JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 2: 280~285, Feb. 2021

커넥티드 차량 엔디엔 네트워크 안에 푸쉬 기반 정보 서비스를 위한 전달 기법 분석

임헌국*

Analysis of Forwarding Schemes for Push-based Information Service in Connected Vehicles over NDN

Huhnkuk Lim*

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

요 약

VNDN 기술을 커넥티드 차량의 인포테인먼트 응용 서비스를 위한 통신 기술로 활용할 시 데이터가 통신의 주체가 되는 데이터중심네트워킹 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 극복 할 수 있다. VNDN 안에 지연에 매우 민감한 critical 정보 데이터를 RSU(Road Side Unit) 등에게 푸쉬 기반으로 전달해 주기 위한 Data 패킷 포워딩 이슈는 VNDN 기반 응용 서비스 실현을 위해 해결해야 할 이슈 중 하나이며, 이를 해결하기 위해 먼저 NDN 환경하에서 푸쉬 기반 데이터 트래픽을 지원해주기 위한 현존하는 포워딩 기법들을 포괄적으로 분석해 보고 각 기법 들을 성능 측면에서 비교 분석해 본다. 이를 통해 VNDN 환경하에서 보다 향상된 푸쉬 기반 중요 데이터 포워딩 기법 연구를 위한 사전 지식으로 활용되어질 수 있기를 기대한다.

ABSTRACT

When VNDN technology is used as a communication technology for infotainment application services of connected vehicles, it is possible to realize data-centric networking technology in which data is the subject of communication.Vehicle security attacks and hacks, performance degradation during long-distance data transmission, and frequent data loss It is possible to innovate the limitations of the current host-oriented Internet-based infotainment application service technology of connected vehicles. The data packet forwarding issue to deliver critical information data that is very sensitive to delay in the VNDN on a push-based basis to RSU (Road Side Unit), etc. is one of the issues to be solved for realizing VNDN-based application services. We comprehensively analyze existing forwarding techniques to support push-based data traffic under the environment, and compare and analyze each technique in terms of performance.

키워드 : 네임드 데이터 네트워킹, 커넥티드 차량, 정보, 컨텐트, 전달 기법

Keywords : Named data networking, Connected vehicle, Information, Content, Forwarding scheme

Received 24 December 2020, **Revised** 29 December 2020, **Accepted** 19 January 2021

* **Corresponding Author** Huhnkuk Lim(E-mail:hklim@hoseo.edu, Tel:+82-41-540-5942)
Assistant Professor, Division of Computer and Information Engineering, Hoseo University, Chungnam Asan, 31499 Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.2.280 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/li-censes/ 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. 서 론

현재 커넥티드 차량의 통신 네트워크 기술은 인포테인먼트 응용 서비스 시 호스트 중심 현재의 인터넷이 갖는 문제점(잦은 핸드오프 시 데이터 끊김 현상, 커넥티드 자동차 해킹 등 보안 문제, 장거리 데이터 전송 시 성능 저하 등)을 그대로 상속 받을 수밖에 없다.

VANET에서 차량 들은 이동성 제공을 위해 기존의 IP 기반 해결책에 의존하며, IP에 대한 이러한 의존성 때문에 VANET에서 데이터 포워딩은 매우 동적인 토폴로지 하에서 짧은 연결성에 직면하는 문제를 갖고 있다.

정보중심네트워킹은 통신서비스 품질(QoS), 보안, 확장성, 이동성 측면 등에서 호스트(단말) 중심의 현재의 TCP/IP 기술이 갖는 한계를 혁신하고자 제안된 데이터(정보) 중심 기반의 미래 인터넷 구조 기술이며, 네임드 데이터 네트워킹(Named Data Networking: NDN)은 가장 대표적인 정보 중심 네트워킹 기술이다.

최근 VANET에서 NDN을 접목하는 VNDN에 관한 연구가 이어졌고, 이것이 유용하다는 것이 입증되어왔다 [1-5]. VNDN에서 consumer 차량은 컨텐트에 대한 Interest 패킷(요청 메시지)을 전송하며, 그러한 Interest 패킷 안에 담긴 이름에 해당하는 데이터를 가진 producer나 라우터는 해당 컨텐트를 consumer에게 포워드 한다. 각 NDN 노드 (consumer, producer, router)는 세 가지 테이블 컨텐트 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 컨텐트 이름 각각에 대해 어떤 노드로 전달되었는지를 기록 하여 각각의 컨텐트 이름에 해당하는 데이터 패킷이 도착할 시 포워딩하기 위한 이름 테이블로 이용된다 [1-5].

VNDN 기술을 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 [1-5].

커넥티드 차량의 보안 측면에서 호스트(차량)이 중심이 되는 기존 통신 네트워크 기술이 아닌 정보(데이터)가 중심이 되는 VNDN 기술을 기반 통신 네트워크 기술로 활용한다면, 차량 식별을 위한 별도의 식별자(IP/ID)가 필요 없고, 또한 차량에서 정보(데이터)를 송수신할 때에만 간헐적으로 VNDN) 망에 접속하기 때문에 커넥티드 차량의 해킹 등을 포함한 보안 문제를 근본적으로 혁신할 수 있다 [1-5]. 장거리 컨텐트 데이터 전송 서비스 성능 측면에서 단대단 혼잡제어 기반의 기존 통신 네트워크 기술이 아닌 홉 바이 홉 기반의 혼잡제어 기술을 이용하는 VNDN 기술을 기반 통신 기술로 활용한다면, 전송 거리에 관계없이 일정한 전송 성능을 보장해 줄 수 있다.

또한 차량 이동 시 핸드오프 문제와 관련하여선 차량마다 유일한 식별자(IP/ID)를 갖는 차량(호스트)이 통신의 주체가 되는 기존 통신 네트워크 기술(TCP/IP)과 달리 차량 식별을 위한 어떠한 식별자도 필요치 않는 VNDN 기술은 정보(데이터)가 통신의 주체가 되기 때문에 핸드오프 문제는 사라지며, 이동한 차량 위치에서 컨텐트 데이터의 요청만 새롭게 하면 된다.

이러한 이점 때문에 최근 VNDN을 커넥티드 차량을 포함한 스마트 차량의 기반 통신 네트워크 기술로 접목시키고자 하는 다양한 연구가 이루어지고 있는 것이다 [1-5].

그런데 VNDN에서 중요 정보 데이터를 풀(Pull) 기반으로 중개할 경우, 상대적으로 높은 지연을 가질 수밖에 없다. VNDN 연구 이슈 가운데 지연에 매우 민감한 중요 정보 데이터를 RSU(Road Side Unit) 등에게 푸쉬 기반으로 전달해 주기 위한 Data 패킷 포워딩 이슈는 VNDN 기반 인포테인먼트 응용 서비스 실현을 위해 해결해야 할 이슈 중 하나이며, 이를 해결할 포워딩 기법 연구는 세계적으로 초기 단계에 있다.

본 논문에서는 NDN 환경하에서 푸쉬 기반 중요 정보 트래픽을 지원해 주는 현존하는 포워딩 기법들에 대해 포괄적으로 소개하고 성능 측면에서 그것들의 장단점을 비교 분석한다. 이는 향후 VNDN 환경하에서 보다 향상된 푸쉬 기반 중요 데이터 포워딩 기법 연구를 위한 사전 지식으로 활용 되어질 수 있을 것이다.

Ⅱ. VNDN 환경하에서 푸쉬 기반 트래픽 포워딩 지원 이슈

Pure VNDN 환경에서 커넥티드 차량(Producer)은 돌발 상황이나 위험 상황을 감지하였을 경우 광고 브로드캐스팅 메시지를 RSU로 전달하고 RSU는 Interest 패킷 브로드캐스팅을 통해 커넥티드 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 [6-8]. 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.

돌발 위험 상황을 인지한 혹은 사고가 난 차량이 돌발 상황 혹은 그 사고에 대한 데이터를 중요 정보로서 근처 RSU 또는 타 차량 들에 알려야 하는 경우가 대표적인 푸쉬 기반 중요 정보 데이터 포워딩 응용 사례라 할 수 있으며, VNDN 환경하에서 푸쉬 기반 중요 데이터 포워딩을 지원해 주기 위한 포워딩 기법 연구는 아직까지 초기 단계이다 [6-8].

Ⅲ. NDN에서 푸쉬 기반 중요 정보 데이터 포워딩 기법

3.1. Interest notification, unsolicited data, 그리고 Virtual Interest Polling 기법

IoT 트래픽을 세 가지 범주로 분류하고 이러한 서로 다른 트래픽 유형에 대해 NDN에서의 세 가지 푸쉬 기반 포워딩 기법 (Interest notification, unsolicited traffic data, and virtual interest polling)을 제안하였다 [6].

차량 NDN 트래픽은 아니지만 공장 자동화를 위한 세 가지 IoT 센서 데이터 타입들에 대해 푸쉬 기반 전송 기법을 제안하여 지연을 경감시키고 신뢰성 높은 데이터의 전송을 보장한 것이다.

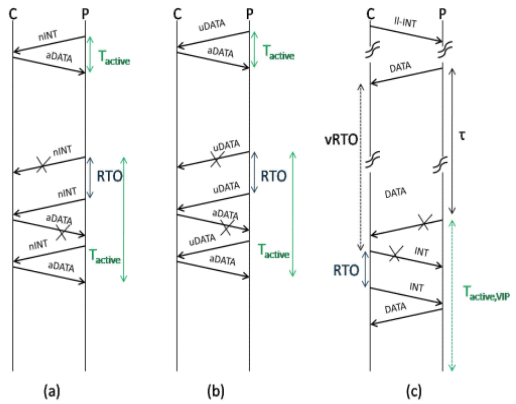

Fig. 1 (a) Interest notification, (b) unsolicited traffic data, (c) virtual interest polling [6]

Interest notification 기법과 unsolicited data 기법에 대해 producer는 생산한 데이터를 consumer에게 알리기 위해 각각 nINT, uDATA를 이용한다. producer는 생산한 데이터를 푸쉬 기반으로 보내고 나서 무한정으로 기다리지 않는다. 왜냐하면 producer 노드의 복잡도가 증가하기 때문이다. 그림 1 안에 보여지는 것처럼 두 기법은 nINT 나 uDATA 가 전송 중 손실될 경우를 대비하여 RTO 라는 타이머를 이용한다. RTO가 타임 아웃되면 producer가 다시 데이터를 보낸다. aDATA를 받을 때까지 이 과정에 필요한 시간은 T_{active} 로 지정한다.

Virtual Interest Polling(VIP) 기법에서 producer는 consumer에게 연속해서 두 번의 데이터를 전송할 때 최대 간격 시간을 τ로 제한한다. Consumer는 데이터를 수신하고 INT 메시지를 보내기 위해 최대 vRTO 만큼 시간을 기다린다. 이 시간 내에 데이터를 받으면 INT의 lifecycle 만 갱신한다. 또한 producer가 RTO 시간 내에 INT 데이터를 받지 못하면 INT를 다시 보내고 타이머 RTO를 활성화 시킨다. Producer가 데이터를 받을 때까지 계속 RTO 시간 간격으로 INT를 보내는 것이다. Consumer는 데이터를 받아서 타이머 vRTO를 다시 시작한다. VIP 기법에서 producer는 제한된 시간 내에 동작해야 하고, 이 시간은 n*RTO 이다 (n은 지정한 최대 전송 횟수). VIP 기법은 에너지 사용량, 평균 데이터 교환율 및 평균 오버헤드 측면에서 앞선 두 가지 기법에 비해 좋은 성능을 보였다 [6].

그러나 위 소개된 방법 모두 추가 지연을 유발하는

Interest 패킷을 consumer가 생성하도록 요구하는 단점이 존재한다.

3.2. Secure sensing over NDN

푸쉬 기반 IoT 트래픽을 지원하기 위해 데이터를 생산하는 producer 응용 센서 안에 새로운 데이터가 생성될 때마다 consumer에게 Interest 패킷을 요청하도록 알리는 기법을 제안하였다 [7].

제안된 기법은 NDN 기반 센서들이 안전한 센싱을 하기 위한 시스템으로 동작하기 위해 접목 되어질 수 있다. 테스트를 위해 producer는 데이터를 생산하고 측정하는 센서 장치에 구현되었다. 새로운 컨텐트가 생산되어 사용 가능할 때마다, 센서는 고객 측의 응용 단에 그 컨텐트에 대한 Interest 패킷을 만들어내도록 통지한다. 이러한 메커니즘은 컨텐트가 생산되고 지연이 발생되기 전에 consumer에 의해 Interest 패킷을 발생하도록 유도하기 위함이다.

IoT 기술을 빌딩 자동화 시스템과 같은 중요한 인프라와 융합시키기 위해 자원이 제한된 장치에서의 보안 연결이 점점 더 중요 해지고 있다. 본 기법은 NDN을 통해 센서를 애플리케이션과 연결하기 위한 안전하고 효율적인 데이터 전송 프레임워크 설계에 중점을 두어 탄생 되었다고 할 수 있다. 프레임워크에는 센서 데이터를 인증 할 수 있는 신뢰 모델과 데이터 암호화 및 주요 속성을 기반으로 하는 세분화된 액세스 제어 메커니즘이 포함되었다.

푸시 기반 포워딩을 사용하면 센서는 비동기 이벤트에 의해 트리거 될 때 데이터를 감지하고 생성한다. 비동기 이벤트는 실패 또는 중요한 알림과 밀접한 관련이 있으므로 센서는 데이터를 애플리케이션에 안정적으로 전송해야 한다. NDN은 수신자 기반의 풀 (pull) 기반 통신 패러다임을 갖기 때문에, 지연을 없애기 위해 애플리케이션은 데이터를 수신하기 위해 센서와 다음의 절차를 갖는 푸쉬 기반 기법을 이용하는 것이다.

1. Sen은 환경을 감지하고 데이터를 생성하며, 데이터 암호화를 통한 액세스 제어를 수행하며, 서명된 데이터 패킷을 생성하여 이름 cname과 함께 데이터를 네임 스페이스에 포함 시킨다.
2. Sen은 nameApp/[cname]에 대해 inApp을 발행하며, 여기서 [cname]은 CSen의 전체 이름을 포함하는 OPAque 이름 구성 요소다.
3. 앱은 intApp을 받아 cname을 구문 분석하여 cname에 대한 Interest 패킷을 intSen에 보낸다.
4. Sen은 IntSen을 받고 CSen으로 응답한다.
5. app는 CSen을 수신하고 서명을 검증하며, 비밀 키를 이용하여 데이터를 해독한다.

위 기법은 추가 지연을 유발하는 Interest 패킷을 consumer가 생성하도록 요구한다는 단점이 역시 존재한다.

3.3. Push-based critical data forwarding in VNDN

앞서 설명한 두 개의 기법이 IoT 데이터를 푸시 기반으로 보내주기 위한 기법이었다면 실제 VNDN 환경하에서 푸쉬 기반 중요 정보 데이터 포워딩을 지원하기 위한 기법이 제안되어왔다 [8]. 본 기법은 위험 상황을 감지한 차량(Provider)이 비콘 메시지를 브로드캐스팅하여 RSU에 알리고, 그 과정에서 비콘 메시지를 수신한 모든 중개 차량으로 하여금 위험상황을 설명하는 컨텐트 청크를 푸쉬 기반으로 RSU에 중개하기 위한 인위적인 Interest 패킷을 생성하도록 하여 PIT 테이블에 컨텐트 이름 항목을 추가하는 방식이다.

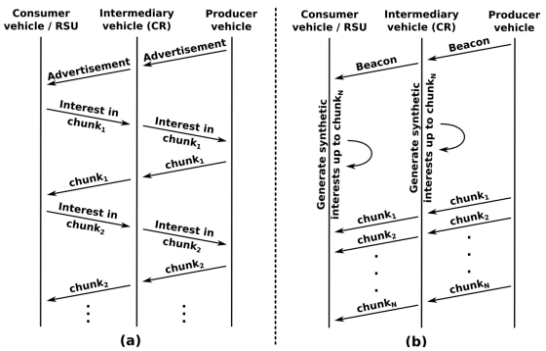

Fig. 2 Chunk level data retrieval in VNDN
(a) pull-based VNDN (b) push-based VNDN [8]

그림 2에 제시된 푸쉬 기반 VNDN 구조에서 어떤 차량(producer)은 사고/돌발 상황에 대한 중요 정보를 수집하고, 이웃하는 자동차 υ또는 RSU c를 향해 비콘 메시지 b를 보낸다. 비콘 b는 콘텐트 객체 이름과 크기와 같은 중요 컨텐트를 설명하는 정보를 담고 있다. 이것을 위해, 추가적인 필드가 기존의 NDN Interest 패킷에 추가되어 비콘 패킷의 역할을 하도록 하였다. Interest 패킷을 비콘으로 사용하는 것은 NDN 구조에 영향을 주지

않는다. 이것이 push VNDN을 지원하기 위한 현실적인 방법임을 강조하고 있다.

VNDN을 위한 푸쉬 기반 데이터 전파를 위한 메커니즘을 제안하여 producer 차량에서 선행하는 Interest 패킷 없이 컨텐트를 포워딩할 수 있다. 그림 2에서 제시된 VNDN을 위한 푸쉬 기반 포워딩 메커니즘은 기존 NDN 메커니즘을 최대한 활용하여 컨텐트 포워딩과 캐싱 지연을 감소시키기 위해 네트워크에 컨텐트를 푸쉬하는 것을 지원한다.

풀 기반 pure NDN 에서 producer는 컨텐트를 보내기 전에 Interest 패킷을 받아야 한다. 중개 차량 또한 컨텐트를 캐시하고 포워딩하기 위해 Interest 패킷을 받아야만 했다. 반면 제안된 VNDN 환경하에서 푸쉬 기반 데이터 포워딩 기법은 데이터의 생산, 발생 및 포워딩에 필요한 Interest 패킷의 요청 없이 네트워크에 중요 정보 데이터를 전송할 수 있게 하려는 것이다. 제안 기법에 의해 pure NDN의 총 전송 시간을 상당히 줄여 줄 수 있었다.

제안 기법에서 비콘 메시지를 활용하여 차량 들이 원홉 이웃들과 최근 만족된 목록(the recently satisfied list; RSL)이라고 부르는 독특한 데이터 구조를 공유한다. 중요 정보 컨텐트 포워딩을 위해 특별한 Interest 요청 없이 producer는 비콘을 광고한 뒤 가장 가까운 노변장치(RSU)로 콘텐트를 하나 혹은 그 이상의 중개 차량을 통해 푸시 한다. 중요 정보 데이터 비콘을 받은 각 중개 차량에 의해 인위적인 Interest 패킷이 생성되고, 이것은 중개 차량 들의 PIT 안에 해당 컨텐트 중개를 위한 항목을 생성한다 [8].

푸쉬 기반 VNDN의 장점은 Interest 패킷 발생 없이도, producer가 비콘 메시지를 보낸 후에 즉시 콘텐트를 푸시할 수 있다는 점이다. 즉 청크를 보내기 전에Interest 패킷을 보내는 시간을 제거함으로써 전송 오버헤드를 줄여주는 것이다. 따라서 전체 지연은 풀 기반 VNDN의 절반이 된다. NDNSim을 이용하여 청크 당 풀 기반 그리고 푸쉬 기반 VNDN의 총 청크 지연을 비교하여 제안된 푸쉬 기반 VNDN이 풀 기반 VNDN을 훨씬 향상시킴을 보여주었다.

하지만 본 논문에서 제안한 기법의 단점은 원 홉만을 전달할 수 있는 푸쉬 기반 중요 데이터 포워딩 전송, 비콘 메시지와 같은 추가 Interest 패킷을 이용한 패킷 교환 오버헤드가 존재하고 이는 complexity를 증가시킨다.

Ⅳ. 토 의

커넥티드 차량의 인포테인먼트 응용은 데이터 중심 네트워킹(NDN)의 핵심 응용 분야 중 하나이다. VNDN 기반의 커넥티드 차량 인포테인먼트 응용 서비스를 위해 꼭 해결해야 할 이슈 중 하나는 중요 정보 서비스를 위해 푸쉬 기반 중요 정보 데이터의 포워딩 지원 이슈이다. 본 논문에서는 NDN에서 현존하는 푸쉬 기반 데이터 패킷 포워딩 기법들을 분석해 보았다.

표 1은 앞서 설명한 NDN 환경하에서 현존하는 푸쉬 기반 트래픽 포워딩 지원 기법들 그리고 Naive NDN을 데이터 지연(Chunk latency), 혼잡(Congestion), 복잡도(complexity) 측면에서 처음으로 비교하였다.

[6], [7] 안에 소개된 IoT 트래픽을 위한 푸쉬 기법은 producer가 데이터를 생성할 때마다 이를 consumer에게 알리고 Interest 패킷 요청에 의해 Data 패킷을 가져오는 방식으로 Naive NDN 방식보다는 chunk latency 측면에서 향상된 결과를 낳는다. VNDN 환경하에 소개된 [8] 안에 기법은 producer가 중요 정보 데이터를 생성할 때 직접 비콘 메시지를 이용하여 포워딩 루트를 확보한 후 실제 consumer에게 중요 정보 데이터를 푸쉬 한다. 따라서 [6], [7] 안에 기법보다 더 나은 chunk latency를 보일 수 있다.

Naive NDN은 중요 정보 데이터 획득을 위해 계속적으로 Interest 패킷을 발행하여야 한다. 또한 [6], [7] 안에 기법은 데이터 획득을 위해 [8]의 기법보다 더 많은 메시지의 교환을 필요로 하므로 congestion 측면에서도 [8]의 기법이 가장 우세하다. 그러나 [8]의 기법은 추가

Table. 1 Comparison between legacy push-based traffic forwarding schemes and naive NDN.

Scheme / Performance factor	Naive V-NDN	Push-based critical data forwarding in VNDN [8]	Secure sensing over NDN [7]	Virtual interest polling for IoT traffic [6]
Chunk latency	Ultra high	Medium	High	High
Congestion	Ultra high	Low	High	High
Complexity	Low	Medium	Low	Low

적인 Interest 비콘 메시지 교환을 필요로 하므로 complexity 측면에선 좋지 않다.

이를 종합해 보면 VNDN 환경 하에 적용된 푸쉬 기반 포워딩 기법 [8]은 chunk latency, congestion 성능 측면에서는 타 기법들과 비교하여 우수한 성능을, complexity 측면에선 좋지 않은 성능을 갖는다는 것을 알 수 있다.

Ⅴ. 결 론

VNDN에서 중요 정보 데이터를 풀 기반으로 전송 할 경우, 상대적으로 높은 지연을 가져온다. VNDN 연구 이슈 가운데 지연에 매우 민감한 중요 정보 데이터를 RSU 등에게 푸쉬 기반으로 전달해 주기 위한 중요

정보 데이터 포워딩 지원 문제는 VNDN 기반 인포테인먼트 응용 서비스 실현을 위해 반드시 해결해야 할 이슈 중 하나이다. 본 논문에서는 NDN 에서 푸쉬 기반 데이터 트래픽을 지원해주기 위한 현존하는 포워딩 기법들에 대해 포괄적으로 분석해 보고 데이터 지연, 혼잡, 복잡도와 같은 성능 측면에서 현존하는 기법들을 비교 분석해 보았다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Academic Research fund of Hoseo University in 2020 (2020-0422)

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] 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, 2017.

[3] G. Grassi, D. Pesavento, and G. Pau, “Vehicular Inter-Networking via Named Data,” *ACM Hot Mobile conference*, pp. 1-2, 2015.

[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] S. H. Bouk, S. H. Ahmed, D. Kim, and H. Song, “Named Data Networking-Based ITS for Smart Cities,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 54, no. 1, pp. 105-111, Jan. 2017.

[6] M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, “Internet of Things via named data networking: The support of push traffic,” *International Conference and Workshop on the Network of the Future (NOF)*, pp. 1-5, Dec. 2014.

[7] J. Burke, P. Gasti, N. Nathan, and G. Tsudik, “Secure sensing over named data networking,” in *Proceeding IEEE 13th International Symposium on Network Computing and Applications(NCA)*, pp. 175-180, Aug. 2014.

[8] 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, Apr. 2018.

임헌국(Huhnkuk Lim)

2020년 3월~현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수

2006년 3월~2020 2월 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅본부 책임연구원

2015년 3월~2020년 2월 : 과학기술연합대학원 대학교 HPC 및 데이터과학 전공 교수

2006년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사

2001년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사

1999년 2월 : 항공대학교 전자공학과 학사

※ 관심분야 : 사물인터넷, 엣지 AI, Vehicular NDN, 통신 컴퓨팅 융합