



เทคโนโลยี CAV ในแพลตฟอร์มวิจัยและการ ทดสอบระบบรถรับส่งผู้โดยสารไร้คนขับ (Autonomous shuttle pod)

ผศ.ดร.นักรสิทธิ์ นุ่มวงษ์

Smart Mobility Research Center

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

30 มีนาคม 2566

About Smart Mobility Research Center, Chulalongkorn University

Established 2012



SAFE

- Road Safety
- Driver Behavior
- Advanced Driver Assistance System (ADAS) and Autonomous Driving system

- Aging Driver
- Near-Miss Incident Database
- Driver Behavior Monitoring / Telemetric
- ADAS/AD High level design
- Autonomous Driving System Integration and Testing

SMART

- Smart Mobility
- Intelligent Transport System (ITS)

- Road/IT infrastructure
- Eco-Driving
- Connected Vehicle (V2X)
- New Mobility Business

SUSTAINABILITY

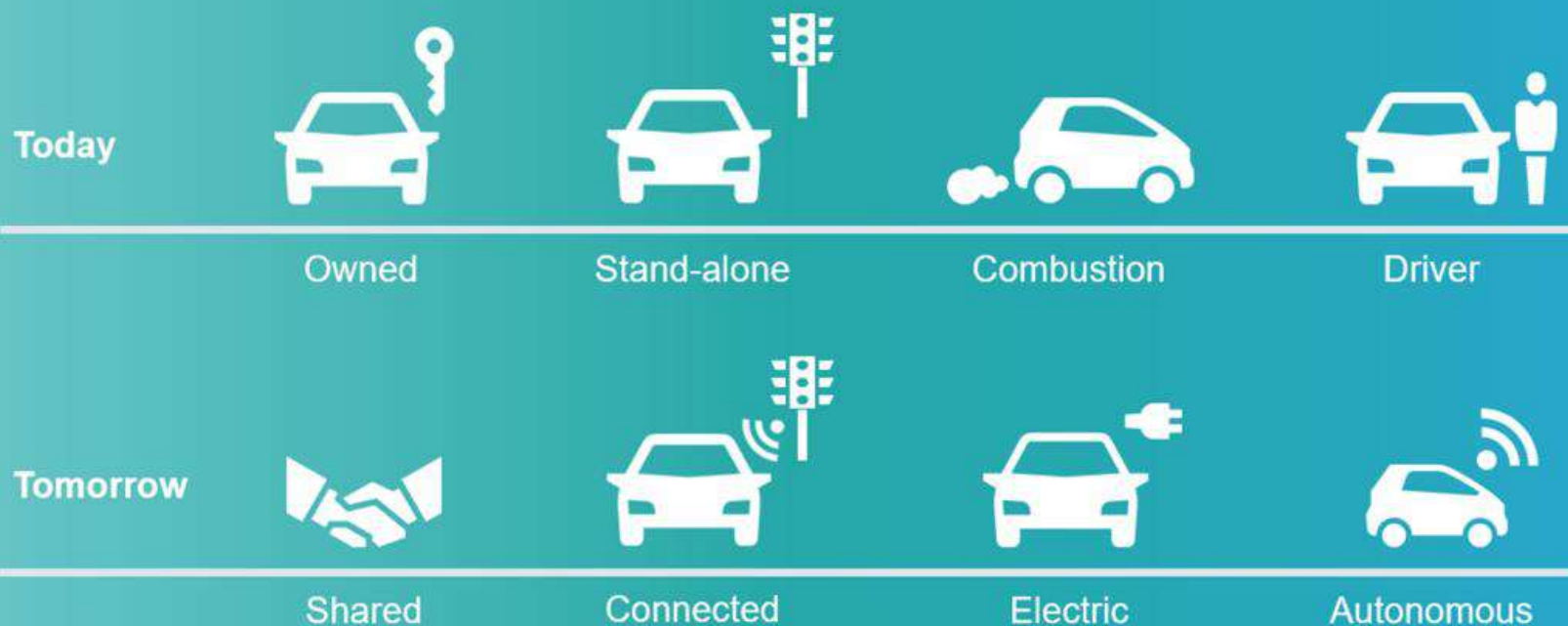
- Vehicle Electrification
- Carbon Neutrality and Net Zero for Mobility
- Future Mobility Service

- Smart Grid
- Light-Weight Structure
- EV Platform
- Battery packing
- FCEV
- Mobility-as-a-service

"Networking for Smart Mobility at Chulalongkorn University Developing Smart, Safe and Sustainable Mobility for Thai society"

Next Generation Automotive: C-A-S-E

Four trends on our roads will boost “the next Mobility revolution” in and between cities



Credit: Siemens

Milestone of Autonomous Vehicle Research at Smart Mobility Research Center Chulalongkorn University



Established 2012

2012-2017

Focusing on ADAS, Driver behavior, HILS, Driving simulator research



June 2016

Driving Simulator for elderly driver ability assessment



May 2017

6-DOF Driving Simulator



October 2018

The 1st Seminar on Automated Vehicle in Bangkok / Demo of AUTOWARE (Co-organized by Nagoya university)



April 2019

The 1st 5G Connected Car in Thailand



August 2019

Demo at GITSDA for MULTI GNSS ASIA Conference (GNSS RTK /2D LiDAR Object detection and avoidance)



December 2019

CU Toyota Ha:mo Autonomous Relocation System prototype (GNSS RTK /3D LiDAR Object detection and avoidance)



February 2020

Demo at GITSDA (GNSS PPP)



July 2020

NBTC Project: 5G Teleoperated Vehicle



2017-2021

3 Autonomous vehicle prototypes were developed in house



April 2021

Autonomous Delivery Vehicle prototype platform (GNSS/3D LiDAR Localization/Delivery Application)



April 2021

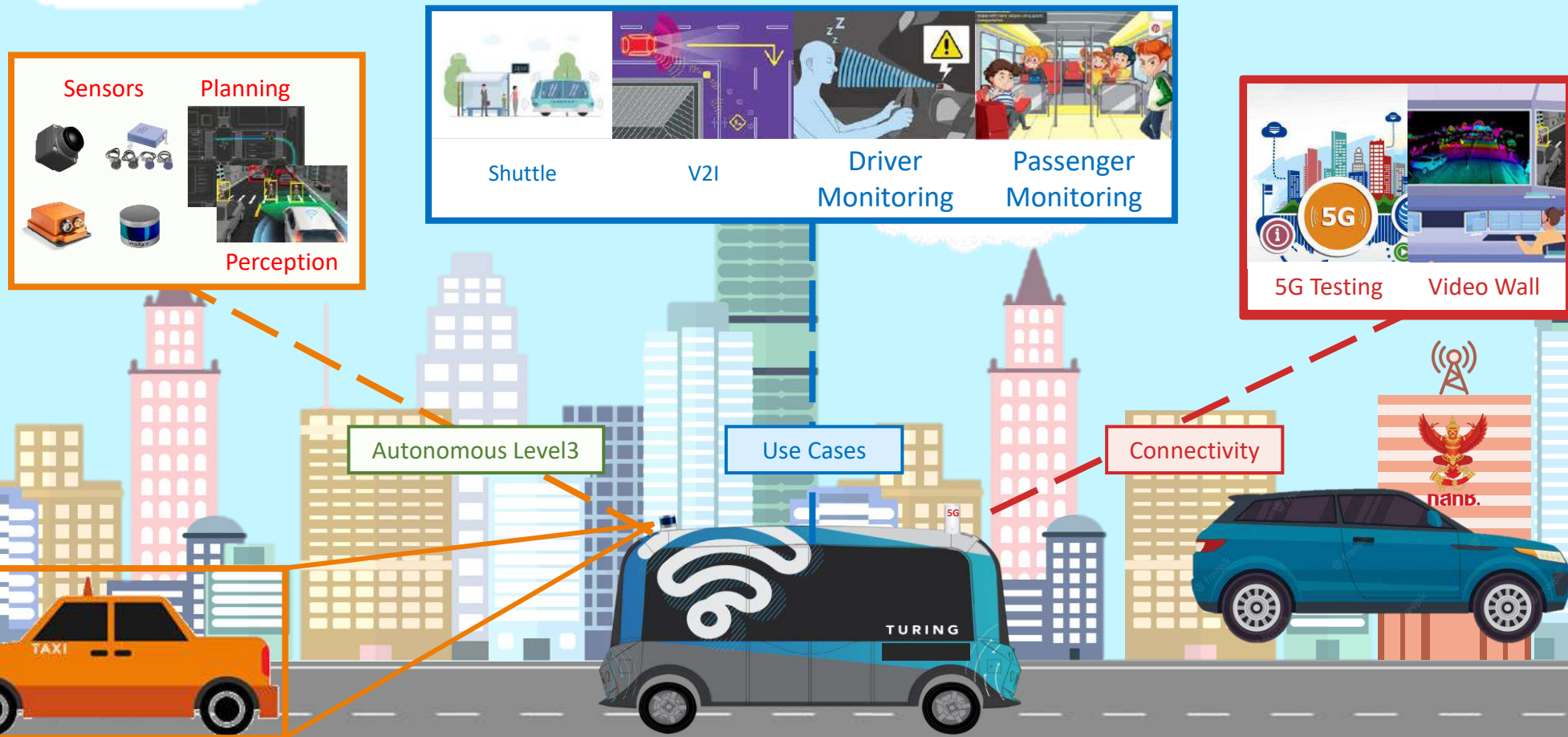
NBTC Project: Autonomous Shuttle golf cart prototype (GNSS/3D LiDAR Localization)



April 2021 – February 2023

NBTC Project: 5G Testing for Autonomous Shuttle

โครงการ การทดลองการสื่อสารด้วยระบบ 5G สำหรับรถไร้คนขับ





Research team

The Experiment of 5G Communication for Autonomous Vehicle Project



Civil Engineering
ITS/ Transport
Transport policy

Project leader

Assoc. Prof. Sorawit Narupiti,
Ph.D

Project advisors



CHULA ENGINEERING

Foundation toward Innovation



Automotive Engineering
Vehicle Safety and Advance Driver Assistance Systems
Autonomous Driving

Autonomous Vehicle
Asst.Prof.Nuksit Noomwongs,
D.Eng

Use Cases/ V2X



Computer Engineering

Assoc. Prof. Kultida Rojviboonchai,
Ph.D.
Assoc. Prof. Peerapon Vateekul, Ph.D



Mechanical Engineering
Vehicle Electrification

EV

Assoc. Prof. Angkee
Sripakagorn, Ph.D.

HD Map AV Pilot Test

Asst.Prof.Nuksit Noomwongs, D.Eng



Electrical Engineering
5G, Telecommunication

5G & Communication
Asst. Prof. Widhyakorn Asdornwised,
D.Eng

Video Wall



Electrical Engineering

Prof. Lunchakorn Wuttisittikulkij,
Ph.D
Lect. Pitchaya sitthi-amorn, Ph.D

Communication

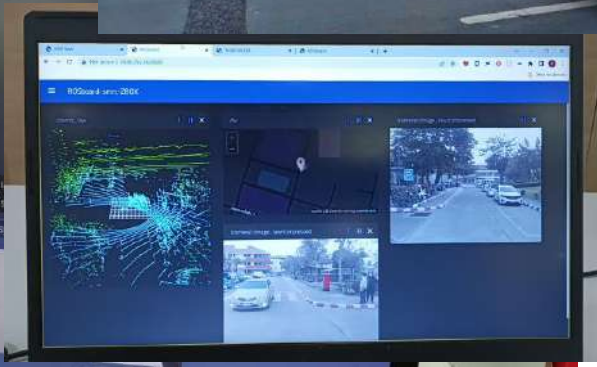
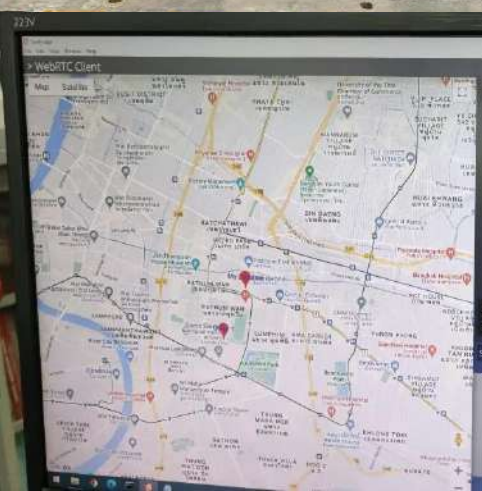


Electrical Engineering
Assistant Professor Panuwat
Janpugdee, Ph.D

Policy Guideline

Assoc. Prof. Sorawit Narupiti,
Ph.D





Level of Automation (SAE J3016)



0 NO AUTOMATION
1 DRIVER ASSISTANCE
2 PARTIAL AUTOMATION

You monitor the environment. You are the driver, even when automation features are turned on.

System supports *you* driving.

Steering OR speed are automated.

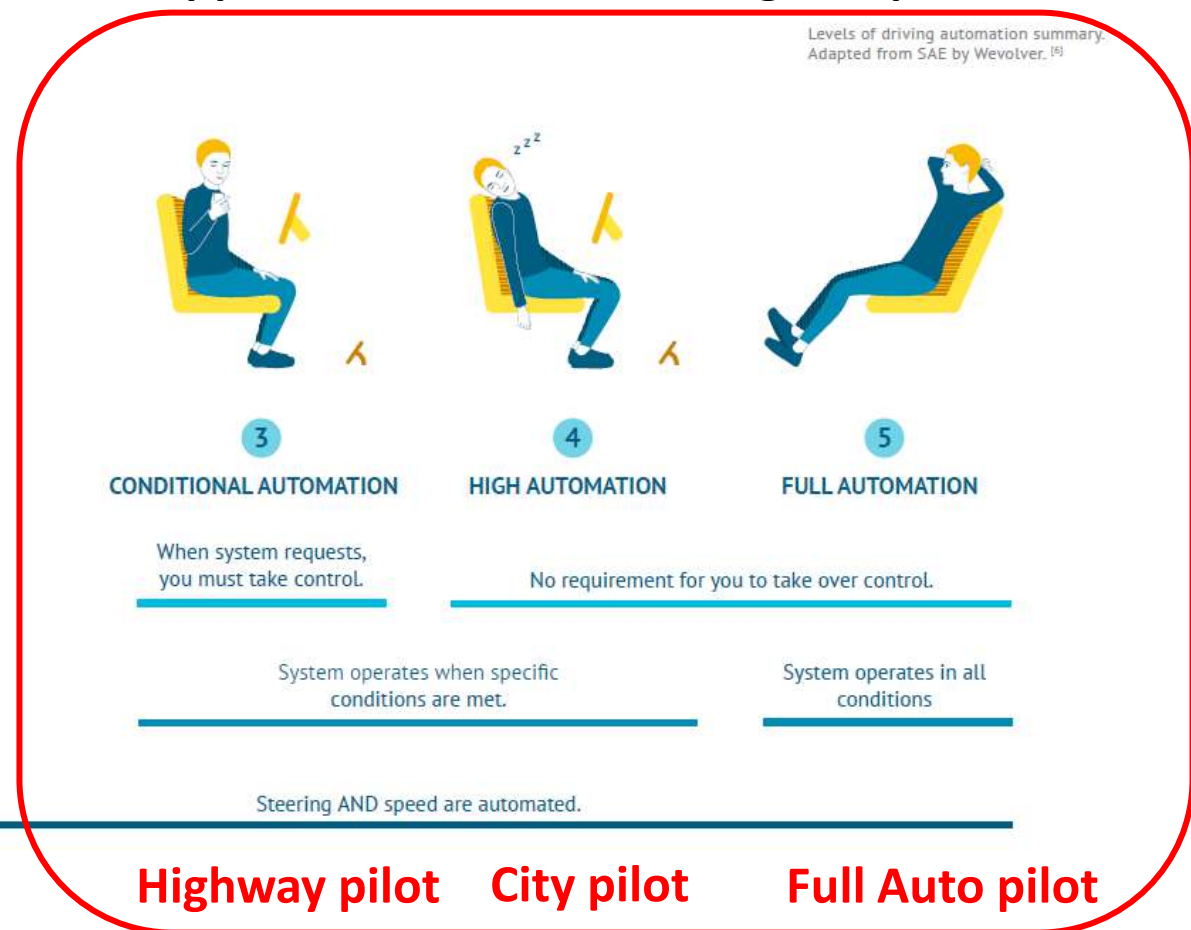
Adaptive cruise control: ACC
 Autonomous Emergency Braking: AEB
 Lane keeping assistance: LKA
 Lane change support: LCS

Advanced driver assistant system: **ADAS**

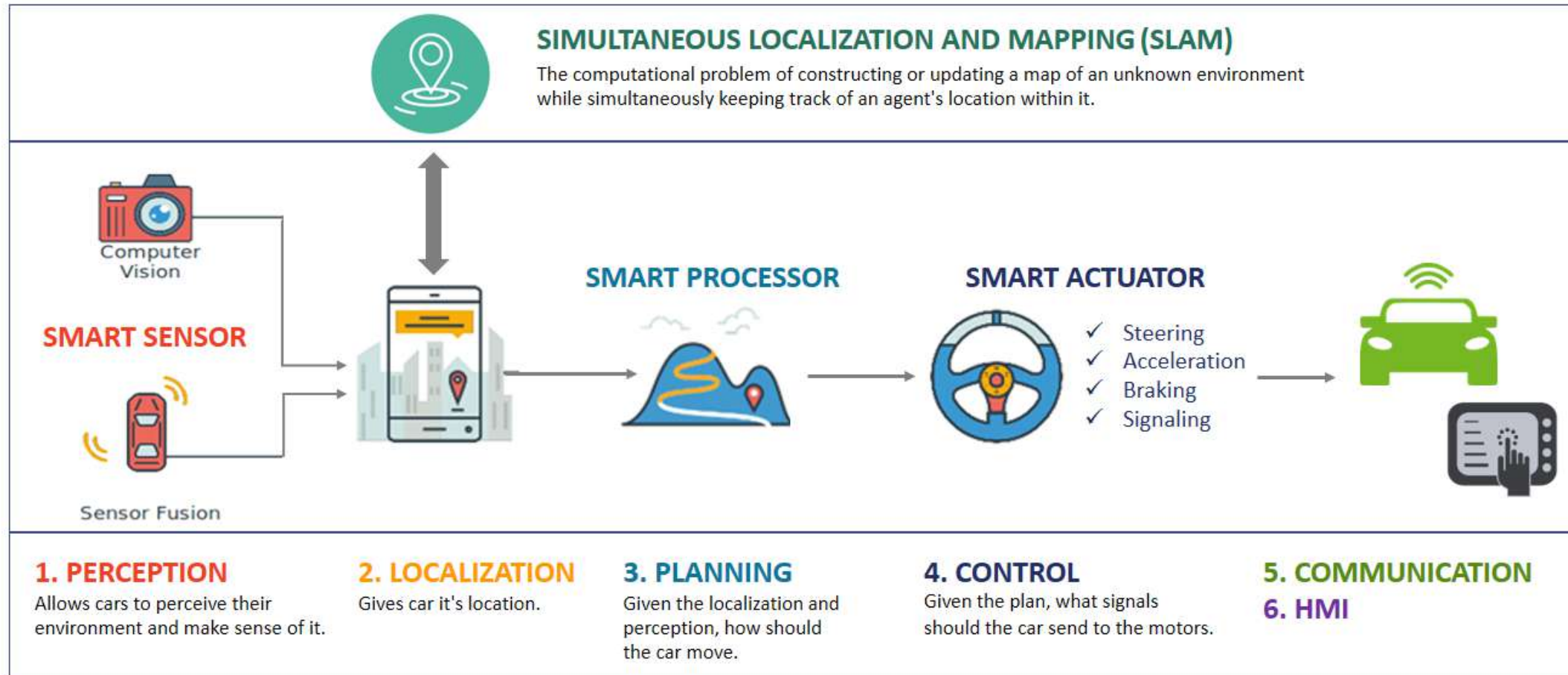
Vehicle handles at least 2 functions of ADAS
Pilot Assist
Traffic jam Assist

Our Focus is on Level 3 up

* Supports are needed for usage on public road



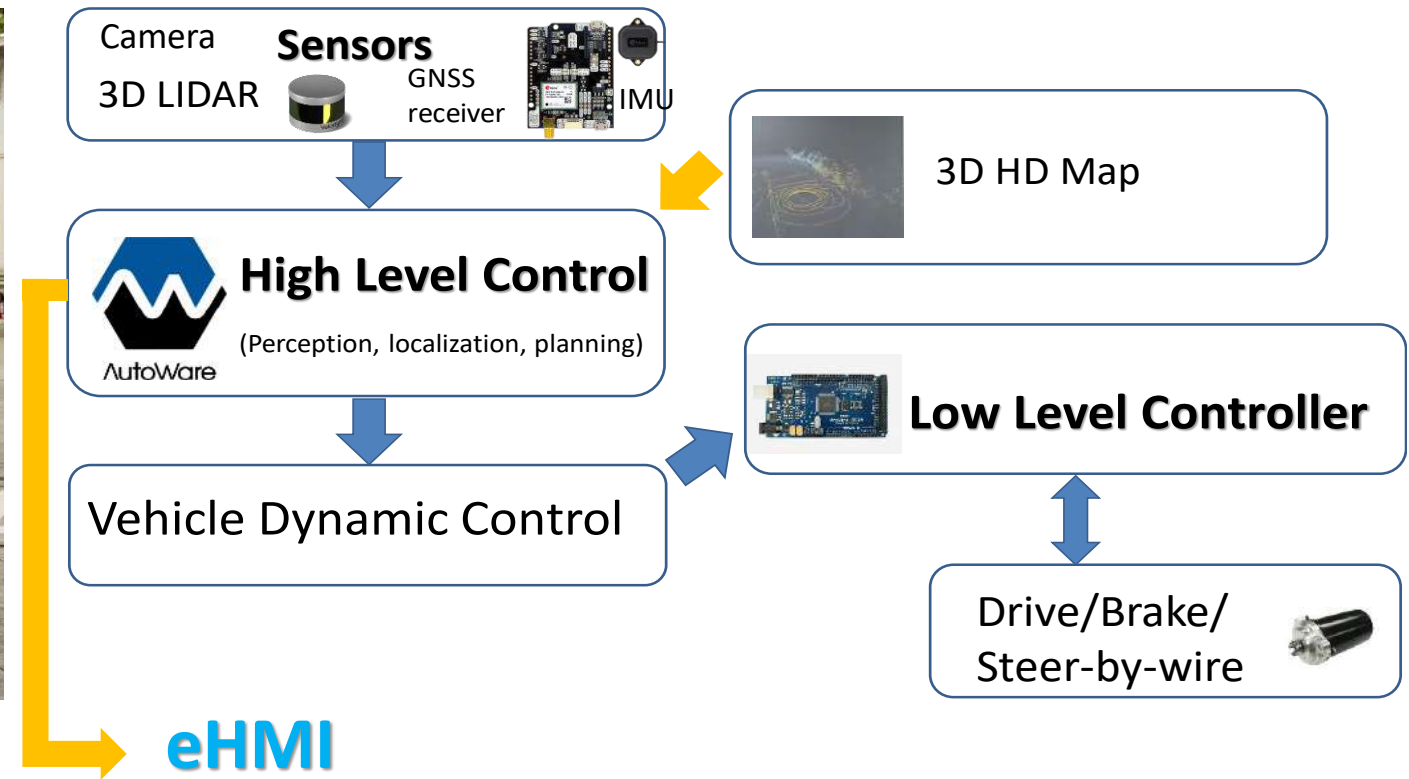
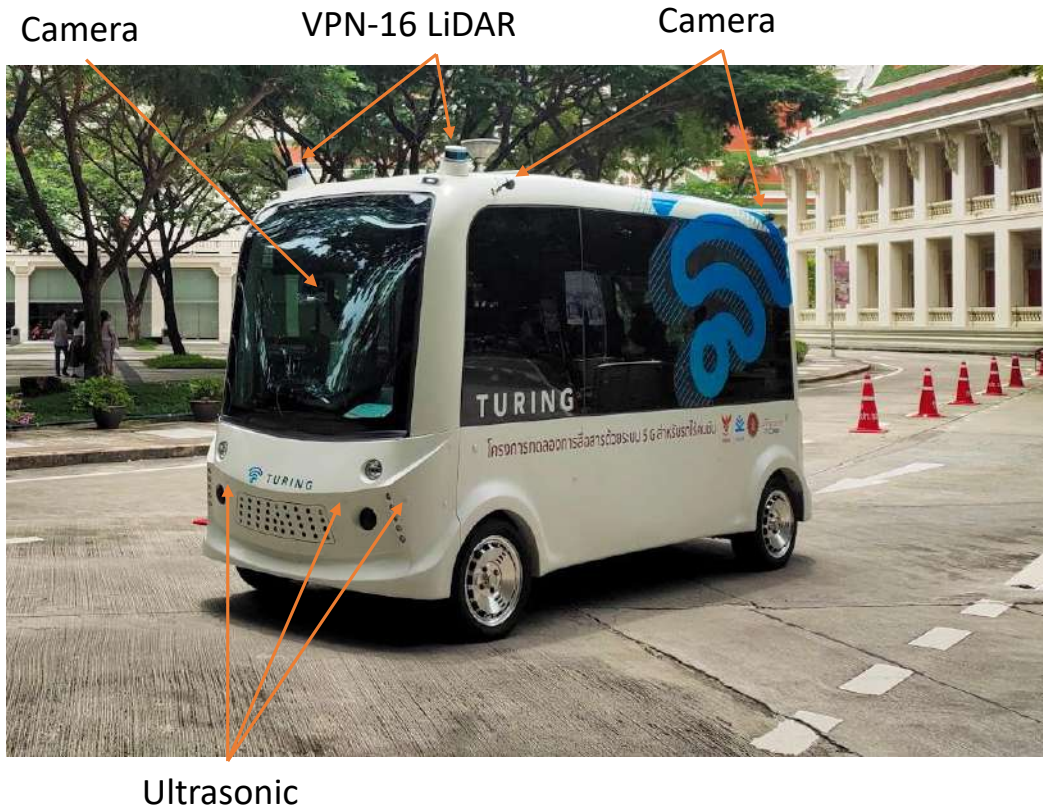
Concept of Connected Automated Vehicle (CAV)



<https://www.quora.com/What-is-the-most-important-component-of-a-self-driving-car>

**In this project, our Focus is on Level 3
(Low speed in predefined route)**

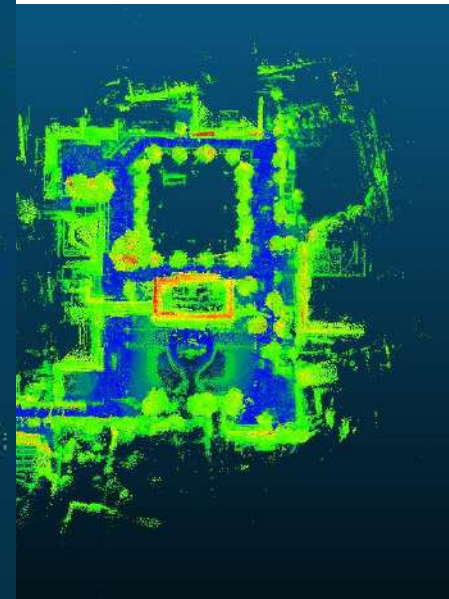
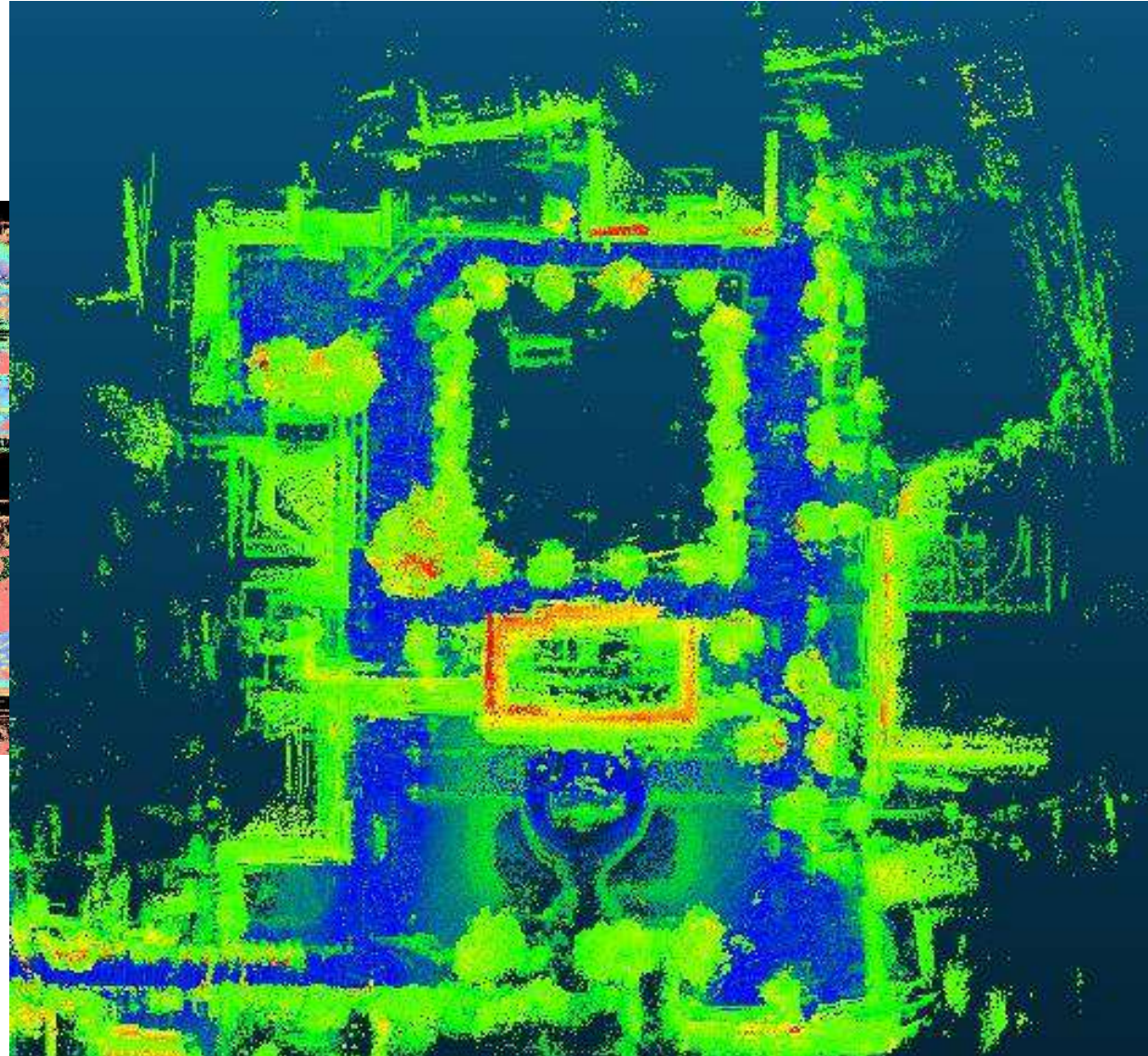
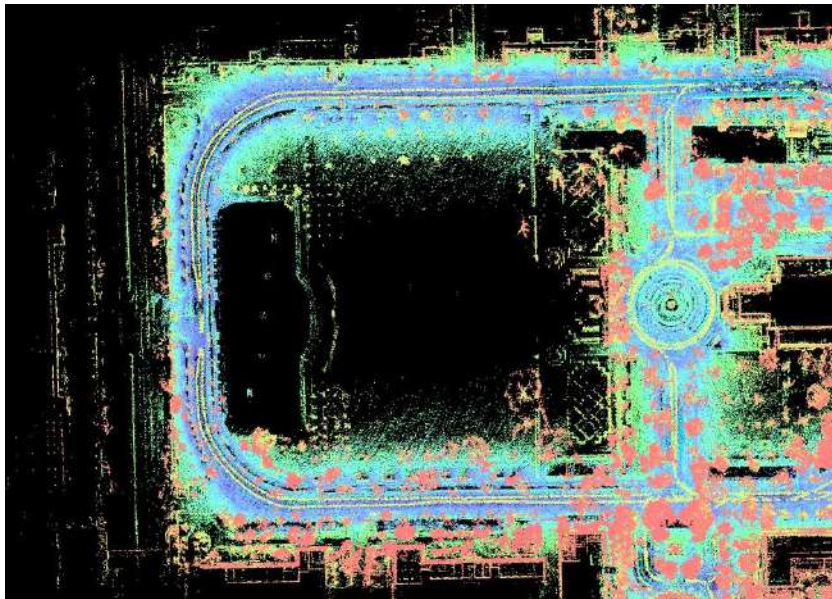
System of LV-3 Autonomous Driving in the demo prototype

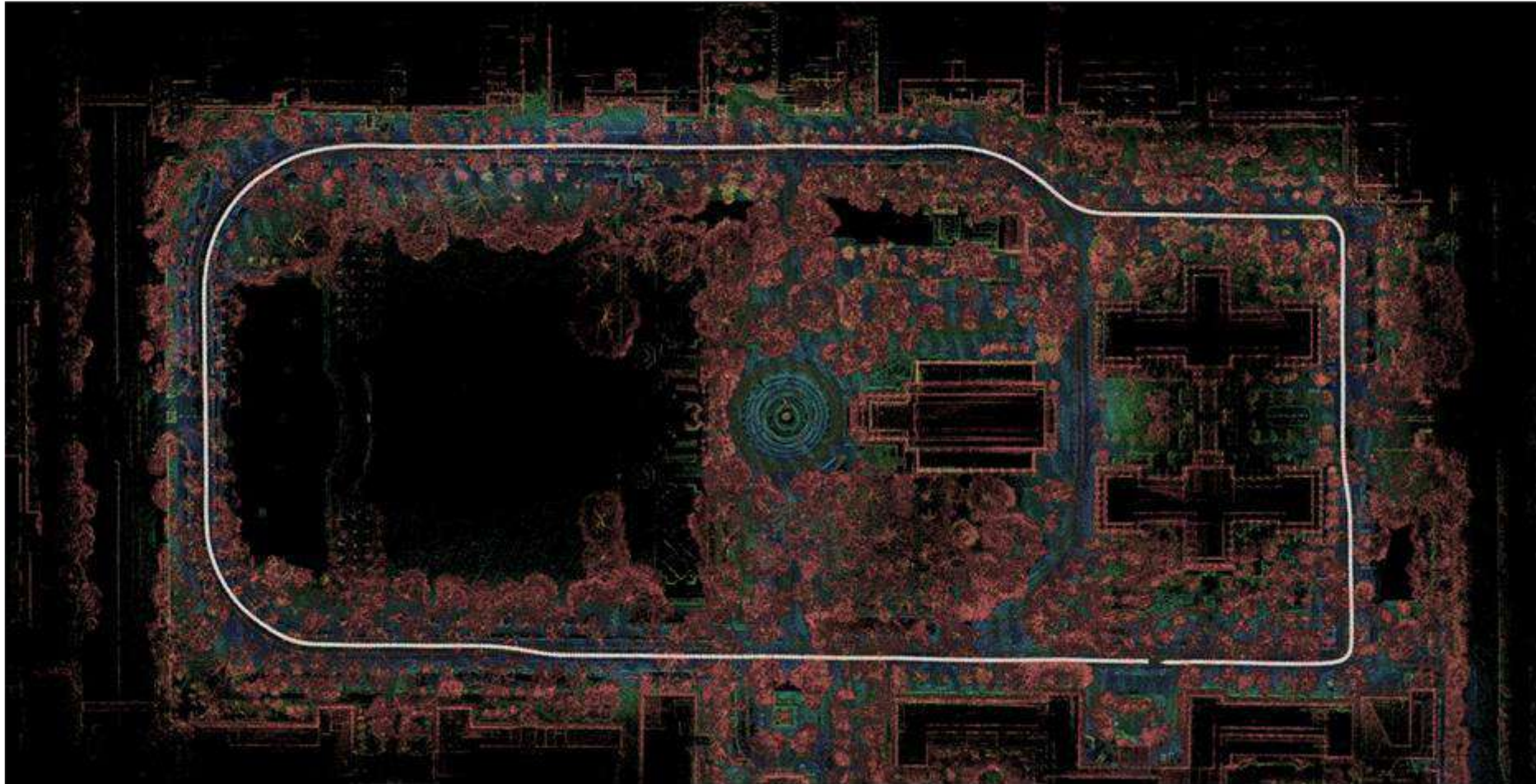




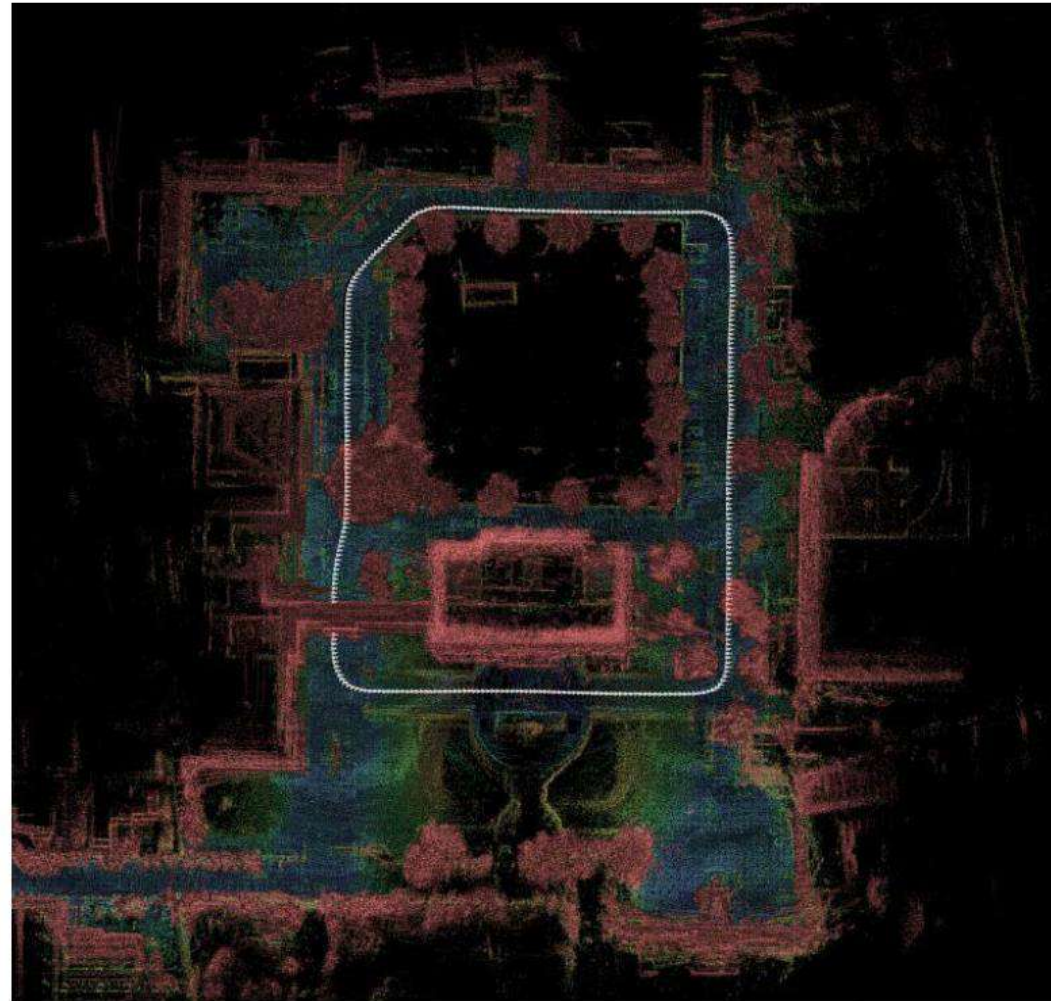
Chulalongkorn University

NBTC Office





Chulalongkorn University



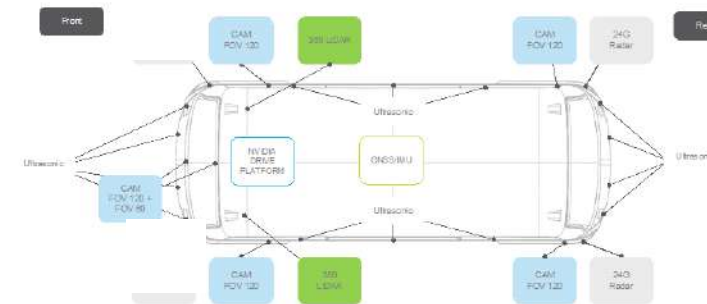
NBTC Office

Connected Automated Vehicle

Vehicles

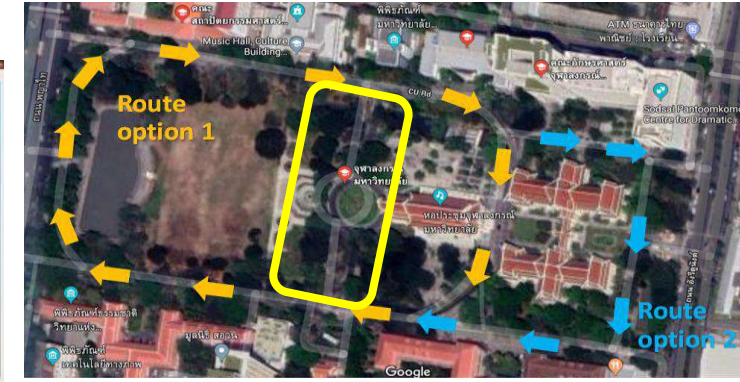
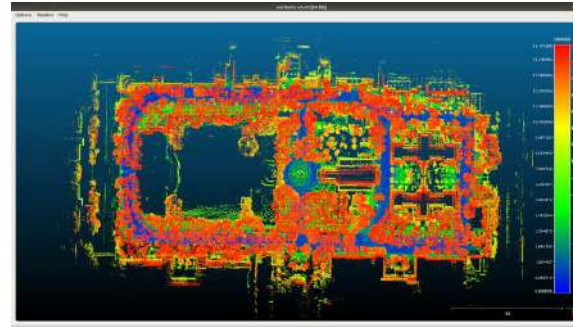


Parameter	Unit	Specs
Dimension	Length	mm 4300
	Width	mm 1610
	Height	mm 2430
	Wheelbase	mm 2894
Passenger	pax	10+2
Seats	pcs	10
Weight	Curb Weight	kg 1374
	Gross Vehicle Weight	kg 2200
Performance	Max. Speed	km/h 40
	Gradeability	% ≥20
Battery	Type	-- Lithium Ion
	Nominal Capacity	Ah 160
Motor	Nominal Voltage	V 72
	Type	-- IM
	Rated Power	kW 7.5
Wheel	Peak Power	kW 20
	Type	-- 185 65R15



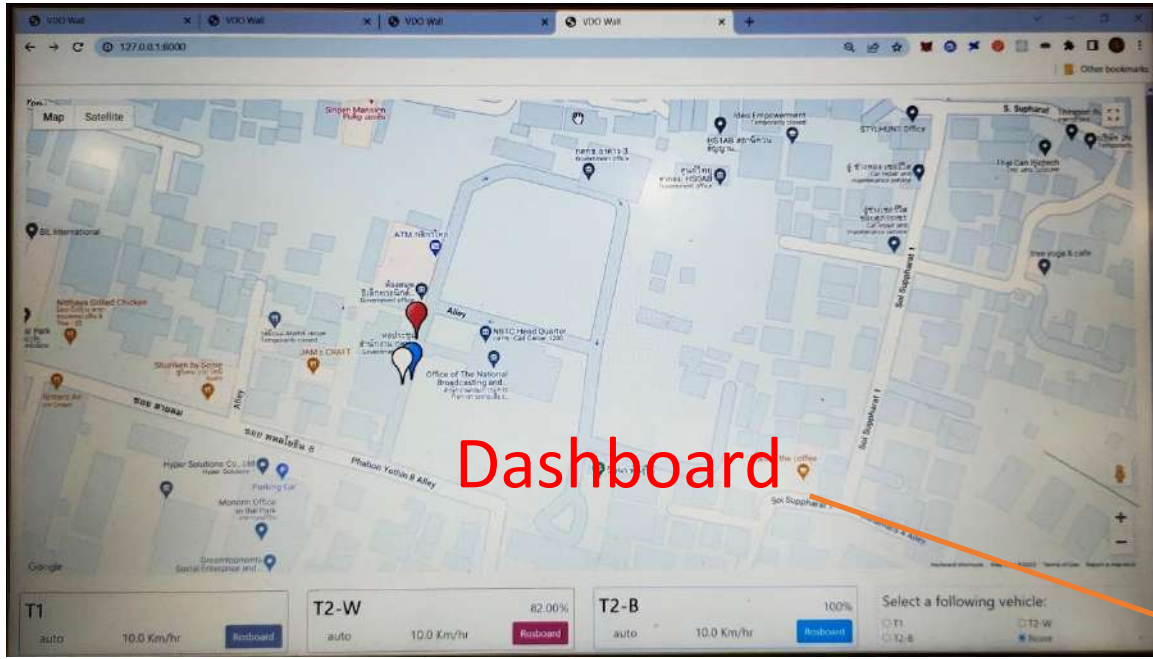
Testing in closed area in Chulalongkorn University Campus

Autonomous driving test (Predefined way point)

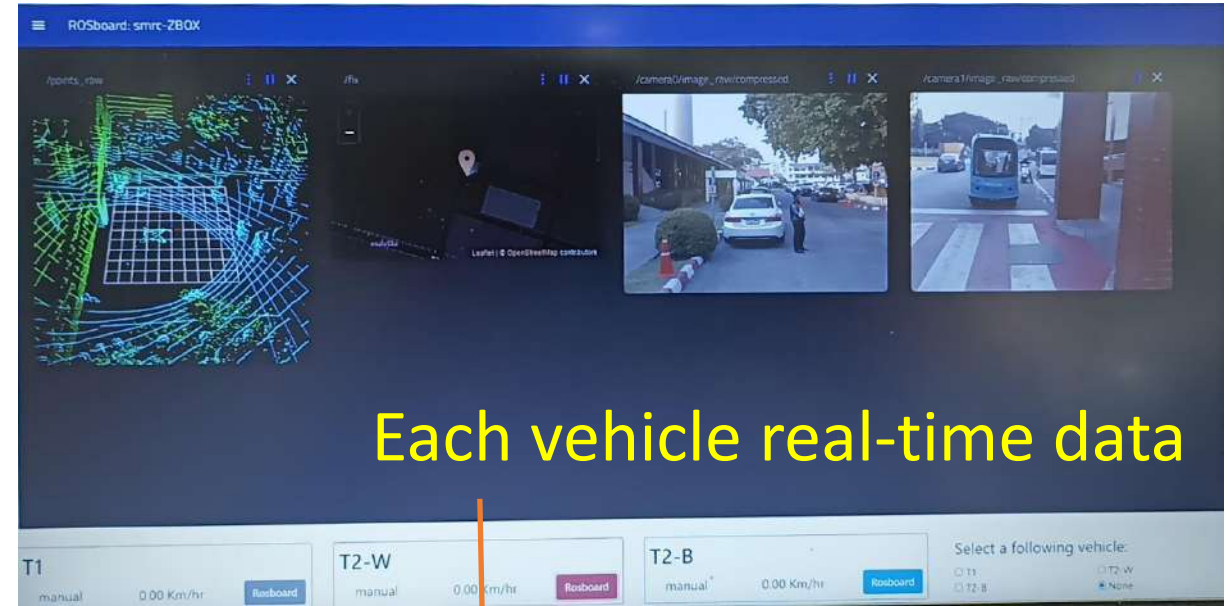


Testing in closed area in NBTC Office (กสทช)





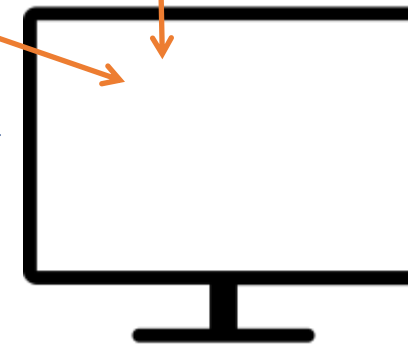
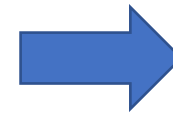
Dashboard



Each vehicle real-time data

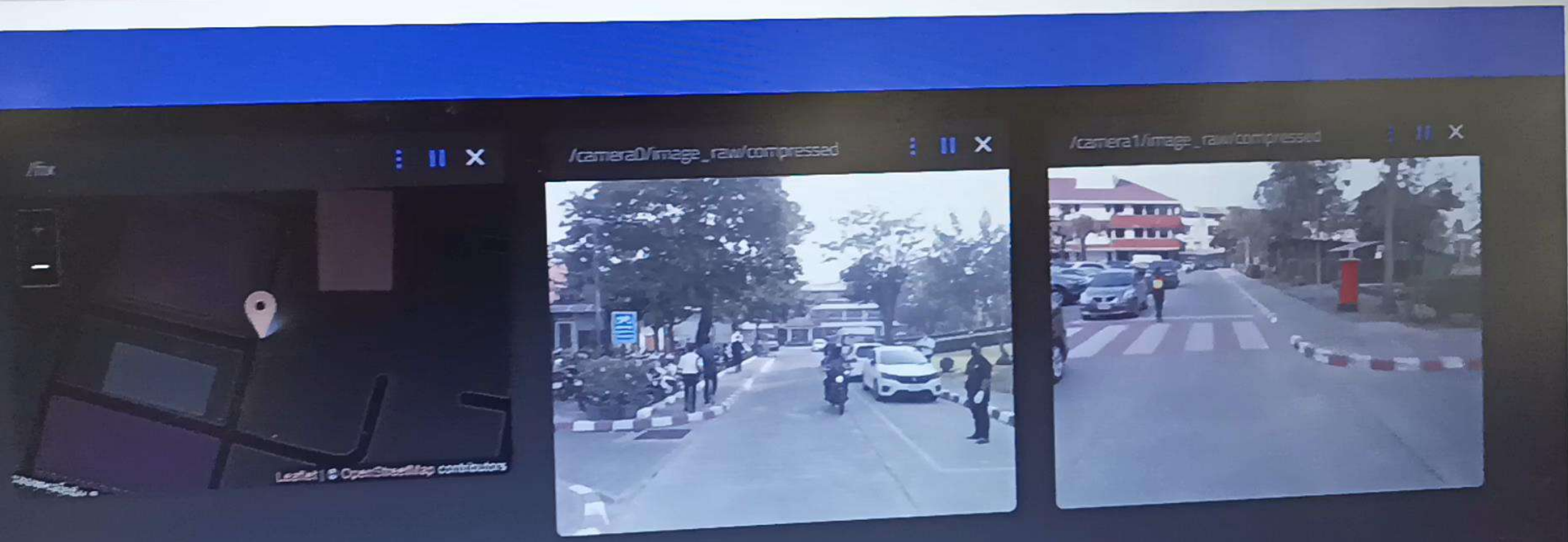


Vehicles



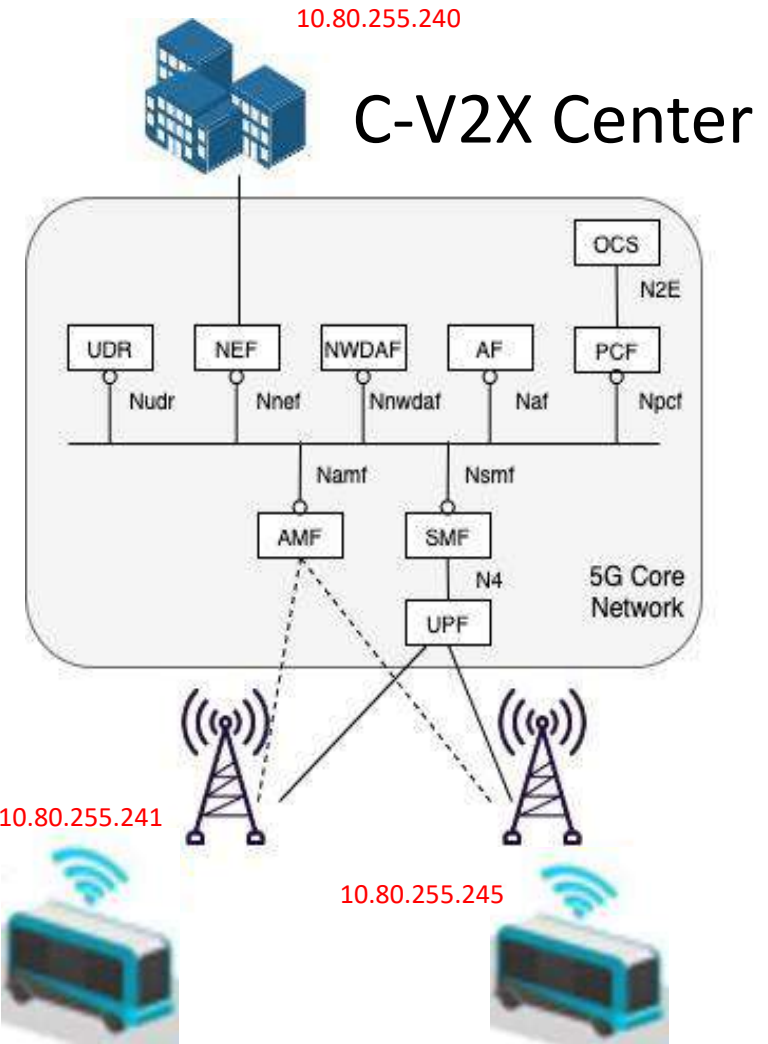
Dashboard

- Position
- Speed
- Battery SOC
- Driving Mode
- Fr & Rr Camera
- Lidar point cloud



Cellular V2X: Other Communication technologies generally cannot support large-scale UAV communications in a cost-effective manner.

- **Capacity and Distance** – Dense Autonomous Vehicles, Bandwidth and Spectrum Efficiency
- **Latency** – Mostly Latency is from over-the-air interface (OTA): longer distance: longer delay for direct link
- **Safety** – Reliability, Collision Avoidance, Jamming, GPS Accuracy and GPS Spoofing Resistance (3GPP Release 18)
- **Security** – Cyber Security



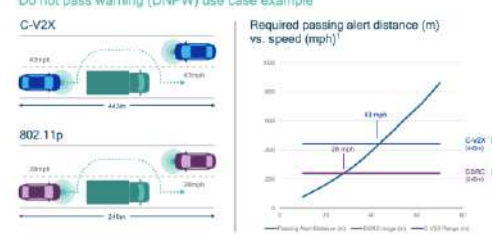
Direct communications for active safety use cases

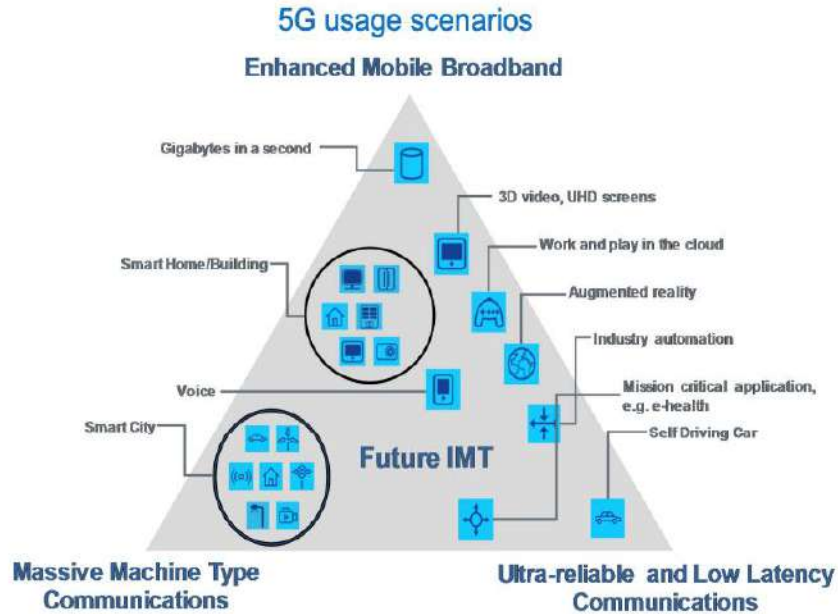
Low latency communication with enhanced range, reliability, and NLOS performance



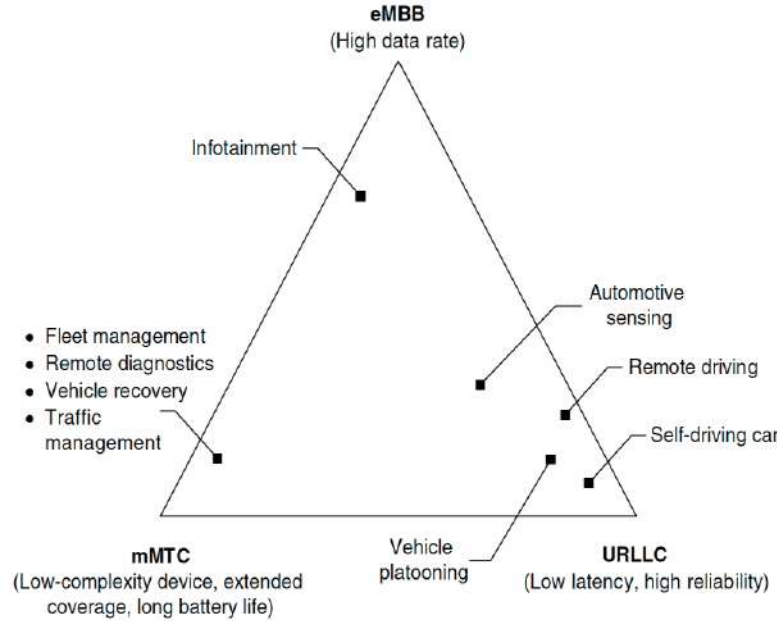
Improved reliability at higher speeds and longer ranges

Do not pass warning (DNPW) use case example

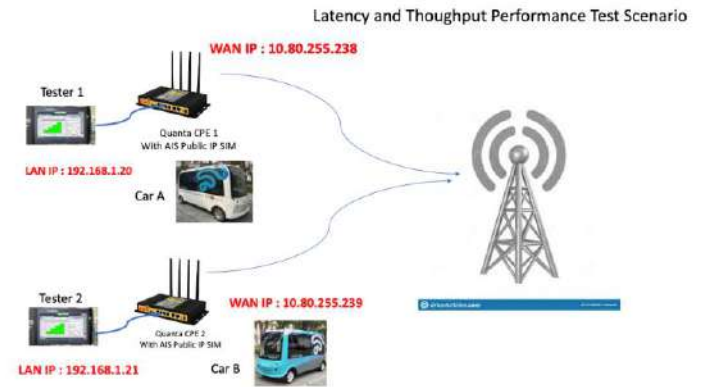
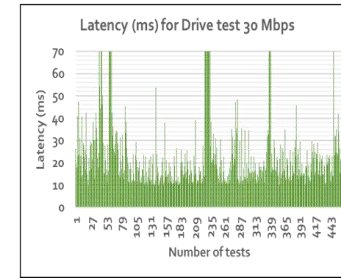
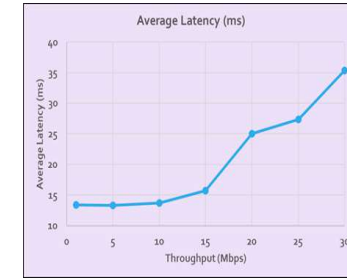




5G Use Cases



5G Automotive Use Cases



URLLC 2 Autonomous driving Variable rate 0.99999 Up to 10Mbps <10 ms 100 UE speed up to 300 kmph

Applications on C-V2X often generate a lot of data that need to be uploaded, typically leading to **high uplink data rates**.

รถยนต์ไร้คนขับระดับที่ 1 ได้แก่ Adaptive Cruise Control (ACC) และ early warning มีใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยในปัจจุบัน

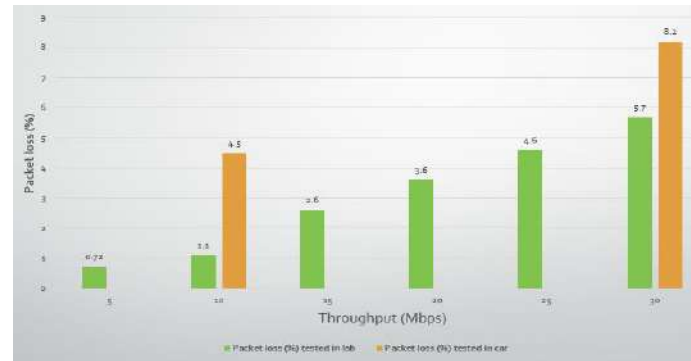
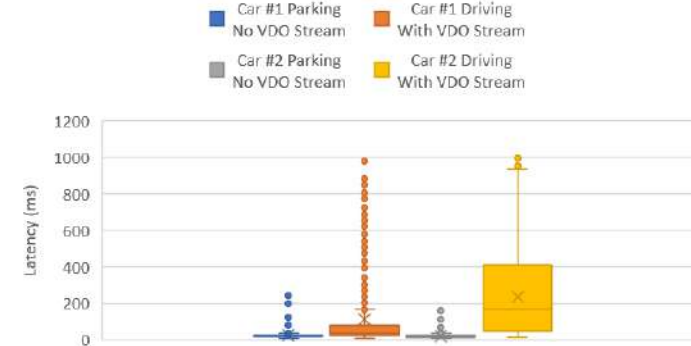
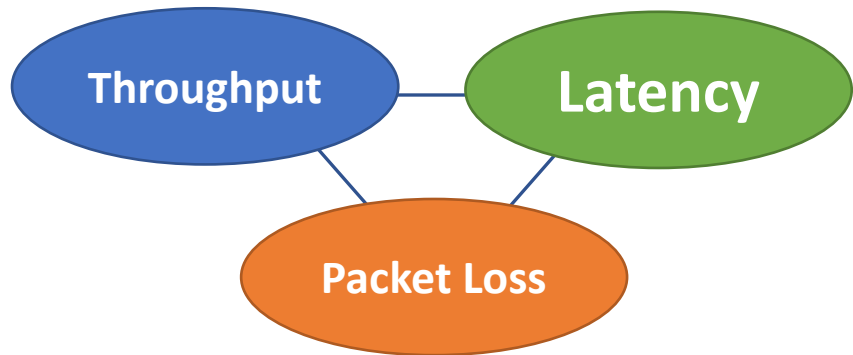
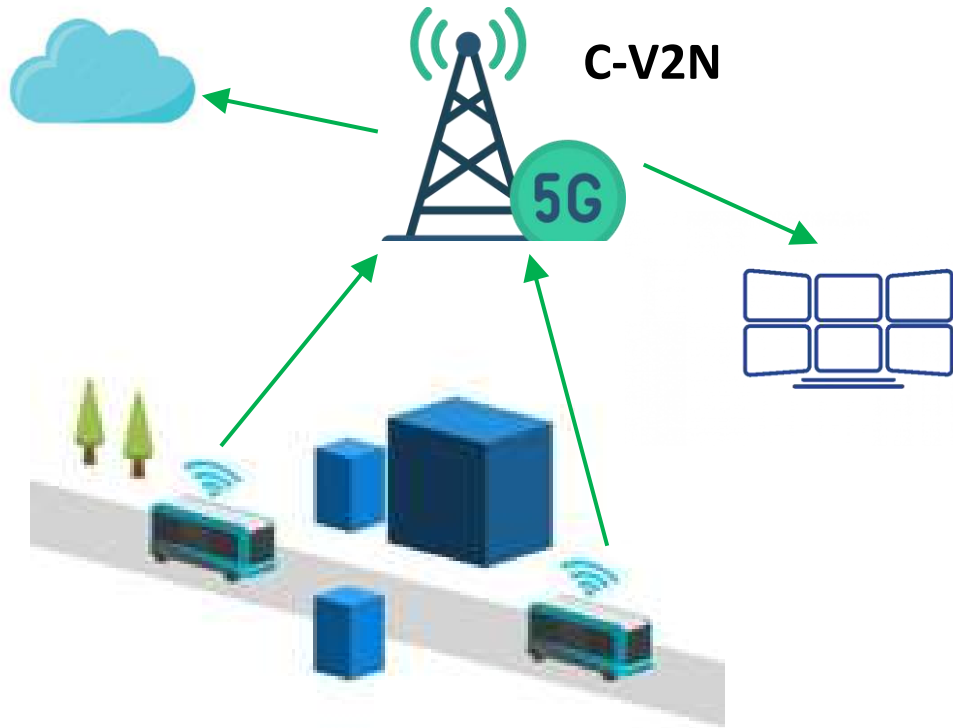
สำหรับรถยนต์ไร้คนขับในระดับที่ 2 และ ระดับที่ 3 หรือที่เรียกว่า semi-automated driving ครับ ต้องการรับส่งข้อมูลที่สูงถึง 0.55 Mbps สำหรับ V2V และ 0.5 Mbps

สำหรับ V2I – Latency 100 ms

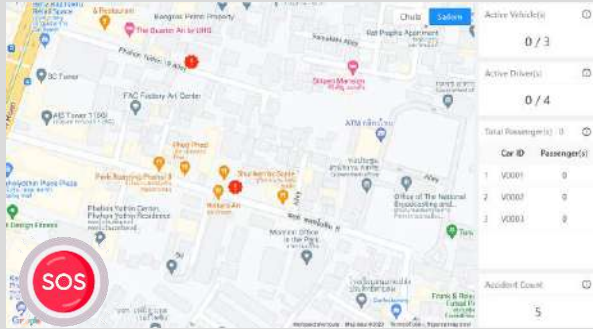
สำหรับรถยนต์ไร้คนขับในระดับที่ 4 และ ระดับที่ 5 หรือที่เรียกว่า automated driving ครับ ต้องการรับส่งข้อมูลที่สูงถึง 53 Mbps สำหรับ V2V และ 50 Mbps สำหรับ V2I

– Latency 100 ms ด้วยความน่าเชื่อถือ 99.99% **ทำให้ใน 1 cell site อาจมี capacity ไม่พอ**

การทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านเครือข่ายระบบ 5G



Accident Notification

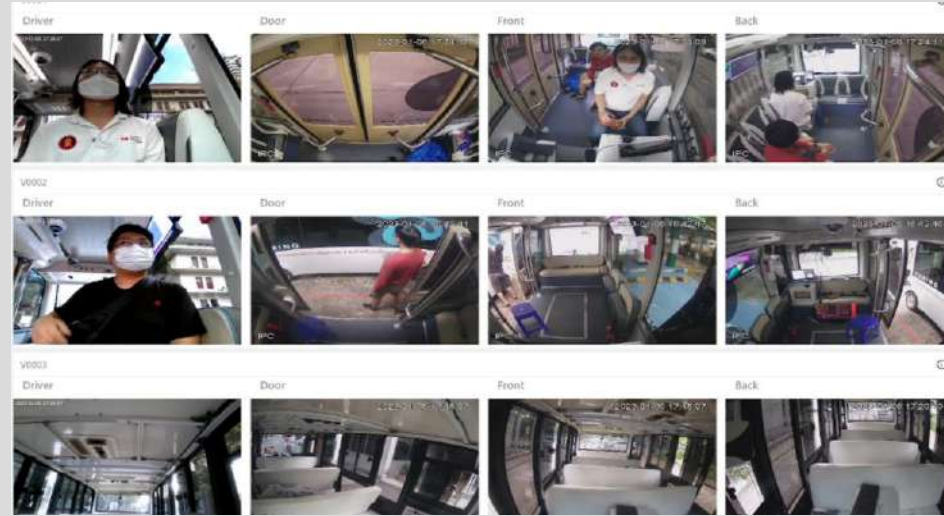


Drowsiness Detection

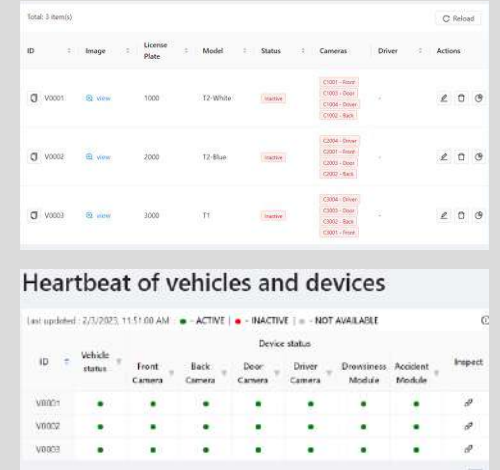


Passenger Counting

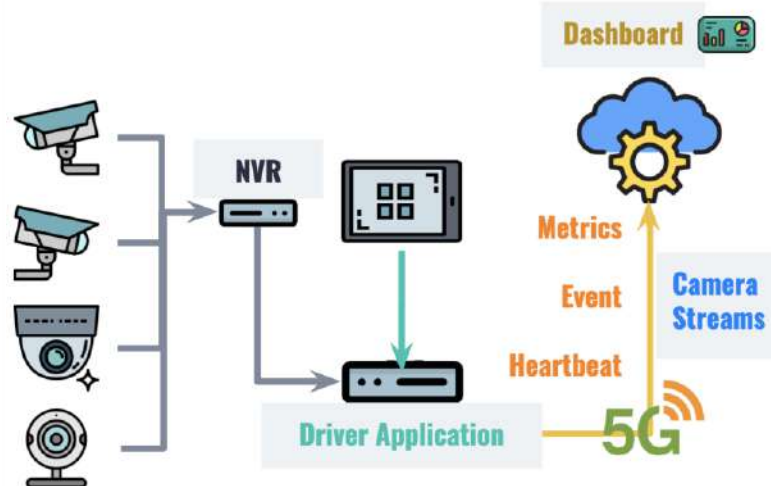
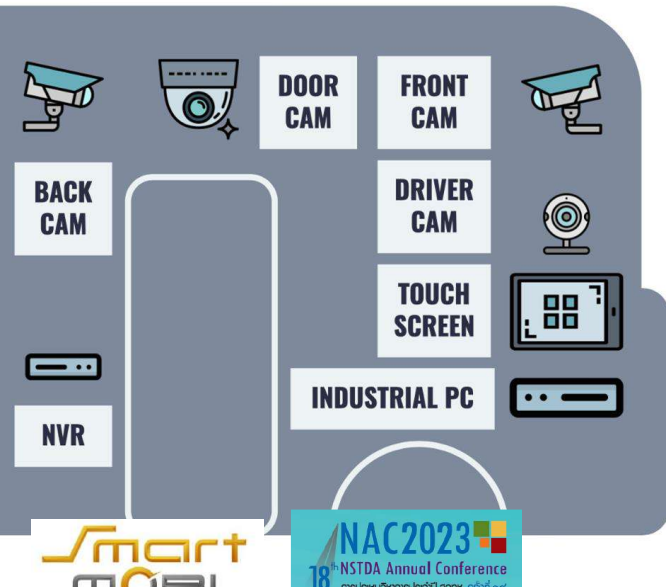
Video Streaming from 3 Autonomous Vehicles



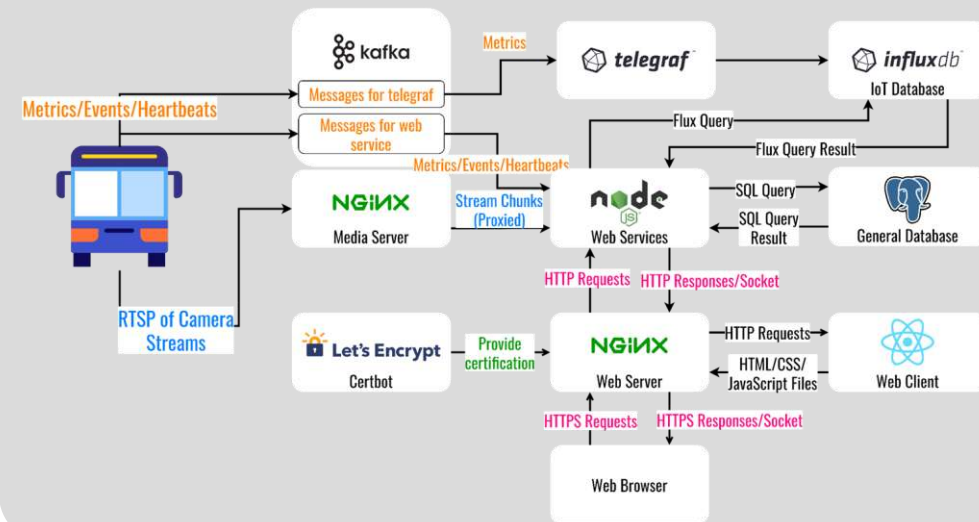
Management Web Application & Monitoring Dashboard



USE CASES



Public Server/Cloud Architecture



USE CASES: AI Modules

Passenger Counting



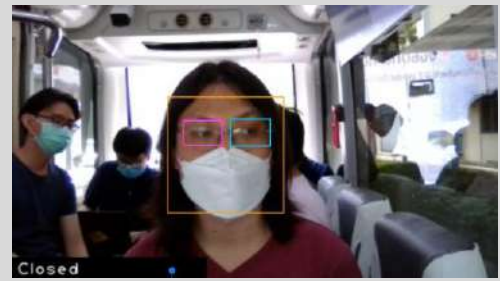
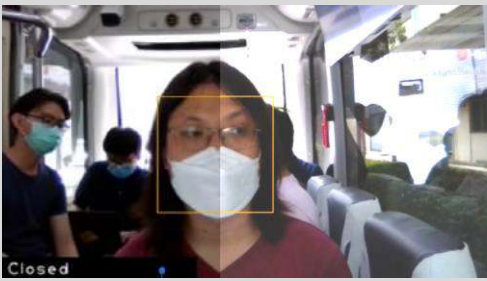
Future Work



YOLOX
Exceeding YOLO series in 2021

An anchor-free version of YOLO: Real-time object detection

Drowsiness Detection



Future Work



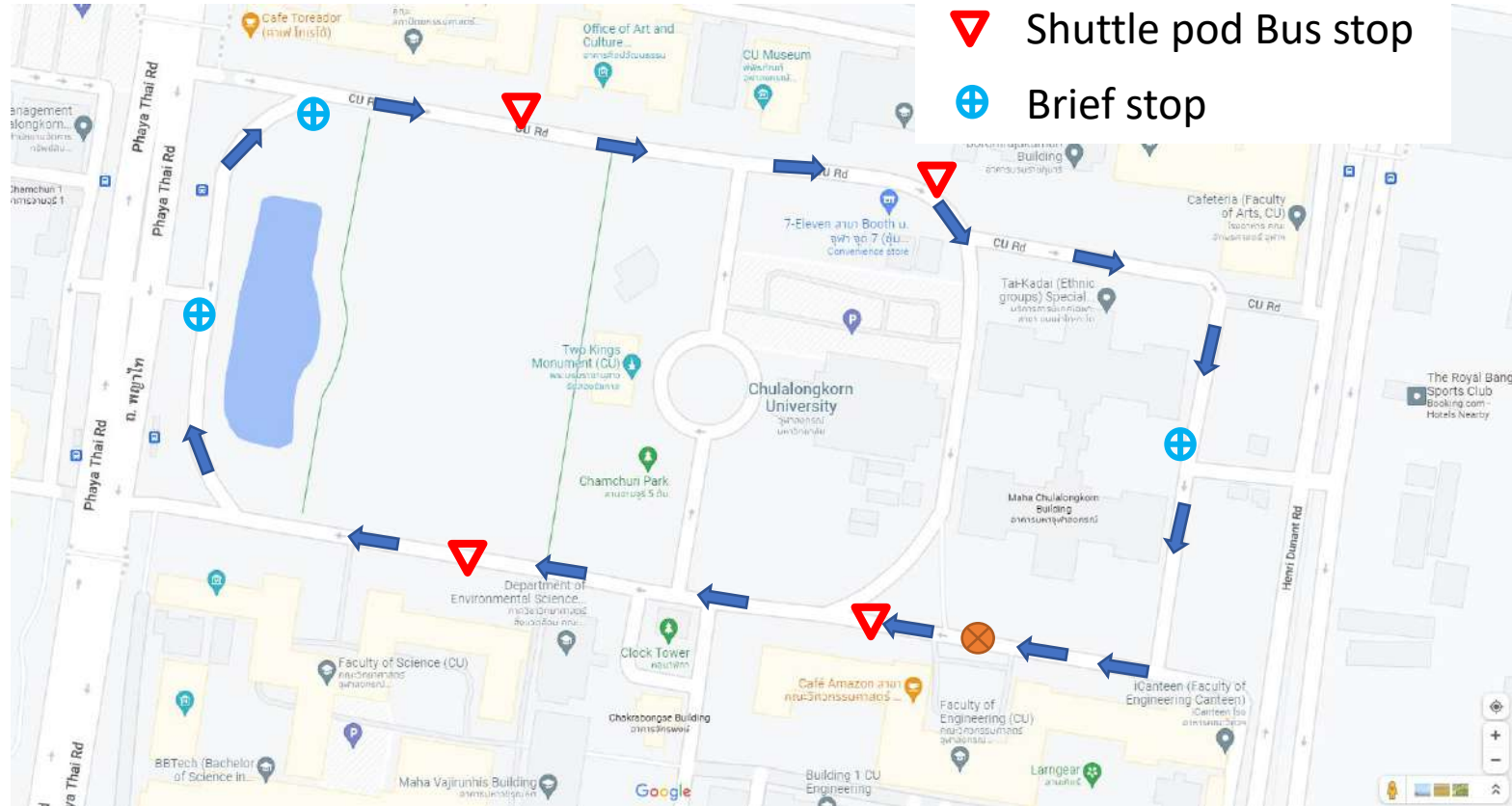
MediaPipe

Machine learning pipelines for processing video

Demonstration of Autonomous Shuttle @CU campus

Demo information

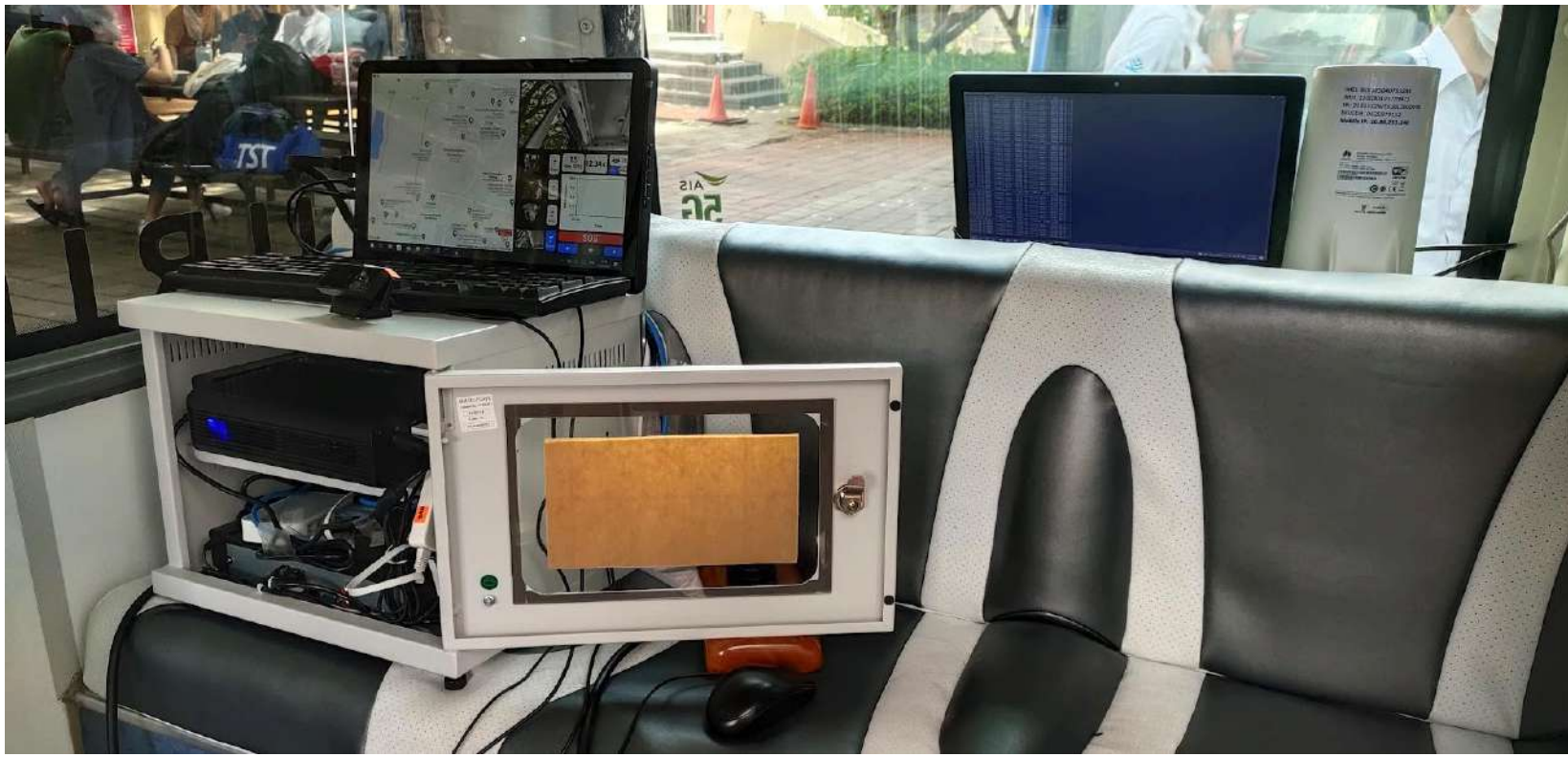
- Start/Stop of demo
- Shuttle pod Bus stop
- Brief stop



ODD:

- Low speed automated vehicle in predefined route at CU campus
- Autonomous mode will be operated between Shuttle pod bus stop and brief stop location
- Safe driver will operate vehicle manually anytime for safety
- Safe driver must confirm for safety before start autonomous mode at bus stop / brief stop

- Route distance: 1.3 km
- Max speed: 10 km/h
- No. of passenger: 5-6
- No. of staff : 3

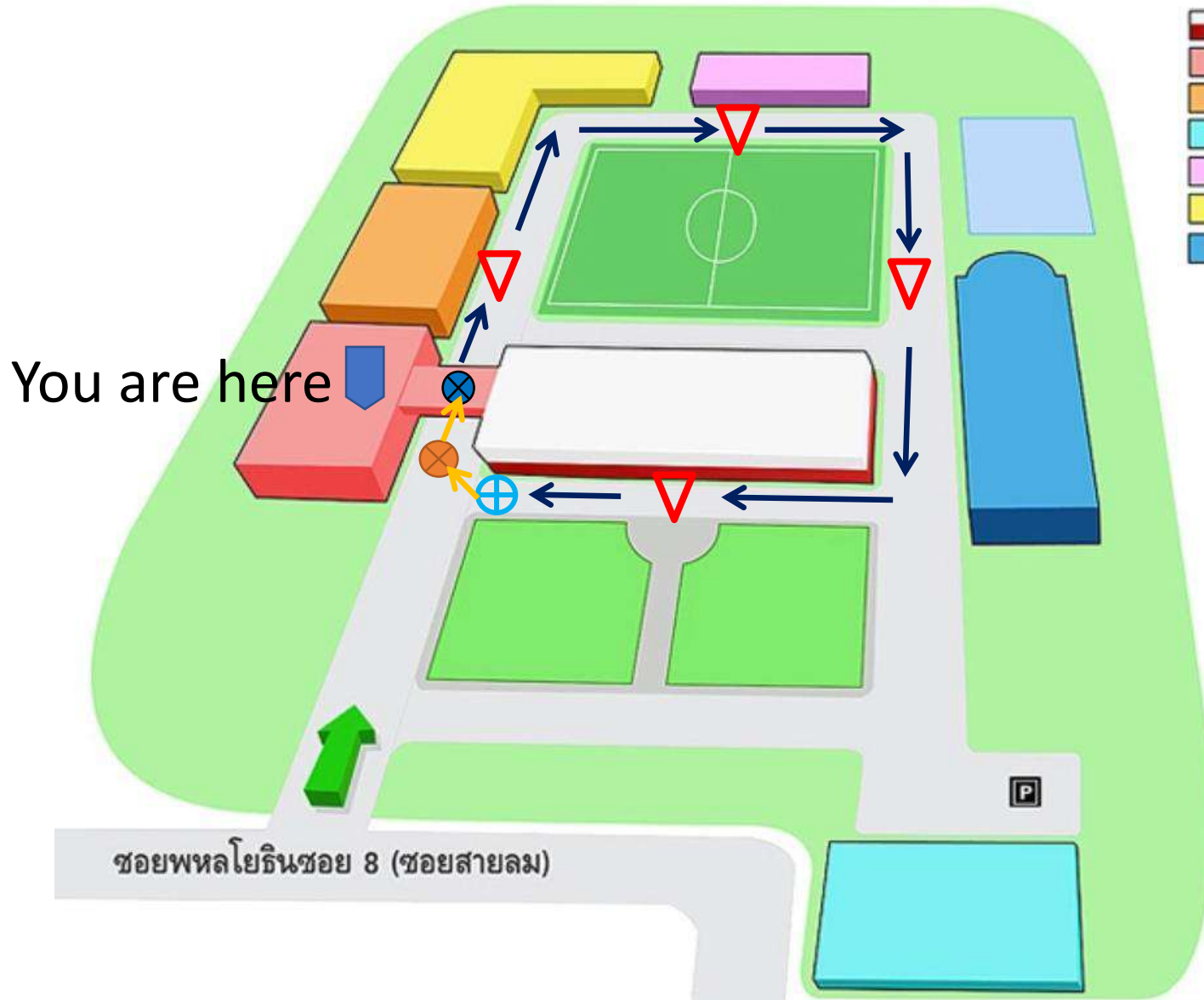


การสาธิต โครงการการสื่อสาร 5G สำหรับรถไร้คนขับ

วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2566



Demonstration of Autonomous Shuttle @NBTC



- อาคารอำนวยการ
- อาคารหอประชุม
- โรงอาหาร
- อาคาร 2
- อาคาร 3
- อาคาร 4
- อาคารจอดรถ

- Start of Autonomous driving
- Start/Stop of Demo
- Shuttle pod Bus stop
- Brief stop
- Automated driving route
- Manual driving route

ODD:

- Low speed automated vehicle in predefined route inside NBTC
- Autonomous mode will be operated between Shuttle pod bus stop and brief stop location
- Safe driver will operate vehicle manually anytime for safety
- Safe driver must confirm for safety before start autonomous mode at bus stop / brief stop
- Total Demo route distance: 0.6 km
- Max speed: 10 km/h
- No. of passenger: 5-6
- No. of staff on vehicle: 2





สรุปและข้อเสนอแนะ

- การออกแบบและกำหนด Operational Design Domain (ODD) มีความสำคัญอย่างมากต่อความปลอดภัยและรูปแบบการวิ่งที่ตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ ต้องเข้าใจเทคโนโลยี ความสามารถและข้อจำกัดของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติที่จะใช้ และต้องสำรวจเก็บข้อมูลของพื้นที่ที่จะทำการวิ่ง เพื่อทำความเข้าใจ แล้วจึงออกแบบ ODD
- ขณะทดลองหรือให้บริการ Autonomous shuttle ต้องมีการบันทึกข้อมูลการทำงานและ การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ (Incident) เพื่อนำมาใช้แก้ไขปรับปรุง ODD ให้เหมาะสมและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น
- เทคโนโลยี 5G V2X มีส่วนสำคัญ ที่ทำให้สามารถให้บริการ Autonomous shuttle ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ เช่น การเฝ้าระวัง และควบคุมจากระยะไกล การแลกเปลี่ยนข้อมูล ฯลฯ ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรคมนาคม จะมีบทบาทสำคัญ และสร้างโอกาสทางธุรกิจได้
- ในด้านโครงสร้างพื้นฐาน หากสภาพการจราจรบริเวณที่วิ่งมีความซับซ้อนและยากต่อการวิ่งได้อย่างปลอดภัยโดยที่ Safe Driver ไม่ต้องแทรกแซงบ่อยครั้ง ควรมีการใช้ช่องทางพิเศษและมีการควบคุมไม่ให้รถคันอื่นๆ เข้ามาวิ่งในช่องทางพิเศษนั้น
- ควรมีการนำร่องวิ่ง Autonomous shuttle จะเป็นช่องทางที่ดีที่จะสื่อสารกับคนทั่วไปได้โดยตรง และสร้างประสบการณ์ในการใช้งานรถอัตโนมัติได้อย่างกว้างขวางขึ้น ควรมีการสื่อสารให้คนทั่วไปได้ทราบถึงเทคโนโลยีขับเคลื่อนอัตโนมัตินี้ ว่ามีความสามารถอย่างไร มีข้อจำกัดอะไร และจะสร้างประโยชน์อะไรให้กับสังคมได้