

Telematics 서비스를 위한 Content-Centric Network의 활용 및 아키텍처에 대한 연구

정태열^{1,0}, 홍원기^{1,2}

¹포항공과대학교 컴퓨터공학과,

²포항공과대학교 정보전자융합공학부

{dreamerty,jwkhong}@postech.ac.kr,

요 약

무선 통신 기술이 발전하고 자동차에 대한 관심이 증대되면서 텔레매틱스 서비스에 대한 연구 개발도 계속되고 있다. 현재 대부분의 텔레매틱스 서비스는 차량과 기지국이 Cellular Network 를 통해 직접 통신하는 형태로 제공되고 있지만 향후 차량간 근거리 통신 기술인 DSRC/WAVE 등을 통한 차량간 통신 기술이 보급되면서 텔레매틱스 서비스에 대한 수요가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 하지만 기존의 TCP/IP 는 차량간 통신과 같은 네트워크 환경의 변화가 큰 상황에 적합하지 않기 때문에 효율적으로 텔레매틱스 서비스를 제공하는데 많은 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이 같은 문제점을 해결하기 위해 텔레매틱스에 Content-Centric Network 를 활용할 수 있는 방안을 제시하고 텔레매틱스 서비스에 적합한 아키텍처를 제안한다.

1. 서론

텔레매틱스 서비스에 대한 관심이 커지면서 빠른 속도로 움직이는 차량간의 통신기술에 대한 연구도 활발히 진행되어 왔다[1],[2]. 그 중 가장 현재 가장 각광 받고 있는 기술은 IEEE 802.11p Dedicated Short Range Communication(DSRC) 와 IEEE 1609 Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) 이다[3]. 5.9GHz 주파수 대역을 사용하는 DSRC/WAVE 를 이용하면 100km/h 가 넘는 속도로 달리는 차량이 최대 1000m 범위 내에서 Vehicle-to-Vehicle(V2V) 통신 또는 Vehicle-to-Road Side Unit(V2R) 통신을 통해 27Mbps 의 전송 속도로 데이터를 전송하는 것이 가능해진다. 하지만 DSRC/WAVE protocol stack 을 살펴보면 DSRC/WAVE 는 그림 1 과 같이 빠른 응답 속도를 필요로 하는 Safety application 을 위해서는 Lightweight WAVE Short Message Protocol(WAMP)를 사용하는 반면에 Non-safety application 을 위해서는 TCP/IP protocol 을 사용한다는 점이다. 하지만 여러 선행 연구에서 밝혀진 것과 같이 TCP/IP 는 차량간 통신과 같은 모바일 환경에 사용되기에는 적합하지 않다[4],[5]. 차량간 통신 기술을 위해 널리 사용될 것으로 예상되는 DSRC/WAVE 을 사용해 V2V, V2R 커뮤니케이션을 구현할 때 TCP/IP 프로토콜의 한계점은 성능에 적지 않은 영향을 미치기 때문에 본 논문에서는 Named Data 기반의 Content-Centric Networking(CCN)[6]을 사용해 이를 대체하고자 한다. V2V, V2R 통신 환경에서 TCP/IP 를 사용할 경우

의 문제점과 CCN 을 사용함으로써 얻을 수 있는 장점은 아래와 같이 요약할 수 있다.

먼저 CCN 에서는 네트워크 노드들이 통신하기 전에 IP 주소, Name Server 등에 대한 별도의 configuration 을 필요로 하지 않는다. 이점은 특히 네트워크 환경의 변화가 크기 때문에 static configuration 이 어려운 차량간 통신에서 효율적이다. 다시 말하면 CCN 의 데이터 요청 및 전송은 Request/reply 형태로 이루어지기 때문에 IP 주소 설정, 데이터 전송 경로 설정을 필요로 하지 않으며 데이터 전송 전에 session establishment 가 필요하지 않다. 또한 CCN 은 위치와 관련된 서비스를 제공하는데 유리하다는 장점이 있다. 근처 차량에 대한 정보 요청, 도로 정보와 같은 차량간 통신 환경에서 제공될 수 있는 위치기반의 서비스들이 node identity 나 IP address 에 대한 정보 없이 이루어질 수 있기 때문이다. 쉽고 효율적인 in-network-caching 을 지원하는 것도 CCN 의 장점이다.

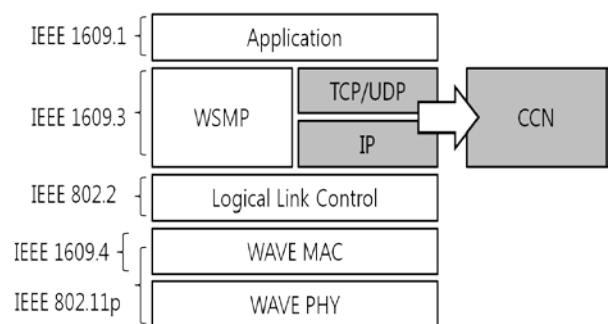


그림 1. CCN 을 적용한 DSRC/WAVE Protocol Stack

CCN 을 사용하여 차량간 통신에 참여하는 차량들은 에너지나 저장공간에 대한 제약이 적기 때문에 추가로 별다른 노력 없이 CCN 의 in-network-caching 을 최대로 활용할 수 있다. CCN 은 노드들의 cache 에 저장된 데이터를 서로 요청하고 전달하는 것이 가능하다. 때문에 CCN 의 한 노드는 서로 떨어진 두 지점의 정보를 교환하는 중개자의 역할을 하거나, 서로 떨어진 두 노드 사이의 데이터를 전달해주는 역할 즉 떨어진 두 지점의 커뮤니케이션을 연결하는 역할을 수행할 수 있다. 움직이는 차량들이 형성하는 네트워크는 이처럼 주로 물리적으로 떨어진 서로 다른 소규모의 Vehicular Ad Hoc Network 들의 모임으로 이루어지기 때문에 이 같은 환경에서 CCN 의 장점이 극대화 될 수 있다.

마지막으로 CCN 을 이용한 차량간 통신 서비스 제공은 차량이나 Road Side Unit(RSU)에 간단한 CCN Stack 을 구현하는 것만으로 가능해지며, 기존 Infrastructure 또는 Core-Network 에 어떠한 수정도 필요로 하지 않기 때문에 빠른 시장 형성에 유리하다는 이점을 갖고 있다.

텔레매틱스에서는 V2V 나 V2R 처럼 근거리 통신 기술을 사용하는 것뿐만 아니라 Vehicle-to-Infrastructure(V2I) 처럼 원거리 통신 기술을 사용하는 것도 필요하다. 원거리 통신에 사용될 수 있는 통신 기술은 3G, LTE, WiMAX 등이 있으며 이 경우 차량은 기지국과 직접 통신하게 된다. 본 논문에서는 V2V 또는 V2R 통신을 위해 사용되는 DSRC/WAVE protocol stack 에서 TCP/IP 를 대체하기 위해 CCN 을 적용하는 것과는 달리 차량과 Infrastructure 간의 통신 즉 V2I 에서 CCN 적용을 위해 생기는 Infrastructure Network 수정에 대한 부담을 고려하여 CCN over IP 형태의 통신을 사용해서 구현할 수 있다[6].

지금까지 살펴본 것처럼 CCN 기반의 텔레매틱스 서비스는 기존에 제안되고 있는 TCP/IP 기반의 통신 구조에 비해 여러 가지 이점을 가질 수 있다. 본 논문에서는 특히 텔레매틱스 서비스의 가장 중요한 특징 중 하나인 V2V, V2R 통신 서비스를 제공할 때 TCP/IP 가 가지는 한계점들을 CCN 을 통해 해결하기 위한 방법과 디자인 이슈들에 대해 논의한다. 본 논문의 2 장에서는 본 연구와 관련된 선행 연구들을 소개하고 3 장에서는 제안하는 CCN 기반의 텔레매틱스 서비스를 자세히 서술하며 4 장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향들을 소개한다.

2. 관련 연구

논문 [7] 은 Named Data 를 V2V Communication 에 활용하기 위해 이에 적합한 Data Name 의 구조를 제안하고 사용 예를 보였다. 하지만 이 논문은 실제 텔레매틱스 서비스에서 발생 가능한 다양한 종류의 어플리케이션, 이벤트들에 대한 구체적인 분석이

없고 Data Name 의 계층적 구조가 Named Data 를 통한 텔레매틱스 관련 데이터 검색에 효율적이지 못한 형태로 되어 있다. 같은 저자들의 다음 연구인 논문 [8]에서는 Named Data 이 V2V 를 활용한 차량간 교통 정보 전달 서비스에 사용되었을 때 차량간 데이터 전달이 얼마나 빠르게 이루어지는지를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 시뮬레이션 결과는 도로 위 차량간 간격이 좁을 때 차량간 데이터 전송이 더 빠르게 이루어짐을 보이고 있다. 구체적인 결과를 살펴보면 어떤 차량의 위치로부터 10km 전방에 있는 차량에 Named Data 를 활용해 정보를 요청했을 경우 차량간 간격이 90m 라고 가정 했을 때 데이터를 전달 받는데 최대 4 초의 시간이 걸렸고 차량간 간격이 70m 이하 일 경우 데이터를 전달 받는데 1 초 이하의 시간 밖에 걸리지 않았다. 이 실험 결과는 CCN 과 같은 Named Data 를 이용한 통신 방법이 텔레매틱 서비스에서 TCP/IP 를 대체할 수 있음을 시사한다.

논문 [9] 는 CCN 모델을 Hybrid Vehicular Ad-Hoc Network 에 적용 하였다. 특히 이 논문에서는 CCN 이 사고 정보, 위험 발견 등 Delay sensitive 한 데이터의 전달 및 서비스에 사용 되기 위해서는 Consumer 의 Interest Packet 의 요청에 의한 데이터 전달이 아니라 Publisher 의 능동적인 데이터 생성 및 전송이 이루어져야 함을 제안하고 이를 해결하기 위해 CCN 에 Event Packet 이라는 개념을 추가 하였다. Event Packet 은 차량에 부착되어 있는 센서나 사용자의 수동 입력을 통해 사고와 같은 중요한 이벤트를 감지 했을 경우 미리 다른 사용자의 Interest Packet 요청이 없어도 이 정보를 주위 차량에 전달하는 역할을 수행함으로써 Delay sensitive 한 사고 관련 이벤트의 빠른 전송을 보장할 수 있다. 하지만 이 논문에서 제안한 Event Packet 은 Request/Reply 라는 CCN 기본 패러다임과 상충되는 수정을 필요로 한다는 점과 서비스 종류에 따라 단순히 주기적으로 Interest Packet 을 전송하는 것으로 Event Packet 을 대체할 수 있다는 점에서 한계를 지닌다.

논문 [5] 는 Vehicular Ad-Hoc Network 를 위한 CCN 기반의 프레임워크를 제안하고 이를 IEEE 802.11p 표준에서 구현 및 검증하였다. 이 논문에 따르면 CCN 기반의 Vehicular Ad-Hoc Network 는 기존의 TCP/IP 기반으로 통신하는 Vehicular Ad-Hoc Network 에 비해 데이터 전송 속도, 데이터 크기 증가에 따른 성능 저하, 차량의 데이터 전달 역할에 대한 Load 의 분산의 측면에서 더 좋은 성능을 보였다. 이 같은 결과는 CCN 기반의 Vehicular Ad-Hoc Network 가 TCP/IP 를 사용할 때보다 성능적으로 우수함을 보였지만 제안한 프레임워크를 실제 차량간 통신 서비스와 같은 텔레매틱스 서비스에 적용하기 위해서 어떤 방법으로 구체화 할지에 대한 논의가 부족하다.

3. CCN 기반의 텔레매틱스

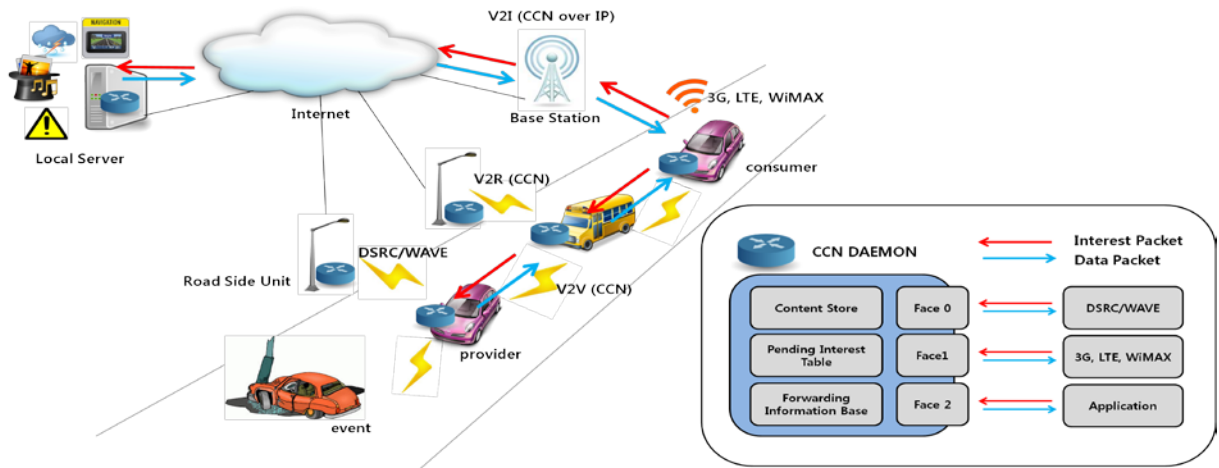


그림 2. CCN 기반의 텔레매틱스 서비스 아키텍처

A. 시스템 구조

Provider: 본 논문에서 제안하는 텔레매틱스 시스템에서 데이터는 차량, RSU, 로컬 서버와 같은 다양한 Provider 에 의해 생성된다. 그림 2 에서 볼 수 있는 것처럼 차량들은 차량 내외부에 설치된 충격 감지 센서, 적외선 센서, 블랙박스 카메라, 사용자의 수동적인 입력 등과 같은 다양한 경로를 통해 사고, 교통 체증, 도로 정보 등과 같은 의미 있는 정보들을 미리 정해진 Data Naming 구조를 따라 자신의 Cache 에 저장하게 된다. Provider 는 향후 Consumer 로부터 특정 데이터에 대한 Interest Packet 을 전달 받았을 경우 해당 데이터를 Consumer 에게 전달한다. 도로 근처에 일정 거리마다 설치된 RSU 같은 경우 내장된 센서를 통해 광범위한 도로의 정보를 얻을 수 있으므로 텔레매틱스 서비스에서 중요한 Provider 의 역할을 수행한다. 다양한 텔레매틱스 서비스를 제공하는 공공기관, 개인 기업과 같은 서비스 제공자들은 Local Server 를 통해 차량들로부터 수집, 재가공한 데이터를 제공하는 Provider 의 역할을 수행할 수 있다.

Consumer: Consumer 는 특정 데이터에 대한 요청을 위해 Interest Packet 을 주위 차량들에 전달한다. 이 때 Interest Packet 은 미리 정해진 Data Naming 구조를 따르게 되고 이는 어플리케이션의 카테고리, 이름, 이벤트의 종류, 지역 정보, 시간 정보 등을 포함한다. 서비스를 위해 사용되는 무선 통신의 측면에서 봤을 때 Consumer 는 크게 근거리 무선 통신인 V2V, V2R 또는 원거리 무선 통신인 V2I 를 통해 데이터를 얻을 수 있다. V2V, V2R 통신은 주로 DSRC/WAVE 를 통해 이루어질 것으로 예상되며 CCN Stack 을 하여 Infrastructure 의 지원 없이도 V2V, V2R 서비스 사용이 가능하게 된다. V2I 통신은 3G, LTE, WiMAX 와 같은 원거리 통신을 이용해 이루어지며 통신을 위해 차량 주변의 기지국과의 연결이 필요하기 때문에 Infrastructure 의 지원이 필요하다.

Data Forwarding: CCN 기반의 텔레매틱스 서비스에서 Provider 와 Consumer 간의 데이터 전달에 참여하는 모든 차량, RSU 등은 해당 데이터를 자신의 Cache 에 저장한다. 향후 차량에 텔레매틱스 서비스를 제공하기 위한 시스템이 구축될 경우 CCN Cache 로 사용될 충분한 저장공간을 제공받을 수 있을 것으로 예상되므로 CCN 노드 들은 자신을 거쳐가는 모든 데이터를 Cache 에 저장함으로써 Cache Hit 를 높이고 데이터의 높은 Freshness 를 유지할 수 있다. 특히 개인용 차량 뿐 아니라 택시, 버스와 같은 차량이 Data Forwarding 기능을 할 경우 주기적으로 다양한 지역에 대한 데이터를 수집할 수 있어 텔레매틱스 서비스 제공에 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 3 장에서는 차량에 설치될 내장형 텔레매틱스 시스템이 보급되기 전 과도기적 단계에서 스마트폰, 네비게이션, 블랙박스 등 비교적 적은 저장 공간을 가지는 장비들이 그 대안으로 사용될 경우의 Cache 활용 가능성에 대해 논의한다.

B. Data Naming

Named Data 를 기반으로 한 CCN 은 노드들 사이의 데이터 요청 및 전달이 Data Name 을 기반으로 이루어진다. 적절하게 디자인 된 계층적 Data Naming 구조는 Interest Packet Forwarding 을 통해 해당 데이터를 찾는 시간에도 영향을 미칠 뿐만 아니라 데이터들의 효율적인 가공 및 관리와도 밀접한 관련을 갖기 때문에 텔레매틱스 서비스에 대한 충분한 이해를 바탕으로 한 Naming Structure 가 필요하다. 본 논문에서 제안하는 텔레매틱스 서비스를 위한 Data Naming 의 구조는 아래와 같다.

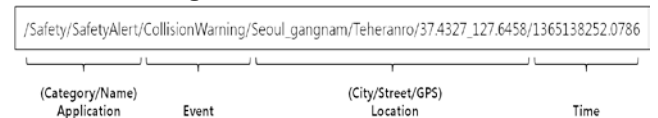


그림 3. CCN Data Naming 구조

Application	Application Category	Safety, Traffic information, Entertainment, Interactive service, File transfer, ...
	Application Name	Safety alert, Traffic info, Navigation, Travel, City info, V2V-SNS, V2V-VoIP, File sharing, ...
Event		Ex) Safety Alert Application - Collision warning, Lane change assistance, Emergency vehicle warning, Wrong way driving warning, Signal violation warning, ...
Location	City	Seoul_gangnam, Seoul_songpa, Seoul_seocho, Cheonan, Pohang, ...
	Street	Teheranro, Gangnamdaero, Euljiro, ...
	GPS	37.4327, 127.6458,
Time		1365138252.0786

표 1. 텔레매틱스 서비스를 위한 CCN Data Naming 예시

Application: Application 항목은 Application Category 와 Application Name 두 가지 세부 항목으로 나뉜다. Application 들은 그 목적에 따라 safety, traffic information, entertainment, interactive service, file transfer 와 같은 특정 카테고리에 분류된다. 이 카테고리는 다양한 application 에 의해 생성된 Interest Packet 또는 Data Packet 들이 전달될 때 우선 순위를 결정한다. 예를 들어 안전과 관련된 정보를 전달하는 safety application 은 가장 높은 우선 순위를 가지고, 교통 정보와 관련된 traffic information application 은 다른 application 들에 비해 높은 우선 순위를 가진다. Application Name 은 한 application 을 다른 application 들과 구분 짓는 고유한 이름을 말한다. CCN 기반의 텔레매틱스 서비스가 활성화 된다면 사용자는 서비스 제공자들로부터 다양한 어플리케이션들을 제공 받을 수 있다. 예상 가능한 종류로는 안전과 관련된 경보 및 알람, 교통 정보, 네비게이션, 여행 정보, 도시 정보, 차량간 소셜 네트워크, 차량간 화상 통화 서비스, 멀티미디어 데이터 공유 등이 있다.

Event: 하나의 어플리케이션 내에서도 다양한 종류의 event 들을 세분화 할 필요가 있다. 예를 들어 road safety 의 목적을 가지는 하나의 어플리케이션을 Collision warning, Lane change assistance, Emergency vehicle warning, Wrong way driving warning, Signal violation warning 등의 세부 event 들로 구분할 필요가 있다.

Location: Location 항목은 Provider 가 데이터를 생성할 때 해당 데이터와 관련 있는 지역을 설정하는데 사용된다. 특히 텔레매틱스 서비스의 이용자는 차량과 관련된 정보들에 관심을 갖게 되는데 이때 지역 정보는 무엇보다도 중요한 항목이 되므로 세분화하여 나타낼 필요가 있다.

지역 정보는 도시이름/도로명/GPS 좌표로 구성된다. 대부분의 차량들은 자신이 위치한 도시 또는 해당 도시의 특정 도로와 연관된 정보에 관심이 있다. 예를 들어 자신이 위치한 도로에 사고로 인한 교통 체증이 발생했을 경우 해당 사고 지점 근처에 있었던 차량의 블랙박스 영상 정보를 요청하거나 출근길 특정 도로의 교통 상황에 대한 요청 등은

모두 특정 도시의 특정 도로명을 기준으로 이루어진다. 도로명을 기준으로 한 데이터 생성은 그 정확도에 한계가 존재함으로 하나의 도로를 구역별로 좀 더 세분화 하여 나타낼 수도 있고 이보다 좀 더 정확한 위치 정보를 얻기 위해 차량에 설치된 GPS 모듈로부터 자동으로 GPS 좌표를 얻어 데이터 생성 시 이를 포함시킨다.

Time: 데이터가 생성된 시각에 대한 정보를 나타낸다. Time 항목은 Unix time 으로 표시하며 ms 단위 까지 표기한다. Time 값을 통해 데이터의 최신 여부를 확인할 수 있으며 이같이 ms 단위까지 데이터 생성 시간을 표기 함으로써 동일한 이벤트를 목격한 차량들이 생성한 데이터가 중복된 Data Name 을 가지는 것을 막아줄 수 있다.

C. Interest Packet Forwarding 주기

제안한 CCN 기반의 텔레매틱스 서비스의 Consumer 는 관심 있는 데이터를 얻기 위해 Interest Packet 을 주위 차량들에 전달한다. 이때 Consumer 의 Interest Packet 은 크게 두 종류로 나눌 수 있는데 첫째는 경보 및 알람, 도로 상태 정보, 교통 혼잡 정보 등 운전자에게 지속적으로 필요한 정보를 전달받기 위해 주변 차량에 일정 간격마다 전달되어야 하는 Interest Packet 이고 둘째는 엔터테인먼트, 차량간 SNS, 파일공유 등 사용자가 어떤 데이터에 관심이 있을 경우 사용자의 요청에 의해 전달하는 Interest Packet 이다. 이 때 주기적으로 주변 차량에 Interest Packet 을 요청하는 경우 표 2 와 같이 어플리케이션의 목적에 따라 적절한 데이터 요청 주기와 관심 지역 범위를 분류 하는 것이 필요하다.

종류	요청 주기	관심 지역 범위
경보 및 알람	~5 초	도로명
도로 상태 정보	~10 분	도시명
교통 혼잡 정보	~30 분	도로명
날씨 정보	~1 시간	도시명
도시 정보	~1 주일	도시명

표 2. Interest Packet Forwarding 주기

D. CCN Caching 의 현실성

일반적으로 텔레매틱스 서비스를 위해 CCN Stack 이 설치된 차량은 전원 공급에 대한 제약과 저장공간에 대한 제약이 상당히 적다고 생각될 수 있기 때문에 효율적인 Data Caching 이 가능하게 된다. 하지만 현재는 차량용 내장형 텔레매틱스가 정착되지 않은 상황이기 때문에 그 과도기적 단계에서 스마트폰, 네비게이션, 블랙박스 등이 그 역할을 대신 할 수 있다. 이 같은 장비들은 차량을 통해 지속적인 전원은 공급받을 수 있지만 cache 를 위한 부족한 저장공간에 대한 문제점은 필수적으로 고려되어야 한다. 연구 [10] 는 스마트폰에서 Google Local 검색을 통해 얻을 수 있는 뉴욕의 250,000 개 관심 위치 정보에 대한 데이터를 record of name, interest type, street address, latitude, longitude 등에 대한 정보로 표현 했다. 이 같은 정보 표현은 CCN 의 Data Naming 을 활용해 텔레매틱스 서비스에서 생성된 데이터를 표현하는 방식과 유사한데 이 연구의 경우 250,000 개의 정보를 caching 하는데 약 100MB 의 저장공간 밖에 필요로 하지 않았다. 이는 현재 스마트폰, 네비게이션, 블랙박스 등이 수십 GB 의 저장 공간을 가지고 있는 것을 고려했을 때 이들 장비를 통해 과도기적 텔레매틱스 서비스를 제공하더라도 CCN 기반의 Caching 기능을 제공하는데 큰 어려움이 없음을 보여준다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 TCP/IP 가 효율적인 텔레매틱스 서비스를 제공하는데 많은 한계점을 가지고 있음을 지적하고 이를 해결하기 위해 텔레매틱스 서비스를 위한 CCN 의 구체적인 시스템 구조, Data Naming 과 그 예시, 어플리케이션의 종류에 따른 Interest Packet Forwarding 주기, CCN Caching 의 구현 현실성 등에 대해 논의 하였다. 향후 연구에서는 시뮬레이션을 통해 실제 CCN 기반의 텔레매틱스 서비스가 TCP/IP 기반의 서비스보다 성능 측면에서 얼마만큼 효율적인 통신이 가능한지 분석할 예정이다. 또한 텔레매틱스에서 차량간 통신에 의해 발생할 수 있는 개인정보 유출 문제나 DoS 같은 의도적인 네트워크 공격 등에 대한 대처 방안에도 대해서도 연구할 계획이다.

5. 참고 문헌

[1] Harsh Trivedi, Prakash Veeraraghavan, Seng Loke, Hai Phuong Le and Jack Singh, "A Survey of Lower Layer Technologies for Vehicle-to-Vehicle Communication", IEEE Malaysia International Conference on Communications, pp. 441-446, 2009
[2] Georgios Karagiannis, Onur Altintas, Eylem Ekici,

Geert Heijenk, Boangoat Jarupan, Kenneth Lin and Timothy Weil, "Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions", Communications Surveys & Tutorials, IEEE, Vol.13, No.4, pp.584-616.
[3] Y. L. Morgan, "Notes on DSRC&WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics", Communications Surveys & Tutorials, IEEE, Vol.12, No.4, pp.504-518.
[4] Michael Meisel, Vasileios Pappas and Lixia Zhang "Ad Hoc Networking via Named Data", In Proceedings of the fifth ACM international workshop on Mobility in the evolving internet architecture, pp. 3-8., 2010
[5] Marica Amadeo, Claudia Campolo and Antonella Molinaro, "CRoWN: Content-Centric Networking in Vehicular Ad Hoc Networks", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, Vol.16, No.9, SEPTEMBER 2012
[6] V. Jacobson, D. K. Smetter, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs and R. L. Braynard, "Networking Named Content", in CoNEXT: International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies. Rome, Italy, 2009
[7] Lucas Wang, Ryuji Wakikawa, Romain Kuntz, Rama Vuyyuru and Lixia Zhang, "Data Naming in Vehicle-to-Vehicle Communications", In Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), pp. 328-333., 2012
[8] Lucas Wang, Alexander Afanasyev, Romain Kuntz, Rama Vuyyuru, Ryuji Wakikawa and Lixia Zhang, "Rapid Traffic Information Dissemination Using Named Data", In Proceedings of the 1st ACM workshop on Emerging Name-Oriented Mobile Networking Design-Architecture, Algorithms, and Applications , pp. 7-12.
[9] Gerald Arnould, Djamel Khadraoui and Zineb Habbas, "A Self-Organizing Content Centric Network Model for Hybrid Vehicular Ad-Hoc Networks", In Proceedings of the first ACM international symposium on Design and analysis of intelligent vehicular networks and applications, pp. 15-22. , 2011.
[10] Shahriyar Amini, Janne Lindqvist, Jason Hong, Jialiu Lin, Eran Toch and Norman Sadeh, "Cache: Caching Location-Enhanced Content to Improve user Privacy", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review , Vol.14, No. 3, pp.19-21, 2010