

공용 이동통신망 기반 원격주행 대상차량의 데이터 처리율 조절방법

김성민 LG유플러스 책임

1. 머리말

SAE International(Society of Automotive Engineers International, 국제자동차기술자협회)는 차량의 주행자동화 레벨을 운전자의 개입필요성 유무에 따라 '단계 0'부터 '단계 5'까지 6단계로 정의하고 있다[1]. 만약 차량이 수동으로만 움직일 수 있다면, 해당 차량은 '단계0' 주행자동화 레벨을 갖는다고 할 수 있다. 반면 차량이 운전자가 전혀 필요 없이 목적지까지 자동으로 움직일 수 있다면, 이 차량은 '단계5' 주행자동화 레벨을 갖는다고 할 수 있다. 흔히 말하는 자율주행 차량이라고 하면, 보통 '단계3' 이상의 주행자동화 단계를 가진 차량들을 말한다.

지난 약 10여 년간 주행자동화 '단계 5'를 향한 기술개발이 꾸준히 이어져 왔다. 그 결과 2024년 현재, 미국 크루즈(Cruise)나 웨이모(Waymo) 같은 업체들은 기존 차량들을 개조해 '단계 4' 이상의 자율주행 택시 서비스를 하고 있다. 하지만, 해당 자율주행 차량들은 인명 피해를 포함한 잦은 사고를 일으키고 있어 자율주행의 안전성에 대한 염려가 커지고 있다. 이렇게 자율주행의 안전성에 대한 염려가 커지면서 자동차를 생산하는 OEM 중에선 메르세데

스(Mercedes), BMW(Bayerische Motoren Werke AG) 같은 일부 자동차 제조회사들만 2024년부터 '단계3' 자율주행 차량을 소량 생산하고 있다.

최근 이러한 불안정한 자율주행 서비스를 보완하고자, 원격주행이 고려되고 있다. 원격주행이란, 자율주행 차량이 정상적으로 자율주행을 할 수 없는 상황에서 원격지의 운전자가 차량을 원격으로 주행시키는 기술을 뜻한다.

2. 원격주행 개요

[그림1]은 원격주행의 세 가지 구성요소를 나타낸다.

첫 번째 구성요소는, 자율주행 기능을 갖고 있는 ToV(Tele-operated Vehicle, 원격주행 대상차량)다. 원격지 운전신호를 받는 ToV에는 운전자 시선을 대신하기 위해 차량의 전방, 후방, 좌측, 우측을 비추는 카메라가 설치되고, 해당 카메라 영상들은 부호화돼 이동통신망을 통해 원격관제센터로 전송된다.

두 번째 구성요소는, 차량이 전송하는 영상을 보면서 해당차량을 원격운전하는 ToC(Tele-operated Center, 원격관제센터)다. 따라서, ToC에는 차량이 전송하는 영상을 복호화해 디스플레이할 수 있는 시

스텝, 그리고 해당 영상을 보고 차량을 운전할 수 있는 차량 운전시스템이 필요하다. ToC의 차량 운전시스템으로부터 발생하는 운전제어신호는 네트워크 및 이동통신망을 거쳐 다시 원격주행 대상차량으로 전송되고, 차량은 이 신호를 받아 움직이게 된다.

마지막 세 번째 구성요소는, 이동통신망을 포함하는 네트워크다. 만약, 원격주행 대상차량이 5G 이동통신망을 이용하고 있다면, 정 기지국을 이용해 인터넷망 안에 설치된 ToC로 데이터를 보낼 것이다. 이때, ToV는 움직이고 있기 때문에 연결돼 있는 이동통신 기지국이 위치에 따라 바뀌게 되고, 심지어는 4G 이동통신망을 이용하게 될 수도 있다.

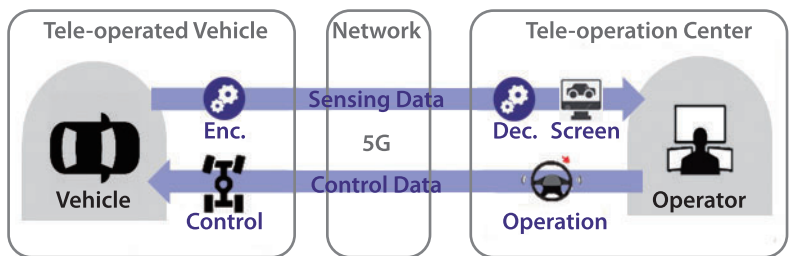
원격주행은 ToC에서 대상 차량을 주행시키기 때문에 데이터의 통신 지연시간이 길어지면 인명사고를 일으킬 수 있다. 즉, 차량에 설치된 카메라가 영상을 촬영하기 시작한 후 부호화 과정을 거쳐 ToC로 전송하고, 이 영상을 보고 ToC가 운전을 해 그 제어신호가 다시 차량으로 도달하기까지 전체 RTT (Round Trip Time, 회귀 지연시간)가 짧아야 한다. 각 원격주행 구성요소에서 긴 지연시간을 야기시키는 원인은 다음과 같다.

먼저, ToV에서의 가장 긴 지연시간은 설치된 카메라의 영상신호를 압축할 때 발생한다. 영상을 압축하기 위해선 데이터 중복성을 없애기 위한 여러 참조방

법들을 사용하는데, 이 부분에서 지연시간이 발생한다. 이러한 영상압축 지연시간은 원격주행 시스템의 전체 지연시간의 절반 이상을 차지한다. 그럼에도 불구하고, 최근 사용되고 있는 HEVC/H.265 압축방법은 이러한 압축지연시간을 단축하기 위한 병렬처리 구조를 포함하고 있다. 또한 병렬처리를 위한 하드웨어 기술의 발전으로 현재는 만족할 만한 수준의 지연시간을 보여주고 있다.

압축돼 전송되는 영상신호는 ToC에서 복호화되고, 디스플레이 장치에 표시하기 위해 렌더링하는 과정을 거친다. 그리고, 이 디스플레이 장치에 렌더링된 영상을 원격운전자가 보면서 기계식 운전장치를 통해 운전신호를 발생시켜 다시 차량으로 전송한다. ToC에서의 지연시간은 렌더링 작업 및 기계식 운전 장치의 반응지연에서 발생한다. 하지만, 이 지연시간들은 모두 예측 가능해 만족할 만한 수준으로 극복 가능하다.

또한, 이동통신망을 포함하는 네트워크 환경에서도 지연시간이 발생한다. 즉, 이동통신망을 이용하는 ToV는 도로를 주행하고 있어 여러 기지국을 바꿔 가면서 목적지까지 움직인다. 또한, ToV가 전송하는 데이터들이 이동하는 경로는 망(Net)으로 이뤄져 있기에 매 순간 데이터가 어떤 경로로 ToC로 전송되는지 예측이 불가능하다. 더군다나, 그 데이터들은 때로



[그림 1] 원격주행의 구성요소

는 5G망이 아닌 4G망으로 연결된 인터넷망을 통해 ToC로 전송되기도 한다. 즉, 네트워크를 통해 전송되는 데이터의 경로를 예측할 수 없기 때문에, 네트워크 지연시간은 예측되기 어렵다.

처리 데이터양을 조절할 수 있다. 이를 바탕으로 원격 주행 안전성을 확보하는 것이다.

3. 공용 이동통신망을 이용하는 원격주행 차량의 데이터 처리를 조절방법

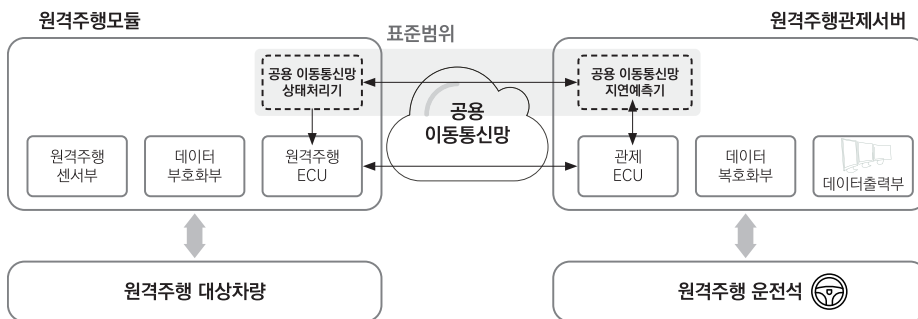
3.1 표준개발 목적

원격주행 서비스를 하기 위해선 차량과 ToC 사이의 예측하기 힘든 네트워크 지연시간을 잘 측정 관리해, 원격주행의 안전성을 확보해야 한다. 본 표준은 ToV와 ToC에 각각 독립화된 네트워크 측정모듈을 설치해 둘 사이의 네트워크 상황을 측정하고 예측해

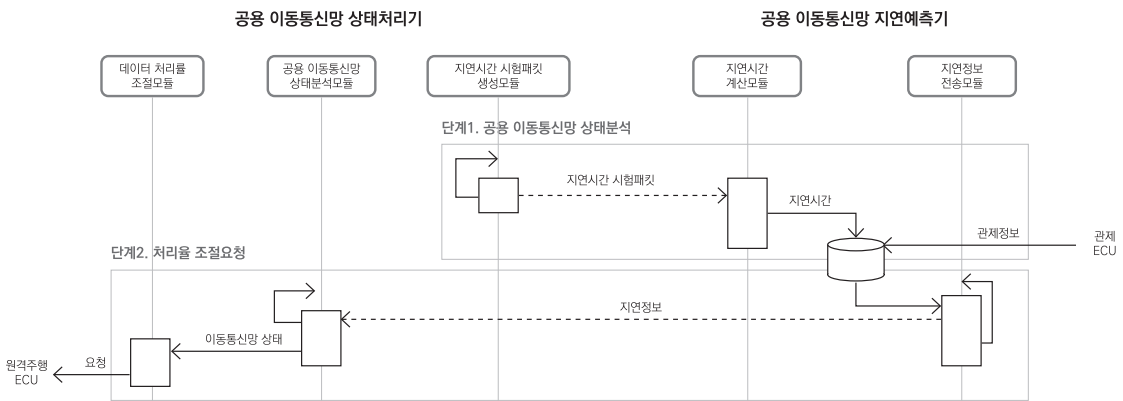
3.2 표준 요약

3.2.1 표준구성

[그림 2]에 나타난 바와 같이, 일반 원격주행 시스템은 ToV와 이에 대응하는 원격주행 운전석, 차량주변의 상황을 감지하고 부호화해 서버로 전송하기 위한 원격주행모듈, 데이터를 복호화하고 출력해 관제에 이용하기 위한 원격주행 관제서버로 구성된다. 표준은 이러한 일반 원격주행 시스템에 [그림 2] 음영 부분에 대항하는 공용 이동통신망 상태처리기, 공용 이동통신망 지연 예측기를 추가해 구성된다.



[그림 2] 표준의 구성



[그림 3] 표준의 연동

3.2.2 연동절차

[그림 2]에서 나타낸 바와 같이, 일반 원격주행 시스템은 원격주행 대상 차량과 이에 연동된 원격주행 운전석으로 구성된다. 본 표준은 전체 시스템 중 원격주행모듈과 원격주행관제서버가 공용 이동통신망으로 데이터를 주고받는 과정을 다룬다.

표준의 동작은 차량에 설치되는 공용이동통신망 상태처리기와 ToC에 설치되는 공용 이동통신망 지연예측기라는 두 단계 연동을 통해 이뤄진다. 이를 통해 네트워크의 지연시간을 측정 예측하고, 원격주행 데이터의 발생량을 조절하는 것이다.


첫 번째 단계의 연동은, [그림 3]에 나타낸 바와 같이 공용 이동통신망 상태분석 단계다. 이 작업의 시작은, ToV와 ToC 사이에 연결된 공용 이동통신망 경로의 상태를 분석하기 위한 연동이다. 이때 공용 이동통신망 상태처리기의 지연시간 시험패킷 생성모듈은 주기적으로 지연시간 시험패킷을 지연시간 계산모듈로 전송한다. 지연시간 시험패킷을 전송받은 공용 이동통신망 지연예측기의 지연시간 계산모듈은 해당 패킷의 주기성을 참조해 상향링크의 지연시간을 계산한다.

두 번째 단계의 연동에선, 공용 이동통신망 지연

예측기의 지연정보 전송모듈이, 앞서 계산된 상향링크 지연시간과 관제정보(예: 날씨, 교통상황 등)를 참조해 지연정보를 생성하고, 이를 주기적으로 다시 공용 이동통신망 상태처리기의 분석모듈로 전송한다. 지연정보를 받은 상태분석모듈은 현재 공용 이동통신망의 상태를 처리율 조절모듈로 전달하고, 처리율 조절모듈은 구체적인 처리율 조절방법을 원격주행 ECU 등으로 요청한다.

이런 두 단계 연동으로, 차량과 ToC 네트워크 경로상의 지연시간 변화를 측정할 수 있다. 이를 통해 연결이 끊기기 전 차량과 ToC는 적절한 조치를 취할 수 있다.

4. 맺음말

원격주행은, 자율주행 서비스를 시작하고 있는 해외의 자율주행 차량이 반드시 가지고 있어야 할 기술로 법제화되고 있다. 하지만, 네트워크의 안정성을 보장하지 않는다면 이 역시 큰 인명사고를 일으킬 수 있다. 본 표준을 기반으로 안전한 원격주행을 기대해 본다. 

참고문헌

[1] J3016, "Surface Vehicle Recommended Practice," SAE International, June 2018

주요 용어 풀이

- **SAE:** Society of Automotive Engineering, 전세계 자동차 협회
- **OEM:** Original Equipment Management
- **RAN:** Radio Access Network, 이동 통신시스템에의 무선접속을 위한 네트워크
- **HEVC:** High Efficiency Video Codec, 비디오 압축코덱, H.265 라고도 불림.