

콘텐츠 중심 차량 네트워크에서 차량의 양방향 이동성 정보를 기반한 다중 홉 차량 분산 사전 캐싱 기법

김민규¹, 김태현¹, 심건용¹, 김가영², 이의신³

¹충북대학교 정보통신공학부 학부생

²충북대학교 전파통신공학과 석사과정

³충북대학교 정보통신공학부 교수

kimmk09@naver.com, xogusskfk98@naver.com, paul9788@naver.com, kkyoung@cbnu.ac.kr, eslee@cbnu.ac.kr

Distributive V2V Multi-hop Pre-caching scheme based on bidirectional vehicle mobility information in CCVNs

Min-Kyu Kim¹, Tae-Hyun Kim¹, Geon-Yong Shim¹, Ga-Yeong Kim², Eui-Sin Lee³

^{1,3}School of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

²School of Radio Science and Engineering, Chungbuk National University

요 약

본 논문은 다양한 방향성과 멀티 홉을 고려하여 최적의 콘텐츠 제공을 위한 릴레이 차량 선택 방안을 제안한다. 도로변 기지국의 제한성으로 인해 자율 주행 차량에 탑승한 승객들이 콘텐츠를 충분히 전달받는 데에 있어서, 지연시간과 버퍼링 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 도로변 기지국의 보조를 위하여 주위의 다른 차량들을 활용하여 요청된 콘텐츠를 원활하게 제공할 수 있다. 하지만, 기존 방안들은 한 대 또는 너무 많은 차량을 무분별하게 선택함으로써 최적화된 성능을 도출할 수 없었다. 그러므로, 본 논문은 요청 차량과 같은 방향으로 이동하는 1 차 릴레이 차량을 선발하는 데에 있어서 반대쪽에서 오는 2 차 릴레이 차량의 사전 캐싱량을 활용하는 방안을 제안한다. 1 차 릴레이 차량의 충분한 요청 차량과의 연결 시간에 비교하여 부족한 사전 캐싱량을 2 차 릴레이 차량들로 보충함으로써 지연시간과 버퍼링을 최소화할 수 있다.

1. 서론

최근 다양한 기관에서 자율 주행에 대한 연구를 진행함에 따라 완전 자율 주행 기술이 현실이 되고 있다 [1]. 완전 자율 주행 차량에 탑승하는 운전자를 포함한 승객들은 도로 위에서 차량이 주행하는 동안 운전 집중할 필요가 없어지게 된다. 그에 따라, 완전 자율 주행 차량의 승객들은 주행 중에 즐길 다양한 콘텐츠를 요구할 것이다.

콘텐츠의 수요 증가와 품질 향상에 따라 도로변 기지국(Roadside Unit: RSU)은 제한적인 통신 범위와 무선 자원으로 인해 빠른 이동성을 갖는 차량에게 콘텐츠를 제공하는 데에 버퍼링, 지연 시간 증가, 해상도 저하 등의 문제를 야기할 수 있다. 차량은 지속적으로 새로운 RSU에 접근하여 요청한 콘텐츠가 있는지 다시 찾아야 하며 새로운 RSU가 다시 서버로부터 콘텐츠를 가져오는 데에 시간을 소비해야 한다. 또한, RSU의 통신 범위 밖에서는 콘텐츠를 제공받을 수 없기 때문에, 다음 RSU에 진입하기까지 지연 시간이 발생하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 차량의 이동성을 기반으로 요청 차량에게 콘텐츠를 제공할 수 있는 노드를 예측하고 사전에 요청된 콘텐츠를 해당 노드에 캐싱하는 방안이

연구되어왔다 [2, 3]. 우선, 차량은 이동 경로가 도로로 국한되고 제한 속도가 존재하기 때문에, 비교적 예측이 쉬워 요청 차량이 다음에 진입할 RSU를 추측할 수 있다. 따라서, 다음 RSU에 요청된 콘텐츠를 사전 캐싱함으로써 콘텐츠를 찾고 다시 가져오는 지연 시간을 배제할 수 있다. 하지만, RSU 사이에서 요청 차량이 콘텐츠를 받지 못하여 발생하는 지연시간이 더 크기 때문에 버퍼링 등의 문제가 발생하게 된다.

RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량이 콘텐츠를 제공받기 위해, 요청된 콘텐츠를 사전 캐싱할 릴레이 차량들을 선택하는 연구에 대한 방안이 연구되고 있다 [4, 5]. 너무 많은 차량을 선택하여 요청 차량에게 콘텐츠를 제공할 경우나 너무 적은 차량을 선택할 경우, 요청 차량에게 전달되지 못하고 버려지는 패킷이 발생하게 되거나 요청된 콘텐츠를 요청 차량에게 거의 전달을 못할 수 있다. 따라서, 요청 차량에게 요청된 콘텐츠를 전달할 수 있는 최적의 릴레이 차량만을 선택해야, RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 버려지는 패킷이 없이 충분한 콘텐츠를 제공하여 지연 시간을 최소화할 수 있다.

본 논문에서는 같은 방향으로 이동하는 릴레이 차량의 역할을 보충하기 위해, 반대쪽에서 오는 차량 중에서 2 차

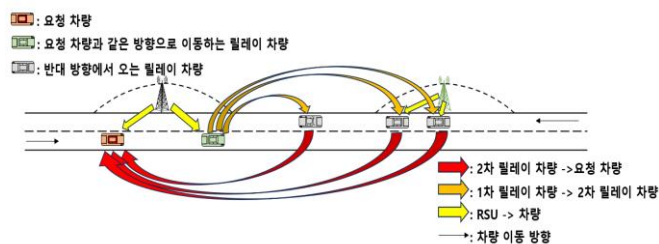
릴레이 차량을 선발하여 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 콘텐츠를 최적으로 전달하는 방안을 제시한다. 그리고 최적의 릴레이 차량들을 선택하여 버려지는 패킷과 지연 시간을 최소화할 수 있음을 성능 평가를 통하여 입증한다.

2. 본론

본 논문은 RSU 통신 범위 밖에서의 데이터 전송을 중점으로 살펴본다. 차량의 이동 정보를 보유하고 있는 RSU를 활용하여 데이터 전송을 유지할 수 있는 더 효율적인 후보 선택 방법을 제안한다.

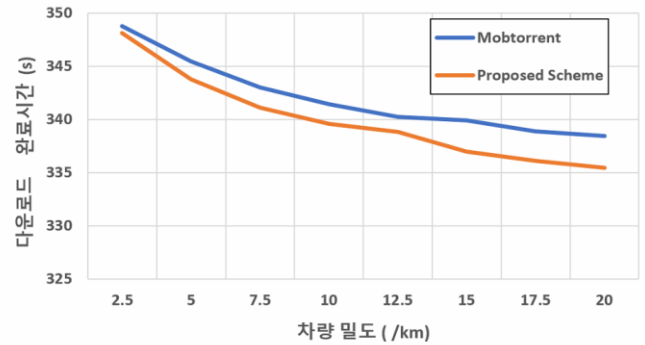
먼저 RSU는 차량의 콘텐츠 요청을 받아 RSU 범위 내에서 해당 콘텐츠를 완전히 제공할 수 있는지 평가한다. 전송이 가능하다고 판단되면 곧바로 콘텐츠 전달을 시작한다. 반면 전송이 불가능하다고 결론을 지으면 RSU는 요청을 받은 차량의 이동 정보를 바탕으로 다음 RSU에 콘텐츠의 사전 캐싱을 지시하고, 1차 릴레이 차량을 선정한다. 1차 릴레이 차량의 선정은 요청 차량과 같은 방향의 차량이 RSU를 통해 받는 사전 캐싱량과 1차 릴레이 차량이 반대 방향으로 이동하고 사전 캐싱량이 없는 릴레이 차량에게 줄 수 있는 콘텐츠 양과 1차 릴레이 차량을 통해 콘텐츠를 받은 반대 방향으로 이동하는 차량이 요청 차량에게 보낼 수 있는 콘텐츠 양, 위 세 가지를 고려하여 가장 많은 양의 콘텐츠를 요청 차량에게 보낼 수 있도록 선정한다. 선정이 이루어지면 RSU는 요청 차량과 1차 릴레이 차량 사이에 콘텐츠를 전송을 시작한다. 이어서 1차 릴레이 차량은 반대 방향으로 이동하고 사전 캐싱량이 없는 차량에게 사전 캐싱 데이터를 1차적으로 전송한다. 이 차량은 2차 릴레이 차량의 역할을 하며 요청 차량에게 사전 캐싱 데이터를 완전히 전송한다.

위의 절차에서 콘텐츠 전송이 완료되지 않는 경우 초기 RSU는 이동 정보를 기반으로 반대 방향의 2차 릴레이 차량 두 대를 선정하여 다음 RSU에 콘텐츠 사전 캐싱을 요청한다. 이 때 2차 릴레이 차량들이 RSU를 통해 받는 사전 캐싱량과 1차 릴레이 차량이 사전 캐싱한 콘텐츠를 2차 릴레이 차량들에게 전송할 수 있는 양과 2차 릴레이 차량들이 요청 차량에게 전송할 수 있는 콘텐츠 양을 고려하여 요청 차량에게 최대 콘텐츠 양을 전송할 수 있도록 2차 릴레이 차량들을 선정한다. 선정된 두 대의 2차 릴레이 차량은 RSU로부터 최대한의 사전 캐싱량을 수신하며 이후 1차 릴레이 차량으로부터 남은 사전 캐싱량을 완전히 흡수한다. 이렇게 흡수한 캐싱량을 포함하여 전체 캐싱량을 목표 차량에게 전달함으로써 지연 시간을 최소화하는 결과를 달성한다.



<그림 1> 제안 방안의 콘텐츠 전송 과정을 나타낸 그림

기존 방안과 본 논문의 제안 방안 두 방안에 대한 비교는 NS-3 시뮬레이터를 기반으로 수행되었으며, 이에 대한 성능 평가 그래프는 <그림 2>와 같다. 기존 방안은 Mobtorrent로 파란색 선이고, 제안 방안은 Proposed Scheme으로 주황색 선이다. 그래프를 보면, 제안방안은 기존방안보다 추가적으로 더 많은 릴레이 차량을 선정하고 사전 캐싱량을 이용한 전달 가능량도 커서 다운로드 시간이 더 빠른 것을 확인할 수 있었다.



<그림 2> 차량 밀도에 따른 다운로드 완료시간 그래프

3. 결론

본 논문은 RSU의 통신 범위 밖에서 최적의 콘텐츠 전송을 위하여, 1차 릴레이 차량의 부족한 사전 캐싱량을 2차 릴레이 차량의 활용으로 보충하는 방안을 제안한다. 제안 방안은 RSU 통신 범위 밖에서 콘텐츠 전송의 연속성을 보장하며 최적화된 콘텐츠 전달을 가능하게 한다. 또한, 이 방안은 콘텐츠 전달에 대한 지연시간을 최소화함을 성능 평가를 통해 입증한다. 이러한 접근 방안은 차량 간의 협력과 콘텐츠 전송의 효율성을 높이며, 자율 주행 차량 환경에서 콘텐츠 제공 및 데이터 전송의 품질을 향상시키는 데에 유망한 기술이 될 것이다. 앞으로의 연구에서는 이 방안을 실제 도로 환경에서 더 상세하게 검증함으로써, 다양한 시나리오에서의 성능을 개선할 것이다.

참고문헌

- [1] Z. Zhang, C. -H. Lung, M. St-Hilaire and I. Lambadaris, "Smart Proactive Caching: Empower the Video Delivery for Autonomous Vehicles in ICN-Based Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 69, no. 7, pp. 7955-7965, 2020.
- [2] S. Park, S. Oh, Y. Nam, J. Bang and E. Lee, "Mobility-aware Distributed Proactive Caching in Content-Centric Vehicular Networks," 12th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2019, pp. 175-180.
- [3] H. Khelifi, S. Luo, B. Nour, A. Sellami, H. Mounjla and F. NaïtAbdesselam, "An Optimized Proactive Caching Scheme Based on Mobility Prediction for Vehicular Networks," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2018, pp. 1-6.
- [4] B. B. Chen and M. C. Chan, "MobTorrent: A Framework for Mobile Internet Access from Vehicles," IEEE INFOCOM 2009, Rio de Janeiro, Brazil, 2009, pp. 1404-1412.
- [5] D. Wu, G. Zhu and D. Zhao, "Adaptive Carry-Store Forward Scheme in Two-Hop Vehicular Delay Tolerant Networks," in IEEE Communications Letters, vol. 17, no. 4, pp. 721-724, April 2013.