

모빌리티 서비스 현황 및 구조 분석을 통한 미래 모빌리티 서비스 적용 무선 통신 시스템에 대한 고찰

김 준 영*, 오 정 민*, 허 예 은*, 박 윤 중^o

Analysis and Understanding of Mobility Service Structures and Trends for the Consideration of Wireless Communication Systems in Future Mobility Services

Joon Young Kim*, Jeong Min Oh*, Yae Eun Heo*, Yun Joong Park^o

요 약

최근 다양화된 이동 형태의 요구에 맞춰 다양한 모빌리티 서비스 출시들이 이루어지고 있다. 스쿠터, 자전거부터 크게는 자동차 및 다인승 승합차까지 모빌리티 서비스 생태계 내에서 주요한 이동 수단으로써 활용되고 있다. 앞으로 미래 확장성이 기대되는 여러 형태로써 존재하는 모빌리티 서비스에 대한 구체적인 분석 및 조사를 통해서 미래 모빌리티 서비스에 최적화되어 적용이 가능한 무선 통신 시스템에 관한 연구가 필요하다. 특히 외부 연동 및 상호 객체 간의 상호 작용이 중요한 서비스 형태로써 현재 적용 중인 다양한 통신 형태에 대한 파악 및 개선점 제시가 필요하다. 본 논문은 모빌리티 서비스 구조현황 분석을 토대로 앞으로의 모빌리티 서비스에 적용할 수 있는 통신 시스템에 대한 고찰을 진행하고자 한다. 이를 위해 현존하는 모빌리티 서비스 현황을 조사하고 서비스 구조 및 적용 중인 무선 통신 시스템 파악과 분석을 진행한다. 이를 토대로 향후 모빌리티 서비스 적용을 위한 무선 통신 시스템에 대한 개선 방향성 및 기술/정책적 차원에서의 고려사항들도 같이 제시한다

Key Words : Mobility Service, Wireless Communication, Device, Platform, Service Structure

ABSTRACT

In recent years, mobility services, known as Mobility as a Service (MaaS), have expanded significantly since the mobility device are widely available. Those devices include from scooters and bicycles to sedans and small buses, which operate as transportation within the mobility service ecosystem. As the scalability of the mobility service is likely to be grown soon, wireless communication systems must be applicable and optimized to future mobility services with detailed analysis and investigation of mobility services in various forms. Since the nature of the mobility service includes external integration and mutual interaction among various stockholders, efficiency and standardization are the critical requirements for wireless communication systems which are currently fragmented in mobility services. In this paper, we investigate existing mobility service structures and current trends for the next generation of wireless communication systems in future mobility services. At first,

※본 연구는 한국연구재단 과제 (2022R1G1A1009023)와 2021년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원으로 수행되었습니다.

♦ First Author : Sungshin Women's University, School of AI Convergence, jkim@sungshin.ac.kr, 정희원

o Corresponding Author : Hyundai Motor Company, TaaS Division, pyjoong@hyundai.com, 정희원

* Sungshin Women's University, School of AI Convergence, 학생회원

논문번호 : 202208-184-0-SE, Received August 14, 2022; Revised September 27, 2022; Accepted September 28, 2022

we first research existing mobility services and analyze the service structure, and wireless communication systems in mobility services. After the investigation results, we provide the key direction and consideration of communication systems in technical and policy perspectives for future mobility services and applications.

I. 서 론

2010년대 들어 Mobility as a Service (MaaS)로써 알려지게 된 모빌리티 서비스는 이동성에 중점을 둔 단일 혹은 종합 서비스를 통칭하는 개념으로써 자리 잡게 되었다^[1]. 특히 기본적인 경로 찾기, 교통 예약 및 요금 지불 등 일반 상호 작용까지 모빌리티 서비스 안에 고려하게 되면서 다양한 모빌리티 서비스 및 시스템들이 출시 및 구축됐다^[2].

현재 모빌리티 서비스의 경우 이동성과 관련된 다양한 운송 수단 등을 중심으로 이루어지고 있으며 일반적으로 널리 알려진 단순 스쿠터, 전기자전거 등을 활용한 공유 서비스에서부터 자동차 공유, 헤일링 서비스 및 셔틀 같은 호출형 기반 셔틀 버스 서비스 등 다양한 형태로써 출시되고 있는 중이다^[3]. 모빌리티 서비스 자체뿐만이 아니라 목적형 차량 (PBV: Purpose-Built Vehicle)과 같이 서비스에 특화된 운송 수단을 개발 및 양산하는 경우도 보이고 있다^[4]. 이러한 모빌리티 서비스와 시스템들의 구현 및 운용을 할 수 있게끔 이동 수단들에 대한 제어 및 실시간 모니터링이 필요하며 이러한 실시간성을 위해서 모빌리티 서비스 및 시스템 내에서는 다양한 형태의 통신 시스템들이 적용되고 있다. 자동차 형태의 모빌리티 서비스의 경우 V2X 및 셀룰러 망 활용 경우들이 존재하며 스쿠터 같은 소형 운송 수단의 경우 NB-IoT 같은 에너지 효율적인 통신 시스템을 적용하고 있다^[5,6]. 또한, 동일 및 유사 운송 수단도 지역별, 서비스 특화 별로 다른 형태의 통신 시스템을 적용하는 예도 존재하며 전반적인 모빌리티 전용 통신 시스템 자체가 차량 통신과는 달리 정형화되어 있지 않은 만큼 통신 적용의 경우 실질적으로 파편화되어서 운용되고 있는 것이 현실이다. 이와 더불어 일부 통신 경우 모빌리티 환경의 충분한 고려 없이 적용한 기능성도 존재하며 이는 상호 서비스 연동성의 약화뿐만 아니라 모빌리티 서비스 산업 차원의 통신 기술의 파편화 및 실질적인 서비스 저하까지 불러일으킬 수 있다.

통신 측면에서의 전반적인 모빌리티 서비스의 향상을 위해서는 모빌리티 서비스 구조 및 통신 시스템 적용에 대한 명확화가 필요하며 특히 통신 및 네트워크 시스템 관점에서의 모빌리티 서비스에 대한 개선점

도출이 필요하다. 이를 위해서 현재 출시된 모빌리티 서비스들에 대한 구조 파악 및 이에 적용되고 있는 무선 통신들에 대한 분석 등을 토대로 하여 앞으로 미래 모빌리티 서비스에 필수적으로 적용되어야 할 통신 및 네트워크 시스템에 대한 고려사항들에 대한 도출 및 고찰이 필요하다.

본 논문에서는 현 모빌리티 서비스들의 서비스 구조 및 적용된 통신 시스템 분석을 토대로 앞으로 향후 모빌리티 서비스에 적용 가능한 통신 시스템에 대한 고찰을 진행하고자 한다. 이를 위해 현존하는 다양한 모빌리티 서비스들에 대한 현황을 먼저 파악하고 이후 서비스 구조 분석 및 적용 중인 통신 시스템 조사를 진행한다. 또한 모빌리티 서비스 기업별 사례 조사 등을 토대로 하여 실제 서비스 내에서 적용되고 있는 무선 통신들에 대해서 파악한다. 종합적으로 조사 및 분석된 내용을 토대로 하여 앞으로 미래 모빌리티 서비스상에서의 적용을 위한 무선 통신 시스템 대상 개선 방향성과 더불어 기술적/정책적 차원에서의 주요 고려사항들을 도출함으로써 향후 모빌리티 시대에 나아가야 할 통신 시스템의 미래 방향성에 대해서 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 전반적인 모빌리티 서비스의 이해를 위한 서비스 범위/카테고리화를 진행하고 기본적인 구조도 및 환경적 특성 등을 기술한다. 제3장에서는 모빌리티 서비스 내 적용 중인 무선 통신 시스템들에 대한 파악 및 서비스 카테고리별 분석 등을 통한 주요 특성들을 도출한다. 제4장에서는 앞서 도출된 특성들에 대한 개선 방향성 제시와 더불어 미래 모빌리티 서비스 적용을 위한 기술/정책적 측면에서의 주요 고려사항들을 기술한다. 제5장에서는 주요 모빌리티 서비스 기업 사례 등을 통한 통신 적용 방식에 관해서 기술하며 제6장에서는 결론을 기술한다.

II. 모빌리티 서비스의 구조/환경적 특성

모빌리티 서비스라는 용어 자체가 이동성을 포함하는 서비스들을 전반적으로 포괄하다 보니 다양한 측면에서의 모빌리티 서비스 개념들이 존재하며 이러한 개별적 해석들로 인하여 모빌리티 서비스의 개념 자

체가 혼동되는 경향들이 존재한다. 본 논문에서는 모빌리티 서비스 전용 무선 통신 시스템에 대한 분석을 위해서 모빌리티 서비스들에 대한 범위 및 카테고리 명확성을 위해서 모빌리티 서비스의 정의를 통신 기능이 탑재된 이동 장치 자체 혹은 장치 기반 연계 서비스로 한정하고자 한다. 또한, 이동성이 중점인 만큼 사용자와 운전자 중심으로 한정하여 장치 및 서비스 조사를 진행하였다.

모빌리티 장치/서비스 분류를 위해서 ① 이동 장치 치수, ② 장치 종류, ③ 주행 방식 및 서비스 형식등의 크게 세 가지 주요 특성들을 활용한 모빌리티 서비스 카테고리화하고 서비스별 상세 내용을 기술한다. 또한, 분류 결과를 토대로 한 서비스별 구조도도 같이 제시한다.

2.1 모빌리티 서비스 분류 및 카테고리

앞서 설명한 3가지 특성을 기반으로 하여 모빌리티 서비스 및 운송 수단 등의 카테고리 화를 형상화한 Tree Diagram은 그림 1을 참고한다. 그림 1 내에서는 먼저 이동 수단별로 구분을 하여 마이크로모빌리티/차량/서비스로 분류하였고 두 번째 레벨은 장치 종류별로, 세 번째 레벨은 서비스와 장치로 구분하였다. 본 장에서는 이동 수단별로 구분된 마이크로 모빌리티, 차량, 서비스 순으로 설명한다.

마이크로 모빌리티라고도 불리는 소형 모빌리티 기반 서비스의 경우 단거리 주행 기반의 모빌리티 이동 수단 서비스로써 출발지/목적지와 주요 교통로 간을 연결해주는 대체 운송 수단으로써 주목을 받았으며 이러한 모빌리티 서비스를 1 mile내 이동을 목적으로 하는 퍼스트 혹은 라스트 마일 (First/Last Mile) 서비스 범주 안으로 분류하기도 한다⁷⁾. 해당 서비스의 경우 간편성, 편의성 및 사용 용이성을 위해서 대부분 서비스가 스쿠터, 자전거 또는 세그웨이 등 소형 교통 수단 등을 전동화하여 공유형으로 제공하는 형태로 출시되고 있다. 또한, 노인/장애인 이동 수단으로 활용되고 있는 보조 장치들도 넓은 의미로써 모빌리티 운송 수단으로 분류될 수 있을 것이다. 다만 국내 경우 보조 장치 이외에 교통 법규 차원에서 전동 소형 교통 수단 운영을 위해 운전면허 소유 및 헬멧 의무 장착까지 요구되어 있다 보니 성장세인 해외와는 달리 최근 스쿠터 기반의 마이크로 모빌리티 서비스들의 종료가 이어지고 있는 형국이다⁸⁾. 전동 이외의 교통수단의 경우 이러한 의미가 없는 경우들이 존재하나 사실상 따릉이와 같은 자전거 수단 외에 타 이동 수단의 활용은 활발하게 이루어지고 있지 않은 상황이다.

자동차 연계 모빌리티 서비스의 경우 자율 운전 및 PBV와 더불어 차를 호출해서 타는 라이드 헤일링 (Ride Hailing) 서비스 및 유희 차량을 빌려서 타는

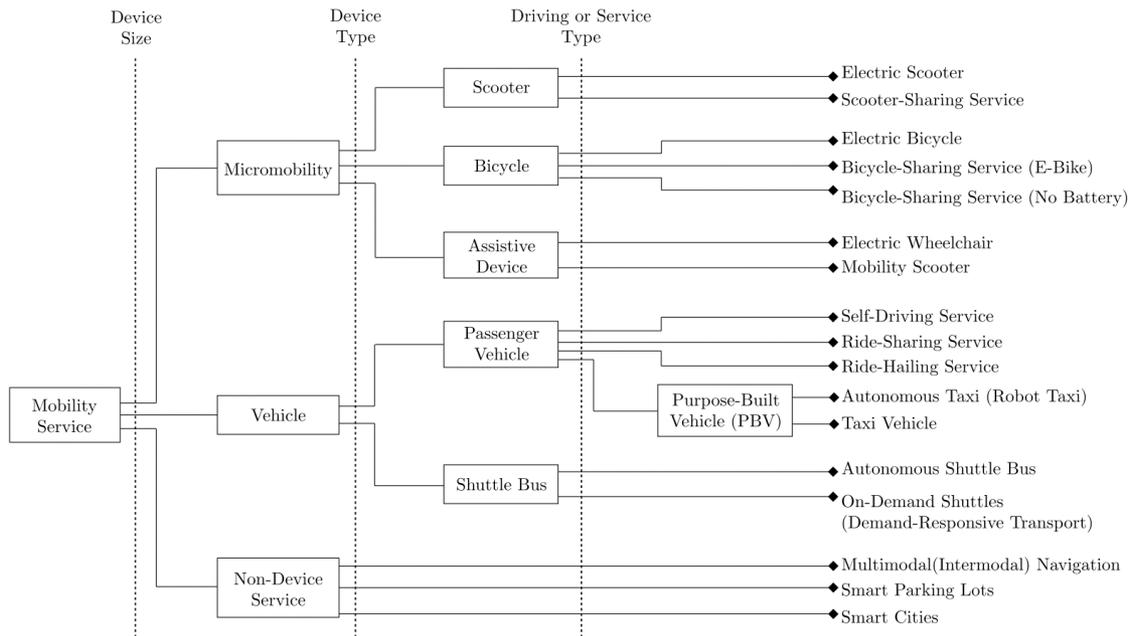


그림 1. Tree Diagram 기반의 모빌리티 분류화
Fig. 1. Tree Diagram-based Classification of Mobility Service Types

라이드 셰어링 (Ride Sharing) 서비스들이 대표적이고 볼 수 있다. 다만 차량 소유 형태 및 국가별로 따라서 해당 서비스 운영 및 개인별 공유 서비스 제공 가능 유무가 결정된다. 라이드 헤일링 경우 국내에서는 법규 문제와 더불어 최근 판결된 타다 문제 등으로 인하여 택시 이외에는 여객 업을 개인이 제공하는 것은 불법인 만큼 택시 위주로 라이드 헤일링 서비스가 제공되고 있다. 이를 위해서 카카오 모빌리티의 경우 (주) KM 솔루션이라는 별도 업체를 운영하면서 승용차 법인 면허 이관 및 구매 등을 통해서 카카오T를 통한 라이드 헤일링 서비스를 운영하고 있다⁹⁾.

Shuttle 버스의 경우 셔틀과 같이 일종의 대중교통 라이드 헤일링을 적용한 서비스들이 제공되고 있다¹⁰⁾. 본 방식의 경우 개인/법인 소유 차량 공유 형태가 아닌 수요 응답형 교통 (Demand Responsive Transport: DRT) 서비스에 연동되어서 제공 중이며 국토교통부와 민간기업 차원에서 시범 사업으로 진행하고 있다¹⁰⁾. 특히 세종, 파주, 영종도와 같이 특정 지역에서 버스, 지하철과 같은 공공교통을 대체하는 교통수단으로 운영되는 점이 특이하다고 할 만하다¹¹⁾.

목적형 기반의 모빌리티 교통수단인 PBV 경우 현재 특정 목적에 따른 차량 개발 및 양산을 의미하며 현재는 실제 PBV를 양산하는 단계에 접어들었으며 현재 주요 수요처 중 하나인 택시를 대상으로 한 차량 양산이 진행된 상태이다. 기어의 경우 니로 플러스라는 차량으로 택시 영업에 특화된 내부 실내장식과 더불어 내비게이션 자체도 택시미터기 기능까지 포함되어 설계된 점이 특이점이다¹²⁾. 현대자동차의 아이오닉 5 로보택시의 경우 자율주행에 중점을 맞춰 자율주행만으로 목적지에 도달해주는 택시 양산을 목적으로 2023년 목표로 추진되고 있다¹³⁾.

인프라 기반의 교통수단 간 연계 서비스들의 경우 현재는 초기 단계에 머물러 있는 상태이며 멀티모달 기반의 내비게이션 서비스 등이 이전에 BMW와 INRIX 협업 차원에서 실험적으로 해외에서 운영된 바 있다¹⁴⁾. 네이버 지도, 카카오 맵과 같은 국내 내비 서비스 경우 멀티모달에 가깝게 내비게이션이 제공되는 형태로 유지 중이나 실제 다중 교통수단 연계 종합 예약 및 지불 기능은 국내에서는 현재 전혀 없는 상황이다. 다만 주차장 등의 연계 경우는 카카오 T 및 SKT 티맵 정도가 현재 제휴형태로 하여 연동 서비스 제공 중이다¹⁵⁾.

2.2 모빌리티 서비스 기본 구조도 및 특징

대표적인 모빌리티 서비스들의 개별 구조도들은 그

림 2부터 그림 4까지를 참고한다¹⁶⁻²⁵⁾. 대략적인 구조도와 더불어 서비스별 유의미한 특징들에 대해서 서비스별로 설명한다.

2.2.1 마이크로 모빌리티 서비스

마이크로 모빌리티 서비스 구조도를 나타내는 그림 2의 경우 주요 영역인 사용자와 서비스 제공자 간의 상호 작용을 통한 스쿠터 서비스 제공이 이루어지게 된다¹⁶⁻²⁰⁾. 본 서비스 구조도에서 사용자의 경우 직접 주행이 필수적이며 스쿠터 접근을 통한 잠금장치 해제 및 운행을 진행하게 된다. 이때 스쿠터와 사용자 간의 통신상에서 단순 정보 전달 경우 서비스 제공자를 통해서 받게 되며 잠금장치 해제 및 직접 주행 승인 여부 등을 위한 근거리 경우 직접 통신이 이루어지게 된다. 이때 스쿠터의 주행 가능 여부를 가늠하는 주요 기준은 1) 실제 사용자 경로 주행 가능 유무, 2) 배터리 내 전력 잔류 용량, 3) 모터 등 스쿠터 부품 파손 여부 등이다. 이때 사용자가 직접 주행하는 마이크로모빌리티 장치 특성상 전력 및 모니터링 효율을 위해서 저 전력 통신 적용이 합리적이다. 사용자의 경우 자기 신원에 대한 인증 및 승인을 위해서 스마트폰이 필수적이며 스쿠터 근처에 도달했을 때 실제 도달 여부에 대한 검증을 위해서 Bluetooth Low Energy (BLE)과 같은 단거리 통신인 Wireless Personal Area Network (WPAN)으로 물리적 반경 내 사용자 유무를 파악한다.

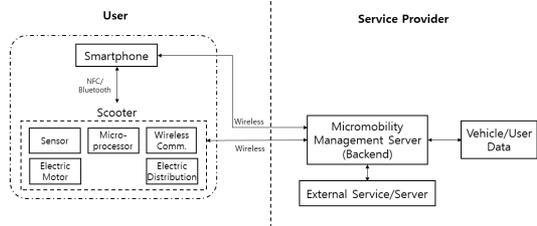


그림 2. 마이크로모빌리티 서비스의 일반 구조 예제¹⁶⁻²⁰⁾
Fig. 2. A General Structure Example of Micro-mobility Service

2.2.2 자동차 기반 모빌리티 서비스

자동차 모빌리티 서비스 경우에는 서비스 제공자 중심으로 운영되는 측면이 강하다. 그림 3과 같이 서비스 제공자는 운전자 단말기 제공과 더불어 자동차와 서버를 포함한 모빌리티 장치에 대한 운영 및 관리도 필요하여 이를 종합적으로 운영할 수 있는 플랫폼의 존재도 필요하다¹⁹⁻²⁴⁾. 이를 통해 사용자가 호출 시 운전자 단말기 상에서의 표시뿐만이 아닌 모빌리티

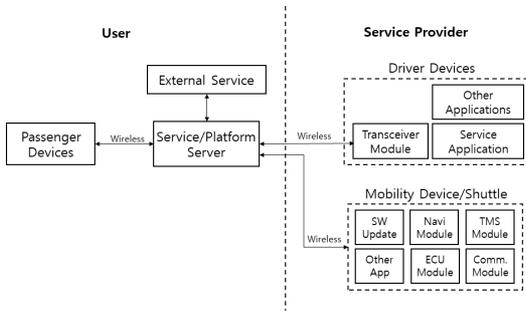


그림 3. 차량 모빌리티 서비스의 일반적 구조 예제 [19-24]
Fig. 3. A General Structure Example of Vehicle Mobility Service

장치의 사용자 위치를 향한 주행 및 자동 운행이 가능할 것이다. 따라서 해당 서비스 구조의 경우에는 사용자 측면에서 단순화된 서비스 경험이 가능하다. 스마트폰을 통해서 차량 호출 및 계산 부분에만 신경을 쓰면 되며 직접 주행 경우인 카 셰어링의 경우도 주행에만 집중하면 된다. 연료 사용량 및 전력 사용 자체에 대한 중요성이 높지 않은 서비스 특성상 본 서비스 내에서는 고용량의 데이터 송수신도 가능할 것이며 구조적으로는 운전자 단말기 내 모듈과 같은 송수신기 모듈과 차량 내 텔레매틱스(TMS) 모듈, 승객의 경우 스마트 폰을 기본적으로 4G, 5G와 같은 모바일 통신을 쓰는 것이 합리적이다.

2.2.3 외부 연계 모빌리티 서비스

외부 연계 서비스 구조의 경우 사용자와 서비스 제공자 양방향으로 연계해주는 중간 연동 플랫폼의 존재가 필수적이다. 그림 4와 같이 사용자 경우 스마트폰을 활용한 모빌리티 장치 주행 혹은 탑승을 하게 되고 해당 모빌리티 장치와 연동 가능한 외부 서비스들의 경우 중앙 서버를 통해서 해당 서비스 계정 연동을 진행하고 이를 통해서 모빌리티 장치 내 서비스 접근을 이루게 할 수 있다[16,19,22,25]. 본 서비스 구조상에서 대

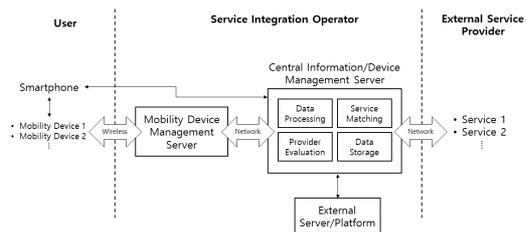


그림 4. 외부 장치/서비스 연계 모빌리티 서비스 일반적인 구조 예제[16,19,22,25]
Fig. 4. A General Structure Example of Mobility Service with External Integration

부분 경우 모빌리티 장치/스마트 폰을 제외하고 유선 네트워크로 가능하며 이때 모빌리티 장치 및 스마트폰의 무선 통신의 경우는 장거리 통신이 가능한 모바일 통신 위주로 사용될 것이며 모빌리티 장치 특성에 따라 저 전력 통신 적용도 가능하다. 모빌리티 장치와 사용자 신원 간의 매칭을 위한 인증 경우 앞서 언급된 근거리 통신 적용이 필수적인 것이다.

2.3 모빌리티 서비스상에서의 환경적 특성

상기 구조도들과 더불어 모빌리티 서비스 특성상 타 교통 서비스들과 비교 시 환경적인 차이도 엄연히 존재한다. 크게 두 가지가 있는데 첫 번째는 운영상에서의 공유 특성이다. 차량, 오토바이 등 일반적인 교통수단을 쓰는 경우들이 빈번한 모빌리티 서비스는 운영 특성상 공유형 혹은 요구형 서비스가 빈번한 만큼 불특정 다수의 접촉으로 인한 전염, 감염 및 위생 문제가 발생할 수밖에 없다. 자동차 형태의 서비스 경우 차량 내 위생용품 등의 구비가 가능하지만, 마이크로 모빌리티 같은 소형 장치 서비스에서는 한계점이 보이는 대목이다. 두 번째의 경우는 주행 안전 관련 문제이다. 모빌리티 서비스의 경우 공유 형태의 서비스가 주인만큼 개인 장치 대비 장비 자체의 노후화가 급속히 진행될 수밖에 없으며 전동스쿠터와 자전거의 경우 외부 부품 노출 등으로 인한 신체 상해 및 배터리 화재 위험성에 항상 노출될 경우가 많은데 이러한 환경적 차원에서의 개선이 필요한 상황이다[26,27]. 주행 방식 또한 외부 환경에 직접 노출되는 만큼 주행 안전 불만 이슈 빈도가 빈번하다[26]. 이러한 환경적 특성의 한계점을 고려하면서 모빌리티 장치 자체의 개선과 더불어 환경 특성 개선에 대한 전반적인 인식 전환을 동반하는 것이 서비스 활성화를 위해서 필요할 것이다.

III. 모빌리티 서비스 내 무선 통신 시스템 분석

앞서 언급된 모빌리티 서비스별 구조상에서 적용된 무선 통신 시스템들에 대한 분석 등이 필요하다. 구조상에서의 분류를 통한 무선 통신 종류를 카테고리화 시키는 것과 더불어 카테고리별 상세 사양 내용 분석을 통해서 모빌리티 서비스별 특성에 맞춰서 무선 통신 적용 가능성 및 타당성에 대한 파악이 필요하다. 동시에 다양한 서비스 구조상에서 무선 통신 적용 시 필요사항에 대한 이해 및 분석도 동반되어야 할 것이다. 다만 모빌리티 서비스별로 진행되는 산업계 차원의 무선 통신 시스템 적용에 대한 구체적인 사양은 대

중에 공개된 문헌 및 특허 등의 조사를 통한 상세 구조를 가늠해 보는 것이 최선일 것이다. 본 장에서는 앞서 제시된 모빌리티 서비스별 구조도에서 적용되고 있는 무선 통신 시스템에 대한 전반적인 현황들을 파악하고 시스템 분석을 통한 특성 및 확장 가능성 등에 대한 시사점을 도출한다.

3.1 모빌리티 서비스별 통신 시스템 현황

모빌리티 서비스 내 통신 시스템 현황 파악을 위해서는 모빌리티 서비스별 무선 통신 분류에 기반을 둔 현황 파악이 중요하다고 할 수 있다. LTE, NB-IoT 등 외부와의 연동 및 상호 작용을 위한 무선 통신이 존재하는가 하면 Bluetooth 및 NFC과 같이 근거리에서 쓰이는 경우들이 존재한다^{5,28)}. 본 논문에서는 저 전력 블루투스 (BLE)를 블루투스 (Bluetooth) 에 포함해서 분류함을 참고한다. 또한, 단순 위치 조정 및 차량 내 엔터테인먼트 용도로만 활용되는 Wi-Fi 경우도 제하고 작성되었다.

다양한 사례에서 쓰이는 무선 통신 현황 파악을 위하여 앞서 기술된 마이크로모빌리티와 차량 연계 모빌리티 및 서비스별로 분류화시킨 모빌리티 서비스 무선 통신들은 표 1을 참고한다²⁹⁻³²⁾. 해당 표에서는 현재까지 문헌 및 특허로 조사된 적용 무선 통신들에 대해서 분류가 되어 있으며 크게 1) 장치와 장치 간 통신(Device-to-Device: D2D), 2) 장치와 서비스 플랫폼 간의 통신으로 (Device-to-Platform: D2P) 분류를 진행하였다. 또한, 모빌리티 서비스와 통신 분류 간에 중첩되는 경우도 존재하는바 표준별 특성을 고려한 데이터 수율 및 에너지 소비

량도 동시에 작성하였다. 에너지 소비량의 경우 송수신 경우의 소비량을 계산하였으며 전류 값만으로 소비량 환산이 필요할 시 3.7V 전압을 기준으로 환산하였다. 또한, LTE, 5G의 경우 일반적인 단말 장치에서의 증폭기 에너지 소비량을 기준으로 맞췄으며 최소 1 kW를 기본으로 넘는 Base Station은 고려하지 않았음을 참고한다. 표 1내 데이터 송수신량과 에너지 소모량 결과를 볼 때 유의점들은 다음과 같다.

에너지 소모량의 중요성: 모빌리티 서비스별 특성상 에너지 효율성을 중요히 여기는 경우가 존재한다. 이때 모빌리티 장치 내의 배터리 소모량의 최소화를 위해서 데이터 전송량과 더불어서 에너지 소모량이 중요한 고려 요소로 간주한다. 다만 에너지 소모량만 고려 시 Sigfox와 같이 굉장히 낮은 데이터 수율 기반의 무선 통신의 경우 송수신 시간이 대폭 증가할 수밖에 없으며 이는 에너지 소모량의 증가로 이어진다. 따라서 데이터 전송량과 에너지 소모량 간의 절충점 고려 및 선택이 중요할 것이다.

장치 간의 데이터 송수신량: 장치 간의 데이터 송수신의 경우 낮지 않은 송수신량을 보이는데 이는 실제 송수신을 통한 일정 수준의 정보 교환이 있다는 점을 의미하며 단순 인증 및 승인 절차 이외의 정보 송수신도 가능할 것이다.

종류별 특성에 따른 데이터 송수신의 차이점: 앞서 설명된 배터리와 연계된 특성으로써 마이크로 모빌리티 경우 장치 정보만의 교환이 필요한바 데이터 송수신량이 상대적으로 낮으며 차량의 경우 차량 장치 자체의 정보량을 다루기 위한 데이터 송수신량 유지가 필요하다. 서비스의 경우 유선 네트워크 수준의 전송

표 1. 주요 국내의 모빌리티 서비스 적용 무선 통신 리스트[29-32,57,58]
Table 1. List of Wireless Communication in Mobility Service

Mobility Types	Distance	Wireless Communication Types	Max Data Rate	Energy Consumption
Micromobility	D2P	NB-IoT	220 kbps	0.114 mWh
		LTE-M	1 Mbps	0.571 mWh
		LoRaWAN	50 kbps	0.098 mWh
		Sigfox	0.6 kbps	0.069 mWh
	D2D	Bluetooth(BLE)	1 Mbps	0.608 mWh
		NFC	424 kbps	10 mWh
Vehicle	D2P	LTE	1 Gbps	> 10 mWh
		5G	> 1 Gbps	> 10 mWh
		C-V2X	28.8 Mbps	12 mWh
	D2D	NFC	424 kbps	10 mWh
Service	D2P	LTE	1 Gbps	> 10 mWh
		5G	> 1 Gbps	> 10 mWh

이 필요함바 높은 송수신량을 보여주고 있다.

서버 플랫폼으로의 데이터 처리/운영 주도권 이관화: 차량과 마이크로모빌리티 경우를 보면 1Gbps 레벨의 고속 송수신이 지속되기 어려운 것을 볼 수 있다. 이는 차량 혹은 마이크로모빌리티 장치 내에서의 개별 데이터 운영이 어렵다는 것을 방증하며 다중 장치들의 데이터 수집, 처리 및 관리의 용이성과 더불어 데이터 송수신의 효율화를 위해서 데이터 처리 및 운영의 주도권을 서버 플랫폼으로 진행하는 것이 효율적임을 보여주고 있다. 이러한 서버 플랫폼의 구조의 예제 경우 그림 6을 참고한다.

3.2 모빌리티 서비스의 무선 통신 관련 차별성

앞서 설명된 유의점들을 기반으로 볼 때 모빌리티 서비스의 경우 차별점이 있는 바 1) 모빌리티 장치에 장착되는 무선 통신 모듈을 서비스별로 특화하여 설치 혹은 장착하게 되며, 2) 모빌리티 서비스 특성상 데이터 송수신에서의 사용자/기기 위치 정보는 필수적이며, 3) 이동 수단으로써의 사용과 요금 결제 등의 편의성과 단순화를 위해 스마트폰 활용 및 타 플랫폼과의 연동 등도 필요하다고 할 수 있다³³⁾.

상기 차별성을 참고하여서 그림 2, 3, 4 내에서 서비스 플랫폼을 상세화하여 나타낸 모빌리티 서비스 플랫폼의 구조도 예제는 그림 5와 같이 나타낼 수 있다³⁴⁻³⁶⁾. 현재까지 확인한 문헌들을 토대로 볼 때 주요 기기와 플랫폼 간의 통신 경우 저 전력 기반 통신 및 모바일 네트워크를 활용 중이며 위치 확인 및 상호 간

의 정보 교환을 통한 탑승 허용 여부를 승인해주는 스마트폰 내 앱과 모빌리티 기기 간의 직접 통신의 경우에도 BLE 와 같은 저 전력, 저 용량 송수신을 활용하고 있다^{5,37)}. 본 구조도 상에서 기본적인 모빌리티 서비스뿐만 아닌 선택적인 플랫폼 기능 적용 등을 토대로 플랫폼 및 서비스 효율화 및 최적화가 가능하며 해당 구조 외부에서의 추가적인 서비스 연동을 통한 모빌리티 서비스 사용자 대상으로 다양한 경험 제공 등이 가능할 것이다.

IV. 모빌리티 서비스 내 전용 무선 통신 관련 주요 개선 방향성 및 고려사항

지금까지 우리는 모빌리티 서비스별로 무선 통신 현황 파악 및 데이터 수율, 에너지 소비량과 이에 따른 유의점을 도출하였다. 이러한 무선 통신들의 특성들을 기반으로 하여서 미래 모빌리티 서비스 내 무선 통신 적용을 위한 개선점 제시가 필요하며 기술적/정책적인 측면에 대한 분석을 통한 요구사항 도출도 필요하다. 본 장에서는 이러한 모빌리티 서비스 내 무선 통신과 관련하여 미래 모빌리티 서비스의 확장 및 고도화를 위해 앞으로 모빌리티 서비스 내 무선 통신 적용을 위해서 필요한 기술적/정책적 차원에서의 요구사항에 관해서 기술한다.

4.1 서비스 내 무선 통신 시스템 개선 방향성

모빌리티 서비스 내 무선 통신상에서의 필요한 주

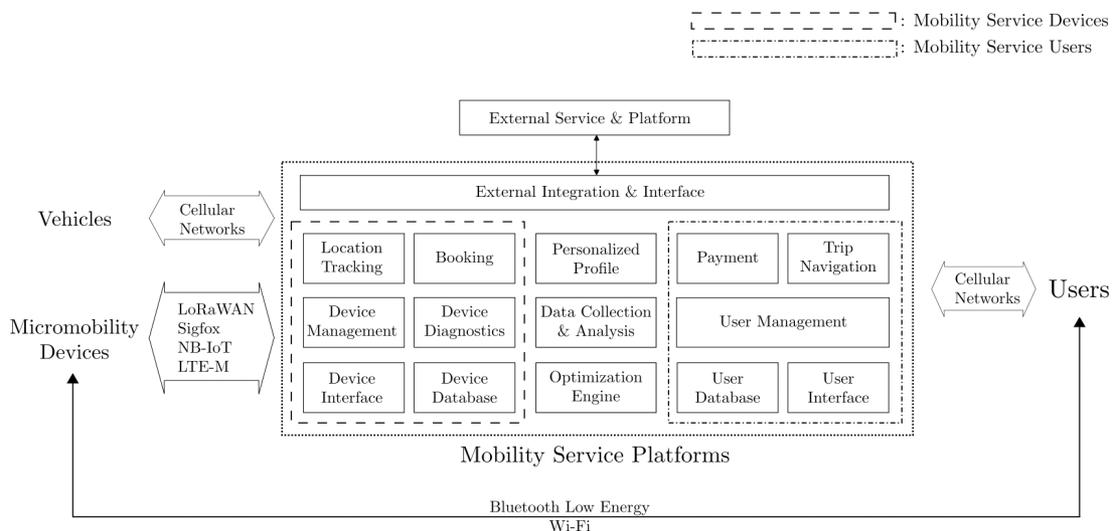


그림 5. 모빌리티 서비스 플랫폼의 일반화된 구조도
Fig. 5. Generalized Structure of Mobility Service Platforms

요 개선 포인트로는 1) 무선 통신 상호 연동성과 2) 적용 용이성이라고 할 수 있다. 무선 통신 상호 연동성의 경우 기기 차원에서 에너지 소비량 및 송수신량만을 고려한 무선 통신 적용 시 비용적으로도 상당한 부담이 될 가능성이 존재하며 대중적으로 쓰이지 않아 해당 무선 통신에 대한 개선 지원 등으로 인한 서비스 저하도 우려되는 바이다. 서비스 구조상에서의 무선 통신 적용 연동성을 개선함으로써 다양한 무선 통신 기술에 대한 활용성도 높일 수 있으며 에너지 효율성도 동시에 높이는 방법일 것이다.

또한, 모빌리티 서비스 내 무선 통신 적용 용이성도 개선되어야 할 점 중 하나이다. 현재처럼 하드웨어 단말의 비용 최적화를 위해서 하나의 보드 안에 장착되는 형식 대신 플러그인 방식 혹은 소프트웨어 정의 라디오(SDR) 등의 도입을 통해서 다양한 통신 칩 또는 모듈이 적용될 수 있는 하드웨어 환경 개선이 필요할 것이다. 이를 통해 다양한 무선 통신에 대한 적용이 한층 더 쉬워질 수 있다.

4.2 기술적 차원에서의 고려사항

앞서 설명한 모빌리티 무선 통신 시스템 적용을 위해 미래 환경 대상 기술적 차원에서의 주요 고려사항들은 크게 연료, 기기 상호 연동, 고용량 송수신 등에 대한 고민 및 분석이 필요하다.

현재 모빌리티 서비스 운영상 중 문제점이 될 수 있는 요소 중 하나가 운행 수단의 연료 문제이다. 예를 들면 스쿠터의 경우 장착된 배터리의 유효성에 따라서 운행 시간 및 품질이 결정된다. 이러한 배터리의 효율성 및 관련 기술의 대폭 개선 및 업그레이드를 통해서 적용 가능한 무선 통신의 범위는 대폭 확대되어야 한다. 기존에 마이크로모빌리티 서비스상에서 주요 고려 대상이 아니던 LTE 등도 통신 중 하나로써 활용될 수 있다.

또한, 모빌리티 서비스 운행 기기와 플랫폼간의 인터넷 프로토콜 레벨에서의 상호 연동성도 중요한 고려사항 중 하나가 될 수 있다. 기본적으로 대부분 문헌 및 특허의 경우 무선 통신 연동 레벨의 논의는 많이 이루어졌으나 상호 기기와 플랫폼 간의 연결의 경우 단순 연동으로써의 언급이 대부분이며 기존 텔레매틱스 등에서 상당 부분 고려되었던 HTTP, MQTT, CoAP 등과 같은 직접적인 인터넷 프로토콜을 통한 서비스 연동성에 대한 분석 및 적용등에 대한 논의가 필요하다. 특히 공유형 스쿠터 플랫폼과의 연동성에 대한 검증등을 토대로 요금 할인 등의 서비스 확장이 가능하다³⁸⁾.

고용량 송수신 기반의 데이터 포맷 및 구성요소 부분도 하나의 고려사항 중 하나이다. 현재 모빌리티 기기 내 배터리 한계 및 이동 환경 특성상 저 전력 통신 시스템이 적용 중이다³⁷⁾. 다만 앞으로 배터리 성능 대폭 개선 및 단말 초경량화가 가능한 미래에는 고용량의 송수신이 가능해질 수 있는데 이때 서비스 확장 및 품질 고도화 등을 대비하기 위해서 모빌리티 서비스 전용 데이터 프레임 구성 및 구성 요소 등에 대한 고민과 선정이 필요하다. 이를 통해서 단순 속도 및 위치 정보 전달뿐만이 아닌 모빌리티 시스템 전용 OTA, 시각 데이터 및 장치 부품 상태 등 다양한 정보 제공 등이 가능할 수 있으며 이러한 기술 적용을 위해서 구체적인 서비스 시나리오에 대한 발굴 및 개발도 필요하다.

4.3 정책적 차원에서의 고려사항

통신 시스템의 개발은 기술적 부분만이 아니라 이와 연계된 정책적인 지원 없이는 개발 및 대중화가 불가능하다. 이를 위해서 정책적 차원에서의 주요 고려사항들은 인프라 구축, 통신 활용 지원 및 모빌리티 서비스 산업 활성화 등이 필요할 것이다.

현재 진행 중인 대표적인 기술 측면의 정책적 지원으로써 모빌리티 서비스, 차량 차원의 대용량 이동 수단 통신 발굴 및 인프라 구축 고려가 이루어지고 있으며 이외에 규제 완화 통한 기술 적용 등의 사례들이 이루어지고 있다^{39,40)}. 이러한 진행 상황에 맞춰서 차량 이외의 다양한 모빌리티 이동 수단의 연결성 개선을 위해서 기존 모바일 통신망뿐만이 아닌 저 전력 통신망에 대한 전반적인 인프라 구축 확장 및 다양화에 대한 고려뿐만이 아닌 로드맵 수립도 필수적이다.

또한, 인프라 구축만이 전부가 아닌 이런 저 전력 통신 인프라의 적극적인 활용을 통한 신산업 발전을 위해서 범정부 차원에서의 저 전력 통신 활용에 대한 지원도 동반되어야 한다. 특히 계절에 따라서 전력 이슈가 발생하는 상황에서 저 전력 통신은 기존 통신망 대비하여 활용할 수 있는 적절한 통신 방식이 될 수 있다.

이러한 통신 활용은 결국 모빌리티 서비스의 전반적인 활성화가 뒷받침되어야 가능하다. 전체적인 모빌리티 서비스 정책 지원 측면에서 볼 때 단순 기술 규제 완화뿐만이 아닌 모빌리티 연관된 전반적인 교통 법규의 연구를 통해서 승객의 편의성을 훼손하지 않는 법규 제정을 통한 서비스의 사업적인 측면에서의 시장 확장을 지원하는 것은 필수적이다. 건별 규제만으로 문제점들을 제거하려 한다면 오히려 사업 축소

뿐만이 아니라 본격적인 활성화는 어렵다. 최근 타다 금지법 및 공유형 스쿠터 승차 규제의 예제는 이러한 규제로써만 서비스 내에서 발생하는 문제를 제거하려는 법규적 측면이 오히려 모빌리티 사업 성장에 있어서 제한점으로 작용할 수 있다는 것을 보여주고 있다^[38,41].

V. 모빌리티 서비스 산업 내 주요 통신적용 사례

상기 기술된 모빌리티 서비스 내 무선 통신 적용 개선점 및 고려사항 제시와 더불어 기업 차원에서 진행 중인 주요 모빌리티 서비스 사례들에 대한 파악도 중요하다. 본 장에서는 모빌리티 산업 차원에서 진행 중인 모빌리티 서비스 내 무선 통신 적용 사례 등을 기술하면서 기업 차원의 무선 통신 활용 형식에 대한 분석을 진행한다. 기업 사례 기술을 위해서 자동차 기반 모빌리티, 마이크로모빌리티, 중합 서비스 기업 순으로 기술하며 추가로 모빌리티 서비스에 참여 중인 자동차 기업 사례도 설명한다.

5.1 Uber, Lyft

공유 경제 초반에 태동한 우버(Uber)와 리프트(Lyft)는 자동차 기반의 모빌리티 서비스 사례 중 대표적이라고 할 수 있다^[42]. 스마트폰 앱을 통해서 주변 우버 및 리프트 드라이버를 호출하여서 특정 목적지까지 호출된 차량에 탑승하여 이동하는 간단한 서비스 시나리오를 바탕으로 서비스 규모를 확장해왔으며 국내 이외 해외에서 우버와 리프트는 주요 자동차 라이드 헤일링 플랫폼 기업으로써 성장하게 되었다.

우선 리프트의 경우 앞서 설명했었던 기본적인 서비스 이외에 확장 서비스는 교통수단의 확장으로써 접근한 측면이 있으며 이는 스쿠터, 차종 다양성 및 대중교통과의 연동으로써 실현한 바 있다. 이를 위해서 리프트에서는 통신보다는 소프트웨어 측면에서 서비스 개선에 접근한 측면이 크다^[43].

반면에 우버의 경우 서비스 자체의 다양성으로 접근한 면이 있다. 예를 들면 우버의 경우 기본적인 라이드 헤일링 서비스 시나리오 기반 하에 이동 주체를 달리해서 서비스를 세분화하여 우버이츠, 우버배달과 우버헬스로 사업 영역을 다각화하고 서비스 제공을 현실화하고 있다^[44]. 특히 우버이츠와 우버배달의 경우 미국 주요 도시에서 제공 중이며 우버이츠는 국내에서 일부 서비스가 제공된 바 있다. 우버헬스의 경우는 현재 미국 메디케어 프로그램 수혜자 및 코로나 백신 접종 예약자 대상으로 운영되는 중이다^[45].

다만 우버와 리프트의 경우 둘 다 라이드 헤일링 서비스에 기반을 두어 사업이 확장된 만큼 실제 기기 개발 및 데이터양의 변화가 큰 상황이 발생하는 서비스로의 확장은 진행하지 않았으며 해당 두 기업에서 활용된 무선 통신의 경우 LTE 등의 모바일 네트워크 이외에는 찾아보기 어려운 것으로 추측된다. 다만 리프트의 스쿠터 공유형의 경우 위치 보정 등을 위해서 BLE 와 Wi-Fi 등을 활용한 개선책 등을 제시하는 것으로 파악되고 있다^[46].

5.2 Lime, Bird

마이크로모빌리티 대표 서비스 중 하나인 공유형 스쿠터 플랫폼의 경우 스쿠터 또는 자전거를 타고 단 거리를 주행하는 형태의 서비스로써 중장거리 이외에 단거리 이동을 원하는 소비자들 관점에서 적절한 서비스로 제공되면서 급속한 성장을 이끌었다고 볼 수 있다^[47].

국내에서는 여러 법규 및 규제 문제로 인하여 시장 규모 자체가 하락 중이나 해외의 경우에는 지속해서 상승 중이다^[8,48]. 국내외적으로 유명한 대표적인 기업들의 경우 라임(Lime)과 벌드(Bird)가 있으며 해당 기업들의 경우 스쿠터 하나에만 국한되지 않고 이러한 사업 영역을 전기자전거 등 다른 마이크로모빌리티 이동 수단으로 확장하고 있다.

해당 스쿠터들이 적용한 무선통신들 확인 결과 라임의 경우 BLE, LTE, Wi-Fi, WCDMA 등을 적용한 것으로 파악되며 특기할 사항은 스쿠터 내 CAN 네트워크를 구축한 것으로 확인되었다^[49].

벌드의 경우 전기 스쿠터 전용으로 BLE 가 장착이 되어 있으며 이외 외부 무선 통신은 미장착된 것으로 확인되며 이는 자전거 경우도 마찬가지로 BLE 만 장

표 2. 주요 기업별 서비스 종류 및 무선 통신 리스트
Table 2. List of Wireless Communication and Mobility Service Type for each Company

Company	Mobility Service Type	Wireless Communication
Uber	Vehicle	LTE
Lyft	Vehicle Micromobility	LTE, BLE, WiFi
Lime	Micromobility	BLE, LTE, Wi-Fi, WCDMA
Bird	Micromobility	BLE
Kakao T	Micromobility Service	LTE, LTE-M, BLE
Hyundai-Kia	Vehicle	LTE, Bluetooth, Wi-Fi

착된 것으로 파악된다⁵⁰⁾. 주요 이유로는 에너지 소비 문제 및 추가 칩 장착으로 인한 원가 상승의 요인이 있을 것으로 추측된다.

5.3 카카오 모빌리티

카카오 자회사로 국내 모빌리티 전문 기업의 위치에 있는 기업이다⁵¹⁾. 카카오 모빌리티 내에서 카카오 택시로 시작하여서 택시 중심의 라이드 헤일링 서비스를 국내 시장 초기 단계에서 제공하였으며 이를 확장하여 김기사 앱으로 불렀던 카카오 내비 연동까지 하여서 택시 시장에서의 대폭 확장을 불러일으켰다⁵²⁾.

카카오의 전략은 다양한 교통과 카카오 차원에서 제공 중인 서비스들과 연계를 주요 중점으로 진행하고 있으며 이는 카카오 T 대리, 자전거, 주차 등의 서비스를 보면 확인할 수 있다. 이외에도 카카오 T 셔틀, 항공 등으로 확장하면서 전 영역의 교통을 종합한 서비스를 제공하려는 계획을 진행하고 있다.

다만 카카오 T 자체에서는 스마트 폰 앱 및 플랫폼 업데이트 등을 토대로 한 서비스 업데이트 및 개선을 주로 진행하고 있으며 직접적인 단말 개발이나 통신 인프라 구축 등은 거의 진행하지 않고 있는 것으로 파악된다. 다만 마이크로모빌리티인 자전거의 경우 자전거 위치 및 모니터링 등을 위한 일부 단말 개발은 타 업체를 통해서 개발하는 것으로 파악하고 있다⁵³⁾.

서비스별로 여러 통신 표준들이 활용되고 있는 것으로 확인되나 대부분 서비스의 경우 스마트 폰을 활용한 서비스가 대부분이며 LTE와 같은 모바일 네트워크를 쓰고 있는 것으로 파악된다. 자전거 단말의 경우는 LTE-M과 Bluetooth 통신 기반의 위치 정보 전달을 진행하는 것으로 파악된다⁵⁴⁾.

5.4 현대기아자동차

모빌리티 서비스의 경우 자동차 산업 차원에서도 중요 관심 서비스로써 OEM 차원에서 다양한 연계 서비스 및 제품 개발들에 대한 고민을 진행하고 있는 것으로 알려져 있다. 특히 실제 모빌리티 서비스의 기반이 되는 이동 수단인 양산을 직접 진행할 수 있다는 장점으로 인해 다양한 OEM 차원에서 모빌리티 서비스에 특화된 목적형 기반 자동차 (PBV) 제조로 이어지게 된다⁵⁵⁾. 현재 국내에서 출시 양산된 PBV들은 택시와 연관되어 있으나 향후 다양한 목적에 기반을 둔 차들의 양산으로써 이어질 계획에 있다⁵⁶⁾.

기아에서 양산한 니로 플러스의 경우 택시 운행을 위해서 차량 내 실내 구성을 택시 운전자에 특화되게끔 구성을 하였으며 특히 인포테인먼트 내에 택시미

터기 기능을 장착함으로써 택시 운전자가 추가 비용을 들여 별도로 미터기 설치 및 업데이트를 할 필요 없이 주행 운행을 할 수 있게끔 차량 개발이 이루어졌다⁵⁵⁾.

현대자동차에서 출시한 아이오닉 5 로보택시의 경우 기존 양산 버전인 아이오닉 5를 기반으로 한 목적 기반의 모빌리티 버전 중 하나로써 자율주행을 통한 운행을 목적으로 양산된 택시 전용 전기차이다⁵⁶⁾. 이러한 다양한 실험 등을 토대로 모빌리티 서비스 특화 차량에 대한 양산 케이스 등은 점점 확대될 것으로 판단된다.

다만 해당 차량들에서 공통으로 탑재되는 사항은 텔레매틱스 및 차량 내 인포테인먼트인바 해당 텔레매틱스와 연결된 LTE 등의 모바일 네트워크와 인포테인먼트에서 제공하는 Bluetooth 및 Wi-Fi 등이 주로 적용되어 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 모빌리티 서비스 내 무선 통신 시스템에 대한 분석 및 고찰을 통한 미래 모빌리티 서비스 내에서의 무선 통신 적용을 위한 개선 방향성 및 기술적/정책적 고려사항 도출을 진행하였다. 이를 위해 먼저 모빌리티 서비스 자체에 대한 분석 및 분류등을 토대로 전반적인 모빌리티 서비스별 구조도등을 제시하고 무선 통신 현황 파악을 진행하였다. 또한, 모빌리티 서비스별 적용된 무선 통신 시스템의 송수신량과 에너지 소비량 분석을 통한 유의미점 및 차별성을 기술하였다. 이와 더불어 모빌리티 서비스 기업별 무선 통신 사례 조사 및 분석 등을 통한 산업계의 무선 통신 실제 적용 현황도 제시하였다.

본 연구를 토대로 하여 진행될 수 있는 향후 미래 연구로써 종합적인 모빌리티 전용 통신 시스템 개발을 위한 문헌 분석 기반의 하드웨어 및 소프트웨어 요구사항 도출 기법 개발과 더불어 실제 구현을 기반으로 한 이슈 사항 발굴 등이 가능할 것이다. 또한, 모빌리티 단말 장착 및 운용을 통해 모빌리티 서비스 내 무선 통신 시스템 환경 분석 및 평가, 무선 통신 성능 육성 기법 등에 관한 연구 추진도 가능할 것이다.

References

[1] P. Jittrapirom, V. Caiati, A-M. Feneri, S. Ebrahimigharebaghi, M. J. Alonso González, and J. Narayan, "Mobility as a service: A

- critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges,” *Urban Planning*, vol. 2, no. 2, pp. 13-25, 2017. (<https://doi.org/10.17645/up.v2i2.931>)
- [2] R. Giesecke, T. Surakka, and M. Hakonen, “Conceptualising mobility as a service,” in *2016 IEEE Eleventh Int. Conf. Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, pp. 1-11, 2016. (<https://doi.org/10.1109/EVER.2016.7476443>)
- [3] H. C. Shin, S. H. Kim, and W. J. Kang, “*Smart Mobility Development Strategies in the Post-Corona Era, Strategy for Smart Mobility Development in the Post COVID-19 Era*,” Korea Transport Institute, 2021.
- [4] S. Koo, “An observation on purpose built vehicle(PBV) design factors in a mobility service system,” *Trans. Korean Soc. of Automotive Eng.*, vol. 28, no. 12, pp. 865-874, 2020. (<https://doi.org/10.7467/KSAE.2020.28.12.865>)
- [5] J. Santa, L. Bernal-Escobedo, and R. Sanchez-Iborra, “On-board unit to connect personal mobility vehicles to the IoT,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 175, pp. 173-180, 2020. (<https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.027>)
- [6] L. Lv, Y. Shi, and W. Shen, “Mobility-as-a-Service research trends of 5G-based vehicle platooning,” *Serv. Oriented Comput. and Appl.*, vol. 15, no. 1, pp. 1-3, 2021. (<https://doi.org/10.1007/s11761-020-00309-7>)
- [7] H. Mohiuddin, “Planning for the first and last mile: A review of practices at selected transit agencies in the United States,” *Sustainability*, vol. 13, no. 4, p. 2222, 2021. (<https://doi.org/10.3390/su13042222>)
- [8] J. Lee, ““Overseas, New Electric Bicycle Business”…Trying to find the shared kickboard ‘Survival Breakthrough,’” news1, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.news1.kr/articles/?4763892>
- [9] D. Kim, “Two years passed the anti-Tada law... Innovation is gone, taxi and passenger are all lost,” Dong-A Daily News, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.donga.com/news/Opinion/article/all/20220315/12331302/1>
- [10] S. Min, “The bus ‘shucle’ that comes when you call it like a taxi... When I call the app, it comes to me in 5 minutes,” Chosun Biz, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://biz.chosun.com/industry/car/2021/05/02/BGCDACCTKRHC5JI4Z2Y4UKBHHM/>
- [11] D. Oh, “Predicting bus demand to design routes…Transforming Mobility with Big Data,” MAEIL BUSINESS NEWSPAPER, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.mk.co.kr/news/it/view/2022/04/372197/>
- [12] H. Park, ““Perfect for camping!” Kia Niro Plus enters pre-contract,” MOTORGRAPH, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.motorgraph.com/news/articleView.html?idxno=29950>
- [13] J. Byun, “Hyundai Motor to unveil Ioniq 5 Robo Taxi for the first time... Driving on the U.S. Road in 2023,” Chosun Biz, 2021, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://biz.chosun.com/industry/car/2021/08/31/WP5O4OIWDZDTHH3EKW75VSDDY/>
- [14] thudsondd, “BMW Introduces Combined Navigation System with Public Transportation,” DART daily, 2014, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://dartdaily.dart.org/home/bmw-introduces-intermodal-navigation-system-that-includes-public-transportation>
- [15] Y. Kim, “Hello, Kim Bumsoo”... ‘Parking’ latecomer T-map provoking Kakao,” Chosun Biz, 2021, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://biz.chosun.com/it-science/ict/2021/08/23/HNUWXDVYWFDRJEYWGWWXSWHE/>
- [16] S. Shin, H. Lee, and C. Lim, “Parking site guiding system and operating method thereof,” Korean Patent Application, 1020200067439, filed Jun. 4th, 2020.
- [17] T. VanderZanden, W. S. Rushforth, and J. Balthrop, “Crowdsourced servicing of on-demand electric-vehicles,” U.S. Patent, 10,607,492, issued Mar. 31, 2020.
- [18] H. W. Bradlow, P. N. Shah, W. Zhou, J. Tan,

- E. El-Haraty, and L. Jiang, “*Detecting types of travel corridors on which personal mobility vehicles travel*,” U.S. Patent Application, 16/659,448, filed Apr. 23, 2020.
- [19] S. Lee and K. R. Kim, “*Micro-mobility sharing service system based on parking lot*,” Korean Patent Application, 1020190094385, filed Aug. 2nd, 2019.
- [20] J. Beaurepaire, “Method and apparatus for recommending mobility service operators based on user mobility patterns,” U.S. Patent, 10,904,705, issued Jan. 26, 2021.
- [21] T. Lin, P. Desai, R. H. Nielsen, M. Alam, L. Jin, R. Attam, L. Dumov, et al., “*Over-the-air (ota) mobility services platform*,” U.S. Patent, 11,403,087, filed Dec. 26, 2019, issued Aug. 2nd, 2022.
- [22] K. Oh and J. H. Park, “*Driver and Passenger Matching System for Mobility Service, and Method Thereof*,” Korean Patent, 102161456, issued Oct. 5th, 2020.
- [23] J. Kim and S. Choi, “*Zone-based mobility service recommendation and dynamic drop off location setting Integrated control system using UI/UX and its control method*,” U.S. Patent Application, 16/490,509, filed Apr. 30th 2019.
- [24] S. C. Jha, I. SM Alam, N. M. Smith, V. R. S. Banjade, K. Sivanesan, A. Merwaday, and I. J. A. Martinez, “*Mobility-As-A- Service For User Experience*,” U.S. Patent Application, 17/132,927, filed April 22, 2021.
- [25] Y. Lee, “*Information Transmitting System for Providing Demand information of Taxi or Chauffeur service*,” Korean Patent, 102183610, issued Nov. 20th, 2020.
- [26] K. Lee, “*A Study on the Consumer Affairs of Shared Mobility Services*,” Policy Research Report, pp. 1-182, 2019.
- [27] S. Jian, H.-D. Lee, J.-M. Kim, H.-S. Choi, and D.-S. Rho, “A study on implementation of battery management system for enhancing safety of sharing electric kickboard,” *J. Korea Academia-Industrial Cooperation Soc.*, vol. 22, no. 10, pp. 775-783, 2021. (<http://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.10.775>)
- [28] J. Huang, M. Zhao, Y. Zhou, and C.-C. Xing, “In-vehicle networking: Protocols, challenges, and solutions,” *IEEE Network*, vol. 33, no. 1, pp. 92-98, 2018. (<https://doi.org/10.1109/MNET.2018.1700448>)
- [29] K. A. Aldahdouh, K. A. Darabkh, and W. Al-Sit, “A survey of 5G emerging wireless technologies featuring LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT and LTE-M,” in *2019 Int. Conf. IEEE, WiSPNET*, pp. 561-566, 2019. (<https://doi.org/10.1109/WiSPNET45539.2019.9032817>)
- [30] D. Thomas, E. Wilkie, and J. Irvine, “Comparison of power consumption of wifi inbuilt internet of things device with bluetooth low energy,” *Int. J. Comput. and Inf. Eng.*, vol. 10, no. 10, pp. 1856-1859, 2016. (<https://doi.org/10.5281/zenodo.1127090>)
- [31] J. Morak, D. Hayn, P. Kastner, M. Drobics, and G. Schreier, “Near field communication technology as the key for data acquisition in clinical research,” in *IEEE 2009 First Int. Wkshp. Near Field Commun.*, pp. 15-19, 2009. (<https://doi.org/10.1109/NFC.2009.12>)
- [32] E. Ezhilarasan and M. Dinakaran, “A review on mobile technologies: 3G, 4G and 5G,” in *2017 ICRTCCM*, Tamilnadu, India, Feb. 2017. (<https://doi.org/10.1109/ICRTCCM.2017.90>)
- [33] J. Kim and S. Kim, “A study on user experience of mobility platform service -focused on kakao taxi and tada-,” *Digital Convergence Res.*, vol. 17, no. 7, pp. 351-357, 2019. (<https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.7.351>)
- [34] J. Torstensson and P. Andersson, “Exploring the role of blockchain technology in mobility as a service-towards a fair combined mobility service,” M.S. thesis, 2017.
- [35] Z. Zhang and N. Zhang, “A novel development scheme of mobility as a service: Can it provide a sustainable environment for China?,” *Sustainability*, vol. 13, no. 8, p. 4233, 2021. (<https://doi.org/10.3390/su13084233>)

- [36] B. W. vom Berg, J. M. Gómez, and A. Sandau, "ICT-platform to transform car dealerships to regional providers of sustainable mobility services," *Interdisciplinary J. Inf. Knowledge & Manag.*, vol. 12, 2017. (<https://doi.org/10.28945/3652>)
- [37] D. D'Alessandro, W. Gunderson, E. Staten, Y. K. Donastien, P. Rodriguez, and R. Bailey, "Integrating modularity for mass customization of IoT wireless sensor systems," in *IEEE, 2021 SIEDS*, pp. 1-5. 2021. (<https://doi.org/10.1109/SIEDS52267.2021.9483737>)
- [38] W. J. Jang, "Transferring between scooter and Bus/subway is possible now. What about Scooter Helmets?," 2022, available from <https://biz.chosun.com/industry/company/2022/08/03/5JITQXJUC5BFJL2Z4YOUAUUVIY/>
- [39] Ministry of Science and ICT, "Establishment of Korea's Frequency Strategy 2019," available from <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bsSeqNo=94&nntSeqNo=2360371>
- [40] Ministry of Science and ICT, "Support for full-scale demonstration of non-face-to-face service ICT regulations sandboxes," available from <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bsSeqNo=94&nntSeqNo=2949858>
- [41] J. H. Lee, "[Taxi Country, Mobility Cruelty]① From Uber to Tada and Kamo... Innovation blocked by taxi," 2022, available from <https://www.news1.kr/articles/?4750029>
- [42] L. Bliss, "That uber or lyft trip may be worse for the planet than driving yourself," Bloomberg, 2021, available from https://www.cmu.edu/ambassadors/december-2021/pdf/bloomberg_that-uber-or-lyft.pdf
- [43] "Riding Together: Introducing the 2022 Lyft Multimodal Report," LYFT BLOG, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.lyft.com/blog/posts/2022-lyft-multimodal-report>
- [44] Nicole Ireland, "Uber: 5 things you may not know about the multibillion-dollar business," CBC, 2015, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.cbc.ca/news/business/uber-five-things-1.3351307>
- [45] S. Heath, "Uber Health Extends Medical Transportation to TX Medicaid Members," Patient Engagement HIT, 2021, Retrieved Aug. 11, 2022, from <https://patientengagementhit.com/news/uber-health-extends-medical-transportation-to-tx-medicaid-members>
- [46] Y. Zhao, J. Murphy, Y. Malek, K. Madsen, J. LaBarbera, and C. Woo, "Sensor data in locations: Wi-Fi," Medium, 2019, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://eng.lyft.com/sensor-data-in-localization-wi-fi-329ea84db959>
- [47] A. Ajao, "Electric Scooters and Micro-Mobility: Here's Everything You Need To Know," Forbes, 2019, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://www.forbes.com/sites/adeyemiajao/2019/02/01/everything-you-want-to-know-about-scooters-and-micro-mobility/?sh=7639e8be5de6>
- [48] K. Park and R. Bellan, "Lime suspends operations in South Korea due to 'chaotic scooter environment,'" TechCrunch, 2022, Retrieved Aug. 13, 2022 from <https://techcrunch.com/2022/06/22/lime-suspends-operations-in-south-korea-due-to-chaotic-scooter-environment/>
- [49] *Lime 4.0 Federal Communication Commission Report*, JianYan Testing Group, 2021
- [50] *Bird Air Federal Communication Commission Report*, SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd., 2021.
- [51] "Supply of LBS-based locks for shared electric bicycles in Kakao Mobility," 2019, available from http://www.sammicomputer.co.kr/sub/sub04_02.php?mNum=4&sNum=2&boardid=news&mode=view&idx=121
- [52] U.-C. Bae, "Strategic approach to mobile business success," *KIPS Rev.*, vol. 22, no. 6, pp. 3-7, 2015.
- [53] "〈All About PBV〉 Leading Mobility Trend, Future of PBV Presented by Hyundai Motor Group," Hyundai Motor Group, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022 from <https://tech.hyundaimotorgroup.com/kr/article/a>

ll-about-pbv-leading-the-mobility-trend-the-future-of-pbv-created-by-hyundai-motor-group/

- [54] S. Min, "Kia's first PBV Niro Plus to mass-produce next month at Donghee Auto," Chosun Biz, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022, from [https://biz.chosun.com/industry/car/2022/03/21/QG2\]BSIOBRCYJC2PREWDNSWEB4/](https://biz.chosun.com/industry/car/2022/03/21/QG2]BSIOBRCYJC2PREWDNSWEB4/)
- [55] "Taxi app meter," Available from https://www.tmoney.co.kr/aeb/biz/contents/contents13.dev;jsessionid=5GZPLO41NFQF1RQB1Z83gbVhvFk2djTNYtyYUFjzwJ17brLFpSoNq4F5xyCr7Jyc.czzw02ip_servlet_kscweb
- [56] B. W. Do, "IONIC 5 Robo Taxi Starts Next Year," Hankyung, 2022, Retrieved Aug. 11, 2022, from <https://www.hankyung.com/economy/article/2022011242181>
- [57] C. Ghodhbane, M. Kassab, S. Maaloul, H. Aniss, and M. Berbineau, "A study of LTE-V2X mode 4 performances in a Multiapplication Context," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 63579-63591, 2022. (<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182508>)
- [58] M. Lauridsen, "Studies on mobile terminal energy consumption for LTE and future 5G," Ph.D. dissertation, Department of Electronic Systems, Aalborg University, 2015.

김 준 영 (Joon Young Kim)



2015년 8월: 포дю대학교 전기 컴퓨터공학과 박사
 2015년 9월~2021년 2월: 현대 자동차 책임연구원
 2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 조교수
 <관심분야> 차량 무선 통신,

SDR 시스템 구현, 모빌리티 서비스, 메타버스 연계 서비스

[ORCID:0000-0002-2750-8723]

오 정 민 (Jeong Min Oh)



2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 학사과정
 <관심분야> 인공지능 시스템, 모빌리티 시스템, 기계학습 기반 감정 인식, IoT 시스템

허 예 은 (Yae Eun Heo)



2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 학사과정
 <관심분야> 딥러닝 기반 보조 장치, 차량 무선 통신, 모빌리티 서비스

박 윤 중 (Yun Joong Park)



2010년 2월: 한양대학교 전자 컴퓨터통신공학과 석사
 2022년 8월: 한양대학교 융합 전자공학과 박사
 2010년 3월~현재: 현대자동차 TaaS본부 책임매니저

<관심분야> 차량 무선 통신, 커넥티드카, 모빌리티 시스템 및 서비스, 인포테인먼트,