

VANET에서 사전 캐싱을 위한 과거 이동 경로 기반의 차량 경로 예측 기법

김병찬*, 김영부, 유선종, 김대우, 오승민*

공주대학교 컴퓨터공학과

qudcks961111@smail.kongju.ac.kr*, smoh@kongju.ac.kr*

Vehicular Path Prediction Scheme based on Past Moving Path for Pre-Caching in VANET

Byoungchan Kim, Youngboo Kim, Seonjong Yoo, Daewoo Kim, Seungmin Oh

Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju Natl. Univ.

요약

최근 자동차 기술의 발달로 커넥티드 차량이 증가하여 차량 내에서 소비할 수 있는 애플리케이션과 그에 따른 데이터의 양이 증가하고 있다. 하지만 차량은 높은 이동 속도와 잦은 이동 방향의 전환으로 차량에 안정적인 데이터 전달에 어려움이 있다. 본 논문에서는 차량에서 요청된 데이터를 효과적으로 전달하기 위해 차량의 이동 경로를 예측하여 데이터를 사전 캐싱한다. 이때 차량으로부터 추가적인 정보 없이 차량이 통신을 위해 연결된 노변 기지국의 좌표값으로 차량의 과거 경로 도출하여 차량의 이동 경로에 대한 약 80.83%의 예측 적중률을 가진다.

I. 서론

최근 출시되는 차량 대부분이 커넥티드 차량으로 다양한 애플리케이션을 가지며, 커넥티드 차량 애플리케이션은 2018년 대비 2023년에 연평균 성장률이 30%로 빠르게 성장할 것이다[1]. 그에 따라 차량 애드혹 네트워크(Vehicle Ad-Hoc Network, VANET)의 규모와 연구가 커지고 있다. 차량이 네트워크에서 요청한 데이터를 수신하기 위해서 도로변에 설치된 고정 통신 장치인 노변기지국(Road Side Unit, RSU)을 통하여 데이터를 수신받게 된다. 하지만 VANET은 차량의 높은 이동 속도와 잦은 방향 전환으로 차량이 요청한 데이터에 대한 데이터 손실이 발생한다[2]. 차량이 요청한 데이터를 안정적으로 전달하기 위해서는 차량의 이동성을 파악하고, 차량의 이동 경로를 예측하여 요청한 데이터를 차량의 예상 이동 경로에 미리 준비하는 사전 캐싱을 제안한다. 사전 캐싱을 하기 위해서는 먼저 차량의 이동성을 파악하여 차량의 이동 경로를 예측해야 한다. 차량의 이동성을 파악하기 위해서 차량이 도로 위 노드 사이의 소요 시간으로 차량의 속도 및 교통상황을 파악하여 차량의 과거 주행 정보를 토대로 경로 계획 및 예측하였다[3].

본 논문에서는 차량이 이동하면서 네트워크 연결을 위해 사용된 RSU의 좌표값을 통하여 차량의 과거 이동 경로를 도출한다. 차량의 과거 이동 경로에 따라 차량이 이동하는 방향에 대한 예측을 통해 차량에서 요청된 데이터를 예측된 이동 경로에 RSU로 사전 캐싱한다. 차량의 이동 경로에 대한 예측 적중률이 높을수록 사전 캐싱에 대한 네트워크 내 사용성이 높아지기에 차량의 이동 경로 예측에 관한 기법을 제안한다.

II. 과거 이동 경로 기반의 차량 경로 예측 기법

차량 네트워크에서 사전 캐싱하기 위해서는 차량의 이동성을 통한 차량의 이동 경로 예측이 중요하다. 차량의 이동성을 파악하기 위해 과거 이동 경로를 사전에 분석하여 RSU마다 차량의 이동 경로 테이블을 생성한다.

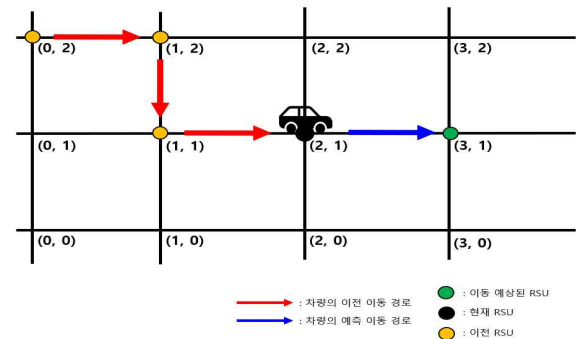


그림 1 과거 이동 경로를 통한 차량 경로 예측 예시

그림 1과 같이 차량이 사용한 RSU의 좌표값을 저장하고, 차량의 현재 좌표와 과거 사용한 RSU의 좌표 간에 차를 구한다. 차량의 현재 좌표를 $C_{cur}(x, y)$, 과거 이동 경로의 좌표를 $C_{past}(x, y)$, 차량이 이동하면서 고려할 과거 이동 경로의 수를 n 이라고 한다. 식 1과 같이 현재 좌표와 과거 좌표 간의 차를 식 2처럼 n 만큼 더하여 차량의 과거 이동 경로의 좌표를 모두 저장하는 것이 아닌, 이동성을 나타내는 변화량을 도출한다.

$$C_s = C_{cur}(x, y) - C_{past}(x, y) \quad (1)$$

$$C_s = C_s + (C_{cur}(x, y) - C_{past}(x, y)) \quad (2)$$

도출된 차량의 n 만큼의 과거 이동 경로에 따른 변화량은 차량이 다음 이동하는 RSU의 데이터베이스에 이동 경로 테이블에 저장한다. 차량의 이동마다 RSU는 과거 이동 경로에 따른 차량의 다음 이동 경로에 RSU를 예측하는 값을 가지게 되고, 차량이 해당 RSU에 도달할 때 해당 차량이 이동한 경로와 이동 경로 테이블의 변화량 값을 비교를 통해 다음 차량의 이동 경로를 예측하여 해당 RSU에 차량이 네트워크에 요청한 데이터를 사전 캐싱한다.

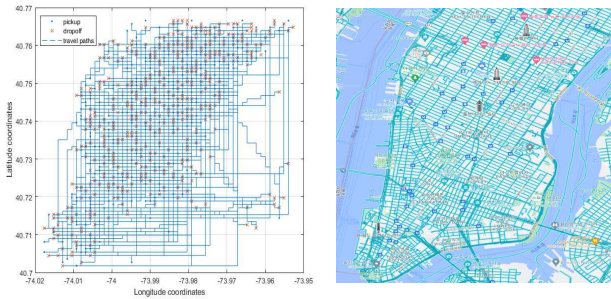


그림 2 실험 내 차량 이동 환경(좌)과 뉴욕시 도로 환경(우)

III. 모의실험 및 결과 분석

2016년 뉴욕시 택시 데이터[4]를 활용하여 뉴욕시에서의 차량 이동 모델 및 경로를 실험을 위해 설계하였다. 실험 데이터는 2016년 1월 1일 00:00부터 2016년 6월 30일 23:59까지 약 74만 대의 택시 차량의 출발지와 목적지 좌표값을 활용하였다. 시뮬레이션에서 도로의 범위는 위도 73.953W~74.02W, 경도 40.7N~40.767N으로서 5.6km × 7.4km 영역에서 도로 환경을 구현하였다. 도로 형식은 그림 2에서 뉴욕시 도로 환경과 같이 대도시의 도로 환경은 격자 형식의 도로가 나타난다. 실험 내 도로 환경도 격자 형식으로 구성하고 도로는 100m마다 교차로를 가지며, 교차로마다 RSU의 설치하여 차량과 통신하여 VANET을 구성하는 시뮬레이션 환경을 MATLAB R2022a에서 구현 및 분석하였다.

시뮬레이션에서 차량의 이동은 출발 좌표에서 목적 좌표까지 최단 거리로 이동하며, 차량이 이동하면서 현재 좌표에서 목적 좌표와 인접 이웃 좌표와의 각도 차가 90°보다 작을 시에는 인접 이웃 좌표 중에서 무작위로 이동하게 된다. 따라서 그림 2에서 좌측에 이동 경로처럼 목적 좌표로 향하면서 현실 차량에서와 유사하게 잦은 이동 방향의 변화를 주었다. 차량이 이동하면서 사용한 RSU를 통해 차량의 과거 이동 경로를 통한 변화량을 현재 차량이 도달한 RSU에서 사전에 생성한 차량의 과거 이동 경로 변화량의 테이블과 비교하여 변화량이 같거나 가장 작은 차이를 보이는 이동 방향으로 차량의 이동 경로로 예측한다. 분석 요소로는 차량이 이동하면서 발생한 과거 이동 경로 최적의 수를 찾기 위해 고려하는 경로 수를 1개에서 20개까지 증가시키면서 각각의 RSU마다 변화량 테이블을 저장하였다. r_n 을 참조한 과거 경로의 수가 n 인 경우의 hit rate의 집합이라고 하면, 평균 $\overline{r_n}$ 을 수식 3과 같이 정의한다.

$$\overline{r_n} = \frac{\sum r_n}{|r_n|} \quad (3)$$

그림 3에서 'Path Prediction'은 차량의 과거 이동 경로 수에 따른 캐싱 적중률 변화를 나타낸다. 고려하는 과거 경로의 수가 1개에서 2개로 증가했을 때는 캐싱 적중률의 증가가 보였지만, 3개 이상에서부터는 캐싱 적중률의 감소가 나타나는 것을 보아 무조건 차량의 과거 경로의 수를 증가시키는 것이 캐싱 적중률을 높이는 요소는 아니라는 것을 알 수 있다.

그림 3에서 'Path Prediction(Number of equal paths)'은 도출된 현재 차량의 과거 이동 경로 수가 사전에 분석을 통해 RSU에 저장된 차량의 과거 이동 경로의 수와 같을 시에만 차량의 이동 경로를 예측 및 사전 캐싱하였다. 이때는 고려하는 차량의 과거 이동 경로의 수가 증가함에 따라 캐싱 적중률의 상승을 확인할 수 있었다. 따라서 현재 차량의 과거 이동 경로 수와 상관없이 차량의 이동 경로를 예측 및 사전 캐싱했을 때와 비교하면 고려하는 차량의 과거 이동 경로의 수가 증가가 캐싱 적중률을 높일 수 있고, 차량이 이동한 과거 경로 수에 따라 다르게 이동 경로를 예측하는 것이 효과적이라는 것으로 나타난다.

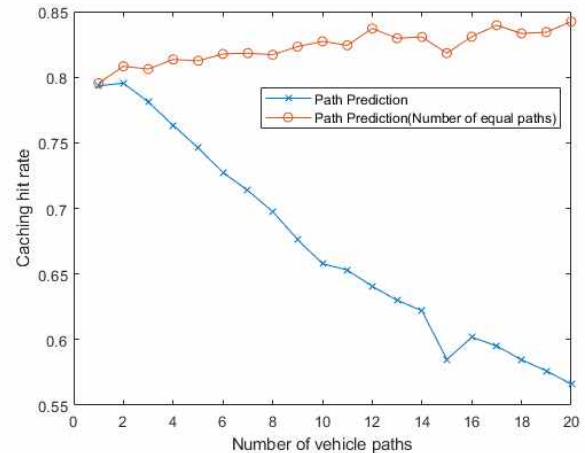


그림 3 차량의 과거 이동 경로 수에 따른 캐싱 적중률 비교

IV. 결론

본 논문에서는 차량의 요청 데이터에 대한 캐싱 적중률을 높이기 위해 차량의 과거 이동 경로 분석을 통한 차량의 이동 경로 예측 기법에 제안하였다. VANET에서 네트워크 연결을 위해 사용된 RSU의 좌표값을 통해 차량의 이동 경로에 따른 차량의 이동에 따른 변화량을 도출하였다. 예측을 위해 고려한 과거 이동 경로의 수가 2개일 때, 가장 높은 이동 예측 적중률 80.83%가 나타났으며, 현재 차량의 과거 경로 수와 분석한 예측 과거 경로의 수가 같을 시에는 고려하는 과거 경로 수가 증가할수록 캐싱 적중률이 증가하였다. 추후 연구에서는 과거 이동 경로의 수를 차량마다 적응형 변수를 통해 적중률을 높이고 예측에 실패하여 사용되지 못하는 캐싱 데이터에 대한 재사용 기법에 관한 연구가 진행될 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 받아 수행된 연구임(No. NRF-2020R1C1C1010692)

참 고 문 헌

- [1] Cisco, Cisco Annual Internet Report (2018-2023), March 9, 2021, White Paper. [online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- [2] Peiyuan Lai, Xinhong Wang, Ning Lu and Fuqiang Liu, "A reliable broadcast routing scheme based on mobility prediction for VANET," 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2009, pp. 1083-1087, doi: 10.1109/IVS.2009.5164432.
- [3] 정상준, 허용관, 조한무, 김종진, 최슬기. "퍼지이론과 베이지안 갱신 기반의 과거 주행정보를 이용한 차량행방 장치의 교통상황 예측과 최적경로 계획" 한국컴퓨터정보학회논문지 14, no.11 (2009) : 159-167.
- [4] "New York City Taxi Trip Duration," kaggle, 2018, Available: <https://www.kaggle.com/competitions/nyc-taxi-trip-duration/data>