

차량 네트워크에서 시간-공간 그래프를 기반으로 콘텐츠 전달 차량 선택의 최적화 프로토콜

남영주, 최현석, 신용제, Mugerwa Dick, 이의신
충북대학교

{imnyj, hschoi, yjshin, dmugerwa, eslee}@cbnu.ac.kr

The optimal selection scheme of the rendezvous vehicle that relay the content based on the time-space graph in Vehicular Networks

Youngju Nam, Hyunseok Choi, Yongje Shin, Mugerwa Dick, Euisin Lee
Chungbuk Univ.

요 약

본 논문은 통신 범위 내에 있는 차량들의 이동 정보를 알고 있는 Roadside unit 을 활용하여 시간-공간 그래프를 그리며 해당 그래프를 토대로 공급 차량, 요청 차량과의 연결 관계를 통하여 최적의 전달 차량을 선택하는 방안을 제시한다. 최근 사용자들의 콘텐츠에 대한 급격히 증가된 수요로 인하여 기지국에 점차 많은 부담을 주고 있다. 기지국의 부담을 줄이기 위하여 주위에 요청된 콘텐츠를 가지고 있는 차량이 존재할 경우, 기지국을 통하지 않고 차량간의 통신을 활용하여 콘텐츠를 전달하는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 차량간의 통신만으로는 콘텐츠를 가지고 있는 공급자의 위치와 전달 경로를 찾는 것에 대하여 부담이 크기 때문에, 본 논문에서는 Roadside unit 을 활용하여 공급자의 위치에 기반한 최적의 전달 경로를 계산하는 방안을 제시한다. Convex 최적화를 통하여 얻어진 전달 경로의 차량들을 활용할 경우, 신뢰성을 최대화할 수 있다.

I. 서 론

최근 차량 기술 및 무선 통신의 발전으로 인하여 Vehicular Ad hoc Networks(VANETs)이 차량 간 통신 네트워크로써 차량 간 데이터를 전달할 수 있게 되었다[1]. 지능형 교통 시스템을 위한 어플리케이션을 제공하기 위하여 다양한 연구들(VIC's[2], CarTOK2000[3], Car2Car Communication Consortium[4])이 진행되었다. VANET 에 관한 많은 논문에서 안전을 위한 경고 시스템, 공공 서비스를 위한 비상 차량 접근, 운전 개선을 위한 도로 정보 시스템, 사업용 광고 시스템 등 다양한 어플리케이션이 다루어졌다[5].

VANETs 에서는 많은 어플리케이션을 통하여 사용자에게 콘텐츠를 공유하거나 전달하는 것을 요청한다[6]. 그러나 IP 기반의 통신은 차량 환경에서 해당 작업을 수행함에 있어 비효율적이다. 따라서, Content-centric Networking(CCN)을 통하여 효율적인 이동성 환경을 제공한다. CCN 에서는 전달을 함에 있어서 콘텐츠의 이름을 기반으로 이루어진다. 따라서, 주위의 노드가 요청된 콘텐츠를 가지고 있다면 콘텐츠 서버까지 요청을 전달하지 않고 요청한 노드에게 해당 콘텐츠를 전달한다. 특히, 차량 환경에서 차량 간에 콘텐츠를 전달하거나 공유할 수 있다는 이유로 차량 환경에서

사용되는 CCN 인 Content-centric Vehicular Network(CCVN)가 효과적인 방안으로서 대두되고 있다[7].

CCVN 을 통한 차량 환경에서 콘텐츠 제공자를 찾기 위한 프로토콜이 많이 연구가 되었다[8]. 콘텐츠 제공자 검색 프로토콜은 단일 홉 탐색과 다중 홉 탐색으로 분류된다. 단일 홉 탐색의 경우, 요청 차량의 통신 범위 내에서만 수행된다. 차량의 통신 범위가 크지 않기 때문에, 후보가 매우 적다. 또한, 도시 환경에서 빌딩 등의 이유로 탐색이 불가능한 범위가 존재하게 된다. 따라서, 단일 홉 탐색의 경우 탐색에 실패할 확률이 높다. 다중 홉 검색의 경우, 브로드캐스트 방식을 활용하여 더 넓은 범위의 차량들을 탐색한다. 브로드캐스트 메시지를 받은 차량이 다시 브로드캐스트를 함으로써 더 넓은 지역을 탐색할 수 있지만 그 만큼 많은 트래픽이 발생하게 된다. 또한, 멀티 홉 탐색은 차량의 이동성으로 인하여 연결이 자주 끊기기 때문에, 요청 차량과 제공 차량의 연결을 유지하기 위하여 지속적인 브로드캐스트 메시지가 추가적으로 발생할 수 있다.

따라서, 본 논문은 통신 범위 내에 있는 차량들의 정보를 가지고 있는 Roadside unit(RSU)을 이용하여 가장 최적의 전달 차량들을 시간-공간 그래프를 기반으로 탐색한다. 차량의 이동성은 도로로 한정되어 있으며

속도의 법적인 제한성으로 인하여 예측이 어렵지 않기 때문에, 이를 활용하여 RSU가 공급 차량이 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하기에 최적의 차량들을 선정한다. RSU는 콘텐츠 제공에 참여하지 않기 때문에, 리소스를 절약할 수 있으며, 최적화된 중간 차량인 Rendezvous 차량들을 활용하기 때문에, 신뢰성이 높을 뿐 아니라 필요한 차량 간에만 통신을 하기 때문에 트래픽 소모를 줄일 수 있다.

II. 본론

본 논문은 차량들의 이동 정보를 가지고 있는 RSU를 활용하여 공급 차량으로부터 요청 차량으로 콘텐츠를 전달할 Rendezvous 차량을 시간-공간 그래프를 통하여 선정한다. 먼저, 모든 차량은 교차로에서 경로를 선택할 확률이 존재하며 해당 확률은 Markov Model을 통하여 구할 수 있다. 따라서, 두 차량이 각 경로로 이동 방향을 변경했을 때의 연결 유지 시간은 별도로 계산이 되어야 한다. 예를 들어 사거리에서의 연결 유지 시간은 유턴의 확률을 제외하고 각 차량마다 3가지의 확률이 존재하기 때문에, 총 9가지의 경우가 존재하며 각 확률을 연결 시간과 곱하여 두 차량 간의 기대 연결 시간을 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$E[t_{conn}^{i,j}] = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K p_k^i p_l^j t_{conn}^{i,j}(k, l) \quad (1)$$

즉, 기대 연결 시간이 긴 두 차량은 연결성이 좋다. 따라서, 가장 먼저 공급 차량과의 기대 연결 시간이 긴 차량을 구한다. 하지만, 연결이 되는 시점과 연결이 끊어지는 시점에 있어서 해당 연결 시간은 다시 계산되어야 한다. Rendezvous 차량은 요청 콘텐츠를 가지고 있는 공급 차량을 먼저 만나 콘텐츠를 지녀야하며 이후에 요청 차량을 만나 해당 콘텐츠를 전달해야한다. 따라서, 각 상황에 따라 공급 차량을 만나는 시점은 요청 차량을 만나기 전이어야 하며 해당 시간 차이는 콘텐츠를 전달할 정도는 존재해야한다. 이후에도 요청 차량과의 연결이 전달하기에 충분한지 판별을 해야한다.

$$\max(E[t_{conn}^{prov,rend}] + E[t_{conn}^{req,rend}]) \times \xi_{use}^{reand,req} \quad (2)$$

$$\text{s. t. } t_{meet}^{prov,rend}(k, l) + t_{deliver}^c \leq t_{meet}^{req,rend}(k, m), \forall k, \forall l, \forall m \quad (3)$$

$$t_{end}^{req,rend}(k, m) - (t_{meet}^{req,rend}(k, m) - t_{end}^{prov,rend}(k, l)) \geq t_{deliver}^c \quad (4)$$

$$\sum_{req}^R \xi_{use}^{rend,req} \leq 1, \forall rend \quad (5)$$

한 대의 rendezvous 차량을 이용하여 요청 콘텐츠를 공급 차량으로부터 요청 차량에게 전달할 수 있는 시간 중에서 기대 연결 시간이 가장 높은 차량을 사용하기 때문에 전달 성공 확률을 최대화한다. 앞서 언급한 조건을 그대로 인용하여 제약사항으로 사용하였다. 첫 번째 조건식은 공급 차량으로부터 콘텐츠를 받을 때까지 걸린 시간이 요청 차량과 연결되는 시간 전이어야 한다는 제약사항이다. 두 번째 조건식은 공급 차량으로부터 콘텐츠를 받은 이후 또는 연결이 해제된 이후 요청 차량에게 콘텐츠를 전달하는 시간이 충분해야 한다는 제약사항이다. 세 번째 조건식은 rendezvous 차량을 한 대로 제한하는 식이다.

이 최적화식을 통하여, 공급 차량으로부터 요청 차량에게 콘텐츠를 전달할 수 있는 차량 중에 기대 연결

시간이 제일 많은 차량을 rendezvous 차량으로 선택함으로써 전달에 대한 성공확률을 최대화할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 차량의 이동성 정보를 알고 있는 RSU를 활용하여 시간-공간 그래프를 기반으로 공급 차량으로부터 요청 차량에게 콘텐츠를 전달할 수 있는 능력이 가장 좋은 차량을 최적화 식을 통해 찾아내어 rendezvous 차량으로 선택하는 방안이다. 먼저, 공급 차량과의 만나는 시간, 헤어지는 시간을 통하여 연결 시간을 제한하며 이후 요청 차량과의 만나는 시간과 헤어지는 시간을 조건으로 활용하여 제공 가능한 시간을 계산하였다. 전달 시기에 대한 조건을 사용하여 전달 확률을 최대화하였다. 하지만, 아직 여러 대의 rendezvous 차량들을 활용하여 시간을 분할 할당하는 방안에 대하여 수식화가 되지 못했으며 이후 연구를 통하여 여러 대의 차량을 활용하여 스케줄링을 통한 최적의 rendezvous 차량들을 활용하는 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [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] D. Reichardt, M. Miglietta, L. Moretti, P. Morsink, and W. Schulz, "CarTAKL 2000: safe and comfortable driving based upon inter-vehicle-communication," in Proc. IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Jun. 2002.
- [4] C. Consortium, www.car-2-car.org.
- [5] E. Schoch, F. Kargl, M. Weber, and T. Leinmuller, "Communication Patterns in VANETs," IEEE Communications Magazine, pp. 119-125, Nov. 2008.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.