

차량 이동 방향과 RSU의 인기를 이용한 콘텐츠의 사전 캐싱 방안에 관한 연구

김병찬, 유선종, 김영부, 오승민

공주대학교 컴퓨터공학과

{qudcks961111, linebellu}@smail.kongju.ac.kr, {0bookim, smoh}@kongju.ac.kr

Pre-Caching of Contents using Vehicle Movement Direction and RSU Popularity

Byoungchan Kim, Seonjong Yoo, Youngboo Kim, Seungmin Oh

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

요약

차량 내 애플리케이션의 발달로 차량에서의 네트워크 사용량이 증가하고 있다. 이에 따라 콘텐츠 사전 캐싱의 중요성이 커진다. 그러나 차량의 높은 유동성으로 인해 도로변 장치(RSU)에서 빈번한 접속 실패 및 데이터 손실이 발생한다. 본 논문에서는 차량의 이동 방향성을 확인하고, 차량의 이동 방향과 RSU의 차량 간 연결 빈도를 비교하여 차량의 이동 경로를 예측하며, 차량은 요청된 콘텐츠 데이터를 예측 이동 경로에 콘텐츠 데이터를 사전 캐싱한다.

I. 서론

오늘날, 점점 더 많은 차량에 무선 통신 기능을 제공하기 위해 On Board Unit(OBU)과 Road Side Unit(RSU)이 설치됨에 따라, Vehicle Ad-Hoc Network(VANET)의 네트워크 트래픽이 증가하고 있다[1]. 차량 관리, 차량 내 엔터테인먼트 시스템, 긴급 통화, 인터넷, 차량 진단 및 내비게이션 등 커넥티드 차량의 애플리케이션은 2018년부터 2023년까지 Compound Annual Growth Rate(CAGR)가 30% 증가 할 것으로 전망되고 있다[2].

VANET은 고속의 차량 이동과 잦은 차량의 이동 방향 변경으로 인해 토폴로지의 변동이 자주 발생한다. 따라서, 메시지 전송 경로의 잦은 변동은 데이터 패킷 도착률의 감소에 따른 신뢰성 문제 및 데이터 전송률 감소와 같은 여러 문제를 발생시킨다. 따라서, 사용자의 콘텐츠 요청 적중률과 수신 데이터를 최대화하기 위해, 사용자 요청 콘텐츠를 차량의 예상 이동 방향 RSU에 미리 보내는 사전 캐싱 방식의 연구가 진행되고 있다[3]. 그러나 차량의 이동성으로 인해, RSU에 사전 캐싱된 콘텐츠 데이터가 요청 차량에게의 수신이 완료되지 않을 수 있다. 또한 RSU와 Backhaul의 스토리지 공간과 채널은 모든 RSU에 요청된 콘텐츠를 배치하기 어렵기 때문에 사전 캐싱하기 위해서는 RSU간의 협력 캐싱 방식을 고려해야 한다.

본 논문에서는 사전 캐싱의 적중률과 콘텐츠 데이터 전송 속도를 높이기 위해 두 가지의 기법을 활용한 사전 캐싱에 대한 실험을 진행하였다. 하나는 차량 내 사용자의 이동 패턴에는 일정한 규칙성이 있기 때문에 RSU에 접속되는 차량들의 연결 빈도 및 횟수를 비교하여 PRSU(Popular Road Side Unit)를 결정할 수 있으며 인접 RSU에 비해 높은 접속 빈도 및 횟수를 가지는 PRSU는 또 다른 사용자의 차량에도 높은 RSU 접속 가능성을 가지게 된다. 마지막으로 차량의 이동 예상 경로를 예측을 위해 차량과 연결된 RSU들을 통해 차량의 이동 방향을 예측하게 된다. 이러한 두 가지 방식을 통해 차량의 예상 이동 방향이 계산되고 가능성이 높은 RSU에 요청된 콘텐츠를 사전 캐싱하게 된다.

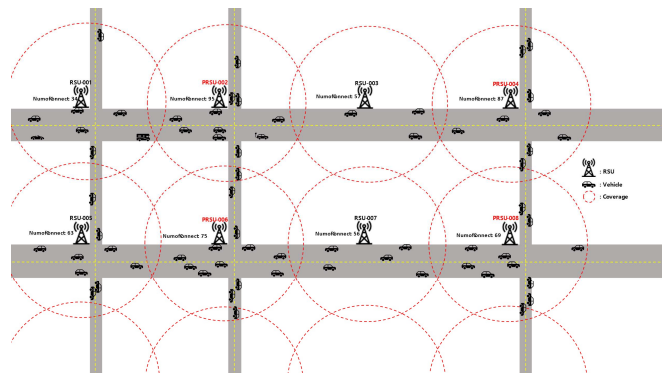


그림 1 제안된 사전 캐싱 방식의 예

II. PRSU와 차량의 이동 방향을 고려한 사전 캐싱

사전 캐싱에서 가장 중요한 것은 차량이 어디로 움직일지 예측하는 것이다. 차량이 어디로 이동할지 예측하기 위해서는 차량의 현재 위치에서 이동할 수 있는 경로 중 이동 확률이 높은 경로를 찾는 것이다. 차량이 요청한 콘텐츠 데이터를 높은 확률 경로의 RSU에 미리 캐싱하여 캐싱 적중률 및 데이터 전송 속도를 높인다.

각 RSU에 대한 접근 빈도를 비교하기 위해 차량이 좌표상의 RSU 영역을 통과하는 차량의 수를 확인하기 위해 출발지에서 목적지까지의 경로를 갖는 좌표평면에 그리드를 그린다. 각 RSU 중, 차량이 이동할 수 있는 범위에서 RSU에서 상대적으로 높은 값을 갖는 RSU가 결정된다. PRSU는 많은 차량이 통과하는 큰 대로나 교차로이고, 출퇴근 시간 등 특정 시간에 자주 접속 가능성이 높은 RSU들로 구성된다.

차량은 반드시 다른 차량이 자주 가는 경로를 택하지 않는다. 따라서, 차량이 어디로 이동할 것인가를 결정하기 위해서는 차량의 이동 방향을 파악할 필요가 있다. 차량의 현재 이동 방향은 차량이 이전에 접근한 RSU의 위치 정보와 현재 접근한 RSU의 위치 정보의 변화를 통해 구하며, 차량이 차량의 이동 방향을 통해 이동할 위치에서 RSU에 캐싱이 수행된다.

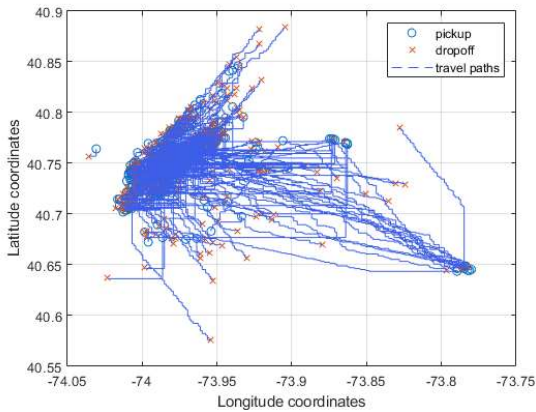


그림 2 그리드 형식의 좌표 및 차량 이동 경로

III. 모의 실험 및 성능 분석.

본 논문의 시뮬레이션을 위해 뉴욕시 택시 이동시간 자료를 이용하여 실험 환경을 구성하였다. 뉴욕시 택시 운행 기간 데이터는 표 1과 마찬가지로 2016년 1월 1일 00:00부터 2016년 6월 30일 23:59까지 약 144만 명의 고객이 이용하는 택시들의 주행 정보이다. 정확한 시뮬레이션을 위해 위도는 74.05W ~ 73.78W, 경도는 40.55N ~ 40.95N으로 제한하였으며, 22.5km * 44.4km 범위의 차량 경로를 약 1,000km² 범위에서 분석하였다. 차량의 이동 경로는 1km에서 49.1km까지 다양하다. 시뮬레이션은 MATLAB R2022a에서 구현 및 분석하였다.

시뮬레이션 환경에서 RSU 좌표 위치는 100m마다 하나씩 하였고, 그림 2과 같이 뉴욕시의 도로는 격자 형태로 가정하여 출발지와 목적지 간에 최단 경로로 계산하여 실험하였다. 차량은 출발지에서 목적지까지 이동할 때 접속 가능한 모든 RSU와 통신하게 된다. 모든 차량의 이동 경로를 계산하면서 통과한 RSU마다 접속 횟수를 하나씩 카운트하였다. 차량이 통과 경로의 모든 RSU는 적어도 하나 이상의 차량 접속 횟수를 가지며, 각 RSU는 총 차량 접속 횟수를 가지게 된다. 실험에서 RSU의 접속 빈도는 도로를 사용하는 사용자의 사회적인 상황과 밀접한 관련이 있다. 이러한 상황을 고려하기 위해 실험 시간 구분하여 출근 시간과 퇴근 시간 그리고 나머지 시간대로 나누었다. 시간대별 RSU 방문 횟수를 집계해 RSU의 접속 빈도를 측정하였다.

본 논문에서 제안하는 캐싱 방식은 PRSU와 차량 이동 방향을 고려한 캐싱은 우선 차량이 접속한 RSU에서의 인접 RSU에서 가장 높은 차량 접속 횟수를 가진 RSU를 PRSU로 결정하고, 차량의 이동 방향을 찾기 위해 차량이 접속한 현재 RSU 위치 정보에서 차량이 이전에 접속한 RSU의 위치 정보의 변화량을 통해 X축과 Y축에서 차량의 예상 이동 방향을 도출한다. 예상되는 RSU는 차량의 이동 변화를 통해 알려진 이동 방향을 통해 획득된다. 이때 이동 방향에 따른 RSU 노드와 PRSU가 같으면 모든 캐싱 콘텐츠 데이터를, 같지 않을 경우 콘텐츠 데이터에 50%씩 PRSU와 예상 이동 방향 RSU에 사전 캐싱한다.

그림 3은 캐싱 방식에 따른 사전 캐싱 적중률을 비교한 것이다. 인접 RSU에 무작위로 캐싱하는 랜덤 캐싱은 약 24.46%, PRSU 캐싱이 약 32.35%, 마지막으로 본 논문에서 제안된 방식의 캐싱 적중률이 약 61.03%로 가장 높게 나타났다. 그림 4는 시간대별로 분류하여 캐싱 적중률을 측정하였다. 출근 시간은 07:00~10:00, 퇴근 시간은 16:00~19:00으로 3시간씩 실험하였고, 나머지 시간은 시간적 특성이 없는 시간대로 분류하였다. 그림 4를 통해 특정 시간과 차량 이동 패턴 간 상관관계가 있음을 확인할 수 있다.

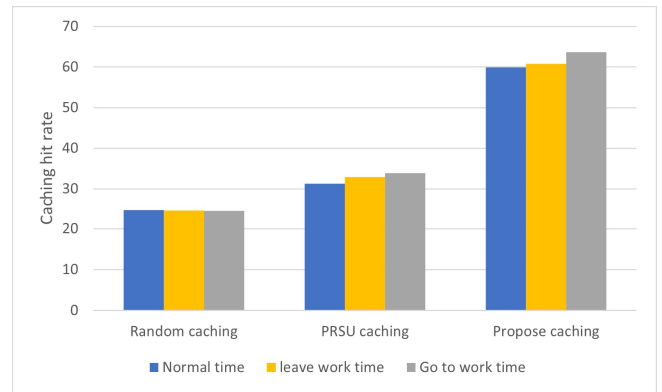


그림 3 사전 캐싱 방식별 캐싱 적중률



그림 4 시간대별 PRSU 캐싱 적중률

IV. 결론

차량의 높은 유동성으로 인한 잦은 토폴로지 변경으로 인한 신뢰성과 데이터 손실을 줄이기 위해 사전 캐싱 기술이 제안된다. 기존에 접속한 차량의 RSU를 통해 차량의 이동 방향을 파악하여 차량의 방향에 따라 RSU와 RSU의 연결 빈도를 계산하여 약 62%의 캐싱 적중률을 확인하였다. 또한 PRSU 캐싱 비교 결과 RSU 접속 빈도와 차량의 이동패턴이 출퇴근 등 사회적인 시간 변수와 관련이 있음을 확인하였다. 추후 실험 환경에서는 시간 변수와 교차로나 차선 수와 같은 도로 환경도 고려한 실험 환경에서 실험하여 높은 캐싱 적중률의 방식을 찾고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참 고 문 헌

- [1] J. Liu J. Wan Q. Wang P. Deng K. Zhou and Y. Qiao "A survey on position-based routing for vehicular ad hoc networks" Telecommunication Systems vol. 62 no. 1 pp. 15-30 2016.
- [2] Cisco, Cisco Annual Internet Report (2018-2023), March 9, 2020, White Paper. [online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- [3] S. A. Bitaghsir, S. Kashipazha, A. Dadlani and A. Khonsari, "Social-aware Mobile Road Side Unit for Content Distribution in Vehicular Social Networks," 2019 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), 2019, pp. 1-6.