

자율주행차를 위한 비용 효과적인 지상파 이동TV 방송망 기술

*배재휘, 허남호, 최동준

한국전자통신연구원

*jhbae@etri.re.kr

A cost efficient terrestrial mobile TV broadcasting network technologies for autonomous vehicles

*JaeHwui Bae, Namho Hur, Dong-Joon Choi

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

자동차의 전기차로의 전환과 더불어 IT 기술이 접목된 자율주행기술이 빠르게 발전하고 있으며, 현대기아자동차 그룹을 비롯한 글로벌 완성차 제조사 및 애플, LG 등과 같은 IT 제조사간에 완성도 높은 자율주행차 개발에 치열한 경쟁이 이루어지고 있다. 특히 사람의 개입이 거의 없는 4단계 이상의 자율주행 기술이 적용된 자율주행차는 운전석이 없는 등 기존과는 매우 다른 실내 구조를 가질 것으로 예상되며, 사람에게 움직이는 생활공간을 제공할 것으로 기대된다.

이와 같은 자율주행차 내의 미디어 소비는 고품질 미디어를 대형 화면으로 볼 것으로 예상되며, 지상파 TV 방송은 미디어를 단방향으로 대용량 전송하는데 유리하여 자율주행차를 대상으로 미디어 서비스에 적용성이 높을 것으로 기대된다. 본 논문은 이러한 미래 자율주행차가 제공하는 움직이는 생활공간에서 TV를 시청하는 '이동TV'를 염두에 두고, 현재의 4K-UHDTV 시대 및 미래의 8K/Post-8K 시대의 비용 효과적인 지상파 TV 방송망 기술을 소개한다.

1. 서론

화석연료 사용 증가로 인해 지구 온도가 상승하여 가뭄, 홍수, 태풍 및 산불 등과 같은 자연재해의 규모와 강도가 더 커지는 결과를 초래하고 있다. 이러한 지구온난화의 주범인 이산화탄소 배출을 막기 위해, 세계 각국은 산업 전반에 걸쳐 이산화탄소 절감 및 억제 정책을 추진하고 있다. 이러한 정책의 일환으로 석유를 연료로 사용하는 엔진 자동차에서 전기차로의 전환이 이루어지고 있으며, 2030년 이후에는 화석연료를 사용하는 엔진 자동차 생산을 단계적으로 중단할 예정이다. 전기자동차로의 전환과 더불어 IT 기술이 접목되어 자동차 스스로 목적지를 찾아가는 자율주행 기술이 각광 받고 있으며, 향후 글로벌 자동차 시장에 파괴적 혁신을 가져올 것으로 전망된다[1]. 자율주행 기술이 발전할수록 자동차는 움직이는 생활공간이 되어, 사람들이 자동차 안에서 미디어를 소비하는 패러다임은 많은 변화가 있을 것으로 예상된다[2].

본 논문은 이러한 글로벌 자율주행차의 서비스 및 동향을 살펴보고, 향후 자율주행 자동차 시대를 고려한 최대한 적은 비용으로 효과적인 지상파 이동TV 방송 서비스를 제공할 수 있는 방송 기술에 대해 분석한 결과를 기술한다.

II. 자율주행 자동차 기술 동향 및 미디어 서비스

1. 글로벌 자율주행차 서비스 및 동향

자율주행차 기술은 향후 글로벌 자동차 시장 점유에 큰 영향을 줄 기술이 될 것으로 예상되며, 기존 완성차 제조사뿐만 아니라 구글을 비

롯한 애플, LG 등과 같은 IT 제조사 간에 기술 개발 경쟁이 치열하다. 향후 글로벌 자동차 시장은 자율주행 기술의 완성도에 따라 기존 완성차 제조사와 신형 IT 제조사 간에 자율주행차 생산을 위한 협력 또는 OEM 생산 등도 이루어질 수 있다고 전망하고 있다.

1) 구글 자율주행 택시 웨이모 원(Waymo One)

구글의 자율주행 택시 웨이모 원은 미국의 아리조나주 피닉스 및 캘리포니아주 샌프란시스코에서 서비스가 운용 중이다. 웨이모 원은 현재 피닉스의 이스트 밸리(east valley)에서 완전 자율주행 서비스 중이며, 웨이모 원 앱을 통해 자율주행 택시를 부를 수 있다. 한편 샌프란시스코에서는 테스트 프로그램이 진행 중이며 웨이모 원 앱을 통해 의견을 보내거나 연구 프로그램에 참여할 수 있다.



그림 1. 구글 자율주행 택시 웨이모 원

2) 뉴로(Nuro) 사의 자율주행 배달차 R2

뉴로 사의 자율주행 배달차 R2는 미국 교통부의 국립 고속도로 안전 관리청(Department of Transportation's National Highway

Traffic Safety Administration)으로부터 운전자가 없는 자동차로 허가를 받았다. R2는 레스토랑, 식료품점 등을 위한 지역 배달 서비스에 사용되는 저속 전기차이다 [3]. R2는 무인 자율주행으로 동작하도록 만들어져, 운전자에게 필요한 투명한 앞 유리, 측면 거울 등이 없다. 대신 고객이 이용할 수 있는 대형 외부 스크린이 있고, 신선 식품을 보관하기 위한 화물칸 내 온도조절 기능과 잠금장치 등이 있다.



그림 2. 뉴로사의 자율주행 배달차 R2

3) 기존 자동차 제조사 및 IT 제조사의 자율주행차 동향

대표적인 기존 완성차 제조사인 현대기아자동차 그룹은 자율주행 3단계 수준의 기술을 탑재한 전기차 아이오닉 7을 출시할 예정이다. 아이오닉 7 컨셉트카의 실내 구조는 기존과 매우 다른 모양을 보여준다.



그림 3. 현대 아이오닉7 외관 및 실내 형상 일례

대표적인 IT 제조사인 애플은 약 10여년 전부터 전기차를 연구개발 하였으며, 2024년 이후에 애플카를 출시할 것으로 전망하고 있다. 애플은 애플카 개발에서 제1단계는 현재와 같은 운전석이 있는 형태의 자율주행차를 개발하고, 제2단계에서는 운전석이 없는 완전 자율주행차를 개발할 것으로 예상되고 있다.



그림 4. 애플카 형상 일례

4) 미래형 자율주행 자동차 동향

LG는 자율주행차 컨셉트카 모델인 옴니팟(OmniPod)을 CES2022에 전시하였다. LG 옴니팟은 운전석이 없는 구조이며, 자율주행 4단계 고도 자율주행기술 및 5단계 완전 자율주행 기술이 적용된 자율주행차 컨셉트카 모델이다. 옴니팟은 움직이는 생활공간으로 시네마, 수면, 캠핑 및 사무실 등의 모드를 고려하여 자동차 내부를 설계하였다.



그림 5. CES2022에 전시된 LG의 자율주행 컨셉트카 옴니팟

LG옴니팟은 LG전자의 디스플레이, 인공지능(AI), 메타버스 기술을 차량에 적용한 미래 모빌리티 개념이며, 이동 중에도 가능한 여러 엔터테인먼트를 차내에 적용했다. 자율주행 AI가 운전하고, 탑승자는 영화감상이나 운동을 하는 움직이는 생활공간을 제공한다. LG전자는 2030년 LG옴니팟의 상용화를 기대하고 있으며, 국토교통부도 이때 국내 운행 버스 50%, 택시 25%가 자율주행차일 것으로 전망하고 있다[4].

2. 자율주행차 대상 미디어 서비스 변화

미래 자율주행 컨셉트카 모델인 LG 옴니팟의 실내에는 커다란 화면으로 영화를 볼 수 있는 시네마 모드가 있다. 시네마 모드의 대형 OLED 디스플레이는 평소에는 투명한 앞 유리인데, 영화를 볼 때는 디스플레이로 바뀌는 투명 디스플레이를 적용하였다. 또한 사람들이 서로 마주보고 앉아 대화를 나누면 옆면에 설치된 대형 디스플레이를 통해 영상을 볼 수 있는 캠핑 모드도 있다. LG 옴니팟 내부 디스플레이는 천장과 측면, 바닥에 77인치 OLED 3개, 전면에 55인치 1개, 후면에 65인치 1개, 외부에 55인치 2개 있어, 다양한 미디어를 즐길 수 있다[4].



그림 6. LG 옴니팟의 시네마 모드



그림 7. LG 옴니팟의 캠핑 모드

이와 같이 미래형 자율주행차는 현재의 운전석이 있는 자동차와는 전혀 다른 실내 구조를 가지며, 자율주행차에서 미디어 소비는 운전석이 있는 자동차와 전혀 다른 형태가 될 것으로 예상된다.

미디어 소비는 개인의 여가시간에 의하여 결정되고 이 시간의 총합은 쉽게 변하지 않으며, 일례로 OTT 서비스(넷플릭스 등) 시청 시간이 증가하면 다른 매체(케이블 TV, IPTV 등)의 시청 시간이 감소하여 전체적으로 미디어 소비 시간은 크게 변화가 없다[5]. 이런 관점에서 자율주행차는 사람이 운전하지 않아도 되므로, 기존 자동차 운전 시간에 새로운 미디어 시청 가능 시간이 생겨 미디어 소비의 증가가 예상된다[2].

이러한 추세에 따라, CJ ENM은 2021년 12월에 OTT 회사 티빙 및 현대자동차그룹과 차량용 OTT 콘텐츠 서비스를 제공하는 양해각서를 체결하였다[7]. 향후 현대차그룹 차량 인포테인먼트 시스템을 통해 tvN, OCN, Mnet 등 실시간 방송채널과 드라마, 영화, 예능 VOD 시청이 가능하게 된다. 운전자의 개입이 불필요한 자율주행 기술 레벨 4~5에서는 차량용 엔터테인먼트 콘텐츠의 중요성이 더욱 커질 것으로 전망

됨에 따라, CJ ENM과 현대자동차그룹은 이번 MOU를 계기로 티빙을 포함해 향후 협력 범위를 더 확대할 예정이다[6]. CJ ENM은 자율주행차를 움직이는 미디어 플랫폼이 되어 엔터테인먼트 콘텐츠의 중요성이 더욱 커질 것으로 전망하며, 이러한 추세를 고려하여 티빙에서 서비스 중인 비디오 및 오디오 콘텐츠를 제공하기 위해 협업할 예정이다.

Ⅲ. 비용 효과적인 지상파 이동TV 방송망 기술

미래형 완전 자율주행차를 대상으로 하는 미디어 서비스 제공에 지상파 방송은 단방향 대용량 데이터 전송에 최적화된 특징을 가지고, 특히 국내 지상파TV 방송은 무료 서비스라는 큰 장점이 있어 타 매체 대비 경쟁력이 높을 것으로 예상된다. 특히 국내 지상파TV 방송은 직접수신율이 매우 낮아 OTT, IPTV 등의 다른 매체와의 경쟁에 어려움을 겪고 있어, 자율주행차를 대상으로 한 이동TV 방송은 지상파 방송에 매우 좋은 기회가 될 수 있다. 자율주행차 대상 이동TV 서비스에서 중요한 것은 이동TV 방송망 구축 비용을 최소화하는 것이다. 이동TV 서비스를 위해서는 공간 수신율 및 시간 수신율이 95% 이상이 되어야 한다. 인구 밀집 지역에 대해 TV방송 신호를 송신하는 고정 TV 방송과 달리, 이동TV 방송은 인구밀집 지역은 물론 전파 음영이 많은 도심의 빌딩 숲, 터널 그리고 사람이 살지 않는 자동차 도로에서도 정상적인 수신이 가능해야 한다. 따라서 이동TV 방송은 고정TV 방송에 비해 훨씬 더 많은 전파 음영을 해소하기 위한 갭필러 설치가 필요하므로 방송망 설치 및 유지 비용이 증가할 것으로 예상된다[8].

그러나 이와 같은 이동TV 방송망 설치 비용 증가는 이동TV 방송 서비스 제공에 매우 어려운 문제를 만들 것으로 예상된다. 통신은 더 많은 기지국을 설치하여 데이터 전송률이 증가하면 수익도 대체로 따라서 증가한다. 그러나 방송은 통신과 달리 우리나라의 경우는 주요 수익이 광고료에 의존하고 있으며 전체 방송 광고료는 어느 정도 규모가 정해져 있기 때문에, 데이터 전송률이 올라간다 해도 방송사의 수익 증가는 기대하기 어렵다. 따라서 방송망 설치 및 운용 비용이 증가하면 방송사는 그만큼 수익이 줄어드는 문제가 발생하게 된다. 그러므로 이동TV 방송 서비스가 성공하기 위해서는 이동TV 방송망 설치 비용을 최대한 줄이는 것이 매우 중요하다. 이것을 위해 이동TV 방송망에 발생하는 전파음영 해소에 적용되는 갭필러를 최대한 싸게 만드는 것과 필요한 갭필러 개수를 최소화하는 것이 필수적으로 요구된다.

현 단계의 4K-UHDTV 방송 시스템과 향후 8K-UHDTV 방송 시스템 표준이 개발된다고 가정할 때, 이동TV 방송망 설치 비용을 줄일 수 있는 후보 기술을 살펴보면 다음과 같은 기술이 있다.

1. 4K-UHDTV 시대의 이동TV 방송망 기술

4K-UHD 방송 시스템은 이미 사용 중이기 때문에, 4K-UHD 방송 시스템과 역호환성을 지원하는 다음과 같은 기술들을 적용할 수 있다.

1) 전파음영 해소를 위한 송신칩 기반 값싼 갭필러 송신기 기술

기존 FPGA 기반 갭필러는 가격이 비싸 자율주행차가 이동하는 도로를 따라 존재하는 많은 전파음영 구역 해소에 적용하기 어렵다. 따라서 송신칩을 적용한 가격도 싸고 전력 소모도 적은 갭필러 송신기가 요구된다. 송신칩 기반 갭필러는 여러 개의 송신칩을 적용한 하나의 갭필러 송신기로 복수의 방송사를 지원하는 것도 가능하다. ATSC 3.0 송신칩을 적용한 갭필러의 일례는 그림 8과 같다[8].

이동TV 방송 갭필러 송신기용 저비용의 STL(scheduler/studio



그림 8. FPGA 및 ATSC 3.0 송신칩 기반 갭필러 송신기 일례 to transmitter link)은 상용 인터넷망을 이용할 수 있다[9]. 현재 5G 통신망으로 진화가 이루어지고 있고, 더 높은 전송률을 가지는 6G 통신 기술이 개발 중이다. 따라서 향후 자율주행차용 이동TV 방송 서비스가 이루어지는 시점에는 6G 통신망을 이용할 수 있을 것으로 예상되므로, 상용 인터넷 망을 이용한 STL 구성이 가능할 것으로 예측된다. 또한 유선 인터넷 망 이용이 어려운 교외지역 도로는 6G 통신의 저궤도 위성통신을 이용한 인터넷을 활용하는 방법을 고려해 볼 수 있다.

2) 갭필러 개수를 줄이기 위한 다이버시티 수신 기술

차량용 다이버시티 수신 기술은 OFDM 전송기술을 기반으로 하는 유럽의 DVB-T 및 일본의 ISDB-T 방송 시스템을 중심으로 개발되었다. Dibcom사에서 DVB-T 방송시스템용 다이버시티 수신기를 개발하였고, NHK는 ISDB-T용 다이버시티 수신기를 개발하였다. 특히 NHK는 최대 4개의 다이버시티 수신 안테나를 적용한 이동 HDTV 테스트를 수행하였다. NHK의 다이버시티 수신 테스트에 적용된 모드는 ISDB-T 모드3 64QAM, 채널부호율 3/4, 보호구간 1/8가 적용되었다. 수신율 95%를 기준으로 볼 때, 그림 10에 나타난 것과 같이 다이버시티 수신 안테나 2개, 3개 및 4개를 적용한 경우에 단일 수신안테나 수신 대비 각각 약 10dB, 14dB, 17dB 정도의 수신전계 강도 이득이 얻어진다[10].



그림 9. NHK의 이동 HDTV 테스트용 다이버시티 수신 안테나

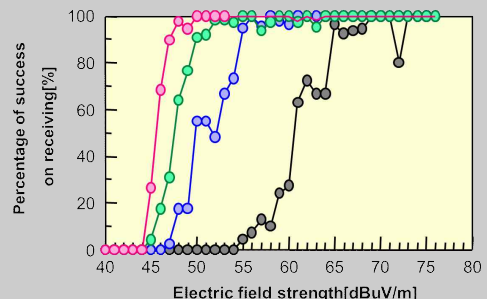


그림 10. NHK의 다이버시티 안테나 수신 테스트 결과

따라서 자율주행차에 다이버시티 수신 기술을 적용하면 전계강도 이득을 얻을 수 있어 전파음영 해소를 위한 갭필러 개수를 줄일 수 있을 것으로 예측된다. 국내 4K-UHD 지상파 방송시스템인 ATSC 3.0도 OFDM 전송시스템을 기반으로 하므로, 다이버시티 수신 기술을 적용할 수 있다. 다이버시티 수신인 SIMO(single input multiple output) 수

신기술은 결합 다이버시티 이득에 의한 신호대잡음비 개선 효과를 얻을 수 있으므로 방송신호 세기가 낮은 지역에서도 수신성능을 개선할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 얻어지는 다이버시티 이득에 따라 설치하는 전파음영 해소용 갭필러 개수를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

2. 미래 8K 및 Post-8K 시대의 이동TV 방송망 기술

8K-UHD 및 Post-8K 미디어 시대에는, 훨씬 더 큰 데이터 전송을 위해 새로운 방송시스템을 개발하는 경우에 4K-UHD 방송시스템에 적용된 송신칩 기반 갭필러 및 다이버시티 수신 이외에 다음과 같은 기술들이 추가될 수 있다.

1) 8K 및 Post-8K 미디어 전송을 위한 대역폭 확장 기술

현재 사용 중인 방송 주파수 대역폭 6/7/8MHz는 브라운관 TV로 TV 방송을 시작하던 아날로그 TV 시대에 정한 것으로 60년 이상 지난 방식이다. 그 이후로 현재의 4K-UHD 방송까지는 영상압축, 오류정정 부호 기술 등의 진화로 기존 방송대역폭 기반 서비스가 이루어지고 있다. 그러나 향후 8K와 그 이후의 다시점 8K, 파노라마 8K 및 궁극적으로 홀로그램 TV와 같은 Post-8K 시대를 고려해 보면 기존의 방송 대역폭은 한계를 보일 것으로 예상된다. 이와 같이 8K 및 Post-8K 시대에 요구되는 대용량 데이터 전송을 위해 기존 방송 주파수 대역폭을 확장하는 기술이 후보가 될 수 있을 것으로 예상된다.

대역폭 확장을 적용하면 여러 방송사가 하나의 주파수 대역폭을 공유함으로써, 하나의 방송용 송신기, 중계기 및 갭필러를 여러 방송사가 공유할 수 있다. 이 방식은 방송망 구축 및 운용 비용을 여러 방송사가 분담할 수 있으므로, 비용 절감이 가능하다. 대역폭 확장의 일례는 그림 11과 같이 기존 대역폭 6MHz 8개를 붙여 대역폭 48MHz를 사용할 수 있다. 이렇게 하여 8K-UHD 전송을 위해 하나의 방송사당 대역폭 12MHz를 할당한다면, 4개의 방송사가 하나의 송신기, 중계기 및 갭필러를 공유할 수 있어, 방송망 구축 및 운용 비용은 1/4로 감소한다[11].

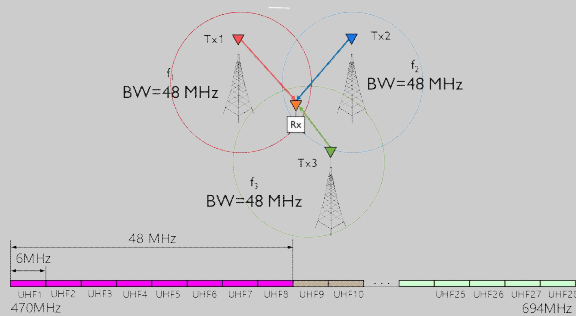


그림 11. 지상파TV 방송 대역폭 48MHz의 대역폭 확장 일례

2) VVC 영상압축을 이용한 방송 시스템 기술

새로운 영상압축 기술인 VVC(versatile video coding)를 적용하면, 기존의 HEVC(high efficiency video coding)를 적용할 때 보다 전송할 데이터량이 최대 1/2로 줄어든다. 따라서 방송 전송시스템은 전송률에 여유가 얻어지므로, 잡음에 강한 저차 QAM 변조 및 우수한 성능의 낮은 오류정정 부호율을 적용할 수 있다. 더 강한 변조와 더 우수한 오류정정 부호 역시 전송할 다이버시티 수신과 같은 신호대잡음비 이득을 얻을 수 있어 갭필러 개수를 줄이는데 도움을 줄 수 있다.

3) 방송 코어 네트워크를 고려한 방송시스템 기술

ATSC는 ATSC 3.0 방송 시스템을 기반으로 방송 코어네트워크 적용 기술의 연구 및 표준화를 진행 중이다[12]. 새로운 8K-UHD 방송 시스템을 설계할 때, 방송 코어네트워크와 연계하여 효율적인 방송망 제어

기능을 추가하면 방송망 운용 비용도 절감이 가능할 것으로 추측된다.

IV. 결론

본 논문에서는 움직이는 생활공간을 제공하여 새로운 미디어 플랫폼이 될 자율주행차를 대상으로 한 이동TV 방송의 비용을 절감할 수 있는 방송망 기술에 대해 살펴보았다. 단방향 대량정보 전송에 최적화된 지상파TV 방송은 자율주행차 대상 이동TV 서비스에 경쟁력이 높을 것으로 기대된다. 특히 자율주행차 대상 이동TV 서비스는 어려운 지상파 직접수신 여건 개선에 좋은 기회이고, 소개한 방송망 기술들은 이동TV 방송 성공에 중요한 요소가 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원(IITP)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017-0-00081, 초고품질 UHD(UHQ) 전송 기술 개발)

참고문헌

- [1] 최정단, 민경욱, 김재홍, 서범수, 김도현, 유대승, 조재일, “사고제로, 커넥티드 자율이동체,” 전자통신동향분석, 제36권 제1호, 2021.2.
- [2] 도준호, 김희경, “자율주행차와 미디어 산업 변화,” 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제20권 5호, 2020.10.31.
- [3] Nuro, “Press ‘Nuro is the autonomous vehicle company that big brands love,’” 2021, <url> https://www.nuro.ai/press
- [4] 이코노미스트, “차에서 요가·음식주문·영화감상···LG전자가 상상한 스마트카는?,” 2022.02.10, <url> https://economist.co.kr /2022/02/10/it/tech/20220210220016240.html
- [5] Young-Ju Kim, Jae-Min Chung, “Relative Constancy of Media Expenditure:1989-2008”, Korean Journal of Journalism and Communications Studies, Vol. 54, No. 5, pp. 108-130, 2010.
- [6] 지디넷, “현대차에서 '티빙' 본다···자율주행차 시대 대비,” 2021. 12.07, <url> https://zdnet.co.kr/view/?no=20211207094036
- [7] 과기정통부 “지상파 UHD 활성화를 위한 정책방안”, 2020.12.
- [8] JaeHwui Bae, Jae Hyun Seo, Namho Hur, Dong-Joon Choi, “A Low Power Gap-filler Using ATSC 3.0 Transmission Chip for Mobile TV Broadcasting,” 2021 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Oct. 2021, pp 399-402
- [9] JaeHwui Bae, YoungSu Kim, Namho Hur and Dong-Joon Choi, “Study on Internet based STL for Low Power Gap-fillers configuring a Mobile TV Network,” 2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Oct. 2020, pp. 1057-1059
- [10] NHK STRL, Digital Terrestrial Broadcasting system in Japan, NHK, 2003.12.16
- [11] JaeHwui Bae, JaeHyun Seo, YoungSu Kim, Jae-Young Lee, Namho Hur, Dong-Joon Choi, Ho Jae Kim, Hyoung-Nam Kim, “Research on the application of wide bandwidth transmission for DTT 8K-UHDTV services,” 2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Oct. 2019, pp261-264
- [12] Ali Dernaika, PT8 Co-Chair, “ATSC PT8 - outcome of core network study,” ATSC, May 2021