNS 정보를 활용한다. OSN 계정을 차량과 연결하여 사용자가 링크드인에서 어떤 그룹의 리더로 등록되어 있으면 가중치를 높게 준다. 이때 SNS 상에서 신뢰받는 사람을 판별하기 위해 Advogato 알고리즘을 사용한다. [10]은 SLoV 환경에서 신뢰 인식 통신 아키텍처를 제안하기 위해 여러 가지 요소를 고려하기 때문에 상황에 따라 적절한 요소를 활용하여 차량 신뢰도를 구한다. [8]는 중앙에서 제어되는 장치에 의존하지 않고 분산된 환경에서 차량이

독립적으로 신뢰성을 계산한다. 차량 간의 패킷 교환을 통해 계산되는 값을 퍼지 이론, 강화학습에 적용하여 차량의 신뢰성을 평가하는 기법을 제안한다. 또한, 모든 차량은 각자의 직접 신뢰도와 간접 신뢰도가 담긴 Q-table을 보유한다. 직접 신뢰도는 차량 간의 직접 통신을 통해 계산되며 간접 신뢰도는 2 hop 거리의 차량과의 통신과 강화학습을 통해 계산된다.

[3]은 사물 간의 직접적인 통신의 결과로 신뢰성(direct trust)을 계산하지만 차량의 신뢰성을 평가하기엔 제안된 기법에서 사용한 요소만으로는 충분하지 않다. [4]는 차량의 신뢰성을 평가하기엔 제안된 기법에서 사용한 요소만으로는 정확도가 떨어진다. [10]의 기법은 중앙 기관, SNS, RSU 등 중앙에서 관리되는 정보에 의존하므로 VANET 환경에서 차량들이 독립적인 계산을 수행하기에는 제약이 있다. [8]는 네트워크 통신만을 고려하고 차량 간의 소셜 행위는 고려하지 않는다. 또한, 사용자의 과거 행위가 신뢰성에 영향을 미치지 않는다.

III. 제안하는 차량 신뢰도 판별

1. 특징

제안하는 기법은 차량 간의 정보 공유가 이루어지는 소셜 사물 인터넷 환경에서 차량 간에 신뢰할 수 있는 정보가 공유될 수 있도록 차량 신뢰도를 판별한다. VANET 환경에서 차량 간의 패킷 교환을 통해 네트워크 신뢰도가 결정되며 사용자의 소셜 행위에 따라 사용자 평판이 결정된다. 네트워크 신뢰도와 사용자 평판을 통해 차량 신뢰도가 계산되므로 사용자의 과거 소셜 행위가 반영된다. 또한, VANET 통신 환경에서 차량 신뢰도가 계산되기에 중앙에서 관리되는 형태가 아닌 분산 환경에서 차량 간에 독립적인 계산이 가능하다. 차량 간 소셜 행위를 통해 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 구하여 차량 간 직접적인 통신의 결과로 지역 신뢰도를 계산한다. 차량 간 통신은 VANET을 이용하며 특성 상 중앙 집중적인 서버가 존재하지 않기 때문에 차량에 부착된 기기를 이용하여 계산한다. 하지만 성능의 한계가 있고 차량이 직접적으로 마주치는 인근 차량의 데이터

만을 활용하기에 한정적이다. RSU의 데이터를 활용하면 빠른 이동성을 갖는 도로 환경에서 서비스 제공에 유리하다. 지역적으로 국한되는 데이터 수집 한계를 극복하고 전역적인 계산이 가능해진다. 최종적인 차량 신뢰도는 지역 신뢰도와 전역 신뢰도를 결합한다.

[그림 1]은 차량 신뢰도를 판별하는 과정을 보여준다. 차량 신뢰도를 판단하기 위해서는 데이터 공유를 위한 통신 환경과 차량 간에 이루어지는 소셜 행위를 고려하여야 한다. 데이터는 차량이 생성한 사고, 도로와 관련된 정보와 RSU가 계산한 다른 차량 신뢰도 등을 의미한다. 이때, SiOv 통신 환경에서 발생하는 데이터를 중심으로 차량 데이터 인덱스(VDI : Vehicle Data Index) 구축이 이루어져야 한다. 차량의 저장공간 한계 극복을 위해 과거 데이터는 통계 정보로 변환하여 저장한다. 차량 간 소셜 행위 유형을 점수부여, 무시, 공유로 구분하고 이를 이용하여 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 계산한다. 사용자 평판은 운전자의 과거 소셜 행위가 반영되어 있으며 네트워크 신뢰도는 이기적인 노

드를 판별할 수 있다. 이기적 노드란 자신의 자원을 아끼기 위해 소셜 행위에서 다른 차량의 정보를 받기만 하고 자신의 정보는 제공하지 않는 차량이다. 사용자 평판과 네트워크 신뢰도는 지역 신뢰도를 구하는데 사용된다. 지역 신뢰도란 차량이 근처의 차량들과 소셜 행위를 통해 직접 신뢰도를 계산한 것이다. 지역 신뢰도를 계산하기 위한 여러 값들은 차량 신뢰도 인덱스(VTI : Vehicle Trust Index)에 저장된다. 전역 신뢰도는 RSU에서 여러 차량들의 지역 신뢰도를 가중평균하여 전역적으로 계산한 것이며 RSU 신뢰도 인덱스(RTI : RSU Trust Index)에 저장된다. 최종적으로 차량 신뢰도는 지역 신뢰도와 RSU 데이터를 활용한 전역 신뢰도를 결합하여 구한다.

2. 데이터 공유를 위한 통신

차량 간의 소셜 행위가 이루어지기 위해서는 차량 간의 데이터 공유가 원활하게 이루어질 수 있는 통신 환경이 필요하다. 본 절에서는 차량 간의 소셜 행위가 이루어지는 차량과 차량 간의 통신 환경(V2V : Vehicle to Vehicle)과 차량과 인프라와의 통신 환경(V2I : Vehicle to Infrastructure)에 대해 설명한다. V2V 환경에서 차량 간의 직접적인 통신이 이루어지며 지역 신뢰도가 계산된다. V2I 환경에서 RSU가 여러 차량이 전송한 정보를 수집하여 차량에게 재배포함으로써 차량이 전역 신뢰도를 계산할 수 있도록 한다.

차량은 소셜 행위를 통해 상대 차량에 대한 평가를 할 수 있다. [표 1]은 차량의 소셜 행위 유형을 명시적 평가와 암시적 평가로 구분한다. 명시적인 평가로는 점수부여(Scoring)가 있다. 점수부여는 차량이 상대방의 데이터를 확인한 후 데이터의 신뢰성을 주관적으로 판단하여 응답으로 평가 점수를 돌려보내는 경우다. 암시적인 평가로는 무시(Ignoring)와 공유(Sharing)가 있다. 무시는 상대방의 데이터를 확인한 후 데이터를 사용할 가치가 없다고 판단하여 응답 또는 재배포의 행위를 하지 않은 경우다. 공유는 상대방의 데이터가 신뢰할 만하다고 판단하여 다른 차량에게 재배포하는 경우다.

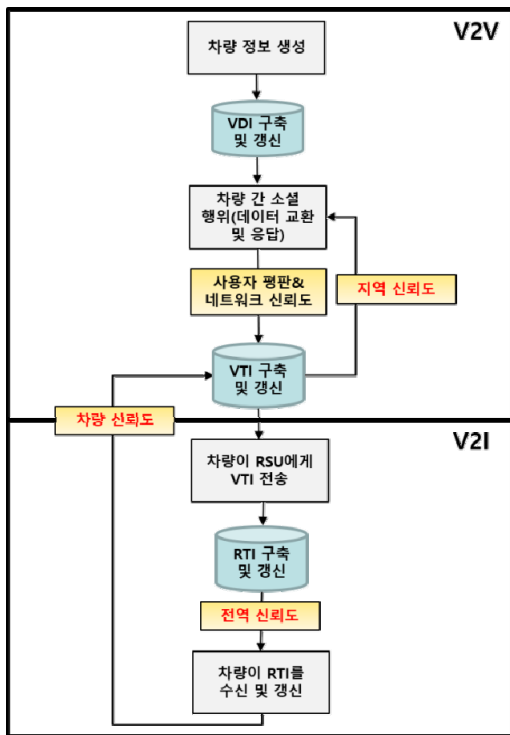


그림 1. 차량 신뢰도 계산 처리 과정

표 1. 차량의 소셜 행위 유형

구분	소셜 행위 유형	의미
명시적 평가	점수부여 (Scoring)	데이터를 확인한 후 신뢰성을 주관적으로 판단하여 응답으로 평가 점수를 돌려보내는 경우
암시적 평가	무시 (Ignoring)	데이터를 확인한 후 응답 또는 재배포의 행위를 하지 않을 경우
	공유 (Sharing)	'데이터를 신뢰할 만 하다고 판단하여 다른 차량에게 재배포하는 경우

차량 간의 데이터 공유는 V2V와 V2I 환경에서 이루어진다. 이때, 데이터는 차량이 생성한 사고, 도로와 관련된 정보와 RSU가 계산한 다른 차량 신뢰도 등을 의미한다. V2V에서는 상대 차량 신뢰도가 허용 가능한 임계치 이상일 경우, 차량 데이터 인덱스를 전송하고 차량 신뢰도 인덱스를 갱신한다. VDI는 차량이 생성한 데이터, 차량이 직접 수집한 다른 차량의 데이터로 구성된다. 도로 환경의 실시간성을 고려하여 데이터 생성 시간을 확인하고 하루가 지난 데이터는 삭제하여 저장 공간의 효율성을 높인다. 차량의 저장 공간은 모든 데이터를 저장하기 어려운 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 생성된 지 오래된 데이터는 통계 정보로 변환하여 저장하고 차량의 저장 공간에는 최신 데이터만 유지한다. 통계 정보로 저장하는 과거 데이터는 데이터 생성 시간, 데이터 평가 시간, 평가점수 총 합, 평가 차량 수이다. VTI는 사용자 평판, 네트워크 신뢰도로 구성된다. 사용자 평판을 계산하기 위해 해당 차량의 데이터 신뢰성(Data Reliability)과 활동 점수(Active Score)를 활용한다. V2I에서는 차량이 RSU의 배포 범위에 들어서면 RSU에게 VTI를 전송한다. RSU는 여러 차량이 전송한 차량 신뢰도를 가중 평균하여 차량 식별자 당 하나의 차량 신뢰도를 계산하여 RSU 신뢰도 인덱스를 만들고 차량에게 배포한다. RTI는 전역 신뢰도이며 차량의 식별자, 해당 차량이 보유한 차량 신뢰도 정보, 차량 위치 정보, 차량 신뢰도 갱신 시간으로 구성된다.

[그림 2]는 데이터 공유를 위한 V2V 및 V2I 환경을 보여준다. V2V 환경에서 차량 i와 j가 만나 hello 메시지를 주고받으며 통신 가능 여부를 판단한다. 두 차량은 VDI를 교환하고 피드백을 주고받는다. 이러한 소셜 행위를 통해 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 계산하고 지역 신뢰도를 구한다. 그리고 두 차량의 마지막 통

신 시간과 데이터 식별자를 이용하여 이전에 교환한 적이 있는 데이터의 경우 전송하지 않음으로써 중복 데이터 배포를 방지한다. V2I 환경에서 차량 k는 RSU의 배포 범위에 들어섰기 때문에 전역 신뢰도인 RTI를 전달 받는다. k는 전역 신뢰도와 지역 신뢰도를 결합하여 VTI를 갱신한다.

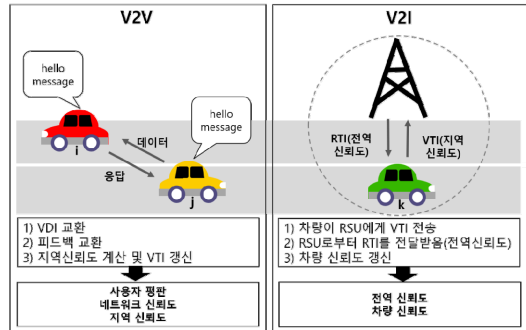


그림 2. 제안하는 기법의 V2V 및 V2I 환경

3. 차량 신뢰도 계산

차량 신뢰도를 계산하기 위해서는 차량의 네트워크 통신이 원활하게 이루어지는지 파악하기 위한 네트워크 신뢰도와 사용자가 얼마나 적극적이고 과거에 긍정적인 평가를 받았는지 파악하기 위한 사용자 평판 점수가 필요하다. [그림 3]은 차량 신뢰도를 계산하는 과정을 나타낸다. 차량은 소셜 행위를 통해 수신한 데이터의 개수, 수신한 데이터에 대한 응답 수, 사용하지 않은 데이터의 개수, 재배포한 데이터에 대한 개수를 저장하고 수식에 따라 점수 부여, 무시, 응답을 계산한다. 이 값들로 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 구한다. 지역 신뢰도는 두 값을 결합하여 구한다. 전역 신뢰도는 RSU가 수집한 여러 차량들의 지역 신뢰도를 가중 평균하여 구한다. 최종적인 차량 신뢰도는 지역 신뢰도와 전역 신뢰도에 가중치를 부여하여 결합한다.



그림 3. 차량 신뢰도 처리 과정

3.1. 차량의 소셜 행위 분석

차량은 자신이 생성한 데이터를 다른 차량과 교환하고 상대방의 데이터를 수신하면 그에 대한 응답으로 점수부여, 무시, 공유 중 하나를 선택한다. 차량의 소셜 행위를 분석하기 위해 다른 차량과의 정보 교환 중 발생하는 값들(수신한 데이터의 개수와 데이터에 대한 응답 수, 사용하지 않은 데이터의 개수, 재배포한 데이터의 개수)을 활용한다. 점수부여, 무시, 공유는 차량이 다른 차량과 상호작용한 소셜 행위에 대한 정보이며 차량의 신뢰성을 판단하기 위한 사용자 평판 및 네트워크 신뢰성 계산에 활용된다.

차량 i 가 j 의 차량 신뢰도를 계산한다고 가정한다. 식(1)~(3)은 차량의 소셜 행위를 통해 계산되는 점수부여, 무시, 공유이다. $NBRp$ 는 응답 수(Number of Response)이며 $NBRc$ 는 수신한 데이터 수(Number of Received data)이다. $NBNu$ 는 사용하지 않은 데이터 개수(Number of not used data)이며 $NBRd$ 는 재배포한 데이터 개수(Number of Redistributed data)이다. 식(1)은 점수부여로 수신한 데이터 중 응답한 횟수로 구한다. 식(2)는 무시로 수신한 데이터 중 사용하지 않은 데이터의 수로 구한다. 식(3)은 공유로 수신한 데이터 중 재배포한 데이터의 수로 구한다.

$$SC_j = \frac{NBRp_j}{NBRc_j} \quad (1)$$

$$IG_j = \frac{NBNu_j}{NBRc_j} \quad (2)$$

$$SH_j = \frac{NBRd_j}{NBRc_j} \quad (3)$$

3.2. 사용자 평판 및 네트워크 신뢰도

사용자 평판 및 네트워크 신뢰도는 지역 신뢰도 계산에 사용된다. 사용자의 소셜 행위가 누적됨에 따라 사용자 평판이 달라진다. 또한, 차량이 다른 차량과의 소셜 행위를 하면서 네트워크 패킷을 얼마나 협조적으로 전송하는지, 소셜 행위를 주고받는 다른 차량과의 거리가 얼마나 가까운지에 따라 네트워크 신뢰도가 계산된다.

식(4)는 사용자 활동점수로 차량의 소셜 행위 중 점수 부여와 공유를 더하여 계산되며 j 가 소셜 행위에 활동적으로 참여할수록 높아진다. 식(5)는 데이터 신뢰성으로 차량의 소셜 행위 중 무시와 다른 차량들에게 부여받은 데이터 점수의 산술평균 및 데이터 생성 시간을 이용하여 계산된다. DS는 데이터 점수(Data Score)을 의미하며 CT는 생성 시간(Creation Time)을 의미한다. 식(6)은 사용자 평판으로 활동 점수와 데이터 신뢰성을 정규화하여 계산되며 소셜 행위에 활발히 참여하고 다른 차량에게 좋은 평가를 받은 차량일수록 사용자 평판이 높다. 네트워크 신뢰도는 V2V 통신에서 이루어지는 소셜 행위를 통해 계산한다. 데이터를 전송하는 거리(연결성)와 패킷 전송 개수를 통해 신뢰할 수 있는 네트워크인지 판단한다. 식(7)은 연결성으로 지수함수를 사용한다. i 와 j 의 거리가 아주 가까울 때 연결성은 1의 값을 가지며 거리가 멀어질수록 연결성이 작아진다. 연결성(connectivity)은 두 차량 간의 거리에 지수함수를 적용하여 일정 거리 이상일 경우 0이 되도록 한다. 식(8)은 협조성(Cooperativeness Factor)으로 [1]의 CF 수식을 참고하여 계산한다. CF는 차량 근처의 이웃 차량들의 평균적인 패킷 전송률 보다 해당 차량이 얼마나 더 협조적으로 다른 차량에게 패킷을 전송하는지를 나타낸다. 이는 차량 간의 브로드캐스팅을 통해 주고 받은 패킷 수를 이용하여 구한다. $NBpf$ 는 전달받은 패킷 수(Number of packets forwarded)이고 av

gNBpo는 이웃의 평균 패킷 수(average Number of packet observed at neighbors)이다. 식(9)는 네트워크 신뢰도로 이기적 노드를 탐지할 수 있다. 연결성과 협조성을 이용하여 구하며 만약 차량 i 와 j 가 가까운 거리임에도 불구하고 j 가 협조적으로 소셜활동에 참여하지 않은 경우 j 의 주관적인 선택으로 참여하지 않은 것으로 보기 때문에 이기적인 노드라고 탐지한다. 이기적 노드일 경우 네트워크 신뢰도가 낮다.

$$AS_j = SC_j + SH_j \quad (4)$$

$$DR_j = \frac{1}{IG} + \frac{\sum_{i=0}^n (DS^* CT)}{n} \quad (5)$$

$$UR_j = Norm(AS_j + DR_j) \quad (6)$$

$$con_{ij} = e^{-distance_{ij}} \quad (7)$$

$$CF_j = \frac{NBpf_j}{avgNBpo_j} \quad (8)$$

$$NT_j = con_{ij} * CF_j \quad (9)$$

3.3. 지역 신뢰도 및 전역 신뢰도

지역 신뢰도는 차량이 인근의 마주치는 차량들과 소셜 행위를 통해 계산된 값을 토대로 구하기 때문에 데이터 수집 범위가 지역적으로 제한된다. 전역 신뢰도는 RSU가 데이터를 수집하기 때문에 차량의 독립적인 데이터 수집보다 넓은 범위로 수집된 다른 차량들의 정보를 활용한다. 지역 신뢰도와 전역 신뢰도를 결합하여 보다 많은 데이터를 활용함으로써 정확한 차량 신뢰도 계산이 가능하다.

식(10)은 차량 j 의 지역 신뢰도(Local Trust)를 구하기 위해 j 의 사용자 평판과 네트워크 신뢰도 값을 기하평균 한다. RSU에게 전달받은 데이터가 없을 경우 지역 신뢰도는 차량 신뢰도가 된다. 식(11)에서 전역 신뢰도(Global Trust)는 RSU를 지나치는 차량들이 전송한 RTI를 가중평균 하여 구한다. 예를 들어 차량 j 와 통신을 하여 j 에 대한 지역 신뢰도를 보유한 차량들이 RSU에게 해당 데이터를 전송하면 RSU는 이를 가중 평균하여 j 에 대한 전역 신뢰도를 계산한다. 이러한 RSU의 데이터를 전달받은 경우 차량 신뢰도는 지역 신뢰도와 전역 신뢰도를 결합한다.

$$LT_j = [UR_j * NT_j]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$GT_j = \left(\frac{w_1 * LT_1 + w_2 * LT_2 + \dots + w_n * LT_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \right) \quad (11)$$

3.4. 차량 신뢰도

차량 신뢰도는 SIoT 환경에서 차량 간에 정보를 공유할 때 신뢰성 정보를 식별하는 기준이 된다. 차량은 연속적으로 소셜 행위를 수행하기 때문에 소셜 행위가 발생할 때 마다 차량 신뢰도가 갱신된다. 이때 최신 차량 신뢰도에 더 큰 가중치를 부여하여 과거 차량 신뢰도와 결합한다.

식(12)에서 차량 신뢰도(Vehicle Trust)를 갱신할 때는 과거의 신뢰도를 통계 정보로 저장하고 최신 신뢰도를 계산할 때 두 개를 결합한다. 도로 환경의 실시간성이라는 특징을 고려하여 d 는 0.5보다 작은 값을 사용함으로써 과거보다 현재에 더 가중치를 높게 주었다.

$$VT_j = d * PVT_j + (1-d) * Recent VT_j \quad (d < 0.5) \quad (12)$$

[그림 4]는 차량 신뢰도를 계산하는 알고리즘을 보여 준다. V2V 환경에서 차량이 만나면 데이터를 주고받는 소셜 행위가 이루어진다. 이때, 소셜 행위를 통해 점수 부여, 무시, 공유가 계산되며 이는 활동점수와 데이터 신뢰성 계산에 사용된다(line2~6). 사용자 평판은 활동점수와 데이터 신뢰성을 정규화하여 구한다(line18). 네트워크 신뢰도는 소셜 행위 중 무시와 연결성을 이용하여 구한다(line19). 이후 차량의 이동에 따라 지역 신뢰도와 전역 신뢰도가 갱신된다(line20~31). 만약 RSU에게 전달받은 데이터가 없는 경우 지역 신뢰도가 차량 신뢰도가 된다. 전달받은 데이터가 있는 경우 차량 신뢰도는 지역 신뢰도와 전역 신뢰도를 결합하여 구한다(line24~28). 전역 신뢰도는 RSU가 전역적으로 수집한 데이터를 통해 구한 신뢰도이기 때문에 지역 신뢰도에 비해 더 정확하다고 판단하여 가중치를 준다. 차량 신뢰도 갱신을 위해 과거 신뢰도(Previous Vehicle Trust) 변수에 임시적인 차량의 최신 신뢰도(Recent Vehicle Trust)를 저장하고 과거 신뢰도와 임시적인 차량의 최신 신뢰도를 결합하여 최종적인 차량 신뢰도를 구한다(line29~30).

```

01: Notation :
02:  $SC_j = \frac{NBRp_j}{NBRc_j}$ 
03:  $IG_j = \frac{NBN_j}{NBRc_j}$ 
04:  $SH_j = \frac{NBRd_j}{NBRc_j}$ 
05:  $AS_j = GS_j + S_j$ 
06:  $DR_j = \frac{1}{IG_j} + \frac{\sum_{i=0}^n (DS * CT)}{n}$ 
07:  $con_{ij} = e^{-distance_{ij}}$ 
08:  $CF_j = \frac{NBpf_j}{avgNBpo_j}$ 
09:  $PCT_j = 0$ 
10:  $VT_j = 0$ 
11: Input :  $DR_j, AS_j, con_{ij}, CF_j$ 
12: Output :  $VT_j$ 
.....
13: if Data Type is Secure
14:    $DR_j = DR_j * a$  ( $a > b$ )
15: else
16:    $DR_j = DR_j * b$ 
17: end if
18:    $UR_j = Norm(DR_j + AS_j)$ 
19:    $NT_j = con_{ij} * CF_j$ 
20: while true
21:    $LT_j = [UR_j * NT_j]^{\frac{1}{2}}$ 
22:    $GT_j = (\frac{w_1 * LT_1 + w_2 * LT_2 + \dots + w_n * LT_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n})$ 
23:   if  $GT \neq 0$ 
24:      $Recent VT_j = \frac{LT_j + a * GT_j}{2}$ 
25:   else
26:      $Recent VT_j = LT_j$ 
27:   end if
28:    $PVT_j = Recent VT_j$ 
29:    $VT_j = d * PVT_j + (1 - d) * Recent VT_j$  ( $d < 0.5$ )
30: end while
31: return  $VT_j$ 

```

그림 4. 차량 신뢰도 계산 알고리즘

IV. 성능 평가

성능평가를 위해 차량 간의 소셜 행위를 수행하는 사용자 중 일부 사용자를 악의적인 사용자로 랜덤하게 선정하여 제안하는 기법의 알고리즘에 따라 차량 신뢰도를 계산하고 선정된 악의적인 사용자 리스트와 차량 신뢰도가 낮게 계산된 사용자 리스트를 비교하여 정확도를 측정한다. 본 연구의 우수성을 비교하기 위해 2가지의 실험 평가를 진행하였다. [그림 5-그림 8]은 실험평가 1의 성능평가 결과로 네트워크 신뢰도만을 이용하여 차량 신뢰도를 계산하고 악의적인 차량을 탐지하였다. [그림 9-그림 12]은 실험평가 2의 성능평가 결과로 네트워크 신뢰도와 사용자 평판 및 차량의 소셜 행위를 모두 고려하여 차량 신뢰도를 계산하고 악의적인 차량을 탐지하였다. [표 2]는 성능평가를 수행한 환경이다.

표 2. 성능 평가 환경

구분	내용
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU @ 3.20GHz
Memory	16GB
OS	Window 10 Education 64bit
Language	Python 3

본 논문에서는 (주)위드라이브에서 제공한 사용자가 음성을 통해 사고 정보를 제보하는 애플리케이션에서 생성된 데이터 집합을 사용하였다[12]. 차량이 생성하는 데이터는 날짜, 위치(경도, 위도), 내용 등으로 구성된 다. [표 3]은 성능 평가에 사용한 데이터에 대한 설명이다. 총 8000개의 데이터 중 위치 정보가 포함된 데이터만 필터링하여 3021개의 데이터를 사용하였다. 총 사용자는 126명이며 이 중 악의적인 정보를 생성하는 이기적인 사용자를 임의로 선정하여 해당 사용자가 생성한 데이터의 내용과 생성 시간을 변형하여 가짜 데이터로 가공하였다. 사용자 1명 당 차량 1대를 소유하였고 가정하고 최초의 차량 정보를 생성한다. 이 정보를 토대로 차량 간의 소셜 행위가 이루어지며 차량 신뢰도가 갱신된다.

표 3. 데이터 설명

구분	데이터
수집 기간	2020년 1월~2020년 5월
데이터 수	40,000
사용자 수	126

악의적인 차량의 대수를 5대, 10대, 15대, 20대로 설정하여 탐지율을 측정하였다. [그림 5-그림 8]은 실험평가 1의 결과이다. [그림 5]는 실험평가 1의 정확도이다. 악의적인 차량 수가 달라져도 정확도는 모두 90% 이상을 나타냈다. [그림 6]는 실험평가 1의 정밀도이다. 악의적인 차량이 15대일 때 정밀도는 67%로 가장 낮았다. [그림 7]과 [그림 8]은 실험평가 1의 재현율과 F-measure로 정밀도와 같은 결과를 보였다. [표 4]는 실험평가 1의 평균 점수를 나타낸다. 평균 정확도는 95%였고 평균 정밀도는 79%, 평균 재현율은 79%, 평균 F-measure는 80%의 성능을 보였다.

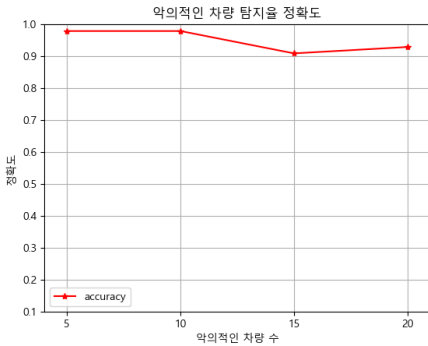


그림 5. 실험평가 1의 정확도

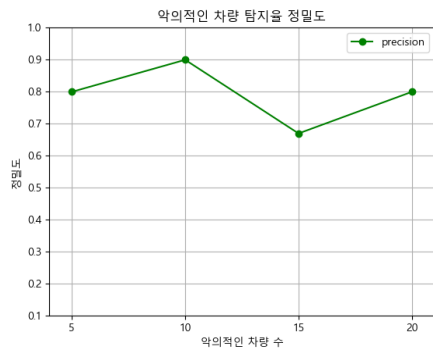


그림 6. 실험평가 1의 정밀도

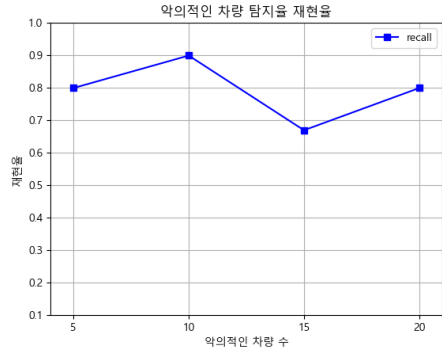


그림 7. 실험평가 1의 재현율

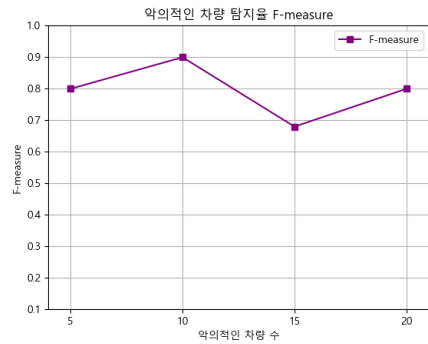


그림 8. 실험평가 1의 F-measure

표 4. 실험평가 1의 악의적인 차량 평균 탐지율 평균

구분	평균 점수
정확도(accuracy)	95%
정밀도(precision)	79%
재현율(recall)	79%
F-measure	80%

[그림 9-그림 12]은 실험평가 2의 결과이다. [그림 9]은 실험평가 2의 정확도이다. 악의적인 차량 수가 달라져도 정확도는 모두 90% 이상이며 악의적인 차량이 10대일 때와 20대일 때 정확도는 100%였다. [그림 10]는 실험평가 2의 정밀도이다. 악의적인 차량이 5대일 때 정밀도는 80%로 가장 낮았다. [그림 11]과 [그림 12]은 실험평가 2의 재현율과 F-measure로 정밀도와 같은 결과를 보였다. [표 5]는 실험평가 2의 평균 점수를 나타낸다. 평균 정확도는 98%였고 평균 정밀도는 92%, 평균 재현율은 92%, 평균 F-measure는 92%의

성능을 보였으며 실험평가 1보다 우수한 성능을 보인다.

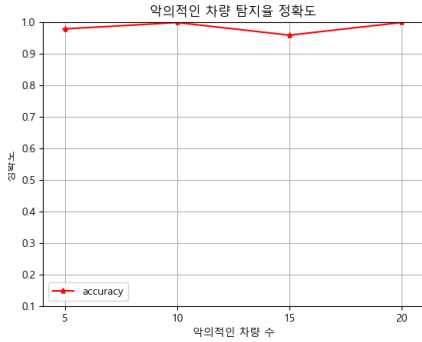


그림 9. 실험평가 2의 정확도

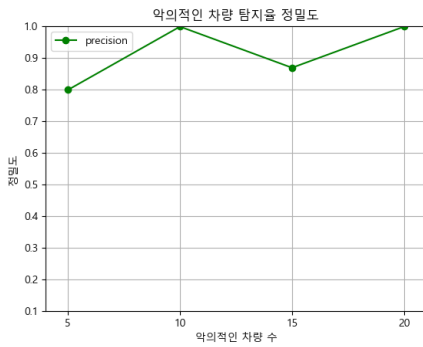


그림 10. 실험평가 2의 정밀도

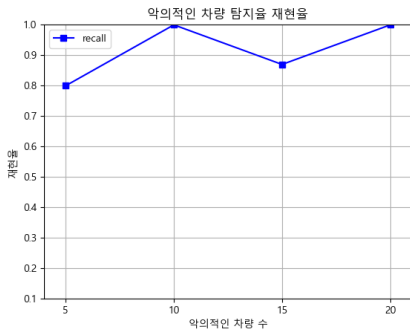


그림 11. 실험평가 2의 재현율

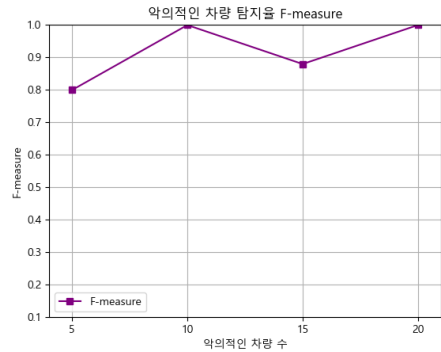


그림 12. 실험평가 2의 F-measure

표 5. 실험평가 2의 악의적인 차량 평균 탐지율 평균

구분	평균 점수
정확도(accuracy)	98%
정밀도(precision)	92%
재현율(recall)	92%
F-measure	92%

V. 결론

본 논문은 소셜 사물 인터넷 환경에서 차량 간에 신뢰할 수 있는 정보를 공유하기 위한 차량 신뢰도 판별 기법을 제안하였다. 차량 신뢰도를 판별하기 위해 차량을 구성하는 요소를 사용자와 네트워크로 구분하고 사용자 평판과 네트워크 신뢰도를 각각 구하여 활용하였다. V2V 환경에서 차량 간 소셜 행위를 통해 사용자 평판과 네트워크 신뢰도가 계산되며 이를 활용하여 지역 신뢰도를 구한다. V2I 환경에서는 여러 차량들이 각자 소셜 행위를 통해 계산한 지역 신뢰도를 RSU가 수집 및 가중 평균하여 전역 신뢰도를 구한다. 최종적으로 차량 신뢰도는 중앙 서버가 없는 환경에서 지역 신뢰도와 전역 신뢰도를 결합함으로써 인근의 차량과의 소셜 행위를 통해 얻어지는 제한적인 지역 신뢰도의 한계를 극복하고 RSU가 수집하는 더 넓은 범위의 데이터를 활용함으로써 보다 더 정확한 차량 신뢰도를 판별하였다. 제안하는 기법은 향후 소셜 사물 인터넷 환경에서 차량 서비스의 안전성과 신뢰성을 높이는데 활용될 수 있어 비즈니스 적으로 긍정적인 영향을 주며 소셜 사물 인터넷에서 사물의 영역을 차량 도메인까지 확장시켜 연구

를 수행한 데에 있어 학문적으로 긍정적인 영향을 주었다. 본 연구는 차량 간 네트워크 패킷 교환이 이루어지는 상황과 차량 간 네트워크 패킷과 소셜 행위가 함께 이루어지는 상황에서 각각 차량 신뢰도를 판별하고 성능을 비교하였으나 기존 기법과의 성능 비교를 하지 못한 한계점을 가지고 있다. 향후 기존 기법에 비해 제안하는 기법이 우수성을 보이기 위해 다양한 성능평가를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] T. A. Butt, R. Iqbal, S. C. Shah, and T. Umar, "Social Internet of Vehicles: Architecture and enabling technologies," *Computers & Electrical Engineering*, Vol.69, pp.68-84, 2018.
- [2] A. Meena Kowshalya and M. L. Valarmathi, "Trust management in the social internet of things," *Wireless Personal Communications*, Vol.96, No.2, pp.2681-2691, 2017.
- [3] A. Meena Kowshalya and M. L. Valarmathi, "Trust management for reliable decision making among social objects in the Social Internet of Things," *IET Networks* 6.4, pp.75-80, 2017.
- [4] Kokoris-Kogias, Eleftherios, Orfefs Voutyras, and Theodora Varvarigou, "TRM-SIoT: A scalable hybrid trust & reputation model for the social internet of things," 2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Ieee, 2016.
- [5] P. Kumaran and Rajeswari Sridhar, "Social Internet of Things (SIoT): Techniques, Applications and Challenges," 2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184), IEEE, 2020.
- [6] R. Iqbal, T. A. Butt, M. Afzaal, and K. Salah, "Trust management in social Internet of vehicles: Factors, challenges, blockchain, and fog solutions," *International Journal of Distributed Sensor Networks* 15.1 (2019): 1550147719825820.
- [7] V. Loscri, P. Manzoni, M. Nitti, G. Ruggeri, and A. M. Vegni, "A social internet of vehicles sharing SIoT relationships," *Proceedings of the ACM MobiHoc Workshop on Pervasive Systems in the IoT Era*, 2019.
- [8] S. Guleng, C. Wu, X. Chen, X. Wang, T. Yoshinaga, and Y. Ji, "Decentralized trust evaluation in vehicular Internet of Things," *IEEE Access* 7, pp.15980-15988, 2019.
- [9] 북경수, 조미림, 유재수, "모바일 P2P 네트워크에서 효율적인 콘텐츠 검색을 위한 데이터 배포기법," *한국콘텐츠학회논문지*, Vol.12, No.8, pp.37-46, 2012.
- [10] C. A. Kerrache, N. Lagraa, R. Hussain, S. H. Ahmed, A. Benslimane, C. T. Calafate, and A. M. Vegni, "TACASHI: Trust-aware communication architecture for social internet of vehicles," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol.6, Issue 4, 5870-5877, 2018.
- [11] 북경수, 홍승완, 차재홍, 임종태, 유재수, "VANET 환경에서 효과적인 데이터 배포를 위한 RSU 협업 스케줄링," *한국콘텐츠학회논문지*, Vol.13, No.10, pp.27-36, 2013.
- [12] <https://www.wedrive.kr/#/data>

저 자 소 개

백 연 희(Yeon-Hee Baek)

정회원



- 2019년 2월 : 충북대학교 경영학부 (복수전공은 빅데이터 연계전공)(학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 빅데이터 협동과정(석사)

〈관심분야〉 : 소셜 네트워크, SIoV, 빅데이터 처리, 데이터 베이스

북 경 수(Kyoung-Soo Bok)

중신회원



- 1998년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2005년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2008년 2월 : 한국

과학기술원 정보전자연구소 Postdoc

- 2008년 3월 ~ 2011년 2월 : 가인정보기술 연구소 차장
- 2011년 3월 ~ 2019년 8월 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 초빙교수
- 2019년 9월 ~ 현재 : 원광대학교 SW 융합학과 조교수
 <관심분야> : 데이터베이스 시스템, 이동 객체 데이터베이스, 이동 P2P 네트워크, 소셜 네트워크 서비스, 빅데이터 처리 등

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

중신회원



- 1995년 2월 : KAIST 전산학과(공학 박사)
- 1995년 2월~1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 전임강사
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 정교수

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 데이터베이스, 센서 네트워크, 바이오인포매틱스, 빅데이터 등