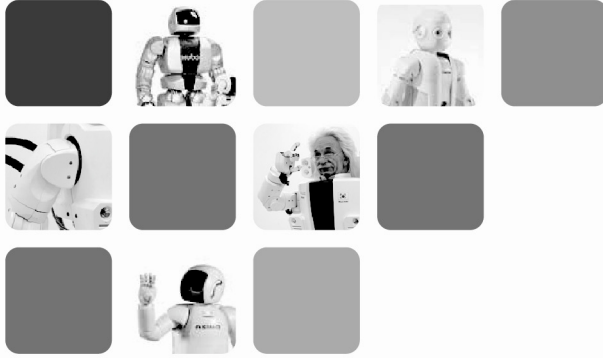


Program

시간	내용	
09:00~10:00	등 록	
10:00~10:50	기조강연 및 개막식	[기조강연1] The Unmanned Construction: A Field Robotic System for Disaster Response Works, by the Remote Controlled Operation of Construction Machines - 일본 시바우라공대 신이치 유타(Shinichi Yuta) 교수 -
10:50~11:05		개 회 식 인사말 : 로봇신문 조규남 대표이사 발행인 환영사 : 박용운 필드로봇소사이어티 회장 축 사 : 인천시 구영모 산업정책관
11:05~12:00		[기조강연 2] 수중 로봇, 무인 해양 시대를 열다 -한국로봇융합연구원 여준구 원장-
12:00~13:00	Lunch Break	
13:00~13:30	물류 로봇과 요소 기술	국내 로봇산업 이슈 및 발전방향 - 산업부 이준석 로봇PD -
13:30~14:00		자율주행 무인수상정(USV) - LIG 넥스원 유재관 박사 -
14:00~14:30		자율주행 물류 로봇을 위한 자율주행 네비게이션 솔루션 - 유진로봇 박성주 사장-
14:30~15:00		스마트 모빌리티 로봇과 표준화 이슈 - 경희대 이순걸 교수 -
15:00~15:20	Coffee Break	
15:20~15:50	필드로봇 적용사례	물류시장의 변화와 지역 특화 물류 로봇 육성 방안 - 전자부품연구원 전세웅 팀장-
15:50~16:20		자율주행기반 로봇 플랫폼 활용 실외 배송 - 언맨드솔루션 문희창 대표-
16:20~16:50		노지 농업용 다목적 지능형 로봇 - 국립농업과학원 김국환 박사 -
16:50~17:20		무인 잠수정 도킹 기술 - 한화시스템 이필엽 수석연구원 -
17:20~17:30	Closing	



Contents

기조강연

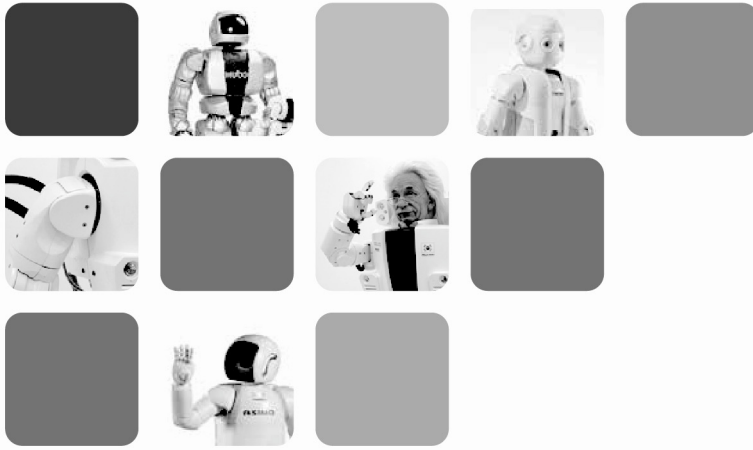
- [기조강연 1] The Unmanned Construction: A Field Robotic System for Disaster Response Works,
by the Remote Controlled Operation of Construction Machines 3
일본 시바우라공대 신이치 유타(Shinichi Yuta) 교수
- [기조강연 2] 수중 로봇, 무인 해양 시대를 열다 33
한국로봇융합연구원 여준구 원장

수중·물류 로봇과 요소 기술

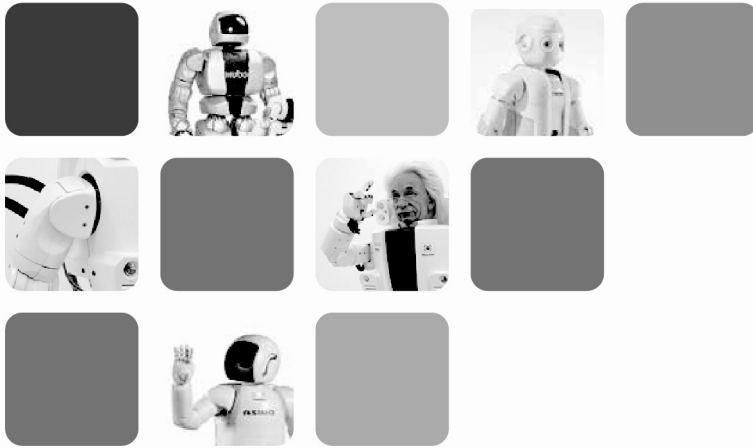
- 국내 로봇산업 이슈 및 발전방향 65
산업부 이준석 로봇PD
- 자율주행 무인수상정(USV) 79
LIG 넥스원 유재관 박사
- 자율주행 물류 로봇을 위한 자율주행 네비게이션 솔루션 91
유진로봇 박성주 사장
- 스마트 모빌리티 로봇과 표준화 이슈 103
경희대 이순걸 교수

필드 로봇 적용 사례

- 물류시장의 변화와 지역 특화 물류 로봇 육성 방안 125
전자부품연구원 전세웅 팀장
- 자율주행기반 로봇 플랫폼 활용 실외 배송 147
언맨드솔루션 문희창 대표
- 노지 농업용 다목적 지능형 로봇 159
국립농업과학원 김국환 박사
- 무인 잠수정 도킹 기술 181
한화시스템 이필엽 수석연구원



기조강연



[기조강연 1]

The Unmanned Construction: A Field Robotic System for Disaster Response Works, by the Remote Controlled Operation of Construction Machines

일본 시바우라공대 신이치 유타(Shinichi Yuta) 교수



Unmanned Construction

-- A Field Robotic System for Disaster Response Works, by the Remote Controlled Operation of Construction Machines

International Field Robotics Forum
Oct.25, 2019

Prof. Shin'ichi YUTA

Invited Professor, Shibaura Institute of Technology, and
President, Next Generation Unmanned Construction Tech. Res. Assoc.

Topics of my talk

Oct.25, 2019

- Introduction
- Some Topics in Field Robotics
 - Robots to Work in Real Environment
 - Project of Robot Technologies for Infrastructure Maintenance and Disaster Response in Japan
- Unmanned Construction
 - Remote Controlled Construction for Disaster Response Works and its History
 - Development of Unmanned Construction System for Water Disaster

Introduction of Speaker

Shin'ichi YUTA, IEEE & RSJ Fellow

Invited Professor, SIT Research Laboratories, Shibaura Institute of Technology

- 1975 Dr. Engineering in EE, Keio University
- 1978-2012 University of Tsukuba
 - 1992- Professor
 - 2004-2006 Vice-President for Research and Industrial Cooperation,
 - 2006-2010 Director, Industrial Liaison Center
- 2012-present Professor (Adjunct), Shibaura Institute of Technology

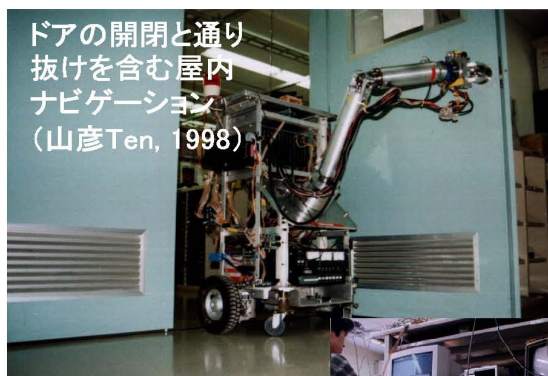
Additional Works:

Invited Researcher, National Public Works Research Institute
Project Leader of NEDO Infrastructure Maintenance PJ (2014-2018)
President, Next Generation Unmanned Construction Research Association
President, New Technology Foundation
Director Board, Fuji Soft Inc. and Doog Inc.

Research Field:

- Mobile Robotics, Autonomous Navigation,
- Field Robotics, Experimental Robotics,
- Robot Technology for Maintenance and Disaster Response

Introduction of Speaker: Mobile Robots and Autonomous Navigation in Real World



Topics of my talk

Oct.25, 2019

- Introduction
- **Some Topics in Field Robotics**
 - Robots to Work in Real Environment
 - Project of Robot Technologies for Infrastructure Maintenance and Disaster Response in Japan
- **Unmanned Construction**
 - Remote Controlled Construction for Disaster Response Works and its History
 - Development of Unmanned Construction System for Water Disaster

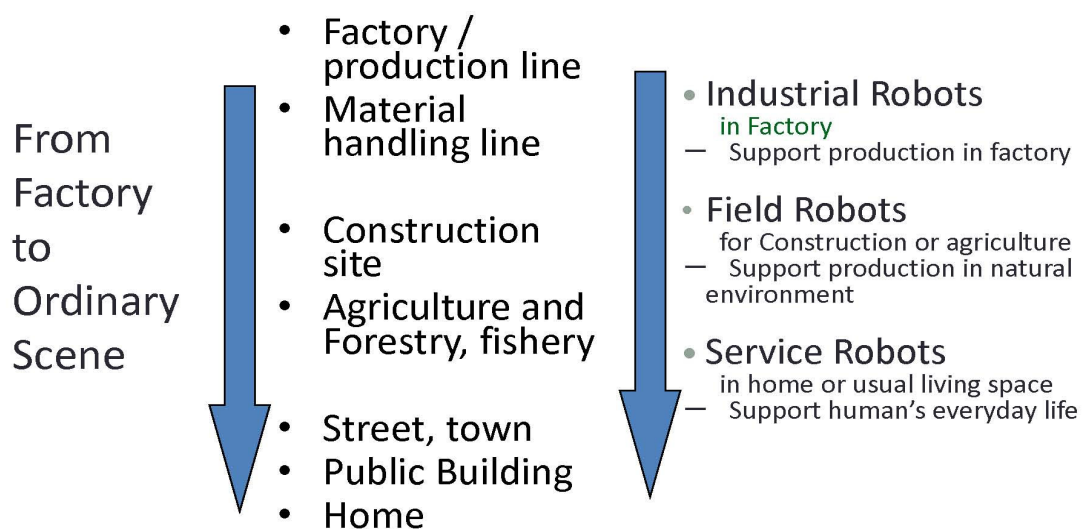
Expectation for the Working Robots

- Substitute What Human Can Do
 - **As Replacement of Human**
- Act What Human Can Not Do
 - **As a Machine**
- Expected Role for Robots :
 - ◆ Expand The Working Environment to Dangerous Site
 - ◆ Make the Work Precise and Accurate, or Large-Scale and Heavy Weight
 - ◆ Reduce the Load of Human and Reduce Personnel Costs

The role of “Working Robots” in the Society

- (Physical) Solution for the Currently Existing Social Problems
- Robotics = R&D to provide solutions

Recent trends on Working environment of the robots



Standing Position of the Research in Field Robotics

- Technology for robots working in the **natural environment** (at outside of the factory)
- Realize works at the **real scene**
- Deal with the “**environment condition**” is **more essential** than difficulty of the works
- Operated in the plain **environment** as possible **as it is**
 - Work in the environment with small preparaton for the robots

Robot Technology

1: Object Handling, Manipulation

< Manipulator, Arm >

➡ **Object Recognition, Skillful Motion**



2: Mobility, Move itself

< Mobile Robot >

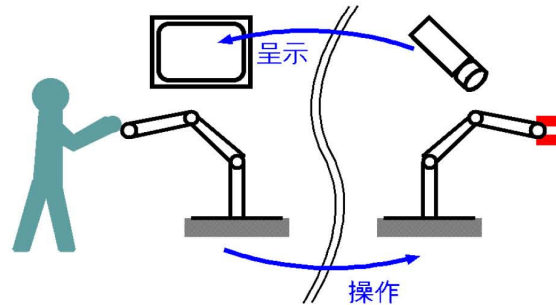
➡ **Environment Recognition, Path Planning**



Robot Technology for Work Task

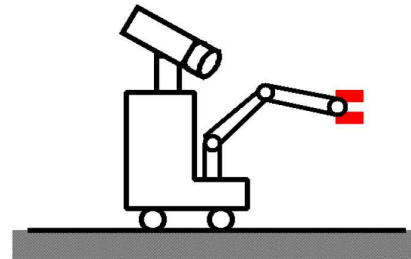
1 : Tele-operation

Operation Interface,
Human-machine
Communication



2 : Autonomous Behavior

Autonomy, Self-contained,
Adaptive Action



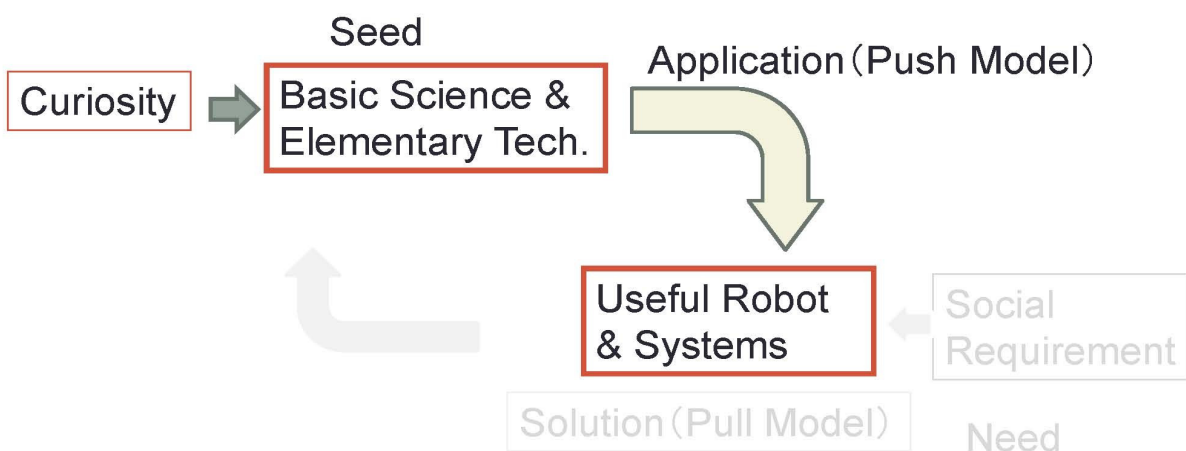
How Robot Works?

- by Remote control
- by Teaching – Playback
- Autonomously (sensor feedback,
automatic motion planning)
- by Program (in various level)

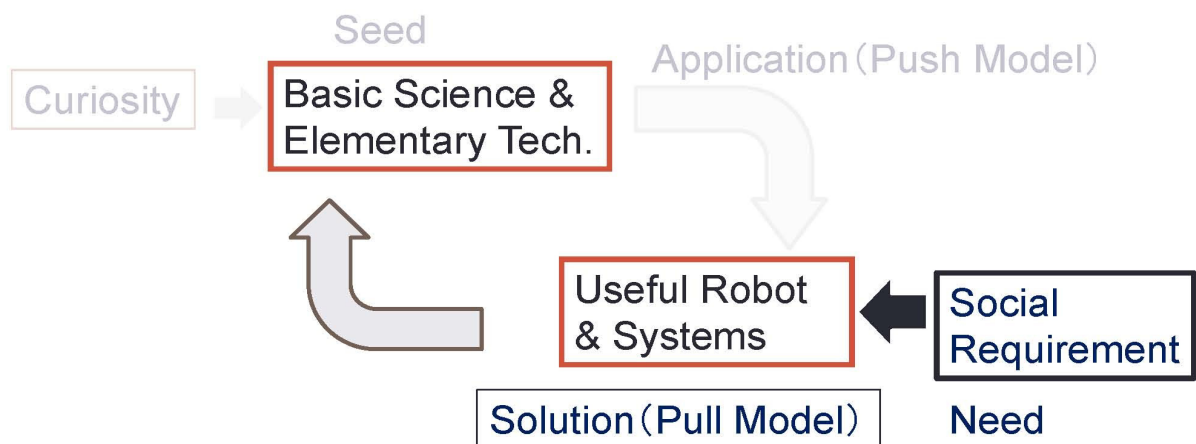
Key Issues for Real World Problem

- Real World is not simple
- Understand Mission/Task
- Understanding environment

20 Century Model in Research and Development (Science and Technology)



Standing Position for Research and Development of Field Robotics (as Solution Provider)



Recent Needs on Robot Technology for Infrastructures (in Japan)

(1) Disaster-Response Capability

(Examples of Disaster)

- East –Japan Earthquake
- Frequently Occurrence of the Unusual Weather like heavy rain or big Typhoon
- Volcanic eruption and mud flood



Recent Needs on Robot Technology for Infrastructures (in Japan)

(2) Aging Problem of Infrastructures

(Ex.)

- Ceiling Board Dropped Down at Sasago Tunnel
- Dangerous Old Bridges



Important Key Words in Current (Japanese) Society = Security / Safety and Maintenance

- Continuously Keeping the Current Comfortable Life (supported by technology) is the Big Challenge.
- Maintenance of Infrastructure as the Social Facilities : Energy network, communications network, transportation network, transportation network, materials production
 - To Avoid the Cutting of the Maintenance Chain (Crisis of the daily life)
 - Reduction of the Cost for Infrastructure Maintenance
- Correspondence to a Disaster
 - The Investigation and Restoration for the Case of Emergency by Remote or Automatic Operations
 - Avoid Second Disasters

Robot Technologies for Maintenance of Infrastructures / Investigation and Restoration at Natural Disaster

◆ Access Technology

:Mobility at: Ground, Areal, Wall, Under-water

- Bring Machines / Equipment to the Examination or Work Site
 - : at Dangerous Place, (Ex. Heights, Radio Active Environment)
- Avoiding Second Disaster

◆ Automatic or Remote Operated Work

- Measurement / Light Work / Construction

◆ Total System Design and Implementation for Real Use

- Analysis of Use Case,
- Function Design,
- Integration of Hardware, Software, Mechanism, Control, Operation Interface

NEDO infra-robot Project (2014-2018)

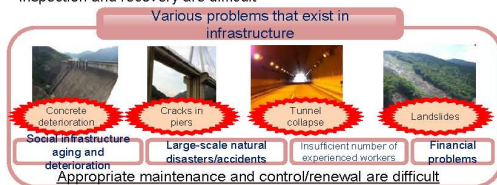
Infrastructure maintenance and control

Robot and Sensor System Development
Project for Infrastructure Maintenance and Disaster Survey

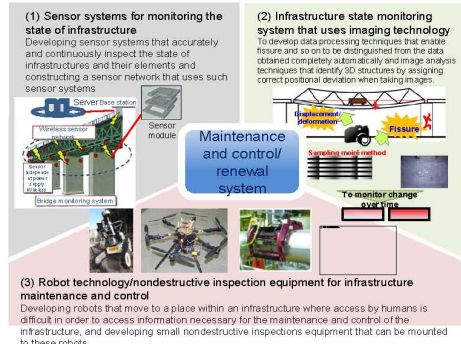
Project Leader:
Prof. S.YUTA

Social background for implementing the project

- Public infrastructure such as bridges, tunnels, dams, and the like, require regular maintenance and control/renewal.
- Reducing disaster response time, especially in cases where emergency inspection and recovery are difficult



Subjects of research and development and Project Manager's comments



Project Manager's comments: This project is intended to develop a maintenance and control/renewal system for public infrastructure using various types of sensing technologies and robots. Its objectives include the technological development while at the same time specifically addressing social issues. For this reason, in the field of robotics, in cooperation with the Robot Site Verification Committee of the Ministry of Land, Infrastructure, Transportation, and Tourism, improvements are being made while conducting field verification/evaluation by utilizing actual bridges and dam lakes. The current developments aim at a system that is of help at actual work sites.

Robot and Machinery System Technology Department of the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)
(National Research and Development Agency) TEL:044-520-5241

Developped Robots in NEDO infra-robot Project

Bridge inspection robots



Wall climbing robot with vacuum leg



Hanging drone to steel girder



Hanging robot to main girder



Girder crawling robot with magnetic wheel



Variable pitch drone



Light arm type robot

Robots for disaster Survey

<for volcano disaster>



Drone for disaster simulation



Disaster survey system with mooring drone and UGV

<for tunnel disaster>



Explosion proof UGV

Robots for river and dam



Dam inspection robot



River measurement robot

Robots for nondestructive inspection



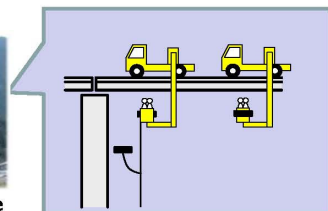
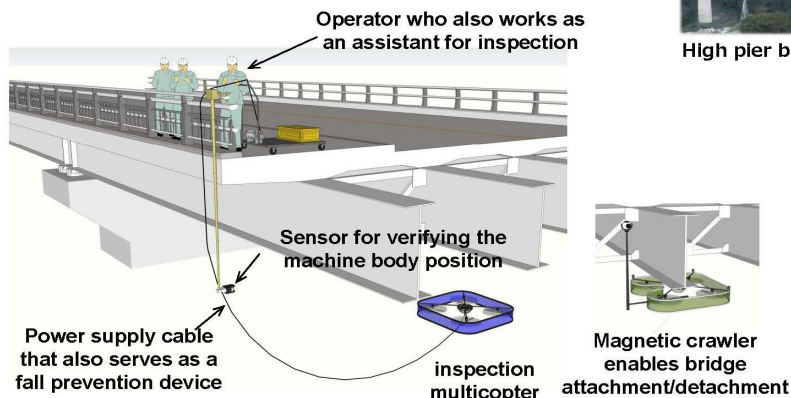
Pipe inspection robot

An Example of the Theme in NEDO infra-robot Project

22

Research and Development of bridge inspection systems using multicopters

- A multicopter with magnetic crawler which attaching to steel girder and moving along with it which can stably obtain images of detailed parts by flying to the end of a target bridge and attaching to it using an adsorption and moving device.
- Prevent deviation from flight area due to wire limit.



NEDO

An Example of the Theme in NEDO infra-robot Project



Disaster preparedness

Development of robotic sensing technologies and realtime disaster-database to forecast volcanic debris flow

Overview of research and development

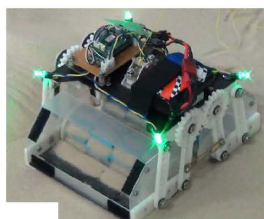
The focus is on volcanic debris flow, which is a highly probable disaster in a volcanic area, and the overall damage produced is extensive even if the original flow was small. To develop and commercialize robotic sensing technologies that will input data on a database in real time in areas prone to volcanic disasters, the following will be implemented.

- A) Collection of contour data by multirotor equipment
- B) Research and development of remote sediment-sampling technologies
- C) Research and development of measuring technologies for remote water content and water permeability
- D) Building a real-time database system for volcanic disasters

These developments will enable obtaining image/contour data, implementing site sampling testing and water permeability testing, and assembling and distributing the acquired and processed data in districts, where human access to the site is disabled due to problems in terms of the safety of sites that have been hit by a volcanic disaster, and districts, where manned aircrafts cannot fly due to the smoke erupted from the volcano or owing to meteorological situations.



Multirotor equipment that can fly over a long distance



Miniaturized lightweight roller sediment sampling device

Results and future prospects



Three-dimensional contour map created by using SfM (Structure from Motion), based on multiple photos obtained by multirotor equipment



Field testing with sediment sampling equipment, device lowering equipment, and multirotor equipment

[Future prospects]

By further promoting the present research and development, it is expected that, in FY2017, a real-time database will be realized for areas prone to volcanic disasters, which will predict volcanic debris flow.

The system can be deployed by public institutions responsible for high-volcanic and -landslide risk areas, and it can be used in disaster management for the safety of the people living in such areas.

Topics of my talk

Oct.25, 2019

- Introduction
- Some Topics on Field Robotics
 - Robots to Work in Real Environment
 - Project of Robot Technologies for Infrastructure Maintenance and Disaster Response in Japan
- **Unmanned Construction**
 - Remote Controlled Construction for Disaster Response Works and its History
 - Development of Unmanned Construction System for Water Disaster

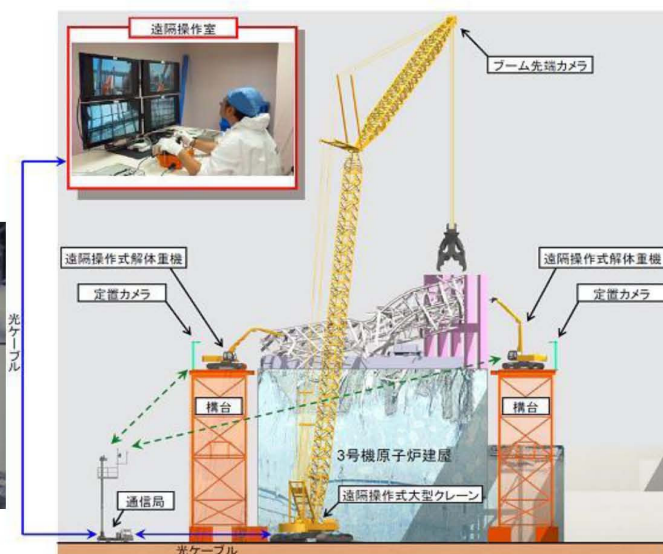
For Disaster Response: Investigation / Works without Human on the Site ➡ Remote Operation Technology

- Unmanned Construction



For Disaster Response: Investigation / Works without Human on the Site ➡ Remote Operation Technology

- Fukushima Nuclear Plant Accident



3号機におけるガレキの撤去

Unmanned Construction

: Real Working Robotic System for Disaster Restoration Activity in Japan

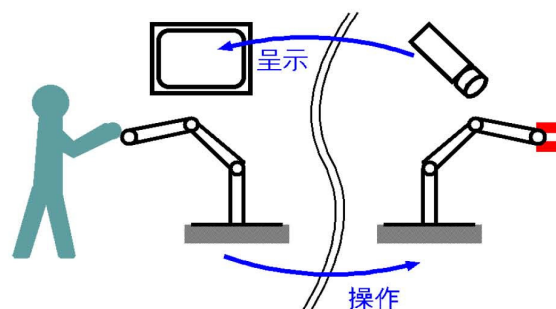
- Tele-Operation of Heavy Machinery for Construction

To reduce risk of second disaster or in dangerous areas

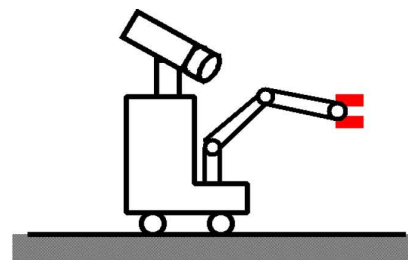
Robot Technology for Work Task

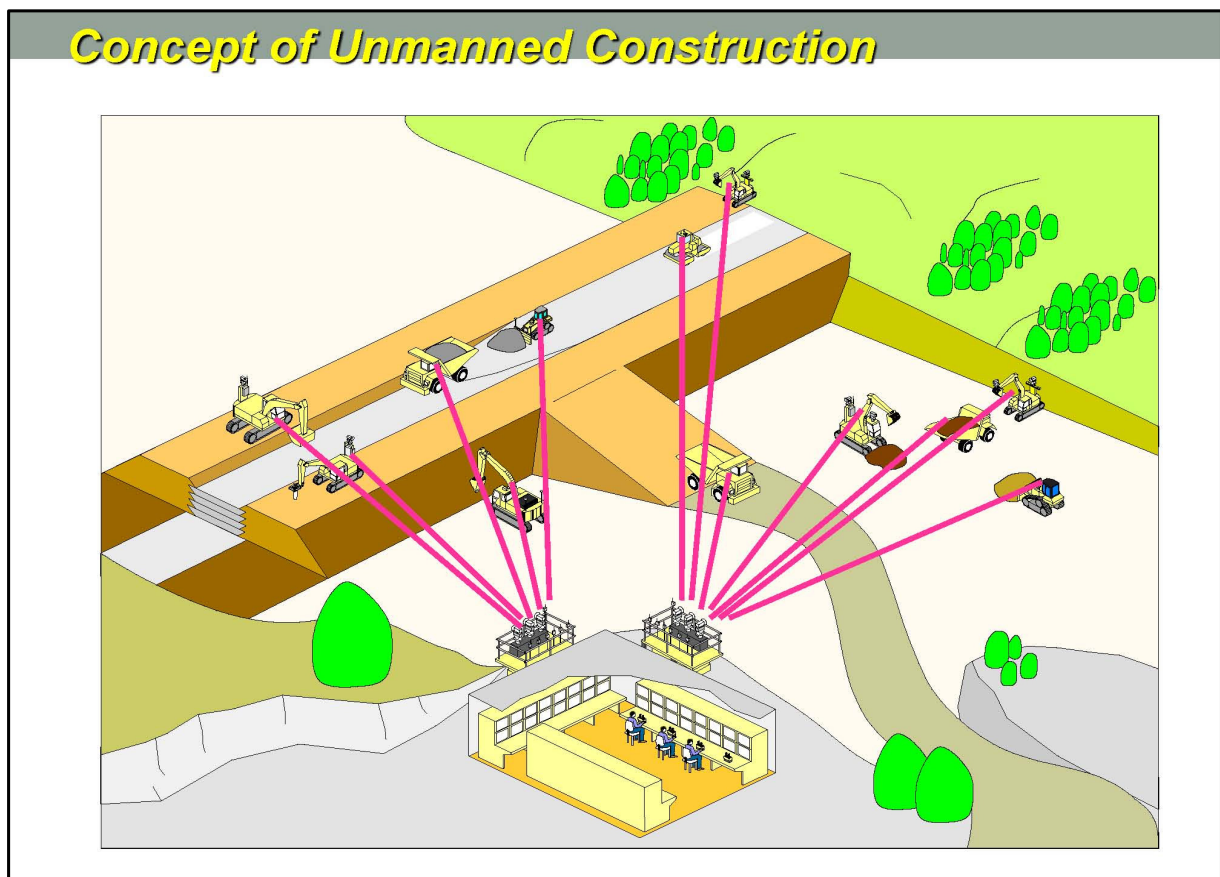
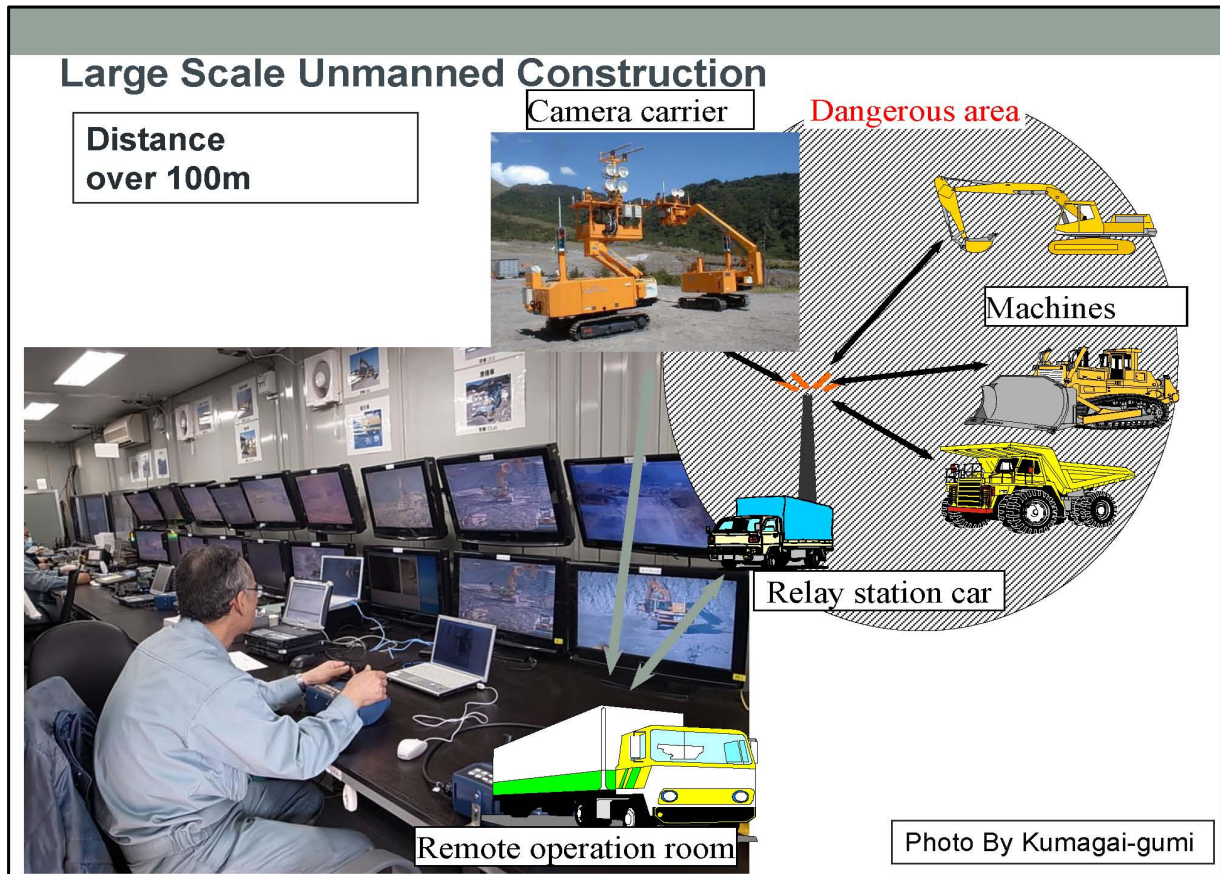
1 : Tele-operation

- Human-machine Interface
- Communication



2 : Autonomous Behavior Autonomy, Self-contained, Adaptive Action

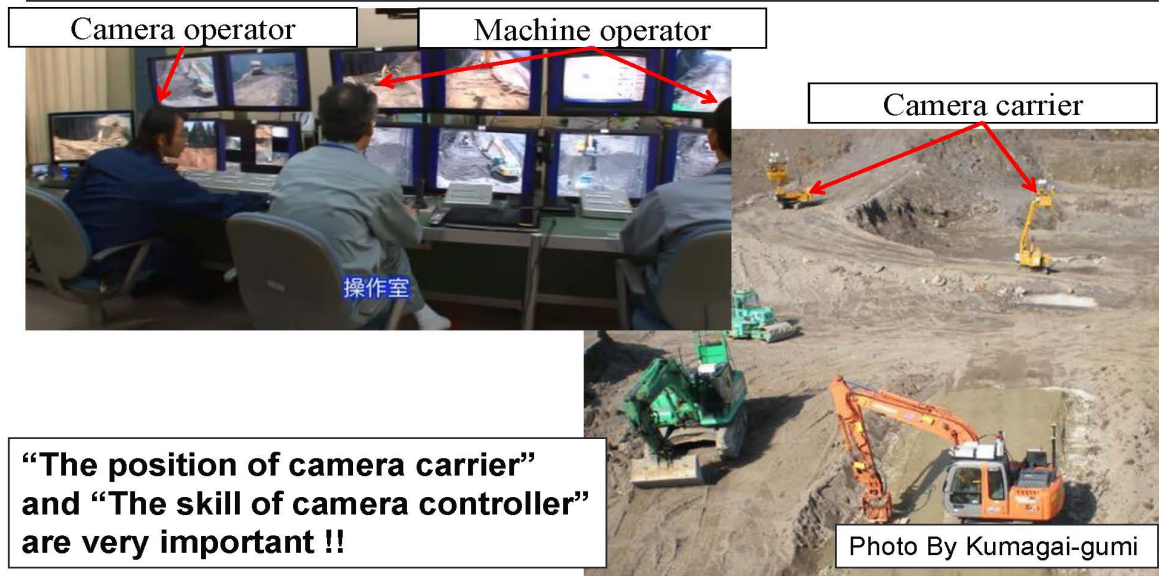




Large Scale Unmanned Construction

Machine operators use several monitors
(from camera carrier and operator's seat)

Camera operator control the monitors for machine operators
(Pan, Tilt, Zoom, Change)



History of Unmanned Construction – Unzen Project

Mt. Unzen-Fugen
Active volcano in Kyushu, Japan

Eruption disaster, 1991

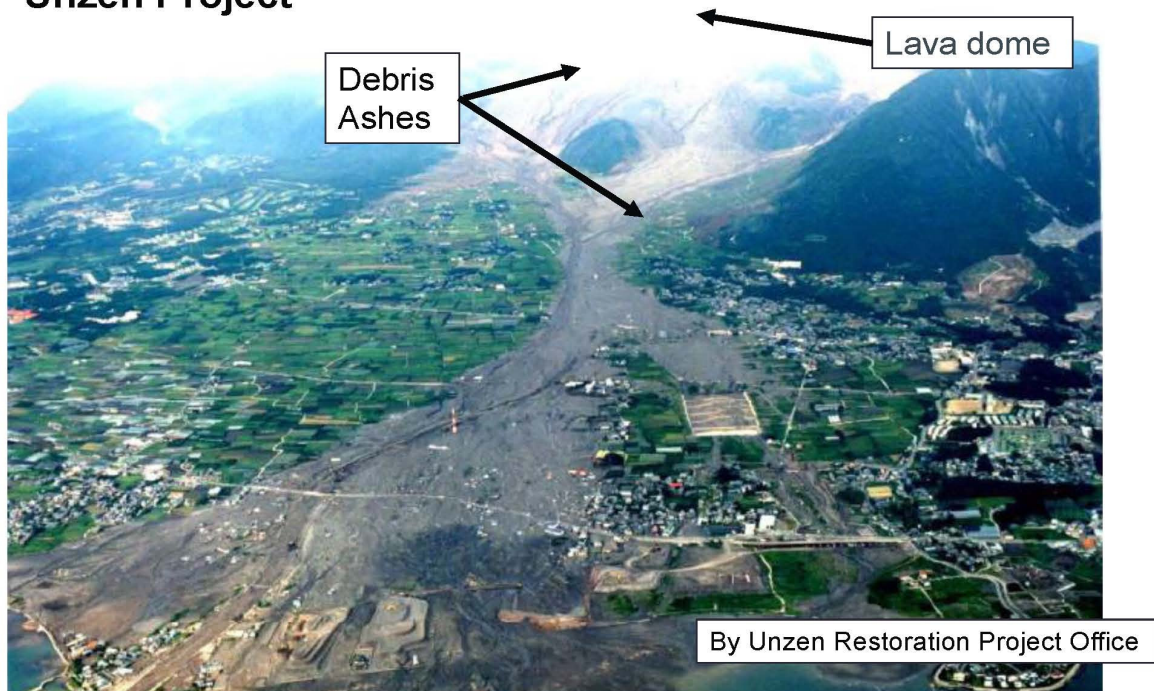


[Damage]

41 dead, 3 missing, 12 wounded, 2,511 buildings damaged, 229.9 billion JPY of damage
62 debris flows, total sediment discharge of ca. 7.6 million m³, and 9,432 pyroclastic flows

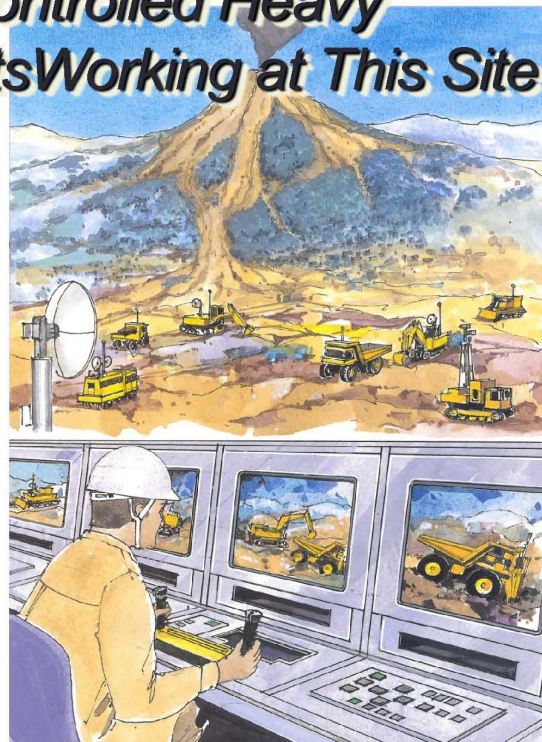
By Unzen Restoration Project Office

Unzen Project



After the disaster (even today) There is a big risk of debris flow.
It is necessary to make barrier to protect local community.

Remote Controlled Heavy Equipments Working at This Site



Remote Controlled Heavy Machines

Backhoe with Machine Guidance



Bulldozer with Earth Removing Plate Control



Remote Surveying system



Road Roller with Pressure Management



Remote Controlled Heavy Machines

Dump Truck (Ejecter Type)



Crawler Shovel for Cleaning



Crawler Dump for Sprinkling



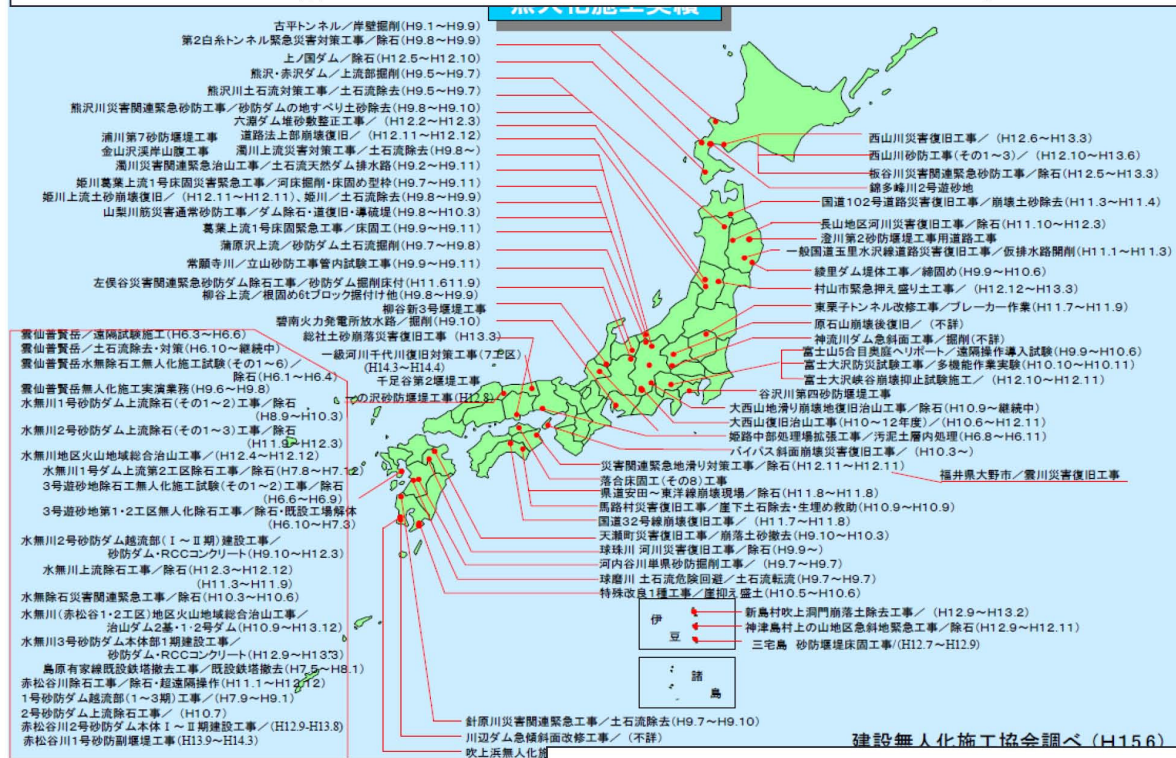
Crawler Dump for Communication Repeater



Long Arm Backhoe for Camera



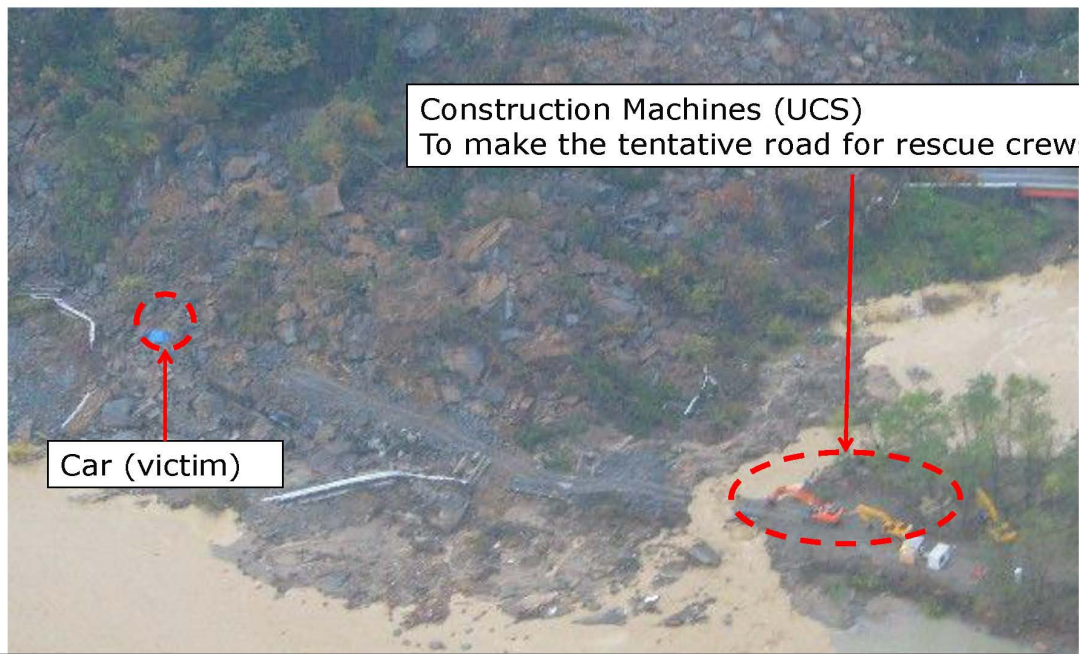
The UCS technology has been used in more than 150 sites in Japan



Important Characteristics of Unmanned Construction System Technology

- Practical System for Real Works at Real Site
- Progress and Improvement while Using at Real Work
- Total System Established which Can be Provided in the Case of Emergency
 - Alive Machines and Information Sharing
 - Trained Operators, Logistics
- Back Ground
 - Continuously Used since 90's.
 - Often Occurrence of Abnormal Natural Disasters in Japan
 - Constructions were Ordered by MLIT, and Works were done as Business

For example....1.



Construction Machines (UCS)
To make the tentative road for rescue crews

Car (victim)

Slope collapse (land slide) by big earthquake

For example....2.



To remove debris
in strong radiation condition

Fukushima nuclear power plant in 2011

Photo By TEPCO

Movie

Recent Unmanned Construction at Aso-Ohashi Land Slide Area after Kumamoto Earthquake in 2016

Movie by Kumagaigumi

Recent R&D Project for Unmanned Construction by:

New Generation Unmanned Construction Technology Research
Association (UC-Tec)

Realization of Remote Operated Working System in Water Edge and Shallow Water Area


- Supported by Strategic Innovation
Program (SIP) of Japanese Government

■ R&D Topics: Robotics Technologies

■ R&D Theme: New Development of Unmanned Construction
~Realization of Remote Operated Working System in Shallow Water Area~

■ Principal Investigator: Shin'ichi Yuta (President, New Unmanned Construction Technology Research Association & Professor, Shibaura Institute of Technology)



■ Collaborative Research Groups: IHI Corporation, Public Works Research Institute



R&D Objectives and Subjects

Background

- Remote/Unmanned Construction is an **unique technology** which is **developed in Japan** for emergency construction in an eruption or earthquake disaster.
- Recently, **water disasters** (landslides, debris flows, floods) have **occurred frequently** because of torrential rain.

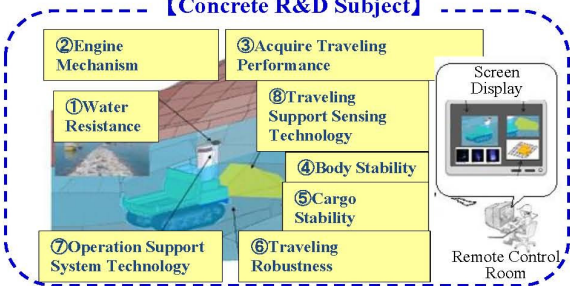
Disaster of typhoon No. 12 (H23.9.6) Anan, Tokushima (H26.8)

- An amphibian heavy carrier robot is **required for post-disaster restoration work at river edges or semi-underwater places.**

R&D Subjects

- Construct an **unmanned construction system** which realizes the series of post-disaster restoration work at **river edges or semi-underwater places at a depth of about 2 m.**
- **Develop remotely operated heavy carrier robot** which runs efficiently and stably under various conditions in several hundred meters **from shallow water to land areas.**

Concrete R&D Subject



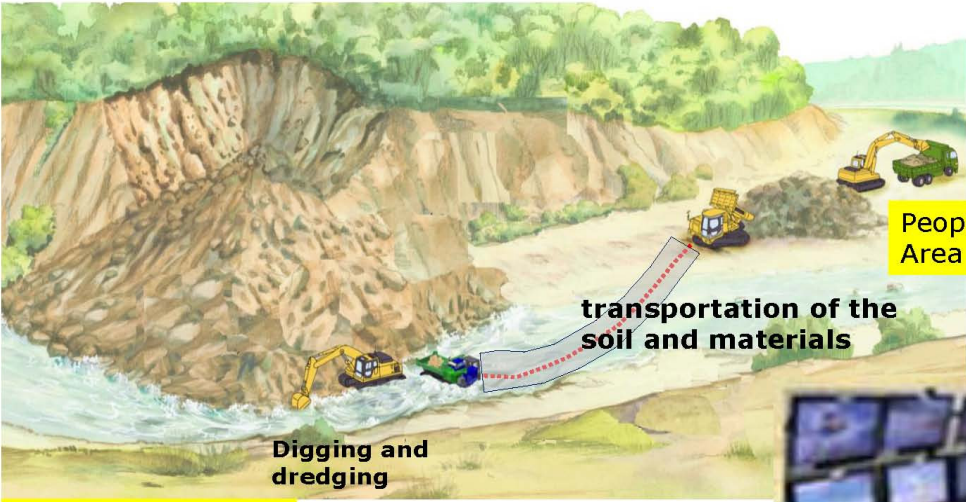
R&D Objectives

Expand applicable scope of unmanned construction to **dangerous** river edges and shallow water areas for the quick post-disaster restoration of frequently occurring water disasters

43 Infrastructure Maintenance, Renovation, and Management

Development Target System


Unmanned Construction for Water Disaster



People Working Area

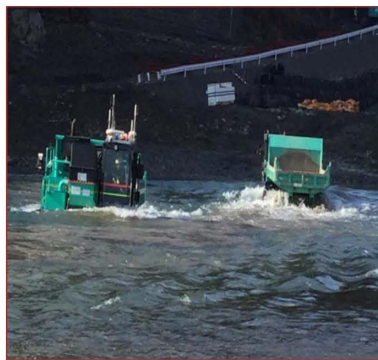
Unmanned Area

Remote Operation Room



Research and Development Results

(1) Development of Heavy Carrier Robot for Shallow Water Area



- Maximum Water Depth 2m
- Loading Capacity 10 tons
- Underwater Speed 3km (With max load)
- Underwater Driving Roll 4°
- Tilt Angle Pitch 5.7°
- Operation Modes Remote, or Onboard Operator
- Loading Materials Sediment or Concrete Blocks etc.
- Towed Function Remote Control Hydraulic Brake Release Mechanism
- Dimensions L6, 630mm x W2, 840mm x H2, 910mm

45

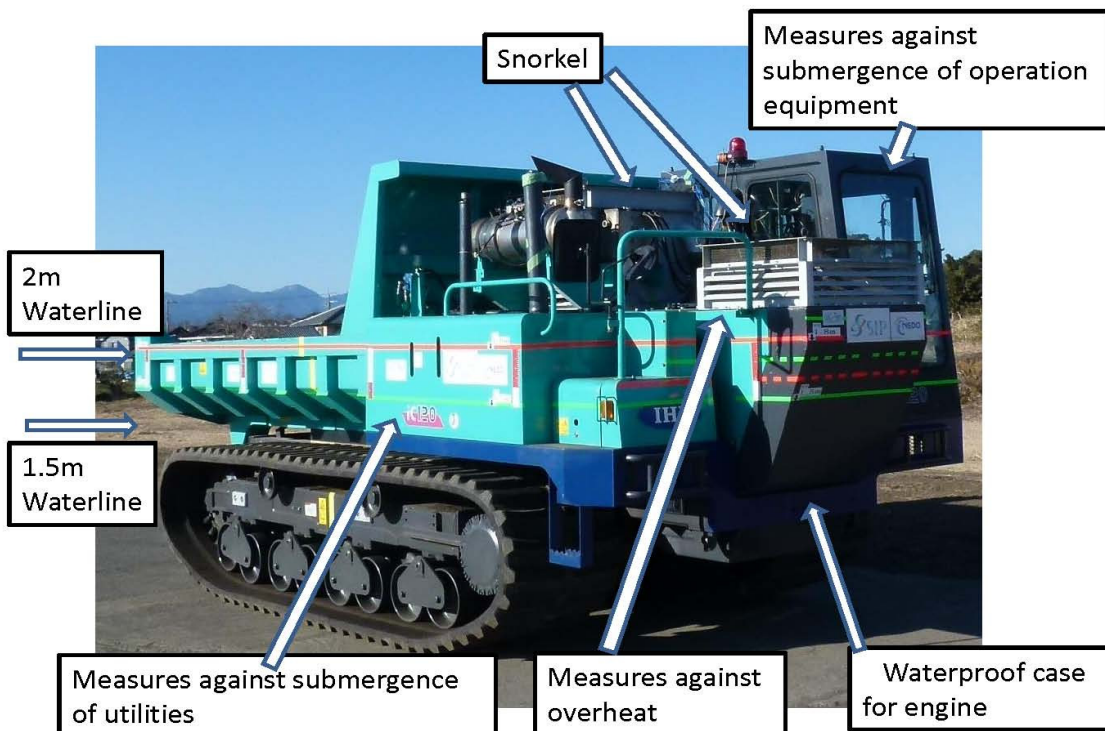


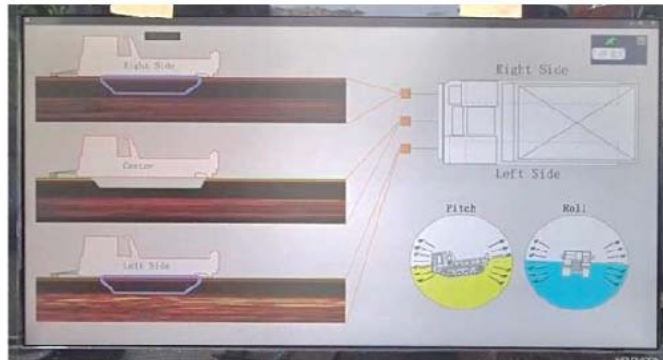
Fig.2 First prototype of the heavy carrier robot capable of traveling in shallow water area

Research and Development Results

(2) Observing Technology of Ground Bottom in Underwater



Short Range Radar System
using Electro-Magnetic Waves



Display of Bottom Ground
Information for the Operator

47

Research and Development Results

(3) Assist System for Remote Operators



Guidance System for Vehicle
Operation



Semi-autonomous Driving of
Pre-given

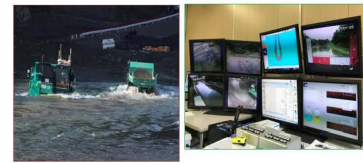
48

Research and Development Results

(4) Total System Integration and Experiments at Real Site



Unzen
(2016)



Nara-Akatani
(2017)



Joganji-River
(2018)

Kuma-River
(2018)



Social Implementation: Considerations on Management System

Holder/Owner and User

- MLIT / Regional Administration Bureau / technical office
- Local governments
- River administrators
- Private Company e.g. construction and rental firm
- Research Institute (broaden the scope of application and their evaluation)

Management system for use

- Holder: operation planning / storage / transportation / regular maintenance
- User: on-site / education of operator (usage, safety) / daily check



Common and regular use for the diffusion and maintenance of machines



Regular Usage

(Use as an amphibian carrier: Mainly by on-board operation)

- Dredging and revetment construction of rivers and lakes
- Disaster prevention construction at rivers, lakes and coastlines

Common system for regular usage and in a time of disaster

- Maintain semi-underwater carrier and remote operation system, separately
- Construct system under the initiative of central and local governments


Expansion of the number of their service, production and sales

- Consideration of the rental and lease system for regular use
- Overseas deployment (Export carriers and their operation techniques)

点検・モニタリング・診断技術の研究開発

51

Accomplishments of SIP-project (1/2)

 Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

I. Development of the Semi-underwater Heavy Carrier Robot

R&D Achievement (H26~28):

Development of 2nd prototype remote operated type heavy carrier robot based on the evaluation of 1st prototype which runs in semi-underwater area.

【Experiment which images the removal of dirt of river channel vessel occlusion】

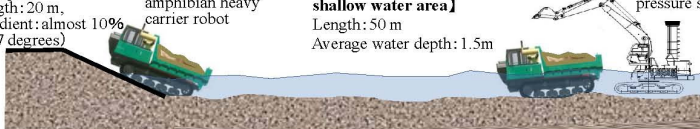
- Excavated earth and sand: 6.0 m³ Bucket × 5 times = Almost 7.0t capacity
- Underwater traveling: 2.0 km/h, water depth 1.5m, traveling distance about 50m

【Slope】
Length: 20 m,
Gradient: almost 10%
(5.7 degrees)

1st prototype of
amphibian heavy
carrier robot

【Traveling roads in
shallow water area】
Length: 50 m
Average water depth: 1.5m

Amphibian hydraulic
pressure shovel



【Water Resistance Test】



【Land Travel Test】



【Driver Seat Submerge Test】



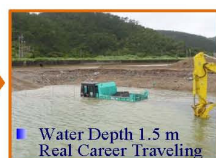
【Suction & Exhaust Test】



Reflection of
Experiment Results



■ Loading of excavated earth and sand



■ Water Depth 1.5 m
Real Career Traveling



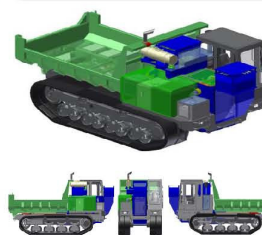
■ Slope traveling underwater



■ Slope traveling on land



Remote Operated Type Heavy Carrier Robot (2nd Prototype)



- Engine with a waterproof bulkhead
- Utility part with submersion measures
- Leakage sensor in bulkhead
- Overheating measures
- Submersion measures of electrical components, rigging
- Mounting of suction & exhaust snorkel
- Mounting of remote operation system
- Maximum water depth of traveling : 1.8 m
- Maximum load : 10t

Infrastructure Maintenance, Renovation, and Management

52

Accomplishments (2/2)

SIP Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

II. Development of Remote Operation Support and Guidance System for Semi-underwater Traveling

R&D Achievement (H26~28)

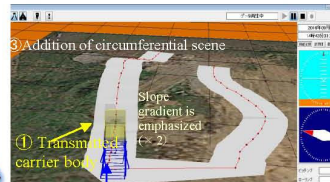
[Development of Remote Operation Guidance System Using GNSS-IMU]

The following improvements and experiments are executed in H28 for the better operability in the operation screen of the operation guidance system

- ① Transmitted carrier body (for better visibility of planned trajectory)
- ② Rectangle display of traveled trajectory (for easy recognition of traveling direction)
- ③ Addition of circumferential scene (for improvement of operability on land)

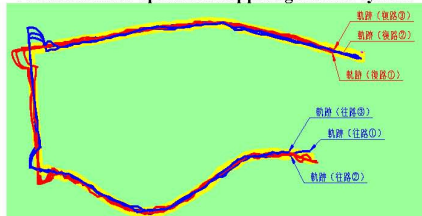


Test road for the experiments



Revised display screen of remote operation support guidance system

Results of on land traveling comparison test using revised remote operation support guidance system

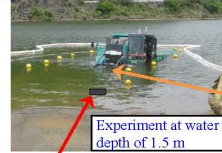


The error of real trajectory from planned trajectory was a maximum 50 cm using a revised remote operation support guidance display system.

- Planned travel course (goal point)
- Position and orientation of remote operated heavy carrier robot (moving point)
- Absolute position data is measured by RTK-GPS positioning method of GNSS system
- Traveling direction and body tilt angle are measured by IMU.

[Development of a recognition technology for traveling course soil conditions at underwater places]

Experiment of traveling course soil condition recognition using electromagnetic wave radar is executed to compensate for camera image in H28.



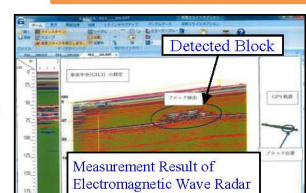
Experiment at water depth of 1.5 m



Electromagnetic Wave Radar



Blocks (height 20 cm) in the underwater traveling course are measured by electromagnetic wave radar



Detected Block

Measurement Result of Electromagnetic Wave Radar

- Carrier position data and measurement result are linked and displayed on the traveling course soil condition.

Information Service System for Operator

- ◆ Sensor which compensates for the camera image
- ◆ Operational support (guidance) based on self-position measurements

H29~30: These achievements will be integrated into the semi-underwater carrier robot and evaluated in the actual field

Infrastructure Maintenance, Renovation, and Management

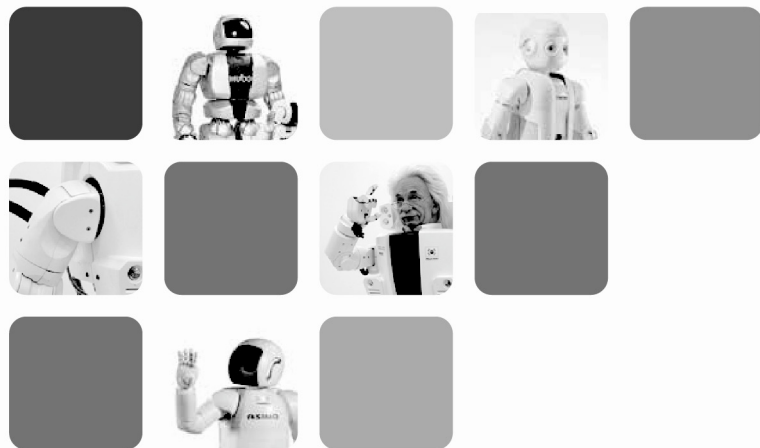
53

Movie: Development of Semi-Underwater Heavy Carrier Robot for Unmanned Construction in Shallow Water Area

[Movie of UC-Tec Project](#)



Thank you for Attention



[기조강연 2] 수중 로봇, 무인 해양 시대를 열다

한국로봇융합연구원 여준구 원장





IFRF2019

Underwater Robotics



J. Y u h

呂駿九, 여준구

2019. 10. 25

copyright © 2019 Yuh 1

Table of Contents

- Introduction
 - J. Yuh
 - Earth
 - Underwater Robots
 - Construction & Maintenance of Underwater Structures
- Robots for Underwater Construction in Korea
- Korea Institute of Robotics & Technology Convergence (KIRO)



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 2

J. Yuh



IFRF2019


copyright © 2019 Yuh 3

1986 U. of Hawaii → 2001 NSF Washington, D.C. → 2005 NSF Tokyo → 2006 KAU → 2013 KIST → 2019 KIRO

- **President**, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence (KIRO)
- **Director**, KIST Robotics & Media Institute (RMI)
- **President**, Korea Aerospace University (KAU)
- **Head**, East Asia & Pacific Regional Office, National Science Foundation (NSF)
- **Program Director**, NSF Information & Intelligent Systems Division (IIS), Robotics & Computer Vision Program
- **Professor & Director**, Autonomous Systems Lab., U. of Hawaii

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 4



National Science Foundation
WHERE DISCOVERIES BEGIN

A SPECIAL REPORT

Where No Human Can Go (or Wants To)

Discovery

A foundation for robotics

NSF celebrates more than 40 years supporting U.S. robotics research
November 21, 2014


The fundamental research in computing and engineering that enabled robotics to develop in the U.S. has been supported by the National Science Foundation (NSF) since its inception. Yet despite these early investments in sensors, machine movement and computer vision, it wasn't until 1972 that the first grant with "robot" in the title was funded.

1970s: Robots for the factory floor
In the mid-1970s, robotics began to gather steam at NSF.

1980s: Rise of the walking machines
The 1980s brought an increased diversification in the types of robots being explored and the ways they could be used.

1990s: Robots explore new environments
Not long afterward, researchers supported by NSF were developing robots for a very different environment: underwater. First built in 1991, the [Omni-Directional Intelligent Navigator \(ODIN\)](#) was a sphere-shaped, autonomous underwater robot capable of instantaneous movement in all six directions. First built as a remotely operated robot, in 1995 it was upgraded to ODIN II, an autonomous underwater robot.

In addition to other planets, researchers use robots to explore the ocean's depths, search disaster sites and navigate dangerous skies. NSF's Yuh, for example, is director (on leave during his NSF stint) of the Center for Underwater Robotic Technology at the University of Hawaii. There, he and his colleagues develop underwater autonomous vehicles (AUVs), including SAUVIM, one of the first AUVs equipped with an intelligent robotic arm. Such capabilities are needed to use robotic vehicles to repair underwater structures and recover wreckage.



First built in 1991, the **Omni-Directional Intelligent Navigator (ODIN)** is a sphere-shaped, autonomous underwater robot capable of instantaneous movement in all six directions...

Credit: Courtesy Autonomous Systems Laboratory, University of Hawaii

IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 5

SAUVIM

Semi-Autonomous Underwater Vehicle for Intervention Missions






Autonomous Systems Laboratory

IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 6



Interview with Junku Yuh, Principal Investigator of the SAUVIM Project

Matteo Furnagalli and Enrico Simetti

The following is an interview conducted for *IEEE Robotics and Automation Magazine* (RAM) with Dr. Junku Yuh, director of the Robotics and Media Institute at the Korea Institute of Science and Technology, Seoul. Dr. Yuh was the principal investigator of the Semi-autonomous Underwater Vehicle for Intervention Missions (SAUVIM) project, which achieved an important milestone in underwater robotics' history: the first demonstration of autonomous under-

The main goal

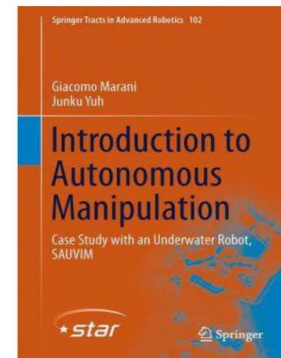
water floating manipulation.

Introduction to Autonomous Manipulation: Case study with an underwater robot

Giacomo Marani, Junku Yuh

(2014)

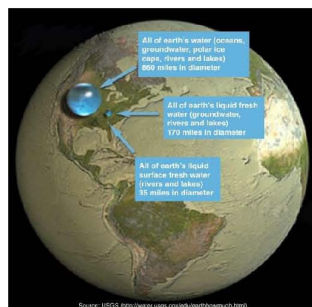
'Autonomous manipulation' is a challenge in robotic technologies. It refers to the capability of a mobile robot system with one or more manipulators that performs intervention tasks requiring physical contacts in unstructured environments and without continuous human supervision. Achieving autonomous manipulation capability is a quantum leap in robotic technologies as it is currently beyond the state of the art in robotics.



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 7

Earth: The Water Planet

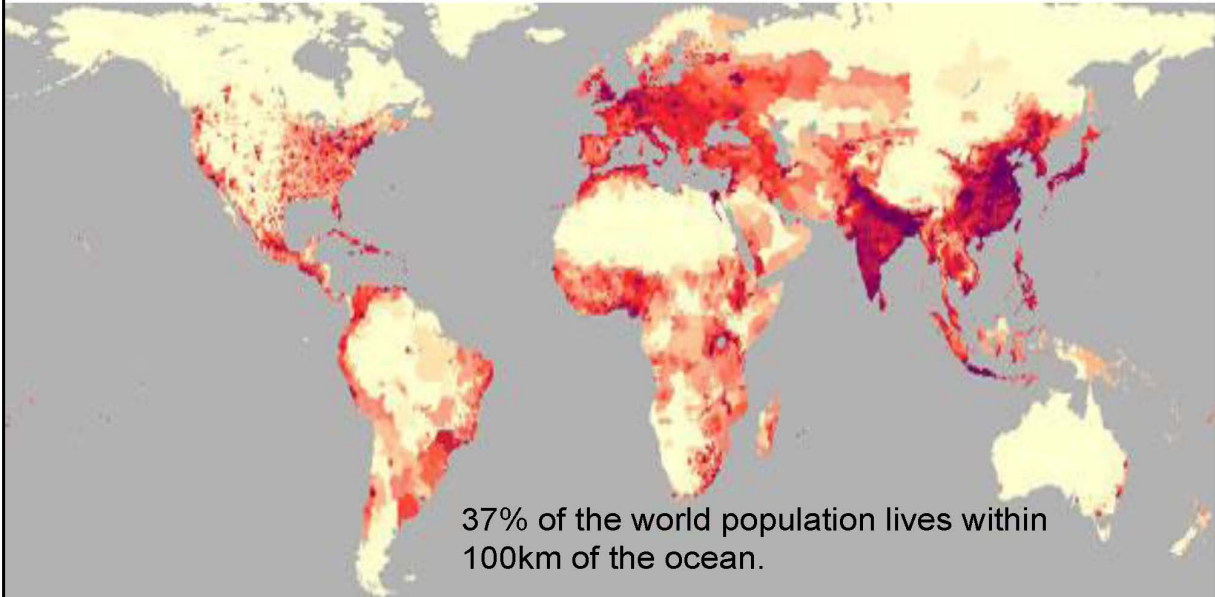


- The oceans cover 71 percent of the Earth's surface and contain 97 percent of the Earth's water.
- Less than 1 percent of the Earth's water is fresh water, and 2-3 percent is contained in glaciers and ice caps.
- The oceans contain 99 percent of the living space on the planet.
- Ave. depth of the ocean: ~1,000 m.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 8

Earth: The Water Planet



World Population Density (Map Source: Center for International Earth Science Information Network)

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 9

Ocean World

Carbon dioxide bubbles up from the ocean floor near Mount Vesuvius in Italy, creating localized acidic conditions that scientists believe presage future global conditions as atmospheric CO₂ levels rise. (Credits: C&EN)

Credit: Lehigh University

Oceans absorb about 30 percent of carbon dioxide produced by humans, buffering the impacts of global warming.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 10



Ocean World

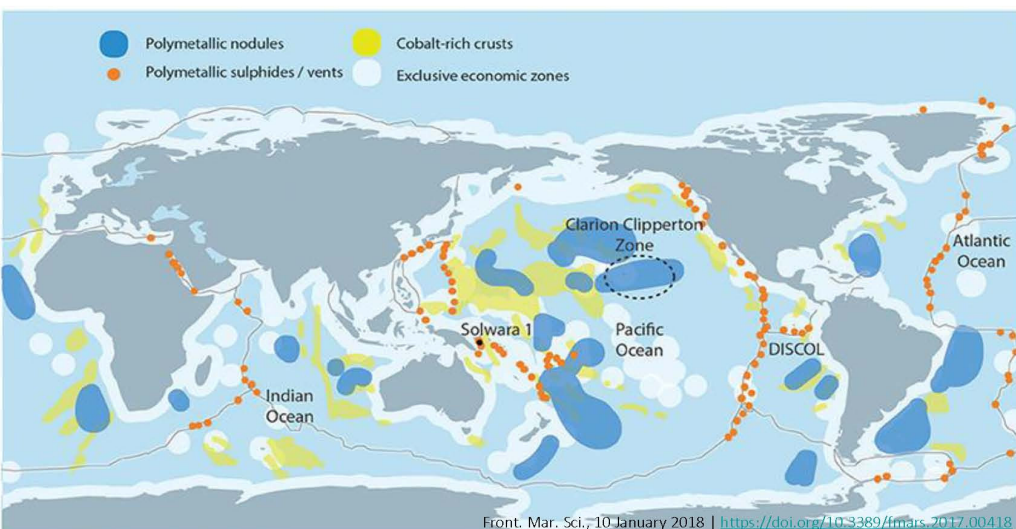
Scientists exploring a remote area of the central Indian Ocean seafloor two-and-one-half miles deep have found animals that look like fuzzy snowballs, and chimney-like structures two stories tall spewing super-heated water full of toxic metals.

Extraordinary organisms live in hydrothermal vent areas.

IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 11

Ocean World

A world map showing the location of the three main marine mineral deposits: polymetallic nodules (blue); polymetallic or seafloor massive sulfides (orange); and cobalt-rich ferromanganese crusts (yellow).



Front. Mar. Sci., 10 January 2018 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00418>

IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 12

The Oceans Are Drowning In Plastic



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 13

World Oceans Day 🌊 @WorldOceansDay · Jun 6

#WorldOceansDay 2018 conservation action focus: preventing plastic pollution and encouraging solutions. Take action: buff.ly/2l1d1nrG



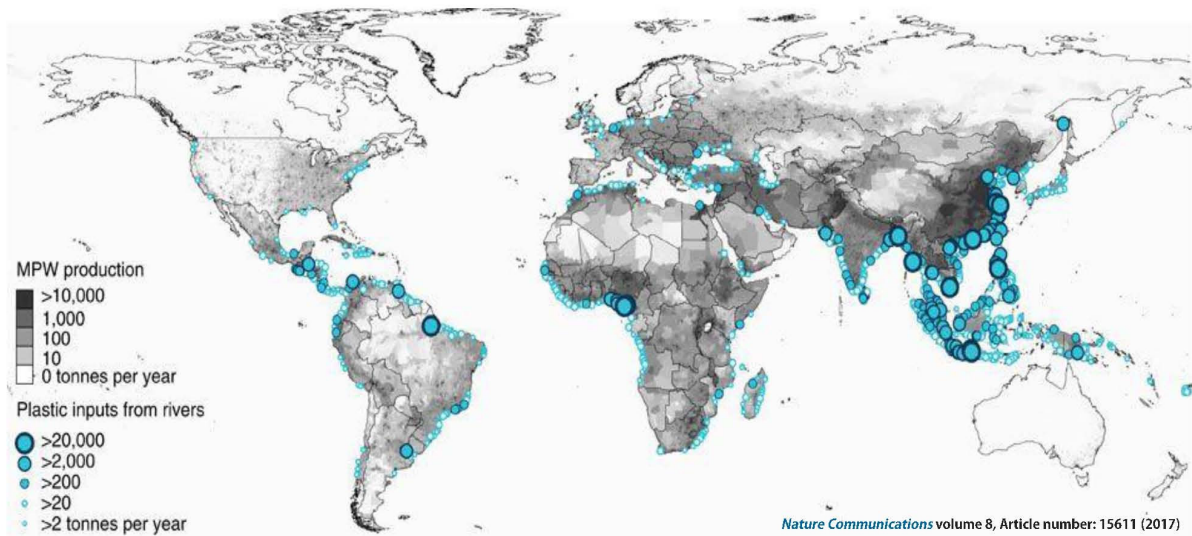
Jagran Prakashan Ltd

- 80 percent of all pollution in the ocean comes from people on land.
- 8 million tonnes of plastic ends up in the ocean every year, causing damage on wildlife, fisheries and tourism.
- Plastic pollution costs the lives of 1 million seabirds and 100,000 marine mammals per year.
- 'Fishes eat plastic, and we eat the fish'.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 14

Mass of river plastic flowing into oceans in tonnes per year



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 15

Underwater Robots



IFRF2019

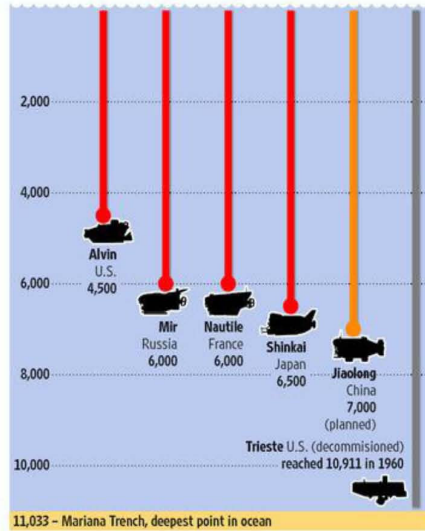
copyright © 2019 Yuh 16

Manned Submersibles

Race to the Bottom

China plans an ultradeep dive by a manned submersible beneath the Pacific that would propel it past the U.S. in a race to explore potentially vast mineral resources in the deepest parts of the world's oceans.

MAXIMUM DEPTHS THAT SELECTED MANNED SUBMERSIBLES ARE DESIGNED TO REACH, IN METERS



A HISTORY OF DEEP-SEA EXPLORATION

- 1960** U.S. sends two men to the bottom of the Mariana Trench on board the Trieste bathyscaphe.
- 1964** U.S. launches the Alvin manned submersible.
- 1966** Alvin finds hydrogen bomb dropped from plane in midair crash over Mediterranean.
- 1987** Soviet Union launches the Mir manned submersible.
- 1989** Japan launches Shinkai 6500 manned submersible.
- 1990s** Mir films wreck of Titanic.
- 2007** Mir plants Russian flag on seabed beneath the Arctic.
- 2009** China launches Jiaolong manned submersible.
- 2010** Jiaolong dives to 3,759 meters and plants Chinese flag on seabed beneath South China Sea.
- 2011** Jiaolong to attempt dive to 5,000 meters in northeastern Pacific.



The *Pisces V* and *Pisces IV* are three-person, battery-powered, submersibles with a maximum operating depth of 2000 m (6,280 ft). [V](#)



The *Alvin* is three-person, battery-powered, submersibles with a maximum operating depth of 4500 m, endurance of 6-10 hrs. 3,800+ dives since 1964.

Source: Wall Street Journal

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 17

ROVs



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 18

AUVs



ODIN near surface (USA)



REMUS 100m (USA)



SAUV 500m (USA)



Echo Ranger 3000m (USA)



HUGIN 3000m (Norway)



ABE 6000m (USA)



SAUVIM 6,000m (USA)

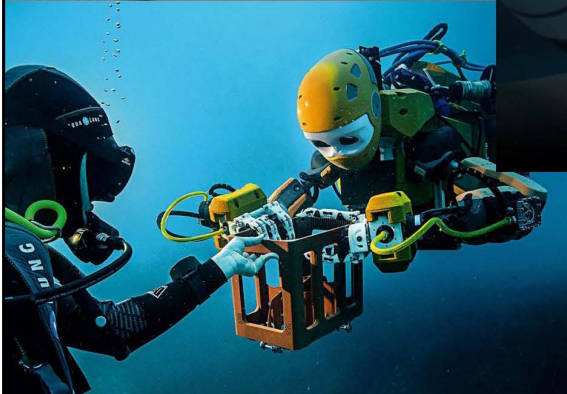
IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 19

Other types of Underwater Robots



<https://youtu.be/nGa3g2Hifzc>



Applications

Table 1 Potential applications of marine robots

Science	Seafloor mapping; rapid response to oceanographic and geothermal events; geological sampling
Environment	Long term monitoring (e.g. hydrocarbon spills, radiation leakage, pollution); environmental remediation; inspection of underwater structures, including pipelines, dams, etc.
Military	Shallow water mine search and disposal; Submarine off-board sensors
Ocean mining and oil industry	Ocean survey and resource assessment; construction and maintenance of undersea structures
Other applications	Ship hull inspection and ship tank internal inspection; nuclear power plant inspection; underwater communication and power cables installation and inspection entertainment—underwater tours; fisheries—underwater ranger

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 21

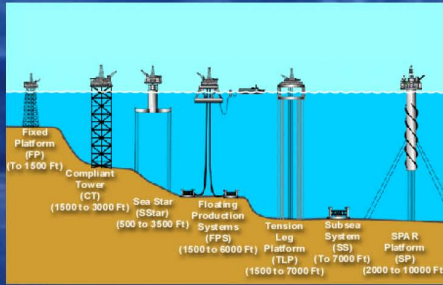
Construction & Maintenance of Underwater Structures



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 22

Offshore Structures & Subsea Facilities



- Over 8,000 fixed or floating offshore platforms worldwide
- IRM(Inspection, Repair, Maintenance) → \$20B market over the next five years. Asia is the largest subsea IRM market.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 23

Offshore Structures & Subsea Facilities

Removal of Offshore Installations

The **International Maritime Organization (IMO)** sets the standards and guidelines for the removal of offshore installations. The IMO guidelines require that **installations in less than 75 m of water with substructures weighing less than 4,000 tones be completely removed from the site. Those in deeper water must be removed to a depth of 55 m below the surface** so that there is no hazard to navigation. These guidelines from the IMO provide an interpretation of the 1982 UN Law of the Sea Convention regarding platform removal to ensure the safety of navigation.

All new oil and gas production facilities installed offshore after 1 January 1998 must be designed so that they can be removed entirely at the end of their economic lives.

Removing offshore structures: over 620 > 25 yrs old in Asia-Pacific region
→ \$32B market over the next five years.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 24

Offshore Structures & Subsea Facilities



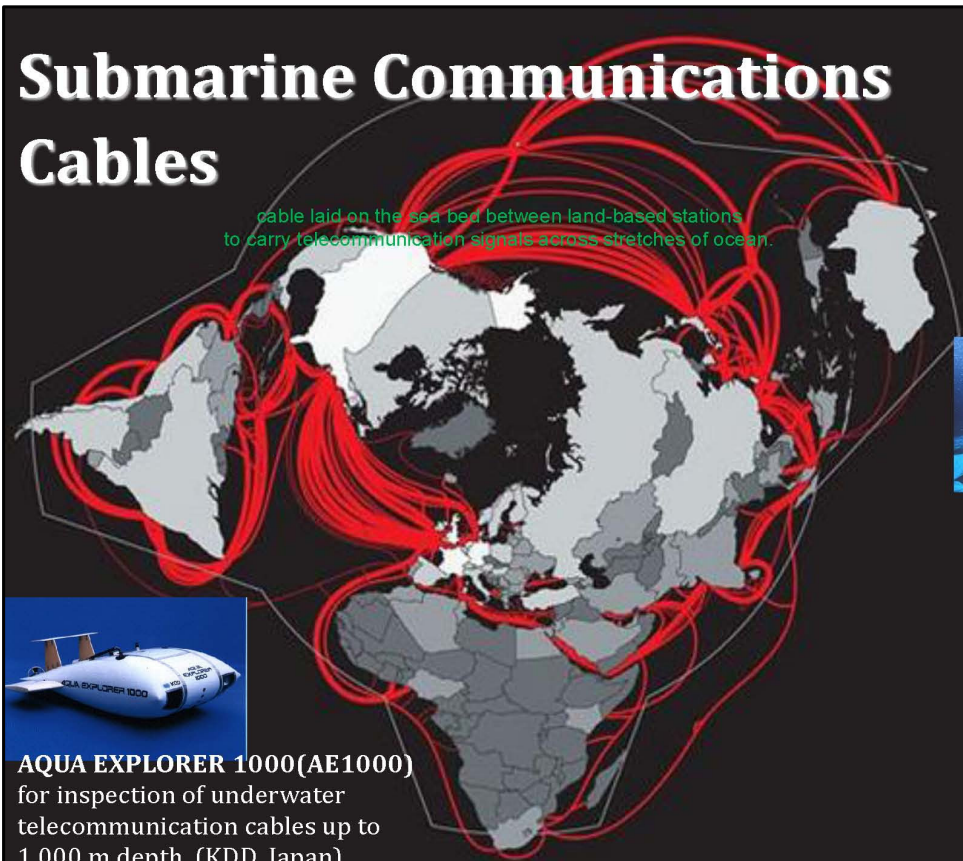
Offshore Wind Energy Market in Europe: \$30B in 2020.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 25

Submarine Communications Cables

cable laid on the sea bed between land-based stations
to carry telecommunication signals across stretches of ocean.



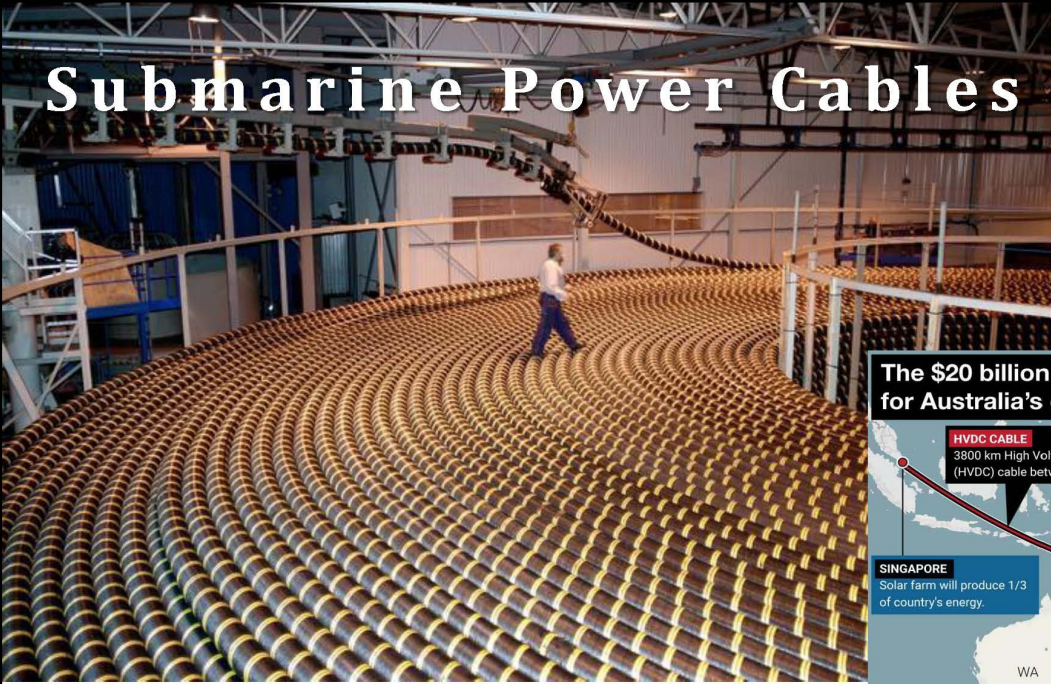
AQUA EXPLORER 1000(AE1000)
for inspection of underwater
telecommunication cables up to
1,000 m depth. (KDD, Japan)



The initial 6.4-
magnitude
earthquake, which
struck near the
southern Taiwan
city of Pingtung,
damaged four
undersea cables in
six different places.
(March 6, 2010)

copyright © 2019 Yuh 26

Submarine Power Cables



The \$20 billion solar plan for Australia's desert

HVDC CABLE
3800 km High Voltage Direct Current (HVDC) cable between Darwin and Singapore

DARWIN
1000 construction jobs.

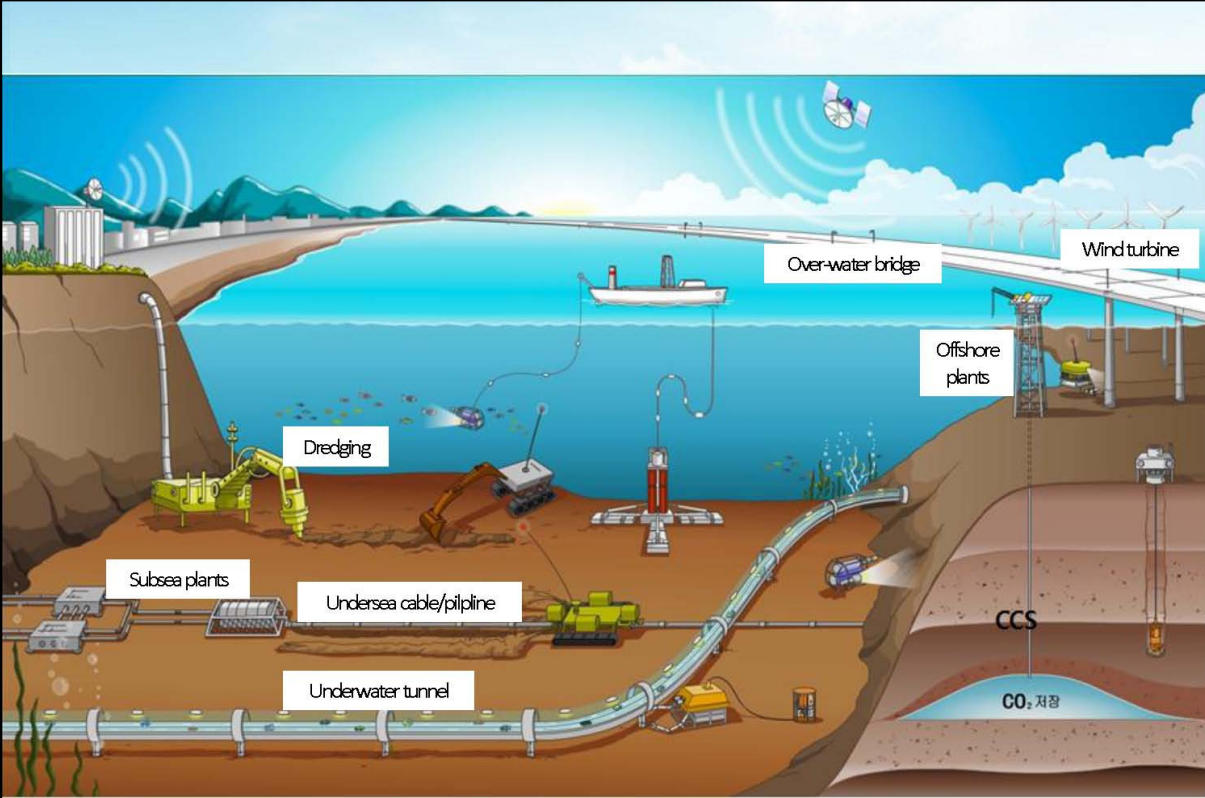
SINGAPORE
Solar farm will produce 1/3 of country's energy.

TENNANT CREEK/BARKLY
300 on-site solar farm jobs - Size: 15000 hectares.

ADELAIDE
1000 construction jobs.

Sun Cable plans to generate electricity using solar power in Australia's Northern Territory and transmit it to Singapore along a 3,800 km subsea cable. As well as being the longest on the planet, the cable would turn Australia into a major green energy exporter.

copyright © 2019 Yuh 27



Over-water bridge

Wind turbine

Offshore plants

Dredging

Subsea plants

Undersea cable/pipeline

Underwater tunnel

CCS

CO₂ 저장

copyright © 2019 Yuh 28

Robots for Underwater Construction in Korea



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 29

Underwater Construction Robotics R&D Center



수중건설로봇 연구사업 (KIOST)

- Developing 3 underwater robots for constructing marine structures at a target water depth of 500m (expandable to 2,500m).
 - 2013 –2019 (6 years), Total Budget: ~ \$80M
- #1 Development of core technologies for underwater construction robots including a light work class ROV (KRISO)
 - #2 Development of heavy-duty ROV technologies: Burial of power, communication, umbilical cables, small-diameter of pipelines and their maintenance (KIRO)
 - #3 Development of Track based ROV technologies: Laying of large diameter underwater cables/pipelines, underwater construction (KIOST)

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 30



1

Development of core technologies for underwater construction robots including a light work class ROV (URI-L)

Project Goal	to develop common technologies that can be used in underwater construction robots, and to develop maintenance ROV for verification.
Applications	<ul style="list-style-type: none"> Investigating and mapping underground environment around underwater construction work sites Carrying light-weight underwater structures, and installation/ maintenance of equipment Common technologies will be applied (including MMI based on underwater multimedia and operations technologies, and underwater hydraulic manipulators)
Specs	<ul style="list-style-type: none"> - Working water depth : max. 2,500m - Speed : Forward 2.5kn, lateral 2kn, vertical 2kn - Positioning error : 0.1m or smaller - Underwater hydraulic manipulator : 5.7 DOF - Platform Dimensions : 2.0m X 1.3m X 1.5m, Air Weight : 1.5ton - Additional Features : Smart ROV, Visual servoing, Automatic control apparatus, Modular design of platform, Easy tool change

IFRF2019 copyright © 2019 Yuh 32

URI-L (Underwater Robotics It's Light weight work class ROV)



33

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 33

2

Development of heavy-duty ROV technologies (URI-T)



Project Goal

to develop heavy-duty ROV that can carry out various underwater construction works including the burial and maintenance of various underwater cables and small-diameter pipelines .

Applications

- Burial of power, communication, and umbilical cables and their maintenance
- Burial of small-diameter of pipelines and their maintenance
- Installation and maintenance of various underwater structures

Specs

- Depth rating : 2,500m
- Dimensions : 6.5(L) x 5(W) x 4.5(H)m
- Weight in air : 15~20 tons
- Burial depth : 0~ 3m (depending on soil types)
- Single pass burial speed : 0~2km/hr
- ROV power : 600kW
 - 1 x 225kW for hydraulic system
 - 2 x 187kW for water pumps

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 34



URI-T (Underwater Robotics It's Trencher)



3

Development of track based ROV technologies (URI-R)



Project Goal

to develop a track-based heavy-duty underwater vehicle for underwater cable/pipeline laying in hard seabed soil and carrying out underwater construction works.

Applications

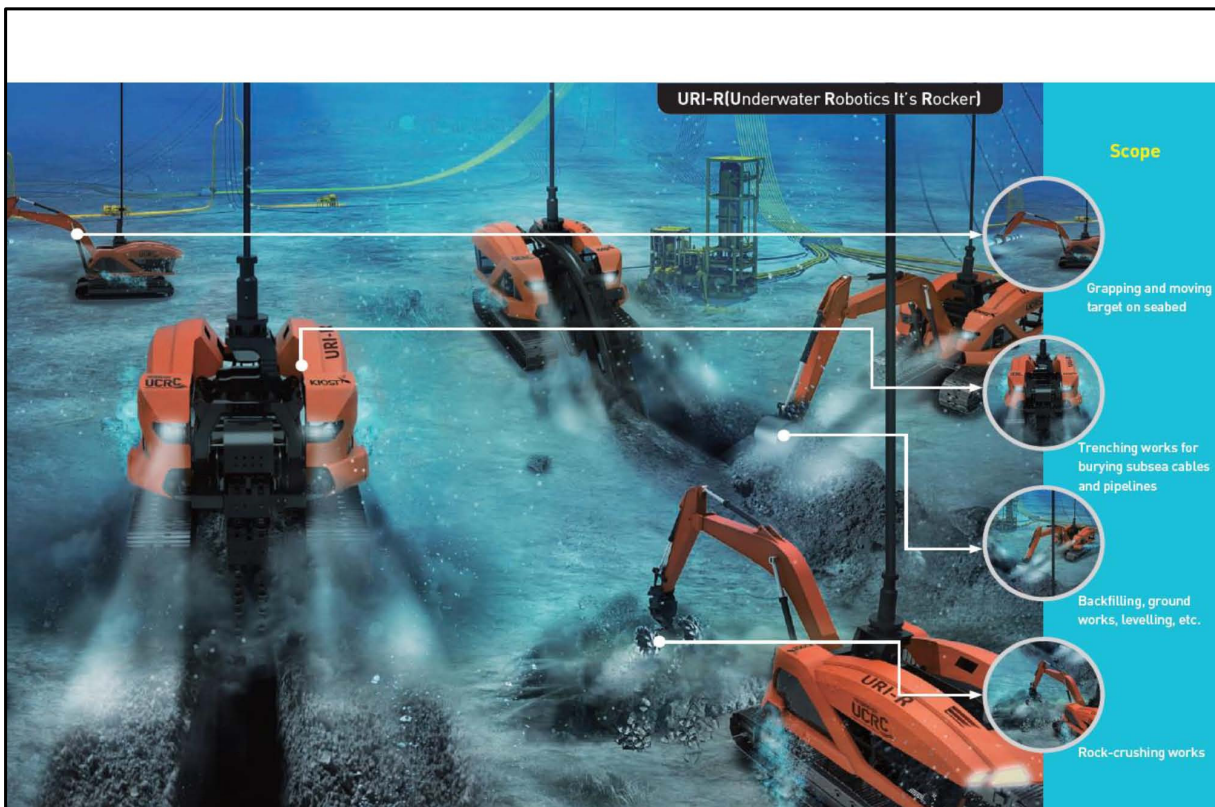
- **Laying of large diameter underwater cables/pipelines**
 - Using a cutter which make trenches, underwater cables/ pipelines can be laid in the trenches
- **Underwater construction**
 - Using various attachments, the ROV can be utilized against underwater heavy-duty construction works

Specs

- Depth rating 500m
- Moving speed : max 2km/h
- Climbing angle : 30° (unloaded condition)
- Laying depth : max. 2m
- Laying speed : trenching speed 300m/h
- Workable seabed condition : Compression strength of 20MPa or below

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 37



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 38

URI-R (Underwater Robotics It's Rocker)



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 39

UTEC (Underwater robots Test & Evaluation Center)

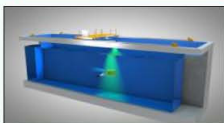
**Establishment of infrastructure
for verifying underwater
construction robots**



Project Goal

to construct a composite-type water-tank test facility for analyzing the work performance of underwater construction robots in various underwater environments, and to construct UCRC research support facilities for establishing a basis of putting underwater construction robots into practice.

Specifications



▷ Composite-type Water-tank Test Facility

- Tank size(3D) : L35m × W20m × D9.6m
- Tank size(Current Generator, 3.3knots) : L20m × W5m × D5m
- Major equipment : Tidal current generator, 30tf hoist, USBL launcher, underwater structures(subject to changes in design)

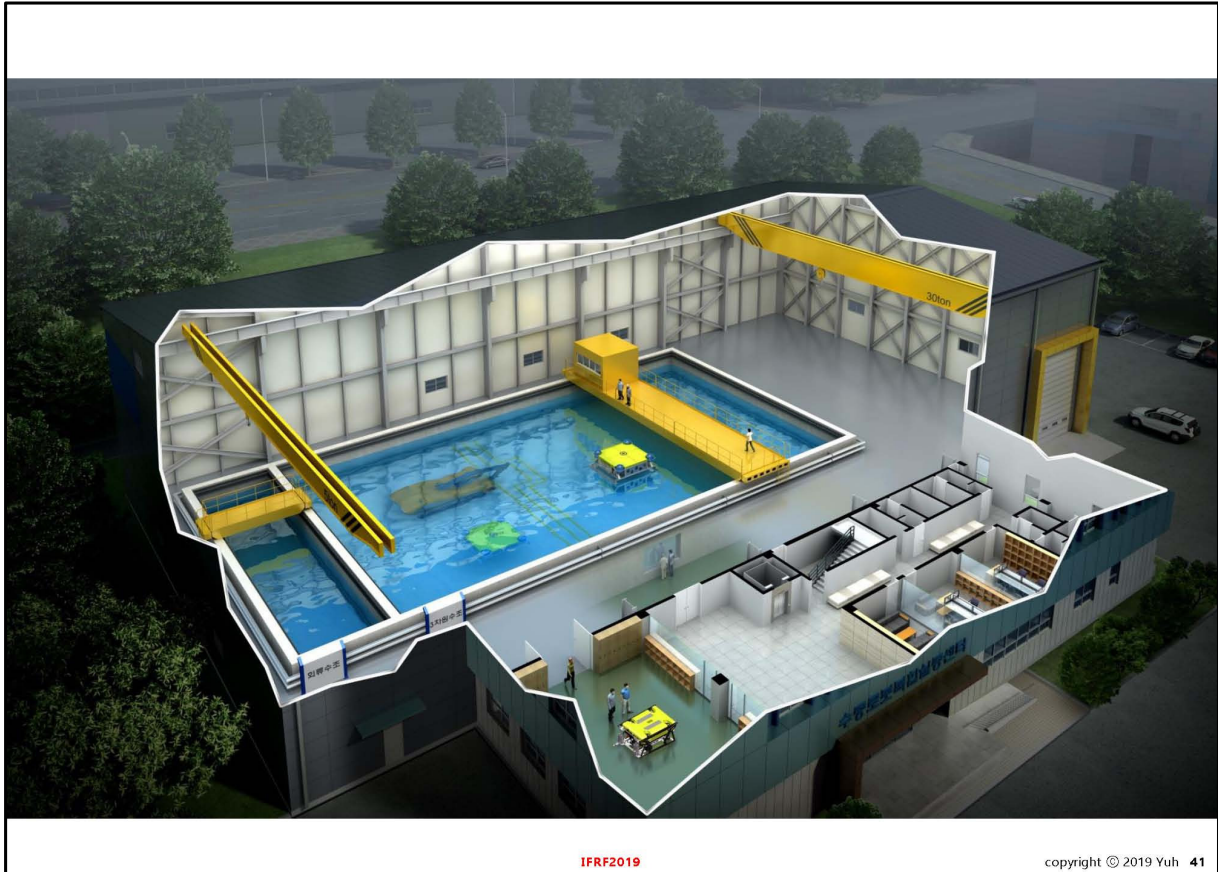
▷ UCRC Research Support Facilities

- To establish equipment and facilities for supporting additional researches in verifying underwater construction robots
- To build offices, meeting rooms, etc. needed for the operation, management, and maintenance of UCRC infrastructure
- To create space available for manpower cultivation and training

40

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 40





HISTORY (연혁)

2005



디.이.로 포항지능로봇연구소
POHANG INSTITUTE OF INTELLIGENT ROBOTICS

2005년 국가균형발전특별법 “**지자체연구소육성사업**”
지식경제부, 경상북도, 포항시, POSTECH 지원 설립

2012



KIRO 한국로봇융합연구원
KOREA INSTITUTE OF ROBOTICS & TECHNOLOGY CONVERGENCE

2012년 산업기술혁신촉진법 제42조
“**전문생산기술연구소**” **승격**

2019



Dr. J. Yuh, the 3rd President of KIRO

KIRO is a leading R&D institute specializing in
robotics and technology convergence under the
Korean Ministry of Trade, Industry and Energy.

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 43



Vision, Mission, and Roles

현장적용이 가능한 실용 로봇기술 분야 국내 최고수준 연구기관

Vision

To be the world leader in R&DB of robotics and technology convergence

Mission

To perform R&DB of robotics and technology convergence that lead to new
products or business for enhancing economic security and improving quality of life.

KIRO's Roles

- 현장중심 실용로봇 및 차세대 로봇부품 연구개발, TRL Booster Program
- 국가 로봇융합기술정책지원: 로봇기술정책센터, 미래로봇융합기술위원회
(Robotics Technology Policy Center, Council on Robotics and Technology Convergence)
- 사업화 및 기업 지원: Tech Transfer, Specialized Robots & Components Testing/Certification

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 44



Locations and Facilities



Agricultural Robotics & Automation Center (Andong)
2020.06 완공 예정

발농업용 농작업이 가능한 지능형 무인 플랫폼 개발; 성능 검증 위한 테스트베드 및 기업지원 공간



URI-Lab, Seoul

URI-Lab, Busan

* URI-Lab: Urban Robotics and Innovation Lab.



안전로봇실증센터(Pohang Young-il New Port)

아시아 최초 최고의 안전로봇 전문 연구/시험단지 확보; 재난환경건축물, 실외 필드테스트장 등 보유




KIRO Main Office(POSTECH Campus)


















본원 연구동; 로봇 체험전시관 로보라이프뮤지엄; 3D프린팅 장비; 지하 공학수조 및 실험동 보유

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 45



Timeline of Innovations (PIRO, 2005~2011)

2005	2007	2009	2010	2011
 <p>수중청소로봇 U1 산업용 공업용수, 농업용수, 연안에 수중 침전물 청소</p>	 <p>수중청소로봇 U2 POSCO 침전수조 적용</p>	 <p>수중청소로봇 U3 인선 송도 해상공원 해수트 적용</p>	 <p>수중청소로봇 U4 인선 하수관거 적용</p>	
	 <p>형상모형로봇 용량 시스템 구축을 통한 지능화된 크로노로봇 사용화</p>	 <p>4족건마형 P01 12자유도(12개의 관절)를 가지고 4족 동물과 같은 형태로 보행 가능</p>	 <p>4족건마형 P02 12자유도(12개의 관절)를 가지고 4족 동물과 같은 형태로 보행 가능</p>	 <p>AUV형 수중로봇 해양조사, 수중 구조물 탐사, 수중 영상</p>
 <p>휴머노이드 화랑 인간 척추 모방형 상체구조, 직립보행 가능</p>	 <p>안내로봇 포프 열광 인식, 제스처 인식, 음성 인식, 다목적 인식 응용 가능한 통합 안내</p>	 <p>안내로봇 포프 열광 인식, 제스처 인식, 음성 인식, 다목적 인식 응용 가능한 통합 안내</p>	 <p>안광로봇 5자유도, 6X 핸드, 물체 움직임에 상응하여 위치 및 방향을 자동적으로 추적</p>	 <p>유리창 청소로봇 상가의 쇼윈도우, 고층 아파트의 외측 창문 청소</p>
 <p>간호서비스로봇 M1 환자의 체온 무선측정, 환자상태 기록, 자율주행 등</p>		 <p>간호서비스로봇 M2 환자의 바이탈 사인 측정, 약제 및 체온, 자율주행 등</p>	 <p>주사제 자동충전로봇 무균환경에서 열원, 배아 등의 각종 주사액을 주사기에 자동 주입</p>	 <p>노인간호로봇 병원의 지능 로봇 제어 기술, 경주노인요양원 시범적용</p>

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 46



Timeline of Innovations (KIRO, 2012~2016)



스마트인버터
이동 로봇에 적용이 용이한 모터, 감속기, 제어가 일체화된 스마트인버터



용접공장용 로봇
이연도금판재를 자동차 부품의 CO₂ 용접공장에 적용 가능한 Serial형 용접 로봇 시스템



만타형 무인잠수정
수중 자율 도킹 기술, 해안 탐사작업, 수중 작업 모니터링



하이브리드형 수중로봇
원격무인잠수 및 자율무인잠수 동시 수행




양식장 청소로봇
수심 10m급의 육상 수조 양식장 수중청소로봇




배관청소로봇
제철소 내 COG(Coke Oven Gas)과 내 퇴적 이물질 배출, 다양한 관경 대응(250~500A) 및 소형, 경량 전개(설치, 투입, 회수) 성능 확보

2012	2013	2014	2015	2016
 <p>스마트 헬퍼로봇 장시간 이동이 불편한 장애자나 노약자의 이동을 보조하기 위한 로봇</p>	 <p>로봇손가락탐침센서 로봇손가락의 정교한 힘 감지 위해 6축 Force-Torque Sensor</p>	 <p>속각표시장치 시각장애인 및 노약자를 위한 장애 정보 표현이 가능한 안내부착형 3차원 점자영상 전자도표</p>	 <p>스마트 콘크리트 클리닝 로봇 지능로봇기술의 융합으로 노동 집약형 콘크리트 클리닝 작업의 무인 자동화</p>	 <p>소싸움 로봇시스템 일치기, 뺨치기, 뺨잡기, 목치기, 덩치기 등 8가지</p>
		 <p>스마로봇 탐색자의 정보를 인식하여 실제 양의 움직임을 표현하는 로봇</p>	 <p>인내로봇 올림픽계급보전시간 내 인내로봇</p>	 <p>하지재활물켓폼 Drop-Foot 방지를 위한 외골격계 이차보형 재활로봇</p>
			 <p>손/손목 재활로봇 한 제어가 가능한 상지재활로봇</p>	 <p>스마트 기반 서비스로봇 배치 민성호출기 장비 예정보고 등 작업 감소를 위한 이동형 민성호출로봇</p>


IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 47




Timeline of Innovations (KIRO, 2017~)




반동충격 흡수용 무인도킹차
영하 20℃ 환경에서 다중 무인 Forklift 이송 시스템 기술개발




모듈러 AGV 로봇 플랫폼
스마트 인텔리전트 기반의 모바일 AGV, 평면/회수 기능의 주행센서 모듈 적용







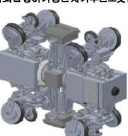



제탄자동화공정로봇



고위험 작업용 중형 수중청소로봇



수중 중작업용 로봇
해저케이블 및 소구경 파이프라인 매설 가능

2017	2018	2019
 <p>근력지원로봇(상체 하체 하리) 양쪽 작업 의도 감지 기능 및 하리 리액티브 포스트로젝팅 현상 적용</p>	 <p>가스배관 검사로봇 운영 중 Unpiggable 가스 배관 내부의 비파괴적 상이 가능한 자기추진로봇 기술</p>	 <p>무인투수정도량기 운반차량</p>
 <p>이동형 소형 공전로봇 시스템 1m x 1m x 1m 협소밀폐공간 내 전방향 이동 및 용접 로봇을 매니폴레이션 기술, 고온(약 80도) 및 고분진환경 극복</p>	 <p>관내정밀탐색로봇 시스템</p>	 <p>Smartcookie(무인정리 로봇)</p>
	 <p>신뢰성 로봇 및 웨어러블</p>	 <p>발능안정 자동정리 로봇</p>

IFRF2019
copyright © 2019 Yuh 48



Organization

President
(Dr. J. Yuh)

Intelligent Robotics R&D Division
(Dr. Goobong Jung 정구봉)

- Smart Mobility Center
- Autonomous Systems Center

Interactive Robotics R&D Division
(Dr. Gapho Suh, 서갑호)

- Human Robotics Interaction (HRI) Center
- Human Centered Robotics Center
- Agricultural Robotics & Automation Center
- Disaster Robotics (안전로봇사업단)

Strategic Business Division
전략사업본부 (Dr. Jungtak Min 민정탁)

기획조정실

- Robotics Technology Policy Center
- Council on Robotics & Technology Convergence

사업개발실

- 기술사업화팀
- 지역혁신팀
- TRL Booster Lab
- Urban Robotics & Innovation Lab (URI-Lab)
- 3D Printing KB Center

Management Support Department
경영지원실 (Mr. Bongjo Kwon, 권봉조)

- 인사·구매팀
- 재무·시설팀

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 49



Major Research Areas

- 수중로봇 (Underwater Robotics)
- 재난안전로봇 (Disaster Robotics)
- 배관/건설로봇 (Inpipe/Construction Robotics)
- 농업로봇자동화 (Agricultural Robotics & Automation)

농업로봇자동화
(Agricultural
Robotics &
Automation)



배관/건설로봇
(Inpipe/Constru
ction Robotics)

재난안전로봇
(Disaster
Robotics)



수중로봇
(Underwater
Robotics)

IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 50



과학기술문화: Korea Intelligent Robot Contest

한국지능로봇경진대회

This contest has been held every year since 1999 when such a contest was ever held in Korea for the first time.



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 51



과학기술문화: RoboLife Museum

로보라이프뮤지엄

Opened in 2008 and ~40,000 visitors per year.

로봇전문 체험전시관
2008년 개관, 연 4만명 관람. 방과 후 창의체험
등 교육프로그램 개발 및 운영. 제3전시관
KIRO 연구성과물 전시



IFRF2019

copyright © 2019 Yuh 52




“Innovation distinguishes between a leader and a follower.”

Thank You.

Acknowledgment : Some slides for underwater construction robots were made from materials provided by Dr. In-Sung Jang, Director of Underwater Construction Robotics R&D Center of KIOST.

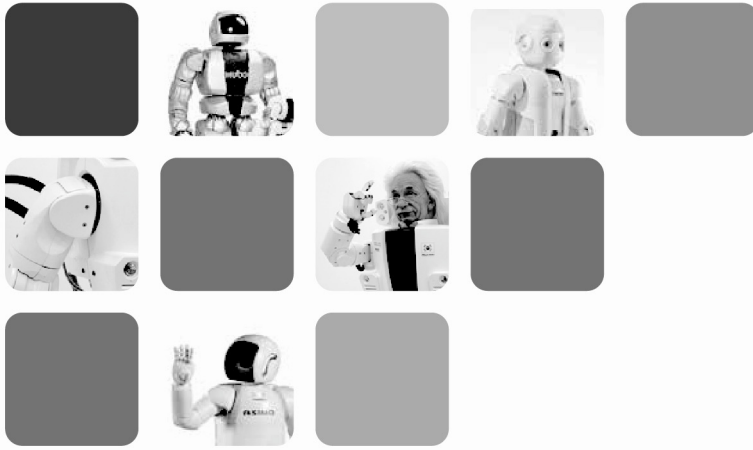
IFRF2019 copyright © 2019 Yuh 53



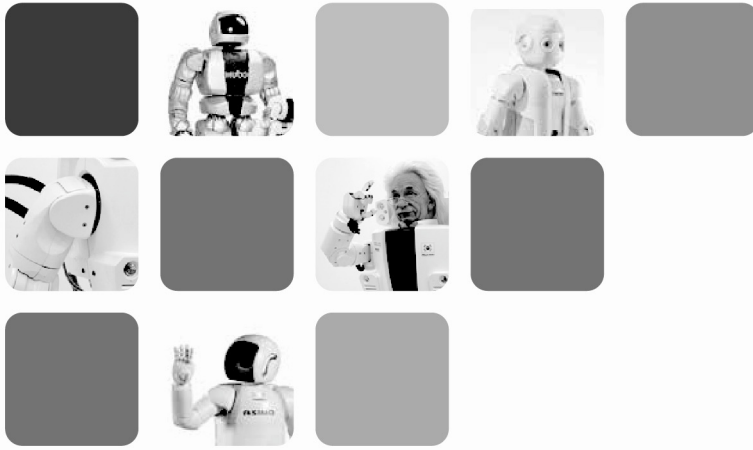
This presentation is dedicated to the memory of D. Richard Blidberg who invented one of the first AUVs, EAVE.

He co-founded the Marine Systems Engineering Laboratory (MSEL) at the University of New Hampshire in 1976. He founded the Autonomous Undersea Systems Institute (AUSI) in Lee, NH in 1993. He served as an IPA at the Office of Naval Research.

IFRF2019 copyright © 2019 Yuh 54



물류 로봇과 요소 기술



국내 로봇산업 이슈 및 발전방향

산업부 이준석 로봇PD



International Field Robotics Forum 2019

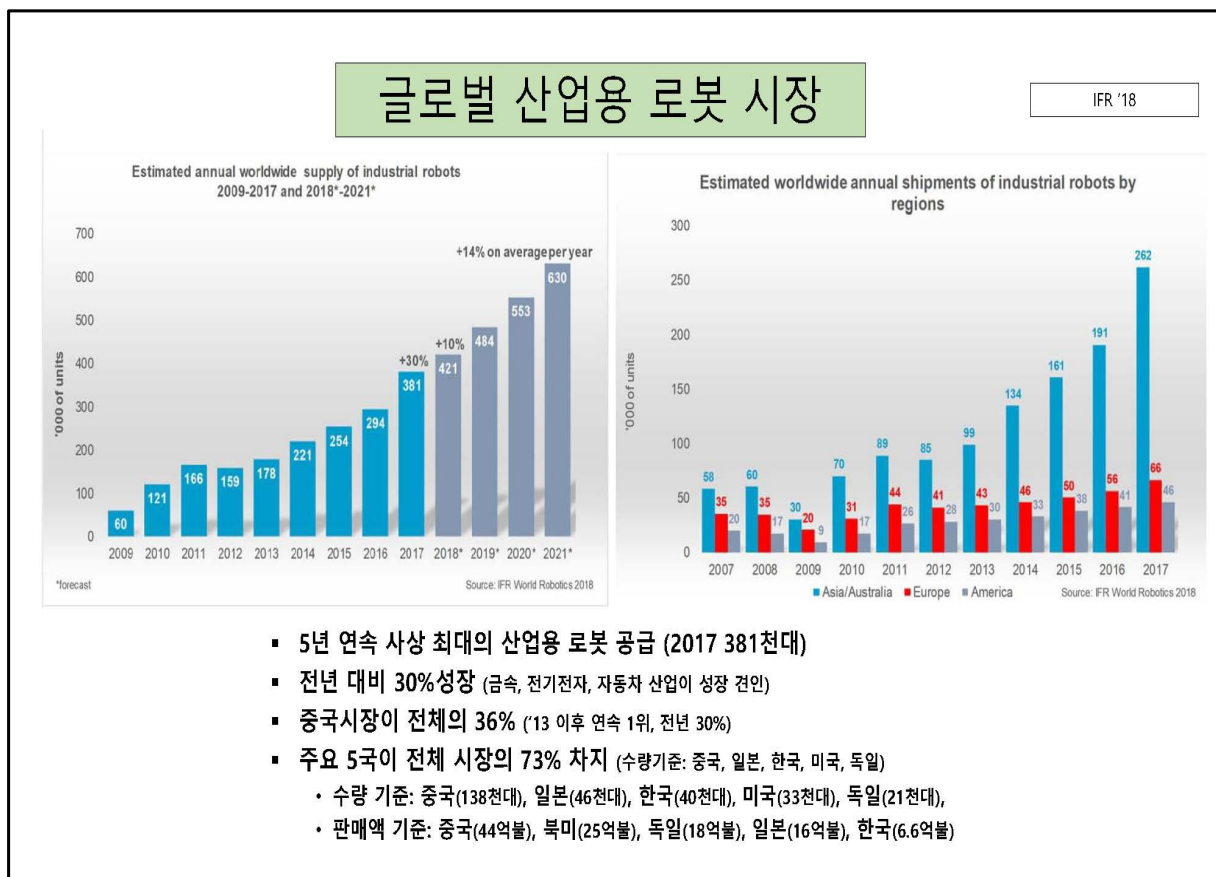
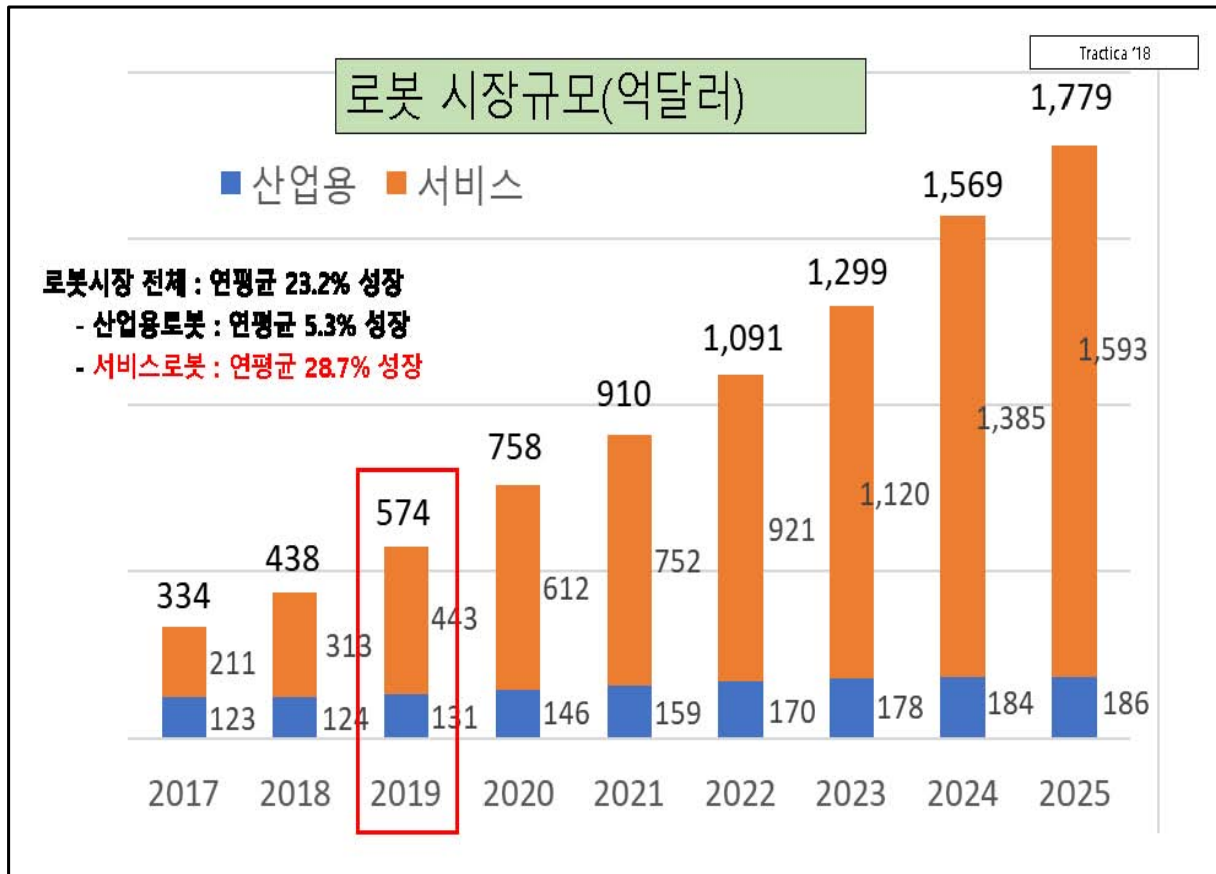
로봇 산업 현황 및 R&D 방향

2019.10.25

한국산업기술평가관리원

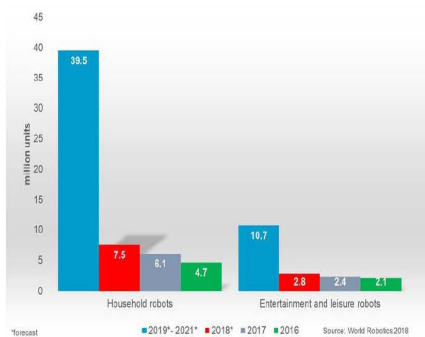
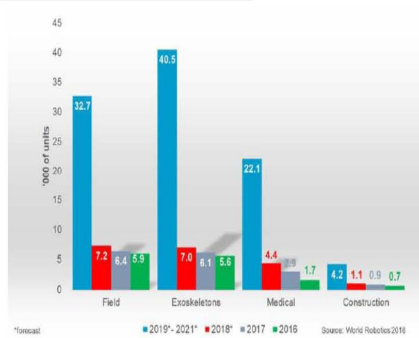
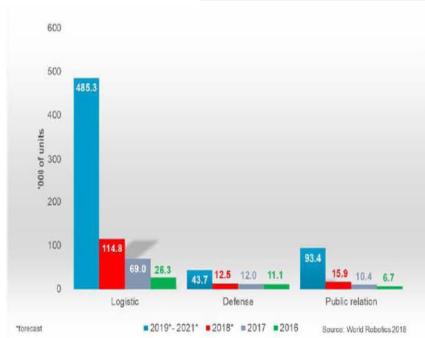
이준석

시장현황



글로벌 서비스로봇 시장

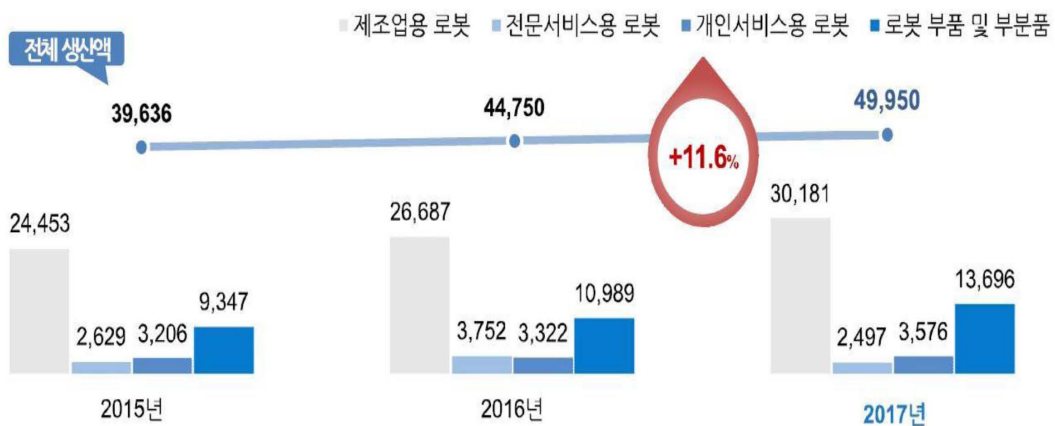
IFR '18



- 전문서비스로봇 85% 성장 :
59,269대('16) → 109,543대('17)
- 주요 로봇 성장률 : 물류 162%, 국방 11%,接客 56%,
착유 2%, 의료 73% 등
- 개인서비스로봇 25% 성장 :
6.8백만대('16) → 8.5백만대('17)

우리나라 로봇 시장

한국로봇산업실태조사 2018



- 전년대비 2017년 11.6% 성장세 (제조:13.1%, 전문서비스:△33.4%, 개인서비스:7.6%, 로봇부품 및 부분품:24.6%)
- 생산액 중, 제조용 로봇이 60%이상, 로봇 부품 및 부분품이 27% 차지
(글로벌 시장 대비하여 제조용 로봇 비중이 높고, 개인서비스가 전문서비스 보다 더 활성화)

로봇 기업

한국로봇산업실태조사 2018



로봇 기업

한국로봇산업실태조사 2018

(단위 : 개사, %)

구 분	대기업	구성비	중견기업	구성비	중소기업	구성비	합계
2017년	8	0.4	57	2.6	2,126	97.0	2,191
2016년	20	0.9	46	2.2	2,061	96.9	2,127
2015년	7	0.4	71	3.8	1,789	95.8	1,867

(단위 : 개사, 백만원)

구 분	2015년		2016년		2017년	
	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출	사업체 수	로봇매출
1억원 미만	396	9,150	392	9,494	304	8,472
1억원 ~ 10억원 미만	808	325,471	948	385,537	929	401,642
10억원 ~ 50억원 미만	565	1,199,523	697	1,451,010	791	1,640,921
50억원~100억원 미만	30	208,075	30	212,070	105	675,739
100억원 이상	67	2,474,592	60	2,539,052	61	2,798,774
총 계	1,867	4,216,811	2,127	4,597,163	2,191	5,525,547

정책현황

National Robotics Initiative



At a speech at Carnegie Mellon University on **June 24th 2011**, President Obama launched the **National Robotics Initiative** as part of a broader effort to promote a renaissance of American manufacturing through the **Advanced Manufacturing Partnership**.

- The realization of co-robots acting in direct support of individuals and groups
- Four agencies NSF, NASA, NIH, and USDA
- from fundamental research and development to manufacturing and deployment.
- Funding Amount: \$30,000,000 to \$50,000,000 per year



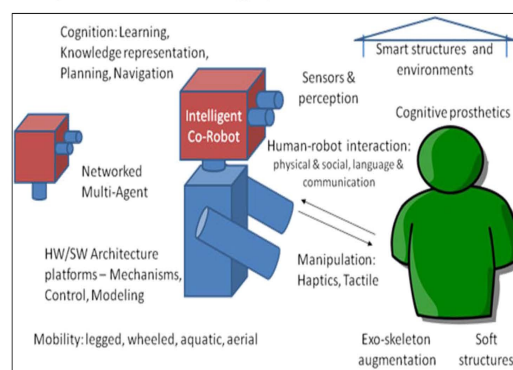
- 제조업 부흥 목적의 '첨단제조 파트너십' 일환으로 '국가 로봇계획(NRI)' 추진

* 협동로봇 개발 지원 중심

- DARPA 중심으로 다분야 투자

* 우주국방, 의료·헬스케어 등

Representative NRI Technology Space



SPARC: the European Robotics Initiative

- Largest civilian robotics program in the world
- Europe should stay No. 1 in robotics

*) With €700M in funding from the Commission for 2014 – 2020, and triple that amount from European industry



- Development of R&D&I agenda and Roadmap
- Suggesting call topics, priorities, funding profile

- Implementation of R&D&I agenda through Horizon 2020



- 범국가적 로봇 연구 프로그램 'SPARC' 추진
- EU 프레임워크 프로그램 중 고령자 보조를 위한 로봇사업 5개 진행 중
- 프랑스: 서비스 로봇분야에서 2020년 5대 강국 진입 목표

■ 로봇혁명 실현위원회(2015)

- 산업용 로봇기술을 서비스분야로 확대하여 2020년까지 로봇시장을 2배로 확대함
- “2020년에 세계로봇을 모두 모아 기술경쟁을 벌이는 로봇올림픽을 개최한다” (2013.11)

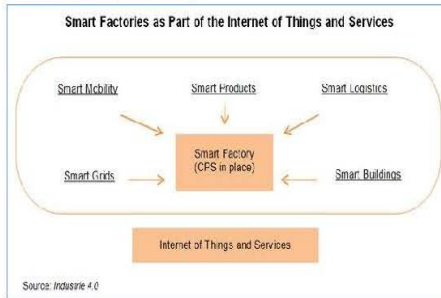


■ R&D 사업

- 2012, 100억/재난대응
- 2013, 240억/간병로봇
- 2014, 노후인프라 점검/관리 (도로, 교량, 터널, 하천, 하수도, 항만 등)



- 범정부 차원의 '로봇 신전략' 추진
 - * 로봇 보급 확산·활용확대를 위한 실증사업 추진 등
- 고령화에 대응한 개호·복지 분야 로봇 개발·상용화 지원



- '중국제조 2025' 핵심 산업분야에 로봇 선정
* 주요 공정 스마트화, 로봇활용 확대 등
- 로봇산업 발전계획 발표
* 10대 핵심로봇 육성, 핵심기업 육성 등

- Initiative to comprehensively upgrade Chinese industry
 - Direct inspiration from Germany's Industry 4.0 plan
 - To avoid being squeezed by both newly emerging low-cost producers and more effectively cooperate and compete with advanced industrialized economies



Robot Density in China: 36
(Korea 478, World Avg 66) [2014]



Robot Density in China: 49
(Korea 531, World Avg 69) [2015]

우리나라 로봇 산업 정책

지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 (제정 : 2008, 개정 : 2018)

지능형 로봇 기본 계획 (1차 : 2009, 2차 : 2014, 3차 : 2019)

13대 혁신성장동력 (2017.12)

지능형 로봇을 하나의 분야로 포함

로봇제품의 시장창출 지원 방안 (2018.12 4차 산업혁명 위원회)

로봇산업 발전 방안 (2019.3 전국경제투어⑦ 로봇산업육성전략보고회)

제7차 산업기술혁신계획 (2019.3 국가과학기술자문회의)

향후 5년간 집중투자분야 100대 핵심기술에 로봇 관련 7개 기술 선정

이슈

1. 국내 로봇 기업의 구조적 한계

중소기업 중심의 산업 구조

- 국내 로봇기업주 대부분이 중소기업(97%)이며, 매출 50억원 미만(96%)임
- 중소기업은 연구개발 인력 및 자금이 절대적으로 부족



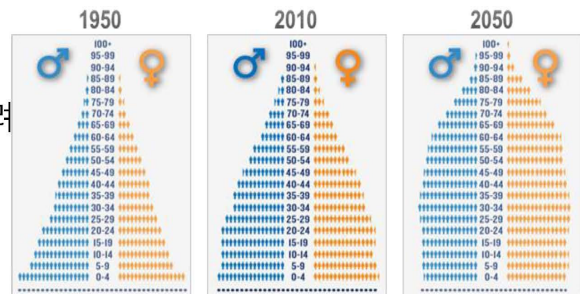
기술이전 및 사업화 성과 저조

- 연구소/대학 중심의 원천기술 확보 등 성과 있었으나, 기업 연계 통한 사업화 실적 저조
- 상용화 기술개발 지원을 통한 기업 경쟁력 강화 필요

2. 사회적/산업적 변화

저출산/고령화 심화

- 노동인력 감소에 따른 생산성 저하 우려
- 의료서비스 및 돌봄 분야 필요 인력과
제공인력 부족



글로벌 로봇산업 변화

- AI,클라우드 기술 등과 융합을 바탕으로 로봇의 지능화가 빠르게 진행
- 고도화된 로봇을 활용한 서비스 등 전방산업 변화 심화

* SOURCE: UN POPULATION DIVISION

새로운 서비스 로봇 시장의 태동

- 로봇청소기로 대표되던 기존 서비스로봇 시장에서 물류/의료/생활지원 등
신규 시장의 형성과 급성장 예상

성공에 대한 경험 부족

- 완벽한 로봇에 대한 기대와 이에 부응하기 위한 High-tech 중심의 기술 개발
- 기술적 신뢰성이 높은 Low-tech 적용을 통한 상업화에 대한 경험 부족

정부 R&D 방향

1. 로봇 확대 보급



2. 4대 서비스 로봇 분야 집중 육성

	로봇 종류	보급 대상	협업 기관	보급 대수
물류	 손재형로봇  치매예방로봇	<ul style="list-style-type: none"> 중증 장애인 등 사회적 약자 	지자체	5,000대
물류	 실내배송로봇  실외배송로봇	<ul style="list-style-type: none"> (실내) 마트, 병원 등 (실외) 부산·세종 스마트시티 	지자체, 우본 등	4,000대
웨어러블	 근력증강로봇  근력증강로봇	<ul style="list-style-type: none"> 현장 근로자 노약자, 장애인 등 사회적 약자 	지자체	945대
의료	 수술로봇  재활로봇	<ul style="list-style-type: none"> 국공립병원 재활병원 	식약처	55대

3. 3대 핵심부품 및 4대 SW 자립화



2020년 산업부 R&D 추진 일정

수요조사 : '19.7~8월

과제뱅크 도출 : ~'19.10월

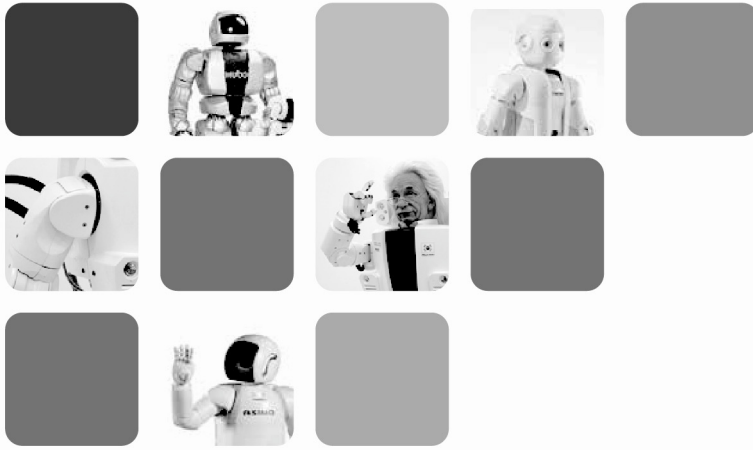
물류,의료,웨어러블,개인서비스 로봇, 제조로봇, 핵심부품/SW 등 30여 개 Bank 도출

우선 지원순위 선정 및 RFP 작성 : ~'19.11월

사업심의위원회 : '19.12월

'20년 사업 공고 : '19.12월 말 ~ '20.1월

신규 공고 예산 : 200억원



자율주행 무인수상정(USV)

LIG 넥스원 유재관 박사

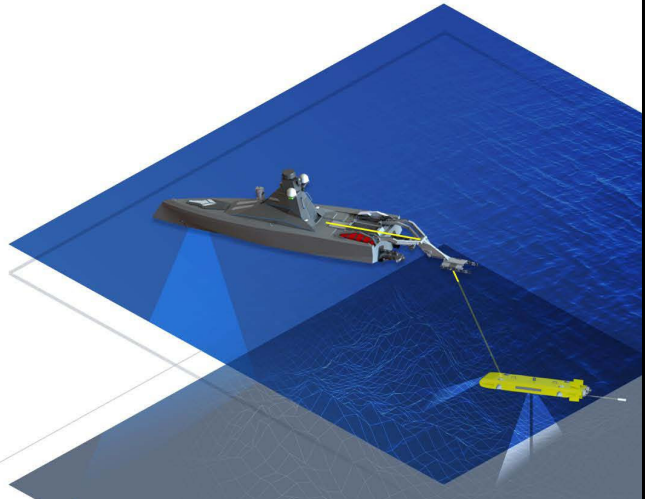




Deep Learning 및 자율운항 등 무인체계 기술 기반 무인수상정 기술개발 현황

2019.10.25

발표자 유재관 수석연구원



CONTENTS

함안 감시정찰 임무에서 신속대응 방어임무로의
무인수상정 및 통합 연동기술 발전방향

- I 국외 기술동향 및 군집제어
- II 연안 감시정찰 무인수상정(해검1)
- III 실시간 수중·수상 감시정찰 무인수상정(해검2)
- IV 무장탐재 무인경비정(해검3)
- V 결론

I

국외 기술동향 및 군집제어

국외 기술동향

Brighter Tomorrow
with LIG Nex1

1) 국외 국가별 개발 현황

현재 가장 선도적으로 개발 및 운용하는 국가는 미국, 이스라엘, 영국이며, **이스라엘은 sea status 4 이상 유도무기 탑재 시험 완료함.**

구분	주요 특징
Fleet-class USV (미국, AAI)	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 길이: 12m 최대속도 : 35knot 원격운용거리 : 18km GPS, 무선 제어/데이터 통신 시스템
Spartan (미국, 해군)	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 길이: 7m (RHIB 형태) 최대속도 : 48knot 원격운용거리 : 16km 운용임무장비: RADAR, LIDAR, EOTS 탑재
Protector (이스라엘, Rafael)	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 길이: 9m / 11m 최대속도 : 40knot 임무형태에 따른 Modular platform 구조 운용임무장비: RADAR, GPS, INS, EOTS, Gun, Missile
C-Sweep (영국, ASV)	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 길이 : 11m 최대속도 : 25knot 반자율/자율 모드 운용 소나, 소해원치, 전수장치 탑재
VENUS (싱가포르, ST Elec.)	<ul style="list-style-type: none"> 플랫폼 길이: 16m 최대속도 : 25knot 다목적 플랫폼 형태 운용임무장비: RADAR, EOTS, Side Scan Sonar, ROV

2) 주요 기술 추세(Trend)

최근 개발 동향은 고속/고내항성, 임무장비 모듈화, 군집 제어 기술 등 다양한 기술로 영역이 확대되고 **인접국인 중국의 도약이 괄목할 만함.**

▶ 고속/고내항성

< KATANA, 이스라엘 > < BAE USV, 영국 >

- Harbor class(순찰선, 해적퇴치선)
- 정수 중 50노트 이상
- 해상상태 4에서 고속운항
- 해상상태 5에서 생존/운용 가능
- 파랑 안정성 및 저항 최소화

▶ 임무장비 모듈화

< Protector, 이스라엘 > < C-Sweep, 영국 >

- 임무의 다양화(감시, 조사, 구난)
- ROV, SONAR, 무장 모듈화 기술
- 임무장비 배치 최적 설계
- 임무 중 자체안정장치 기술
- 장비 교체 시간 1일 이내

▶ 군집 제어

< Conquest, 미국 > < Munin, 중국 >

- 대규모 적 함정 공격 /저자선 구축
- 군집 네트워크 구성
- 군집 무인선의 최적 임무 할당
- 행동제어, 상황인지, 네트워킹 등 요소기술 확보

19- 3

LIG 넥스원

I

국외 기술동향 및 군집제어

어뢰 / 유도무기 연동

Brighter Tomorrow
with LIG Nex1

RAFAEL PROTECTOR
(w/ spiker missile)


Elbit systems
Seagull
(w/ torpedo)


19- 4

LIG 넥스원


I

국외 기술동향 및 군집제어
군집제어






^USA
(Johns Hopkins 2017 / High speed)




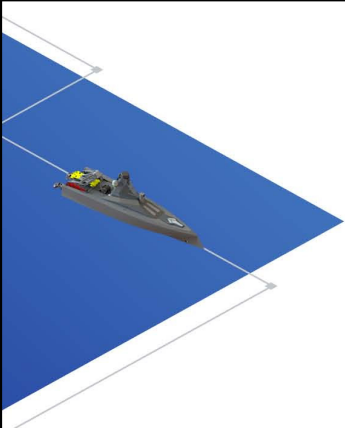
^USA
(ONR 2014 / different types)



^China(Yunzhou Tech corp. 2018 / 56 small USVs)

19- 5



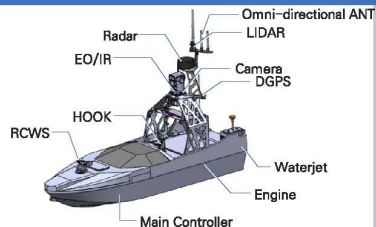


II

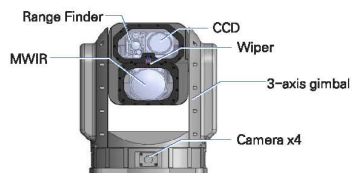
연안 감시정찰 무인수상정(해검1)

✔ System Configuration

Unmanned Surface Vehicle



EO/IR



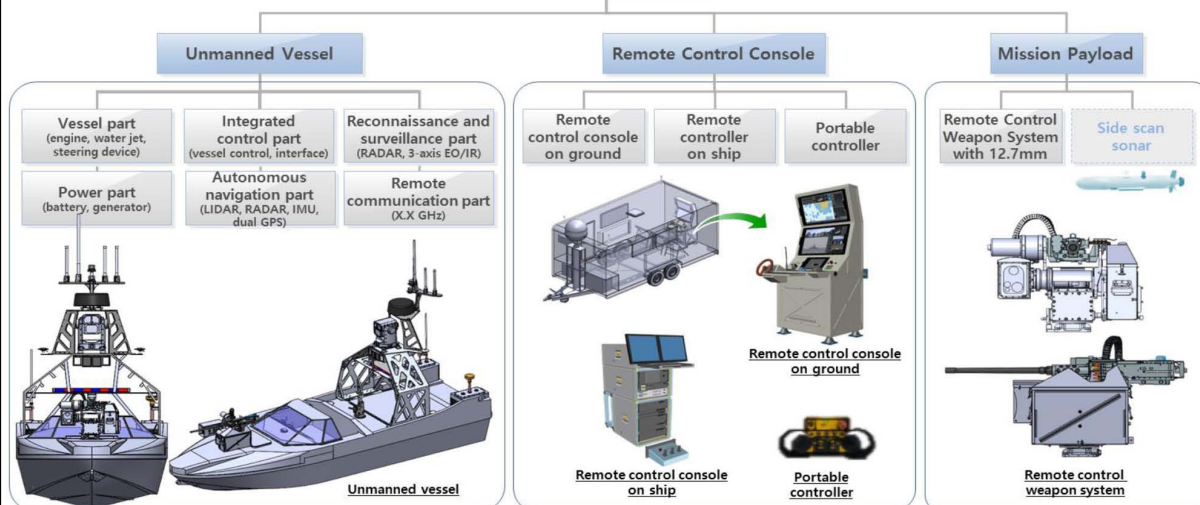
✓ Concept of Operation



19-7

LIG 넥스원

SEA SWORD SYSTEM





19-8

LIG 넥스원


II 연안 감시정찰 무인수상정(해검1)

Defogging Function(2/2)







19-9




II 연안 감시정찰 무인수상정(해검1)

안정화 성능







19-10




II

연안 감시정찰 무인수상정(해검1)
실시간 연안 감시정찰






임무통제 화면



임무제어 화면

19- 11





III

**실시간 수중·수상
감시정찰 무인수상정(해검2)**

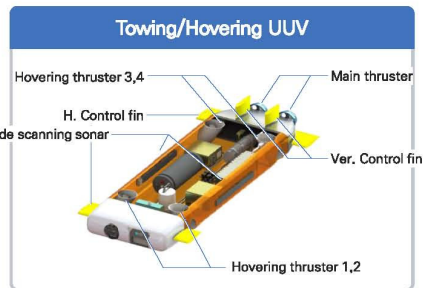
III

실시간 수중·수상 감시정찰 무인수상정(해경2)

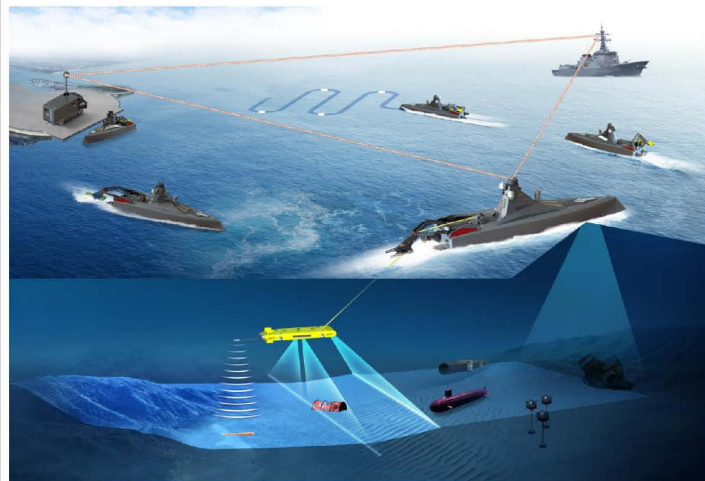
개요 및 운용개념

Brighter Tomorrow
with LIG Nex1

System Configuration

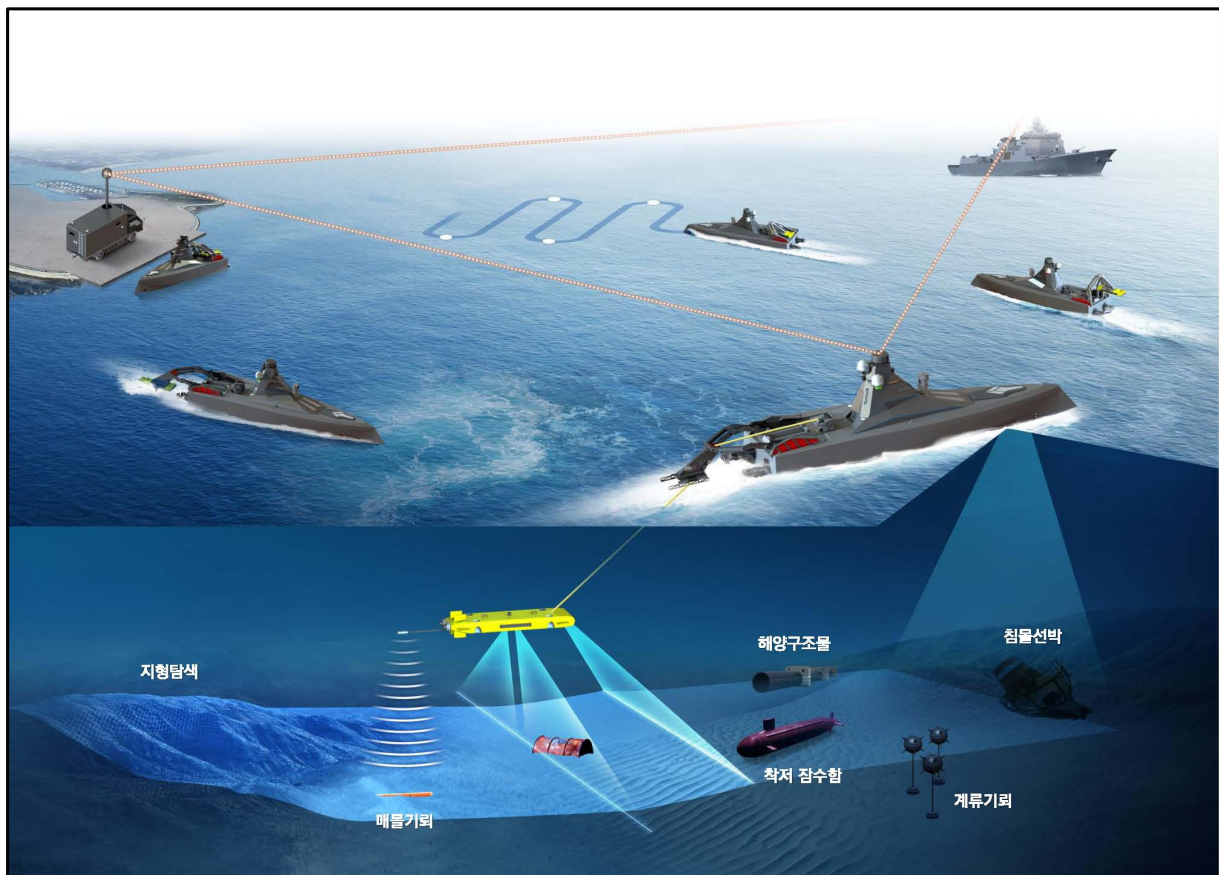


Concept of Operation



19-13

LIG 넥스원





IV 무장탐재 무인경비정(해검3)
개요 및 운용개념

Brighter Tomorrow
with LIG Nex1

System Configuration

Unmanned Surface Vehicle

RCWS / guided rocket turret

Concept of Operation

LIG 넥스원

IV

무장탑재 무인경비정(해경3)
12.7mm / 2축 발사대 / Deep Learning



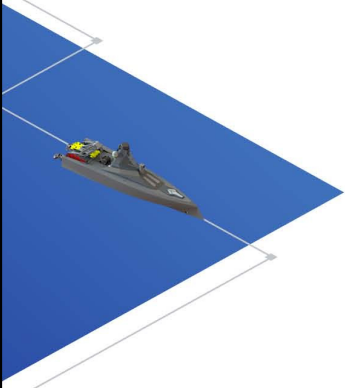






19-17





V

결언 및 건의사항

VI

결연 및 건의사항

무인수상정 기술발전 견인 필요

Brighter Tomorrow
with LIG Nex1

- 각국 무인수상정 개발 및 기술장벽 구축으로 국내 개발 필요
- 어뢰, 유도로켓 등 특수 임무모듈 탑재 및 통합연동제어 기술 개발 추세
- AI 기반 임무통제/자율운항 기술 개발 추세
- 단계별 기술개발 견인 및 시범적용, 무장탑재, 군집제어, 인공지능화 등



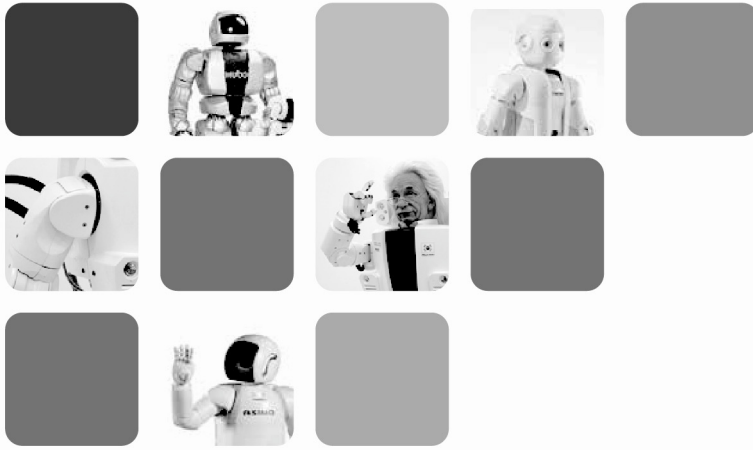
유재관 수석연구원

jaekwan.ryu@lignex1.com

jaekwan.ryu@gmail.com

19- 19

LIG 넥스원



자율주행 물류 로봇을 위한 자율주행 네비게이션 솔루션

유진로봇 박성주 사장





Autonomous navigation solution for Automated logistics

Seongju Park
Yujin Robot

Digital transformation

◆ Why digital factory?

Market has been created by force and trend and now by speed and flexibility.

◆ What is the ultimate goal of digital factory?

Get rid of...

- ✓ paper - for automated decision making with less involvement of human in the loop
- ✓ conveyor - for flexible maneuver

With the technologies such as...

- ✓ IoT, AR/VR, Robot, 3D Printing, AI, Cloud, Edge computing, etc.

Aiming at improving...

- ✓ Productivity, efficiency, flexibility and usability of future factories

◆ Autonomous mobility is the key to the digital transformation



Global Trend in appliance and machinery industry

Appliance to robot /automatic appliance



Major players leading the global trend

Appliance manufacturer



Robotic manufacturer



YUJIN ROBOT

Future of devices with wheels in the factory, hospital and market



YUJIN ROBOT

3 key components to enable manual devices to be robotic device

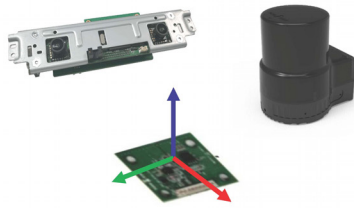


YUJIN ROBOT

Autonomous Navigation Solution

Yujin's Sensor

- 2D/3D ToF LiDAR
- Stereo Camera
- IMU sensor



Yujin's Software

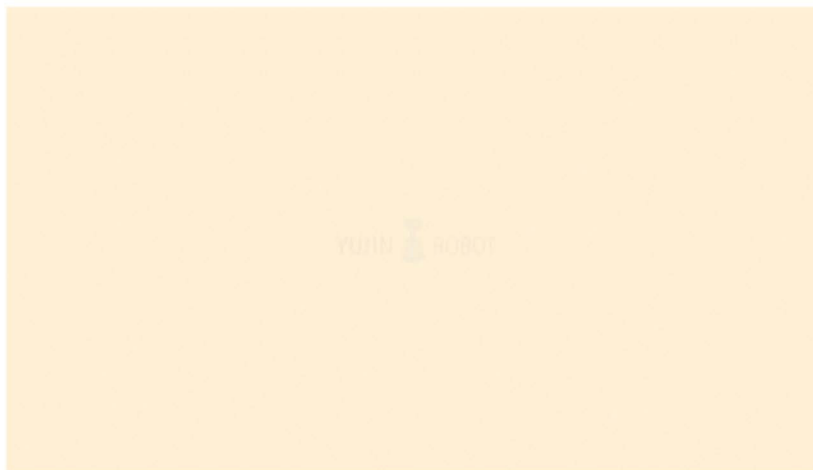
- Navigation software
 - SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
 - Localization and Path planning
 - Obstacle avoidance
- FMS (Fleet Management System)
 - Multi robot monitoring and control

Target application

- AGV
- Fork lift
- Cleaning machine
- Cart
- Logistics robot



Autonomous Navigation Solution

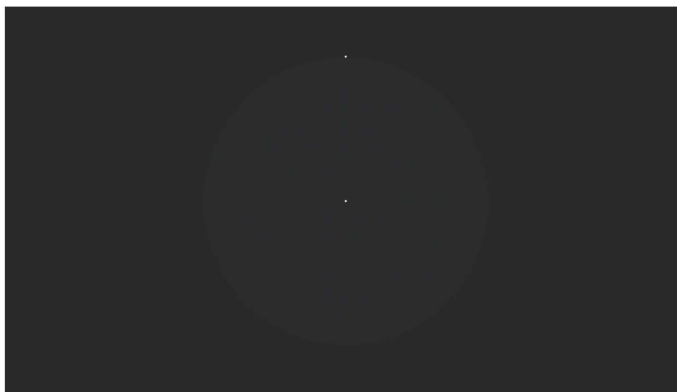


Demo – Mobile Cart



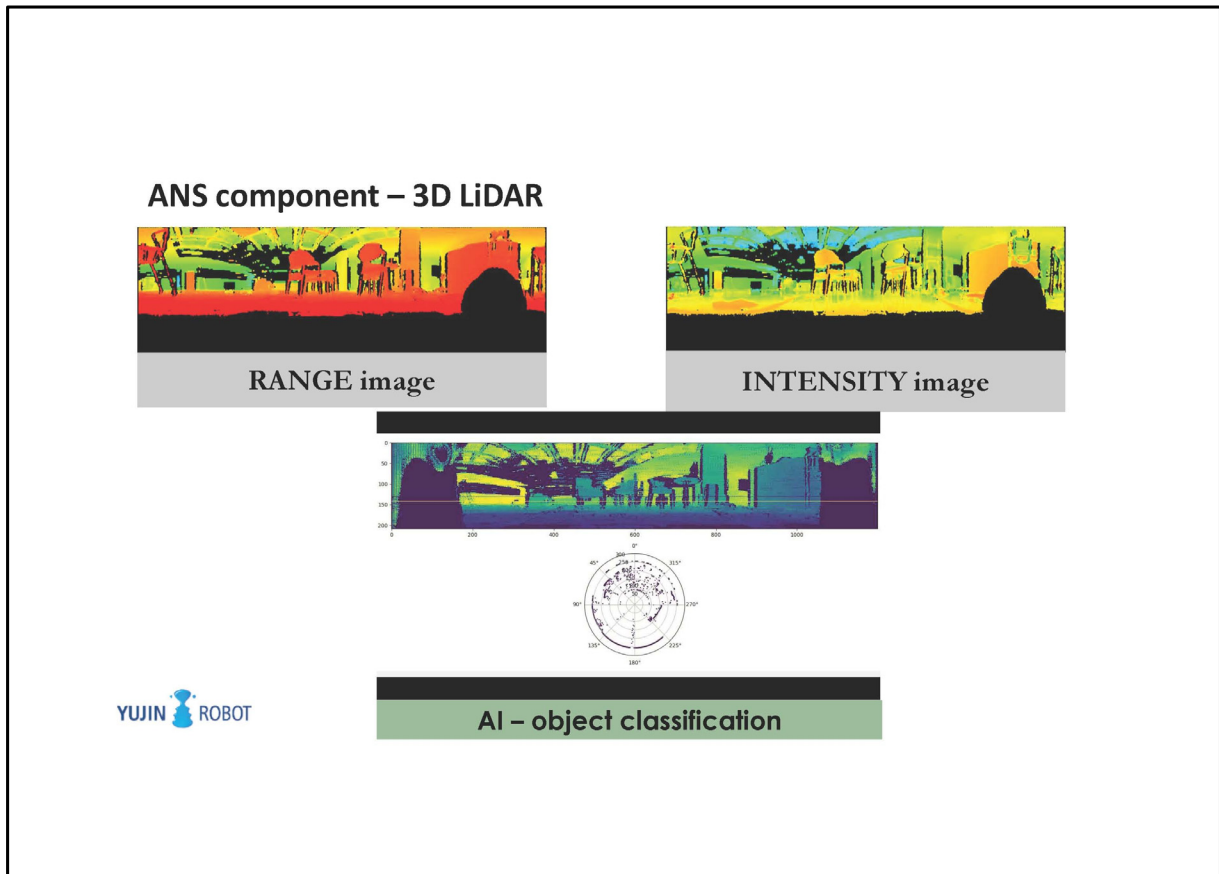
YUJIN ROBOT

ANS component – 3D LiDAR

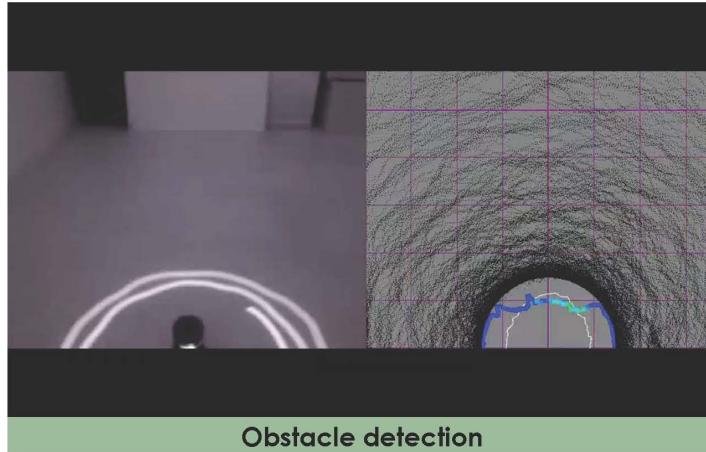


- 3D environment monitoring
- 3D map building - Autonomous navigation
- Safety – human & object detection
- AI – object recognition

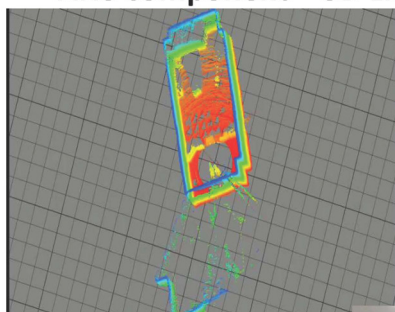
YUJIN ROBOT



ANS component – 3D LiDAR

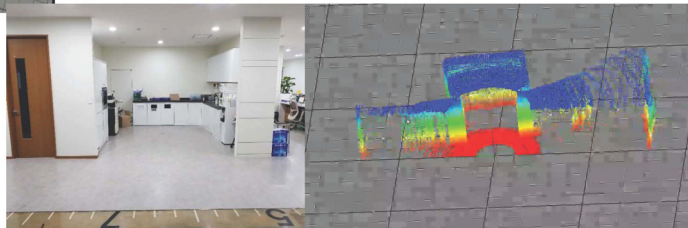


ANS component – 3D LiDAR



3D environment reconstruction

YUJIN ROBOT

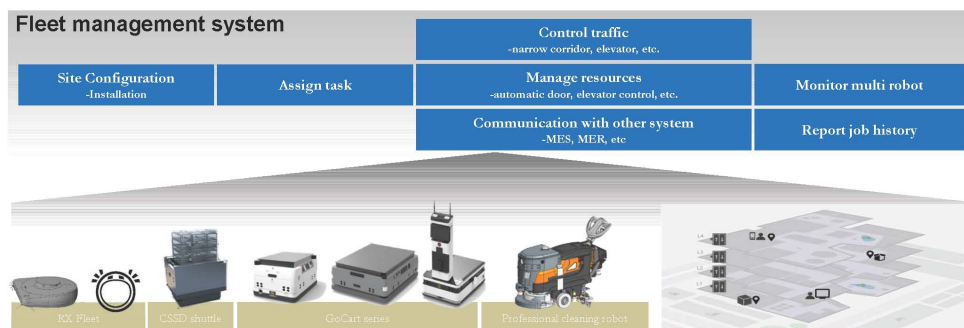


ANS component – Navigation SW

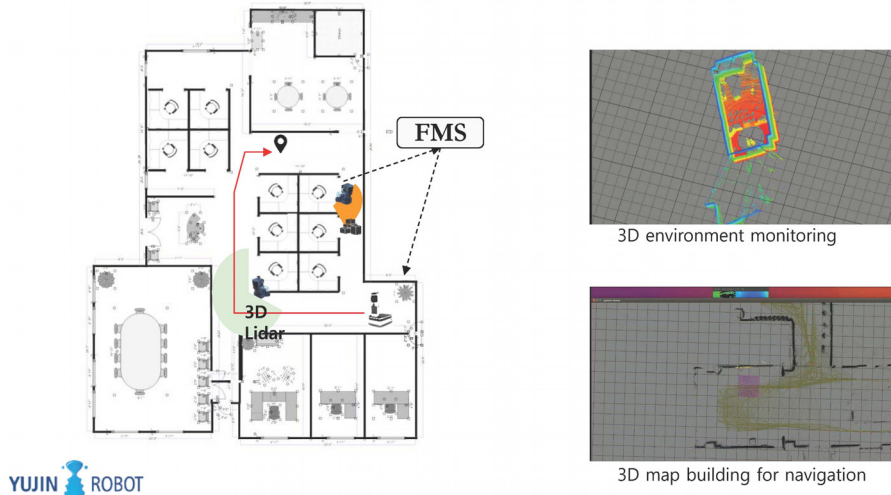


ANS component - FMS (Fleet management system)

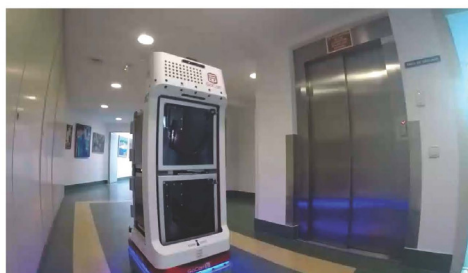
The fleet management system (FMS) is a centralized decision maker running on server, which assign tasks, control traffics, manage resources and monitors multi robot.



Use case: 3D environment monitoring & map building



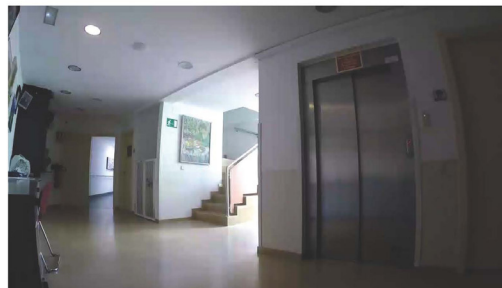
Use case: Elevator/Auto door management with Robot service



Fleet Management System



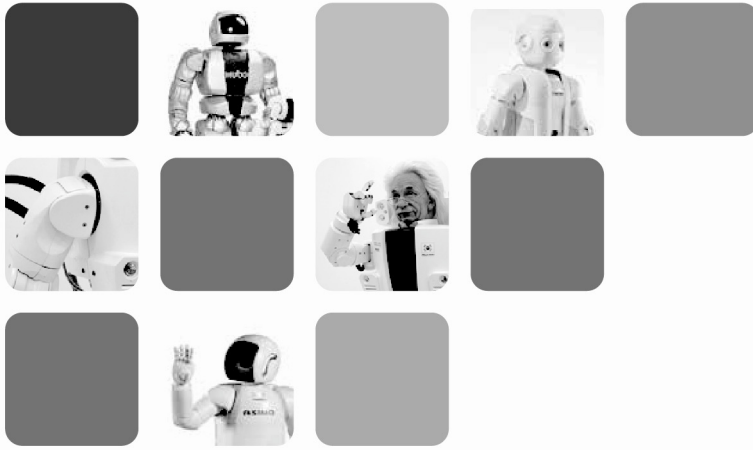
YUJIN ROBOT



Use case: Multi ANS vehicle job control & traffic control



Thank you



스마트 모빌리티 로봇과 표준화 이슈

경희대 이순걸 교수



2019. 10. 25

irms.khu.ac.kr

Smart Mobility of Robots and Standard Issue

Soon-Geul Lee



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



irms.khu.ac.kr

1. Smart Mobility of Robots

2



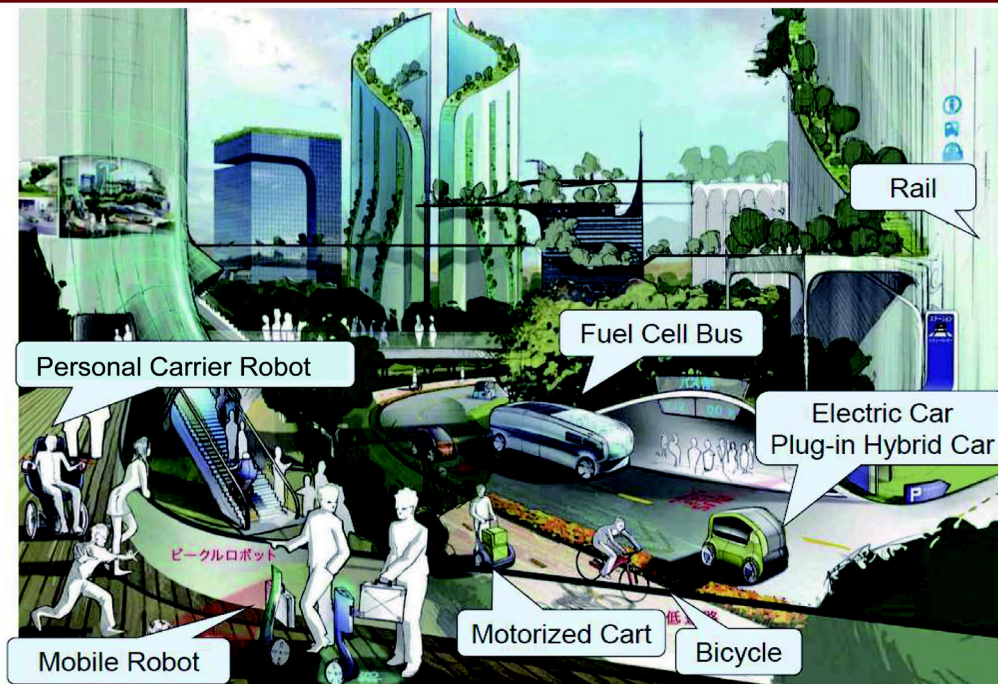
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Network of Multimodal Transportation

irms.khu.ac.kr



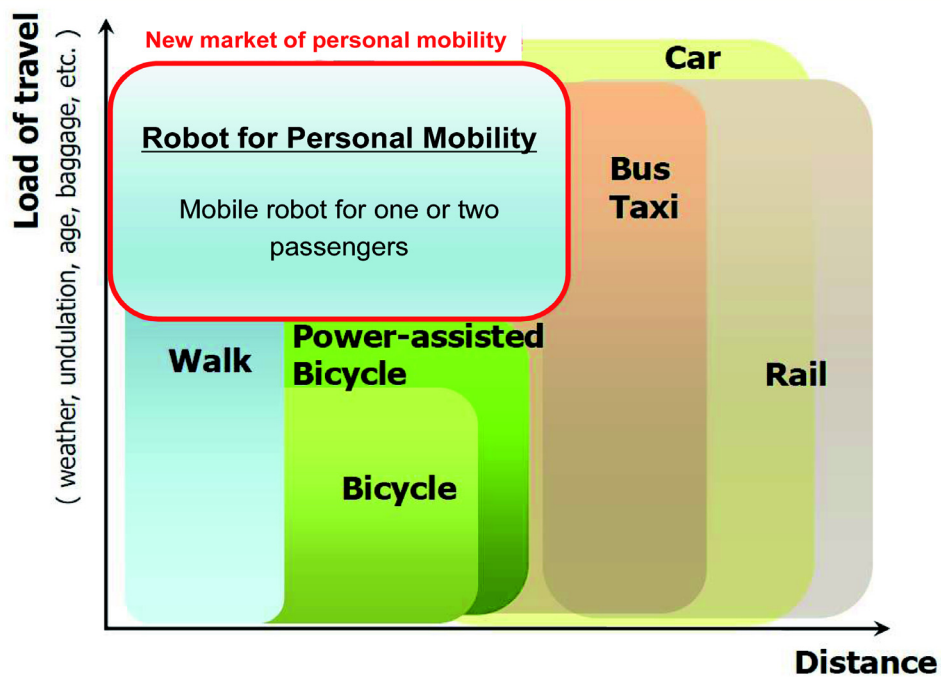
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Emerging Trends of Mobility

irms.khu.ac.kr



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



New Category for Mobility

irms.khu.ac.kr



Personal Carrier Robot

Pedestrian assist robot



Wheelchair robot
(6km/h or slower)



Vehicle type robot
(30km/h or slower)



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



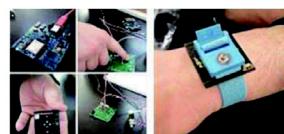
Smart Mobility – intelligent Rollator by walking intention

irms.khu.ac.kr

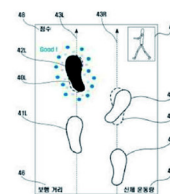
Robotic walker that actively controls its speed and direction of movement according to the user's gait intention



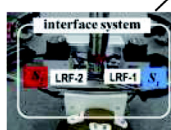
Walking Assistant



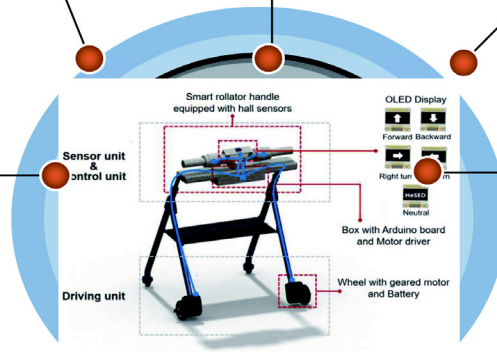
Smart Bio-Assistant



Remediation Assistant



Active Assistant



Active Control Walker



Enjoy Assistant

6

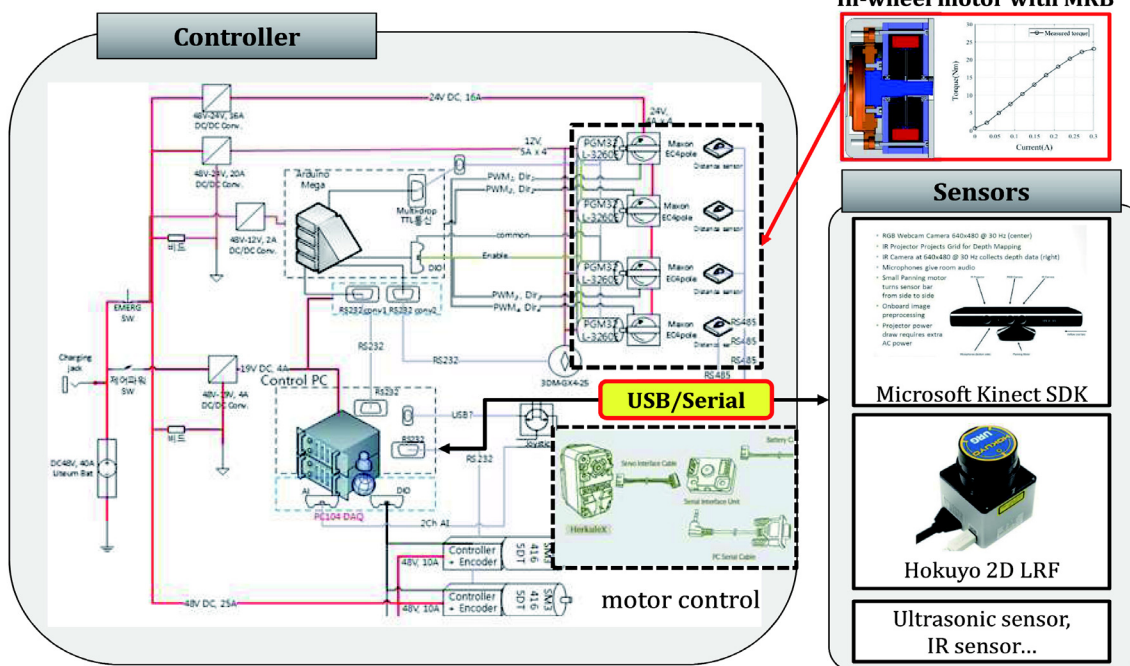


Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Smart Mobility – intelligent Rollator by walking intention



7



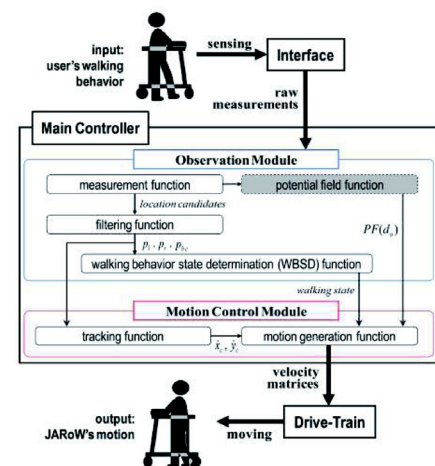
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



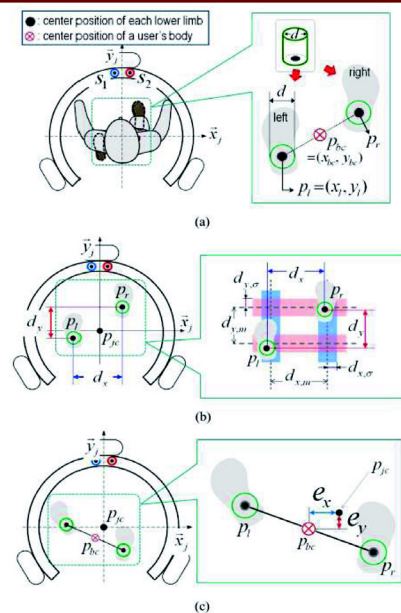
Smart Mobility – intelligent Rollator by walking intention

Data/control flow for the controller system



"Walking Intent Based Movement Control for JAIST Active Robotic Walker," IEEE Tr. on SMC: Systems, 44(5), pp. 665 – 672, 2014 (top 10%)

"Intelligent robotic walker with actively controlled human interaction," ETRI Journal, 40(4) 522–530, 2018



Walking intent-based movement control. (a) Projected locations of lower limbs: p_l and p_r . (b) Relative distances (d_x and d_y) and boundary parameters. (c) Position difference between p_l and p_{bc} .

8



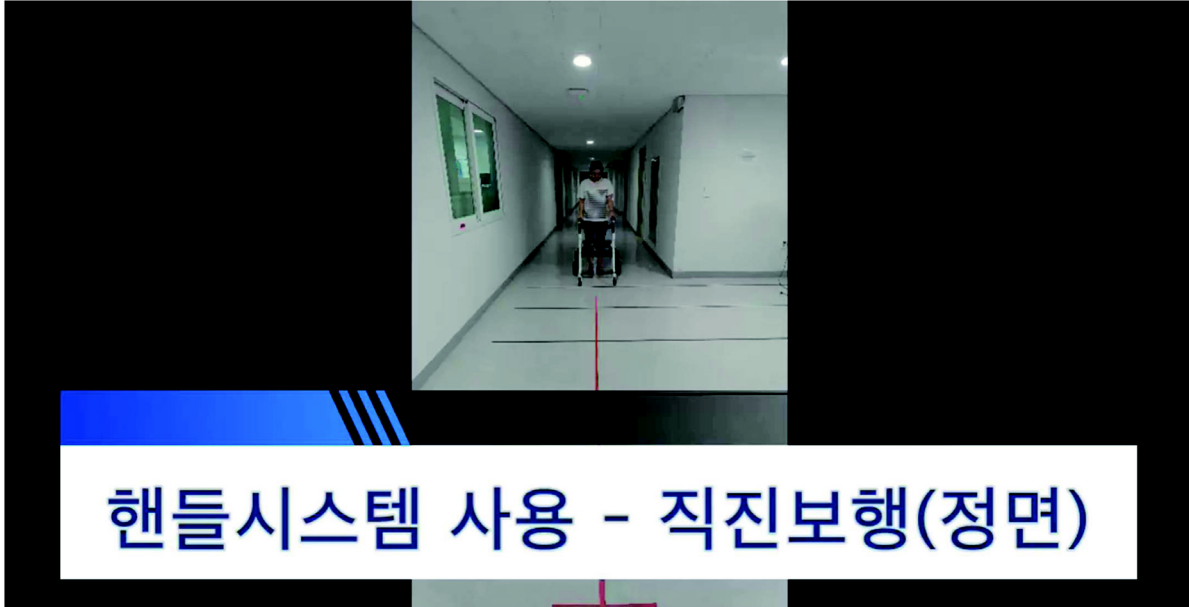
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Smart Mobility – intelligent Rollator by walking intention

irms.khu.ac.kr



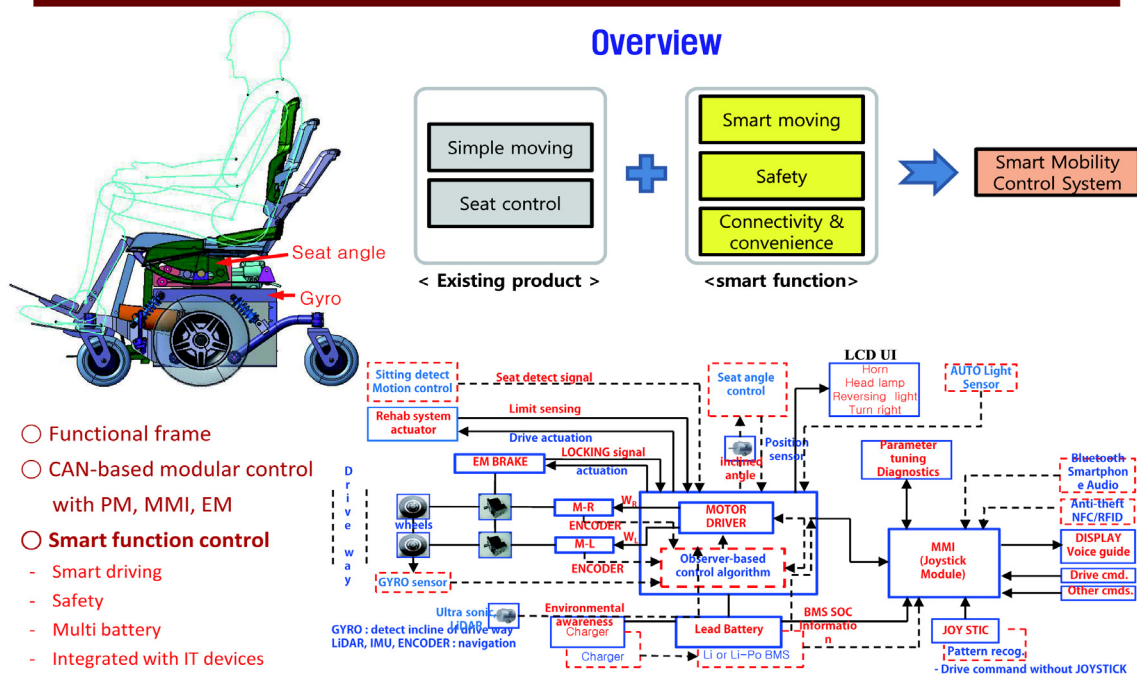
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Smart Mobility – development of smart wheelchair system

irms.khu.ac.kr



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



mmis.khu.ac.kr

The diagram illustrates the control architecture for a smart wheelchair, showing the interaction between four main components: the Expansion Module (EM), the Men Machine Interface (MMI), the Power Module (PM), and the wheelchair itself.

- EM (Expansion Module):** Located at the top left, it handles "Sensor interface & recognition" and "Control actuators and lamps (smart function)". It is connected to the wheelchair via a blue dashed arrow labeled "Status, Control CMDs".
- MMI (Men Machine Interface):** Located at the top right, it provides "User control command & Information to user". It is connected to the wheelchair via a blue dashed arrow labeled "Status, Control CMDs".
- PM (Power Module):** Located at the bottom center, it handles "Driving motor control (driving performance)". It is connected to the wheelchair via a blue dashed arrow labeled "Status, Control CMDs".
- Wheelchair:** The central component, shown in a 3D model. It is equipped with "Other sensors" (10° and 15°), "Gyro #1 (Seat inclination)", and "Gyro #2 (Ground inclination)".

The diagram also includes images of the physical hardware components: the EM (a green circuit board), the MMI (a joystick controller), the PM (a green circuit board), and the wheelchair itself.



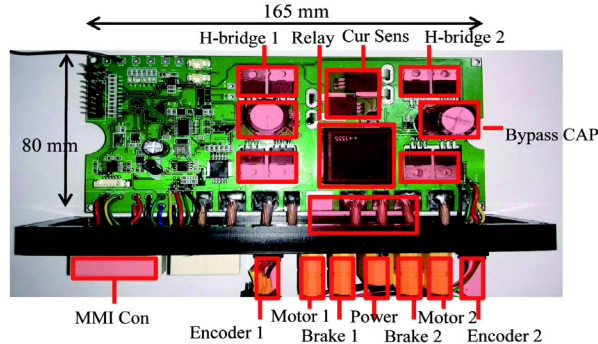
mmis.khu.ac.kr



Smart Mobility – development of smart wheelchair system

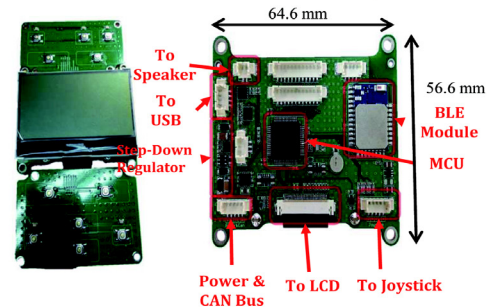
irms.khu.ac.kr

1. PM – (PS) Board with components



Item	Specification		
	Developed ver.	PGDT (R-Net90)	Dynamics (DX2)
Supply Voltage	24Vdc	24Vdc	24Vdc
Oper. Voltage	16Vdc to 32Vdc	16Vdc to 35Vdc	18Vdc to 32Vdc
Peak Voltage	32Vdc	35Vdc	32Vdc
Reverse Batt. Volt.	-40Vdc	-40Vdc	-40Vdc
Max. Drive Cur.	120A	90A	90A
PWM Frequency	20KHz \pm 0.5%	20KHz \pm 0.5%	20KHz \pm 2%
Batt. Charging Cur	12Amax	12Amax	12Amax
Actuator Current	12Amax	12Amax	12Amax
CPU	TI TMS320F28069	ASIC DSP	RENESAS M30290F
Size	165 x 80 x 35.5	162 x 80 x 26.5 (180 * 86 * 48)	165 * 78.5 * 29 (180 * 105 * 43)

2. MMI – (PS) Board with components

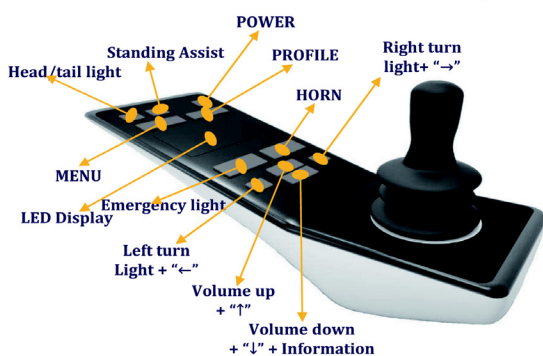


Item	MMI (PS)	Comparison
MCU	STM32F415RGT6	GPIO, Memory \uparrow
Bluetooth	BLE112-A	RF circuit design
Step-down regulator	LMR14006	Low power efficient power unit design
LDO	TLV70033	power design
Size	64.6 x 56.6	Compact design with key panel
UI	Hierarchical menu	More convenient and functional

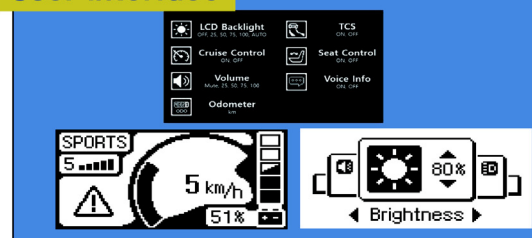
Smart Mobility – development of smart wheelchair system

irms.khu.ac.kr

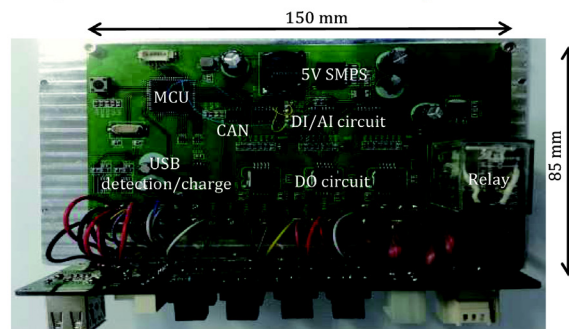
2. MMI – (PS) CASE with function keys



User interface



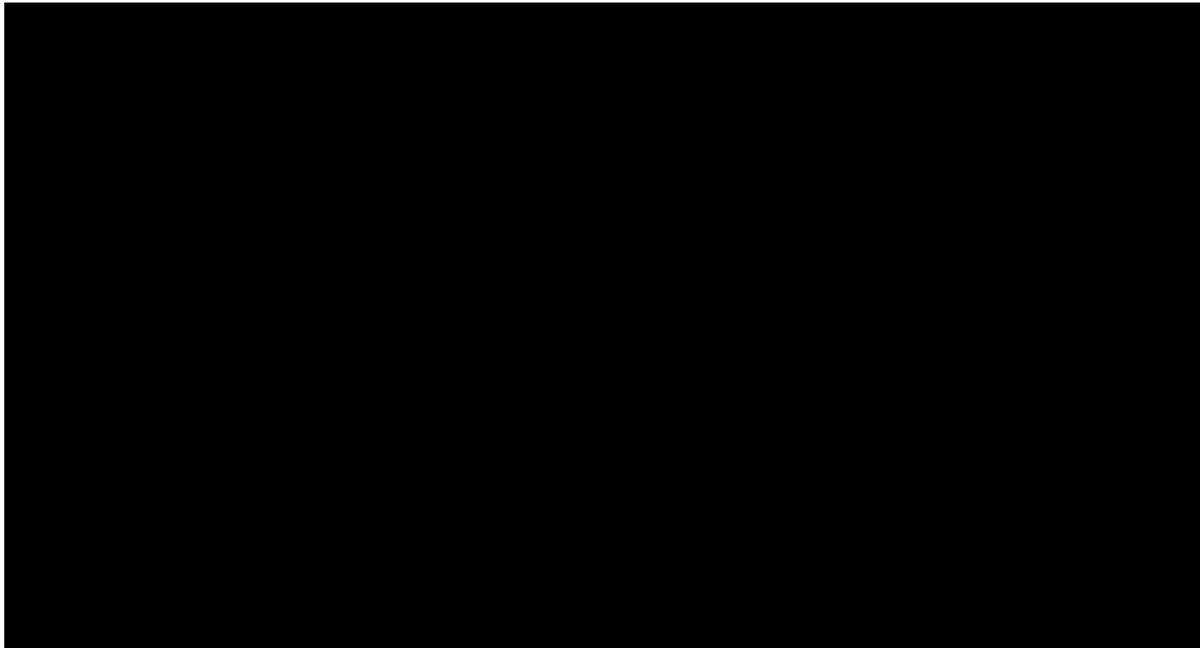
3. EM – (PS) Board with components



Item	PGDT	Dynamics	Developed ver.
MCU	ST72F264G2M6	-	AT90CAN128
Power	Lamp x 4	Actuator (15A) x 4 ea	Actuator (15A, lamp, seat motor) x 6 ea
Smart function	No (simple output)	No (simple output)	Obstacle detection, smart seat function
Comm.	Yes/RS-485	Yes/CAN	Yes(expendable)/CAN
Size	75 x 66	-	150 x 85

▶ Smart Mobility – development of smart wheelchair system

irms.khu.ac.kr



15



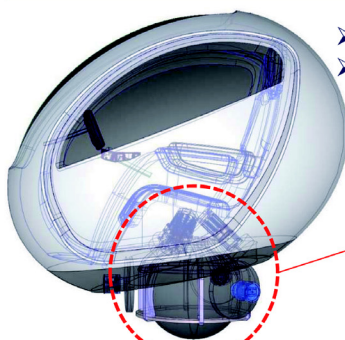
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.

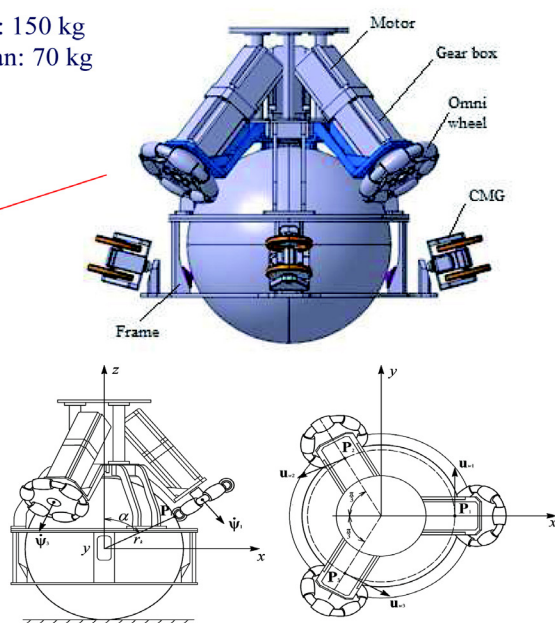


▶ World 1st Ridable Ballbot – Omnidirectional Vehicle on a Ball

irms.khu.ac.kr



- Body: 150 kg
- Human: 70 kg



16



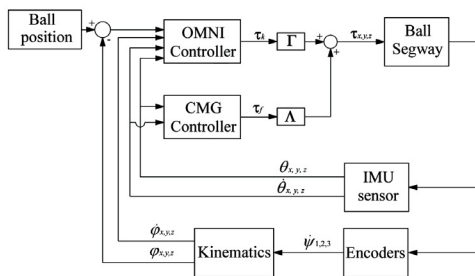
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



World 1st Ridable Ballbot – Omnidirectional Vehicle on a Ball

irms.khu.ac.kr



Kinematic Model

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\psi} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \mathbf{J}(\alpha) \begin{bmatrix} \dot{\psi}_1 \\ \dot{\psi}_2 \\ \dot{\psi}_3 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{J}(\alpha) = \begin{bmatrix} \frac{r_c}{3r_t \cos \alpha} & -\frac{r_c}{6r_t \cos \alpha} & -\frac{r_c}{\sqrt{3}r_t} \\ 0 & -\frac{r_c}{6r_t \cos \alpha} & \frac{r_c}{6r_t \cos \alpha} \\ \frac{r_c}{6r_t \sin \alpha} & \frac{r_c}{6r_t \sin \alpha} & \frac{r_c}{6r_t \sin \alpha} \end{bmatrix}$$

Decoupled 2D Dynamic Model

$$\ddot{x}_k = F_{y1}(\mathbf{q}_y, \dot{\mathbf{q}}_y) + G_{y1}(\mathbf{q}_y) \tau_y$$

$$\ddot{\theta}_y = F_{y2}(\mathbf{q}_y, \dot{\mathbf{q}}_y) + G_{y2}(\mathbf{q}_y) \tau_y$$

where,

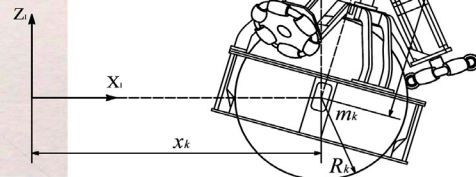
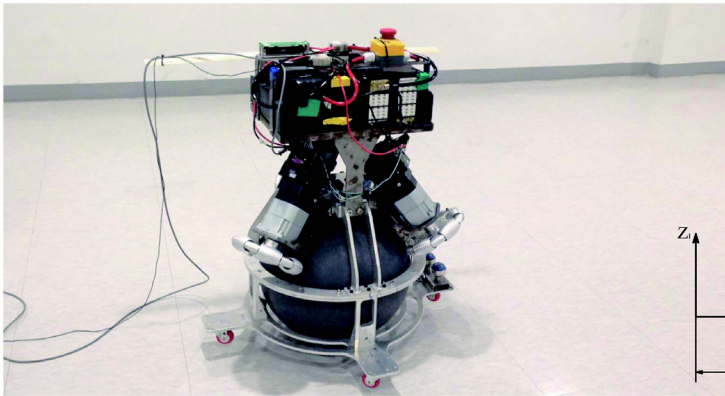
$$F_{y1}(\mathbf{q}_y, \dot{\mathbf{q}}_y) = A_y^{-1} \left(b_2 (b_4 \sin \theta_y \dot{\theta}_y^2 - b_3 \ddot{x}_k) + (b_3 - b_4 \cos \theta_y) (b_3 \sin \theta_y - b_{xy} \dot{\theta}_y) \right)$$

$$G_{y1}(\mathbf{q}_y) = -A_y^{-1} r_w^{-1} (b_2 - b_3 r_k + b_4 r_k \cos \theta_y \dot{\theta}_y)$$

$$F_{y2}(\mathbf{q}_y, \dot{\mathbf{q}}_y) = A_y^{-1} \left((b_1 - b_4 \cos \theta_y) (b_4 \sin \theta_y \dot{\theta}_y - b_{xy} \ddot{x}_k) + b_1 (b_3 \sin \theta_y - b_{xy} \dot{\theta}_y) \right)$$

$$G_{y2}(\mathbf{q}_y) = A_y^{-1} r_w^{-1} (r_k b_1 - b_3 + b_4 \cos \theta_y)$$

$$A_y = b_1 a_2 - (b_4 \cos \theta_y - b_3)^2$$



17

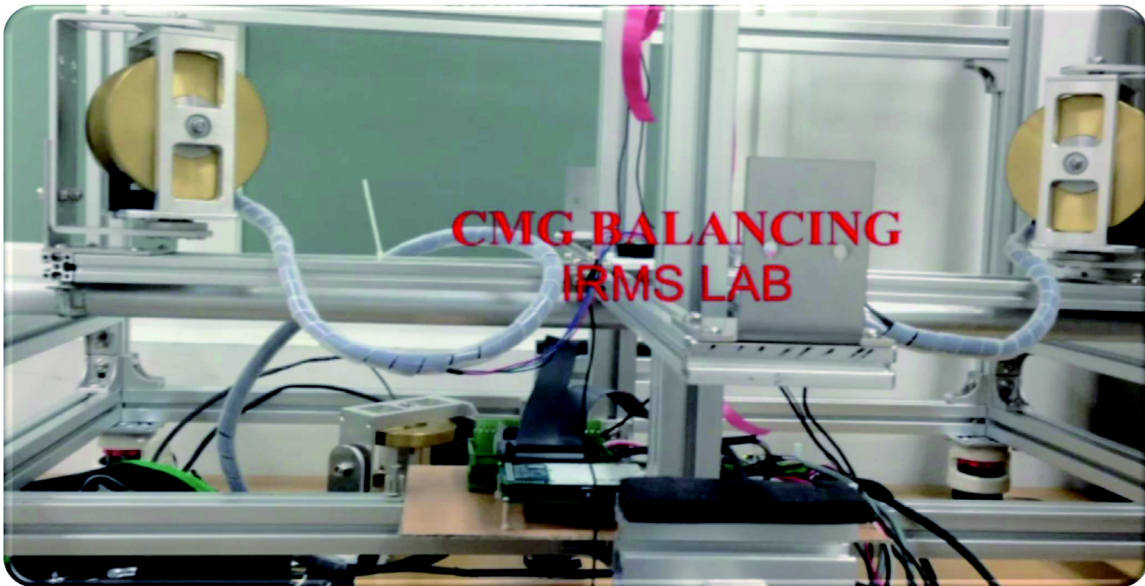
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



World 1st Ridable Ballbot – Omnidirectional Vehicle on a Ball

irms.khu.ac.kr



18

Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



World 1st Ridable Ballbot – Omnidirectional Vehicle on a Ball

irms.khu.ac.kr



Hankook
driving emotion

19

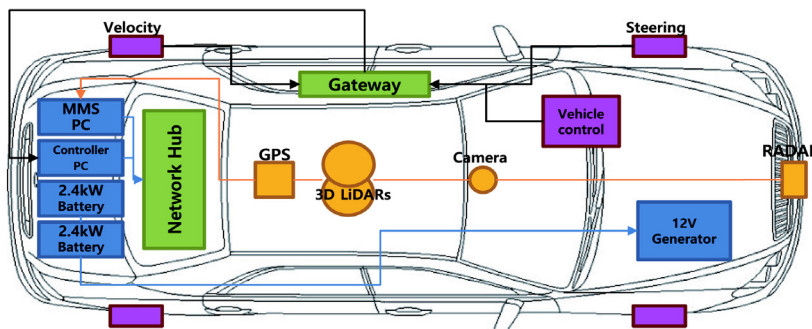
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.

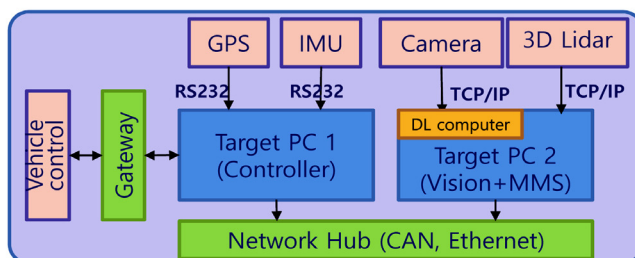


Kyung Hee University Unmanned Vehicle (KHUV)

irms.khu.ac.kr



- Control PC: control car behavior using GPS and IMU.
- MMS PC: recognize obstacles and environment.
- Middleware: UDP communication between the control PC and MMS PC.



- KHUV: Hyundai Grandeur-HG + 2 PC + 3-type extraceptive sensors
- CAN-based vehicle body control; Ethernet-based sensing and supervising.
- Power system for multi PC controllers, embedded controllers and sensors.

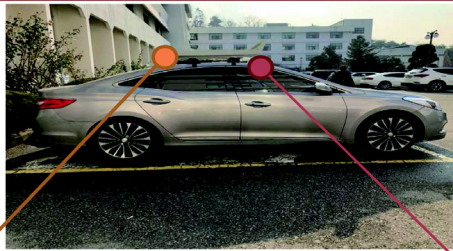
20

Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.

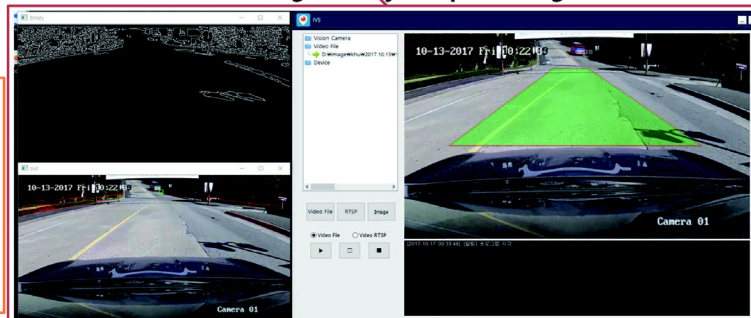


Kyung Hee University Unmanned Vehicle (KHUV)

irms.khu.ac.kr


Autonomous navigation by Deep-learning

Enhance GPS/INS position accuracy



- GPS/INS → localization with Kalman Filter & AWCL (accuracy: 1~3 m → 50 cm).
- Video object recognition: vehicle, pedestrian, traffic sign (board) by DL → High speed detection

21

Kyung Hee University

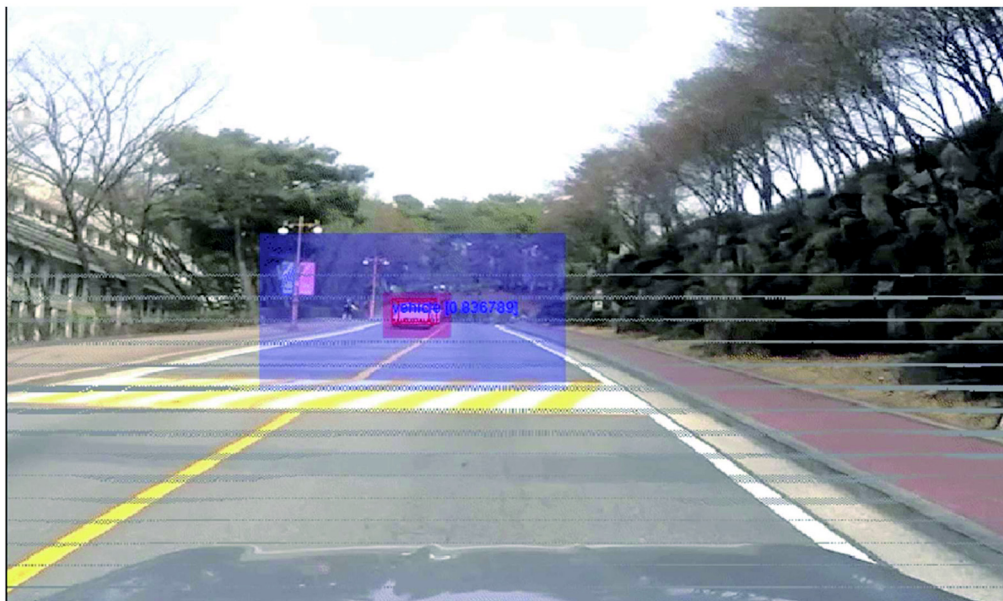
Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Kyung Hee University Unmanned Vehicle (KHUV)

irms.khu.ac.kr

Sensor fusion with a Camera and a LiDAR and Adaptive ROI for DL by Image Segmentation



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Kyung Hee University Unmanned Vehicle (KHUV)

irms.khu.ac.kr



23

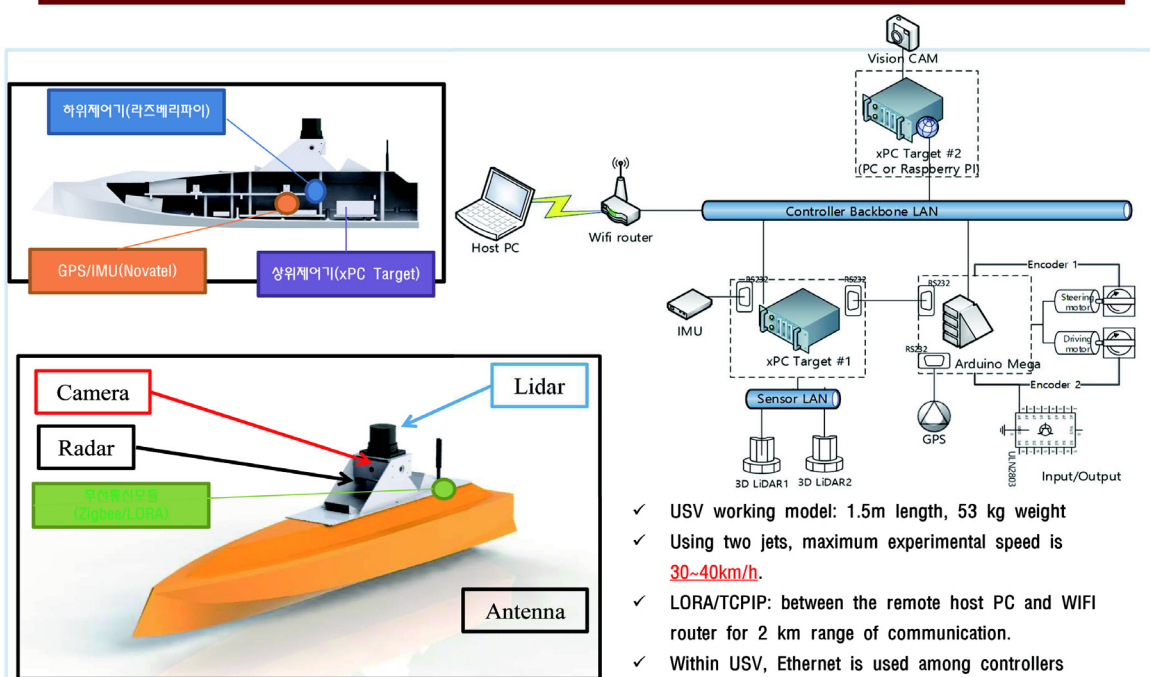
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Unmanned Surface Vehicle

irms.khu.ac.kr



24

Kyung Hee University

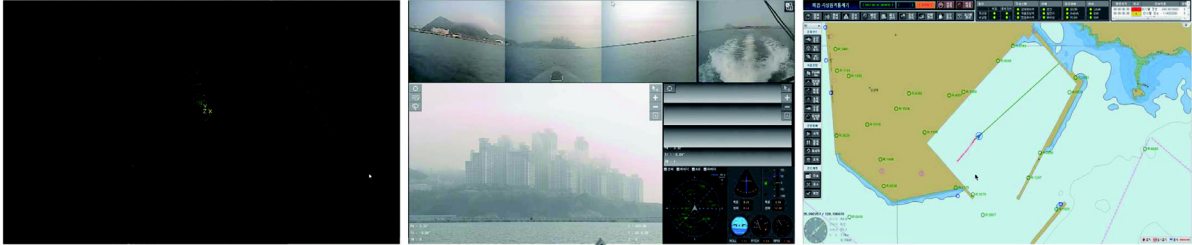
Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



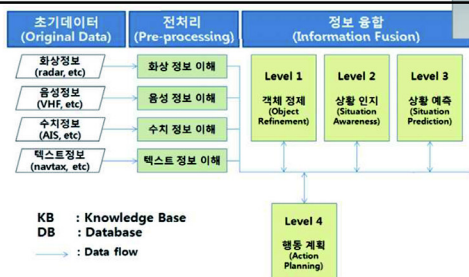
Unmanned Surface Vehicle

irms.khu.ac.kr

➤ Autonomous navigation for USV



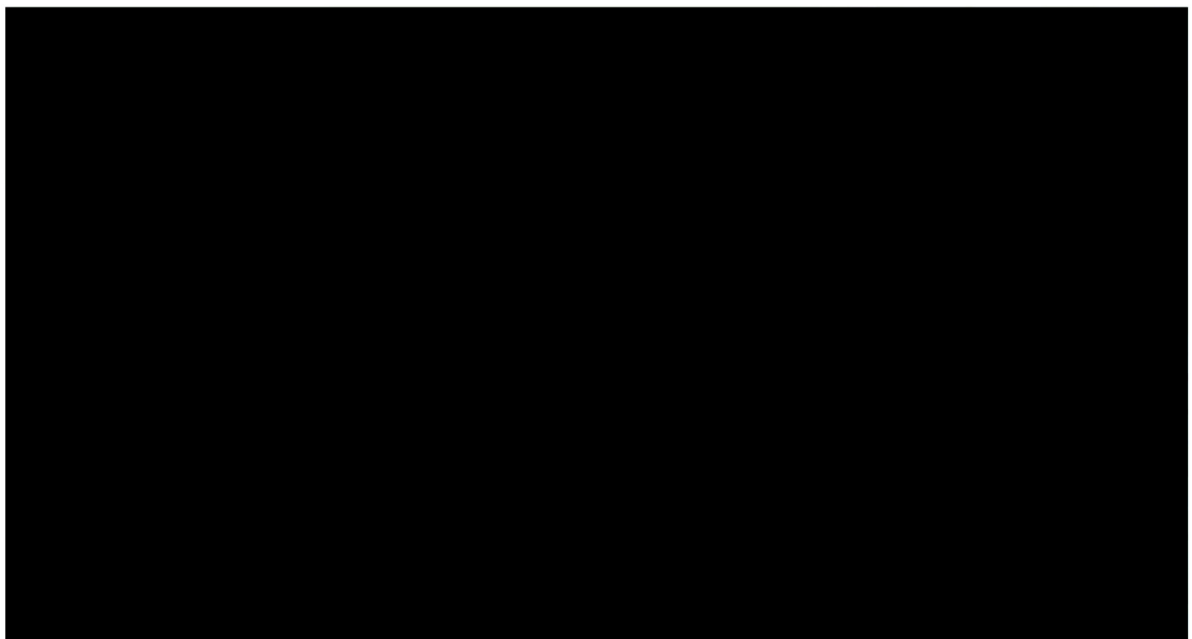
Predictive Controller for USV based on Deep Learning



- Implementing to the USV for autonomous navigation.
- Implement localization with map and autonomous navigation in USV to build location and environment map.
- Unlike a car, USV navigation is carried out on high uncertain boats, which show slow dynamic response to control inputs.

Unmanned Surface Vehicle

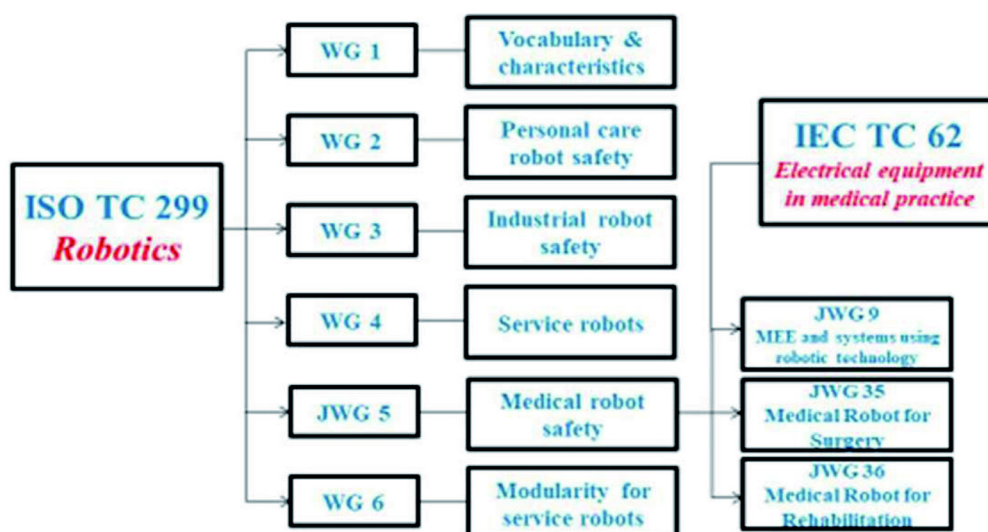
irms.khu.ac.kr



2. ISO Standard Issues on Mobility

International Standard of Robot

Organization of ISO TC 299 (Robotics)



Standards under WG1 (Vocabulary and characteristics)

irms.khu.ac.kr

- **ISO 8373:2012** Robots and robotic devices — Vocabulary
 - Revision of ISO 8373:1994 with developing new terminologies for service robots.
 - Existing 96 terms, 6 terms are removed, and 67 terms are introduced.
- **ISO 9787:2013** Robots and robotic devices — Coordinate systems and motion nomenclatures
 - Revision by including mobile coordinate system for service robots.
 - 3 coordinate systems are added. => 8 coordinate systems
 - Add with modification of “General rules for coordinate systems and motion nomenclature”
- **ISO 19649** Mobile robots — Vocabulary (Mar. 2014 ~ Mar. 2017)
 - ISO 8373 does not define terms relating to mobile robots fully. It defines terms used for describing mobility, locomotion and other topics relating to the navigation of mobile robots and mobile platforms. (Total 59 terms defined.)
 - 3.1 General terms related to mobile robots...
 - 3.2 Terms related to locomotive structure
 - 3.3 Terms related to wheeled robots
 - 3.4 Terms related to legged robots
 - 3.5 Terms related to locomotion
 - 3.6 Terms related to navigation



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Standards under WG2 (Personal Care Robot Safety)

irms.khu.ac.kr

- **ISO 13482:2014** Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots
 - specifies requirements and guidelines for the inherently safe design, protective measures, and information for use of personal care robots:
 - mobile servant robot;
 - physical assistant robot;
 - person carrier robot.
- **ISO/PRF TR 23482-1**, Robotics – Application of ISO 13482 – Part 1 - Safety-related test methods (under development)
 - 5 Test method for driving environmental hazards
 - 5.1 Stability test for driving surface friction change
 - 5.2 Obstacle test
 - 5.3 Slope test
 - 6 Test method for driving characteristic risk factors
 - 6.1 Turning test
 - 6.2 Braking test
 - 6.3 Repetitive swing motion test



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Required Safety Performance Level (PL) of ISO 13482

irms.khu.ac.kr

Safety functions of personal care robots	Type of robot							
	Mobile servant robot		Physical assistant robot				Person carrier robot	
	Type 1.1	Type 1.2	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	Type 2.4	Type 3.1	Type 3.2
6.2.2.2 Emergency stop	d (no low risk option)		c	d	c	d	d	d
6.2.2.3 Protective stop	b	d	b	d	b	c	c	e
6.3 Limits to workspace (incl. forbidden area avoidance 6.5.3)	b ¹	d	b	d	a	d	n/a	e
6.4 Safety-related speed control	b	d	b	b	b	d	c	e
6.7 Safety-related force control	b	d	b ³	e ⁴	a	b ⁵	n/a	n/a
6.5.2.1, 6.5.2.2 Hazardous collision avoidance	b	d	n/a	n/a	b	d	n/a	e ⁶
6.6, 6.7 Stability control (incl. overload protection)	b	d ²	n/a	c	b	d ²	b ⁷	d ²

¹ Avoiding forbidden areas shall have PL d.
² If the personal care robot is inherently unstable, PL e is required.
³ If the risk assessment shows user might not be able to overpower the personal care robot due to any particular situation (e.g. being unconscious), the Type 2.2 requirement shall apply unless the robot has an inherent limitation that prevents harm being caused.
⁴ If other limiting functions (e.g. workspace or speed limitation) also provide protection against the same risk, PL d is allowed, provided that all the relevant functions are designed to this level.
⁵ If force control is used for collision avoidance or actively holding the person, PL d is required.
⁶ The control system shall achieve PL e, but this might not be achievable for sensing mechanisms. In this case, the risks caused by systematic failure of sensors shall be reduced as low as reasonably practicable
⁷ If the personal care robot is inherently unstable, PL c is required.



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Standards under WG3 (Industrial safety)

irms.khu.ac.kr

- **ISO 10218-1:2011** Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots
 - specifies requirements and guidelines for the inherent safe design, protective measures and information for use of industrial robots.
- **ISO 10218-2:2011** Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration
 - specifies safety requirements for the integration of industrial robots and industrial robot systems as defined in ISO 10218-1, and industrial robot cell(s).
- **ISO/TR 20218-1:2018** Robotics – Safety design for industrial robot systems – Part 1: End-effectors
 - provides guidance on safety measures for the design and integration of end-effectors used for robot systems.
- **ISO/TR 20218-2:2017** Robotics – Safety design for industrial robot systems – Part 2: Manual load/unload stations
 - applicable to robot systems for manual load/unload applications in which a hazard zone is safeguarded by preventing access to it.



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Standards under WG4 (Service Robots)

irms.khu.ac.kr

- **ISO 18646-1:2016** Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots -Part 1: Locomotion for wheeled robots
 - describes methods for specifying and evaluating the locomotion performance of wheeled robots in indoor environments.
 - 5 Rated speed
 - 6 Stopping characteristics
 - 7 Maximum slope angle
 - 8 Maximum speed on the slope
 - 9 Mobility over the sill
 - 10 Turning width
- **ISO/CD 18646-3** Robotics -Performance criteria and related test methods for service robots - Part 3: Manipulation
- **ISO/CD 18646-4** Robotics -Performance criteria and related test methods for service robots - Part 4: Wearable robot



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Standards under WG4 (Service Robots)

irms.khu.ac.kr

- **ISO 18646-2:2019** Robotics-Performance criteria and related test methods for service robots - Part 2: Navigation
 - describes methods of specifying and evaluating the navigation performance of mobile service robots.
 - 5 Pose characteristics
 - 5.1 Purpose
 - 5.2 Relevant characteristics
 - 5.2.1 Pose accuracy
 - 5.2.2 Pose repeatability
 - 5.3 Test facility
 - 5.4 Test procedure
 - 5.5 Test result
 - 6 Obstacle detection
 - 7 Obstacle avoidance



Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



Standards under WG6 (Modularity for service robots)

irms.khu.ac.kr

- ISO/DIS 22166-1 Modularity for service robots – Part 1: General Requirements

35

Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.



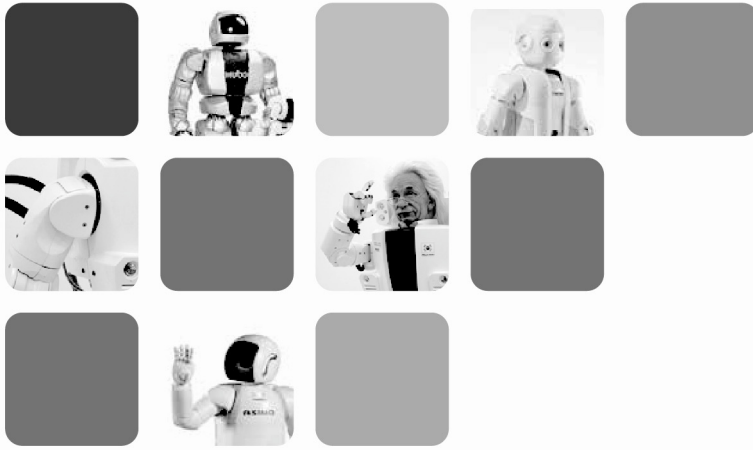
irms.khu.ac.kr



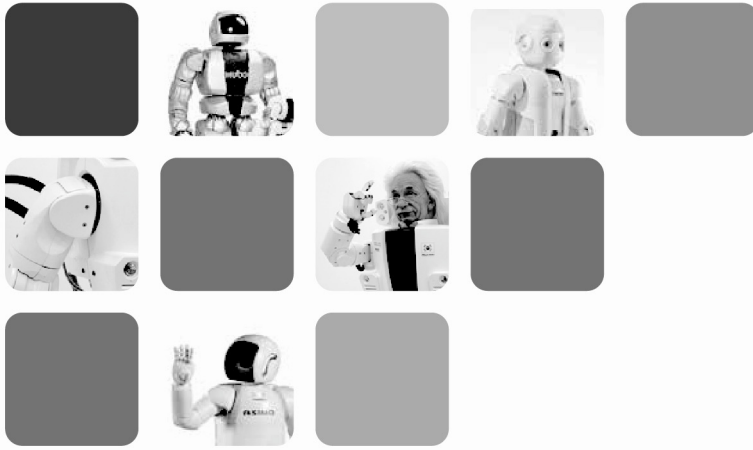
Kyung Hee University

Intelligent Robotics & Mechatronic Systems Lab.





필드로봇 적용사례



물류시장의 변화와 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

전자부품연구원 전세웅 팀장



물류시장의 변화와 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

2019.10.25

전세웅 전자부품연구원 지능로보틱스연구센터



Contents

- 물류시장의 변화와 물류 로봇
- 물류 로봇의 현재와 기회
- 지역특화 물류로봇 육성 방안

1

물류 시장의 변화와 물류로봇



1.1 배경

1.2 물류 시장의 변화

1.3 물류 로봇 시장현황

1.1 배경

1 물류시장의변화와 물류 로봇

“100명의 물류 전문가가 있으면 100가지의 물류가 있다.”

CATEGORIES		BUSINESS SEGMENTS						FOCUS
Asset intensity	Logistics advisory ¹	<div>16</div> Logistics advisors <ul style="list-style-type: none"> Consulting services Network design Inventory optimization Supply chain optimization 						Managing knowledge
	Logistics services ²	<div>13</div> Road- and rail-freight forwarding <ul style="list-style-type: none"> Road-freight forwarders Rail-freight forwarders Truck brokers <div>14</div> Air- and sea-freight forwarding <ul style="list-style-type: none"> Air-freight forwarders Sea-freight forwarders <div>15</div> Contract logistics <ul style="list-style-type: none"> Warehousing and transportation Value-added services Multiple- and single-industry focus 						Managing capacity
	Logistics execution	<div>7</div> Road transport <ul style="list-style-type: none"> Full-truckload carriers Less-than-truckload carriers 	<div>8</div> Rail transport <ul style="list-style-type: none"> Rail-freight operators 	<div>9</div> Sea transport <ul style="list-style-type: none"> Container liners Tanker carriers Bulk and break bulk carriers Ferry and ro-ro carriers³ Tug towage services 	<div>10</div> Air transport <ul style="list-style-type: none"> Pure air cargo carriers Passenger carriers offering belly capacity 	<div>11</div> Postal delivery <ul style="list-style-type: none"> Letter and parcel delivery Direct marketing Document management services Newspaper delivery 	<div>12</div> CEP delivery <ul style="list-style-type: none"> Courier services Express delivery Parcel services 	Managing equipment
	Logistics infrastructure	<div>1</div> Hinterland terminals <ul style="list-style-type: none"> Single-mode access Multimode access (rail, road, or barge) 	<div>2</div> Rail network providers <ul style="list-style-type: none"> Network owners Network operators 	<div>3</div> Port authorities <ul style="list-style-type: none"> Port landlords or owners 	<div>4</div> Sea terminals <ul style="list-style-type: none"> Container services Dry bulk services Tanker bulk services 	<div>5</div> Airports <ul style="list-style-type: none"> Airport owners Terminal operators Cargo operations 	<div>6</div> Warehousing <ul style="list-style-type: none"> Warehouse owners Logistics real estate developers 	Managing infrastructure

물류 산업의 분류 (출처:BCG Transportation and Logistics in a Changing world 2016)

4 / 38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.2 물류 시장의 변화

가파르게 늘어나는 쿠팡 매출과 영업손실

■ 매출액 ■ 영업이익

(단위=원)



*자료=금융감독원 전자공시

1년에 1조씩 적자내는데 "계속 투자한다"...쿠팡 미스터리

[중앙일보] 입력 2019.04.15 11:52 수정 2019.04.15 16:23



쿠팡 인천 메가물류센터. [사진 쿠팡]

쿠팡이 '아무도 가지 않은 길'을 갔다. 지난해 매출 4조원을 넘어서며 이커머스 사상 최대를 기록했다. 하지만 적자 규모 역시 1조원 이상을 넘겨 어닝쇼크를 기록했다. 쿠팡은 지난해 연결 기준 매출 4조4227억원, 영업손실 조970억원을 냈다고 15일 공시했다.

적자 규모는 시장의 예상치를 훨씬 상회한다. 공시 전 시장의 평가는 7000억~8000억원 선이었다. 쿠팡은 2015년 순정의 소프트뱅크 회장으로 부터 10억 달러(약 1조1300억원)를 투자받은 이래 매년 5000억원 이상의 적자를

5 / 38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.2 물류 시장의 변화

불꽃튀는 新유통전쟁 "쿠팡 vs 네이버 싸움"

최저가-배송 저절된 경쟁속에
쿠팡 4년새 年매출 14배 성장
IT플랫폼 갖춘 네이버도 가세

손정의 지원받는 쿠팡 쇼핑으로 눈 돌린 네이버

<문는다칼럼 349>쿠팡, “승자의 저주”일까 “치킨게임 승자”일까?

공격적인 투자를 이어가고 있는 국내 소셜커머스업체 쿠팡의 지난해 매출이 전년 대비 약 65% 늘었고, 영업손실도 비슷한 수준인 62%가 늘어났다. 쿠팡의 작년 매출은 4조4147억원으로 전년(2조6814억원)보다 증가했는데, 이는 매출 기준 경쟁 국내 소셜커머스업체인 위메프(4,294억원)과 티몬(4,972억원)의 10배이며, 옥션과 G마켓을 운영하는 이베이코리아(9,812억원)보다 4배 이상 많다. 11번가(2,280억원)까지 합쳐 경쟁업체 4곳의 매출을 모두 합한 것보다 두 배 많다. 아직까진 쿠팡이 “승자”라고 할 수 있다.

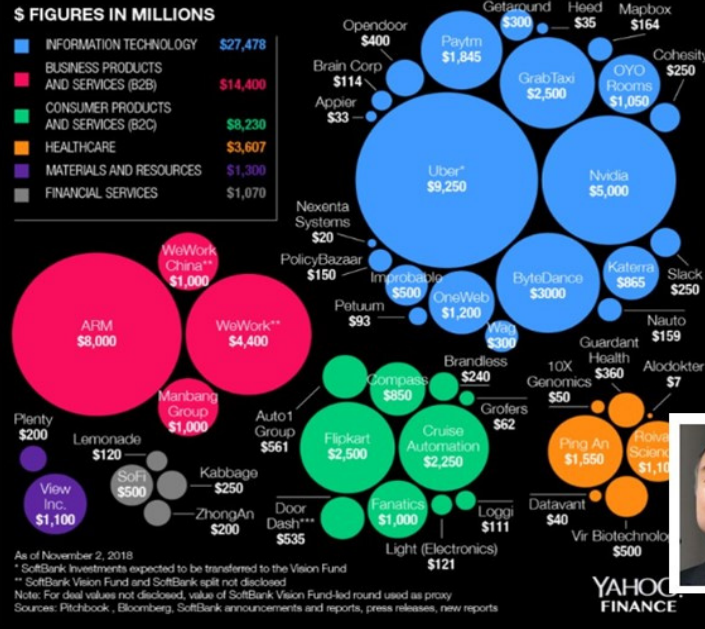
하지만 쿠팡은 지난해 1조1190억원(개별 재무제표 기준)의 당기순손실을 기록하면서 최근 4년간 누적적자가 2조8640억원에 이르렀다. 실로 엄청난 규모다.

이에 쿠팡 측은 “계획된 적자”라고 한다. 쿠팡의 적자폭이 확대된 이유는 상품을 하루만에 배송하는 자체 배송망 ‘로켓배송’과 신선식품 새벽배송에 따른 물류비 증가 및 이에 따른 인건비와 이자비용의 급증 때문이다. 특히 순손실은 쿠팡이 지난해 전국 12개 지역 물류센터를 24개로 늘리며 공격적인 투자를 진행한 것과 관련 있다. 해당 물류센터들은 37만평, 축구장 167개 넓이에 달하고, 2만4,000명을 직·간접 고용해 인건비로 9,866억원을 지출했다. 올해에도 비슷한 규모의 확장을 계획하고 있다니 정부와 국민들에게 효자 노릇을 톡톡히 하고 있는 셈이다.

1.2 물류 시장의 변화

1 물류시장의변화와 물류 로봇

SoftBank's Vision Fund bets



구분	1호	2호	자료=소프트뱅크
출범	2017년 5월	2019년 7월	
자금	1000억달러(약 118조원)	1080억달러(약 128조원)	
참여 기업	사우디국부펀드, 아랍에미리트 국부펀드, 소프트뱅크는 모두 참여	골드만삭스, 마이크로소프트, 애플, 카타르 국부펀드, 미쓰비시파이낸셜그룹 등	

7 / 38

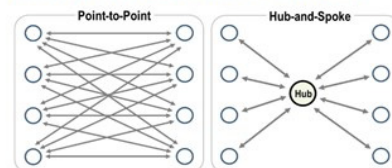
1.2 물류 시장의 변화

1 물류시장의변화와 물류 로봇

생활 물류 공간의 혁신



Point-to-Point versus Hub-and-Spoke Networks

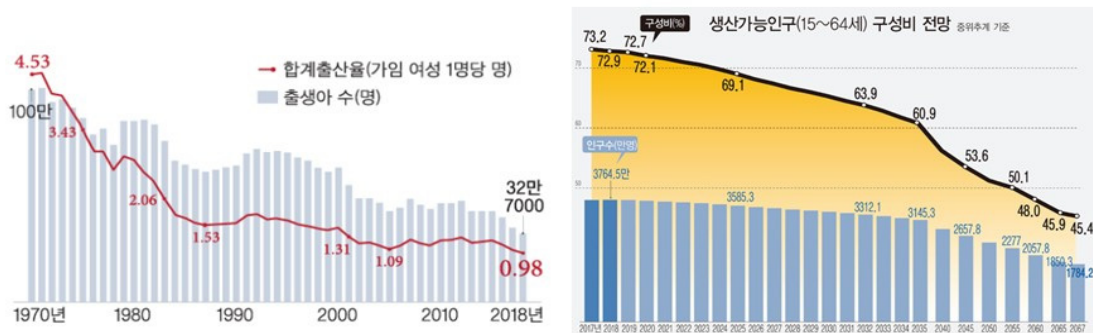


8 / 38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.2 물류 시장의 변화

인구 구조의 변화



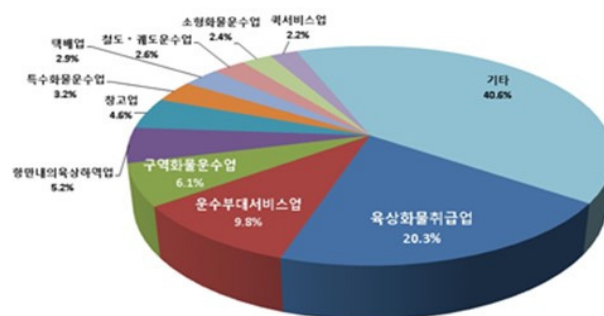
2019년에 우리나라의 합계 출산율 출생아 수는 1명 이하로 떨어지고 인구의 노인 인구비율은 14.4%로 예상 되어 이미 고령사회로 진입할 것으로 전망됨 (통계청 장래인구추계)

9 / 38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.2 물류 시장의 변화

노동 환경의 변화



물류산업 안전사고 통계 (2016, 산업안전보건공단)

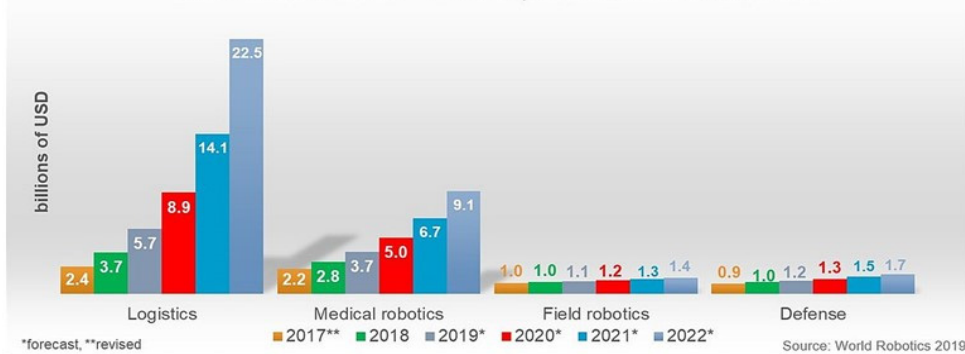
2016년 기준 소형 화물 운수업 및 택배업, 퀵서비스업의 노동자수는 25,117명으로 집계 되었고 이 중 재해자는 861명, 사망자는 9명으로 다른 산업 종사자 대비 **빠르고 신속한 업무처리가 수익과 직결되는 구조**로 인하여 항상 산재 위험에 노출되어 있음

10 / 38

1.3 물류 로봇 시장 현황

1. 물류시장의변화와 물류 로봇

Service robots for professional use. Main Applications
Estimated values 2017** and 2018, forecast 2019* and 2020*-2022*



전문 서비스 로봇분야별 시장규모 변화추이(2017~2019) 및 예측(2020~2022) (출처: IFR World Robotics 2019, 2019년은 2019년 추정치)

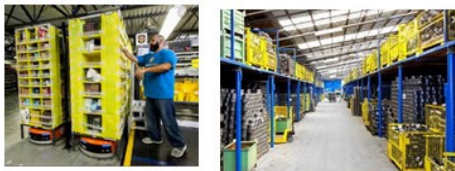


○ 2018년에 전문서비스로봇 중 물류 로봇은 세계시장 매출액은 약 37억 USD로 2017년 총매출액 대비 약 53%의 성장률을 하였으며 판매 유닛수로는 60%가 증가하여 시장은 규모는 급격하게 증가하고 유닛당 물류 로봇 가격은 완만히 떨어지는 추세를 확인할 수 있음 (IFR World Robotics 2019)

11 / 38

1.3 물류 로봇 시장 현황

1. 물류시장의변화와 물류 로봇



전문 물류 처리 영역



생활 공간 물류 영역
(Last-Mile Delivery)



출처: "Robotics in Logistics: A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry", 2016, DHL Trend Research을 바탕으로 번역)

12 / 38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.3 물류 로봇 시장 현황

활용 영역	세부 활용 분야	주요 활용 로봇
전문 물류 처리 영역	중앙 집중(hub) 센터 일반 물류	수하물 이송로봇, 모바일 피스피킹, 선반이송 로봇, 빈피킹, 군집이송로봇, 협동피킹 로봇, 물류시설보안 및 재고정보관리 로봇, 외골격 작업 지원로봇
	공장 물류	
	항공 물류	수하물 이송로봇, 공항 안내 로봇
	철도 물류	상하차 로봇
	항만 물류	컨테이너 이송 로봇
	우편 물류(우체국택배 제외)	피스피킹 로봇
생활 공간 물류 영역	P2P물류	라스트마일 배송 로봇, 드론 배송, 화물 보관 로봇, 택배 정렬 로봇
	생활 물류	트럭 화물 이송 로봇, 외골격 지원로봇, 추 종형 운반로봇
	인간 지원 로봇	협동 이송 로봇
	병원/대형 건물	병원 이송 로봇

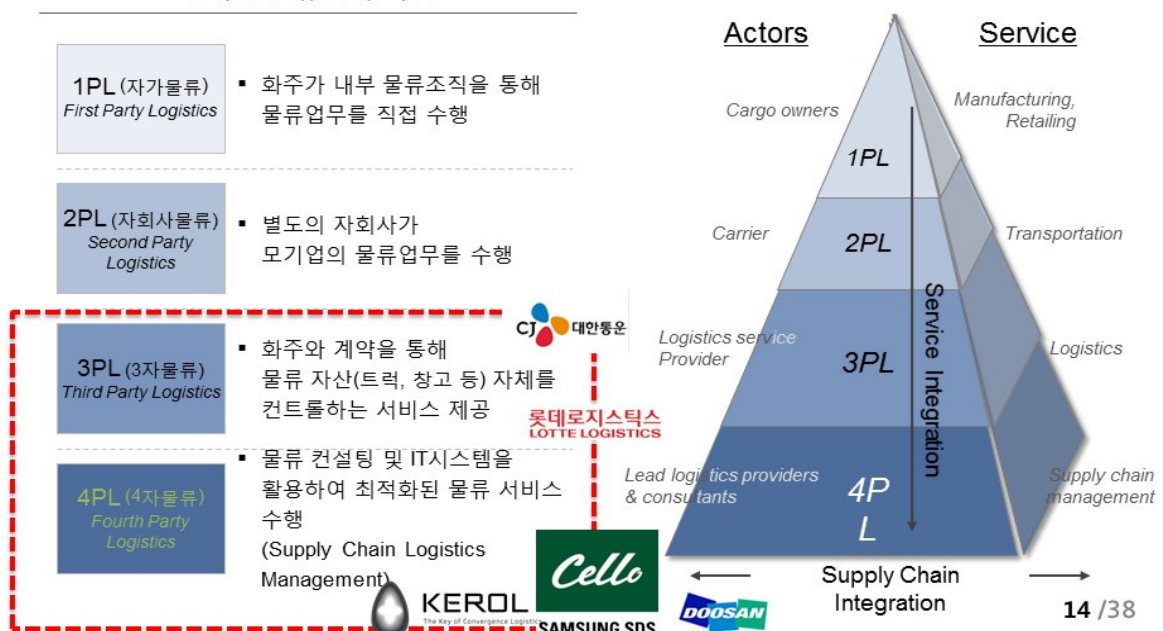
13 /38

1 물류시장의변화와 물류 로봇

1.3 물류 로봇 시장 현황

물류의 분류: 화주와의 관계/ 물류업체의 역할에 따른 분류

형태별 물류업체 역할



14 /38

1.3 물류 로봇 시장 현황



15 / 38

1.3 물류 로봇 시장 현황

물류 로봇 운용/서비스 시장 참여자

구분	대상 서비스	비고
물류 서비스 기업	총괄 물류 서비스	-
물류 창고 운영사	물류 창고 운용	-
물류 로봇 SI기업	물류 로봇을 활용하여 창고/공정 등에 최적화 설치	주요 로봇 구매자
물류 로봇 판매사	물류 로봇 판매	B2B 및 B2C로봇 등의 상품 판매
물류 로봇 제조사	물류 로봇 개발 및 제조	AMR, 협동로봇 등의 제조
물류 로봇 솔루션 판매사	물류 로봇 솔루션 개발 및 제조	비전시스템, 자율주행 모듈 등의 개발 공급

물류 로봇 기술 참여자

구분	대상 서비스	비고
물류 서비스 기업	총괄 물류 서비스	-
물류 창고 운영사	물류 창고 운용	-
물류 로봇 SI기업	물류 로봇을 활용하여 창고/공정 등에 최적화 설치	주요 로봇 구매자
물류 로봇 판매사	물류 로봇 판매	B2B 및 B2C로봇 등의 상품 판매
물류 로봇 제조사	물류 로봇 개발 및 제조	AMR, 협동로봇 등의 제조
물류 로봇 솔루션 판매사	물류 로봇 솔루션 개발 및 제조	비전시스템, 자율주행 모듈 등의 개발 공급

16 / 38

2

물류 로봇의 현재와 기회



- 2.1 물류 로봇 기술의 현재
- 2.2 물류 로봇의 기회

2.1 물류 로봇 기술의 현재

1 물류 로봇의 현재와 기회

한겨레21

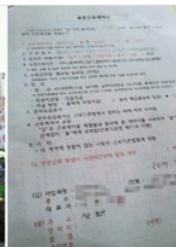
‘알바 버스’ 타는 한국의 피커들

기사입력 2017-03-02 12:27 | 최종수정 2017-03-03 14:18

기사원문 820 833

[한겨레21] 5천 명 물류센터에서 밤새 14km 걸어 제품 찾아 포장하면 일당 7만4470원 ...

밤 11시30분~새벽 3시 밤샘노동 야간조 택하는 청년 피커들



2월21일 오전 7시20분 근처의 6번 출구 앞에서 피커들을 기다리는 알바 버스. 경기도 ㄱ시에 있는 A사 물류센터의 피커들은 주간조(오전 9시~오후 6시)야간조(오후 7~새벽 3시)로 맞고대한다.

야간조 알바 버스를 타고 물류센터에서 밤샘노동을 하는 피커는 주로 청년들이었다. 지난 1월30일 경기도 ㄴ시의 B사 물류센터로 가는 알바 버스에 탄 30여 명 가운데 25명가량은 옷차림 등으로 미루어 볼 때 20대 청년들이었다.



18 / 38

2.1 물류 로봇 기술의 현재

1. 물류 로봇의 현재와 기회

버클리 DexNet

물체 종류를 판별하여 최적 피킹



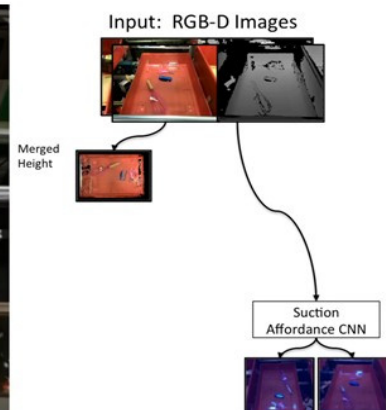
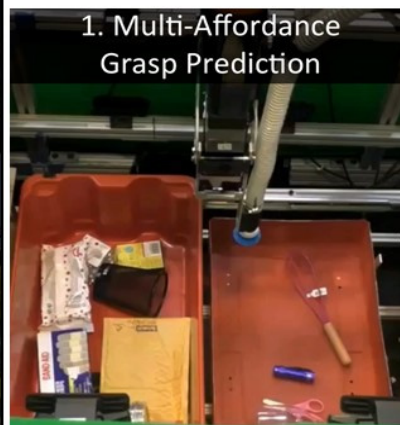
Google Deep learning Robot
실증데이터 수집

16대의 로봇을 활용하여 2016년 3월
부터 데이터수집 중, 실증데이터 현재
16만개 취득(추정)

19 / 38

2.1 물류 로봇 기술의 현재

1. 물류 로봇의 현재와 기회



2016 6월 Amazon Picking Challenge
종합 1,2 위 (Berlin Univ., Preferred
Networks, 일본) 모두 Deep learning
을 적용한 로봇 입상

2017년 Amazon Picking Challenge MIT팀
인공지능을 활용한 처음본 물체 (Novel) 피킹 부분 1위

20 / 38

2.1 물류 로봇 기술의 현재

인식 기술



Pick-it 3D

any pick and place application

State of the art 3D vision software pre-installed on an industrial processor and a capable 3D camera. Start picking with Pick-it in just one day!



Pick-it M-HD

Best fit for picking of small and medium sized objects with high accuracy from bins, boxes and tables.

- Highly accurate
- Best in class

Pick-it M

Best fit for picking of medium sized objects from bins, boxes and tables.

- Highly versatile 3D camera
- No parameters, real plug and play
- Fastest ROI in the market

Pick-it L

Best fit for picking of large sized objects from pallets and bins.

- Highly versatile 3D camera
- No parameters, real plug and play
- Fastest ROI in the market



Righthand Robotics

the piece-picking solution
for goods-to-picker tending



21 / 38

2.1 물류 로봇 기술의 현재

AMR



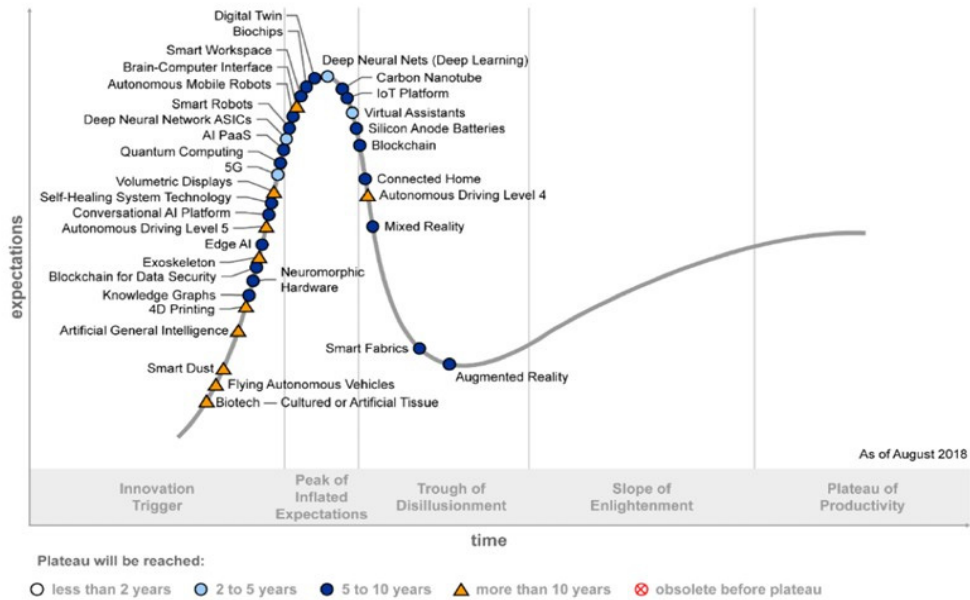
도이치 뱅크 보고서 추정, Amazon Kiva 2년간 운용 평균 약 25%의 비용절감(편익으로 재산정)효과가 있다고 보고 되었다. 2018년

24 / 38

1 물류 로봇의 현재와 기회

2.1 물류 로봇 기술의 현재

진짜 우리는 로봇 시대를 맞이 하는 걸까?



23 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.1 물류 로봇 기술의 현재

Functions 1.2 (optional)

Pick toothbrush from WIP box into "buffer and rotary assembly"

2 - Specification - Function - Requirement of product 2

2.1 Specification

Name of machine	Vision camera
Dept.	CAM-01
Operation duration	3 shifts/day
Quantity of machine	10
Material and product	Toothbrush
Capacity	144 toothbrush/min

제조 물류 정렬 장치 요구 사항 사례(콜게이트)

24 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.1 물류 로봇 기술의 현재

국내 물류 센터의 현황

물류처리
수량

소품종-대량(공장물류)
(이동랙 및 무인 이송/적재 시스템)



Ex) Coca-Cola 미국 버밍햄 공장, 일일처리량 약 300여종/10만개



Schafer 이송랙
Swisslog 무인창고

다품종-대량
(지능형 Conveyor / Sorter)



Ex) Amazon warehouse 일일 처리 물량 약 5만 여종/100만개

adept
technology
DACHSER
Intelligent Logistics

소품종-소량
(인력 활용 위주 재고/물류 관리)



Ex) 중소형 슈퍼마켓 약 일일 처리량 3천 여종/3000개 이하

다품종-중/소량
(DAS, DPS 등 인력 활용 시스템 위주)



Ex) 국내 11번가 이천물류센터 일일처리량 약 1만여종/2만개



DAS

DPS

품종 수

- 일반 중소 규모(일일 처리 물량 3000개~3만개) 물류 창고는 국내 일반 물류의 약 90%를 차지함
- 국내 중소 물류센터의 경우 공장 물류와 달리 비용과 효율 면에서 지능형 Sorter/이동랙 등의 대규모 시설 도입이 어려움
- 대부분의 국내 중소 물류센터의 경우 DAS(Digital Assorting System), DPS(Digital Picking System) 등 인력을 최대한 활용하는 시스템을 운영하고 있음

25/38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇의 기회

로봇의 특징



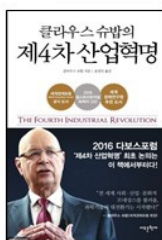
협동로봇

인공지능

자율주행

융통성을 발휘할 수 있는(필요한)
산업 현장에 적합

중소기업, 유연 생산물품



4차 산업혁명은 소량 다품종 생산에
(custome)적합한 기술이다.

자동화 설비의 특징



고속
처리

초기설비
비용높음

대규모 규격 제품 처리에 적합

대기업 대량생산 물품

쿠팡 관계자 "물류 로봇 계획 당장 없어"

26/38



2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇 기술의 기회

“택배차량 출입금지” 아파트 ‘갑질’ 공문 논란, 내막은?






- 한국의 배송 환경은 공동주택의 특징이 서구 권의 라스트 마일 배송과는 근본적으로 다른 구조임
- 최종단 배송(아파트 정문에서 Door까지)비용이 물류 도로 운송비의 약 30~40%를 차지함

28 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇 기술의 기회

현대·기아차, AI 기반 반자율주행 양산차에 최초 적용



현대자동차와 기아자동차는 21일 운전자의 주행성향에 맞는 부분 자율주행을 구현하는 기술인 SCC-ML(Smart Cruise Control-Machine Learning: 머신러닝 기반 스마트 크루즈 컨트롤)을 세계 최초로 개발했다고 밝혔다.

스마트 크루즈 컨트롤(SCC: Smart Cruise Control)은 앞차와의 거리를 일정하게 유지해 운전자가 설정한 속도로 자율주행을 해주는 기능으로, ADAS(Advanced Driver Assistance System: 첨단 운전자보조 시스템)의 주요 기술 중 하나다.

SCC-ML은 여기에 인공지능 기술을 더해, 운전자의 주행성향을 차가 스스로 학습해 SCC 작동 시 운전자와 거의 흡사한 패턴으로 자율주행을 해준다. 기존에는 차간거리, 가속성 등 운전자가 직접 입력해야 했다.

기존 SCC는 가속성향이나 차간거리 유지 등의 패턴이 제한적이었기 때문에 자신의 운전 패턴과 다름을 느끼는 일부 운전자는 이질감을 느끼거나 심할 경우 불안감 때문에 SCC 사용을 꺼리는 경우도 있었다.

- 자동차 자율주행 시장은 "반자율 주행"이라는 이름의 긴급 대응 가능한 학습지도자가 존재하는 최적의 솔루션 환경임
- 자동차 시장은 규모가 크고 기술과 자본이 모여있는 시장임

29 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇 기술의 기회

공항 물류



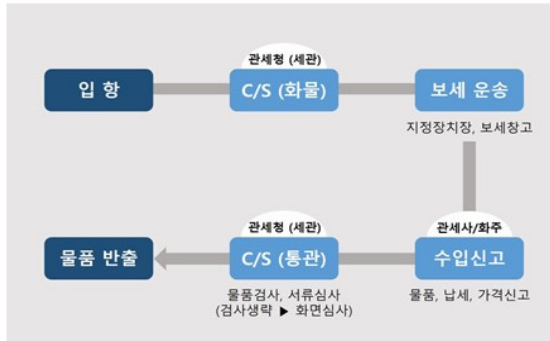
- 항공사-공항 운송사-물류기업-세관 등 다양한 물류 처리 주체가 복잡하게 얽혀있어 대규모 물동량에 비하여 자동화 장비 도입이 어려움

30 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇 기술의 기회

항만 물류



인천항 항만 물류 처리 절차



인천항 항만 배후 단지

* 항만 배후 단지란: 항만 인근 지역에 제조 물류 시설을 두어 물류 효율을 최대화 하고 탄력적인 수출입 대응이 가능한 산업 부지

- ▶ 항만 배후 단지의 주문 제작 프로세스는 주문자소량생산의 로봇 특성과 높은 궁합을 가질 수 있음
- ▶ 항만 운용 관계자 사이의 이해관계에 의하여 일괄적인 대규모 개발이 어려운 현실

31 / 38

2 물류 로봇의 현재와 기회

2.2 물류 로봇 기술의 기회

	자동차	제조	일반 물류	인프라물류 (공항,항만)	ラスト 마일배송
1. 융통성 있는 솔루션을 필요로 하는 산업 군	○	×	○	○	○
2. 대규모의 시장이 있는 산업 군	○	○	×	○	○
3. 효과적인 Test Bed 가 될 수 있는 산업 군	○	×	×	×	▲

- ▶ 철도/항만/항공 등과 같이 물동량이 많으면서 융통성 있는 솔루션이 필요한 시장을 우선 접근할 필요가 있음
- ▶ 효과적인 Test Bed 환경을 물류 로봇 기업에게 다양하게 조성할 필요가 있음

32 / 38

3

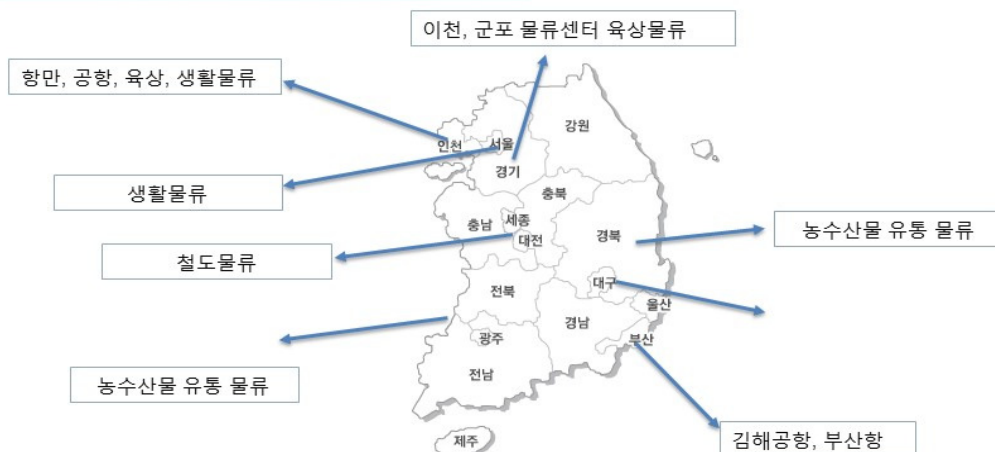
지역 특화 물류 로봇 육성 방안



- 3.1 지역 특화 물류 로봇 육성방안
- 3.2 결론

3.1 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

지역별 물류 인프라 활용 지원



3.1 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

지역별 물류 인프라 활용 지원을 위한
TEST BED 필요성

물류 로봇 개발 과정의 특징



물류 로봇 연구 개발의 경우 '모의 Test Bed'와 '실증 Test Bed'가 필수임

35/38

3.1 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

지역별 물류 인프라 활용 지원을 위한
원격제어 기술 지원의 필요성

원격제어의 필요성 (로봇의 반자율 제어)



SKT VR 기반 원격제어



Right hand robotics의 원격제어 지원센터 운용(인도)

- 사업화를 위한 국내 물류 로봇의 중소기업의 원격제어 기반 Fail-safety 대응 기술 지원 필요
- 원격지원센터 운용을 통한 대규모 인공지능 학습 데이터 획득 가능

36/38

3.1 지역 특화 물류 로봇 육성 방안

한국형 라스트 마일 및 지역 실증



37/38

3.2 결론

1. 현장과 유사한 모의 Test Bed 를 구축하고 물류 로봇 관련 기업에 제공

2. 지역 인프라를 활용한 실증 Test Bed를 연계할 수 있는 방안을 확보하고 관련 기업에게 기회를 제공

- 유휴 시간대를 활용한 인천 공항 물류 인프라 사용
- 인천항 및 항만 배후 단지 간의 물류 인프라 사용
- 관내 물류창고 운영 기업과 물류 로봇 기업간의 교류 기회 제공 등

3. 원격제어 기술지원 및 물류 로봇 원격제어 기술 육성 필요

4. 한국형 라스트 마일 배송 로봇 기술 개발이 필요 → 테스트베드 지역 협조

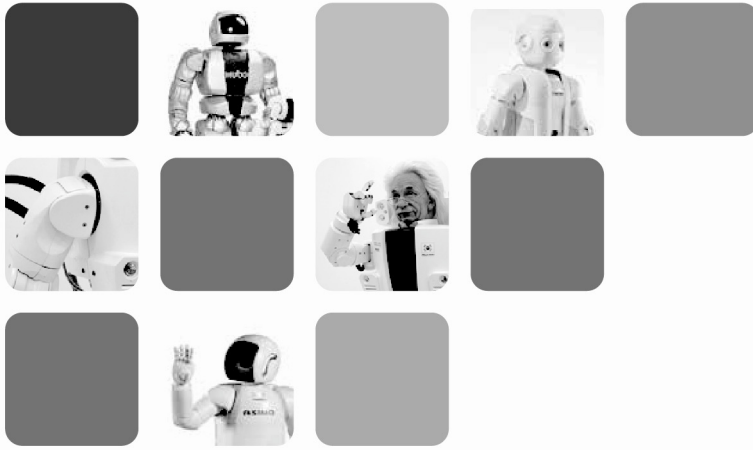


지역 특화 인프라 적극 활용, 지역 실증 협조를 통한 물류 로봇 조기 상용화

38/38



감사합니다.



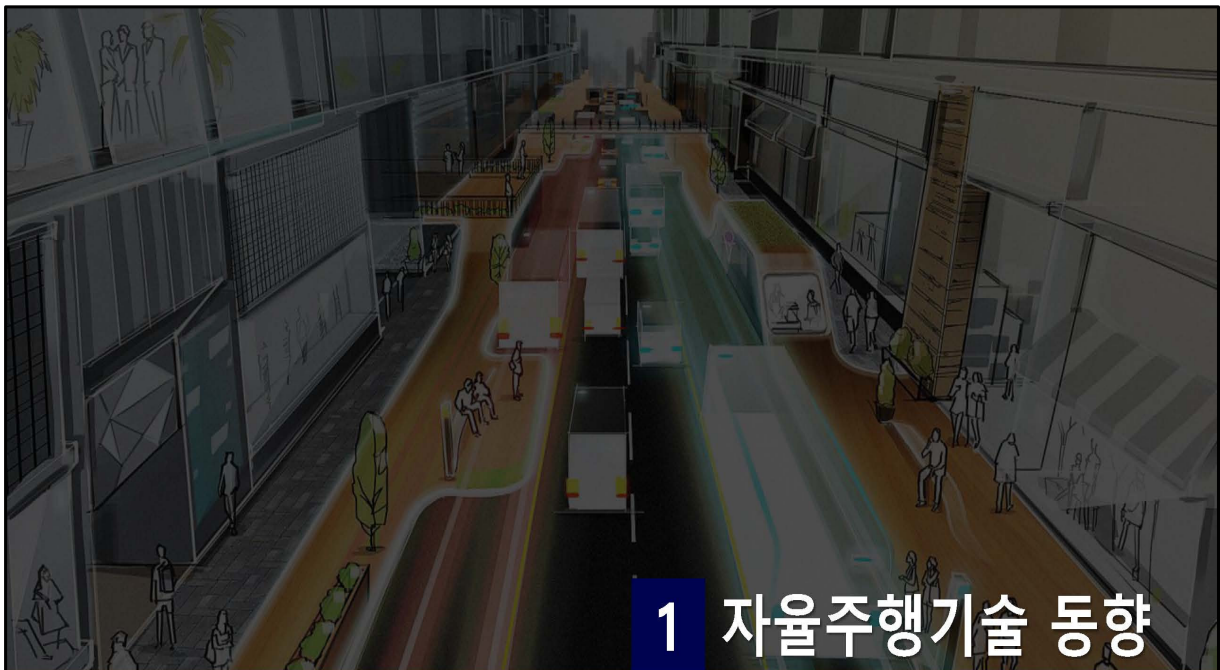
자율주행기반 로봇 플랫폼 활용 실외 배송

언맨드솔루션 문희창 대표





Outdoor delivery using self-driving robot platform



1 자율주행기술 동향

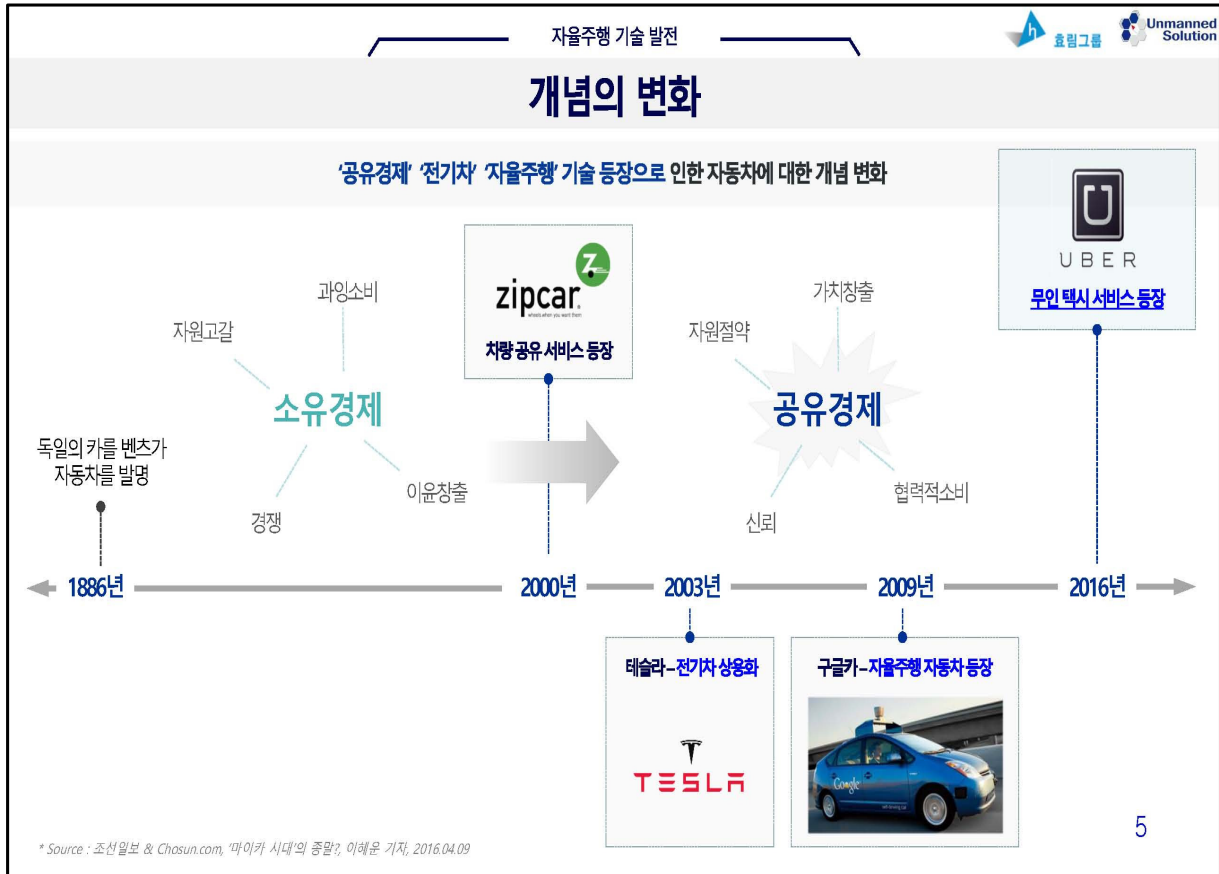


자율주행 기술 발전

자율주행 기술의 단계

현재의 자율주행 단계는 2-3단계 수준으로 완전 자율주행 단계인 4-5단계로 넘어가고 있는 시점

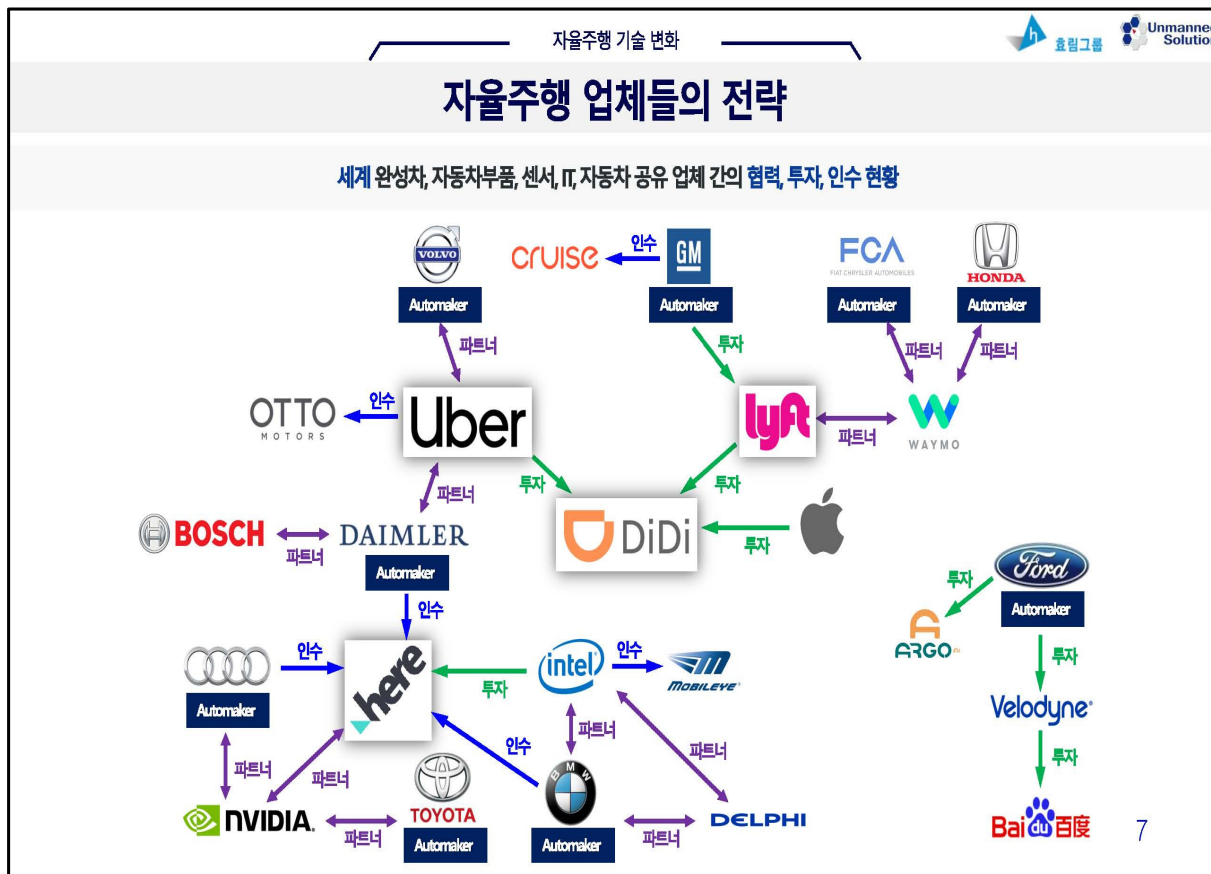
	현재 단계				엔맨드솔루션 단계	
	수동적 안전시스템 자동제어 없음	1개의 ADAS 장착, 운전대 또는 페달 중 선택적 자동제어	2개 이상의 ADAS 장착, 운전대와 페달을 동시에 자동제어	제한된 조건(주차장, 자동차 전용도로 등) 에서 자율주행	모든 상황에서 자율주행	
NHTSA Level	0단계	1단계	2단계	3단계	4단계	
	비 자동운전	기능 특화 자동운전	조합 기능 자동운전	제한된 자동운전	완전 자동운전	
주행 책임	Hands On Eyes On	Hands On Eyes On	Hands Temp Off Eyes Temp Off	Hands Off Eyes Off	Hands Off Mind Off	Hands Off Driver Off
핸들조작, 가속, 감속	운전자	운전자	자동차	자동차	자동차	자동차
운전환경 모니터링	운전자	운전자	운전자	자동차	자동차	자동차
고장 대응	운전자	운전자	운전자	운전자	자동차	자동차
SAE Level	비 자동운전	운전자 지원기능	부분 자동운전	조건부 자동운전	자율 운전 (운전자 탑승)	완전 자율운전 (운전자 없음)
	0단계	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계



5



6



9

10



Unmanned Solution 방향

효림그룹 Unmanned Solution

완성차 업체의 개발 방향

폭스바겐, 도요타 전기차 플랫폼 개발 발표

폭스바겐 모듈형 전기차 플랫폼 MEB	도요타 E-palette



차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼

차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼

- 전기기반의 구동시스템을 적용한 친환경적인 차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼
- 특징** : 4륜 구동 및 4륜 조향이 가능하며 전륜, 후륜의 제어 시스템이 독립적으로 이루어져 있어 모듈형태로 이루어짐



Platform A	Platform B	Platform C	Platform D
			
 Personal Mobility Delivery Robot	 Self-driving TAXI Self-driving Shuttle	 Inter-city BUS Self-driving Truck	 Robot Tractor Robot Sprayer
수요기관 • 자율주행 PM : 지자체 및 개인 • 배달 로봇 : 배달의 민족 등 배달업체 • 실내 물류 로봇 : 대한통운 등 물류센터	수요기관 • 자율주행 택시 : 지자체 및 운수업체 • 자율주행 셔틀 : 지자체 및 운수업체	수요기관 • 자율주행 버스 : 지자체 및 운수업체 • 자율주행 트럭 : 대한통운 등 물류업체	수요기관 • 자율주행 농기계 : 동양물산 등 농기계 업체 • 자율주행 건설기계 : 두산 등 건설업체



차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼 A PM & Delivery Robot

**ERP42를 활용하여
'Delivery Robot' 개발**



[2019.04.23 인천공항 내 자율주행 시연]






Unmanned Solution 방향

차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼 B

자율주행 셔틀




**국내 기업 최초
'자율주행 셔틀' 독자 개발**



[2019 서울모터쇼 런칭]

- ㈜어맨드솔루션의 자율주행 셔틀은 운전석이 없는 형태, **완전자율주행** 형태의 차량 플랫폼으로 자율주행 5단계 기술 구현 가능
- 전기기반의 친환경적인 차세대 첨단 대중교통 시스템으로 **4륜 조향 / 4륜 구동** 시스템을 갖춘 6인승의 자율주행 셔틀



Unmanned Solution
WITH:US Autonomous Shuttle

Performance	
안전최고속도 (km/h)	25
최대 동판각 (%)	20
구동시간	7시간 (Optional)
Dimensions	
전장 x 전폭 x 전고 (mm)	4,326 x 2,105 x 2,183
최저 지상고 (mm)	170
탑승인원 (명)	6
Equipment	
도어 타입	Electric Double Swing Door
외관 재질	FRP + Glasses
Powertrain	
구동방식	4륜구동 (4WD)
스티어링	4륜조향 (4WS)
브레이크	4-wheel Disc (regenerative)
서스펜션 (전/후)	Double Wishbone
타이어	255/50R20
Energy	
구동용	배터리 타입 리튬폴리머 72V
	배터리 용량 6.6kWh x 2ea (Optional)
자율주행용	배터리 타입 납축전지 12V
	배터리 용량 3.8kWh

Unmanned Solution 방향

차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼 B

자율주행 셔틀 경쟁사 비교




제조사		EasyMile	Naveya	CAB	Local Motors	Baidu	Unmanned Solution
모델이름		EZ10	ARMA	CAB	OLL	Apollonia	UWS Shuttle
국가		France	France	France	USA	China	RKorea
제품사진							
외형	크기 (전장x폭x전고)	3930x1990x2750mm	4750x2110x2650mm	4650x1950x2100mm	3920x2050x2500mm	4300x2000x2750mm	4320x2100x2180mm
	Pay load	1700 kg	2100 ~ 2300 kg	2500 kg	1000 kg	3000 kg	3000 kg
	최대무게 (Gross weight)	2800 kg	3450 kg	2500 kg	2840 kg	3000 kg	3000 kg
	휠베이스	28m	28m	27m	2526m	27m	25m
드라이브 휠 / 스티어링 휠		4개 / 4개	2개 / 4개	2개 / 2개			4개 / 4개
전장	배터리	20kWh 리튬이온(LiFePO4)	33kWh 리튬이온(LiFePO4)	22kWh or 33kWh (LiFePO4)	18.5kWh 리튬(58km)		13.2kWh Li-Polymer (향후 30kWh)
	충전기	110V~230V 16A	230V		230V		220V
	충전시간	14시간(2시간당 1.43kW)	9시간(2시간당 3.7kW)	10시간	5시간(2시간당 6.17kW)	25시간	2시간 (예상)
	사용시간	7시간	8시간(3.6kW)4시간(7.2kW)	9시간(16kW)5시간(32kW)	1.5시간(44kW) / 4.5시간(230V)	7시간	
구동	모터	Electric Asynchronous	power: 15/25kW	ABM Greifenberger Asynchronous power: 15/25kW	power: 20/100kW torque: 125/240Nm	110kW	AC Motor power: 5kW x 2
	서스펜션	Front suspension : MacPherson strut Rear suspension : MacPherson strut		Fully independent system at the front and trailing arms at the rear	Front suspension : air suspension Rear suspension : air suspension		Front suspension : MacPherson strut Rear suspension : MacPherson strut
성능	크루즈 속도	20km/h	25km/h	50km/h	20km/h	20km/h	25km/h
	최대속도	40km/h	45km/h	90km/h	40km/h	60km/h	30km/h
	동판각	15%	12%	13%			13%
센서류	GPS	o	o	GNSS/GPS RTK	Elipse N	o	GNSS/GPS RTK
	LIDAR	o	Velody VLP-16	Velodyne VLP-16 Puck (27°) Valeo SCALA (27°)	Velodyne VLP-16 (27°) BEO Scale (27°), Hokuyo (17°)	o	Velodyne VLP-16 Puck (47°)
	IMU	o	o	o	o	o	o
	Camera	o	o	o	ZED (27°)	o	o
	Radar	o	o	77-79 GHz sensors (47°)	o	o	ESR25 (27°)
	Ultrasonic	o	o	o	o	o	o
	Odometry	o	o	o	o	o	o
	좌석수	6개	11개	6개	2좌석 3개	8개	6개
최대 탑승 인원		6-15명	15명	6명	9-12명	14명	6명
가격		250,000EUR (2억 2천만원)	200,000EUR (2억 6천만원)	250,000EUR (3억 2천만원)	200,000dollar (2억 3천만원)		
대여료(월)			9500EUR (1240만원) / 월				

16

Unmanned Solution 방향




차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼 적용 분야 확대

“차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼은 제설/제조/청소/감시 분야 등으로 확대 적용 가능”



Platform A



Platform B



Platform C



Platform D

제설



Snow blower

제조



Cutter bar

청소



Road cleaning

방제



Sprayer

감시



Surveillance

Unmanned Solution 방향




차세대 자율주행 모빌리티 플랫폼 시험 운행

[2019. 04. 홍익대학교 화성캠퍼스 내 군집주행 시연]



[2019. 07. 상암 DMC 내 WITH:US LOG 시연]



[2019. 08. 대전 KT 기술연구소 내 자율주행 카고 시연]



[2019. 08. 세종집현전 WITH:US 시연]



[2019. 08. 수서역 WITH:US LOG & 카고 시연]



[2019. 08. 대구스마트모빌리티엑스포 WITH:US 시연]






Unmanned Solution VISION

Unmanned Solution's Smart City & Farm



국내외 완전 자율주행 기술을 선도하는 '언맨드솔루션'

19

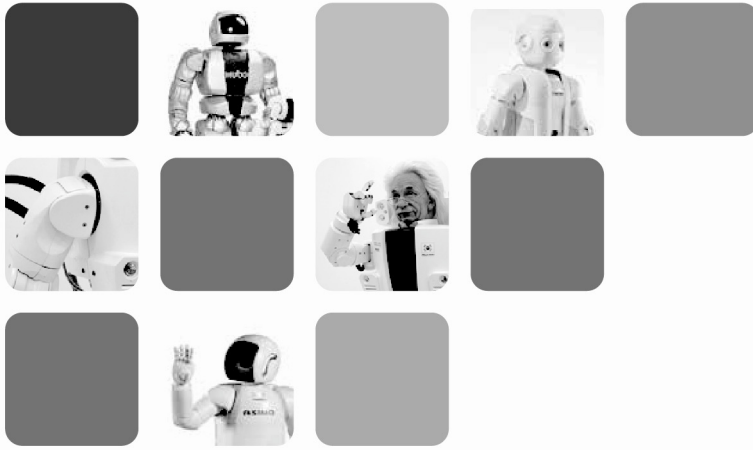
HYOLIM Family

Unmanned Solution

THANK YOU

www.unmansol.com / +82-2-3217-6771~2 / ums@unmansol.com

20



노지 농업용 다목적 지능형 로봇

국립농업과학원 김국환 박사

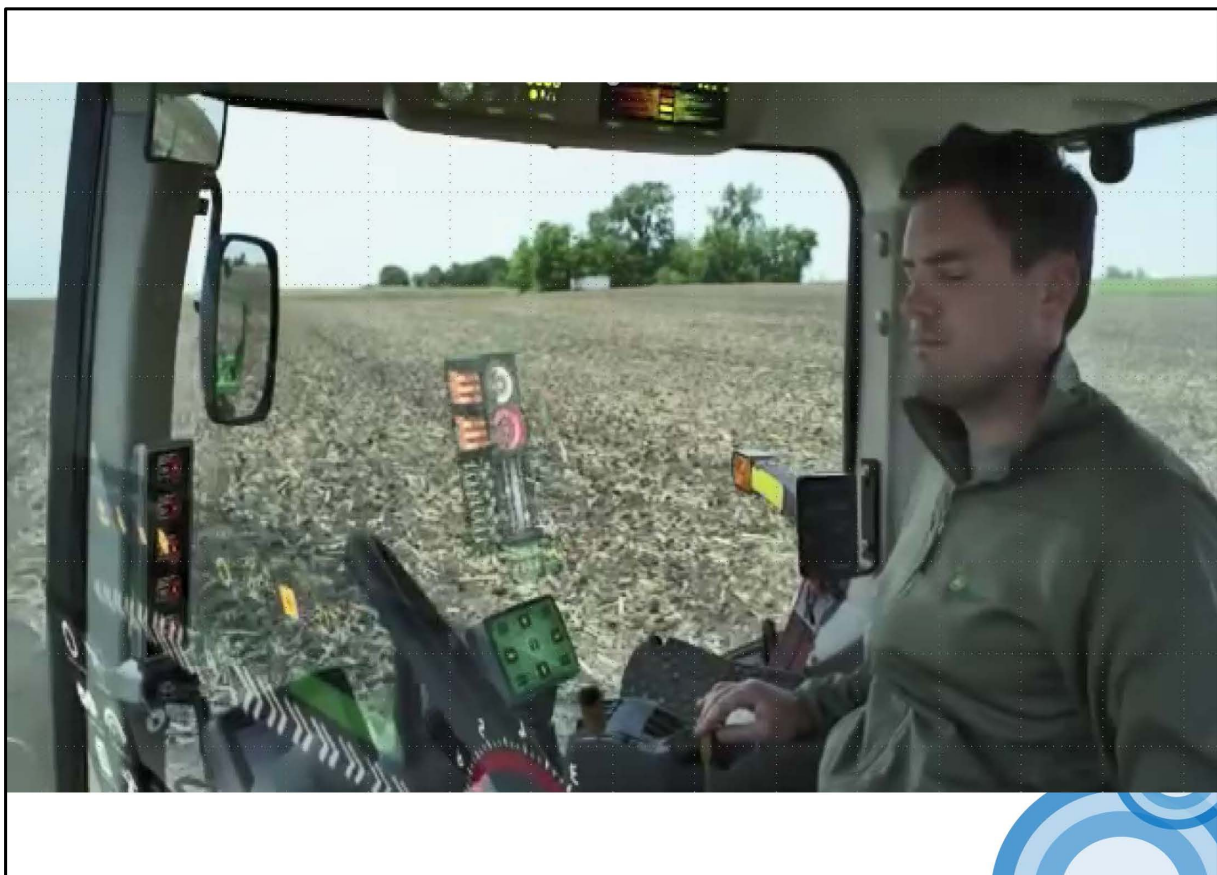


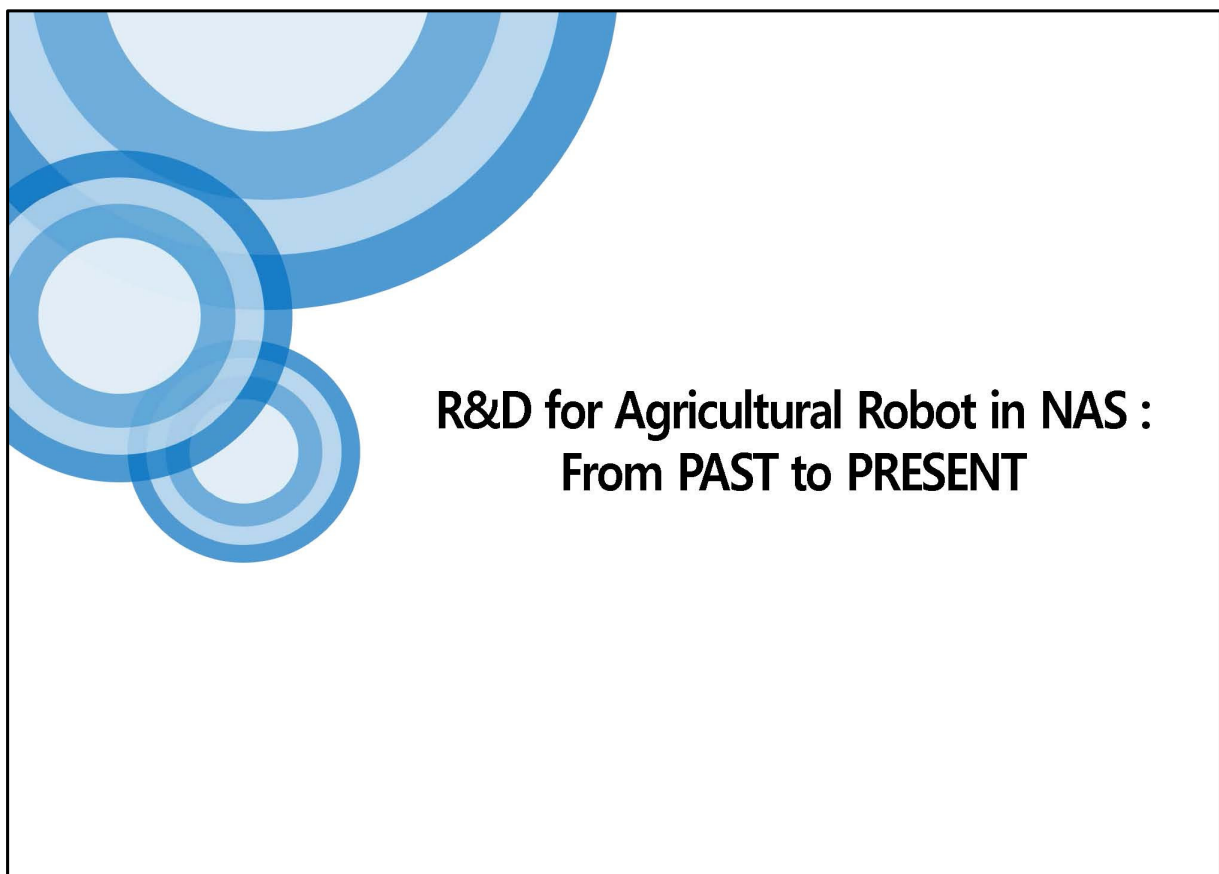
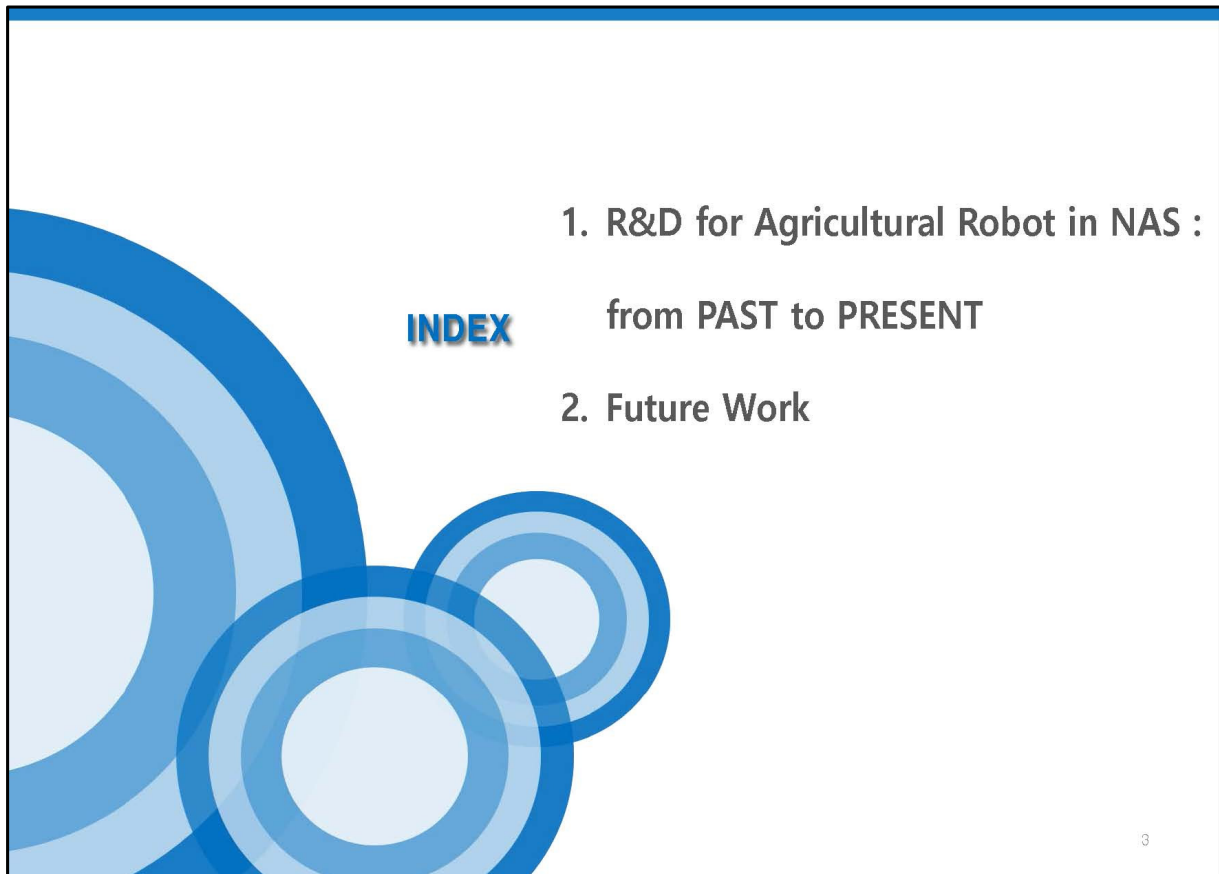
Multipurpose Intelligent Robot for Outdoor Farming

October 25, 2019

National Institute of Agricultural Sciences

Gookhwan Kim

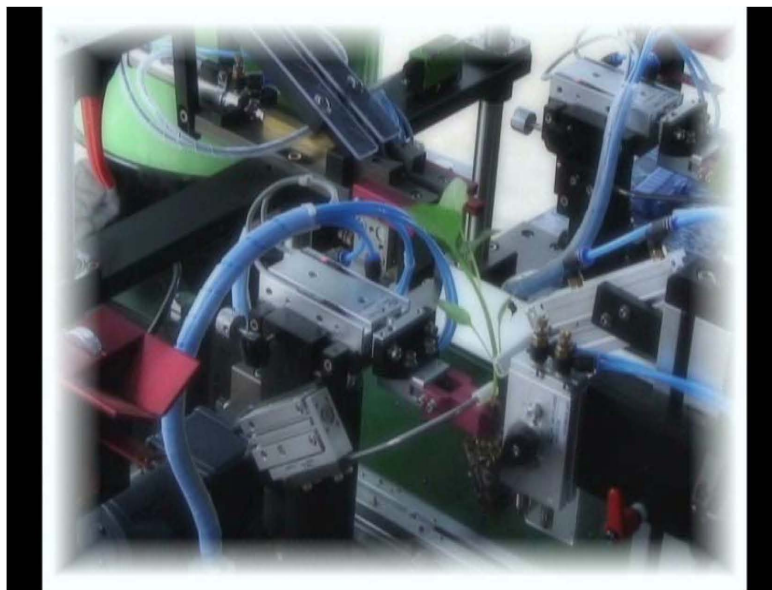




Tele-operation & Autonomous Tractor (1999)



Grafting Robot (~2008)





Grafting Robot (~2017)



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences



Strawberry Harvesting Robot (~2009)



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

8

Crawler-type Weeding Robot (Paddy Field) (~2014)



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

9

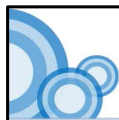
Wheel-type Weeding Robot (Paddy Field) (2015~2018)



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

Weeding Robot which AI was Applied (Paddy Field) (’18)

11



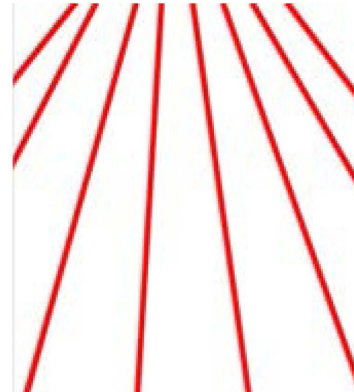
Preparation of Training Dataset for AI



Input image



Hand drawing of paddy lines



Target image for AI training



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences



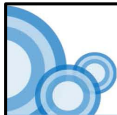
Preparation of Training Dataset for AI

- Taking 2000 images of paddy fields during 30-40 days' period after transplant
- Building training dataset by drawing paddy lines graphically along the paddy lines on the original image
- For more training data, Data augmentation technique was used
 - Variation of image scales: 0.5~1.5 times,
 - Variation of rotating angle : -15~15 Degree,
 - Random variation of brightness and saturation, Vertical mirroring



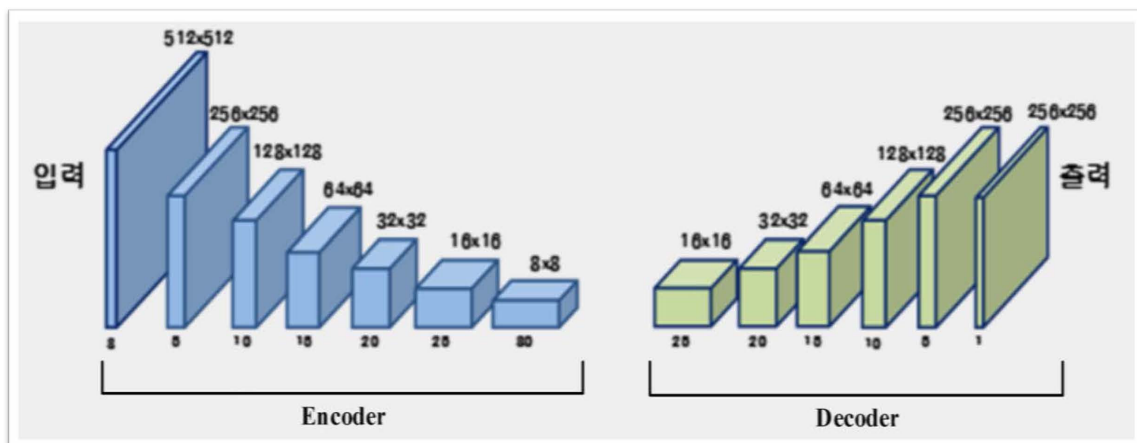
국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

13



Design of Training Network


- Convolutional Encoder-Decoder Network



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

14

Viewing Range of the Weeding Robot

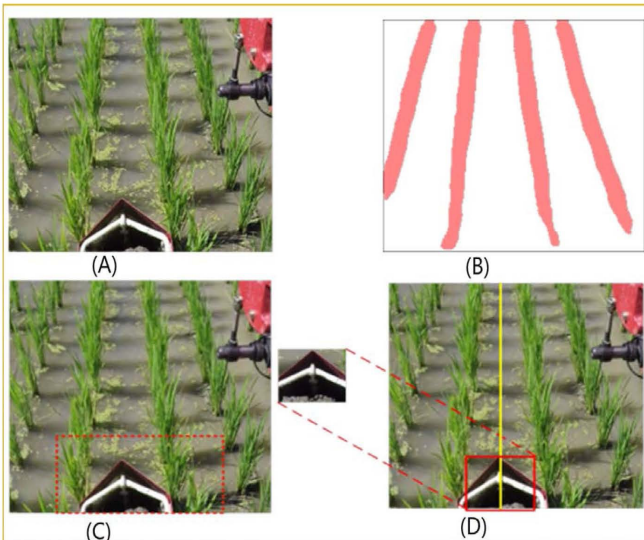


- Camera location: left side above a wheel
- Height: 1,445mm from the ground
- 40 degree leaning from vertical

국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

15

Wheel Location Detection: Use of Template matching

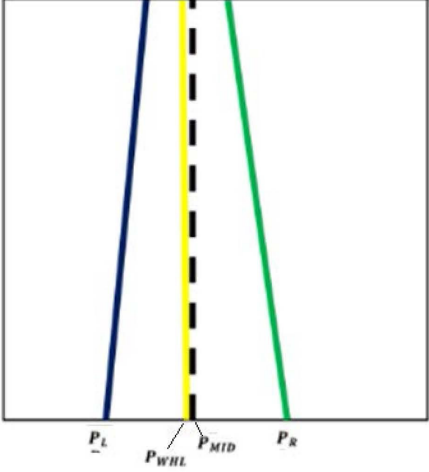


- Fig. (A) image of paddy lines together with the wheel cover (B) output of the neural network (paddy lines) (C) Search area for template matching (D) Detected position and orientation of the wheel cover (yellow)
- To find the location of the wheel, searching method with the template of a wheel is used as shown in fig. (D). The detected location and the orientation of the wheel are shown in yellow line as in Fig. (D).
- When an image as in Fig. (A) is applied to the neural network as input, the paddy lines as shown in Fig. (B) appear at the output layer of the network

국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

16

Wheel Location Detection: Use of Template matching




P_L P_{WHL} P_{MID} P_R

Control input for steering

$$C = \alpha \left\{ \frac{(P_R - P_{WHL}) - (P_{WHL} - P_L)}{2} \right\}$$

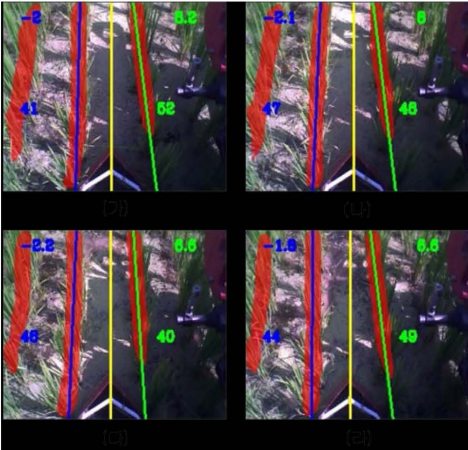
where
 P_{MID} is the center point of two paddy lines,
 P_{WHL} is the location of the wheel,
 P_L and P_R are positions of left and right rice seedlings, respectively.

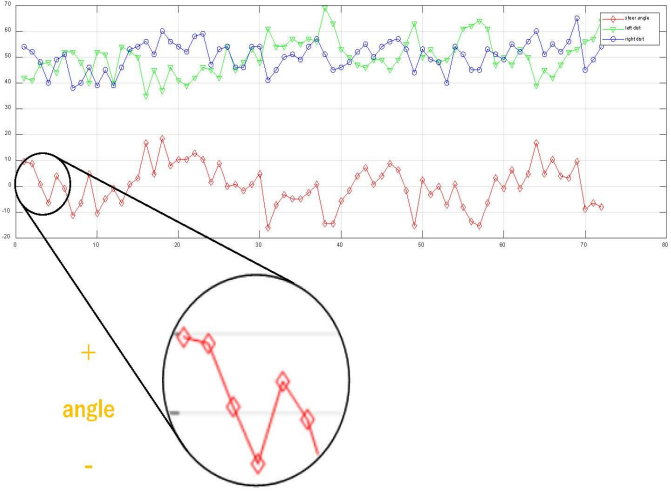


국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences


17

Demonstration





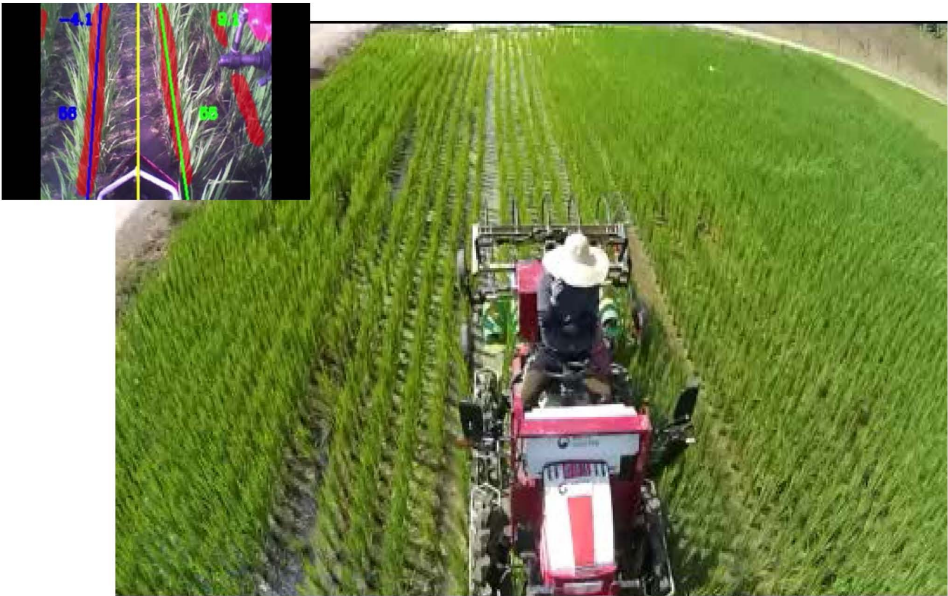
- Sequence of the control signals during autonomous navigation on paddy field




국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

18

Demonstration




 국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

19

Unfriendly Demonstration Environment

- [Paddy field with overgrown rice seedlings]
: **Rice seedlings were overgrown.** The best time of the weeding on the paddy field is during June and July. The demo has been performed on the overgrown paddy field during August.
- [Use of slow computer]
: Since the GPU board which is specialized for AI was not used in this system, **processing speed** for each image frame is as slow as **2.1 sec/frame**. When a mobile GPU board which is commercially available is equipped in this system, the speed would be 10 times faster than the current result.

 국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

20



Unfriendly Demonstration Environment

- [Use of a Single Camera]

: The current weeding machine is equipped with a single camera which is installed **on the left side wheel**. **When two more cameras** are installed above the right wheel and the center of the weeding machine, respectively, control safety would be improved much more.

- [Inadequate Camera]


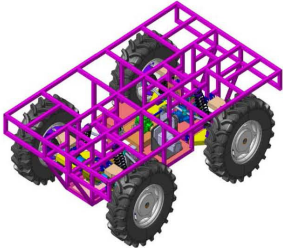
: For this system, **a very poor quality camera which does not have auto iris function was used**. Therefore, the image is so dark, which could make error easily. For the better performance of the processing, good quality cameras are needed.




Multipurpose Robot for Unmanned Work in Orchard (2016~2018)

Autonomous Robot Platform

- Platform requirements:
 - Robust
 - Carry & drive implement
 - Long operation time
 - Drive by wire
- Algorithms to:
 - Observe the environment
 - Control robot platform
 - Guarantee safe operation




 국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

23

Requirements of Robot Platform

- Robust & stable → 750kg own weight
- Carry & drive implement → Optional
- Long operation time → 8 hour operating time
- Drive by wire → Full control over serial

 국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

24



Navigation Algorithms

Algorithms to :

- Observe the environment
- Control robot platform
- Guarantee safe operation

Using sensors :

- Sick LMS 111 LiDAR (x 2)
- Inertial measurement unit (Xsens AHRS30)
- Wheel odometry
- Ground truth
 - RTK GNSS (2cm)



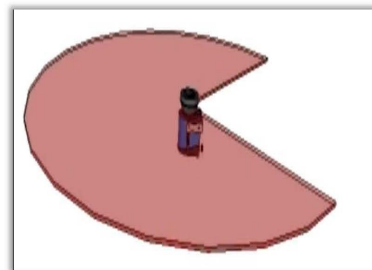
국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

25



Navigation Work-flow

- Detect robot position in orchard path
- Calculate desired steering action
- Headland detection
- Turn to next path over headland
- Operate safely
 - Obstacle detection



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

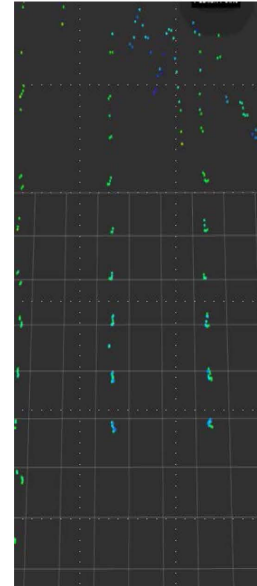
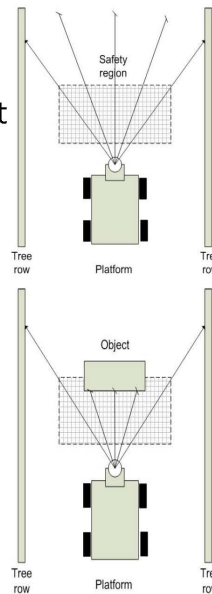
26



Safety

Obstacle detection

- Virtual safety region in front of robot
 - Dimensions customizable
 - Response time customizable



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

27



Demonstrations



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

28



Demonstrations



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

29



**Future Work :
Direction for Studies**



Direction and Interests of Studies for Future I

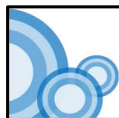
- [Robot Technology with Artificial Intelligence]

: I applied AI to autonomous traveling technology based on images (RGB camera) such as weeding robot mentioned to previous slide. Nowadays, I'm focusing on **the technology development for unmanned tractor finding local path through analyzing working environment in the images**, not using any other expensive sensors, but **applying AI**.



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

31



Tomato Harvesting Robot (Root AI, USA)



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

32



Direction and Interests of Studies for Future II

- [Cooperative Technology between Agricultural Robots]

: Various robots have been developing in the world. So, it is very important **to communicate and share their information for cooperative work in the same work place.** It will **reduce 'time'** exhausted by overlapped analysis of working place, **enhance 'role separation'** of each other for cooperative work ,and therefore be able to **execute agricultural works efficiently.**



Autonomous Tractor (Japan)





Direction and Interests of Studies for Future III

- [Technology Development Considering Structural Change of Cultivation System Suitable for Robot Work]

: It is desirable to develop technology accompanying structural change of cultivation system suitable for farming work of robot. It will be easier and faster to develop unmanned system using robot and commercialize. I think **it's the best way and correct direction for research to develop the robot and the working environment simultaneously.**



국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

35



Strawberry Harvesting Robot(EU, Spain)

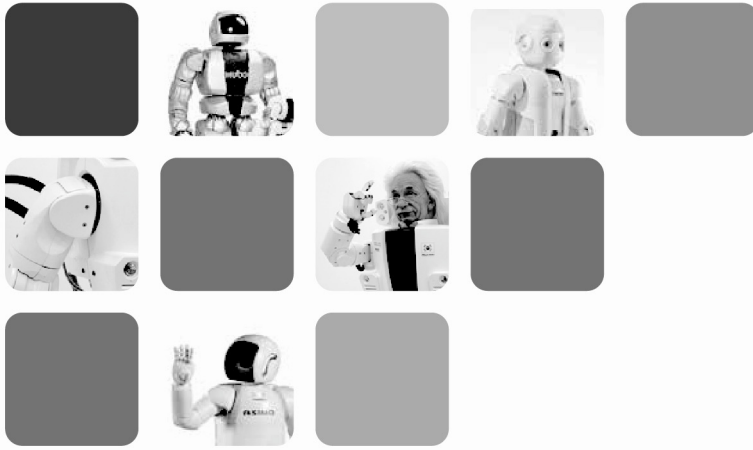


국립농업과학원
National Institute of Agricultural Sciences

36

Thank you for attention

37



무인 잠수정 도킹 기술

한화시스템 이필엽 수석연구원



국제로봇필드 포럼

도킹용 무인잠수정 개발현황

한화시스템 해양연구소
이필엽 수석



1

목 차

01 도킹용 무인잠수정 사업개요

02 도킹용 무인잠수정 개발현황

03 종합 결론

2

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

3

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

해양 무인이동체 정의

- 해양무인이동체는 무인항공기나 무인자동차와 마찬가지로 인적 위험이나 손실을 최소화하기 위한 장비
- 인명과 함정을 보호하기 위하여 위험한 임무 수행 및 위험한 해역(연안)에서 작전시 해양 무인이동체(UUV, USV)를 운용
- 해양 무인이동체는 네트워크 기반 하에 해양 무인이동체를 운용하는 개념으로 발전되고 있으며 항공기, 선박, 잠수함에 이르기까지 다양한 플랫폼에서 전개 및 회수



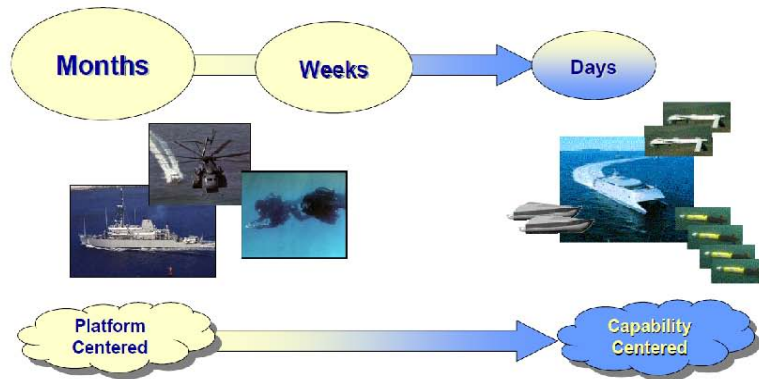
[해양 무인이동체 운용개념]

4

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

임무에 따른 해양무인체 활용

- MCM 작전 속도를 현재 수개월 단위에서 일 단위로 향상
해군이 기뢰 지역에 접근하지 않고 작전 수행

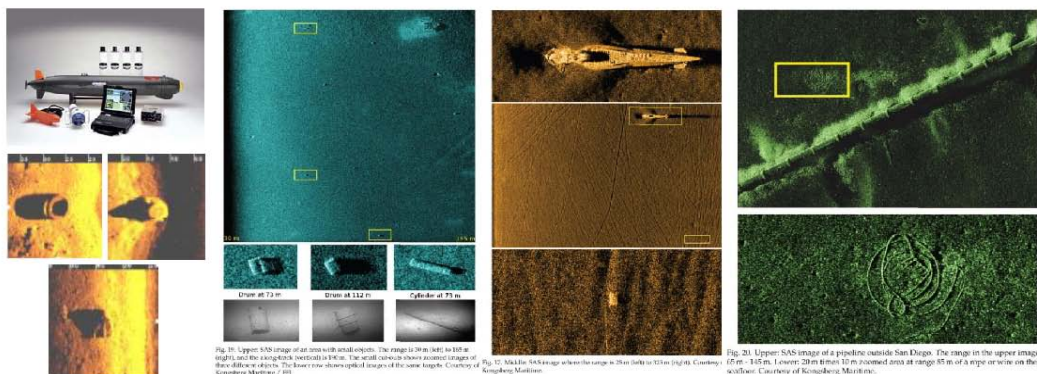


※ MCM: Mine Counter Measure (기뢰대항전력)

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

무인잠수정 활용 범위

- 해양지형 조사 : 소나/광학카메라를 이용한 기뢰탐색/제거, 해저지형 및 구조물 조사



01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

개발의 필요성

- 수중도킹은 항법·유도·제어가 통합된 고도의 응용 기술로 충전과 통신을 중계하여 무인잠수정이 별도의 부상이나 회수 없이 24시간 상시 운용이 가능하게 할 수 있어 그 활용성을 극대화 할 수 있음
- 도킹 스테이션에 충전과 통신을 중계하여 무인잠수정의 별도 부상이나 회수 없이 24시간 운용을 통해 작전 임무를 극대화 할 기술 필요
- GPS 를 사용할 수 없고, 탁도가 심한 수중 환경에서의 상대 위치 및 상호 인지를 위해서는 음파(Acoustic), 광학카메라(Optic), 블루 레이저, 전자기장(EM wave) 등의 성격이 다른 다수의 센서가 요구됨
- 다중 센서의 경우, 최상의 성능을 나타낼 수 있는 조합에 대한 연구와 이를 구현하기 위한 플랫폼의 개발 필요

7

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

국내외 개발현황

연구기관	관련기술	연구내용
선박해양플랜트 연구소 (한국)	• 수중 비전 유도 도킹 	• 광학 유도 장치를 이용한 수중 도킹 방식 • 수중비전에 의한 AUV 근거리 유도 제어 기술 • 광원 탑재형 도킹콘 개발
Monterey Bay Aquarium Research Institute (미국)	• 원형 깔대기 도킹콘 	• USBL과 DR 항법을 이용한 호밍 기술 • Cross-track 도킹 제어 기술 • 전기유도 방식의 전원 충전 및 무선 통신 중계
Woods Hole Oceanographic Institution (미국)	• 사각 깔대기 도킹콘 	• 모바일 도킹 스테이션 • 가이드 패스 추종 제어 기술 • 배터리 충전 및 데이터 취득, 셀프 언도킹

8

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

과제 개요

사업명	2017년도 민군겸용기술개발사업
과제명	다중 센서를 이용한 무인잠수정의 종단 유도 및 도킹 기술 개발
사업기간	2017년 9월 26일 ~ 2021년 9월 25일 (4년간, 응용연구 2년 + 시험개발 2년)
사업비	총 66.75억원 (국비: 52.5억원, 민간부담금: 14.25억원)
사업목표	다중 센서를 이용한 종단 정밀 유도 도킹 기술 개발 도킹 시스템 시제 제작
참여기관	주관(2): 한국로봇융합연구원 (응용연구 주관) 한화시스템㈜ (시험개발 주관) 참여(5): (주)경인테크, 소나테크㈜, (주)비에네스소프트, 한국해양대학교, 충남대학교

9

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

운용 개념



10

01. 도킹용 무인잠수정 사업개요

연구개발 목표 및 시제품 구성

항목	RFP 목표성능	제안 목표성능	가중치	환경조건
종단 유도 기술	▪ 거리 정밀도 : 0.5% of range 이내 ※ 이격 거리 15m이내	▪ (좌등) 거리 정밀도 0.5% of range	15%	▪ 수조 및 해상시험 ▪ 군환경 요구조건 환경시험
	▪ 방향 정밀도 : 1° 이내 ※ 이격 거리 15m이내	▪ (좌등) 방향 정밀도 1° 이내	15%	
도킹 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 도킹 스테이션(고정형) 진입부 직경 : 무인잠수정 직경의 3배 이내 ▪ 도킹 성공율 : 95% 이상 ※ 실험역 조건 : Sea state 2이하, 이격 거리 15m 이내 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (좌등) 도킹 성공율 95% 이상 <ul style="list-style-type: none"> - 무인잠수정 직경 0.2m 이내, 도킹 스테이션 진입부 직경 0.6m 이내 적용 - 도킹 성공율 20회 시도하여 19회 이상 성공 	70%	



무인잠수정



도킹 스테이션



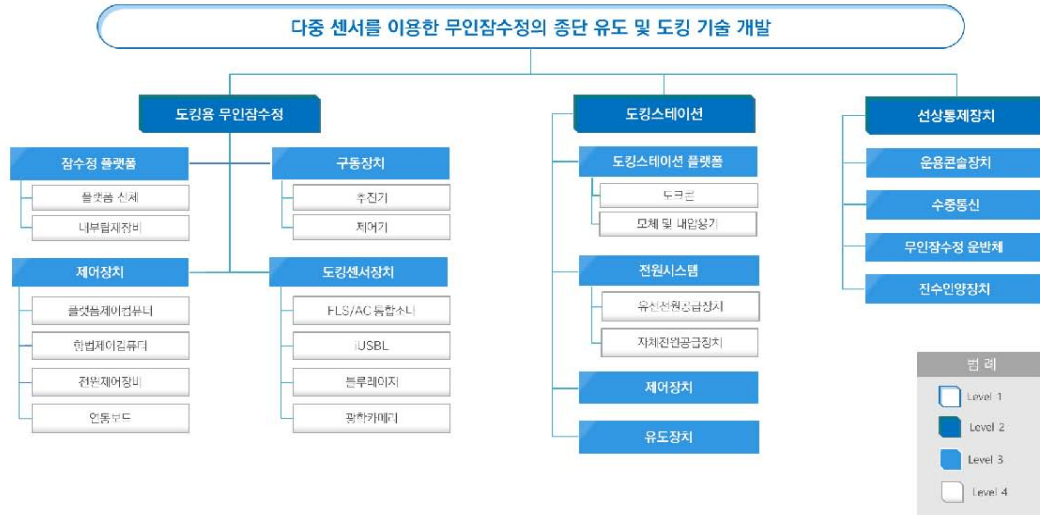
선상통제시스템

11

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

하드웨어 구성도



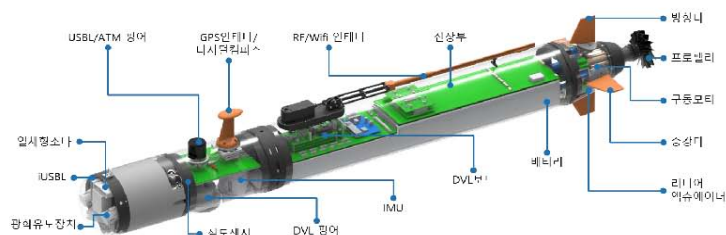
13

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정

○ 200m급 무인잠수정 플랫폼 설계/제작

- 길이 2m x 직경 0.2m 급의 소형 무인잠수정
- 도킹센서 및 항법센서 탑재
 - 도킹센서 : 일체형소나, iUSBL, 광학유도장치
 - 항법센서 : IMU, DVL, 디지털컴퍼스, GPS, 심도센서
- 플랫폼 구동을 위한 추진기 탑재
- 플랫폼 운용을 위한 전장부 및 통신장비(RF/Wifi, 수중통신장비) 탑재



14

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

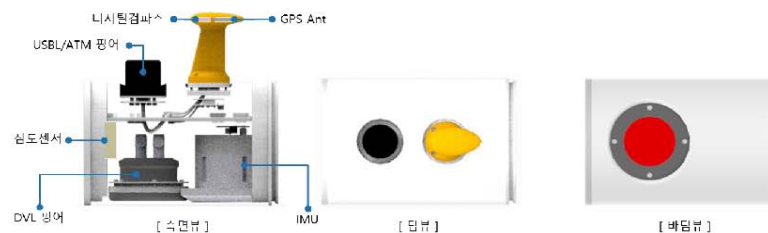
도킹용 무인잠수정

○ 항법센서 구성

- IMU, DVL, 디지털 컴퍼스, 심도센서, GPS등으로 구성

● 항법센서 배치 설계

- IMU : IMU 설치 시, 발생하는 바이어스 오차를 최소화 설계
- DVL : 수밀을 고려한 핑어 장착 설계 및 설치 시 발생하는 바이어스 오차 최소화 설계
- 디지털컴퍼스 : GPS 안테나 모듈에 위치하여 플랫폼에서 발생하는 자기장에 대한 영향 최소화
- 심도센서 : 외부 외란에 따른 영향 최소화를 위한 압력 수신센서 위치 배치
- GPS : 해수면으로 부터 발생하는 반사파 영향을 최소화 하기위한 안테나 설계



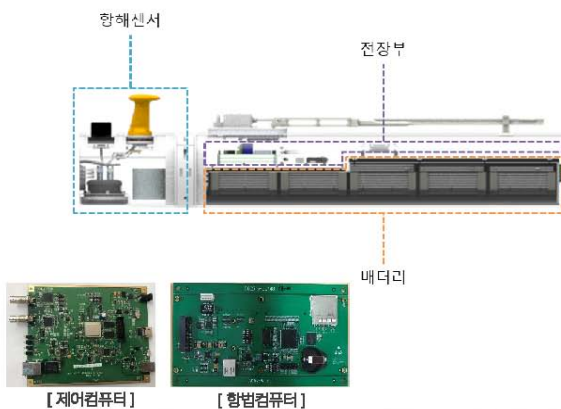
15

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정

○ 제어/항법 컴퓨터

- 플랫폼 제어컴퓨터를 통한 탑재장비 제어 및 항법 알고리즘 연산 수행



항해센서	
탑재센서	IMU, DVL, 심도센서, 디지털컴퍼스, GPS
전장부	
플랫폼제어컴퓨터	제어모듈 : i.MX6 항법모듈 : OMAP138
연동보드	탑재 장비간 물리적 연동기능
전원제어장치	5V, 15V, 24V 등의 전원 제공
배터리	
타입	리튬-이온(인산철 계열 전지 적용)
사양	1.7kWh

※ 배터리의 경우 시험개발 때 3.7kWh의 리튬-이온(NCM 계열) 적지 적용 예정

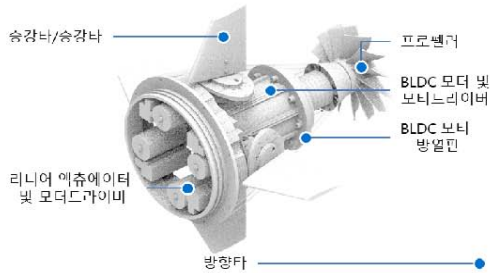
16

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정

○ 추진제어부

- 고티력의 추진기를 통해 무인잠수정 플랫폼 추력 발생
- 무인잠수정 플랫폼 수평/수직 제어



방향타/승강타	
출력	▪ 90W 이상
작동범위 및 속도	▪ 30°, 258°/sec
추진기	
출력	▪ 900W 이상
작동 RPM	▪ 0 ~ 1500 RPM

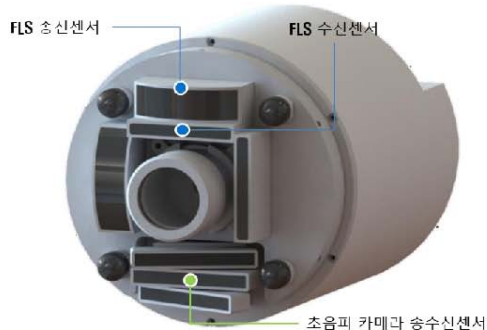
17

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정 - 도킹센서장치

○ 일체형소나

- FLS - 원거리에서 장애물 탐지목적으로 운용되는 도킹센서 장치
- 초음파카메라 - 근거리에서 도킹스테이션 식별을 목적으로 운용되는 도킹센서 장치



FLS	
센서 구성	▪ T자 배열 송신, 수신 센서 ▪ 수신센서 수직, 수평 각 32채널
운용범위	▪ 최대 100m
사용 주파수	▪ 400kHz
탐지방위	▪ 90° (H), 90° (V)
초음파카메라	
식별거리	▪ 최대 15m에서 도킹스테이션 탐지
사용 주파수	▪ 600kHz ~ 1200kHz
시야각	▪ 110° 이상

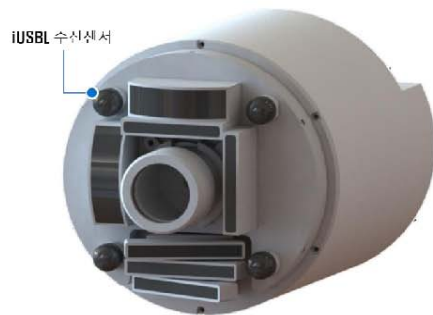
18

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정 - 도킹센서장치

○ iUSBL

- 고정밀의 위치정보 획득을 목적으로하는 도킹센서 장치



동작범위	▪ 최대 30m
업데이트 속도	▪ 최대 4Hz(송신장치 별 소당 1회)
사용 주파수	▪ 600kHz (600kHz ~ 1000kHz 중 검토)
거리방향 오차	▪ 10cm 이하 (30m 이내)
방향각 오차	▪ 1° 이하 (30m 이내)
통신방식	▪ RS232

19

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹용 무인잠수정 - 도킹센서장치

○ 광학유도장치

- 15m이내에서 광학 유도가 가능한 광 송수신 모듈 개발



직경	▪ 송신모듈: 180mm 이하 ▪ 수신모듈: 60mm 이하
소모전력	▪ 송신모듈: 1000 W ▪ 수신모듈: 10 W
샘플링 주파수	▪ 10Hz
방향각 오차	▪ 1° 이하 (15m 이내)
통신방식	▪ RS232
작업 심도	▪ 20 m 이상

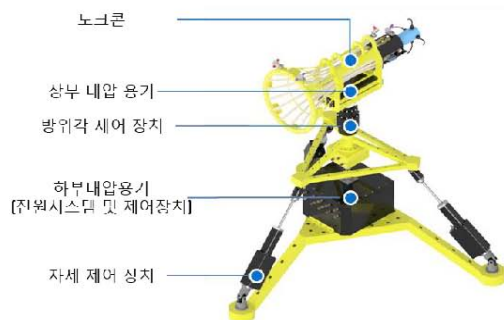
20

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹스테이션

○ 도킹스테이션 플랫폼

- 도킹을 위한 임무센서 장비, 항해센서, 추진기 등이 탑재 가능하고 수중 운항이 가능한 플랫폼



높이 X 폭	<ul style="list-style-type: none"> 최대 높이 3 m 이하 폭 3m 이하
중량	<ul style="list-style-type: none"> 900 kg 이하
수중 중량	<ul style="list-style-type: none"> 500 kg 이하
최대운용 심도	<ul style="list-style-type: none"> 20m 이상
최대운용 유속	<ul style="list-style-type: none"> 3노트 이하
구성	<ul style="list-style-type: none"> 도크콘, 내압용기, 전원시스템, 제어장치, 유도장치, 각종센서로 구성
기타	<ul style="list-style-type: none"> 도킹 임무 수행을 위한 임무센서 장비 및 자세센서 탑재

21

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

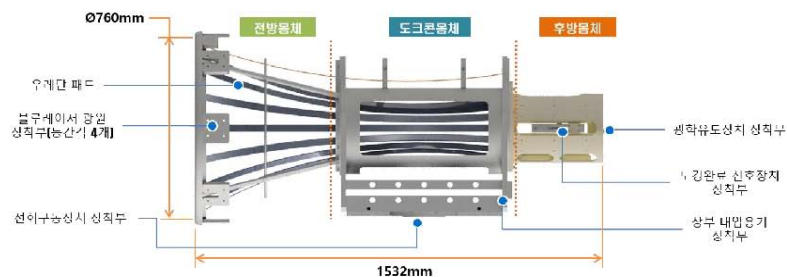
도킹스테이션

○ 도크콘

- 무인잠수정의 도킹을 위한 도킹콘 스테이션

● 무인잠수정의 도킹을 위한 도킹콘 스테이션 설계/제작

- 원활한 유도를 위해 우레탄 패드를 이용한 콘 구조 적용
- 입구부 전장 길이 및 직경 : 1532mm x Ø760
- 중량 : 65kg



22

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

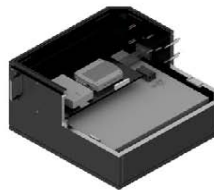
도킹스테이션

○ 도킹스테이션 제어장치

- 도킹콘과 플랫폼 내압용기로 구성
- 도킹콘의 방향제어, 도킹스테이션의 수평자세제어 및 연동인터페이스



[도킹콘 내압용기]



[플랫폼 내압용기]

센서	
탐재센서	▪ MTI-30 AHR5
전장부	
제어보드	▪ 제어모듈 : TMS320F28377D
전원제어장치	▪ 5V, 15V, 24V, 150V 등 전압공급
영상장치	▪ HD, SD급 카메라, 엔코더
통신	▪ 시리얼서버, 이더넷허브
배터리	
타입	▪ 리튬-이온
사양	▪ 4.49kWh

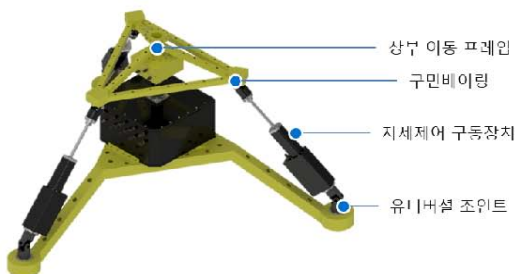
23

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹스테이션

○ 도킹스테이션 자세제어장치

- 무인잠수정의 도킹 성공률을 높이기 위해 도킹콘의 수평 유지
- 구면베어링 및 유니버설 조인트로 연결된 3점의 액츄에이터 구동을 통해 도킹콘의 수평유지



중량	▪ 105 kg
수중 중량	▪ 60 kg
최대 스트로크	▪ 450mm
구성	▪ 구면베어링, 리니어 액츄에이터, 유니버설 조인트로 구성 ▪ 중심부 유니버설 조인트 설치

24

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

항법성능시험(1/2)

■ 무인잠수정 항법시스템

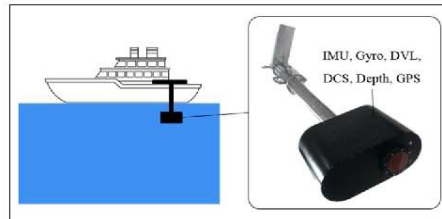
- 항법 알고리즘 위치 오차 0.5% ↓ @이동거리 달성

● 실해역 환경에서 항법치구 시험을 통한 항법 알고리즘의 성능 검증

- 시험 날짜 : 2019-03-09
- 시험 장소 : 한국해양대학교 근해(부산)
- 시험 방법
 - 항법치구를 시험선에 장착 후, 해수면 위를 장기간 운용하며 항법 센서 데이터 저장
 - 저장된 항법 센서 데이터 기반으로 실시간 최대 위치 오차, 실시간 퍼센트 위치 오차(% of range) 산출



[시험 장소(한국해양대학교 앞바다) 위성 사진]



[시험 환경]

25

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

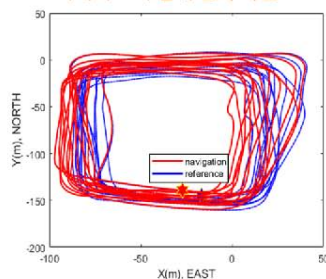
항법성능시험(2/2)

■ 무인잠수정 항법시스템

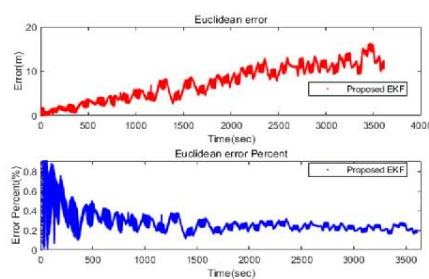
- 항법 알고리즘 위치 오차 0.5% ↓ @이동거리 달성

● 실해역 환경에서 항법치구 시험을 통한 항법 알고리즘의 성능 검증

- 시험 결과 : 저장된 항법 센서 데이터 기반으로 Matlab 환경에서 항법 알고리즘 검증
 - 약 6.1km를 운용하였을 때의 **최대 거리 오차 15m**
 - 운용 거리에 따른 오차 퍼센트(%)는 **평균 약 0.4%**
 - **총 0.5% 이내의 오차 범위 만족 확인**



[항법치구 시험 결과 - UTM 좌표계]



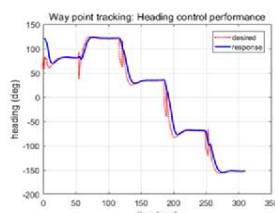
[항법치구 시험 결과 분석]

26

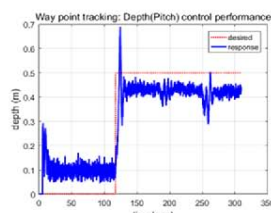
02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

주행 및 제어시험

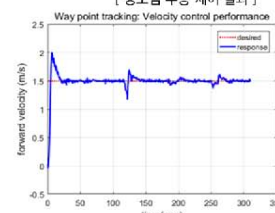
- 수조환경에서 시험을 통한 알고리즘 성능검증
 - 내수면에서의 종단 유도 및 제어 성능 확인
- 경로점 추종 시험을 통한 선수각, 수심, 속도 제어 및 유도 성능 확인
 - 시험 날짜 : 2019-07-16~18
 - 시험 장소 : 낙단보(상주)
 - 시험 방법
 - 5개의 way-point 경로 및 목표 속도 입력 후 **경로 추종 제어** 진행
 - 경로점 도달을 위한 **선수각, 수심, 속도 제어 성능 확인**



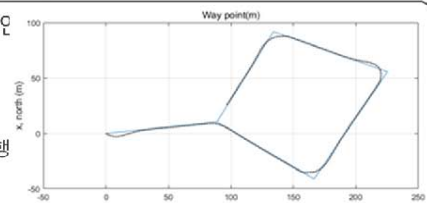
[방향(선수각) 제어 결과]



[깊이(피치) 제어 결과]



[속도 제어 결과]



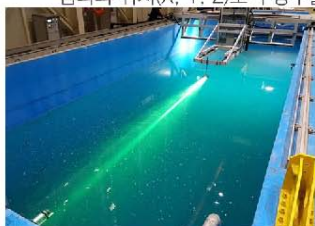
[경로점 추종 제어 결과]

27

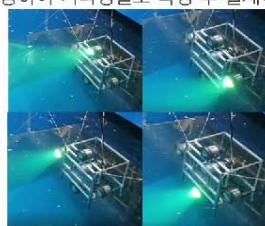
02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹센서 성능시험 - 광학유도장치 시험결과(1/2)

- 거리정밀도 0.3m 이내
 - 광학유도장치와 예인대차의 위치를 비교하여 성능 검증
- 수조 환경에서 광학유도장치의 거리정밀도 성능 확인
 - 시험 날짜 : 2019.08.16~17
 - 시험 장소 : KIOST 수중로봇복합실증센터 (포항)
 - 시험 방법
 - 광학유도장치 송신부를 지그를 이용하여 고정하고, 3축으로 이동가능한 예인대차에 수광부 설치
 - 임의의 위치(X, Y, Z)로 수광부를 이동하여 거리정밀도 측정 후 실제이동거리와 비교하여 오차 측정



[시험 장소(KIOST 수중로봇복합실증센터 광학수조) 사진]



[다수의 광원을 점멸하여 상대거리 측정]



[광원 모니터링 GUI 프로그램 및 로그 데이터 저장]

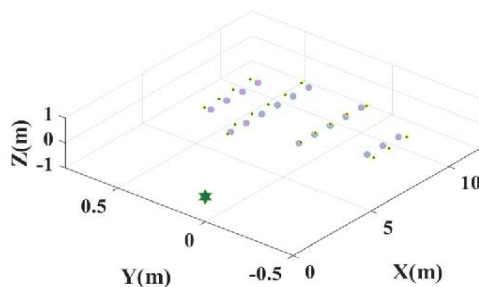
28

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹센서 성능시험 – 광학유도장치 시험결과(2/2)

- 거리정밀도 0.3m 이내
 - 광학유도장치와 예인대차의 위치를 비교하여 성능 검증

- 수조 환경에서 광학유도장치의 거리정밀도 성능 확인
 - 시험 결과(X-Y평면, Z=0m)
 - 이격거리 5m~10m사이의 18개 지점에서 거리정밀도 측정
 - 정량적 목표치인 0.3m 이내 만족



	신체 위치			센서 값(평균)			거리 오차
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	6	0	0	5.900000	0.526814	0.046991	0.114185816
2	7	0	0	6.838282	0.530261	0.046349	0.170928843
3	8	0	0	7.840911	0.537637	0.05136	0.171968437
4	9	0	0	8.953387	0.536906	0.06719	0.090311405
5	5	0	0	4.764716	0.295221	0.020425	0.236217231
6	6	0	0	5.604659	0.327881	0.020841	0.396870513
7	7	0	0	6.709499	0.330002	0.026613	0.293360087
8	8	0	0	7.746097	0.329906	0.037404	0.258379878
9	9	0	0	8.825851	0.329831	0.052706	0.186294964
10	10	0	0	10.03192	0.341463	0.067245	0.08520538
11	6	0	0	6.103797	0.000135	0.00716	0.10903453
12	7	0	0	7.0919	0.004104	0.020615	0.094273172
13	8	0	0	8.091968	0.004998	0.03478	0.070657437
14	9	0	0	9.103327	0.002464	0.052196	0.115967376
15	10	0	0	10.16407	-0.01753	0.067670	0.178419978
16	7	0	0	6.709499	0.330802	0.026848	0.293360087
17	8	0	0	7.746097	0.329906	0.037404	0.258379878
18	9	0	0	8.825851	0.329831	0.052706	0.186294964

29

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹센서 성능시험 – iUSBL 거리오차 시험결과(1/2)

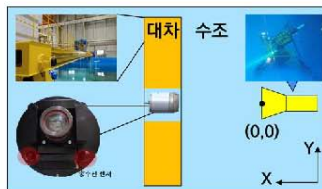
- 위치오차 0.3m 이내
 - 거리 30m 이내에서 0.3m 이내

- iUSBL을 최대거리 30m에서 위치 오차 성능 확인
 - 시험 날짜 : 2018-08-08
 - 시험 장소 : KIOST 수중로봇복합실증센터 (포항)
 - 시험 방법

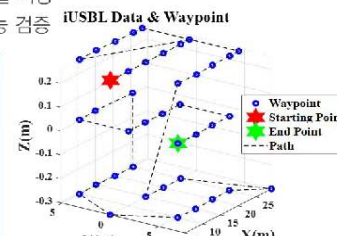
iUSBL을 수조에 설치된 대차를 이용하여 주행, 수조 내 일정 way-point를 이동
 - 수조 좌표계의 대차 절대 이동 거리를 기준 데이터로 이용하여 비교 및 성능 검증



[시험 장소(KIOST 수중로봇복합실증센터 공학수조) 사진]



[iUSBL 시험 환경]



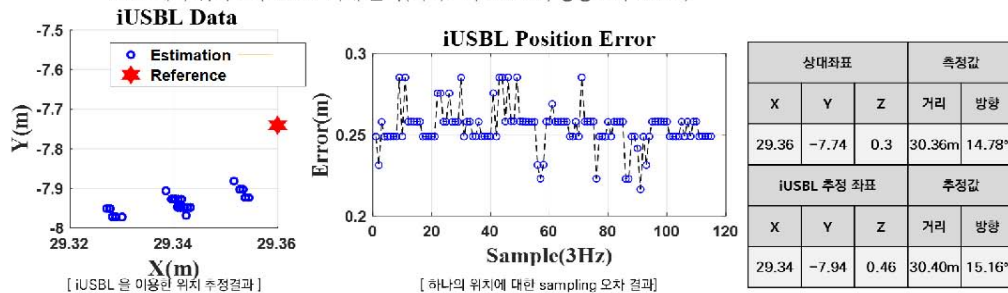
[iUSBL 이동 waypoint]

30

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹센서 성능시험 – iUSBL 거리오차 시험결과(2/2)

- 위치오차 0.3m 이내
 - 거리 30m 이내에서 0.3m 이내
- iUSBL을 최대거리 30m에서 위치 오차 성능 확인
 - 시험 결과
 - 30m에서 위치오차 0.3m 이내 만족(거리오차 0.26m, 방향오차 0.39°)



31

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

거리/방향 정밀도 실험역 시험결과(1/2)

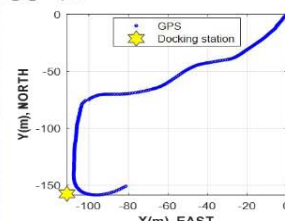
- 거리정밀도 0.5%, 방향정밀도 1° 이내
 - 이동거리 대비 0.5% 이내
 - 도킹스테이션과 무인잠수정 방향 추정 오차 1° 이내
- 실험역 환경에서 다중센서 기반 상대 거리/방향 추정 알고리즘 성능 확인
 - 시험 날짜 : 2019-08-29
 - 시험 장소 : KIOST 남해연구소(거제)
 - 시험 방법
 - AUV를 진수 후 운용하며 취득한 항법 데이터와 GPS 데이터 비교를 통해 진행
 - AUV 항법 알고리즘 성능 확인, 관성 항법 센서와 도킹 유도센서들의 융합 성능 확인



[시험 장소(KIOST 남해연구소(거제)) 위성 사진]



[시험 환경]



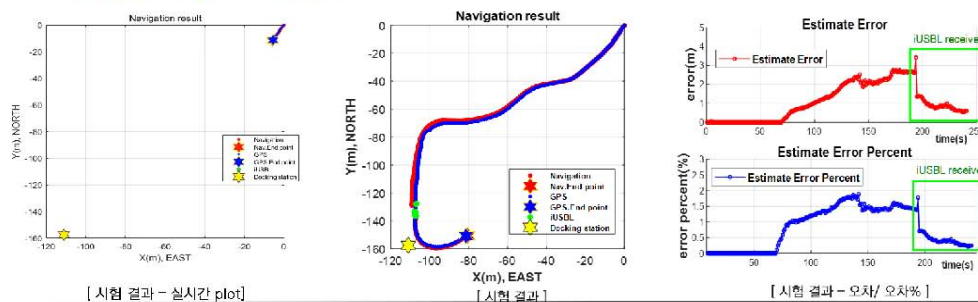
[무인잠수정 운용 경로]

32

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

거리/방향 정밀도 실험결과(2/2)

- 거리정밀도 0.5%, 방향정밀도 1° 이내
 - 이동거리 대비 0.5% 이내
 - 도킹스테이션과 무인잠수정 방향 추정 오차 1° 이내
- 실험 환경에서 다중센서 기반 상대 거리/방향 추정 알고리즘 성능 확인
 - 시험 결과
 - 이동 거리에 대한 거리 정밀도 0.5% 이내 만족 확인
 - 방향 정밀도 1deg 오차 이내를 만족 확인



[시험 결과 - 실시간 plot]

[시험 결과]

[시험 결과 - 오차/ 오차%]

33

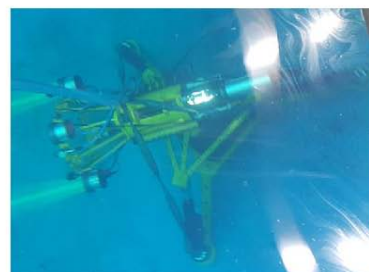
02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹스테이션 회전/수평 정밀도 시험 (1/3)

- 도크 방향/수평 정밀도 1° 이내
 - 목표 선수각 방향과 실제 선수각 방향 차이를 절대 엔코더값을 이용하여 측정 검증
 - 도크 수평 제어 후, 수평상태와의 오차를 AHRS 센서를 이용하여 측정 검증
- 수조 환경에서 도킹스테이션 도크 방향/수평 정밀도 성능 확인
 - 시험 날짜 : 2019-07-29
 - 시험 장소 : KIOST 수중로봇 복합실증센터 (포항)



[시험 장소(KIOST 수중로봇복합실증센터 수조)]



[시험 환경]

34

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹스테이션 회전/수평 정밀도 시험 (2/3)

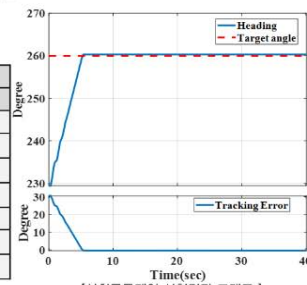
- 도크 방향 정밀도 1° 이내
 - 목표 선수각 방향과 실제 선수각 방향 차이를 절대 엔코더값을 이용하여 측정 검증
- 수조 환경에서 도킹스테이션 도크 방향 정밀도 성능 확인
 - 시험 방법
 - 도킹스테이션을 수조에 진수 후 도킹스테이션 회전 구동 진행
 - 도킹 콘 회전 완료 후 엔코더값 기준으로 지령 변화각과 실제 변화각의 오차 확인
 - 시험 결과 : 엔코더 값 기준 방향 정밀도 오차 1° 이내 확인 (평균 0.3538°)



[선회구동 제어 영상]

요구조건	방향 정밀도			
	방향각 오차 1도 이내			
시험결과	초기 선수각각	지령 선수각각	최종 선수각각	오차
	260.316	230.000	229.581	0.419
	229.581	200.000	199.529	0.471
	230.375	350.000	350.244	0.244
시험결과	350.244	355.000	355.1305	0.1305
	평균 방향각 오차: 0.3538			

[선회구동제어 시험결과표]



[선회구동제어 시험결과 그래프]

35

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹스테이션 회전/수평 정밀도 시험 (3/3)

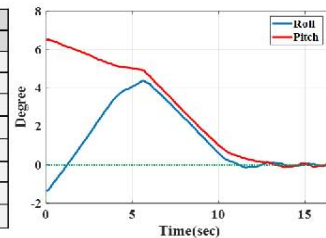
- 도크 수평 정밀도 1° 이내
 - 도크 수평 제어 후, 수평상태와의 오차를 AHRS 센서를 이용하여 측정 검증
- 수조 환경에서 도킹스테이션 도크 수평 정밀도 성능 확인
 - 시험 방법
 - 도킹스테이션을 수조에 진수 후 임의의 기울인 상태에서 지령 입력
 - 수평자세제어 완료 후 AHRS 센서값 기준으로 수평정밀도 확인
 - 시험 결과 : AHRS 센서 기준 수평 정밀도 1° 이내 확인 (평균 오차: roll: 0.0293°, pitch: 0.0436°)



[수평자세제어 영상(예시)]

요구조건	수평 정밀도			
	수평 정밀도 1도 이내			
시험결과	수평제어 전		수평제어 후	
	roll	pitch	roll	pitch
	-8.9415	-1.2814	0.0528	0.0268
	-1.3205	0.5134	-0.0506	0.0389
	12.3282	3.0833	0.0263	0.0208
시험결과	2.6643	-6.7089	-0.0232	-0.0715
	평균 방향각 오차: roll: 0.0293, pitch: 0.0436			

[수평자세제어 시험결과표]



[수평자세제어 시험결과 그래프]

36

02. 도킹용 무인잠수정 개발현황

도킹무인잠수정 시험영상



[내수면 시험 영상]



[실해역 시험 영상]

37

종합 결론

- ▶ 응용 연구를 통한 주요 장비에 대한 단품시험 완료
 - 무인잠수정 플랫폼, 도킹스테이션, 일체형소나, iUSBL, 블루레이저등에 대한 단품 성능시험 수행 완료
- ▶ 시험개발('19.10~'21.10)
 - 응용 연구 진행시 식별된 문제점 보완
 - 실증시험 위주로 연구개발 진행 예정

감사합니다.

MEMO

Horizontal dotted lines for writing.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

MEMO

Handwriting practice area with 20 horizontal dotted lines.

MEMO

Horizontal dotted lines for writing.

[illegible]

MEMO

Horizontal dotted lines for writing.

[illegible]