

보행자 휴대폰의 에너지 효율 향상을 위한 MEC 기반 V2P 시스템 연구

방수정*, 이미정*
*이화여자대학교 컴퓨터공학과
tnwjd7732@ewhain.net, lmj@ewha.ac.kr

A Study on MEC-based V2P system to improve energy efficiency of mobile phones

Soo-Jeong Bang*, Mee-Jeong Lee*
*Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

본 논문은 차량과 보행자 간 충돌 사고를 예측하는 V2P(Vehicle to Pedestrian) 서비스에서 보행자 휴대폰의 데이터 전송 시점을 동적으로 계산함으로써 불필요한 통신을 감소시켜 에너지 효율을 향상시키는 것을 목적으로 하며, MEC(Mobile Edge Computing) 기반 V2P 서비스를 제안하였다. V2P 서비스에서는 보행자와 차량 간 충돌 가능성을 예측하기 위하여 두 객체의 실시간 GPS 데이터가 요구된다. 이때 보편적으로 보행자에 비해 차량의 이동속도가 더 빠르기 때문에 보행자가 빠르게 이동해 들어오는 주변 차량에 발견될 수 있기 위해서는 자신의 위치에는 의미 있는 변화가 발생하지 않았더라도 차량 이동속도에 맞춘 빠른 주기로 차량 혹은 중앙 클라우드 서버로 자신의 데이터를 송신해야만 한다. 이 과정에서 보행자 휴대폰의 에너지가 급속하게 소모된다. 따라서 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위하여 MEC 서버를 배치한 V2P 서비스를 제안하였고, 보행자가 본인의 상태 정보를 활용하여 효율적인 다음 데이터 전송 시점을 계산할 수 있는 동적시점계산 알고리즘을 제안하였다.

1. 서론

도로교통공단에서 발표한 교통사고 통계에 따르면, 2019 년 한 해 동안 보행자 대 차량 간 교통사고는 46,150 건 발생하였고 그중 1,271 명이 사망하였으며 47,406 명이 부상을 입었다. [1]

최근 이러한 사고를 방지하기 위하여 다양한 기술이 제시되었다. ADAS (Advanced Driving Assistant System)는 센서와 카메라를 통하여 주변 환경을 관측하고 잠재적인 사고 위험을 예측하는 것을 포함한 운전자 지원 시스템이다. [2] ADAS 기술 중, LiDAR, Radar, Camera 와 같은 센서를 활용하여 보행자를 감지하고 위험 상황 시 운전자에게 경고를 보내는 기술인 PCW(Pedestrian Collision Warning)는 ADAS 연구 분야 중 중요 분야로 자리매김하고 있다. PCW 기술은 신호를 보내고 반사되는 신호를 통해 보행자를 탐지하여 해당 객체와의 거리를 계산하고, 거리를 바탕으로 충돌 가능성을 계산하는 방식을 사용한다. 그러나 센서 기반인 PCW 기술은 LOS(Line of Sight) 시나리오에 한해서만 보행자를 감지할 수 있으며, 장애물이나

주정차된 차량에 가려져 보행자가 보이지 않는 NLOS(None-Line of Sight) 시나리오에 대해서는 감지할 수 없다. 따라서 ADAS 의 PCW 기술은 센서 시야 밖의 보행자에 대하여 충돌을 예측할 수 없다는 한계점이 존재한다.

NLOS 에 존재한 보행자와의 충돌 가능성을 예측하기 위한 방법으로 V2P 기술이 연구되었다. V2P 는 보행자 휴대폰과 차량의 통신 모듈을 통해 GPS 데이터를 송수신함으로써 충돌 가능성을 사전에 계산한 후, 위험이 예측될 시 경고를 제공하는 기술이다. 차량 센서 시야 내에 존재하지 않는 대상에 대해서도 사전 인지가 가능하므로 NLOS 시나리오에서도 사고 가능성을 예측할 수 있다. 따라서 통신 기반 기술 V2P 는 센서 기반 PCW 의 한계점을 보완한다.

V2P 기술에서 보행자와 차량은 실시간 GPS 데이터를 서로에게 전송하거나 중앙 클라우드 서버에게 전송한다. 이후 보행자, 차량 혹은 중앙 클라우드 서버에서 보행자와 차량 간 충돌 가능성을 계산하게 되는데, 이때 차량은 빠른 속도로 이동하므로 현재 차량 주변 보행자 데이터를 신속하게 수신해야 한다.

따라서 보행자는 차량의 빠른 이동 속도를 고려하여 짧은 주기로 본인의 GPS 데이터를 송신하게 된다.

V2P 서비스를 제안한 [3]의 경우, 보행자 휴대기기는 Wi-Fi Broadcast area 내에 위치한 차량들에게 자신의 GPS 데이터가 담긴 메시지를 100ms 주기로 브로드캐스트한다. 연구의 성능 평가로 보행자 휴대폰 배터리 소모량을 측정한 결과, 최악의 경우 8 시간 동안 만에 배터리를 모두 소모한 것으로 나타났다. 또한 [4]의 실험에서는 100ms 을 주기로 V2P 통신에 참여한 경우, 5 시간 이내에 모든 배터리가 소모되는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 V2P 서비스에서 보행자가 짧은 주기로 차량이나 중앙 클라우드 서버에 GPS 데이터를 전송할 경우, 보행자 휴대폰 배터리가 급속하게 소모될 수 있음을 확인하였다.

차량의 경우 충분한 에너지를 가지고 있으므로 에너지 문제가 대두되지 않으나, 보행자의 경우에는 에너지 제한적인 휴대기기를 이용하여 V2P 통신에 참여하므로 배터리 소모를 줄이는 것이 중요하다. V2P 서비스는 외부에 위치한 경우 상시 동작되어야 하는 시스템으로, 스마트폰 에너지 효율 문제를 해결하는 것이 강력히 요구된다.

[5]은 보행자 휴대폰 에너지 문제를 해결하기 위하여 보행자 GPS 를 1 분에서 5 분의 간격 동안 OFF 하였고 그 결과 20.8%의 에너지를 절약하였지만, GPS 정확도가 92.6%로 정확도가 떨어진 것을 확인하였다. 따라서, 보행자 휴대폰 에너지 효율을 상승시키는 동시에 시스템 정확도를 높게 유지하는 V2P 연구가 필요하다.

서론에 이어 2 장에서는 제안하는 방안의 구성요소 및 전체적인 구조를 설명하고, 3 장에서는 보행자가 자신의 상태에 맞추어 데이터 송신 시점을 동적으로 계산하는 알고리즘을 소개한 후, 마지막으로 4 장에서 결론을 맺고자 한다.

2. MEC 기반 V2P 시스템

본 논문에서는 휴대폰 에너지 효율을 상승시키면서도 V2P 서비스의 신뢰성은 기존 GPS 데이터를 빠른 주기로 전송하는 방식과 큰 차이가 발생하지 않도록 하는 것을 목표로 MEC 기반의 V2P 시스템을 제안한다. 시스템에 참여하는 차량은 OBU(On board Unit) 가 탑재되어 있어 GPS 데이터를 수신 할 수 있으며 WAVE 채널을 통하여 MEC 서버로부터 데이터를 수신하고, 보행자는 휴대폰에 탑재된 GPS 모듈을 통하여 GPS 데이터를 수신할 수 있고, LTE 채널을 이용해 MEC 서버에게 정보를 송신하는 것으로 가정한다.

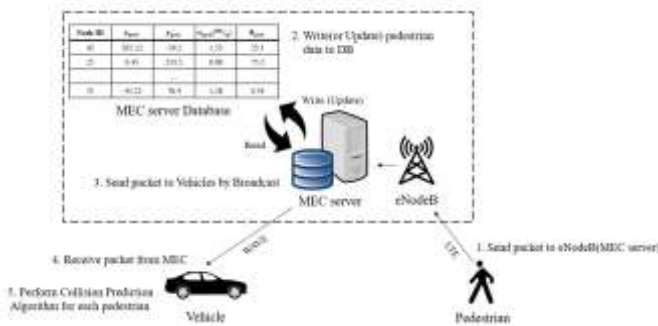
제안하는 방식에서는 보행자는 유의미한 움직임이 발생했을 시에 데이터를 MEC 서버에게 전송하도록

하여 필요 이상의 송신 과정을 줄임으로써 배터리 효율을 향상시킬 수 있도록 하면서도 MEC 서버가 보행자의 데이터를 Database 에 관리하며 100ms 주기로 관찰 지역 차량들에게 브로드캐스트하도록 함으로써 빠르게 변화하는 보행자 주변 차량 집합에 보행자가 신속하게 발견될 수 있도록 한다. 즉, MEC 서버를 보행자와 차량 사이에 배치함으로써, 보행자의 경우 휴대폰 에너지 효율을 향상시킬 수 있고 차량은 주변 보행자에 대해 누락 없이 위험을 예측할 수 있다.

그림 1 은 제안 방안의 구성 요소를 보인 것이다. 서비스 참여 객체는 차량, 보행자, MEC 서버이다.

- **보행자:** 시스템에 참여한 보행자는 진입 즉시 MEC 서버에 현재 위치($P(x_{ped}, y_{ped})$), 속도(v_{ped}), 각도(θ_{ped}) 데이터를 송신한다. 최초 진입을 알리는 메시지 전송 후, 보행자 휴대기기는 논문에서 제안하는 동적시점계산 알고리즘을 수행하여, 보행자 별 상태에 따라 다음 데이터 전송 시점을 계산하고 적용한다. 그 이후 동적시점계산 알고리즘이 결정한 시점에 본인의 데이터를 MEC 서버에게 전송한 뒤, 다시 알고리즘을 수행하며 이 과정을 반복한다. 알고리즘을 수행함으로써 보행자는 본인의 상태에 적합한 전송 시점을 찾아 전송하므로 불필요한 통신을 줄일 수 있다.
- **MEC 서버:** 보행자로부터 데이터를 수신한 MEC 서버는 보행자의 데이터를 자체 Database 에 기록한다. 등록되어 있지 않은 보행자에 대하여 데이터를 추가하고, 등록된 보행자에 대하여 새로운 데이터를 수신한 경우, 값을 업데이트한다. 서비스에 참여하지 않는 보행자에 대해서는 Database 에서 제거한다. MEC 서버는 보행자로부터 데이터를 수신하고 관리하는 동시에, Database 에 기록되어 있는 보행자 데이터들을 관찰 구역 내 차량들에게 브로드캐스트한다. 이때 MEC 서버는 에너지 제한이 없으므로 100ms 를 주기로 보행자 데이터를 차량들에게 전송한다.
- **차량:** 보행자들의 데이터가 담긴 패킷을 수신한 차량은 해당 데이터와 본인의 현재 위치($P(x_{veh}, y_{veh})$), 속도(v_{veh}), 각도(θ_{veh})를 바탕으로 충돌 가능성을 예측하는 Collision Prediction Algorithm 을 수행한다. [6] 차량은 100ms 마다 MEC 서버에게 보행자 데이터를 수신하고 인근 보행자에 대하여 Collision Prediction Algorithm 을 수행하므로 빠른 속도로 이동하는 중에도 주변 보행자와의 충돌 가능성을 누락하지 않고 계산할 수 있다. 차량이 알고리즘을 수행한 결과로 충돌 위험이 예측되는 상황이면, 즉시 운전자에게 경

고를 제공한다. 동시에 차량은 인근 보행자를 대상으로 위험한 보행자의 ID 를 담은 Emergency Warning Message 를 브로드캐스트하여, 충돌 위험에 처한 보행자도 즉시 알람을 수신할 수 있다.



(그림 1) 제안 방안의 구성요소

3. 동적시점계산 알고리즘

동적시점계산 알고리즘은 서비스에 참여하는 보행자 휴대기기가 이동 속도, Position Flag, Status Flag 데이터를 바탕으로 MEC 서버에 데이터를 전송할 다음 시점을 계산하는 알고리즘이다. 알고리즘의 기본 아이디어는 보행자가 유의미한 거리를 이동하였을 때 서버에게 데이터를 송신한다는 것이다. 연구에서는 보행자의 유의미한 이동거리를 1m 로 설정하였고, 보행자 별 실시간 데이터를 바탕으로 본인의 상태에 적합한 다음 전송 시점을 계산하고 적용한다. 알고리즘에 사용되는 데이터들은 다음과 같은 의미를 가진다.

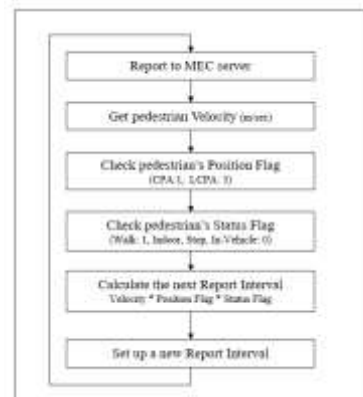
- **Position Flag:** 보행자의 현재 위치가 Collision Possible Area(CPA)와 Low Collision Possible Area(LCPA) 중 어느 곳에 위치해 있는가를 확인하는 데 사용한다. CPA 는 보행자와 차량의 충돌 가능성이 높은 지역으로, 횡단보도나 보차 혼용도로와 같이 차량과 접촉 가능성이 높은 지역이나 사고 발생률이 높은 지역을 의미한다. 해당 지역에서는 1m 를 이동하였을 때마다 데이터를 전송하고, flag 값은 1 로 설정된다. 반면 LCPA 는 보행자와 차량의 충돌 위험이 상대적으로 낮은 지역으로, 해당 지역에서는 3m 를 이동하였을 때마다 데이터를 전송하고 flag 값이 3 으로 설정된다.
- **Status Flag:** 보행자의 상태를 보행, 정지, 차량 탑승, 실내로 구분하여 flag 로 기록한 데이터이다. 보행 중이 아니라면 V2P 시스템에 참여할 필요가 없으므로 데이터 전송을 정지한다. 이때 flag 는 0 의 값을 가진다. 보행자가 보행 중이라면, Status flag 가 1 로 설정된다.
- **이동 속도:** 보행자의 현재 이동 속도를 바탕으로 1m 를 이동하는데 소요되는 시간이다.

위의 세 가지 데이터를 이용하여 보행자 휴대기기는 MEC 서버에게 전송할 다음 시점을 수식 1 로 계산한다.

$$t_{next\ interval} = v_{ped} * StopFlag * PositionFlag \quad (\text{수식 1})$$

3km/h 의 속도의 보행자를 예로 기존 100ms 마다 데이터를 전송하는 방식과 논문에서 제안하는 동적시점계산 알고리즘의 전송 횟수를 비교해보았을 때, 우선 기존 연구의 경우 보행자의 상황과 관계없이 100ms 마다 전송하게 된다. 반면 동적시점계산 알고리즘을 수행할 경우, CPA 에 위치하고 (Position Flag=3) Walk (Status Flag=1) 상태이면, 전송 주기가 가장 짧은 worst case 임에도 0.84sec 후에 데이터를 전송하게 된다. 이처럼 제안하는 동적시점계산 알고리즘은 필요 이상의 데이터 전송을 대폭 감소시키므로 통신 인프라를 사용하여 소모되는 배터리가 감소하게 된다.

그림 2 는 동적시점계산 알고리즘의 순서도이다. 보행자는 MEC 서버에게 데이터를 전송한 뒤, 현재 보행자의 속도, Position Flag, Status Flag 값을 확인하여 다음 시점을 계산하고 설정한다. 보행자는 정해진 시간 이후에 본인의 데이터를 MEC 서버에게 전송하고 다시 변경된 상태를 확인하며 다음 전송 시점을 계산하는 과정을 반복한다.



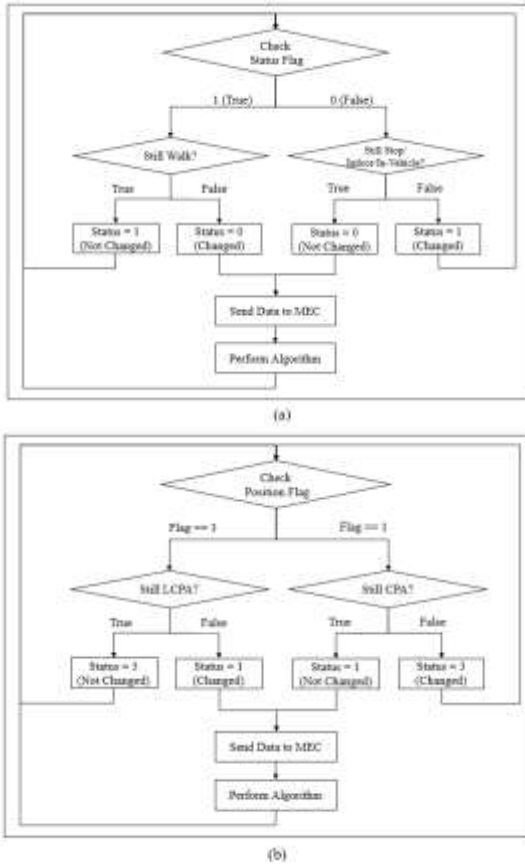
(그림 2) 동적시점계산 알고리즘

그림 3 은 보행자 휴대기기가 그림 2 의 알고리즘 과정과 별개로 위치와 상태를 확인하며 Position Flag 와 Status Flag 값을 변경하는 과정을 나타낸 순서도이다. 보행자 휴대기기는 100ms 마다 보행자의 상태와 위치를 확인하는데, 그로 인해 보행자의 상태 정보가 변화하더라도 신속하게 포착한 뒤, 변경된 상태에 적합한 주기를 계산하고 즉시 적용할 수 있다.

예를 들어, 보행자가 LCPA 에 위치하던 중 CPA 에 진입하게 되면 그림 3 의 (b) 과정에서 CPA 진입을 포착하게 되고 즉시 MEC 서버에게 보행자의 데이터를 전송한다. 데이터를 수신한 MEC 서버는 보행자의 데이터를 즉시 모든 차량에게 브로드캐스트 하므로, 차량이 시스템에 다시 참여하게 된 보행자의 정보를 놓치지 않도록 한다. 보행자는 MEC 에게 데이터를 전송한 후, 동적시점계산 알고리즘을 수행하여 적합한 다음 전송 시점을 계산하게 된다.

참고문헌

- [1] 도로교통공단. 2020. 『2020 년판 교통사고통계분석 (2019 년 통계)』. n.p.: 도로교통공단.
- [2] "ADAS." (2021 년 3 월 25 일). K-ADAS. n.d. 수정, <https://k-adas.co.kr/ADAS>.
- [3] HO, Ping-Fan; CHEN, Jyh-Cheng. "WiSafe: Wi-Fi pedestrian collision avoidance system". *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66.6: 4564-4578, 2016.
- [4] BAGHERI, Mehrdad; SIEKKINEN, Matti; NURMINEN, Jukka K. "Cloud-based pedestrian road-safety with situation-adaptive energy-efficient communication". *IEEE Intelligent transportation systems magazine*, 8.3: 45-62, 2016.
- [5] LI, Chi-Yu, et al. V2PSense: "Enabling cellular-based V2P collision warning service through mobile sensing". In: *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, 2018. p. 1-6.
- [6] YAKUSHEVA, Nadezda; PROLETARSKY, Andrey; BASARAB, Michael. "Pedestrian-Vehicle Collision Avoidance Strategy for NLOS Conditions". In: *2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR)*. IEEE, 2018. p. 1-4.



(그림 3) (a) Status Flag 를 확인하고 변경하는 과정
(b) Position Flag 를 확인하고 변경하는 과정

4. 결론

본 논문에서는 보행자와 차량 간 교통사고를 예방하는 통신 기술인 V2P 서비스에서 보행자 휴대폰의 에너지 효율을 향상시킬 방안을 제안하였다.

제안하는 MEC 기반 V2P 서비스는 보행자의 데이터를 MEC 서버가 수신하여 보행자를 대신해 빠르게 차량에게 전송한다. 따라서 차량은 보행자의 위치를 실시간으로 수신할 수 있게 되는 동시에, 보행자는 유의미한 이동이 발생하였을 때만 전송함으로써 배터리 소모를 크게 줄일 수 있다. 배터리를 절약하는 솔루션임에도 차량은 MEC 서버로부터 보행자의 최신 위치 정보를 수신하여 Collision Prediction Algorithm 을 수행하므로 서비스 정확도 역시 높게 유지할 수 있다. 결과적으로, V2P 기술의 보행자 휴대폰 에너지 효율 문제를 해결함으로써 V2P 기술 상용화에 도움을 줄 것으로 기대할 수 있다.

향후 연구 계획으로는, 네트워크 시뮬레이터 ns-3 와 교통 시나리오 생성 도구 SUMO(Simulation Urban Mobility)를 이용하여 논문에서 제안한 MEC 기반 V2P 서비스를 배터리 소모량과 시스템 정확도 측면에서 성능 평가하고 기존 연구와 비교 분석할 예정이다.