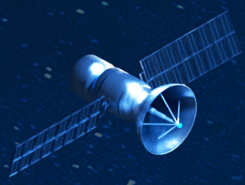
ISSN 2092-920X

www.ipnt.or.kr



2025 IPNT Conference

2025년 항법시스템학회 정기학술대회

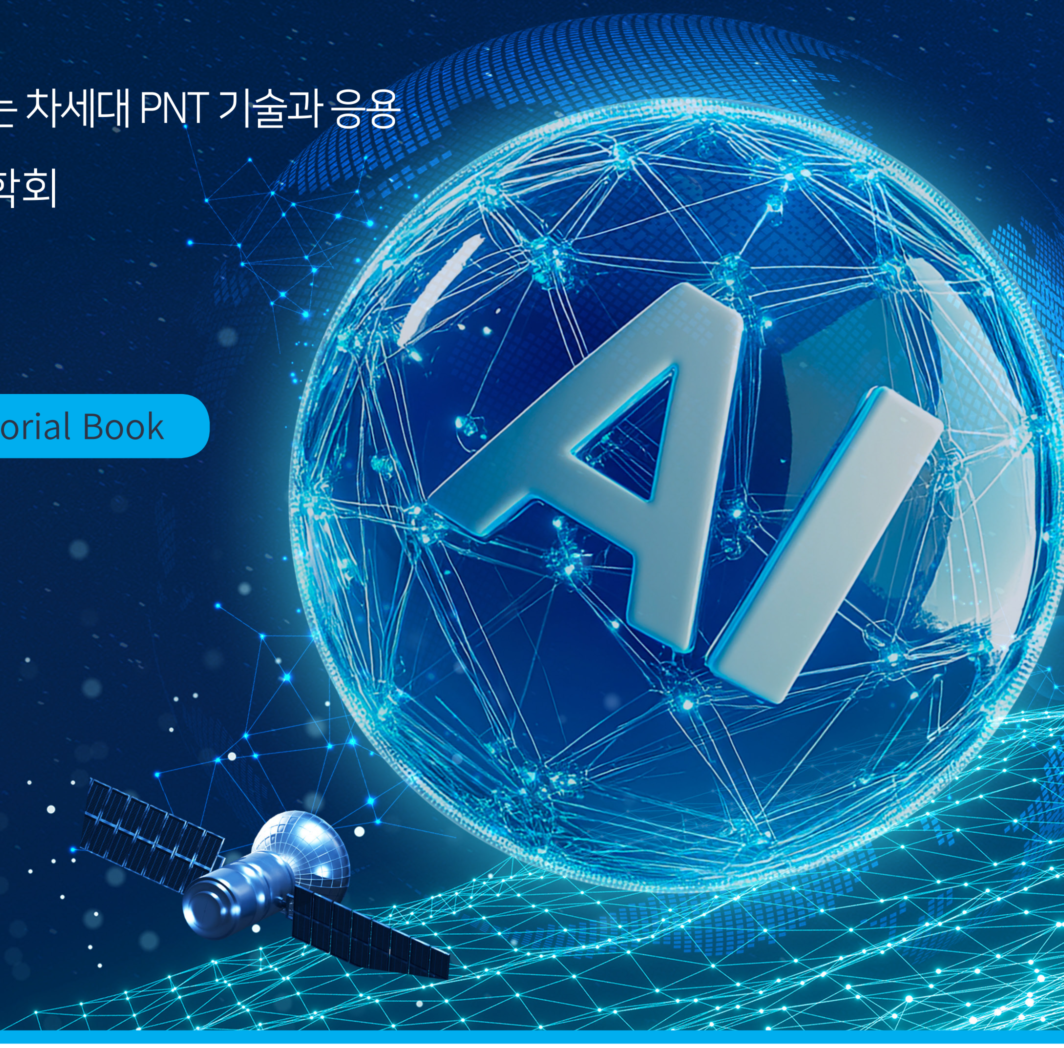
2025. 11. 4.(화)~8.(토)

롯데호텔 제주(중문)

주제 / AI 시대를 맞이하는 차세대 PNT 기술과 응용

주최 / (사)항법시스템학회

Web Proceedings, Tutorial Book



Web Proceedings
http://ipnt.or.kr/2025IPNT

주최 사단법인 항법시스템학회 THE INSTITUTE OF POSITIONING NAVIGATION, AND TIMING

후원 KARI 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute, Hanwha Aerospace, LIG, kt sat, ThalesAlenia Space, MICROINFINITY, SUNGWHA Tech, 와이즈시스템(주) WISE SYSTEM Co., Ltd, ETOBB, GTS solutions, (주)동원측량콘설탄트 DongWon Survey Consultants Co.,Ltd.

오늘을 지키는 기술, 세상을 향한 혁신
GO FORWARD
FOR WORLD
Leading Innovation Group
LIG

spirent™
Promise. Assured.

Accelerate & Simplify PNT Testing

PNT X

New Benchmark for Performance

- 2KHz simulation iteration rate - 2ms latency in HIL 시스템
- 100Khz Update Rate의 Spinning 모델 모사
- 3D모델을 이용한 사실적인 환경 및 먼티패스 모사
- CRPA 및 챔버 테스트를 위한 10개의 독립적인 RF 출력포트 지원
- Inertial 센서 통합 시뮬레이션
- Spoofing & Jamming 시험
- DGPS corrections

새로운 신호체계 개발을 위한 Flex Simulation

- Custom Carriers and Codes Definition
- Custom PRN sequence, Chipping rate and Nav Messages
- S-Band 주파수 지원

GSS7000

MULTI-GNSS CONSTELLATION SIMULATOR SYSTEMS

Low price , High performance GNSS시뮬레이터입니다. 옵션에따라 생산라인에서 개발에 이르기까지 목적에 맞게 시스템을 구성할 수 있으며, 최대 256채널을 지원하며 모든 GNSS 체계와 주파수 뿐만 아니라 Interference 신호까지, 항법 및 항재밍 시험에 필요한 모든 신호를 하나의 장비에서 지원합니다.

PNT Xe

For Fundamental testing, with easy integration form-factor

Spirent의 새로운 Low Cost & High Quality GNSS 시뮬레이터
Compact한 사이즈에 Spirent 믿을 수 있는 신호 품질을 담아내었습니다.
Single Channel 및 Multi Channel을 지원하며 Dual Channel 시뮬레이션을 지원합니다.

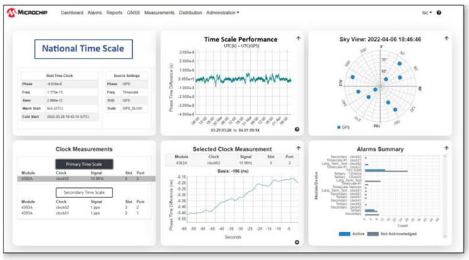
Microchip Technology Inc.
One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
www.microchip.com

MICROCHIP
Frequency and Time Systems

Microchip Leading the World in Precise Time Scale Solutions (PTSS)

SyncSystem 4380A Time Scale

5071B
Cesium Primary Frequency Standard



PTSS

Time Scale Orchestrator

MHM-2020 Active Hydrogen Maser

<u>**SyncSystem 4380A Time Scale Edition**</u> generates an autonomous time scale derived from combining several highly accurate independent clocks

<u>**Time Scale Orchestrator**</u> software providing a unified view for management, monitoring, alarming, and reporting functions that form the time scale system

<u>**5071B Cesium Primary Frequency Standard and MHM 2020 Active Hydrogen Maser**</u>
Microchip's atomic clocks which provide accurate and stable frequencies to generate the ensemble time scale frequency

53100A Phase Noise Analyzer

- Allan deviation (ADEV) typically less than 5E-15 at t=1s, 1E-16 at t=1000s
- Measure up to 3 devices simultaneously
- Close-to-carrier Phase noise and AM noise at offsets from 0.001 Hz
- Single or dual reference oscillator inputs allow cross-correlation measurements with noise floor approaching -175dBc/Hz

Embedded Atomic Clock Applications

- **Miniature Atomic Clock (MAC) SA.5X**
  - **Versus the Competitors:**
    - <1/5 the Size
    - <1/3 the Power
    - 2-3x Performance Improvement
  - **Production ramp NOW**
- **Chip Scale Atomic Clock (CSAC) SA45/SA65**
  - Designed for Ultra low Power Precision
  - Less Than 200mW operation
  - Setting New Standards for: Size, Weight, and Power (SWaP)
  - CSAC Status:
    - Early production for undersea exploration
    - Engineering prototyping other apps

GTS solutions

지티에스솔루션즈㈜
우08517 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호 (가산동, 가산테라타워)
전화: (02)6230-6100 / 팩스: (02)6230-6103 / Email: sales@gtssolutions.co.kr

마이크로인피니티

PNT-C (Position Navigation Timing, and Communication)
기술로 항법(위성/관성/복합/영상), 관성센서, 데이터링크, 항재밍,
전원 장치를 첨단 무기체계에 최적화 하여 공급합니다

20여년 검증된 독자기술로 다기능 통합 플랫폼을 개발/양산하는 능력을 보유하고 있어,
고객과 함께 성장하는 솔루션 파트너가 되겠습니다.

Tactical MEMS IMU MEMS Gyroscope MEMS Accelerometer	OOO기만기 항법장치 UAV/지상 항법장치 영상기반 항법장치	Small Anti-Jam Device Multi-GNSS RCV Anti-Jam GNSS RCV	Weapon Data Link MUM-T Data Link Telemetry Tx/Rx	전자전 전원장치 무전기 전원장치 BTCS 전원장치

MICROINFINITY
(본사) 경기도 수원시 영통구 광교로 109, KANC 8층 (대전사업장) 대전광역시 유성구 테크노3로 22(관평동)
(대표전화) 031-546-7400 (E-MAIL) sales@minfinity.com

SPACE TO...
EXPLORE
OBSERVE & PROTECT
SECURE & DEFEND
TRAVEL & NAVIGATE
CONNECT
SPACE FOR LIFE
ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company
Printed on FSC certified paper from sustainably managed forests

WHAT WE MAKE POSSIBLE...

... Enabling location and map services

... Providing accuracy and reliability of localization

... Ensuring the safety of travelers

... Enabling the Internet of Things

Galileo Global Navigation System

Galileo 2nd Generation

SBAS (Satellite-Based Augmentation System)

LEO PNT solutions

Moonlight - Navigation (and TLC) for the Moon

Search And Rescue solutions

Ground Segments for Navigation

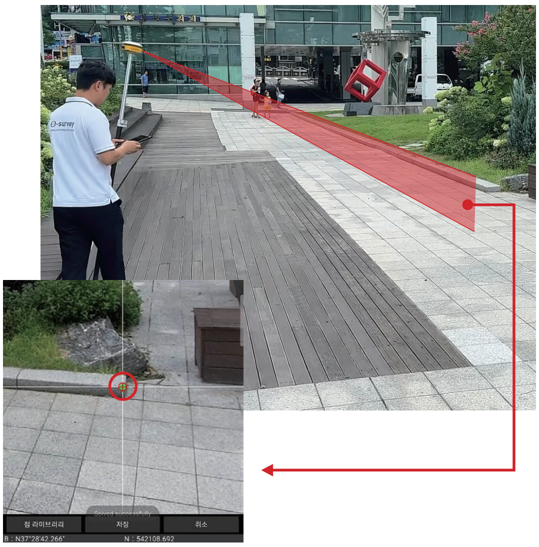
... ANYTIME, ANYWHERE

e-survey

지난 수 년간 최고의 성능을 입증한 eSurvey의 신제품
AR 캐드 측설과 사진 측량 기반의 3D 측위 및 3D 모델링이 가능한

eRTK60 RTK-GNSS 수신기

- **CAD AR 측설 가능 (점 및 라인 측설)**
  태블릿에 입력된 캐드 도면을 띄워놓고 좌표 추출없이 증강 현실(AR) 기술에 의해 점이나 라인을 바로 측설합니다.
- **사진 측량에 의한 3D 좌표 측정 및 3D 모델링**
  접근이 어렵거나 위성 신호가 수신되지 않는 지점을 비디오 카메라로 촬영하여 사진 측량 기법에 의해 3차원 좌표를 즉시 관측하고 3D모델을 생성합니다.(15m 범위, ±2~3cm 정확도)
- **핫스왑 탈착식 배터리 (작동 중 배터리 교체 가능)**
- **저 전력 장거리 RTK 송·수신 모뎀 내장 (15km)**
- **60° 틸트 측량 가능**



[사진 측량 기반의 3D 좌표 측정 및 3D 모델링]

eSurvey GNSS의 RTK 성능이 가장 뛰어난 이유

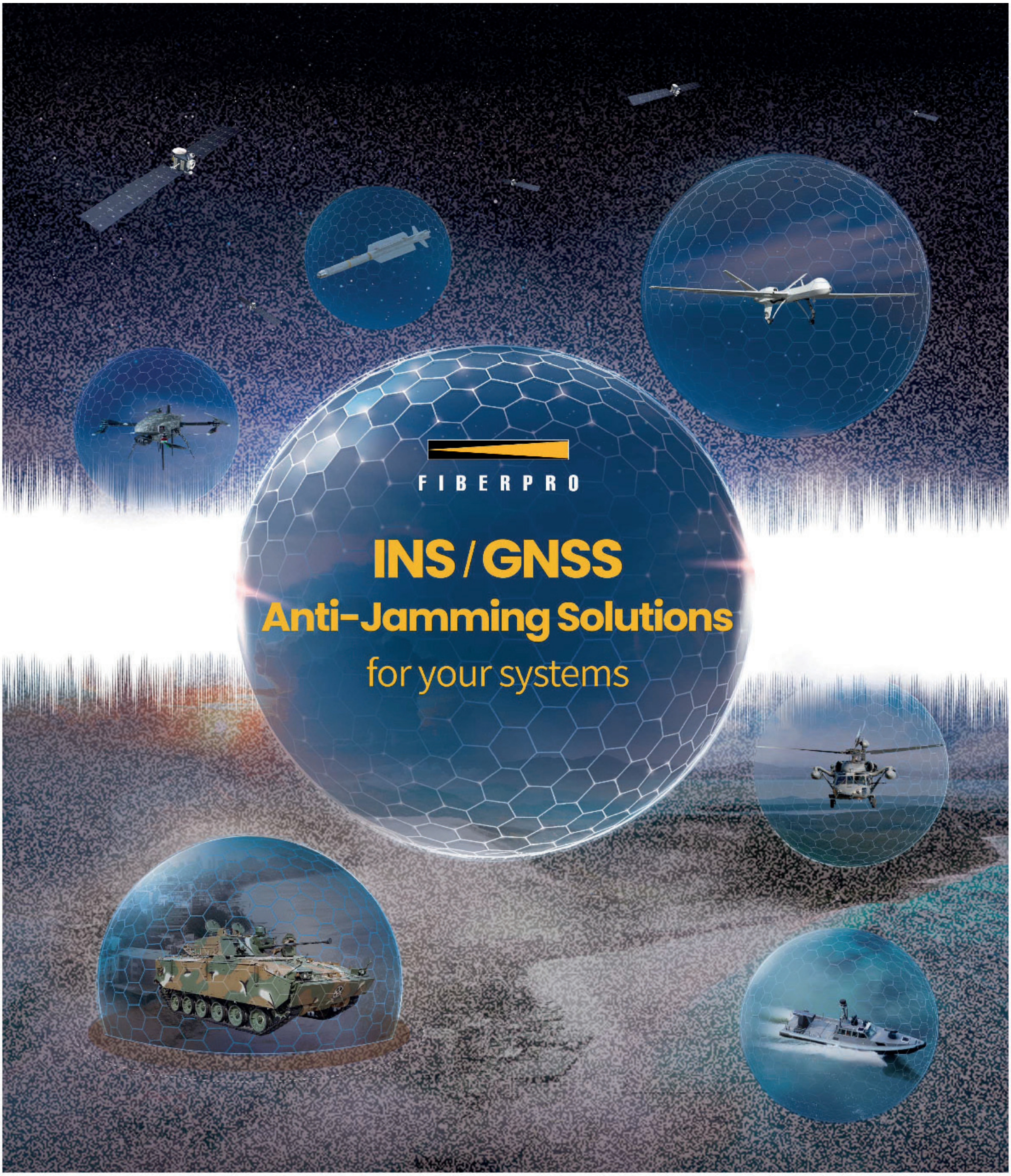
같은 GNSS 보드를 쓰더라도 제조사마다 RTK 성능이 제각기 다른 이유는 바로 펌웨어의 성능에 차이가 있기 때문입니다.
펌웨어는 하드웨어를 제어하여 RTK 처리 성능을 향상시키는 마이크로 프로그램 입니다
eSurvey는 최신 펌웨어의 지속적 개발과 업데이트를 최우선 과제로 수행하여 가장 뛰어난 성능의 RTK GNSS를 제공하고 있습니다.

eSurvey GNSS 제품군

1) eRTK10 (AR 측설 / 틸트 60° / RTK 수신 전용 모뎀)
2) eRTK20 (VR·AR 측설 / 틸트 60° / 장거리 RTK 송·수신 모뎀)
3) eRTK60 (AR 측설 / 틸트 60° / 사진측량 / 장거리 RTK 송·수신 모뎀)
4) eRTK mini (초소형, 초경량, 초저가 VRS RTK 수신기)
5) E600 (시그니처 RTK / 틸트 60° / 단거리 RTK 송·수신 모뎀)
6) E800 (최장거리 RTK / 틸트 60° / 장거리 RTK 송·수신 모뎀)

e-survey
www.esurvey-gnss.com
Building 4, no.651 Wanfang RD.,
Pujiang Town, Minhang District,
Shanghai, China

(주) 동원측량콘설탄트
www.dwsc.co.kr
서울특별시 관악구 관악로 148,
제일빌딩 402호 (TEL. 02.546.5660)


FIBERPRO
INS/GNSS
Anti-Jamming Solutions
for your systems

A1
Base and Rover, All-In-One
기준국의 안정성, 이동국의 편의성
하나로 완성하는 올인원 GNSS 수신기
최고 성능의 안정성 및 정확도
삼중주파수, 448 채널, 100Hz
동급 대비 합리적인 가격
국내 상시관측소 활용
피피솔 PPSOL


KRISO
선박해양플랜트연구소
T
W
해양을
세상의
중심으로
이끄는
KRISO
해양의 가치를 미래의 무한가치로
만들어갑니다.

SMC-3000 Robotics

MBC RTK

다양한 플랫폼에서도 원활한 지원 가능한 LTE 통신 통합 Triple bands(L1, L2, L5) 지원 RTK INS 수신기

SMC-3000 Robotics는 L1, L2, L5의 3중 주파수 대역 위성을 수신하여 보다 높은 RTK Fix 가용성과 안정성을 보장하며, 최대 50Hz의 높은 출력을 제공합니다.
특히 우수한 관성항법(INS) 기능을 기본 장착하여 터널과 같은 GNSS 음영지역에서도 안정적인 항법을 보장합니다.
따라서 수 많은 GNSS 음영지역 및 도심 빌딩 숲에서 작업하는 야외 로봇 등의 Ground Vehicle에 최적화된 솔루션입니다.

다양한 플랫폼에서도 원활한 지원

- ROS, ROS2, Linux, Windows 등을 다양한 환경을 지원하여, 원하는 플랫폼에서 원활한 통합과 뛰어난 성능을 제공합니다.

160만원의 혁신적인 가격

- 국내외 어디에서도 볼 수 없었던 160만원 가격으로 제품을 만나보실 수 있습니다. Base와 Rover의 중복 구매 필요없이 SMC-3000 단독으로 RTK를 사용할 수 있기 때문에 합리적인 가격으로 구매 가능합니다.

GNSS 음영지역에서의 강력한 DR 기능

- SMC-3000 Robotics는 강력한 Dead Reckoning 기능을 내장하고 있어 GNSS 음영지역에서도 강인한 항법을 제공하며 INS Heading을 기본 지원합니다.

cm급 오차범위

- MBC RTK 서비스를 이용하여 3cm 급의 위/경도 오차, 10cm급의 고도 오차를 지원합니다. GPS/BDS/GLONASS/Galileo/QZSS의 멀티 주파수(L1, L2, L5 triple bands) RTK/INS(Built-in IMU) 통합 RTK INS 수신기입니다.

세계 초소형, 초경량 RTK, LTE 통합 제품

- 크기 63.5 x 60.5mm, 무게 68g으로 초소형, 초경량 RTK GPS 수신기 입니다.
  LTE 통합 제품으로 LTE 라우터가 필요 없어 시스템을 간소화하여 사용할 수 있습니다.
  (LTE 통신 3년 기본 제공)


DS Navcours
덕산넵코어스(주)
항법의 미래, KPS, 항재밍, 안티드론시스템
덕산넵코어스가 지키겠습니다!
Secure PNT Solution
for Unmanned Vehicles
Anti-Jamming/Anti-Spoofing Solution
Communication/Data Link/Telemetry
Unmanned Solution(UAVs/Drones/Robots)

Trimble

모든 Applications - 초정밀 위치결정

Trimble BD940
Trimble BD940-INS
Trimble BX940

- Trimble Maxwell 7 Technology
- MAXPro / ProPoint
- 940-INS GNSS/INS with alignment

하늘
바다
육지

- Trimble Maxwell 7 Technology
- MAXPro / ProPoint
- 992 GNSS heading
- 992-INS GNSS/INS with static alignment

Trimble BD990
Trimble BD992
Trimble BD992-INS
Trimble BX992
Trimble BX992-ER

Trimble AX940
Trimble AX940i

- Smart GNSS antenna
- Advanced MEMS inertial sensors
- WiFi/Bluetooth / MAXPro / ProPoint

Trimble RT200
Trimble RT300
Trimble GT

- POWERING THE FUTURE OF AUTONOMY
- Proven GNSS-Aided Inertial technology
- 40g IMU

Hemisphere

Vector
특화

- **VECTOR™ INS/ Smart antenna/ Boards**
- **POSITION & HEADING & INS(IMU)**

SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

SY-KE7 **SY-KM7**

삼영
제조

- **RTK Auto 지원 1Cm 포지셔닝**
- **경량/소형 제품으로 모든 프로젝트 적용**
- **Trimble ProPoint 측위 엔진 탑재**
- **L1/L2/L5 GNSS 모든 위성 & 신호 수신**
- **열악한 환경에서도 정확한 포지셔닝**
- **삼영피엔티 혁신 제품**

GNSS Technical Support

OEM GNSS NO.1
(주)삼영피엔티
Positioning/Navigation/Timing

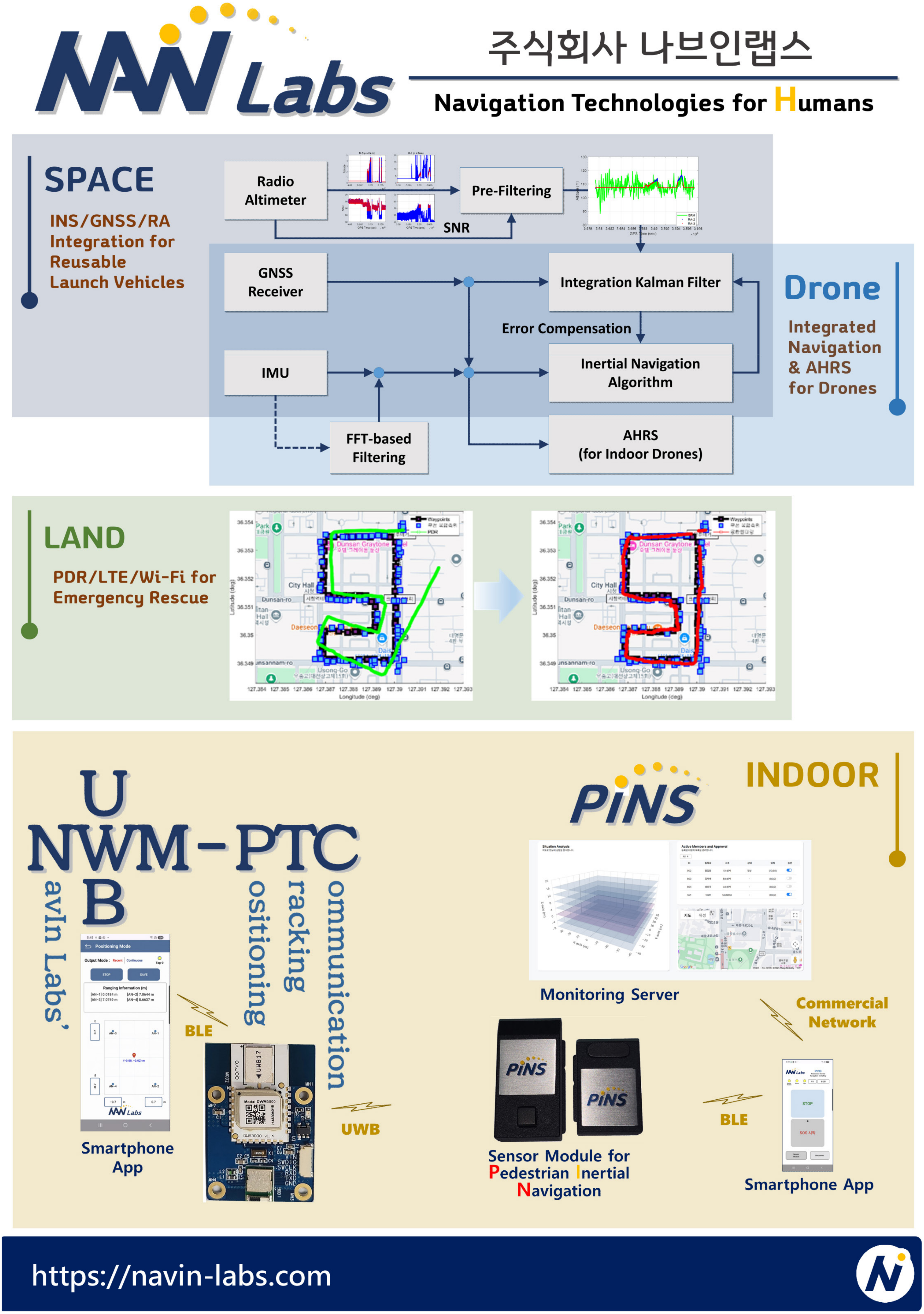
경기도 광명시 범안로 996번길 6, 광명티아모IT타워 1212호/TEL : 02-6081-0088 /sales@samyoungpnt.com


www.danam.co.kr
Reliability Beyond Expectation
DANAM SYSTEMS
37년간의 노력, 단암시스템즈는 대한민국의 방위산업과
항공우주산업의 항법·통신분야 발전에 함께하고 있습니다.
TELACE DANAM SYSTEMS
G1000M
YYWW
Lot ID
KRIT
K-GHAJ-DG2
2439
T6V414.00
G4 – RFE
2408AC
RF/항재밍/항법 칩
위성항법장치
항재밍장치
배열안테나

디지털 혁신으로 행복한 미래세상을 만드는
기술 선구자

ETRI
한국전자통신연구원
Electronics and Telecommunications Research Institute


SI
SATREC INITIATIVE
항법위성
SpaceEye-M
초소형위성체계
EO위성체
SpaceEye-T
조기경보 시험위성
SpaceEye-M x10


NAVIN Labs
주식회사 나브인랩스
Navigation Technologies for Humans
SPACE
INS/GNSS/RA Integration for Reusable Launch Vehicles
Radio Altimeter
Pre-Filtering
SNR
GNSS Receiver
Integration Kalman Filter
Error Compensation
IMU
Inertial Navigation Algorithm
FFT-based Filtering
AHRS (for Indoor Drones)
Drone
Integrated Navigation & AHRS for Drones
LAND
PDR/LTE/Wi-Fi for Emergency Rescue
Waypoints
PDR
City Hall
Dunsan-ro
Daeseon
Usong-Go
Longitude (deg)
Latitude (deg)
INDOOR
PiNS
U
NWM-PTC
B
avIn Labs'
ositioning
racking
ommunication
Positioning Mode
STOP
SAVE
Ranging Information (m)
BLE
Smartphone App
UWB
Monitoring Server
Situation Analysis
Active Members and Approval
Commercial Network
Sensor Module for Pedestrian Inertial Navigation
BLE
STOP
SOS 시작
Smartphone App
https://navin-labs.com


(주)솔탑, 한국형 위성항법시스템의 미래를 함께합니다.
(주)솔탑은 위성체·지상국 시스템 개발을 넘어
한국형 위성항법시스템(KPS) 구축에도 참여하며, 정밀한 위치정보 기술을 확보해가고 있습니다.
이러한 기술력은 무인기 통제·정비, 지상통제체계, 위성시험 장비 등 국방 분야로 확장되어,
첨단화된 국방 체계와 대한민국의 자립적 안보 역량 강화에 기여하고 있습니다.
SOLETOP
Remote sensing & Telepresence
위성 관제 및 수신/활용
우주용 태양전지시스템
무인기 통제/임무 계획
무인기 가상훈련 및 점검/시험
대한민국


LIG
이동통신 네트워크의
미래를 만들어갑니다
이노와이어리스는 한국을 대표하는 통신 기업으로,
5G와 6G 이동통신 시험장비 개발과 상용화를 선도합니다.
전 세계 9개 지사를 운영하며,
LIG의 자랑스러운 멤버로서 끊임없는 혁신을 추구합니다.
계측장비
시험장비
스몰셀
차량사물통신
Innowireless


최고의 기술로 커스터마이징하여
All In One 솔루션 제공
위성통신시스템
GPS 신호처리 및
방향탐지 시스템
국방 M&S 솔루션
WWW.netcus.com Tel 042.863.7080
대전광역시 유성구 유성대로 1184번길 29
NET (주)넷커스터마이즈
Network Customizing Technologies Inc

KCEI

KOREA CYBER ENGINEERING INNOVATION

- 1982년 회사 설립
- 40년 이상 항공/우주/국방 SW 개발 및 기술지원
- 국제 솔루션 그룹관의 파트너 체결 (Ansys(Synopsys), Concurrent, Exta(KEYSIGHT) Mak, etc.)
- 항공우주 시뮬레이션 분석 도구 STK 외 공급
- Hard Real-Time 솔루션 RedHawk 외 제품 공급

KCEI는 40년이상 국방 무기체계 M&S 분야에서 획득된 핵심기술 기반으로, 항공/우주 상황감시체계 구축 및 발사장비 HILS 환경구축 등의 우주/항공 사업분야 전반으로 사업 영역을 확대하고 있습니다.
더불어 AI 학습환경 구축 및 검증 기술을 적용한 인공지능 분야의 사업들을 수행하고, 위성 관제 분야에 대해 최적의 운영을 위한 의사 결정분야에도 AI를 적용하여 기술을 연구하고 있습니다.

Our Technologies

Real-Time Computing

미션 크리티컬 시스템 개발에 필요한 Hard Real-Time 성능을 보장하는 시스템을 구성합니다.

SIL, HILS 환경 구축을 통한 체계 성능 검증 및 분석

시뮬레이션

실측자료를 기반으로 통합전장환경을 구성하여 다양한 조건의 시나리오를 통해 체계 성능 및 임무 효과도를 예측·평가하는 시스템입니다.

무장 및 체계 임무 성능 효과도 예측, 분석 및 검증

모니터링 시스템

다수 무기체계의 실시험자료와 장비 상태정보를 실시간으로 처리·전시하여, 개발 GUI 환경 내, 효율적인 시험 계측과 이상 판단을 지원하는 통합 모니터링 시스템을 구축합니다.

임무 모니터링 및 관제, 실데이터 기반의 디브리핑 환경 구축

가상합성환경 및 가시화

실 디지털 트윈 기술로 현실을 정밀하게 모사하고, 3D 시뮬레이션과 적외선 모의환경을 통해 AI 학습용 데이터 생성과 정밀 분석을 지원합니다.

Physical 기반의 Radar 및 IR 등의 센서 DB 구축

AI 학습환경 구축 및 데이터 검증

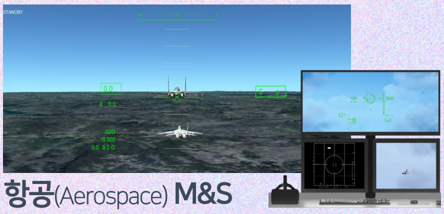
실제와 유사한 센서 데이터 기반의 AI 학습환경을 구축하여 체계의 성능을 분석하고, 전장환경 및 임무 설계/분석 플랫폼을 활용하여 학습 데이터와 분석 결과를 검증합니다.

AI 학습 데이터 생성 환경 구축 / AI 데이터 검증 플랫폼 구현

Development Use Cases

지상(Ground) **M&S**

- 자율주행 성능입증장치 개발
- 임무통제 통합시험시스템 가상전장모의 SW
- 가상전장모의 SW

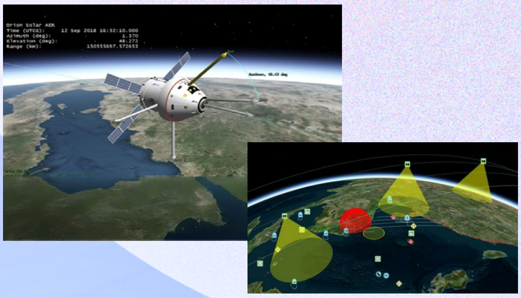


항공(Aerospace) **M&S**

- 임무모의지역의 지형지물IT 영상 DB 생성
- 유무인 통합시스템 시험장치 제작(MUMT)
- 장사정포요격체계 탐색개발 운용 콘솔

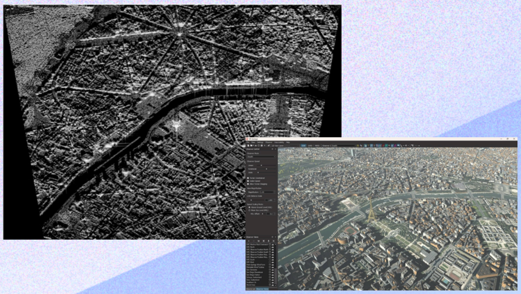
해양(Maritime) **M&S**

- 음탐환경분석시스템 (FAIMS3, FAIMS4,SAIMS3)
- 빅데이터를 이용한 AI 기반의 자동기뢰 탐지체계 해양환경 시뮬레이터
- 수중보행로봇용 수중 환경 인식 기술, 3차원 지형맵 기술



우주(Space) **M&S**

- 우주파편 충돌위험 종합관리시스템의 상업화를 위한 시제품 개발
- 우주정보상황 분석용 S/W
- KASS 통합운영국 소프트웨어 개발
- 달궤도 비행역학시스템 구축용역
- ASSET MONITORING AND CONTROL MODULE 외 2종



Sensor/Radar 영상 모의

- ETU Sensor IG SW 설계용역
- 합성영상 생성 시뮬레이터 제작
- 임무 모의 지역의 지형/지물 IR 영상 DB 생성 용역
- 적외선 모의영상 개발 용역

본사 | 서울특별시 구로구 디지털로32길 30 코오롱빌란트1차 15F
지사 | 대전광역시 유성구 북유성대로 303 뉴타운 프라자 603호
TEL | 02-2103-4000, 042-472-3704
FAX | 02-2103-4050, 042-472-3706
E-mail | kcei@kcei.com

ISSN 2092-920X

www.ipnt.or.kr

2025 IPNT Conference

2025년 항법시스템학회 정기학술대회

2025. 11. 4.(화)~8.(토)

롯데호텔 제주(중문)

주제 / AI 시대를 맞이하는 차세대 PNT 기술과 응용

주최 / (사)항법시스템학회

Web Proceedings, Tutorial Book

Web Proceedings
http://ipnt.or.kr/2025IPNT

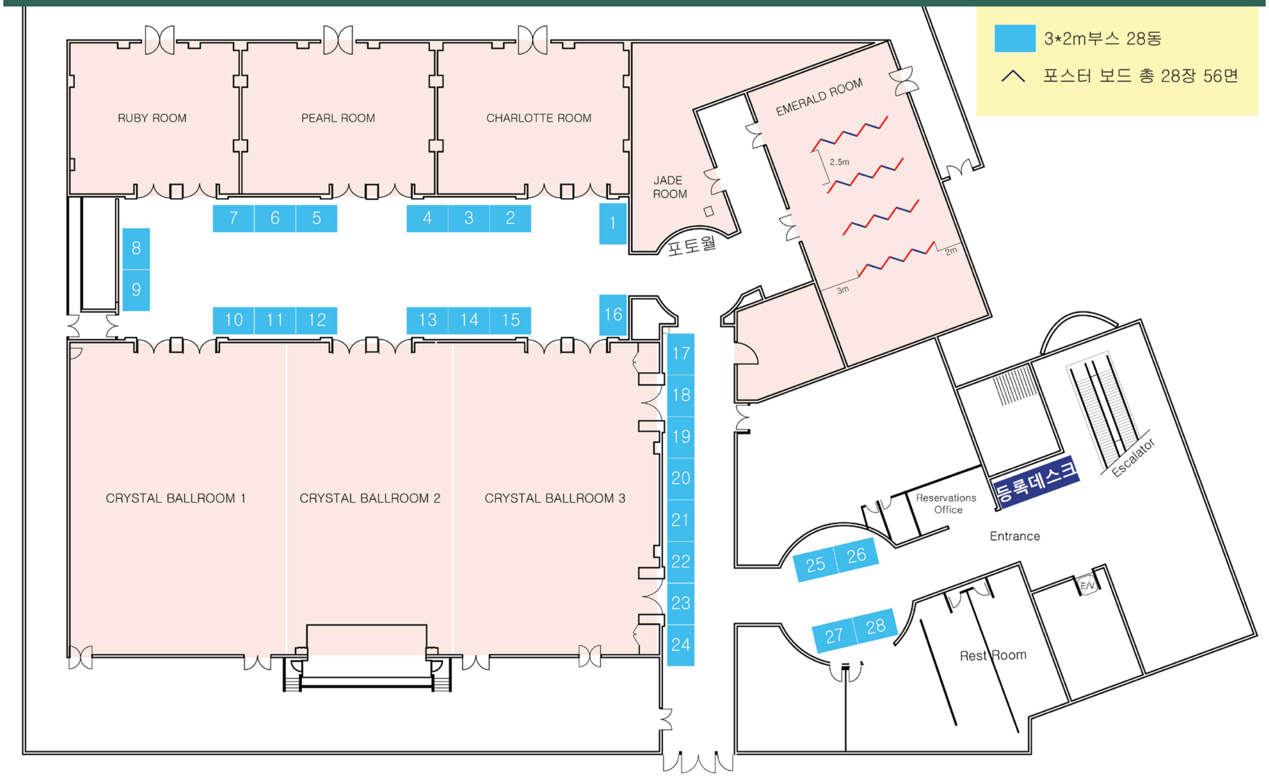
주최 사단법인 항법시스템학회 THE INSTITUTE OF POSITIONING NAVIGATION, AND TIMING

후원 KARI 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute, Hanwha Aerospace, LIG, kt sat, ThalesAlenia Space, MICROINFINITY, SUNGWHA Tech, 와이즈시스템(주) WISE SYSTEM Co., Ltd, ETOBB, GTS solutions, (주)동원측량콘설탄트 DongWon Survey Consultants Co.,Ltd.

부스안내

2025년 항법시스템학회 정기학술대회 (2025 IPNT Conference)

부스운영 일시 : 2025.11.05~07
장소 : 롯데호텔 중문



부스번호	상호명	부스번호	상호명
1	㈜이투비비	16	와이즈시스템㈜
2	지티에스솔루션즈㈜	17	㈜파이버프로
3	선박해양플랜트연구소	18	가치공간정보㈜
4	㈜동원측량콘설탄트	19	㈜삼영피엔티
5	항공교통본부 항공위성항법센터, 한국항공우주연구원	20	단암시스템즈㈜
6	㈜지엔에스에스솔루션	21	한국전자통신연구원
7	덕산넵코어스㈜	22	㈜나브인랩스
8	㈜마이크로인피니티	23	한민인터내셔널㈜
9	성화테크㈜	24	㈜마치 일렉트로닉스 아이엔씨
10-11	인성인터내쇼날㈜	25	㈜아센코리아
12	㈜피피솔	26	㈜이제이텍
13	㈜쎄트렉아이	27	㈜문화방송
14-15	한화에어로스페이스㈜	28	㈜씨너렉스

업체 및 전시품 소개서

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

Booth No.
01

회 사 명	**주식회사 이투비비**
대 표 자	이정호
주 소	(08506) 서울시 금천구 가산디지털1로 131, B503호
전 화	02-6677-3409
팩 스	02-6499-3409
홈페이지	www.etobb.co.kr
E-mail	sales@etobb.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

㈜이투비비는 글로벌 위성항법시스템(GNSS) 기반의 최첨단 솔루션을 개발 · 제공하는 선도 기업으로, GNSS 시뮬레이터(GNSS Simulator), 타임서버(TimeServer), 원자시계(Atomic Clock), 실내측위(Indoor Positioning) 등 정밀 시각 · 위치 기술을 아우르는 다양한 제품과 서비스를 공급하고 있습니다.
특히, 국내 유일의 Safran 공식 대리점으로서 세계적으로 검증된 기술력과 노하우를 바탕으로, 항공 · 국방 · 우주 · 통신 · 산업 전반에 걸쳐 고객 맞춤형 솔루션을 제공하고 있습니다.

[전시품 소개]

업체 및 전시품 소개서

GTS solutions

Booth No.
02

회 사 명	지티에스솔루션즈주식회사
대 표 자	김민수
주 소	(08517) 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호(가산동, 가산테라타워)
전 화	02-6230-6100
팩 스	02-6230-6103
홈페이지	http://www.gtssolutions.co.kr
E-mail	info@gtssolutions.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

저희 지티에스솔루션즈(주)는 미국 Microchip사의 국내 솔루션 공급자로서 시간 및 주파수 분야의 오랜 경험 및 축적된 실무 노하우와 고객 신뢰를 바탕으로 초 정밀 Timing 시스템 및 Oscillator 솔루션을 제공하고 있는 전문 업체로서 최고의 제품과 서비스 제공을 약속드리며, 항상 최선을 다하는 기업이 되겠습니다.

[전시품 소개]

Frequency References

- Cesium clocks
- Active Hydrogen Masers
- Rubidium
- Quantum™ chip scale and miniaturized atomic clocks
- Quartz: spectral purity
- Ruggedized High reliability

Time & Frequency Distribution and Timescale Systems

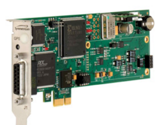
- 1U & 4U Distribution Systems
- Commercial TimeScale Systems
- Integration services and custom systems

53100A Phase Noise Analyzer

- Measure up to 3 devices simultaneously
- Close-to-carrier Phase noise and AM noise at offsets from 0.001 Hz
- Single or dual reference oscillator inputs allow cross-correlation measurements with noise floor approaching -175dBc/Hz

High Performance NTP Servers and Bus Level Timing

- NTP Network Appliances
- Modular NTP Solutions
- PCI, PCIe, SDKs



업체 및 전시품 소개서

KRISO
선박해양플랜트연구소

Booth No.
03

회 사 명	**한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소**
대 표 자	홍기용
주　소	(34103) 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 32
전　화	042-866-3114
팩　스	042-866-3105
홈페이지	https://www.kriso.re.kr
E-mail	kriso@kriso.re.kr
회사 및 전시품 소개	**[연구소 소개]** 1973년 한국과학기술연구소 부설 선박연구소로 시작한 KRISO는 선박해양플랜트 분야에서 끊임없는 연구개발을 통해 우리나라 조선해양산업의 발전에 기여해왔습니다. 2014년 한국해양과학기술원 부설기관으로 재도약한 KRISO는 바다의 무한한 가치를 발견하고, 4차 산업혁명에 대비하여 다양한 응용기술 및 새로운 원천기술 확보를 통해 보다 나은 해양공학기술 연구개발에 노력하고 있습니다. 대한민국을 넘어 미래 해양산업을 이끄는 세계적인 연구소로 KRISO는 더욱 힘차게 나아갈 것입니다. **[주요 연구 분야]** **1) 선박 운항성능 고도화 및 친환경 미래 선박 핵심기술 개발** - 선박 운항성능 고도화 기술 개발 - 저소음/전기추진 선박 핵심기술 개발 - 자율운항 선박 핵심기술 개발 **2) 미래 해양플랜트 핵심기술 개발** - 해양플랜트 유체-구조 융복합 성능평가기술 개발 - 해양플랜트 신산업 서비스 · 기자재 기술 개발 - 해양에너지 · 자원 실용화 선도 기술 개발 **3) 첨단 해양장비 및 ICT 융복합 기술개발** - 스마트 해양장비 · 로봇 기술 개발 - 스마트 해양 통신 · 탐사장비 개발 - 가상물리체계 기반 해양장비 스마트 운용 기술 개발 **4) 해양교통 및 해양사고 대응 기술 개발** - 스마트 해상교통 기술 개발 - 해양사고 신속대응 기술 개발

업체 및 전시품 소개서

(주)동원측량콘설탄트
DongWon Survey Consultants Co.,Ltd.

Booth No.
04

회 사 명	(주)동원측량콘설탄트
대 표 자	임수봉
주 소	(08788) 서울시 관악구 관악로 148, 402호
전 화	02-546-5660
팩 스	02-6003-1952
홈페이지	http://dwsc.co.kr
E-mail	info@dwsc.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

eSurvey사는 중국 최대의 GNSS 제조사인 Unistrong의 자회사로 해외 판매를 담당하고 있으며, ㈜동원측량콘설탄트는 eSurvey사의 한국 대리점으로 첨단 RTK GNSS 보급에 주력하고 있습니다.
eSurvey GNSS는 혁신적인 기술 개발과 생산성 관리를 통해 고품질의 GNSS장비를 저렴한 가격으로 공급함에 따라 최근 폭발적인 판매 증가율을 보이고 있습니다.
더욱이 BDS 위성 시스템이 지속적으로 보강되고 신호 품질이 개선되어 특히 한국에서의 RTK 측위가 매우 원활해지면서 최근에 이르러서는 eSurvey를 선두로 한 중국산 GNSS가 한국 시장 점유율 1위를 차지하게 되었습니다.

[전시품 소개]]

eSurvey RTK GNSS는 GPS, GLONASS 및 BDS 등 멀티 GNSS의 신호 수신율과 처리 성능이 뛰어나 고정해 도달시간이 매우 빠르며, 관측값의 RMSE 범위 또한 수 mm 이내로 형성되어 가장 신속하고 정확한 RTK 측량을 보장합니다.
더욱이 eSurvey RTK GNSS에는 IMU가 탑재되어 수신기의 기울기를 보정함에 따라 기울어진 상태에서도 정확한 좌표 관측을 가능케 하며, 하방 카메라를탑재하여 AR 방식으로 편리하게 측설을 수행합니다.
또한 수신기 전방에 카메라를 탑재하여 사진측량 방법으로 좌표를 관측하고 3D 모델을 생성할 수 있으며, 레이저를 탑재하여 비접근 방식의 좌표측량을 수행하기도 합니다.
이렇듯 eSurvey RTK GNSS는 단순히 편리하게 측량을 수행하는 것 뿐만 아니라 사진측량이나 레이저 측량까지도 수행하는 신개념의 토털 스테이션으로 진화하고 있습니다.
eSurvey RTK GNSS는 기본 GNSS 측위 기능에 추가하여 IMU, 하방 카메라, 전방 카메라, 전방 및 하방 카메라, 레이저 등의 탑재 여부에 따라 다음과 같이 다양한 모델로 구성됩니다.

모델별규격	eRTK 60	eRTK 20	eRTK 10	eRTK 10 mini
무게 (배터리 포함)	1.1kg	890g	891g	380g
모델별 이미지				

업체 및 전시품 소개서

KASS
Korea Augmentation Satellite System

Booth No.
05

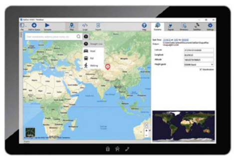
회 사 명	**항공교통본부 항공위성항법센터 / 한국항공우주연구원**
대 표 자	이상철
주 소	(34133) 대전 유성구 과학로 169-84
전 화	042-870-3504
팩 스	042-870-3595
홈페이지	www.kass.re.kr
E-mail	smoh@kari.re.kr
회사 및 전시품 소개	**[회사 소개]** 항공위성항법센터(Korea Air Navigation Satellite Center)는 우리나라 최초로 인공위성을 활용하여 정밀위치정보를 제공하는 항공위성서비스(KASS)를 전담하기 위해 '21년 신설된 기관으로 위성항법분야 국제 경쟁력 강화, 정밀위치 정보를 활용한 항공기 운항을 통한 항공안전 증대 및 위치기반 서비스 정확도 향상 등을 목표로 임무를 수행하고 있습니다. **[전시품 소개]** ■ **항공위성서비스(KASS) 소개** - 인공위성을 활용하여 정밀하고 신뢰성 높은 위치정보를 위성항법보정시스템 (SBAS) - 세계 5번째로 운영을 개시한 한국형 SBAS, 항공위성서비스 KASS의 동작원리, 기대효과 관련 영상 - 항공 분야 뿐만 아니라 다양한 위치정보서비스 산업에서 활용될 수 있는 KASS를 배너 · 책자 · 리플릿 등을 활용하여 소개

업체 및 전시품 소개서

LabSat

Booth No. 06

회사명	GNSS SOLUTION CO., LTD
대표자	김홍만
주 소	(08389) 서울시 구로구 디지털로 26길 43, 엘동 1306호
전 화	02-6737-7617
팩 스	-
홈페이지	www.gnss-solution.co.kr
E-mail	steven@gnss-solution.co.kr
회사 및 전시품 소개	

	LabSat Record | Replay | Simulation
	SatGen GNSS Simulation SW
	VBOX POSITIONING VIPS : 실내정밀항법시스템 VBOX Indoor Positioning System
	VBOX Omega : 관성항법시스템 GNSS + IMU
	VBOX Sigma : NTRIP 모뎀 + RTK NTRIP 모뎀 내장형 RTK 수신기

업체 및 전시품 소개서

DS Navcours

Booth No. 07

회사명	덕산넵코어스(주)
대표자	황태호
주 소	(34014) 대전광역시 유성구 테크노2로 66-6(관평동)
전 화	042-363-9000
팩 스	042-363-9001
홈페이지	www.navcours.com
E-mail	dsnc@oneduksan.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]
덕산넵코어스는 국방 분야의 PNT 항법 전문 개발 및 지상, 항공, 유도, 우주 분야의 특수목적용 항법 · 항재밍 토탈 솔루션 전문업체로 기술력을 인정받고 있습니다. 천무 유도탄의 위성항법장치, K1계열 전차의 통합항법장치, MUAV의 데이터링크, 대지체계의 항재밍수신기를 양산진행중에 있으며, 각종 정밀유도탄의 위성항법장치 및 탐색기 RF 신호처리기 구성품을 개발하고 있습니다.

30여년의 항법개발 업력과 20여년의 방위사업 무기 체계 적용 실적으로 국방분야에서 기술력과 성능을 인정받는 방위산업체이며, 2022 방산혁신클러스터에 가입 및 2024년에는 방산혁신 100에 선정된 강소 기업입니다.

[전시품 소개]

1. EGIS-N400, N1000, N2000
- GNSS 음영지역 (터널, 빌딩숲 등)에서도 연속적이고 신뢰할 수 있는 3D 항법 솔루션 제공
- 관성센서, GNSS, VMS 기반의 Extended Kalman Fliter 기술 적용

2. eLoran/GNSS 수신기
- 지상파 항법 시스템 : Station에서 송출되는 Loran-C 장파 신호를 이용한 항법시스템, 재밍환경에서도 동작 가능
- 보조 항법 시스템 : 항만 입항과 접근(HEA)에서 20m의 정확도를 지원
- 통합 항법 시스템 : eLoran과 GNSS 측정치를 이용한 통합 항법

3. JRAS 일체형 항재밍 장치
- 배열안테나 기반 일체형 항재밍장치
- RF변환 외 GNSS 수신기 내장, 빔 포밍 지원 - 협대역/광대역 재밍 대응 기능 지원

JRAS EGIS-N1000 EGIS-N2000 eLoran/GNSS 수신기

업체 및 전시품 소개서

Booth No. 08

회 사 명	㈜마이크로인피니티
대 표 자	정학영, 윤종국
주 소	본사) (16229) 경기도 수원시 영통구 광교로 109(이의동, KANC 8층)대전) (34012) 대전광역시 유성구 테크노3로 22(관평동)
전 화	031-546-7408
팩 스	031-546-7409
홈페이지	www.minfinity.com
E-mail	sales@minfinity.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

㈜마이크로인피니티는 2001년에 설립된 위치, 항법, 시각 및 통신 솔루션을 제공하는 PNT-C 전문기업이다. 관성항법 분야에서는 반도체 MEMS 초정밀 자이로와 가속도계를 개발하여 국내 최초로 MEMS IMU를 요격 미사일에 공급하고 있다. 위성항법 분야에서는 모든 위성항법신호에 대응 가능한 수신기와 적의 전파방해와 기만유도에 대응하기 위한 세계적 기술의 항재밍 · 항기만를 개발하였으며 통신분야에서는 소형 텔리메트리와 고속 영상정보 전송이 가능한 데이터링크를 개발하였다.

현재 소형 IMU를 양산해 국내 무기체계에 사용된 외산 제품을 대체하고 있으며, 개발 중인 고성능 항법급 가속도계 및 IMU 개발이 완료되면 E/L문제로 어려움에 있는 국내 방산업체의 최첨단 무기체계 개발에도 기여할 것이다. 앞으로 위치 · 항법 · 시각 · 데이터링크 기술을 활용해 빅데이터, 로봇, 무인 자동차 · 항공기 등 4차산업으로 시장을 확대할 계획이다.

[전시품 소개]

MEMS 기반 관성 센서

• 현재 전력화 중인 각종 유도무기체계 적용

위성항법 · 항재밍

• Multi-GNSS 수신기
• Anti-Jamming Device Platform Solution

항법 전자 및 시스템

• 유무인기 임무장비용 항법보드 및 항법 시스템

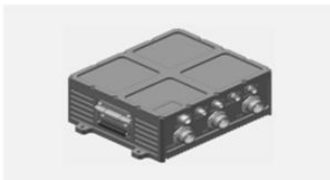
데이터 링크

• Weapon Control Data Link Solution

SW 및 전자전

• KFX 성능운용 및 데이터 분석

전원장치



• 무전기 무인수상정 등

업체 및 전시품 소개서

SUNGWHA Tech
International Network System

xsens

Booth No.
09

회 사 명	성화테크 주식회사
대 표 자	신동호
주 소	(34186) 대전광역시 유성구 대학로 28, 홍인오피스텔 701호
전 화	042-828-7857
팩 스	042-828-7858
홈페이지	http://www.sungwhatech.com
E-mail	info@sungwhatech.com
회사 및 전시품 소개	[회사 소개] **전 세계 전자/정보/통신 기술의 만남** 21세기 급변하는 시대를 맞아, 전기/전자/정보/통신분야는 편안하고 쾌적한 삶을 누리기 위해 인간의 삶에 꼭 필요한 분야가 되었습니다. 성화테크는 전기/전자/정보/통신 분야의 축적된 노하우를 가지고 2002년 창사 이래 초 정밀 시간 및 주파수/ 무선 증폭기/ 지상용 추적 안테나/ 영상 처리/ 관성측정장치 및 자세안정화시스템 등 여러 분야에 걸쳐 전 세계 여러 나라와 독점 계약을 체결하여 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공하고 있는 전문 업체로서, 현재에 만족하지 않고 지속적으로 유사분야의 확장 및 신규 분야의 새로운 시장 개척을 위해 끊임없이 노력하고 있습니다. [전시품 소개] Xsens의 소형화 및 집적화된 MEMS 관성 측정 장치 (Inertial Measurement Unit, IMU)은 매우 정확하게 3차원 움직임을 측정할 수 있습니다. 이러한 특별한 품질은 자세 제어, 위치 제어, 자세 안정화 (stabilizer), 작은(무인) 운송수단의 항법과 신체 전체의 관성을 포착(용도: camera-less character animation, VR training and simulation, sports and health) 하는 것과 같은 최첨단 응용 분야의 구현을 가능하게 합니다. Xsens의 최첨단 소형 MEMS 관성 센서 기술은 가속도계(Accelerometer), 자이로스코프(Gyroscope), 즉 자이로 센서 (Gyro Sensor) 등을 포함한 관성 측정 센서(IMU, Inertial Measurement Unit)와 지구 자기 감지 센서(Magnetometer or Magnetic Sensor) 및 위성 항법시스템(GPS)과의 혼합한 통합 항법 알고리즘 설계 및 구현으로, 정확한 위치와 자세를 제공해주는 통합 위치(position) 및 자세 센서 (attitude sensor)입니다.

업체 및 전시품 소개서

INSUNG International co., Ltd.

Booth No. 10/11

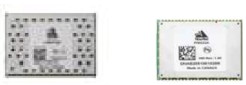
회 사 명	인성인터내쇼날 주식회사
대 표 자	최규주
주 소	(16976) 경기도 용인시 기흥구 기흥로 58, B동 308~309호 (구갈동, 기흥ICT밸리)
전 화	02-579-5031
팩 스	02-578-6167
홈페이지	www.insungsys.kr
E-mail	insung@insungsys.kr

회사 및 전시품 소개

NovAtel

1. Products: GNSS, INS, OEM7, GNSS Antenna, GAJT (Anti-Jamming Aenna)

· Channels : 555
· Positioning: Single, SBAS, DGPS, TerraStar-L&C, RTK
· Solutions : SALIGN, GLIDE, RAIM, SPAN
· Interfaces : Serial, USB, CAN, Ethernet, Memory



OEM7500 / PIM222A

PwrPak7
(Single/Dual antenna)

SMART Antenna

SPAN-CPT7

GAJT-710

GAJT-410

2. Solution

- Relative INS for UAV landing on Vessel
- Relative GNSS (Align Relative Positioning)
- Precise Heading & Pitching in one receiver
- High Vibration Application for tough environment
- Technology for Anti-jamming and Anti-spoofing
- PPP (Precise Point Positioning) Correction Service
- Post-Processing Software
- GAJT(Anti-Jamming) + RTK
- High Accuracy IMU
- SPAN solution (GNSS and INS combination)

업체 및 전시품 소개서

PPSOL

Booth No.
12

회 사 명	㈜피피솔
대 표 자	박관동
주 소	(08504) 서울 금천구 서부샛길 606, B-2311
전 화	02-6925-1516
팩 스	-
홈페이지	www.ppsol.com
E-mail	ppsol@ppsol.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

"Precise Positioning Solution"

㈜피피솔은 다년간의 GNSS 정밀측위기술 개발 경험과 세계 최고 수준의 위성항법 오차모델링 기술력을 보유한 기업으로, 높은 정확도의 위치정보 생성을 위한 소프트웨어 및 서비스 개발을 목표로 최선의 노력을 경주하고 있습니다.

향후 10년 이내에 급격한 성장세를 보일 것으로 전망되는 위성항법 시장의 수요에 발맞춰 ㈜피피솔은 첨단 위성항법기술 개발 및 기술지원 등 국내 기술발전에 기여하고자 합니다.

[전시품 소개]

RTAP2U

소형, 경량, 저전력의 신개념 이중주파수 Multi-GNSS 수신기로서, 배터리가 내장되어 있는 형태입니다.

RTAP3MS

초소형 GNSS 수신기로서 1cm 이내의 초고정밀 위치정보를 출력하는 신개념 삼중주파수 수신기입니다.

A1

기준국과 로버로 활용 가능한 GNSS 수신기+안테나로서 1cm 이내 초고정밀 위치정보를 출력하는 삼중주파수 장비입니다.

RTK2U

드론 탑재가 용이하도록 제작된 초소형 고정밀 GNSS 수신기로서 모바일 앱으로 간편하게 동작할 수 있습니다.

RTK2UF

기존 RTK2U보다 더욱 얇아진 Ultra-Flat GNSS 수신기로서 소형 이동체 탑재에 용이합니다.

▶ **RTAP2U:** 센티미터 정확도의 위치정보를 출력하는 소형, 경량, 저전력의 신개념 이중주파수 Multi-GNSS 수신기입니다.

▶ **RTAP3MS:** 초소형 GNSS 수신기로서 1cm 이내의 초고정밀 위치정보를 출력하는 신개념 삼중주파수 수신기입니다.

▶ **A1:** 기준국과 로버로 활용 가능한 GNSS 수신기+안테나로서 1cm 이내 초고정밀 위치정보를 출력하는 삼중주파수 장비입니다.

▶ **RTK2U:** 드론 탑재가 용이하도록 제작된 초소형 고정밀 GNSS 수신기로서 모바일 앱으로 간편하게 동작할 수 있습니다.

▶ **RTK2UF:** 기존 RTK2U보다 더욱 얇아진 Ultra-Flat GNSS 수신기로서 소형 이동체 탑재에 용이합니다.

업체 및 전시품 소개서

SI 쎄트렉아이 SATREC INITIATIVE

Booth No. 13

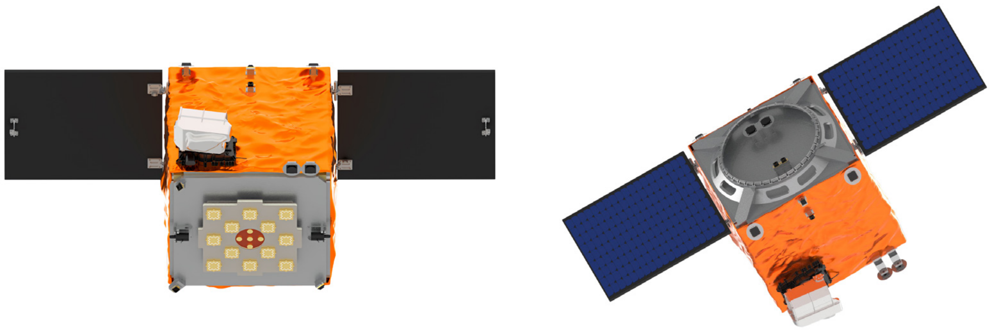
회 사 명	(주)쎄트렉아이
대 표 자	김이을
주 소	(34051) 대전광역시 유성구 엑스포로 441
전 화	042-365-7500
팩 스	042-365-7549
홈페이지	https://www.satreci.com
E-mail	info@satreci.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

쎄트렉아이는 우리나라 최초의 인공위성인 우리별 1호를 개발한 핵심 인력이 1999년 설립한 국내 유일의 지구 관측 위성 체계 개발 및 수출 기업입니다.
중소형 지구 관측 위성 분야에서 글로벌 경쟁력을 보유하고 있으며, 초고해상도 중형위성에서 고해상도 소형위성까지 임무에 최적화된 제품을 공급하고 있습니다.
더불어, 자회사 SIIS, SIA 와 함께 위성영상 공급 서비스와 AI 기반 GEOINT 솔루션을 전 세계에 제공하며, 위성체계와 영상분석을 아우르는 종합 솔루션을 구축해가고 있습니다.
최근에는 25cm 해상도의 초고해상도 상업용 지구관측위성 SpaceEye-T를 성공적으로 발사하며, 글로벌 경쟁력을 한층 더 강화했습니다.

[전시품 소개]



[항법위성 1/2 사이즈 위성모형]

업체 및 전시품 소개서

Hanwha Aerospace

Booth No. 14/15

회 사 명	한화에어로스페이스(주)
대 표 자	손재일
주 소	(51542) 경상남도 창원시 성산구 창원대로 1204(성주동)
전 화	02-729-2156
팩 스	
홈페이지	www.hanwhaaerospace.com
E-mail	hyung393292@hanwha.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

한화그룹은 1952년 국가와 사회에 기여한다는 창업 정신으로 설립되어 지난 70여년간 국가 발전에 일익을 담당하여 성장해왔습니다. 이를 바탕으로 한화에어로스페이스는 국내 뿐 아니라 세계를 무대로 지상, 해양, 항공, 나아가 우주까지 전방위 산업의 중추적인 역할을 하고 있으며 지속 가능한 성장을 실현하고 있습니다.

특히 정밀유도 무기의 체계설계부터 종합시험평가까지 전 과정의 핵심 역량을 보유하고 있으며, 지상플랫폼 관련 독자적인 개발 역량과 오랜 기간 축적한 기술력을 바탕으로 지상전에서 공중전까지 모든 전장 환경에 대응하는 탄탄한 무기체계 라인업을 구축했습니다. 유도무기 또는 지상무기체계 등 다양한 플랫폼에 탑재 가능한 항법장치를 비롯하여 40년 이상 고폭화약과 추진체를 생산해 온 노하우를 토대로 자주국방에 공헌하는 방위산업 기술을 선도하고 있습니다.

당사는 30년 이상의 노하우를 보유한 항법장치 개발/제조 전문 업체로 2025년 IPNT Conference의 전시품으로 항법시스템 및 관성측정기, 항재밍장치 등 제품을 전시하고자 합니다.

[전시품 소개]

1. 항법시스템 및 관성측정기

국산화 관성측정기
- 전술급 유도무기 등

소형화 항법시스템
– 무인시스템 등

다목적 고정밀 항법시스템
- 105mm, K2 등

2. 항재밍장치

소형화 항재밍장치
- 무인플랫폼, 드론 등

업체 및 전시품 소개서

와이즈시스템(주)
WISE SYSTEM Co., Ltd

Booth No.
16

회 사 명	와이즈시스템(주)
대 표 자	윤희홍
주 소	(05855) 서울시 송파구 송파대로 167, 테라타워 B-1114
전 화	070-7010-0440
팩 스	070-4325-2161
홈페이지	http://wisesystem.co.kr
E-mail	sales@wisesystem.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

저희 와이즈시스템은 GNSS 연구 및 개발에 적합한 최고의 솔루션을 제공하고 있습니다. GNSS 시뮬레이터 분야에서 독보적인 기술력을 갖고 있는 Spirent에서는 High End GNSS Simulattion 시스템을 바탕으로, None-ICD GNSS 신호개발에 사용되는 Flexible Simulator를 공급하고 있어, KPS 시스템 개발에 활용될 수 있습니다.

GNSS 수신기와 INS항법장치로는, 세계 최고의 정밀도와 직관적인 GUI를 갖고 있는 Septentrio와, SBG Systems 제품을 취급하고 있습니다.

높은 품질과 다양한 라인을 보유한 GNSS 안테나 전문업체인 Antcom, Matterwaves, Tallysman, 증폭기와 분배기 같은 GNSS 악세서리를 전문적으로 생산하는 GPS Source사의 제품등 다양한 라인업으로 여러분들의 든든한 동반자가 될 것입니다.

[GNSS 테스트 솔루션]

[GNSS/Inertial 항법장치]

업체 및 전시품 소개서

FIBERPRO

Booth No.
17

회 사 명	**(주)파이버프로**
대 표 자	고연완
주 소	(34113) 대전광역시 유성구 가정북로 26-55
전 화	042-360-0030
팩 스	042-360-0050
홈페이지	www.fiberpro.com
E-mail	sales@fiberpro.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]
(주)파이버프로는 광섬유 자이로스코프, IMU, INS, 항재밍GNSS 등 정밀 센서 기반의PNT(Positioning, Navigation, Timing) 솔루션을 제공하는 전문기업입니다. 항공우주, 국방, 산업 분야에 고정밀 · 고신뢰성 제품을 공급하며, 창립 30주년을 맞아 글로벌 기술 리더십을 강화하고 있습니다. 자체 기술 기반의 국산화 제품을 통해 경쟁력을 확보하고 있으며, 통합 항법 기술 개발에도 박차를 가하고 있습니다.

[전시품 소개]
광섬유 자이로스코프, 관성측정장치(IMU), 항법장치(INS), 항재밍GNSS 등 정밀 센서 기반의PNT 솔루션을 제공합니다. 다양한 운용환경에서 요구되는 고정밀 항법 성능과 신호 교란 대응 기술을 통해 항공우주 및 방산 분야에 최적화된 제품을 제공합니다.

다양한 CRPA (2소자, 4소자, 8소자) 항재밍장치

항재밍 통합 항법장치

관성항법장치

업체 및 전시품 소개서

가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information

Booth No.
18

회 사 명	가치공간정보 주식회사
대 표 자	서동용
주 소	(16426) 경기도 수원시 권선구 수성로 8 103호
전 화	031-292-2220
팩 스	050-8927-5952
홈페이지	www.valuespace.info
E-mail	dyseo@valuespace.info

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

가치공간정보는 고정밀 GNSS 측위기술을 기반으로 GNSS 상시관측 인프라 솔루션, 항법 솔루션, 타이밍 솔루션, 드론 및 3D 스캐닝 솔루션과 서비스를 제공하고 있습니다.

2025년 현재 서울특별시 GNSS 네트워크 RTK 시스템 유지관리 용역, 국립해양측위정보원 GNSS 수신기 및 안테나 납품, 고정밀 GNSS 데이터 처리 시스템 개발, DGNSS 통계관리 시스템을 납품하여 유지관리하고 있습니다.

[제품 소개]

- **GNSS 상시관측소 및 변위 모니터링 솔루션**
  - GNSS 고정밀 후처리, RTK 및 광파측정기 기반 변위 모니터링 솔루션
  - 설치현장 : 국립해양측위정보원, 청풍대교, Guam 부두 확장공사 현장
  - 소프트웨어 : 고정밀 좌표관리 시스템 (자체개발), Trimble 4D Control 소프트웨어
  - 하드웨어 구성

GNSS 수신기

광파측정기 세트

- **항법용 솔루션**
  - 측위보정 서비스 : Trimble CenterPoint RTX (수평 2.5cm)
  - 소프트웨어 : Trimble Earthwork, Applanix POSPac MMS
  - 하드웨어 구성

Trimble MPS566 수신기 세트

Applanix LV Series

업체 및 전시품 소개서

OEM GNSS NO.1
(주)삼영피엔티
Positioning/Navigation/Timing

Booth No.
19

회 사 명	주식회사 삼영피엔티
대 표 자	김영균
주　소	(14303) 경기도 광명시 범안로 996번길 6, 광명티아모IT타워 1212호
전　화	02-6081-0088
팩　스	02-6003-0089
홈페이지	http://www.samyoungpnt.com
E-mail	ygkim@samyoungpnt.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]
(주)삼영피엔티는 센티미터급 GNSS 기술을 활용하여 고객의 생산성을 극대화하고 수익성을 향상시키는 고정밀 GNSS Receivers, INS/IMU, AHRS 제품 및 통신 장비를 공급/관리/기술지원 하는 GNSS 선도 기업입니다.

[제품 소개]
• 삼영피엔티 공급/관리/기술지원 주요 GNSS 제품

GNSS 제품 제조사		공식인증	응용(적용)분야
Trimble	Trimble OEM GNSS	Korea Sole 대리점	항공.우주/육상/해양 [GNSS System]
Hemisphere	Hemisphere Inc.	Korea Sole 대리점	해양.선박/건설/농업 특화 [Vector]
aeron	Aeron Systems.	Korea Exclusive지사	항공/국방 특화 [INS/IMU.AHRS]
applanix A TRIMBLE COMPANY	Applanix Corporation	Korea 정식 대리점	초정밀 reference [GNSS System]

• Trimble GNSS Receivers & Integrated Inertial Navigation System

(주)삼영피엔티 제조 완제품
[GNSS Module&Enclosures]

• Hemisphere 선박/건설/기계제어/농업/방산/로봇/초정밀 Vector System

업체 및 전시품 소개서

단암시스템즈

Booth No. 20

회 사 명	단암시스템즈 주식회사
대 표 자	이성엽
주 소	(13930) 경기도 안양시 동안구 동편로 79-26(관양동)
전 화	031-538-6000
팩 스	031-425-4308
홈페이지	www.danam.co.kr
E-mail	danam@danam.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

단암시스템즈는 1985년 설립 이래 방위산업 통신 분야에 매진하여 왔으며, 지대공 유도탄용 원격측정장치(TLM) 국산화를 시작으로 2000년대에는 항공우주산업 및 항법사업 분야에 진출 하였습니다. 디지털시대 리더로 성장하기 위해 방위산업 통신 분야의 기술을 바탕으로 원격측정장치, 데이터링크장치, 항재밍장치 등 첨단 기술 개발을 통해 다양한 유도무기, 우주발사체, 유/무인항공기 등 핵심적인 전략사업의 큰 축을 담당하고 있습니다.

[전시품 소개]


4소자 항재밍장치


4소자 배열안테나


5소자 항재밍장치(일체형)


7소자 항재밍장치


위성항법장치


적측형 데이터수집장치
SCDAU


큐브위성용 위성항법모듈

RF / 항재밍 / 항법 칩


재활용 우주발사체용
전파고도계

업체 및 전시품 소개서

ETRI

Booth No. 21

회 사 명	한국전자통신연구원
대 표 자	방승찬
주 소	(34129) 대전광역시 유성구 가정로 218
전 화	042-860-6114
팩 스	042-860-6949
홈페이지	www.etri.re.kr
E-mail	uhchoi@etri.re.kr

회사 및 전시품 소개

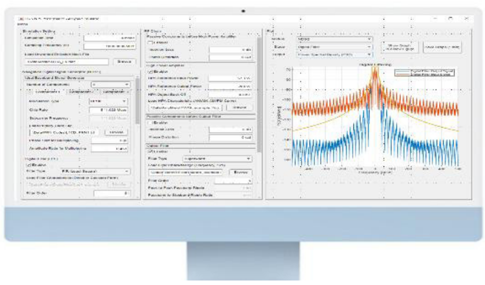
[회사 소개]

설립일자 : 1976.12.30.

설립목적 : 한국전자통신연구원은 국가의 신가치 창출, 산업경쟁력 강화, 신시장 개척 등의 국가의 국력신장에 이바지하기 위하여 설립되었으며, 이를 위하여, 정보통신을 포함한 광범위한 디지털 혁신기술을 연구개발한다.

비전 및 목표 :

[제품 소개]



〈위성항법성능분석 시뮬레이터〉

업체 및 전시품 소개서

Booth No.
22

회 사 명	주식회사 나브인랩스
대 표 자	조성윤
주 소	(38541) 경산시 대학로 316 영남대학교 벤처창업관 204호
전 화	010-9760-7248
팩 스	0504-319-7248
홈페이지	www.navin-labs.com
E-mail	navin-labs@navin-labs.com

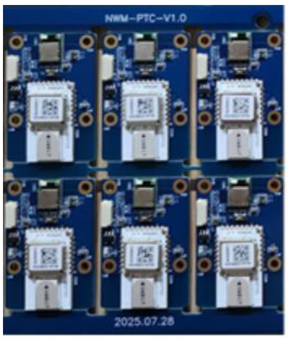
회사 및 전시품 소개

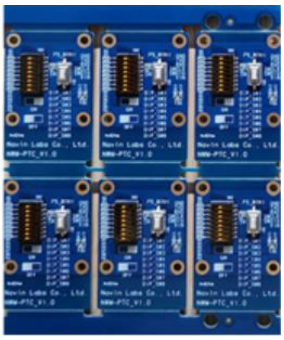
[회사 소개]

- 나브인랩스(Nav 人 Labs)는 인간을 위한 항법기술을 연구하는 기업으로 관성항법 기술을 기반으로 다양한 복합항법 솔루션과 UWB 기반 측위 기술을 개발하고 실 환경에 적용하기 위한 목표로 2023년 6월에 설립되었다.
- 인프라가 없는 환경에서도 보행자의 위치를 정확하게 추정하여 제공하는 PINS와 Positioning / Tracking / Communication 모드를 모두 설정하고 사용할 수 있는 UWB 모듈을 개발하여 상용화를 앞두고 있다.
- 발사체, 무인항공기, 자율주행차, 선박용 AIS를 위한 INS 기반 복합항법시스템 및 기술을 개발하여 성능검증한 솔루션을 확보하고 있으며, 긴급구조 등을 목적으로 LTE/WiFi 등을 사용한 무선측위 솔루션을 확보하고 있다.

[전시품 소개]

- NWM-PTC (NavIn uWb Module – Positioning, Tracking, and Communication)





+ App

- PINS (Pedestrian Inertial Navigation System)

+ App + Server

업체 및 전시품 소개서

Booth No. 23

회 사 명	한민인터내셔널(주)
대 표 자	한상국
주 소	(16006) 경기도 의왕시 이미로 40, 인덕원IT밸리 C동 807호
전 화	031-8084-3000
팩 스	031-8084-3003
홈페이지	www.hanmin-intl.com
E-mail	song@hanmin-intl.com
회사 및 전시품 소개	**[회사 소개]** 한민인터내셔널㈜은 방위 산업 분야에 특화하여 해외 우수 기업을 발굴하고, 국내에 자재 공급 및 기술 솔루션을 제공함으로써 고객을 위한 가치 창조를 목표하는 기업입니다. '옳은 일을 처음부터 올바르게 추진해야 한다.'는 기본 정신에 입각하여, 당사의 모든 임직원은 귀사에 최고 품질의 제품과 서비스를 제공하기 위해 최선을 다하겠습니다. **[전시품 소개]** Shock Tech Inc.의 마운트(Mount) 제품은 항공 우주, 해군, 지상무기와 같이 다양한 산업에 적용되는 고품질의 충격, 진동 완화 솔루션을 제공합니다. LP(Low Profile) Mount(그림 1)는 항공 분야에 적용되는 경량 구조 설계의 고주파 마운트 제품입니다. Bushing Mount(그림 2)는 항공 장비 및 IMU 등 다양한 분야에 적용됩니다. RB Series는 중저주파수 범위의 마운트 어셈블리입니다. Ring Mount(그림 3)는 항공 분야, IMU 등에 적용되며, 고객별 요구에 따른 맞춤형 솔루션이 제공됩니다.  그림1. STI LP Mount  그림2. STI Bushing Mount  그림3. STI LP Mount Battlefield International Inc.는 UAV용 퀵 커플러 기술을 선도하는 기업입니다. EnduroLink™(그림 4)는 세계 표준 UAV 퀵커플러이며, 소형에서 중형까지 모든 UAV 플랫폼에 적용됩니다. 100만 시간 이상 성공적 비행을 통해 극한 환경에서도 탁월한 성능을 자랑하며, 고객 맞춤형 통합 설계가 가능합니다.  그림4. Battlefield EL Series

업체 및 전시품 소개서

Booth No.
24

회 사 명	마치 일렉트로닉스 아이엔씨
대 표 자	조광래
주 소	부산시 해운대구 센텀중앙로 48 에이스하이테크21 1304호
전 화	051-744-7461
팩 스	051-744-8150
홈페이지	www.marchelectronics.com
E-mail	chris.kim@marchelectronics.com

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

당사는 미국 뉴욕에 본사를 두고 있으며, 1972년 창립하여 세계3대방위산업체인 록키드마틴, 보잉, BAE시스템 뿐만 아니라 레이테온 테크놀로지, 파커하니핀 등에 연결기, 케이블자재, 릴레이등을 지속적으로 공급하고 있습니다.

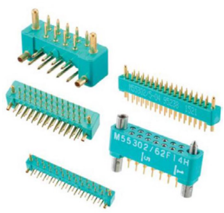
당사제품이 국내에 적용시작한지는 25년 이상 경과되었으며, 한화에어로스페이스/한화시스템/LIG 넥스원 및 1차 협력업체로 지속적으로 납품되고 있습니다.

[전시품 소개]

- **D38999 Series IV 커넥터**

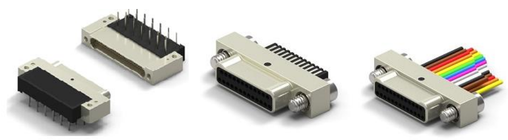
- **M24308 D-Subs커넥터**

- **M55302/M28748 PCB용 각형 커넥터**



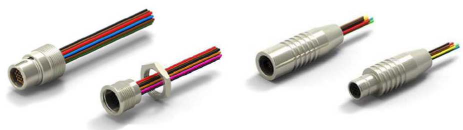
- **M83513 Micro-D 커넥터**

- **M32139 Nano-D 커넥터**



- **Lanyard Connectors 배꼽분리연결기**

- **Push-Pull type Micro/Nano connectors 개인무장체계용 커넥터**



업체 및 전시품 소개서

///Ascen

Booth No.
25

회 사 명	㈜아센코리아
대 표 자	황국연
주 소	(08591) 서울특별시 금천구 가산디지털1로 2, 9층 905호(가산동, 우림라이온스밸리2차)
전 화	1544-3818
팩 스	02-6499-2940
홈페이지	www.ascenkorea.com
E-mail	sales@ascen.co.kr
회사 및 전시품 소개	**[회사 소개]** 20여 년간 쌓아온 현장 경험과 기술 노하우로, 다양한 산업 현장에서 입증된 GNSS 솔루션을 제공합니다. 글로벌 엔진사 및 전문 파트너들과의 긴밀한 협업을 통해 안정적인 개발을 하고, 고객에게 최적화된 맞춤형 설계를 지원합니다. 하드웨어 중심이 아닌, 고객의 상황과 요구를 반영한 FW/HW/SW 통합 설계 역량으로 차별화된 가치를 만들어왔습니다. 아울러, 현장에서 즉각 대응 가능한 빠른 피드백과 전문 FAE 지원으로 고객과 함께 성장하며, 보다 합리적인 가격으로도 세계적 수준의 품질을 경험할 수 있는 솔루션을 제안합니다. 우리는 단순한 기술 공급자가 아닌, 고객과 함께 고민하고 해답을 찾아가는 파트너입니다. **[전시품 소개]** • **AK100, AKN-940-LTE, AKT980R-LTE, AK1000** - 1cm 미만의 좌표 정밀도를 기반으로 위치 정보를 제공하는 고정밀 GNSS 수신기입니다. • **AK770M** - 고성능 휴대용 GNSS 수신기로, 최대 35시간 구동과 블루투스 · USB 연동을 지원하며 관심위치 저장과 이동 정보 기록 기능을 제공하는 차량 관리에 최적화된 제품입니다. • **CRPA 항재밍 안테나** - 디지털 빔포밍 기술을 기반으로 강력한 재밍 신호를 차단하고, 유효한 신호만을 선택적으로 수신합니다. 재밍 환경에서도 안정적인 GPS 수신을 보장하며, 열악한 환경에서도 더 많은 위성을 확보할 수 있습니다. • **AKTA** - 간편한 조작과 블루투스 연동을 지원하는 휴대용 GNSS 단말기로, 이동국 · 기준국 · 정적 모드에서 안정적인 위치 정확도를 제공합니다. • **군용 수신기** - 현 운용중인 잠수함, 수상함에 고정밀 항법 시스템을 제공합니다. • **표준단말** - 표준 단말은 저비용 하드웨어와 초정밀 소프트웨어를 결합해 안정적인 GNSS 성능을 제공하며, RTK 기반 정밀 보정 서비스와 다양한 이동체 적용성을 통해 고객 맞춤형 솔루션을 실현합니다.

업체 및 전시품 소개서

Booth No.
26

회 사 명	주식회사 이제이텍
대 표 자	남순성
주 소	(13625) 경기도 성남시 분당구 미금로33번길 10(석정빌딩)
전 화	031-711-4880
팩 스	031-711-6311
홈페이지	www.ejtech.net
E-mail	sykim@ejtech.net

회사 및 전시품 소개

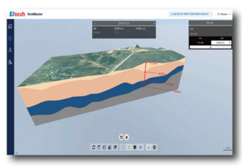
[회사 소개]

첨단기술을 통한 보다 안전한 미래를 추구하는 ㈜이제이텍은 1994년 설립된 토목 분야 계측 중심 회사로써 국내 최고 기술력을 바탕으로 국내외의 댐, 교량, 빌딩, 터널, 항만 등의 구조물 및 사면, 비탈면 연약지반 등의 모니터링을 위한 계측시스템 공급 및 분석 서비스를 제공하고 있습니다. 또한 첨단 모니터링 기술 확보를 위해 모니터링 SW 및 플랫폼, 광섬유 센서, GNSS 변위 모니터링 시스템 등 다양한 개발을 수행하고 있습니다. 2025년 현재 총 138명의 기술자와 50개 이상의 특허기술 및 12개의 SW 저작권을 보유하고 있습니다. 자체 개발한 HP750-RTK의 경우 한국수자원공사의 지원 및 협업을 통해 국산화 개발하였으며 고성능 Receiver, Antenna의 고정밀 일체형 제품입니다. 현재 전국 1,000대 이상 설치 및 운영되고 있으며 이 외에도 전국 비탈면, 사면, 교량, 가시설물 등에 자체 개발한 AK1000제품 약 800여대를 설치 및 운영하고 있어 전국 총 2,000대의 고정밀 GNSS 단말기를 설치, 공급, 운영중에 있습니다.

[전시품 소개]

HP750−RTK

AK1000/AK1000B



GeoMaster

- **HP750-RTK**
  - 댐, 연약지반 및 방조제(조력발전소) 현장에 적용되어 침하량 분석을 포함한 변위계측을 실시하고 있는 실시간 모니터링이 가능한 GNSS 수신기 (안테나 일체형)입니다.

- **AK1000/AK1000B**
  - 국내 비탈면 및 사면, 교량 현장에 적용되어 실시간 변위를 측정하는 고정밀 실시간 RTK GNSS 수신기(안테나 분리형)입니다.

- **변위 모니터링 시스템**
  - 실시간 데이터 수집, 변환, 통계처리, 데이터 후처리(필터링), 데이터 시각화 등이 가능한 변위 모니터링 시스템입니다.

- **디지털 트윈 기반 실시간 통합 모니터링 솔루션 [GeoMaster]**
  - 연약지반의 지층모델 등 디지털 트윈 모델에 실시간 계측 데이터 모니터링 시스템을 융합한 웹기반 플랫폼입니다.

업체 및 전시품 소개서

Booth No.
27

회 사 명	㈜문화방송
대 표 자	안형준
주 소	(03925) 서울시 마포구 성암로 267
전 화	02-789-1659
팩 스	02-789-3905
홈페이지	rtk.mbc.co.kr
E-mail	mbcrtk@mbc.co.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

MBCRTK는 세계 최초의 방송 · 통신 융합형 정밀 측위 서비스로 전국 커버리지의 GNSS 기준국 인프라와 방송 및 통신 네트워크를 통해 전국 어디서든 사용자에게 cm 수준의 위치 정보 서비스를 제공합니다.

MBCRTK는 사용자에게 필요한 RTK 보정정보를 실시간으로 제공하며, 자율주행, 드론, 해양, 건설 등 다양한 분야에 정밀한 위치를 제공합니다.

국내는 물론 미국 최대 지상파 방송사와 협력하여 미국 상용서비스를 개시하였으며, 방송망을 활용하여 기존 RTK 서비스의 통신료 부담을 최대 99%까지 절감할 수 있는 혁신적인 서비스입니다.

[전시품 소개]

SMC-3000 Robotics는 L1, L2, L5의 3중 주파수 대역 위성을 수신하여 보다 높은 RTK Fix 가용성과 안정성을 보장하며, 최대 50Hz의 높은 출력을 제공합니다.

특히 우수한 관성항법(INS) 기능을 기본 장착하여 터널과 같은 GNSS 음영지역에서도 안정적인 항법을 보장합니다.

따라서 수 많은 GNSS 음영지역과 도심 빌딩 숲에서 작업하는 야외 로봇 등의 Ground Vehicle에 최적화된 솔루션입니다.

-제품의 특장점

- 다양한 플랫폼에서도 원활한 지원
- GNSS 음영지역에서의 강력한 DR 기능
- 초소형, 초경량 RTK, LTE 통합 제품

업체 및 전시품 소개서

SYNEREX High-Precision Positioning

Booth No. 28

회 사 명	㈜씨너렉스
대 표 자	박재덕
주 소	(34047) 대전광역시 유성구 유성대로 1689번길 70, 510호
전 화	02-2088-1182
팩 스	070-7580-3638
홈페이지	https://www.synerex.kr/
E-mail	jdpark@synerex.kr

회사 및 전시품 소개

[회사 소개]

㈜씨너렉스는 2016년 설립된 정밀 위성항법 전문기업으로, 센티미터급 초정밀 GNSS RTK 기술을 보유하고 있습니다. 드론, 자율주행, 로봇, 정밀농업 등 다양한 분야에 고정밀 위치 측위 솔루션을 공급하고 있습니다. 특히 다중센서 융합 항법과 GPS 음영지역 대응 기술을 자체 개발하여 글로벌 수준의 경쟁력을 확보했습니다.씨너렉스는 미래 자율 모빌리티 산업을 선도하는 기술 기업으로 성장하고 있습니다.

[전시품 소개]

SynRTK	초소형, 초경량 GNSS RTK 휴대용 블루투스 키트

SYN-3000 Series	듀얼 · 트리플 밴드 GNSS RTK 수신기로 고성능 GNSS RTK 수신기

차례

PROGRAM

2025년 항법시스템학회 정기학술대회
(2025 IPNT Conference)

AI 시대를 맞이하는 차세대 PNT 기술과 응용
(PNT in the AI Age: Evolving Technologies and Practical Applications)

2025. 11. 4.(화) - 8.(토)
롯데호텔 제주(중문)

Web Proceedings
http://ipnt.or.kr/2025IPNT

주최 사단법인 항법시스템학회 THE INSTITUTE OF POSITIONING NAVIGATION, AND TIMING

후원 KARI 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute, Hanwha Aerospace, LIG, kt sat, ThalesAlenia Space, MICROINFINITY, SUNGWHA Tech, 와이즈시스템(주) WISE SYSTEM Co., Ltd, ETOBB, GTS solutions, (주)동원측량콘설탄트 DongWon Survey Consultants Co.,Ltd.

초청의 말씀

존경하는 항법시스템학회 회원 여러분!

급변하는 기술 환경 속에서 인공지능(Artificial Intelligence)은 이제 기술적 진보를 넘어, 인간의 사고와 판단을 보조하고 대체하는 초연결·초지능 사회의 주축이 되어가고 있습니다.

우리는 지금, 자율주행차가 실시간으로 도시를 주행하고, 드론이 도심 상공을 누비며, 증강현실이 현실의 한계를 확장하는 디지털 전환의 결정적 전환점에 서 있습니다.

이러한 변화의 물결 속에서, 우리의 일상생활과 산업 현장, 해양과 우주까지 - 공간을 이해하고 움직이며 시간을 정밀하게 맞추는 기술, 곧 PNT(Positioning, Navigation, and Timing) 기술의 중요성은 그 어느 때보다 커지고 있으며 이에 발맞추어 새로운 도약을 준비하여야 할 시점입니다.

정밀도와 신뢰성을 넘어, 미래의 PNT 기술은 기존 GNSS의 한계를 보완하고자 학습 기반 항법 시스템을 도입하고 있습니다. 가까운 미래에 변화무쌍한 환경에서도 자율적으로 최적 경로를 계산할 수 있으며, 위성 신호가 닿지 않는 실내·지하·우주 환경에서도 IMU, LiDAR, 카메라, 5G 등 다양한 센서를 활용한 융합 항법을 통해 연속성과 정확도를 확보하게 될 것입니다.

미래 PNT 기술은 AI와 융합하여 단순한 "측정" 기술을 넘어, 지능형 판단의 기반이 되어야 합니다. 미래에는 PNT 없이는 어떤 자율 시스템도, 어떤 스마트 도시도 완성될 수 없습니다.

이에 저희는 아름다운 가을의 정취가 함께 하는 제주도에서 2025년 11월 4일부터 8일까지, "AI 시대를 맞이하는 차세대 PNT 기술과 응용"이라는 주제로 정기학술대회를 개최합니다.

이번 정기학술대회를 통해 AI 시대에 요구되는 PNT 기술의 새로운 정의와 방향성을 국내외 산학연의 전문가는 물론 AI 시대를 이끌어갈 학생들과 함께 다양한 연구결과의 발표와 최신 기술 동향 소개 등의 진행으로 구체화하고자 합니다.

여러분들의 소중한 참여가 학술대회의 깊이를 더하고, 미래 항법기술 발전의 방향을 함께 모색하는 데 큰 힘이 될 것입니다.

감사합니다.

2025년 11월

사단법인 항법시스템학회

회장 **박 준 표**

2025 IPNT Conference 조직위원회

위원회	구분	성명	소속
대회장		박준표	국방과학연구소
조직위원장		박병운	세종대학교
프로그램 위원회	위원장	김선우	한양대학교
	위원	황석승	조선대학교
	위원	김효원	충남대학교
	위원	방유진	경상대학교
	위원	손표웅	충북대학교
국제협력 위원회	위원장	원종훈	인하대학교
	위원	신천식	한국전자통신연구원
	위원	주정민	한국항공우주연구원
	위원	이지윤	한국과학기술원
정책포럼 위원회	위원장	신천식	한국전자통신연구원
	위원	박상현	선박해양플랜트연구소
	위원	이병석	한국항공우주연구원
	위원	하지현	인하대학교
	위원	황유라	한국전자통신연구원
튜토리얼 위원회	위원장	김정래	한국항공대학교
	위원	송준솔	수원대학교
	위원	이유담	현대모비스
	위원	홍준석	한국천문연구원
전시홍보 위원회	위원장	신동호	성화테크(주)
	위원	김광진	한화에어로스페이스㈜
	위원	손석보	덕산넵코어스㈜
	위원	이병석	한국항공우주연구원
	위원	이장용	국방과학연구소
	위원	정병기	LIG넥스원㈜
	위원	주정민	한국항공우주연구원
	위원	서흥석	㈜마이크로인피니티
	위원	박두경	㈜문화방송

Web Proceedings 안내

2025년 학술대회는 Abstract Book은 출판하지 않고 Web Proceedings을 발간합니다. 학술대회 홈페이지에는 공지사항, 프로그램, 발표 논문, 발표장 안내도, 후원사 광고, 전시품 소개, 기업홍보 등 학술대회와 관련된 다양한 정보가 제공됩니다.

- 2025년도 항법시스템학회 정기학술대회(2025 IPNT Conference) 논문은 Web Proceedings에서 확인 가능하며, 전체 논문은 학술대회 발표 당일에 오픈됩니다.
- 관련 문의는 항법시스템학회 사무국으로 하여 주시기 바랍니다.

http://ipnt.or.kr/2025IPNT

사단법인 항법시스템학회 사무국
04323 서울특별시 용산구 한강대로 366, 7층 비709호(동자동, 트윈시티남산)
Tel: 02-704-5681, E-Mail: ipnt@ipnt.or.kr

등록 및 참가 안내

01 학술대회 등록

- **등록시간**
  - 2025. 11. 5.(수) 08:00 - 18:00
  - 2025. 11. 6.(목) 08:00 - 18:00
  - 2025. 11. 7.(금) 08:00 - 15:00
- **등록장소 :** 롯데호텔 제주 (6층 로비)
- **등록비**

구분	일반	학생·군·경
사전등록	350,000원	200,000원
현장등록	400,000원	250,000원

- **사전등록회원 :** "사전등록" 데스크에서 등록명부에 서명하신 후 자료집, 명찰, 기념품, 식사 쿠폰(만찬 1회, 중식 2회), 경품추첨 카드를 수령하시기 바랍니다.
- **현장등록회원 :** "현장등록" 데스크에서 현장등록 신청서를 작성하여 제출 후 결제를 완료하고 자료집, 명찰, 기념품, 식사 쿠폰(만찬 1회, 중식 2회), 경품추첨 카드를 수령하시기 바랍니다
- **등록영수증 및 참가 확인증은 행사종료 후 홈페이지(www.ipnt.or.kr)에서 발급가능합니다.**

02 발표자료 준비

- **구두발표**
  - 발표자료는 파워포인트 파일로 준비하여 주시기 바라며, 발표시간은 질의응답 포함 20분입니다.
  - 발표자료는 USB에 저장해 오신 후, 세션 시작 전에 발표장 담당 스탭에게 전달하여 주십시오.
  - 논문 발표는 각 발표장에 설치된 노트북을 이용해 주시기 바랍니다.
- **포스터발표**
  - 발표자료는 A0사이즈(841mm × 1,189mm) 1장으로 준비하여, 본인의 포스터 논문, 번호가 부착된 판넬에 11월 6일(목) 10시까지 부착하여 주시고 11월 6일(목) 오후 6시까지 게시 후 수거하여 주시기 바랍니다.
  - 11월 6일(목) 오후 1시부터 2시까지 포스터 집중발표 시간입니다. 발표자는 포스터 앞에서 회원들의 질의에 답변할 수 있도록 준비해 주시기 바랍니다..

03 숙소예약

- **단체할인가 적용 숙소 :** 롯데호텔 제주
- **단체할인가 적용 기간 : 2025. 11. 4.(화)-11. 8.(토)**
- 예약방법
  - 학술대회 홈페이지(http://ipnt.or.kr/sympo_map.php)에 안내된 "숙박안내"를 참고하여 예약해 주시기 바랍니다.
  - 변경 및 취소는 숙박 예정일 7일 전 18:00까지 해야 위약금이 발생하지 않습니다.
  - 숙소 입실은 15:00부터, 퇴실은 11:00까지입니다.

교통편 안내

01 찾아오시는 길

- **주소 :** (63535) 제주특별자치도 서귀포시 중문관광로 72번길 35, 롯데호텔 제주(중문)
  ※ Tel. 064-731-1000
- **지도 링크 :** https://naver.me/5I73yRex
- **교통편 상세 :** https://www.lottehotel.com/jeju-hotel/ko/about/location

02 공항 리무진 버스

버스	호텔 ⇨ 공항	공항 ⇨ 호텔	승하차	운행간격	문의
600번	06:40~22:20	06:00-22:40	롯데호텔 입구	매회 50분 간격	064-713-7000 삼영교통
601번	07:40-22:40	06:00-21:00	롯데호텔 현관	매회 50분 간격	

※ 공항탑승 장소는 GATE 5번 출구, 우측방향 공항리무진버스 승차장이며, 이용요금은 4,500원

03 롯데호텔 셔틀버스

버스	호텔 ⇨ 공항	공항 ⇨ 호텔	문의
공항셔틀	10:00, 13:00, 16:20	14:30, 17:30	064-731-4343(롯데호텔 컨시어지)

※ 이용안내

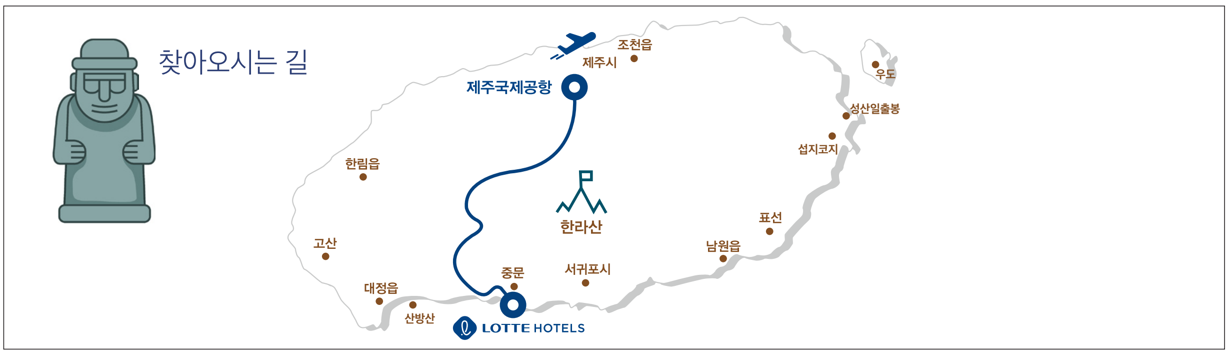
- **문의 : 064-731-4343 (롯데호텔 제주 컨시어지)**

· 탑승 장소는 제주공항 GATE 3번 출구, 대형버스 주차장 B-3 또는 B-4 구역입니다.
· 공항 GATE에서 셔틀 탑승 장소까지 소요시간은 도보 5분입니다.
· 사전 예약제 운영 및 투숙객 전용 무료 서비스입니다. (투숙 기간 한정)
· 출발 10분 전부터 탑승 가능하며, 정시에 출발합니다.
· 차량 대기장소/시간은 호텔 사정에 따라 변동될 수 있으니 양해 바랍니다.
· 셔틀버스 내 쾌적한 환경을 위해 음식물 반입이 안되오니 양해해 주시기 바랍니다.

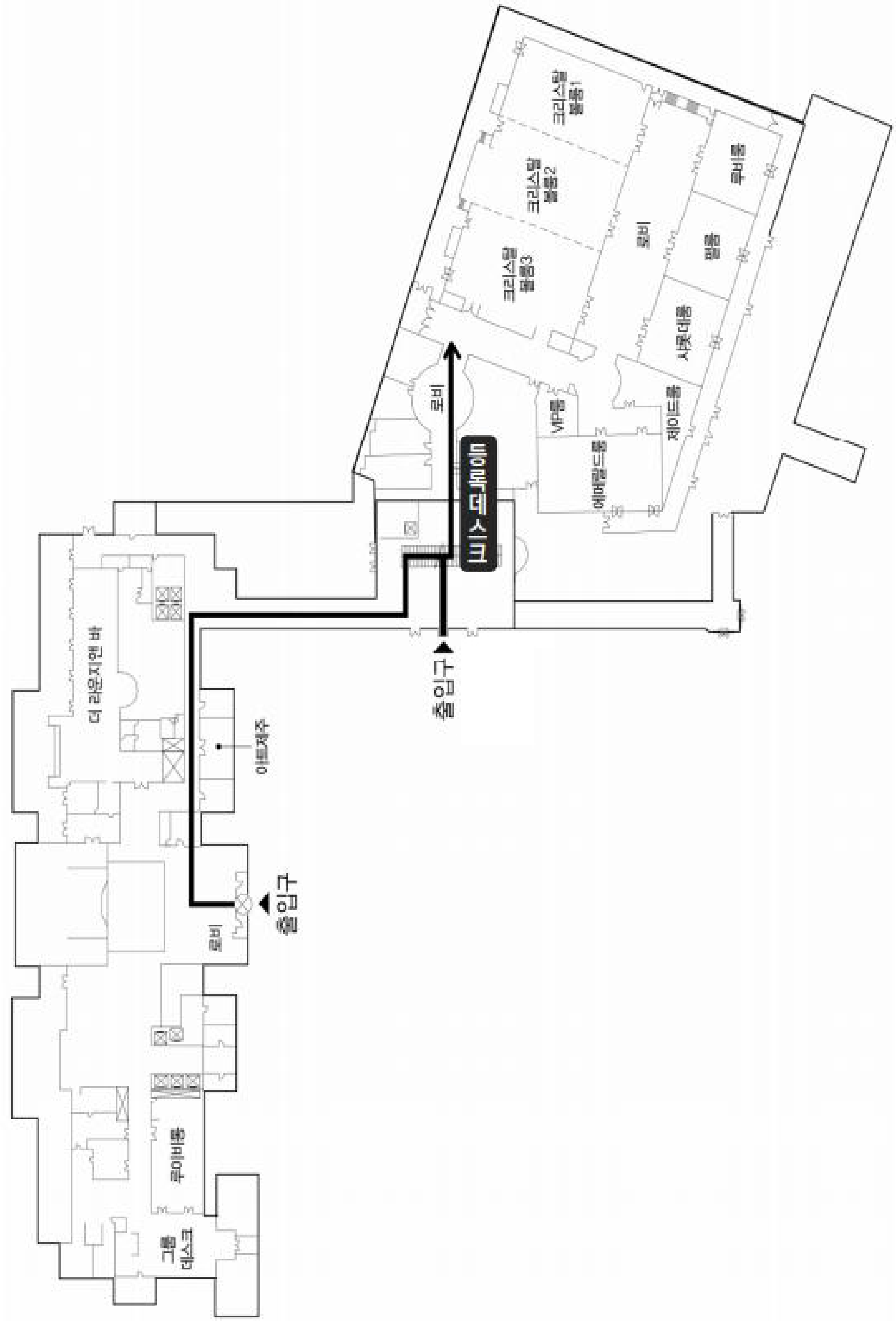
04 주차안내

롯데호텔 투숙객이 아닌 경우 지하주차장은 요금이 부과되므로 참석자는 오른쪽 지상 주차장을 이용해 주시기 바랍니다.

05 약도



학술발표장 안내도


크리스탈 볼룸1
크리스탈 볼룸2
크리스탈 볼룸3
로비
루비룸
펄룸
사파이어룸
제이드룸
VIP룸
에메랄드룸
로비
등록데스크
출입구
더 라운지앤 바
아트제주
출입구
로비
루이비통
그룹 데스크

전시부스 및 경품추첨

■ 발표장 위치 및 부스 배치도

2025년 항법시스템학회 정기학술대회
(2025 IPNT Conference)

부스운영 일시 : 2025.11.05~07
장소 : 롯데호텔 중문

■ 경품추첨

- 참가대상 : 전체 참가등록자(등록비 완불)
- 응모요령 : 22개 업체 이상 부스를 방문하고 카드에 STAMP를 받아 응모
- 추첨일시

  1차 : 2025. 11. 5(수) 18:00 만찬

  2차 : 2025. 11. 6(목) 17:20 정기총회

  3차 : 2025. 11. 7(금) 15:10 폐회식
- 경품

  DJI mini2 SE combo fullset (1점), 하만카돈 AURA STUDIO 시리즈 (2점), Bose 사운드링크 플렉스 2 블루투스 스피커 (4점), APPLE 홈팟 미니 (1점), 삼성전자 외장 SSD (2TB)(4점), 스마트워치 (12점)

학술대회 프로그램

구분	내용		발표장
11/4(화)	18:00-21:00	산 • 학 • 연 공동워크숍	
11/5 (수)	08:00-18:00	등록	6층 로비
	09:00-12:00	[TS] Tutorial Session	크리스탈볼룸 1+2+3
	12:00-13:00	중식	
	13:00-13:10	개회식(개회사, 축사)	크리스탈볼룸 1+2+3
	13:10-14:50	[IS] Invited Session	크리스탈볼룸 1+2+3
	14:50-15:10	단체사진 촬영 / 휴식	
	15:10-16:50	[FS] 국가 PNT 정책포럼 Session	크리스탈볼룸 1+2+3
	16:50-18:00	[ES] 전시홍보 Session	크리스탈볼룸 1+2+3
	18:00-20:00	만찬 행사 (학회장인사, 시상, 후원사 소개, 경품추첨)	크리스탈볼룸 1+2+3
11/6 (목)	08:00~18:00	등록	6층 로비
	09:00~10:20	학술발표회(세션 A1, B1, D1, E1, F1)	크리스탈볼룸 1, 2, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	10:20~10:40	휴식	
	10:40~12:00	학술발표회(세션 A2, B2, D2, E2, F2)	크리스탈볼룸 1, 2, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	12:00-14:00	중식 / IPNT 이사회	라세느/제이드룸
	13:00-14:00	[PS] Poster Session	에메럴드룸
	14:00-15:20	학술발표회(세션 A3, B3, C3, D3, E3, F3)	크리스탈볼룸 1, 2, 3, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	15:20-15:40	휴식	
	15:40-17:00	학술발표회(세션 A4, B4, C4, D4, E4, F4)	크리스탈볼룸 1, 2, 3, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	17:00-17:20	자리이동 / 정기총회 준비	
	17:20-18:30	경품추첨 / 정기총회	크리스탈볼룸 1+2
11/7 (금)	09:00-10:20	등록	6층 로비
	10:20-10:40	학술발표회(세션 A5, B5, C5, D5, E5, F5)	크리스탈볼룸 1, 2, 3, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	10:40-12:00	휴식	
	12:00-13:30	학술발표회(세션 A6, B6, C6, D6, E6, F6)	크리스탈볼룸 1, 2, 3, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	13:30-14:50	중식	
	14:50-15:20	학술발표회(세션 A7, B7, C7, D7, E7, F7)	크리스탈볼룸 1, 2, 3, 샤롯데룸, 펄룸, 루비룸
	14:50-15:20	자리정돈 및 이동	
	15:10-15:30	폐회식(경품추첨, 학술대회 우수논문상 시상, 학부생 우수논문상 시상, 폐회사)	크리스탈볼룸 1
11/8(토)	09:00-12:00	미래 PNT 발전 포럼 (비공개)	

• 식사제공 : 석식 1회, 중식 2회 (총3회)

- 석식 (1회) 11월 5일(수) 만찬 (크리스탈 볼룸)
- 중식 (2회) ① 11월6일(목) 뷔페(호텔내 라세느), ② 11월5일(수) 또는 7일(금) 중 택1 (인근 식당)

■ **2025 NGRC WORKSHOP : 2025년 11월 7일(금) 12:30-18:00 / 에메럴드룸**

발표장 세션 명칭 및 좌장 일람표

2025. 11. 4.(화)

시간 \ 발표장	세션	좌장/사회	발표장
18:00-21:00	산 • 학 • 연 공동워크숍		

2025. 11. 5.(수)

시간 \ 발표장	세션	좌장/사회	발표장
08:00-18:00	등록		6층 로비
09:00-12:00	[TS] Tutorial Session	김정래(한국항공대학교)	크리스탈볼룸1+2+3
12:00-13:00	중식		
13:00-13:10	개회식(개회사, 축사)	박병운(세종대학교)	
13:10-14:50	[IS] Invited Session	원종훈(인하대학교)	
14:50-15:10	단체사진 촬영 / 휴식		
15:10-16:50	[FS] 국가 PNT 정책포럼 Session	신천식(한국전자통신연구원)	
16:50-18:00	[ES] 전시홍보 Session	신동호(성화테크)	
18:00-20:00	만찬 행사(학회장인사, 시상, 후원사 소개, 경품추첨, 만찬)	박병운(세종대학교)	

2025. 11. 6.(목)

시간 \ 발표장	제1발표장 크리스탈볼룸 1	제2발표장 크리스탈볼룸 2	제3발표장 크리스탈볼룸 3
08:00-18:00	등록(6층 로비)		
09:00-10:20	[A1] Multi-layer PNT (1) 김효원(충남대학교)	[B1] 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (1) 방유진(경상대학교)	
10:20-10:40	휴식		
10:40-12:00	[A2] Multi-layer PNT (2) 황석승(조선대학교)	[B2] 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (2) 김정범(삼성전자)	
12:00-14:00	중식		
13:00-14:00	[PS] Poster Session (에메럴드룸) 김오종(세종대학교), 노재희(한국항공우주연구원)		
14:00-15:20	[A3] 저궤도위성 PNT (1) 김선우(한양대학교)	[B3] 신변보호 최동욱(KT)	[C3] <OS> 고정밀 관성항법 김광진(한화에어로스페이스)
15:20-15:40	휴식		
15:40-17:00	[A4] 저궤도위성 PNT (2) 원종훈(인하대학교)	[B4] 무선측위 김효원(충남대학교)	[C4] 관성 및 복합측위 황동환(충남대학교)
17:00-17:20	휴식 / 자리이동		
17:20-18:30	정기총회 / 경품추첨 (크리스탈볼룸1+2+3)		

시간 \ 발표장	제4발표장 샤롯데룸	제5발표장 펄룸	제6발표장 루비룸
08:00-18:00	등록(6층 로비)		
09:00-10:20	[D1] 천문·우주응용 윤문석(한국항공우주연구원)	[E1] 대기오차 추정 및 보정기술 최병규(한국천문연구원)	[F1] GNSS 신호 설계 및 처리 기술 이상욱(한국전자통신연구원)
10:20-10:40	휴식		
10:40-12:00	[D2] 신진연구자 서지원(연세대학교)	[E2] 위성 궤도 결정 및 시각 추정 원대희(한국항공우주연구원)	[F2] 수신기와 안테나 신용설(한국항공우주연구원)
12:00-14:00	중식		IPNT 이사회 개최(제이드룸)
13:00-14:00	[PS] Poster Session (에메럴드룸) 김오종(세종대학교), 노재희(한국항공우주연구원)		
14:00-15:20	[D3] <OS> PNT 기술의 진화와 실용화 (1) 전해영(삼성전자)	[E3] 원격탐사 및 과학응용 선기영(한국과학기술원)	[F3] 국방응용 임철순(LIG넥스원)
15:20-15:40	휴식		
15:40-17:00	[D4] <OS> PNT 기술의 진화와 실용화 (2) 윤영선(SK텔레콤)	[E4] 측량과 공간정보 응용 박두경(문화방송)	[F4] 전파교란 손석보(덕산넵코어스)
17:00-17:20	휴식 / 자리이동		
17:20-18:30	정기총회 / 경품추첨 (크리스탈볼룸1+2+3)		

2025. 11. 7.(금)

시간 \ 발표장	제1발표장	제2발표장	제3발표장
	크리스탈볼룸 1	크리스탈볼룸 2	크리스탈볼룸 3
08:00-15:00	등록		
09:00-10:20	[A5] 저궤도위성 PNT (3) 김동욱(국방과학연구소)	[B5] 심도심 항법기술 (1) 박준민(충남대학교)	[C5] <OS> GNSS 미터급 서비스연구 김정래(한국항공대학교)
10:20-10:40	휴식		
10:40-12:00	[A6] 저궤도위성 PNT (4) 이은성(한국항공우주연구원)	[B6] 심도심 항법기술 (2) 김라우(현대자동차)	[C6] SBAS 보강시스템 이병석(한국항공우주연구원)
12:00-13:30	중식		
13:30-14:50		[B7] 정밀항법 송준솔(수원대학교)	[C7] 자율주행 및 무인항법 손표웅(충북대학교)
14:50-15:10	자리정돈 및 이동		
15:10-15:30	폐회식 (경품추첨, 학술대회 우수논문상, 학부생 우수논문상 시상, 폐회사)		

시간 \ 발표장	제4발표장	제5발표장	제6발표장
	샤롯데룸	펄룸	루비룸
08:00-15:00	등록		
09:00-10:20	[D5] <OS> 미래우주교육센터 : LunarPNT 박병운(세종대학교)	[E5] 영상기반항법 황유라(한국전자통신연구원)	[F5] 항공 • 육상 • 해상 응용 서흥석(마이크로인피니티)
10:20-10:40	휴식		
10:40-12:00	[D6] 학부생 논문경진대회 (1) 김의호(홍익대학교)	[E6] 학부생 논문경진대회 (2) 최헌호(한국항공우주연구원)	[F6] <OS> 소형 RLG-IMU 개발 및 RLG 성능 개선 김현수(기람테크)
12:00-13:30	중식		
13:30-14:50	[D7] 실내항법 조성윤(경일대학교)	[E7] AI 및 머신러닝기반 항법기술 신범주(한림대학교)	[F7] GNSS 무결성 및 신호 감시 김민찬(한국항공우주연구원)
14:50-15:10	자리정돈 및 이동		
15:10-15:30	폐회식 (경품추첨, 학술대회 우수논문상, 학부생 우수논문상 시상, 폐회사)		

2025. 11. 8.(토)

시간 \ 발표장	세션	좌장/사회	발표장
09:00-12:00	미래 PNT 발전 포럼 (비공개)		

구두발표 프로그램

제1발표장 [Day 2]

2025년 11월 5일(수)		크리스탈볼룸 1+2
08:00-18:00	등록	
[TS] Tutorial Session		좌장 : 김정래(한국항공대학교)
TS-1	09:00-10:00	다중 센서 융합 측위 기술 소개 이유담(현대모비스)
TS-2	10:00-11:00	GNSS 전리층 지연량 모델링을 위한 전리층 기초 이해 홍준석(한국천문연구원)
TS-3	11:00-12:00	GNSS 반송파 기반 정밀항법 송준솔(수원대학교)
	12:00-13:00	중식
개회식		사회 : 박병운(세종대학교)
개회사	13:00-13:10	박준표 회장(사단법인 항법시스템학회)
축사		우주항공청
		이정석 부소장(국방과학연구소)
		김정식 원장(국립해양측위정보원)
		김선 부사장(한화에어로스페이스㈜)
[IS] Invited Session		좌장 : 원종훈(인하대학교)
IS-1	13:10-14:00	Xona Pulsar: Commercial PNT from LEO Dr. Tyler Reid(Xona CTO)
IS-2	14:00-14:50	Celeste: paving the way towards Positioning, Navigation and Timing in Low Earth Orbit(LEO-PNT) Dr. Marco Anhileri(ESA Directorate of Navigation)
	14:50-15:10	단체 사진 / 휴식
[FS] 국가 PNT 정책포럼 Session		좌장 : 신천식(한국전자통신연구원)
FS-1	15:10-15:30	한국형 위성항법시스템 개발 현황 황소정 사무관(우주항공청 우주항공임무본부)
FS-2	15:30-15:50	한국형 위성항법보정시스템 현황 및 계획 박상현 사무관(국토교통부 항행위성정책과)
FS-3	15:50-16:10	해양 PNT 인프라의 현황과 발전전망 구자헌 과장(해양수산부 국립해양측위정보원)
FS-4	16:10-16:30	국토지리정보원 측위보정정보 현황 문지영 사무관(국토교통부 국토지리정보원)
	16:30-16:50	질의응답
[ES] 전시 홍보 Session		좌장 : 신동호(성화테크)
ES	16:50-18:00	전시 참여 부스 소개 전시 참여 기업
만찬		사회 : 박병운(세종대학교)
18:00-20:00	인사말	박준표 회장(사단법인 항법시스템학회)
	시상	우주항공청장상 : 학술상 : 공로상 :
	후원 업체 소개 / 경품추첨	
	만찬	

제1발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		크리스탈볼룸 1
A1 ▶ Multi-layer PNT (1)		**좌장 : 김효원(충남대학교)**
A1-1	09:00-09:20	International Policy and Strategy Comparison for LEO-PNT Among Navigation Satellite System Providers with Focus on the U.S., EU, and China Sung-Woo Kim*, Byoung-Sun Lee(KASA)
A1-2	09:20-09:40	한국형 다층궤도 위성항법의 운용 시나리오 비교분석 원대희*, 이은성, 최철희(항우연)
A1-3	09:40-10:00	Hybrid GNSS/LEO PNT with Safran's Skydel-Powered GNSS Simulator: From Constellation Design to Receiver-Level Performance Ryan Ranaivoharison*(Safran, Canada), Theo Carbillet(Safran, France), Mohamed Tamazin(Safran, Canada), Pierre-Marie Le Véel(Safran, France)
A1-4	10:00-10:20	LEO PNT 설계 방법론 이현중, 이수빈, 원종훈*(인하대)

A2 ▶ Multi-layer PNT (2)		**좌장 : 황석승(조선대학교)**
A2-1	10:40-11:00	KPS 항법체계 성능 향상을 위한 저궤도 위성군 설계 지규인*, 이영재(건국대), 장진혁, 이철수, 정병기(LIG넥스원)
A2-2	11:00-11:20	효율적인 한국형 다계층 PNT 구축을 위한 LEO PNT 위성군 제안 이현중, 송영진, 이수빈, 원종훈*(인하대)
A2-3	11:20-11:40	저궤도 위성을 활용한 PPP 수렴시간 개선 연구 김현우, 조용래, 박병운*(세종대)
A2-4	11:40-12:00	위성항법 단일 지상국 운용을 위한 LEO 위성 네트워크 개념 설계 장진혁, 이철수, 정병기(LIG넥스원), 지규인, 이영재*(건국대)

A3 ▶ 저궤도위성 PNT (1)		**좌장 : 김선우(한양대학교)**
A3-1	14:00-14:20	저궤도 위성의 정밀궤도결정을 위한 GNSS 가용성 분석 배정태*, 김준혁(한화에어로스페이스)
A3-2	14:20-14:40	저궤도 위성 탑재 GNSS 수신기의 이론적 신호 획득 성능 분석 송영진, 이현중, 원종훈*(인하대)
A3-3	14:40-15:00	PPP 기법을 이용한 저궤도 위성의 정밀 궤도 결정 연구 이진아, 조용래, 박병운*(세종대)
A3-4	15:00-15:20	LEO-PNT 시스템을 위한 항법 탑재체 기술 동향 분석 김준혁, 조광희, 차윤호, 배정태*(한화에어로스페이스)

A4 ▶ 저궤도위성 PNT (2)		**좌장 : 원종훈(인하대학교)**
A4-1	15:40-16:00	NeQuick 보정 정보 모델의 저궤도 위성 잔류 전리층 지연 오차 분석 도지민, 남기훈, 이지윤*(과기원)
A4-2	16:00-16:20	ISL 기반 LEO PNT 위성 POD 알고리즘 연구 조민근, 이현중, 원종훈*(인하대)
A4-3	16:20-16:40	지역 기반 LEO-PNT 아키텍처의 지상국 운용 스케줄링 및 성능 분석 김기현(세종대), 김선진(국과연), 김오종*(세종대)

제1발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		크리스탈볼룸 1
A5 ▶ 저궤도위성 PNT (3)		**좌장 : 김동욱(국방과학연구소)**
A5-1	09:00-09:20	저궤도 위성 항법 시스템을 위한 감시국 배치에 관한 연구 조광희*, 배정태, 김준혁, 차윤호(한화에어로스페이스)
A5-2	09:20-09:40	한국형 LEO PNT 연구를 위한 다중위성 다중주파수 GNSS 시뮬레이터 확장 설계 이현중, 송영진, 이수빈, 원종훈*(인하대)
A5-3	09:40-10:00	저궤도 위성 궤도 오차 분석 및 모델링 방법 박원우, 김현우, 박병운*(세종대)
A5-4	10:00-10:20	저궤도 위성용 GNSS/IMU 약결합을 위한 칼만필터 설계 양욱진, 정유나(인하대), 한진수, 박용희(두시텍), 원종훈*(인하대)

A6 ▶ 저궤도위성 PNT (4)		**좌장 : 이은성(한국항공우주연구원)**
A6-1	10:40-11:00	LEO-PNT 시스템 구현을 위한 항법신호 송신 모듈의 개발 및 검증 정인아, 김오종*(세종대), 차윤호(한화에어로스페이스)
A6-2	11:00-11:20	LEO-SSB 신호를 사용한 저정밀 시간 기반 측위 시스템 가용성 분석 유재덕, 유승수(건국대), 맹주현, 노재희(항우연), 황승훈(동국대), 지규인, 김선용*(건국대)
A6-3	11:20-11:40	LEO PNT 기반 Multi-Layered PNT System의 PPP 수렴 속도 및 미지정수 성능 분석 박지영, 조민근, 이현중, 원종훈*(인하대)
A6-4	11:40-12:00	수신기 및 시뮬레이터 부재 환경에서의 LEO 위성 도플러 기반 측위 기법 연구 이형석*(인하대), 박관동(인하대, 피피솔)

제2발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		크리스탈볼룸 2
B1 ▶ 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (1)		**좌장 : 방유진(경상대학교)**
B1-1	09:00-09:20	스마트폰 GNSS 수신기 Correlator peak을 이용한 Multipath 수준 평가 지표 기반, 측위 성능 개선 조보근, 유원재, 신재창, 유선경, 김정범*(삼성전자)
B1-2	09:20-09:40	폴더블 스마트폰 GNSS 수신기의 도심 지역 측위 성능 개선 연구 장우협, 노희권, 김정범*(삼성전자)
B1-3	09:40-10:00	스마트폰 GNSS를 위한 도플러 기반 사이클 슬립 검출 기법의 특성 분석 박봉규*, 이종성(인하대), 김미소, 박관동(인하대, 피피솔)
B1-4	10:00-10:20	재귀벡터와 확률적 가시성 맵 선택을 통한 도심지 스마트폰 측위 정확도 향상 연구 박준교, 윤정현(세종대), 이용준(전자통신연), 박해성, 윤영선(SK텔레콤), 박병운*(세종대)

B2 ▶ 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (2)		**좌장 : 김정범(삼성전자)**
B2-1	10:40-11:00	스마트 웨어러블 기기를 활용한 피트니스 앱 사용자의 위치 정확도 향상 연구 윤정현, 박병운*(세종대)
B2-2	11:00-11:20	도심 보행 환경에서 스마트폰 RTK 측위 성능 향상을 위한 Robust Filtering 기법 이종성*, 박봉규(인하대), 김미소, 박관동(인하대, 피피솔)
B2-3	11:20-11:40	스마트폰 적용을 위한 시간차분 반송파 및 패리티 기법 기반 다중 위성 사이클 슬립 보상 남궁호, 황재웅, 정호준, 기창돈*(서울대)

B3 ▶ 신변보호		**좌장 : 최동욱(KT)**
B3-1	14:00-14:20	스마트워치 착용자의 이동 궤적 생성을 위한 PDR 기반 지도 정합 기법 권재욱, 조성윤*(경일대)
B3-2	14:20-14:40	다중 이동통신사 셀 정보 예측을 위한 딥러닝 모델별 성능 분석 전주일*, 이정호, 조영수(전자통신연)
B3-3	14:40-15:00	5G 기반 측위를 위한 5G NSA 및 SA 모드 데이터 수집 및 분석 배재휘*, 이지현, 조영수(전자통신연)
B3-4	15:00-15:20	가우시안 프로세스를 이용한 신변보호자 경로 학습 신윤지, 안희랑, 유재현*(성신여대)

B4 ▶ 무선측위		**좌장 : 김효원(충남대학교)**
B4-1	15:40-16:00	CNN을 이용한 다중 무선 신호 기반 측위 방법 이수환*, 조영수(전자통신연)
B4-2	16:00-16:20	Beam RSRP 및 ToA 기반 CNN 측위 성능 분석 김성엽, 박치현, 정홍석, 김선우*(한양대)
B4-3	16:20-16:40	긴급구조용 위치기반서비스를 위한 층별 정확도 수준의 3차원 측위 플랫폼 최동욱*, 이정호, 박찬영, 박연석, 이채원(KT)

제2발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		크리스탈볼룸 2
B5 ▶ 심도심 항법기술 (1)		**좌장 : 박준민(충남대학교)**
B5-1	09:00-09:20	위성 신호의 LOS/NLOS 분류 정확도에 따른 ZSM 알고리즘의 성능 분석 김상현, 서지원*(연세대)
B5-2	09:20-09:40	근접 주파수 대역 다중 위성군 신호를 이용한 수신기 위치 결정 성능 분석 안우진, 이유진, 이형근*(항공대)
B5-3	09:40-10:00	Ray-tracing 알고리즘을 활용한 한국 도심 환경의 GNSS 다중경로 영향 모델링 및 분석 손진선(인하대), 조상재(국과연), 원종훈*(인하대)
B5-4	10:00-10:20	도심지 환경에서 그래프 기반 RANSAC을 활용한 GNSS 측정 이상치 제거 기법 김태호, 윤정현, 박병운*(세종대)

B6 ▶ 심도심 항법기술 (2)		**좌장 : 김라우(현대자동차)**
B6-1	10:40-11:00	GNSS Baseline과 SNR 측정치를 활용한 확률 기반 도심지 GNSS 우도 설계 이용준, 조영수*(전자통신연)
B6-2	11:00-11:20	도심지 환경에서 이동차량의 시간 차분 반송파 위상 측정치 기반 사이클 슬립 검출 및 보상을 통한 무결성 감시 정호준(서울대), 송준솔(수원대), 기창돈*(서울대)
B6-3	11:20-11:40	RINEX 기반 위성신호 시뮬레이션의 정밀도 분석 및 시험적용 김태오*, 박용준(단암시스템즈)

B7 ▶ 정밀항법		**좌장 : 송준솔(수원대학교)**
B7-1	13:30-13:50	저가형 GNSS 모듈을 위한 단일주파수 기반 국내 규격의 SSR 적용 PPP-RTK 알고리즘 개발 한정민*(인하대), 박관동(인하대, 피피솔), Mireia Carvajal Librado(피피솔)
B7-2	13:50-14:10	GPS 정밀단독측위를 위한 무전리층 조합 모호정수 결정기법 알고리즘 구현 성호준*(피피솔), 김영국(피피솔, 인하대), 림형진(피피솔), 박관동(피피솔, 인하대)
B7-3	14:10-14:30	부분 구면 조화 함수와 Residual 방식 기반 Homogeneous Network RTK 서비스 방안 김성익, 조용래, 이예빈(세종대), 송재영, 박슬기, 박상현(해양PNT통합연구단), 박병운*(세종대)
B7-4	14:30-14:50	PPP-RTK 위성 위상 바이어스 전송 효율 최적화를 위한 Common IFPB 포맷 성능 분석 이예빈, 조용래(세종대), 송재영, 박슬기, 박상현(해양PNT통합연구단), 박병운*(세종대)

제3발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		크리스탈볼룸 3
C3 ▶ OS : 고정밀관성항법		좌장 : 김광진(한화에어로스페이스)
C3-1	14:00-14:20	준정지 상태에 있는 2축 회전형 관성항법장치의 최적화 기반 정렬 알고리즘 구현 및 성능 분석 류경돈, 박찬주*(국과연)
C3-2	14:20-14:40	정지시간이 2축 회전형 관성항법장치 성능에 미치는 영향 분석 조민수, 박우성, 유기정, 박찬주*(국과연)
C3-3	14:40-15:00	회전형 관성항법장치의 관성측정기와 김블 간의 비정렬 오차 보상 방법 박찬주, 조민수*, 박우성, 유기정(국과연)
C3-4	15:00-15:20	고속기동환경에서 GNSS 신호 단절 시 관성항법장치의 위치오차 분석 최윤혁(국과연)

C4 ▶ 관성 및 복합측위		좌장 : 황동환(충남대학교)
C4-1	15:40-16:00	항재밍 GNSS/INS 통합항법시스템의 탄착 효과 분석 이예림, 강선영, 김세환, 박흥원*(파이버프로)
C4-2	16:00-16:20	저궤도 위성용 고정밀 항법을 위한 GNSS/INS 심층결합 칼만필터 연구 정유나, 양욱진, 송영진(인하대), 박용희, 정진호(두시텍), 원종훈*(인하대)
C4-3	16:20-16:40	환산계수 온도 보상형 석영 펜듈럼 기반 소형 High-G 가속도계 설계 및 평가 서재범*, 김종욱(파인에스엔에스)
C4-4	16:40-17:00	GPU 가속 파티클 필터 기반 INS-GNSS 통합 항법: 파티클 수에 따른 CPU와 CUDA를 이용한 GPU의 계산 속도 비교 김도훈(국과연), 김경섭*(충남대)

제3발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		크리스탈볼룸 3
C5 ▶ OS : GNSS 미터급 서비스연구		**좌장 : 김정래(한국항공대학교)**
C5-1	09:00-09:20	미터급 위성기반 항법보정 서비스 활용 증진 방안 김희섭*(항우연), 김정래(항공대), 구성관(한서대)
C5-2	09:20-09:40	미터급 위성기반 항법보정 서비스의 사용자 조사 및 분석 구성관, 김영빈, 박재우(한서대), 황유라(전자통신연), 김희섭*(항우연)
C5-3	09:40-10:00	한국 지역 전리층 지연 보정에 관한 사례 연구 방유진*, 유주영(경상대)
C5-4	10:00-10:20	지역위성항법 미터급 서비스 S/W 시뮬레이터 개발 김용래(항공대), 김희섭(항우연), 김정래*(항공대)

C6 ▶ SBAS 보강시스템		좌장 : 이병석(한국항공우주연구원)
C6-1	10:40-11:00	기준국 비가용 상황을 고려한 WAD-RNSS 성능 분석 김선진, 박영일, 김동욱*(국과연)
C6-2	11:00-11:20	2개 이상의 SBAS 위성이 서로 다른 IODI를 방송하는 상황을 고려한 GNSS 수신기의 보강항법 알고리즘 설계 강충구, 박귀우*(덕산넵코어스)
C6-3	11:20-11:40	GK3 위성 SBAS 탑재체 국산화 개발 부분품에 관한 연구 신천식, 엄순영*(전자통신연)
C6-4	11:40-12:00	DFMC KASS의 성능 향상을 위한 측위 모델 연구 이진아, 조용래(세종대), 김동욱(국과연), 임철순(LIG넥스원), 박병운*(세종대)

C7 ▶ 자율주행 및 무인항법		좌장 : 손표웅(충북대학교)
C7-1	13:30-13:50	이종 라이다 간의 실시간 장소 인식을 위한 지역 설명자에 관한 연구 임지웅, 원종훈*(인하대)
C7-2	13:50-14:10	비반복적 레이저 패턴을 가진 Solid-State LiDAR를 통한 UAV 장소 인식 알고리즘 강인식, 임지웅, 원종훈*(인하대)
C7-3	14:10-14:30	거리-방위각-도플러 기반 적응형 4D 레이더 전처리 기법 이상영, 백동희, 공승현*(과기원)
C7-4	14:30-14:50	데이터 중심 접근법을 통한 End-to-End 자율주행의 신뢰성 강화 김시우, 장해철, Adeeb Mohammed Islam, 공승현*(과기원)

제4발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		샤롯데룸
D1 ▶ 천문 · 우주응용		**좌장 : 윤문석(한국항공우주연구원)**
D1-1	09:00-09:20	Cislunar 지점별 GNSS 신호처리 성능 연구 조민근, 송영진, 양승규(인하대), 주정민, 박혜원(항우연), 원종훈*(인하대)
D1-2	09:20-09:40	Augmented Forward Signal과 Inter-Satellite Link를 활용한 Multi-Layered 달 항법 위성 궤도 결정 시뮬레이션 오지성, 김성익, 박병운*(세종대)
D1-3	09:40-10:00	위성시스템에서 필터 대역폭과 PAPR을 고려한 고출력 증폭기 성능 분석 강동훈*, 이상욱, 황유라(전자통신연)
D1-4	10:00-10:20	위성 항법 기반 탐색구조 시스템에서 효과적인 회신링크 서비스 제공 방안 정준영*, 이제원, 이상욱, 황유라(전자통신연)
D2 ▶ 신진연구자		**좌장 :서지원(연세대학교)**
D2-1	10:40-11:00	전리권 신틸레이션 환경에서의 GBAS 무결성 연구 선기영, 이지윤*(과기원)
D2-2	11:00-11:20	지역 위성항법시스템의 궤도 설계를 위한 위성군 가용성 분석 기법 김동욱(국과연)
D2-3	11:20-11:40	6DOF Motion Simulation of Launch Vehicles Using LabVIEW and Open-Source Cesium Ashok Kumar Sivarathri, Hak-Doo Kim, Gi-Wook Nam*(Intospace)
D2-4	11:40-12:00	비전 트랜스포머 기반 해양 레이더 파라미터 적응형 조정: 해면 잡음 억제와 항법 성능 개선 조성필(항공대), 한정욱*(에이브노틱스)
D3 ▶ OS : PNT 기술의 진화와 실용화 (1)		**좌장 : 전해영(삼성전자)**
D3-1	14:00-14:20	차세대 PNT 실현을 위한 WAD-RNSS 아키텍처 및 미래 기술 김동욱(국과연)
D3-2	14:20-14:40	저고도 드론 교통관리 시스템 개발 현황 및 표준화 동향 김연실*, 조암, 배중원(항우연)
D3-3	14:40-15:00	큐브위성 플랫폼을 이용한 위성항법신호의 수신 및 송신 김오종*, 정인아, 권순환(세종대), 심한준, 배영환(서울대), 유선경(삼성전자)
D3-4	15:00-15:20	머신 러닝을 활용한 모바일 기기의 도심 주행 항법 성능 향상 노희권*, 강선호, 박재욱, 박민혁, 정유민, 김정범, 유기수(삼성전자)
D4 ▶ OS : PNT 기술의 진화와 실용화 (2)		**좌장 : 윤영선(SK텔레콤)**
D4-1	15:40-16:00	도심항공교통 항법 및 무결성 감시를 위한 ATDCP RAIM 연구 송준솔(수원대), 정호준, 기창돈*(서울대)
D4-2	16:00-16:20	Surface Correlation 기술의 다양한 적용 사례 및 향후 발전 방향 신범주*(한림대), 이택진(과기연, 티제이랩스)
D4-3	16:20-16:40	스마트폰의 비식별 신호 분석을 통한 App-less 이동 데이터 수집 및 분석 솔루션 이택진*, 김태훈, 신동현, 유창수, 김재민, 신정훈(티제이랩스)
D4-4	16:40-17:00	달 전역 항법 서비스 제공을 위한 달 항법 위성군 궤도 설계 황재웅(서울대), 강민재(공군사관학교), 정호준, 박재욱, 기창돈*(서울대)

제4발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		샤롯데룸
D5 ▶ OS : 미래우주교육센터 : LunarPNT		**좌장 : 박병운(세종대학교)**
D5-1	09:00-09:20	Lunar PNT를 위한 다중계층 달 위성군 위성의 궤도 결정 김성익, 오지성, 박병운*(세종대)
D5-2	09:20-09:40	LNSS 운용 환경을 고려한 6U 큐브위성의 자세시스템 Software-in-the-Loop 검증 임형구(세종대), 박혜원(항우연), 김오종*(세종대)
D5-3	09:40-10:00	GPS 신호 품질 특성을 반영한 Random Forest 기반 CSAC 시각오차 모델링 박승현, 서지원*(연세대)
D5-4	10:00-10:20	정밀 달 착륙 지원을 위한 LNSS-UWB 네트워크 및 전파고도계 통합 위치결정 기법 연구 정다님, 김의호*(홍익대)

D6 ▶ 학부생 논문경진대회 (1)		**좌장 : 김의호(홍익대학교)**
D6-1	10:40-10:55	RTKLIB을 활용한 자율주행 차량 적용을 위한 SPP, PPP, RTK 기법의 정확도 및 구현 용이성 비교 김건호, 박찬식*(충북대)
D6-2	10:55-11:10	ADS-B 데이터를 활용한 광역 GNSS 이상 탐지 알고리즘 개발 박상현(충북대), 조득재(해양플랜트연), 손표웅*(충북대)
D6-3	11:10-11:25	단일 주파수 사용자를 위한 한반도 전역 전리층 보정정보 생성 전영우*, 심이주(인하대), 김영국, 박관동(인하대, 피피솔), 림형진(피피솔)
D6-4	11:25-11:40	GNSS 도플러 관측치 기반 수신기 위치 추정 기법의 실험적 평가 최훈엽*(인하대), 박관동(인하대, 피피솔)
D6-5	11:40-11:55	도심 UAV 적용을 위한 PISE-RTK 항법 시스템의 실환경 성능 분석 연구 윤진영, 김민찬, 이지윤*(과기원)

D7 ▶ 실내항법		**좌장 : 조성윤(경일대학교)**
D7-1	13:30-13:50	RSS 기반 전파 감쇠 시뮬레이션을 활용한 실내 요구조자 위치 추정 기법 강태원, 서지원*(연세대)
D7-2	13:50-14:10	PDR 오차 및 radio map 해상도에 따른 Surface correlation 성능 분석 김재위, 김보성, 신범주*(한림대)
D7-3	14:10-14:30	모자익 의사위성 범위 확장을 위한 SDR 기반 멀티채널 획득 기법 박성진, 기창돈*(서울대)
D7-4	14:30-14:50	단일 송신모듈 기반 실내 측위 시스템의 위치추정 알고리즘 및 성능 분석 조혜원, 김민지, 김오종*(세종대), 맹주현(항우연)

제5발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		펄룸
E1 ▶ 대기오차 추정 및 보정기술		**좌장 : 최병규(한국천문연구원)**
E1-1	09:00-09:20	SDBS PPP-AR 기반 전리층 및 대류층 지연 추정 기법 이상혁, 김의호*(홍익대)
E1-2	09:20-09:40	일본 지역에서의 Klobuchar 전리층 보정계수 추정 및 QZSS 계수와의 성능 비교 심이주*, 박관동(인하대)
E1-3	09:40-10:00	Universal Kriging 기반 HN-RTK 네트워크 외곽 사용자의 대기 오차 모델링 및 불확실성 정량화 조용래, 박병운*(세종대)
E2 ▶ 위성 궤도 결정 및 시각 추정		**좌장 : 원대희(한국항공우주연구원)**
E2-1	10:40-11:00	GPS 위성의 초신속 궤도력 생성을 위한 정밀궤도결정 및 예측 소프트웨어 개발 김영국(피피솔, 인하대), 림형진*(피피솔), 박관동(피피솔, 인하대)
E2-2	11:00-11:20	위성간 링크 활용 지역 위성항법시스템 궤도 결정 연구 박재욱, 기창돈*(서울대)
E2-3	11:20-11:40	전 지구 관측망과 순차 필터를 이용한 GPS위성 시각 파라미터 실시간 추정 및 오차 특성 분석 설윤환*(인하대), 림형진(피피솔), 김영국, 박관동(인하대, 피피솔)
E2-4	11:40-12:00	지구동기궤도 항법 위성의 실시간 궤도, 시각 결정을 위한 도구 개발 및 성능 분석 김영국(피피솔, 인하대), 림형진*(피피솔), 박관동(피피솔, 인하대), 임재욱, 우지연(국과연)
E3 ▶ 원격탐사 및 과학응용		**좌장 : 선기영(한국과학기술원)**
E3-1	14:00-14:20	Multi-GNSS 관측자료를 이용한 한반도 상공의 전리층 TEC 추정 최병규*, 손동효, 유성문(천문연)
E3-2	14:20-14:40	선박기반 GNSS 장기 관측데이터 품질평가 손동효*, 최병규, 홍준석(천문연), 박요섭, 장휘민(해양과기원), 정종균(천문연)
E3-3	14:40-15:00	Local Spectral Width 기반 적응형 Radio-holographic 필터를 이용한 GNSS-RO Phase Matching 기법 연구 박종현, 박지혁, 장재희, 선기영, 이지윤*(과기원)
E3-4	15:00-15:20	개선된 Kappa Correction 모델에 대한 GPS-RO 굴절각 잔여 전리권 오차 보정 성능 분석 박지혁, 장재희, 선기영, 이지윤*(과기원)
E4 ▶ 측량과 공간정보 응용		**좌장 : 하지현(인하대학교)**
E4-1	15:40-16:00	GPS 기반의 전 지구 판 운동 분석 및 IGS20 좌표계와의 비교 평가 김준성, 하지현, 박관동*(인하대)
E4-2	16:00-16:20	관측환경에 따른 GipsyX 기반 GPS 및 GPS + Galileo PPP 자료처리 결과 분석 노남우*, 김준성(인하대), 박관동(인하대, 피피솔)
E4-3	16:20-16:40	Two-Step Algorithm for Real-Time Cycle Slip Detection in Single-Frequency GNSS Mireia Carvajal-Librado*, Kwan-Dong Park(Inha Univ., PP-Solution)
E4-4	16:40-17:00	Qinertia를 활용한 GNSS 데이터 자료처리 기법의 성능 검증 노남우*(인하대), 박관동(인하대, 피피솔)

제5발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		펄름
E5 ▶ 영상기반항법		**좌장 : 황유라(한국전자통신연구원)**
E5-1	09:00-09:20	적외선 항공영상 정합 위치추정 시험 결과 분석 이인섭, 오주현, 성창기(국과연), 박찬식*(충북대)
E5-2	09:20-09:40	스테레오 카메라와 2D LiDAR 캘리브레이션 연구 이유진, 안우진, 이형근*(항공대)
E5-3	09:40-10:00	영상대조항법 성능 검증을 위한 모의 환경 시뮬레이션 구축 이태훈*, 권승복, 안태동, 문상찬, 홍현욱, 황강현, 조현습(LIG넥스원), 오주현, 이형섭(국과연)
E5-4	10:00-10:20	ROS 기반 영상 항법 시스템 구현 및 검증 이형섭*, 김태윤, 남성호, 오주현, 박정민, 성창기(국과연)
E6 ▶ 학부생 논문경진대회 (2)		**좌장 : 최헌호(한국항공우주연구원)**
E6-1	10:40-10:55	LSTM 기반 스마트폰 IMU를 활용한 AI-PDR 시스템 개발 김보성, Shiyi Li, 신범주*(한림대)
E6-2	10:55-11:10	다중 위성군 통합 스마트폰 안테나 위상중심 오차 보정 주정혁*, 박봉규, 이종성(인하대), 박관동(인하대, 피피솔)
E6-3	11:10-11:25	머신러닝 기반의 Evil Waveform 탐지를 위한 SQM 기법 연구 이다연, 김의호*(홍익대)
E6-4	11:25-11:40	eLoran 신호의 상호상관 기반 GRI 추정 기법에 관한 연구 손가연, 손표웅*(충북대)
E6-5	11:40-11:55	다중코어 CPU와 GPU를 이용한 GNSS/INS 통합항법 알고리즘 설계 임찬우(충남대), 손재훈(마이크로인피니티), 황동환*(충남대)
E7 ▶ AI 및 머신러닝기반 항법기술		**좌장 : 신범주(한림대학교)**
E7-1	13:30-13:50	다중 카메라 기반 지역 항법용 End-to-End AI 자율주행 모델의 학습 및 적용 이용하, 원종훈*(인하대)
E7-2	13:50-14:10	AI-Driven DGPS Correction Based on Residual Forecasting via Kalman Smoothing Suktae Kang*, Sung Wook Yun, Wonhee Jung, Woogeun Ahn(ADD)
E7-3	14:10-14:30	스마트폰을 활용한 Attention-LSTM 기반 차량 궤적 추정 연구 Shiyi Li, 김보성 신범주*(한림대)
E7-4	14:30-14:50	LSTM 모델을 이용한 GNSS 대류층 지연 예측 윤소윤, 김용래(항공대), 김희섭(항우연), 김정래*(항공대)

제6발표장 [Day 3]

2025년 11월 6일(목)		루비룸
F1 ▶ GNSS 신호 설계 및 처리 기술		**좌장 : 이상욱(한국전자통신연구원)**
F1-1	09:00-09:20	차세대 위성항법시스템을 위한 다중 반송파 기반 전송파형 연구 이수빈, 홍형준, 원종훈*(인하대)
F1-2	09:20-09:40	SDR 기반 TWSTFT 신호추적 및 측정치 생성 기법 설계 이주현, 이준효, 오주익, 최경원, 이종구, 양성훈(표준연), 허윤정(과기원), 유대혁, 허명선, 이영규*(표준연)
F1-3	09:40-10:00	주파수 옵셋이 GNSS PRN 코드 간 상호상관에 미치는 영향 분석 하은지, 신장환, 안재민*(충남대)
F1-4	10:00-10:20	위성항법 신호에 의한 전파천문 주파수 대역 간섭 영향 분석 도구 개발 한가희*, 유문희, 강동훈, 이상욱, 황유라(전자통신연)

F2 ▶ 수신기와 안테나		**좌장 : 신용설(한국항공우주연구원)**
F2-1	10:40-11:00	Joint Array Antenna 기반 도래각 추정 알고리즘 성능 분석 김태윤, 황석승*(조선대)
F2-2	11:00-11:20	DOP 기반 안테나 선택 기법을 이용한 GNSS 수신 성능 향상 박재현*, 김종헌, 곽수진(단암시스템즈), 윤성진(국과연)
F2-3	11:20-11:40	배열안테나의 소자 수/너비/배치가 항재밍 성능에 미치는 영향에 관한 시뮬레이션 분석 이영혁*, 이예림, 정해호, 김세환, 강승철(파이버프로)
F2-4	11:40-12:00	고효율 특성을 갖는 광대역 원형 배열 안테나 설계 엄순영*, 신천식(전자통신연)

F3 ▶ 국방응용		**좌장 : 임철순(LIG넥스원)**
F3-1	14:00-14:20	WAD-RNSS 지상시스템의 보안 아키텍처 적용 방법 이상진, 김종희, 최증원, 박영일, 김선진, 우지연, 김동욱*(국과연)
F3-2	14:20-14:40	WAD-RNSS의 Rule-Based 항법 메시지 방송 스케줄링 기법 우지연, 김인종, 최증원, 김동욱*(국과연)
F3-3	14:40-15:00	해상 환경에 따른 정렬 기법 별 유도탄 초기 자세 정밀도 분석 이용*, 권승복, 안태동, 홍현욱, 강성현, 김다애(LIG넥스원)
F3-4	15:00-15:20	획득 보조 코드를 활용하는 GNSS 장주기 코드 신호의 획득 및 추적 성능 분석 홍형준, 이수빈, 송영진(인하대), 최병현(국과연), 부성춘, 고요한(LIG넥스원), 원종훈*(인하대)

F4 ▶ 전파교란		**좌장 : 손석보(덕산넵코어스)**
F4-1	15:40-16:00	Enhancing GNSS Resilience: Benchmarking 3D PNT Simulation Against Real-World Interference-Rich GNSS Environments Ricardo Verdeguer Moreno*(Spirent), Miguel Angel Gomez Lopez(INTA)
F4-2	16:00-16:20	한반도의 GNSS 환경 특성을 반영한 C/N_0 기반 GNSS Spoofing 탐지 기법 연구 김유학*(국과연, 충남대), 김종규, 김지수, 장보영, 최종욱(국과연), 안재민*(충남대)
F4-3	16:20-16:40	항재밍 성능에 따른 위성항법 파라미터 영향 분석 이예림, 이영혁, 김세환*, 강승철, 정해호(파이버프로)

제6발표장 [Day 4]

2025년 11월 7일(금)		루비룸
F5 ▶ 항공 · 육상 · 해상 응용		좌장 : 서흥석(마이크로인피니티)
F5-1	09:00-09:20	Genetic Algorithm을 활용한 e-Loran pulse 최적화 및 거리 추정 정확도 향상 이준영, 김의호*(홍익대)
F5-2	09:20-09:40	지상파 항법시스템의 항공 활용을 위한 사례 연구 김동규, 유주영(경상대), 한영훈, 서기열(해양플랜트연), 방유진*(경상대)
F5-3	09:40-10:00	위성항법 시뮬레이터를 이용한 한국형발사체 1단/2단 분리 구간에서의 위성항법수신기 동작 특성 시험 권병문*, 신용설, 김용호, 마근수(항우연)

F6 ▶ OS : 소형 RLG-IMU 개발 및 RLG 성능 개선		좌장 : 김현수(기람테크)
F6-1	10:40-10:55	광경로 10 cm RLG 시험 결과 분석 유재승*, 권태윤, 배준영, 민성호, 이종호, 최석원, 신대식, 임종남(한화에어로스페이스), 유해성, 김천중(국과연)
F6-2	10:55-11:10	링레이저 자이로의 디더 강성 비선형성 분석 정경호*, 안준은, 김천중(국과연), 배준영(한화에어로스페이스)
F6-3	11:10-11:25	링레이저 자이로의 정현파 몸체진동 이윤선*(국과연), 최석원(한화에어로스페이스)
F6-4	11:25-11:40	RLG 온도 구배 보상 기법 연구 배준영, 유재승*, 신대식, 최석원, 김기태, 임종남(한화에어로스페이스)
F6-5	11:40-11:55	자이로 바이어스 잔여 오차 보상을 통한 방위각 정렬 정확도 향상 유해성*, 김천중(국과연), 정건우, 권태윤(한화에어로스페이스)

F7 ▶ GNSS 무결성 및 신호 감시		좌장 : 김민찬(한국항공우주연구원)
F7-1	13:30-13:50	GNSS의 MQM 측정값 분포 생성 및 감시 성능 분석 김동욱, 김의호*(홍익대), 이은성(항우연)
F7-2	13:50-14:10	N-RNSS 신호의 Evil Waveform 영향 분석과 신호 품질 모니터링 기법 적용 김유진, 김의호*(홍익대), 이진실(항우연), 고요한, 김수경(LIG넥스원)
F7-3	14:10-14:30	센서 시스템의 무결성 모니터링에 대한 개발 현황 검토 윤영민*, 이병석(항우연)
F7-4	14:30-14:50	반송파 기반 항법 시스템을 위한 WLS-RAIM 및 KF-RAIM의 보호 수준 분석 정준우, 엄창식, 구주랑(충남대), 박재영(항우연), 고요한, 임재욱, 박다나(LIG넥스원), 박준민*(충남대)

포스터발표 프로그램

2025년 11월 6일(목) 13:00-14:00	에메럴드룸
PS ▶ 포스터 세션	좌장 : 김오종(세종대학교), 노재희(한국항공우주연구원)
PS-01	저가 및 최적화를 고려한 항법컴퓨터 설계/검증 김상식, 박준기, 김현기*(한화에어로스페이스)
PS-02	관성측정기의 진동 반응 수렴성 예측을 통한 Unstable한 유도미사일의 순간 초기자세 추정 방안 연구 문상찬*, 이태훈, 안태동(LIG넥스원)
PS-03	고기동 비행환경에서 발생하는 고주파 진동 계측 및 지상 재현 시험을 통한 MEMS 관성측정기 영향 평가 박병수*, 한경준(국과연), 문상찬(LIG넥스원), 박우석(마이크로인피니티)
PS-04	GNN-based FLÄCHENKORREKTUR-parameter Estimation for Improving Post-processed DGPS Accuracy Ji-Un Park*, Sung Wook Yun, Wonhee Jung, Woogeun Ahn(ADD)
PS-05	소형 무인기 적용을 위한 저가형 MEMS 관성센서 성능 분석 김민재*, 배정태(한화에어로스페이스)
PS-06	비행체 진동모드형상이 관성항법에 미치는 영향 분석 정순규, 유명종, 성창기, 박병수, 이형섭, 이근욱, 한경준*(국과연)
PS-07	공진형 MEMS 가속도계의 바이어스 드리프트를 보정하기 위한 다항식-NARX 하이브리드 모델링 최예빈(LIG넥스원)
PS-08	MIL-STD 전원 규격을 만족하는 위성항법수신기 설계 및 항법 성능 평가 김은혁, 김영민, 최동환*(덕산넵코어스)
PS-09	포발사 무기체계용 항재밍 위성항법장치 고충격 생존성 설계 및 평가 김준형*, 김정원, 김현기, 조광희(한화에어로스페이스)
PS-10	WAD-RNSS 시스템 및 장비 운용을 위한 모드와 상태 설계 최증원, 박영일, 이상진, 김선진, 우지연, 김동욱*(국과연), 임재욱, 부성춘(LIG넥스원)
PS-11	기준국 사이트 설계를 위한 사이트 신호 수신 환경 분석 시 고려사항 김새결*, 김범수, 김수경, 부성춘(LIG넥스원), 박영일, 김선진, 김동욱(국과연)
PS-12	철도 산업의 안전성과 운영 효율성 향상을 위한 한국형 위성항법보정시스템(KASS) 활용 방안 연구 김진홍, 조계현, 장경호*, 박종윤, 임재윤(아이옵스)
PS-13	The Possibility in RNSS Frequency Expansion for Resilient PNT JaeHee Noh*, Deok Won Lim, Nayoung Youn(KARI)
PS-14	SBAS 수신기를 활용한 차량 운행 테스트의 정확도 비교 및 성능 분석 박진영*, 정현인, 이승호, 장경호(아이옵스)
PS-15	한국형 위성항법시스템(KPS) 체계관리 방안 제안 임종원* 배진, 맹주현(항우연)
PS-16	UAM 버티포트를 위한 단일 스테이션 기반 대체 항법 시스템의 안테나 배치 최적화 및 스테이션 회전 오차 분석 권순환, 김오종*(세종대)
PS-17	적외선 항공영상을 활용한 SLAM 기반 위치추정 기법 시험 결과 분석 이근욱*, 박정민, 남성호, 성창기(국과연)

2025년 11월 6일(목)	에메럴드룸
PS-18	카메라의 비정렬 각도 실시간 추정을 통한 카메라 장착 보정 방법 조현습*, 문상찬, 황강현, 이태훈, 홍현욱, 안태동(LIG넥스원), 오주현, 성창기(국과연)
PS-19	산악 지역에서의 스마트 워치를 활용한 다중 이동통신사 LTE 신호 기반의 긴급구조용 측위 기술 개발 이정호, 전주일, 이용준, 조영수*(전자통신연)
PS-20	Positioning/Tracking/Communication (PTC) 기능을 지원하는 UWB 모듈 개발 및 응용 채명석, 전용수(나브인랩스), 권재욱(경일대), 조성윤*(나브인랩스, 경일대)
PS-21	RF 패턴매칭 측위시 동적 엑세스 포인트가 측위성능에 미치는 영향 분석 조영수*, 이정호, 전주일, 한경수, 이수환, 배재휘, 이지현(전자통신연)
PS-22	KPS 미터급 보정서비스 메시지 구조에 대한 규격 김태희*, 김인준, 이수전, 황유라(전자통신연)
PS-23	항재밍 위성항법장치의 위치 정확도 향상을 위한 KASS 적용 및 분석 김현기*, 조광희, 김정원(한화에어로스페이스)
PS-24	태양활동이 KASS 기준국의 위치 오차에 미치는 영향 분석 박소라*, 손민혁, 박건환, 정환호, 이병석(항우연)
PS-25	항공위성 2호기 성능감시를 위한 성능유지감시 도구 개선 손민혁*, 박소라, 박건환, 이병석(항우연)
PS-26	GNSS 고장 강건성과 실시간 항법을 위한 베이지안 위치 추정 기법 이진실*, 안종선(항우연)
PS-27	Message Type 0 수신 트리거를 활용한 자동 SBAS 시스템 변경 기능 제안 정준우*, 원현희, 강승민, 임형준, 이상윤(LIG넥스원), 박귀우, 조봉우(덕산넵코어스), 윤성욱, 안우근(국과연)
PS-28	User Interface Implementation for the Signal Generation Subsystem of the GK-3 SBAS Ground Verification System Inone Joo*, Cheonsig Sin(ETRI)
PS-29	GNSS 배열 안테나의 어레이 게인 측정 장치 개발 및 성능 검증 김흥수*(스냅컴), 김보영(마이크로인피니티), 조종철(스냅컴)
PS-30	항법위성용 배열안테나 설계 및 분석 박인욱*, 고요한, 부성춘, 임재욱, 황희근, 하승원(LIG넥스원)
PS-31	MATLAB 기반 GNSS SDR의 CUDA Correlator 이식과 연산 최적화 송영진, 원종훈*(인하대)
PS-32	다대역 GNSS 신호처리를 위한 실시간 SDR 기능 확장 및 성능 평가 최윤섭, 김일규(마이크로인피니티), 안종선(항우연), 서흥석*(마이크로인피니티)
PS-33	위성항법시스템을 활용한 가상열차편성 기술 구현 방안 맹주현*, 배진(항우연), 김시진(국과연), 임종원, 정택주(항우연)
PS-34	BLE 방식 전파 측위 인프라의 터널 내 위치 정확도 평가에 관한 연구 최경수, 사의환, 최민경, 김성진*(자동차연)
PS-35	Research on PNT Data Integration for Signal Generation Payloads in Space Environment Juman Park*(ADD, Chungnam National Univ.), Seong-Bok Park, Jongwoo Seo(ADD), Seong-ho Joo(SATREC INITIATIVE), Young-jin Jeon(Chungnam National Univ., SATREC INITIATIVE) Ho-young Yoo(Chungnam National Univ.)

2025년 11월 6일(목)	에메럴드룸
PS-36	2025년 이후의 ITU 위성망 국제등록 비용 개정안 비교 분석 : Decision 482(C01)의 변화와 시사점 정인하, 정택주*, 이세환, 최종휘(항우연)
PS-37	Graph-Based Bathymetry Matching for Robust Localization Beomsoo Kim, Sanghoon Lee*(Hanwha aerospace)
PS-38	항재밍장치 연동 시 발생하는 반송파 위상 오차 개선을 위한 최적의 FIR 필터 제안 김민수*, 정준우, 이영찬, 강행익, 원현희, 고종규(LIG넥스원), 서승우(ADD)
PS-39	고충격 무기체계용 항재밍 위성항법장치 ASIC 개발/평가 및 적용 방안 김정원*, 김현기, 김준형, 조광희(한화에어로스페이스), 한정우(단암시스템즈), 엄재홍(빌리브마이크론)
PS-40	GNSS 시뮬레이터 기반 고속 회전 항체용 항재밍장치 성능 검증 박용현*, 이성현(스냅컴), 유병학(마이크로인피니티), 조종철(스냅컴)
PS-41	자동측지장비 연동 재밍/스푸핑 감지기 개발 홍정근*, 배정태(한화에어로스페이스)
PS-42	전리층 활동에 따른 감시국 측정치 Code-Carrier Divergence 성능 분석 옹준호*, 박다나, 김수열, 김수경, 김새결, 부성춘(LIG넥스원), 김동욱(국과연)
PS-43	심층신경망을 이용한 위성 고장 신호 검출 이나현, 봉재환, 정성균*(상명대)
PS-44	재밍에 의한 위성항법수신기의 ADC 포화 현상에 따른 항법 성능 비교 분석 이동주*, 김강석 김민아(단암시스템즈)
PS-45	저궤도 위성을 위한 동역학 기반 궤도결정 필터의 성능 분석 김범수*, 박세림, 임재욱, 부성춘, 고요한(LIG넥스원)
PS-46	Design Considerations of Isoflux Array Antenna for LEO Satellite PNT Service Seong-Bok Park*, Sang-Jae Cho, Min-Gyoung Cho, Hyung-Min So, Young-Bum Park(ADD)
PS-47	LEO-PNT의 글로벌 산업화 현황 및 해결 과제 차윤호(한화에어로스페이스)
PS-48	Verification of Signal Acquisition and Tracking on a LEO PNT Software Receiver Min Yong Choi, Jinseok Kim, Hung Seok Seo, Young Baek Kim*(Microinfinity), Joshua Richards(MBDA), Matteo Gala, Thyagaraja Marathe(Xona Space Systems)
PS-49	LEO-PNT를 위한 NTN 채널 모델 기반 항법 신호 성능 분석 하승원*, 고요한, 부성춘, 임재욱, 황희근, 박인욱(LIG넥스원), 김영준(육사)
PS-50	실험용 LEO-PNT 위성군 설계 장진혁, 이철수, 정병기(LIG넥스원), 이영재, 지규인*(건국대)
PS-51	한국 지역 위성항법 적용을 위한 전리층 보정 알고리즘 성능 분석 유주영, 김동규(경상대), 윤성현, 박상현, 박슬기(해양플랜트연), 방유진*(경상대)
PS-52	PPP-RTK 수신 platform 구현 및 이를 이용한 국토지리정보원 SSR과 QZSS CLAS SSR의 처리 정준우, 박준민(충남대), 신성엽(항우연), 고요한, 임재욱, 박다나, 박경민(LIG넥스원), 박찬식*(충북대)
PS-53	정밀 맵 속성 인지를 이용한 음영지역에서의 차량 측위 사의환, 최민경, 최경수, 김성진, 이정욱*(자동차연)
PS-54	자율주행 차량 센서 데이터를 활용한 주변 차량 거동 예측 및 미시교통정보 생성 연구 최민경, 사의환, 최경수, 김성진, 이정욱*(자동차연)
PS-55	한국형 다층궤도 위성항법 운용 시나리오 분석을 위한 성능지표 연구 원대희*, 이은성, 최철희(항우연)

2025 NGRC WORKSHOP

- **Theme:** Merging visions for future applications
- **Time & Venue:** 12:30~17:00 7th November 2025; Emerald Room, Lotte Hotel Jeju

Time	Speaker	Title
12:30~12:35	Sang Jeong Lee (Chunagnam National University, Korea)	Opening
12:35~12:50	Moon Beom Heo (KARI, Korea)	KPS Development Update
12:50~13:05	Jun Shen (UniStrong, China)	BDS Update
13:05~13:20	Satoshi Kogure (JAXA, Japan)	QZSS Update
13:20~13:30	Break	
13:30~13:45	Nobuaki Kubo (Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan)	An Overview of the QZSS Precise Positioning Service and Introduction of Various Experimental Results
13:45~14:00	Guifei Jing (Beihang University, China)	Exploration of High-Precision Satellite Navigation in Intelligent Connected Applications in China
14:00~14:15	Kwan-Dong Park (Inha University, Korea)	Review of Public and Commercial PPP-RTK Services in Korea
14:15~14:25	Break	
14:25~14:40	Xingqun Zhan (Shanghai Jiao Tong University, China)	Accurate and Reliable Navigation Service for Safety-critical Applications
14:40~14:55	Euiho Kim (Hongik University, Korea)	Enhancing GNSS Backup Systems for Robust Air and Maritime Navigation
14:55~15:10	Haibo Ge (Tongji University, China)	LEO PNT Progress in Tongji University
15:10~15:25	Hong-Yeop Song (Yonsei University, Korea)	Review of Some Forward Error Correction Techniques in GNSS/RNSS
15:25~15:40	Mun-Kyu Lee (Inha University, Korea)	Recent Advances in Satellite Navigation Message Authentication
15:40~17:00	Wrap-up and Discussions on Asian PNT Meeting in conjunction with ICG WG-B meeting	
18:00	Dinner at a local restaurant	

2025 IPNT Conference

웹프로시딩즈

Web Proceedings

2025년 항법시스템학회 정기학술대회

Proceedings (e-Book) of “2025 IPNT Conference”
is available to download in the following
URL: http://ipnt.or.kr/2025IPNT (ISSN 2090-920X)

목　　차

1. 초청강연

2. 구두발표

[A1] Multi-layer PNT (1)

[A2] Multi-layer PNT (2)

[A3] 저궤도위성 PNT (1)

[A4] 저궤도위성 PNT (2)

[A5] 저궤도위성 PNT (3)

[A6] 저궤도위성 PNT (4)

[B1] 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (1)

[B2] 스마트폰 및 웨어러블 디바이스 (2)

[B3] 신변보호

[B4] 무선측위

[B5] 심도심 항법기술 (1)

[B6] 심도심 항법기술 (2)

[B7] 정밀항법

[C3] OS : 고정밀관성항법

[C4] 관성 및 복합측위

[C5] OS : GNSS 미터급 서비스연구

[C6] SBAS 보강시스템

[C7] 자율주행 및 무인항법

[D1] 천문·우주응용

[D2] 신진연구자

[D3] OS : PNT 기술의 진화와 실용화 (1)

[D4] OS : PNT 기술의 진화와 실용화 (2)

[D5] OS : 미래우주교육센터 : LunarPNT

[D6] 학부생 논문경진대회 (1)

[D7] 실내항법

[E1] 대기오차 추정 및 보정기술

[E2] 위성 궤도 결정 및 시각 추정

[E3] 원격탐사 및 과학응용

[E4] 측량과 공간정보 응용

[E5] 영상기반항법

[E6] 학부생 논문경진대회 (2)

[E7] AI 및 머신러닝기반 항법기술

[F1] GNSS 신호 설계 및 처리 기술

[F2] 수신기와 안테나

[F3] 국방응용

[F4] 전파교란

[F5] 항공·육상·해상 응용

[F6] OS : 소형 RLG-IMU 개발 및 RLG 성능 개선

[F7] GNSS 무결성 및 신호 감시

3. 포스터 발표

Contents

1. Invited Presentation

2. Oral Presentation

[A1] Multi-layer PNT (1)

[A2] Multi-layer PNT (2)

[A3] LEO PNT (1)

[A4] LEO PNT (2)

[A5] LEO PNT (3)

[A6] LEO PNT (4)

[B1] Smartphone and Wearable Device (1)

[B2] Smartphone and Wearable Device (2)

[B3] Personal Protection

[B4] Wireless Positioning

[B5] Deep Urban Navigation Technologies (1)

[B6] Deep Urban Navigation Technologies (2)

[B7] Precision Navigation

[C3] [OS] High Precision Inertial Navigation

[C4] PDR and Hybrid Positioning

[C5] [OS] GNSS Meter-Level Service (MLS) Research

[C6] Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS)

[C7] Autonomous Driving and Unmanned Navigation

[D1] Astronomy and its Application

[D2] Early Career Researchers

[D3] [OS] PNT Technology: Advances and Commercialization (1)

[D4] [OS] PNT Technology: Advances and Commercialization (2)

[D5] [OS] Future Space Education Center: Lunar PNT

[D6] Undergraduate Paper Competition (1)

[D7] Indoor Navigation

[E1] Estimation and Correction of Atmospheric Errors

[E2] Satellite Orbit Determination and Time Estimation

[E3] Remote Sensing and Scientific Applications

[E4] Geodesy and Geospatial Applications

[E5] Vision-Based Navigation

[E6] Undergraduate Paper Competition (2)

[E7] AI and Machine Learning-Based Navigation Technologies

[F1] GNSS Signal Design and Processing Techniques

[F2] Receivers and Antennas

[F3] Defense Applications

[F4] Interference, Jamming, and Spoofing

[F5] Aviation, Terrestrial, and Maritime Applications

[F6] [OS] Development of Compact RLG-IMU and RLG Performance Improvement

[F7] GNSS Integrity and Signal Monitoring

3. Poster Presentation

튜토리얼

Tutorials

목 차

Tutorial 1

[TS-1] 다중 센서 융합 측위 기술 소개

이유담 책임연구원 (현대모비스 자율주행영상기술 개발실)

HYUNDAI MOBIS

다중 센서 융합 측위 기술 소개

이 유 담
책임연구원

현대모비스
자율주행영상기술개발실

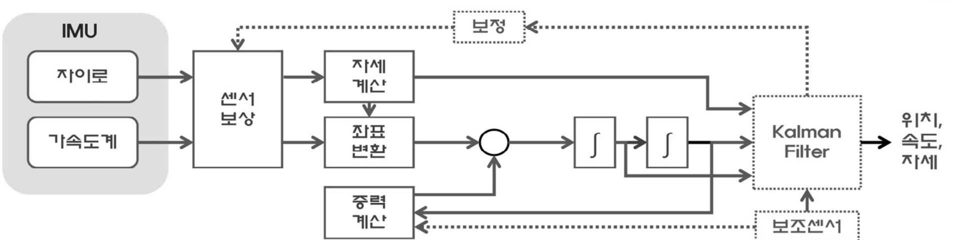
Location: Jeju, South Korea
Date: 2025. 11. 05 (Wed) 09:00 ~ 10:00

목 차

단일 센서 기반 측위 기술 소개

단일 센서 기반 측위 기술 – INS

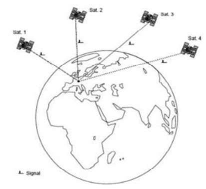
- 관성항법시스템 (Inertial Navigation System; INS)
  - 관성측정장치 (Inertial Measurement Unit; IMU)로부터 측정한 가속도 및 각속도를 적분하여 상대 위치 및 자세를 추정
  - INS 종류: GINS (Gimbaled INS), SDINS (Strapdown INS)
    - 장점: 외부 환경 영향 없이 연속적인 위치해 산출 가능, 단기간 안정성 및 동적 특성 우수
    - 단점: 시간이 지남에 따라 위치 오차가 크게 증가 (위치 정확도 ∝ IMU 등급)

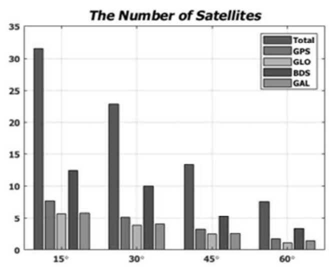


SDINS 항법 알고리즘의 구성도 (점선 부분: EKF 기반 보조센서 융합 방식)

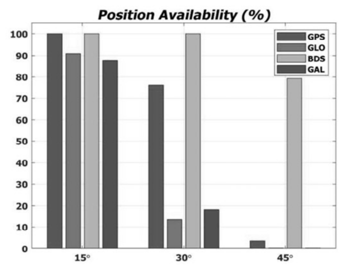
단일 센서 기반 측위 기술 – GNSS

- 전지구위성항법시스템 (Global Navigation Satellite System; GNSS)
  - 위성신호를 활용하여 삼변측량을 통해 수신기의 절대 위치, 속도, 시간 추정
  - GNSS 위성군 종류: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
    - 장점: 시간에 따른 오차 증가 X, 장기간 안정성 및 정적 특성 우수
    - 단점: 위성 신호의 차단, 간섭 등 외부적 요인에 민감, 동적환경 큰 오차 발생

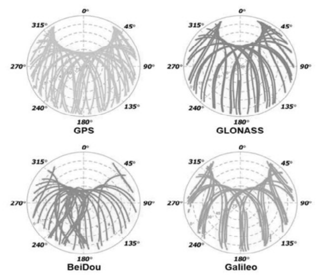




위성 앙각에 따른 GNSS 가시 위성 수



위성 앙각에 따른 SPP 가용성 (%)

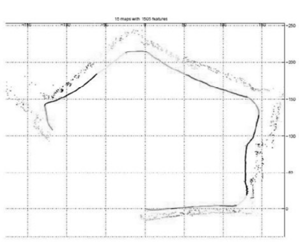


방위각 & 앙각에 따른 GNSS 위성 궤적

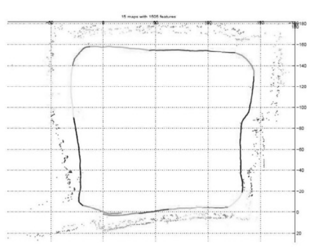
단일 센서 기반 측위 기술 – Vision [1/4]

1) VO: Visual Odometry
2) V-SLAM: Visual Simultaneous Localization And Mapping

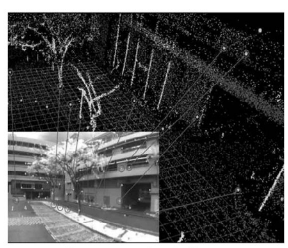
- Vision 기반 측위
  - 연속적인 영상으로부터 추출된 특징 정보point, line, etc.나 pixel intensity 값을 그대로 활용하여 카메라의 상대 위치 및 자세를 추정
  - Vision 기반 측위 종류: VO1), V-SLAM2)
    - 장점: 풍부한 특징(feature: point, line, etc.), 의미(semantic) 정보 포함
    - 단점: 기후/조도/계절 변화 민감, Dynamic object/Texture-less 환경, Motion Blur, Scale ambiguity(Mono. case), etc.



(Feature-based) VO [1]



(Feature-based) V-SLAM [1]

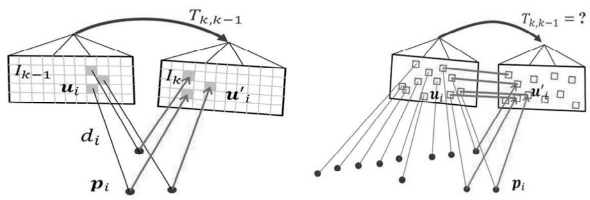


Feature point info. [2]

Semantic info. [3]

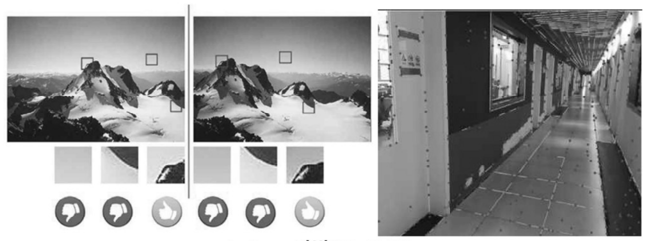
단일 센서 기반 측위 기술 – Vision [2/4]

- 영상 가공 방식에 따른 측위 로직 입력값
  - Direct 방법
    - **픽셀값**을 그대로 활용 (pixel intensity 값)
  - Indirect 방법
    - 특징적인 **픽셀 좌표**를 추출하여 활용 (x, y 좌표)
    - Semantic 정보 추출하여 활용 (class 정보, etc.)



(Direct-based) VO [1]   (Indirect-based) VO [1]

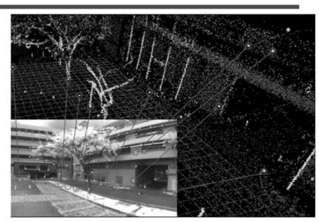
Direct 기반 VO, SLAM [1]



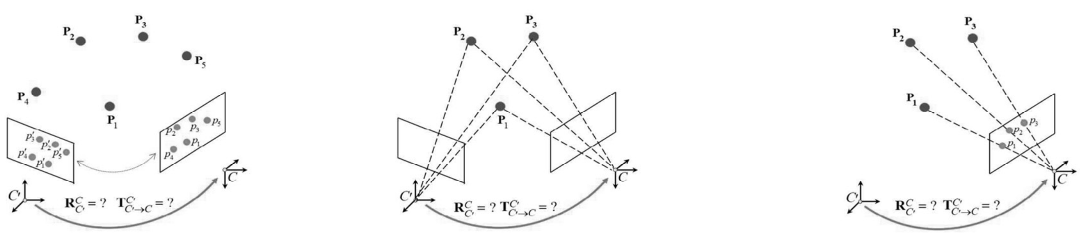
Indirect 기반 VO, SLAM [1]

단일 센서 기반 측위 기술 – Vision [3/4]

- (Feature-based) Visual Odometry (VO)
  - 연속적인 영상에서 추출되는 특징점을 활용함
  - Camera Pose estimation 위한 영상 측정치: 2D-2D, 2D-3D, 3D-3D
    - 장점: 정확한 상대 측위 가능 (단, 특징점이 끊김없이 tracking 될 시에)
    - 단점: INS와 마찬가지로 시간에 따른 오차 누적, Scale ambiguity (Mono. case), 기후/조도/계절 변화 민감, Dynamic object/Texture-less 환경, Motion Blur



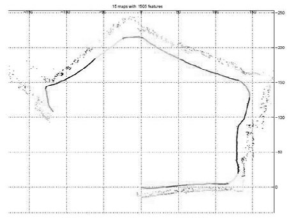
2D-3D 특징점 기반 측위 (예시)



2D-2D 특징점 기반 측위 기법 (Mainly Mono. camera)   3D-3D 특징점 기반 측위 기법 (Mainly Stereo camera)   2D-3D 특징점 기반 측위 기법 (Stereo/Mono. camera)

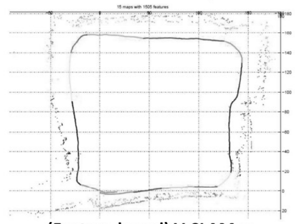
단일 센서 기반 측위 기술 – Vision [4/4]

- (Feature-based) Visual SLAM (V-SLAM)
  - Front-end/Back-end로 크게 구성됨
    - Front-end: Feature extraction, Feature matching, Camera pose estimation, Local Mapping, Loop detection
    - Back-end: Structure & Motion optimization
      (NOTE: 일부 VIO 측위 기술은 Back-end 포함, ex. VINS-mono[13])
  - VO의 오차 누적 문제를 해결하기 위하여 Back-end에 optimization 수행
  - Loop closure: Map과 현재 영상 정보 기반 동일 공간 판단 및 optimization 수행
    - 장점: 알려진 위치를 재방문할 경우에 오차를 효과적으로 완화 가능
    - 단점: 재방문하지 않으면 VO와 같으므로 시간에 따른 오차 문제 여전히 존재



(Feature-based) VO [1]

+ Loop detection, Structure & Motion Optimization



(Feature-based) V-SLAM [1]

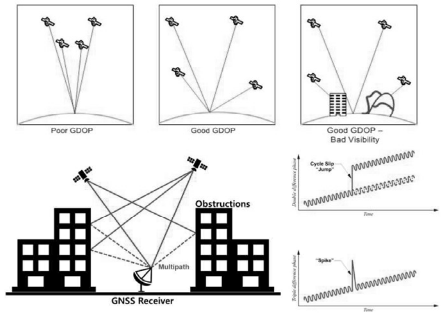
2025 IPNT Conference | 다중 센서 융합 측위 기술 소개 9

다중 센서 기반
복합 측위 기술 소개

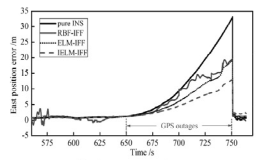
2025 IPNT Conference | 다중 센서 융합 측위 기술 소개

다중 센서 활용 필요성

- 각 단독 측위 기술의 한계
  - 단독 GNSS 측위 한계
    - (실내 환경) GNSS 신호 수신 불가
    - (도심 환경) GNSS 수신 품질 저하
  - 단독 INS 측위 한계
    - 시간이 지남에 따라 오차 누적 불가피
  - 단독 Vision 측위 한계
    - 기후/조도/계절 변화 민감, Motion blur, Dynamic object/Texture-less 환경 등



GNSS DOP, Multipath, Cycle Slip [4]

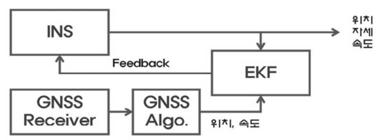


INS accumulation errors in GPT outage [5]

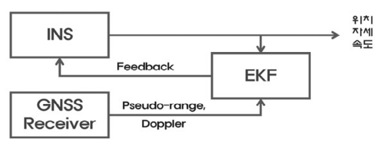
Illumination/Weather/Season change, Motion blur, Dynamic objects, Repetitive patterns [6, 7, 8]

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – INS/GNSS

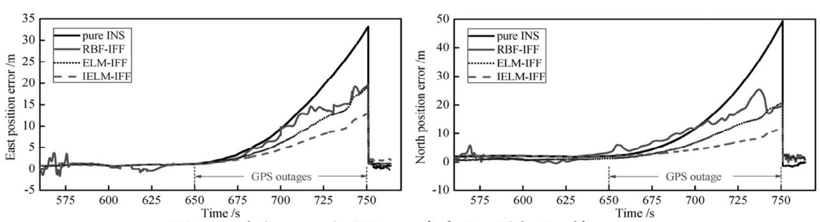
- INS/GNSS 측위 시스템
  - INS를 메인 시스템으로 GNSS를 활용하여 INS 오차를 보상
    - 결합 방식. 1: Loosely Coupled(LC) = INS + GNSS 위치해
    - 결합 방식. 2: Tightly Coupled(TC) = INS + GNSS 원시 측정치
  - INS/GNSS 복합 측위 시스템 한계점
    - GNSS가 가용 불가능 한 경우 ➔ INS 단독 측위 수행됨
    - GNSS 측정치에 오차가 발생하는 경우 ➔ 성능 향상 미미 or 성능 악화



EKF 기반 LC - INS/GNSS



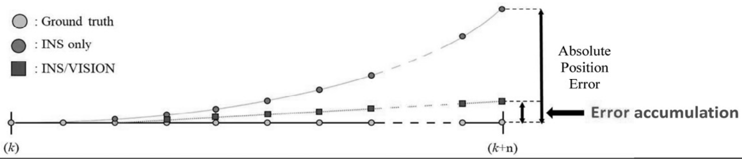
EKF 기반 TC - INS/GNSS

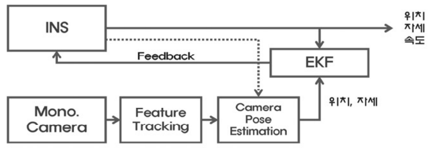


INS accumulation errors in GPT outage(Left: East, Right: North) [5]

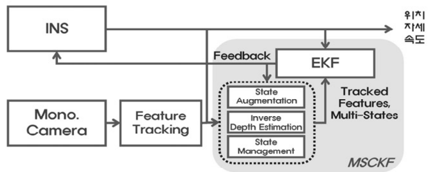
다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIO [1/3]

- VIO (Visual-Inertial Odometry)
  - INS를 메인 시스템으로 영상을 활용하여 INS 오차를 보상
  - 방식: **EKF 기반 VIO** (+ Optimization 기반 VIO 존재)
    - 결합방식. 1: Loosely Coupled (LC) = INS + VO
    - 결합방식. 2: Tightly Coupled (TC) = INS + 영상 측정치(point, line, etc.)
  - VIO 한계점
    - 상대 측위 시스템 ➔ 시간이 지남에 따라 오차 누적 불가피
  - 개선 방안
    - V-SLAM 적용 ➔ Loop closing 조건 충족 한계





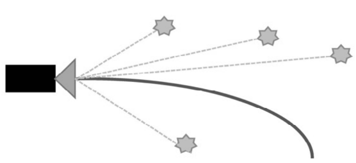
EKF 기반 LC-VIO



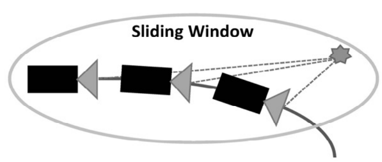
EKF 기반 TC-VIO (MSCKF) [9]

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIO [2/3]

- Multi-State Constraint Kalman Filter (MSCKF)[9]은 가장 잘 알려진 Kalman 필터 기반의 Visual-Inertial Odometry (VIO)
- MSCKF는 여러 카메라 시점에서 공통적으로 관측되는 특징점을 기반으로 기하학적 특징점 구속 조건을 활용한 필터 기반 항법 알고리즘 ➔ **State Augmentation**
- 각각의 카메라 시점에서 관찰한 특징점의 정보를 Sliding window에 기록하고 일정 조건이 만족되면 EKF 측정치 갱신되는 방식



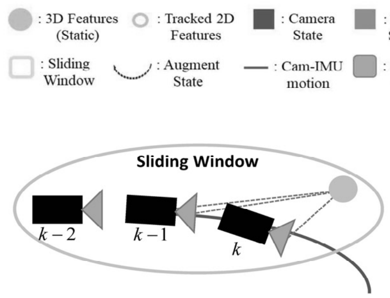
EKF-SLAM: Many features constrain **one state**



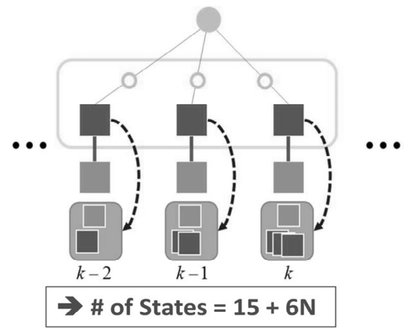
MSCKF: One feature constrains **many states**

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIO [3/3]

- MSCKF 특징
  - 특징점이 관측된 카메라 시점이 많을 수록 전체 상태변수의 수 증가
  - <u>카메라 상태변수는 INS 상태변수와 매우 닮아 있음</u>



MSCKF: One feature constrains <u>many states</u>

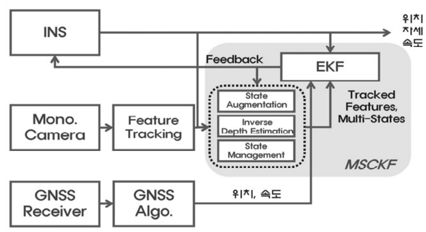


$$\mathbf{x}_{INS} = \left[\left(llh_{3\times1}\right)^T \middle| \left(v_{3\times1}^N\right)^T \middle| \left(\phi_{3\times1}^N\right)^T \middle| \left(b_{a_{3\times1}}\right)^T \middle| \left(b_{g_{3\times1}}\right)^T \right]^T \quad \mathbf{x}_{CAM} = \left[CamPose_{6\times1}^{M-N} \;\cdots\; CamPose_{6\times1}^{M} \right]^T$$

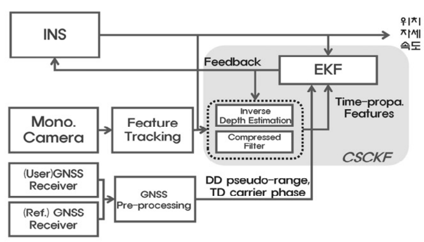
Number of MSCKF System State = <u>Number of INS State + Number of Camera States</u>

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIG [1/3]

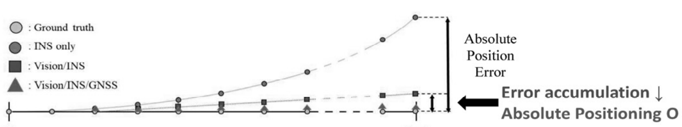
- Vision/INS/GNSS (VIG) 측위 시스템
  - INS, Vision, GNSS(or DGNSS) 측위 시스템 융합 방식
  - 시간에 따른 오차 누적 문제 해결 위해 절대 측정치 활용 필요
    - **GNSS 항법해** 혹은 절대 위치 값을 갖는 Landmark 측정치
  - GNSS를 활용한 융합 방법
    - LC 방식: VIO + GNSS(or DGNSS) 위치해 ➔ 위성 4개 미만 가용성↓
    - TC 방식: VIO + GNSS(or DGNSS) 원시 측정치 ➔ 도심지 환경 가용성↑
  - GNSS 기반 decimeter or centimeter 정확도를 얻기 위해 기준적으로부터 추가적인 GNSS 측정치 활용 혹은 반송파 측정치 활용 필요
    - 다양한 신호 전파 관련 오차 요인으로 단일 GNSS 수신기 기반 위치 정확도 미터급 한계



VIG (MSCKF-VIO + Single GNSS)

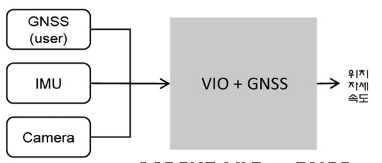


VIG (CSCKF-VIO + Differential GNSS) [10]



다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIG [2/3]

- VIG 복합 측위 시스템: MSCKF-VIO + GNSS (GNSS 측정치 활용 방법에 따라 다름)
  - GNSS 원시 측정치를 활용 (GNSS 의사거리 + 도플러/반송파)
  - GNSS 사용자 수신기 측정치 및 GNSS 상시 기준국 데이터 활용 [11]
  - 반송파 측정치를 활용한 경우 미지정수 별도로 추정 [12]

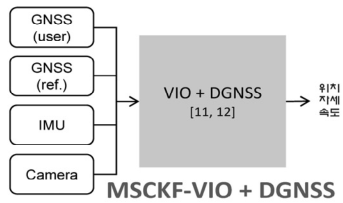


MSCKF-VIO + GNSS

➔ # of States = 15 + 6*N*

$$\mathbf{x}_{INS} = \left[\left(llh_{3\times1}\right)^T \;\middle|\; \left(v_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(\phi_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(b_{a_{3\times1}}\right)^T \;\middle|\; \left(b_{g_{3\times1}}\right)^T \right]^T$$

$$\mathbf{x}_{CAM} = \left[CamPose_{6\times1}^{K-N} \quad \cdots \quad CamPose_{6\times1}^{M} \right]^T$$



MSCKF-VIO + DGNSS

➔ # of States = 15 + 6*N* + *M*

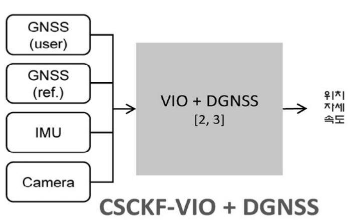
$$\mathbf{x}_{INS} = \left[\left(llh_{3\times1}\right)^T \;\middle|\; \left(v_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(\phi_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(b_{a_{3\times1}}\right)^T \;\middle|\; \left(b_{g_{3\times1}}\right)^T \right]^T$$

$$\mathbf{x}_{CAM} = \left[CamPose_{6\times1}^{M-N} \quad \cdots \quad CamPose_{6\times1}^{M} \right]^T \qquad \mathbf{x}_{Ambiguity} = \left[\mathbf{N}^{j} \quad \cdots \quad \mathbf{N}^{j+M} \right]^T$$

2025 IPNT Conference | 다중 센서 융합 측위 기술 소개 17

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIG [3/3]

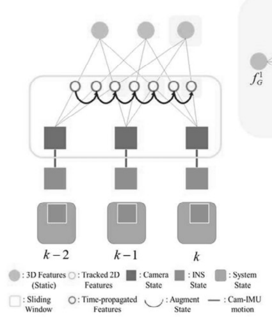
- VIG 복합 측위 시스템: CSCKF-VIO + DGNSS
  - CSCKF-VIO 로직에 GNSS 원시 측정치를 조합하여 VIG 측위 시스템 구성
  - GNSS 사용자 수신기 측정치 및 GNSS 상시 기준국 데이터 활용 [10]
  - 열악한 GNSS 수신환경 고려한 효율적인 측정치 활용 및 시스템 상태변수 최소화 [10]

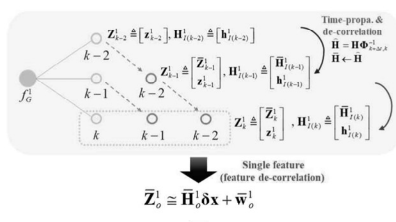


CSCKF-VIO + DGNSS

➔ # of States = 15

$$\mathbf{x}_{INS} = \left[\left(llh_{3\times1}\right)^T \;\middle|\; \left(v_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(\phi_{3\times1}^N\right)^T \;\middle|\; \left(b_{a_{3\times1}}\right)^T \;\middle|\; \left(b_{g_{3\times1}}\right)^T \right]^T$$





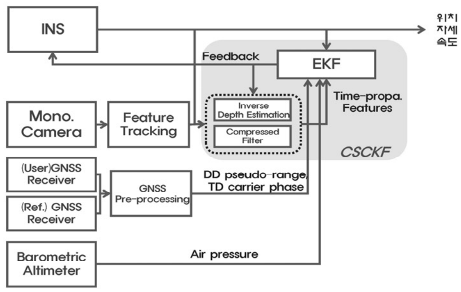
$$\bar{\mathbf{Z}}_o^1 \cong \bar{\mathbf{H}}_o^1 \delta\mathbf{x} + \bar{\mathbf{w}}_o^1$$

$$\mathbf{Z}_{VIS} \cong \mathbf{H}_{VIS} \delta\mathbf{x} + \mathbf{w}_{VIS}$$

2025 IPNT Conference | 다중 센서 융합 측위 기술 소개 18

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – VIGA

- VIGA (Visual-Inertial-GNSS-Altimeter) 복합 측위 시스템
  - CSCKF-VIO 로직에 GNSS 원시 측정치 및 기압고도계 측정치를 강결합한 융합한 복합 측위 시스템
    - GNSS 수신 어려운 환경에서 Vision이 가용 불가한 구간에서 위치 오차(esp. altitude) 급격히 증가
    - 도심지 환경 GNSS 수신 가능 위치 기하학적 배치 열악 (GNSS 활용한 수직 오차 보상 제한적)

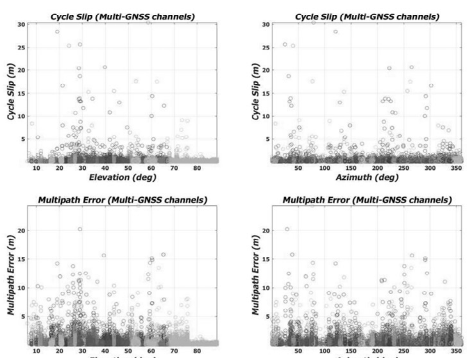


VIGA (CSCKF-VIO + Differential GNSS + Altimeter)

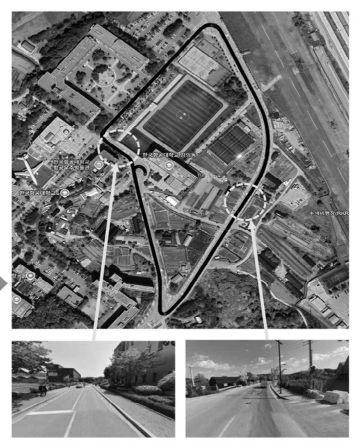
다중 센서 기반 복합 측위 기술 – 실험 결과 [1/3]

- 도심지 환경 모사 준 시뮬레이션 [14]
  - 도심지(테헤란로) 환경에서 GNSS 오차 요인 (Cycle slip, Multipath) 추출
  - 추출된 GNSS 오차 개활지 취득 데이터에 주입 (한국항공대학교 주변)

도심지 환경 개략 GNSS 오차 추출



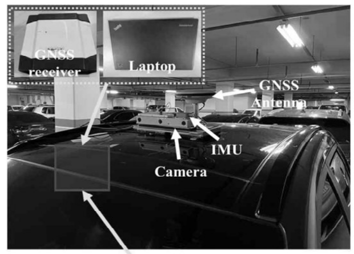
추출된 GNSS 오차 (Cycle slip, Multiple)



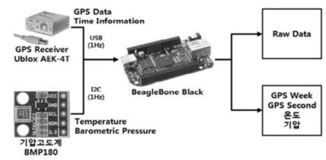
개활지 환경 데이터 + 오차 주입 후 실험

다중 센서 기반 복합 측위 기술 – 실험 결과 [2/3]

- 실험 장비
  - GNSS 수신기: NovAtel Propak6 (2대, 1Hz)
  - Low-cost IMU: Xsens-Mti (Bias Stability: 5 deg/s, 0.02 m/s2 , 100 Hz)
  - Camera: BumblebeeXB3 (스테레오 카메라, 왼쪽 카메라만 활용, 15 Hz)
    - Resolution: 640 x 480 (rectified, assuming camera calibration params. known)
  - Barometric Altimeter: BOSCH BMP 180 (기압고도계, 1Hz)

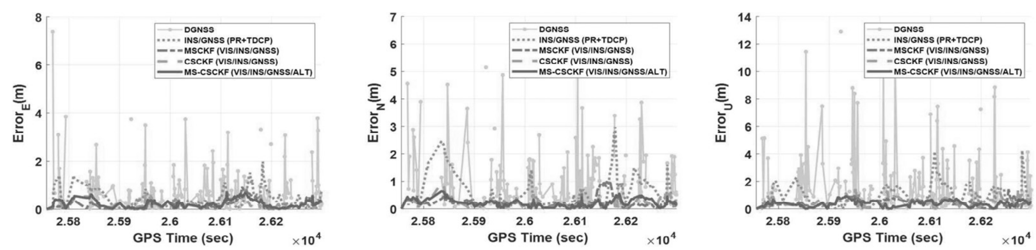


- 각 실험의 참값으로 cm 급의 정밀한 위치해 활용함
  - Ground Truth: RTK (Real-Time Kinematic) 기법을 활용함



다중 센서 기반 복합 측위 기술 – 실험 결과 [3/3]

- 실험 결과



Algorithm	RMSE (m)			Maximum Error (m)			Availability(%)
	E	N	U	E	N	U	
DGNSS	1.268	1.465	3.157	7.38	6.195	12.899	67.03
INS/DGNSS(PR+TDCP)	0.593	0.823	1.225	1.983	2.973	4.246	100
MSCKF(VIS/INS/GNSS)	0.279	0.325	0.541	0.928	1.004	1.421	100
CSCKF(VIS/INS/GNSS)	0.308	0.283	0.605	0.755	0.931	1.532	100
MS-CSCKF(VIS/INS/GNSS/ALT)	**0.299**	**0.251**	**0.466**	**0.696**	**0.639**	**0.908**	100

요약 및 마무리

Summary & Conclusion

- 자율주행, 드론 비행 등 저가 센서로 구성된 HW 시스템에서는 단독 측위 기술로는 위치 정확도에 한계가 존재하며, 다중 센서 융합을 통한 측위 로직 필요
  - 현재 측위 로직에 있어 가장 많이 활용되는 Vision, INS, GNSS를 융합한 다중 센서 기반 측위 로직 설명
  - 센서 융합 로직: INS/GNSS, Visual-Inertial Odometry, Visual-Inertial-GNSS, Visual-Inertial-GNSS-Altimeter, etc.
- AI 기술이 발전함에 따라 AI 기술이 측위 로직에도 적용되어 성능 향상되고 있음
  - 현재 E2E (End-to-End) DNN 기반 Pose estimation 로직 개발이 활발히 연구되고 있음
    - 몇몇 Benchmark dataset에 대해서 기존 hand-craft 로직 대비 향상된 성능을 보여줌
  - 실무에서 많이 활용되는 AI 기술 융합은 '**Hybrid**' 방식으로 기존 측위 로직에서 일부분을 AI로 대체함
    - 대표적으로 Visual-Inertial Odometry or Visual-SLAM 로직에서 Visual measurement인 feature point를 Hand-craft 로직이 아닌 DNN을 활용
    - 그 밖에
      - IMU bias 추정을 DNN으로 하고 adaptive covariance matrix 생성함
      - GNSS NLOS/LOS ML 기반으로 판단하여 NLOS 제거 및 위치 추정 성능 향상

Reference

[1] Image courtesy from, Clemente el.al., *RSS*'07

[2] K. He, G. Gkioxari , P. Dollár , and R. Girshick , Mask RCNN ," *ICCV*'17

[3] Kaiming He, et al.: "Mask R-CNN," ICCV2017

[4] Jan Van Sickle, Senior Lecturer, John A. Dutton e-Education Institute, College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University; V3 Consultants, Lakewood, CO

[5] Wang, D., Xu, X., & Zhu, Y. (2018). A novel hybrid of a fading filter and an extreme learning machine for GPS/INS during GPS outages. Sensors, 18(11), 3863.

[6] Torsten Sattler, et al.: "Benchmarking 6DOF Outdoor Visual Localization in Changing Conditions," CVPR 2018

[7] Berta Bescos, et al.: "DynaSLAM: Tracking, Mapping and Inpainting in Dynamic Scenes," arXiv 2018

[8] Akihiko Torii, et al.: "Visual Place Recognition with Repetitive Structures," CVPR 2013

[9] Mourikis, A. I., et al.: "A Multi-State Constraint Kalman Filter for Vision-aided Inertial Navigation," ICRA 2007

[10] Y. D. LEE, el.al "A tightly-coupled compressed state constraint Kalman filter for integrated visual-inertial-GNSS navigation in GNSS-degraded environments," IET Radar, Sonar & Navigation, 2022

[11] Liao, J., et al.: "Enhancing navigation performance through visual-inertial odometry in GNSS-degraded environment," *GPS Solutions, 2021*

[12] Li, T., et al.: "Tight Fusion of a Monocular Camera, MEMS-IMU, and Single-Frequency Multi-GNSS RTK for Precise Navigation in GNSS-Challenged Environments," *Remote Sensing, 2019*

[13] Qin, T., Li, P., & Shen, S. (2018). Vins-mono: A robust and versatile monocular visual-inertial state estimator. IEEE transactions on robotics, 34(4), 1004-1020.

[14] Kim, L., Lee, Y., & Lee, H. K. (2022). Kalman–Hatch dual-filter integrating global navigation satellite system/inertial navigation system/on-board diagnostics/altimeter for precise positioning in urban canyons. IET Radar, Sonar & Navigation, 16(2), 379-397.

감사합니다

2025 IPNT Conference

Tutorial 2

[TS-2] GNSS 전리층 지연량 모델링을 위한 전리층 기초 이해

홍준석 (한국천문연구원 우주항법측지센터)

2025년 항법시스템학회 정기학술대회

GNSS 전리층 지연량 모델링을 위한 전리층 기초 이해

한국천문연구원
우주항법측지센터

홍준석

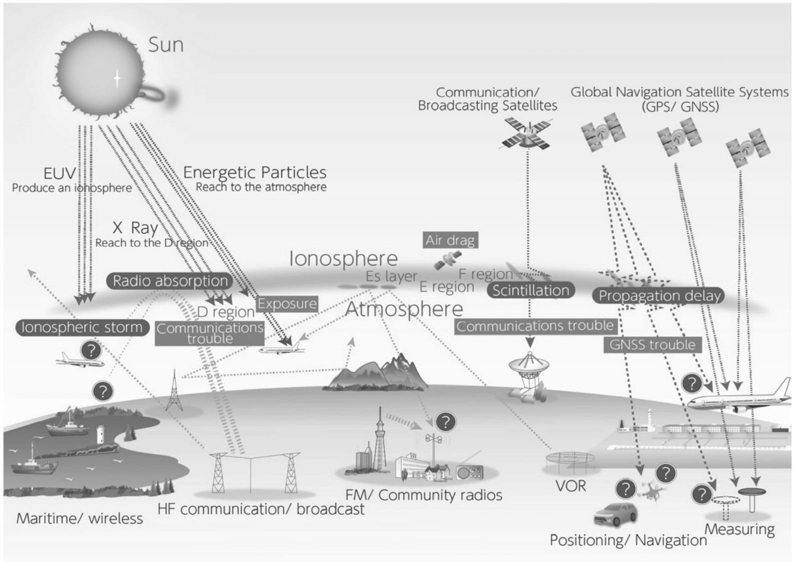
2025. 11. 05.

전리층 기초

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 2

전리층 기초 *전리층 모델링*

Korea Astronomy and Space Science Institute



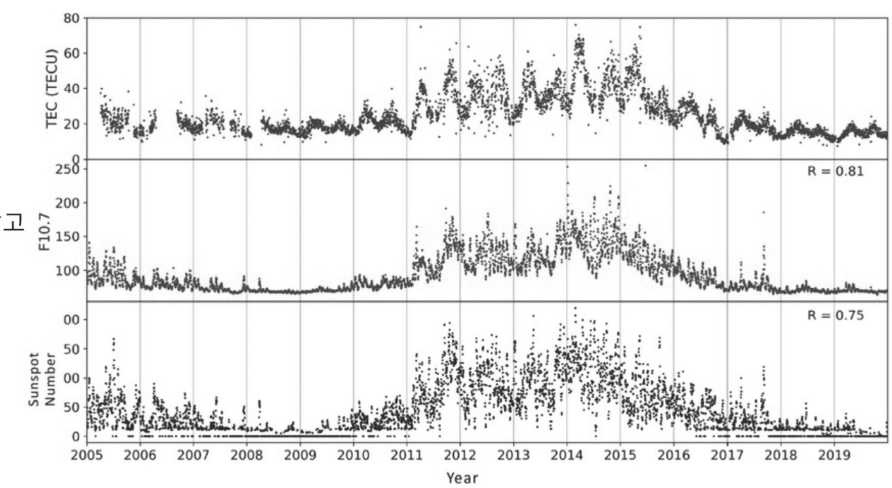
2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 3

전리층 기초 *전리층 모델링*

Korea Astronomy and Space Science Institute

태양 때문이라는데 ...

- 태양 활동 예측의 어려움
  - ~11년 활동 주기
  - ~27일 자전 주기
- 태양 활동 예측을 맞추었음에도 불구하고! 전리층 예측은 잘 맞지 않고 대응이 어렵다?

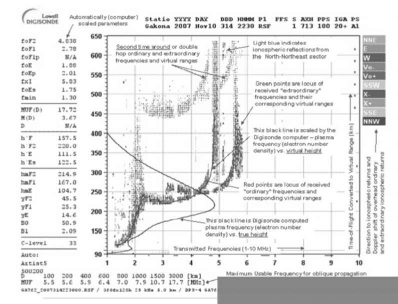


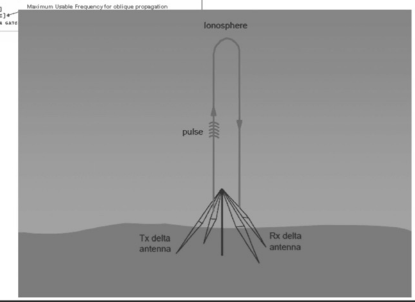
2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 4

전리층 기초 | 전리층 모델링

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute





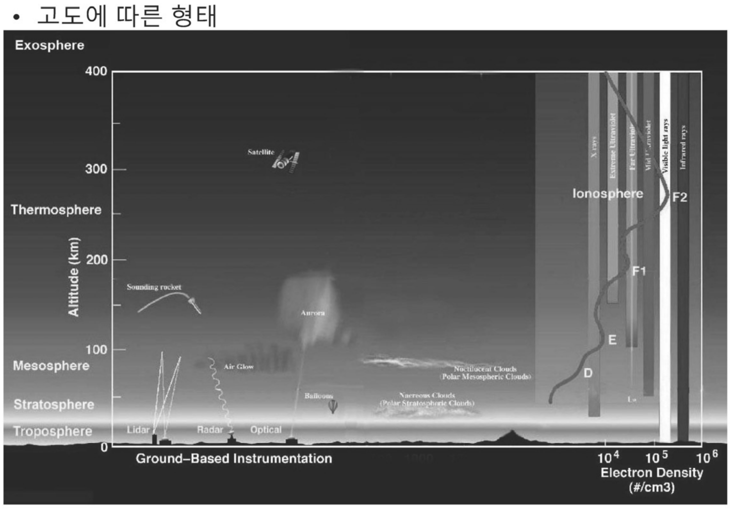
전리층 기초 | 전리층 모델링

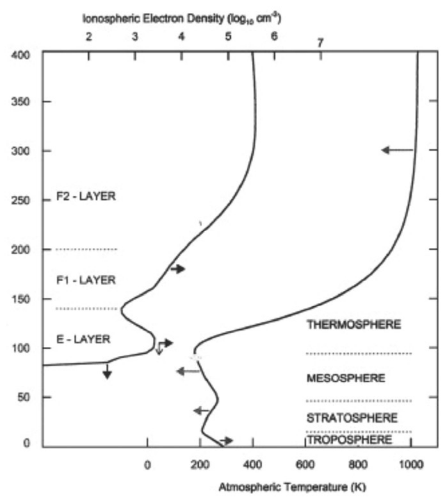
전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 형성과 구성 원리

- 고도에 따른 형태





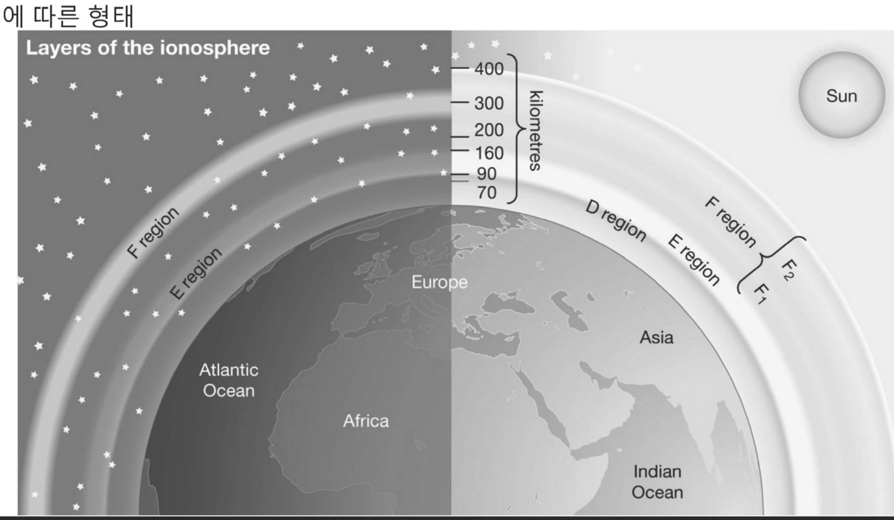
전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 형성과 구성 원리

- 낮과 밤에 따른 형태



2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 7

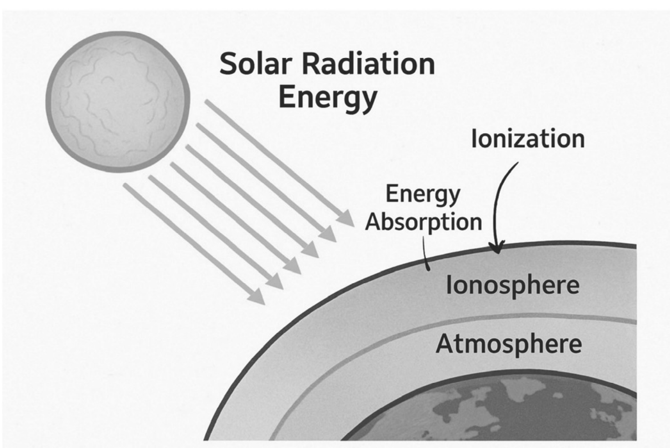
전리층 기초 *전리층 모델링*

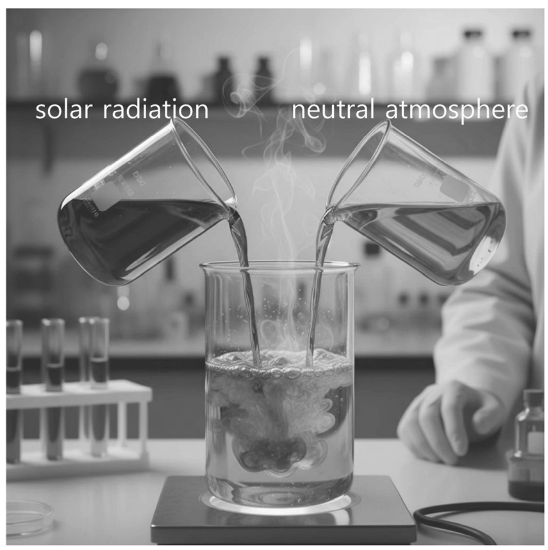
전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 형성과 구성 원리

- 재료: 태양 복사 에너지 & 지구 대기





2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 8

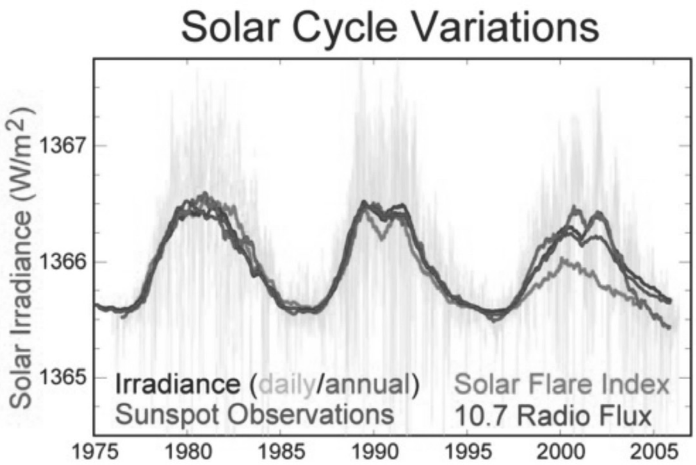
전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ **형성과 구성 원리**

- 재료: **태양 복사 에너지** & 지구 대기



2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 9

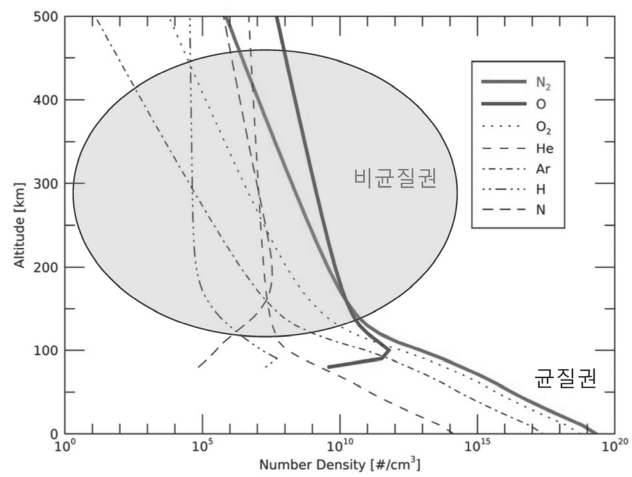
전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ **형성과 구성 원리**

- 재료: 태양 복사 에너지 & **지구 대기**



2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 10

전리층 기초 전리층 모델링

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 태양 복사 에너지에 의한 플라즈마 생성

- 중성 대기

$N = N_0 \exp(-\frac{z}{H})$

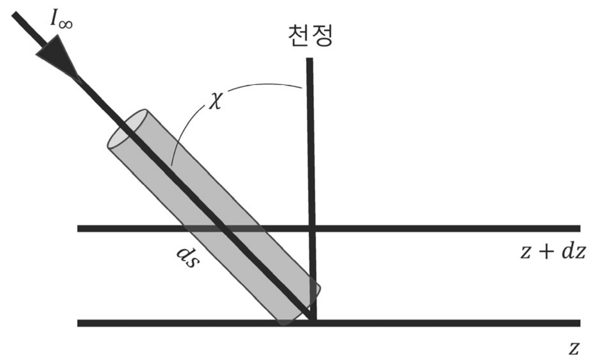
- 태양 복사 에너지 Lambert-Beer law

$dI = -I\nu N ds \quad ds = -dz \sec\chi$

$I = I_\infty \exp(-\nu N_0 H \exp\left(-\frac{z}{H}\right) \sec\chi)$

생성률 $q = \eta \frac{dI}{dz} \cos\chi$

$q = \eta\nu I_\infty N_0 \exp[-\left(\frac{z}{H}\right) - \nu N_0 H \exp\left(-\frac{z}{H}\right) \sec\chi]$



2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 11

전리층 기초 전리층 모델링

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

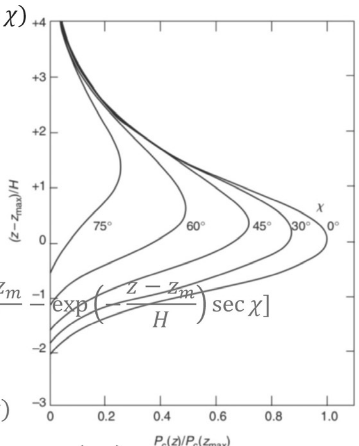
✓ 태양 복사 에너지에 의한 플라즈마 생성

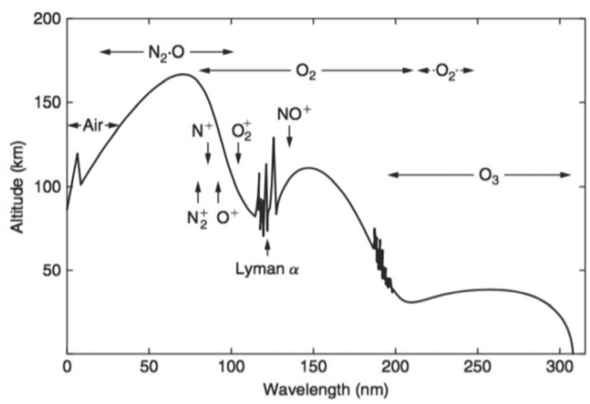
- 최대 생성률과 고도

$z_m = H \ln(\nu N_0 H \sec\chi)$

$q_m = \eta \frac{I_\infty \cos\chi}{\exp(1) H}$

$I = I_\infty \exp(-1)$





$q = q_m \exp[1 - \frac{z - z_m}{H} - \exp\left(-\frac{z - z_m}{H}\right) \sec\chi]$

$y = (z - z_m)/H$

$q(z, \chi) = q_m Ch(y, \chi)$

$Ch(y, \chi) = \exp[1 - y - \exp(-y) \sec\chi]$

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 12

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 각 층별 메커니즘

- D층
  - 음이온 및 수산화 군이온
  - 매우 빠르게 재결합
    > 해리성 재결합

$NO + h\nu \rightarrow NO^+ + e^-$

$NO^+ + e^- \rightarrow N + O$

$k \approx 4 \times 10^{-7}\ cm^3/s$

$O_2 + O_2 + e^- \rightarrow O_2^- + O_2$

$O_2^- + h\nu \rightarrow O_2 + e^-$

$O_2^- + M \rightarrow O_2 + M + e^-$

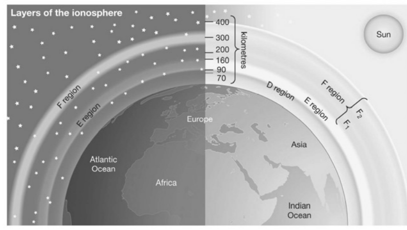
$O_2^- + O^+ \rightarrow O_2 + O$

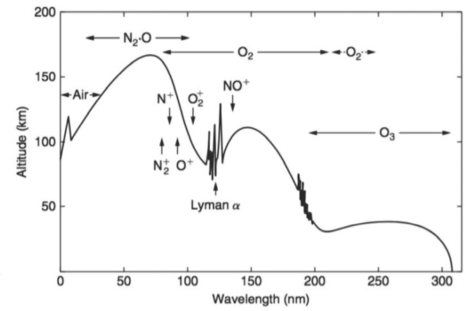
$k \approx 10^{-6}\ cm^3/s$

$X(H_2O)_n^+ + e^- \rightarrow X(H_2O)_{n-1} + H_2O$

$k \approx 5 \times 10^{-5}\ cm^3/s$

Compositions	Ionization energy [eV]	wavelength [nm]
Ar	15.75	78.7
C	11.26	110.1
CH_4	12.55	98.79
CO	14.01	88.49
CO_2	13.77	90.04
H	13.60	91.16
H_2	15.43	80.35
H_2O	12.62	98.24
He	24.59	50.42
Mg	7.646	162.2
N	14.55	85.33
N_2	15.58	79.58
NH_3	10.16	121.9
NO	9.264	133.8
Na	5.139	241.3
O	13.62	91.03
O_2	12.06	102.8
O_3	12.80	97.0
OH	13.18	94.07
Ne	21.56	57.5
S	10.36	119.7
SO	10.0	124.0
SO_2	12.34	100.5





전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 각 층별 메커니즘

- E층
  - 채프먼 층
  - 산소분자의 광이온화
  - O_2^+, NO^+
  - 빠르게 재결합
    > 전하교환 후 해리성 재결합

$O_2 + h\nu \rightarrow O_2^+ + e^-$

$N_2 + h\nu \rightarrow N_2^+ + e^-$ x-ray

$O + h\nu \rightarrow O^+ + e^-$ x-ray

$N_2^+ + O_2 \rightarrow O_2^+ + N_2$

$k \approx 5\times10^{-10}\ cm^3/s$

$N_2^+ + O \rightarrow NO^+ + N$

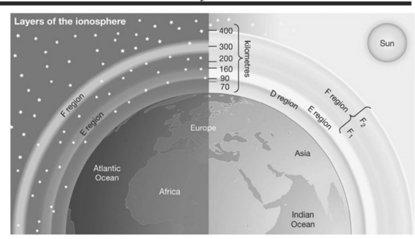
$k \approx 10^{-10}\ cm^3/s$

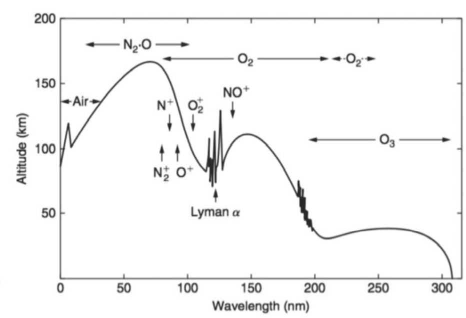
$NO^+ + e^- \rightarrow N + O$

$O_2^+ + e^- \rightarrow O + O$

$k \approx 3\times10^{-7}\ cm^3/s$

Compositions	Ionization energy [eV]	wavelength [nm]
Ar	15.75	78.7
C	11.26	110.1
CH_4	12.55	98.79
CO	14.01	88.49
CO_2	13.77	90.04
H	13.60	91.16
H_2	15.43	80.35
H_2O	12.62	98.24
He	24.59	50.42
Mg	7.646	162.2
N	14.55	85.33
N_2	15.58	79.58
NH_3	10.16	121.9
NO	9.264	133.8
Na	5.139	241.3
O	13.62	91.03
O_2	12.06	102.8
O_3	12.80	97.0
OH	13.18	94.07
Ne	21.56	57.5
S	10.36	119.7
SO	10.0	124.0
SO_2	12.34	100.5





전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 각 층별 메커니즘

- F1층
  - 채프먼 층
  - 산소원자의 광이온화
  - O^+
  - 느리게 재결합
    > 전하교환 후 해리성 재결합
    > 복사 재결합

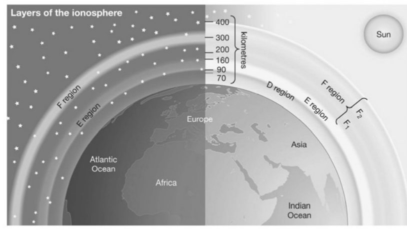
$$O + h\nu \rightarrow O^+ + e^-$$

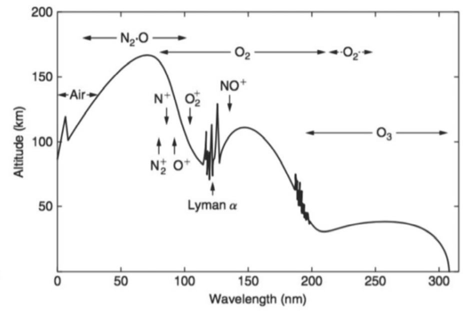
$$O^+ + e^- \rightarrow O + h\nu \qquad k \approx 3\times10^{-12}\ cm^3/s$$

$$O^+ + O_2 \rightarrow O_2^+ + O \qquad k \approx 2\times10^{-11}\ cm^3/s$$

$$O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N \qquad k \approx 10^{-12}\ cm^3/s$$

Compositions	Ionization energy [eV]	wavelength [nm]
Ar	15.75	78.7
C	11.26	110.1
CH_4	12.55	98.79
CO	14.01	88.49
CO_2	13.77	90.04
H	13.60	91.16
H_2	15.43	80.35
H_2O	12.62	98.24
He	24.59	50.42
Mg	7.646	162.2
N	14.55	85.33
N_2	15.58	79.58
NH_3	10.16	121.9
NO	9.264	133.8
Na	5.139	241.3
O	13.62	91.03
O_2	12.06	102.8
O_3	12.80	97.0
OH	13.18	94.07
Ne	21.56	57.5
S	10.36	119.7
SO	10.0	124.0
SO_2	12.34	100.5





전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 각 층별 메커니즘

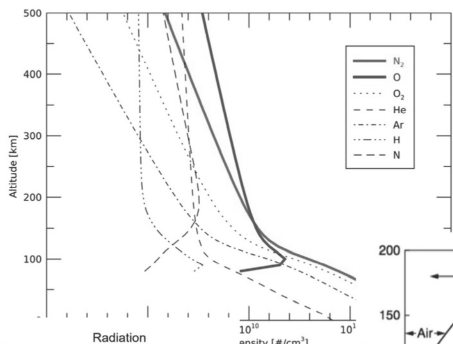
- F2층
  - 중성대기 감소
  - O^+
  - 느리게 재결합
  - 연직방향 수송

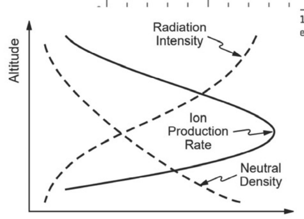
$$n_e \propto \frac{[O]}{[N_2]}$$

$$\propto \exp\left[-\frac{z}{H(O)} + \frac{z}{H(N_2)}\right]$$

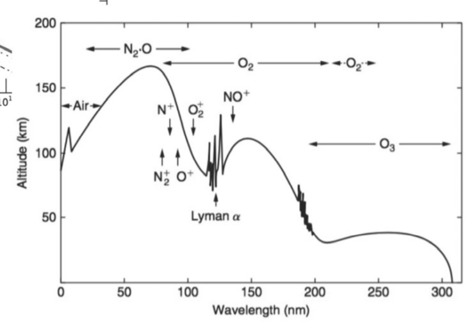
$$\propto \exp\left[+0.75\frac{z}{H(O)}\right]$$

$$\frac{dn_e}{dt} + \nabla \cdot (n_e v_e) = P - L$$





[Baumjohann and Treumann, 1996]

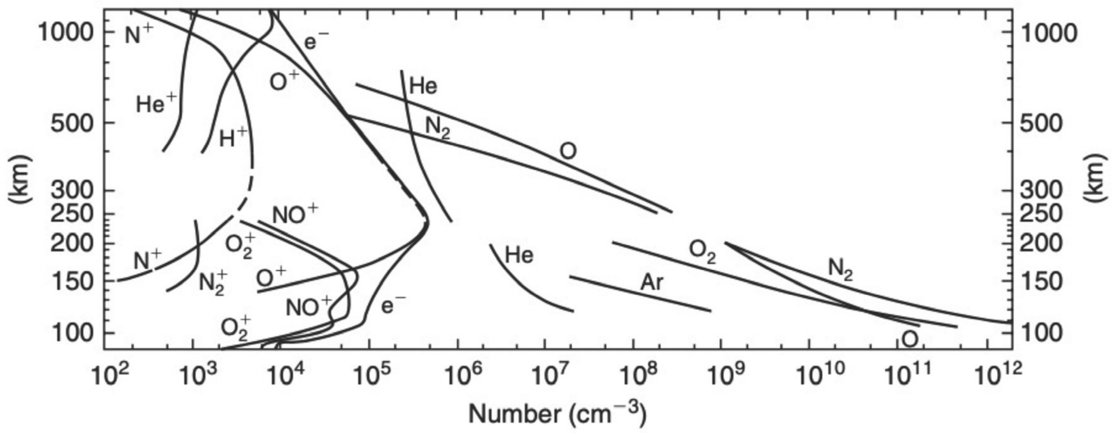


전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 각 층별 메커니즘



[*Kelly*, 2009]

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 17

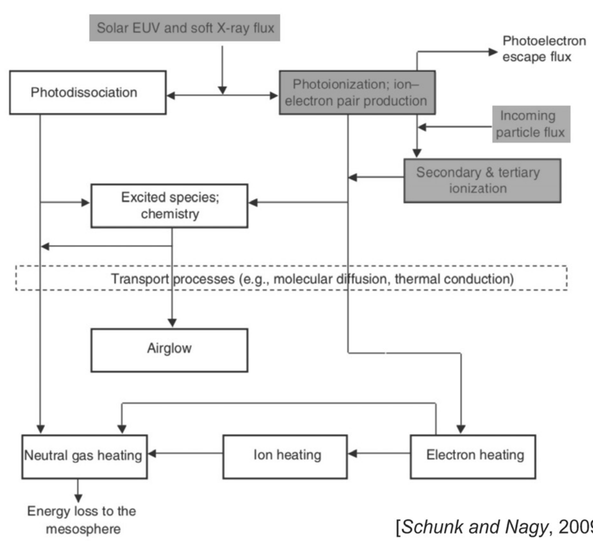
전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 형성의 보조 요인

- 고에너지 입자 침투
  - 자기력선을 따라 고에너지 입자의 유입 및 중성대기와 충돌 후 이온화
  - 전자밀도 불균질 발생 증가 : 고위도 오로라 지역 등



[*Schunk and Nagy*, 2009]

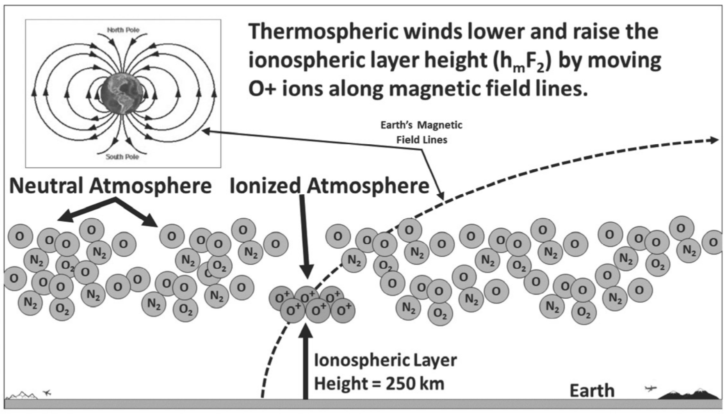
2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 18

전리층, 전리권, ionosphere

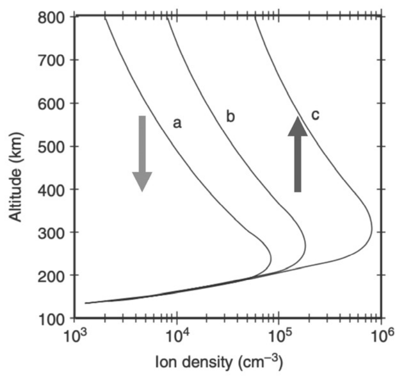
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층에 미치는 지구 대기 영향

- 태양광에 의한 광이온화 뿐 아니라 중성대기 바람이 중요한 역할
  - 전리층 이동(변동) 및 지구 대기에 전기장 형성을 통해 전리층에 영향



https://civspace.jhuapl.edu/mentatwinds/

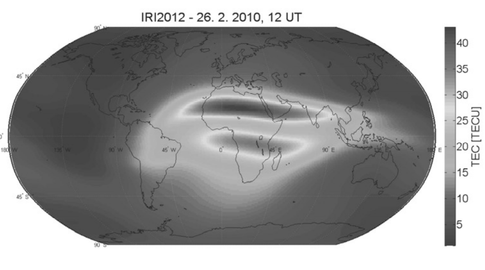


[*Schunk and Nagy*, 2009]

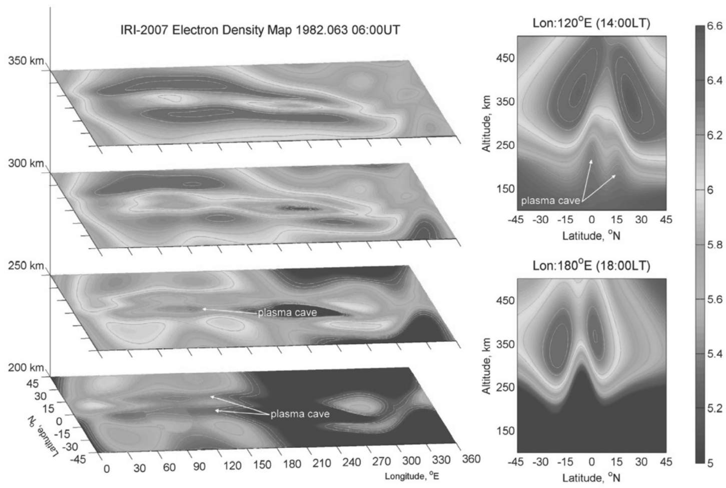
전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층에 미치는 지구 대기 영향



[*Najman and Kos*, 2014]



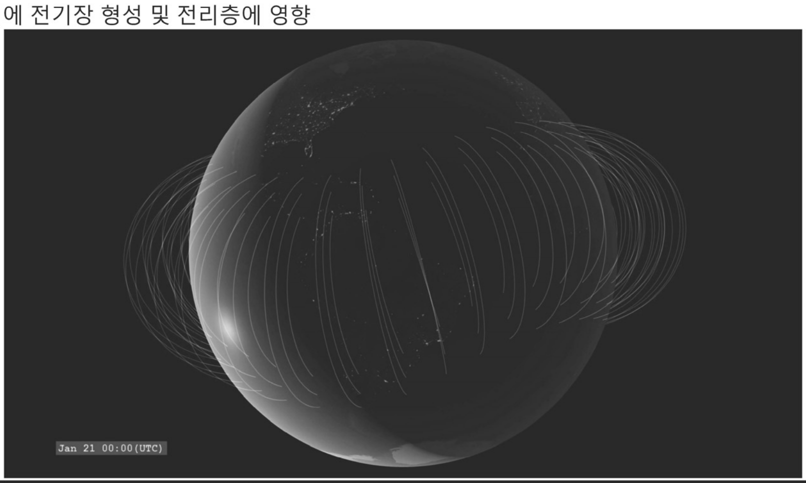
[*Lee et al.*, 2012]

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ **전리층에 미치는 지구 대기 영향**

- 태양광에 의한 광이온화 뿐 아니라 중성대기 바람이 중요한 역할
  - 지구 대기에 전기장 형성 및 전리층에 영향



[*NASA*]

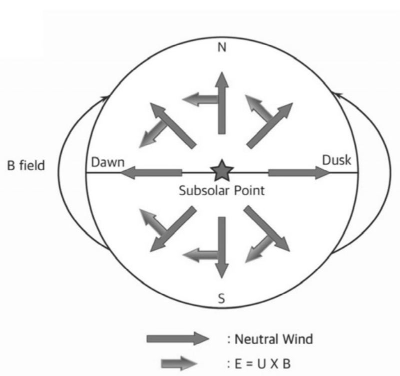
전리층, 전리권, ionosphere

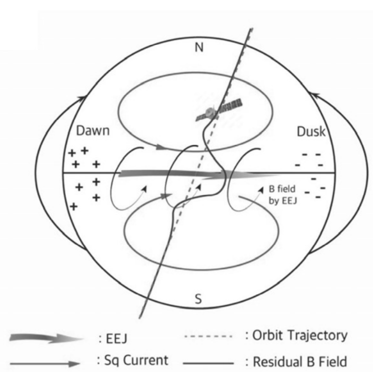
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ **전리층에 미치는 지구 대기 영향**

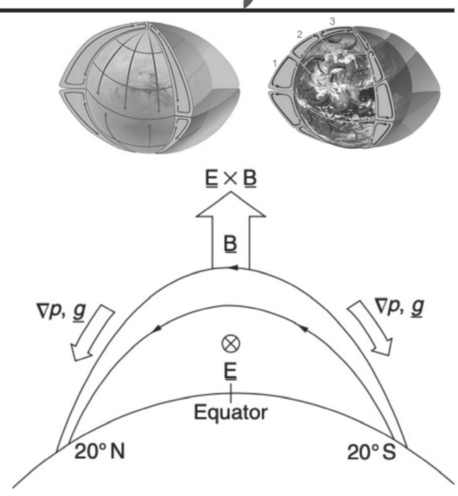
- 태양광에 의한 광이온화 뿐 아니라 중성대기 바람이 중요한 역할
  - 지구 대기에 전기장 형성 및 전리층에 영향

  - 지자기 적도로부터 다소 벗어난 지역에서 전리층 전자밀도 최대





[*Ryu et al.*, 2022]



[*Kelly*, 2009]

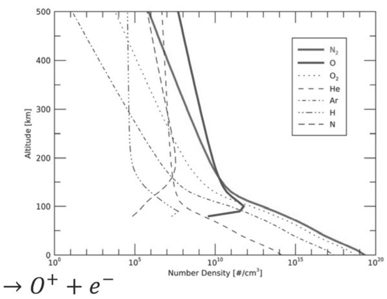
전리층 기초 전리층 모델링

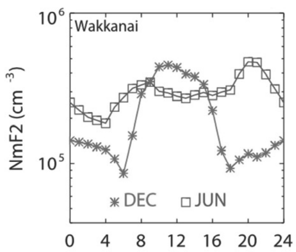
전리층, 전리권, ionosphere

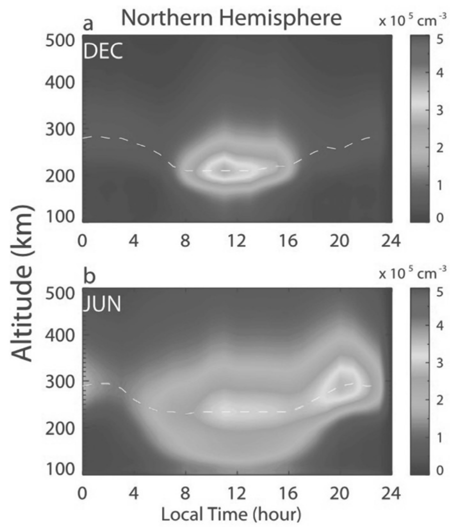
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층에 미치는 지구 대기 영향

- 계절에 따른 지구 대기 조성의 변화가 전리층에 영향
  - 높은 온도에 따라
    여름철 수직으로 더 팽창하는 지구 대기
    여름 반구에서 겨울 반구로 이동하는 대규모 지구 대기 순환
  - 특정 지역에서 오히려 겨울철 전자밀도가 더 높음







$O + h\nu \rightarrow O^{+} + e^{-}$
$O^{+} + N_2 \rightarrow NO^{+} + N$
$NO^{+} + e^{-} \rightarrow N + O$

[*Lee et al.*, 2011]

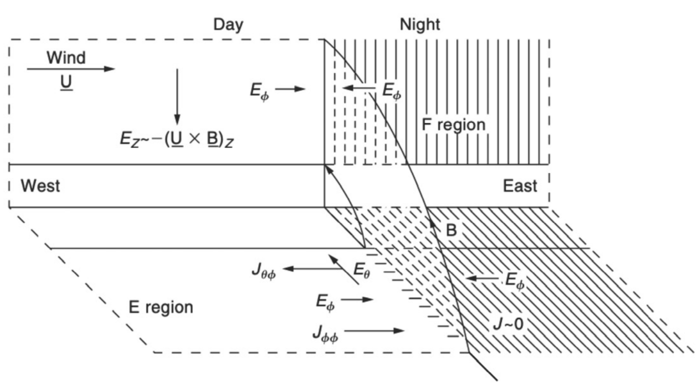
전리층 기초 전리층 모델링

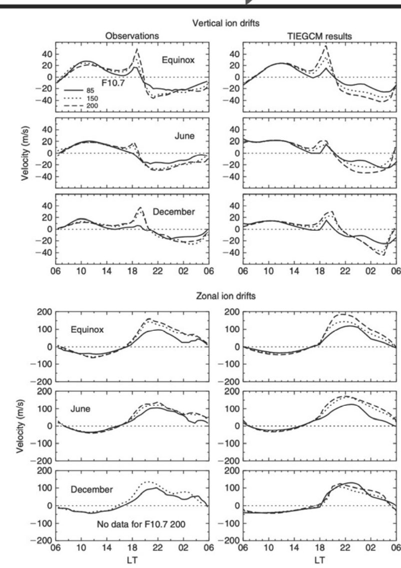
전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 전리층 불균질 생성

- 저위도 저녁시간에 전리층 불안정성 증대
  - 중성바람에 의한 전기장 형성 및 플라즈마 운동



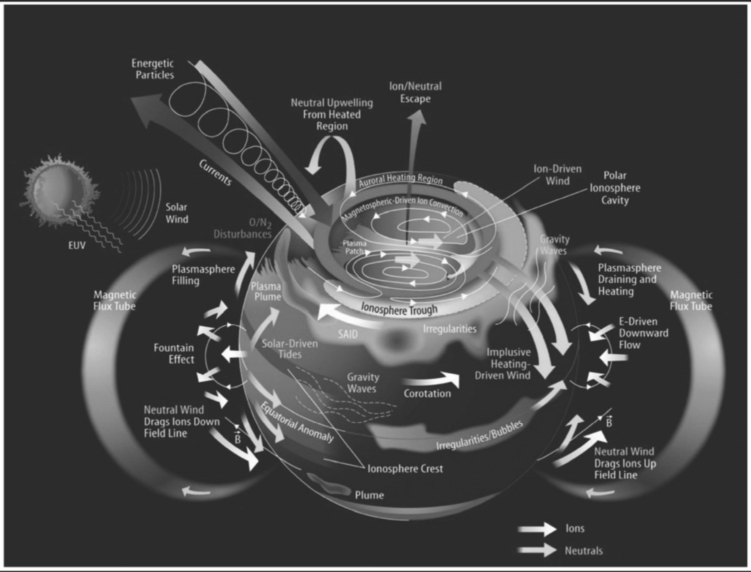


[*Kelly*, 2009]

전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute



2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 25

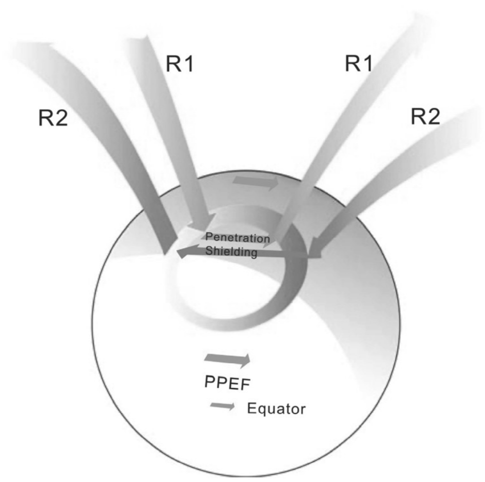
전리층 기초 *전리층 모델링*

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 지자기 폭풍 등에 따른 전리층 교란

- 태양풍에서 유래된 고위도 전기장의 확장 / 감소
  - prompt penetration electric field (undershielding effect)
    > 기존 전기장 (낮시간 동쪽방향 전기장)의 강화
      > 낮시간 TEC 증가 및 밤시간 TEC 감소
  - overshielding effect
    > 기존 전기장 (낮시간 동쪽방향 전기장)의 약화 및 역전
      > 낮시간 TEC 감소 및 밤시간 TEC 증가



[*Wei et al.*, 2015]

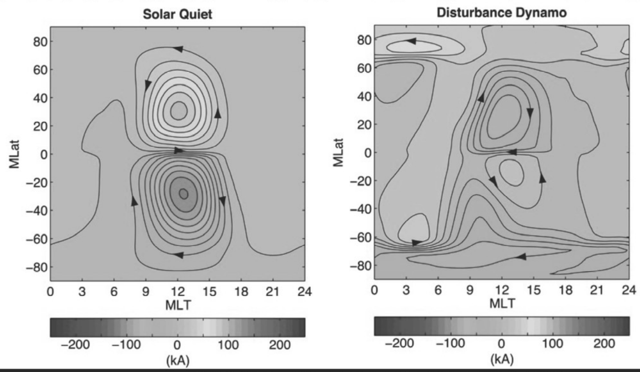
2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 26

전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 지자기 폭풍 등에 따른 전리층 교란

- 고에너지 입자 유입에 따른 중성대기 바람 변화로 전기장 변화(disturbance dynamo electric field)
  - 고위도 자기력선을 따라 고에너지 입자 유입 및 대기 충돌로 에너지 유입
  - 열적 팽창한 고위도 대기가 저위도로 향하는 중성바람 발생
    > 코리올리 힘에 따른 중상바람의 편향(북반구 기준 서쪽방향)
      > 낮시간 서쪽방향 전기장 발생으로 낮시간 TEC 감소 및 EIA 구조 약화/소멸



[*Heelis & Maute*, 2020]

전리층 기초 *전리층 모델링*

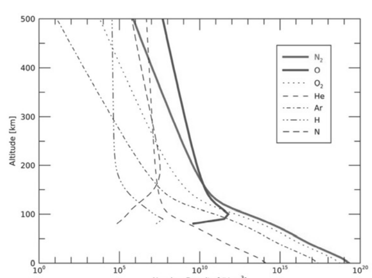
전리층, 전리권, ionosphere

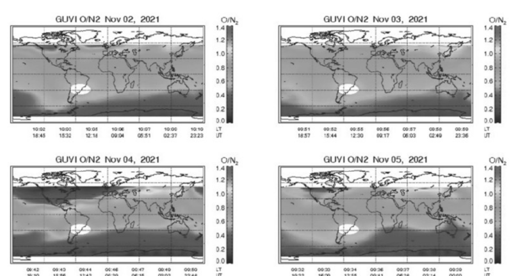
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 지자기 폭풍 등에 따른 전리층 교란

- 중성 대기 구성 변화
  - 태양 복사 에너지 증가 > 중성 대기 광이온화 증가 > 전리층 전자 증가 영향
  - 태양 복사 에너지 증가 > 지구 대기의 수직 팽창 > 특정 고도(e.g. 300 km)에서 O/N_2 비율 변동(N_2의 비율 증가)
    V
    전리층 플라즈마 재결합률 증가에 따른 전자 감소 영향
  - 태양 복사 에너지 증가에 따른 중성 바람 성분의 변화로 중성대기 및 이온의 이동에 의한 전자 증가 또는 감소 영향

$$O + h\nu \rightarrow O^+ + e^-$$
$$O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$$
$$NO^+ + e^- \rightarrow N + O$$





[*Aol et al.*, 2023]

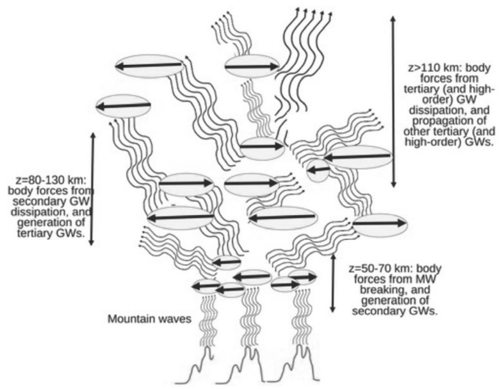
전리층 기초 전리층 모델링

전리층, 전리권, ionosphere

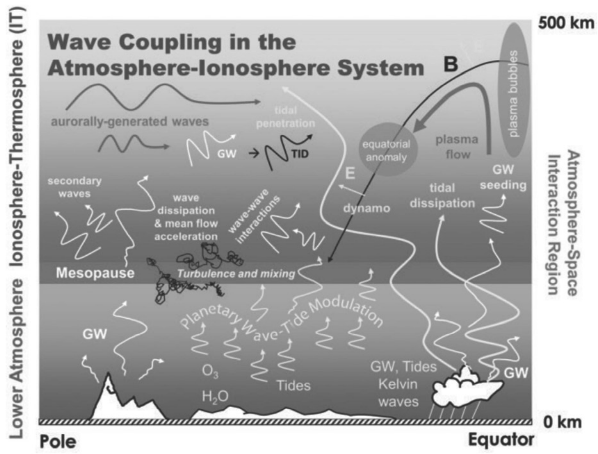
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 대기 파동에 의한 전리층 변화

- 대기 파동(주기적인 중성바람의 변화)에 의한 전리층 불균질 발생
  - 행성파, 조석파, 대기중력파 등



[*Vadas & Becker*, 2019]



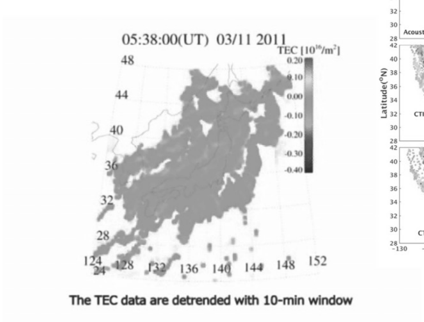
전리층 기초 전리층 모델링

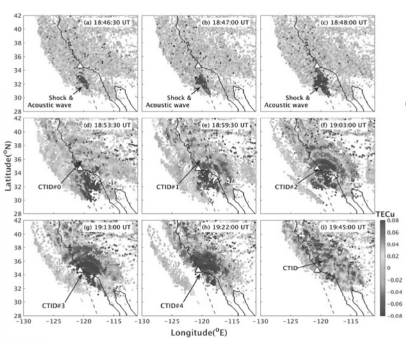
전리층, 전리권, ionosphere

Korea Astronomy and Space Science Institute

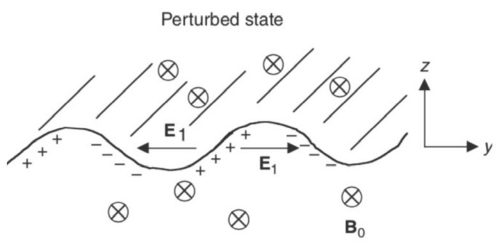
✓ 대기 파동에 의한 전리층 변화

- 대기 파동(주기적인 중성바람의 변화)에 의한 전리층 불균질 발생
  - 행성파, 조석파, 대기중력파 등





[*Lin et al., 2017*]



[*Schunk and Nagy, 2009*]

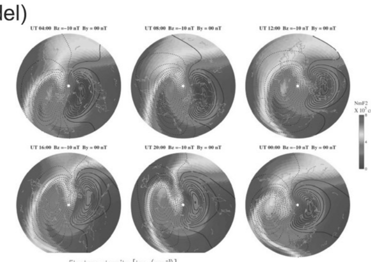
전리층 모델링

전리층 모델링

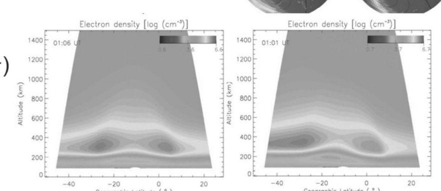
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 이론(theoretical) 모델

- 밝혀진 이론의 다양한 수식을 계산하여 시간/위치/고도에 따른 전리층 전자밀도 계산
  - 연속방정식 / 운동방정식 / 전자기장 효과 / 중성대기 효과 등
  - TIE-GCM (Thermopshere Ionosphere Electrodynamics General Circulation Model)
  - SAMI (Sami is Another Model of the Ionosphere)
  - CTIP (Coupled Thermosphere-Ionosphere-Plasmasphere model)
  - SUPIM (Sheffield University Plasmasphere-Ionosphere Model)
  - GTIM (Global Theoretical Ionosphere Model)
  - FLIP (Field Line Interhemispheric Plasma model)
  - …
  - 정교한 계산 가능
  - 다양한 조건에 따른 전리층 변화 모델링 가능
  - 타 모델과의 접합 유연(이론모델을 초기값으로 사용 가능)
  - 계산에 오랜 시간 소요



[*Liu et al.*, 2017]



[*Hong et al.*, 2014]

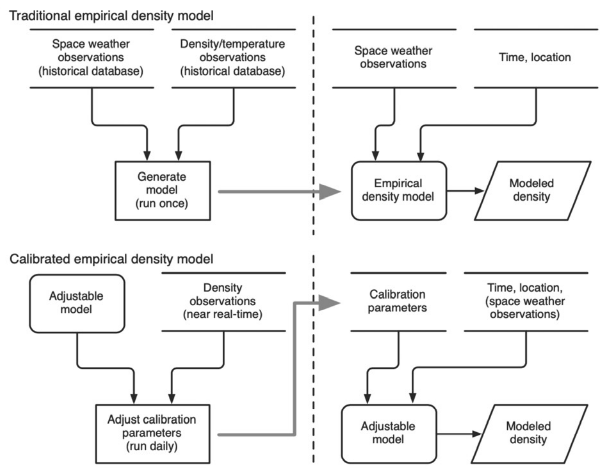
전리층 기초 전리층 모델링

전리층 모델링

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 경험(empirical) 모델

- 관측 자료에 근거하여 전리층 전자밀도 평균값 예측
  - IRI (International Reference Ionosphere)
  - NeQuick
  - PRISM
  - …
  - 이론모델 대비 빠른 계산 가능
  - 표준 파라미터 사용
  - 관측 자료에 의존하기에 관측 없는 시기
    또는 관측 되지 않은 범위에 대하여 부정확



[*Doornbos*, 2011]

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 33

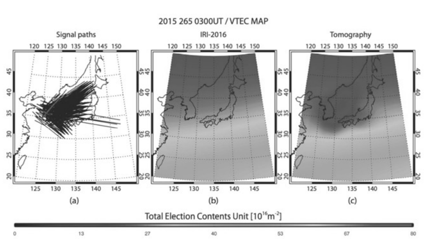
전리층 기초 전리층 모델링

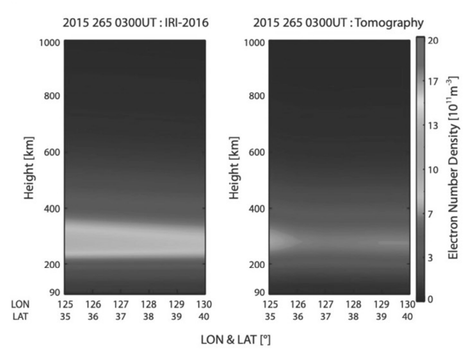
전리층 모델링

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 자료동화(data assimilation) 모델 등

- 모델링 결과를 초기값으로 하되 관측 자료를 이용하여 실제와 근사하게 보정
  - IRTAM (IRI Real-Time Assimilative Model)
  - GAIM (Global Assimilative Ionospheric Model)
  - IDA4D (Ionospheric Data Assimilation 4-Diemnsional)
  - …
  - 모델값의 한계와 관측 자료의 오차 모두 보완 가능
  - 계산에 오랜 시간 소요





[*Hong et al.*, 2017]

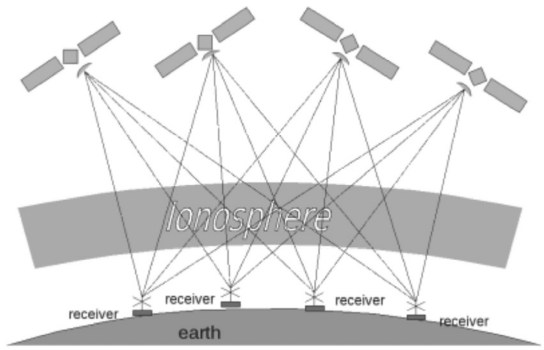
2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 34

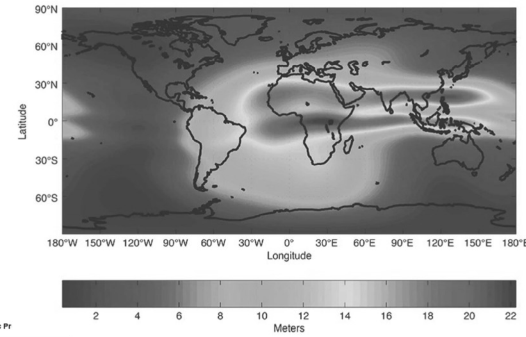
전리층 모델링

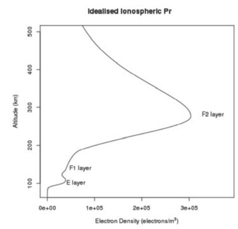
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 위성항법을 위한 모델링

- 총 전자량(TEC) 중요
  - 수직 또는 신호 경로를 따른 전리층 전자 개수 밀도의 총합
- 태양활동 뿐 아니라 중성 대기 구성과 바람 등 고려 필수





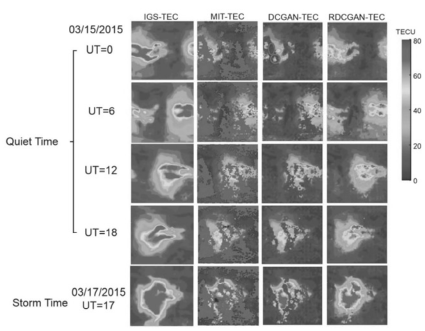


전리층 모델링

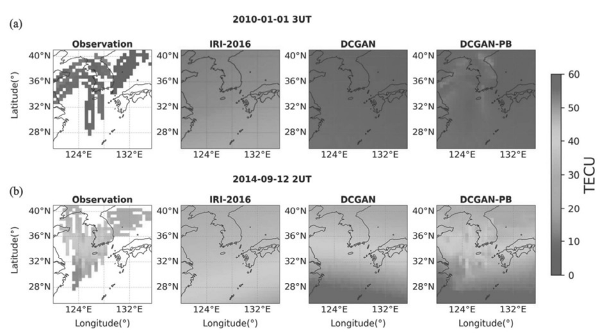
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 인공지능을 이용한 전리층 모델링 현황

- reconstruction model: 관측이 부족한 곳을 채워서 완전한 TEC map 등 생성
  - TEC map with gap + model → complete TEC map
  - 완전한 TEC map 자체로 활용 / 또 다른 학습자료로 사용될 완전한 TEC map



[*Chen et al.*, 2019]



[*Jeong et al.*, 2021]

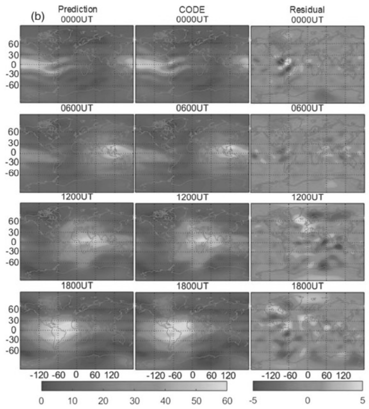
전리층 기초 | 전리층 모델링

전리층 모델링

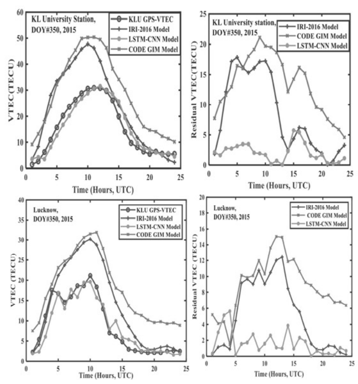
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 인공지능을 이용한 전리층 모델링 현황

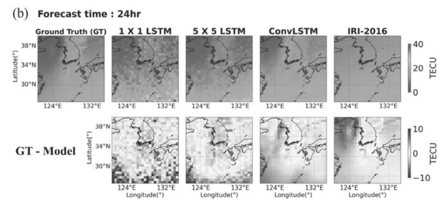
- prediction model: NN, CNN, LSTM 등 활용하여 예측값 생성
  - 입력값: 태양활동, 지자기활동, 날짜, 위/경도 등



[*Sivavaraprasad et al.*, 2020]



[*Ruwali et al.*, 2020]



[*Jeong et al.*, 2024]

2025. 11. 05. | 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 | 37

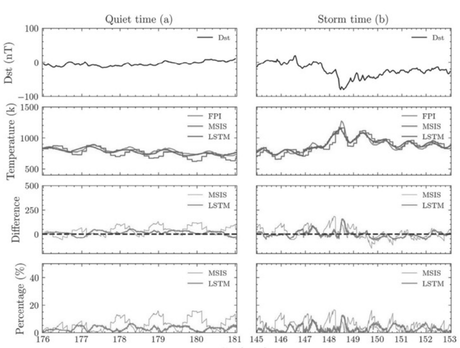
전리층 기초 | 전리층 모델링

전리층 모델링

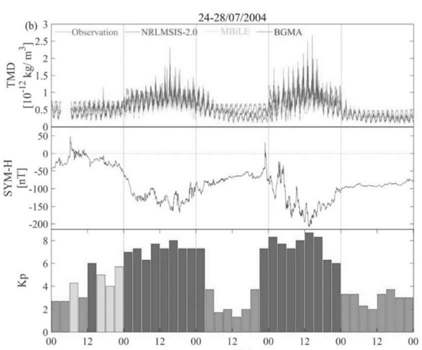
Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ 추후 인공지능을 이용한 전리층 모델링 방향?

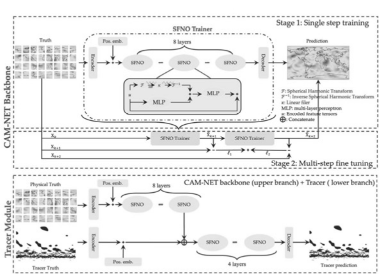
- 다양한 추가 자료를 활용한 prediction model 개발
  - 중성 대기(열권)의 밀도 및 온도 예측
  - 고해상도 전지구 시뮬레이션(WACCM-X) 활용 중성 대기 예측
  - 중성 대기 예측 모델을 전리층 모델에 연결하거나, 입력 자료로 활용할 경우 향후 전리층 예측 정확도 향상 가능성



[*Yang et al.*, 2025]



[*Pan et al.*, 2025]



[*Hu & Dong*, 2025]

2025. 11. 05. | 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 | 38

요 약

Korea Astronomy and Space Science Institute

✓ **전리층 기초**

- 태양 복사 에너지에 의한 광이온화
  - 극자외선(EUV), X-ray
  - 고에너지 입자 침투
- 중성대기 밀도 및 바람에 의한 영향
  - O, N_2의 비율에 따른 전리층 전자밀도 변화
  - 중성 바람에 의한 ion-drag 및 전기장 형성에 따른 전리층 변화

✓ **전리층 모델링**

- 이론 모델 및 경험 모델
- AI를 활용한 전리층 예측모델 개발 현황 및 향후 발전 방향
  - 태양활동 인자 뿐 아니라 중성 대기 등 다양한 입력자료 활용 필요

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 39

감사합니다

junseok@kasi.re.kr

2025. 11. 05. 전리층 기초 – 2025년 항법시스템학회 정기학술대회 40

Tutorial 3

[TS-3] GNSS 반송파 기반 정밀항법

송준솔 (수원대학교기계공학과)

2025 IPNT Tutorial

GNSS 반송파 기반 정밀항법

수원대학교 기계공학과
송준솔

2025. 11. 05, 11:00-12:00
롯데호텔, 제주

1

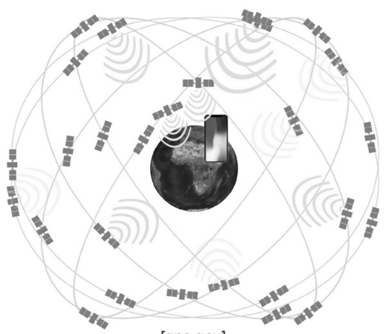
Course outline

- **GNSS 기초 리뷰**
- **GNSS 오차요소**
- **반송파 위상 기반 위치 추정**
  - Real Time Kinematic (RTK), Network RTK
    - 측정치 선형 조합
    - 측정치 차분
    - 미지정수 결정
  - Precise Point Positioning (PPP), PPP-RTK
- **요약**

2

GNSS (Global Navigation Satellite System)

GNSS (위성항법 시스템)



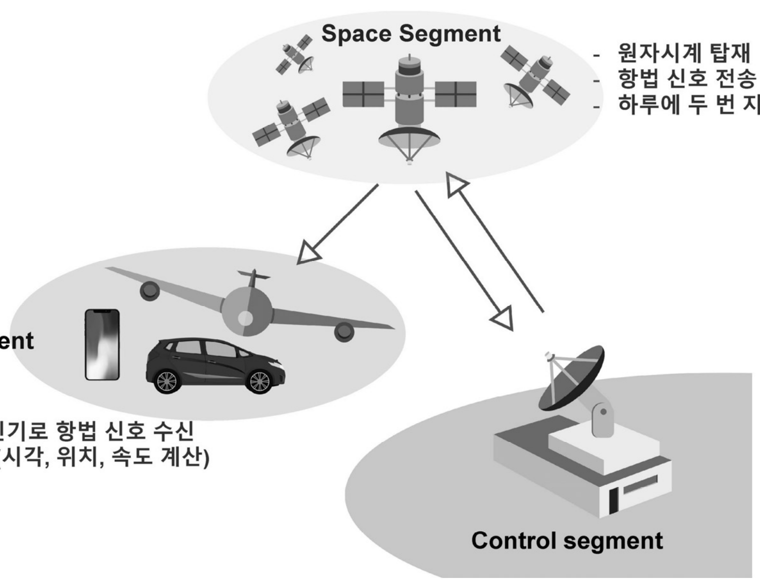
[gps.gov]

- **인공위성에서 방송된 신호를 수신하는 장치를 이용하여 사용자가 자신의 정확한 시각과 3D 위치 및 속도를 실시간으로 계산할 수 있도록 하는 시스템**
  - Global system
    - GPS(미국), GLONASS(러시아), Galileo(유럽연합), Beidou(중국) 등
  - Regional system
    - IRNSS(인도), QZSS(일본)
    - 한국: Korean Positioning System (KPS) 2035년 개발완료 예정
- **사용자의 시간과 장소, 수량의 제약을 받지 않고 서비스 가능**
- **위치 정확도: 20 m (GNSS), 1 m (DGNSS), 1 cm (RTK)**

GLONASS: Globalnaya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System
QZSS: Quasi-Zenith Satellite System
DGNSS: Differential GNSS
RTK: Real Time Kinematic

3

GPS 구성요소



- 원자시계 탑재
- 항법 신호 전송
- 하루에 두 번 지구 공전 (GPS의 경우)

- GNSS 수신기로 항법 신호 수신
- 항법 수행 (시각, 위치, 속도 계산)

- 위성 궤도 결정
- 위성 시각 동기
- 위성 고장 감시

[https://www.vectornav.com/]

4

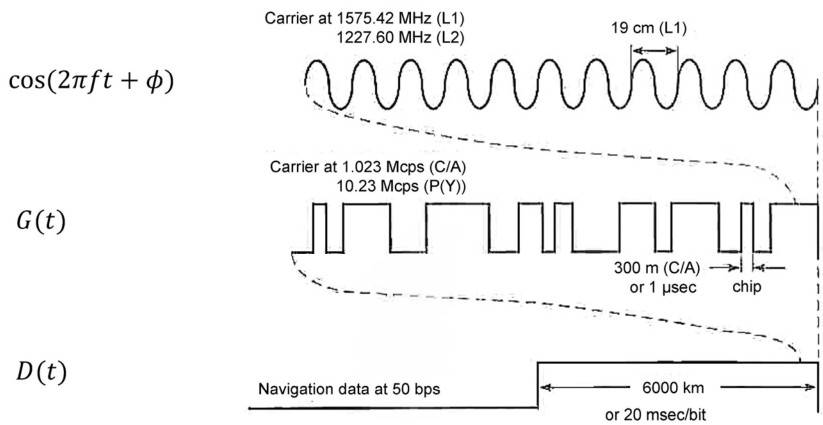
GPS 신호 표현

- **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum for Satellite Navigation)**

$$s(t) = A\boxed{G(t)}\boxed{D(t)}\cos(2\pi f t + \phi)$$

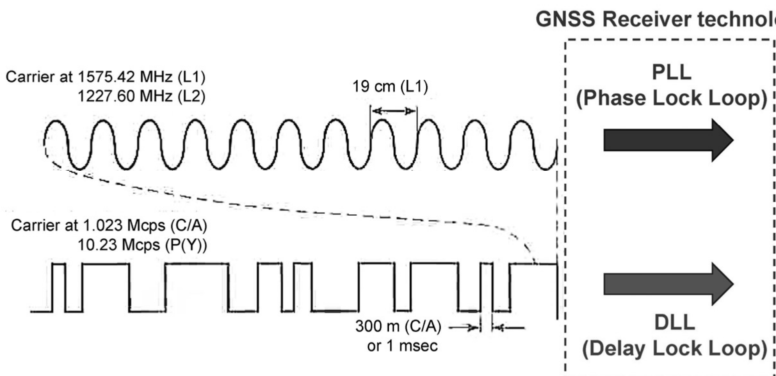
PRN code　Navigation message

t: time
f: carrier frequency
ϕ: carrier fraction



5

Pseudorange and carrier phase 측정치



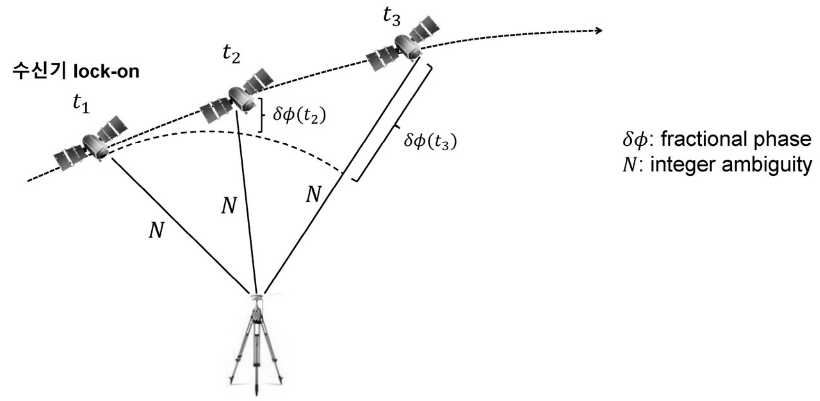
Carrier phase (반송파 위상)
- 약 5 mm 정밀도
- 위성-수신기간 거리 값에 대해 정수 모호성 존재 (Nλ)

Pseudorange (의사거리)
- 약 1 m 정밀도
- 신호 획득/추적 과정을 통해 신호 도착시간을 계산하여 위성-수신기간 거리 측정 (오차 포함)

6

Carrier phase

- **GNSS 수신기에서 위성 신호가 안정적으로 추적(tracking)되면 (lock 상태) 반송파 위상을 측정하며, lock 시점에서의 정수값을 미지정수(integer ambiguity)로 정의 (unknown)**
- **Loss of lock이 발생하지 않는 한 미지정수는 변하지 않음 ➔ Loss of lock 발생에 의한 미지정수 변화: cycle slip**



7

Cycle slip

- **수신기 loss of lock에 의한 미지정수 변화**
  - 빌딩, 나무 등 주변 지형지물에 의한 신호의 순간적인 단절로 발생
- **cm수준 위치 정확도 확보를 위해 cycle slip 검출은 필수로 수행되어야 함**
- **반송파 위상 내 미지정수(N) 변화를 감지하도록하는 test statistic 사용**
  - 이중주파수 측정치 조합 활용 및 시간차분

$$bias^j \equiv \frac{N_{L1}^j\lambda_{L1} - N_{L2}^j\lambda_{L2}}{\gamma - 1}, \qquad v^j \equiv \frac{v_{\phi L1}^j - v_{\phi L2}^j}{\gamma - 1}$$

$$\left.\begin{aligned} \phi_{L1}^j &= d^j + \delta R^j + B - b^j + T^j - I_{L1}^j + N_{L1}^j\lambda_{L1} + v_{\phi L1}^j \\ \phi_{L2}^j &= d^j + \delta R^j + B - b^j + T^j - \gamma I_{L1}^j + N_{L2}^j\lambda_{L2} + v_{\phi L2}^j \end{aligned}\right\} \quad \phi_I^j \equiv \frac{\phi_{L1}^j - \phi_{L2}^j}{\gamma - 1} = I_{L1}^j + bias^j + v^j$$

$$\Rightarrow \quad \delta\phi_I^j \equiv \frac{\phi_I^j(t_2) - \phi_I^j(t_1)}{t_2 - t_1} = \dot{I}_{L1}^j + \delta bias^j + \delta v^j$$

Small under nominal ionospheric condition Nonzero when cycle slip occurs

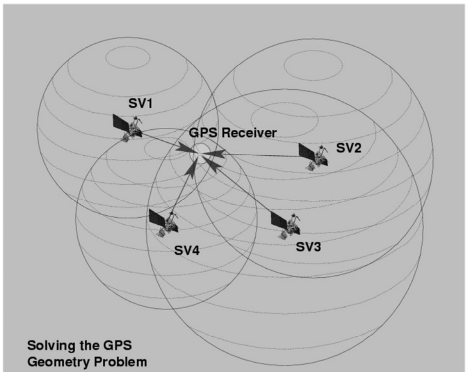
  - 장점: 정적/동적 사용자에 모두 적용 가능, 구현 간단
  - 단점: Cycle slip 크기 및 발생 주파수 구분 어려움
    - 다중주파수 측정치 조합 활용 i.e. Three Carrier Ambiguity Resolution (TCAR)
    - 외부 센서 활용: 관성센서 또는 거리센서를 활용하여 거리추정(d^j)하여 단일 주파수반송파 위상측정치에서 제거, 시간 차분

Dai, Z. et al. (2009) Instantaneous Triple-Frequency GPS Cycle-Slip Detection and Repair, International Journal of Navigation and Observation, Vol. 2009
Song, J. et al. (2010) Real-Time Cycle Slip Detection Algorithm for Universal Dual-Frequency GPS Users in All Cases Including a Half Cycle Slip, International Symposium on GPS/GNSS 2010
Song, J. et al. (2014) Predictions of Allowable Sensor Error Limit for Cycle-Slip Detection, Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.57, No.3

8

GPS의 측위 원리

- 위성을 이용한 삼각측량
- GPS 수신기는 위성이 보낸 전파신호의 전송 시간을 측정하여 위성으로부터 떨어진 거리를 측정
- 기하학적으로 3개의 위성으로부터 자신의 거리를 알면 3차원 좌표로 자신의 위치측정 가능
- 하지만 수신기의 시계오차 결정을 위해 실제로는 4개의 위성 필요

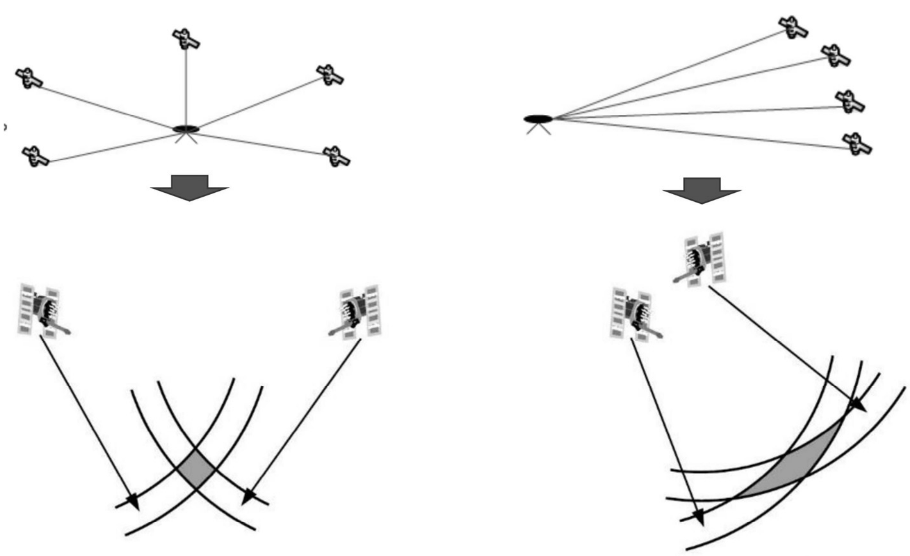


GPS Guided Weapons - Parts I-V (ausairpower.net)

9

GPS 위성 배치에 따른 위치 정확도

Christopher, and Elliot Kaplan. Understanding GPS. Principles and Applications. Norwood: Artech House, 2006.
https://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureB_11

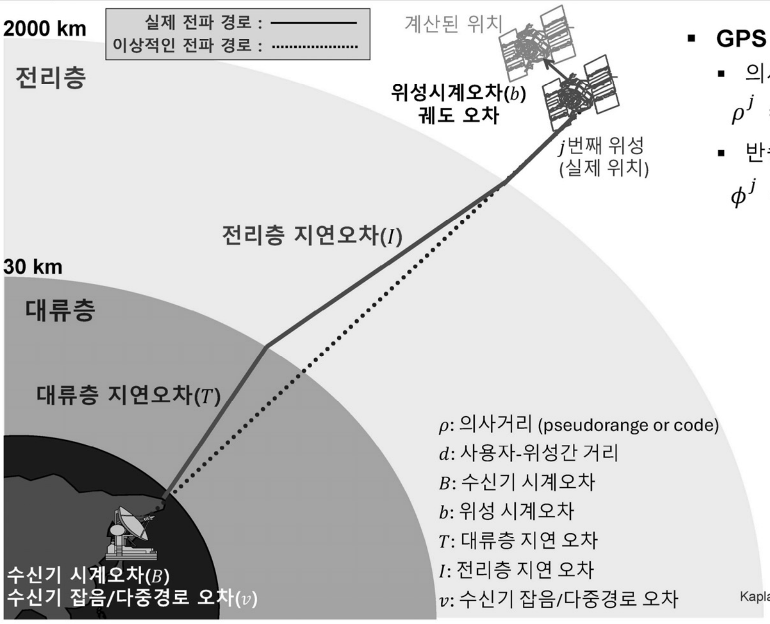


Good geometry

Bad geometry

10

GPS 측정치 오차 요인 및 error budget



- **GPS 측정치**
  - 의사거리

$$\rho^j = d^j + \delta R^j + B - b^j + T^j + I^j + v_\rho^j$$

  - 반송파 위상

$$\phi^j = d^j + \delta R^j + B - b^j + T^j - I^j + N^j\lambda + v_\phi^j$$

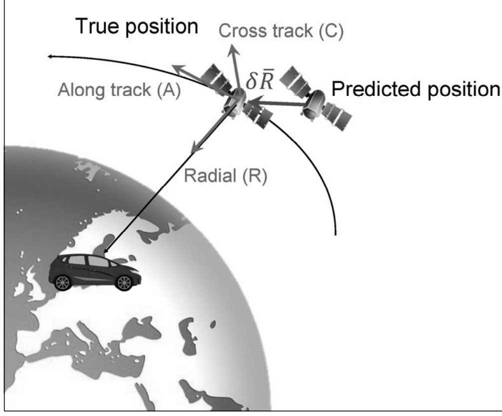
Error source	1σ error (m)
Ephemeris	0.8
Clock	1.1
Ionosphere	7.0
Troposphere	0.2
Multipath	0.2
Receiver noise	0.1
Total	7.1
Horizontal error (VDOP=2.0)	14.2
Vertical error (HDOP=2.5)	17.75

Kaplan, E. & Hegarty, C. (2006) Understanding GPS: Principles and Applications

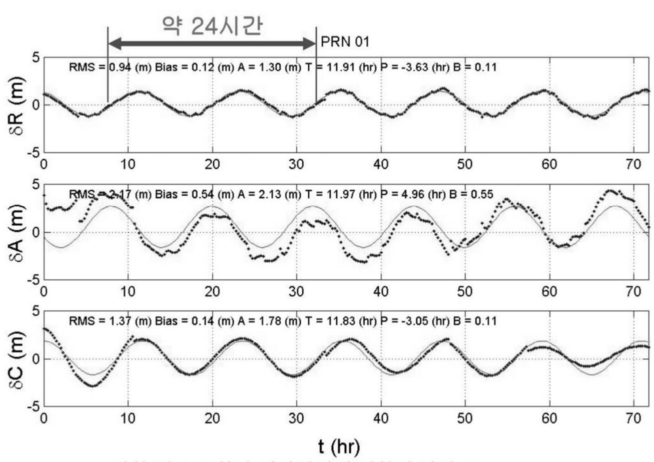
11

궤도오차 (orbit error)

- **실제 위성위치와 궤도요소로 계산한 위성 위치 차이**



- **위성궤도오차의 축별 크기**



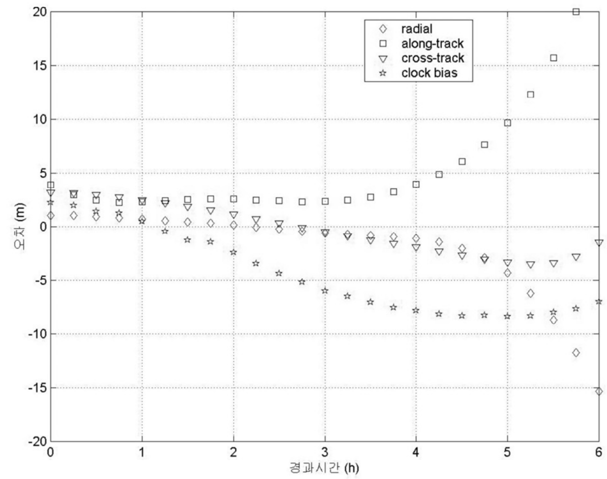
Radial 방향 궤도 오차가 의사거리에 영향이 가장 큼

김도윤 (2007) GNSS 광역보정시스템의 보정정보 생성 알고리듬에 관한 연구, 박사학위논문, 서울대학교

12

궤도요소 업데이트 하지 않은 경우 위성궤도오차 변화

- **항법 메시지 내의 궤도요소를 업데이트하지 않고 계속 사용하는 경우 (동일한 IODE궤도요소 사용) ➔ 시간에 따라 궤도오차 크기가 발산함**



김도윤 (2007) GNSS 광역보정시스템의 보정정보 생성 알고리듬에 관한 연구, 박사학위논문, 서울대학교

13

전리층 지연 오차 (1)

- **전리층 (ionosphere)**
  - 지구 대기 상공 약 60 km에서 1000 km의 영역
  - 자유전자 밀도가 높은 대기층
- **전리층 지연 오차 (ionospheric delay)**
  - 항법신호가 전리층을 통과하면서 속도 변화, 굴절로 인한 transit time 변화로 인해 발생하는 거리오차
  - 전자밀도에 비례, 신호 주파수 제곱에 반비례
  - 의사거리와 반송파 위상 측정치에 미치는 영향이 상이

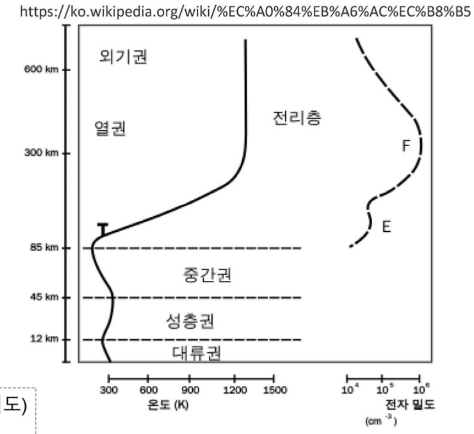
$$I_\rho = \frac{40.3\,TEC}{f^2}, \qquad I_\phi = -\frac{40.3\,TEC}{f^2}$$

TEC: Total Electron Content (전자밀도)
f: 방송 주파수

의사거리 (pseudorange) $\rho_{L1}^j = d^j + B - b^j + T^j + I_{L1}^j + v_{\rho L1}^j$

반송파 위상 (carrier phase) $\phi_{L1}^j = d^j + B - b^j + T^j - I_{L1}^j + N_{L1}^j \lambda_{L1} + v_{\phi L1}^j$

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%84%EB%A6%AC%EC%B8%B5

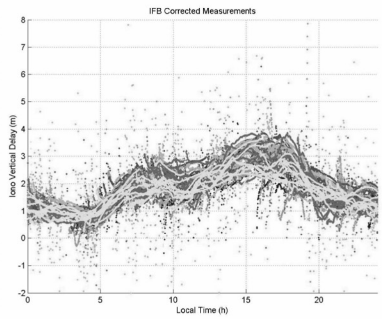


14

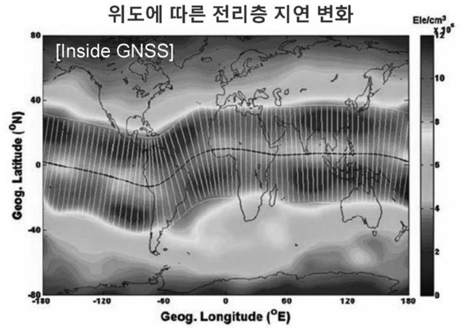
전리층 지연오차 (2)

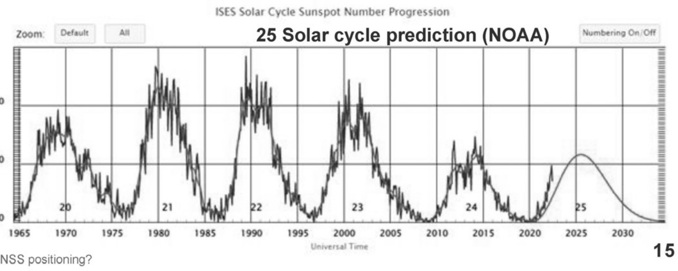
- **전리층 내부의 전자밀도, 지구 자기장에 따라 그 크기 변화 ➔ 태양 활동과 연관**
  - 하루 중 시간/계절/태양 활동 정도에 따라 그 크기 변함
  - 위도에 따라 그 크기 변함
- **Klobuchar model로 약 50%정확도로 제거 가능**

하루중 전리층 수직 지연 변화 (한국, 2005.07.16)



위도에 따른 전리층 지연 변화



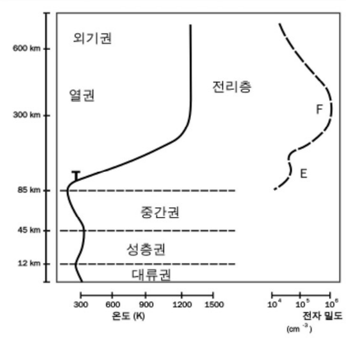


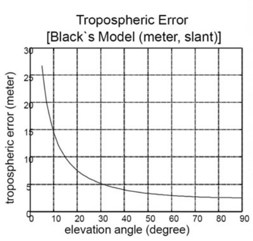
김도윤 (2007) GNSS 광역보정시스템의 보정정보 생성 알고리듬에 관한 연구, 박사학위논문, 서울대학교
Inside GNSS, (2021) To what degree does the greater ionospheric activity in equatorial regions degrade GNSS positioning?
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/07/Solar_cycle_25_prediction_NOAA_July_2022

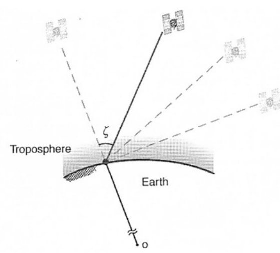
15

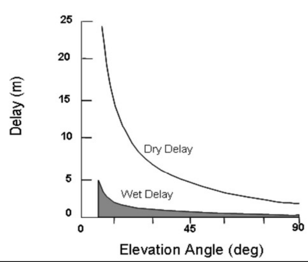
대류층 지연 오차

- **대류층 (troposphere)**
  - 지구 대기 상공 0 km에서 약 10 km에 이르는 영역
  - 기상현상이 발생하는 대기층
- **대류층 지연 오차 (tropospheric delay)**
  - 항법신호가 대류층을 통과하면서 굴절로 인한 transit time 변화로 인해 발생
  - 주파수에 무관
  - Dry 성분과 wet 성분으로 구분
    - Dry 성분은 90% 정확도로 모델링 가능 (Black, Saastamoinen, UNB model, etc.)
    - Wet 성분의 모델링 정확도 약 10%







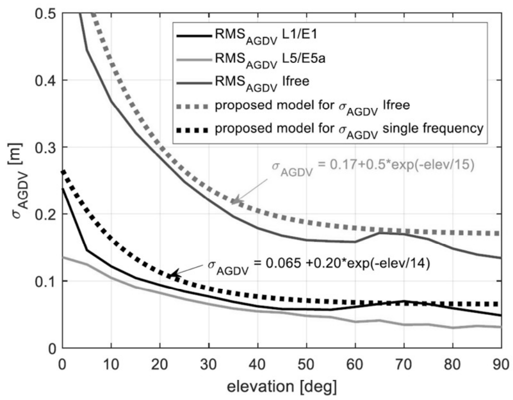


16

수신기 오차 (잡음, noise)

- **수신기 내부 전자회로에서 발생하는 열 잡음 등에 의해 발생**
- **평균이 0인 무작위 오차 (random error)로 모델링**
- **위성의 elevation angle 및 신호세기가 낮을수록 잡음 증가**

의사거리 측정치 잡음 표준편차 모델



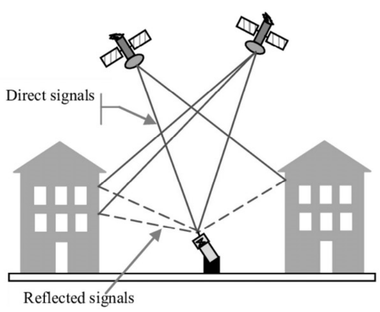
RMS: Root-Mean-Square error
AGDV: Antenna Group Delay Variation
Ifree: Ionosphere-free

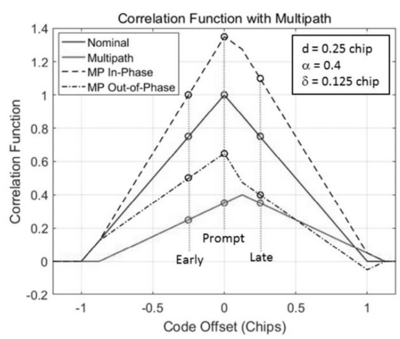
17

M.-S. Circiu, et al. (2021) Final Results on Airborne Multipath Models for Dualconstellation Dual-frequency Aviation Applications, Proc. ION ITM, 2021, pp.714-727.

다중경로 오차 (multipath)

- **주변 지형지물 (ex. 건물)에 의해 반사된 위성신호를 수신하여 발생되는 오차**
  - PRN code의 autocorrelation을 변형시킴 ➔ peak 발생 시점 오류 ➔ transit time 오차 ➔ 의사거리 오차
  - 의사거리의 경우 도심지역에서 극심 (약 100 m 수준의 오차도 발생 가능)
  - 반송파 위상 내의 다중경로 오차는 λ/4이하로 알려져 있음



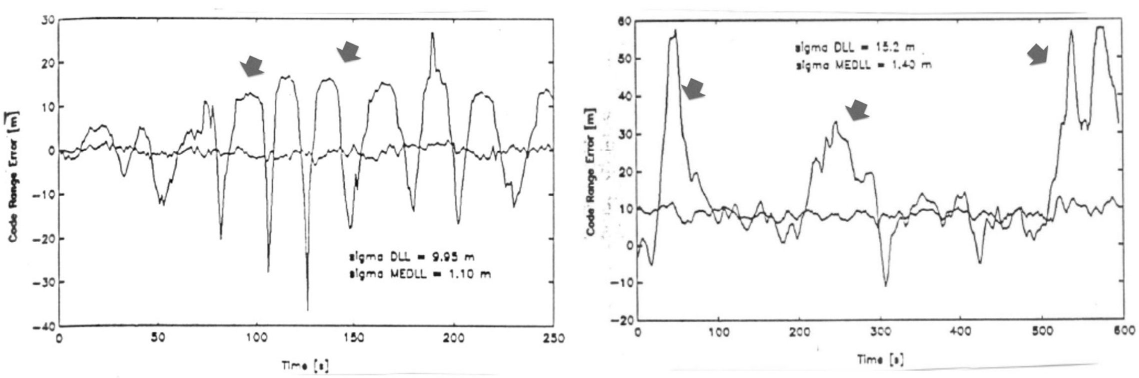


https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=31523
P. D. Groves (2013) How Does Non- Line-of-Sight Reception Differ From Multipath Interference?. Inside GNSS, pp.40–42.
McGraw, G. (2024) GNSS Multipath: Characterization, Modeling & Mitigation, African Capacity Building Workshop on Space Weather and Ionospheric Research, Italy

18

다중경로 오차

- 의사거리에 발생한 다중경로오차 예시



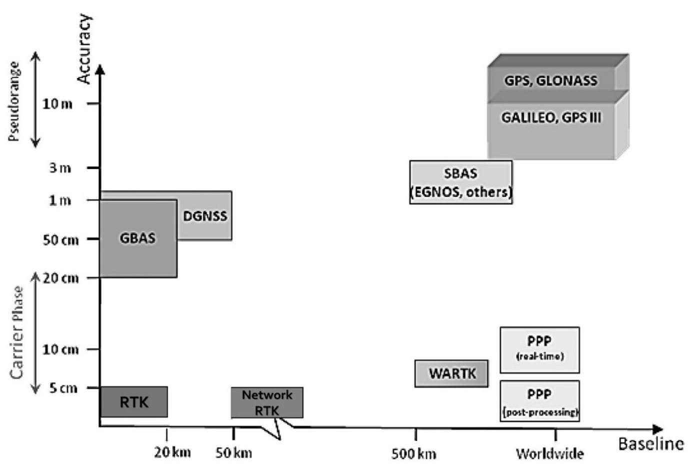
van Nee, R.D.J., et al. (1993) The Multipath Estimating Delay Lock Loop - Approaching Theoretical Accuracy Limits, ION GPS 1993, Salt Lake City, UT, September 1993, pp. 921-921.

19

항법 기술별 정확도 비교

DGNSS: Differential GNSS
SBAS: Satellite-Based Augmentation System
RTK: Real-Time Kinematics
PPP: Precise Point Positioning

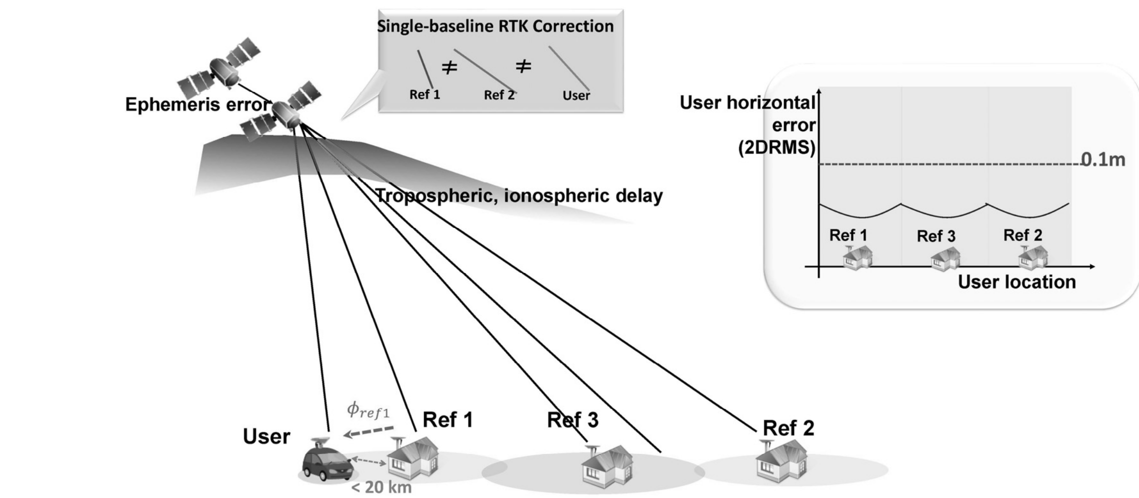
- 기준국-사용자간 거리 (baseline), 정확도에 따른 비교



https://gssc.esa.int/navipedia/images/d/d6/GNSS_Augmentation_Comparison.png

20

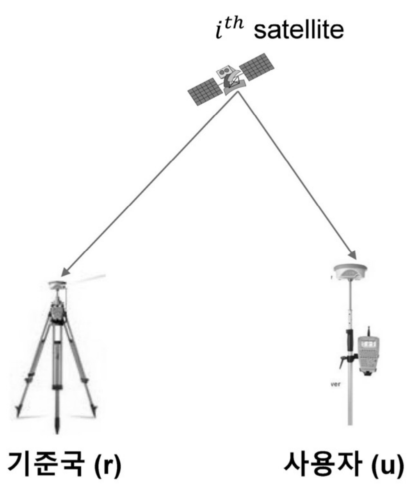
Real Time Kinematic (RTK)



Ref: Reference station ➔ 위치를 정확히 알고있는 지점에 상시로 설치되어 있는 수신기 및 안테나

21

측정치 단일 차분 (기준국-사용자간 차분)



- **기준국, 사용자 반송파 위상 측정치**

$$\phi_r^i = d_r^i + \delta R_r^i + B_r - b^i - I_r^i + T_r^i + N_r^i\lambda + \varepsilon_r^i$$
$$\phi_u^i = d_u^i + \delta R_r^i + B_u - b^i - I_u^i + T_u^i + N_u^i\lambda + \varepsilon_u^i$$

- **기준국-사용자간 차분**

$_r\Delta_u = \Delta$

$$_r\Delta_u\phi^i \equiv \phi_r^i - \phi_u^i$$

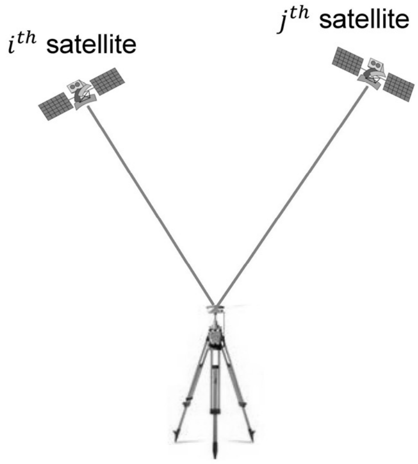
위성시계오차 제거

$$= \Delta d^i + \Delta\delta R^i + \Delta B \cancel{- \Delta b^i} - \Delta I^i + \Delta T^i + \Delta N^i\lambda + \Delta\varepsilon^i$$
$$\approx \Delta d^i + \Delta\delta R^i + \Delta B + \Delta N^i\lambda + \Delta\varepsilon^i$$

  - 기준국-사용자 공통 항인 위성시계 오차 제거
  - 기준국-사용자간 거리가 가까운 경우 $\Delta I^i \approx 0, \Delta T^i \approx 0, \Delta\delta R^i \approx 0$

22

측정치 단일 차분 (위성간 차분)



- **i, j 위성 반송파 위상 측정치**

$$\phi_r^i = d_r^i + \delta R_r^i + B_r - b^i - I_r^i + T_r^i + N_r^i \lambda + v_r^i$$

$$\phi_r^j = d_r^j + \delta R_r^j + B_r - b^j - I_r^j + T_r^j + N_r^j \lambda + v_r^j$$

- **i, j 위성간 차분**

$${}^i\nabla^j \phi_r \equiv \phi_r^i - \phi_r^j$$

$${}^i\nabla^j = \nabla$$

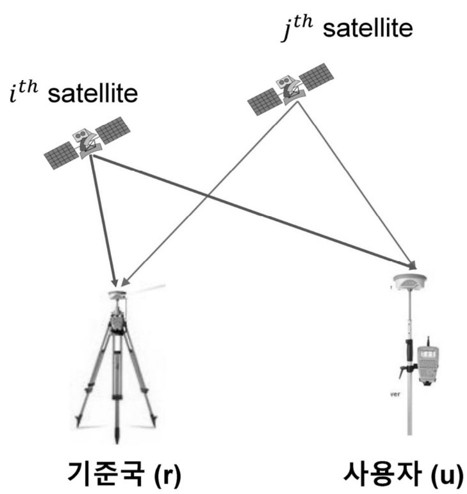
$$= \nabla d_r + \nabla \delta R_r \cancel{+ \nabla B_r} - \nabla b - \nabla I_r + \nabla T_r + \nabla N_r \lambda + \nabla v_r$$

수신기 시계오차 제거

  - 위성 i, j에 대해 공통 항인 수신기 시계 오차 제거

23

측정치 이중 차분 (Double-difference)



- **이중 차분**

$${}_r\Delta_u^i \nabla^j \phi \equiv \Delta\phi^i - \Delta\phi^j$$

$${}_r\Delta_u^i \nabla^j = \Delta\nabla$$

$$= \Delta\nabla d + \Delta\nabla \delta R - \Delta\nabla I + \Delta\nabla T + \Delta\nabla N \lambda + \Delta\nabla v$$

$$\approx \Delta\nabla d + \Delta\nabla N \lambda + \Delta\nabla v$$

- 사용자 위치 추정을 위해 미지정수 ($\Delta\nabla N$) 결정 필요
- 미지정수 및 기준국 거리 제거 후 관측방정식 구성하여 사용자 위치 계산

$$z^i \equiv {}_r\Delta_u^i \nabla^j \phi - \nabla d_r - \Delta\nabla \hat{N} \lambda$$

$$\approx \nabla d_u + \Delta\nabla v = \nabla \bar{l} \cdot \bar{R}_u + \Delta\nabla v$$

$$\bar{z} = \begin{bmatrix} z^1 \\ \vdots \\ z^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^1\nabla^j \bar{l} \\ \vdots \\ {}^{n-1}\nabla^j \bar{l} \end{bmatrix} \bar{R}_u = H\bar{R}_u$$

$$\Rightarrow \therefore \hat{\bar{R}}_u = \left(H^T R^{-1} H\right)^{-1} H^T R^{-1} \bar{z}$$

n: 이중차분 미지정수 측정치 수
$\bar{l}$: 시선(line-of-sight) 벡터
$\bar{R}_u$: 사용자 3D 위치 벡터
R: 측정치 covariance matrix

24

RTK 정확도 결정 요소

- **기준국-사용자간 기선(baseline) 거리 20 km 이하**
  - 오차요소 무시 가능 범위
- **기준국에서 사용자까지 보정정보 전송 시간**
  - 보정정보 전송시 통신 시간지연 최소화 필요
  - 갑작스러운 통신 단락에 대한 대응 필요
- **미지정수 결정**
  - 신속한 미지정수 결정 필요
  - 정확한 미지정수가 결정되었는지 검증(validation) 필요

$$
\begin{aligned}
{}_r\Delta_u^i\nabla^j\phi &= \Delta\nabla d + \overbrace{\Delta\nabla\delta R - \Delta\nabla I + \Delta\nabla T}^{\text{무시가능할 조건?}} + \Delta\nabla N\lambda + \Delta\nabla v \\
&\approx \Delta\nabla d + \underbrace{\Delta\nabla N\lambda}_{\text{정확한 결정 및 제거 필요}} + \Delta\nabla v
\end{aligned}
$$

시간지연 오차에 강건한 RTK: Compact RTK (1)

- **기존 RTK 및 Compact RTK 보정정보 비교**

▪ **기존 RTK**

$$\phi \equiv \underbrace{\boxed{d} + \boxed{B}}_{\text{시간에 따른 변화율 큼}} - b - I + T + \delta N\lambda + \varepsilon$$

Information	RTCM Message Type	No. of Bytes	Recommended update rate
Observations (GPS)	1004	8+15.625*Ns	0.5 – 2 Hz (low latency)
Observations (GLONASS)	1012	7.625+16.25*Ns	0.5 – 2 Hz (low latency)

▪ **Compact RTK**

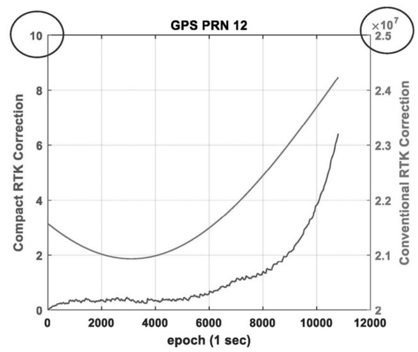
변화율 큰 항 제거

Carrier-Phase Correction: (CPC) $\delta\phi \equiv \phi - \boxed{\hat{d} - \hat{B}} + \hat{b} - \hat{N}\lambda$

$$= \delta R + \delta B - \delta b - I + T + \delta N\lambda + \varepsilon$$

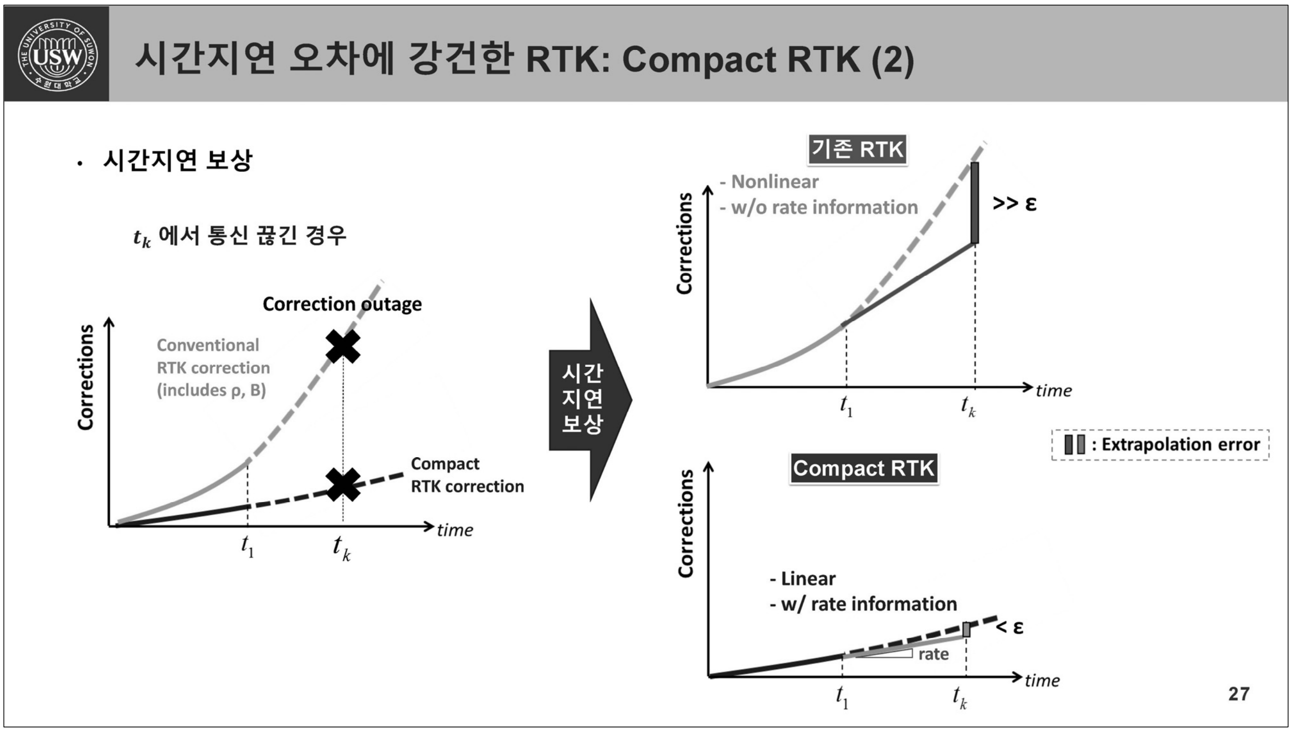
CPC rate: $\delta\dot{\phi} \equiv \dfrac{d\delta\phi}{dt} \approx -\dot{I} + \dot{T} + \delta\dot{R} + \delta\dot{B} - \delta\dot{b} + \varepsilon'$

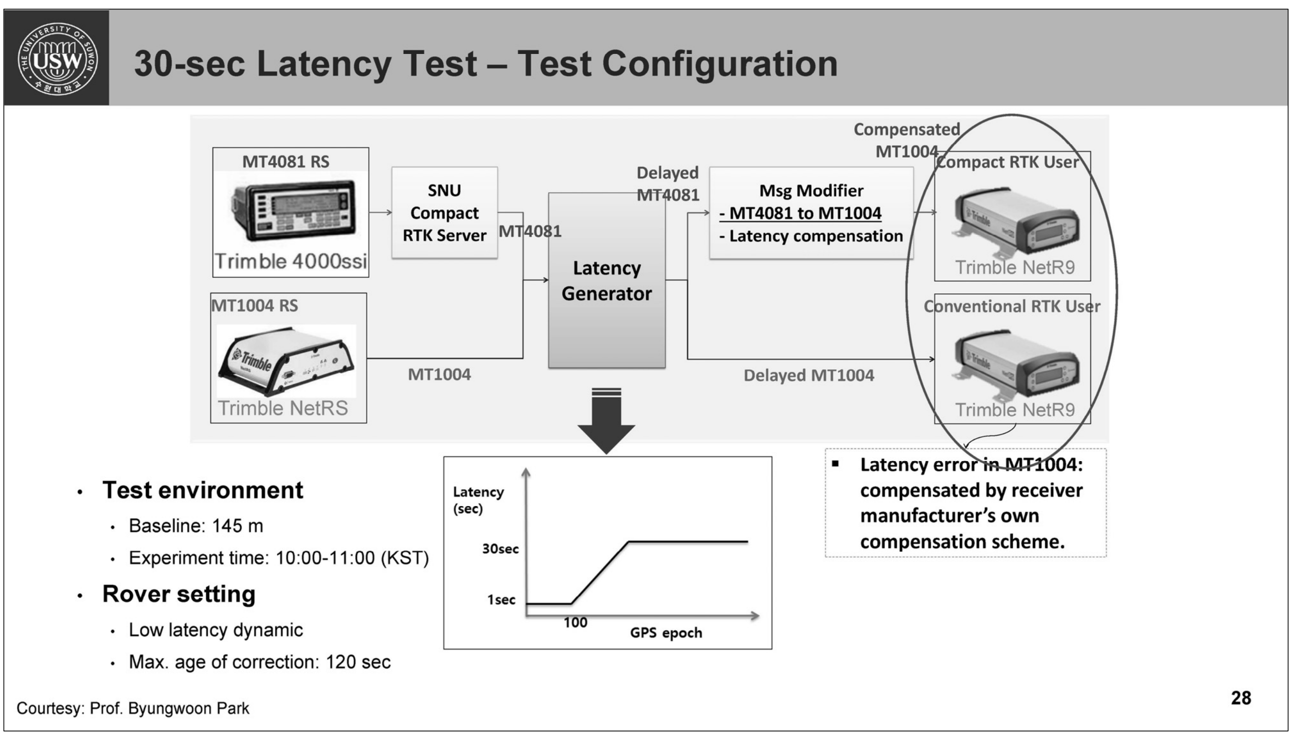
Information	RTCM Message Type	No. of Bytes	Recommended update rate
Carrier Phase Correction (GPS)	4081 (proprietary)	6+11*Ns	According to rate and age of CPC

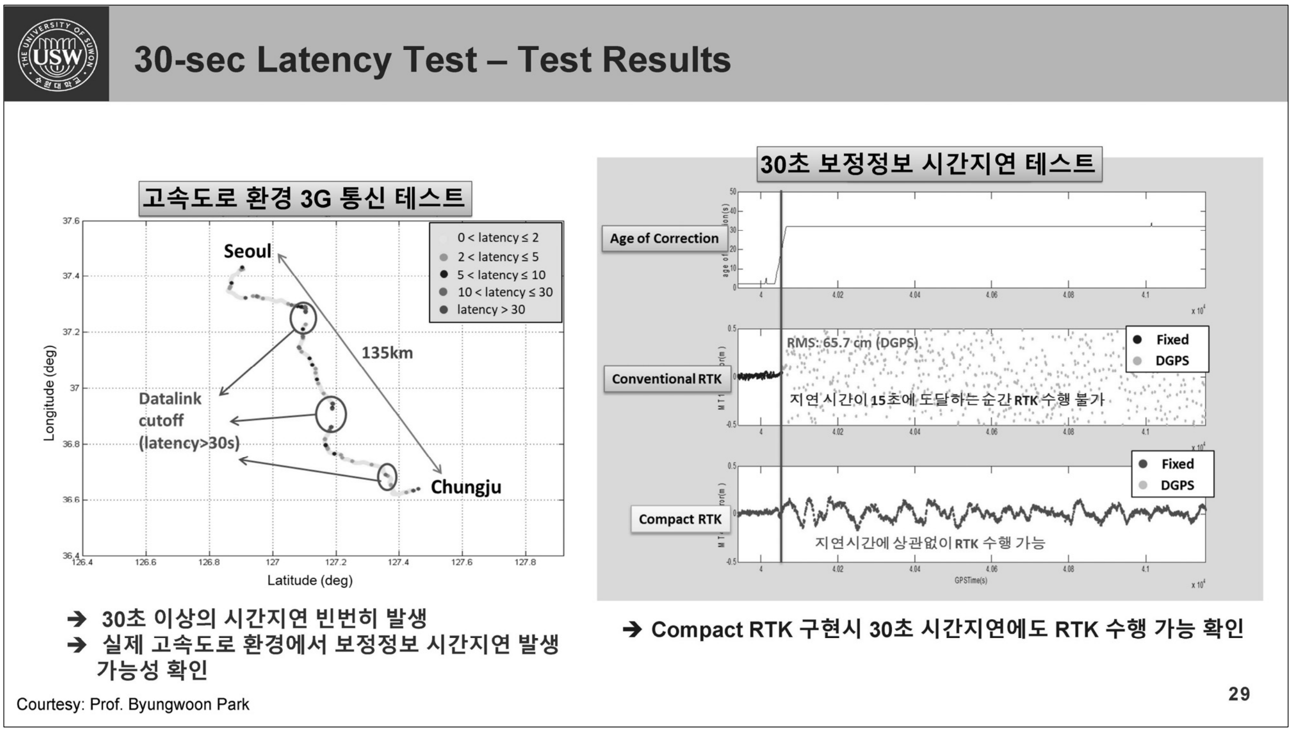


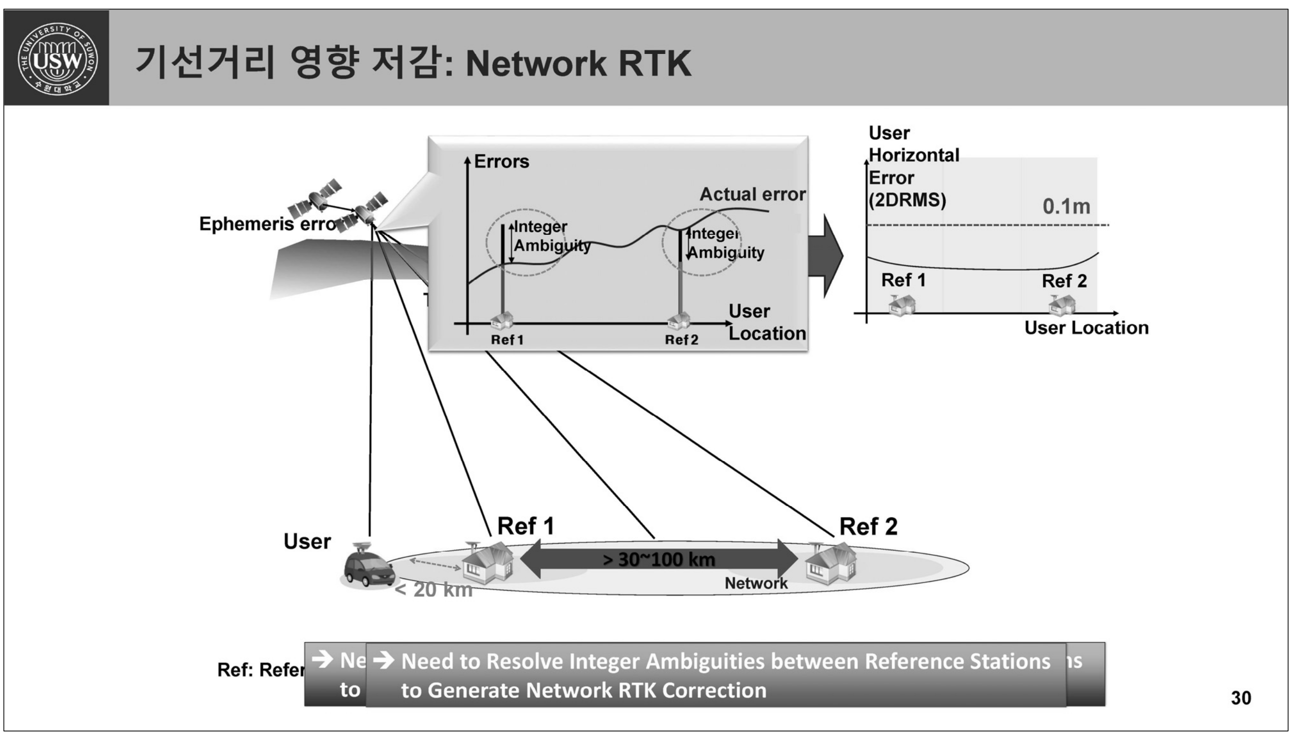
d : range between a receiver and a satellite
$\delta R, b$: satellite orbit and clock error
B : receiver clock offset
I, T : ionospheric and tropospheric delay
$\delta N, \lambda$: integer ambiguity and wavelength
ε : noise

26

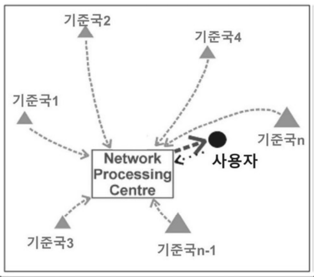

시간지연 오차에 강건한 RTK: Compact RTK (2)
• 시간지연 보상
t_k 에서 통신 끊긴 경우
Correction outage
Conventional
RTK correction
(includes ρ, B)
Compact
RTK correction
Corrections
time
t_1
t_k
시간
지연
보상
기존 RTK
- Nonlinear
- w/o rate information
>> ε
: Extrapolation error
Compact RTK
- Linear
- w/ rate information
< ε
rate
27


30-sec Latency Test – Test Configuration
MT4081 RS
Trimble 4000ssi
SNU
Compact
RTK Server
MT4081
MT1004 RS
Trimble NetRS
MT1004
Latency
Generator
Delayed
MT4081
Msg Modifier
- MT4081 to MT1004
- Latency compensation
Compensated
MT1004
Compact RTK User
Trimble NetR9
Conventional RTK User
Trimble NetR9
Delayed MT1004
Latency error in MT1004: compensated by receiver manufacturer's own compensation scheme.
Latency
(sec)
30sec
1sec
100
GPS epoch
• Test environment
• Baseline: 145 m
• Experiment time: 10:00-11:00 (KST)
• Rover setting
• Low latency dynamic
• Max. age of correction: 120 sec
Courtesy: Prof. Byungwoon Park
28


USW
30-sec Latency Test – Test Results
고속도로 환경 3G 통신 테스트
Seoul
Chungju
135km
Datalink
cutoff
(latency>30s)
0 < latency ≤ 2
2 < latency ≤ 5
5 < latency ≤ 10
10 < latency ≤ 30
latency > 30
Longitude (deg)
Latitude (deg)
30초 보정정보 시간지연 테스트
Age of Correction
Conventional RTK
Compact RTK
RMS: 65.7 cm (DGPS)
Fixed
DGPS
지연 시간이 15초에 도달하는 순간 RTK 수행 불가
지연시간에 상관없이 RTK 수행 가능
GPSTime(s)
➔ 30초 이상의 시간지연 빈번히 발생
➔ 실제 고속도로 환경에서 보정정보 시간지연 발생 가능성 확인
➔ Compact RTK 구현시 30초 시간지연에도 RTK 수행 가능 확인
Courtesy: Prof. Byungwoon Park
29


USW
기선거리 영향 저감: Network RTK
Ephemeris erro
Errors
Actual error
Integer Ambiguity
Integer Ambiguity
Ref 1
Ref 2
User Location
User Horizontal Error (2DRMS)
0.1m
Ref 1
Ref 2
User Location
User
Ref 1
Ref 2
> 30~100 km
< 20 km
Network
Ref: Refer
➔ Need to Resolve Integer Ambiguities between Reference Stations to Generate Network RTK Correction
30

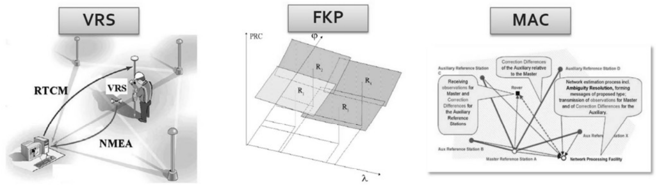
Network RTK



- **구성요소**
  - 기준국
    - 정확한 위치를 알고있는 지점
    - 중앙처리국에 측정치 전송
  - 중앙처리국
    - 다중 기준국 보정정보 생성
  - 데이터 통신
    - 고속 데이터 통신 필요
  - 사용자

- **보정정보**
  - VRS: 다중 기준국 의사거리/반송파 위상 측정치
  - FKP, MAC: CPC + Network RTK 보정정보
- **Network RTK 종류**
  - 양방향 통신: VRS
  - 단방향 통신: FKP, MAC

CPC: Carrier-Phase Correction



- **성능**
  - 정확도: 1~3 cm (95%)
  - 커버리지
    : 단일 기준국 네트워크 기준 반경 50~100km

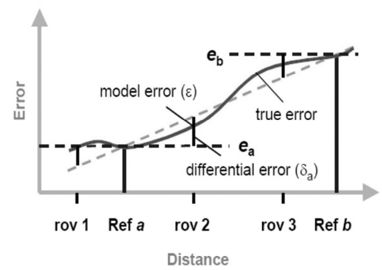
서울특별시 Nework RTK. Available: gnss.seoul.go.kr
Tekmon Geomatics. Available: http://www.tekmon.eu/

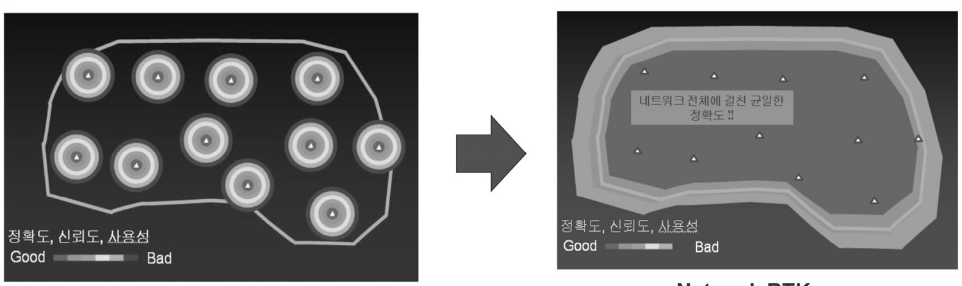
VRS: Virtual Reference Station
FKP: Area Correction Parameter
MAC: Master-Auxiliary Correction

31

Network RTK의 원리

- **Network RTK의 원리 및 효과**
  - 기준국 간 오차 크기 상이
  - 사용자 위치에 해당하는 오차 모델링
  - 거리에 따른 보정정보 모델링 방법 다양
  - 빠른 초기화, 넓은 커버리지
  - 서비스 영역내 균등한 성능 분포

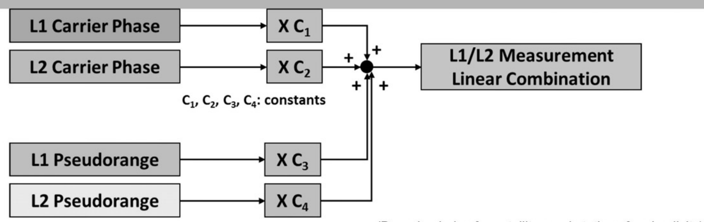




단일 기준국 RTK **Network RTK**

32

Linear combination to mitigate errors

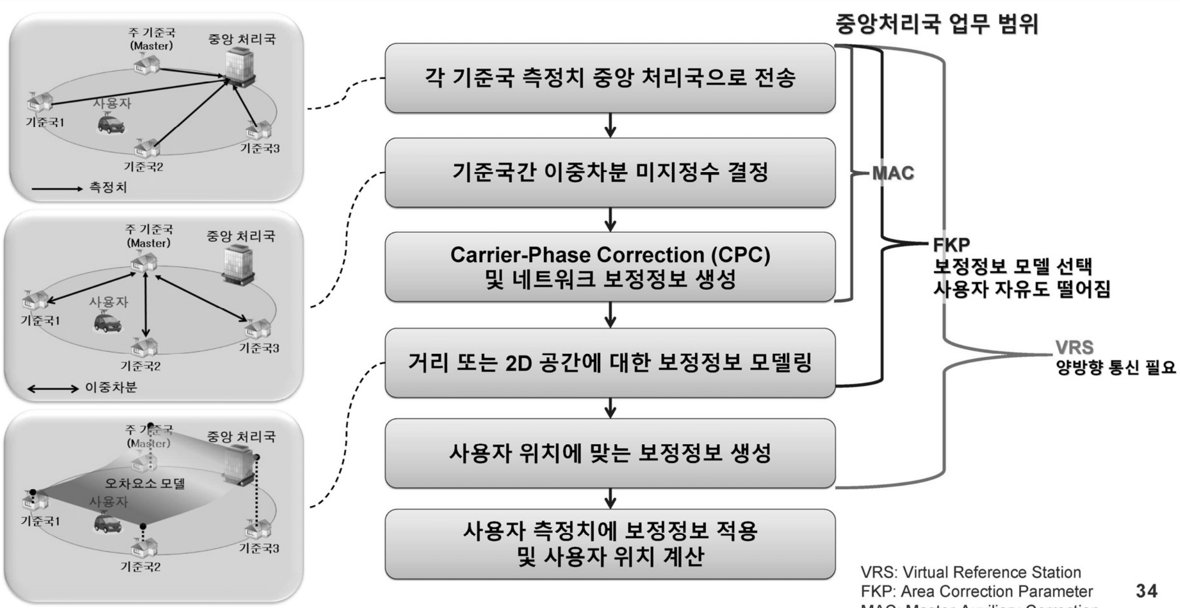


(Dropping index for satellites and stations for simplicity)

Measurement Combination	C1, C2, C3, C4	Measurement Equations / Pros. and Cons.
Widelane (WL)	$C_1=\frac{f_{L1}}{f_{L1}-f_{L2}}, C_2=\frac{-f_{L2}}{f_{L1}-f_{L2}}$ $C_3=C_4=0$	$\phi_{WL}=d+\frac{f_{L1}}{f_{L2}}I_{L1}+T+\delta R+\lambda_{WL}N_{WL}+\varepsilon_{WL}$ Ionospheric delay increased by factor of 1.3; Wavelength ↑ (86 cm); Noise ↑
Melbourne-Wübbena (MW)	$C_1=\frac{f_{L1}}{f_{L1}-f_{L2}}, C_2=\frac{-f_{L2}}{f_{L1}-f_{L2}}$ $C_3=\frac{-f_{L1}}{f_{L1}+f_{L2}}, C_4=\frac{-f_{L2}}{f_{L1}+f_{L2}}$	$z_{MW}=0+\lambda_{WL}N_{WL}+m+\nu$ Range/tropospheric& ionospheric delay eliminated; Wavelength ↑ (86 cm); Multipath exists; Noise ↑
Ionosphere-free (IF)	$C_1=\frac{f_{L1}^2}{f_{L1}^2-f_{L2}^2}, C_2=\frac{-f_{L2}^2}{f_{L1}^2-f_{L2}^2}$ $C_3=C_4=0$	$\phi_{IF}-0.5\cdot(\lambda_{WL}+\lambda_{IF})N_{WL}$ $=d+0+T+\delta R+\lambda_{IF}N_{L2}+\varepsilon_{IF}$ Ionospheric delay eliminated; Wavelength ↓ (10.1 cm); Noise ↑

33

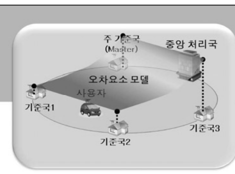
Network RTK 분류 및 흐름도

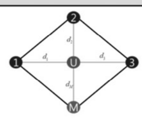


VRS: Virtual Reference Station
FKP: Area Correction Parameter
MAC: Master-Auxiliary Correction

34

Network RTK 보정정보 모델링 방법



Interpolation methods	Brief descriptions
Distance-Based Linear Interpolation Method (DIM)	 $w_i = \dfrac{\frac{1}{d_i}}{\sum_{j=1}^{3}\frac{1}{d_j}}$
Linear Combination Model (LCM)	$\sum_{i=1}^{n}\alpha_i = 1$, $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i (X_u - X_i) = 0$, $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i^2$ minimized; $\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ \Delta X_{1n} & \Delta X_{2n} & \cdots & \Delta X_{n-1n} & 0 \\ \Delta Y_{1n} & \Delta Y_{2n} & \cdots & \Delta Y_{n-1n} & 0 \end{bmatrix}}_{B} \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix}}_{\overline{\alpha}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 \\ \Delta X_{un} \\ \Delta Y_{un} \end{bmatrix}}_{W}$ $\boxed{\overline{\alpha} = B^T \left(BB^T\right)^{-1} W}$
Linear Interpolation Model (LIM)	$V_{in} = a \cdot \Delta X_{in} + b\Delta Y_{in}$; $V = \begin{bmatrix} V_{1,M} \\ V_{2,M} \\ \vdots \\ V_{n-1,M} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{1,M} & \Delta Y_{1,M} \\ \Delta X_{2,M} & \Delta Y_{2,M} \\ \vdots & \vdots \\ \Delta X_{n-1,M} & \Delta Y_{n-1,M} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \left(A^T A\right)^{-1} A^T V$ $\boxed{\therefore \hat{V}_{un} = \begin{bmatrix} \Delta X_{un} & \Delta Y_{un} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix}}$
Low-order Surface Model (LSM)	$V = a \cdot \Delta X + b \cdot \Delta Y + c$ $V = a \cdot \Delta X + b \cdot \Delta Y + c \cdot \Delta H + d$ $V = a \cdot \Delta X + b \cdot \Delta Y + c \cdot \Delta H + d \cdot \Delta H^2 + e$

사용자-기준국간 거리에 반비례

East-North 평면 모델
East-North-Height 곡면 모델

35

보정정보 사용자 적용 (MAC기반)

CPC (Compact RTK)

$$\underset{C}{\delta}\phi_M^i = d_M^i - \phi_M^i + \hat{B}_M + \hat{N}_M^i \lambda = \boxed{-(-I_M^i + T_M^i - b^i + \delta R^i)} - \boxed{\delta B_M} - \boxed{\lambda \delta N_M^i}$$

$$\underset{C}{\delta}\phi_M^j = d_M^j - \phi_M^j + \hat{B}_M + \hat{N}_M^i \lambda = \boxed{-(-I_M^j + T_M^j - b^j + \delta R^j)} - \boxed{\delta B_M} - \boxed{\lambda \delta N_M^j}$$

True Correction ($\delta\phi_M^i$) Common Integer

Network RTK 보정정보

$$MAC_{ri}^i = {}_{A_{ri}}\Delta_M \underset{R}{\delta}\phi^i + {}_{A_{ri}}\Delta_M \hat{N}^i \lambda = \boxed{-{}_{A_{ri}}\Delta_M(-I^i + T^i - b^i + \delta R^i)} + \boxed{{}_{A_{ri}}\Delta_M(\lambda \delta N^i - \delta B)}$$

$$MAC_{ri}^j = {}_{A_{ri}}\Delta_M \underset{R}{\delta}\phi^j + {}^j\nabla^i {}_{A_{ri}}\Delta_M N\lambda + {}_{A_{ri}}\Delta_M \hat{N}^i \lambda = \boxed{-{}_{A_{ri}}\Delta_M(-I^j + T^j - b^j + \delta R^j)} + \boxed{{}_{A_{ri}}\Delta_M(\lambda \delta N^i - \delta B)}$$

True Correction ($\Delta\delta\phi^i$) Common

사용자 적용 보정정보: CPC+ Network RTK 보정정보

ω_{ri}: 모델 파라미터 (i번째 기준국 보정정보 적용 가중치)

$$\delta\hat{\phi}_U^i = \underset{C}{\delta}\phi_M^i + \sum_{ri}\omega_{ri} \cdot MAC_{ri}^i = -\boxed{\delta\phi_M^i - \sum_{ri}\omega_{ri} \cdot {}_{A_{ri}}\Delta_M \delta\phi^i} - \boxed{\delta B_M + \sum_{ri}\{\omega_{ri} \cdot {}_{A_{ri}}\Delta_M(\delta B + \delta N^i \lambda)\}} - \boxed{\delta N_M^i \lambda}$$

$$\delta\hat{\phi}_U^j = \underset{C}{\delta}\phi_M^j + \sum_{ri}\omega_{ri} \cdot MAC_{ri}^j = -\boxed{\delta\phi_M^j - \sum_{ri}\omega_{ri} \cdot {}_{A_{ri}}\Delta_M \delta\phi^j} - \boxed{\delta B_M + \sum_{ri}\{\omega_{ri} \cdot {}_{A_{ri}}\Delta_M(\delta B + \delta N^i \lambda)\}} - \boxed{\delta N_M^j \lambda}$$

True Correction $\equiv \Theta$: Common➔ 이중차분시 제거 Integer

사용자 오차 제거

Common Integer

$$\Delta\phi_U^i = \phi_U^i + \delta\hat{\phi}_U^i = d_U^i + \boxed{B_U - \delta B_M + \delta_U^i + \Theta} + \boxed{(N_U^i - \delta N_M^i)\lambda}$$

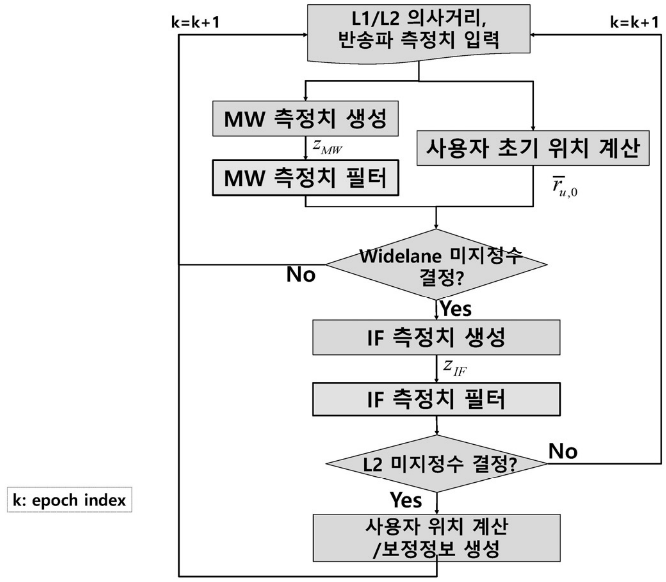
$$\Delta\phi_U^j = \phi_U^j + \delta\hat{\phi}_U^j = d_U^j + \boxed{B_U - \delta B_M + \delta_U^j + \Theta} + \boxed{(N_U^j - \delta N_M^j)\lambda}$$

잔여오차 ≈ 0

$$\Delta^i\nabla^j\phi = {}^i\nabla^j d_U + \boxed{{}^i\nabla^j\delta_U} + {}^i\nabla^j(N_U - \delta N_M)\lambda$$

36

중기선 미지정수 추정 Flow Chart



37

Song, J. 2016, A Study on Improving Performance of Network RTK through Tropospheric Modeling for Land Vehicle Applications, Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea

MW, IF 측정치 및 추정값

- **MW 측정치 필터**
  - 측정치: $z_{MW} = \Delta\nabla N_{wl}\lambda + \Delta\nabla m + \Delta\nabla\varepsilon_{MW}$
  - 추정값: $\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{N} \\ \bar{m} \end{bmatrix}$ where, $\bar{N} = [\Delta^1\nabla^n N_{wl} \quad \cdots \quad \Delta^{n-1}\nabla^n N_{wl}]^T$: wide-lane 미지정수

    $\bar{m} = [\Delta^1\nabla^n m \quad \cdots \quad \Delta^{n-1}\nabla^n m]^T$: multipath
    - 다중경로 오차 (m): 1st order Gauss-Markov process로 모델링
- **IF 측정치 필터**
  - 측정치: $z_{IF} = \Delta\nabla\delta d + \Delta\nabla T + \Delta\nabla N_{L2}\lambda + \Delta\nabla v_{IF}$

    $\approx -\nabla\bar{l}\cdot\bar{b} + \nabla mf_M \cdot T_{v,M} - \nabla mf_r \cdot T_{v,r} + \Delta\nabla N_{L2}\lambda + \Delta\nabla v_{IF}$
  - 추정값: $\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{b} \\ \dot{\bar{b}} \\ \ddot{\bar{b}} \\ \bar{T} \\ \bar{N} \end{bmatrix}$ where, $\bar{b}, \dot{\bar{b}}, \ddot{\bar{b}}$: 위치, 속도, 가속도

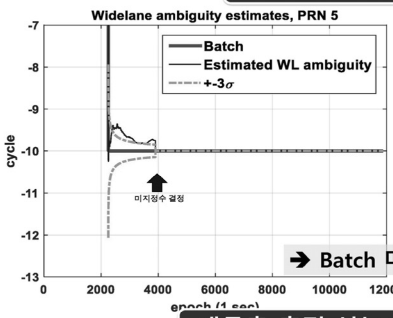
    $\bar{T} = [T_{v,M} \quad T_{v,r}]^T$: master 기준국 및 일반 기준국 대류층 수직지연

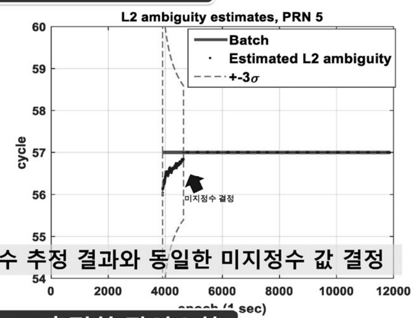
    $\bar{N} = [\Delta^1\nabla^n N_{L2} \quad \cdots \quad \Delta^{n-1}\nabla^n N_{L2}]^T$: L2 미지정수
    - 대류층 경사지연: $T = mf \cdot T_v$ where, mf: mapping function

38

미지정수 추정 결과 및 측정치 잔여오차

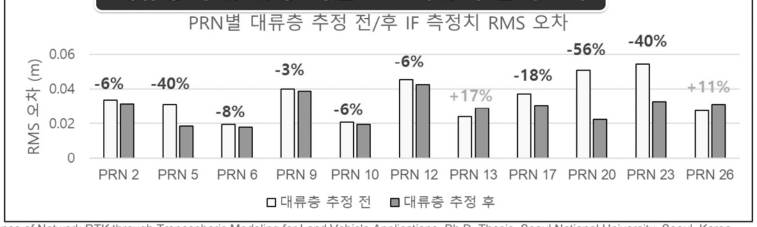
Widelane / L2 미지정수 추정 결과





➔ Batch 미지정수 추정 결과와 동일한 미지정수 값 결정

대류층 추정 성능 확인 - IF 측정치 잔여오차

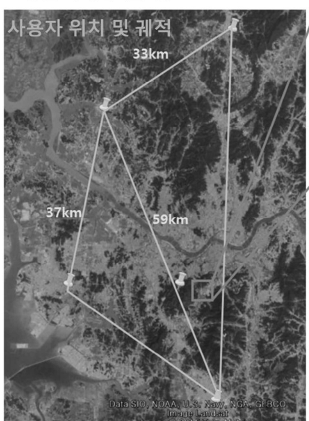


Song, J. 2016, A Study on Improving Performance of Network RTK through Tropospheric Modeling for Land Vehicle Applications, Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea

39

Network RTK 실시간 차량 사용자 성능 검증 (1)

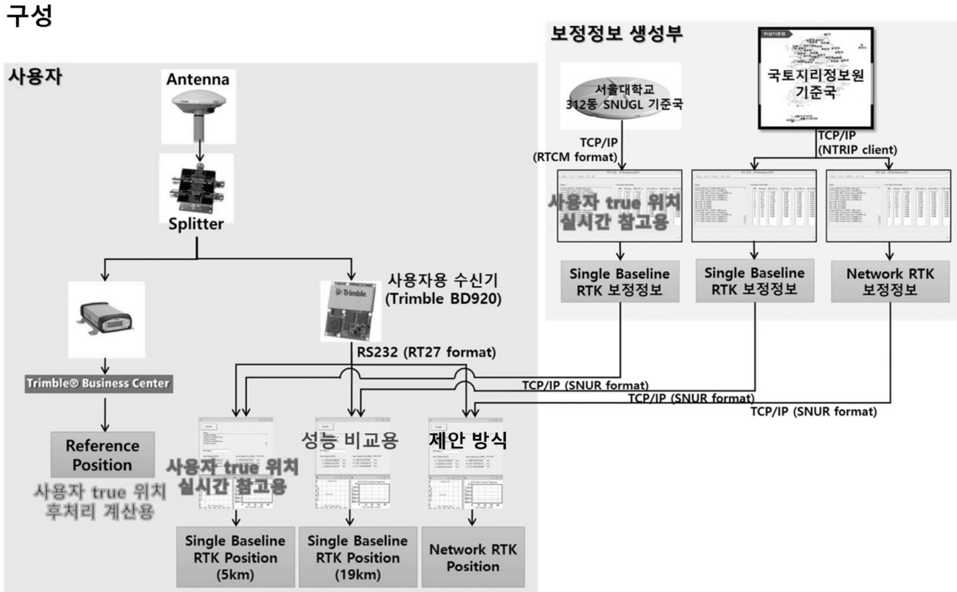
- **차량 실험 환경**



실험환경	
실험 일시	2015/11/27 17:41:36-18:12:40 (KST)
수신기	▪ 사용자 - Trimble BD920 ▪ 기준국, 사용자 true 위치 계산용: Trimble NetR9
Mask angle	▪ 기준국: 5도 (미지정수 fix: 15도) ▪ 사용자: 17도
기준국 네트워크	▪ 국토지리정보원 상시기준국: 파주(주), 인천, 수원, 동두천
사용자	과천 부근에 위치한 동적 차량
사용자 true 위치	사용자-서울대 기준국 TBC 처리 결과
사용자 무선 통신	KT Wibro Modem
단일 기준국 RTK 비교	사용자-SNU (5km), 사용자-수원(19km) 단일 기준국 RTK 수행

Network RTK 실시간 차량 사용자 성능 검증 (2)

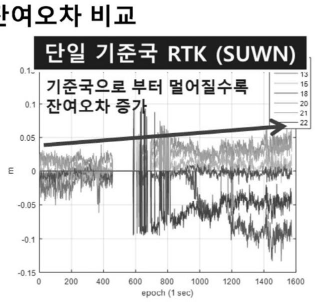
• 실험 구성

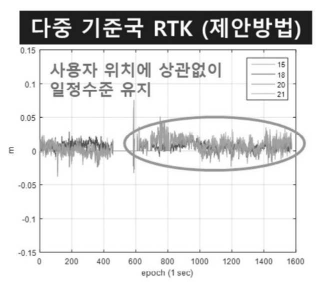


41

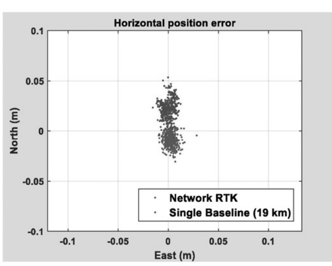
Network RTK 실시간 차량 사용자 성능 검증 (3)

• 측정치 잔여오차 비교





• 가시성 좋은 구간 위치 정확도 비교



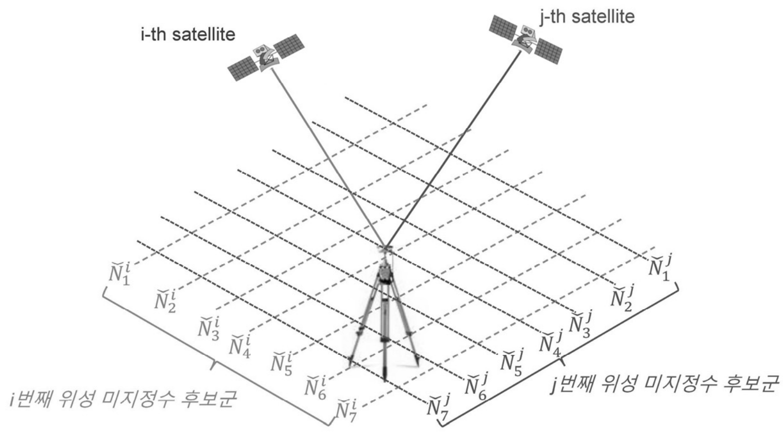
(m)	단일 기준국 RTK (수원)	다중 기준국 RTK
3D 거리 오차 (RMS)	0.0326 15%향상	0.0276
미지정수 Time-To-Fix (초)	37	3

42

Ambiguity Resolution (1)

$$\boxed{\Delta\nabla\phi \approx \Delta\nabla d + \Delta\nabla N\lambda + \Delta\nabla\varepsilon}$$

- **이중차분 측정치 내의 미지정수(integer ambiguity)는 정수로 결정되어야 하기 때문에 최소자승법(least-square estimation) 등으로 추정 불가능 ➔ 검색(search) 필요**



43

Ambiguity Resolution (2) - 미지정수 결정 단계

- **검색공간 정의**
- **검색공간 내 모든 미지정수 후보군에 대해 잔차 제곱합 계산**
- **잔차 제곱합이 설정된 문턱값 이상인 경우 제외시킴**
- **잔여 미지정수 후보군 수가 충분히 감소하면, 잔차 제곱합이 가장 작은 미지정수 후보군과 두번째로 작은 미지정수 후보군 비교**
- **비교 결과에 따라 최종적인 미지정수 후보군 결정**

44

Ambiguity Resolution (3)

$\Delta\nabla\phi \approx \Delta\nabla d + \Delta\nabla N\lambda + \Delta\nabla\varepsilon$

- **미지정수 검색 공간 (Search Space)**
  - 미지정수의 대략적인 추정값을 중심으로 검색공간 설정

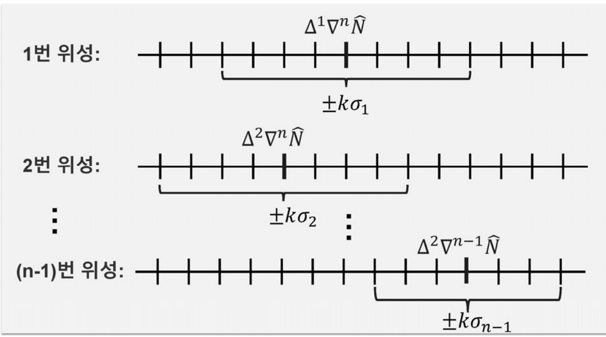
[위치 추정값 이용]

$\Delta\nabla\hat{N} = round\left(\frac{\Delta\nabla\phi - \Delta\nabla\hat{d}}{\lambda}\right)$ where, $\Delta\nabla\hat{d} = \Delta\nabla\hat{d}_{DGNSS}$

[실수 미지정수 추정]

3차원 위치, 모든 위성에 대한 미지정수를 state vector로 하는 Kalman filter로부터 실수 미지정수 추정

$\Delta\nabla\hat{N} - k\sigma_{\Delta\nabla\hat{N}} \leq \Delta\nabla N_{true} \leq \Delta\nabla\hat{N} + k\sigma_{\Delta\nabla\hat{N}}$



- 위성 수 8개, 각 위성 당 5개의 미지정수 후보를 가정한 경우, 검색 공간 내 미지정수 개수
  - 이중차분 측정치 개수: $8 - 1 = 7$
  - 검색 공간 내 미지정수 개수: $5^{(8-1)} = 78{,}125$

→ 계산량 및 검색 소요시간 문제

45

Ambiguity Resolution (4)

- **정확한 미지정수 결정 요소**
  - 기준국-사용자간 거리
  - 가시 위성 수
  - Dilution of Precision (DOP)
  - 다중경로 오차 적은 환경 (DGNSS해 성능 향상)
  - 위성 관측시간 긴 경우

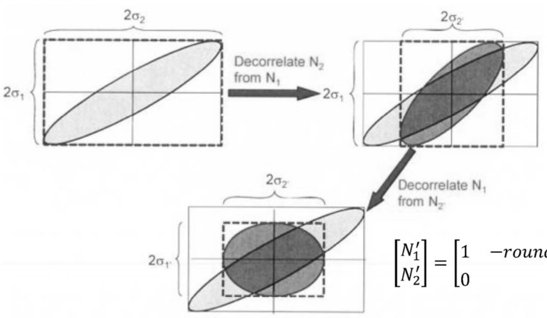
- **동적 사용자에 대해서 보통 10초 이내에 미지정수 결정 가능 (‘on the fly’)**

- **미지정수 검색 공간 효율화 방법**
  - LSAST (Least Squares Ambiguity Search Technique)
  - LAMBDA (Least squares AMBiguity Decorrelation Adjustment)

46

Ambiguity Resolution (5) – 검색공간 효율화

- **LAMBDA (Least squares AMBiguity Decorrelation Adjustment)**
  - 미지정수와 추정된 초기 미지정수 공분산 (covariance)의 서로 다른 위성간 상관성(correlation)을 낮추는 변환을 통해 검색 공간 효율화



정수성 유지하는 decorrelation 수행

$$\begin{bmatrix} N_1 \\ N_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -round(\sigma_{N(2,1)}\sigma_{N(1,1)}^{-1}) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \end{bmatrix}$$

$\sigma_{N(i,j)}$: 미지정수 covariance matrix (i, j) 성분

$$\begin{bmatrix} N_1' \\ N_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -round(\sigma_{N(1,2')}\sigma_{N(2',2')}^{-1}) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2' \end{bmatrix}$$

  - 이중차분 측정치 잔여오차 수준, 위성 배치에 따라 미지정수 결정에 수 초~수 분 소요
  - 현재 가장 널리 사용되는 미지정수 결정 방법

Teunissen, P. J. G. (1995) The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation

47

Ambiguity Resolution (6) - 잔차 제곱합 및 미지정수 결정

- **잔차 제곱합 (sum of squared residual)**

$$\Omega_{cand\ k} = \delta\bar{z}^T R^{-1} \delta\bar{z}$$

where, $\delta\bar{z} = \bar{z}_\phi - H\bar{R}_r - H\bar{R}_u - \bar{N}_{cand\ k}\lambda$

$$\bar{z}_\phi \equiv \begin{bmatrix} {}_r\Delta_u^1 \nabla^j \phi \\ \vdots \\ {}_r\Delta_u^{n-1} \nabla^j \phi \end{bmatrix}$$

$$\bar{N}_{cand\ k} \equiv \begin{bmatrix} {}_r\Delta_u^1 \nabla^j \breve{N}_{cand\ k} \\ \vdots \\ {}_r\Delta_u^{n-1} \nabla^j \breve{N}_{cand\ k} \end{bmatrix}$$

$\breve{N}_{cand\ k}$: 미지정수 후보

  - k번째 후보군에 대한 잔차 제곱합을 시간에 대해서도 누적

$$\Omega_{cand\ k\ total\ t_m} = \sum_{i=t_1}^{t_m} \Omega_{cand\ k}(i)$$

- **최종 미지정수 결정**
  - 시간에 대한 잔차 누적 합 중 가장 작은 것과 두 번째로 작은 것 비교

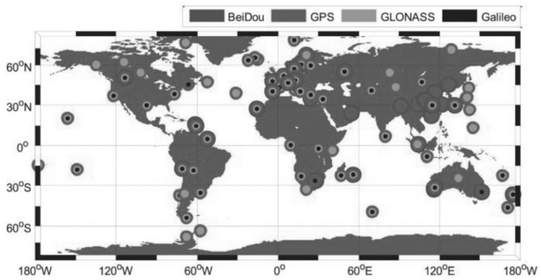
$\frac{\Omega_{cand\ 2nd\ total\ t_m}}{\Omega_{cand\ 1st\ total\ t_m}} \geq T$ where T is typically set to around 2 or 3

48

Precise Point Positioning (PPP)

- **차분하지 않은 반송파 위상 및 의사거리를 활용한 Extended Kalman Filter로 절대위치를 추정하는 기법**
- **전 지구 기준국 측정치를 활용하여 추정된 정밀 궤도 및 시계 정보 이용**
- **정확도: 수 cm (정적 사용자), 수십 cm (동적 사용자)**
- **수렴시간: 30분 (정적 사용자)**
  - Multi-constellation 사용시 단축 가능

정밀궤도 및 시계 계산을 위한 전 지구 기준국 네트워크



PPP 정적 사용자 수평 위치 수렴

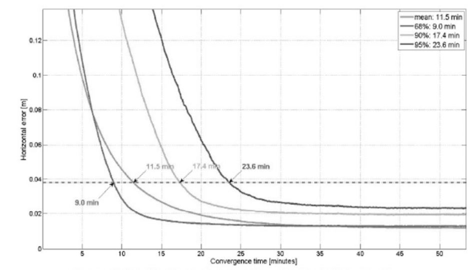


Figure 3. Trimble CenterPoint RTX worldwide initialization times.

Jan Kouba and Pierre Héroux. (2001) Precise point positioning using igs orbit and clock products. GPS solutions, 5(2):12-28.
Brandl, M. et al. (2014) Advancing Trimble RTX Technology by adding BeiDou and Galileo, ESA ENC Conference
Li, X. et al. (2015) Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou, Scientific Reports, 5.

49

PPP 오차요소 고려 방법

- **차분되지 않은 측정치 이용 ➔ RTK에서 이중차분으로 무시하였던 오차요소 고려**
  - 안테나 phase center offset, phase center variation, phase windup 등
- **위성 궤도 및 시계 오차: IGS, CODE, JPL 등에서 제공하는 정밀 궤도 및 시계 정보 이용**
- **전리층 오차: Ionosphere-Free (IF) 측정치 조합 활용 ➔ 미지정수 정수성 유지 불가**

$$\phi_1 = d - b + B - I_1 + T + N_1\lambda_1 + v_1$$
$$\phi_2 = d - b + B - \gamma I_1 + T + N_2\lambda_2 + v_2$$
$$\Rightarrow \phi_{IF} = \frac{\gamma\phi_1 - \phi_2}{\gamma - 1} = d - b + B + T + \frac{\gamma N_1\lambda_1 - N_2\lambda_2}{\gamma - 1} + v_{IF}$$

- **대류층 오차: 대류층 모델로 dry part 제거후 wet tropospheric zenith delay 추정**
- **Site displacement effect: solid earth tides (최대 30 cm), ocean loading (최대 5 cm), polar tides (최대 2.5 cm)**
  - 중력 및 해양 조석에 의해 지표면에 있는 기준점이 주기적으로 움직이는 현상
  - IERS에서는 이에 따른 보정방법 제공
- **미지정수: 실수(float)로 추정 ➔ 정확도 한계**

IERS: International Earth Rotation and Reference System Service
Wübbena, G. et al. (2005) PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks, ION GNSS 2005.
최병규 (2016) Precise Point Positioning (PPP) 기술현황, 국방위성항법특화연구센터 전문가 세미나

50

정밀 궤도 및 시계 오차

- **International GPS Service (IGS) 및 여러 기관에서 전 지구 기준국 측정치를 활용하여 정밀궤도 결정 ➔ 후처리 또는 실시간으로 제공**

다양한 정밀 궤도 및 시계 정보 정확도 및 제공 환경

Table 3-2 GPS Precise Satellite Orbit and Clock Products (IGS, 2008; Chen, 2004)

Orbit/clock		Accuracy	Latency	Updates	Sample Interval
Broadcast	orbit	~160cm	real time	--	daily
	clock	~70ns			
Ultra-Rapid (predicted half)	orbit	~10cm	real time	four times daily	15 min
	clock	~5ns			
Ultra-Rapid (observed half)	orbit	<5cm	3 hours	four times daily	15 min
	clock	~0.2ns			
IGS Rapid	orbit	<5cm	17 hours	daily	15 min
	clock	0.1ns			5 min
IGS Final	orbit	<5cm	~13 days	weekly	15 min
	clock	<0.1ns			5 min
JPL Near Real-Time (NRT)	orbit	~22cm	2~3 min	15 min	5 min
	clock	~0.7ns			
JPL Real-Time (IGDG)	orbit	~18cm	~4 sec	1 sec	~28 sec
	clock	~1ns			1 sec
NRCan Real-Time(GPS·C)	orbit	~10cm	~5 sec	2 sec	~20 sec
	clock	~1ns			2 sec

IGS final 궤도에 대한 RMS 오차

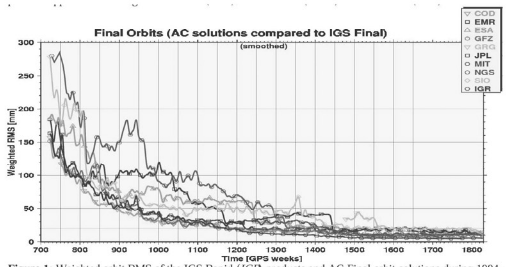


Figure 1: Weighted orbit RMS of the IGS Rapid (*IGR*) products and AC Final orbit solutions during 1994-2015 with respect to the IGS Final orbit products. (*COD* – Center for Orbit Determination in Europe, Switzerland; *EMR* – Natural Resources Canada; *ESA* - European Space Agency; *GFZ* – GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany; GRG - Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS)/ Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) ; *JPL* – Jet Propulsion Laboratory, U.S.A.; *MIT*- Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.; *NGS* – National Geodetic Survey, NOAA, U.S.A.; *SIO* - Scripps Institute of Oceanography, U.S.A.). (Courtesy of the IGS ACC, see http://acc.igs.org/)

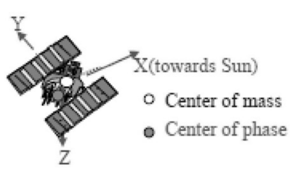
Jan Kouba, "A GUIDE TO USING INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) PRODUCTS", 2009

51

Antenna phase center correction

ARP: Antenna Reference Point
APC: Antenna Phase Center

- **위성 안테나: 질량 중심과 신호 발생 중심의 차이에 대한 보상**
  - IGS에서 ANTEX (Antenna Exchange Format) 형식으로 제공
- **지상 수신기 안테나**
  - Phase Center Offset (PCO): 안테나 기준점(ARP)와 신호 수신점(APC) 사이의 차이
  - Phase Center Variation (PCV): 안테나의 azimuth, elevation 에 따른 변화
  - IGS에서 제공되는 ANTEX 파일 이용



Antenna phase center offsets in satellite fixed reference frame (meters)

	X	Y	Z
Block II/IIA:	0.279	0.000	1.023
Block IIR :	0.000	0.000	0.000

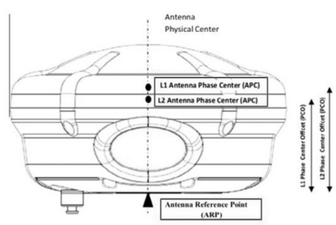


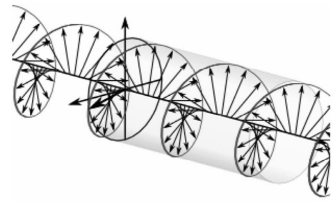
Fig. 1 Main points of a model GPS antenna.

Jan Kouba and Pierre Héroux. (2001) Precise point positioning using igs orbit and clock products. GPS solutions, 5(2):12-28.

52

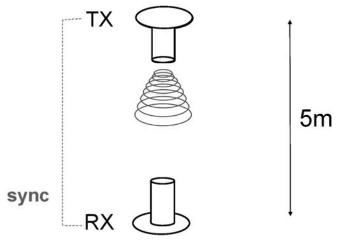
Phase windup

- **Phase Wind-up**
  - Circularly polarized wave의 전자기적 특성에 의해 발생
    - GPS signal : Right Hand Circularly Polarized (RHCP)
  - 송/수신단 안테나의 상대 orientation에 의한 phase 변화

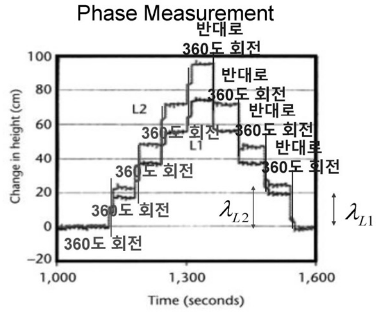


RHCP wave as defined from the point of view of the source
(https://en.wikipedia.org/wiki/Circular_polarization)

- **Phase Wind-up 효과**
  - 지상실험 결과 (R. Muellerschoen, JPL/Caltech)



Phase Measurement



53

Phase windup 보상방법

Phase wind-up correction: $\Delta\Phi = 2N\pi + \delta\phi$

$$\delta\phi = sign(\zeta)\cdot \arccos\left(\frac{\vec{D}'\cdot\vec{D}}{\|\vec{D}'\|\cdot\|\vec{D}\|}\right)$$

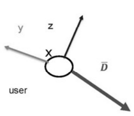
with $\zeta = \hat{k}\cdot\left(\vec{D}'\times\vec{D}\right)$

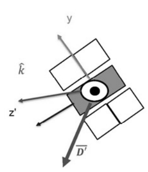
$$\vec{D} = \hat{a} - \hat{k}\left(\hat{k}\cdot\hat{a}\right) + \hat{k}\times\hat{b}$$

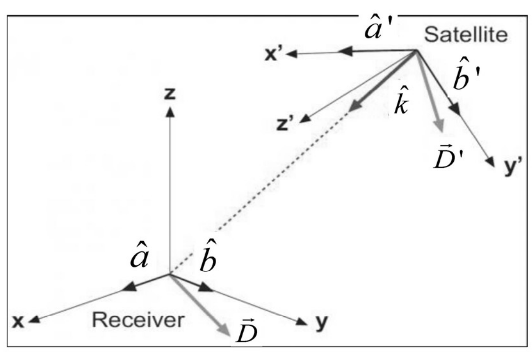
$$\vec{D}' = \hat{a}' - \hat{k}\left(\hat{k}\cdot\hat{a}'\right) + \hat{k}\times\hat{b}'$$

$$N = nint\left[\frac{\Delta\Phi_{previous} - \delta\Phi}{2\pi}\right]$$

(N : 미지정수의 연속성을 위해 대입)



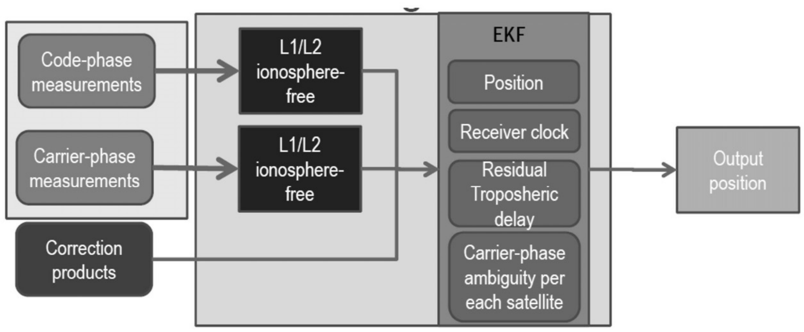




$\hat{k}$: satellite to receiver unit-vector
$\vec{D}$: 사용자의 Effective Dipole Vector
$\vec{D}'$: 위성의 Effective Dipole Vector
- 사용자 좌표계 : ex) ENU
- 위성 Body 좌표계: phase center correction에서 정의

54

PPP flow chart



Output Position is affected by

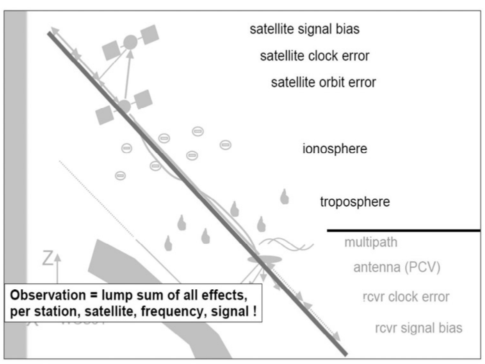
- GNSS Receiver/Antenna - Measurement quality and availability
- Service Provider of Correction Products - Quality and delivery
- Rover PPP Algorithm - Within GNSS Receiver (real time) or Post-Processed

[Novatel]

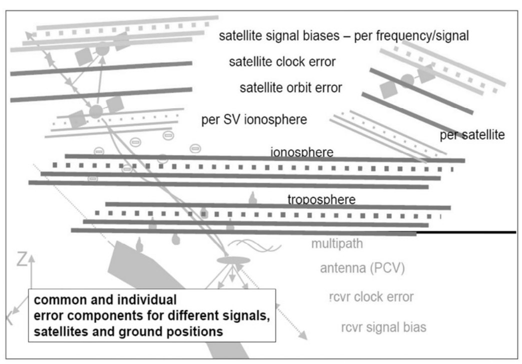
55

PPP-RTK

- 기존 PPP에서 사용되는 측정치 미지정수가 정수성 유지하지 못하는 한계 극복
- 기준국 network를 활용 ➔ 오차요소 성분별 추정 및 모델링 ➔ 사용자에게 제공



Network RTK 보정정보
OSR: Observation Space Representation

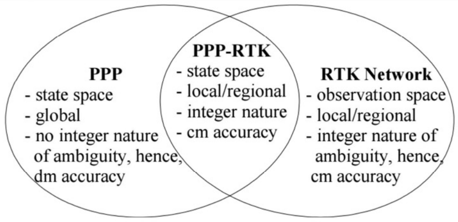


PPP-RTK 보정정보
SSR: State Space Representation

Schmitz, M., (2012) RTCM State Space Representation Messages, Status and Plans, PPP-RTK & Standards Symposium, Germany

56

PPP, PPP-RTK, Network RTK 비교



Wübbena, G. et al. (2005) PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks, ION GNSS 2005.

- PPP대비 PPP-RTK 장점
  - ➔전리층 제거를 위한 측정치 조합 불필요
  - ➔미지정수 정수성 유지
  - ➔미지정수 fix를 통한 위치 정확도 향상 가능

	PPP	*PPP-RTK*
network size	global	local/regional/ global
primary state information		
satellite orbits	provided	provided
satellite clocks	provided	provided
ionosphere	corrected	provided
troposphere	estimated	provided
receiver clock	estimated	estimated
phase ambiguities & signal		
L1 / L2 / L0	- / - / +	+ / + / +
integration time	30 ... 1800 s	10 ... 50 s
accuracy		
static 3D	~ 5 cm	1 ... 3 cm
RTK 3D	15 ... 20 cm	1 ... 3 cm

- Network RTK 대비 PPP-RTK 장점
  - 오차요소 성분별 변화율에 따라 효율적인 보정정보 스케쥴링 가능

- satellite clocks
  very high (max. 10 s validity for millimeter-accuracy)
- satellite orbits
  low (3 h correlation length)
- ionosphere
  low (10 min) to high (10 s)
- troposphere
  low (2 h correlation length)

57

PPP measurement model

- **Measurement equations**
  - 앞서 소개된 정밀 시계 정보, antenna 관련 오차, site displacement effect, 대류층 dry part 제거 후 전리층 조합(IF) 측정치 방정식

$$\delta\rho_{IF}^{j} = d^{j} + B + T_{wet}^{j} + v_{\rho_{IF}}^{j}$$
$$\delta\phi_{IF}^{j} = d^{j} + B + T_{wet}^{j} + N_{float}^{j} + v_{\phi_{IF}}^{j}$$

$$d^{j} \equiv \left(\bar{R}^{j} - \bar{R}\right)\cdot\hat{e}^{j} = \sqrt{\left(x^{j}-x\right)^2+\left(y^{j}-y\right)^2+\left(z^{j}-z\right)^2}$$

$\bar{R}^{j}$: j번째 위성 3D 위치벡터 $[x^{j}, y^{j}, z^{j}]^T$
$\hat{e}^{j}$: 사용자에서 j번째 위성까지 시선 벡터
x, y, z: 사용자 3D 위치 ECEF 좌표
$N_{float} = \dfrac{\gamma N_1\lambda_1 - N_2\lambda_2}{\gamma - 1}$
m: mapping function
T_z: 대류층 wet part 수직 지연

  - 대류층 모델링: $T_{wet}^{j} = m^{j}\cdot T_z$

- **Parameters to estimate**
  - 사용자 3D 위치 (x, y, z), 수신기 시계오차 (B), 대류층 wet part 수직 지연 (T_z), 위성별 실수 미지정수 (N_{float}^{j})

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x & y & z & B & T_z & N_{float}^{1} & \cdots N_{float}^{n} \end{bmatrix}^T$$

n: 이중차분 반송파 측정치 개수

58

PPP filter equations

- **Observation equation** (subscript: epoch)

$$\boxed{\bar{z}_k = H_k\bar{x}_k + \bar{v}_k = \begin{bmatrix} H_1 & H_2 \\ H_1 & H_3 \end{bmatrix}\bar{x}_k + \bar{v}_k} \qquad \bar{v}_k \sim N(0, R_k)$$

$$H_1 = \begin{bmatrix} -\frac{x^1 - x}{d^1} & -\frac{y^1 - y}{d^1} & -\frac{z^1 - z}{d^1} & 1 & m^1 \\ -\frac{x^2 - x}{d^2} & -\frac{y_s^2 - y}{d^2} & -\frac{z^2 - z}{d^2} & 1 & m^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{x^n - x}{d^n} & -\frac{y_s^n - y}{d^n} & -\frac{z^n - z}{d^n} & 1 & m^n \end{bmatrix} \quad H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad H_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{z} = [\rho_{IF}^1 \ \ \rho_{IF}^2 \ \cdots \ \rho_{IF}^n \ \ \phi_{IF}^1 \ \ \phi_{IF}^2 \ \cdots \ \phi_{IF}^n]^T$$

$$\bar{v} = [v_{\rho_{IF}}^1 \ \ v_{\rho_{IF}}^2 \ \cdots \ v_{\rho_{IF}}^n \ \ v_{\phi_{IF}}^1 \ \ v_{\phi_{IF}}^2 \ \cdots \ v_{\phi_{IF}}^n]^T$$

$$R = cov(\bar{v}) = \begin{bmatrix} \sigma_{\rho_{IF}}^2 \cdot I_n & 0_{n\times n} \\ 0_{n\times n} & \sigma_{\phi_{IF}}^2 \cdot I_n \end{bmatrix}$$: noise covariance

- **System equation**
  - State components are modeled as Random Walk: $\dot{x}(t) = w(t)$

$$\boxed{\bar{x}_k^- = F\bar{x}_{k-1}^+ + G\bar{w}_k} \qquad \bar{w}_k \sim N(0, Q_k)$$

$$F = I_{(5+n)}$$
$$G = I_{(5+n)}$$

where, Q_k : process noise covariance$= \Delta t \begin{bmatrix} q_{pos}^2 & & & & & & & \\ & q_{pos}^2 & & & & & & \\ & & q_{pos}^2 & & & & & \\ & & & q_B^2 & & & & \\ & & & & q_{T_z}^2 & & & \\ & & & & & q_N^2 & & \\ & & & & & & \ddots & \\ & & & & & & & q_N^2 \end{bmatrix}$

Gunning, K. (2021) Safety critical bounds for precise positioning for aviation and autonomy, PhD Thesis, Stanford University

59

PPP filter estimation and result

- **Linearized Kalman Filter equation**

Initialize

$$\hat{x}_0, P_0, Q_0, R_0$$

Time Update

$$\hat{x}_k^- = F_{k-1}\hat{x}_{k-1}$$
$$P_k^- = F_{k-1}P_{k-1}F_{k-1}^T + Q_{k-1}$$

Measurement Update

$$K_k = P_k^- H_k{}^T\left(H_k P_k^- H_k^T + R_k\right)^{-1}$$
$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k\left(z_k - H_k\hat{x}_k^-\right)$$
$$P_k = (I - K_k H_k)P_k^-$$

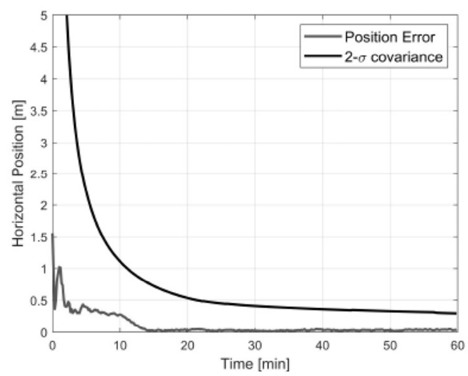


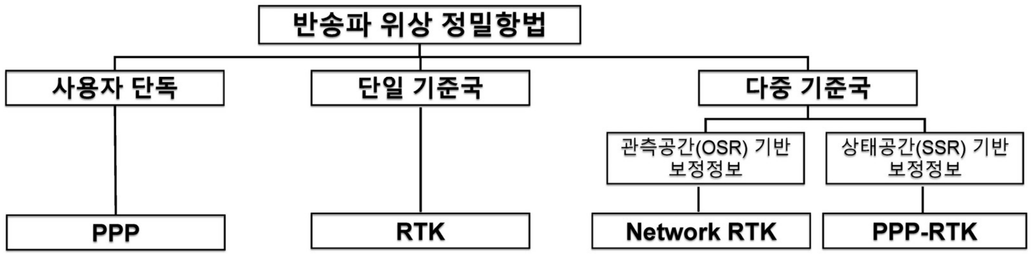
Figure 2.2: Static PPP Solution Example

Gunning, K. (2021) Safety critical bounds for precise positioning for aviation and autonomy, PhD Thesis, Stanford University

60

Summary

- 반송파 위상 정밀항법 분류 및 성능 요약



	PPP	RTK	Network RTK	PPP-RTK
Precise product 활용	O	X	X	X
(다중)기준국 보정정보 활용	X	O	O	O
미지정수 결정	X	O	O	O
달성 가능 정확도	수 십 cm	수 cm	수 cm	수 cm
초기화 시간	20~30분 (필터 수렴시간)	수 초 이내 (미지정수 결정 소요시간)	수 초 이내 (미지정수 결정 소요시간)	10~20분* (필터 수렴 및 미지정수 결정 소요시간)

*Trimble RTX 결과 기준

61

감사합니다.

62

기업홍보

Company Promotion

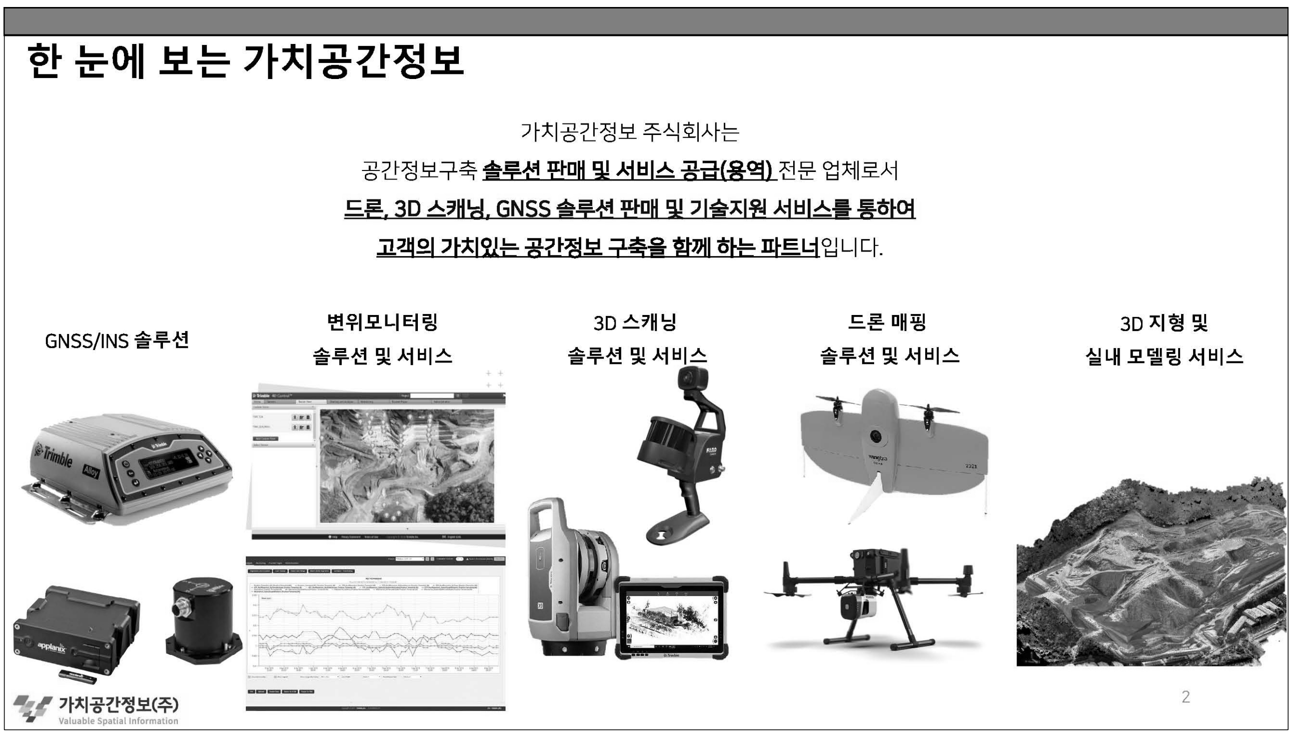
목 차

[ES] 기업홍보

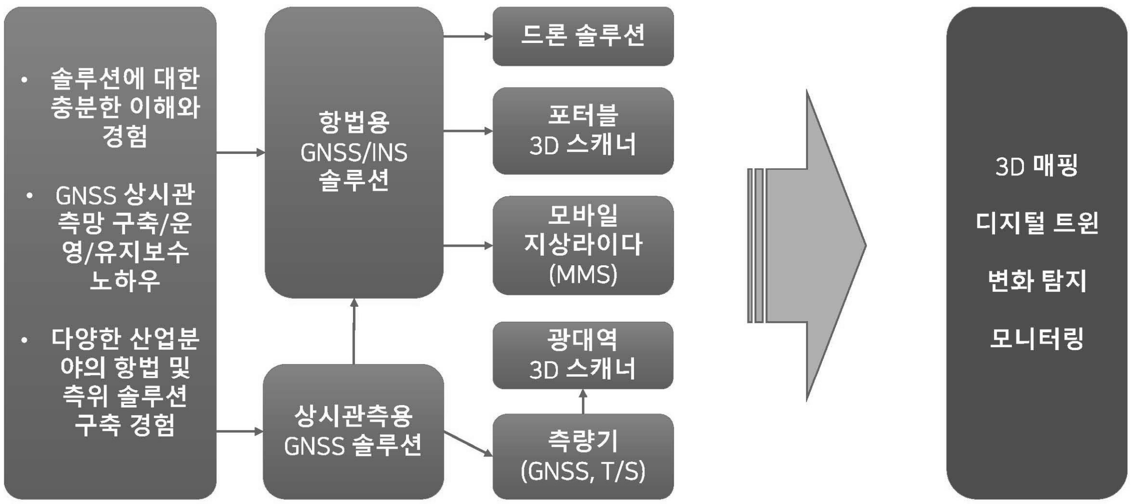
[ES-1]

가치공간정보㈜


가치공간정보
회사 소개서
고객의 가치있는 공간정보구축을 위해
최적의 솔루션과 서비스를 제공합니다.
copyright©2020~2024 by Gachi GeoSpatial Information Inc. All rights reserved


한 눈에 보는 가치공간정보
가치공간정보 주식회사는
공간정보구축 솔루션 판매 및 서비스 공급(용역) 전문 업체로서
드론, 3D 스캐닝, GNSS 솔루션 판매 및 기술지원 서비스를 통하여
고객의 가치있는 공간정보 구축을 함께 하는 파트너입니다.
GNSS/INS 솔루션
변위모니터링 솔루션 및 서비스
3D 스캐닝 솔루션 및 서비스
드론 매핑 솔루션 및 서비스
3D 지형 및 실내 모델링 서비스
가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information
2

솔루션 판매



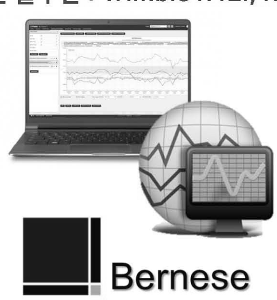
3

솔루션 판매) 고정밀 측량/측위 솔루션 | 01

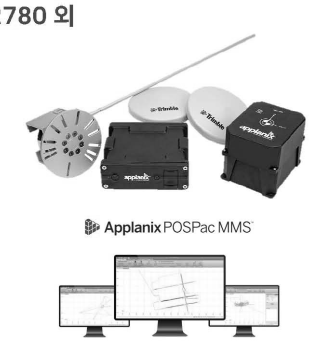
GNSS 고정밀 측량/측위 솔루션

- 상시관측 및 모니터링 솔루션 : Trimble 솔루션 (Alloy, T4D, S7 T/S), Bernese GNSS SW
- 관성항법 솔루션 : Applanix GNSS/INS 솔루션(육상이동체용, 드론용, 후처리 SW)
- 실시간 GNSS 정밀측량을 위한 솔루션 : Trimble R12i, R780 외

상시관측/변위 모니터링용 GNSS 수신기 및 안테나



변위모니터링 및 고정밀 GNSS 후처리



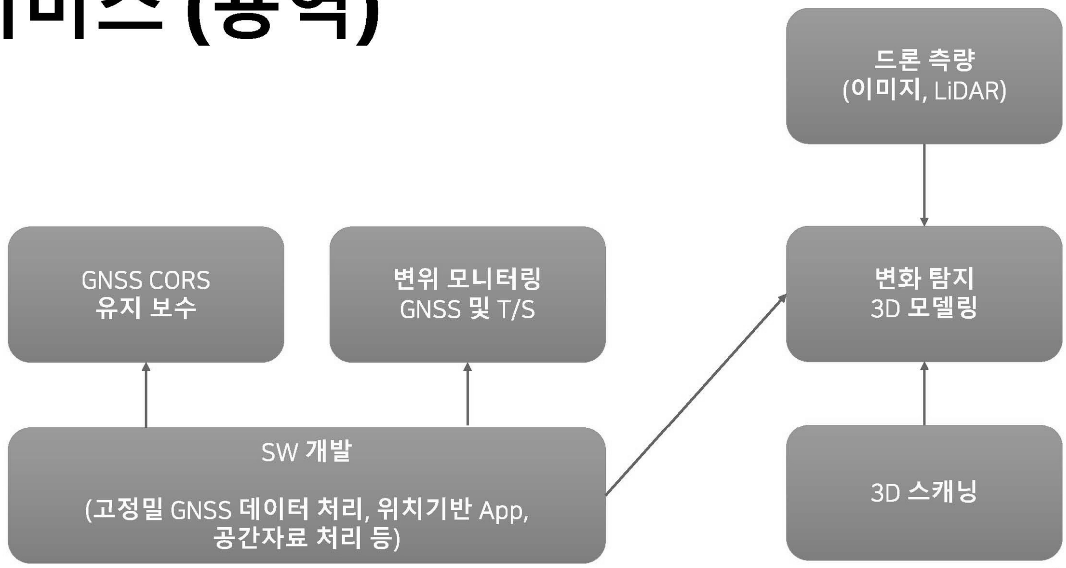
GNSS/INS 솔루션

GNSS 측량기 세트

가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information

4

서비스 (용역)

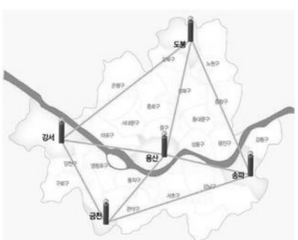


5

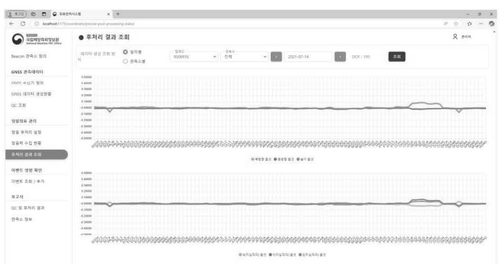
GNSS 상시 모니터링 및 유지관리 서비스 | 02

GNSS 상시관측망 설치/유지관리/SW개발 서비스

- 국가 GNSS 상시관측망 유지관리 : 서울시 GNSS CORS (2021 ~ 현재)
- 실시간 GNSS 변위 모니터링 시스템 설치 : 청풍대교, 대한지질학회(포항)
- mm 급 고정밀 GNSS 변위 모니터링 시스템 개발 및 유지관리 : 국립해양측위정보원



서울특별시 GNSS 상시관측망
유지관리



국립해양측위정보원
mm 급 고정밀 GNSS 변위모니터링 시스템 개발

장대교량 및 초고층 빌딩
실시간 GNSS 변위모니터링 시스템 설치

가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information

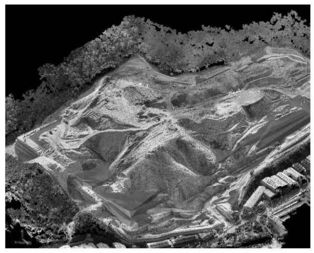
6

드론 기반 3D 매핑 서비스 | 02

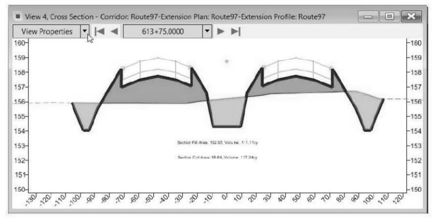
지형 모델링 기반 토공량 산출 (지형 변화량 산출)

- 드론에 라이다/카메라를 장착하여 토목공사 현장의 3D 지형 현황 모델을 제작
- 도로노선 및 단지설계 제원을 기반으로 3D 설계 모델링
- 두 모델의 차이로 토공량을 산출 (체인별 단면도에서 성토/절토량 산출 또는 전체 구획에 대한 체적 산출)

드론 + LiDAR로 지형 현황 측량



지형 설계 모델과
현황 모델의 중첩



성토/절토 단면도 도면 작성

가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information

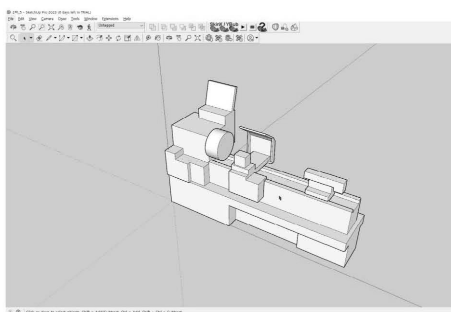
7

3D 스캐닝 및 모델링 서비스 | 02

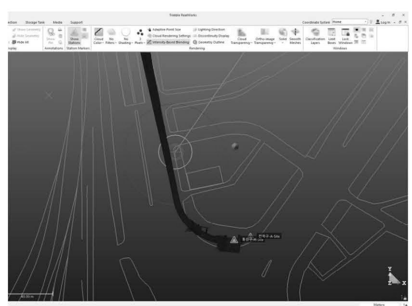
3D 스캐닝 및 모델링 용역

- 광대역 및 포터블 스캐너로 실내 및 실외 공간 객체 스캐닝 후 모델링
- 야외 GNSS 측량 절대 좌표를 실내로 전개하여, 실내 모든 공간에 대한 절대좌표화 수행

대형쇼핑몰 지하 주차장
평면도 제작 (현대오토에버)



전파환경 분석을 위한
선박 기계실 3D 모델링
(국립목포해양대학교)



서울역 인근 지하 공동구 3D 스캐닝
(GTX 공사전 간섭 확인)

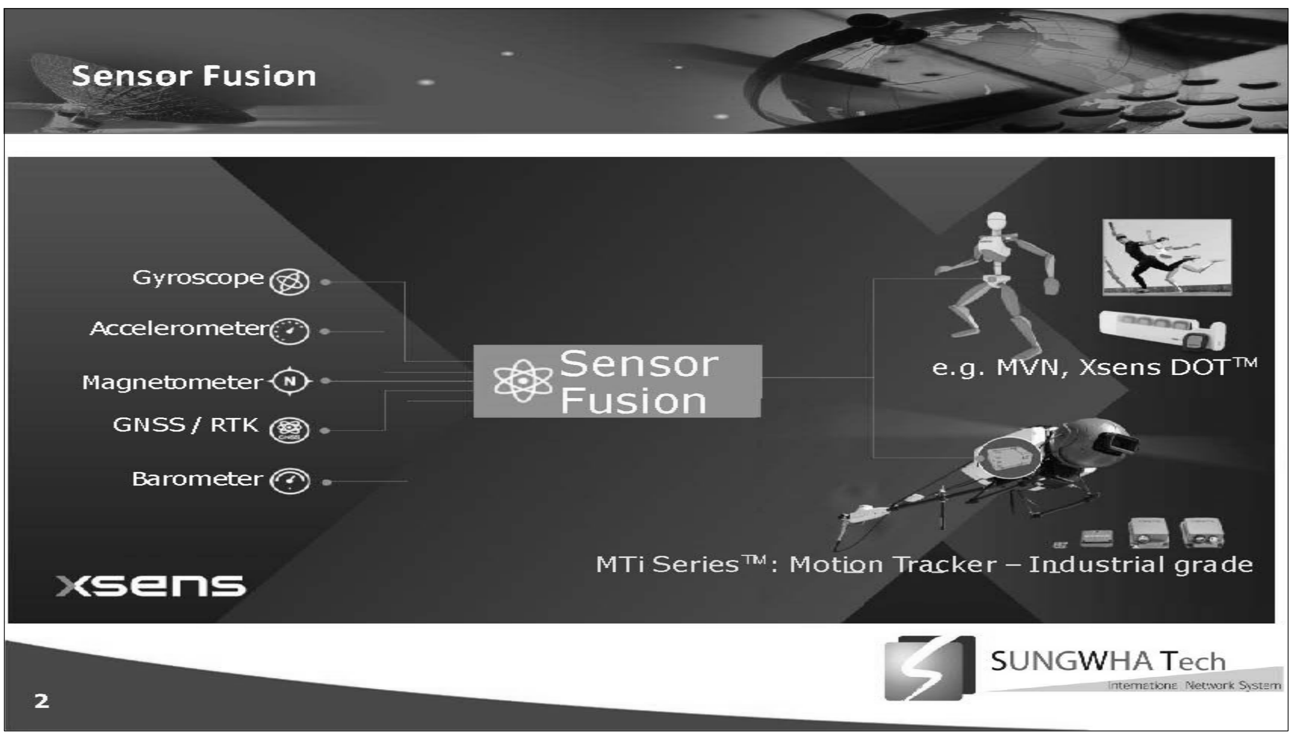
가치공간정보(주)
Valuable Spatial Information

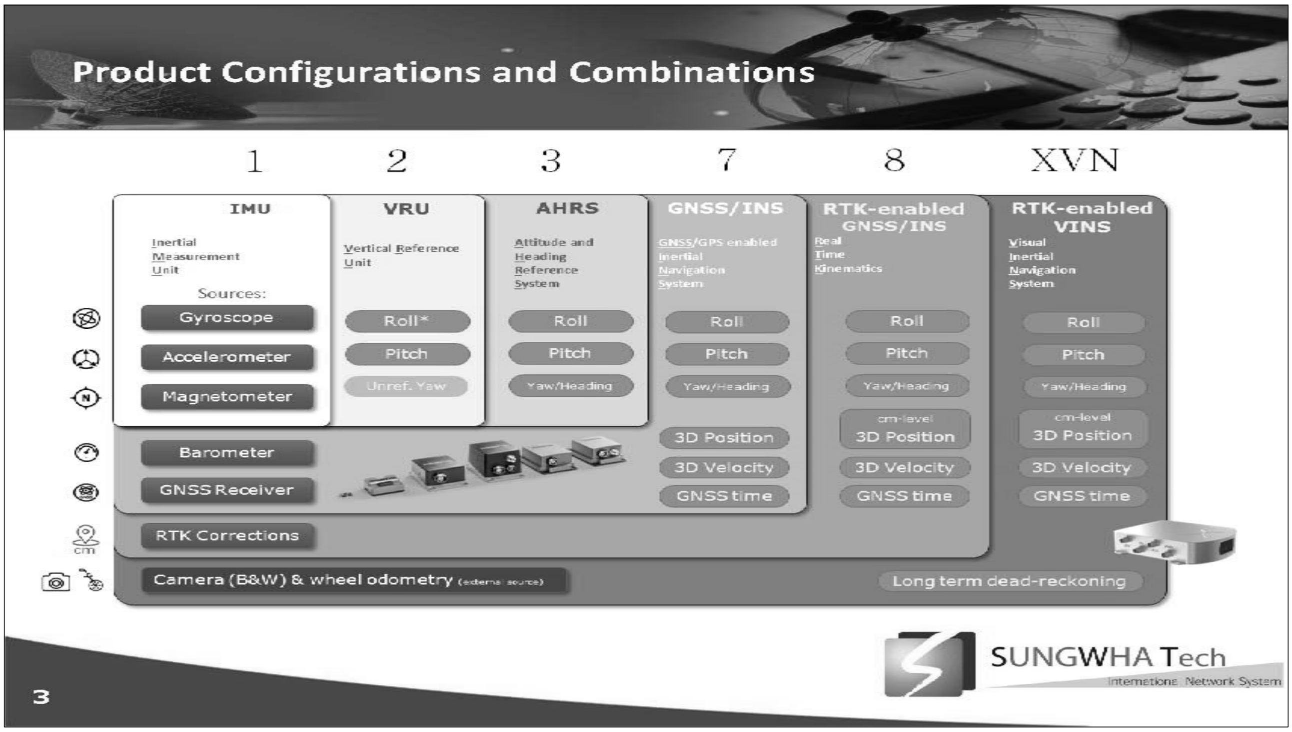
8

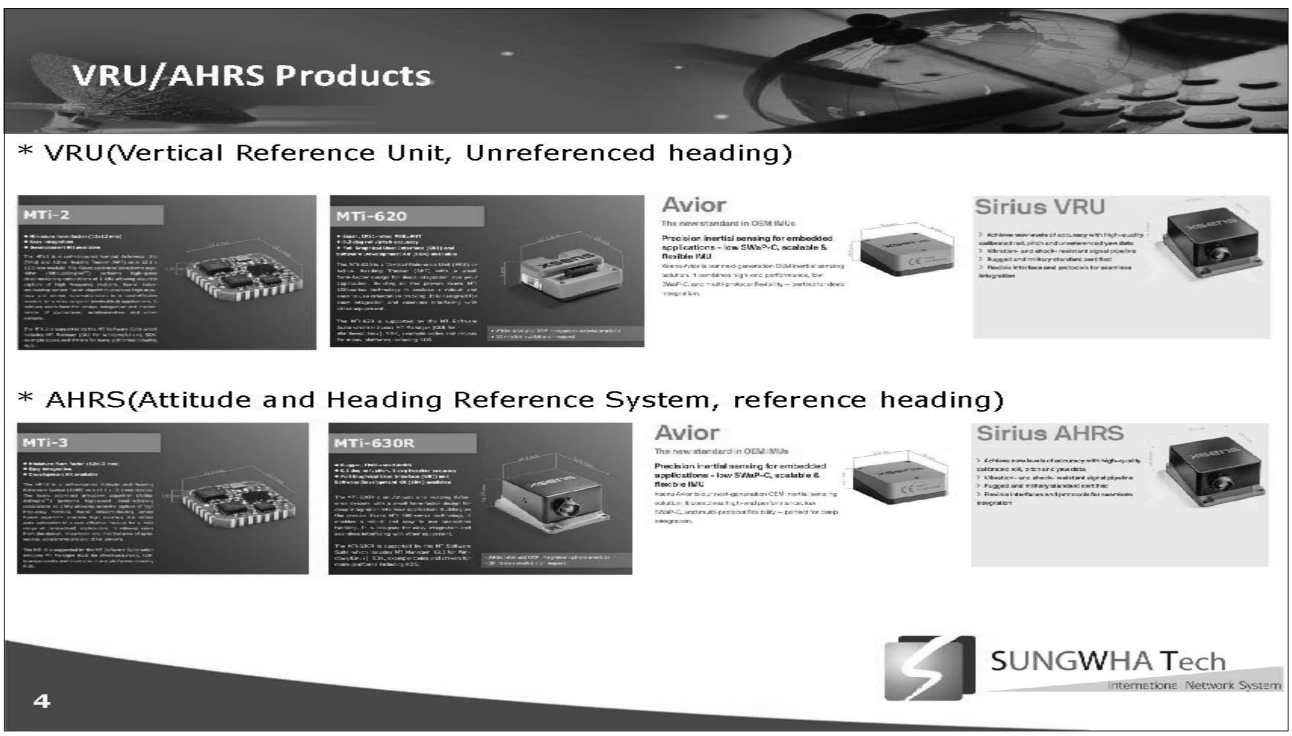
[ES-2]

성화테크㈜/Movella(Xsens)


성화테크 주식회사
With Xsens (Movella)
xsens
Movella
SUNGWHA Tech
www.sungwhatech.com


Sensor Fusion
Gyroscope
Accelerometer
Magnetometer
GNSS / RTK
Barometer
Sensor Fusion
e.g. MVN, Xsens DOT™
MTi Series™: Motion Tracker – Industrial grade
xsens
SUNGWHA Tech
2


Product Configurations and Combinations
1
2
3
7
8
XVN
IMU
Inertial Measurement Unit
Sources:
Gyroscope
Accelerometer
Magnetometer
Barometer
GNSS Receiver
RTK Corrections
Camera (B&W) & wheel odometry
VRU
Vertical Reference Unit
Roll*
Pitch
Unref. Yaw
AHRS
Attitude and Heading Reference System
Roll
Pitch
Yaw/Heading
GNSS/INS
GNSS/GPS enabled Inertial Navigation System
Roll
Pitch
Yaw/Heading
3D Position
3D Velocity
GNSS time
RTK-enabled GNSS/INS
Real Time Kinematics
Roll
Pitch
Yaw/Heading
cm-level 3D Position
3D Velocity
GNSS time
RTK-enabled VINS
Visual Inertial Navigation System
Roll
Pitch
Yaw/Heading
cm-level 3D Position
3D Velocity
GNSS time
cm
Long term dead-reckoning
SUNGWHA Tech
International Network System
3

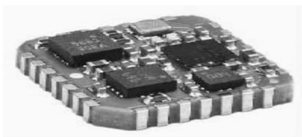

VRU/AHRS Products
* VRU(Vertical Reference Unit, Unreferenced heading)
MTi-2
MTi-620
Avior
The new standard in OEM IMUs
Precision inertial sensing for embedded applications - low SWaP-C, scalable & flexible IMU
Sirius VRU
* AHRS(Attitude and Heading Reference System, reference heading)
MTi-3
MTi-630R
Avior
The new standard in OEM IMUs
Precision inertial sensing for embedded applications - low SWaP-C, scalable & flexible IMU
Sirius AHRS
SUNGWHA Tech
International Network System
4


GNSS/INS Products
* GNSS/INS
MTi-7
MTi-670
MTi-670G
MTi-G-710
* GNSS/INS with RTK and Vision Sensor
MTi-8
MTi-680
MTi-680G
Xsens Vision Navigator
SUNGWHA Tech
International Network System
5


INS embedded / external GNSS
* GNSS/INS(Global Navigation Satellite System/inertial navigation system)
Preliminary specs:
• 0.2° Roll & Pitch
• 8°/h Gyro in-run bias stability
• RS232/RS422/RS485/USB/UART/CAN interfaces
• Rugged IP67 or IP68 housing
• Interface protocol: Xbus, ASCII (NMEA) or CAN
• Sync options: SyncIn, SyncOut, Clock sync
• Mounting orientation: No restriction, full 360° in all axes
• Velocity: 0.5m/s RMS
• SDK (Example code): C++, C#, python, Matlab, Nucleo,
& Public source code
• Drivers: LabVIEW, ROS1, ROS2, GO
SUNGWHA Tech
International Network System
6

INS embedded / external RTK GNSS(CDGPS)

* GNSS/INS with RTK(real-time kinematic receiver)



Preliminary specs:

- 0.2° Roll & Pitch
- 8°/h Gyro in-run bias stability
- cm-level position accuracy
- CAN/RS232/USB interfaces
- Rugged IP68 housing
- Interface protocol: Xbus, ASCII (NMEA) or CAN
- Sync options: SyncIn, SyncOut, Clock sync
- Mounting orientation: No restriction, full 360° in all axes
- Velocity: 0.5m/s RMS
- SDK (Example code): C++, C#, python, Matlab, Nucleo, & Public source code
- Drivers: LabVIEW, ROS1, ROS2, GO
- RTCM input port: RS232 (38k4-921k6 bit/s)

SUNGWHA Tech
International Network System

7

Outdoor/Indoor Navigation with RTK GNSS and Vision Sensor

Xsens Vision Navigator

Accuracies, real-time operation, speed from 0km/h to 80km/h:

- Position: 1 cm + 1 ppm (RTK fix)
- Position error in GNSS outages: 2% of travelled distance
  0.75% incl. wheel odometry input
- Orientation: <0.4° (Roll/Pitch and Yaw/heading)
- Velocity: 0.1 m/s
- Output rate up to 200 Hz

Features:

- SyncIn, SyncOut (GNSS 1 PPS)
- ASCII (NMEA) messages
- ROS driver

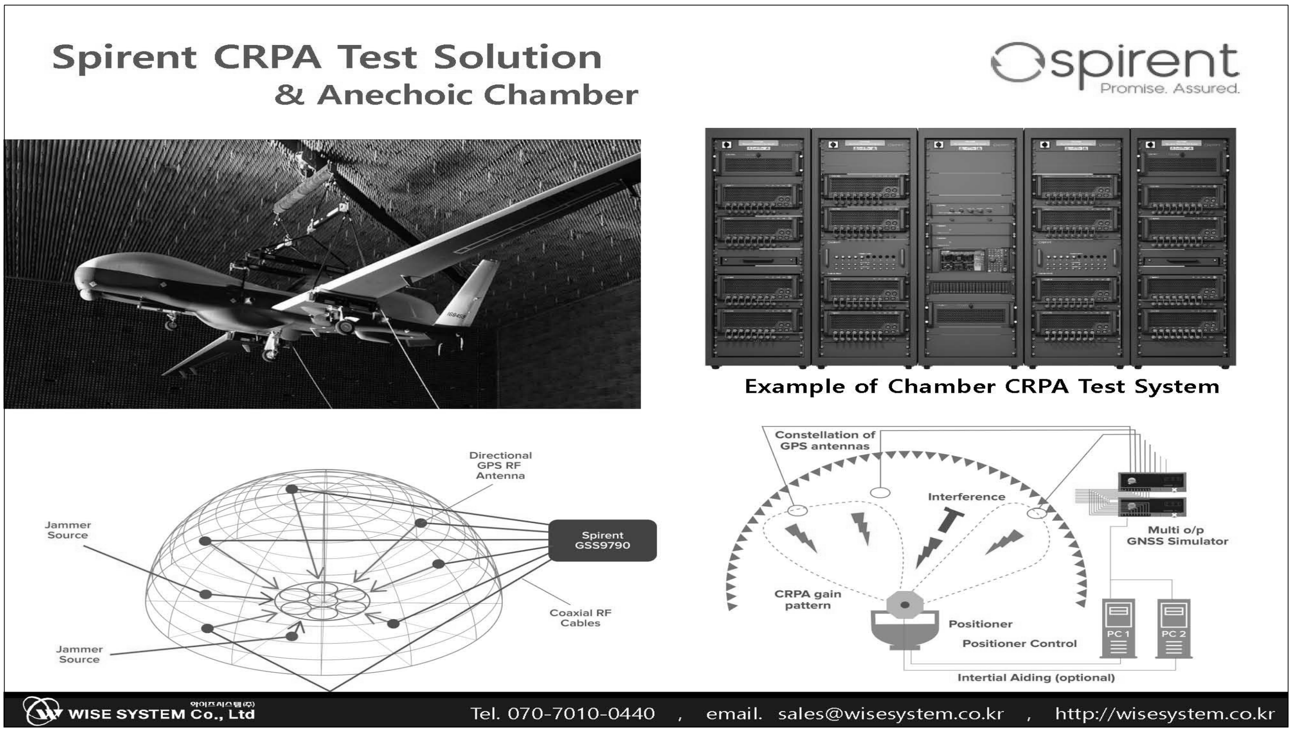
Position drift-over-distance: 2% of distance travelled, under 100% GNSS denial

SUNGWHA Tech
International Network System

8

[ES-3]

와이즈시스템㈜



Spirent CRPA Test Solution
& Anechoic Chamber
spirent
Promise. Assured.
Example of Chamber CRPA Test System
Directional
GPS RF
Antenna
Jammer
Source
Spirent
GSS9790
Coaxial RF
Cables
Jammer
Source
Constellation of
GPS antennas
Interference
Multi o/p
GNSS Simulator
CRPA gain
pattern
Positioner
Positioner Control
PC 1
PC 2
Intertial Aiding (optional)
WISE SYSTEM Co., Ltd
Tel. 070-7010-0440 , email. sales@wisesystem.co.kr , http://wisesystem.co.kr

Spirent New GNSS Simulator
spirent
Promise. Assured.
Introducing PNT Xe
Production line and end-of-line testing
The same Spirent trusted simulation technology
A lower price point, the same trusted results
Xe
WISE SYSTEM Co., Ltd
Tel. 070-7010-0440 , email. sales@wisesystem.co.kr , http://wisesystem.co.kr

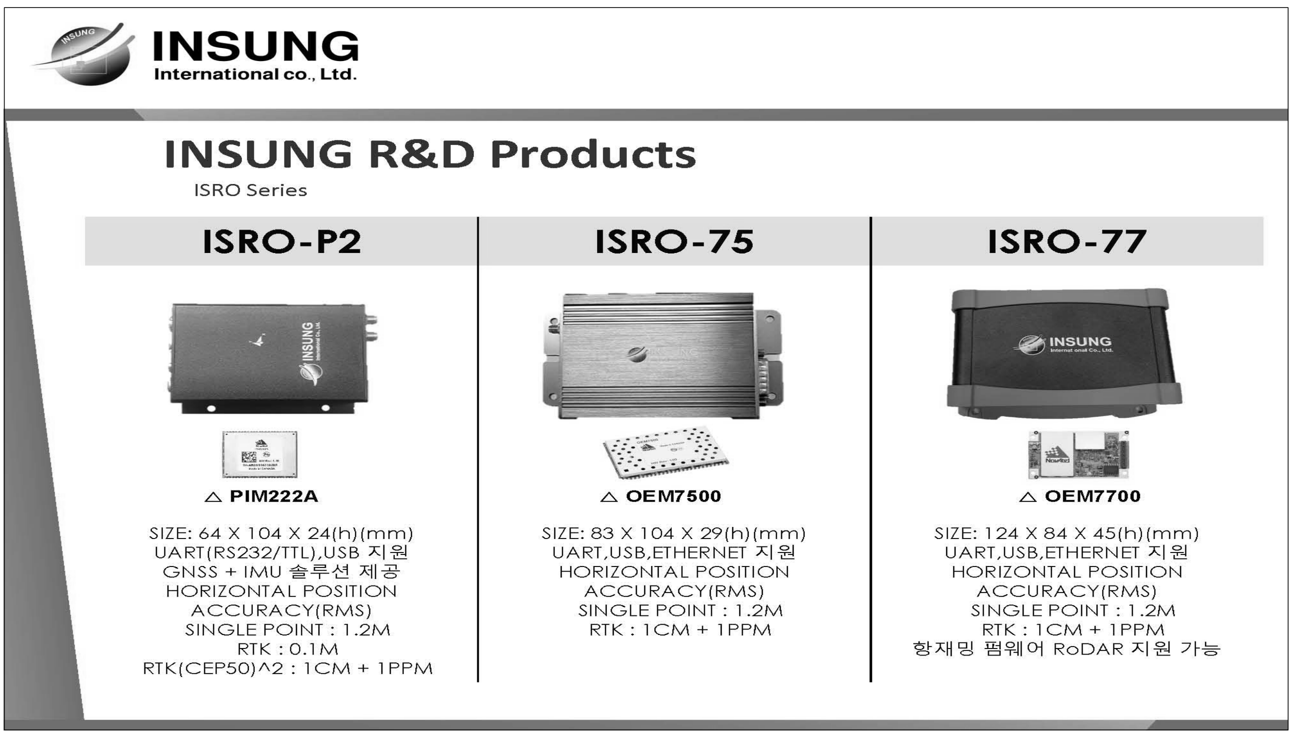

GNSS 안테나 솔루션
MATTERWAVES
Antenna Technology
ANTCOM
CALIAN
Confidence. Engineered.
Harxon
a BDStar company
- OEM 안테나
- 정밀 측량 및 Timing 안테나
- UAV 및 차량용 안테나
- Military grade 안테나
(CRPA, Ruggedized, Corrosion Resistant)
와이즈시스템㈜
WISE SYSTEM Co., Ltd
Tel. 070-7010-0440 , email. sales@wisesystem.co.kr , http://wisesystem.co.kr

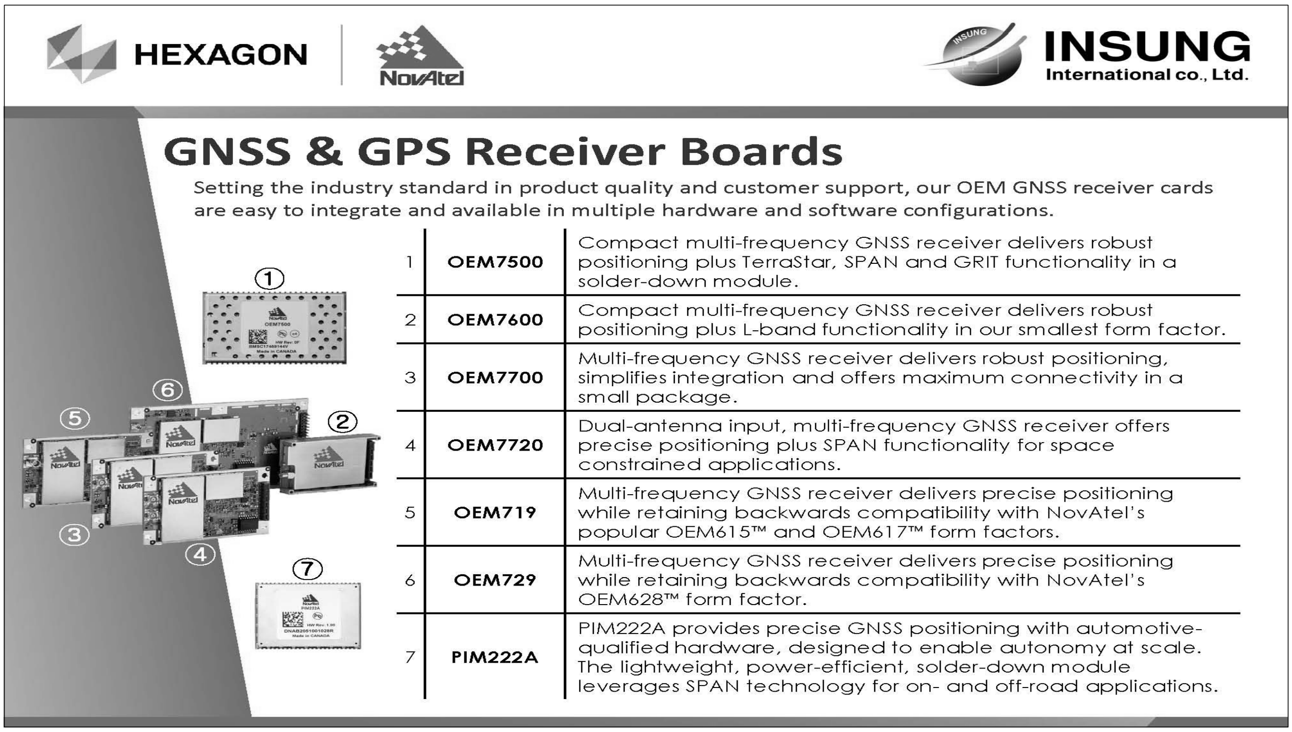

SBG SYSTEMS
Inertial Navigation
INERTIAL/GNSS 항법 시스템
SBG Systems는 MEMS 기반 모션 감지 솔루션의 세계적인 선도 제조업체로, 주력 제품은 IMU, AHRS, INS 입니다.
이 센서는 무인 차량 제어, 안테나 추적, 카메라 안정화 및 측량 애플리케이션과 같은 산업, 국방 및 연구 프로젝트
에 이상적입니다.
Quanta Series
Best-in-Class Inertial Navigation Systems
Quanta Micro
Quanta Plus
Ekinox Micro
High-Performance Compact INS
For Mission Critical Applications
EKINOX GRADE
APOGEE GRADE
HORIZON GRADE
Economic
Ideal for Shallow Water Applications
Highly Versatile
Ideal for Challenging Shallow to Deep Water Applications
FOG Technology
Large vessels with low Dynamics and Harsh Conditions
와이즈시스템㈜
WISE SYSTEM Co., Ltd
Tel. 070-7010-0440 , email. sales@wisesystem.co.kr , http://wisesystem.co.kr

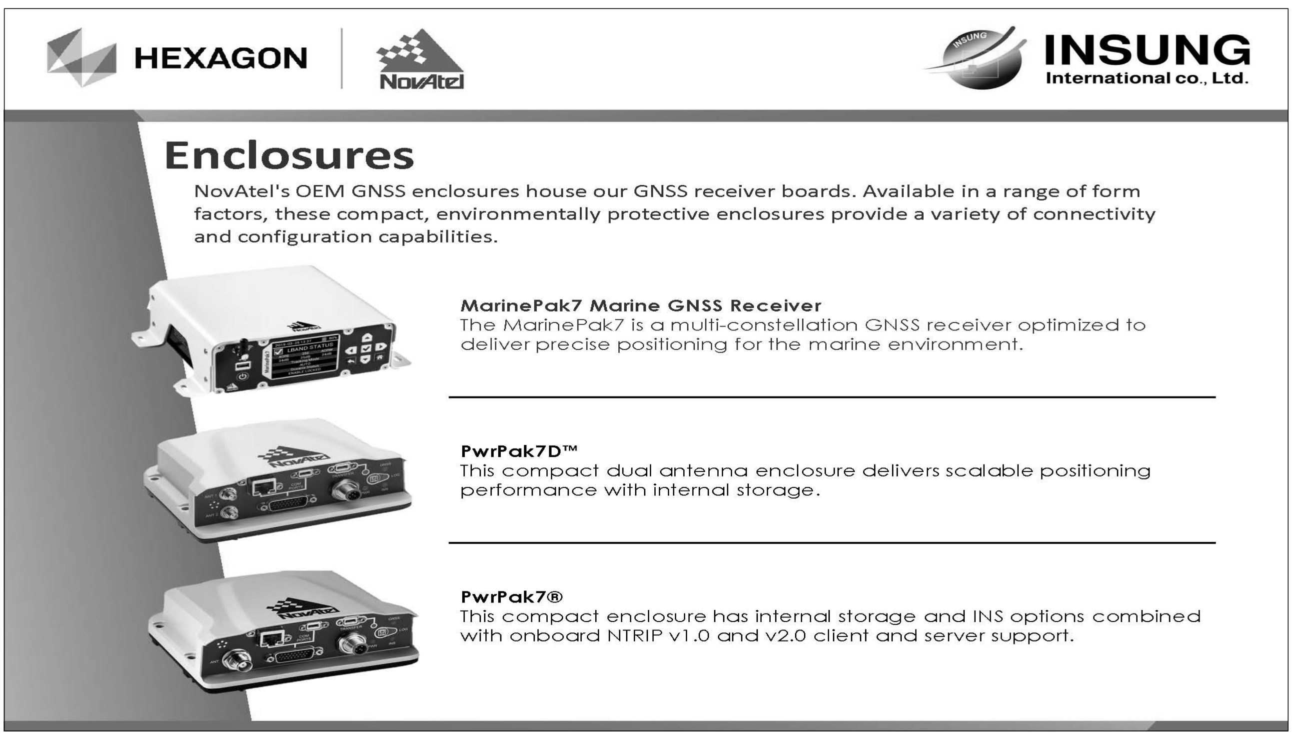
[ES-4]

인성인터내쇼날㈜


HEXAGON
NovAtel
INSUNG
International co., Ltd.
Authorized Hexagon | NovAtel Dealer
인성인터내쇼날㈜ www.insungsys.kr
경기도 용인시 기흥구 기흥로 58, B동 308 ~ 309호 (구갈동, 기흥ICT밸리) / (02) 579-5031 / insung@insungsys.kr


INSUNG
International co., Ltd.
INSUNG R&D Products
ISRO Series
ISRO-P2
ISRO-75
ISRO-77
△ PIM222A
SIZE: 64 X 104 X 24(h)(mm)
UART(RS232/TTL),USB 지원
GNSS + IMU 솔루션 제공
HORIZONTAL POSITION
ACCURACY(RMS)
SINGLE POINT : 1.2M
RTK : 0.1M
RTK(CEP50)^2 : 1CM + 1PPM
△ OEM7500
SIZE: 83 X 104 X 29(h)(mm)
UART,USB,ETHERNET 지원
HORIZONTAL POSITION
ACCURACY(RMS)
SINGLE POINT : 1.2M
RTK : 1CM + 1PPM
△ OEM7700
SIZE: 124 X 84 X 45(h)(mm)
UART,USB,ETHERNET 지원
HORIZONTAL POSITION
ACCURACY(RMS)
SINGLE POINT : 1.2M
RTK : 1CM + 1PPM
항재밍 펌웨어 RoDAR 지원 가능


HEXAGON
NovAtel
INSUNG
International co., Ltd.
GNSS & GPS Receiver Boards
Setting the industry standard in product quality and customer support, our OEM GNSS receiver cards are easy to integrate and available in multiple hardware and software configurations.
1 OEM7500 Compact multi-frequency GNSS receiver delivers robust positioning plus TerraStar, SPAN and GRIT functionality in a solder-down module.
2 OEM7600 Compact multi-frequency GNSS receiver delivers robust positioning plus L-band functionality in our smallest form factor.
3 OEM7700 Multi-frequency GNSS receiver delivers robust positioning, simplifies integration and offers maximum connectivity in a small package.
4 OEM7720 Dual-antenna input, multi-frequency GNSS receiver offers precise positioning plus SPAN functionality for space constrained applications.
5 OEM719 Multi-frequency GNSS receiver delivers precise positioning while retaining backwards compatibility with NovAtel's popular OEM615™ and OEM617™ form factors.
6 OEM729 Multi-frequency GNSS receiver delivers precise positioning while retaining backwards compatibility with NovAtel's OEM628™ form factor.
7 PIM222A PIM222A provides precise GNSS positioning with automotive-qualified hardware, designed to enable autonomy at scale. The lightweight, power-efficient, solder-down module leverages SPAN technology for on- and off-road applications.


HEXAGON
NovAtel
INSUNG
International co., Ltd.
Enclosures
NovAtel's OEM GNSS enclosures house our GNSS receiver boards. Available in a range of form factors, these compact, environmentally protective enclosures provide a variety of connectivity and configuration capabilities.
MarinePak7 Marine GNSS Receiver
The MarinePak7 is a multi-constellation GNSS receiver optimized to deliver precise positioning for the marine environment.
PwrPak7D™
This compact dual antenna enclosure delivers scalable positioning performance with internal storage.
PwrPak7®
This compact enclosure has internal storage and INS options combined with onboard NTRIP v1.0 and v2.0 client and server support.

HEXAGON | NovAtel

INSUNG International co., Ltd.

GNSS Inertial Navigation Systems

Combined Systems

SPAN® GNSS+INS Combined Systems

PwrPak7-E1
The PwrPak7-E1 is a compact OEM7™ enclosure that delivers NovAtel's leading SPAN® GNSS+INS technology.

PwrPak7D-E1™
A compact dual antenna enclosure that delivers NovAtel's leading SPAN® GNSS+INS technology.

PwrPak7-E2
The PwrPak7-E2 is an advanced OEM receiver that provides an all-constellation, multi-frequency positioning solution.

PwrPak7D-E2
The PwrPak7D-E2 is an advanced OEM7® dual antenna SPAN® GNSS+INS enclosure that provides improved performance and higher data rate.

Dual-antenna CPT7 enclosure with GNSS+INS technology
The CPT7 is an ultra-compact, light-weight, dual-antenna enclosure with SPAN technology that delivers 3D position, heading, velocity and attitude.

Single-antenna CPT7700 enclosure with GNSS+INS technology
The CPT7700 is an ultra-compact, light-weight, single-antenna enclosure with SPAN GNSS+INS technology delivering 3D positioning, velocity and attitude.

HEXAGON | NovAtel

INSUNG International co., Ltd.

GPS & GNSS Antennas

GNSS VEXXIS® Series Antennas
High Precision GPS & GNSS Antennas
Compact & Small GNSS Antennas

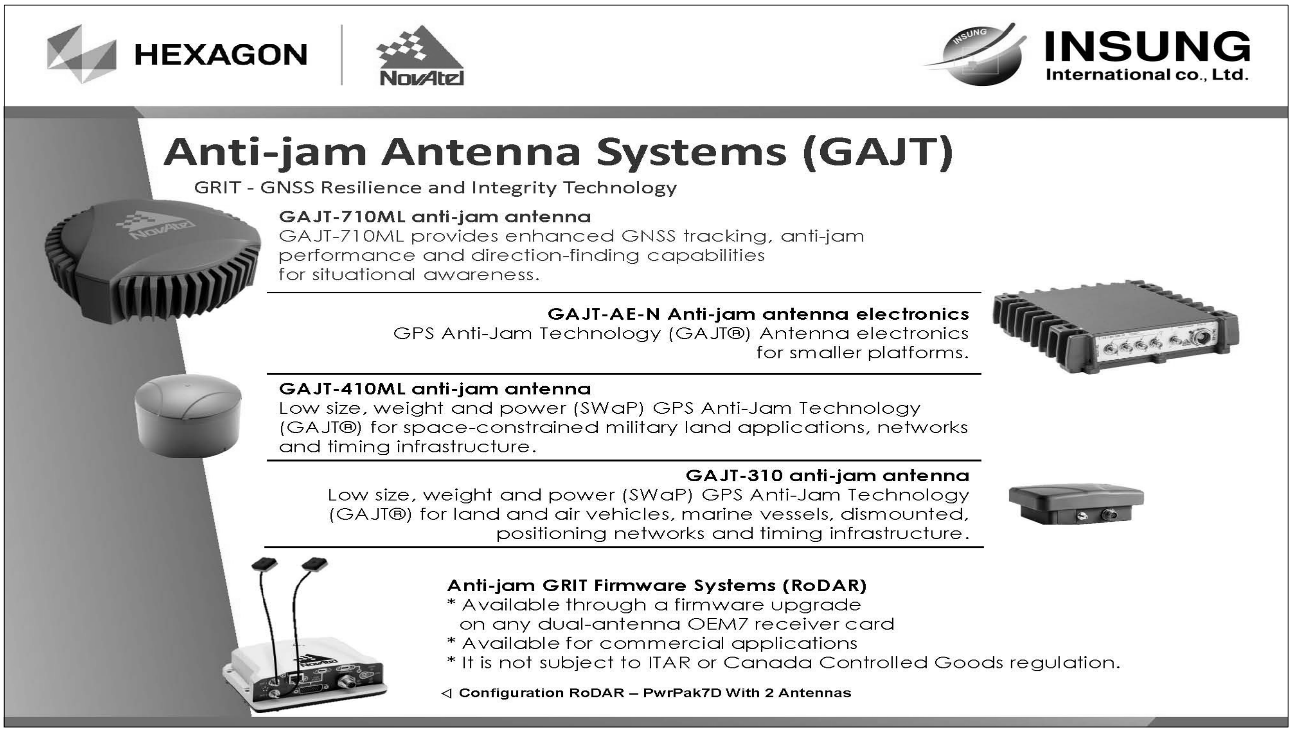
VEXXIS® GNSS-800 Series Antennas
The VEXXIS GNSS-800 series offers cutting edge technology with superior tracking performance.

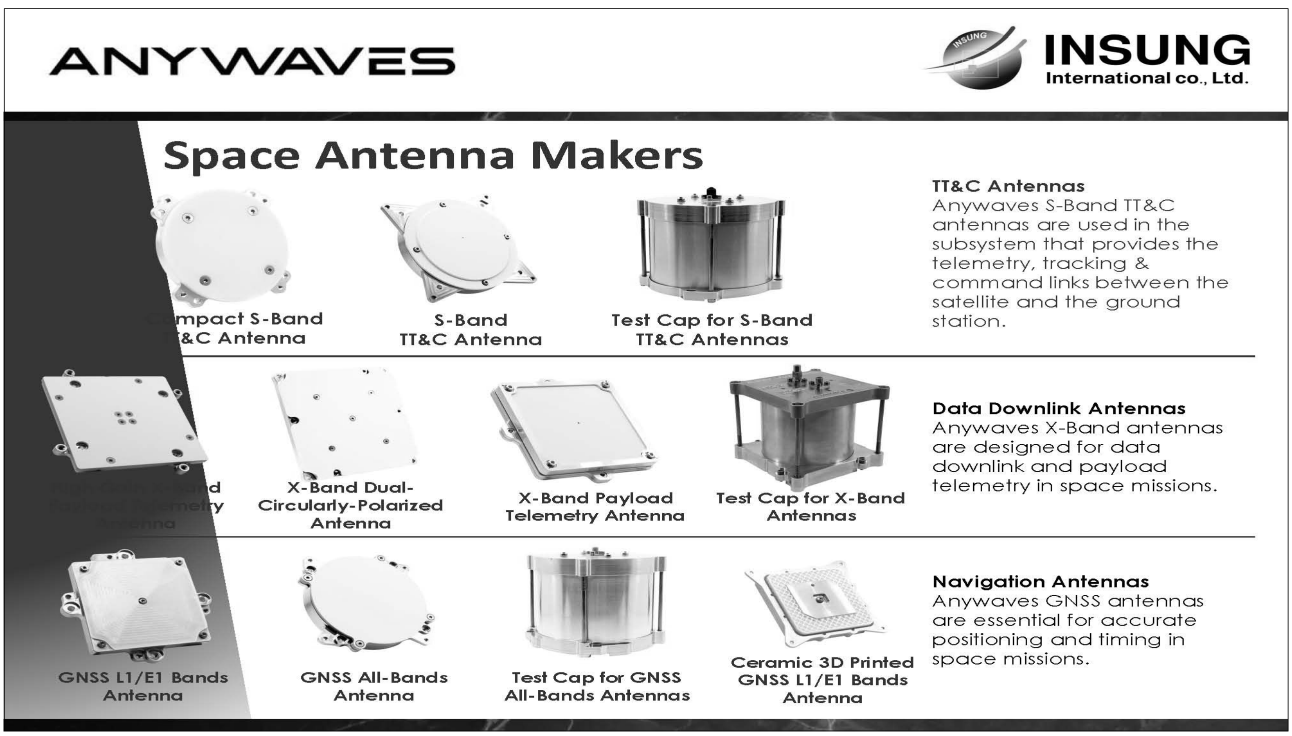
VEXXIS® GNSS-500 Series Antennas
The VEXXIS GNSS-500 series antennas include a dual and multi-frequency antenna that receives GPS, GLONASS, GALILEO and BeiDou signals with L-Band support.

3GNSSA-XT-1
Multi-constellation, multi-frequency active antenna.

42GNSSA-XT-1
Multi-constellation, multi-frequency active antenna in an ARINC 743 form factor.

High Precision GPS & GNSS Antennas
Performance of a choke ring antenna without the size and weight. Features high phase center stability and low phase center offset.


HEXAGON
NovAtel
INSUNG
International co., Ltd.
Anti-jam Antenna Systems (GAJT)
GRIT - GNSS Resilience and Integrity Technology
GAJT-710ML anti-jam antenna
GAJT-710ML provides enhanced GNSS tracking, anti-jam performance and direction-finding capabilities for situational awareness.
GAJT-AE-N Anti-jam antenna electronics
GPS Anti-Jam Technology (GAJT®) Antenna electronics for smaller platforms.
GAJT-410ML anti-jam antenna
Low size, weight and power (SWaP) GPS Anti-Jam Technology (GAJT®) for space-constrained military land applications, networks and timing infrastructure.
GAJT-310 anti-jam antenna
Low size, weight and power (SWaP) GPS Anti-Jam Technology (GAJT®) for land and air vehicles, marine vessels, dismounted, positioning networks and timing infrastructure.
Anti-jam GRIT Firmware Systems (RoDAR)
* Available through a firmware upgrade on any dual-antenna OEM7 receiver card
* Available for commercial applications
* It is not subject to ITAR or Canada Controlled Goods regulation.
◁ Configuration RoDAR – PwrPak7D With 2 Antennas


ANYWAVES
INSUNG
International co., Ltd.
Space Antenna Makers
S-Band TT&C Antenna
Test Cap for S-Band TT&C Antennas
TT&C Antennas
Anywaves S-Band TT&C antennas are used in the subsystem that provides the telemetry, tracking & command links between the satellite and the ground station.
X-Band Dual-Circularly-Polarized Antenna
X-Band Payload Telemetry Antenna
Test Cap for X-Band Antennas
Data Downlink Antennas
Anywaves X-Band antennas are designed for data downlink and payload telemetry in space missions.
GNSS L1/E1 Bands Antenna
GNSS All-Bands Antenna
Test Cap for GNSS All-Bands Antennas
Ceramic 3D Printed GNSS L1/E1 Bands Antenna
Navigation Antennas
Anywaves GNSS antennas are essential for accurate positioning and timing in space missions.

[ES-5]

지티에스솔루션즈㈜

MICROCHIP
Frequency and Time Systems

Microchip Corporate Headquarters
One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
www.Microchip.com

Microchip Focused Markets and Applications

Communications	Defense & Security	Aerospace	Industrial
37% of Revenue	*26% of Revenue*	*16% of Revenue*	*21% of Revenue*

ZTE, HUAWEI, CISCO, SAMSUNG, ERICSSON, L3 communications, Raytheon, NORTHROP GRUMMAN, Honeywell, Rolls-Royce, GE, BOEING, LOCKHEED MARTIN, AIRBUS, Medtronic

GTS solutions
지티에스솔루션즈㈜
우08517 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호(가산동, 가산테라타워)
전화: (02)6230-6100 / 팩스: (02)6230-6103/ Email: sales@gtssolutions.co.kr

MICROCHIP
Frequency and Time Systems

Microchip Corporate Headquarters
One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
www.Microchip.com

Microchip World Leader in "Time"

Leading supplier of timing infrastructure

- 93% of UTC world time "contributions"
- 80%+ worldwide market share in sync for commercial communications
- The preferred next generation timing provider to major NEMs
- Over 350+ IEEE 1588 networks deployed worldwide
- 10's of thousands of NTP Network Time Servers sold

Microchip *generates, distributes,* and *applies* precise time

GTS solutions
지티에스솔루션즈㈜
우08517 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호(가산동, 가산테라타워)
전화: (02)6230-6100 / 팩스: (02)6230-6103/ Email: sales@gtssolutions.co.kr

MICROCHIP
Frequency and Time Systems

Microchip Corporate Headquarters
One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
www.Microchip.com

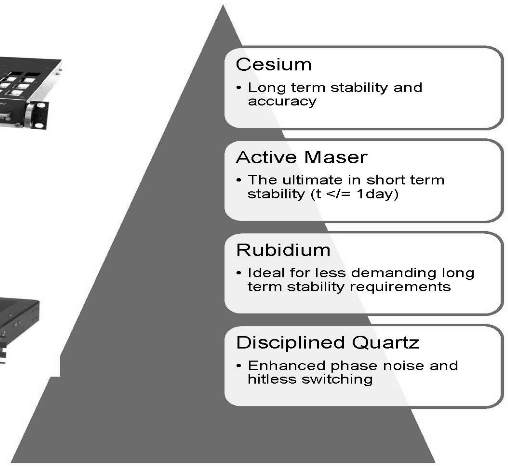
Microchip Primary References

5071B

4380A

MHM2020

8040C



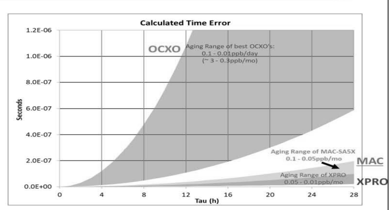
GTS solutions
지티에스솔루션즈㈜
우08517 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호(가산동, 가산테라타워)
전화: (02)6230-6100 / 팩스: (02)6230-6103/ Email: sales@gtssolutions.co.kr

MICROCHIP
Frequency and Time Systems

Microchip Corporate Headquarters
One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
www.Microchip.com

Microchip Quantum-World's Smallest Atomic Clocks

- **Miniature Atomic Clock (MAC) SA.5X**
  - **Versus the Competitors:**
    - <1/5 the Size
    - <1/3 the Power
    - 2-3x Performance Improvement
  - **Production ramp NOW**
- **Chip Scale Atomic Clock (CSAC) SA45/SA65**
  - Designed for Ultra low Power Precision
  - Less Than 200mW operation
  - Setting New Standards for:
    Size, Weight, and Power (SWaP)
  - CSAC Status:
    – Early production for undersea exploration
    – Engineering prototyping other apps



MODEL	CSAC SA45	CSAC SA65	LNCSAC
Temp Co	5.00E-10	2.00E-10	5.00E-10
Range (°C)	(-10 to +70)	(-40 to +80)	(-10 to +60)
PN (dBc/Hz)			
1 Hz	-50	-55	-85
10 Hz	-70	-80	-120
100 Hz	-113	-120	-140
1 kHz	-128	-140	-145
10 kHz	-135	-145	-150
100 kHz	-135	-145	-155
ADEV			
@1 sec.	3.00E-10	3.00E-10	2.00E-11
@10 sec.	1.00E-10	1.00E-10	5.00E-11
@100 sec.	3.00E-11	3.00E-11	2.00E-11
Power @ 25C (W)	0.12	0.12	0.295
Warm-up (W)	0.14	0.14	0.775
Size (mm)	41 x 35 x 11	41 x 35 x 11	51 x 51 x 18
Warm-up Time (seconds)	180	120	180

GTS solutions
지티에스솔루션즈㈜
우08517 서울시 금천구 디지털로10길 78, 610호(가산동, 가산테라타워)
전화: (02)6230-6100 / 팩스: (02)6230-6103/ Email: sales@gtssolutions.co.kr

[ES-6]

한민인터내셔널㈜

더 강한 대한민국을 위해
한민인터내셔널㈜은 도전을 멈추지 않습니다.

Hanmin international

한민인터내셔널㈜은 방위 산업 분야에 특화하여
해외 우수기업을 발굴하여 소개하고, 기술 솔루션을 제공함으로써
고객을 위한 가치 창조를 목표로 하는 기업입니다.

상용제품부터 주문제작까지

기성품으로 빠르고 효율적인 솔루션을 제공하는 것은 물론,
고객의 사용환경에 따라 맞춤형 제품 제작도 가능합니다.

설계부터 프로토타입, 테스트까지

제품 설계부터 프로토타입, 테스트까지 한번에 가능한
원스탑 솔루션을 제공합니다.

검증된 기술력으로

수많은 성공사례를 바탕으로, 신뢰성이 입증된 제품만을
제공합니다.

빠르게, 좀 더 빠르게

소규모로 구성된 전문가 팀이 고객의 요청사항을 즉각적으로
대응하기에 타사 대비 보다 빠른 납기를 자랑합니다.

Trading Something Better!

Hanmin international

끊임 없는 도전과 변화 속에서도
우리는 고객과 함께 성장하며,
지속 가능한 미래를 만들어 갈 것입니다.

한민인터내셔널(주)
Tel : 031-8084-3000
Fax : 031-8084-3003
Homepage: https://hanmin-intl.com
E-mail : contact@hanmin-intl.com

한민인터내셔널 - 제품 소개 : 아이솔레이터 (쇼크마운트, 방진구)

제조사 : Shock Tech Inc. (미국)

1989년 설립된 Shock Tech**은** 30**년 이상 동안 고품질의 충격, 진동 완화 솔루션을 제공해왔습니다.**
Shock Tech**의 엔지니어링 전문가로 구성된 팀이 고객의 시스템을 개선 또는 최적화하거나**
완전히 새로운 디자인을 개발하는 작업에 함께 참여할 수 있습니다.

➢ **Expertise**

- MIL-STD-167
- MIL-DTL-901E : 해군 적용을 위한 A등급 바지(barge) 테스트 포함
- MIL-STD-810 : 군사 우주항공산업 및 육상 차량
- RTCA DO 160 : 상업 항공우주산업

➢ **Application**

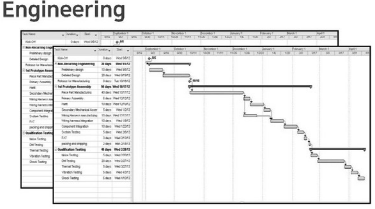
- 상업용 항공기
- 군용 항공기
- 해군 함정 및 잠수함
- 미사일 및 발사체
- 유도시스템
- 군용 지상 차량
- 항공우주
- IMU 센서

한민인터내셔널 - 제품 소개 : 아이솔레이터 (쇼크마운트, 방진구)

➢ **Design/Development**

- 3D CAD
- Rapid Prototyping

➢ **Engineering**



➢ **Analysis**

- Single Degree of Freedom Analysis
- Six-Degrees of Freedom Vibration and Shock Analysis

ISOVIB-SDF
SHOCK TECH
SAFER WORLD GROUP

STIS
6DOF

➢ **Engineering Test Plans/Reports**

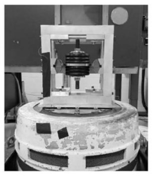
- Acceptance Test Procedures
- Qualification Test Procedures
- Acceptance Test Reports
- Qualification Test Reports
- Shock & Vibration Analysis Reports

한민인터내셔널 - 제품 소개 : 아이솔레이터 (쇼크마운트, 방진구)

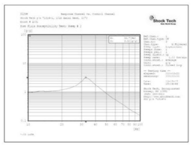
➢ **Testing Capabilities**

1. In-house Testing

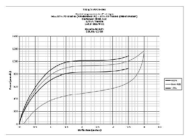
동적 시험 (Dynamic)
- Sine
- Random
- Shock



정적 시험 (Static)
- 최대 하중: 11,340kg
- 드리프트 하중: 최대 680kg

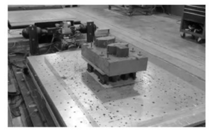


환경 시험
- 동적/정적 입력 조건에서의 극한 온도 시험이 가능한 환경 제어 챔버 보유



2. Outside Testing

충격 시험
- Lightweight Hammer
- Medium weight Hammer
- DSSM
- Heavyweight Barge
- Pyroshock



진동 시험
- MIL-STD-167
- MIL-STD-810

환경 시험
- Temperature/Humidity
- Sand and Dust
- Electromagnetic Field
- Drip Testing
- Fluid Susceptibility
- Flammability
- RTCA DO-160

한민인터내셔널 - 제품 소개 : 아이솔레이터 (쇼크마운트, 방진구)

➢ **Product Lineup**

Shock Tech 의 스탠다드 마운트 제품군은 항공우주, 해군 등 다양한 분야에 적용됩니다.
Shock Tech 의 마운트 제품은 탄성 중합물(elastomer)을 포함한 다양한 재질로 만들어지며,
고객 요구조건에 맞추어 제작이 가능합니다.

Failsafe Mounts

Low Profile & Avionics Mounts

All-Metal Mounts

High Deflection Mounts

Bushing Type Mounts

Fluidic Mounts

한민인터내셔널 - 제품 소개 : 퀵 커플러 & 밸브

제조사 : Battlefield International Inc. **(캐나다)**

1997년 **설립된** Battlefield**는** UAV**와 지상방산차량용 퀵 커플러의 기술을 선도하는 기업입니다.**
현재 Battlefield**의** EnduroLink™ 는 세계 표준 퀵 커플러이며, 소형에서 중형까지 모든 UAV 플랫폼에 적용되어 공급되고 있습니다.
100시간 이상의 성공적인 비행을 통해 Battlefield의 퀵 커플러는 극한 환경에서도 탁월한 성능과 신뢰성을 증명했습니다.

➢ 배틀필드의 약속

Battlefield는 군수용 부품에 대하여 **단종 없는 지속적인 공급**을 약속 드립니다.
이는 고객과의 신뢰를 최우선으로 하는 Battlefield만의 확고한 원칙입니다.

➢ 특장점

- **AS9100D** 인증 업체
- 극한 온도 범위
- 고객 맞춤형 통합 설계 (재질, 사이즈, 피팅 모두 맞춤 제작 가능)
- 최단 기간내 프로토타입 제작 서비스

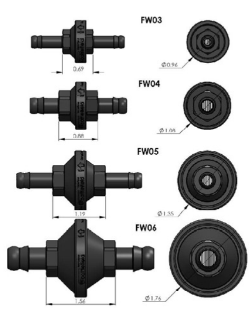
한민인터내셔널 - 제품 소개 : 퀵 커플러 & 밸브

➢ **Product Lineup**

Battlefield는 다양한 퀵 커플러, 밸브, 필터 등을 직접 설계 및 제조합니다.
고객의 요청 사항에 따라 재질, 사이즈, 엔드 커넥트 옵션 등 맞춤 디자인이 가능하며,
수 많은 성공사례들로 기술력을 입증하였습니다.

Quick Disconnect
EL/DL Series

Pilot Relief Valve



FW Filter Series

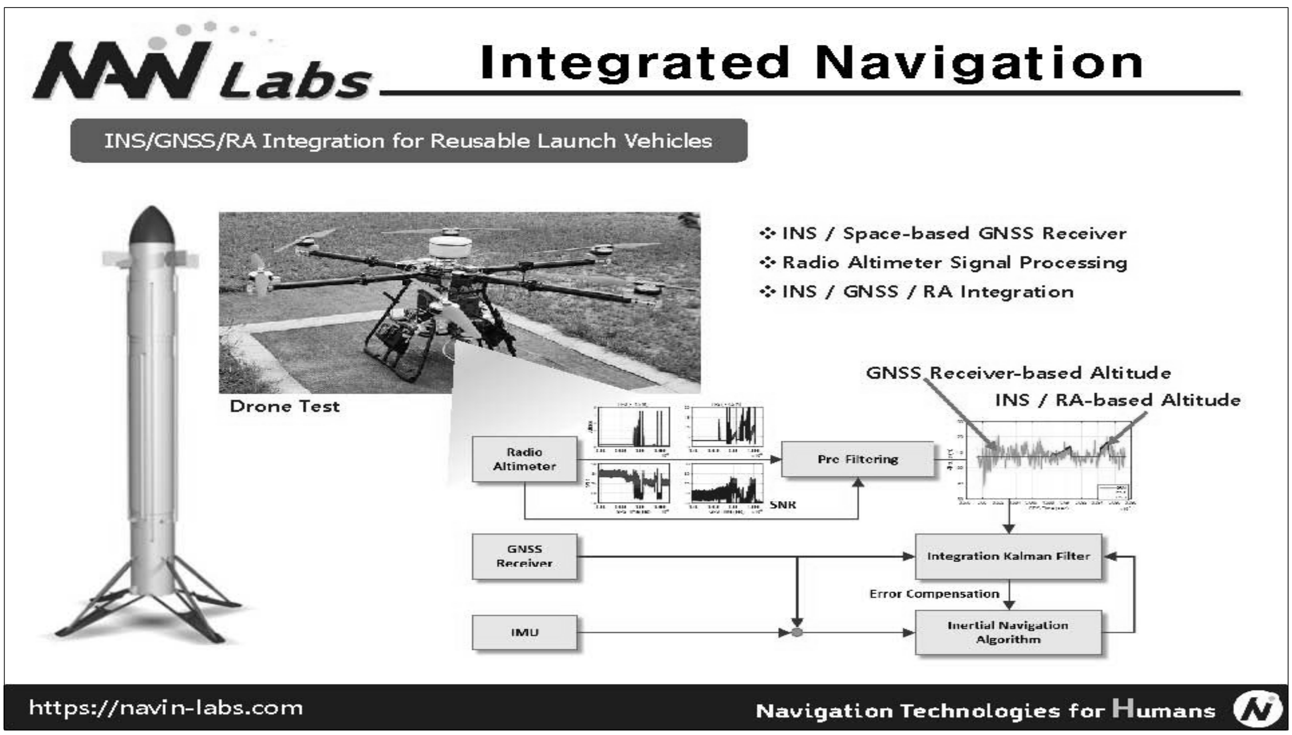
[ES-7]

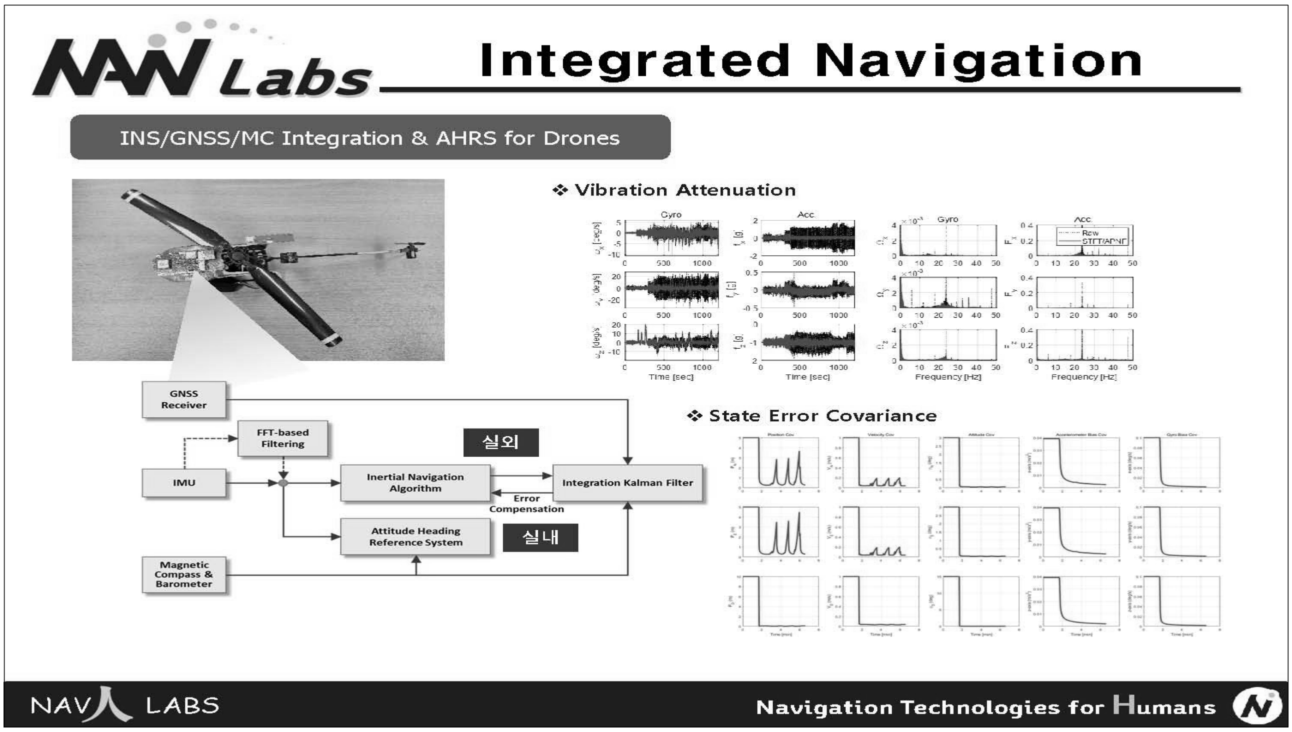
㈜나브인랩스

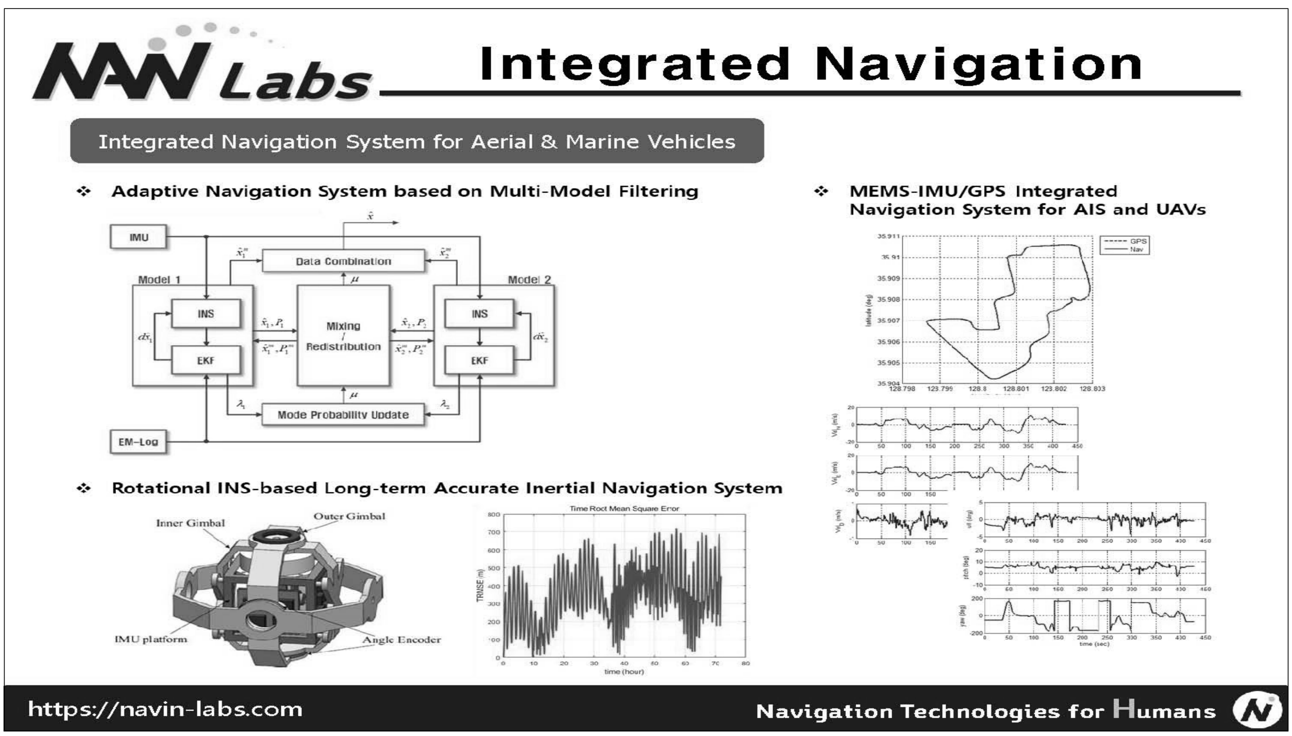
NAVIN Labs (주)나브인랩스

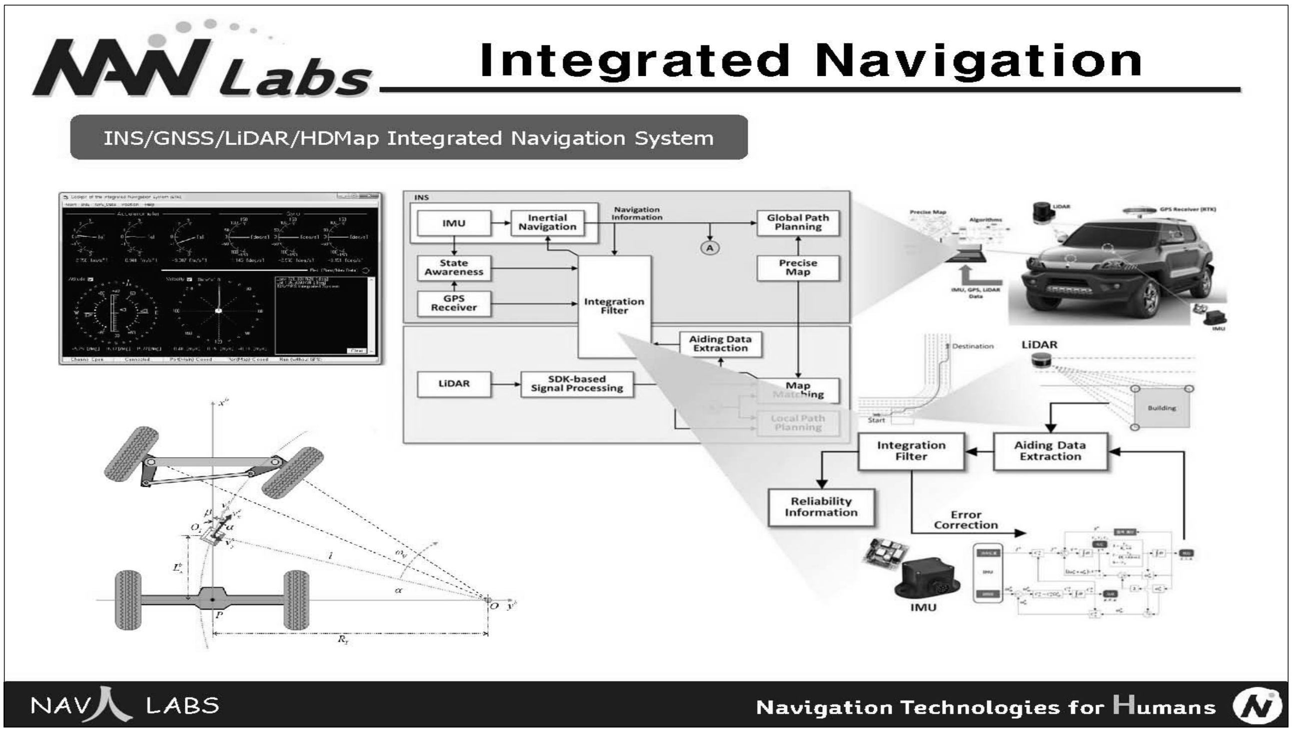
Navigation Technologies for Humans

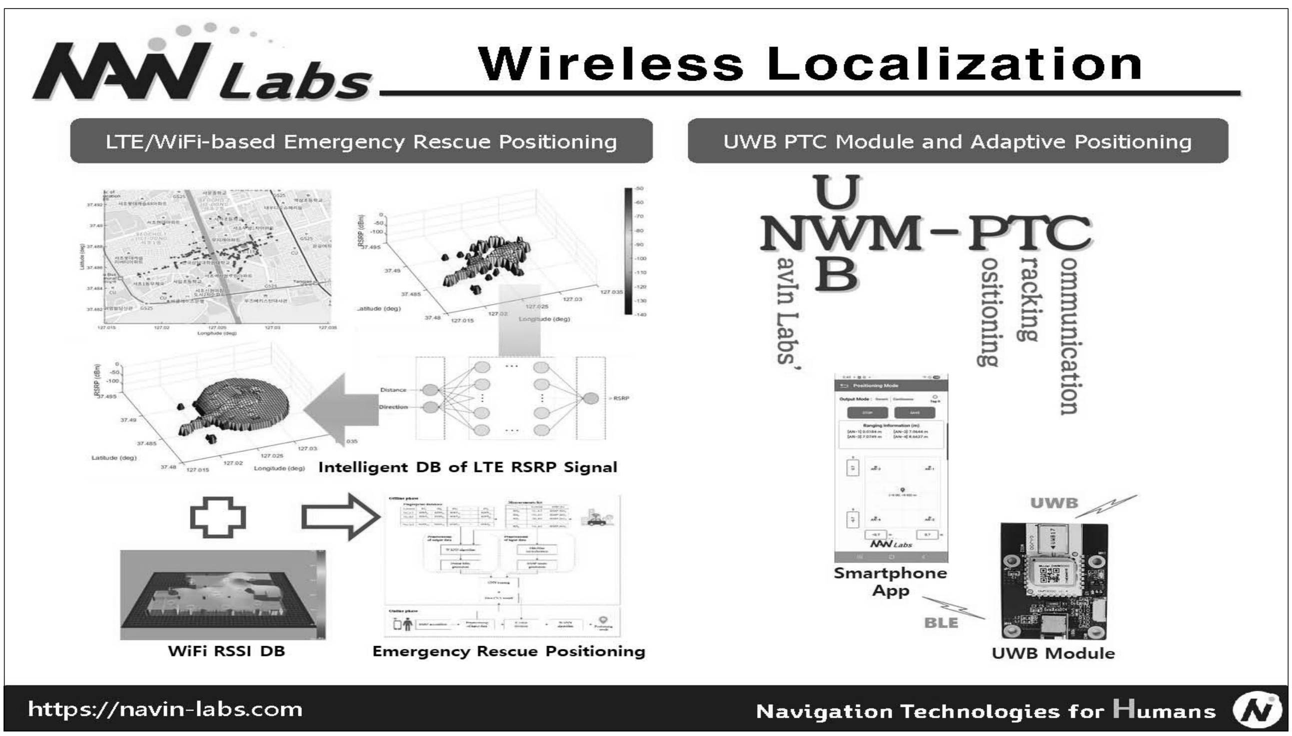
- ❖ 회 사 명 ㈜나브인랩스 (NavIn Labs Co., Ltd.) / https://navin-labs.com
- ❖ 대표이사 조성윤 (sycho@navin-labs.com)
- ❖ 설립일자 2023년 6월 12일
- ❖ 사업분야 보행자 항법시스템, 무선측위시스템 (LTE/5G, WiFi 및 UWB)
  발사체/무인항공기/차량/선박용 복학항법시스템 및 알고리즘
  위치기반서비스, 위치기반 정보 수집시스템
- ❖ 회사소개 ㈜나브인랩스는 사람을 위한 항법기술을 연구하는 기업으로 발사체/무인항공기 등을 위한 복합항법 기술을 개발/검증하였으며, 인프라가 없는 실내 환경에서 보행자의 안전을 위한 위치정보를 추정하는 기술 및 움직이는 모든 것의 항법정보와 위치기반서비스를 제공합니다.

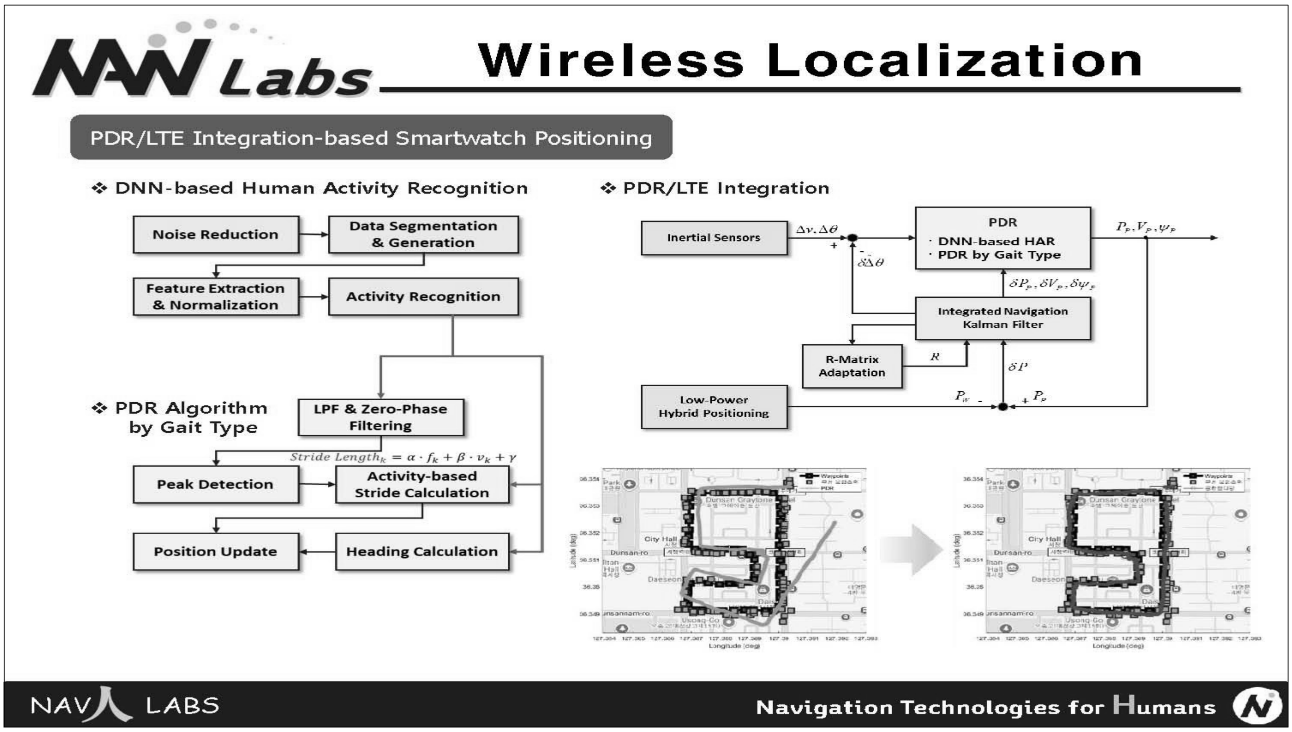


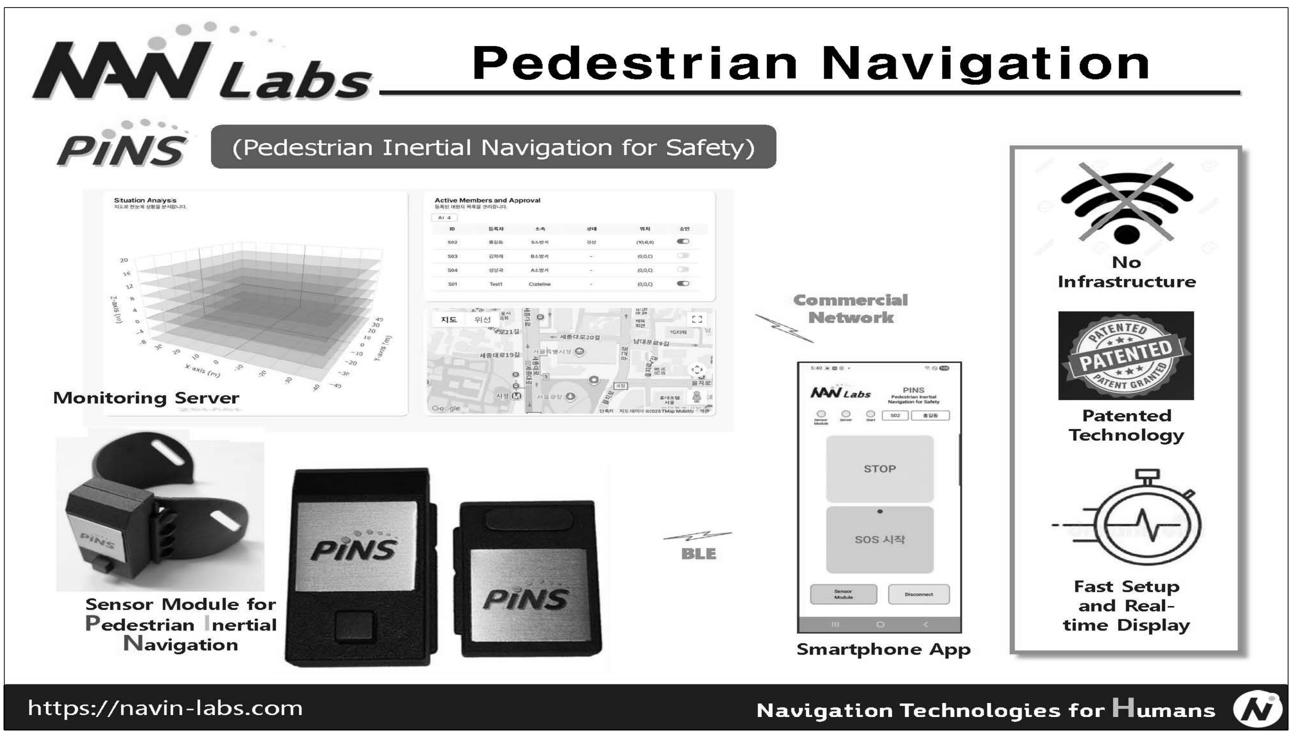

NAV Labs
Integrated Navigation
INS/GNSS/MC Integration & AHRS for Drones
❖ Vibration Attenuation
❖ State Error Covariance
GNSS Receiver
FFT-based Filtering
IMU
Inertial Navigation Algorithm
Integration Kalman Filter
Error Compensation
Attitude Heading Reference System
Magnetic Compass & Barometer
실외
실내
NAV LABS
Navigation Technologies for Humans


NAV Labs
Integrated Navigation
Integrated Navigation System for Aerial & Marine Vehicles
❖ Adaptive Navigation System based on Multi-Model Filtering
IMU
Data Combination
Model 1
Model 2
INS
EKF
Mixing / Redistribution
Mode Probability Update
EM-Log
❖ Rotational INS-based Long-term Accurate Inertial Navigation System
Inner Gimbal
Outer Gimbal
IMU platform
Angle Encoder
Time Root Mean Square Error
❖ MEMS-IMU/GPS Integrated Navigation System for AIS and UAVs
https://navin-labs.com
Navigation Technologies for Humans


NAVIN Labs
Integrated Navigation
INS/GNSS/LiDAR/HDMap Integrated Navigation System
INS
IMU
Inertial Navigation
Navigation Information
Global Path Planning
State Awareness
GPS Receiver
Integration Filter
Precise Map
Aiding Data Extraction
LiDAR
SDK-based Signal Processing
Map Matching
Local Path Planning
Precise Map
Algorithms
LiDAR
GPS Receiver (RTK)
IMU, GPS, LiDAR Data
IMU
Destination
Start
Building
Integration Filter
Aiding Data Extraction
Reliability Information
Error Correction
IMU
NAV人 LABS
Navigation Technologies for Humans


NAVIN Labs
Wireless Localization
LTE/WiFi-based Emergency Rescue Positioning
UWB PTC Module and Adaptive Positioning
Latitude (deg)
Longitude (deg)
RSRP (dBm)
Distance
Direction
RSRP
Intelligent DB of LTE RSRP Signal
WiFi RSSI DB
Emergency Rescue Positioning
NWM-PTC
UB
NavIn Labs'
ositioning
racking
ommunication
Positioning Mode
Smartphone App
UWB
BLE
UWB Module
https://navin-labs.com
Navigation Technologies for Humans


NAV Labs
Wireless Localization
PDR/LTE Integration-based Smartwatch Positioning
❖ DNN-based Human Activity Recognition
Noise Reduction
Data Segmentation & Generation
Feature Extraction & Normalization
Activity Recognition
❖ PDR Algorithm by Gait Type
LPF & Zero-Phase Filtering
$Stride\ Length_k = \alpha \cdot f_k + \beta \cdot v_k + \gamma$
Peak Detection
Activity-based Stride Calculation
Position Update
Heading Calculation
❖ PDR/LTE Integration
Inertial Sensors
$\Delta v, \Delta\theta$
$\delta\Delta\theta$
PDR
· DNN-based HAR
· PDR by Gait Type
P_p, V_p, ψ_p
$\delta P_p, \delta V_p, \delta\psi_p$
Integrated Navigation Kalman Filter
R-Matrix Adaptation
R
δP
Low-Power Hybrid Positioning
P_w
P_p
NAV LABS
Navigation Technologies for Humans


NAV Labs
Pedestrian Navigation
PiNS
(Pedestrian Inertial Navigation for Safety)
Monitoring Server
Commercial Network
No Infrastructure
Patented Technology
Fast Setup and Real-time Display
Sensor Module for Pedestrian Inertial Navigation
BLE
STOP
SOS 시작
Smartphone App
https://navin-labs.com
Navigation Technologies for Humans

[ES-8]

㈜마이크로인피니티

㈜마이크로인피니티 회사 소개

㈜마이크로인피니티는 다양한 무기체계에서 검증된 **세계적 수준의 PNT 기술 기반의 항법/데이터링크 전문기업**으로
K-방산의 수출 확대, 무인 무기체계의 진화, 新우주시대의 도래, 모빌리티의 혁신적인 변화에 대응하여
신뢰성과 가용성을 보장하는 **Resilient PNT-C 솔루션 및 제품**을 공급하는 **기술중심의 강소기업** 입니다!

MICROINFINITY

주요 역량

세계 수준의 PNT기술 보유(MEMS/INS/GNSS/AJ-GNSS)
MEMS FAB, 3축 모션시뮬레이터 등 시험평가 및 개발장비 구축
서울대, 충남대 등 4곳의 산학연계 체제
해궁용 관성항법장치 등 다수의 군수개발사업 수행

특허 및 수상경력

Patent	등 록: 40건 (해외 16건 포함) 출 원: 8건 (해외 1건 포함)
Awards	2013 지능형로봇대상 산업부장관상 외 다수

주요협력사

국방과학연구소, LIG넥스원, 대한항공, Hanwha, ICMTC, KRIT, DTaQ, S&T Motiv, DOOSAN, KAI

 1

Resilient PNT-C 솔루션을 위한 핵심기술

MEMS 관성센서 기술	• 자이로, 가속도계, IMU • **센서**에서 **시스템**까지
다중모드 위성항법 수신기 기술	• GPS L1/L2/L5, Galileo E1/E5, GLONASS G1/G2, BDS B1/B2 • **칩셋**에서 **시스템**까지
항재밍/항기만 기술	• 적응형 필터링, STAP/SFAP 기반의 배열안테나 • 추적루프 제어, 센서융합
통합항법 기술	• GNSS/INS, AJ-GNSS/INS, GNSS/INS/VMS/Lidar/Radar
고속/광대역/보안 통신 기술	• 대역확산통신: 주파수도약, Direct Sequence, Hybrid • 고속 및 광대역 모뎀

 2

회사 연혁

2000

2001 설립
2002 기업부설연구소 설립
2003 위치자세측정 개발
2005 Inno-Biz 선정
2005 DR/GPS 양산

2006 ISO9001/14001인증
2007 IATF 16949 인증
2008 지능형로봇기술 대상
2009 경기도 유망중소기업 선정

2010

2011 사단급무인기, 해궁,
자항식기만기 사업 참여
2012 청소로봇 항법센서
누적 판매 100만개 돌파
2013 회사 이전
2014 IMU 발사시험 성공
2015 천검 사업 참여

2019 해궁용 IMU 양산
2020 자본 증자

2020

2021 KS Q 9100 인증
2021 민군겸용기술개발 수주
(100μg 가속도계)
2021 전원사업단, GNSS/DL센터

2021 대전사업장 설립

 3

주요 제품 개발 실적(1/2)

 4

주요 제품 개발 실적(2/2)

사업 설비 – MEMS 공정설비

Silicon wafer로부터 Chip, Chip에서 MEMS IMU 및 항법시스템 제작으로 진행되는 모든 설비를 갖추고 있습니다

MEMS 공정 장비

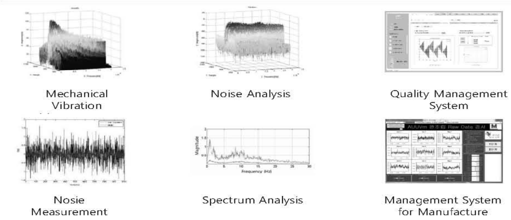
6 inch FAB full line	
SOI, SOG wafer	Bonder, Furnace
Photograph etching	Stepper, Track, Aligner
Si etching	P5000, DRIE
Die Packaging	Dispenser, Flip Chip Bonder, Wire Bonder
WLP	Wafer Aligner, Wafer Bonder
Ceramic packaging	Vacuum Seam Welder
Electrode formation	Evaporator

사업 설비 – 검증/교정 장비

성능 검증 및 교정에 필요한 자체 장비 보유로 효율적 개발・생산이 가능합니다.

하드웨어

소프트웨어



알고리즘

Identify error factors

- Bias, scale factor errors
- Errors with temperature
- Misalignment errors

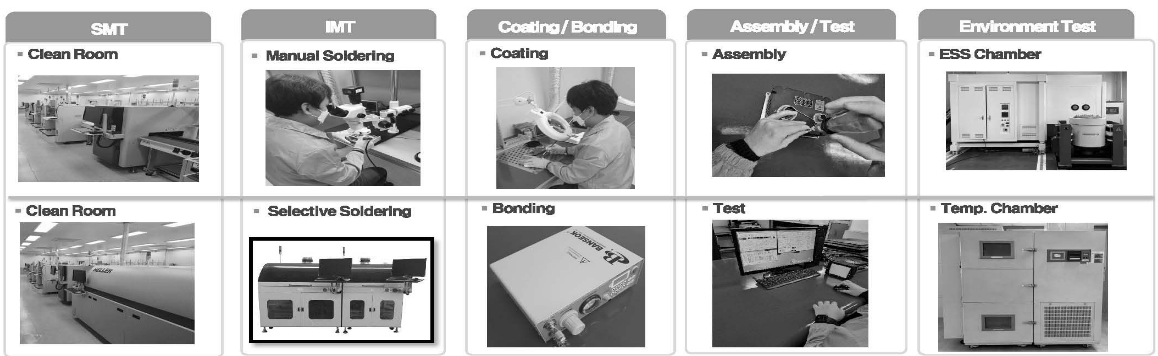
Identify environmental factors

- ESS
- G-Sensitivity, Acoustic noise
- Environments (Temperature, Vibration, Etc)

 7

사업설비 - PBA 제조설비

우주•항공 및 각종 무기체계의 운영환경에 적합한 PBA 조립/검사 설비 및 인력을 보유하고 있습니다.



 8

[ES-9]

㈜마치 일렉트로닉스 아이엔씨

항공 · 우주 · 방위산업 분야에서 50년 역사를 이어가고 있는

전자부품 직접생산 제조업체

직접생산 제품 목록

- MIL SPEC : M55302
  M28748
- MAKER : WINCHESTER / CCC

- MIL SPEC : M83513
- MAKER : ULTIMATE

강 점

- QPL 인증 및 100% 추적성 제조사 COC 제공
- 재고품 당일 출고
- 주요 생산 제품의 광범위한 재고 확보
- STOCK TO BUILD (반제품 재고) 기반의 MIL 커넥터 3일 이내 출고
- 양산발주 분할납품 서비스
- 시제품 및 사전 양산 수량 전면 대응지원

항공 · 우주 · 방위산업 분야에서 50년 역사를 이어가고 있는

전자부품 직접생산 제조업체

QPL 인증 및 개선 제품

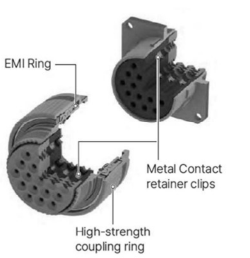
Breech-Lok™ 솔루션

D38999 Series IV

강 점

- 90° 도 회전만으로 빠른 장착/탈착
- 시·청각적으로 완전체결 확인
- 높은 진동 및 충격 저항
- 360° EMI/EMP 차폐
- 사용온도 -65°C 에서 200°C
- 500 시간 염수분무 저항

➔ Harsh-environment design features (IP68 / 6ft - 48시간 수밀)



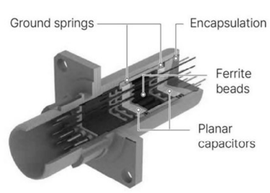
Wing-Lok™ Plugs 솔루션

IAW MIL-DTL-38999 Series IV

➔ 두꺼운 군용, 위성용 장갑을 낀 상태에서도 손쉬운 장착/탈착

Filtered 커넥터 솔루션

➔ C, L, T and Pi-type filters 적용가능



Dust Cover

- ➔ EMI 차폐가 필요한 경우
- ➔ IP68 등급의 방수등급이 필요한 경우
- ➔ 체인/아이렛 타입의 경쟁력 있는 제품이 필요할 경우

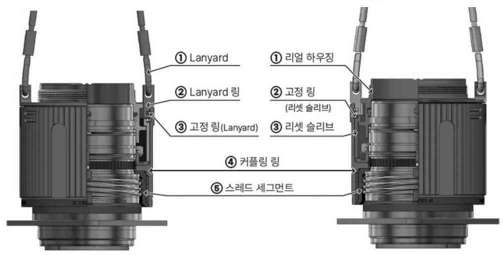
항공 · 우주 · 방위산업 분야에서 50년 역사를 이어가고 있는

전자부품 직접생산 제조업체

차세대 듀얼 랜야드 커넥터 (Dual Release Lanyard Connector)

특장점

- 주 분리 방식 : System Lanyard (랜야드 분리구조)
- 보조 분리 방식 : Backshell Lanyard (리얼 하우징 분리구조)
- MIL-DTL-38999 Series III 인서트 배열 적용
- 보조 분리 방식으로 분리 시 EMI 차폐, 환경성능 및 Shell-Shell 전도도 유지
- 주 분리 및 보조 방식으로 분리 후 재설정 가능
- 최대 15° 경사각에서 분리 가능
- 동작온도: -65°C ~ 200°C



분리방식 작동 순서 : ①,②,③ ⇒ ④ ⇒ ⑤

Micro 커넥터 솔루션

Micro D

- MIL-DTL-83513 QPL 승인 제품
- 메탈 및 플라스틱 Shell 적용가능
- 표준 또는 낮은 Profile 적용가능
- 3 [A] Current Capacity
- 9,15,21,25,31,37,51-3 and 100 positions

Micro D Combo

Micro Assemblies

Micro Circular

Nano 커넥터 솔루션

Nano D

- MIL-DTL-32139 QPL 승인 제품
- 메탈 Shell 및 메탈/플라스틱 Housing 적용가능
- 일체형 PCB Contact with Flat Tail Termination
- Field Solderable
- 사용온도 -55°C 에서 +200°C
- 9, 15, 21, 25, 31, 37, 51, 65, and 85 Positions

Nano Assemblies

Nano Circular

항공 · 우주 · 방위산업 분야에서 50년 역사를 이어가고 있는

고품질 전자부품 공급업체

그 외 공급제품 라인업

- ✓ 직접생산 공장과의 정식계약을 통한 재고 사용우선 권한 배분
- ✓ 다양한 메이커사의 연결기류 일체 공급
- ✓ 100% 제조사 COC 제공
- ✓ 고객사 일정에 따른 분할납품 서비스 제공

콘티넨털 커넥터 (윈체스터 회사)

콘티넨털 커넥터(Continental Connector Corp)는 상용 및 군용 시스템에 사용되고 있습니다. 회사의 응용 분야는 전자 통신, 레이더, 미사일, 우주 장비, 상업용 통신, 컴퓨터 응용 프로그램, 의료 및 항공기 장비를 포함합니다.

프레시-딥 (PRECI-DIP)

프레시-딥(PRECI-DIP)은 최고의 전문 지식을 인터커넥트 부품에 담아냅니다. 고급 디자인, 최고의 소재, 비교할 수 없는 스위스 정밀도를 자랑하는 당사의 부품은 열정과 노하우로 개발되었습니다.

델타 일렉트로닉 (DELTA ELECTRONICS)

델타 일렉트로닉(Delta Electronics)은 소형 SMP 커넥터부터 고전력 유형(LC 및 LT)까지 총 70가지 시리즈의 RF 동축 커넥터를 제조합니다. 또한, 델타는 200종 이상의 군용 RF 커넥터, 어댑터, 호환 및QPL'd MIL-PRF-39012, 그리고Mil-PRF-55339를 제조합니다.

텍스칼 와이어 앤 케이블 (TEXCAL WIRE & CABLE)

텍스칼(TexCal Wire & Cable)은 산업, 우주 항공, 군사, 통신 및 기타 여러 상용 시장에 광범위의 고온 와이어 및 케이블을 제공합니다. 많은 응용 분야에서 PTFE 및 ETFE와 같은 표준 재료가 요구되고 있지만, TexCal은 FEP, PFA, MFA, PEEK ™, ECTFE 및 PEI Ultem® 과 같은 많은 맞춤형 불소수지에 케이블을 제공하고 있습니다.

비쉐이 데일 (VISHAY DALE)

비쉐이 데일 커넥터는 PCB, 랙, 그리고 패널 용도로 사용할 수 있습니다. 에지보드 커넥터는 표준 및 앵글 터미널에 사용이 가능합니다. 랙 및 마운트는 군사 규격뿐만 아니라 모든 핀 및 소켓 조합과 함께 사용할 수 있습니다.

일렉트로 어댑터 (ELECTRO ADAPTER)

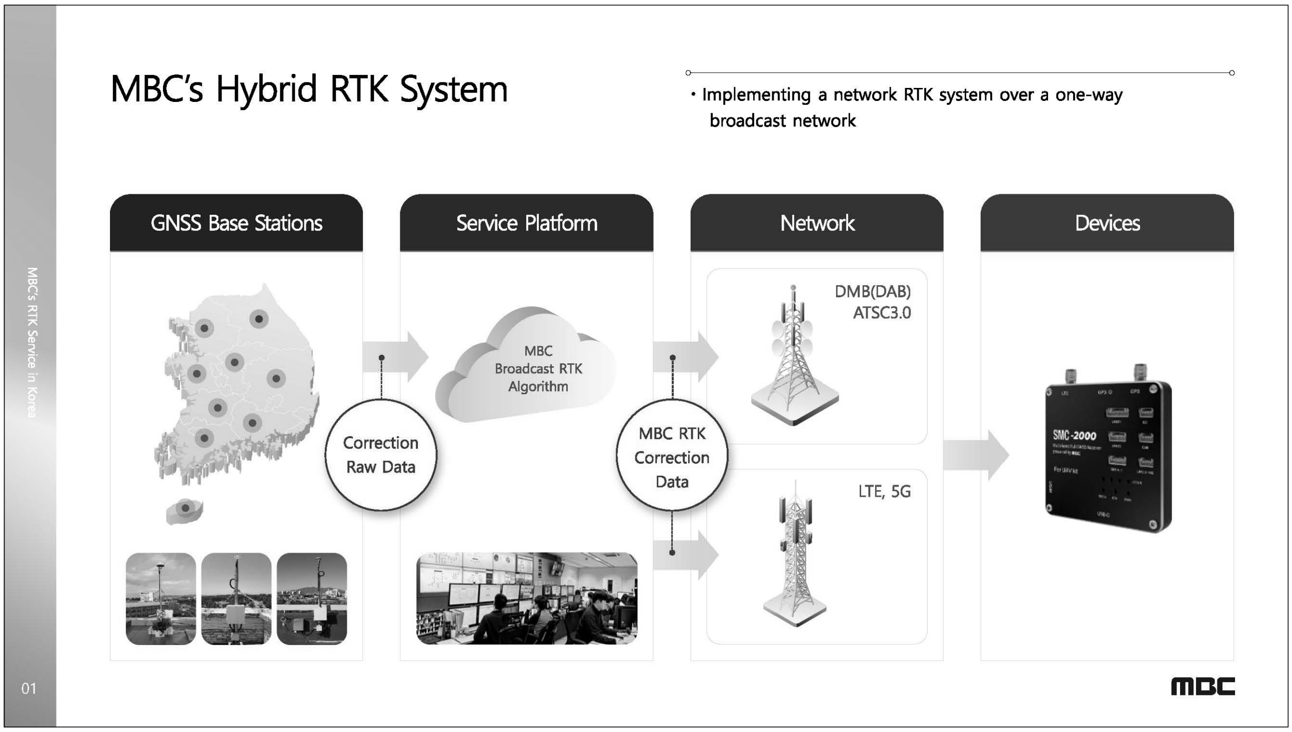
일렉트로 어댑터 (Electro Adapter)의 커넥터 액세서리는 42년 이상의 경험을 바탕으로 세계적으로 중요한 응용 분야에서 사용되고 있습니다. 이 기간에 회사는 품질, 혁신, 및 정직함으로 명성을 쌓아왔습니다. 회사는 커넥터 및 하네스 제조업체와 긴밀히 협력하여 각 응용 분야에 맞는 최적의 디자인을 구현하도록 하는 커넥터 액세서리 사업을 전문으로 하고 있습니다.

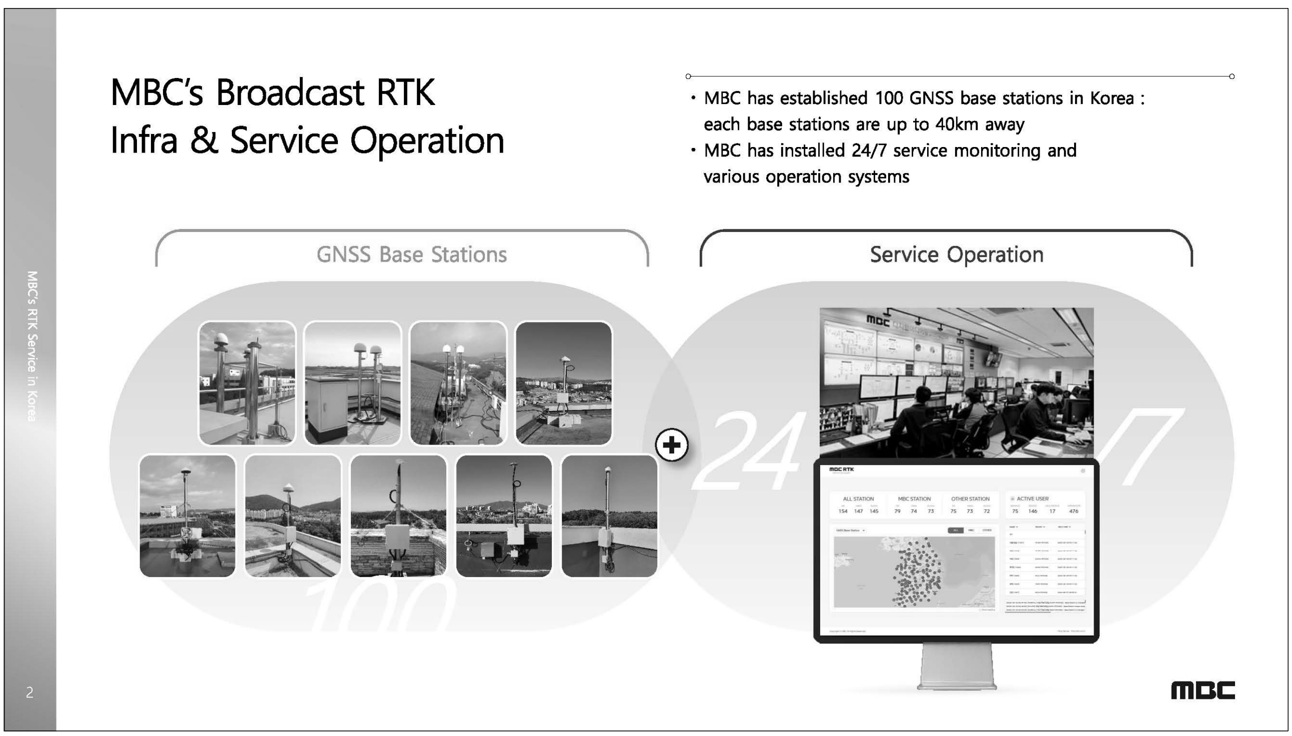
에스피아이 커넥트 (SPI CONNFGTS)

SPI 커넥트는 밀 스펙 커넥터 응용을 전문적으로 다루고 있습니다.
응용 분야는 산업 자동차, 배전, 계측, 로봇 공학, 셀룰러 및 통신 타워, 대체 에너지, 오일 및 가스, 그리고 우리의 전문인 엔지니어링 인터커넥트 솔루션을 포함합니다.

[ES-10]

㈜문화방송

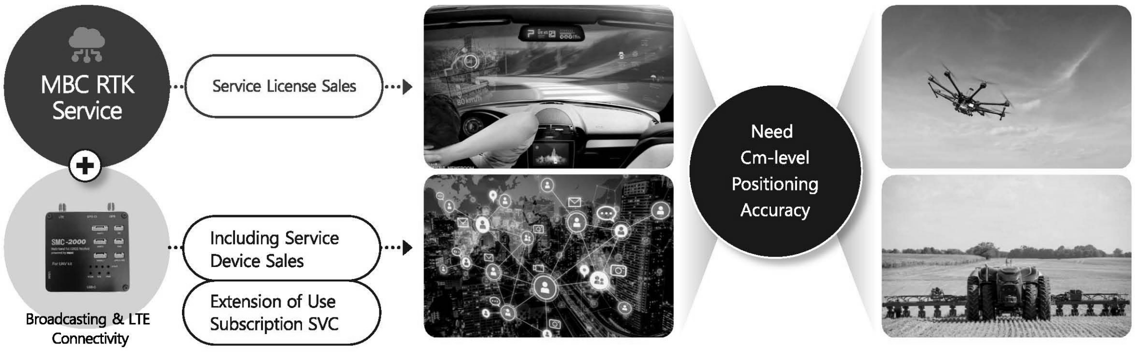

MBC's Hybrid RTK System
• Implementing a network RTK system over a one-way broadcast network
GNSS Base Stations
Service Platform
Network
Devices
MBC Broadcast RTK Algorithm
Correction Raw Data
MBC RTK Correction Data
DMB(DAB) ATSC3.0
LTE, 5G
SMC-2000
MBC's RTK Service in Korea
01
MBC


MBC's Broadcast RTK Infra & Service Operation
• MBC has established 100 GNSS base stations in Korea : each base stations are up to 40km away
• MBC has installed 24/7 service monitoring and various operation systems
GNSS Base Stations
Service Operation
100
24/7
MBC's RTK Service in Korea
2
MBC

MBC's RTK Service in Korea

Business Model

• "MBC RTK provides high-performance and efficient services to the global 4th Industrial Revolution industry that requires cm-level precise positioning"



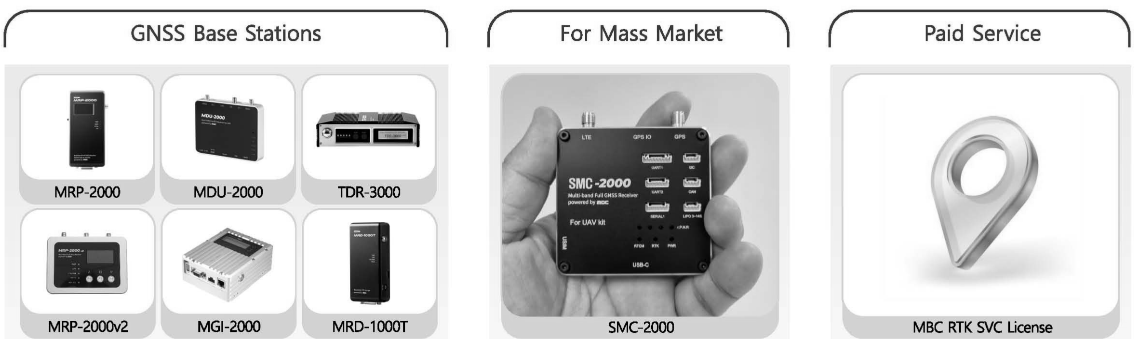
3

MBC

MBC's RTK Service in Korea

Commercial Broadcast RTK Devices

• All the Devices are developed by MBC



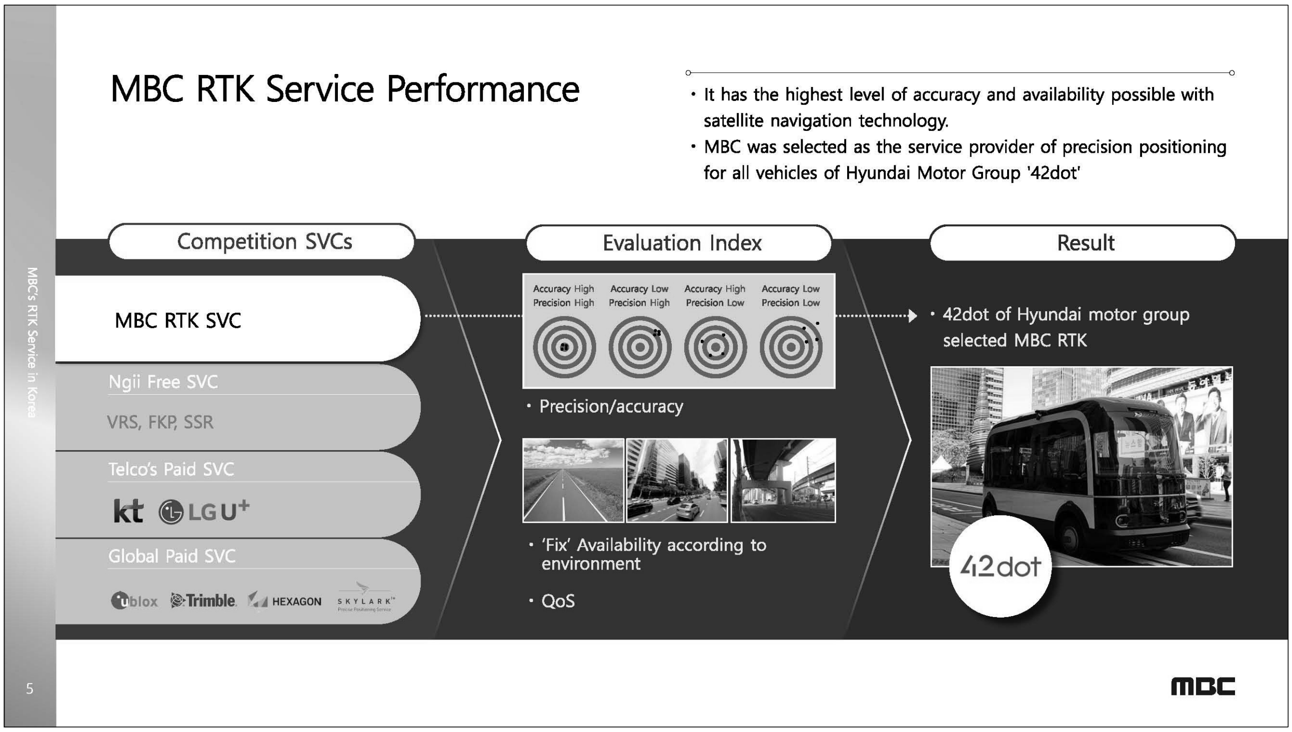
GNSS Base Stations
- For R&D purpose
  - Price : 2,500~10,000 USD

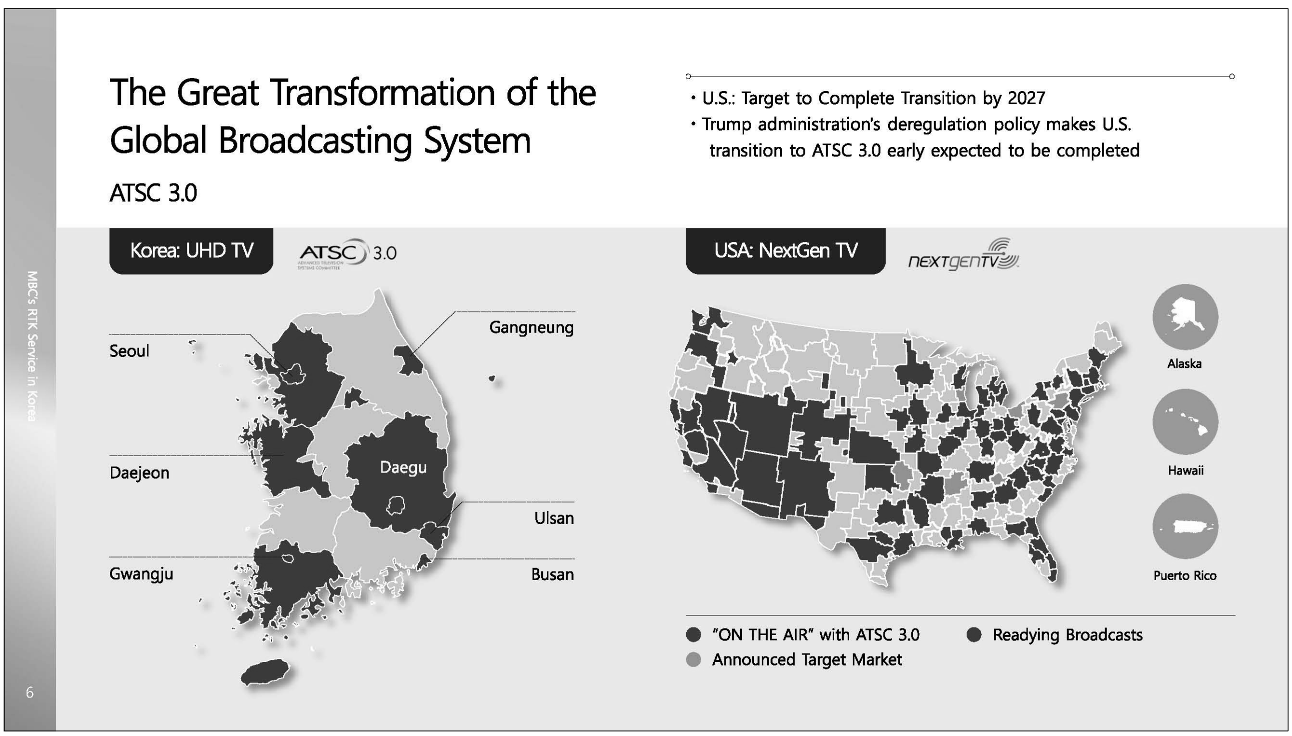
For Mass Market
- World's smallest LTE & RTK integrated receiver
  - Price : 800USD

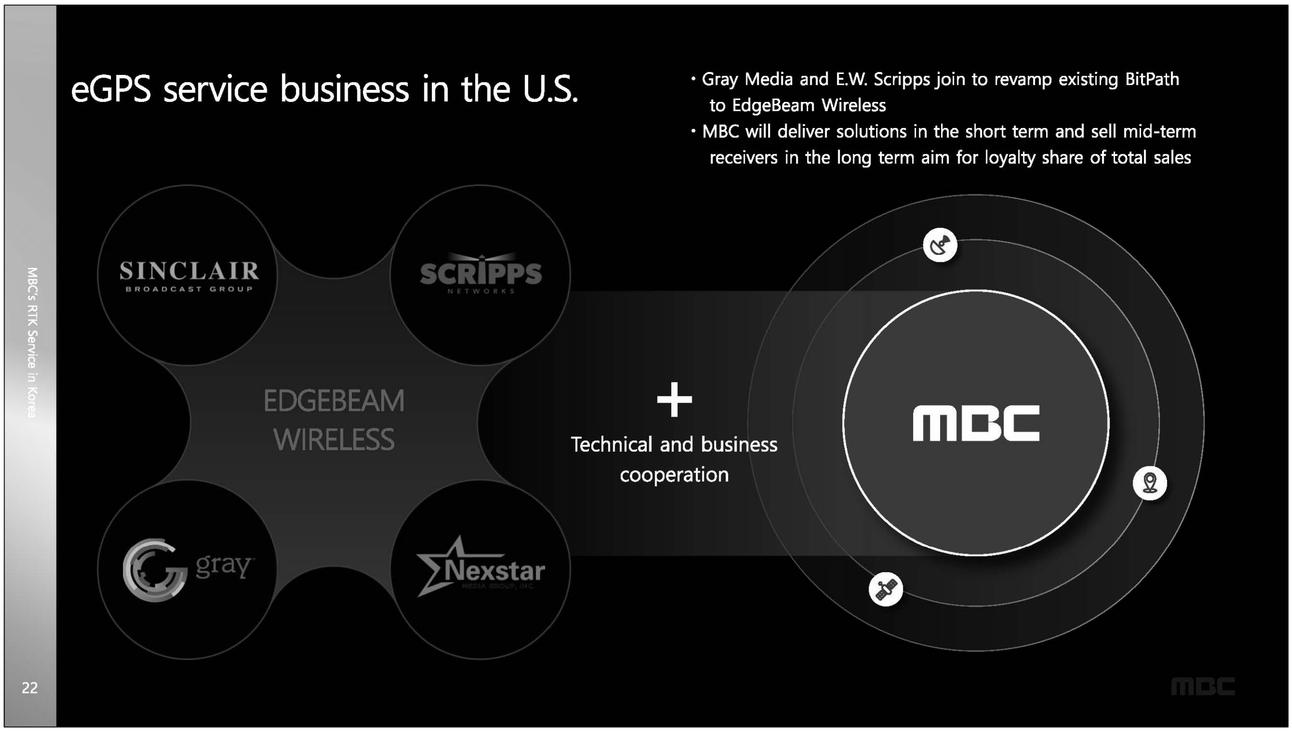
Paid Service
- Pricing by purchase quantity
  - 50~150 USD/year

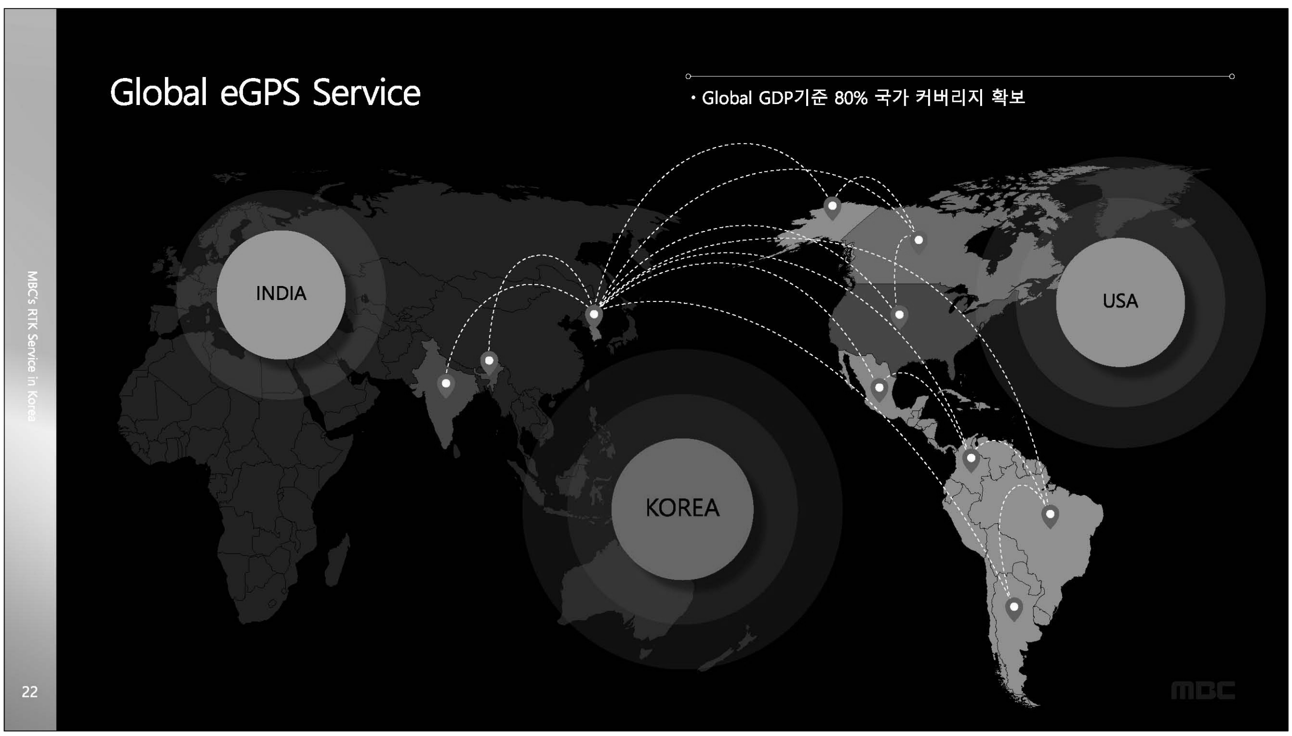
4

MBC


MBC RTK Service Performance
• It has the highest level of accuracy and availability possible with satellite navigation technology.
• MBC was selected as the service provider of precision positioning for all vehicles of Hyundai Motor Group '42dot'
Competition SVCs
MBC RTK SVC
Ngii Free SVC
VRS, FKP, SSR
Telco's Paid SVC
kt
LG U+
Global Paid SVC
ublox
Trimble
HEXAGON
SKYLARK
Evaluation Index
Accuracy High Precision High
Accuracy Low Precision High
Accuracy High Precision Low
Accuracy Low Precision Low
• Precision/accuracy
• 'Fix' Availability according to environment
• QoS
Result
• 42dot of Hyundai motor group selected MBC RTK
42dot
MBC's RTK Service in Korea
5
MBC


The Great Transformation of the Global Broadcasting System
ATSC 3.0
• U.S.: Target to Complete Transition by 2027
• Trump administration's deregulation policy makes U.S. transition to ATSC 3.0 early expected to be completed
Korea: UHD TV
ATSC 3.0
Seoul
Gangneung
Daejeon
Daegu
Ulsan
Gwangju
Busan
USA: NextGen TV
nextgenTV
Alaska
Hawaii
Puerto Rico
"ON THE AIR" with ATSC 3.0
Readying Broadcasts
Announced Target Market
MBC's RTK Service in Korea
6


eGPS service business in the U.S.
• Gray Media and E.W. Scripps join to revamp existing BitPath to EdgeBeam Wireless
• MBC will deliver solutions in the short term and sell mid-term receivers in the long term aim for loyalty share of total sales
SINCLAIR
BROADCAST GROUP
SCRIPPS
NETWORKS
EDGEBEAM
WIRELESS
gray
Nexstar
+
Technical and business cooperation
MBC
MBC's RTK Service in Korea
22


Global eGPS Service
• Global GDP기준 80% 국가 커버리지 확보
INDIA
KOREA
USA
MBC
MBC's RTK Service in Korea
22

[ES-11]

㈜삼영피엔티

OEM GNSS NO.1
(주)삼영피엔티
Positioning/Navigation/Timing

▣ 핵심 가치 소개

- ㈜삼영피엔티는 센티미터급 GNSS 기술을 사용하여 고객사의 생산성을 극대화하고 수익성을 향상시키는 고정밀 GNSS 솔루션의 선두 업체입니다.
- ㈜삼영피엔티는 무인화 시스템 구현에 필수 제품인 GNSS Receivers INS /IMU, AHRS 제품을 Spec. 컨설팅 하고 구현 용도에 적합한 최고의 제품을 공급/관리/기술지원 하는 GNSS 전문 기업 입니다.
- ㈜삼영피엔티는 GNSS 제품 공급/관리/지원 뿐만 아니라 GNSS항법제품의 통합 개발/제조 하여 제품 차별화를 달성하고 시장에서 최고의 경쟁력을 확보 할 수 있도록 지원하는 GNSS 전문기업입니다.

▣ 주요 독점 공급/관리/지원 제품 소개

GNSS 제품 제조사		Maker 공식인증	응용(적용) 분야
Trimble	Trimble OEM GNSS	Korea 독점 대리점	하늘/바다/육지[GNSS System]
Hemisphere	Hemisphere Inc.	Korea Sole 대리점	해양/ 건설/ 농업 특화[Vector]
aeron	Aeron Systems.	Korea Exclusive 지사	항공/ 국방 특화[INS/IMU.AHRS]
applanix	Applanix Corporation	Korea 정식 대리점	초정밀 reference[GNSS System]

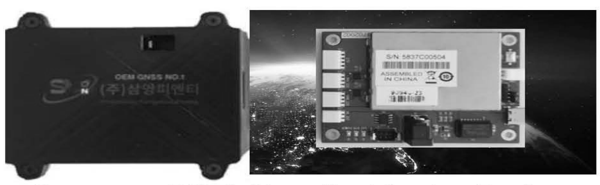
GNSS Technical Support
SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

SAMYOUNG
Trimble Intech OEM GNSS

OEM GNSS NO.1
(주)삼영피엔티
Positioning/Navigation/Timing

▣ ㈜삼영피엔티 제조 GNSS Module & Enclosures 완제품

- Maxwell 7 기술
- Trimble ProPoint 측위 엔진 탑제
- Trimble RTX 지원 2Cm 포지셔닝
- LTE RTK Auto 지원 1Cm 포지셔닝
- L1/L2/L5 GNSS 모든 위성 신호 수신
- 경량/소형 제품으로 모든 솔루션 적용
- 열악한 환경에서도 정확한 포지셔닝
- Size: 80 mm x 50 mm x 12 mm

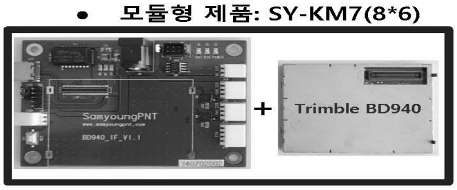


SamyoungPNT's New Positioning Engine

▣ ㈜삼영피엔티 GNSS 혁신 제품의 특징

모든 GNSS 신호 수신, RTK/RTX 보정 정보를 통신장치 없이 수신기 만으로 초간편 수신하는 혁신적 설계

- 모듈형 제품: SY-KM7(8*6)



- 케이스형 제품: SY-KE7

GNSS Technical Support
SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

SAMYOUNG
Trimble Intech OEM GNSS

GNSS Receivers and Enclosures / GNSS Antennas

All Capable>> 1. L-band/MSS 2. Trimble ProPoint 3. Trimble RTX 4. OmniSTAR / RTK	BD9250	BD9250s	BD940	BD940-INS	BX940	AX940	AX940i	BD990	BD992	BD992-INS	BX992
Technology	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7	Maxwell 7
Size (mm) Weight (g)	71 x 46 x 11 25	71 x 46 x 11 25	51 x 41 x 7 27	67 x 60 x 15 60	149 x 93 x 43 660	221 x 218 x 52 660	221 x 218 x 52 660	100 x 60 x 11.6 54	100 x 60 x 11.6 60	100 x 60 x 11.6 62	185 x 93 x 43 760
GPS	L1, L2, or L5	L1, L2, or L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5
GLONASS	L1, L2, or L3	L1, L2, or L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3
BeiDou	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3
Galileo	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b E6	E1, E5a, E5b E6	E1, E5a, E5b E6	E1, E5a, E5b E6
QZSS	L1, L2, or L5	L1, L2, or L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5
NavIC	L5	L5, S-Band	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5
INS Attitude/ Positioning	–	–	–	✓	✓	–	✓	–	–	✓	✓
GNSS Heading	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –
Connector	28-pin	28-pin	80-pin	40-pin	DE9 & DA26	26-pin	26-pin	44-pin	44-pin	44-pin	DE9 & DA26

Trimble AV16	Trimble AV17	Trimble AV28	Trimble AV29	Trimble AV33	Trimble AV34	Trimble AV39	Trimble AV59	Trimble LV59	Trimble AG25 / GA810	Trimble GA830	Zephyr 3™ Rover	Zephyr 3 Base	Zephyr 3 Rugged*	
120982-16	120982-17	112735	136029	83553	86362	105728 (US) 105728-10 (Non-US)	C02992 (white) 98042 (green)	C03167	AG25: 99038-00-INT GA810: 99810-30-INT	44830-00-INT (Branded - Yellow) 44830-10 (Unbranded - Grey)	105000-50-INT	115000-50-INT	125000-10-INT	125000-30-INT
UAV / UAS	UAV / UAS	Aviation / Land	UAV / Land	Aviation	Aviation	Aviation ARINC 743 TSO certified	Aviation / Land	Land / Vehicle	Land / Vehicle	Marine / Land / Vehicle	Land / Vehicle	Land / Geodetic	Land / Marine / Geodetic	Land / Marine / Geodetic
4.42" x 6.24 0.037 kg	4.42" x 6.24 0.042 kg	6.6" x 2.1 0.185 kg	7.95" X 3.76 0.114 kg	8.9" x 2.1 0.20 kg	8.9" x 2.1 0.21 kg	14.27 x 11.1 x 3.76 0.39 kg	14.6" x 3.9 0.30 kg	14.6" x 3.9 0.48 kg	16.1" x 7.6 0.57 kg	14.9" x 9.9 0.82 kg	16.5" x 7.6 0.64 kg	34.3" x 7.9 1.36 kg	21.9" x 12.5 incl. Mount 2.19 kg	18.7" x 8.6 incl. Mount 1.79 kg
SMA Male	SMA Male	3/4" through Hole Mount	3/4" through Hole Mount	Bulkhead / Flush	Bulkhead / Flush	Bulkhead / Flush ARINC 743 Footprint	Bulkhead / Flush	5/8" Thread	5/8" Thread / + Magnets	5/8" Thread	5/8" Thread	5/8" Thread	3" Mast Mount	5/8" Thread
L1, L2	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1	L1, L2	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5
L1, L2	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1	L1, L2	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3
E1	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b E6	E1	E1	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b	E1, E5a, E5b, E6	E1, E5a, E5b, E6	E1, E5a, E5b, E6	E1, E5a, E5b, E6	E1, E5a, E5b, E6	E1, E5a, E5b, E6
B1	B1, B2	B1, B2	B1, B2 B3	B1	B1	B1, B2	B1, B2	B1, B2	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3
L1, L2	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5, LEX	L1	L1, L2	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5	L1, L2, L5, LEX	L1, L2, L5, LEX	L1, L2, L5, LEX	L1, L2, L5, LEX	L1, L2, L5, LEX	L1, L2, L5, LEX
–	L5	L5	L5	–	–	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L5
35dB	35dB	37dB	40dB	43dB	43dB	38dB	39dB	39dB	48dB	45dB	50dB	50dB	50dB	50dB
2.2 V - 16 V 21 mA	2.2 V - 16 V 21 mA	2.5 V - 16 V 20 mA	2.3 V - 16 V 40 mA	4.5 V – 18 V 35 mA	4.5 V – 18 V 35 mA	4.2 V – 15 V 130 mA	4.2 V – 15 V 65 mA	4.2 V – 15 V 65 mA	3.4 V – 12 V 130 mA	3.3 V – 15 V 110 mA	3.5 V – 20 V 125 mA	3.5 V – 20 V 125 mA	3.5 V – 20 V 125 mA	3.5 V – 20 V 125 mA

SAMYOUNG Hemisphere atlas

▣ **Hemisphere는 Atlas 보정서비스를 통해 최대 4cm의 전 세계 단독 위치 측정 제공.**

VECTOR™ VS-I8 INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

- 해양, 무인 항공기(UAV), 로봇 공학, GIS, LIDAR, 모바일 지도 제작 및 소형 **패키지에서 INS 고성능을 요구하는 애플리케이션에** 가장 적합.

GNSS Outage Performance[5,6,7,8]							
		Position Accuracy (RMS)		Velocity Accuracy (RMS)		Heading	Pitch & Roll
Outage Duration	Mode	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	(RMS)[4]	(RMS)
0 Seconds	SBAS	<0.30 m	<0.60 m	<0.015 m/s	<0.01 m/s	<0.03°	0.015°
0 Seconds	RTK	<0.008 m	<0.015 m	<0.015 m/s	<0.01 m/s	<0.03°	0.015°
10 Seconds	RTK	0.10 m	0.10 m	0.04 m/s	0.01 m/s	0.06°	0.015°
30 Seconds	RTK	1.0 m	0.30 m	0.06 m/s	0.02 m/s	0.07°	0.015°
60 Seconds	RTK	3.5 m	0.70 m	0.15 m/s	0.03 m/s	0.08°	0.015°

VECTOR™ VS1000

1,059 Channels
Heading (RMS):
0.05° @ 2.0 m antenna
0.01° @ 10 m antenna

- **전문 해양 시장을 위해 특별히 설계된** Hemisphere GNSS Vector 수신기
- Hemisphere의 Lyra, Cygnus, Aquila 핵심 기술을 기반으로 구축

R632 GNSS RECEIVER

Weight: 550 g
Dimensions: 105x150x34 mm
Heading (RMS):
0.05° @ 2.0 m antenna
0.02° @ 5.0 m antenna

- 탁월한 솔루션으로, **위치 및 방위 성능이 필요한** 모든 애플리케이션에 적합
- Hemisphere의 Lyra, Cygnus, Aquila 핵심 기술을 기반으로 구축

VECTOR™ V500 V123&133 SMART ANTENNA

Heading (RMS): <0.27°
Pitch/Roll (RMS): 1°
Heave (RMS): 30cm (DGPS)

Heading (RMS): 0.3°
Pitch/Roll (RMS): 1°
Heave (RMS): 30cm (DGPS)

- 고정밀 위치 및 **일관되고 정밀한 방위 데이터가** 필요한 기계 제어 및 까다로운 애플리케이션 적용
- RTK 수준의 위치와 정밀한 방위를 제공하는 최신의 견고한 **올인원 일체형 GNSSS 스마트 안테나**

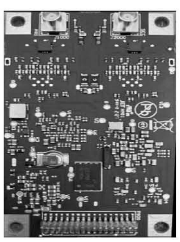
GNSS Technical Support

SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

SAMYOUNG Hemisphere atlas

▣ **Hemisphere는 Atlas 보정서비스를 통해 최대 4cm의 전 세계 단독 위치 측정 제공.**

VEGA™ 34 GNSS COMPASS BOARD



- **세계에서 가장 진보된 GNSS Heading** 및 위치 측정 Board
- 최악의 열악한 역동적인 환경에서 정교한 기계 제어 및 내비게이션 솔루션에 적합

Dimensions: 71 L x 46W x 10H(mm)
Weight: 24 g (0.85 oz)
Heading (RMS):
0.08° RMS @ 1.0 m antenna
0.04° RMS @ 2.0 m antenna
0.02° RMS @ 5.0 m antenna

PHANTOM™ 20 & 34 GNSS OEM BOARDS

Dimensions:
Phantom 20:
72 L x 41 W x 10 H (mm)
Phantom 34:
71 L x 41 W x 10 H (mm)
Weight: 22 g (0.79 oz)

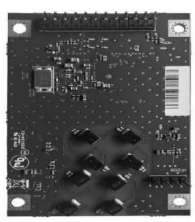
- **GIS, 농업 및 기계 제어에 가장 견고하고 안정적인 솔루션을 제공**, 다중 통합 애플리케이션에 이상적
- aRTK™와 Tracer™라는 두 가지 첨단 기술을 탑재한 가장 정확하고 안정적이며, 탁월한 정밀 포지셔닝

R631 GNSS SMART ANTENNA

Dimensions:
15.8 L x 15.8 W x 7.9 H (cm)
Weight:
< 1.05 kg (< 2.53 lbs)
Accuracy Positioning:
SBAS: 0.3m RMS (67%)
Atlas H10: 0.04m RMS (67%)
RTK: 8mm+1ppm RMS (67%)

- 농업, 해양, GIS, 매핑 및 기타 애플리케이션에 전문가 수준의 고정밀 정확도를 제공하는 **최고의 경제적인 스마트(안테나+수신기) 통합 솔루션**

SBX-4 DGPS BEACON OEM BOARD



- SBX-4 **무선 Beacon 보드**는 전 세계 비콘 기지국 네트워크에서 무료로 제공되는 Correction 데이터로 별도의 **GPS 수신기를 보완하여 신뢰할 수 있는 differential 보정 데이터제공**
- **최상의 기지국을 항상 디코딩할 수 있도록 듀얼 채널** 아키텍처를 갖춘 SBX-4는 고성능 수신 성능과 신호 강도 또는 기지국 거리에 맞춰 조정하는 기능을 포함한 다양한 기능을 제공

GNSS Technical Support

SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

applanix A TRIMBLE COMPANY

LAND POS LV	Basic Performance		High Performance		
	POS LVX 120	POS LVX 125	POS LV 220	POS LV 420	POS LV 610
Size (mm) Weight (g)	185 x 93 x 42 760g	185 x 93 x 42 760 g	167 x 185 x 68 2400 g	167 x 185 x 68 2400 g	167 x 185 x 68 2400 g
Postion, Post-Processed (m) [3]	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03
Orientation, Post-Processed (°) [1,3]	R / P: 0.05° HDG: 0.08°	R / P: 0.025° HDG: 0.06°	R / P: 0.015° HDG: 0.025°	R / P: 0.008° HDG: 0.020°	R / P: 0.0025° HDG: 0.015°
Position, Post-Processed (m) [2,3] 60 second GNSS Outage	H: 1.20 V: 0.50	H: 0.80 V: 0.20	H: 0.24 V: 0.13	H: 0.12 V: 0.10	H: 0.10 V: 0.07
Orientation, Post-Processed (°) [1,2,3] 60 second GNSS Outage	R / P: 0.10° HDG: 0.50°	R / P: 0.05° HDG: 0.20°	R / P: 0.02° HDG: 0.03°	R / P: 0.02° HDG: 0.02°	R / P: 0.0025° HDG: 0.015°

AIR POS AV	Onboard IMU		External IMU			
	APX-18	AP+18	AP+20	AP+30	AP+50	AP+60
Size (mm) Weight (g)	100 x 60 x 12 62 g	100 x 60 x 21 100 g	100 x 60 x 21 100 g	100 x 60 x 21 100 g	100 x 60 x 21 100 g	100 x 60 x 21 100 g
Postion, Post-Processed (m) [3]	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03	H: 0.02 V: 0.03
Orientation, Post-Processed (°) [1,3]	R / P: 0.025° HDG: 0.06°	R / P: 0.025° HDG: 0.06°	R / P: 0.015° HDG: 0.03°	R / P: 0.010° HDG: 0.025°	R / P: 0.005° HDG: 0.015°	R / P: 0.0025° HDG: 0.015°
Position, Post-Processed (m) [2,3] 60 second GNSS Outage	H: 0.80 V: 0.20	H: 0.80 V: 0.20	H: 0.30 V: 0.15	H: 0.24 V: 0.13	H: 0.12 V: 0.10	H: 0.10 V: 0.07
Orientation, Post-Processed (°) [1,2,3] 60 second GNSS Outage	R / P: 0.05° HDG: 0.20°	R / P: 0.05° HDG: 0.20°	R / P: 0.03° HDG: 0.05°	R / P: 0.02° HDG: 0.03°	R / P: 0.005° HDG: 0.015°	R / P: 0.0025° HDG: 0.015°

GNSS Technical Support

SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

SAMYOUNG

aeron®

▣ 항공 Applications을 위한 System

Octantis 2 Attitude and Heading Reference System (AHRS)

◎ **전자비행 계기 시스템, 다양한 전투기, 수송기 및 여객기의 조종석 디스플레이에서 기본 또는 대기 계기로 사용** ◎

- DO-254 표준설계, MIL-STD-461E 및 MIL-STD-810G 표준인증,
- AHRS 소프트웨어는 엄격한 IV&V 프로세스를 통해 테스트 DO- • 178B 레벨 B 표준 인증.
- AHRS 시스템 은 CEMILAC(Indian Airworthiness) 인증.
- RTCA-DO-334 표준에 따른 성능 요구 사항 충족.

Pollux 2 Inertial Navigation System

- 초소형 ~80gm(45mX45mmX20mm)으로 **크기/무게가 제약되는 플랫폼에** 적합 **GNSS 음영 조건에서 매우 정확한 위치 정보** 제공
- Precise attitude and position data
- **40'g' shock**'은 까다로운 환경에서도 성능을 보장.
- 50Hz GNSS Data, 200Hz Raw Sensor Data로 **역동적인 애플리케이션에** 적합
- 인터페이스 - RS232/RS422/USB/1PPS
- External Aiding Inputs - 외부 주행 거리계, 속도 보조 데이터 수용

GNSS Technical Support

SAMYOUNG
Positioning/Navigation/Timing

[ES-12]

㈜솔탑

위성 분야

㈜솔탑은 99년 '다목적실용위성 1호'를 시작으로 정지·비정지 위성의 지상관제 시스템, 위성영상 수신 및 활용 시스템, 위성체·탑재체 지상시험 지원 장비를 개발하고 있으며 초소형위성 시스템에 대한 설계, 제작, 시스템 엔지니어링을 통해 New Space 시대를 열어가고 있습니다.

위성관제분야

위성 임무 수행을 위한 계획 및 운용을 위해 지상에서 감시하고 제어하는 시스템

주요 수행 실적

아리랑(1, 2, 3, 3A, 5, 6호), 천리안(1, 2A/2B), 무궁화(5A/7호), 군 위성통신체계-II

위성지상시험 장비(EGSE)

위성 발사 전 지상에서 위성 전체 전자장치 시험을 지원하는 장비로, 위성체 및 탑재체 전자장치의 기능/성능 시험과 HW, SW의 설계적합성 검증

주요 수행 실적

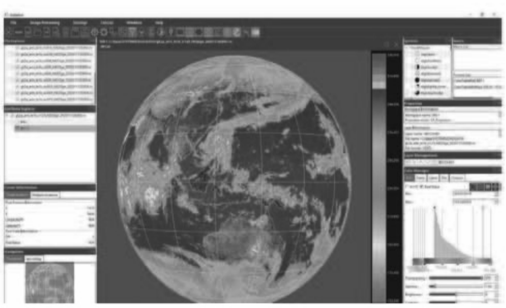
아리랑(1, 2, 3, 3A, 5, 6호), 천리안(1, 2A/2B), 무궁화(5A/7호), 군 위성통신체계-II

위성 영상 수신/활용 분야

정지/저궤도 위성 영상 수신을 위한 지상국 시스템 구축으로 영상 수신 및 처리, 분석하여 Level 2 산출물과 합성장 자료를 생성하여 사용자 의사결정을 지원

주요 고객처

공군기상단, 국방신속획득기술연구원, 한국전자통신연구원, 방글라데시 BMD II



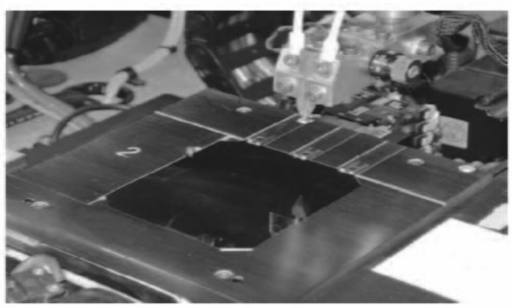
우주용 태양전지판 시스템

위성체의 필수 구성품임에도 전량 수입에 의존하는 우주용 태양전지시스템을 국산화로 민간 주도 뉴스페이스 시대의 다양한 국내외 수요 창출

주요 수행 실적

Nano & Cubesats – KSLV-II 발사, Technical verification coupons

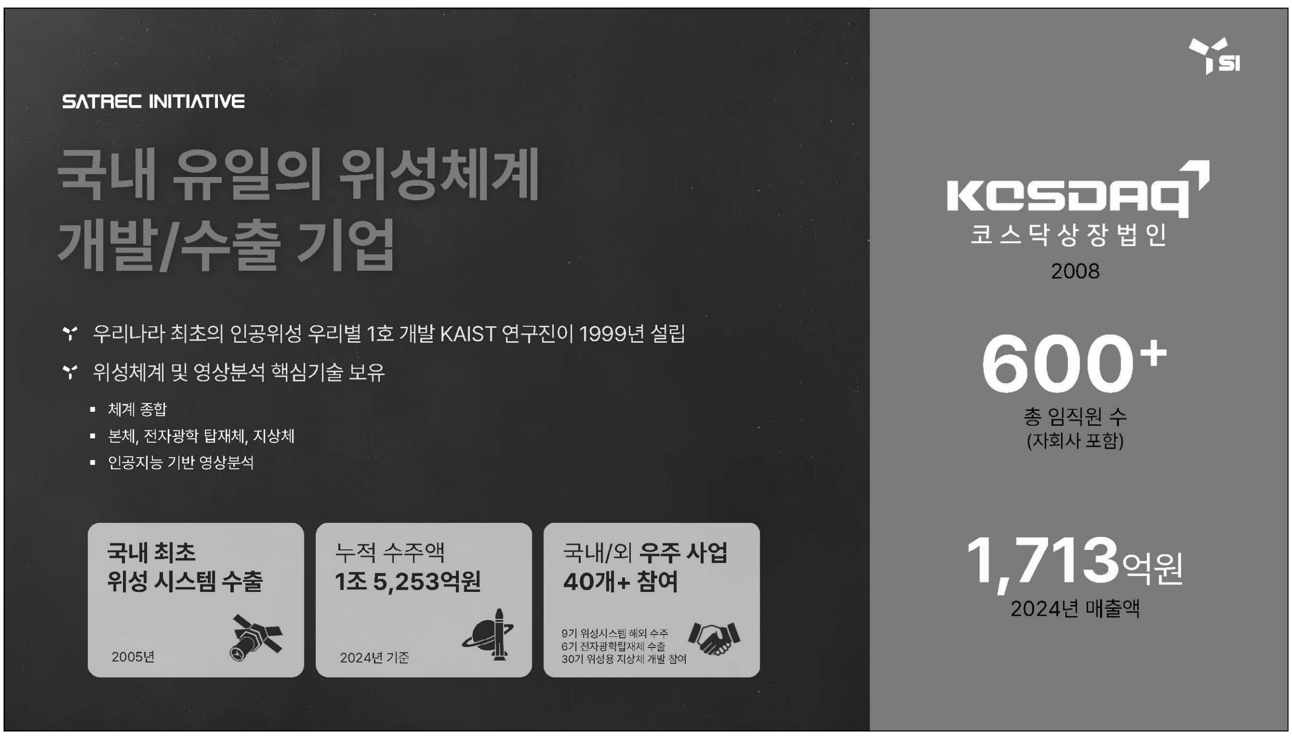
CPSat 초소형위성 태양전지판 시제품, 온실가스 관측 초소형위성 태양전지시스템



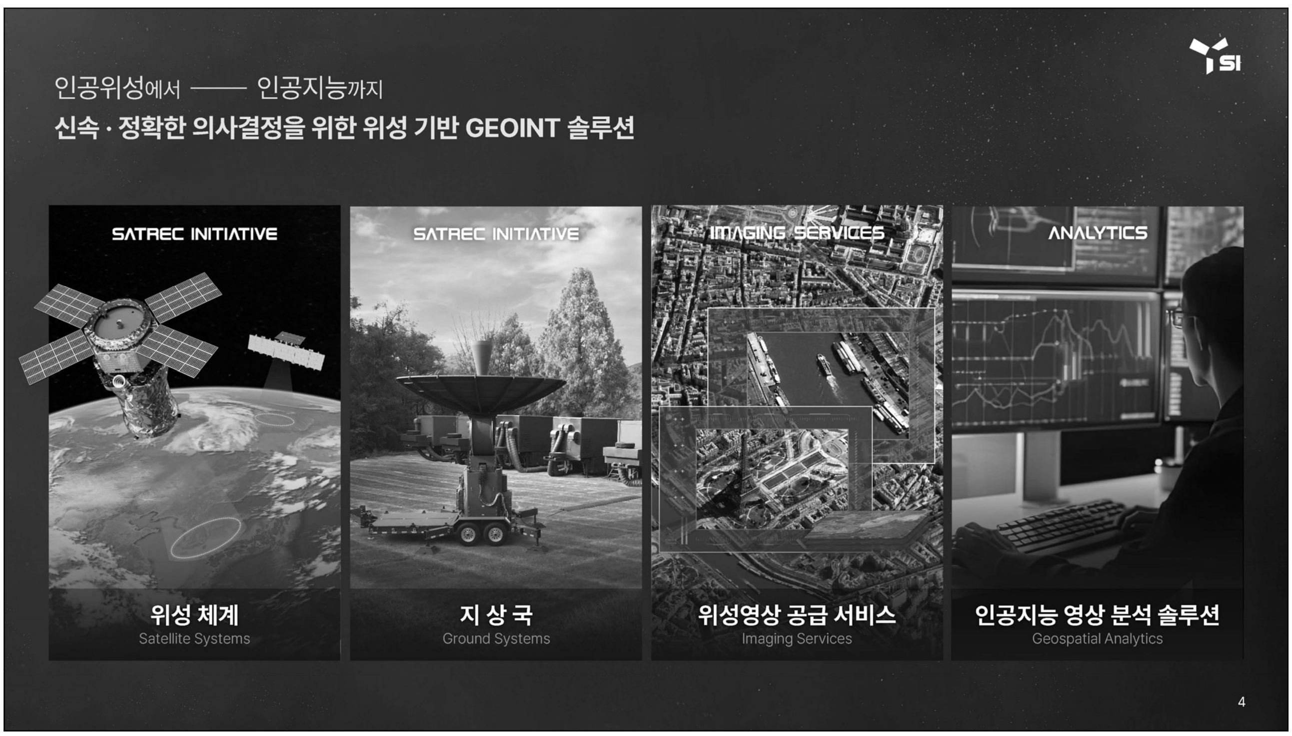
[ES-13]

㈜쎄트렉아이

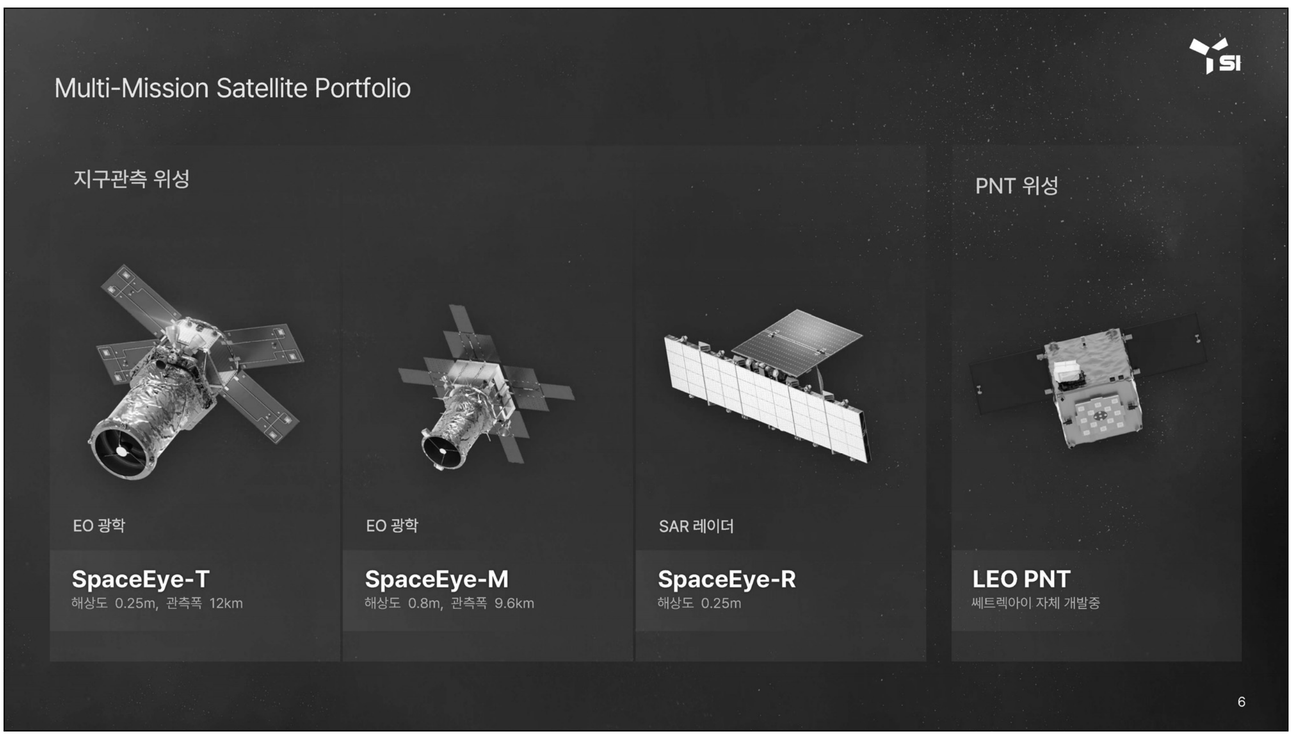

인공위성에서 인공지능까지, 위성 기반 GEOINT 솔루션
쎄트렉아이
SI
쎄트렉아이
SATREC INITIATIVE


SATREC INITIATIVE
국내 유일의 위성체계
개발/수출 기업
우리나라 최초의 인공위성 우리별 1호 개발 KAIST 연구진이 1999년 설립
위성체계 및 영상분석 핵심기술 보유
체계 종합
본체, 전자광학 탑재체, 지상체
인공지능 기반 영상분석
국내 최초
위성 시스템 수출
2005년
누적 수주액
1조 5,253억원
2024년 기준
국내/외 우주 사업
40개+ 참여
9기 위성시스템 해외 수주
6기 전자광학탑재체 수출
30기 위성용 지상체 개발 참여
SI
KOSDAQ
코스닥상장법인
2008
600+
총 임직원 수
(자회사 포함)
1,713억원
2024년 매출액

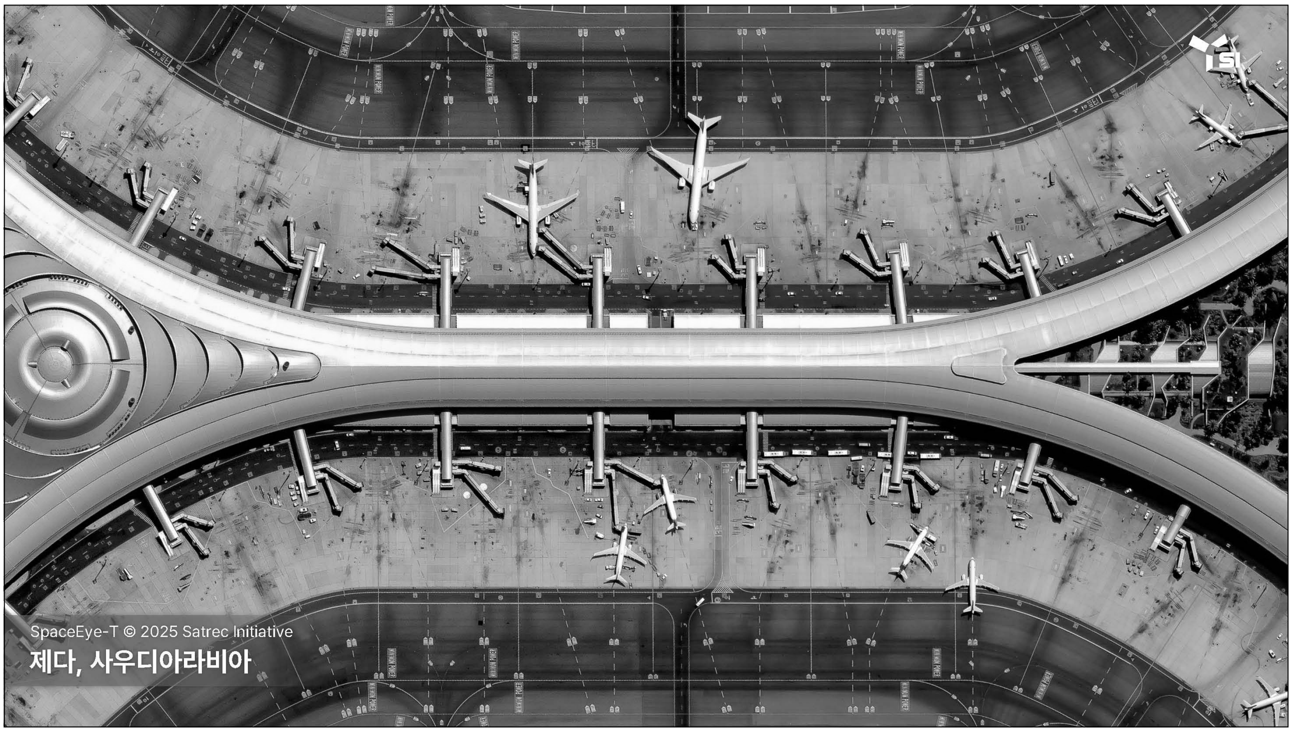

SI x Hanwha
한화 그룹 우주 사업 통합 브랜드
SI
Earth Observation (EO)
Satellites and Payloads
Hanwha Aerospace
Liquid-fuel Engines & Components
For Liquid-fuel Rockets
SPACE
HUB
Hanwha Systems
Communications
Satellites and Service
Satellite
Space Rocket
Satellite-based Services
(Earth observation, satellite-based communications)
KSLV-II Image Source : KARI (Korea Aerospace Research Institute)
3

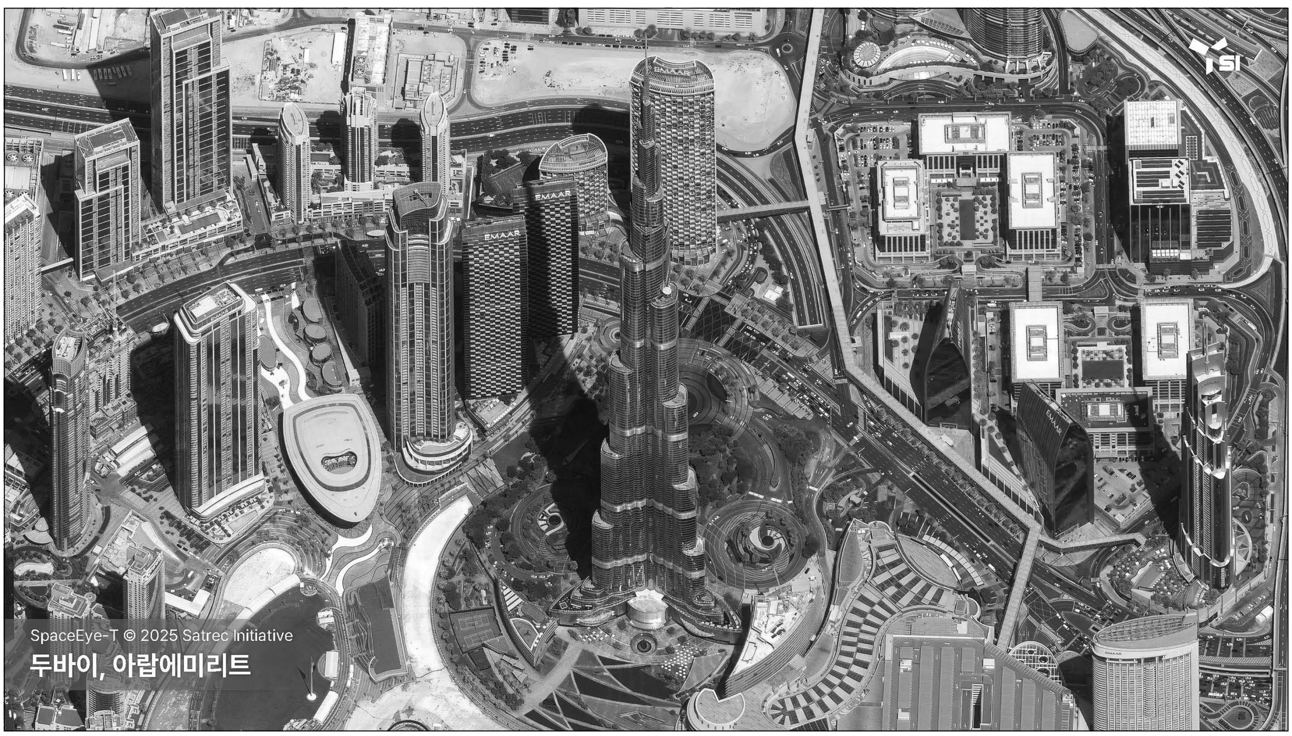

인공위성에서 —— 인공지능까지
신속 · 정확한 의사결정을 위한 위성 기반 GEOINT 솔루션
SATREC INITIATIVE
SATREC INITIATIVE
IMAGING SERVICES
ANALYTICS
위성 체계
Satellite Systems
지 상 국
Ground Systems
위성영상 공급 서비스
Imaging Services
인공지능 영상 분석 솔루션
Geospatial Analytics
4

대한민국 우주개발과 함께한 30+년
해외사업 - 위성시스템
해외사업 - 탑재체
주요 국내사업
1989-2009
1992 우리별 1호
1993 우리별 2호
1999 우리별 3호
1999 아리랑 1호
2006 아리랑 2호
2009 RazakSAT
2009 DubaiSat-1
2010-2019
2010 천리안 1호
2011 RASAT
2011 X-SAT
2012 아리랑 3호
2012 GOKTURK-2
2013 아리랑 5호
2013 DubaiSat-2
2014 Deimos-2
2015 아리랑 3A호
2015 TeLEOS-1
2018 KhalifaSat
2018 천리안 2A호
2020-2025
2020 천리안 2B호
2021 차세대중형위성 1호
2022 SpaceEye-X
2022 NeuSAR
2023 425 사업 EO/IR 정찰위성
2024 425 사업 SAR 정찰위성
2024 SpaceEye-M
2025 해외기관
2025 SAR 위성
2025 SpaceEye-T
2026-2030 In Development
발사 예정 아리랑 6호
발사 예정 아리랑 7호
발사 예정 차세대중형위성 2호
발사 예정 차세대중형위성 4호
2026 SpaceEye-M
2027 SpaceEye-M
2027 조기경보 시험위성
2027 민간광학위성 1호
2028 민간광학위성 2호
2030 초소형위성체계 EO위성체
5



Multi-Mission Satellite Portfolio
지구관측 위성
PNT 위성
EO 광학
SpaceEye-T
해상도 0.25m, 관측폭 12km
EO 광학
SpaceEye-M
해상도 0.8m, 관측폭 9.6km
SAR 레이더
SpaceEye-R
해상도 0.25m
LEO PNT
쎄트렉아이 자체 개발중
6


SI
SpaceEye-T © 2025 Satrec Initiative
제다, 사우디아라비아


SI
EMAAR
SpaceEye-T © 2025 Satrec Initiative
두바이, 아랍에미리트

[ES-14]

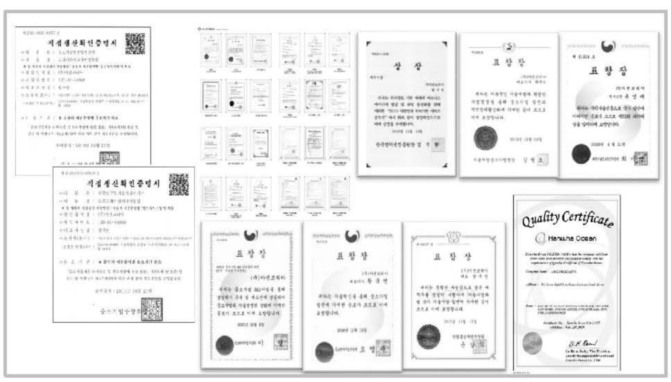
㈜아센코리아

“항재밍/고정밀 GNSS 솔루션 소개”

01. Intro

1-1. 아센코리아 소개

“20년차 GNSS 제조사”
Made In Korea



<AK100>

01. Intro

1-1. 2025년~ 진행 사업

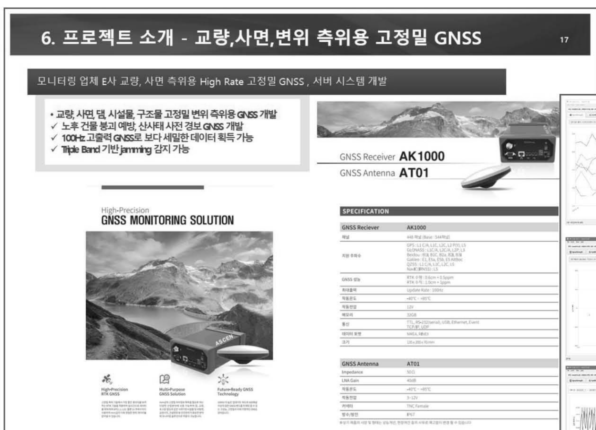
분야	내용	고객사
공공/사회안전	국토,교량,지반,싱크홀 변위 측위, VIP보안	K water, 국토교통부, 국토안전관리원 (Korea Authority of Land & Infrastructure Safety), KIHS 한국수자원조사기술원 (Korea Institute of Hydrological Survey)
방산	잠수함,군함 Drone AGV, 전술차량	한화시스템, 한화오션, 한화에어로스페이스, 대한민국해군 (REPUBLIC OF KOREA NAVY), stx엔진, 국방과학연구소 (Agency for Defense Development), LIG, SOOSAN, 대한민국공군 (REPUBLIC OF KOREA AIR FORCE)
자율주행	자율주행 자율작업 대인관제	HYUNDAI, KIA, HL Mando, VOLVO, ex 한국도로공사
이동체/선박 건물 변위	안전 모니터링 발파시스템 선박안전관리 건물안전 스마트시티	㈜한화/글로벌, SOOSAN 수산중공업, HD현대사이트솔루션, HD현대중공업, SAMSUNG 삼성중공업, SAMSUNG 에스원, LS엠트론, kt

<2025년 주요 고객사>

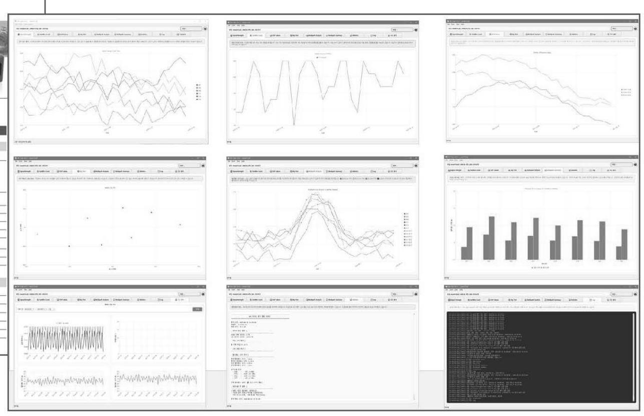
///Ascen

01. Intro

1-1. 주요 프로젝트 – “변위측위” – 사면, 교량 , 비탈면 , 급경사지



<소개자료>

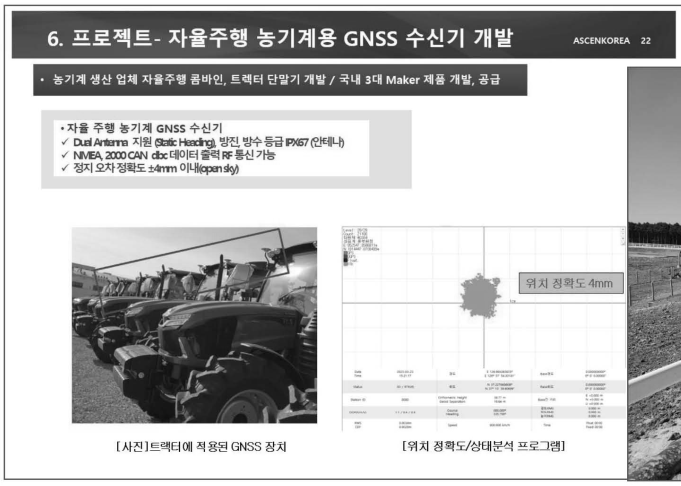


<변위데이터>

///Ascen

01. Intro

1-1. 주요 프로젝트 – “자율작업” 트랙터

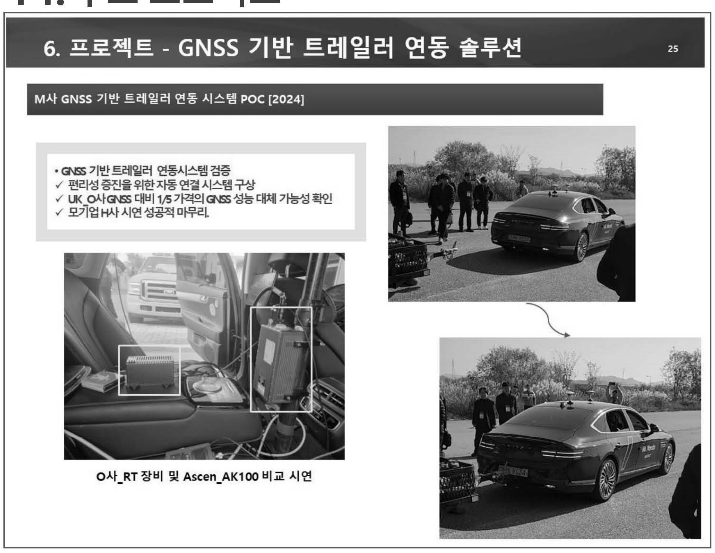


<LS Tractor>

<마사회 시험주행>

01. Intro

1-1. 주요 프로젝트



<시연영상>

<트레일러 Following>

01. Intro

1-1. 주요 프로젝트

<도로공사 작업장 단말 실 운용사진>

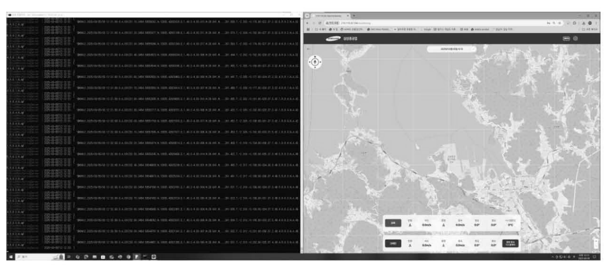
<크루즈 컨트롤의 위험성>

Ascen

01. Intro

1-1. 주요 프로젝트

<삼성중공업 해상크레인 자세 분석>



<삼성중공업 실운용 장면>

Ascen

[ES-15]

㈜이제이텍


Safer Future
Through Advanced Technology
EJtech
회사소개서


회사소개
주요연혁 및 주요사업
엔지니어링 서비스의 시작
1994 ~ 1999
1999. 05 소프트웨어 사업자신고
1998. 04 벤처기업인증(제9813521-180호)
1996. 01 건설교통부 지정 안전진단 전문기관
1994. 02 ㈜온진건설엔지니어링 설립
국내 시장을 위한 파트너와의 협력강화
2000 ~ 2009
2009.07 2008엔지니어링 수주실적 토질 및 기초분야 1위
2008.04 EJtech VINA (베트남 현지법인)설립
2007.08 해외건설업 신고(제391호)
2006.08 ISO 9001 인증획득
2005.12 부산지사 개설
2002.10 한국무역협회 가입(11758385)
글로벌 시장 진출 및 적극적 참여
2010 ~ 2019
2019.11 EJtech Indonesia (인도네시아 현지법인) 설립
2019.03 동탄산업훈장(제 2985호) 수상
2018.11 계측업 등록(경기 제2018-002호)
2018.05 지하안전영향평가 전문기관 등록 (경기-50호)
2015.05 EJtech Malaysia (말레이시아 현지법인) 설립
2015.04 해외건설협회 등록
2014.11 EJtech Parkistan (파키스탄 현지지사) 설립
2014.07 EJtech Brunei (브루나이 현지법인) 설립
2013.12 ISO 14001 인증취득 (QAIC/KR/15133-B)
지속적인 발전
2020 ~ 현재
2025.09 송산토목문화대상(기술부문) 수상
기술혁신형 중소기업(INNO-Biz) 및 ESG 경영인증
2025.04 AI 기반 연약지반 침하 예측 프로그램 GeoMaster 저작권 등록
2024.10 이제이텍 성남공장 개설 및 등록
2024.03 조경식재공사 추가 등록
2023.08 조경시설물 설치공사업 등록 (성남-23-마-9)
2022.04 ISO 45001 인증취득
2022.03 2022 토목의 날 토목대상 수상
2020.12 경기도 일자리 우수기업 선정
2020.08 지하수 개발이용 시공업 등록 (성남 2020-03호)
2020.08 통신판매업 신고 (2020-성남분당-0815호)
2020.06 엔지니어링사업자 분야추가신고 (정보통신부분-정보관리분야)
비탈면 계측 시스템
항만 계측 시스템
교량 계측 시스템
댐 계측 시스템
EJtech

주요 제품 및 서비스

RTK-GNSS 제조 및 공급

*2,000개 이상의 고정밀 GNSS 제품 판매!

GNSS

HP750-RTK

- High-Precision RTK GNSS: RTK 기술을 적용하여 실시간으로 데이터를 취득하며, GPS L1, L2, L5 주파수 사용하여 정밀한 변위 데이터 취득 가능.
- Integrated Receiver / Antenna: 설치와 유지보수가 편리하도록 Receiver와 Antenna를 한 개의 통합된 제품으로 구성.
- Prepared for Rough Environment: 열악한 외부환경에서 사용 가능하도록 IP67수준의 방수, 방진 설계 적용.

AK1000

- High-Precision RTK GNSS: RTK 기술을 적용하여 실시간으로 데이터를 취득하며, GPS L1, L2, L5 주파수 사용하여 정밀한 변위 데이터 취득 가능.
- Multi-Purpose GNSS Solution: 고정밀 위치정보 획득을 필요로 하는 다양한 산업분야에 사용 가능하며, 사회기반시설물 및 비탈면, 급경사지, 건설현장 등 안전관리가 중요한 분야에 모니터링 솔루션으로 적용이 가능.
- Future-Ready GNSS Technology: 100Hz의 높은 업데이트 속도와 400채널이상의 많은 GNSS밴드를 트래킹 할 수 있는 고성능, 고정밀의 미래 지향적인 GNSS장비.

HP750-RTK

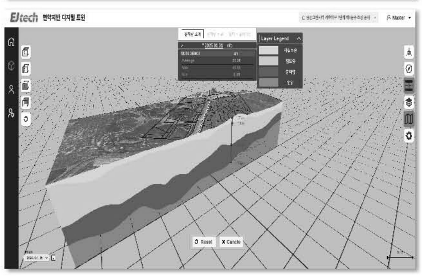
AK1000

EJtech

주요 제품 및 서비스

Web기반 플랫폼 프로그램

3차원 지반 모델링



지반계측 스마트 모니터링

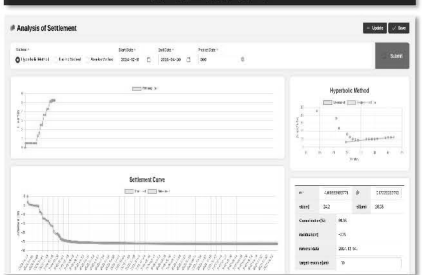
GeoMaster

Web 기반 스마트 모니터링 소프트웨어

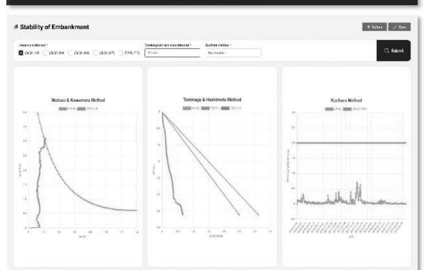
1) 3차원 지형 및 지반 모델링 구현
2) 연약지반 장기침하 및 안정관리 해석
3) 일반 지반계측 스마트 모니터링

YOUL SYSTEMS INC. EJtech

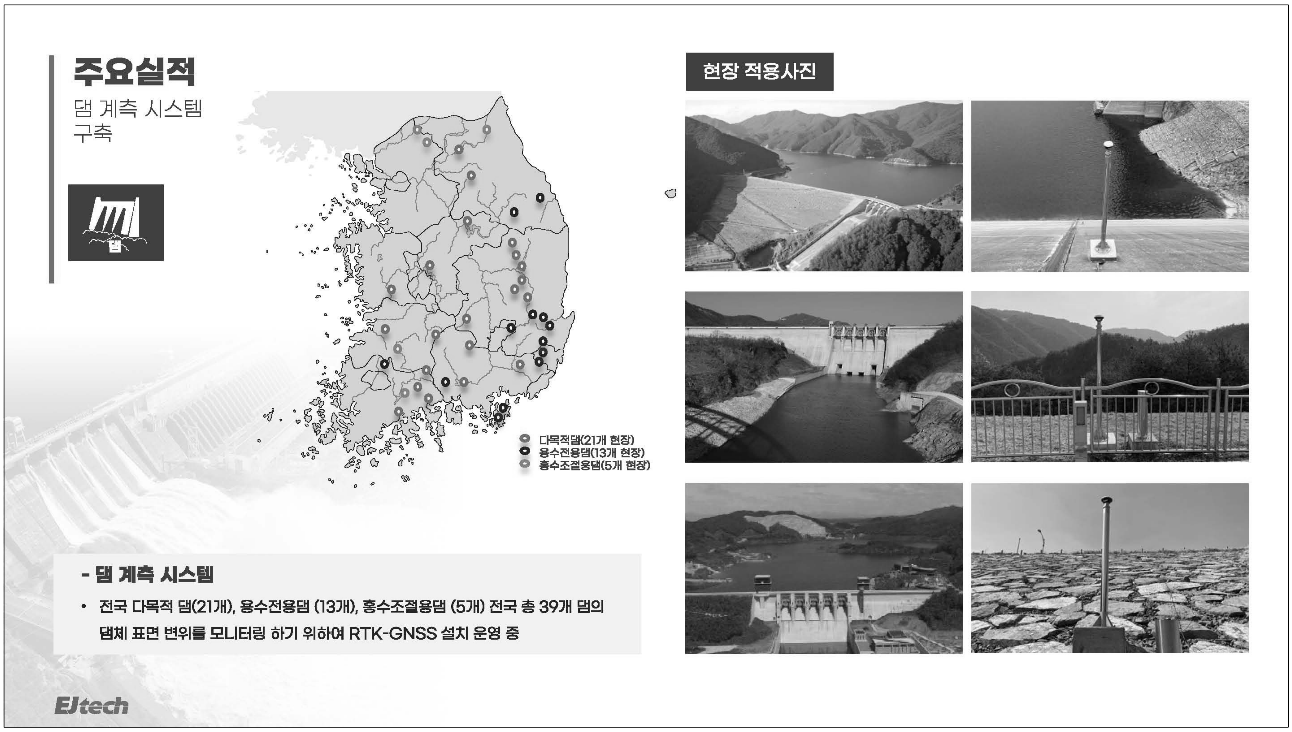
장기 침하량 해석

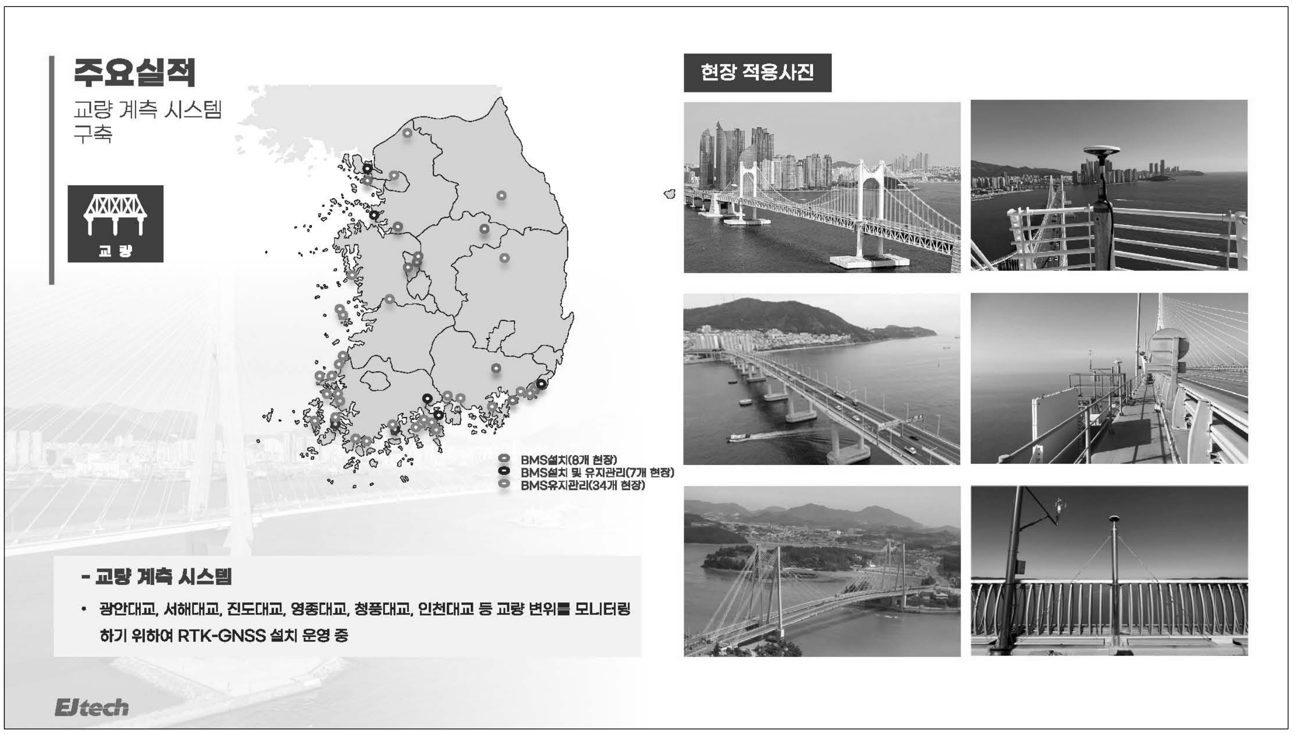


안정관리 해석



EJtech

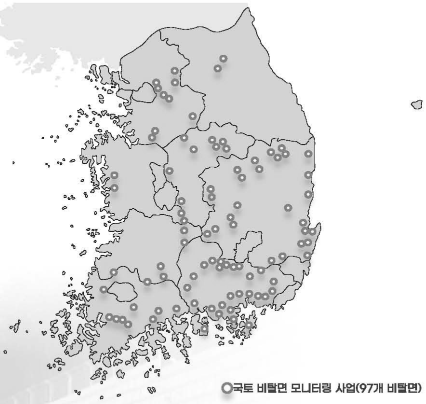

주요실적
댐 계측 시스템
구축
댐
현장 적용사진
다목적댐(21개 현장)
용수전용댐(13개 현장)
홍수조절용댐(5개 현장)
- 댐 계측 시스템
• 전국 다목적 댐(21개), 용수전용댐 (13개), 홍수조절용댐 (5개) 전국 총 39개 댐의
댐체 표면 변위를 모니터링 하기 위하여 RTK-GNSS 설치 운영 중
EJtech


주요실적
교량 계측 시스템
구축
교 량
현장 적용사진
BMS설치(8개 현장)
BMS설치 및 유지관리(7개 현장)
BMS유지관리(34개 현장)
- 교량 계측 시스템
• 광안대교, 서해대교, 진도대교, 영종대교, 청풍대교, 인천대교 등 교량 변위를 모니터링
하기 위하여 RTK-GNSS 설치 운영 중
EJtech

주요실적

비탈면 계측 시스템 구축

비탈면



- 비탈면 계측 시스템

- 수원국토사무소, 남원국토사무소, 진주국토사무소 등 전국 총 97개 비탈면의 지표 변위를 모니터링 하기 위하여 RTK-GNSS 설치 운영 중

현장 적용사진

EJtech

주요 고객사

CJ 건설	GS 건설	HJ 중공업	KCC KCC건설	KR산업	SK 머티리얼즈	SK 에코플랜트
SM 경남기업	계룡건설	고려개발	국토안전관리원	금강주택	대우건설	Kangsan 강산건설
대방산업개발	대보건설	DAEWOO E&C	Dongwon	DOOSAN 두산건설	DOOSAN 두산중공업	DL Construction
DL E&C	롯데건설	SAMBU 삼부토건	SAMSUNG SDS	SAMSUNG 삼성물산	SAMSUNG 삼성엔지니어링	SAMSUNG 삼성중공업
신동아건설	신세계 건설	쌍용건설	안강건설	우미건설	Samho 삼호개발	진흥기업
KORAIL 코레일공항철도	코오롱글로벌(주)	TAEYOUNG 태영건설	posco	posco 포스코A&C	posco 포스코건설	posco 포스코엔지니어링
풍림산업(주)	ex 한국도로공사	한국수력원자력(주)	한국시설안전공단	KERI 한국전기연구원	한국전력공사	KOMIPO 한국중부발전
한신공영	HANYANG	(주)한화/건설	현대건설	HYUNDAI	HDC 현대산업개발	현대엔지니어링
HYUNDAI amco	HOBAN	화 성	HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES	K water	KR 국가철도공단	KORAIL 한국철도

EJtech

[ES-16]

㈜이투비비

01 | 회사 소개 Company Overview

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

GNSS 솔루션의 선도기업

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary
(주)이투비비

SAFRAN
한국 공식 대리점

㈜이투비비는 **글로벌 위성항법시스템(GNSS)**을 기반으로 한 정밀 시각·위치 솔루션을 개발하고 제공하는 전문 기업입니다. 당사는 GNSS시뮬레이터, 항재밍시스템, 타임서버, 원자시계, 실내측위 등 다양한 제품군을 통해 항공·국방·우주·통신·산업 전반에 걸쳐 **안정적이고 신뢰할 수 있는 기술**을 공급하고 있습니다.
또한, 국내 유일의 **Safran 공식 대리점**으로서 세계적으로 검증된 제품과 기술력을 보유하고 있으며, 이를 바탕으로 고객 맞춤형 솔루션과 전문적인 기술 지원을 제공하고 있습니다.
㈜이투비비는 앞으로도 **지속적인 연구개발과 혁신**을 통해 국내 GNSS 산업의 경쟁력을 강화하고, 고객과 함께 성장하는 **신뢰할 수 있는 파트너**로서 자리매김하겠습니다.

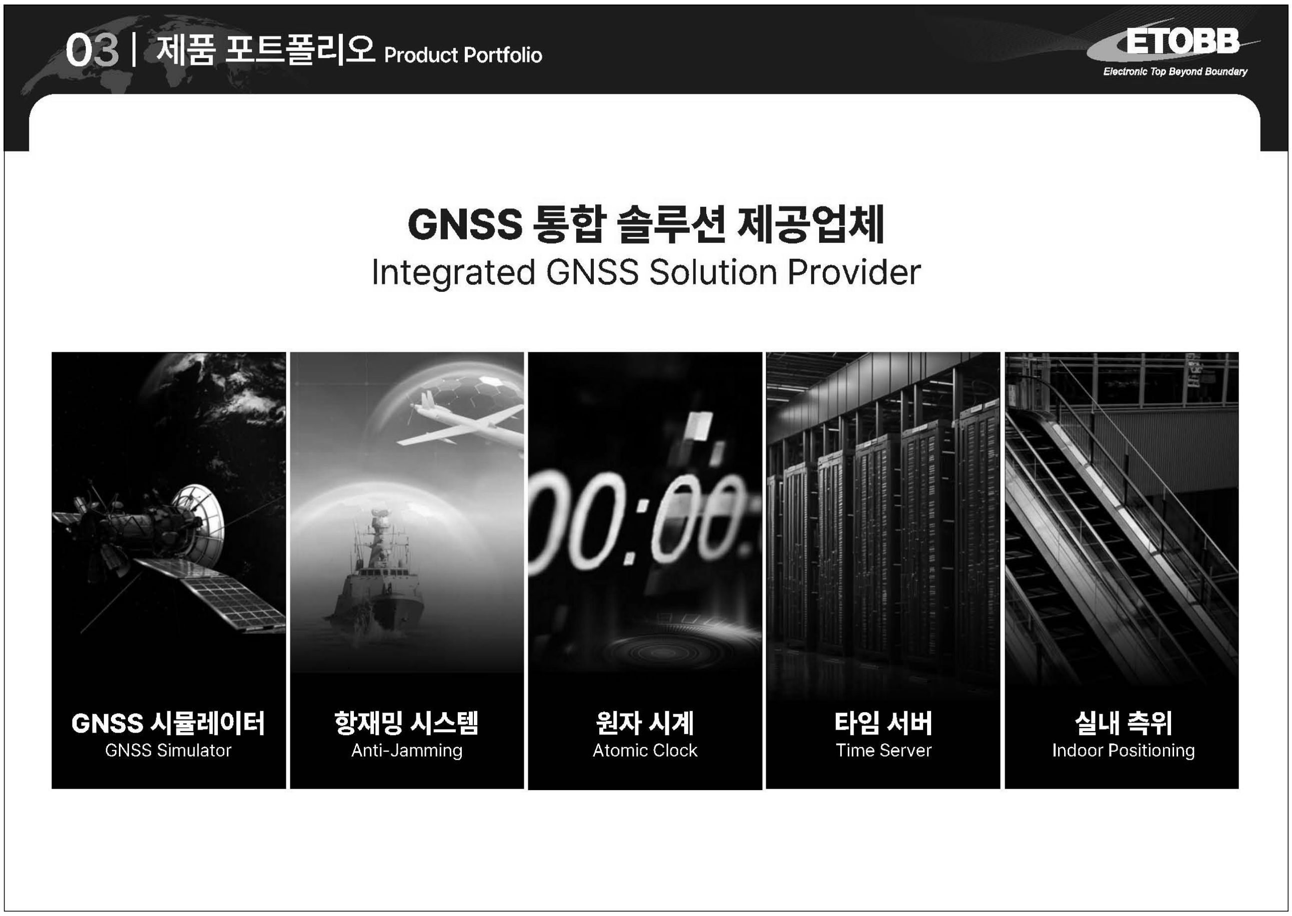
02 | 핵심 기술 Core Technology

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

이투비비가 개발한 차세대 GNSS 스푸퍼 대응 솔루션

SPG-S 스푸퍼 시스템 (SPG-S)

㈜이투비비 드론 방호 시스템은 **불법 드론의 위협에 신속하고 정밀하게 대응할 수 있는 첨단 솔루션**입니다.
침입 드론의 위성 수신기를 기만하여 침입 드론을 안전 지대로 유도하는 첨단 무력화 장비로, 공항·발전소·군사 시설 등 주요 인프라 보호에 최적화되어 있습니다.


03 | 제품 포트폴리오 Product Portfolio
ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary
GNSS 통합 솔루션 제공업체
Integrated GNSS Solution Provider
GNSS 시뮬레이터
GNSS Simulator
항재밍 시스템
Anti-Jamming
원자 시계
Atomic Clock
타임 서버
Time Server
실내 측위
Indoor Positioning


04 | GNSS 시뮬레이터 GNSS Simulator
ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary
다양한 환경에서의 위성 항법 시험·검증할 수 있는 첨단 솔루션 GNSS 시뮬레이터
SAFRAN GNSS 시뮬레이터
skydel
GNSS SIMULATION SOFTWARE
SKYDEL GSG-7
GSG-8 GEN2
GSG-ANECHOIC
GSG-WAVEFRONT
SAFRAN
Customized GNSS 시뮬레이터
SPG-M
SPG-S
SPG-H
SPG-D
ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

05 | 항재밍 시스템 Anti-Jamming System

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

TUALCOM

전파 교란(Jamming)으로부터 위성항법 수신기를 보호하는 항재밍 시스템

GNSS Anti-Jamming

TUALJ 16300

TUALJ 8300

TUALJ 4300

DATA LINK

AUTO TRACKING ANTENNA SYSTEM

S BAND TDMA MESH (ADHOC) DATA LINK

L BAND TDMA MESH (ADHOC) DATA LINK

TELEMETRY

STACKABLE DATA ACQUISITION & TELEMETRY SUITE

TELEMETRY RECEIVER

TELEMETRY TRANSMITTERS

06 | 원자 시계 Atomic Clock

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

초정밀 시간 · 주파수 기준을 제공하는 원자 시계

mRO-50 Atomic Clock

LPFRS Rubidium Oscillator

StarLPRO-150 Rubidium Oscillator

SRO-5680 Rubidium Oscillator

GRClok-1500 Rubidium Clock

MO Quartz Crystal Oscillator

GAHM – Ground Active Hydrogen Maser

RBSource-1600

GNSSource-2500

FemtoStepper

07 | 타임 서버 Time server

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

네트워크에 초정밀 시각을 동기화하는 핵심 인프라 타임 서버


SECURESYNC 2400


VERSASYNC


White Rabbit Z16

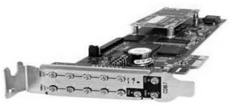

White Rabbit ZEN TP-32BNC


White Rabbit LEN


High Accuracy Timing IP Core (HATI)


White Rabbit Switch v3.4.


WROX


CDM PCIe Timing Cards


ART Card


TSync Timing Boards

08 | 실내 측위 Indoor positioning

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary

위성 신호가 닿지 않는 실내에서 정확한 위치를 제공하는 솔루션


SPG-FTR
GNSS TRANSMITTER


SPG-FTX
GNSS TRANSCEIVER

ETOBB
Electronic Top Beyond Boundary
(주)이투비비

서울시 금천구 가산디지털 1로 131, B동 503호 (08506)
TEL : 02-6677-3409 FAX : 02-6499-3409 E-mail : sales@etobb.co.kr www.etobb.co.kr

[ES-17]

㈜지엔에스에스솔루션


LabSat
E1
NavIC
E5A
B3
SBAS
B1
L5
L1
GPS C/No
OK
REC
LabSat 4
12-bit Quantization, 10-60 MHz Variable Bandwidth
and 3 Configurable RF Channels
Advanced GNSS signal testing with precise customization.
LabSat 4 combines performance with simplicity - it has never been this easy to record, replay and simulate complex GNSS test scenarios.
• 12-bit I&Q Quantization
• 10 - 60 MHz Variable Bandwidth
• 3 Configurable RF Channels
• Records CAN, RS232 & Digital Signals
• NEW Synchronize the Record & Replay of Multiple LabSat 4 Systems
LabSat
labsat.co.uk
T. 02-6737-7617 | E. steven@gnss-solution.co.kr | www.gnss-solution.co.kr


SatGen
B3
SBAS
L5
E1
GNSS Simulation Software :
■ Inbuilt Route Mapping
■ Waypoint-based Testing
■ Orbital trajectory simulation
■ Almanac Control
■ Multi-constellation and real-time
■ Wideband signals in the L-Band
■ NEW - Real-time simulation with LabSat 4
LabSat
OK
REC
LabSat 4
T. 02-6737-7617 | E. steven@gnss-solution.co.kr | www.gnss-solution.co.kr


FURUNO
Worldwide No 1 for Timing Solution
FURUNO
GNSS
10MHz
PPS
POWER
DATA
Field Time Sync Generator TB-1
TB-1 : Field Time Sync Generator
FURUNO
GT-100
MADE IN JAPAN
Evaluation Kit GT100 : Multi GNSS L1L5 Timing Module
FURUNO
AT300, AT500 GNSS Ant
Multi GNSS disciplined OSC
T. 02-6737-7617 | E. sales@gnss-solution.co.kr
www.gnss-solution.co.kr

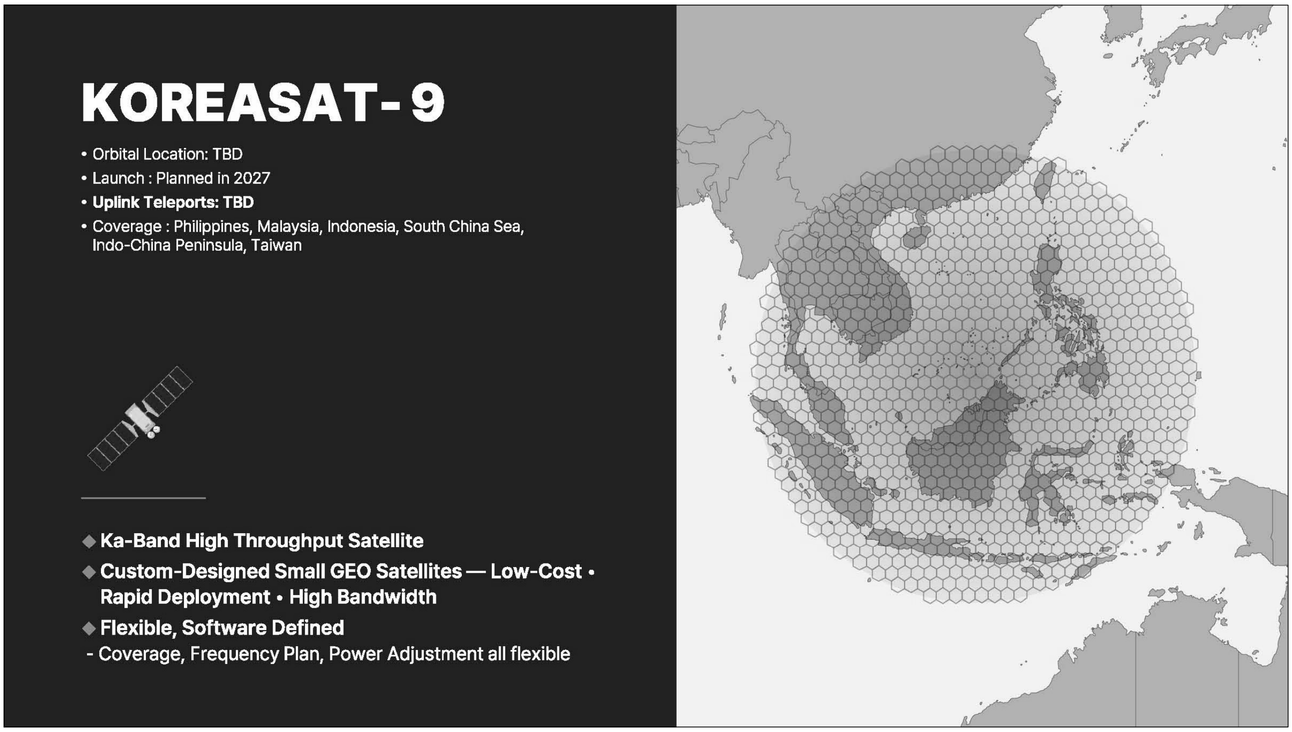
[ES-18]

㈜케이티샛

kt sat

KOREASAT COVERAGE

Satellite	KOREASAT-8	KOREASAT-7	KOREASAT-5A	KOREASAT-6	KOREASAT-6A
Orbit	75°E	116°E	113°E	116°E	116°E
Launch Date	Feb. 2014	May. 2017	Oct. 2017	Dec. 2010	Nov. 2024
Manufacturer	SSL	Thales Alenia Space	Thales Alenia Space	Alcatel/OSC	Thales Alenia Space
Launcher	Arianespace	Arianespace	SpaceX	Arianspace	SpaceX
Frequency	C & Ku-Band	Ku & Ka-Band	Ku & Ext Ku-Band	Ku-Band	Ku-Band
Coverage	East Asia, South East Asia, South Africa	Korea, Philippines, Indochina, India, Indonesia	Korea, Japan, Philipines, Indochina, Maritime	Oceania	Korea

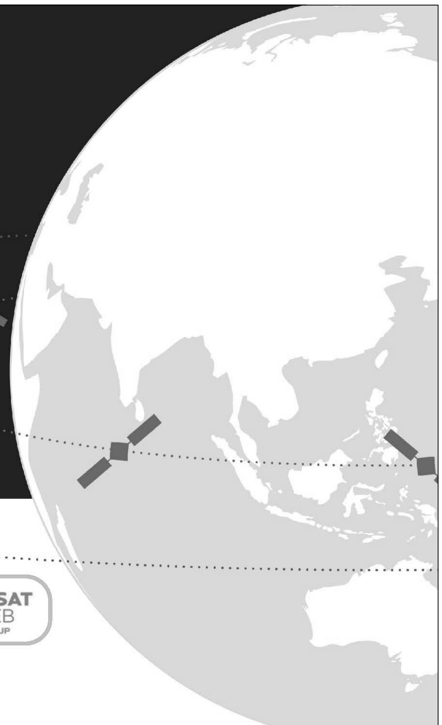

KOREASAT-9
• Orbital Location: TBD
• Launch : Planned in 2027
• Uplink Teleports: TBD
• Coverage : Philippines, Malaysia, Indonesia, South China Sea, Indo-China Peninsula, Taiwan
◆ Ka-Band High Throughput Satellite
◆ Custom-Designed Small GEO Satellites — Low-Cost • Rapid Deployment • High Bandwidth
◆ Flexible, Software Defined
- Coverage, Frequency Plan, Power Adjustment all flexible


OUR TELEPORTS
KUMSAN
Satellite Service Center
- Partner teleport of multiple GEO satellite operators since 1970
- Customized services - hosting, colocation, IPLC, mission support, etc.
- 40+ antennas installed with access to 57°E ~ 180°E
- Backed by Korea Telecom's advanced telecom infrastructure
- Certified as a Tier 4 teleport by the World Teleport Association (WTA).
YONGIN
Satellite Control Center
- Main control center of KOREASAT fleet since 1994
- 24/7 customer-oriented NOC support
- Monitor Transponder & Space Environment
- Analyze Spurious/Interfered Signal
CHEONAN
NGSO Teleport
- Dedicated for NGSO gateways, TT&C
- Ready-for-use full motion antennas
- Adjacent to KT Cloud Data Center
- High-security & reliable power supply
DAEJEON
Satellite Control Center
- Backup Satellite Control Center for YONGIN
KOREA
GLOBAL
SINGAPORE
Service Teleport
- Strategically located in the heart of Southeast Asia
- Customized services – hosting, colocation, fully-managed services
- 1+1 redundancy & dual power system
GERMANY
Service Teleport
- Located in Germany covering whole of Europe, Africa, Middle East and the Atlantic
- 24/7 NOC support available

KT SAT VISION

Global Connectivity Across GEO and LEO

KT SAT is evolving into a multi-orbit satellite service provider by continuously expanding its distinctive connectivity solutions.
By combining the stability of GEO satellites with the low latency of LEO systems, KT SAT strives to deliver seamless, high-quality connectivity to its customers.



GEO
36,000km
(with latency of approximately 600ms)

Planning
HTS In Production

Operations
KOREASAT-6A
KOREASAT-5A
KOREASAT-7
KOREASAT-8
KOREASAT-6

LEO
Approximately 550km
(with low latency of around 50ms)

Partnerships
AUTHORIZED RESELLER OF
STARLINK
eutelsat ONEWEB eutelsat GROUP

CHARACTERISTICS

KT SAT's Multi-Orbit Service is built upon decades of proven expertise and experience in satellite operations and communications, combined with trusted partnerships with leading global players.

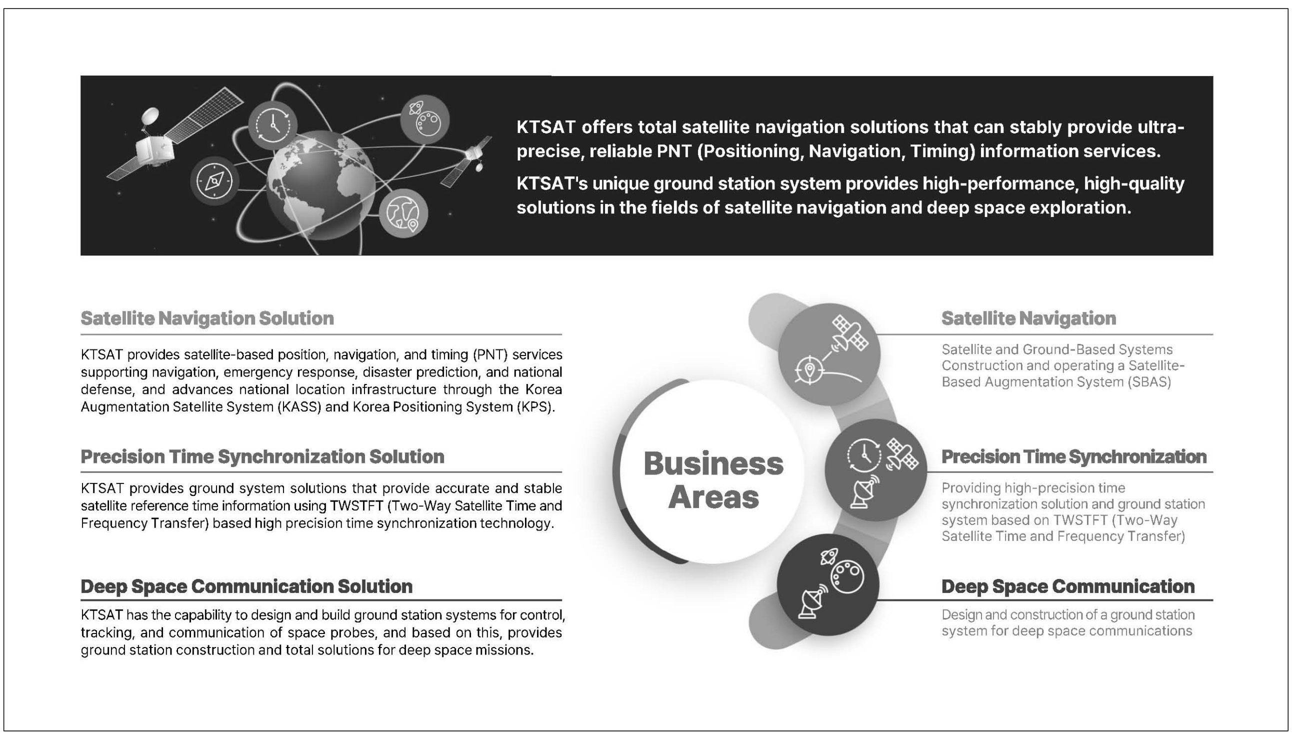
Benefits

- Professional 24/7 Customer Support with 55+ years of satellite operations experience
- Provide a dedicated customer portal for real-time line status, data usage, and speed monitoring
- Effective Data Usage Management with flexible top-up options
- Resilient connection using KT SAT's GEO service and LEO service from KT SAT's partners

Service Comparison

Category	GEO Satellite	LEO Satellite	
		KTSAT-Starlink	KTSAT-Eutelsat Oneweb
Altitude	36,000km	550km	~1,200km
Latency	High (500ms)	Low (~50ms)	Low (~50ms)
Network Characteristics	Private	Public Internet	Private (enabled by Network Slicing)
Data Flow	Vary depending on services used	Globally distributed (With International Backbone)	Routes through KT SAT PoP in Korea
Terminal Manufacturers	Vary depending on customer needs	SpaceX	Intellian, Hughes, Kymeta, Inster
Target Customers	DTH, users requiring private networks	Individuals users (e.g. vessels and seafarers)	High-reliability users (e.g. public institutions, enterprises)
KTSAT Service Coverage	Korea, Japan, South East Asia, India, South Africa	Global	Korea (Land, Maritime), Japan (Maritime)


SPACEDATA SAMPLE
Jujuy, Argentina (Lithium Mine), BlackSky, May 24, 2023, 11:09:32 UTC
EO
(Electro Optic)
Incheon International Airport, Republic of Korea (Terminal 1), Iceye, 2022-05-29 05:54:00 UTC
SAR
(Synthetic Aperture Radar)
West Sea, Republic of Korea (Provisional Measures Zone), Unseenlabs, 2023-09-25, 3 Acquisitions
Non-Imagery
(Vessel RF Detection Example)

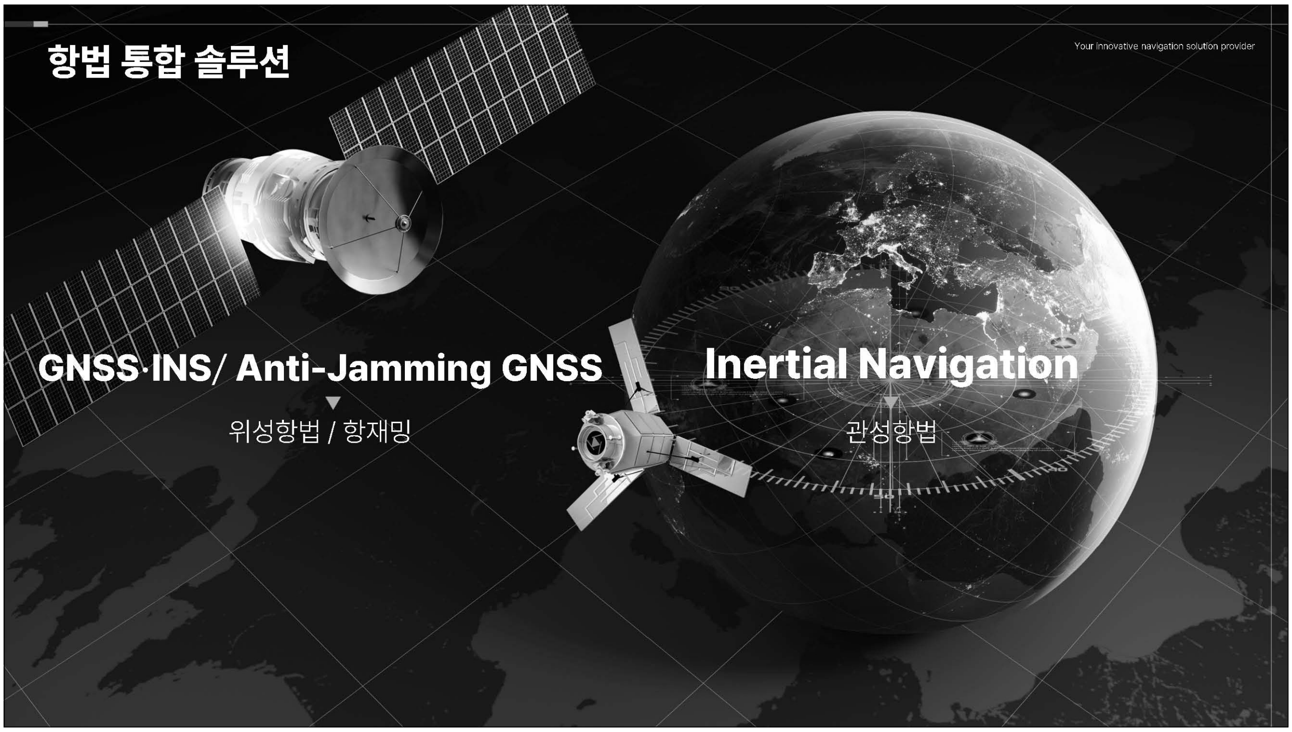

KTSAT offers total satellite navigation solutions that can stably provide ultra-precise, reliable PNT (Positioning, Navigation, Timing) information services.
KTSAT's unique ground station system provides high-performance, high-quality solutions in the fields of satellite navigation and deep space exploration.
Satellite Navigation Solution
KTSAT provides satellite-based position, navigation, and timing (PNT) services supporting navigation, emergency response, disaster prediction, and national defense, and advances national location infrastructure through the Korea Augmentation Satellite System (KASS) and Korea Positioning System (KPS).
Precision Time Synchronization Solution
KTSAT provides ground system solutions that provide accurate and stable satellite reference time information using TWSTFT (Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer) based high precision time synchronization technology.
Deep Space Communication Solution
KTSAT has the capability to design and build ground station systems for control, tracking, and communication of space probes, and based on this, provides ground station construction and total solutions for deep space missions.
Business Areas
Satellite Navigation
Satellite and Ground-Based Systems Construction and operating a Satellite-Based Augmentation System (SBAS)
Precision Time Synchronization
Providing high-precision time synchronization solution and ground station system based on TWSTFT (Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer)
Deep Space Communication
Design and construction of a ground station system for deep space communications

[ES-19]

㈜파이버프로


F I B E R P R O
항법 · 항재밍의 새로운 미래
생존성 극대화를 위한 항법 항재밍 솔루션


회사개요
Your innovative navigation solution provider
Creating New Value with New Technology
주식회사 파이버프로
여러분을 네비게이션 해 드릴 코스닥 상장사
1995년 창업부터 30년간 새로운 기술에 의한 새로운 가치창출이라는 비전을 가지고
전 세계의 광통신 및 센서 분야에서 수 많은 기여를 하고 있는 광 측정 관련 선도 제조업체로서,
이제는 항법 · 항재밍의 신기원을 개척하여
Global Top 항법 · 항재밍 솔루션 전문기업으로 도약하고자 합니다.
F I B E R P R O


항법 통합 솔루션
Your innovative navigation solution provider
GNSS·INS/ Anti-Jamming GNSS
위성항법 / 항재밍
Inertial Navigation
관성항법


항법 · 항재밍 솔루션
핵심 기술력 확보를 통한 작고 강한 Solution
Your innovative navigation solution provider
다양한 CRPA (2소자, 4소자, 8소자) 항재밍장치
Multi-GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, NavIC), Multi-band (L1, L2, L5) 위성항법
High Altitude, High speed, High dynamic, Airborne
High performance J/S
보강항법 솔루션 (SBAS/KASS, RTK-PPP)
항재밍 통합항법장치
Multi-GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, NavIC), Multi-band (L1, L2, L5) 위성항법
다양한 종류(FOG, MEMS, RLG)의 다양한 성능 IMU 결합
고속/고고도/고기동 환경 적용
보강항법 솔루션 (SBAS/KASS, RTK-PPP)


항재밍 솔루션
Your innovative navigation solution provider
다양한 체계에 적합한
CRPA 기반 항재밍 장치
GPS(L1,L2,L5), Galileo(E1,E5), GLONASS(G1,G2), BeiDou(B1,B2,B3), NavIC, (KPS)
다양한 Band 조합 가능
다양한 소자 가능 (2소자, 4소자, 8소자)
ASIC 기반 소형화, 경량화, 저전력
High Dynamic
NF2000, NF4000 (2소자, 4소자)
NF4000, NF8000(4소자, 8소자)
NF4000, NF8000(4소자, 8소자)


항재밍 통합 항법장치
Your innovative navigation solution provider
다양한 무기체계 및 고객 요구에 부합하는
항재밍 통합 항법장치
GPS(L1,L2,L5), Galileo(E1,E5), GLONASS(G1,G2), BeiDou(B1,B2,B3), NavIC, (KPS)
다양한 Band 조합 가능
GNSS + INS(MEMS(FOG/RLG)
칩셋 기반 소형화, 경량화, 저전력
High Dynamic
GNSS/INS 통합항법장치
2D/3D 자세측정 통합항법장치


항법 솔루션 _ 관성 센서
Your innovative navigation solution provider
움직이는 물체의 자세와 방향 및 속도 측정
FOG based solutions
01 디자인에서 제조까지 통합 기술
02 SWaP-C (Size, Weight, Performance and Cost)
03 국내 독보적 FOG 기술 보유사
Fiber Optic Gyroscope (FG 150)
Fiber Optic Gyroscope for space grade (SAG-SS)
Inertial Measurement Unit (FI 200C/ FI 200P)
Inertial Navigation System (Gyrocompass)


드론 및 무인기
칩셋 기반 소형/경량 항법/항재밍 장치
유도무기체계
Multi-GNSS, Multi-Band
고기동 항법/항재밍장치
다양한 체계 적용 가능한
Total 항법 · 항재밍 솔루션
우주 · 항공 · 함정 무기체계
해양 환경에서의 안정적인 항법 및 위치 결정
기동무기체계
보강시스템 : SBAS(KASS), RTK-PPP

[ES-20]

㈜피피솔


A1
Base and Rover, All-In-One
기준국의 안정성, 이동국의 편의성
하나로 완성하는 올인원 GNSS 수신기
최고 성능의 안정성 및 정확도
삼중주파수, 448 채널, 100Hz
동급 대비 합리적인 가격
국내 상시관측소 활용
피피솔 PPSOL


1 - 2 cm Accuracy
For Your Mobility
RTK2U
Ultra-Small RTK
14 mm
Pixhawk와 같은 드론 FC와 연동
이동체 탑재를 위한 초경량 · 초소형 크기
스마트폰 · 태블릿 탑재 가능
ublox
swift NAVIGATION
gmv INNOVATING SOLUTIONS
point one
" GNSS 보정정보
서비스 이용 가능 "
PPSOL


1 cm Accuracy or Better
For Your Precision
RTAP3MS
Precise for Mobility
차량 및 드론 등 이동체 탑재를 위한 I/O 구성
삼중주파수, 448 채널, 최대 100Hz
1 cm 이내 정확도 제공하는 RTK 수신기
swift NAVIGATION
gmv INNOVATING SOLUTIONS
point one
" GNSS 보정정보 서비스 이용 가능 "
PPSOL


1 cm Accuracy or Better
For Your Precision
RTAP3M
Compact Base
RTAP3M
UART
USB1
PWR
USB2
ETHERNET
PPSOLN.COM
Wi-Fi
GNSS
간편한 소형 기준국을 위한 초고정밀 정확도
삼중주파수, 448 채널, 최대 100Hz
1 cm 이내 정확도 제공하는 RTK 수신기
swift NAVIGATION
gmv
point one
" GNSS 보정정보
서비스 이용 가능 "
PPSOL

“본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.”

2025년 항법시스템학회 정기학술대회

Web Proceedings, Tutorial Book

발행인 : 박준표
편집인 : 박병운, 신미자, 정남해
발　행 : 사단법인 항법시스템학회
인　쇄 : ㈜비티엔
발행일 : 2025년 11월 4일

학회사무국
서울특별시 용산구 한강대로 366, 7층 비709호(동자동, 트윈시티남산)
전화 : 02-704-5681
팩스 : 02-790-5681
http://www.ipnt.or.kr
E-mail: ipnt@ipnt.or.kr

Sponsored by

로고	기관명	대표	전화	홈페이지
	LIG넥스원㈜	신익현	031-5179-7000	www.lignex1.com
	Thales Alenia Space Italia S.p.A	Di Paolo Giampiero	39641514148	www.thalesaleniaspace.com
	가치공간정보㈜	서동용	031-292-2220	www.valuespace.info
	단암시스템즈㈜	이성엽, 이성혁	031-538-6000	www.danam.co.kr
	덕산넵코어스㈜	황태호	042-363-9000	www.navcours.com
	로데슈바르즈코리아㈜	김태훈	02-3485-1900	www.rohde-schwarz.com/kr
	선박해양플랜트연구소	홍기용	042-866-3114	www.kriso.re.kr
	성화테크㈜/Movella(Xsens)	신동호	042-828-7857	www.sungwhatech.com
	와이즈시스템㈜	윤희홍	070-7010-0440	www.wisesystem.co.kr
	인성인터내쇼날㈜	최규주	02-579-5031	www.insungsys.kr
	㈜나브인랩스	조성윤	053-600-5584	navin-labs.com
	㈜넷커스터마이즈	안명수	042-863-7080	www.netcus.com
	㈜동원측량콘설탄트	임수봉	02-546-5660	http://dwsc.co.kr
	㈜마이크로인피니티	정학영, 윤종국	031-546-7408	www.minfinity.com
	㈜마치 일렉트로닉스 아이엔씨	조광래	051-744-7461	www.marchelectronics.com
	㈜문화방송	안형준	02-789-0011	www.imbc.com
	㈜삼영피엔티	김영균	02-6081-0088	www.samyoungpnt.com
	㈜솔탑	사공영보	042-867-7440	www.soletop.com
	㈜쎄트렉아이	김이을	042-365-7500	www.satreci.com
	㈜씨너렉스	박재덕	02-2088-1182	www.synerex.kr/
	㈜아센코리아	황국연	1544-3818	www.ascenkorea.com
	㈜이노와이어리스	곽영수	031-788-1700	www.innowireless.co.kr
	㈜이제이텍	남순성	031-711-4880	www.ejtech.net
	㈜이투비비	이정호	02-6677-3409	www.etobb.co.kr
	㈜지엔에스에스솔루션	김홍만	02-6737-7617	www.gnss-solution.co.kr
	(주)케이씨이아이	고현준	02-2103-4000	www.kcei.com
	㈜케이티샛	서영수	1577-7726	www.ktsat.com
	㈜파이버프로	고연완	042-360-0030	www.fiberpro.co.kr
	㈜피피솔	박관동	02-6925-1516	www.ppsol.com
	지티에스솔루션즈㈜	김민수	02-6230-6100	www.gtssolutions.co.kr
	한국전자통신연구원	방승찬	042-860-6114	www.etri.re.kr
	한국항공우주연구원 KPS개발사업본부	김대관	042-870-3751	www.kari.re.kr
	한민인터내셔널㈜	한상국	031-8084-3000	www.hanmin-intl.com
	한화에어로스페이스㈜	손재일	02-729-2156	www.hanwhaaerospace.co.kr
	항공교통본부 항공위성항법센터, 한국항공우주연구원	이상철	042-870-3504	www.kass.re.kr
	한국과학기술단체총연합회	김민수	02-3420-1200	www.kofst.or.kr

※상기는 가나다 순서임


The Innovating Pioneer for a Sustainable Tomorrow
We create sustainable technologies to protect
human-beings and our planet.
Hanwha
Aerospace