

VNDN 환경하에서 인포테인먼트 응용 이슈

이희진¹ · 임현국^{2*}

Issues on Infotainment Application in Vehicular NDN

Heejin Lee¹ · Huhnkuk Lim^{2*}

¹Undergraduate Student, Department of Computer Engineering, Hoseo University, Chungnam Asan, 31499 Korea

^{2*}Assistant Professor, Division of Computer Engineering, Hoseo University, Chungnam Asan, 31499 Korea

요 약

최근 VANET에 Named Data Networking (NDN)을 코어 네트워크 기술로 접목시키기 위한 VNDN 기술 연구가 많이 이루어지고 있다. VNDN은 콘텐츠 이름을 사용하여 다양한 인포테인먼트 응용 콘텐츠 데이터를 이름 기반 포워딩을 통해 전달할 수 있다. VNDN을 커넥티드 차량의 인포테인먼트 응용을 위한 통신 기술로 활용할 시 데이터가 통신의 주체가 되는 데이터 중심 네트워킹 기술 실현이 가능하며, 차량 보안 공격 및 해킹, 장거리 데이터 전송 시 성능 저하, 잦은 데이터 끊김 현상 등 현재의 호스트 중심 인터넷에 기반한 커넥티드 차량의 인포테인먼트 응용 서비스 기술이 갖는 한계를 극복할 수 있다. 본 논문에서는 VNDN 기술이 제공하는 주요 기능에 대해 살펴보고, VNDN 환경하에서 커넥티드 차량들에게 인포테인먼트 응용 서비스를 실현하기 위해 필요한 이슈들에 대해 체계적으로 분석 정리하여 제시한다. 이를 토대로 VNDN 환경하에서 인포테인먼트 응용 요구사항을 정립하는데 필요한 기초 정보로 활용 되어질 수 있을 것이다.

ABSTRACT

Recently, many studies on VNDN technology have been conducted to graft Named Data Networking (NDN) into VANET as a core network technology. VNDN can use the content name to deliver various infotainment application content data through name-based forwarding. When VNDN is used as a communication technology for infotainment applications in connected vehicles, it is possible to realize data-centric networking technology in which data is the subject of communication. It can overcome the limitations of connected vehicle infotainment application service technology based on the host-centric current Internet, such as security attack/hacking, performance degradation in long-distance data transmission, frequent data cut-off. In this paper, we present the main functions provided by VNDN technology, and systematically analyze and organize the issues necessary to realize infotainment application services for connected vehicles in the VNDN environment. Based on this, it can be utilized as basic information necessary to establish infotainment application requirements in VNDN environment.

키워드 : 차량 네임드 데이터 네트워킹, 커넥티드 차량, 인포테인먼트, 이슈 분석

Keywords : Vehicular Named Data Networking(VNDN), Connected vehicles, Infotainment, Issue analysis

Received 4 July 2021, Revised 4 July 2021, Accepted 14 July 2021

* Corresponding Author Huhnkuk Lim(E-mail:rooky13@hanmail.net, Tel:+82-41-540-5942)

Assistant Professor, Division of Computer Engineering, Hoseo University, Chungnam Asan, 31499 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.7.993>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

Vehicular Ad-hoc Network (VANET)은 스마트 차량을 위해 도로에 적용된 MANET의 대표적인 서브 클래스 기술 중 하나이다 [1]. VANET 안에 스마트 차량들은 이동 노드를 구성하는데, VANET은 데이터 전달을 위해 모든 차량에게 브로드캐스트 중개 문제를 안고 있다. V2V 통신 기술 안에 적절한 라우팅 기술을 필요로 하는 능동 안전 분야와 지능화 교통 분야는 VANET의 주요한 응용이라 할 수 있다 [2-3].

코어 네트워크 기술로 TCP/IP 기술을 이용하는 컨넥티드 차량은 해킹 가능성이 상시적으로 존재하며 발생 시 심각한 위험을 초래할 수 있다. 또한 인포테인먼트 응용 서비스를 위해 잦은 핸드 오프시 데이터 끊김 현상, 장거리 데이터 전송 시 성능 저하와 같은 호스트 중심 인터넷이 갖는 한계를 그대로 상속받을 수밖에 없다. 마지막으로 간헐적 연결을 필요로 하는 통신 수요에 적합하지 않다.

최근 이러한 문제들을 혁신적으로 해결하기 위해 최근 VANET에 Named Data Networking (NDN)을 코어 네트워크 기술로 접목시키기 위한 VNDN 기술 연구가 많이 이루어지고 있다 [4-5].

VNDN 기술을 컨넥티드 차량의 인포테인먼트 응용을 위한 통신 기술로 활용할 시 데이터가 통신의 주체가 되는 데이터 중심 네트워킹 기술 실현이 가능하며, 차량 보안 공격 및 해킹, 장거리 데이터 전송 시 성능 저하, 잦은 데이터 끊김 현상 등 현재의 호스트 중심 인터넷에 기반한 컨넥티드 차량의 인포테인먼트 응용 서비스 기술이 갖는 한계를 극복할 수 있다 [1][4-5].

이러한 잇점 때문에 최근 VNDN을 커넥티드 차량을 포함한 스마트 차량의 기반 통신 네트워크 기술로 접목시키고자 하는 다양한 연구가 이루어지고 있는 것이다.

본 논문에서는 VNDN 기술이 제공하는 주요 기능에 대해 살펴본다. 또한 VNDN 환경하에서 커넥티드 차량에게 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위해 필요한 이슈들에 대해 처음으로 정리하고 분석한다. 이를 토대로 VNDN 환경하에서 인포테인먼트 응용 요구 사항을 정립하는데 필요한 기초 정보로 활용 되어질 수 있을 것이다.

II. VNDN 구조 및 주요 기능

커넥티드 차량은 일기예보, 교통 체증 및 돌발 상황 등과 같은 중요 정보 데이터 서비스 응용 및 멀티미디어 스트리밍 서비스 응용과 같은 인포테인먼트 응용을 위해 다른 차량(노드 중심 모델)과 P2P 연결을 갖기보다는 정보(데이터 중심 모델)를 찾는 경향이 더 높다. 한편 차량용 인포테인먼트 응용은 차량과 차량, 차량과 RSU (Road Side Unit) 사이 신뢰할 수 있고 안전한 콘텐츠 혹은 중요 정보 데이터의 효과적 배포가 필수적이다.

차량 네트워크에 대한 콘텐츠 중심 접근법의 적용 가능성을 연구하기 위해 여러 연구가 수행되었으며 VANET에 NDN을 접목하기 위한 연구가 최근 이루어지고 있다. NDN은 VANET 인포테인먼트 응용 서비스를 지원하기 위해 효과적인 데이터 중심 네트워킹 모델이다 [4-5].

VNDN은 데이터 전송에 데이터 이름을 이용한다. 모

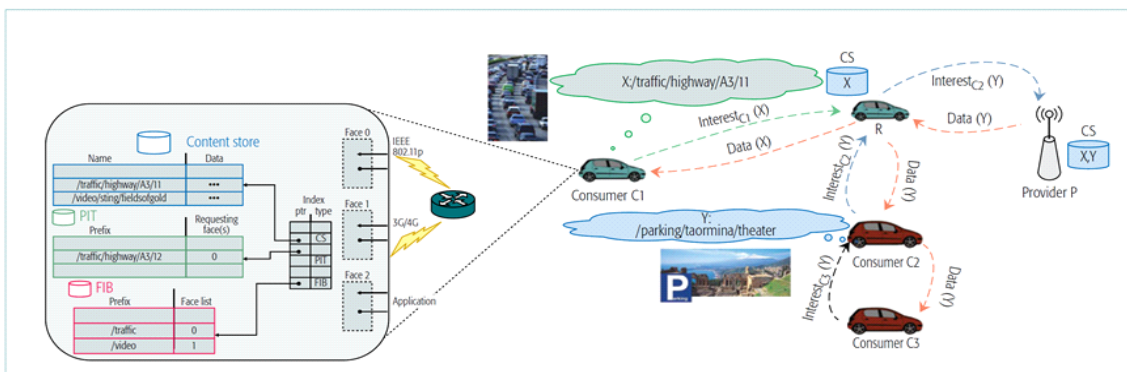


Fig. 1 Interest/Data packet forwarding example in VNDN[5]

든 응용 콘텐츠의 이름 공간을 정의하고 구조화되고 유일한 콘텐츠의 이름을 공유해야 한다. 차량은 인접한 모든 차량에서 데이터를 가져올 수 있으나 VANET과 같이 이동성이 매우 높고 유동적인 네트워크에서 데이터 소스를 인접 차량에서 직접 이용할 수 없는 경우, 인접 차량은 consumer 차량이 요청한 콘텐츠에 대한 Interest 패킷 포워딩 기능을 수행하여야 한다.

VNDN에서 consumer 차량은 콘텐츠에 대한 Interest 패킷(요청 메시지)을 전송하며, 그러한 Interest 패킷 안에 담긴 이름에 해당하는 데이터를 가진 producer나 라우터는 해당 콘텐츠를 consumer에게 포워드 한다. 각 NDN 노드 (consumer, producer, router)는 세 가지 테이블 콘텐츠 스토어(CS), 펜딩 인터레스트 테이블(PIT), 포워딩 인포메이션 베이스(FIB) 테이블 정보를 이용하여 Interest/Data 패킷을 다음 NDN 노드로 중개한다. CS는 NDN 노드 안에서 임시적 저장 장소로 사용되며 미래 사용될지 모르는 콘텐츠가 이곳에 저장된다. FIB는 Interest 패킷을 포워딩하기 위한 이름 테이블 정보이다. PIT는 수신된 Interest 패킷이 운반한 콘텐츠 이름 각각에 대해 어떤 노드로 전달되었는지를 기록하여 각각의 콘텐츠 이름에 해당하는 데이터 패킷이 도착할 시 포워딩하기 위한 이름 테이블로 이용된다 [4-5]. 그림 1은 VNDN 환경하에서 Interest/Data 패킷 포워딩을 통한 콘텐츠 패칭 예를 보여준다.

VNDN은 네트워크 내 캐싱, 멀티캐스트 전달, 다중 경로 전달, 데이터 인증과 같은 IP 기반 라우팅에서는 어려운 전달 기능을 제공한다. 효율적인 VANET 기반 아키텍처를 위해 VNDN은 이름 지정, 라우팅/포워딩, 캐싱, 보안/개인 정보 보호 및 이동성 지원 등을 설계 안에 고려해야 한다.

그림 2는 VANET 응용을 위한 NDN 아키텍처의 하나의 레퍼런스 모델을 보여준다 [6]. 아키텍처는 물리 계층, Strategy, NDN, 보안 및 응용 계층으로 구성된다. NDN 계층은 핵심 NDN 기능(이름 명명, 캐싱, 이동성 및 포워딩)을 제공하는 중간 계층이다 [4-5].

모든 물리 계층 통신 인터페이스(DSRC, WiFi, 4G/5G 등)가 NDN에서 네트워크 전체에 걸쳐 데이터의 가용성을 보장하기 위해 사용될 수 있다 [4-5].

무엇보다 중요 정보 응용 서비스(뉴스, 도로 교통, 비상 등) 및 멀티미디어 스트리밍/엔터테인먼트 서비스 각 QoS 요구사항에 대한 최상의 결과를 보장하는 VNDN

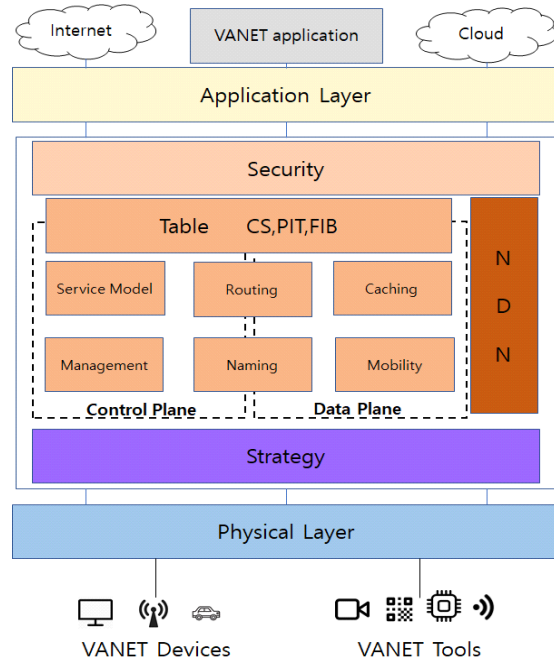


Fig. 2 A reference of NDN architecture into VANET[6]

구조 및 기능을 갖는 것이 중요한 것이다. VNDN이 다양한 응용 서비스 제공을 위해 제공해야 하는 주요 기능은 아래와 같다.

2.1. VNDN 포워딩

VNDN에서는 관심사가 콘텐츠 소유자가 아닌 콘텐츠 데이터 자체이기 때문에 ID (IP 주소 등) 기반 라우팅 및 포워딩을 수행할 수 없다. 따라서 VNDN에서는 Interest/Data 패킷 포워딩을 이용하여 콘텐츠에 기반한 포워딩을 수행한다. NDN과 마찬가지로 차량 내에 CS, PIT, FIB 세 개의 이름 기반 테이블을 이용하여 Interest/Data 패킷의 다음 홉 결정을 위해 이름 기반 포워딩을 수행하는 것이다.

물리계층에서의 Interest/Data 패킷 브로드캐스팅에 기인하여 동일 콘텐츠 데이터의 다중 경로 패킷 중개로 인해 네트워크 안에 트래픽 폭증 현상이 해결되어야 한다 [4-5].

2.2. VNDN 캐싱 관리

VNDN 캐싱은 NDN 에서와 마찬가지로, 데이터를 특정 VNDN 노드에 저장한 후 필요한 경우 다음번에 사

용하는 것을 의미한다. 정보, 데이터 및 객체가 미래 예측 사용을 위해 특정 VNDN 노드에 일시적으로 저장된 것으로 정의할 수 있다. 일반적으로 Leave Copy Everywhere의 원칙에 기초하는 완전 분산 캐싱을 이용한다. VNDN 노드에 입력된 콘텐츠의 캐싱을 위해 고려하는 요소는 요청된 데이터의 빈도(인기성), 최근, 검색 비용 및 크기이다. 그림 3은 기존 캐시 관리 방법의 분류를 보여준다 [6].

높은 이동성과 예기치 않은 토폴로지로 인해 VANET 캐싱에서 다양한 이슈가 존재한다.

무엇보다 차량 이동성을 고려한 캐싱 전략을 어떻게 가져갈 것인지가 중요하며, [7] 안에 VNDN에 대한 이동성 인식 캐싱 전략을 제안된 바 있다. 유사한 이동성 패턴으로 이동하는 차량을 기반으로 하는 협력 캐싱 접근 방식은 유사한 패턴을 가진 노드 간의 연결이 상대적으로 안정적이고 신뢰성을 높이기 때문에 주로 차량 이동성 영향을 완화하는 것을 목표로 한 것이라 볼 수 있다.

[8]은 V2V 시나리오에서 캐싱 정책에 대해 논의하였는데, 콘텐츠 인기에 기초하여 캐싱 차량을 선택하고, 인기 예측 기반 협력 캐시 교체(PPCCR) 메커니즘을 제시하였다.

캐싱할 위치를 식별하는 전략과 더불어 캐싱 노드에서 콘텐츠를 어떻게 캐싱할 것인가를 설명하는 것 또한 네트워크 성능에 중요한 영향을 미친다. 이러한 캐시 대체 전략들에는 가장 나중에 사용된 지워지는 LRU(Least Recently Used), 사용 빈도(인기도)가 가장 낮은 항목을

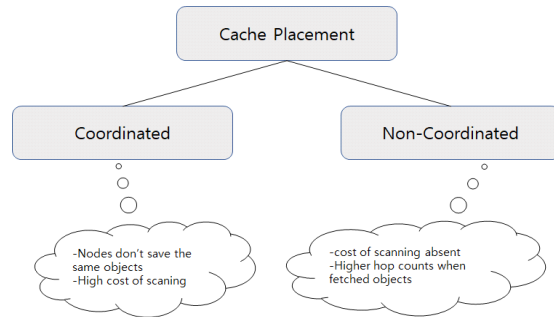


Fig. 3 Cache management in VNDN[6]

삭제하는 Least Frequently Used(LFU), 제거할 항목이 무작위로 선택되고 새 항목으로 대체되는 랜덤(RND), 가장 먼저 입력된 항목을 새 항목으로 대체하는 First Fit(FF) 방법이 있다.

2.3. VNDN 보안

VNDN은 NDN과 마찬가지로 producer 차량 등이 생산한 각 콘텐츠 데이터에 대해 공인 키에 의한 서명 기능을 이용하여 콘텐츠 자체에 대한 보안 기능을 제공한다.

그러나 VNDN 환경하에서 특정 콘텐츠 데이터를 공격하기 위한 다양한 Interest flooding attack에 대한 보안성 확보가 요구되어 진다. 이를 경감시켜 주기 위한 다양한 NDN 콘텐츠 보안 알고리즘 역시 VNDN 환경하에서 적용 되어질 수 있을 것이다.

VNDN이 서로 다른 계층에 직면하는 보안 공격은 그림 4와 같이 요약될 수 있다 [6].

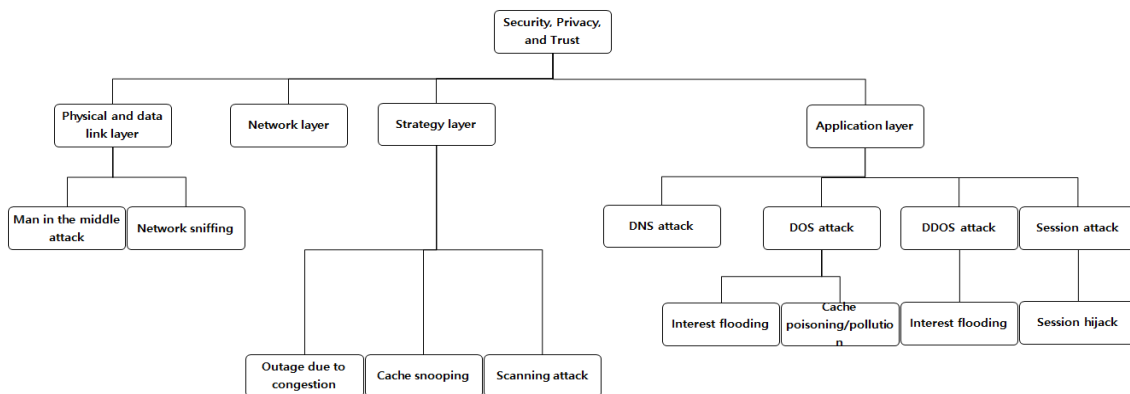


Fig. 4 Security issue facing VNDN different layers[6]

III. 인포테인먼트 응용을 위한 VNDN 이슈 및 발전 방향

앞에서 언급한 VNDN 기술의 일반적인 기능과는 별도로 향후 VNDN 네트워크가 널리 사용되기 위해 해결해야 할 이슈와 과제가 존재한다. 이 장에서는 VNDN 환경하에서 차량들에게 인포테인먼트 응용 서비스 제공을 위해 필요한 주요 이슈에 대해 언급하고 향후 발전 방향에 대해 논의한다.

3.1. 인포테인먼트 콘텐츠 데이터의 명명

VNDN에서 가장 중요한 측면 중 하나는 각 인포테인먼트 콘텐츠 데이터에 대한 명명이며, 이는 콘텐츠 데이터의 식별 위해 필요할 뿐만 아니라 다른 VNDN 기능(전달, 캐싱, 이동성, 보안 등)을 실현하기 위한 필수 정보이기 때문이다. 이름은 신뢰할 수 있는 포워딩 기능 수행을 위해 정확한 정보를 전달해야 한다. 또한 콘텐츠 이름은 모니터링 및 관리 기능을 제공하는 기기를 식별하고 사용자에게 응용 서비스 품질 요건을 충족하는 서비스를 제공하기 위한 핵심 정보인 것이다.

3.2. 데이터 브로드캐스팅 폭증 현상 해결

VNDN 환경하에서 커넥티드 차량은 원하는 데이터를 요청하기 위해 Interest 패킷을 브로드캐스트하며, 이로 인해 다중 중계 노드로부터의 동일한 데이터의 연속된 중계로 인해 데이터 폭증 현상을 야기한다. 이러한 데이터 폭증 현상은 VNDN 네트워크 안에 중복된 데이터 트래픽 증가로 인해 네트워크 대역폭을 빠르게 소모시켜 혼잡을 야기한다. 이로 인해 VNDN 네트워크에 데이터 패킷 손실을 초래하며 이는 Interest Satisfaction Rate(ISR) 감소 및 Interest satisfaction Delay(ISD) 악화를 초래한다.

따라서 VNDN 안에 데이터 브로드캐스트에 기인한 트래픽 폭증 현상은 커넥티드 차량 인포테인먼트 콘텐츠 서비스 실현을 위해 해결해야 할 중요한 이슈이다.

최근 VNDN 환경에서 데이터 패킷 폭증 현상을 경감시켜주기 위한 소수의 기법들이 소개되어왔다 [9-11]. VNDN에서 데이터 폭증 현상을 보다 근원적으로 해결하기 위해서는 단일 경로 기반으로 Interest 패킷을 중계하는 것이 필요하며, 이것이 지원 되어질 때 보다 더 향상된 성능을 갖는 인포테인먼트 응용 서비스 지원이 가

능하다 [9-11].

3.3. 이동성 지원

차량 네트워크는 토폴로지와 차량 이동에서 예측할 수 없는 변화를 가진 고도로 이동 가능한 환경으로 간주된다. VNDN에서의 이동성 지원은 안정적이고 신뢰할 수 있는 시스템에 대한 핵심 요구사항이다. VNDN은 consumer 차량의 이동으로 인해 발생한 만족하지 못한 Interest 패킷들에 대해 재발행 메커니즘을 통해 consumer 차량에게 이동성을 제공한다 [7].

그러나 producer 차량의 이동성 제공을 위해 별도의 제어 메커니즘이 필요하다. 캐시 저장소의 이동성은 producer 차량 이동성과 동일한 우선순위로 다루어져야 하는데, 캐시 저장소는 원래 producer에 도달할 수 없는 경우 유일한 콘텐츠 생산자일 수 있기 때문이다 [7].

3.4. VNDN 푸쉬 기반 포워딩 지원

VNDN 환경에서 커넥티드 차량은 돌발 상황이나 위험 상황을 감지하였을 경우 광고 브로드캐스팅 메시지를 RSU로 전달하고 RSU는 Interest 패킷 브로드캐스팅을 통해 차량에 접근하여 돌발/위험 상황 정보 데이터를 전달받는 풀 기반 통신 방식을 이용한다.

그러나 이러한 풀 기반 요청 방식은 지연에 매우 민감한 중요 정보 서비스에는 적합하지 않으며, 최근 이를 해결하기 위한 소수의 푸쉬 기반 포워딩 기법들이 제안되어왔다 [12-14]. Consumer 차량은 인근의 producer로부터 데이터를 수신하기 위해 Interest 패킷을 전송해야 하지만, 비상시에 차량 노드는 빠르게 중요 정보 데이터를 전파하여야 한다. Interest 패킷을 전송하고 상응하는 중요 정보 데이터를 받는 것은 오랜 지연 시간을 초래하고, 따라서 푸쉬 기반 트래픽 포워딩 지원이 필요한 것이다 [15].

돌발 위험 상황을 인지한 차량이 돌발 상황 혹은 사고에 대한 데이터를 중요 정보로서 근처 RSU 또는 타 차량들에게 알려야 하는 경우가 대표적인 푸쉬 기반 중요 정보 데이터 포워딩 사례라 할 수 있다 [15].

3.5. VNDN 보안

인포테인먼트 응용을 위한 VNDN 보안은 역시 중요 정보 데이터 및 멀티미디어 각 콘텐츠에 대해 보안성을 제공해야 한다.

[16]의 연구는 NDN 기반 네트워크에서 캐시 공격을 피하기 위한 완화 기법을 제안한다. 신뢰도 및 피드백을 모두 고려하여 유효하지 않은 콘텐츠를 식별하는 신뢰 모델이 고안 되었다. [17]는 차량 네트워크에서 데이터 캐시를 보호하기 위해 평판 기반 블록체인 체계를 제안 한다.

프라이버시 요소를 설계에 반영하기 위한 [18]의 연구는 VNDN을 기반으로 한 커넥티드 차량 응용에 대한 신뢰모델을 도입한다. 이 연구의 주요한 기여는 잘못된 데이터와 차량 추적을 방지하는 것이다. 또한 거짓 정보를 탐지하기 위해 계층 이름 체계와 모델을 결합하였다.

3.6. VNDN 기반 인포테인먼트 응용 설계 및 구현

차량용 인포테인먼트 응용은 중요 정보 서비스와 콘텐츠 서비스를 포함한다. VNDN 기반 중요 정보 서비스 및 콘텐츠 서비스를 위해 실시간으로 그리고 계층적으로 이름 붙여 주기 위한 네이밍 룰에 기반하여 이름 기반의 정보 및 콘텐츠 검색 및 다운로드를 지원해 주기 위한 인포테인먼트 응용 시스템의 설계가 consumer/producer 차량에 구현 되어져야 한다.

VNDN 기반 인포테인먼트 응용 시스템 내에 차량 협력 기반 안전 서비스 제공 및 온라인 게임/비디오 스트리밍 서비스의 설계를 위해 필요한 요구 사항 또한 필요 할 것이다. 또한 향후 꾸준히 증가할 것으로 기대되어지는 인포테인먼트 데이터의 이름 기반 검색 속도를 높여 주기 위한 이슈가 해결되어 져야 한다.

3.7. VNDN 캐싱 전략

VNDN 라우터(차량)는 인포테인먼트 데이터 청크를 CS(콘텐츠 스토어)에 일시적으로 저장하고 CS에 Interest 패킷을 만족시키는 콘텐츠가 있을 때 요청하는 consumer 차량에게 반환한다. 이러한 캐싱 기능을 이용하여 VNDN 네트워크 전체 트래픽 양과 사용자 대기 시간을 크게 줄 일 수 있다.

제한된 크기를 갖는 분산 된 차량 내 메모리의 어디에 어떻게 인포테인먼트 콘텐츠 데이터를 캐시하고 관리 해야 하는지는 다양한 이슈를 형성할 것이다 [7].

3.8. 액세스 통신 네트워크 기술과의 결합

이-kind 기술은 일반적으로 다양한 용도로 사용된다. 무선 통신(5G 등) 기반 V2V는 장거리 VNDN Interest/

Data 패킷을 전달하고 V2V(차량 대 차량) 통신 링크에서 발생할 수 있는 연결 격차를 해소하는 데 사용되는 반면, 무선 랜(WAVE 등) 기반 V2V는 단거리 Interest/Data 패킷 전달에 활용될 수 있다 [3][5].

또한 사용자에게 온 디맨드(on-demand)로 서비스 품질을 보장하기 위해 SDN(Software Defined Networking) 기술과의 결합도 고려될 수 있을 것이다. 이렇듯 VNDN 이 더 나은 인포테인먼트 응용 서비스를 제공하기 위해 기존 기술과의 결합이 고려되어질 수 있다.

IV. Conclusion

최근 VNDN을 커넥티드 차량의 기반 통신 네트워크 기술로 접목시키고자 하는 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 VNDN 환경하에서 커넥티드 차량에게 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위해 필요한 이슈들에 대해 정리하고 분석하였다. 이를 토대로 VNDN 환경하에서 인포테인먼트 응용 실현 요구사항을 정립 하는데 필요한 기초 정보로 활용 되어질 수 있기를 기대 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(Ministry of Science and ICT) (No. 2021R1A2C1010481)

REFERENCES

- [1] Z. Yan, S. Zeadally, and Y. J. Park, "A novel vehicular information network architecture based on named data networking (NDN)," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 6, pp. 525-532, Dec. 2014.
- [2] G. Grassi, D. Pesavento, G. Pau, R. Vuyyuru, R. Wakikawa, and L. Zhang, "VANET via named data networking," *IEEE Conference on Computer Communications Workshops*, pp. 410-415, Apr. 2014.
- [3] S. Chen, J. Hu, Y. Shi, and L. Zhao, "LTE-V: A TD-LTE-based V2X solution for future vehicular network," *IEEE*

- Internet of Things Journals*, vol. 3, no. 6, pp. 997-1005, Dec. 2016
- [4] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, "CRoWN: Content-Centric Networking in Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Communications Letters*, vol. 16, no. 9, pp. 1380-1383, Sep. 2014.
- [5] A. Marica, C. Campolo, and A. Molinaro, "Information-centric networking for connected vehicles: a survey and future perspectives," *IEEE Communications Magazine*, vol. 54, no. 2, pp. 98-104, Feb. 2016.
- [6] C. A. Kerrche, F. Ahmad, M. Elhoseny, A. Adnane, Z. Ahmad, and B. Nour, "Internet of Vehicles Over Named Data Networking: Current Status and Future Challenges," *Emerging Technologies for Connected Internet of Vehicles and Intelligent Transportation System Networks*, pp. 83-99, Jul. 2019.
- [7] W. Huang, T. Song, Y. Yang, and Y. Zhang, "Cluster-based cooperative caching with mobility prediction in vehicular named data networking," *IEEE Access*, 2019.
- [8] W. Zhao, Y. Qin, D. Gao, and H. C. Chao, "An efficient cache strategy in information centric networking vehicle-to-vehicle scenario," *IEEE Access*, vol. 5, no. 12, pp. 657-667, 2017.
- [9] S. H. Ahmed, S. H. Bouk, M. A. Yaqub, and H. Song, "CODIE: Controlled data and interest evaluation in vehicular named data networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 6, pp. 3954-3963, Apr. 2016.
- [10] S. H. Bouk, S. H. Ahmed, K. Park, and Y. Eun, "Efficient Data Broadcast Mitigation in Multisource Named-Content Discovery for Vehicular CPS," *IEEE Communications Letters*, vol. 23, no. 9, pp. 1644-1647, Jul. 2019.
- [11] A. K. Niari, R. Berangi, and M. Fathy, "ECCN: an extended CCN architecture to improve data access in vehicular content-centric network," *The Journal of Supercomputing*, vol. 74, no. 1, pp. 205-221, Jan. 2018.
- [12] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, "Internet of Things via named data networking: The support of push traffic," in *Proc. IEEE Int. Conf. Netw. Future*, pp. 1-5, Dec. 2014.
- [13] J. Burke, P. Gasti, N. Nathan, and G. Tsudik, "Secure sensing over named data networking," in *Proc. IEEE 13th Int. Symp. Netw. Comput. Appl.*, pp. 175-180, Aug. 2014.
- [14] M. F. Majeed, S. H. Ahmed, and M. N. Dailey, "Enabling push-based critical data forwarding in vehicular named data networks," *IEEE Communications Letters*, vol. 21, no. 4, pp. 873-876, 2018.
- [15] H. Lim, "Analysis of Forwarding Schemes for Push-based Information Service in Connected Vehicles over NDN," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 25, no. 2, pp. 280-285, Feb. 2021.
- [16] Z. Rezaeifar, J. Wang, and H. Oh, "A trust-based method for mitigating cache poisoning in name data networking," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 104, pp. 117-132, 2018.
- [17] H. Khelifi, S. Luo, B. Nour, H. Moun gla, and S. H. Ahmed, "Reputation-based blockchain for secure NDN caching in vehicular networks," *IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)*, pp. 1-6, 2018.
- [18] M. Chowdhury, A. Gawande, and L. Wang, "Secure information sharing among autonomous vehicles in NDN," *IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IOTDI)*, pp. 15-26, 2017.



이희진(Heejin Lee)

2018년 3월~현재 : 호서대학교 컴퓨터공학부
 ※ 관심분야 : VNDN, 정보중심네트워킹



임현국(Huhnkuk Lim)

2020년 3월~현재 : 호서대학교 컴퓨터공학부 조교수
 2006년 3월~2020 2월 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅본부 책임연구원
 2006년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
 2001년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 1999년 2월 : 항공대학교 전자공학과 학사
 ※ 관심분야 : Vehicular NDN, IoT, Edge AI, 통신 컴퓨팅 융합