

IoT 기반 교통안전시설 현장관리 체계 연구*

원상연^{1*} · 이준혁² · 전영재³ · 김진태⁴

A Study on the Field Management System for Traffic Safety Facilities in IoT Infrastructure*

Sang-Yeon WON^{1*} · Jun-Hyuk LEE² · Young-Jae JEON³ · Jin-Tae KIM⁴

요 약

자율주행차를 신뢰하고 이용하기 위해서는 도로에서의 안전한 주행이 보장되어야 한다. 이를 위해 최우선으로 갖추어야 할 자율주행 인프라는 교통안전시설이다. 한편 도로에서는 Level 3 수준의 자율주행차와 일반 자동차가 혼재하여 주행하고 있기 때문에 기존에 존재하고 있는 일반 교통안전시설의 관리도 추가로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 자율주행 인프라 기반 교통안전시설 현장관리 체계를 연구하고, 이를 기반으로 실증지역(판교)를 선정하여(판교) 현장관리 시험시스템을 구현하였다. 시험시스템 구성은 GNSS(Global Navigation Satellite System) 수신기, 현장관리 단말기, 현장관리 App(Application) 등으로 구성하였으며, 현장 실증 결과 도심지에서도 손쉽게 교통안전시설 정보를 송수신하였고, 교통안전시설에 대하여 효율적으로 운영관리 할 수 있음을 확인하였다. 금번 연구결과는 향후 자율주행 인프라의 지자체 확산 및 인프라 구축에 참고자료로 활용될 것으로 기대한다.

주요어 : 자율주행 인프라, 교통안전시설, 현장관리 체계, GNSS 수신기

ABSTRACT

In order to trust and use autonomous vehicles, safe driving on the road must be guaranteed. For this, the first infrastructure to be equipped with autonomous driving is traffic safety facility. On the other hand, autonomous vehicles(Level 3) and general vehicles are driving on the road, it is necessary to additionally manage existing general

2021년 12월 02일 접수 Received on December 02, 2021 / 2022년 01월 10일 수정 Revised on January 10, 2022 / 2022년 01월 12일 심사완료 Accepted on January 12, 2022

* 이 논문은 2021년도 정부(경찰청)의 재원으로 도로교통공단의 지원을 받아 수행된 연구임(POLICE-L-00003-03-410, IoT 기반 교통안전시설 정보제공 및 운영관리 기술개발).

1 ㈜지오앤 기업부설연구소 수석연구원 Principal Research Engineer, GEON Co., Ltd.

2 ㈜지오앤 기업부설연구소 연구소장 Chief Technology Officer, GEON Co., Ltd.

3 ㈜지오앤 기업부설연구소 선임연구원 Senior Research Engineer, GEON Co., Ltd.

4 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 교수 Professor, Korea National University of Transportation Smart Traffic Research Lab

* Corresponding Author E-mail: wonjangkun@geonspace.com

traffic safety facilities. In this study, a field management system for traffic safety facilities based on autonomous driving infrastructure was studied, and a pilot field management system was implemented in the demonstration area(Pangyo). The pilot system consists of a GNSS(Global Navigation Satellite System) receiver, a field management equipment, and a field management app. As a result of field demonstration,, it was confirmed that traffic safety facility information was easily transmitted and received even in downtown areas and that could be efficiently operated and managed. It is expected that the results of this study will be used as reference materials for the spread of autonomous driving infrastructure to local governments and infrastructure construction in the future.

KEYWORDS : *Autonomous infrastructure, Traffic safety facility, Field management, GNSS receiver*

서 론

4차 산업혁명의 도래로 우리나라는 AI(Artificial Intelligence), 자율주행, 디지털트윈, 드론 등의 분야에 집중적으로 투자와 연구를 수행하고 있으며, 특히 자율주행 분야는 상용화 실현을 위한 기술개발이 전 세계적으로 활발히 연구가 진행되고 있다(Won *et al.*, 2019; 2020).

최근 자율주행차의 도입 상용화가 가시화됨에 따라 기존 교통안전시설 규제정보의 변화 및 방향성에 대한 논의가 이뤄지고 있다(Im *et al.*, 2020). 서울시는 보행자 안전강화를 위해 2021년 4월부터 도시부 생활권 도로 제한속도를 30km/h로, 다른 일반도로도 역시 50km/h로 감소하도록 속도를 조정하였고, 특히 복잡한 도심지 내에서 자율주행차의 부착된 여러 센서를 통해 주변 상황을 인지하며, 상황에 맞는 판단과 적절한 제어가 필요한 상황이다(Kim *et al.*, 2020). 이에 현재는 일반 차량과 자율주행차가 도로 위에 공존하며, 기술적으로도 복잡한 도심지 주행보다는 정보량이 적은 고속도로 주행에서 제한적인 자율주행을 선보이고 있다. 따라서 일반 차량과 자율주행차를 모두 통제하기 위해서는 기존에 사용 중인 교통안전시설을 활용하는 방안이 가장 적합한 방안으로 대두되고 있다. 그러나 현행 교통안전시설에 대한 정보는 관리자 또는 개발자가 활용하는 교통안전시설물관리시스템(T-GIS)

을 사용하고 있지만, 대중적인 접근성이 낮고 시설물에 대한 설치현황, 유지관리, 상태 갱신이 미흡하여 정밀도로지도와 동일하게 신속한 갱신, 관리가 필요한 실정이다.

결국, 앞으로 자율주행 상용화 단계에 진입하기 위해서는 지자체 단위에서 관리하는 자율주행 인프라인 교통안전시설물에 대하여 신속하고 간편하게 수정 및 갱신이 가능하며, 충분한 인프라 확대가 가능한 운영 방법론이 필요하다. 이에 본 연구에서는 자율주행 인프라의 향후 확대를 위하여 경찰이 주관하고 지자체에서 관리하는 교통안전시설(표지)에 대하여 현장관리 체계 연구를 수행하였고, 공간정보 기반의 현장관리 운영체계 개발을 통한 실증연구를 수행하였다.

교통안전시설 현장관리 체계 정의

1. 선행연구 분석 및 연구 방법론 정의

미국은 그림 1과 같이 2015년 세계에서 가장 먼저 자율주행 실증 도시인 M-City를 구축하여 다양한 자율주행 실증 실험을 수행하고 있다. 특히 미국은 교통부, 국방부, 과학재단, 에너지부 등의 연방정부가 협업하여 자율주행차 및 관련 도로교통시스템을 개발하였으며, 가시적 성과를 도출하고 있다(Baek, 2020). 미국 연방교통부 자율주행 관련 추진 방향 리포트에 의하면 2018년 하반기부터 DAVI(Data for Automated

Vehicle Integration) 프레임워크에서 LDM(Local Dynamic Map)의 레이어 3~4에 해당하는 정보인 실시간 교통 및 시설물 정보의 공유를 추진하고 있다(Won *et al.*, 2019; Kotra, 2020).

유럽은 2013년 공동 리포트 Roads that cars can read에서 EuroRAP(European Road Assessment Programme), NCAP(New Car Assessment Program)는 차선 시작 경고 및 교통신호 표시와 같은 도로 표시 및 교통신호의 부적절한 유지보수가 자율주행차 기술의 효과적인 활용에 있어 주된 장애물이라 판단하여, 유럽연합 회원국들이 도로인프라 투자를 우선할 것을 장려했다(Global Tech Korea, 2017).

한편, 우리나라는 자율주행차의 안전운행을 위해 동적전자지도의 필요성과 교통정보, 안전시설물의 통합관리의 필요성을 감지하고 있다. 이와 관련하여 2019년 용인시가 교통안전시설물 설치 정보를 디지털 방식으로 저장, 관리하는 시스템(T-GIS)을 선보였다.

국내외 자율주행 실증 및 교통안전시설물의 선행연구 사례를 조사하여 분석한 결과, 현재 우리나라를 포함한 대부분 선진국에서 교통안전시설물을 포함한 자율주행 실증도시를 구축하여 실증연구를 수행하고 있으며, 가시적 성과를 보이고 있다(Kim *et al.*, 2020). 하지만 가시적 성과의 이면에는 현재 구축한 자율주행 인프라의 유지보수와 지자체 확산 연구는 미비한 실정이다. 특히, 국가에서 자율주행 인프라로 구축 및 제공하고 있는 대표적인 HD Map(High Definition Map)의 주요 정보인 교통안전시설물

정보의 경우 방대한 양의 현장 자료 관리와 실시간 갱신에 어려움이 있다(Seol *et al.*, 2019). 현재 국내 정밀도로지도는 신속한 정보 갱신체계를 마련하기 위해 도로 변경정보를 도로 관리청에서 국토교통부에 통보하도록 의무를 규정하고 있지만, 기본적으로 1년 주기 갱신으로 그 한계가 명확하며, 분기 및 수 개월 주기 갱신을 위해 노력하고 있는 실정이다(Speciality Construction News, 2021).

현재 교통안전시설물에 대한 인프라 구축 방법은 작업계획 수립, 측량기기 의한 현장조사, 대장조서 작성, 공간정보 데이터 구축(정위치, 구조화 편집) 등의 순으로 작업이 이루어지고 있으며, 정확한 도로 및 교통 시설물 등의 위치 및 속성자료를 구축하기 위해서는 장비운영 이외에도 현장조사가 필수적인 요소이다(Joo, 2012). 실제로 도심지 도로 대부분의 교통안전시설물이 위치한 곳은 열악한 조건(복합설치 표지, 가로수 표지판 가림, 표지판 훼손 등)이기 때문에 현장조사 없이는 정확한 공간정보 데이터 구축이 어렵다.

그림 2는 현재 교통안전시설물 공간정보 데이터 구축의 대표적인 방법이다. 현재의 교통안전시설물 DB(Data Base) 구축 방법은 최소 현장 인력이 2~3인이 필요하고 최초 발주부터 공간정보 데이터 갱신까지 최소 1개월 이상의 기간이 필요하다.

한편, 기존의 교통안전시설물 공간정보 데이터 구축 방법은 조사과정에서 현장 요원의 경험과 작업 능력에 따라 공간정보 데이터 품질의

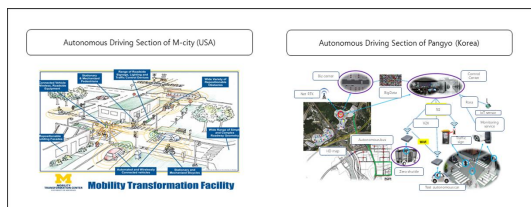


FIGURE 1. Studies of domestic and overseas autonomous driving

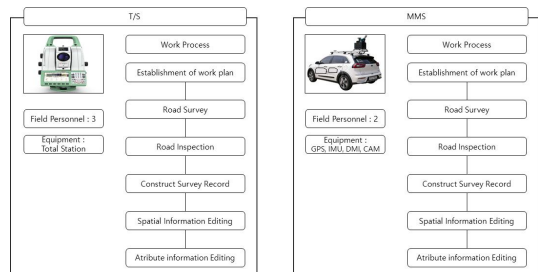


FIGURE 2. Process of traffic safety facility DB construction

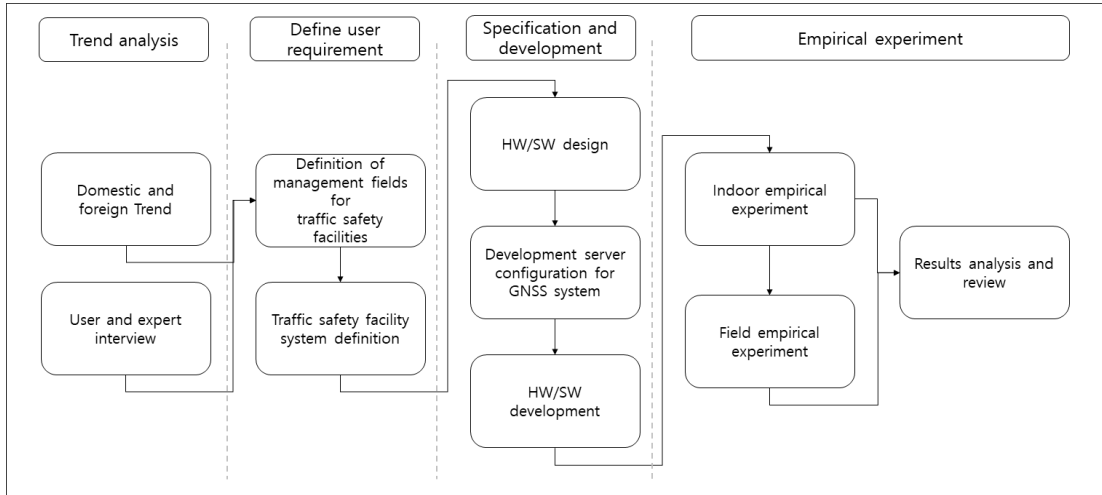


FIGURE 3. Flowchart of research process

신뢰도가 매우 큰 차이를 보이는 경향이 있다. 또한, 최근 내비게이션 업체에서 주로 사용하는 현장조사 장비인 MMS(Mobile Mapping System)는 관리가 어렵고 고가의 장비기 때문에 지자체 단위에서 장비운영이 쉽지 않은 실정이다.

따라서 이와 같은 현장의 문제점을 해결하기 위하여 현장의 외업 작업량을 최소한으로 줄이고, 전문가가 아니더라도 교통안전시설물에 대하여 자동 및 반자동으로 분류하여 공간정보 데이터를 구축 및 갱신함으로써 신속하고 정확하게 교통안전시설물을 구축할 수 있는 체계 마련이 시급하다(Joo, 2012).

본 연구에서는 신속하고 정확하게 교통안전시설물 구축을 위한 체계 마련 및 실험을 위하여 그림 3과 같이 국내외 자율주행을 위한 교통안전시설물 인프라의 동향을 분석하고, 이를 기반으로 교통안전시설물 관리체계 및 관리항목을 정의하였다. 그리고 인프라 관리를 위한 현장운영 장비를 개발하여, 앞서 정의한 교통안전시설물 관리항목을 적용하였고, 이에 대한 실내외 실증 실험을 수행하여 본 연구에서 정의한 교통안전시설 현장관리 체계의 효율성을 분석하였다.

2. 교통안전시설 관리항목 정의

교통안전시설이란 ‘도로에서 교통사고를 방지

하고 원활한 교통소통을 확보하기 위하여 설치하는 시설물로서, 「도로교통법 제 3조의 규정」에 의한 신호기·안전표지·노면표지를 말한다.’라고 정의하고 있으며, 본 연구에서는 자율주행 차량에서 필수적으로 필요한 안전표지, 노면표지, IoT(Internet of Things) 장비 등을 그림 4와 같은 체계를 정의하였다.

IoT 교통안전시설은 그림 5와 같이 기존 도로표시 정보 객체인 교통안전시설에 LoRa(Long Range), LTE(Long Term Evolution), Bluetooth 등 각종 센서와 통신을 사용하여 교통안전 시설물 상태정보 데이터를 수집, 저장, 분석하는 기술을 활용하여 자율주행차에 주변 도로시설에 다양한 도로정보를 제공하는 장치이다.

자율주행 인프라의 교통안전시설물은 기존 교통안전시설물과 IoT 교통안전시설물로 구분할 수 있는데 기존 교통안전시설물 이외에 자율주행차에 정보를 전달하는 표지인 IoT 교통안전시설물에 대해서도 함께 관리할 수 있는 항목들을 정의하고 운영체계 연구를 수행하였다.

한편, 자율주행차와 인프라 관리기관인 지자체의 교통안전시설 정보전달을 위한 필수 구축 항목을 표 1과 같이 정의하였다. 구축항목은 자율주행차 업계, 지자체, 도로교통공단, 도시교통정보센터(UTIC) 등 다양한 기관의 의견을 수렴



FIGURE 4. Definition of traffic safety facility



FIGURE 5. Existing traffic safety facilities and IoT traffic safety facilities (Pangyo field photo)

TABLE 1. Traffic safety facility entity definition

No	Management topics	Input
1	Safety Sign	Latitude, Longitude, Road code, Direction, Height, Separation Distance
2	Road Sign	Latitude, Longitude, Road Code, Direction
3	IoT Device	Latitude, longitude, Road Code, Direction, IoT Device S/N, Safety Sign ID, Road Sign ID
4	IoT Integrated Device	IoT Integrated Management Device S/N and ID, Communication Connection Status
5	Support	Latitude, Longitude, Road Code, Direction
6	Attachment	Latitude, Longitude, Road Code, Direction
7	Controller	Latitude, Longitude, Road Code, Direction
8	Location	Latitude, Longitude, Road Code, Direction
9	Management	Company name, person in charge, inspection time, inspection history
10	Construction Information	Construction type, date, company name, person in charge, facilities, method
11	Maintenance	Company name, person in charge, inspection time, inspection history
12	Image	Image ID, image file path

하여 총 12종의 필수 관리항목들을 정의하였다. 정의한 주요 교통안전시설 관리 항목은 교통안전시설물의 위도, 경도, 도로명 코드, 설치 방향, 설치 높이, 시공정보, 현장 사진 등 현재 각 지자체 및 도시교통정보센터에서 관리되고 있는 정보와 추가적으로 자율주행 인프라인 IoT 교통안전시설 장치에 대해서도 추가하여 정의하였다.

3. 교통안전시설 현장관리 체계 정의

본 연구에서는 자율주행 인프라의 교통안전시설을 향후 지자체 확산을 대비하여 센터와 현장관리 장비의 체계에 대하여 정의하였다. 교통안전시설은 앞서 정의한 바와 같이 자율주행차에 정보를 전달 할 수 있는 IoT 장치 기반 시설물과 기존의 일반 시설물로 구분하였고, 그림 6과

같이 센터-현장관리 장비-교통안전시설에 대한 공간정보 데이터 관리 체계를 정의하였다.

센터에서는 지역의 교통안전시설 전체 공간정보 데이터를 보유하고 실시간 모니터링하며, 신규 시설물과 점검이 필요한 시설물에 대하여 현장관리 장비에게 정보를 전달한다. 현장관리 장비는 지자체 센터의 공간정보 데이터에 접근하여 관련 정보를 내려받아 현장에서 점검항목을 체크하고, 점검 완료 여부를 센터에 전송한다. 신규 설치에 대해서는 앞서 정의한 관리항목을 현장에서 IoT 장비와 센터에 구분하여 전송하는 등 일련의 체계를 정의하였다.

4. 실증 시험 장비 구성

실증을 위한 현장관리 구성 체계는 GNSS 수

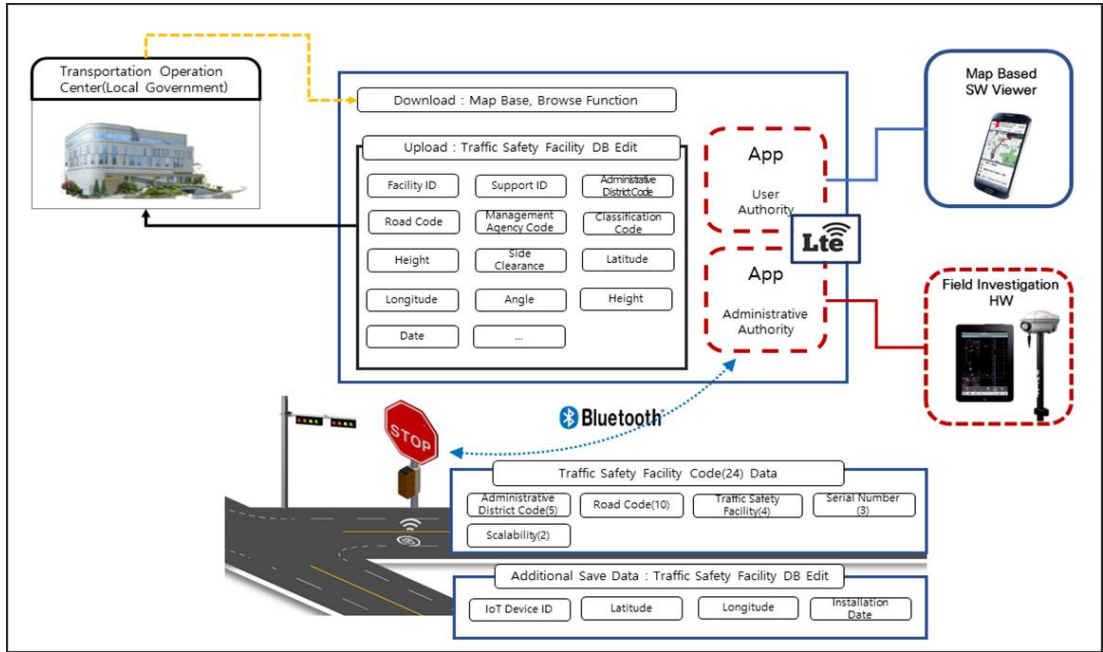


FIGURE 6. Definition of on-site management system for traffic safety facilities

신기, 현장관리 단말기(Controller), GNSS 서버, 교통안전시설물 관리 서버 등이며, 앞서 정의한 안전표지와 노면표지의 관리항목과 교통안전시설 현장관리 체계 정의를 토대로 현장관리 장비개발과 실증 운영을 위한 공간정보 데이터 흐름은 그림 7과 같이 구성하였다.

GNSS 수신기는 RTK(Real Time Kinematic) 기술의 하나인 VRS(Virtual Reference Station) 방식을 활용한 위성 측위 기술을 사용하였다. 기준점에서 관측된 반송파

위상정보와 이동점에서 관측된 반송파 위상정보를 이용하며, 각 이동점에서 발생한 공통오차를 제거하는 이중차분을 통해 정확한 위치결정을 시행한다(Wubbena et al, 2021). 반송파 위상 이중차분 방정식은 이동점과 위성간의 거리, 전리층 오차 및 대류층 지연오차, 모호정수, 다중 경로 및 관측오차와 관련되어 있으며, 다음 식과 같이 표현할 수 있다(Kim, 2012). 기준국과 이동점의 기선의 길이가 길어질수록 기준국과 이동점의 공통오차가 상이하여 위치결정에 어려

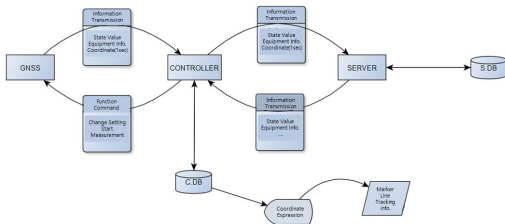


FIGURE 7. Data flow definition

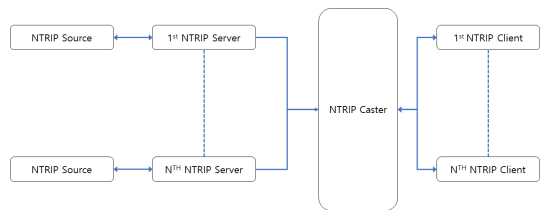


FIGURE 8. NTRIP(Network Transport of RTCM via Internet Protocol) sending and receiving information process

$$\Phi_{ij,L1|L2}^{kl} = \rho_{ij}^{kl} - \frac{I_{ij}^{kl}}{f_{L1|L2}^2} + T_{ij}^{kl} + \lambda_{L1|L2} N_{ij,L1|L2}^{kl} + m_{ij,L1|L2}^{kl} + \varepsilon_{ij,L1|L2}^{kl} \quad (1)$$

where :

i, j : receivers;

k, l : GNSS satellites;

$f_{L1|L2}$: frequency of GNSS signal, L1 or L2;

$\lambda_{L1|L2}$: wavelength of GNSS signal;

$\Phi_{ij}^{kl} : \Phi_i^k - \Phi_j^k - \Phi_i^l + \Phi_j^l$: Double - Differenced (DD) carrier phase observation;

ρ_{ij}^{kl} : DD geometric distance;

I_{ij}^{kl} : DD ionospheric delay;

움이 있지만 VRS 방식은 기준국간 다중기선을 통하여 공통오차를 보정 하고 장기선의 경우에도 정확한 위치결정을 제공한다.

위성정보의 송수신 방법으로는 미 해안경비대에서 DGPS(Differential GPS)를 위해 고안한 포맷인 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service)를 활용하였으며, 그림 8과 같이 GNSS 고정 기준국에서 RTK 데이터 스트리밍을 생성하면 Sever가 HTTP(HyperText Transfer Protocol)를 이용해 사용자에게 연결하여 데이터를 전달해준다.

현장조사 지원을 통한 GNSS 수신기는 현장에서 활용과 휴대가 간편하도록 디자인하였으며 하단에 폴대를 고정할 수 있게 원형 브라켓을 설치하였다. 사용자 관측에 친화적인 디자인을

고려하여 전면부에 LED(Light Emitting Diode)와 검정 아크릴 패널을 탑재하였다. 또한, 일반 배터리에 비해 자연방전률이 낮고 전압과 용량이 높은 18650형 배터리 2개를 장착하여, 현장에서 8시간 이상 장시간 작동할 수 있도록 하였다.

현장관리 단말기에서 교통안전시설물 송수신을 위한 App 구성은 그림 10과 같이 로그인, 메인화면, 서버화면, 맵 기능으로 구성하였으며, 보안을 위해 ID와 PW를 이용하여 서버의 인증을 통한 제한적인 연결방식으로 구성하였다. 서버에서 관리자 인증 승인이 이루어지면 메인화면으로 이동한다.

메인화면은 크게 최상단에 BLE(Bluetooth Low Energy) 설정, 사용자, 시설물을 빠르게 확인할 수 있는 킷 메뉴를 삽입하였으며, GNSS

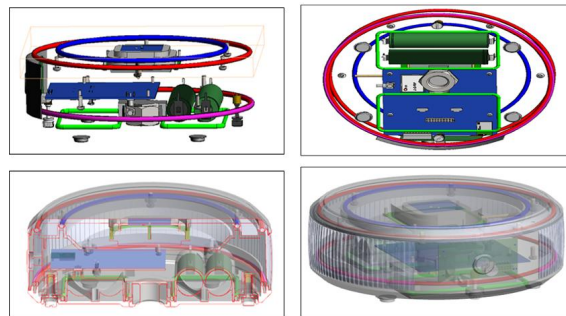





FIGURE 9. GNSS receiver design



FIGURE 10. SW(Soft Ware) interface and function process(The Source of Kakao Map)

TABLE 2. Equipment HW/SW components(The source of map Kakao)

No	Product	Contents	Equipment	Note
1	GNSS Receiver	Self-production		Accuracy ≤5cm
2	Transceiver Controller	Samsung Galaxy Tab Active 3		For Industrial
3	Field Investigation App	Self-production		Field survey information transmission and reception application

수신기와 연결을 통해 시설물 점검과 편집이 용이하도록 각각의 UI(User Interface)를 마련하였다. 우측 서브화면은 각각의 IoT 시설물의 종류, 관리기관, 표지유형, 분류 코드, 행정구역 등 상태정보의 확인과 입력, 수정, 삭제가 가능하도록 하였으며, 추가적으로 카카오 API(Application Programming Interface)를 통한 일반, 위성, 하이브리드 지도를 제공하고 있다.

교통안전시설의 현장조사를 위한 현장관리 장비의 최종 구성은 표 2와 같다.

교통안전시설 현장관리 체계 실증

1. 실증 시나리오 구성

교통안전시설 현장관리 체계 실증은 실내 실증과 실외 실증으로 구분하여 시나리오를 구성하였다. 실내 실증의 경우 공간정보 데이터 송수신 로그 기록 확인을 통하여 통신 및 정보전달 성공 여부를 확인하였다.

본 연구에서 정의한 교통안전시설 체계는 관리센터(C), 통합관리장치(M), IoT 장치(D), 정밀측위안테나(P), 현장관리장비(K), 자율주행차(V) 등으로 구분할 수 있으며, 이들 중 실내 실증은 관리센터(C), 정밀측위안테나(P), 현장관리장비(K), IoT 장치(D) 간 송수신 시나리오를 구성하여 테스트를 수행하였다.

표 3은 실내 실증에서 시나리오별 송수신 세부 항목을 정의한 것이다. 현장관리 장비와 IoT

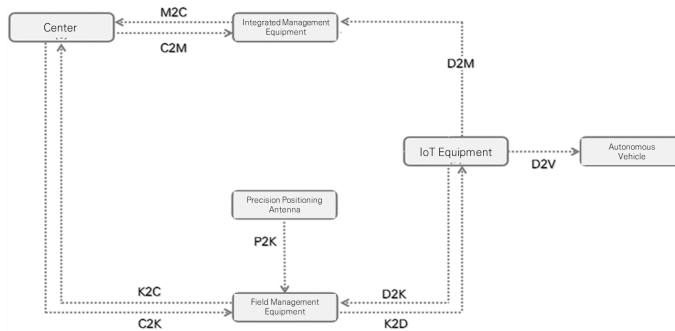


FIGURE 11. Indoor demonstration scenario

TABLE 3. Detailed role in indoor demonstration scenario

Category	Send and Receive Equipment	Communication Method	Detailed Role
D2K	IoT Equipment → Field Management Equipment	BLE	IoT Equipment Status Information
K2D	Field Management Equipment → IoT Equipment	BLE	Traffic Safety Sign Information : Road Link ID, Link Road Information, Sign Location Information, Sign ID, Sign Detail Information
P2K	Precision Positioning Antenna → Field Management Equipment	BLE	IoT Equipment Location Information, Traffic Safety Sign Information, Antenna ID, Antenna Battery Status
K2C	Field Management Equipment → Center	LTE	Login Information, Facility Attribute Information, IoT Equipment Attribute Information, Integrated Management Equipment Attribute Information, Failure Event Information, Traffic Safety Sign Information, Equipment Inspection History Information
C2K	Center → Field Management Equipment	LTE	Login Information, Facility Attribute Information, IoT Equipment Attribute Information, Integrated Management Equipment Attribute Information, Failure Event Information

장치 간 송수신은 BLE 통신을 사용하였으며, IoT 상태정보에 대한 송수신을 진행하였다. 정

밀측위안테나와 현장관리 장비 역시 BLE 통신을 사용하여 수신기 상태와 위치 정보를 수신하

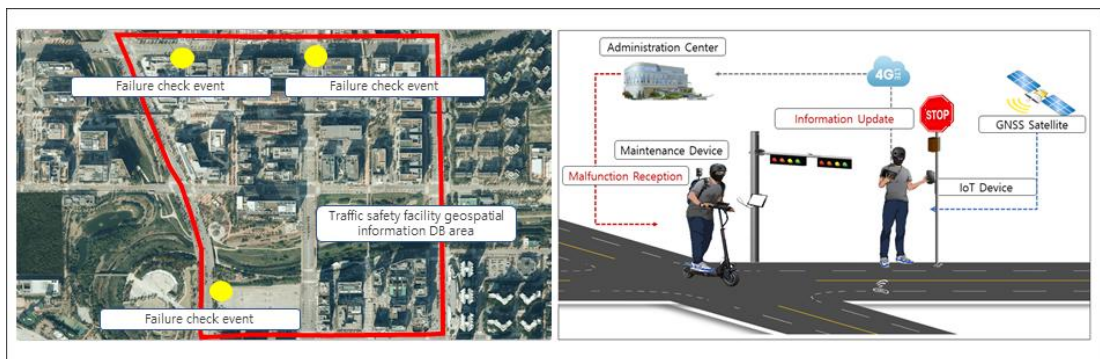


FIGURE 12. Selection of demonstration area and demonstration test(The source of map NGII)

TABLE 4. Elements of event occurrence by scenario

Division	Contents	Location
New Installation	New installation event in progress	Intersection in Demonstration Area
	New IoT device installation	Intersection in Demonstration Area
	Precise positioning of IoT devices	Intersection in Demonstration Area
	Enter traffic safety facility information in IoT device	Intersection in Demonstration Area
	IoT Device Center Transmission	Intersection in Demonstration Area
	Receive center information and update the list	Center(UTIC)
	Event End	-
Existing Facility Investigation	Existing facility investigation event	Intersection in Demonstration Area
	Collecting Existing facility location information	Intersection in Demonstration Area
	Existing facility traffic safety facility information input and transmission	Intersection in Demonstration Area
	Receive center information and update list	Center(UTIC)
	Event End	-
Malfunction Check	Start of failure event progress	Intersection in Demonstration Area
	Arrival at the point of occurrence of on-site personnel	Intersection in Demonstration Area
	Random occurrence of on-site personnel failure	Intersection in Demonstration Area
	IoT device → Center failure reception	Center(UTIC)
	Center → Maintenance device failure event transmission	Center(UTIC)
	Maintenance personnel fault report and on-site dispatch	Intersection in Demonstration Area
	Maintenance personnel arriving on site	Intersection in Demonstration Area
	IoT device maintenance and repair in progress	Intersection in Demonstration Area
	IoT device maintenance and repair Complete	Intersection in Demonstration Area
	IoT device → Center status information transmission	Center(UTIC)
	Event End	-

였고, 현장관리 장비와 센터는 LTE 통신으로 교통 시설물 정보와 현장조사정보를 송수신하였다.

실외 실증의 경우 자율주행 관련 연구 협조를 얻기 용이한 그림 12의 판교지역을 선정하였고, 표 4와 같이 실제 인프라 유지보수 운영에 필요한 신규 설치, 기존 시설물 조사 및 구축, 고장 점검으로 구분하여 센터와 현장관리 장비 간 송수신 이벤트를 구성하였다.

2. 실증 테스트 수행결과 및 고찰

실증 테스트에서 실내 실증 테스트는 총 3회를 수행하여 송수신 성공 여부와 소요시간을 체크 하였다.

실내 실증 테스트 수행결과, 표 5과 같이 비교적 양호한 송수신 결과를 나타내고 있었으나 IoT 장비 서버, 센터 서버, 현장 장비 시간의 미묘한 차이로 0~1초 정도 발생하였다. 이와 같은 결과는 본 연구의 실증에는 문제가 없었으

나, 세밀한 시간 측정을 위해서는 각 장비에 시간을 동시에 맞출 필요가 있다. 정밀측위안테나의 경우 배터리 효율을 고려하여 현장관리 장비에 1초마다 송신하도록 설계하였고, 실내 실증에서도 동일하게 1초가 발생하였다.

실외 실증 테스트는 신규 설치의 경우 송수신 컨트롤러의 현장조사 App을 활용하여 신규 설치 표지정보를 센터에 전송하는 테스트를 수행하였다. 기존 시설물 조사도 신규와 동일하게 송수신 컨트롤러의 현장조사 App을 활용하여 기존 시설물 조사 정보를 센터에 전송하는 테스트를 수행하였다. 고장점검의 경우 센터에서 고장점검 메시지 및 점검 이력을 수신하여 현장 출동 후 현장에서 고장점검을 수행하였으며, 점검 완료 시 점검 완료 정보를 송신하는 테스트를 수행하였다.

그림 13은 신규 설치 및 기존 시설물 조사와 고장점검 이벤트에 대한 현장조사 App을 활용

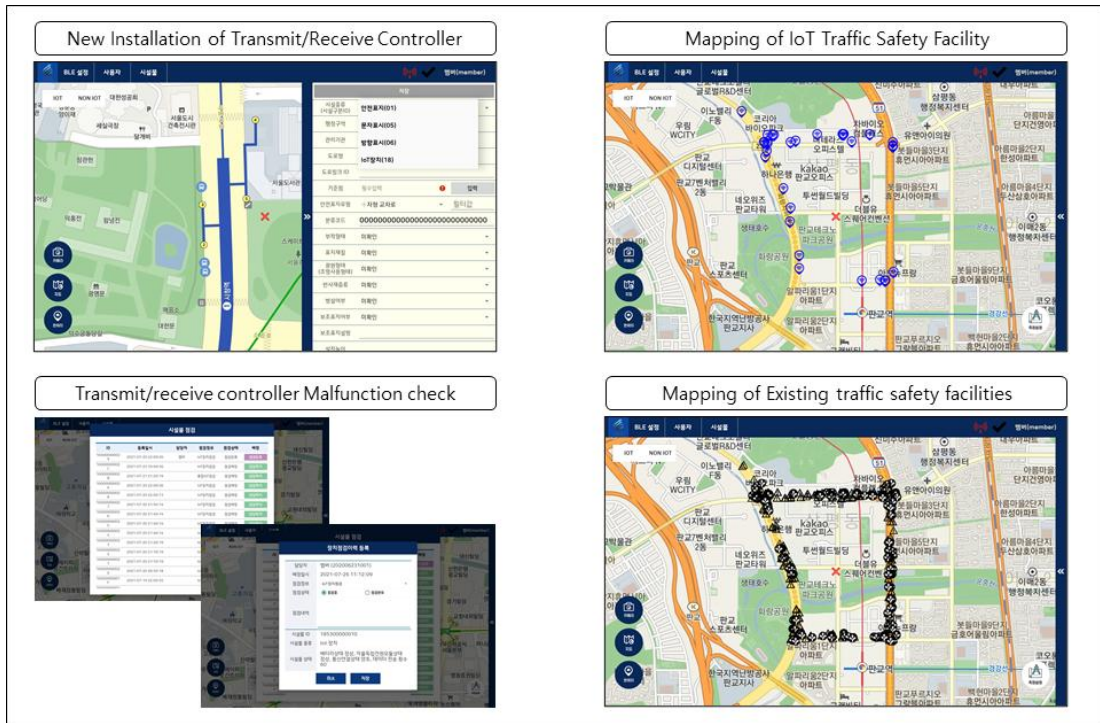


FIGURE 13. Transmission/reception test using field survey application
(The source of map Kakao and Field Investigation App capture)

위한 대기 시간이 5~7분 소요되기 때문이다. 고장점검 이벤트에서는 평균 20분이 소요된 이유는 점검 수리 시간에 10분 이상의 시간이 소요된 것으로 확인되었다. 이는 기존의 현장조사 방식에서 발생하는 불필요한 소요시간(약 1달)을 획기적으로 개선할 수 있는 방식이며, 소규모 인프라 유지보수에 매우 효율적인 운영체계를 확인하였다.

한편, 현장관리 장비의 HW 부분은 금번 실증 수준에서는 문제가 발생하지 않았으나, 향후 몇 가지 개선이 필요한 것으로 판단된다.

첫째로는 실내 실증 테스트에서는 정보 송수신에 문제가 발생하지 않았으나, 각 장비 간 시간의 미묘한 차이(1초)가 발생하였으며, 세밀한 결과분석 도출을 위해서는 각 장비별 시간의 정확한 일치가 필요하다.

둘째로는 실외 실증 테스트에서는 문제없이 위치정보를 수신하여 매핑 하였으나 Lee *et al.*

(2014) 등 여러 연구 논문 결과를 참고하면 대부분의 도심지에서 수신 장애 및 멀티패스가 발생한다고 기술하고 있다. 따라서 이 부분을 해소하기 위하여 표 7과 같이 VRS, RTK, FKP (Flachen Korrektur Parameter) 등 다양한 방식의 측위 모듈에 대한 기능적 개선이 필요한 것으로 판단되며, 다양한 기능이 포함될 경우 오히려 현장 요원의 장비사용이 어려워지는 단점도 존재하기 때문에 사용자와의 적절한 협의가 필요하다.

셋째로는 현장에서 교통안전시설을 조사하기 위해서는 시설물의 위치에 현장 요원이 도달하여 현장관리 장비로 측정하는 불편함이 있다. 현재 안전표지의 경우 대부분 인도에 설치되어 안전에 문제가 없으나, 노면표지 조사의 경우 안전 확보에 어려움이 있기 때문에 원거리 위치에서도 위치 측정이 가능하도록 측위 방식의 개선이 필요하다.

TABLE 6. Results of demonstration test

Division	Event	Send and Receive	Time
New Installation (18 cases)	Io Device Positioning Information	Satellite → GNSS Receiver	5 min~7 min
	Traffic Safety Sign Information (IoT)	Field Equipment App → Center	within 30 sec
	Traffic Safety Sign Information	Field Equipment App → Center	within 30 sec
	New Installation Information	IoT Equipment → Center	within 30 sec
Total Time			Average 10 min
Existing Facility Investigation (43 cases)	IoT device positioning information	Satellite → GNSS Receiver	5 min~7 min
	Traffic Safety Sign Information	Field Equipment App → Center	within 30 sec
Total Time			Average 10 min
Malfunction Check (3 cases)	Malfunction Status Message	Center → Field Equipment App	5 min
	Traffic Safety Sign Information (IoT)	Field Equipment App → Center	within 30 sec
	Traffic Safety Sign Information	Field Equipment App → IoT Equipment	within 30 sec
	Troubleshooting and repair(replacing batteries)	IoT Equipment → Center	8 min~12 min
	Inspection completed	Field Equipment → Center	within 30 sec
Total Time			Average 20 min

TABLE 7. Features of GNSS positioning method

No	Positioning Method	Features
1	VRS (in this study)	Acquisition of high-precision location information of about 3cm on average Limit of 1,000 concurrent users Low reception in high-rise buildings and forest areas
2	RTK	Acquisition of high-precision location information of about 3cm on average Fewer undetected areas than VRS and FKP(possible to survey high-rise buildings, forests, etc.) Requires 2 or more receivers
3	FKP	Stable location information can be acquired without server user restrictions An error of more than 5cm occurs on average Low reception in high-rise buildings and forests

결 론

본 연구에서는 자율주행 인프라 확대를 대비하여 국내외 자율주행 교통안전시설물 인프라의 동향을 분석하고, 이를 기반으로 교통안전시설물 관리체계 및 관리항목을 정의하였다. 그리고 인프라 관리를 위한 현장운영 장비를 개발하여, 앞서 정의한 교통안전시설물 관리항목을 적용하였고, 이에 대한 실내외 실증 실험을 수행하였다.

실내외 실증 실험 결과 실내 실증 테스트는 양호한 송수신 결과를 나타내고 있었으나 IoT 장비 서버, 센터 서버, 현장 장비 시간의 미묘한 차이로 0~1초 정도 발생하였다.

실외 실증 테스트 역시 오류 없이 정상적으로 송수신하였으며, 신규 설치와 기존 시설물 조사의 경우 평균 건당 10분이 소요됨을 확인하였

다. 따라서 금번 연구를 통해 도출된 현장관리 체계는 IoT 교통안전 시설과 기존 교통안전시설의 관리 및 유지보수에 매우 신속하고 효율적으로 관리할 수 있음을 확인하였다.

한편, 실내외 실증 실험 결과를 토대로 본 연구에서 정의한 교통안전시설 현장관리 체계 실증의 향후 개선되어야 할 방향을 다음과 같이 세 가지로 도출하였다.

첫째로는 실내 실증 테스트에서는 정보 송수신에 문제가 발생하지 않았으나, 각 장비 간 시간의 미묘한 차이(1초)가 발생하였으며, 세밀한 결과분석 도출을 위해서는 각 장비별 시간의 정확한 일치가 필요하다.

둘째, 현장관리 장비의 경우 교통안전시설 관리에 편리하나 향후 범용적으로 지자체에서 활용하기 위해서는 주요 시설물 관리를 위한 측위

기능 개선(VRS, RTK, FKP 등)이 필요하다.

셋째, 현장 시설물 관리 요원의 안전을 위하여 기존 시설물 조사의 경우 실제 시설물에 접근하는 방식이 아닌 원거리에서 위치 정보를 취득할 수 있는 기능 보완이 필요하다.

본 연구결과는 향후 자율주행 인프라의 지자체 확산 시 교통안전시설 관리에 유용한 자료로 활용될 것으로 판단된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Baek, J.G. 2020. Self-driving car development status at home and abroad. KDB Future Strategy Research Center Industrial Technology Research Center. 30pp (백장균. 2020. 자율주행차 국내외 개발 현황, KDB 미래전략연구소 산업기술리서치센터, 30쪽).
- Choi, W.S and H.H. Yoo. 2011. Accuracy analysis of cadastral supplementary control points by using virtual reference station-real time kinematic GPS surveying - Focused on Geoje city -. Journal of the Korean Society for Geospatial Information System 19(4):65-70 (최우석, 유훈희. 2011. VRS-RTK GPS측량을 이용한 지적도근점 정확도 분석 - 거제시 사례를 중심으로 -. 한국지형공간정보학회지 21(4):65-70).
- Gwak, I.S., D.H. Nam and J.H. Kwon. 2010. A study on utilization of NTRIP data delivery and virtual RINEX from Seoul metro government Network-RTK system. Journal of Korea Spatial Information Society. 18(5):1-11 (곽인선, 남대현, 권재현. 2011. 서울특별시 네트워크 RTK 시스템의 NTRIP 데이터 전송 및 Virtual RINEX의 활용. 한국공간정보학회지 18(5):1-11).
- Global Tech Korea. 2017. Self-driving cars in Europe technology and policy trends. Global Tech Korea. 26pp (글로벌 테크 코리아. 2017. 유럽의 자율주행자동차 기술 및 정책 동향, 글로벌 테크 코리아, 26쪽).
- Im, I.J and Y.M. Kim. 2020. A study on social perception on the regulatory information service diffusion of traffic facilities. The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems 19(2): 1-17 (임이정, 김영민. 2020. 교통안전시설 정보개방 서비스 확산을 위한 인식 조사 연구. 한국ITS학회논문지 19(2):1-17).
- Joo, Y.E. 2012. Automatic recognition and efficient update of road and traffic facility DB classification system development. Small and Medium Business Administration, pp.5-7 (주영은. 2012. 도로 및 교통 시설물 DB의 효율적 갱신을 위한 자동인식 및 분류 시스템 개발. 중소기업청, 5-7쪽).
- Kotra overseas market news. 2020. First approval for level 3 autonomous driving in Japan. <https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/3/globalBbsDataView.do?setIdx=242&dataIdx=185879>. (Accessed November 01, 2021).
- Kim, S.K. 2012. Establishing a dynamic national geodetic reference frame considering discontinuity of crustal movement. Master's thesis, Sejong University, Seoul, Korea, 160p (김수경. 2012. 불연속성을 고려한 동적 국가측지기준계 결정 연구. 석사학위 논문, 세종대학교, 160쪽).
- Kim, H.J. 2020. Pangyo zero city autonomous driving demonstration complex operation cases and current affairs. Korea Research Institute for Human Settlements. 43pp (김형주, 2020. 판교제로시티 자율주행 실증단지 운영사례와 시사점, 국토연구원 보고서,

- 43쪽).
- Kim, J.T and Y.B. Cho. 2020. Study on walk-friendly traffic signal operation for pedestrian oriented urban highways. *Journal of the Korean society of road engineers* 22(3):103-112 (김진태, 조용빈. 2020. 도시부 도로 보행환경 개선을 위한 보행 중심 교통신호 운영방법 연구. *한국도로학회논문집* 22(3):103-112).
- Kim, Y.K., G.O. Kim, Y.J. Moon and S.B. Jo. 2020. Research on the basic direction of establishing an autonomous driving complex. Korea Transportation Research Institute. 7pp (김영국, 김규욱, 문영준, 조수빈. 2020. 자율주행 집적단지 조성 기본 방향 연구, *한국교통연구원*. 7쪽).
- Lee, S.B. 2013. Accuracy evaluation of the height determined by Network-RTK VRS positioning. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System* 21(4): 55-63 (이석배. 2013. 네트워크 RTK VRS 측량에 의한 표고정확도 평가. *한국지형공간정보학회지* 21(4):55-63).
- Lee, J.O., B.Y. Yun, C.Y. Park and H.W. Choi. 2014. Positioning accuracy analysis according to the change of blockage location and GNSS signal combination. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System* 22(3):39-46 (이재원, 윤부열, 박치영, 최혜원. 2014. GNSS 위성신호조합과 장애물 근접에 따른 위치정확도 분석. *한국지형공간정보학회지* 22(3): 39-46).
- Seol, J.H., W.J. Lee, Y.S. Choi and I.H. Jeong. 2019. A study on the renewal system of domestic high definition maps. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 22(3): 133-145 (설재혁, 이원중, 최윤수, 정인훈. 2019. 우리나라 정밀도로지도의 갱신체계에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 22(3):133-145).
- Speciality Construction News. 2021. Map update required with precision for autonomous vehicles. <http://www.kscnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=21533>. (Accessed November 03, 2021).
- Won, S.Y., J.W. Moon, S.W. Yoon and Y.S. Choi. 2019. The future direction of HD map industry development plan and governance. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 22(3): 120-132 (원상연, 문지영, 윤서연, 최윤수. 2019. 정밀도로지도 산업 발전 방향 및 대응 방안 연구. *한국지리정보학회지* 22(3):120-132).
- Won, S.Y., Y.J. Jeon, H.W. Jeong and C.O. Kwon. 2020. A comparison of Korea standard HD map for actual driving support of autonomous vehicles and analysis of application layers. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 23(3): 1-20 (원상연, 전영재, 정현우, 권찬오. 2020. 자율주행자동차 실주행 지원을 위한 표준 정밀도로지도 비교 및 활용 레이어 분석. *한국지리정보학회지* 23(3):1-20).
- Wübbena, G., A. Bagge and M. Schmitz. 2001. Network based techniques for RTK applications. *Proceedings of the Japan Insitute of Navigation, GPS Symposium*, 14-16 November, Tokyo, pp.53-65. **KAGIS**