

차량 네트워크에서 차량의 이동성 정보를 기반한 협업 컨텐츠 사전 캐싱 및 릴레이 방안

이준원*, 고유진*, 김가영*, 남영주*, 이의신*

*충북대학교 정보통신공학과

ljw8928@cbnu.ac.kr, rhdbwls991212@cbnu.ac.kr, kkw9082@cbnu.ac.kr, imnyj@cbnu.ac.kr, eslee@cbnu.ac.kr

Cooperative Content Precaching and Relaying Scheme based on the Mobility Information of Vehicles in Vehicular Networks

Jun-Won Lee*, You-Jin Ko*, Ga-Yeong Kim*, Young-Ju Nam*, Eui-Sin Lee*

*Dept. of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

요 약

본 논문은 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하기 위해 최적의 릴레이 후보를 찾는 알고리즘으로 더 효율적인 릴레이 방안을 제시한다. 최근 차량 네트워크에서 사용자의 콘텐츠 이용의 불편함을 줄이기 위하여 지연 시간과 트래픽을 감소시키기 위해 사전 캐싱을 사용하기 위한 연구가 되어오고 있다. 따라서, 주변에 있는 차량을 이용하여 콘텐츠를 릴레이 하는 방안으로 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하기 위해 최적의 릴레이 후보를 찾는 알고리즘을 기반으로 추가적인 릴레이를 하여 콘텐츠를 전달하는 방안을 제시한다. 시뮬레이션은 NS-3 로 진행되었으며 성능 결과에서 제안 방안을 통해 릴레이 양은 증가하고, 딜레이는 감소하였다.

1. 서론

최근 차량 기술과 무선 통신의 발달로 인해, 차량 애드혹 네트워크(VANET)는 차량 간 통신 네트워크로 차량 간에 데이터를 전송할 수 있다 [1]. 지능형 교통 시스템을 위한 어플리케이션을 제공하기 위해 다양한 연구(VIC [2], Car2Car Communication Consortium [3])가 수행된다. VANET에 관한 많은 논문은 안전을 위한 경고 시스템, 공공 서비스를 위한 비상 차량 접근, 운전 개선을 위한 도로 정보 시스템 및 상업 광고 시스템을 포함한 다양한 어플리케이션을 다루었다 [4].

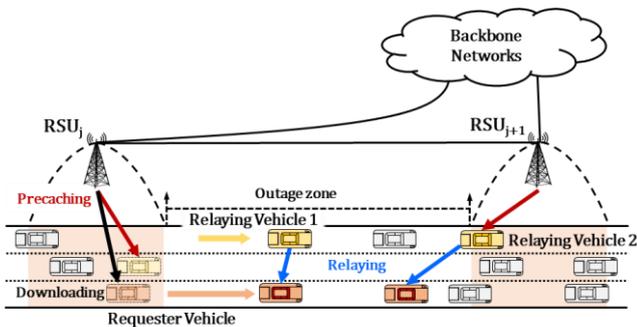
VANET은 사용자에게 많은 어플리케이션을 통해 콘텐츠를 공유하거나 전달하도록 요청한다 [5]. 그러나 IP 기반 통신은 차량 환경에서 작업을 수행하는 데 비효율적이다. 따라서 Content-Centric Networking (CCN)을 통해 효율적인 모바일 환경이 제공된다. CCN은 전달 중인 콘텐츠의 이름을 기반으로 한다. 따라서, 주변 노드에 요구된 콘텐츠가 있는 경우, 콘텐츠 서버에 요구를 전달하지 않고, 요구된 노드에 콘텐츠가 전달된다. 특히 차량 환경에서 사용되는 CCVN (Content-Centric Vehicle Network)은 차량 환경에서

차량 간에 콘텐츠를 전달하거나 공유할 수 있는 효과적인 방법으로 부상하고 있다 [6].

CCVN을 통한 차량 환경에서 지연 시간을 줄이기 위한 방안으로 사전 캐싱 방안에 대한 연구가 많이 되어오고 있다 [7]. 차량은 도로와 제한 속도를 토대로 이동성에 제약이 있기 때문에, 이동성 예측이 비교적 쉽다. 따라서, 콘텐츠를 요청한 차량의 이동성 정보를 예측하여, 이후 시간에 연결될 노드에 미리 콘텐츠를 캐싱함으로써 콘텐츠 요청에 대한 반응의 지연 시간을 최소화할 수 있다. 우선, 요청 차량이 다음으로 거치게 될 도로변 장치 (roadside unit, RSU)를 예측하여 해당 장치에 미리 캐싱하는 방안에 대한 연구가 진행되어 왔다 [8]. 하지만, RSU의 통신 범위가 충분하지 않기 때문에, RSU의 통신 범위 밖에서는 비용이 비싼 셀룰러 통신을 사용해야 되는 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위한 방안으로 RSU의 범위 밖에서 다른 차량들의 이동성을 고려하여 요청 차량에게 콘텐츠를 전달해주기 위하여, 요청된 콘텐츠를 미리 캐싱할 차량을 결정하여 요청 차량에게 RSU 통신 범위 밖에서 콘텐츠를 전달해주는 방안에 대한 연구가 진행되어 왔다 [9-13]. 그러나, 해당 차량을 고르

는 데에 있어 고려되는 요소가 충분하지 않아서 콘텐츠를 전달할 차량이 요청 차량과 만나지 못하거나 전달할 수 있는 양이 너무 적은 등의 문제점으로 인하여 추가 지연 시간과 트래픽을 유발할 수 있다.

따라서, 본 논문은 RSU의 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 최대한 많은 양의 콘텐츠를 전달하기 위한, 후보 차량 선택 방안을 제안한다. 우선, 후보 차량들과 요청 차량과의 연결 시간을 기반으로 후보 차량이 전달할 수 있는 콘텐츠의 양과 해당 후보 차량이 RSU로부터 미리 캐싱할 수 있는 콘텐츠의 양을 비교하여 결과적으로 후보 차량이 요청 차량에게 전달할 수 있는 콘텐츠의 양을 계산한다. 또한, 요청된 콘텐츠를 미리 캐싱하고 있는 다음 RSU에 요청 차량보다 일찍 진입하지만 요청 차량과 연결이 가능한 차량들을 고려하여, 다음 RSU로부터 요청 차량에게 콘텐츠를 전달해줄 수 있는 양이 가장 많은 차량을 골라 추가적인 콘텐츠 전송을 함으로서, 지연 시간을 더 줄일 수 있다.



(그림 1) 차량의 속도에 따른 콘텐츠 전달 완료 시간.

2. 본론

본 논문에서는 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하기 위해 최적의 릴레이 후보를 찾는 알고리즘으로 더 효율적인 릴레이 하는 방안을 제시한다. 콘텐츠를 요구하는 차량은 RSU 통신 범위 내에 있을 경우, RSU에게 해당 콘텐츠를 요구한다. RSU는 요청 차량의 이동성 정보와 콘텐츠의 정보를 기반으로 현재 통신 범위 내에서 콘텐츠를 모두 전달할 수 있는지 판단한다. 만일, 요청 차량이 현재 RSU에 머무르는 시간 동안 요청된 콘텐츠를 모두 전달하는 것이 가능할 경우, RSU는 서버로부터 요청된 콘텐츠를 가져와 요청 차량에게 전달해준다. 하지만, 충분하지 않은 경우, RSU는 통신 범위 내에 있는 차량들의 정보를 확인하여 통신 범위 밖에서 최적의 릴레이 차량을 선택하여 미리 콘텐츠를 캐싱한다.

우선, 후보 차량들의 이동성 정보를 기반으로 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량과 후보 차량 간의 연결 시간을 계산한다. 해당 시간에 차량 간 통신 속도를 고려하여 후보 차량이 전달 가능한 콘텐츠의 최대 량

을 계산한다. 그 이후, 후보 차량이 RSU로부터 미리 캐싱할 수 있는 콘텐츠의 량을 계산한다. 해당 량은 후보 차량이 현 RSU에 머무는 시간과 요청 차량이 현 RSU의 통신 범위를 나가는 시간 중에 작은 값을 취한다. 계산된 시간에 RSU의 통신 속도를 곱하여 사전 캐싱 가능한 콘텐츠의 최대 량을 구할 수 있다. 계산된 두 종류(후보 차량의 전달 가능한 최대 콘텐츠 량과 미리 캐싱 가능한 콘텐츠의 최대 량)의 콘텐츠 량 중 작은 값을 취하여 최종적으로 후보 차량이 요청 차량에게 전달할 수 있는 콘텐츠의 량이 계산된다. 가장 많은 콘텐츠를 요청 차량에게 전달할 수 있는 후보 차량이 그림 1과 같이 릴레이 차량 1 (Relaying Vehicle 1)이 되어 RSU로부터 요청된 콘텐츠를 미리 캐싱하며, RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 해당 콘텐츠를 전달해준다.

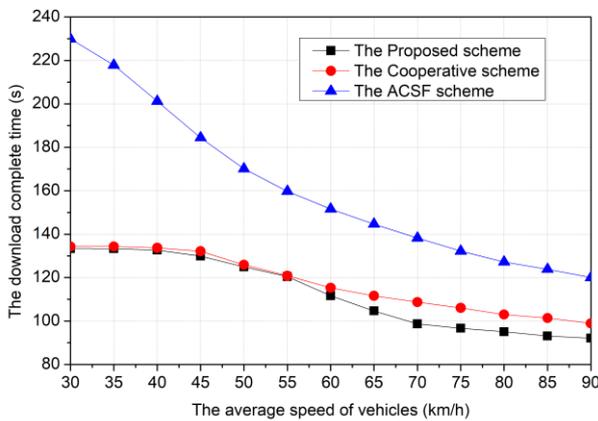
선택된 차량으로 콘텐츠 전송이 부족한 경우, 요청 차량이 지나칠 다음 RSU에 먼저 진입을 하면서 요청 차량과 연결이 가능한 차량인 릴레이 차량 2를 사용하여, 다음 RSU에 콘텐츠를 미리 캐싱함으로써, 해당 릴레이 차량을 활용하여 요청 차량에게 더 일찍 콘텐츠를 전달해준다. 우선, 다음 RSU에 요청 차량보다 먼저 진입하는 차량들을 고려한다. 먼저 진입하여 다음 RSU로부터 받을 수 있는 시간은 요청 차량이 해당 RSU에 진입할 때까지 계산된 시간에 RSU의 통신 속도를 곱하여 받을 수 있는 콘텐츠의 량이 계산될 수 있다. 그 이후, 해당 시간 동안 요청 차량과 연결이 가능한 시간을 계산하고 차량 간 통신 속도를 곱하여 전달할 수 있는 콘텐츠의 량을 계산한다. 가장 많은 량의 콘텐츠를 요청 차량에게 전달할 수 있는 후보 차량을 그림 1 같이 릴레이 차량 2 (Relaying Vehicle 2)로 선택하여 요청된 콘텐츠를 전달한다. 이후 요청 차량이 다음 RSU에 진입했을 때, 과정을 반복한다.

3. 성능 평가

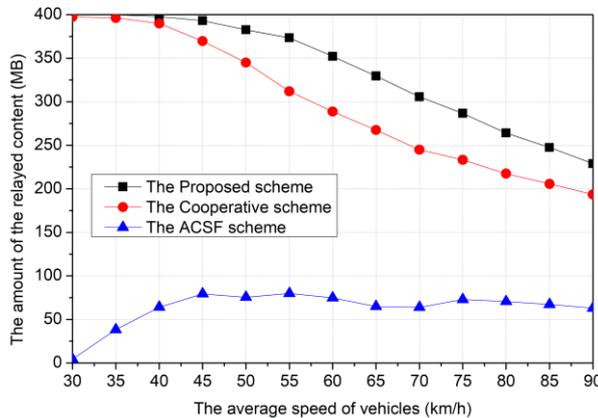
본 논문은 제안 방안의 성능을 평가하기 위하여 NS-3에서 맨해튼 이동성 모델을 기반으로 한 이동성 모델을 향상시킨 환경에서 시뮬레이션 하였다. 맨해튼 이동성 모델은 도심 환경에 적합한 이동성 모델로서 교차로를 고려하였다 [14]. 본 논문에서는 [15]를 참고하여 차량의 속도를 가우시안 분포에 따르도록 함으로서 기존 맨해튼 이동성 모델을 보완하였다. 교차로는 1 km 간격으로 존재하며, 교차로 마다 RSU가 배치되어 있고 802.11p에 따라 RSU는 최대 800 m의 통신 범위와 최대 54 Mbps의 통신 속도를 갖는다. 차량들은 기본적으로 100 km²의 밀도를 가지며 2차선 도로위에서 20 ~ 60 km/h의 속도로 주행한다. 교

차로에서 차량의 주행 방향 전환은 내비게이션을 통하여 예측이 가능하다고 가정하며 차량 또한 802.11p에 따라 최대 200 m의 통신 범위와 최대 54 Mbps의 통신 속도를 갖는다.

제안 방안 (The proposed scheme)의 성능을 평가하기 위하여 비교방안은 릴레이 차량 2를 가지지 않는 Cooperative scheme [16]과 ACSF scheme [17]을 기준으로 비교하였다. Cooperative 방안의 경우, 릴레이 차량 1을 선택하여 요청 차량에게 콘텐츠를 전달한다. ACSF 방안의 경우, RSU의 통신 범위 중간에 진입하였을 때, RSU에게 가장 많은 콘텐츠를 사전 캐싱할 수 있는 차량을 선택하여 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하였다.



(그림 2) 차량의 속도에 따른 콘텐츠 전달 완료 시간.



(그림 3) 차량의 속도에 따른 콘텐츠 전달 량.

성능 인자로서 RSU 범위 밖에서 얼마나 많은 콘텐츠를 성공적으로 요청 차량에게 전달할 수 있었는지를 나타내는 콘텐츠 전달 량과 그로 인하여 지연 시간이 어느 정도 단축되었는지를 나타내는 콘텐츠 전달 완료 시간을 평가하였다. 환경 변수로는 차량의 속도를 사용하여 다양한 속도의 도로에서 제안 방안의 성능을 다른 두 방안과 비교하였다.

그림 2 과 그림 3 는 각각 차량의 평균 속도에 따른 콘텐츠 전달 완료 시간과 릴레이를 통한 콘텐츠 전달 량을 나타낸 그래프다. 차량의 속도가 증가함에 따라 RSU 통신 범위 밖에서 릴레이를 통해 받는 콘텐츠의 크기가 감소한다. 그러나, 다음 RSU 에 진입하는 시간은 단축되어 더 빠른 통신 속도를 이용함에 따라 전달 완료 시간은 감소하였다. ACSF 방안은 요청차량과 릴레이 차량의 연결성을 고려하지 않아 성능이 가장 좋지 않았다. 제안 방안은 Cooperative 방안보다 릴레이 차량 2를 이용한 만큼 성능이 향상되었다.

4. 결론

본 논문은 RSU 통신 범위 밖에서 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하기 위해 최적의 릴레이 후보를 찾는 알고리즘으로 더 효율적인 릴레이 방안을 제시한다. 대용량의 데이터를 전송하기 위해서는 한 RSU 범위 안에서 전체 콘텐츠를 다운로드하는 것은 한계가 있어서 RSU의 범위 외의 영역에서의 통신을 통해 개선할 필요가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 최적의 릴레이 후보를 찾는 알고리즘으로 요청 차량에게 추가적인 릴레이를 수행함으로써 전달하는 데이터의 양을 향상시키고, 딜레이는 감소시켰다. 성능 평가에서, 본 논문은 딜레이와 릴레이 양이 기존 방안들에 비해 향상된 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] F. Li and Y. Wang, "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: Survey," IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol. 2, No. 2, pp. 12-22, Jun. 2007.
- [2] S. Yamada, "The strategy and deployment plan for VICS," IEEE Communication, vol. 34, no. 10, pp. 94-97, 1996.
- [3] C. Consortium, www.car-2-car.org.
- [4] E. Schoch, F. Kargl, M. Weber, and T. Leinmuller, "Communication Patterns in VANETs," IEEE Communications Magazine, pp. 119-125, Nov. 2008.
- [5] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, "CRoWN: Content-Centric Networking in Vehicular Ad Hoc Networks," IEEE Communications Letters, Vol. 16, No. 9, pp 1380-1384, Sep. 2012.
- [6] Z. Su, Y. Hui, and Q. Yang, "The Next Generation Vehicular Networks: A Content-Centric Framework," IEEE Wireless Communications, Vo. 24, No. 1, pp. 60-66, Feb. 2017.
- [7] U. Lee, J. Park, J. Yeh, G. Pau, and M. Gerla, "CodeTorrent: Content Distribution using Network Coding in VANET," in Proc. ACM MobiShare, Sep. 2006.
- [8] S. Park, S. Oh, Y. Nam, J. Bang and E. Lee, "Mobility-aware Distributed Proactive Caching in Content-Centric Vehicular Networks," 2019 12th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2019, pp. 175-180.

- [9] S. H. Ahmed, D. Mu and D. Kim, "Improving Bivious Relay Selection in Vehicular Delay Tolerant Networks," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19, no. 3, pp. 987-995, March 2018.
- [10] T. Guo, C. Li, Z. Miao, W. Dong and X. Su, "Prefetching-based content download for highway vehicular ad hoc networks," 2017 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC), 2017, pp. 1-6.
- [11] D. Wu, G. Zhu and D. Zhao, "Adaptive Carry-Store Forward Scheme in Two-Hop Vehicular Delay Tolerant Networks," IEEE Communications Letters, vol. 17, no. 4, pp. 721-724, April 2013.
- [12] B. B. Chen and M. C. Chan, "MobTorrent: A Framework for Mobile Internet Access from Vehicles," IEEE INFOCOM 2009, 2009, pp. 1404-1412.
- [13] L. Yao, Y. Wang, X. Wang and G. WU, "Cooperative Caching in Vehicular Content Centric Network Based on Social Attributes and Mobility," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 20, no. 2, pp. 391-402, 1 Feb. 2021.
- [14] A. Hanggoro and R. F. Sari, "Performance evaluation of the manhattan mobility model in vehicular ad-hoc networks for high mobility vehicle," 2013 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), 2013, pp. 31-36.
- [15] Robert Krajewski, Julian Bock, Laurent Kloeker, and Lutz Eckstein, "The highD Dataset: A Drone Dataset of Naturalistic Vehicle Trajectories on German Highways for Validation of Highly Automated Driving Systems", 2018 IEEE 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018.
- [16] J. Bang, Y. Nam, H. Choi, E. Lee and S. Oh, "Cooperative Content Downloading Protocol Based on the Mobility Information of Vehicles in Intermittently Connected Vehicular Networks," 2020 International Conference on Information Networking (ICOIN), 2020, pp. 273-277.
- [17] 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.