

소프트웨어 정의 차량 네트워크 구조 현황

장재득 김태중*

한국전자통신연구원 책임기술원

한국전자통신연구원 부장 *

최근 5세대 이동통신시스템과 자동차 산업의 발전 및 소프트웨어 정의 네트워크의 출현으로 차량 네트워크의 성능이 향상될 뿐만 아니라 미래의 자율주행차량에서도 차량 네트워크의 새로운 애플리케이션이 요구될 수 있다. 지능형 교통시스템의 요구사항을 충족하기 위해 본 고에서는 서론에 이어 5세대 이동통신 기술 및 소프트웨어 정의 네트워크가 적용된 차량 네트워크 구조를 살펴보고, 다양한 차량 서비스를 원활하고 효율적이며 비용 효과적인 방식으로 지원하기 위해 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조에 대하여 소개하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

I. 서론

현재 5세대 이동통신시스템은 자율주행차량의 출현으로 지능형 교통시스템 및 차량 네트워크[1]에 대해 전송지연이 1ms 미만이어야 하는 엄격한 요구사항이 필요하다. 이러한 엄격한 요구사항을 충족시키기 위해 5세대 이동통신 기술, 클라우드 컴퓨팅 및 소프트웨어 정의 네트워킹(Software Defined Networking: SDN)이 향후 차량 네트워크에 적용될 것으로 예상된다. 따라서 5세대 차량 네트워크를 위한 새로운 네트워크 구조를 설계할 필요가 있다.

LTE(Long Term Evolution) 통신 기술이 차량 네트워크에 통합되면 간섭으로 인해 LTE 차량 네트워크의 성능이 저하된다[2]. 이 문제를 극복하기 위해 밀리미터파 전송 기술이 차량 내부의 사용자를 연결하기 위해 소개되었다. 반면, 소프트웨어 정의 네트워킹은 차량 네트워크 기능과 지능형 애플리케이션을 지원하면서 하드웨어, 소프트웨어 및 관리를 간소화하여 운영 비용을 낮출 수 있는 효과적인 네트워크 기술로 소개되었다[3].

* 본 내용은 장재득 책임기술원(☎ 042-860-6357, jdjang@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 ITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

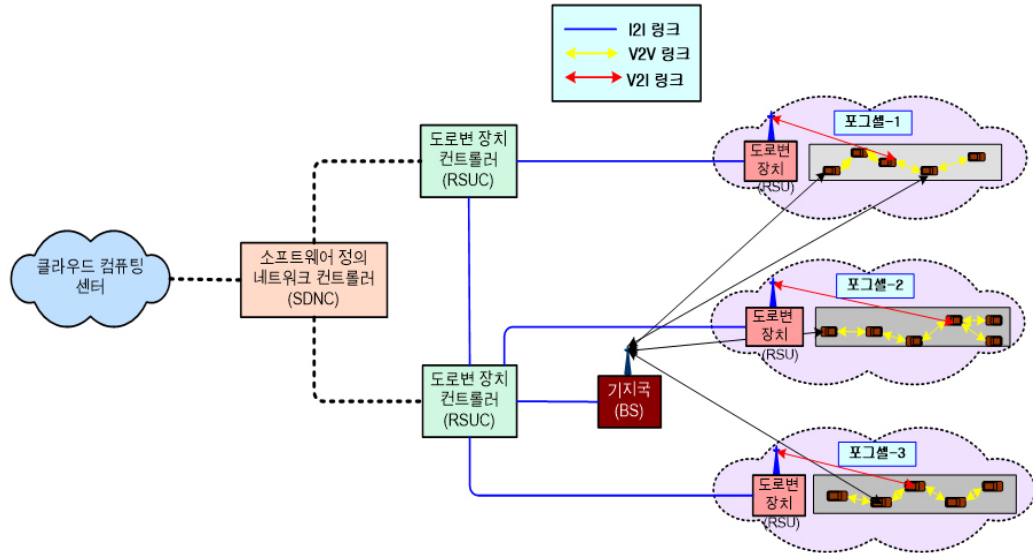
본 고의 소프트웨어 정의 차량 네트워크 구조 현황에서 첫 번째로 소개되는 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크 구조는 최소 전송지연 및 높은 처리량과 같은 고성능 요구사항을 충족하기 위해 소프트웨어 정의 네트워킹, 클라우드 컴퓨팅 및 포그 컴퓨팅 기술을 적용하여 애플리케이션 평면, 제어 평면 및 데이터 평면 등 세 개의 평면으로 구성하였다. 상기 네트워크 구조의 세 가지 평면은 네트워크의 제어 및 데이터 기능이 분리되어 차량 네트워크의 유연성과 확장성을 향상시킨다. 그리고, 도로변 장치와 차량 간의 잦은 핸드오버를 방지하기 위해 차량 네트워크의 가장자리에 포그 셀을 구성하고, 포그 셀의 차량 통신에 다중 홉 릴레이 방식을 채택하였다.

두 번째로 소개되는 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조에서 커넥티드 카는 도로 안전, 인포테인먼트, 위치 기반 서비스 등 광범위한 이동 서비스가 촉진될 수 있다[4]-[6]. 플랫폼에는 전용 단거리 통신(Dedicated Short Range Communications: DSRC) 기반 802.11p 네트워크 및 셀룰러 네트워크[7]가 포함된다. 802.11p 및 셀룰러 네트워크 모두 높은 이동성을 지원하는 데 큰 어려움을 겪고 있으며, 고속의 모바일 차량은 네트워크가 더욱 고밀도화됨에 따라 새로운 도로변 장치 및 기지국과의 잦은 핸드오버로 인해 어려움을 겪을 수 있다. 본 고에서 소개하는 소프트웨어 정의[8] 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조는 차량 내, 차량 간, 도로 상태 및 지역 교통 정보와 같은 차량 환경에 대한 다차원 실시간 상황 인식 정보를 얻을 수 있다. 따라서 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 연동을 통해 다양한 차량 서비스 및 시나리오를 지원할 수 있다.

II. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크 구조

1. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 토폴로지 구조

클라우드 컴퓨팅 및 포그 컴퓨팅 기술은 5세대 차량 네트워크의 애플리케이션에 사용되고 있다. 또한, 소프트웨어 정의 네트워킹은 5세대 차량 네트워크용 무선 접속 네트워크와 클라우드컴퓨팅센터를 연결하는 유연한 접근 방식으로 자리 잡고 있다. 클라우드 컴퓨팅 및 포그 컴퓨팅 기술을 기반으로 하는 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크를 본 고에서 소개할 것이다. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 토폴로지 구조는 [그림 1]과 같이 클라우드컴퓨팅센터, 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러(Software Defined Network Controller: SDNC), 도로변

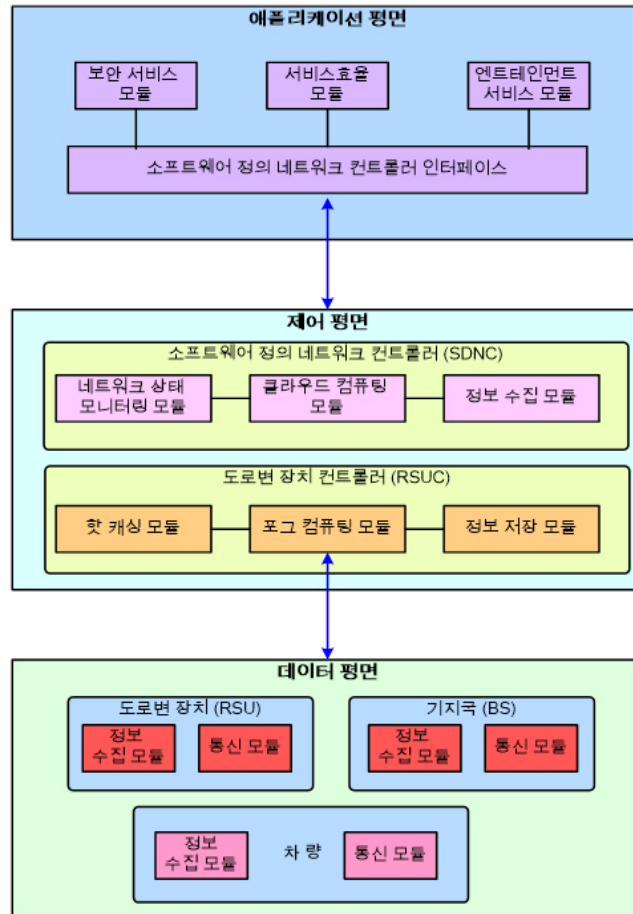


<자료> Guangjie Han, Mohsen Guizani, Yuanguo Bi, "Software Defined Vehicular Networks:" IEEE Commun. Mag., vol.55, no.7, July 2017, pp.88.

[그림 1] 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 토폴로지 구조

장치 컨트롤러(Road Side Unit Controller: RSUC), 도로변 장치(Road Side Unit: RSU), 기지국(Base Station: BS), 포그 컴퓨팅 클러스터, 차량 및 사용자로 구성된다. 또한, 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에는 인프라-인프라(Infrastructure-to-Infrastructure: I2I) 간 링크, 차량-인프라(Vehicle-to-Infrastructure: V2I) 간 링크 및 차량-차량(Vehicle-to-Vehicle: V2V) 간 링크가 포함된다.

5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크를 기반으로 한 정보는 포그 컴퓨팅 클러스터의 제어 하에 차량 및 사용자 간에 공유된다. 차량 및 사용자의 신속한 대응을 지원하기 위해 포그 컴퓨팅 클러스터는 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 가장자리에 구성된다. 포그 컴퓨팅 클러스터의 네트워크는 분산 구조 네트워크이다. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 가장자리에 있는 대부분의 데이터는 도로변 장치 컨트롤러, 도로변 장치, 기지국, 차량 및 사용자를 포함하는 포그 컴퓨팅 클러스터에 저장되고 처리된다. 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 포그 컴퓨팅 클러스터의 상태 정보를 수집하여 클라우드컴퓨팅센터로 전달한다. 또한, 제어 정보는 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러에 의해 포그 컴퓨팅 클러스터에 전송된다. 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러 및 클라우드컴퓨팅센터로 구성된 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크는 데이터 전달 및 자원 할당에 중점을 둔 네트워크 구조이다. 5세대



<자료> Guangjie Han, Mohsen Guizani, Yuanguo Bi, "Software Defined Vehicular Networks:" IEEE Commun. Mag., vol.55, no.7, July 2017, pp.88.

[그림 2] 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 논리 구조

소프트웨어 정의 차량 네트워크의 상세한 논리 구조는 [그림 2]에 설명되어 있다.

2. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 논리 구조

5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 논리적 구조는 [그림 2]와 같이 데이터 평면, 제어 평면 및 애플리케이션 평면으로 구성된다.

데이터 평면은 차량, 기지국 및 도로변 장치로 구성되어 데이터 수집, 양자화, 데이터를 제어 평면에 전달하는 기능을 수행한다[9]. 차량은 다음의 기능 모듈로 구성된다.

- ① 차량의 정보 수집 모듈: 정보 수집 모듈은 차량의 여러 유형의 센서로 구성된다. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크용 차량의 센서를 활용하여 속도, 방향 및 차량 유형 등의 차량 정보 및 인접 차량 수, 차량 사용자 수 및 차량 및 도로 등의 환경을 수집한다.
- ② 차량의 위치 정보 모듈: 차량의 위치 정보는 독립적인 위치 정보와 종속적인 위치 정보를 포함한다. 일반적으로 차량의 독립적인 위치 정보는 지구의 경도와 위도에서 차량의 상세한 위치를 제공하는 GPS(Global Positioning System)에 의해 얻어진다. 차량의 종속적인 위치 정보는 인접 차량 간의 거리를 제공하는 차량의 센서에 의해 얻어진다. 차량의 종속적인 위치 정보는 차량의 독립적인 위치 정보와 비교할 때 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에 대해 높은 위치 정밀도를 제공할 수 있다.
- ③ 차량 통신 모듈: 통신 모듈에는 차량-인프라 간 및 차량-차량 간 통신 모듈이 포함된다. 차량-인프라 간 통신 모듈은 도로를 따라 차량과 인프라 간 무선 통신을 제공한다. 차량-차량 간 통신 모듈은 인접 차량 간의 무선 통신을 제공한다.

기지국은 차량 및 도로변 장치 컨트롤러에 무선 통신을 제공할 수 있다. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 기지국은 기존 LTE 주파수로 무선 신호를 전송하고 차량에 대한 광범위한 커버리지를 제공한다. 일반적으로 차량은 먼저 도로변 장치로 접속하지만 도로변 장치가 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 무선 접속에 충분한 자원을 제공할 수 없을 때 기지국으로 접속한다. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 도로변 장치/기지국은 다음과 같은 기능 모듈로 구성된다.

- ① 도로변 장치/기지국의 정보 수집 모듈: 카메라 및 속도 측정 센서와 같은 서로 다른 센서로 구성된다. 도로변 장치/기지국의 정보 수집 모듈은 차량의 속도, 교통 상황, 도로 상태 등을 제공할 수 있다.
- ② 도로변 장치/기지국의 통신 모듈: 두 가지 유형의 링크로 구성된다. 하나는 도로변 장치/기지국과 도로변 장치 컨트롤러 간의 링크이고, 다른 하나는 도로변 장치/기지국과 차량 간의 링크이다. 도로변 장치/기지국과 도로변 장치 컨트롤러 간의 링크는 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 프론트홀 링크로 수행된다.

제어 평면은 도로변 장치 컨트롤러 및 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러로 구성된다. 도로변 장치 컨트롤러는 포그 셀의 제어 센터로서 도로변 장치와 차량 간의 무선 통신을 위해 포그 셀의 차량 중 하나가 도로변 장치와 연결되면 포그 셀의 전체 차량 그룹이 도로변 장치와 연결될 수 있다. 이 경우 잦은 핸드오버는 포그 셀의 차량 및 도로변 장치에서 피할 수 있다.

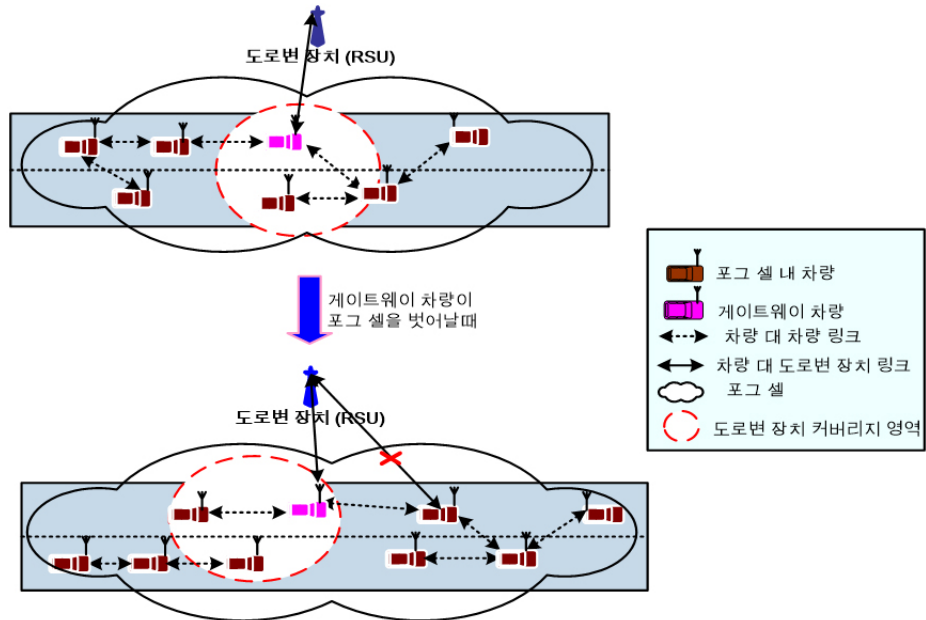
따라서 도로변 장치 컨트롤러는 포그 셀에서 자원을 할당하고 전송 효율을 향상시키는 기능을 수행한다. 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 총 제어 센터이며, 포그 셀 사이에 자원을 할당한다. 따라서 제어 평면은 데이터 평면으로부터 전달된 데이터 정보에 기반하여 글로벌 정보 맵을 그리는 역할을 담당하고, 애플리케이션 평면으로부터 규칙 및 전략에 기반하여 제어 정보를 생성한다. 제어 평면의 상기 기능을 지원하기 위해 도로변 장치 컨트롤러 및 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 다음 기능 모듈로 구성된다.

- ① 도로변 장치 컨트롤러 및 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러의 정보 수집/저장 모듈: 데이터 평면의 데이터 정보를 기반으로 전체 정보 맵을 그린다.
- ② 네트워크 상태 모니터링 모듈: 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 링크 상태를 모니터링 한다.
- ③ 컴퓨팅 모듈: 글로벌 정보 맵과 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 링크 상태를 기반으로 제어 결과를 유도한다. 일반적으로 컴퓨팅 모듈은 클라우드컴퓨팅센터 및 포그 컴퓨팅 센터에 배치된다[10].
- ④ 핫 캐싱 모듈: 도로변 장치 컨트롤러에서 널리 사용되는 데이터 상황 정보를 저장하여 차량 애플리케이션의 전송지연을 줄이고 처리량을 향상시킨다.

애플리케이션 평면은 사용자 및 차량의 다양한 애플리케이션 요구사항을 직접 처리한다. 사용자 및 차량의 애플리케이션 요구사항을 기반으로 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 규칙 및 전략은 애플리케이션 평면에서 생성되어 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러 인터페이스를 통해 제어 평면으로 전달된다. 일반적으로 애플리케이션 평면은 보안 서비스 모듈, 서비스 효율 모듈 및 엔터테인먼트 서비스 모듈을 포함한다. [그림 2]의 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 논리적 구조를 기반으로 데이터 평면은 데이터 수집을 담당하고 제어 평면은 제어 명령어를 담당하며 애플리케이션 평면은 규칙 및 전략 생성을 담당한다.

3. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 전송지연 및 처리량

전송지연 및 처리량 분석은 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 포그 셀에서 조사된다. 일반적인 포그 셀은 [그림 3]에서 도로변 장치와 다수의 차량으로 구성된다. 포그 셀에서 도로변 장치와 차량 간의 빈번한 핸드오버를 피하기 위해 게이트웨이 차량이 도로변 장치와 연결되도록 선택되고, 다른 차량들은 다중 홉 릴레이 방식으로 게이트웨이 차량과 연결된다. 게이



<자료> Guangjie Han, Mohsen Guizani, Yuanguo Bi, "Software Defined Vehicular Networks:" IEEE Commun. Mag., vol.55, no.7, July 2017, pp.90.

[그림 3] 기존 포그 셀에서의 차량 통신

트웨이 차량이 도로변 장치의 커버리지 영역에 위치할 때 게이트웨이 차량은 도로변 장치와 직접 통신한다. 포그 셀에 다른 차량이 있는 경우, 포그 셀에서 도로변 장치가 직접 차량을 덮지 않더라도 게이트웨이 차량과 연결하기 위한 다중 홉 릴레이 경로를 구축한 다음 게이트웨이 차량은 이러한 요청/데이터를 포그 셀의 도로변 장치로 전달한다. 게이트웨이 차량이 포그 셀을 벗어날 때 포그 셀의 다른 차량이 게이트웨이 차량으로 사용되기 위해 핸드오버를 한다[11]. 이 방법으로 포그 셀의 모든 차량은 도로를 따라 이동하면서 도로변 장치와 무선 통신을 유지할 수 있다. 포그 셀은 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 기본 구성이기 때문에 포그 셀에서 차량의 전송지연과 처리량이 조사된다.

4. 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 문제점

5세대 이동통신시스템의 개발에 따라 고속 무선 통신은 밀리미터파 및 대용량 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술로 충족된다. 또한, 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에 멀티미디어 무선 통신이 구현될 것으로 기대된다. 5세대 초고속 이동통신을 기반으로 자율주

행차량이 미래의 삶을 변화시키기 위해 등장하고 있다. 이와 같이 미래의 자율주행차량은 고도로 신뢰성 있고 효율적인 차량 네트워크에 의해 지지될 것으로 예상된다. 다음은 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에 대한 문제점을 정리하였다.

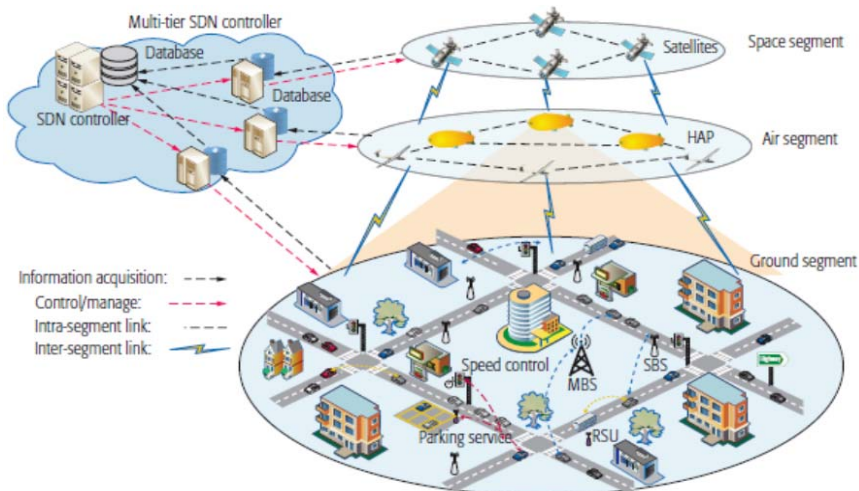
- 낮은 지연 문제: 도시교통시스템을 위해 자율주행차량을 배치할 때 차량 정보뿐만 아니라 도로 정보도 차량 네트워크에 의해 자율주행차량에 전달되어야 한다. 일반적으로 안전 메시지 전송은 1ms 미만과 같이 매우 낮은 지연 제약을 갖는다. 다중 홉 릴레이 차량 네트워크에 대한 다수의 중계 차량이 있을 때 경고 메시지의 전송지연은 주어진 임계값보다 클 것이다. 극단적인 경우에는 지연 문제로 치명적인 사고가 발생할 수 있다. 따라서 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 경로 솔루션을 최적화하는 핵심 기술을 사용하여 전송지연 문제를 해결해야 한다.
- 잦은 핸드오버 문제: 본 고에서는 도로변 장치와 차량 간의 잦은 핸드오버를 해결하기 위해 포그 셀을 소개하고 있다. 그러나 포그 셀의 다중 홉 릴레이 링크에서는 차량 간의 핸드오버가 여전히 문제 시 되고 있다. 인접한 포그 셀들 사이에서 많은 차량들이 이동될 때 포그 셀들과 다중 홉 릴레이 링크들에 대한 핸드오버가 동시에 발생할 것이다. 이 경우 핸드오버의 복잡성이 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 분명히 증가한다. 따라서 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 잦은 핸드오버 문제를 해결하기 위해 경고 메시지의 전달 지연을 최소화해야 한다.
- 높은 서비스 효율성 문제: 미래의 자율주행차량의 경우 차량은 운송수단일 뿐만 아니라 사용자를 위한 엔터테인먼트 센터이기도 하다. 다양한 멀티미디어 서비스가 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 제공되어야 하기 때문에 대용량 무선 트래픽이 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 증가할 것으로 예상된다. 이와 같이 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 서비스 효율성을 향상시키는 것은 큰 도전이다.
- 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 구조 문제: 경고 메시지의 전송지연을 줄이기 위해 분산 네트워크 구조가 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 포그 셀에 채택되었으며, 지능형 교통시스템을 지원하기 위해 중앙 집중식 네트워크 구조가 5세대 소프트웨어 정의 차량 핵심 네트워크에 채택되었다. 이 경우 소프트웨어 정의 네트워킹은 다양한 유형의 네트워크 구조를 유연하게 연결하기 위해 소개되었다. 그러나 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에는 분산/집중식 두 가지 유형의 네트워크 구조가 있기 때문에 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 확장성 및 호환성이 큰 문제이다.

Ⅲ. 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조

새로운 네트워크 구조인 소프트웨어 정의 네트워킹은 제어 평면과 데이터 평면을 분리하고 네트워크의 전체적인 뷰를 통해 논리적으로 중앙집중식 제어를 도입하며 개방형 인터페이스를 통해 네트워크 프로그래밍/재구성을 용이하게 한다. 소프트웨어 정의 네트워킹을 사용하면 동적이며, 관리가 가능하고 비용 효과적이며 적응 가능한 네트워크를 활성화 할 수 있다. 본 고에서는 소프트웨어 정의 네트워킹을 기반으로 정의한 문제를 해결하기 위해 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량(Software defined Space-Air-Ground Integrated Vehicle: SSAGV) 네트워크 구조를 소개한다.

1. 네트워크 구조

[그림 4]와 같이 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크는 우주, 공중 및 지상 세그먼트의 세 가지 주요 부분으로 구성된다. 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 네트워크 동작을 규제하고 네트워크 자원을 동적으로 관리하는 강력한 서버 또는 클라우드 컴퓨팅에 배치할 수 있다. 서로 다른 세그먼트가 통신 표준 및 여러 기능을 갖춘 다양한 네트워크 장치와 같은 고유한 특성을 가지고 있다고 생각하면 각 세그먼트에 대한 소프트웨어 정의 네트워



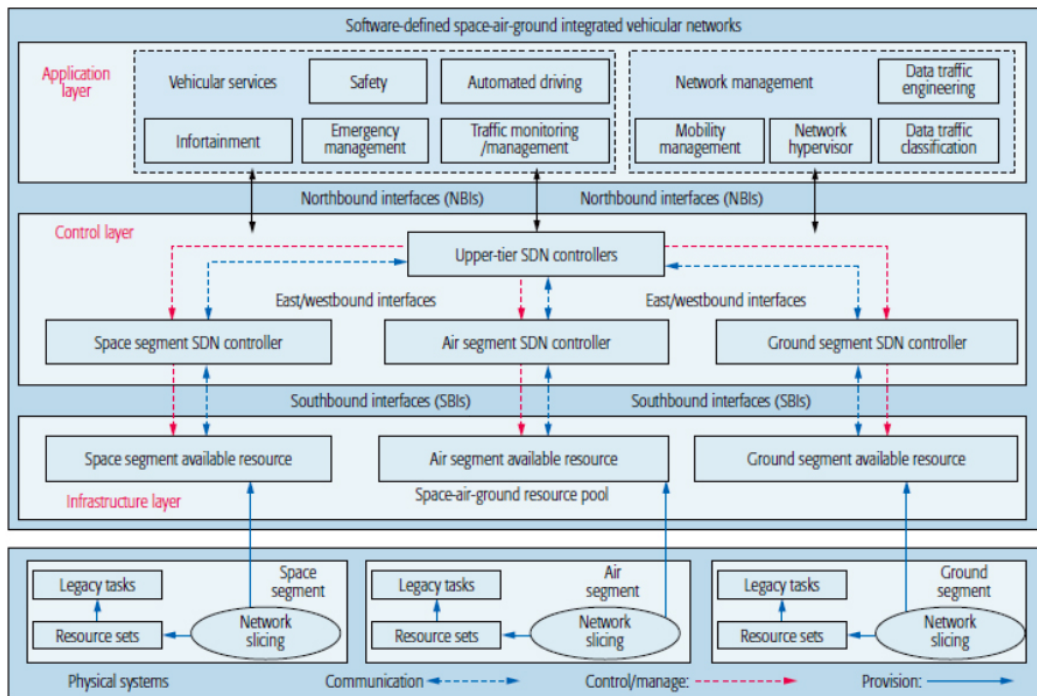
<자료> Ning Zhang, Shan Zhang, "Software Defined Space-Air-Ground Integrated Vehicular Networks: Challenges and Solutions," IEEE Commun. Mag., vol.55, no.7, July 2017, pp.104.

[그림 4] 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조

크 컨트롤러의 제어 및 통신 인터페이스는 해당 세그먼트에 전용되어야 한다. 실제로 우주, 공중 및 지상 네트워크에 대한 소프트웨어 정의 패러다임이 별도로 소개되었다[12]-[14]. 각 세그먼트의 운영을 조정하기 위해 상위 계층 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러가 각 세그먼트의 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러 상단에 연결되어 차량 서비스를 지원한다. 서로 다른 계층의 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러에서 의사 결정을 용이하게 하기 위해서는 차량의 지리적 밀도, 위치별 콘텐츠 인기도 및 지역 내 활동중인 차량 사용자 수와 같이 네트워크 상태와 관련된 다양한 정보가 필요하다.

2. 계층 구조

[그림 5]에서 보듯이 소개된 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크는 인프라, 제어 및 애플리케이션의 3 계층으로 구성된다. 인프라 구조 계층에서는 여러 세그먼트의 컴퓨팅, 스토리지 및 통신 자원이 공통 자원 풀을 구성한다. 각 세그먼트에서 네트워크 슬라이



<자료> Ning Zhang, Shan Zhang, "Software Defined Space-Air-Ground Integrated Vehicular Networks: Challenges and Solutions," IEEE Commun. Mag., vol.55, no.7, July 2017, pp.105.

[그림 5] 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크의 계층화된 구조

스가 동적으로 수행되므로 우주-공중-지상 자원 풀이 시간에 따라 달라진다. 자원 가용성을 동적으로 처리하기 위해 물리적 자원에서 논리적 자원으로 자원 가상화를 채택할 수 있으며, 특정 물리적 자원 대신 가상화 자원에 차량 서비스를 배치할 수 있다. 가상 및 물리적 자원 매핑을 동적으로 수행함으로써 차량 서비스에 대한 교란을 완화할 수 있다.

제어 계층에서 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 확장성을 위해 지역, 국가 및 글로벌 영역에서의 네트워크 운영을 목표로 하는 계층적 방식으로 구성된다. 남쪽 경계 인터페이스(Southbound Interface: SBI)를 통해 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 각각의 물리적 자원과 통신하고 제어한다. 서로 다른 세그먼트의 이질성을 고려할 때 위성의 빔 조종, 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicles: UAV)의 이동 제어 및 LTE 기지국의 자원 블록 할당과 같은 다양한 기능을 용이하게 하기 위해 남쪽 경계 인터페이스가 각 세그먼트에 연결되어 사용된다. 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 기본 네트워크 구성 요소를 완전히 또는 부분적으로 제어할 수 있어야 한다. 부분 제어의 경우 장치에 로컬 정보가 있을 수 있으며, 네트워크 기능의 수준에 따라 이질적인 네트워크 자원을 효율적으로 사용하기 위해 서로 다른 세그먼트의 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 동쪽 및 서쪽 경계 인터페이스(East/WestBound Interface: EWBI)를 통해 상위 계층 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러에 의해 조정된다.

애플리케이션 계층에서 다양한 차량 서비스 및 네트워크 관리 기능은 북쪽 경계 인터페이스(Northbound Interface: NBI)를 통해 제어계층에서 제공되는 기능을 기반으로 수행된다. 애플리케이션의 요청은 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러의 북쪽 경계 인터페이스에서 규칙으로 변환할 수 있으며, 소프트웨어 정의 네트워크 컨트롤러는 남쪽 경계 인터페이스를 통해 인프라 계층에서 제공되는 기능을 토대로 수행된다. 차량 서비스는 안전, 자동운전, 인포테인먼트, 비상 관리, 트래픽 모니터링/관리 등 차량 사용자에게 직접 제공되는 서비스에 해당된다.

네트워크 관리 기능은 이동성 관리, 네트워크 하이퍼 바이저, 데이터 트래픽 분류 및 데이터 트래픽 엔지니어링과 같은 효율적인 동작을 용이하게 한다. 특히, 이동성 관리는 이동 차량을 적합한 액세스 포인트와 연결하여 원활한 이동성을 제공한다. 데이터 트래픽 분류는 데이터 트래픽 흐름을 다른 차량 서비스와 연관시키고 DPI(Deep Packet Inspection) 및 기계 학습을 통해 서로 다른 서비스 품질 등급으로 분류한다. 분류에 기반하여 차별화된 서비스가 가능해질 수 있다. 데이터 트래픽 엔지니어링은 로드 균형 조정을 위해 데이터 트래픽을 다른 세그먼트 및 액세스 포인트로 조정하거나 경로를 동적으로 변경하여 정체를 방지할 수 있다. 네트워크 하이퍼 바이저는 다차원 자원을 동적으로 스케줄링함으로써 공통 물리적 인프라에 공존하는 다중 가상 네트워크를 생성한다. 가상 네트워크는 다양한 차량 서비스를 보다 잘 지원할

수 있도록 맞춤 설정을 할 수 있다.

이와 같이 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크는 네트워크의 민첩성 및 유연성으로 개방된 생태계를 향한 길을 열어주고 효율적인 상호 운용성을 통해 운영 및 유지 관리를 단순화하고, 네트워크 24시간 최적화를 달성할 수 있다.

IV. 결론

자율주행차량의 개발과 함께 5세대 이동통신, 클라우드 컴퓨팅 및 소프트웨어 정의 네트워킹 기술을 향후 차량 네트워크를 위한 솔루션으로 제공한다. 이러한 기술을 통합한 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크의 구조에서 도로변 장치와 차량 간의 잦은 핸드오버를 줄이기 위해 차량 네트워크의 가장자리에 포그 셀을 설치하여 포그 셀의 차량 통신에 다중 홉 릴레이 방식을 사용하였다. 이와 같이 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 포그 셀의 처리량은 기존 교통관리시스템의 처리량보다 높다. 이에 따라 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크에서 제기된 문제가 해결되면 5세대 소프트웨어 정의 차량 네트워크는 미래의 자율주행차량 및 지능형 교통 시스템을 충족시키기에 충분한 유연성과 호환성을 제공할 수 있다.

본 고에서는 우주, 공중, 및 지상 부분의 장점을 활용하여 다양한 시나리오의 여러 가지 차량 서비스를 효율적이고 경제적으로 지원할 수 있는 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 구조를 소개했다. 소개된 개방형 네트워크 구조는 네트워크 민첩성 및 유연성을 달성하고, 네트워크 관리 및 유지 보수를 단순화하며, 변화하는 사용자 요구 및 네트워크 상태에 적응할 수 있다. 소프트웨어 정의 우주-공중-지상 통합 차량 네트워크 개발의 속도를 가속화하기 위해 광범위한 연구 노력이 필요하다.

[참고문헌]

- [1] X. Ge et al., "Vehicular Communications for 5G Cooperative Small Cell Networks," IEEE Trans. Vehic. Tech., vol.65, no.10, Oct. 2016, pp.7882-94.
- [2] T. Taleb and A. Ksentini, "VECOS: A Vehicular Connection Steering Protocol," IEEE Trans. Vehic. Tech., vol.64, no.3, Mar. 2015, pp.1171-87.
- [3] S. Sezer, S. Scott-Hayward, P K. Chouhan, et al., "Are We Ready for SDN? Implementation Challenges for Software-Defined Networks," IEEE Commun. Mag., vol.51, no.7, July 2013, pp.36-43.

* 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구결과임(No. 2014-0-00282, 초연결 스마트 서비스를 위한 5세대 이동통신 핵심 기술 개발)

- [4] N. Lu et al., "Connected Vehicles: Solutions and Challenges," IEEE Internet of Things J., vol.1, no.4, 2014, pp.289-99.
- [5] K. Abboud, H. Omar, and W. Zhuang, "Interworking of DSRC and Cellular Network Technologies for V2X Communications: A Survey, IEEE Trans. Vehic. Tech.," 2016, DOI: 10.1109/TVT.2016.2591558.
- [6] N. Cheng et al., "Opportunistic WiFi Offloading in Vehicular Environment: A Game-Theory Approach," IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol.17, no.7, 2016, pp.1944-55.
- [7] S. Schwarz and M. Rupp, "Society in Motion: Challenges for LTE and Beyond Mobile Communications," IEEE Commun. Mag., vol.54, no.5, May 2016, pp.76-83.
- [8] H. Kim and N. Feamster, "Improving Network Management with Software Defined Networking," IEEE Commun. Mag., vol.51, no.2, Feb. 2013, pp.114-19.
- [9] M. Feng, S. Mao, and T. Jiang, "Enhancing the Performance of Future Wireless Networks with Software Defined Networking," Front. Info. Tech. Electron. Eng., vol.17, no.7, July 2016, pp.606-19.
- [10] X. Ge et al., "Energy Efficiency of Small Cell Backhaul Networks Based on Gauss-Markov Mobile Models," IET Networks, vol.4, no.2, Mar. 2015, pp.158-67.
- [11] I. Stojmenovic and S. Wen, "The Fog Computing Paradigm: Scenarios and Security Issues," Proc. FedCSIS, 2014, pp.1-8.
- [12] L. Bertaux et al., "Software Defined Networking and Virtualization for Broadband Satellite Networks," IEEE Commun. Mag., vol.53, no.3, Mar. 2015, pp.54-60.
- [13] H. Iqbal et al., "A Software-Defined Networking Architecture for Aerial Network Optimization," Proc. IEEE NetSoft, 2016.
- [14] K. Pentikousis, Y. Wang, and W. Hu, "Mobileflow: Toward Software-Defined Mobile Networks," IEEE Commun. Mag., vol.51, no.7, July 2013, pp.44-53.