



인하대학교
INHA UNIVERSITY



인하대학교

자율항법연구실

Autonomous Navigation Laboratory



GNSS

**Autonomous
Driving Car**



Autonomous Navigation Lab

Est. Jan. 4th, 2016.

Leader



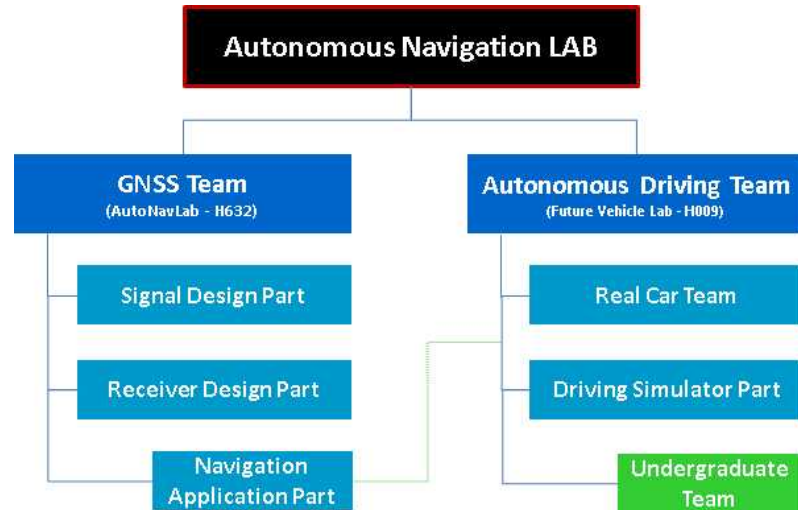
- Jong-Hoon Won (Ph. D.)
- 인하대학교 공과대학 전기공학과 부교수 ('15 - 현재)
- 인하대학교 대학원 미래형자동차 공학과 겸임교수 ('17 - 현재)
- 국방과학연구소 연구개발 지문위원 ('16. ~ '18)
- 독일연방군대학 항공우주공학과 우주기술응용연구소 연구실장 -Tenured ('11 - '15)

About Us

인하대학교 자율항법연구실은 2016년 인하대학교 전기공학과 내 설립되었으며, GNSS 위성항법 및 자율주행자동차 분야의 다양한 연구를 수행하고 있습니다.

▶ Team Members (Nov. 2022)

- Ph. D. students : 5
- Master students : 5
- Ms/Bs Integrated : 1
- Under-graduate : 7



▶ Key Words



▶ History

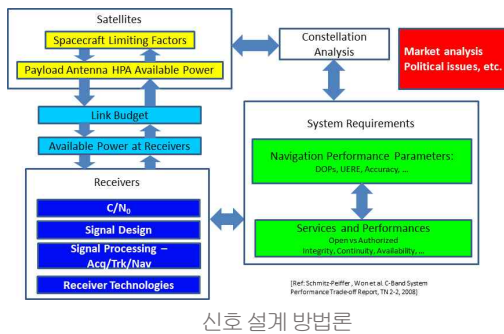


KPS 개발을 위한 신호설계 기술

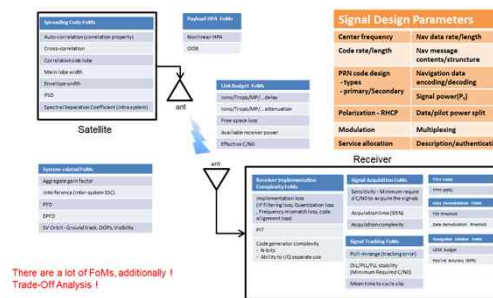
▶ GNSS 신호 설계

GNSS 시스템 개발은 서비스 성능 요구사항(Navigation performance, service performance)에 기반하여 위성궤도를 설계, 분석하고, 위성탑재체(Spacecraft limiting, Payload antenna HPA available power) 위성-수신기 간 채널 분석, 수신기부(C/N_0 , Signal design, Signal processing, Receiver technologies) 등에 대한 설계, 분석을 수행하는 과정입니다.

GNSS 신호설계는 다양한 신호설계 파라미터와 위성탑재체, 채널, 수신기 부에서의 항법신호 성능지수에 대한 trade-off 관계를 바탕으로, 서비스 성능 요구사항을 만족하면서 최적의 성능을 발휘하는 신호 설계 파라미터를 설계하는 과정입니다. 이와 같은 일련의 과정을 체계적으로 수행하기 위해서는 단계별 신호설계 시뮬레이터 툴이 필수적으로 요구됩니다.



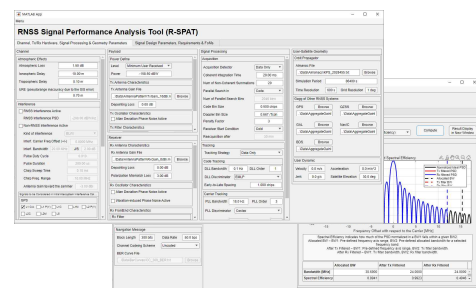
신호 설계 방법론



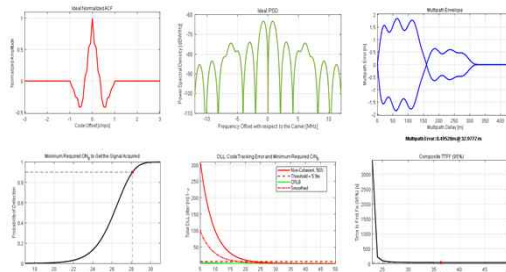
신호설계 파라미터 및 성능지수

▶ 해석적 신호 설계 시뮬레이터 툴

해석적 시뮬레이터는 GNSS 송수신 체인의 각 요소를 파라미터화 하고, 파라미터 및 항법신호 성능지수 간의 관계식을 기반으로 설계 신호의 성능을 분석할 수 있도록 구현된 MATLAB 기반 툴입니다. 사용자는 GUI를 통해 설계하고자 하는 신호의 변조방식, 확산코드, 항법 메시지 및 파형 모델을 설정할 수 있으며 채널, 간섭, 다중 경로 환경을 설정할 수 있습니다. 또한, 다양한 수신기 사양에 대해서도 모델링 할 수 있습니다.



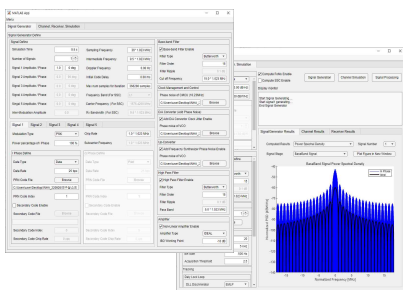
해석적 시뮬레이터 GUI



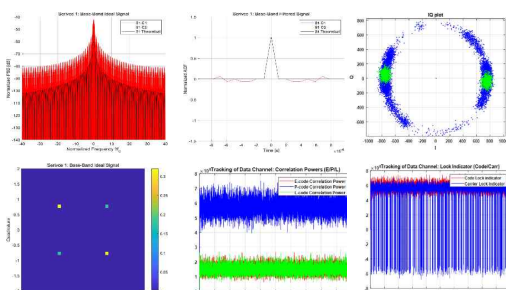
해석적 시뮬레이터 출력 성능지수 예시

▶ 수치적 신호 설계 시뮬레이터 툴

수치적 시뮬레이터는 실제 위성 탑재체의 신호 생성부터 지상 수신기의 신호 처리까지의 신호 송수신 체인 전과정을 수행하는 수치적 end-to-end 시뮬레이터이며, MATLAB 기반 시뮬레이션 툴입니다. 해당 툴의 신호 생성 및 채널 모듈은 실제 GNSS 신호와 유사한 신호를 생성할 수 있도록 소프트웨어 적으로 구현되어 있으며, 수신기 모듈은 실제 GNSS 수신기 모델과 같이 RF front-end, 신호 획득 및 추적으로 구성됩니다.



수치적 시뮬레이터 GUI



수치적 시뮬레이터 출력 성능지수 예시

Features

신호 성능지수

- 신호 설계 시 설계 파라미터와 이를 조정하기 위한 기준
- 신호 관점에서 전체 서비스의 성능을 평가하고 이를 공급자 및 사용자의 요구 사항에 맞게 최적화 하기 위한 분석 도구

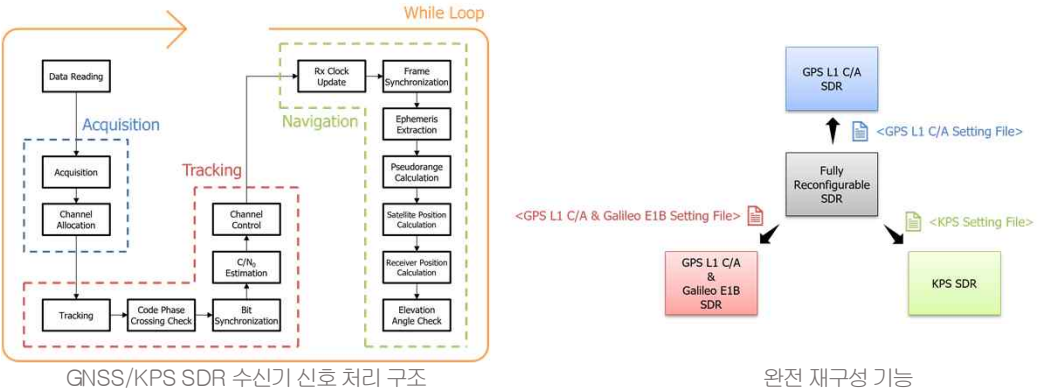
주요 신호 성능지수

- 신호 정보 성능지수 (PSD, ACF)
- 링크 버짓 성능지수 (사용자 수신전력, 유효 C/N_0 , EIRP)
- 신호 전파 성능지수 (전리층 오차, 대류권 오차, 다중경로 오차)
- 항재밍 성능지수 (재밍저항인자, J/S margin)
- 호환성 성능지수 (SSC, PFD, EPFD 등)
- 확산 코드 성능지수 (자기/상호상관 히스토그램, 상관 백분위)
- 신호 획득 성능지수 (최소 요구 C/N_0 , 획득 시간)
- 신호 추적 성능지수 (DLL/PLL/FLL 안정도, 사이클 슬립 평균시간)
- 데이터 복조 성능지수 (BER, FER)
- TTFF
- 시스템 성능지수 (주합 이득 지수, UERE 버짓, 위치 정확도 등)

GNSS/KPS SDR 수신기

▶ 완전 재구성 기능

SDR 수신기는 소프트웨어로 구성되어 있으므로 태생적으로 재구성 기능을 갖습니다. 이때 신호 처리 구조 및 데이터 구조체 등에 대한 적절한 설계를 통하여 이러한 재구성 기능의 극대화가 가능합니다. 완전 재구성 기능을 지원하는 SDR 수신기는 구조적인 변경 없이 사용자 설정의 변경만으로 처리 대상 신호 조합 및 각 신호에 대한 파라미터의 변경이 가능할 뿐 아니라 기존에 없던 새로운 신호를 쉽게 추가할 수 있습니다. 따라서 KPS 관련 연구에 사용하기 적합합니다. SDR 수신기의 특성은 설정 파일의 수정 및 교체에 의하여 결정되며, 이에 따라 하나의 SDR 수신기가 전혀 다르게 동작하게 됩니다.



Features

완전 재구성 기능

- 기존에 존재하지 않던 신호를 쉽게 추가 가능
- 처리 대상 신호 조합의 자유로운 선택
- 신호 성분 파라미터 및 처리 관련 파라미터의 용이한 수정

처리 가능 GNSS

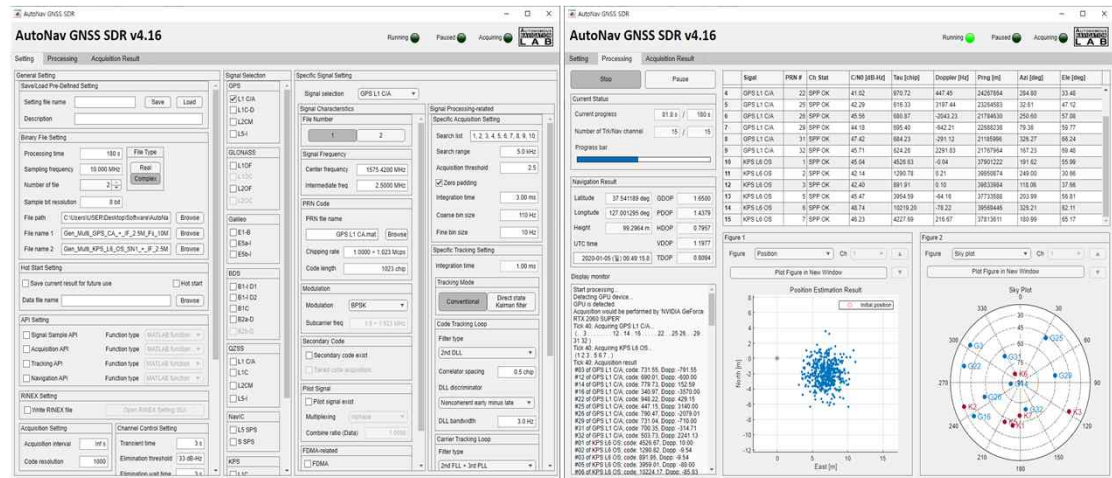
- GPS
- GLONASS
- Galileo
- BDS
- QZSS
- NavIC
- KPS

신호 획득 및 추적 가속

- GPU 기반 신호 획득
- MEX 함수를 이용한 정수 기반 신호 추적 상관기

추가 특징

- API 기능 지원
- RINEX 파일 출력
- Pulse blanking 기반 RFI 대응
- Direct state 신호 추적 칼만 필터



GNSS/KPS SDR 수신기 GUI (GPS L1 C/A와 KPS L6 OS의 다중 GNSS 처리 예)

▶ 처리 가능 신호 목록

대부분의 GNSS 공개 서비스 신호와 모든 종류의 KPS 신호 처리가 가능합니다.

System	Signal	Acquisition	Tracking	Navigation
GPS	L1 C/A	0	0	0
	L1C	0	0	0
	L2C	0	0	0
	L5	0	0	0
		0	0	0
GLONASS	L1OF	0	0	0
	L2OF	0	0	NT*
Galileo	E1	0	0	0
	E5a	0	0	0
	E5b	0	0	0
BDS	B1I	0	0	0
	B1C	0	0	0
	B2a	0	0	0
QZSS	L1 C/A	0	0	0
	L1C	0	0	0
	L2C	0	0	0
	L5	0	0	0
		0	0	0
NavIC	L5 SPS	0	0	0
KPS	any	any	any	any

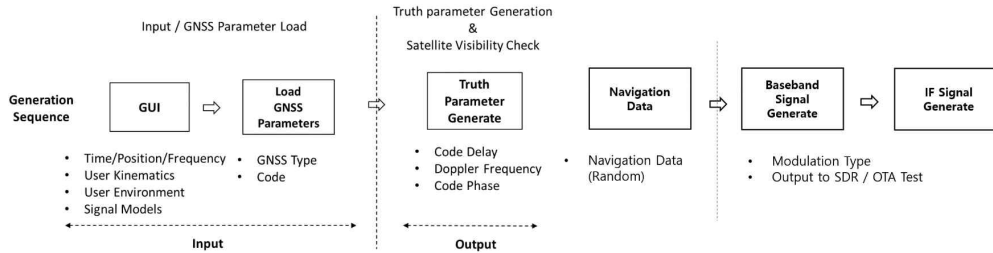
*NT: Implemented, but not tested enough

GNSS/KPS 신호 생성기

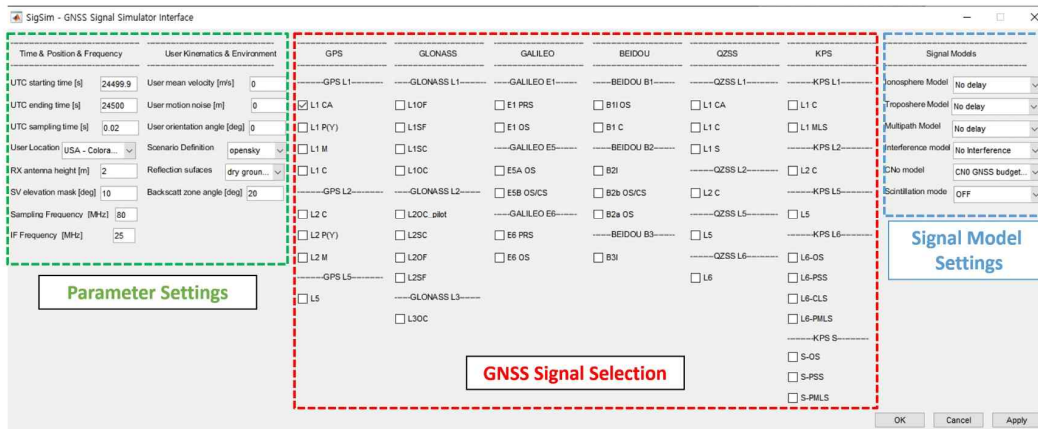
▶ 신호 생성기

소프트웨어 기반의 신호 생성기는 기존의 존재하는 GNSS 신호를 다양한 사용자 조건 및 신호 특성을 조정하여 생성할 수 있도록 설계되었습니다. 이는 기존 신호들 및 추후 선정될 KPS 신호 후보군들에 대해서도 몇 가지 파라미터 값의 조정을 통한 신호 생성이 가능한 유연성과 확장성을 가집니다.

사용자는 GUI 상에서 user의 위치와 Time/Kinematic situation 및 multipath, 안테나에 관련 파라미터 등을 입력 받아 사전에 설정된 system constant와 almanac 정보들을 이용하여 이에 해당하는 Time-varying parameter(code delay, carrier phase, Doppler, C/N_0)등을 생성하게 됩니다. 이후, 선택한 신호에 맞는 navigation data를 만들어준 뒤, 생성된 Time-varying parameter를 이용, 적절한 modulation 기법을 통해 Baseband 신호와 IF 신호를 생성하게 됩니다.



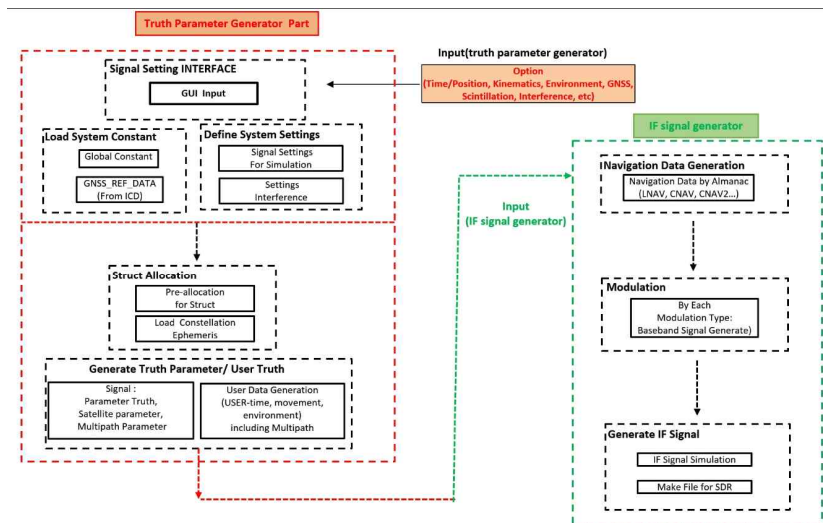
GNSS/KPS 신호 생성기 개념도



GNSS/KPS 신호 생성기 GUI

▶ 완전 재구성 기능

GNSS 신호 생성기는 소프트웨어 기반의 Multi-Constellation/Frequency 를 지원하도록 설계하였으며, KPS 후보 신호군들에 대한 확장성을 지원합니다. 특히, 신호 별 파라미터 및 유저 환경 설정의 간단한 변경만으로도 이에 해당하는 신호를 생성하는 형태로 구성이 가능한 reconfigurability 특성을 포함, 커스텀 가능한 신호도 생성이 가능하도록 구현되었습니다.



GNSS/KPS 신호 생성기 구조

Features

GNSS 신호 생성

- GPS
- GLONASS
- Galileo
- QZSS
- KPS

변경 가능한 파라미터

- 주파수 대역, Sampling 주파수, Intermediate Frequency
- Chipping rate, PRN, 복조 방법, secondary 코드 등 PRN 코드 관련 설정
- Navigation Data 종류 및 Data rate
- 유저 위치 및 환경, 안테나 관련 설정, 신호 지연 모델 등

Features

신호 생성기 구조

- 제어 PC
- Processing System (PS)
- Programmable Logic (PL)
- RF front-end

하드웨어 구성

- ADRV9361-Z7035: 주된 연산 수행
- ADRV1CRR-FMC: I/O 등 인터페이스 확장

하드웨어 사양

- RF band: 70 MHz ~ 6 GHz
- Channel BW: <200 kHz ~ 56 MHz
- Processor: Dual ARM® Cortex™-A9 MPCore™ running at 800 MHz
- Programmable logic: 275K Kintex-7 logic cells with 900 DSP48 slices

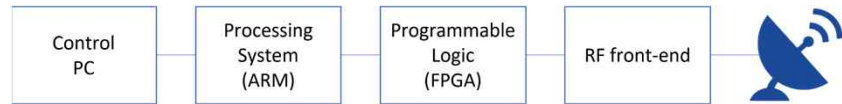
추후 계획

- 항법 메시지 변조 기능 추가
- 다중 GNSS 확장
- 다중 주파수 확장
- KPS 확장

FPGA 기반 실시간 GNSS 신호 생성기 (On-going)

▶ FPGA 기반 실시간 GNSS 신호 생성기

GNSS 신호는 수 MHz ~ 수십 MHz의 대역폭을 가지므로 이를 디지털 영역에서 왜곡없이 생성하기 위해서는 일반적으로 수십 MHz의 샘플링 주파수를 필요로 합니다. CPU와 같은 General Purpose Processor (GPP)에서 이러한 신호를 생성하는 것은 연산적으로 굉장히 부담이 되고, 따라서 신호의 실시간 생성이 불가능합니다. 반면에 Field Programmable Gate Array (FPGA)는 논리 영역에서 자원을 사용하여 높은 수준의 병렬 연산을 가능하게 하고, 이를 활용하여 GNSS 신호를 실시간으로 생성 가능합니다. 인하대학교 자율항법연구실에서는 이러한 GPP와 FPGA의 장점을 모두 활용하기 위하여 Zynq 보드를 기반으로 한 실시간 GNSS 신호 생성기를 개발 중입니다. Zynq 보드는 GPP와 FPGA를 모두 포함하고 있어서 비교적 복잡하지만 연산량이 많지 않은 위성 위치 계산, 신호 성분 차 값 계산 등의 연산을 GPP에 해당하는 ARM 프로세서에서 수행하고, 비교적 단순하지만 연산량이 많은 샘플 단위의 GNSS Intermediate Frequency (IF) 신호 생성을 FPGA에서 수행할 수 있습니다.



FPGA 기반 실시간 GNSS 신호 생성기 구조



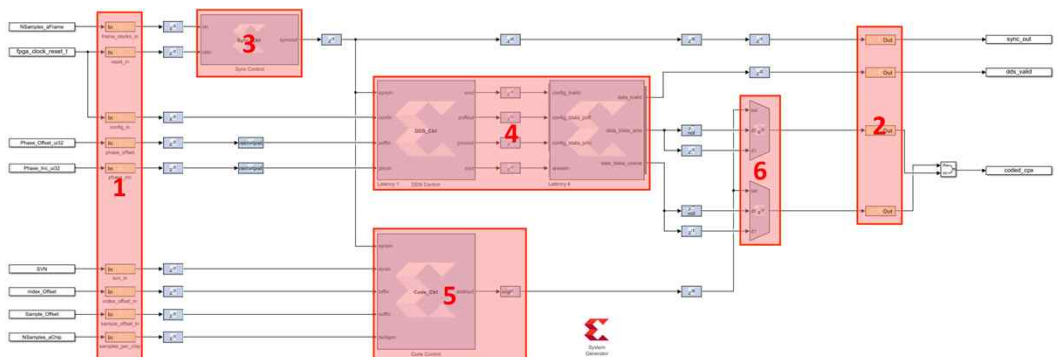
FPGA 기반 실시간 GNSS 신호 생성기 하드웨어 구성

▶ IF 신호 생성기 구조

FPGA에서 동작할 IF 신호 생성기 로직은 Xilinx의 Model Composer를 이용하여 Simulink에서 구현 및 검증 과정을 거쳐 개발된 후 Vivado 및 Vitis를 이용하여 보드에서 동작할 수 있는 bitstream으로 변환됩니다.

아래 그림은 GPS L1 C/A 1채널에 해당하는 IF 신호 생성기 구조입니다. 그림의 1번 블록은 FPGA의 입력 포트들에 해당하며 FPGA 내부의 동기 신호와 확산 코드 및 반송파 파형을 생성하기 위한 파라미터가 입력됩니다. 2번 블록은 FPGA의 출력 포트, 생성된 IF 신호 및 신호 상태 정보 등이 출력됩니다. 3번 블록은 FPGA 내부에서 사용하는 동기 신호를 생성합니다. 4번 블록은 Direct Digital Synthesizer (DDS) 방식으로 중간 주파수와 도플러 주파수를 반영하여 IF 반송파 파형을 생성합니다. 5번 블록은 확산 코드 생성기로, 미리 생성하여 저장된 확산 코드 테이블을 이용하여 확산 코드를 생성하며, 의사거리 모사를 위한 확산 코드의 지연이 가능합니다. 6번 블록은 최종적으로 생성된 반송파 파형과 확산 코드를 결합하는 MUX입니다.

이와 동일하거나 유사한 구조를 다중 채널/GNSS/주파수에 대하여 확장할 계획이며, 현재 4채널 GPS L1 C/A의 실시간 생성이 가능합니다.



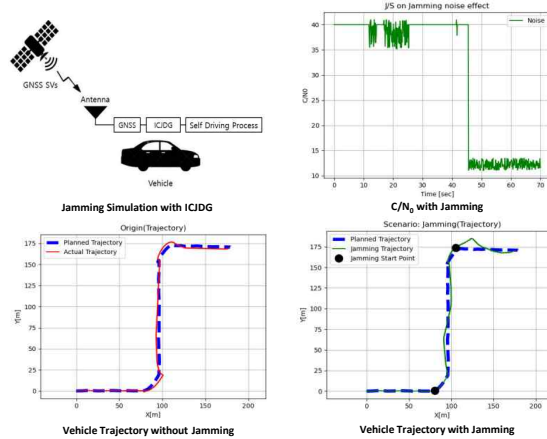
GPS L1 C/A 1채널 IF 신호 생성기 구조

GNSS 재밍 시뮬레이션 및 감시 기술

▶ 재밍 발생 시뮬레이션 기술

GNSS 기술은 전 지구적 범위에서 사용자의 위치, 속도, 방향, 시간 정보 획득을 가능하게 하며, 자율 주행 차량, 무인기, 드론 기술 등에 핵심 구성요소로 사용되고 있습니다. 그러나, 고도 20,000 km 이상의 상공에 위치한 위성에서 송출되는 GNSS 신호는 지상에서 약한 신호 세기를 가집니다. 이러한 특징은 재밍 및 스푸핑에 대해 GNSS 센서가 취약점을 갖도록 합니다. 재밍은 수신기 front-end에서의 포화현상을 야기하여 GNSS 신호를 차단하며, 스푸핑은 실제 GNSS 신호를 모사하여 측위 결과를 조작합니다. 따라서 이에 대응하기 위해 재밍 및 스푸핑에 대응하기 위한 기술에 대해 다양한 관점에서의 연구가 진행되고 있습니다.

그러나, 재밍 및 스푸핑 신호는 실험용 GNSS 수신기 외에도 근처에 위치한 수신기에 영향을 미치므로, 재밍 및 스푸핑을 포함하는 HILS 환경을 구축하는데 제약이 있습니다. 이를 극복하기 위해 인하대학교 자율항법연구실에서는 재밍 및 스푸핑 신호가 GNSS 측위 결과에 미치는 영향을 반영하는 In-Car Jamming Data Generator (ICJDG)를 개발하였습니다. ICJDG는 사용자 정의 재밍 및 스푸핑 시나리오에 따른 측위 오차를 생성하며, 이를 이용하여 자율주행 기술 개발 시, 재밍 및 스푸핑에 의한 영향을 평가할 수 있습니다.

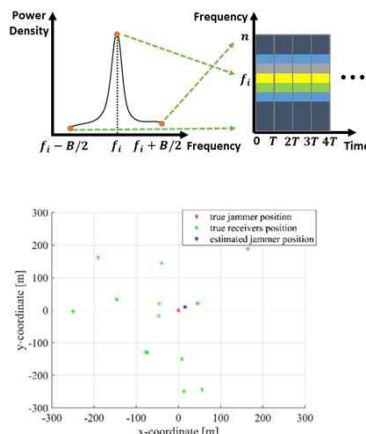
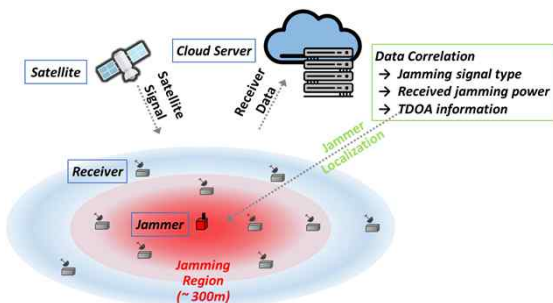


재밍 발생 시뮬레이션 환경 및 결과

▶ 클라우드 데이터 처리방식 GNSS 재밍 감시 기술

재밍은 비의도적 재밍과 의도적 재밍으로 나뉘며, 비의도적 재밍의 대표적인 예로는 공항 주변 항공기의 이착륙을 보조하는 DME/TACAN이 있습니다. 이러한 강력한 신호 전력을 가지는 의도적/비의도적 재밍은 AOA 및 삼각측량법을 이용하여 적은 수의 감시 장비만으로 재밍원 위치추정이 가능합니다. 그러나 2009년 미국 Newark 공항에서 발생한 휴대용 GPS 재머로 인한 전파 교란과 같이, 저전력 재밍원에 의한 재밍 환경을 감시하기 위해서는 감시 네트워크 구축에 상대적으로 많은 감시 장비가 요구되며, 이로 인해 높은 구축 비용이 요구됩니다.

따라서 인하대학교 자율항법연구실에서는 효율적인 미약신호 재밍원 감시를 위한 클라우드 데이터 처리방식 GNSS 재밍 감시 기술을 연구하고 있습니다. 이 감시 기술은 클라우드 서버와 감시 영역 내의 다수의 GNSS 수신기로 구성됩니다. 클라우드 서버는 감시 영역 내의 GNSS 수신기로 부터 수신된 IF 데이터를 취합하여 2-D 상관을 통해 시간-주파수 영역에서의 재밍 신호를 감시합니다. 재밍 신호가 감지되는 경우, 시간-주파수 특성을 기반으로 재밍 신호의 종류를 판별하고, 신호의 세기에 대한 정보를 취득하여 TDOA기법을 이용하여 재머의 위치를 추정합니다.



클라우드 데이터 처리방식 GNSS 재밍 감시 기술 개념도 및 시뮬레이션 결과

Features

In-Car Jamming Data Generator (ICJDG)

- 다양한 전파간섭 시나리오 반영 가능 (재밍, 스푸핑, 미코닝)
- 전파간섭을 고려한 자율주행 알고리즘 검증

GNSS 재밍 감시 도구

- 사용자 정의 가능한 재밍 시나리오
- 2-D 이미지(spectrogram)를 이용한 재밍 신호 검출
- STFT 수행 시, 시나리오에 따른 window 유형, window 길이 등 가변 가능
- 실측 레코딩 신호를 이용한 후처리 방식 재밍 환경 분석 가능

우주환경에서 GNSS 활용 기술

▶ SSV(Space Service Volume)

심 우주 탐사선의 임무 수행과 인공위성의 궤도 결정(Orbit Determination)에서 고속으로 이동하는 탐사선과 인공위성의 정확한 위치 및 속도 추정은 그 운용에서 주요한 역할을 합니다. 우주 환경은 중계도에 위치한 GNSS보다 낮은 고도인 저궤도(LEO)를 제외하고는 지구 반대편에서 GNSS 신호를 수신해야 하므로, 신호 수신 측면에서 상당한 차이가 존재합니다. 지구에 의해 GNSS 신호가 가려지는 음영 구역이 발생 하기도 하며, 거리가 멀어짐에 따라, 신호 전력 세기가 미약해집니다. 이 때문에, 우주 환경 GNSS 수신기의 개발 이전에, 해당 임무에서 GNSS 신호 수신 환경을 면밀히 분석하고, 수신기 파라미터를 재설계할 필요가 있습니다. 인하대학교 자율 항법 연구실은, SSV의 GNSS 신호 수신 환경을 분석하고 수신기 파라미터를 설계할 수 있는 역량을 갖추고 있습니다.

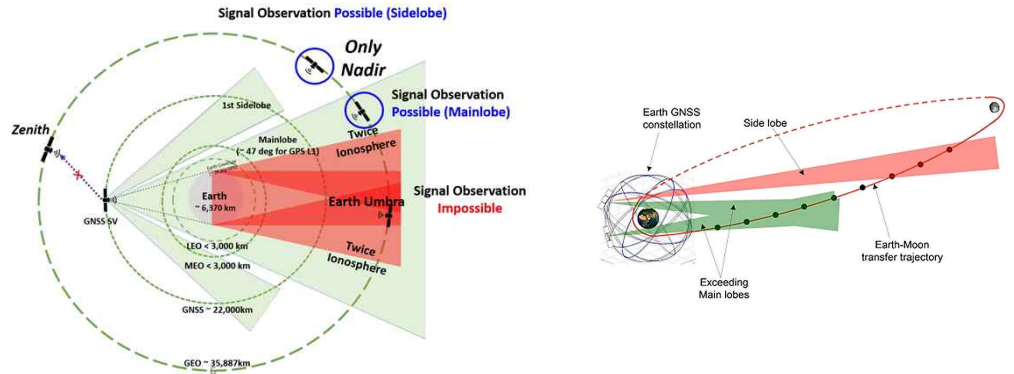
Features

GNSS 신호 수신환경 시뮬레이터

- GEO, 달 탐사 궤도 등 다양한 GNSS SSV 신호 수신환경 시뮬레이션
- 위성 가시성, GDOP, 수신 신호 전력, 항법 해 오차 등 수신환경 분석 기능
- 수신기 시뮬레이션을 위한 신호 파라미터(Code delay, Doppler, carrier phase 등) 생성

GNSS 수신기 시뮬레이터

- 신호 획득부 설계 및 시험 (IF-level)
- 신호 추적부 설계 및 시험 (Semi-analytic, IF-level)
- 항법 부 설계 시험 (LSE, KF)

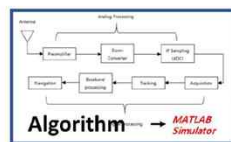


SSV에서의 GNSS 신호 수신 환경

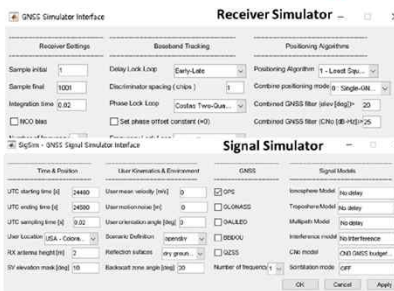
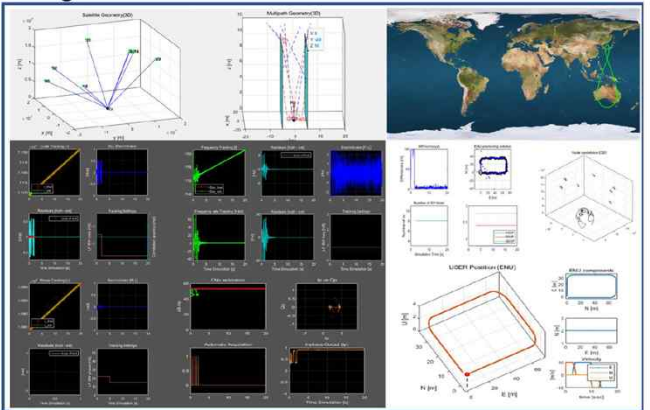
▶ SSV GNSS 신호 수신환경/수신기 시뮬레이터

SSV의 다양한 GNSS 신호 수신환경을 모사하고, 해당 환경에서 최적의 수신기 파라미터를 설계할 수 있는 GNSS 신호 수신환경/수신기 시뮬레이터입니다. 신호 수신환경 시뮬레이터로 임무 시나리오 별 수신 환경을 시뮬레이션 하고, 열악한 SSV의 신호 수신환경에서 신호를 획득 및 추적하는 수신기 파라미터를 설계 하고 설계한 파라미터를 적용했을 때, 수신기 성능을 확인할 수 있습니다.

GNSS Receiver Processing

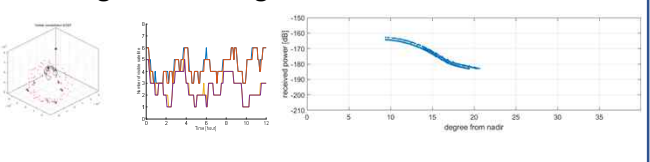


Navigation Results



Calculate FOMs
(Visibility, GDOP...)

GNSS Signal Receiving Environment



SSV GNSS 신호 수신 환경 / 수신기 시뮬레이터

GNSS 위성신호 오류 모니터링(SQM) 및 모델링 기술

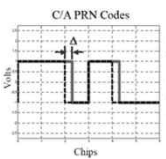
▶ GNSS 신호 오류 모니터링 및 모델링

GNSS 기반 위치 서비스는 지상의 휴대전화 및 차량과 공중의 항공 분야 등에서 사용되며, 그 중요도가 증가하고 있습니다. 정밀 측위 기반 위치 정보 서비스의 정확도는 많은 연구로 인하여 성능이 향상되었지만 이외에도 측정된 정보에 대한 신뢰성을 검증하고 오류원에 대한 감시는 위치 기반 서비스를 사용하는데 있어 매우 중요합니다. 따라서 GNSS 위성신호의 오류인 Evil WaveForm (EWF), Multipath (MP), Radio Frequency Interference (RFI)를 모니터링 및 모델링할 수 있는 기술 및 시스템이 필요합니다.

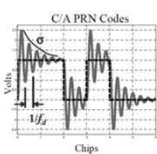
▶ 신호 품질 모니터링(Signal Quality Monitoring, SQM)

신호 품질 모니터링 시스템은 EWF의 모니터링 및 검출을 수행합니다. EWF는 GNSS 위성 탑재체 송신단의 결함에 의하여 발생하며 크게 3종류로 구분됩니다. Threat Model (TM)-A와 TM-B는 각각 위성 탑재체 송신단의 디지털 및 아날로그 부의 결함에 의하여 발생하며 TM-C는 두 결함 요소가 결합한 경우에 해당합니다. EWF는 multi correlator 기술을 이용하여 모니터링합니다.

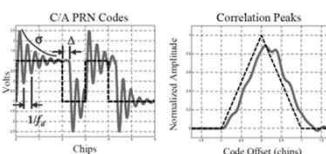
TM A (digital failure)



TM B (analog failure)



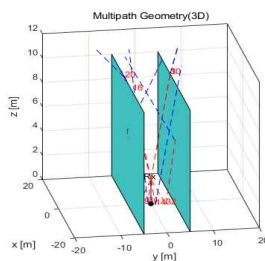
TM C (combination)



Evil WaveForm (EWF)

▶ 다중경로 오차 모니터링(MPM)

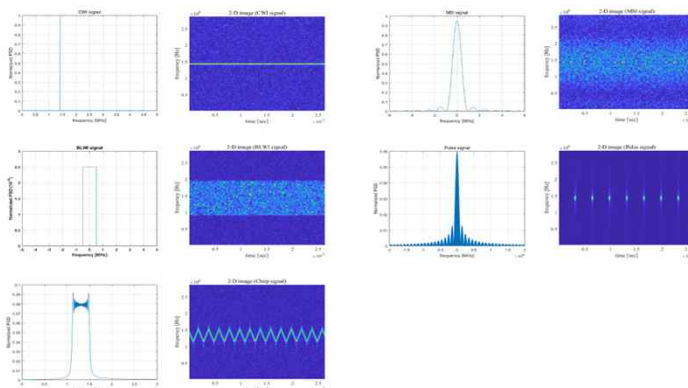
다중경로 오차 모니터링 시스템은 MP의 모니터링 및 검출을 수행합니다. MP는 GNSS 신호가 수신기 주변 장애물에 반사되어 발생하며 전방 및 후방 산란효과가 존재합니다. MP에 의하여 수신기가 계산하는 의사거리에 오류가 발생하게 됩니다. MP는 code minus carrier 및 수신 신호 세기 값을 이용하여 검출합니다.



Multipath (MP)

▶ 전파간섭 모니터링(RFIM)

전파간섭 모니터링 시스템은 RFI의 모니터링 및 검출을 수행합니다. RFI는 크게 5종류로 구분되는데, 이는 Continuous Wave Interference (CWI), Matched Spectrum Interference (MSI), Band Limited White Interference (BLWI), pulsed interference, chirp interference에 해당합니다. RFI는 effective C/N₀를 이용하여 검출합니다.



Radio Frequency Interference (RFI)

Features

GNSS 위성신호 오류

- Evil WaveForm (EWF)
- Multipath (MP)
- Radio Frequency Interference (RFI)

EWF 모델링

- TM-A, TM-B, TM-C 모델링
- I/Q 상관기 출력에 오류 적용
- Delta chips, damping factor, damping frequency, EWF mode 등 설정

MP 모델링

- LMS 모델 혹은 geometry 모델 기반으로 MP 모델링
- 의사거리 및 C/N₀에 오류 반영
- Antenna height, LMS mode, obstacle type, reflection surface, backscattering zone angle, MP scenario 등 설정

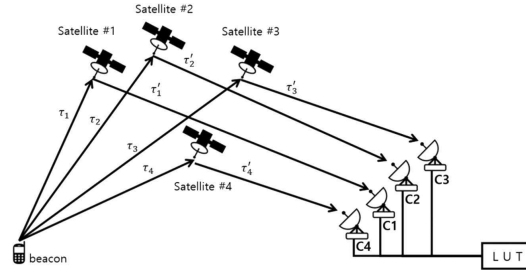
RFI 모델링

- 5종류 RFI 모델링
- 의사거리 및 C/N₀에 오류 반영
- Jamming mode, jamming bandwidth, J/S, 각 RFI에 특정한 파라미터 등 설정

COSPAS-SARSAT용 위치 추정 기술

▶ COSPAS-SARSAT

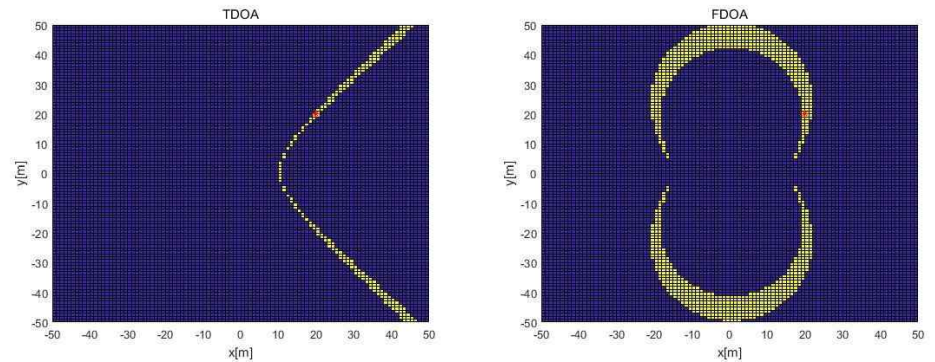
COSPAS-SARSAT은 위급 상황에 있는 사람이나 항공기, 선박 등이 406 MHz 비콘을 활성화하여 국가 및 기관에 수색 및 구조 신호를 보내는 것을 목적으로 하는 재난구조 통신 지원 프로그램입니다. 비콘이 방사한 신호는 여러 위성을 통하여 중개되어 LUT에서 수신됩니다. 일반적으로는 비콘이 신호를 방사할 때 메시지에 자신의 위치 정보를 포함하여 전송하지만, 비콘에 탑재된 GNSS 수신기의 결함 등 다양한 원인으로 인하여 비콘의 위치를 알 수 없을 수 있습니다. LUT에서는 이러한 상황에서도 수신한 신호를 이용하여 비콘의 위치를 추정할 수 있어야 합니다.



COSPAS-SARSAT 시스템 구조

▶ 비콘 위치 추정 기법

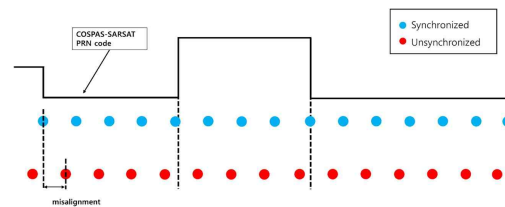
비콘에서 방사한 신호는 서로 다른 기하학적 배치를 가진 위성들을 통하여 전달되므로 각각 다른 코드 지연 및 도플러 주파수를 가지며 수신됩니다. LUT에서는 이러한 코드 지연 및 도플러 주파수들을 차분한 TDOA와 FDOA를 측정치로 사용하여 비콘의 위치를 추정합니다.



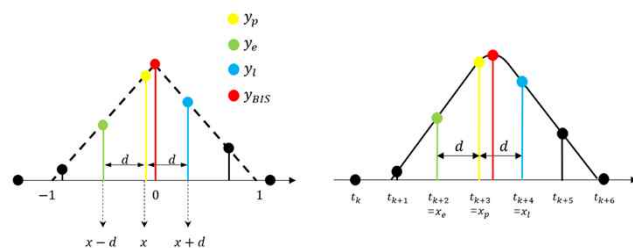
TDOA와 FDOA 기반 위치 추정

▶ 위치 추정 성능 향상 알고리즘

LUT에서 낮은 샘플링 주파수를 사용할 경우 두 신호의 코드 사이에 발생하는 정렬 오류가 커지게 되며, 이에 따라 최종 위치 추정 성능이 낮아지게 됩니다. 따라서 정렬 오류가 존재하는 상관기 출력에 대하여 상관기 중심 참값을 계산하는 Block Interpolation-based Synchronization (BIS) 알고리즘이 제안되었습니다. BIS 알고리즘을 이용하여 LUT는 낮은 샘플링 주파수에서도 높은 위치 추정 성능을 가집니다.



샘플링에 의한 정렬 오류



BIS 알고리즘을 이용한 정렬 오류 해소

Features

COSPAS-SARSAT

- 재난구조 통신 지원 프로그램
- 비콘이 방사한 신호가 여러 위성을 통하여 중개되어 LUT에서 수신
- LUT에서 사전 정보 없이 비콘의 위치 추정 가능

시뮬레이터

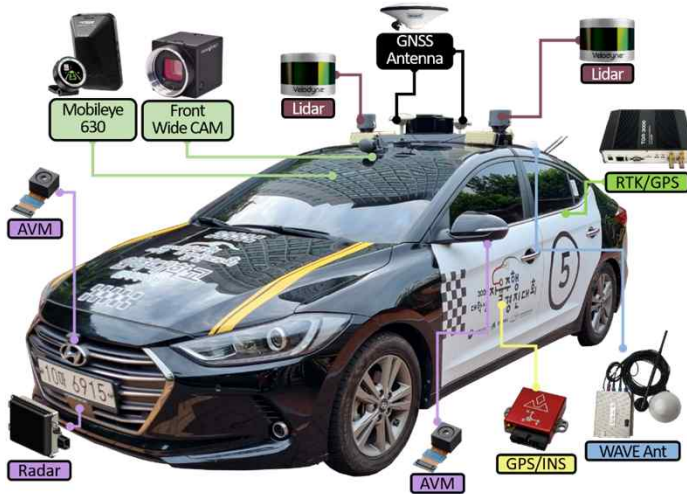
- COSPAS-SARSAT 2세대 비콘 방사 신호 생성
- COSPAS-SARSAT을 지원하는 GNSS 위성 궤도 정보를 이용하여 신호 성분 계산 및 적용
- 생성된 신호들을 이용하여 TDOA 및 FDOA 계산 및 NLSE 기반 비콘 위치 추정
- 자유로운 비콘 및 LUT 위치 지정
- 시뮬레이션 과정에서 GPS, GLONASS, Galileo, KPS 사용 가능
- TDOA 및 FDOA 생성 과정에서 brute force, FFT-IFFT, coarse-fine, BIS, MLE 알고리즘 사용 가능
- 신호의 C/N0, 샘플링 주파수, 적산 시간 등 설정
- 신호 처리 과정에서 측정된 BER 및 최종 위치 추정 결과 출력

실차 기반 자율주행 기술 및 서비스 연구

▶ 실차 기반 자율주행 기술

자율주행 기술은 차량에 장착된 GPS, IMU, 카메라, 라이다, 레이더, 초음파, V2X 등의 센서로 주변 환경과 차량의 상태를 인식하는 인지 분야, 센서로부터 받아들이는 정보를 바탕으로 정보를 처리하고 분석하여 차량의 움직임을 결정하는 판단 분야, 판단한 내용을 바탕으로 제어 명령을 내리고 내려진 명령을 기준으로 차량의 속도와 방향을 조절하는 제어분야로 구분됩니다.

인하대학교 자율항법연구실에서는 실제 자율주행 차량과 실제 자율주행 차량용 센서들을 이용하여 자율주행 기술을 개발하고 있습니다. 인지 분야에서는, 전방 카메라 1대와 라이다 2대, 모빌아이 카메라 1대를 이용하여 딥러닝 기반 알고리즘을 통해 주변 환경을 인식하고 있습니다. 또한, GPS/INS 통합 항법 알고리즘과 V2X 서비스를 이용한 측위 알고리즘을 개발하고 있습니다. 판단 및 제어 분야에서는 자동 차선 변경, 전방 충돌방지, 차간 거리 유지 등의 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 기능을 구현하였습니다.

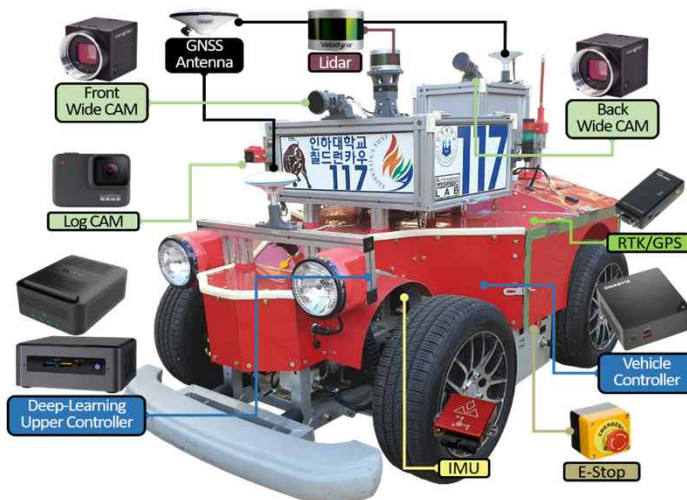


자율주행 실험 차량

▶ 무인 자율주행 플랫폼 기반 자율주행 배달 서비스 기술

자율주행 기술은 미래 시장을 주도할 주요 비즈니스 모델이자 핵심 기술입니다. 특히, 자율주행 기술을 이용한 배달 및 물류 비즈니스 모델은 주목받고 있는 미래 서비스 시장입니다. 이러한 자율주행 기반 서비스를 구현하기 위해서는 선행적으로 서비스에 필요한 대응 요소를 파악하고 안전에 대한 신뢰성을 확보해야 합니다.

인하대학교 자율항법연구실에서는 전기차 기반의 무인 로봇을 통해 자율주행을 이용한 배달 서비스를 연구하고 있습니다. 배달 서비스 완료를 위해 현재 위치에 따라 실시간으로 상황을 판단하고, 목적지까지 배달 중 주행 경로에 장애물이 발견될 경우, 이를 회피하고 정해진 목적지까지의 새로운 경로를 생성하는 알고리즘을 개발하였습니다. 이처럼 다양한 상황에 대응하면서 신뢰도가 높은 자율주행 기반 배달 서비스 기술에 대한 연구를 진행하고 있습니다.



전기차 기반 무인 자율주행 실험 로봇

Features

자율주행 기술

- 딥러닝 기반 신호등 인지
- 딥러닝 기반 주변 차량 인지
- 전방 차량 인지 및 거리 인식
- RTK 서비스 기반 정밀 측위
- GPS/INS를 이용한 교차 검증 및 안정성 확보
- V2X 서비스 기반 자차 측위

자율주행 기반 서비스 기술

- 서비스 제공을 위한 서비스 플랫폼 알고리즘 개발(서비스 수행, 배달)
- 전기차 기반 무인 자율주행 로봇 (ERP-42)
- 딥러닝 기반 환경변수 인지
- RTK 서비스 기반 정밀 측위
- 안정성 확보를 위한 긴급 제동장치 설치
- 관성항법장치를 이용한 정밀 차량 제어

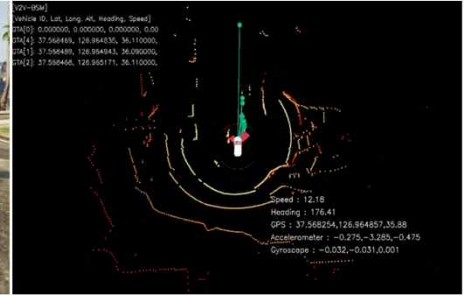
자율주행 드라이빙 시뮬레이터

▶ 상용 게임엔진 기반 자율주행 드라이빙 시뮬레이터

인하대학교 자율항법연구실에서 개발한 자율주행 드라이빙 시뮬레이터는 RAGE 물리엔진을 기반으로 제작된 상용 게임을 바탕으로 개발한 시뮬레이터이며, 높은 자유도에서 자율주행 시스템에 필요한 인지/판단/제어 알고리즘을 실험/평가할 수 있는 환경이 구성되어 있습니다. 실제 자율주행차량에 장착된 GPS, IMU, 카메라, 라이다, 레이더, 초음파 센서가 모델링 되어있으며, V2X 통신 환경이 구현되어 있어 C-ITS 서비스에 관한 연구가 가능합니다. 또한, 이를 바탕으로 자율주행차량에 필요한 데이터셋 구축 및 딥러닝 네트워크 설계가 가능합니다.



상용 게임엔진 기반 자율주행 드라이빙 시뮬레이터



모델링한 라이다 센서의 GUI

Features

상용 게임 엔진 기반 자율주행 드라이빙 시뮬레이터

- 높은 자유도에서의 자율주행 시스템 실험 환경 구현
- 자율주행차량용 센서 모델링 및 V2X 통신환경 구현
- 판단 및 제어 알고리즘 기능 설계
- 자율주행용 딥러닝 네트워크 설계
- 차량 이외의 다양한 모빌리티 활용 가능

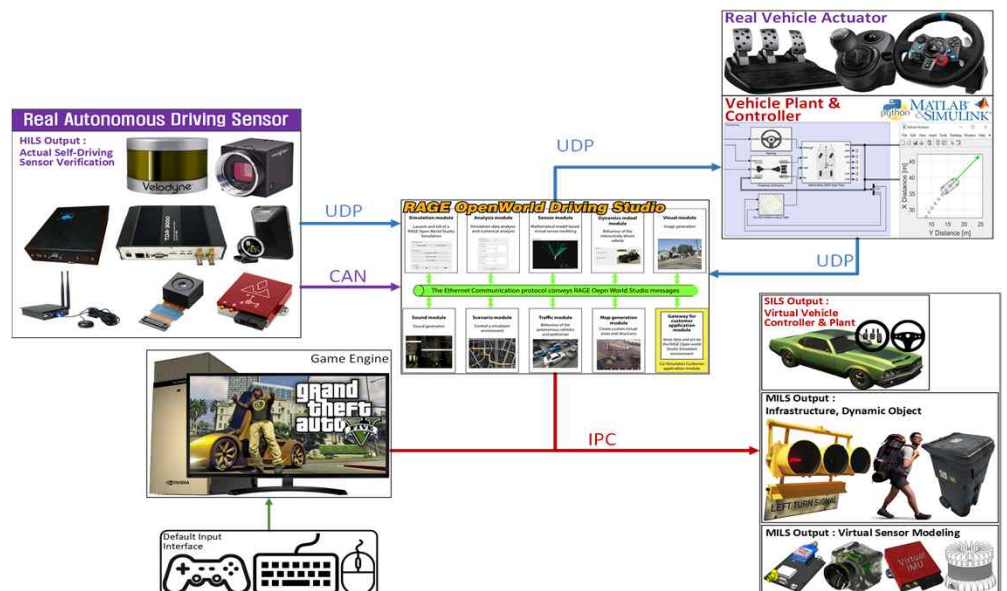
▶ 자율주행 드라이빙 시뮬레이터 기반 SILS/VILS/HILS

현재 상용화된 다수의 자율주행 드라이빙 시뮬레이터는 실제 자율주행 시스템 연구를 위해 사용되지만, 현실과의 차이가 존재합니다. 인하대학교 자율항법연구실에서는 두 환경의 차이를 줄이기 위해 자율주행 드라이빙 시뮬레이터를 기반으로 SILS(Software-in-the-Loop Simulation)/HILS(Hardware-in-the-Loop Simulation)/VILS(Vehicle-in-the-Loop Simulation)을 구현했습니다.

SILS는 자율주행 드라이빙 시뮬레이터 단계에서 소프트웨어의 성능을 평가하는 시스템이며, HILS는 자율주행차량에 장착된 실제 하드웨어를 자율주행 드라이빙 시뮬레이터에 접목하여 성능을 평가하는 시스템입니다. VILS는 자율주행 차량을 직접 자율주행 드라이빙 시뮬레이터와 연결하여 성능을 평가하는 시스템입니다. 인하대학교 자율항법연구실에서는 GNSS Signal Generator를 이용하여 GNSS HILS 시스템을 구성하였고, 소형 전기차와 자율주행 드라이빙 시뮬레이터를 연결하여 VILS 시스템을 구축하여 가상환경과 실제환경 사이의 차이를 줄이기 위한 연구를 수행하고 있습니다.

SILS/HILS/VILS

- 차량 Actuator 제어
- GNSS HILS 시스템 구현 (GNSS Signal Generator, U-Blox Module & RTK)
- 소형 전기차를 이용한 VILS 시스템 구현

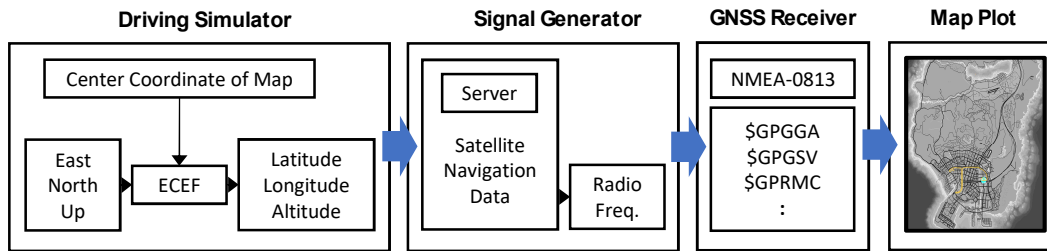


SILS/HILS/VILS 시스템 구성도

드라이빙 시뮬레이터 기반 GPS-HILS

▶ GPS-HILS

있습니다. 따라서 좀 더 사실적인 시뮬레이션 환경을 구현하기 위해서 실제 하드웨어를 시뮬레이션에 연동하는 HILS(Hardware-in-the-Loop Simulation)를 고려할 수 있습니다. 그 중에서 GPS 신호 수신에 대한 GPS-HILS를 시뮬레이터에 신호 생성기와 수신기를 연동하여 구현하였습니다. 시뮬레이터가 갖는 고유 좌표계의 GPS 신호를 좌표계 변환을 수행하여 실제 신호의 형태로 변환한 후에 GPS 신호를 송출합니다. 송출된 신호를 수신기로 받아서 지도에 위치를 나타내어 GPS 시스템의 동작을 확인할 수 있습니다. 시뮬레이션 밖에서 신호를 생성하고 수신하는 과정을 추가하여 실제 GPS 신호와 같은 데이터 생성이 가능하며 재밍 혹은 스푸핑 등의 시나리오를 구성할 수 있습니다.

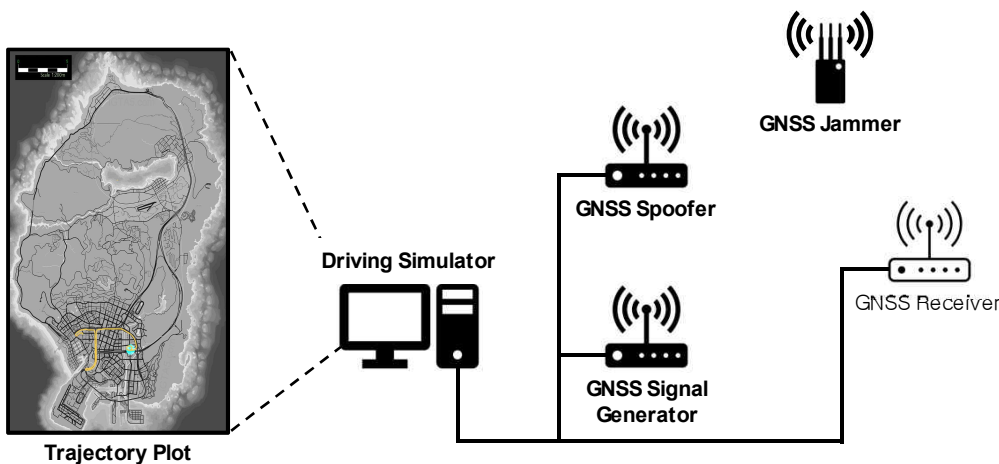


GPS-HILS 환경 구성 다이어그램

▶ GPS-HILS를 활용한 전파 간섭 시나리오 구성

위성항법에 크게 의존하는 자율주행 차량은 GPS 신호에 대한 공격에 취약합니다. 그러한 공격에는 GPS 신호의 수신을 교란하는 높은 세기의 잡음 신호를 방사하는 재밍, 실제 GPS 신호와 다른 위치 정보를 갖는 신호를 생성하여 교란하는 스푸핑이 있습니다. 드라이빙 시뮬레이터 상에서 그러한 시나리오를 실험하기 위해서 GPS-HILS를 사용하였습니다.

시뮬레이터의 자율주행 차량이 갖는 GT(Ground Truth)를 바탕으로 GPS 정보를 신호 생성기를 통해 송출함과 동시에 스푸핑 알고리즘에 의해 변조된 기만 신호를 추가적인 신호 생성기를 통해 송출할 수 있습니다. 이를 통해 신호 수신기에 실제 신호와 기만 신호가 동시에 가해지는 상황을 구현하여 스푸핑 시나리오를 구성하고 스푸핑에 대한 연구를 수행할 수 있는 환경을 구성하였습니다. 또한 재머를 사용하여 생성한 GPS 신호가 차단되는 재밍 시나리오 또한 구성할 수 있습니다.



드라이빙 시뮬레이터 기반 GPS-HILS 구성도

Features

GPS-HILS

- HILS를 통한 사실적인 GPS 신호 환경 구성
- 재밍 및 스푸핑에 대한 연구 환경

HILS를 활용한 전파 간섭 시나리오

- 재밍
- 스푸핑
- 미코닝

학부생 중심 자율주행 연구개발

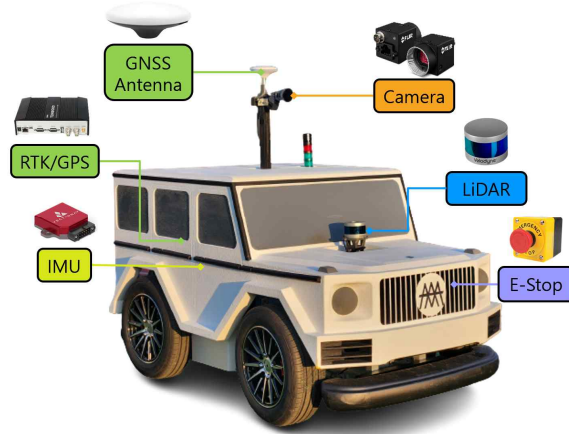
▶ 인하대학교 학부생 중심 자율주행 연구개발 동아리

인하대학교 창업지원단, 학생지원팀, 총학생회 등 교내 여러 기관의 지원을 받아 2021년 결성된 자율주행 연구개발 동아리 A.I.M팀은 학부생을 중심으로 다양한 연구개발 프로젝트에 참여하고 있습니다. 한국연구재단이 지원하는 '현장연계 미래선도 인재 양성 지원사업'을 시작으로 '스마트캠퍼스 챌린지'의 '자율주행 서비스 기반 능동형 화재 감시 및 스마트 진입로 시스템 구축', '국제대학생 창작자동차 자율주행 경진대회' 등 다양한 연구개발 프로젝트에 참여하고 있습니다. 2022년 부터는 미국 조지아 공과대학과 협업을 시작하여 학부생들의 연구개발 역량 향상을 위한 다양한 프로젝트를 진행하고 있습니다.

Features

자율주행 연구개발

- 학부생 중심 연구개발팀
- 다양한 자율주행 연구 프로젝트 진행
- 미국 조지아 공과대학과 협업 진행 중



인하대학교 자율주행 연구개발 동아리 A.I.M

자율주행 중앙관제형 화재 방재 서비스

- 무인 자율주행 로봇 이용
- 종합상황실 연계를 통한 중앙 관제시스템 구축
- 무인 로봇을 활용한 24시간 캠퍼스 순찰
- 교내 불법주차 단속
- 인공지능을 활용한 화재 판단
- 화재 재난 발생 시 긴급 대피 방송 진행
- 실시간 영상을 통한 중앙 관제 담당자의 신속 판단

▶ 스마트 캠퍼스를 위한 중앙관제 기반 화재 방재 서비스

자율주행 기술은 미래 시장을 주도할 주요 비즈니스 모델이자 핵심 기술입니다. 자율주행 기술을 기반으로 기존 인력 중심 사업들이 자율주행 기술을 통해 대체가 되는 시대가 되었습니다. 또한, 무인 로봇을 활용한 24시간 서비스가 가능해지면서 자율주행 기술을 활용한 서비스는 무한한 확장성을 가집니다.

2021년 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원을 중심으로 진행된 '스마트캠퍼스챌린지'를 통해 '자율주행 서비스 기반 능동형 화재 감시 및 스마트 진입로 시스템 구축' 과제를 인하대학교 학부생들을 중심으로 진행하였습니다. 인하대학교 중앙 상황실과 연계 기반으로 자율주행 무인 로봇이 교내를 순찰하며 화재 상황을 파악합니다. 이와 동시에 불법주차 차량을 탐지하여 화재 발생 시 소방차가 빠른 시간내에 교내로 진입하여 골든타임을 확보를 목표로합니다. 자율주행 무인 로봇에는 여러 대의 카메라가 설치되어 중앙관제 센터의 담당자가 이를 실시간 확인 및 대응이 가능합니다. 이를 통해, 화재 뿐만 아니라 방범 서비스까지 함께 할 수 있는 확장성을 도모하였습니다.



자율주행 서비스 기반 능동형 화재 감시 및 스마트 진입로 시스템 구축

인력양성사업

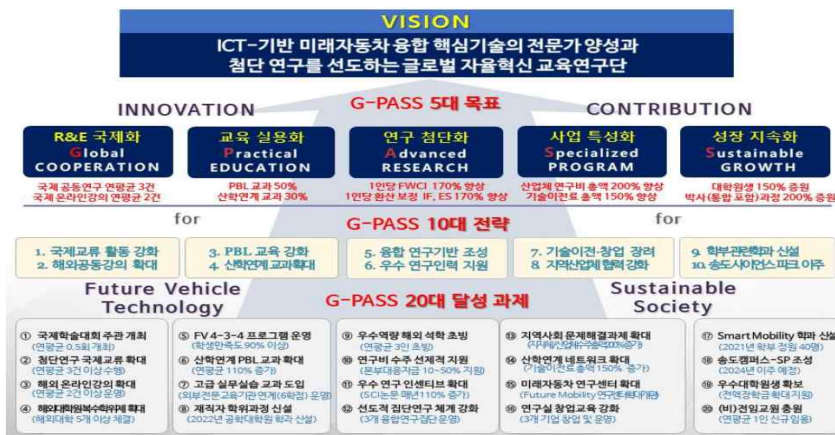
▶ 산업통상자원부 미래형자동차 핵심기술 전문인력양성 사업



▶ 산업통상자원부 임베디드 SW (자동차) 인력양성사업



▶ 교육부 4단계 BK21 사업 ICT-미래자동차 융합 교육연구단



TEAM0이란?

의미1: 모든 대학이 한 팀이 되어 미래자동차 분야의 교육 운영
의미2: 5대 핵심역량을 위한 Think, Express, Act, Make를 함축

xEV II형 인재 양성

체계화된 지식 Proactive Information
교육생태계의 통합 Proactive Integration
상상을 뛰어넘는 혁신 Proactive Innovation

II형 인재?

깊이는 다르지만 수직으로 내려온 두 선처럼 전공, 부전공 분야에 대한 깊이를 쌓고 그 위에 맞닿아있는 수평선처럼 이를 융합하여 새로운 지식과 창의력을 위한 발전하는 인재



Features

미래형자동차 전문인력양성

- 주관기관 : 한국전자정보통신산업진흥회
- 사업기간 : 2022.03~2027.02
- 목적 : ICT기반 미래자동차산업 학위과정 및 산학연계프로젝트, 현장실습을 통한 석·박사 R&D 인력양성

산업융합형 임베디드시스템 전문인력양성

- 주관기관 : 한국정보산업연합회
- 사업기간 : 2021.03~2026.02
- 목적 : 글로벌 기술 경쟁력 확보를 위한 인공지능 기술 기반 산업융합형 임베디드 시스템 고급인력 양성
- 참여기관 : 인하대, 한국전자기술연구원 등

BK21 사업 ICT-미래자동차 융합 교육연구단

- 주관기관 : 인하대학교
- 사업기간 : 2020.09~2027.08
- 목적 : ICT-기반 미래자동차 융합 핵심기술의 전문가 양성과 첨단 연구를 선도하는 글로벌 자율혁신 교육연구단

교육부 디지털 공유사업

- 주관기관 : 국민대학교
- 사업기간 : 2022.05~2027.02
- 목적 : 미래자동차 고등교육체제 새로운 표준 제시 및 미래자동차 혁신인재 양성



인하대학교
INHA UNIVERSITY



Contact Info

©2022 AutoNavLab All Rights Reserved

Web : autonav.inha.ac.kr

Tel : +82-(0)32-860-7406

E-mail : jh.won@inha.ac.kr

인천시 미추홀구 인하로 100, 하이테크센터 632호