The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 4, No. 1, pp.285-290, February 28, 2018. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.1.285
JCCT 2018-2-35

SUMO를 이용한 VCCN에서 패킷의 크기와 참여한 클라이언트 수에 따른 전송 성능에 대한 연구

Transmission Performance Analysis of VCCN with SUMO depending on Packet Size and Participating Number of Clients

연승욱*, 채예은**, 강승석***

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

요 약 자동차 사이에서의 통신을 위한 VANET은 안전운전과 교통정보 및 인터넷의 편리한 접속을 제공하기 위한 차세대 통신 기술 중 하나이다. VANET에 TCP/IP 대신 CCN 기술을 적용한 VCCN의 경우 일대일 통신 뿐 아니라 여러 사용자가 주변 교통흐름이나 교통사고 같은 공통적인 관심 정보를 요청하는 경우 중간 노드의 캐싱을 통한 효율적인 멀티캐스팅이 가능하다. 본 논문은 교통흐름 실험을 위한 SUMO, 자동차 무선 네트워크인 VANET, 차세대 네트워크 중 하나인 CCN등을 소개하고 이를 이용하여 VCCN 상에서 이동중인 자동차에서 공통의 콘텐츠를 요청한 경우 데이터의 수신 성능과 네트워크의 특성을 분석한다. SUMO를 이용한 VCCN 네트워크 시뮬레이션 결과에 따르면, 크기가 큰 패킷을 사용하는 경우 전송 성능이 우수하며, VCCN은 TCP/IP 네트워크와 달리 동일한 콘텐츠를 요청하는 경우 물리적인 대역폭 이상으로 데이터의 송수신이 가능하다.

주요어 : SUMO, CCN, VANET, VCCN, 전송성능 평가

Abstract Vehicular ad hoc network (VANET) is one of the future communication technologies in which it offers safe-driving information and Internet access for both drivers and passengers by communicating among cars on the road. In case of applying Content Centric Network (CCN) rather than TCP/IP over VANET, called VCCN, it can provide efficient multicast communication of shared information among participating cars as well as offer corresponding one-to-one communications. This paper introduces SUMO for simulating traffic flows, VANET for car-to-car ad hoc communications, and CCN for a future Internet architecture. In addition, it compares and analyses the transmission performance of moving cars over VCCN. According to the simulation results using SUMO and VCCN, the larger the packet size, the better the transmission performance. In addition, VCCN provides higher packet transmission rate than that of TCP/IP when the clients shares the same contents. Furthermore, the overall data reception rate exceeds the physical transmission channel rate.

Key words : SUMO, CCN, VANET, VCCN, Transmission Performance Evaluation

*정회원, 서울여자대학교 정보보호학과
**준회원, 서울여자대학교 컴퓨터학과
***정회원, 서울여자대학교 컴퓨터학과
접수일: 2017년 12월 12일, 수정완료일: 2018년 1월 20일
게재확정일: 2018년 2월 5일

Received: December 12, 2017 / Revised: January 20, 2018
Accepted: February 5, 2018
***Corresponding Author: msukang@swu.ac.kr
Dept. of Computer Science and Engineering ,Seoul Women's University

Ⅰ. 서 론

자동차는 현대의 삶에서 필요한 도구이며 전기 자동차, 자율 주행차, 수소 자동차 등 다양한 첨단기술이 적용되고 있다.[1] 또한 다양한 센서를 부착하여 차간거리 유지 등 안전 운전 정보를 제공한다. 이에 더해 한 자동차가 주변의 차량 또는 RSU (Road Side Unit) 등과 즉석에서 무선 네트워크를 구성하여 운전자 주변의 교통정보, 차량 사고정보, 주유정보, 쇼핑정보, 호텔 및 숙박정보 등 다양한 정보를 운전자와 승객에게 제공할 수 있는 VANET (Vehicular Ad Hoc Network)을 구성하는 다양한 연구가 진행되고 있다.[2] VANET은 이동통신 네트워크, WIMAX, WiFi, DSRC (Dedicated Short Range Communications) 채널 등을 이용한다.[3]

기존에 사용하는 TCP/IP 방식의 인터넷이 VANET에 적용되는 경우, 데이터를 요청한 클라이언트는 서버의 주소를 알아야 하고 또한 클라이언트의 현재 위치를 제공하여야 한다. 또한 주변의 운전자들도 교통 정보나 사고 정보 등 유사한 데이터를 각각 요청하는 경우 중복된 데이터가 네트워크를 통해 전송되어야 하는 비효율적인 측면이 있다. 이의 대안으로 제시되는 네트워크의 하나가 CCN (Content Centric Network) 이다.[4] CCN은 목적지 주소를 사용하지 않고 클라이언트가 필요로 하는 콘텐츠 이름을 이용해 데이터를 요청한다. 또한 네트워크에 참여하는 모든 노드는 일부의 콘텐츠를 저장하는 in-network 캐시 방식을 사용한다. 이를 통해 자연스럽게 멀티캐스트 통신을 네트워크에서 제공하게 된다. 사용자가 요청하는 자료가 있을 경우 해당 콘텐츠 이름이 포함된 Interest 패킷을 네트워크에 전송하면 중간 노드를 포함한 해당 데이터를 가지고 있는 어떤 노드도 Data 패킷을 전송할 수 있다. 복수의 사용자가 동일한 콘텐츠를 요청하는 경우 캐시된 정보를 전달함으로 빠른 송수신 및 중복 전송을 최소화 할 수 있다.

VCCN (Vehicular ad hoc CCN)은 VANET에 TCP/IP 스택 대신 CCN을 이용해 즉석에서 구성한 무선 네트워크이다. 본 논문은 VCCN 상에서 자동차를 네트워크의 노드로 취급하여 각 노드가 특정한 경로로 움직일 때, 특정 클라이언트 노드들이 요청한 콘텐츠들이 VCCN 상에서 어느 정도의 전송 성능을 제공하며 어떤 특성을 가지는지를 분석하고자 한다. 또한 노드들의 움직임을 모델화하기 위하여 SUMO (Simulation of Urban Mobility) 패키지를 사용한다.[5] SUMO는 자동차의 경로 선택, 도로 설계, 신호등 제어, 자동차 사이의 통신 등을 모의실험하기 위하여 작성된 오픈소스 패키지이다. 이를 이용하여, 특정한 도시의 도로를 모델링 할 수 있고, 해당 도로를 주행하는 자동차들을 정의할 수 있다. 이런 자동차의 움직임들을 이용하여 해당 자동차에서 통신을 요청하고 요청한 자료를 전달해주는 네트워크 모의실험을 할 수 있다.

본 논문은 서울의 남쪽지역 도로 일부에 대해 SUMO를 이용하여 모델링하고 해당 도로 위에서 이동하는 여러 자동차의 움직임 정보를 생성하며, ns-3 네트워크 시뮬레이터[6]를 이용하여 생성된 해당 자동차들의 움직임 정보를 이용하여 VCCN 상에서 자동차 사이에서 송수신된 패킷의 전송 성능을 측정하고 네트워크의 특성을 분석하였다. 모의실험 결과 작은 크기의 패킷을 이용한 경우보다 큰 크기의 패킷을 이용했을 경우 더 높은 전송 성능을 보였다. 또한 같은 데이터 콘텐츠를 공유하는 경우 물리적인 대역폭 보다 많은 데이터를 VCCN 상에서 전송할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 논문의 관련 연구를 소개한다. 3장에서는 모의실험 환경을 기술하고 4장에서는 모의실험 결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

VANET은 안전주행과 도로정보 및 주변에서 제공하는 다양한 부가정보를 운전자와 탑승자 모두에게 제공할 수 있다. 예를 들어 운전자는 현재 위치를 기반으로 주변의 교통정보, 교통 사고정보, 주차정보, 주유소 및 숙박정보 등을 제공받아 안전하고 편리한 주행이 가능하다. 이런 정보를 얻기 위해 운행중인 자동차는 주변의 자동차들과 통신을 하거나 (V2V: Vehicle to Vehicle) 도로 주변의 RSU들과 통신을 (V2I: Vehicle to Infrastructure) 할 수 있다.

SUMO를 이용해 VANET의 성능을 평가하는 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 그 중 [7]과 [8]의 경우 ns-3와 SUMO를 이용하여 VANET 상에서 라우팅 알고리즘의 성능을 평가하였다. 최근에는 VANET을 기존의

TCP/IP 스택 대신 CCN을 이용한 VCCN에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. VCCN 환경에서는 자료를 요청하는 경우, 서버에 대한 정보가 필요 없으며, 주변 및 도로 정보를 얻기가 용이하고 네트워크 캐싱의 효과로 여러 운전자들의 공통 관심사 정보를 멀티캐스팅하여 공유하기에 용이할 뿐 아니라 통신의 효율성도 높다. 콘텐츠 제공자가 여러 곳에 저장되어 있는 경우 요청하는 클라이언트를 중심으로 콘텐츠를 제공하는 방법을 소개하였다. [9] 사용자는 같은 콘텐츠를 저장하고 있다면 가능한 가깝고 응답률이 높은 제공자를 선호한다. 또한 Interest 패킷 전송을 최소화하기 위하여 해당 패킷을 전달하는 노드를 효율적으로 선택하는 연구도 진행되었다.[10] 각 노드는 콘텐츠 전달자의 정보를 저장하고 여러 선호항목에 대해 가중치를 부여하여 가장 높은 선호도를 가진 중간노드를 선택한 후 Interest 패킷을 전송하도록 한다.

Ⅲ. 모의실험 환경

1. SUMO를 이용한 교통 트래픽 모델

SUMO는 자동차와 도로 및 신호등을 모델링하고 교통의 흐름을 분석하는 오픈소스 패키지이다. 특정 자동차들이 특정 경로를 특정 속도로 주행하도록 하면서 어떤 교통 흐름이 발생하는지 분석할 수 있다. 본 논문은 그림 1의 지도를 바탕으로 서울의 남쪽에 위치한 도로의 일부를 모델링 하여 모의실험을 진행하였다. 그림 2는 그림 1을 간략하게 모델링한 그림이며 도로의 만나는 점들을 구분하여 도로를 표현하였다.

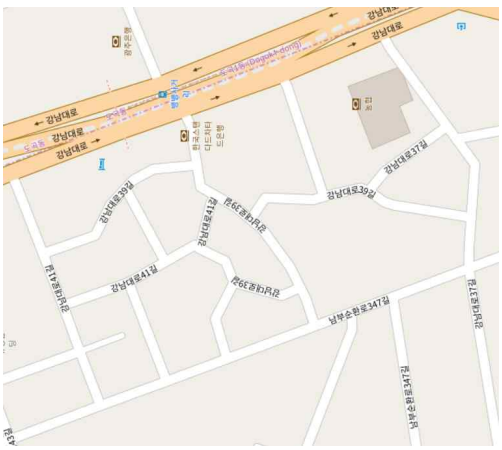

그림 1. 서울 남부 지역의 도로 지도
Figure 1. Road Map of South part of Seoul.

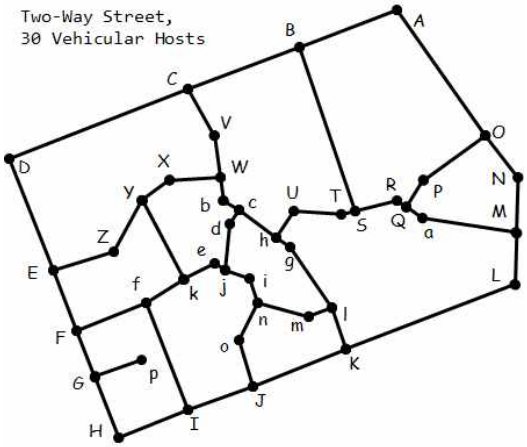

그림 2. 모델링된 서울 남부 지역의 도로 지도
Figure 2. Modeled Road Map of South part of Seoul.

그림 2는 하나의 도로가 다른 도로를 만나거나 곡선 형태로 꺾어지는 경우 알파벳으로 표시하였다. 모의실험을 위하여 위의 그림에 10개의 노선을 지정하였고 30대의 자동차를 10개의 노선에 분산시켜 배치하였다. 모의실험이 시작되면 모든 자동차는 지정된 하나의 노선 시작 위치에서 지정된 속도로 움직이며 노선의 끝에 도달하면 멈추게 된다. 모의실험은 150초 동안 진행되며 각 자동차는 30 Km/s 속도로 지정된 경로로 움직이며, 움직임 정보는 파일로 저장되어 네트워크 시뮬레이터에 전달된다.

2. ns-3를 이용한 네트워크 모델

ns-3는 이산시간을 바탕으로 하여 이벤트 기반으로 작동되는 범용 네트워크 시뮬레이터이다. ns-3는 유무선 네트워크 및 TCP/IP와 이동통신 등 다양한 네트워크 프로토콜을 제공한다. 본 논문에서 사용하는 CCN 스택을 위해 ndnSim[11]을 사용하였다. 각각의 자동차는 CCN 라우터로 동작하기 위해 PIT, CS, 그리고 FIB를 운영한다. 네트워크 통신에 참여한 총 자동차의 수는 30대이며, 이중에서 자료를 요청한 자동차의 수는 1대에서 최대 4대이다. 각 자동차 노드는 802.11a 모듈을 사용하였고 전송 거리는 250미터이며 대역폭은 6 Mbps와 12 Mbps 채널을 사용하였다. 전송 시 사용한 패킷의 크기는 512, 1024, 및 2048 바이트이다. 모의실험은 각각 150초 동안 진행되었다.

Ⅳ. 모의실험 및 결과

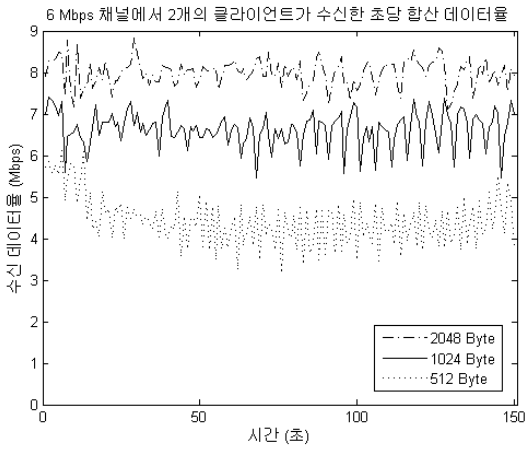

그림 3. 6 Mbps 채널에서 2 클라이언트의 수신 데이터율
Figure 3. accumulative data reception rate with 2 clients over 6 Mbps channel VCCN

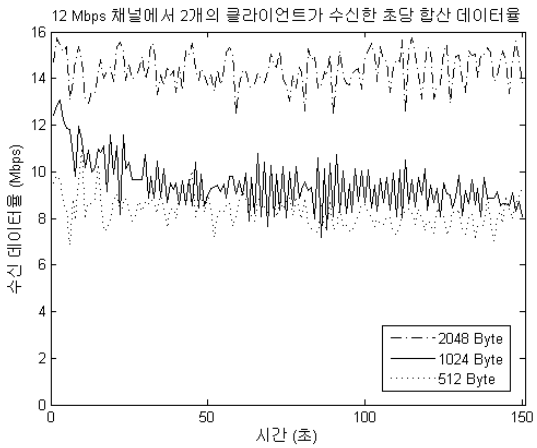

그림 4. 12 Mbps 채널에서 2 클라이언트의 수신 데이터율
Figure 4. accumulative data reception rate with 2 clients over 12 Mbps channel VCCN

그림 3은 6 Mbps 채널에서 두 자동차가 같은 콘텐츠에 해당하는 Interest 패킷을 전송 후 수신한 데이터의 수신율을 나타낸다. 작은 크기의 패킷을 전송할 때 보다 큰 크기의 패킷을 전송할 때 데이터 수신율이 더 높다. 512 바이트 패킷을 사용하는 경우 평균 수신율은 4.41 Mbps, 1024 바이트의 경우 6.64 Mbps, 2048 바이트의 경우에는 7.99 Mbps이다.

그림 4는 12 Mbps 채널의 경우에도 유사한 결과를 보인다. 512 바이트 패킷의 경우 평균 8.30 Mbps 이나 2048 바이트 패킷의 경우 14.38 Mbps로 높아진다. 또한 두 경우 모두 수신된 바이트를 누적한 경우 물리적으로 제공하는 대역폭인 6 혹은 12 Mbps 이상으로 데이터를 수신한다.

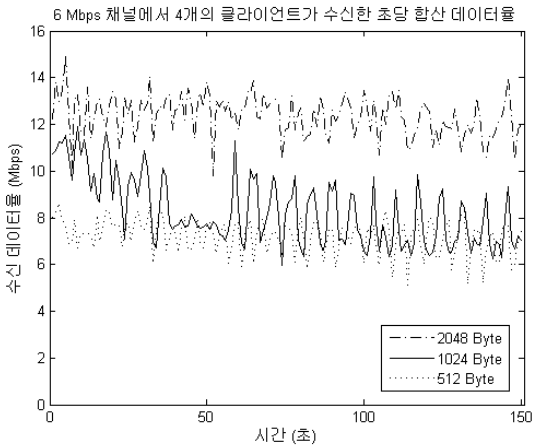

그림 5. 6 Mbps 채널에서 4 클라이언트의 수신 데이터율
Figure 5. accumulative data reception rate with 4 clients over 6 Mbps channel VCCN

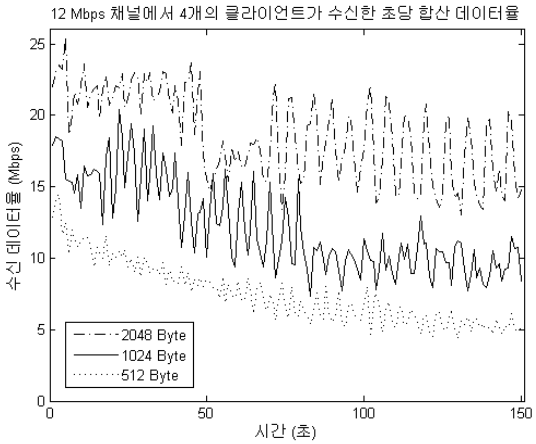

그림 6. 12 Mbps 채널에서 4 클라이언트의 수신 데이터율
Figure 6. accumulative data reception rate with 4 clients over 12 Mbps channel VCCN

그림 5는 6 Mbps 채널에서 네 대의 자동차가 동일한 콘텐츠를 요청한 경우 데이터를 수신한 결과를 나타낸다. 512 바이트를 사용한 경우 평균 수신율은 7.23 Mbps, 1024 바이트의 경우 8.25 Mbps, 2048 바이트를 사용한 경우 12.38 Mbps를 나타낸다. VCCN은 이동이 빈번한 환경에서 여러 사용자가 공통의 콘텐츠를 공유하고자 할 경우 효율적인 네트워크라고 할 수 있다.

그림 6도 12 Mbps 채널에서 네 대의 자동차가 참여한 경우의 수신율을 나타낸다. 세 크기의 패킷을 사용할 경우 평균 수신율은 각각 7.50 Mbps, 12.19 Mbps,

18.63 Mbps이다. 여러 사용자가 하나의 콘텐츠를 공유하는 경우 물리적인 대역폭 이상으로 효율적인 전송이 가능함을 알 수 있다.

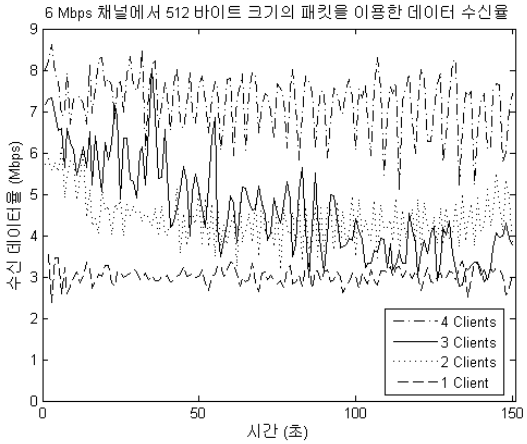

그림 7. 6 Mbps 에서 512 바이트 패킷을 이용한 수신율
Figure 7. accumulative data reception rate with 512 byte over 6 Mbps channel VCCN

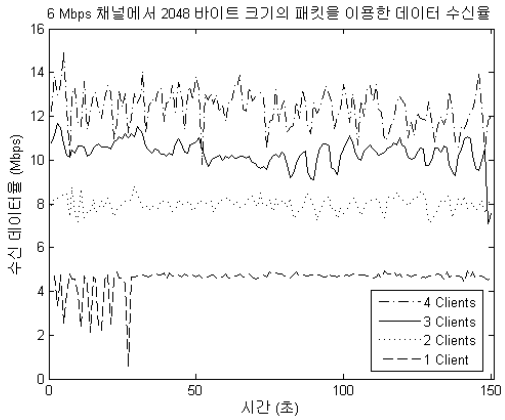

그림 8. 6 Mbps 에서 2048 바이트 패킷을 이용한 수신율
Figure 8. accumulative data reception rate with 2048 byte over 6 Mbps channel VCCN

그림 7은 6 Mbps 채널에서 512 바이트 패킷을 이용해 한 대에서 네 대의 차량이 동일한 콘텐츠를 요청한 경우 데이터 수신율을 나타낸다. 데이터를 요청하는 차량이 증가할수록 누적 수신율은 높아진다. 기존의 인터넷 프로토콜인 TCP/IP의 경우 같은 데이터를 요청하더라도 6 Mbps 안에서 참여한 노드끼리 대역폭을 나누어 쓰지만 VCCN의 경우 네트워크 캐싱에 의해 누적 전송량이 늘어남을 알 수 있다.

그림 8은 그림 7과 같은 채널에서 2048 바이트의 패킷을 이용한 경우 데이터 수신율을 나타낸다. 작은 크기의 패킷을 사용하는 것 보다 큰 패킷을 사용하는 경우 클라이언트의 수에 비례하여 수신율이 증가함을 알 수 있다.

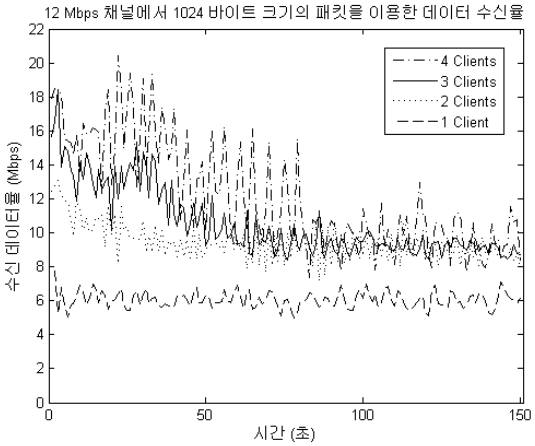

그림 9. 12 Mbps 에서 1024 바이트 패킷을 이용한 수신율
Figure 9. accumulative data reception rate with 1024 byte over 12 Mbps channel VCCN

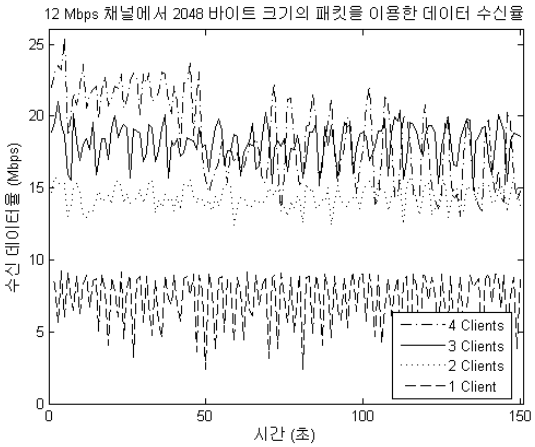

그림 10. 12 Mbps 에서 2048 바이트 패킷을 이용한 수신율
Figure 10. accumulative data reception rate with 2048 byte over 12 Mbps channel VCCN

그림 9는 12 Mbps 채널에서 1024 바이트 패킷에 데이터를 전송한 결과이다. 평균 수신율은 하나의 클라이언트의 경우 6.07 Mbps, 두 개일 때 9.45 Mbps, 세 개인 경우 10.56 Mbps, 넷 인 경우 12.19 Mbps 이다. 수신율이 평균적으로 조금씩 증가하지만 크게 늘어나지는 않는다. 이는 주어진 대역폭에서 제공하는 네트워크 자원을 대부분 사용하였기 때문이다.

그림 10은 그림 9의 환경과 유사하지만 2048 바이트의 데이터 패킷을 이용한 수신율을 나타낸다. 참여한 클라이언트별 평균은 7.26 Mbps, 14.38 Mbps, 18.17 Mbps, 18.62 Mbps 이다. 이를 통해 참여한 클라이언트

의 수가 증가하여도 어느 정도 이상이 되면 누적 수신율이 크게 증가하지 않음을 할 수 있다.

V. 결 론

VANET은 나날이 발전되어가고 있는 자동차산업에서 필요한 기술 중 하나이다. 이를 이용하여 운전자와 탑승자에게 안전운전에 대한 정보와 교통, 주유, 숙박 등 현 위치에서 필요한 다양한 정보를 제공받을 수 있다. 이러한 VANET의 구현을 위해 기존의 TCP/IP를 이용할 수도 있지만, CCN 기술을 적용한 VCCN을 이용하는 경우 네트워크 자원을 보다 효율적으로 이용하여 물리적인 채널에서 제공하는 데이터 보다 더 많은 자료를 전송할 수도 있다.

본 논문은 도로와 자동차의 움직임 등의 모델링을 하기 위해 SUMO를 이용하였고 이런 움직임을 이용해 CCN에서 자료를 전송하는 모의실험을 수행하기 위해 ns-3 네트워크 시뮬레이터를 사용하였다. 모의실험 결과 작은 크기의 패킷 보다는 큰 크기의 패킷을 사용하는 경우 데이터 수신 성능을 높일 수 있었다. 참여한 복수의 클라이언트가 같은 콘텐츠를 요청하는 경우, CCN의 속성 중 하나인 네트워크 캐싱의 효과로 물리적 대역폭 이상으로 데이터를 전송하며 이를 수신할 수 있음을 확인하였다.

References

[1] E. Yang, S. Kang, S. Kwon, D. Kim, J. Kim, Y. Lee, H. Hwang, 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 31, 2017.

[2] R. Meraihi, S. Senouci, D. Meddour, and M. Jerbi,“Ch.12. Vehicle to Vehicle Communications: Applications and Perspectives,” Wireless Ad Hoc and Sensor Networks, Wiley, Jan. 2010.

[3] C. Campolo, A. Molinaro, and R. Scopigno, “From today's VANETs to Tomorrow's Planning and the Bets for the day after”, Vehicular Communications. Vol. 2, Num. 3, pp. 158-171, 2015.

[4] V. Jacobson, D. Smetters, V. Thornton, M. Plass, N. Briggs, and R. Braynard, “Networking Named Conten”. Proc. of ACM CoNEXT, pp. 1-12, December 1-4, 2009.

[5] 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 11-15, 2007.

[6] ns-3, Ns-3 manual: Release ns-3.27 (October 12, 2017)

[7] V. Kolici, T. Oda, E. Spaho, L. Barolli, M. Ikeda, and K. Uchida, “Performance Evaluation of a VANET Simulation System Using NS-3 and SUMO”, IEEE Intl. Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp. 348-353, March 25-27, 2015.

[8] K. Kaur, “Simulation based analysis of bee swarm inspired hybrid routing protocol parameters using realistic mobility model in vehicular ad-hoc networks”, International Journal of Computer Applications Technology and Research, Vol. 5, Num. 6, pp. 385-390, 2016.

[9] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, “Enhancing Content-Centric Networking for Vehicular Environments”, Computer Networks, Vol. 57, Num. 16, pp. 3222-3234, 2013.

[10] 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.

[11] 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 2017학년도 서울여자대학교 컴퓨터과학연구소 교내 학술연구비의 지원을 받았음.