

차세대 이동통신 및 스마트 모빌리티에 대한 위성항법시스템 최신 활용 동향

전슬비* · 조태호* · 황석승**

Utilization Trend of Global Satellite Navigation Systems for Next Generation Mobile Communications and Smart Mobility

Seul-Bi Jeon* · Tae-Ho Jo* · Suk-seung Hwang**

요약

위성항법시스템(Global Navigation Satellite System : GNSS)은 4차 산업혁명의 핵심 기술 중 하나로, 정확한 위치정보가 필요한 차세대 이동통신과 스마트 모빌리티 분야에서 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. 고성능/고정밀 위성항법시스템 기술의 발달로 보다 정확한 위치정보 획득이 가능해짐에 따라 사용자들에게 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 다양한 위치기반 제품 및 시스템들이 연구/개발 되고 있다. 본 논문은 차세대 이동통신 및 스마트 모빌리티 분야에 위성항법시스템 기술이 활용된 최신 연구 동향과 사례에 대해 조사한 결과를 제시하고, 그 결과를 분석한다.

ABSTRACT

Global Navigation Satellite System (GNSS) is one of the core technologies for the 4th Industrial Revolution, and its importance is increasingly highlighted in the next generation communications and smart mobility requiring the accurate location information. As the development of the high-performance/high-precision GNSS technology makes it possible to obtain the more accurate locations information, the location based products and systems, which provide the high-quality service, are being researched/developed. In this paper, we present the results of a survey on the recent research trends and examples, utilizing GNSS technology in fields of the next generation communications and smart mobility, and analyzes the results.

키워드

GNSS, Next Generation Mobile Communications, Smart Mobility, Positioning, Autonomous Driving
위성 항법 시스템, 차세대 이동 통신, 스마트 모빌리티, 포지셔닝, 자율 주행

* 조선대학교 전자공학과 IT-Bio 융합시스템 전공 (seulbi0419@chosun.kr, 20174656@chosun.ac.kr) • Received : Oct. 27, 2023, Revised : Nov. 19, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023
** 교신저자 : 조선대학교 전자공학부 • Corresponding Author : Suk-Seung Hwang
School of Electronic Engineering, Chosun University,
Email : hwangss@chosun.ac.kr
• 접수 일 : 2023. 10. 27
• 수정완료일 : 2023. 11. 19
• 게재확정일 : 2023. 12. 27

I. 서 론

위성항법시스템을 활용한 위치추정 기술은 4차 산업혁명의 핵심기술로, 긴급 구조, 물류, 유통 관리, 자율주행 등 다양한 서비스의 편의성과 생산성 향상을 위해 활용 범위가 크게 확장될 것으로 전망된다[1].

위성항법시스템의 경우, 높은 건물이 밀집된 도심지, 터널 등 위성항법신호의 수신에 제한된 환경에서 신호의 차단 혹은 약화로 인해 위치 추정 성능이 크게 열화됨에 따라 전 세계적으로 정밀한 성능을 보유한 최신 위치 추정 기술에 대한 관심이 높아지고 있다[2][3]. 고성능/고정밀의 위치 추정을 위해 차세대 이동통신을 포함한 다양한 보정 기술(관성항법장치(Inertial Navigation System, INS), LiDAR(Light Detection and Ranging)와 같은 비전 센서의 활용 등)이 사용될 수 있다. 특히, 차세대 이동통신은 높은 대역폭과 낮은 지연율을 기반으로 제한된 환경에서도 높은 정확도의 위치정보를 제공할 수 있다[4-8].

통신 기술과 반도체 성능향상으로 인해 모빌리티의 개념이 일반적인 차량에서 매우 작은 소형 이동장치 등을 포함하게 되면서 기존에 차량 내비게이션에만 국한되어 있던 위성항법시스템의 적용 분야가 폭발적으로 확대되고 있다[9]. 또한 스마트 모빌리티의 자율주행에 있어 위성항법시스템은 가장 핵심적인 기술 중 하나이다.

차세대 이동통신 및 스마트 모빌리티 분야에서 정밀한 위치정보 획득을 위성항법시스템 적용 사례가 증가함에 따라 위성항법시스템의 최신 기술 동향을 상세히 파악하고 분석할 필요가 있다. 따라서 본 논문은 차세대 이동통신 및 스마트 모빌리티 분야에 적용된 최신 위성항법시스템 기술 활용 사례들을 조사한 결과를 기술하고, 최신 연구 동향을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 차세대 이동통신과 위성항법시스템을 결합하여 위성항법시스템의 정밀도를 높인 최신 연구 동향을 다루며, 3장에서 스마트 모빌리티 분야의 지능형 교통 시스템과 자율주행 모빌리티 실증 연구에서 위성항법시스템 활용 사례를 다루며, 4장의 결론으로 논문을 마무리 짓는다.

II. 위치추정 분야의 차세대 이동통신과 위성항법시스템 활용사례

실시간으로 정확한 위치추정을 위해 이동통신과 위성항법시스템의 사용이 필수적이다. 본 장에서는 차세대 이동통신과 위성항법시스템 활용사례에 대하여 설명한다.

2.1 Network-RTK 기법

위성항법시스템의 경우 위성과 단말 간 신호 전송 시 항법 위성과 단말 자체의 오차를 포함한 각종 오차 요인들이 존재하므로 수백 m의 위치 추정 오차가 발생하게 된다. 이를 보정하기 위해 D-GPS(Differential Global Positioning System), RTK(Real Time Kinematic) 등의 기술들이 사용되고 있으며, 이들을 활용한 UAV(Unmanned Ariel Vehicle)의 고성능 위치 추정 등 다수의 관련 연구가 진행되어 왔다. 하지만, 상기 보정 기술은 높은 비용이 드는 단점이 있는데, 이러한 문제를 개선하기 위해, Network-RTK 기법과 오차 보정 알고리즘을 적용하여 기존 RTK 방식 대비 높은 정확도를 갖는 효율적인 방법을 [10]에서 제안하였다. 그림 1은 5G 통신을 이용하여 드론 위치 정보 수신하는 방법에 대한 개념도이며, 제안된 UAV 위치정보 보정 방식은 측정된 위치정보 데이터를 5G 통신을 이용하여 위치정보를 보정 할 수 있는 알고리즘이 탑재된 엔진 서버로 전송한다. 국토정보지리원에서 제공하는 GPS 오차 정보 데이터 기반의 Network-RTK 기법을 활용하여 위치를 보정하는데, UAV의 해당 위치에 대한 위치정보 데이터와 엔진 서버로 전송된 데이터를 비교하여 위치를 보정하는 방식이다. 제안된 방식의 기존 RTK 대비 오차 범위는 20.77%~46.84% 향상된 결과를 보였고, 엔진 서버에서 소프트웨어를 통해 보정된 위치 데이터를 제공함으로써 위치 오차를 자체적으로 보정하는 고가의 RTK 장비가 필요하지 않아 시스템의 구성도가 간단해지고, 비용적인 측면에서도 월등히 효율적이다.

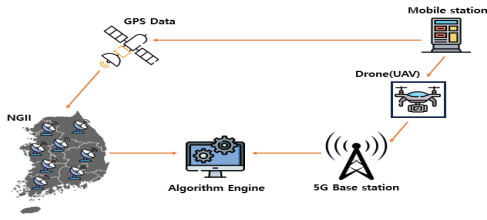


그림 1. 5G 통신을 이용한 드론 위치 정보 수신하는 방법

Fig. 1 Receive drone location information using 5G communication

2.2 위성항법시스템과 5G 융합 포지셔닝

포지셔닝 결과의 정확성과 신뢰성을 향상시키기 위해 그림 2의 개념인 SFS(Simplified Fusion System)라 불리는 단일 기지국과 단일 위성으로 구성된 5G/위성항법시스템 융합 측위 시스템을 [11]에서 제안하였다. 기지국에 장착된 위성항법시스템 수신기에서 제공하는 RTT(Round-Trip-Time)와 DL-AOD(Down Link Angle of Departure)의 측정치를 함께 활용한 융합 포지셔닝 모델이며, 단말과 기지국 사이의 동기화를 위해 기지국에서 생성되는 동기화 코드(original code) 혹은 차분 동기화 코드(differential code)를 사용한다. 동기화 코드가 적용된 방법(OCF: Original Code 5G/GNSS Fusion)과 차분 동기화 코드가 적용된 방법(DCF: Differential Code 5G/GNSS Fusion)에 대한 성능을 비교하였는데, AOD 및 RTT 측정치에 오류가 발생한다고 가정한 경우, 5G기반 E-CID(Enhanced-Cell ID) 기법에 비해, OCF와 DCF 방법이 정확도가 높았고, OCF 기법 대비 DCF 기법이 보다 우수한 성능을 보유한다는 것을 확인하였다.

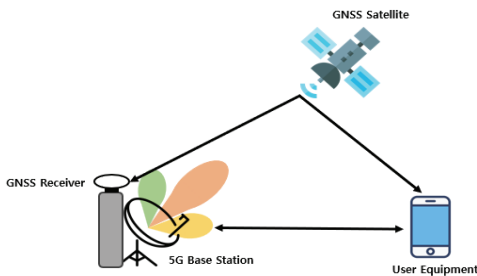


그림 2. SFS 구조 [11]
Fig. 2 SFS structure

2.3 위성항법시스템-5G 융합 측위 기술

신뢰도 높은 위치정보 서비스를 제공하기 위해, 최근 위성항법시스템-5G 하이브리드 측위방식에 대한 연구가 주목받고 있으며, 이는 각각의 독립형 측위 기법의 단점을 극복하여 보다 안정적이고 견고한 측위 서비스를 제공하는데 의의를 두고 있다. 효율적인 위성항법시스템-5G 융합 측위 기술 개발을 위해, 하이브리드 순차 융합(sequential fusing) 방식 기반 다중 속도 적응형 칼만 필터(multiple rate adaptive Kalman Filter, MRAKF) 기술이 [12]에서 제안되었다. 그림 3은 위성항법시스템-5G 하이브리드 위치 결정 예시를 나타낸 것이며, 데이터 속도가 다른 위성항법시스템과 5G 기술을 융합하기 위해 다중 속도 측정 융합 방식을 제안하였고, 측정 공분산 설명을 위한 거리 종속 노이즈 모델을 생성하여 LOS/NLOS(Line of Sight/Non-Line of Sight) 환경에서 하이브리드 포지셔닝을 구현하기 위해 MRAKF를 사용하였다. 이 방식은 기존 단일 측위 방식들과 비교하여 추정 정확도와 견고성이 우수하며, 제안된 MRAKF에 의해 포지셔닝 오류가 약 50% 이상 감소 되었고, 다른 적응형 신호처리를 적용한 방법들에 비해 계산 복잡도가 매우 낮음을 확인하였다.

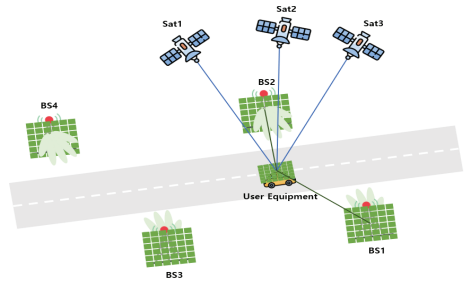


그림 3. 위성항법시스템-5G 하이브리드 위치 결정 예시 [12]

Fig. 3 GNSS-5G hybrid positioning example

2.4 위성항법시스템-5G 및 센서 융합 측위

최근 활발히 연구되고 있는 위치, 항법, 시간(Positioning, Navigation, and Timing, PNT) 기술은 높은 수준의 정확도, 가용성 및 신뢰성이 요구되며, 대표적인 응용 분야로는 도심 자율주행과 UAM(Urban Air Mobility) 등이 있다. PNT 서비스

의 고성능/고신뢰 위치정보 제공을 위해, GNSS, 5G, 및 센서(관성 센서, 카메라, LiDAR 또는 레이더)를 혼합한 하이브리드 방법이 [13]에서 제안되었다. 이 방법은 지상 및 무인항공기(UAV)를 사용하는 on-demand 5G 오버레이 네트워크를 기반으로 하여 정확한 3차원 위치 및 동작 정보를 제공한다. 그림 4는 5G 오버레이 네트워크에서 on-demand 기지국의 배치 개념도를 나타내고 있으며, 5G 오버레이 네트워크는 도심 환경에서 기존 위성항법시스템의 단점인 위성 가시성 및 다중 경로 문제로 인한 성능 저하 문제를 5G 네트워크 및 각종 비전 센서들과 결합하여 위치 추정 서비스의 질적 향상을 도모하였다. 이 기술은 상황에 맞는 센서 선택을 통해 위성항법시스템의 가용성 및 지속성을 향상시켰다.

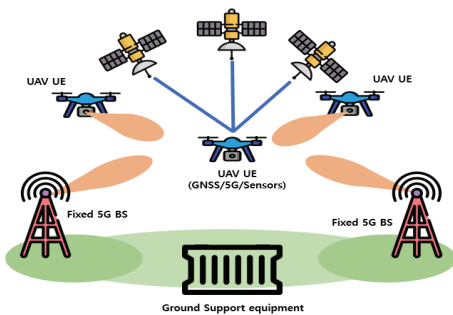


그림 4. 5G 오버레이 네트워크에서 on-demand 기지국의 배치 [13]
 Fig. 4 Deployment of on-demand Base Station in 5G overlay networks

III. 스마트 모빌리티의 위성항법시스템 활용사례

스마트 모빌리티의 자율주행과 효율적인 지능형 교통 시스템의 운영을 위해서는 위성항법시스템의 사용이 필수적이다. 본 장은 지능형 교통 시스템 및 자율주행과 관련된 위성항법시스템 활용 사례에 대해 기술한다.

3.1 지능형 교통 시스템의 D-GNSS

D-GNSS(Differential Global Navigation Satellite System)는 위성시계오차, 위성궤도오차, 전리층지연,

대류권 지연 등의 공통 오차를 제거하여 위성항법시스템의 위치정밀도를 향상시키는 것으로 GPS, GLONASS, GALILEO 및 Beidou와 같은 독립위성항법시스템의 기능을 보완하거나 보강하기 위한 시스템이다. 사용자는 D-GNSS 보정치와 위성항법시스템 위성으로부터 수신된 항법 정보를 이용하여 위성항법시스템 단독수신기를 이용한 위치정밀도에 비해 상당히 정밀한 위치정보를 얻을 수 있다.

정밀한 D-GNSS 위치 데이터는 차량의 운행 상태(과속, 정체, 사고, 정상 운행 등) 파악에 활용될 수 있으며, 효율적인 지능형 교통 시스템을 설계하고 운용하기 위한 필수적 요소이다[14]. 효율적인 지능형 교통 시스템 설계 및 운용 분석을 위해 D-GNSS 데이터를 활용한 차량 추적 및 운전자의 행동 분석 연구가 [14]에서 수행되었다. 그림 5는 [14]에서 수행된 연구의 기본구조로, D-GNSS 데이터는 과속/급출발 및 급정거, 차량 정차 상황, 평균 노선 운행 시간, 운행자의 피로도 분석에 이용되었다. 각 버스 노선은 구간간에 걸쳐 속도 제한이 다르게 설정되므로 각 노선의 속도 제한 정보를 데이터베이스화하여 설정하고, 구간별 속도 데이터로 필터링된 D-GNSS 데이터와 비교하여 버스의 속도를 추정하고 과속 유무를 판단한다. 또한, 속도 데이터를 통해 버스의 급출발/급정거 판단이 가능하여 해당 운전자에게 경고 초지를 할 수 있어, 안전한 교통서비스를 제공할 수 있다. D-GNSS 포지셔닝 데이터로 지정된 정류장에 해당 버스의 정차 유무를 판단할 수 있어, 지능형 교통 시스템 플랫폼을 통한 버스의 정차/무정차 안내에 활용된다. D-GNSS 구간별 시간 데이터를 이용하면, 각 구간별 버스의 평균 운행 시간을 추정할 수 있어, 유동적인 배차시간 조절을 통해 효율적인 교통 서비스 제공이 가능하다. 또한, 운전자의 피로도 예측이 가능하여 사전에 운전자에게 해당 사항을 공지함으로써 안전한 운행에 도움을 준다. 정밀한 D-GNSS 데이터는 효율적으로 도로 상황을 모니터링하고 시스템 인프라 구축에 대한 피드백 제공이 가능하며, 지능형 교통 시스템의 수요 예측에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

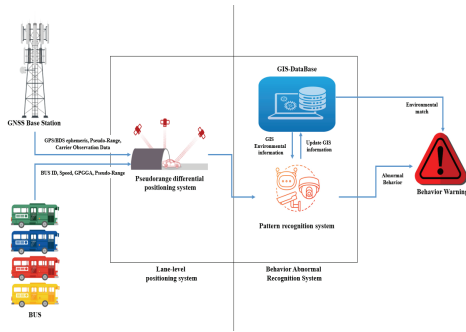


그림 5. 시스템 구조 [14]
Fig. 5 System structure

3.2 자율 주행 화물차 군집 주행

자율주행은 스마트 모빌리티에 위성항법시스템 기술이 접목된 대표적인 사례라고 할 수 있다. 자율주행이란 운전자의 조작 없이 이동체(드론, 로봇, 차량 등) 스스로 주행환경을 인식하여 위험을 판단하고 최적의 주행 경로를 계획해 운행하는 것이다. 자율주행 시스템은 주변 환경 감지 및 인식을 위한 감지 시스템, 예측 및 구동기 제어를 위한 중앙제어장치, 제어 장치의 명령에 따라 조작되는 액추에이터 등으로 구성되며, 신뢰도 높은 주행을 위해서 초정밀 GPS 장치를 포함한 다양한 첨단 기술이 필요하다.

위성항법시스템 기술이 접목된 자율주행의 단계는 Level 0부터 Level 5까지 6단계로 분류되어 있으며 각 Level의 내용은 그림 6과 같다. 실질적으로 0, 1단계는 위성항법시스템 기술이 접목되었다고 보기 어렵다. 2단계부터 비로소 위성항법 데이터가 활용된다고 볼 수 있으며, 3단계부터 비로소 자율주행이라 정의한다[15-16].

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
No Automation	Driver Assistance	Partial Automation	Conditional Automation	High Automation	Full Automation
The driver assesses the situation and operates the vehicle.	The driver assesses the situation and operates the vehicle. The system assists the driver with acceleration/deceleration or steering. e.g. smart cruise, lane keeping assistance	The driver assesses the situation and operates the vehicle. The system assists the driver with acceleration/deceleration and steering. e.g. remote smart parking assistance	The driver operates the vehicle when requested by the system. The system assesses the situation and operates the vehicle. e.g. automatic lane change	The driver does not intervene in the system. The system drives under predetermined roads and conditions	The system drives under all roads and conditions

그림 6. 자율주행 단계[15]
Fig. 6 Autonomous driving level

현재 ADAS(Advanced Driver Assistance System)가 적용된 대부분의 자동차는 자율주행 2단계를 만족하고 있으며, 현재 자율주행 3단계를 위한 기술개발이 이루어지고 있다. 현행 물류 산업 분야, 특히 화물 운송 분야는 화물 운송 인력 부족으로 인한 과적재, 운송 납기를 맞추기 위한 과속 등 고질적인 문제점이 존재한다[17]. 이러한 문제들을 해결하기 위해 국내/외 자동차 제조회사들도 물류 산업의 동향을 인지하고 앞다투어 자율주행 기술을 개발하고 있다. 자율주행 화물차의 등장은 안전성 향상과 더불어, 도로 인프라 및 주행 상황에 맞는 적절한 조작을 통해 연료 절감, 불필요한 제동 감소 등 경제적 효과를 가져온다[18]. 이는 자율주행 화물차의 군집주행과 맞물려 큰 시너지 효과를 가져올 것으로 전망된다[19].

국토 교통부는 21년 9월 화물차 자율협력 군집 주행 R&D 최종 성과발표회에서 국내 최초로 4대의 자율주행 화물차의 군집 주행(대열 합류, 유지, 분리) 및 군집 주행 매칭 서비스를 공개하고, 시연하였다[20][21]. 시연에 앞서 그림 7과 같이 GPS 데이터 기반 도로 모델을 적용한 시뮬레이터를 통해 필드 테스트 전 시스템의 검증은 완료하였고, 시연은 약 80km 구간의 고속도로(영동선 덕평IC~원주IC, 중부내륙선 서여주휴게소~여주JC)에서 진행되었다. 최초 덕평IC에서 자율주행 1호차가 출발하여 이천IC에서 2호차가 합류하였고, 여주JC에서 3호차가 합류하였으며, 문막IC에서 3호차가 분리되었고 4호차 합류되었으며, 원주IC에서 1,2,4호차가 완전 분리되는 시나리오로 구성되어, 합류부터 분리까지 성공적인 시연이 이루어졌다. 해당 시연에서 위성항법시스템 데이터는 군집주행을 위한 PPD(Probe Platoon Data) 메시지 패킷을 구성하기 위해 차량의 위도, 경도, 고도, 방향, 속도, 위치 정확도 등의 데이터를 제공하였다.



그림 7. 군집주행 시뮬레이터 [21]
Fig. 7 Platooning simulator

3.3 자율 주행 드론

드론을 활용한 물류 서비스는 국내/외 다수의 물류 업체가 앞다투어 경쟁하고 있으며, 그림 8과 같은 물류 서비스 드론이 현재 미국의 아마존, 프랑스의 GeoPost, 독일의 DHL, 한국 CJ대한통운 등의 기업들이 연구/개발하여 시범 운영 중이다. 드론 물류 서비스에서 위성항법시스템은 정확한 드론의 위치를 파악하는데 핵심적으로 활용되고 있는데, 이를 기반으로 고층빌딩을 포함한 공용주택 환경에 적합한 배송시스템 구현 연구가 지속적으로 진행되고 있다[23].



그림 8. 물류 서비스 드론: Amazone [22]
Fig. 8 Logistics service drone: amazone

UTM(Unmanned Traffic Management)은 자율주행 드론을 이용하는 하나의 사례로, EU의 SESAR에서 지원하는 UTM 시범 프로젝트인 EuroDRONE이 있으며, 저고도 소형 UAV를 위한 항공 교통 관리 시스템에 드론과 사용자 간 V2I, V2V 기술을 사용한다[24]. EuroDRONE의 비행 테스트를 위한 소프트웨어에서 임무(웨이포인트 목록)가 드론에 업로드되는데 이 웨이포인트 정보에 GPS 좌표와 속도 정보가 포함된다. 임무를 수신하게 되면 기상 조건, 충돌, 시작 위치 등과 같은 기준 정보를 확인 후, 모든 기준이 충족되면 승인 여부를 결정하고 비행을 시작하게 된다. 드론이 비행한 궤적은 실시간으로 그려지고, 임무를 수행하는 동안 GPS 데이터가 수신될 때 마다 드론과 다음 목표지점과의 거리를 계산하게 된다. EuroDRONE은 실제 시연을 통해 UTM의 기술 및 서비스를 검증하였고, 실시간으로 비행 정보를 공유할 수 있는 기능을 갖춘 자체 학습 UTM 플랫폼과 통합된 V2I 시스템, 자율성을 보유한 응용 프로그램 개발과 같은 성과를 도출하였다.

3.4 자율 주행 버스

그림 9는 국내/외 자율주행 셔틀 사례의 일부로, 자율주행 셔틀 개발 사례를 살펴보면, 판교 제로시티의 제로버스, 한국교통대학교의 자율주행 아이브, 한국 자동차연구원의 카모, 볼보, 벤츠, 로테르담의 파크셔틀, 헬싱키의 로보버스, 뉴욕의 옵티머스라이드, 라인폴의 트라피지오 등이 대표적인 연구/개발 및 시험 운행 사례이다[25].

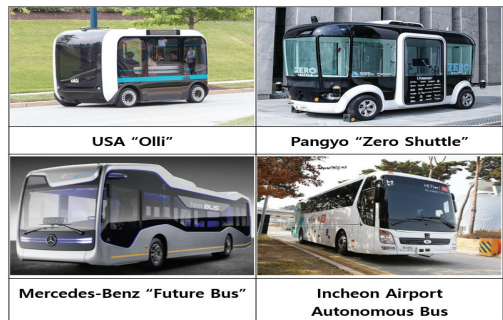


그림 9. 자율주행 버스 사례[25]
Fig. 9 Autonomous bus cases

앞서 살펴본 자율주행 도심 셔틀은 비교적 한적한 도심 운행을 목적으로 개발되었고, 복잡한 도심의 대중교통 노선은 많은 이용자와 혼잡한 교통상황으로 인해 운전자의 개입이 필수적으로 요구된다. 반면, 도심 외각지역의 버스 노선은 노선 자체의 혼잡도는 낮지만, 곡선 주행로의 비중이 높아 운전자의 개입이 필요한 경우가 발생할 수 있다. 도심 외각 버스노선의 경우, 지역주민을 위해 버스 회사에서 매년 적자를 감당하면서 해당 노선들을 운행중인 경우가 많다[26]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 인건비를 줄이면서 교통안전도는 향상시키는, 정류장과 노선이 유연하게 움직이는 위성항법시스템 자율주행 버스 기반의 수요응답형 서비스가 제시되었으며[27], 자율주행 노선버스는 운행 형태와 방식, 종류, 접근방식 등에 따라 아래와 같이 7개 서비스 유형으로 분류된다[28].

- 유형 1 : 자율주행 버스가 전용도로에서 고정된 노선으로 운행
- 유형 2 : 자율주행 버스가 일반도로에서 고정된 노

선으로 운행

유형 3 : 자율주행 중·소형 셔틀이 일반도로에서 특정 수요응답형에 따라 운행되며 출발과 목적지가 한정되어 운행

유형 4 : 자율주행 중·소형 셔틀이 일반도로에서 이용자의 수요응답에 따라 일부 정류장에서 무정차 운행

유형 5 : 자율주행 중·소형 셔틀이 도심에서 이용자의 예약 수요에 따라 일정 지역 경로를 최적화하여 운행

유형 6 : 자율주행 중·소형 셔틀이 거주인구가 적은 소외지역에서 이용자의 예약 수요에 따라서 운행

유형 7 : 승용차를 이용자의 예약 수요에 따라 운행

유형 2의 실증 연구가 [29]에서 진행되었다. 실증 시나리오에서 센서로 GPS, LiDAR, 카메라가 사용되었고, 자율주행 셔틀의 구성도는 그림 10과 같다. 시나리오 검증은 통한 자율주행 셔틀 탑승자들의 만족도(4.7점/5점)는 매우 우수하였으며, 자율주행 셔틀 상용화 시 저비용 및 고효율 운송 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.

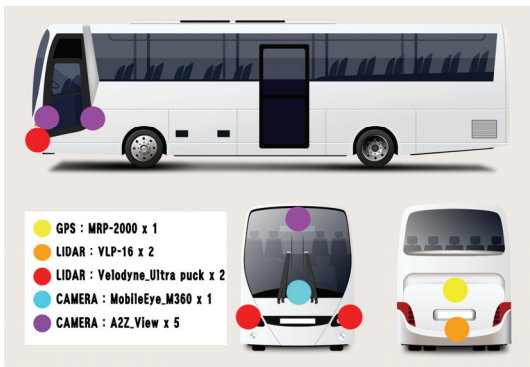


그림 10. 자율 주행 셔틀 시스템 구성[29]
Fig. 10 Self-driving shuttle system configuration

VI. 결론

본 논문은 4차 산업혁명 기술 중 핵심인, 차세대 이동통신과 스마트 모빌리티에 위성항법시스템이 활

용된 최신 연구 동향 및 사례에 대해 조사한 결과를 제시하였다. 차세대 이동통신과 위성항법시스템을 혼합하여, 기존 위성항법시스템의 오차를 보정하여 보다 정밀한 위치정보를 제공하고 있고, 위성항법시스템의 정밀한 PNT 정보가 자율 이동체 분야에서 적극적으로 활용되고 있음을 확인하였다. 차세대 이동통신과 스마트 모빌리티 분야에서 최신 위성항법시스템 기반의 정밀한 위치정보 제공은 위치추정 서비스의 발달, 교통 시스템 및 자율 이동체의 완전 무인화, 공유 플랫폼 서비스 확대에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2023년도 조선대학교 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

References

- [1] K. Chang, K. Kim, S. Lee, J. Kim, J. Lee, H. Kim, Y. Ko, I. Kim, and S. Bang, "Technical challenges and solutions for 10 cm-level positioning accuracy towards 6G," *ICT Express*, vol. 9, no. 3, 2023, pp. 492-506.
- [2] F. Butt, J. Chattha, J. Ahmad, M. Zia, M. Rizwan, and I. Naqvi, "On the Integration of Enabling Wireless Technologies and Sensor Fusion for Next-Generation Connected and Autonomous Vehicles," *IEEE Access*, vol. 10, 2022, pp. 14643-14668.
- [3] J. Jagelčák, J. Gnap, O. Kuba, J. Frnda, and M. Kostrzewski, "Determination of turning radius and lateral acceleration of vehicle by GNSS/INS sensor," *Sensors*, vol. 22, no. 6, 2022, pp. 2298.
- [4] H. Cho and T. Kwon, "GPS Accuracy Recision Using RSSI and AoA in Wireless Sensor Network," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Science*, vol. 17, no. 4, 2022, pp. 889-896.
- [5] M. Alsharif, M. Hossain, A. Jahid, M. Khan, M. B. Choi, and S. Mostafa, "Milestones of

- Wireless Communication Networks and Technology Prospect of Next Generation (6G)," *Computers Materials & Continua*, vol. 71, no. 3, 2022, pp. 4803-4818.
- [6] S. Kim, S. Shin, and S. You, "Localization Algorithms for Mobile Robots with Presence of Data Missing in a Wireless Communication Environment," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Science*, vol. 18, no. 4, 2023, pp. 601-608.
- [7] G. Gao, B. Gao, S. Gao, G. Hu, and Y. Zhong, "A Hypothesis Test-Constrained Robust Kalman Filter for INS/GNSS Integration With Abnormal Measurement," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 72, no. 2, Feb. 2023, pp. 1662-1673.
- [8] W. Wen and L. Hsu, "3D LiDAR Aided GNSS NLOS Mitigation in Urban Canyons," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 10, 2022, pp. 18224-18236.
- [9] Facts & Factors Research, "Smart Mobility Market Size, Share Global Analysis Report, 2023 - 2030," *Report*, 2022.
- [10] G. Kim and M. Kim, "Network-RTK Accuracy Comparison Analysis for 5G-based RTK Development for UAV Mounting," *J. Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 23, no. 3, 2022, pp. 523-528.
- [11] W. Zhang, Y. Yang, A. Zeng, and Y. Xu, "A GNSS/5G integrated three-dimensional positioning scheme based on D2D communication," *Remote Sensing*, vol. 14, no. 6, 2022.
- [12] L. Bai, C. Sun, A. Dempster, H. Zhao, J. Cheong, and W. Feng, "GNSS-5G Hybrid Positioning Based on Multi-Rate Measurements Fusion and Proactive Measurement Uncertainty Prediction," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 71, 2022, pp. 1-15.
- [13] J. Del Peral-Rosado, P. Nolle, S. Razavi, G. Lindmark, D. Shretha, F. Gunnarsson, F. Kaltenverger, N. Sirola, O. Särkkä, J. Roström, K. Vaarala, P. Miettinen, G. Pojani, L. Canzian, H. Babaroglu, E. Rastorgueva, J. Talavitie, and D. Flachs, "Design Considerations of Dedicated and Aerial 5G Networks for Enhanced Positioning Services," *2022 10th Workshop on Satellite Navigation Technology (NAVITEC)*, Noordwijk, Netherlands, 2022, pp. 1-12.
- [14] Y. Yuan, J. Yan, J. Guo, Y. Kuang, M. Yin, S. Wang, and C. Ma, "Driving behavior analysis of city buses based on real-time GNSS traces and road information," *Sensors*, vol. 21 no. 3, 2021, pp. 687.
- [15] S. Lee, "The Technical Trends of Electric Vehicle Autonomous Driving," *The Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 69, no. 5, 2020, pp. 31-35.
- [16] J. Shin, J. Yoo, J. Han, I. Hwang, and H. Park, "A Study on Basic Technology for Autonomous-Driving Using RC car," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Science*, vol. 17, no. 1, 2022, pp. 49-58.
- [17] The Korea Transport Institute, "Freight Transportation Market Trends 2021 Annual Report," *Report*, 2022.
- [18] S. Yang, K. Kang, and J. Park, "Evaluation of Driver Behavior under Automated Vehicle Platoon Environment," *J. of Korean Society of Transportation*, vol. 40, no. 4, 2022, pp. 570-584.
- [19] Y. Yoo and I. Kim, "Impacts of penetration rate of platooning groups and the number of platooning vehicles in the platooning on the traffic flow," In *Proc. the KOR-KST Conf.*, Jeju, Korea, 2021, pp. 644-645.
- [20] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Autonomous cooperative platooning of 4 trucks," *Report*, 2021.
- [21] Korea Expressway Corporation, "Development of Operation Technology for V2X Truck Platooning," *Report*, 2022.

- [22] J. Park and Y. Kim, "The Future Strategy on Drone Technology and Logistics Industry of Korea," *Aviation Management Society Of Korea*, vol. 2016, no. 0, 2016, pp. 9-26.
- [23] S. Kim, D. Lee, J. Cheon, S. Kim, and K. Yu, "Design and flight tests of a drone for delivery service," *J. of Institute of Control Robotics and Systems*, vol. 22, no. 3, 2016, pp. 204-209.
- [24] V. Lappas, G. Zoumponos, V. Kostopoulos, H. Lee, H. Shin, A. Tsourdos, M. Tantardini, D. Shomko, J. Munoz, and E. Amoratis, "EuroDRONE, a European Unmanned Traffic Management Testbed for U-Space," *Drones* 2022, vol. 6, no. 53, 2022, pp. 53.
- [25] E. Keum and M. Kim, "The Necessity of Public Transportation Application Development for Self-driving Public Transportation System," *Proc. of the KOR-KST Conf.*, Seoul, Republic of Korea, Feb, 2021, pp. 35-35.
- [26] S. Bae, H. Han, and H. Kim, " μ -Lanelet Graph for Precise Global Path Planning of Robo-Taxi," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 27, no. 11, 2021, pp. 925-932.
- [27] J. Lee, J. Kim, and S. Lee, "Domestic and Abroad Trends for Automated Transit Service," *Korean Society of Transportation*, vol. 18, no. 3, 2021, pp. 59-67.
- [28] Gyeonggi Research Institute, "A Study of Traffic Management Plan for Autonomous Vehicle Driving in Gyeonggi-do," Report, 2022.
- [29] S. Hyun, Y. Oh, J. Han, and D. Han, "A Study on the Substantiation Scenario Development of Automated Shuttle Service on Public Road," *Proc. of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Jeju, Korea, 2021, pp 840-841.

저자 소개

전슬비(Seul-Bi Jeon)

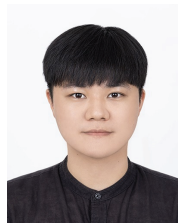


2021년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2023년 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2023년 ~ 현재 조선대학교 대학원 전자공학과 박사 과정

※ 관심분야 : 적응신호처리, 위치추정, 무선통신

조태호(Tae-Ho Jo)



2021년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2022년 ~ 현재 조선대학교 대학원 전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : 적응신호처리, 위치추정, 고속이동체 추적

황석승(Suk-Seung Hwang)



1997년 광운대학교 제어계측공학과 졸업
2001년 University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department

대학원 졸업 (공학석사)

2006년 University of California, Santa Barbara, Electrical & Computer Engineering Department 대학원 졸업 (공학박사)

2006. 5~2008. 3 삼성전자 통신연구소 책임연구원
2008. 3~2014. 1 조선대학교 메카트로닉스공학과 교수

2014. 2~ 조선대학교 전자공학부 교수

※ 관심분야 : 적응신호처리, 위치추정, 채널추정, 이동로봇용 위치추정, 간섭제거, RFID

