

지연 시간에 둔감한 차량 네트워크를 위한 트래픽 최적화 사전 캐싱 방안

남영주, 최현석, 신용제, 이의신

충북대학교

imnyj@cbnu.ac.kr, plazpt@cbnu.ac.kr, yjshin@cbnu.ac.kr, eslee@cbnu.ac.kr

Traffic Optimization Pre-caching Scheme for Delay-Tolerant Vehicular Networks

Youngju Nam, Hyunseok Choi, Yongje Shin, Euisin Lee

Chungbuk National Univ.

요 약

본 논문은 지연시간에 관대한 차량 네트워크에서 요청되는 콘텐츠의 크기와 콘텐츠가 받아져야 하는 제한시간을 이용하여 사전 캐싱이 필요한지 판단한 뒤에 최적화를 사용하여 트래픽이 가장 적게 소모되는 사전 캐싱을 사용하는 방안을 제시한다. 차량의 주행시간이나 어플리케이션 특성 상 콘텐츠를 받아야하는 시간이 발생한다. 해당 시간 동안 콘텐츠가 캐시되어있는 RSU가 충분히 있는 경우 사전 캐싱을 사용하지 않고 각 콘텐츠의 청크마다 최적화된 RSU를 선택하여 트래픽 발생을 최소화할 수 있다.

I. 서 론

차세대 통신에 대한 연구는 2017년에서 2022년까지 4배로 증가하는 트래픽을 수용하기 위해 진행되고 있다. 그리고 이러한 트래픽의 82%가 비디오 트래픽이 될 것이다[1]. 특히, 차량 환경에서는 빠른 속도로 인한 토폴로지의 잦은 변화, 무선 채널의 불안정성 그리고 대역폭 제한 등의 제약조건 때문에 대용량 콘텐츠 혹은 비디오를 제공하는 데에 있어 서비스 품질 저하나 버퍼링 등의 문제를 야기할 수 있다.

차량 환경에서 콘텐츠를 제공함에 있어 이동성 지원을 위해 NDN을 사용하는 연구가 진행되어 왔다[2]. 기존 IP기반 통신은 콘텐츠에 대한 제공을 위해 항상 서버까지 접근하여 콘텐츠를 요구하였다. NDN은 콘텐츠 이름 기반의 통신으로서 주위에 필요한 콘텐츠를 가진 노드가 있다면 서버까지 접근하지 않고 콘텐츠가 제공되어지는 방안이다. 주로 Roadside Units(RSUs)의 도움을 받아 통신을 하며 packet은 interest packet과 data packet으로 구성되어 있다. 우선, 콘텐츠를 요청할 때 interest packet을 보낸다. interest packet을 받은 노드는 자신의 content storage(CS)를 먼저 탐색한 뒤 콘텐츠가 있다면 차량에게 바로 전달해준다. 없다면 pending interest table(PIT)에 interest packet을 저장하고 Forwarding Information Base (FIB)를 통해 다른 RSU 또는 서버로부터 해당 콘텐츠를 받아온다. 요청 차량은 해당 콘텐츠를 CS에 저장하고 PIT에서 해당 interest packet을 삭제하며 요청 차량에게 해당 콘텐츠를 제공한다. 하지만 FIB를 통해 요청된 콘텐츠를 가져오는 과정은 많은 지연시간과 트래픽을 발생한다. 매번 새로운 RSU에서 같은 작업을 반복하는 차량은 더 많은 트래픽을 소모하게 된다. 또한 추가적으로 소모되는 지연시간 때문에 차량이 RSU에 머무르는 시간 동안 RSU가 가지고 있지만 전달하지 못한 콘텐츠를 계속해서 다음 RSU에서 받아야하기 때문에 트래픽도 추가적으로 낭비된다. 그렇기 때문에 요청 차량은 해당 지연시간으로 인해 차량의 주행시간이나 콘텐츠가 받아져야 하는 시간 내에 콘텐츠를 전부 제공받지 못할 수 있다.

따라서 FIB를 통해 요청된 콘텐츠를 가져오는 지연시간을 차량이 느끼지 못하도록 차량이 다음에 갈 RSU가 사전 캐싱하는 방안이 연구되어왔다[3]. 사람과는 달리 차량 환경에서의 이동성은 예측하기 쉽기 때문에 차량이 이동하게 될 RSU를 예측하여 요청 콘텐츠를 해당 RSU의 CS에 사전 캐싱할 수 있다. 기존 사전 캐싱방안은 차량이 RSU에 머무는 시간 동안 받을 수 있는 양을 고려하지 않고 콘텐츠 전체를 사전 캐싱하였다[4]. 매번 머무르고 있는 RSU에서 다 받지 못할 때마다 다음 RSU는 콘텐츠 전체를 사전 캐싱하였기 때문에 더 많은 트래픽이 소모되었고 RSU의 저장 공간이 낭비되었다. [5]에서는 최소의 지연시간을 제공하기 위해 콘텐츠를 바로 이어받을 수 있도록 무조건적으로 사전 캐싱을 수행한다. 하지만 콘텐츠가 받아져야 하는 시간동안 차량이 거치게 될 RSU에 콘텐츠가 충분히 캐시되어 있음에도 불구하고 사전 캐싱을 사용하여 트래픽과 RSU의 저장 공간이 여전히 낭비된다.

본 논문에서는 차량의 이동경로와 FIB를 통해 차량이 콘텐츠를 받아야 하는 시간동안 최적화된 RSU후보들에게 사전 캐싱하는 방안을 제시한다. 콘텐츠가 받아져야 하는 시간은 어플리케이션의 특성이나 차량의 목적지까지 거리 등으로 발생한다. 남은 시간동안 사전 캐싱이 필요하지 않다면 사전 캐싱을 필요한 만큼만 수행한다. 또한, 트래픽이 가장 적게 소모되는 RSU를 최적화를 통해 선택하기 때문에 트래픽을 절약할 수 있다.

II. 본론

본 논문은 지연시간에 관대한 차량 네트워크에서 최적화를 사용하여 트래픽이 가장 적게 소모되는 사전 캐싱을 사용하는 방안을 제시한다. 우선, 요청되는 콘텐츠의 크기와 콘텐츠가 받아져야 하는 제한시간을 이용하여 사전 캐싱이 필요한지 판단한다. 콘텐츠의 크기가 크거나 제한시간이 짧은 경우, 캐시되어있는 RSU가 적어 사전 캐싱이 필요하다. 이때, 제한시간과 각 RSU가 요청된 콘텐츠를 가져오기 위해 사용할 경로의 통신 품질을 이용하여 최적화된 위치에 해당 콘텐츠의 청크를 사전 캐싱하여 발생

하는 트래픽을 최소화한다.

표 1. 최적화 변수

Notation	Description
RSU_i	i -th RSU
r	V2I data Transmission rate
$load_i^c$	link quality
s	The size of one chunk
$\xi_i^{c,n}$	The variables on whether to prefetch chunk n of content c at RSU_i
$t_{avail,i}$	The time RSU_i can provide content c to vehicle
C_v^c	The size of the content c requested from vehicle v
B_i	The size of storage of RSU_i

$$\min U = s \sum_{i=1}^K load_i^c \sum_{n=1}^N \xi_i^{c,n} \quad (1)$$

$$s.t. \quad \xi_i^{c,n} \in \{0, 1\}, \forall i \in \{1, \dots, K\} \quad (2)$$

$$, \forall n \in \{1, \dots, N\}, \forall c \in \{1, \dots, C\}$$

$$t_{avail,i} \times r \geq s \sum_{n=1}^N \xi_i^{c,n}, \forall i \in \{1, \dots, K\} \quad (3)$$

$$s \sum_{i=1}^K \sum_{n=1}^N \xi_i^{c,n} = C_v^c \quad (4)$$

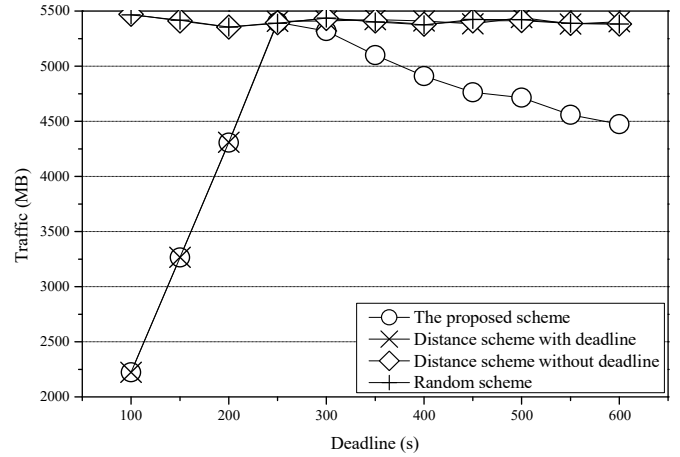
$$s \sum_{c=1}^C \sum_{n=1}^N \xi_i^{c,n} = B_i, \forall i \in \{1, \dots, K\} \quad (5)$$

$$load_i^c > 0 \quad (6)$$

이 최적화의 목적은 차량 v 가 요청한 content c 를 RSU_i 에서 준비하기 위한 load변수를 이용하여 트래픽을 최소화하는 것이다. 우선, 목적 함수는 s 와 $load_i^c$ 에 의존한다. 첫 조건식은 $\xi_i^{c,n}$ 의 특성에 대한 설명이다. RSU_i 에 콘텐츠 c 의 청크 n 을 사전 캐싱한다면 1의 값을 가지며 그렇지 않을 경우 0의 값을 갖는다. RSU_i 가 제공할 수 있는 양보다 많은 양을 사전 캐싱하는 것은 트래픽의 낭비를 의미하기 때문에, 두 번째 조건에서 RSU_i 에 사전 캐싱하는 양을 제한하였다. 세 번째 조건은 사전 캐싱하는 모든 청크들의 합을 차량 v 가 요청한 콘텐츠의 양과 같도록 하여 트래픽의 낭비를 제한하였다. 각 RSU의 저장소의 크기는 무한하지 않기 때문에 네 번째 조건에서 저장소에 대한 크기를 제한하였다. 통신을 함에 있어 어떠한 부하도 없는 이상적인 상황에서 $load_i^c$ 의 값은 0이다. 하지만 이상적인 상황은 현실적으로 불가능하기 때문에 0이상의 값을 가지며 마지막 제한 조건으로 표현하였다. RSU_i 에서 콘텐츠 c 를 가져올 수 없는 경우 $load_i^c$ 는 무한대 값을 가지며 후보에서 제외된다.

III. 결론

본 논문은 지연시간에 둔감한 콘텐츠가 요청되었을 때 $load_i^c$ 를 이용하여 최적화된 RSU를 선택하고 트래픽 소모를 최소화한다. 비교를 위하여 NS3[6]를 이용하여 Markov[7]기반의 교차로 이동성 모델을 구현하였다. 차량의 평균 속도는 60km/h이며 RSU의 통신 모듈은 802.11p를 사용하였다. 그리고 비교 방안으로서 제한시간을 고려하지 않은 채 무작위 위치에 청크를 사전 캐싱하는 Random 방안과 현재의 위치에 가까운 RSU 순서로 사전 캐싱하는 Distance not considering deadline, 제한시간을 고려한 채 가까운 RSU 순서로 사전 캐싱하는 Distance scheme considering deadline 방안을 사용하였다. 그래프 1은 차량 속도가 60km/h이고 콘텐츠 크기가 900 MB일 때 콘텐츠의 제한시간에 따른 트래픽을 나타낸다. 제한



그래프 1. 콘텐츠의 제한시간에 따른 트래픽 변화량

시간이 증가하면 사전 캐싱할 후보가 추가로 확보된다. 따라서, 제안 방안의 이익은 제한시간이 클수록 더 커진다. Distance scheme considering deadline의 경우, 제한시간이 너무 짧은 경우를 제외하고는 제한시간에 상관없이 일관된 트래픽이 소비되었다. 그러나 제한시간을 고려하지 않는 두 가지 방안은 제한시간이 충분하지 않더라도 청크들을 사전 캐싱하여 트래픽 낭비가 심해진다. 반면 제한시간을 고려한 두 방안은 제한시간 동안 받을 수 없는 청크를 미리 고려하여 트래픽을 절약했다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 산업통상자원부 ‘산업전문인력역량강화사업’의 재원으로 한국 산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (2020년 임베디드 SW 전문인력 양성사업, 과제번호 : N0001884)에서 지원하여 연구하였음.

참 고 문 헌

- [1] Cisco, Visual networking index: Forecast and methodology, 2013-2018, Jun. 2014, White Paper. [online]. Available: <http://www.cisco.com/go/vni>
- [2] Y. Rao, H. Zhou, D. Gao, H. Luo, and Y. Liu, “Proactive caching for enhancing user-side mobility support in named data networking,” in Proc. IMIS, Jul. 2013, pp. 37 - 42.
- [3] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, “Networking Named Content,” Proc. ACM CoNEXT 2009, Rome, Italy, Dec. 2009.
- [4] N. Abani, T. Braun, M. Gerla, “Proactive Caching with Mobility Prediction Under Uncertainty in Information-centric Networks”, Proc. of the 4th ACM Conference on Information-Centric Networking (ICN 2017), pp. 88-97, Sep. 2017.
- [5] H. Khelifi, S. Luo, B. Nour, A. Sellami, H. Mounsla, F. Nalt-Abdesselam, “An Optimized Proactive Caching Scheme based on Mobility Prediction for Vehicular Networks”, IEEE Global Communications Conference, pp. 1-6, 2018.
- [6] NS-3, [online] Available: <http://www.nsnam.org/>.
- [7] Salim Bitam and Abdelhamid Mellouk, “Markov-History Based Modeling for Realistic Mobility of Vehicles in VANETs,” 2013 IEEE 77th Vehicular Technology Conference, Jun. 2013.