

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.1.429>

JCCT 2019-2-55

VCCN에서 Broadcast Storm 문제를 완화시키는 방법에 대한 연구

A Study on Mitigation Methods for Broadcast Storm Problem over Vehicular CCN

연승욱*, 채예은**, 강승석***

Seunguk Yeon*, Ye-eun Chae**, Seung-Seok Kang***

요약 자율주행차와 커넥티드 카 등 도로 위의 자동차의 주행이 편리하고 안전하도록 다양한 기술이 적용되고 있다. 또한 VANET을 통해 주변의 자동차나 도로 시설물과 통신함으로써 경로선택이나 주유소 등 다양한 정보를 얻을 수 있다. VANET에서 사용하는 통신 스택은 보편적인 TCP/IP도 가능하지만, CCN을 사용하는 경우 일대일 통신 뿐 아니라 교통정보 등의 공통적인 자료 공유를 위한 일대다 통신에 더 효율적이다. VCCN은 자동차 사이의 정보교환에 용이하지만, 이를 운용하는 경우 주변의 모든 노드들이 Interest 패킷을 재전송하는 경우, Broadcast Storm Problem 상황이 발생하여 데이터 전송 성능이 저하될 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 주변의 모든 노드들이 Interest 패킷을 재전송하지 않고 주변의 특정 노드들만 재전송 하는 경우, Data 패킷의 전송 성능이 향상될 수 있다. 이를 위해 본 논문은 SUMO를 이용해 자동차의 운행을 모의실험하고, ns-3를 이용해 CCN 네트워크에서 데이터의 전송 성능을 평가하였다. 모의실험 결과 특정 노드만 전송하는 경우 요청 노드의 수에 따라 10%에서 25% 정도의 Data의 전송 성능이 향상되었다.

주요어 : broadcast storm problem, VANET, VCCN, SUMO, ns-3

Abstract There are several high technologies applied to the driving cars such as self-driving car and connected car for safe and convenient driving. VANET provides useful information such as route selection and gas price by communicating nearby cars and RSUs. VANET prefers CCN rather than traditional TCP/IP stack because CCN offers inherent multicast communication for sharing traffic information as well as traditional unicast. When all participating node rebroadcasts the Interest packets in a Vehicular CCN, the network may suffer from Broadcast Storm Problem. In order to mitigate the effect of the problem and to improve the Data packet transmission, not all but some selected nodes have to rebroadcast the packet. This paper simulates car movements using SUMO and evaluates data transmission performance using ns-3. According to the simulation results, when some selected nodes rebroadcast the Interest packets, the transmission performance improves 10% to 25% depending on the number of requesting nodes.

Key words : broadcast storm problem, VANET, VCCN, SUMO, ns-3

*준회원, 서울여자대학교 정보보호학과 (제1 저자)
**준회원, 서울여자대학교 컴퓨터학과 (참여저자)
***준회원, 서울여자대학교 컴퓨터학과 (교신저자)
접수일: 2018년 12월 3일, 수정완료일: 2018년 12월 27일
게재확정일: 2019년 1월 10일

Received: December 03, 2018 / Revised: December 27, 2018

Accepted: January 10, 2019

*Corresponding Author: msukang@swu.ac.kr

Dept. of Computer Science, Seoul Women's Univ, Korea

I. 서 론

자동차 운전자들의 안전한 주행과 편리한 정보 습득을 위해 자율 주행차 기술과 커넥티드 카 등의 다양한 기술들이 자동차 기술에 접목되고 있다[1]. 또한 자동차와 자동차 혹은 자동차와 RSU 사이를 통신으로 연결하여 VANET(Vehicular Ad hoc Network)을 구성하여 운전자에게는 안전한 주행정보와 최적의 경로 등을 제공하며, 탑승자에게는 인터넷과 주변의 시설 및 가격 등의 정보를 제공하는 서비스를 제공하는 다양한 연구와 시도가 진행되고 있다. 기존의 TCP/IP를 이용해 VANET을 구성하여 운전자와 탑승자에게 주행 및 편의 정보를 제공하는 다양한 연구가 진행중이다[2, 3]. 또한 TCP/IP 통신 스택을 대체하는 하나의 대안으로 CCN(Content Centri Network)을 이용한 VANET에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다[4, 5].

VCCN(VANET over CCN)은 CCN 네트워크를 기반으로 자동차 중심의 애드혹 네트워크를 구성하여 정보를 송수신한다. CCN은 서버의 주소가 아닌 콘텐츠를 통한 검색, 모든 네트워크 노드들의 캐싱과 이를 통한 자연스러운 멀티캐스트 기능을 제공한다[6]. 데이터를 수신하고자 하는 노드는 Interest 패킷에 교통정체 혹은 교통사고 등의 콘텐츠를 담아 전송하면 참여한 중간노드들이 해당 Interest 패킷을 전달하고 해당 정보를 가진 노드는 Data 패킷에 담아 이를 Interest를 보냈던 노드에게 전달하게 된다. 이를 위해 모든 노드는 데이터를 임시 저장하는 CS(Content Store), 경로를 저장하는 테이블인 FIB(Forwarding Information Base), 데이터가 아직 오지 않은 Interest 패킷 정보를 저장하는 PIT(Pending Interest Table)를 관리한다.

한 노드가 Interest 패킷을 전송한 경우 주변 노드들의 CS에 Interest에서 요청한 데이터가 없는 경우 해당 Interest 패킷을 전달하게 되는데, 주변의 모든 노드가 Interest 패킷을 전달할 경우 불필요하게 애드혹 네트워크의 자원을 소모하는 broadcast storm 문제[7]를 발생시킨다. BST는 flooding 형태로 모든 무선 네트워크 노드에 영향을 주며 데이터 전송 성능을 저하시킨다. VCCN에서는 각각의 Interest 패킷이 BST를 발생시킴으로 후속으로 발생할 Data 패킷의 원활한 전송을 방해하여 전체적인 데이터의 전송 성능을 저하하는 결과를 가져온다. 이런 BST 문제를 완화하기 위해서는 애

드혹 네트워크에 참여하는 모든 노드가 수신한 Interest 패킷을 재전송하지 않고 Interest 패킷을 송신한 노드와 관련된 중간 노드들만 해당 Interest 패킷을 전달하는 경우 BST 문제가 완화될 수 있다.

본 논문은 BST가 발생하는 상황과 이를 완화시키는 결과를 확인하기 위해 교통 시뮬레이터인 SUMO [8]와 네트워크 시뮬레이터인 ns-3 [9]를 이용하였다. 자동차의 경로 선택과 운행을 모의실험하기 위해 서울 남쪽 지역 일부를 모델화 하여 네트워크 토폴로지를 구성하였다. 또한 해당 토폴로지 위에서 각 노드들의 움직임을 기반으로 참여한 노드들이 Interest 패킷과 Data 패킷을 전송하는 과정을 모의 실험하여 VCCN에서의 데이터의 전송 성능을 측정하여 BST가 완화되는지 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 간략하게 관련 연구에 대해 소개하고, 3장에서는 SUMO와 ns-3를 이용한 모의실험 환경에 대해 서술하며, 4장에서는 모의 실험 결과를 설명하며, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

MANET(Mobile Ad hoc Network)에서 Broadcast 전송 프로토콜을 구현하는 경우 전송 패킷의 중복을 최소화하고 broadcast storm 문제를 완화하여 효율적인 broadcasting과 multicasting 통신을 구현하기 위한 다양한 연구가 진행되었다. Peng과 Lu[10] 등은 AHBP(ad-hoc broadcast protocol)을 제안하면서 각 노드별로 2 hop 떨어진 노드 정보를 운영하면서 이를 활용하여 모든 중간 노드가 request와 reply 패킷 전달 여부를 결정한다. 이와 비교하였을 때 본 논문은 CCN의 특성을 반영하여 한 노드가 Interest 패킷을 전송한 경우, 이전에 해당 Interest 패킷에 대응하는 Data 패킷을 보내 해당 데이터 전송 가능 경로에 위치한 경우 해당 Interest 패킷을 전달하도록 하였다. 또한 Lim과 Kim[11]은 minimum connected dominating set을 이용하여 참여한 모든 노드에 대한 graph에서 가지치기를 하여 멀티캐스트 트리 혹은 브로드캐스트 트리를 구성하는 방식으로 중간에 전달하는 노드를 선택하고 선택된 노드들이 패킷들을 전달하는 방식을 제안하였다.

III. 모의실험 환경

모의실험은 SUMO를 이용하여 네트워크 토폴로지를 구성하는 부분과 구성된 토폴로지에서 ns-3를 이용하여 VCCN을 구성하며 패킷을 송수신하는 두 가지 부분으로 나뉘어진다.

SUMO(Simulation of Urban MObility)는 교통과 관련된 자동차, 도로, 교통 신호등, 교통흐름 예측, 주행 경로 관리 등 다양한 시설과 환경을 모델링 할 수 있도록 오픈소스 형태로 제공하는 패키지이다. 이를 통해 교통 관련 모델과 계획을 세우는데 큰 도움을 주는 기능을 제공한다. 또한 본 논문과 같이 자동차의 움직임을 모델링하여 자동차 사이에서의 통신을 통한 자료 전송을 위해서도 사용된다. SUMO를 이용해 자동차를 node로 지정하고 도로를 edge로 지정하며 자동차의 움직임을 flow로 지정하면 해당 자동차가 특정 도로에서 운행하는 모델을 구현할 수 있다. 그림 1은 자동차의 운행 모델을 생성하는 SUMO의 작업 절차를 서술하고 있다. 이런 자동차 운행 모델을 통해 자동차의 움직임 정보를 저장할 수 있으며 저장된 자동차의 움직임 정보는 다양한 시스템에서 사용이 가능하다. 본 논문에서는 해당 움직임 정보를 ns-3 네트워크 시뮬레이터로 가져와 자동차 노드들의 Interest/Data 패킷 송수신을 통한 전송 성능을 측정하고자 한다.

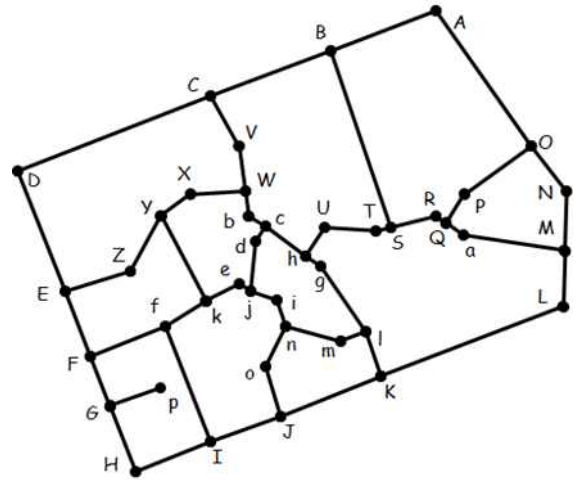


그림 2. 특정 도로를 edge로 변환한 도로 그래프
 Figure 2. Road graph transferred from a section of a specific area with roads into edges.

그림 2는 SUMO에서 사용한 edge 정보를 나타낸다. 본 논문은 특정 지역의 일부를 지정하여 해당 지역의 도로와 유사하게 도로의 모양을 그래프 형태로 표현하였다. 그림 2에서 사용된 알파벳은 도로가 직선 형태에서 꺾이는 경우 사용되었으며 이를 이용해 각 자동차의 경로를 지정하는데 사용되었다. 본 논문은 30대의 자동차가 미리 지정된 10개 중 하나의 경로로 운행하는데 예를 들어 4대의 자동차는 D, C, V, W, X, Y, k, f, I, J 경로로 운행된다.

SUMO로 작성된 움직임 정보에는 30대의 자동차가 150초 동안 30Km/s의 속도로 기 지정된 특정 경로를 운행하는 내용이 담겨있다. 이 정보는 이벤트 기반의 이산 시간 네트워크 시뮬레이터인 ns-3에서 사용된다. ns-3는 유무선을 포함한 다양한 네트워크 프로토콜 스택을 지원하며 본 논문은 CCN 네트워크를 사용하는데 이를 위해 ns-3에서 작동되는 ndnSim[12] 오픈소스 패키지를 사용하였다. ndnSim 패키지는 각 노드에 CS, FIB, PIT를 설치하며 지정된 노드들이 Interest 패킷을 전송하여 특정 데이터를 요청하면 중간 노드들이 해당 패킷을 전달하고 요청 데이터가 있는 경우 해당 노드가 Data 패킷을 전송한다. 전송되는 데이터는 중간 노드의 전달 과정을 거쳐 데이터를 요청한 노드에게 전달된다. BST 현상을 확인하고 이에 대한 완화 효과를 확인하기 위해 ns-3 시뮬레이터는 802.11a WiFi 채널을 사용하였고 12 Mbps의 대역폭을 사용하였다. 이 외의 자세한 모의실험 환경 정보는 표 1에 요약하였다.

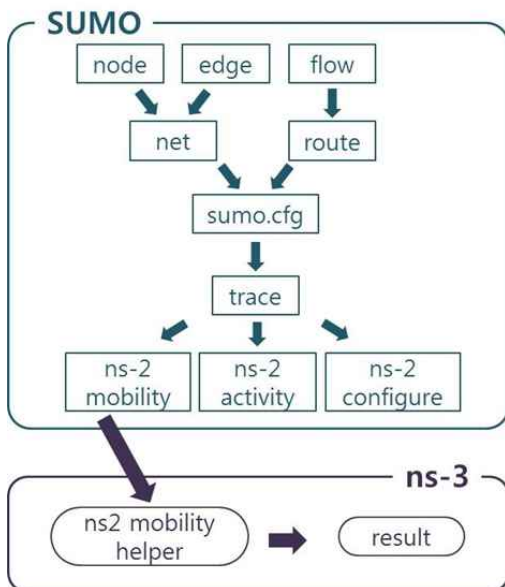


그림 1. SUMO 시뮬레이터의 작업 절차
 Figure 1. The Basic transaction procedures about SUMO Traffic Simulator

표 1. 모의실험 환경변수

Table 1. Simulation Parameters

계층	항목	설정 값
물리계층	Transmission Power	10 dBm
	Propagation Loss Model	Nakagami
MAC 계층	WiFi Model	802.11a
	대역폭	12 Mbps
응용 계층	Payload Size	1024 Byte
	자동차 운행 속도	30 Km/s
	참여한 자동차의 수	30 대
	Interest 패킷 전송 빈도 수	2000 패킷/초
	모의실험 시간	150 초

IV. 모의실험 결과

본 논문은 SUMO와 ns-3 시뮬레이터를 이용하여 VCCN에서 특정 노드가 Interest 패킷을 송신하여 데이터를 요청할 때 중간 노드들이 데이터를 저장하고 있는 특정 노드에게 해당 Interest 패킷을 전달하는 과정에서 주변의 모든 노드들이 전달 작업에 참여함에 따라 발생하는 broadcast storm 문제를 완화하는 방법을 제시하였다. 해당 문제를 완화하기 위해서는 Interest 패킷을 전송한 주변의 노드들 모두 수신된 Interest 패킷을 전달하지 않고 선택된 일부 노드만 해당 패킷을 전달하도록 해야 한다. 이를 위해 Interest 패킷을 전달하고자 하는 중간 노드는 Interest 패킷을 전송한 노드에게 이전에 Data 패킷을 전송하였는지 확인하고, 중간 노드가 데이터 전송 경로에 있는 노드인 경우에 한해 Interest 패킷을 전달하도록 한다. 이 경우 모든 중간 노드가 Interest 패킷을 전달하지 않고 데이터를 전달할 가능성이 높은 노드만 전달하게 되므로 broadcast storm 문제를 완화할 수 있으며 무선 네트워크 자원을 효율적으로 사용하게 되어 데이터의 전송 성능을 높일 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 30대의 자동차가 특정 경로를 따라 30 Km/s로 주행하면서 1대에서 최대 5대의 자동차가 주변의 교통 정보나 사고 정보 등 서로 같은 정보를 요청할 때 해당 데이터를 수신하는 성능을 측정하였다. 이 과정에서 모든 노드가 Interest 패킷을 전달하는 경우 broadcast storm 문제가 발생하는 현상과 이를 해결하기 위해 일부의 노드만 전달하는 경우 해당 문제를 해결하는지를 모의실험을 통해 확인하였다.

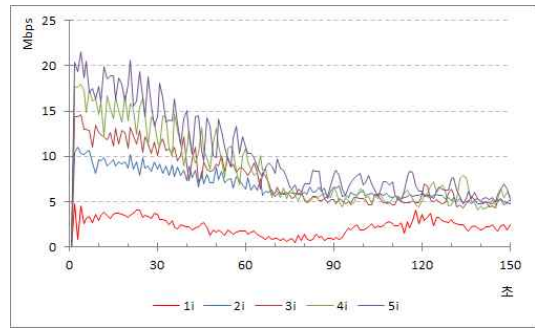


그림 3. 완화 방법을 적용하지 않은 경우 데이터 전송률
Figure 3. Data reception rate from 1 to 5 sinks WITHOUT mitigation method

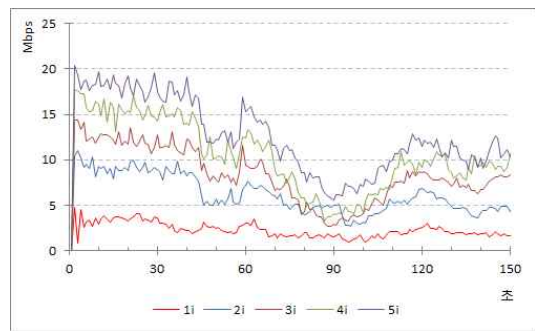


그림 4. 완화 방법을 적용한 경우 데이터 전송률
Figure 4. Data reception rate from 1 to 5 sinks WITH mitigation method

그림 3은 30개의 노드 중 1개에서 최대 5개의 노드가 동일한 콘텐츠를 요청하기 위해 Interest 패킷을 전송한 경우 주변의 모든 노드가 해당 Interest 패킷을 전달하는 경우 broadcast storm에 의한 데이터 전송 성능 결과를 나타낸다. 사용된 대역폭은 12 Mbps이나 동일한 콘텐츠를 여러 노드가 요청한 경우 멀티캐스트 효과로 인해 총 수신율은 대역폭 보다 크게 나타난다. 그러나 시뮬레이션 시간이 경과하면서 전송 성능이 감소하며 특정 수신율 이하로 수렴한다. 이는 데이터 이외의 많은 패킷들을 전송하기 위하여 네트워크 자원이 불필요하게 사용됨을 알 수 있다.

그림4는 그림 3과 같은 상황에서 Interest 패킷 전달을 위해 모든 노드가 참여하지 않고 데이터 전달 경로에 있는 노드들이 전달 작업을 수행하는 경우의 데이터 전송 성능을 나타낸다. 3개의 노드가 데이터 요청을 한 경우 평균 전송률은 10%, 5개의 노드가 참여한 경우 평균 25% 정도의 평균 전송률이 증가함을 모의실험을 통해서 알 수 있다.

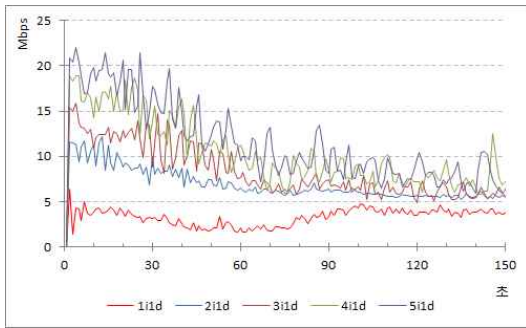


그림 5. 완화 방법 미적용 시 데이터 전송률
 Figure 5. Data reception rate from 1 to 5 sinks WITHOUT mitigation method

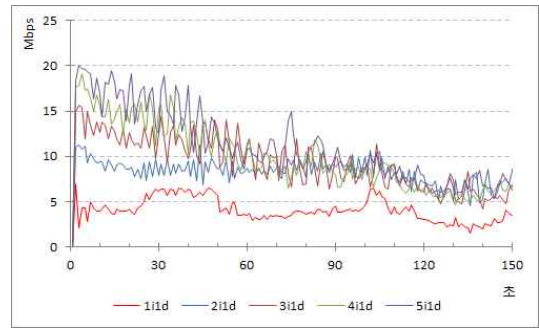


그림 7. 완화 방법 미적용 시 60 노드 데이터 전송률
 Figure 7. Data reception rate with 60 nodes having from 1 to 5 sinks WITHOUT mitigation method

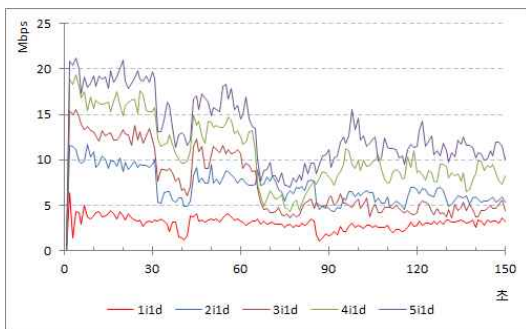


그림 6. 완화 방법 적용 시 데이터 전송률
 Figure 6. Data reception rate from 1 to 5 sinks WITH mitigation method

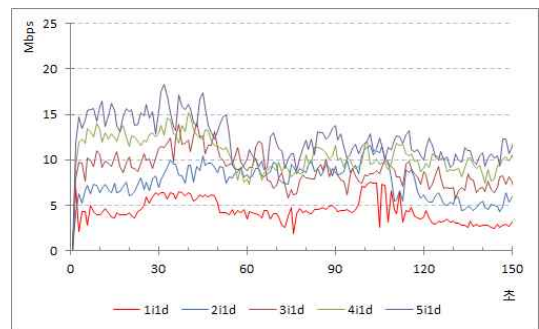


그림 8. 완화 방법 적용 시 60 노드 데이터 전송률
 Figure 8. Data reception rate with 60 nodes having from 1 to 5 sinks WITH mitigation method

그림 5와 6은 그림 3과 4에서 실행된 모의실험의 환경변수와 상황이 유사하지만 다른 점은 그림 3과 4의 실험에 사용된 하나의 데이터 소스 노드와 Interest 패킷을 전송한 싱크 노드들과 그림 5와 6의 실험에 사용된 노드들이 일부 다르다는 것이다. 30개의 노드 중 전자의 실험에서는 실험상 정한 번호인 18번 노드가 소스 노드인 반면 후자는 17번 노드가 소스 노드이다. 또한 Interest를 전송하는 싱크 노드 중 처음 세 노드는 같게 설정 하였고 나머지 두 노드는 서로 다른 노드로 지정 하였다. 이 경우 평균 수신율은 표 2와 같다.

표 2. 모의실험별 평균 수신율 (Mbps)
 Table 2. Average Reception Rate of Simulations (Mbps)

실험 결과	1 Node	2 Node	3 Node	4 Node	5 Node
그림 3	2.24	6.84	7.57	8.65	10.11
그림 4	2.28	6.21	8.35	10.46	12.65
그림 5	3.32	6.94	8.37	10.46	11.63
그림 6	3.04	7.05	8.47	10.75	13.35

그림 7과 8은 이전의 모의실험 상황과 유사하지만 다른 점은 30개의 노드가 아닌 60개의 자동차 노드를 사용하여 각 경로마다 두 배의 차량이 운행하는 환경에서 전송 성능을 측정하고 비교하였다. 참여하는 노드의 수가 많아지면 패킷 충돌의 가능성이 높아져, Interest 패킷을 보내는 싱크 노드의 수가 적은 경우 전송 성능이 증가하지만, 많아지는 경우 평균 전송 성능 증가율이 낮아지는 경향을 보인다.

표 3. 노드 수 2배인 경우 평균 수신율 (Mbps)
 Table 3. Average Reception Rate of Simulations (Mbps) with doubling the node size

		1 Node	2 Node	3 Node	4 Node	5 Node
그림 7	평균	4.08	8.30	9.37	9.97	11.17
	표준 편차	1.24	1.36	2.86	3.63	4.05
그림 8	평균	4.39	8.65	9.00	10.65	12.38
	표준 편차	1.31	1.80	1.77	1.79	2.27

V. 결론

Vehicular Ad Hoc Network은 자율 주행차, 전기 자동차, 수소 자동차 등 다양한 첨단 기술이 자동차 산업에 적용될 경우 꼭 필요한 기술 중 하나이다. VANET의 구현을 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며 전통적인 TCP/IP 이외에 CCN 기술도 바람직한 대안이 될 수 있다. 통신에 참여하는 다수의 노드가 교통 정보나 안전 정보 등을 수시로 확인하는 경우 CCN은 데이터를 가지고 있는 노드가 한 번의 전달을 통해 멀티캐스트 통신을 기본적으로 수행하게 되어 다수가 공통의 관심 데이터를 수신할 수 있어 물리적인 채널이 제공하는 대역폭 보다 더 큰 전송 성능을 제공한다. 본 논문에서는 VANET에 CCN 기술을 접목한 VCCN 환경에서 자동차 사이에 통신을 하는 경우에 broadcast storm 문제가 발생될 수 있다는 것을 확인하였으며 이 현상을 완화하기 위해 일부 노드의 재전송을 제한하고 특정 노드만 재전송을 할 수 있도록 한 경우 전체 데이터 전송 성능을 10%에서 25%까지 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

References

[1] E. Yang, S. Kang, S. Kwon, D. Kim, J. Kim, Y. Lee, H. Hwang, and Y. Chang, "Analysis of Autonomous Driving Vehicle and Korea's Competitiveness Strategy", The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 3, No. 2, pp. 49-54, May 2017.

[2] C. Raj, U. Upadhayaya, T. Makwana, and P. Mahida, "Simulation of VANET using NS-3 and SUMO", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 4, No. 4, pp. 563-569, April 2014

[3] K. Kaur, "Simulation Based Analysis of Bee Swarm Inspired Hybrid Routing Protocol Parameters using Realistic Mobility Model in Vehicular Ad-hoc Networks", Int'l Journal of Computer Applications Technology and Research, Vol. 5, Num. 6, pp. 385-390, 2016.

[4] S. Ahmed, S. Bouk, and D. Kim, "RUFs: Robust Forwarder Selection in Vehicular Content Centric Networks", IEEE Communications Letters, Vol. 19, Num. 9, pp. 1616-1619, 2015.

[5] H. Maryam, M. Shah, S. Arshad, A. Siddiq, and A. Wahid, "TFS: A Reliable Routing Protocol for Vehicular Content Centric

Networks", International Conference on Emerging Technologies (ICET), pp. 1-6, 2017

[6] V. Jacobson, D. Smetters, V. Thornton, M. Plass, N. Briggs, and R. Braynard, "Networking Named Content". Proc. of ACM CoNEXT, pp. 1-12, December, 2009.

[7] Y. Tseng, S. Ni, Y. Chen, and J. Sheu, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network", Wireless Networks, Vol. 8, Num. 2, pp. 153-167, 2002

[8] F. Karnadi, Z. Mo, and K. Kan, "Rapid Generation of Realistic Mobility Model for VANET", IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 2506-2511, March, 2007

[9] ns-3, Ns-3 manual: Release ns-3.29 (<https://www.nsnam.org/releases/ns-3-29/>) (September 4, 2018)

[10] W. Peng, and X. Lu, "AHBP: An Efficient Broadcast Protocol for Mobile Ad hoc Networks", Journal of Computer Science and Technology, Vol. 16, Num. 2, pp. 114-125, March 2001

[11] H. Lim, and C. Kim, "Multicast Tree Construction and Flooding in Wireless Ad Hoc Networks", International workshop on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems, pp. 61-68, 2000

[12] S. Mastorakis, A. Afanasyev, L. Moiseenko, and L. Zhang, "ndnSIM 2.0: A new version of the NDN simulator for NS-3", Technical Report NDN-0028, NDN, 2015

※ 이 논문은 2018 학년도 서울여자대학교 컴퓨터과학연구소 교내 학술연구비의 지원을 받았음